

**H.-J. BARGSTÄDT, R. STEINMETZGER**

# **GRUNDLAGEN DES BAUBETRIEBSWESENS**

**SKRIPTUM ZUR VORLESUNG**



Baustelle CIB.Weimar, 2007

## Nur für den Lehrgebrauch!

Dieses Material ist ausschließlich für den Lehrgebrauch beim universitären Studium des Bauingenieurwesens bestimmt.

Es dient der Rationalisierung des Lehrbetriebes, stellt eine Ergänzung zur Vorlesung dar und kann die Teilnahme an dieser sowie das vertiefende Studium der einschlägigen Fachliteratur nicht ersetzen.

Titelfoto: R. STEINMETZGER:

Intensiver Baustellenbetrieb bei der Errichtung des CIB.Weimar im Juni 2007 unter Inanspruchnahme öffentlichen Verkehrsraumes

---

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Bargstädt M.Sc.

Professur Baubetrieb und Bauverfahren  
Fakultät Bauingenieurwesen  
Bauhaus-Universität Weimar

Marienstraße 7, 99423 Weimar  
Postanschrift: 99421 Weimar

Tel.: (03643) 58 4563  
Fax.: (03643) 58 4565

<http://www.uni-weimar.de/Bauing/baubet/>

Redaktionelle Bearbeitung und Gestaltung: apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Rolf Steinmetzger

Druck: Blueprint kopie\_druck\_medien gmbh weimar

**SCHRIFTEN DER PROFESSUR BAUBETRIEB UND BAUVERFAHREN  
NR. 18 (2008)**

**Hans-Joachim Bargstädt  
Rolf Steinmetzger**

**GRUNDLAGEN  
DES BAUBETRIEBSWESENS**

**Skriptum zur Vorlesung**

**2., überarbeitete Auflage**

**Weimar 2008**

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Bargstädt M.Sc.

2008

Bauhaus-Universität Weimar  
Fakultät Bauingenieurwesen  
Professur Baubetrieb und Bauverfahren

**Inhaltsverzeichnis**

	<b>Vorwort</b>	<b>5</b>		
<b>1</b>	<b>Grundlagen des Baubetriebswesens</b>	<b>9</b>	2.6.3.2	Der Einsatz von Erdtransportfahrzeugen 43
<b>1.1</b>	<b>Disziplinen und Gegenstände des Baubetriebswesens</b>	<b>9</b>	2.6.4	Auswahl wirtschaftlicher Verfahren und Maschinen 45
<b>1.2</b>	<b>Stellung des Faches Baubetriebswesen innerhalb der Bauingenieurwissenschaften</b>	<b>10</b>	<b>2.7</b>	<b>Einbauprozesse 45</b>
<b>1.3</b>	<b>Entwicklung von BBB als Lehr- und Forschungsgebiet</b>	<b>11</b>	2.7.1	Grundsätzliches 45
<b>1.4</b>	<b>BBB in der Praxis</b>	<b>12</b>	2.7.2	Grundsätze des Schüttens von Dämmen 45
<b>1.5</b>	<b>Widerspruch zwischen Anspruch und Wirklichkeit</b>	<b>12</b>	2.7.3	Kipp- und Schüttverfahren 46
<b>1.6</b>	<b>Praktischer Bezug und Berufsaussichten</b>	<b>13</b>	2.7.4	Sichern von Erdbauwerken 47
<b>1.7</b>	<b>Grundkategorien des Baubetriebs</b>	<b>13</b>	2.7.5	Hinterfüllen und Überschütten baulicher Anlagen 48
1.7.1	Begriffsdefinitionen	13	2.7.6	Verdichten 48
1.7.2	Begriffe zur Produktionstechnik und Produktionsorganisation	16	2.7.6.1	Begriff und Ziele der Verdichtung 48
1.7.3	Charakterisierung von Fertigungsverfahren	17	2.7.6.2	Einflüsse auf die Verdichtung von Erdstoffen 48
1.7.4	Bauproduktionsmittel	18	2.7.6.3	Verdichtungsverfahren 49
1.7.5	Aufwands- und Leistungswerte	19	2.7.6.4	Erdstoffverdichtungsmaschinen 50
<b>1.8</b>	<b>Fragen zur Wiederholung (Prüfungsfragen)</b>	<b>19</b>	2.7.6.5	Einsatzvorbereitung und Betrieb 52
<b>1.9</b>	<b>Quellenangaben und Literaturhinweise zum Kapitel 1</b>	<b>20</b>	<b>2.8</b>	<b>Arbeitsvorbereitung (AV) und Abrechnung 52</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen des Erdbaus</b>	<b>21</b>	2.8.1	Aufgaben der AV 52
<b>2.1</b>	<b>Einführung</b>	<b>21</b>	2.8.2	Mengenermittlung im Erdbau 53
<b>2.2</b>	<b>Arbeitsgegenstände des Erdbaus</b>	<b>21</b>	2.8.2.1	Grundlegendes 53
2.2.1	Grundsätzliches	21	2.8.2.2	Arten und Genauigkeit der Mengenermittlung 54
2.2.2	Erdstoff als Arbeitsgegenstand	22	2.8.2.3	Mengenberechnungen 54
2.2.2.1	Benennung, Beschreibung und Klassifikation der Erdstoffe	22	<b>2.9</b>	<b>Qualität und Sicherheit 56</b>
2.2.2.2	Wasser im Boden	24	2.9.1	Qualitätssicherung 56
2.2.2.3	Ausgewählte Erdstoffkennwerte	25	2.9.2	Arbeits- und Produktionssicherheit 57
2.2.3	Prozessverhalten der Erdstoffe	27	<b>2.10</b>	<b>Fragen zur Wiederholung (Prüfungsfragen) 58</b>
2.2.4	Erdbauwerke	29	<b>2.11</b>	<b>Quellenangaben und Literaturhinweise zum Kapitel 2 60</b>
<b>2.3</b>	<b>Übersicht über die Prozesse und Verfahren des Erdbaus</b>	<b>30</b>	2.11.1	Literatur 60
2.3.1	Prozesse	30	2.11.2	DIN-Normen (Auswahl) 61
2.3.2	Verfahren	31	2.11.3	Vorschriften (Auswahl) 62
<b>2.4</b>	<b>Vorarbeiten im Baugelände</b>	<b>32</b>	<b>3</b>	<b>Grundlagen des Betonbaus 63</b>
<b>2.5</b>	<b>Gewinnungsprozesse</b>	<b>33</b>	<b>3.1</b>	<b>Übersicht 63</b>
2.5.1	Grundsätzliches	33	<b>3.2</b>	<b>Beton als Arbeitsgegenstand 63</b>
2.5.2	Gewinnen mit Standbaggern	33	3.2.1	Definition und Klassifikation 63
2.5.2.1	Standbagger	33	3.2.2	Bestandteile des Betons 66
2.5.2.2	Der Einsatz von Standbaggern	36	3.2.2.1	Gesteinskörnungen 66
2.5.3	Gewinnen mit Fahrbaggern	38	3.2.2.2	Bindemittel 67
2.5.3.1	Fahrbagger	38	3.2.2.3	Zugabewasser (Anmachwasser) 68
2.5.3.2	Der Einsatz von Fahrbaggern	38	3.2.2.4	Betonzusatzmittel und -stoffe 68
2.5.4	Gewinnen mit Flachbaggern	39	3.2.3	Spezielle Betonarten 69
2.5.4.1	Flachbagger	39	3.2.3.1	Sichtbeton 69
2.5.4.2	Planiermaschinen	39	3.2.3.2	Faserbeton 69
2.5.4.3	Schürfkübelwagen	40	3.2.3.3	Selbstverdichtender Beton 70
2.5.4.4	Schürfkübelraupen	41	3.2.3.4	Ultra-hochfester Beton (Hochleistungsbeton) 71
2.5.4.5	Grader	41	3.2.3.5	Trockenbeton 71
2.5.4.6	Der Flachbaggerbetrieb	42	3.2.4	Ausschreibung von Betonarbeiten 72
<b>2.6</b>	<b>Erdbewegungsprozesse</b>	<b>42</b>	<b>3.3</b>	<b>Schalen und Rüsten 73</b>
2.6.1	Grundsätzliches	42	3.3.1	Grundsätzliches 73
2.6.2	Fördern von Erdstoffen	43	3.3.2	Elemente von Schalungskonstruktionen 74
2.6.3	Transportieren von Erdstoffen	43	3.3.2.1	Schalhaut 74
2.6.3.1	Bauarten von Transportfahrzeugen	43	3.3.2.2	Unterstützungskonstruktion 75
			3.3.2.3	Tragkonstruktion 76
			3.3.2.4	Sonstige Elemente der Schalungskonstruktion 76
			3.3.3	Belastung von Schalungen 77
			3.3.3.1	Lastannahmen 77
			3.3.3.2	Frischbetondruck auf lotrechte Schalungen 78

3.3.4	Ausführungsarten und -verfahren	80	<b>4.2</b>	<b>Arbeitsgegenstände</b>	<b>114</b>
3.3.4.1	Schalungsklassifikation nach dem Arbeitsgegenstand	80	4.2.1	Allgemeines	114
3.3.4.2	Schalungsklassifikation nach Marktangebot: system- und nicht systemgebundene Schalungen	81	4.2.2	Fertigteile aus Stahl- und Spannbeton	114
3.3.4.3	Sonderschalungen	81	4.2.3	Montageelemente aus Metall	115
3.3.4.4	Verlorene Schalungen	81	4.2.4	Montageelemente aus Holz	116
3.3.4.5	Bewegliche Schalungen	82	4.2.5	Montageelemente aus Kunststoffen	116
3.3.5	Der praktische Schalungseinsatz	83	4.2.6	Montageelemente aus Verbundkonstruktionen und Glas	116
3.3.5.1	Schalungsprojektionierung	83	<b>4.3</b>	<b>Arbeitsmittel und deren Einsatz</b>	<b>117</b>
3.3.5.2	Schalungsbedarf	83	4.3.1	Überblick	117
3.3.5.3	Trennmittel	83	4.3.2	Krane	117
3.3.5.4	Ausschalfristen	84	4.3.2.1	Merkmale und Einteilung der Krane	117
3.3.5.5	Qualität und Sicherheit	85	4.3.2.2	Freizügige Krane	117
3.3.6	Schalungskosten	86	4.3.2.3	Freistehende Krane und ihre Einsatzcharakteristika	118
3.3.7	Ausschreibung, Aufmaß und Abrechnung	87	4.3.2.4	Turmdrehkrane	119
<b>3.4</b>	<b>Bewehren</b>	<b>87</b>	4.3.2.5	Fahrzeugkrane	122
3.4.1	Bewehrung	87	4.3.2.6	Schwimmkrane	125
3.4.2	Bewehrungsstähle	87	4.3.2.7	Fliegende Krane	125
3.4.3	Bearbeitung von Betonstählen für schlaffe Bewehrung	89	4.3.2.8	Ortsgebundene Krane	125
3.4.4	Transport, Umschlag und Lagerung von Bewehrungselementen	90	4.3.3	Hebezeuge für kranlose Montagen	126
3.4.5	Bewehrungseinbau	91	4.3.4	Montagehilfsmittel	127
3.4.6	Arbeitsvorbereitung	91	4.3.4.1	Lastaufnahmeeinrichtungen (LAE)	127
3.4.7	Bewehrungskosten	92	4.3.4.2	Einbauelemente an Fertigteilen für Lastaufnahme und Verbindung	130
3.4.8	Qualität und Sicherheit	92	4.3.4.3	Montagelehren	130
<b>3.5</b>	<b>Betonieren</b>	<b>93</b>	4.3.4.4	Montagehalterungen	130
3.5.1	Herstellen von Frischbeton	93	4.3.4.5	Montagegerüste	130
3.5.1.1	Frischbeton und sein Herstellprozess	93	4.3.5	Transportmittel	131
3.5.1.2	Lagern der Baustoffe	95	<b>4.4</b>	<b>Montagevorbereitung</b>	<b>131</b>
3.5.1.3	Zumessen der Betonbestandteile	95	4.4.1	Wahl des Montageverfahrens	131
3.5.1.4	Das Mischen von Beton	95	4.4.2	Auswahl des Hebezeuges	132
3.5.1.5	Überwachung des Betonierens	97	4.4.3	Technologische Vorbereitung	133
3.5.2	Transportieren und Fördern von Frischbeton	98	4.4.4	Vorlagerung und Kranstandpunkte	134
3.5.2.1	Grundsätzliches	98	<b>4.5</b>	<b>Montagedurchführung (Beispiele)</b>	<b>134</b>
3.5.2.2	Betontransport	98	4.5.1	Zusammenhang von Konstruktion und Technologie	134
3.5.2.3	Betonübergabe	99	4.5.2	Montage von Hallen	135
3.5.2.4	Betonförderung	99	4.5.2.1	Stahlhallen	135
3.5.3	Einbauen und Verteilen von Frischbeton	100	4.5.2.2	Fertigteilhallen	136
3.5.4	Verdichten von Frischbeton	101	4.5.3	Montage von Fertigteilgeschossbauten	137
3.5.4.1	Verdichtungsverfahren	101	<b>4.6</b>	<b>Qualität und Sicherheit</b>	<b>138</b>
3.5.4.2	Verdichten mit Innenrüttlern	102	4.6.1	Qualitätssicherung	138
3.5.4.3	Verdichten mit Außen- und Oberflächenrüttlern	102	4.6.2	Arbeitssicherheit	139
3.5.5	Arbeitsfugen	103	<b>4.7</b>	<b>Fragen zur Wiederholung (Prüfungsfragen)</b>	<b>140</b>
3.5.6	Nachbehandlung und Schlussbearbeitung des Betons	103	<b>4.8</b>	<b>Quellenangaben und Literaturhinweise zum Kapitel 4</b>	<b>142</b>
3.5.7	Qualität und Sicherheit	104	4.8.1	Literatur	142
<b>3.6</b>	<b>Fragen zur Wiederholung (Prüfungsfragen)</b>	<b>105</b>	4.8.2	Vorschriften (Auswahl)	143
<b>3.7</b>	<b>Quellenangaben und Literaturhinweise zum Kapitel 3</b>	<b>107</b>	4.8.3	Internet-Quellen (Auswahl)	144
3.7.1	Literatur	107	<b>5</b>	<b>Grundlagen der Baustelleneinrichtung</b>	<b>145</b>
3.7.2	Normen, Richtlinien, Merkblätter (Auswahl)	108	<b>5.1</b>	<b>Allgemeine Grundlagen</b>	<b>145</b>
3.7.3	Internet-Quellen (Auswahl)	110	5.1.1	Definitionen und Abgrenzung	145
<b>4</b>	<b>Grundlagen des Montagebaus</b>	<b>111</b>	5.1.2	Bedeutung und Aufgaben der Baustelleneinrichtung	145
<b>4.1</b>	<b>Allgemeine Grundlagen</b>	<b>111</b>	5.1.3	Bestandteile der Baustelleneinrichtung	146
4.1.1	Begriffe	111	5.1.4	Einflüsse auf die Baustelleneinrichtung	146
4.1.2	Der Baumontageprozess	112	5.1.5	Vorschriften	147
4.1.3	Vorteile und Probleme von Baumontagebauweisen	113			

<b>5.2</b>	<b>Elemente der Baustelleneinrichtung</b>	<b>148</b>	5.5.3	Gesetze und Vorschriften (Auswahl, es gilt die aktuellste Fassung)	172
5.2.1	Hebezeuge, Fördermittel und andere Bereitstellungsgeräte	148	<b>6</b>	<b>Grundlagen des Baubetriebs</b>	<b>173</b>
5.2.1.1	Allgemeines	148	<b>6.1</b>	<b>Besonderheiten der Bauproduktion</b>	<b>173</b>
5.2.1.2	Der Einsatz von Turmdrehkrane	148	6.1.1	Der Prototyp Bauwerk	173
5.2.1.3	Auf Krangleisen verfahrbare Turmkrane	149	6.1.1.1	Grundsätzliches	173
5.2.1.4	Nicht verfahrbare Turmdrehkrane	150	6.1.1.2	Der Lebenszyklus von Bauwerken	173
5.2.1.5	Andere Bereitstellungsmaschinen	151	6.1.1.3	Das Unikat Bauwerk	174
5.2.2	Fertigungsstätten und Werkstätten	151	6.1.1.4	Besonderheiten der Erzeugnisse und Prozesse der Bauwirtschaft	174
5.2.2.1	Spezielle Betriebs- und Fertigungsbereiche	151	6.1.2	Planung von Bauwerken	175
5.2.2.2	Bereich für die Holzbearbeitung (Zimmererplatz)	151	6.1.3	Bauausführung	177
5.2.2.3	Schalungsplatz	151	6.1.4	Betrieb von Bauwerken	178
5.2.2.4	Bereich für die Bewehrungsvorfertigung (Biege- und Flechtplatz)	152	6.1.5	Endverwertung von Bauwerken	179
5.2.2.5	Feldfabriken	152	6.1.6	Die Bauwirtschaft	179
5.2.2.6	Instandhaltungseinrichtungen für Baumaschinen	153	<b>6.2</b>	<b>Die am Bau Beteiligten</b>	<b>181</b>
5.2.3	Aufbereitungsanlagen für Baustoffe	153	6.2.1	Überblick	181
5.2.3.1	Mischgutbereitungsanlagen	153	6.2.2	Beziehungen zwischen den am Bau Beteiligten	182
5.2.3.2	Materialaufbereitungsanlagen	154	6.2.3	Die Bauunternehmung	183
5.2.4	Baustellenhilfsbetriebe	154	6.2.3.1	Aufbau und Strategie der Firmen	183
5.2.5	Einrichtungen für Umschlag und Lagerung	155	6.2.3.2	Auftragsbeschaffung	184
5.2.6	Baustellenunterkünfte und soziale Einrichtungen	157	6.2.3.3	Arbeitsvorbereitung	184
5.2.7	Einrichtungen für den Baustellenverkehr	157	6.2.4	Bauleitung	185
5.2.7.1	Grundlagen	157	6.2.5	Spezialabteilungen	186
5.2.7.2	Verkehrswege	158	6.2.6	Arbeitsgemeinschaften, Bietergemeinschaften, Konsortien	187
5.2.7.3	Reinhaltung von Anliegerstraßen	159	<b>6.3</b>	<b>Grundgrößen des Bauprozesses</b>	<b>188</b>
5.2.8	Technische Ver- und Entsorgungseinrichtungen	160	6.3.1	Bauleistung und Leistungsbeschreibung	188
5.2.8.1	Energieversorgung	160	6.3.2	Mengen	189
5.2.8.2	Telekommunikation	161	6.3.2.1	Grundbegriffe der Mengenermittlung	189
5.2.8.3	Wasserver- und -entsorgung	161	6.3.2.2	Bezugsgrößen	190
5.2.8.4	Wärmeversorgung	161	6.3.2.3	Technik der Mengenermittlung	191
5.2.8.5	Abfallentsorgung	162	6.3.3	Zeiten	192
5.2.9	Baustellenkennzeichnung und -sicherung	162	6.3.4	Kosten und Leistungen	195
5.2.9.1	Forderungen der Bauordnungen der Länder	162	6.3.5	Darstellung in Plänen	197
5.2.9.2	Baustellenkennzeichnung	163	<b>6.4</b>	<b>Ablauf- und Terminplanung</b>	<b>198</b>
5.2.9.3	Äußere Sicherung der Baustelle	163	6.4.1	Ziele und Aufgaben der Ablaufplanung	198
5.2.9.4	Innere Sicherung der Baustelle	163	6.4.2	Ablaufplanung als Teil der Arbeitsvorbereitung	199
5.2.9.5	Baustellenbeleuchtung	163	6.4.3	Prozesse und ihre Gliederung	200
5.2.10	Arbeits- und Brandschutzeinrichtungen	164	6.4.3.1	Grundsätzliches	200
5.2.10.1	Sicherheitseinrichtungen auf Baustellen	164	6.4.3.2	Bauarbeitsschlüssel	200
5.2.10.2	Einrichtungen für die Erste Hilfe	164	6.4.3.3	Ablaufeinheiten	201
5.2.10.3	Brandschutz auf Baustellen	164	6.4.3.4	Ermittlung der Dauer eines Ablaufabschnitts auf der Basis von Aufwandswerten	201
5.2.11	Einrichtungen zum Schutz vor extremen Witterungseinflüssen	165	6.4.3.5	Ermittlung der Dauer eines Ablaufabschnitts auf der Basis von Leistungswerten	202
<b>5.3</b>	<b>Planung der Baustelleneinrichtung</b>	<b>165</b>	6.4.3.6	Ablauffolgen	203
5.3.1	Grundsätze	165	6.4.3.7	Zeitliche Ablaufprinzipien	204
5.3.2	Planungsstufen	166	6.4.4	Logische und räumliche Ablaufplanung	205
5.3.3	Gestaltungskriterien für die Baustelleneinrichtungsplanung	167	6.4.4.1	Gliederung in Bauabschnitte	205
5.3.4	Bemessung	168	6.4.4.2	Priorisierung von Bauabläufen	206
5.3.5	Kostenplanung	168	6.4.4.3	Qualitative Prozessbeschreibung	207
5.3.6	Zeichnerische Darstellung der Baustelleneinrichtungen im Einrichtungsplan	168	6.4.5	Methoden der zeitlichen Ablaufplanung	208
<b>5.4</b>	<b>Fragen zur Wiederholung (Prüfungsfragen)</b>	<b>169</b>	6.4.5.1	Ausführliches Arbeitsverzeichnis	208
<b>5.5</b>	<b>Quellenangaben und Literaturhinweise zum Kapitel 5</b>	<b>171</b>	6.4.5.2	Terminlisten und -tabellen	208
5.5.1	Literatur	171	6.4.5.3	Balkenpläne	208
5.5.2	DIN-Normen (Auswahl)	171	6.4.5.4	Zyklogrammtechnik	209
			6.4.5.5	Netzplantechnik	212
			6.4.6	Weitere Darstellungsformen in der Ablaufplanung	215

6.4.6.1	Bauphasenplan	215	7.2.4.5	Belastungs-Beanspruchungs-Konzept	256
6.4.6.2	Flussdiagramm	215	7.2.4.6	Ermüdung und Erholung	256
6.4.7	Terminierung	216	<b>7.3</b>	<b>Grundzüge der Gestaltung und Bewertung von Arbeitssystemen</b>	<b>256</b>
6.4.8	Rechner gestützte Ablaufplanung	217	7.3.1	Anliegen und Einordnung der Arbeitsgestaltung	256
6.4.9	Interessen von Bauherren und Unternehmen bei der Ablaufplanung	217	7.3.2	Menschengerechte Gestaltung technischer Gebilde	258
<b>6.5</b>	<b>Die Kalkulation von Bauleistungen</b>	<b>219</b>	7.3.2.1	Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen	258
6.5.1	Einordnung in das betriebliche Rechnungswesen	219	7.3.2.2	Gestaltung von Arbeitsplätzen	259
6.5.2	Gliederung der Kostenermittlung	220	7.3.2.3	Gestaltung von Arbeitsgegenständen	260
6.5.2.1	Kostengruppen	220	7.3.3	Gestaltung der Prozesse in den Arbeitssystemen	260
6.5.2.2	Kostenarten	220	7.3.4	Gestaltung der Arbeitszeit	261
6.5.3	Grundlagen der Kalkulation	221	7.3.5	Bewertung von Arbeitssystemen	262
6.5.3.1	Allgemeines zur Preiskalkulation	221	<b>7.4</b>	<b>Grundbegriffe der technischen Arbeitshygiene</b>	<b>262</b>
6.5.3.2	Stufen der Kalkulation	222	7.4.1	Überblick	262
6.5.3.3	Kalkulationsverfahren	223	7.4.2	Klima am Arbeitsplatz	263
6.5.3.4	Chronologie des Bauprozesses von der Planung bis zur Kalkulation	224	7.4.3	Beleuchtung am Arbeitsplatz	264
6.5.3.5	Beispiel	224	7.4.4	Elektromagnetische Strahlung	264
<b>6.6</b>	<b>Der Bauvertrag</b>	<b>228</b>	7.4.5	Lärm am Arbeitsplatz	265
6.6.1	Die Anbahnung des Auftrags	228	7.4.6	Vibrationen am Arbeitsplatz	267
6.6.2	Der Werkvertrag	229	<b>7.5</b>	<b>Allgemeine Grundlagen des Arbeitsschutzes</b>	<b>268</b>
6.6.3	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB)	230	7.5.1	Begriff und sozialökonomische Einordnung	268
6.6.3.1	Einführung	230	7.5.2	Arbeitssicherheit im Produktionsprozess	268
6.6.3.2	Einige Auswirkungen aus der VOB/A auf Bauverträge	230	7.5.3	Der „subjektive Faktor“ im Arbeitsschutz	270
6.6.3.3	Der Teil B der VOB	230	7.5.4	Arbeitsschutzprinzipien	271
6.6.3.4	Teil C der VOB	233	<b>7.6</b>	<b>Die Forderungen des Arbeitsschutzes</b>	<b>272</b>
6.6.3.5	Anhang VOB Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen, Ausg. 2006	235	7.6.1	Das Erheben von Forderungen	272
6.6.3.6	Wesentliche Unterschiede zwischen BGB- und VOB-Regelungen	244	7.6.1.1	Grundsätzliches	272
<b>6.7</b>	<b>Fragen zur Wiederholung (Prüfungsfragen)</b>	<b>245</b>	7.6.1.2	Grundlagen des EU-Rechts	273
<b>6.8</b>	<b>Quellenangaben und Literaturhinweise zum Kapitel 6</b>	<b>247</b>	7.6.1.3	Arbeitsschutzrecht in Deutschland	274
6.8.1	Literatur	247	7.6.1.4	Das Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG	275
6.8.2	Vorschriften und Normen (Auswahl)	248	7.6.1.5	Betriebsverfassungsgesetz – BetrVG	276
<b>7</b>	<b>Der Mensch im Arbeitsprozess – arbeitswissenschaftliche Grundlagen des Baubetriebs</b>	<b>249</b>	7.6.1.6	Geräte- und Produktsicherheitsgesetz und Betriebssicherheitsverordnung	276
<b>7.1</b>	<b>Einführung</b>	<b>249</b>	7.6.1.7	Die Baustellenverordnung – BaustellV	277
7.1.1	Vorbemerkung	249	7.6.1.8	Regelwerk der gesetzlichen Unfallversicherung	277
7.1.2	Grundlagen	249	7.6.2	Die Durchsetzung der Forderungen	278
7.1.3	Arbeitssysteme	250	7.6.3	Unfallversicherungsschutz	279
7.1.4	Bauen und Arbeitswissenschaften	250	7.6.4	Verantwortung und Haftung im Arbeitsschutz	280
<b>7.2</b>	<b>Die menschliche Arbeitsleistung</b>	<b>251</b>	<b>7.7</b>	<b>Die Sachgebiete des Arbeitsschutzes</b>	<b>280</b>
7.2.1	Begriff der menschlichen Arbeitsleistung	251	7.7.1	Arbeitsstätten und Betriebshygiene	280
7.2.2	Das menschliche Leistungsvermögen	252	7.7.2	Maschinen, Geräte, technische Anlagen	281
7.2.3	Die Streuung der menschlichen Leistungsfähigkeit	253	7.7.3	Gefahrstoffe	282
7.2.4	Belastung und Beanspruchung des Menschen im Arbeitsprozess	254	7.7.4	Arbeitszeitregelungen	282
7.2.4.1	Arbeitsbelastung	254	7.7.5	Schutz bestimmter Personengruppen	283
7.2.4.2	Die physische Belastung des Menschen	254	<b>7.8</b>	<b>Fragen zur Wiederholung (Prüfungsfragen)</b>	<b>284</b>
7.2.4.3	Die psychische Belastung des Menschen	254	<b>7.9</b>	<b>Quellenangaben und Literaturhinweise zum Kapitel 7</b>	<b>286</b>
7.2.4.4	Arbeitsbeanspruchung und Beanspruchungsfolgen	255	7.9.1	Literatur	286
			7.9.2	DIN-Normen (Auswahl)	286
			7.9.3	Gesetze und Vorschriften (Auswahl)	286
			<b>8</b>	<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>289</b>

**Abkürzungsverzeichnis**

AG	Arbeitsgegenstand, Auftraggeber (abhängig vom Kontext)	DIN	Deutsches Institut für Normung
AGK	Allgemeinen Geschäftskosten	EK	Einzelkosten
AK	Arbeitskraft (dieser Begriff sollte im Sprachgebrauch aber vermieden werden; besser: Person, Mitarbeiter, Werker...)	EKT	Einzelkosten der Teilleistungen
AM	Arbeitsmittel	EP	Einheitspreis
AN	Auftragnehmer	G	Gewinn
AOB	Anordnungsbeziehung	GK	Gemeinkosten
ArbStättV	Arbeitsstättenverordnung	GKB	Gemeinkosten der Baustelle
ARGE	Arbeitsgemeinschaft	HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
ASR	Arbeitsstättenrichtlinie	HU	Hauptunternehmer
ATV	Allgemeine Technische Vertrags- bedingungen	KLR	Kosten- und Leistungsrechnung
AU	Ausbauunternehmer	LAE	Lastaufnahmeeinrichtung
AV	Arbeitsvorbereitung	LAM	Lastaufnahmemittel
AVA	Ausschreibung, Vergabe, Abrechnung	LBO	Landesbauordnung
AVwV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift	LE	Leistungseinheit
BAS	Bauarbeitsschlüssel	LV	Leistungsverzeichnis
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin	M-%	Masseprozent
BDE	Betriebsdatenerfassung	MBO	Musterbauordnung
BDZ	Bundesverband der dt. Betonindustrie	NU	Nachunternehmer
BE	Baustelleneinrichtung	OK	Oberkante
BGB	Bürgerliche Gesetzbuch	PUR	Polyurethan
BGI	Bauberufsgenossenschaftliche Information	PVC	Polyvinylchlorid
BGL	Baugeräteliste	REFA	Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unter- nehmensentwicklung e. V.
BGR	Berufsgenossenschaftliche Regel für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit	RU	Rohbauunternehmer
BGV	Berufsgenossenschaftliche Vorschrift	StVZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung
BIEGE	Bietergemeinschaft	SVB	Selbstverdichtender Beton
CAD	Computer Aided Design/Rechner unter- stütztes Konstruieren	ThürBO	Thüringer Bauordnung
DafStb	Deutscher Ausschuss für Stahlbeton	TP	technologische Pause
DBV	Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein	TU	Totalunternehmer
DGM	digitales Geländemodell	UVV	Unfallverhütungsvorschrift
		VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
		W	Wagnis
		Z	Bauzinsen
		ZTV	Zusätzliche Technische Vertrags- bedingungen



## Vorwort

Es gehört zur Tradition der Professur Baubetrieb und Bauverfahren, den Studenten ausführliche Lehrunterlagen in die Hand zu geben, mit deren Hilfe sie sich in dem umfassenden Lehrgebiet orientieren und in der Vorlesung konzentrierter dem Verständnis des Stoffes widmen können.

Diese Broschüre ist vor allem Lehrmaterial, das kostengünstig der Rationalisierung des Lehrbetriebes im universitären Bachelorstudium dienen soll. Deshalb waren typografische Kompromisse zugunsten der Wirtschaftlichkeit unausweichlich.

Die Ausarbeitung folgt der Logik des zu vermittelnden Wissens, ist aber nicht streng mit Vorlesungsprogramm und -inhalten verknüpft. Einer kurzen Einführung in das Fach „Baubetriebswesen“ folgen die produktionstechnischen Grundlagen anhand der Kernprozesse der Bauproduktion: Erdbau, Betonbau und Montagebau. Auf dieser Basis werden auch die Grundlagen der Baustelleneinrichtung im nächsten Kapitel verständlich. Im Teil „Baubetrieb“ wird schließlich gezeigt, wie die produktionstechnischen Prozesse geordnet, geplant, vertraglich gebunden, in der Ausführung überwacht und abgerechnet werden. Die in allen Kapiteln relevanten personengebundenen Faktoren runden schließlich mit arbeitswissenschaftlichen und arbeitsschutztechnischen Grundlagen diese Einführung in das Baubetriebswesen ab.

Diese Broschüre soll einerseits zum Nachschlagen dienen, um den Überblick zu behalten, bietet andererseits auch ergänzendes Material zum Selbststudium und will Anregung zu weiterführendem Literaturstudium geben.

An der Erarbeitung der Lehrunterlagen waren auch unsere ehemaligen Mitarbeiter beteiligt. Die Kapitel 3.3 und 6.5 entstanden unter Verwendung von Vorlagen von Herr Dr.-Ing. ARNO BLICKLING. In den Abschnitten „Qualität und Sicherheit“ der verfahrensspezifischen Kapitel fanden Untersuchungsergebnisse von Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. KARL-DIETER RÖBENACK Erwähnung. Auch die Kapitel 3.4 und 4.5 entstanden teilweise unter Verwendung von Materialien aus dessen Fundus. Schließlich sind, vor allem in Kapitel 6, Ideen von Herrn Dr.-Ing. HAGEN STEIN in das Skript eingeflossen.

Diese Lehrunterlage erfährt zahlreiche Fortsetzungen für das Vertiefungsstudium, welche aktuell über das Internetportal der Professur Baubetrieb und Bauverfahren zugänglich sind.

Naturgemäß kann die Stoffvermittlung an der Universität nur den Grundstein legen, das folgerichtige Denken in Systemen und Zusammenhängen anregen. Kenntnisse für die speziellen Anforderungen der Praxis müssen postgradual, z. B. in Trainee-Programmen, Assistenzzeiten als „Training on the job“ oder im praxisbegleitenden Selbststudium erworben werden. Dazu ist eigenes Engagement erforderlich, so auch das weiterführende Studium aktueller Fachliteratur, der Besuch von Fachmessen und immer wieder wissbegieriges Nachfragen und Diskutieren.

Außerdem lohnt es sich, mit offenen Augen durch unser Land zu gehen. Viele Baustellen bieten besten Anschauungsunterricht und Gelegenheit, sich Gutes abzuschauen und zum Vorbild zu nehmen – aber oft auch reichlich Ansatzpunkte, über Verbesserungen nachzudenken.

Möge das Lehrmaterial dem Leser eine gute Hilfe beim erstmaligen Erschließen der umfassenden und interessanten wissenschaftlichen Disziplin und auch später ein willkommenes Nachschlagewerk zu den Grundlagen des Arbeitsbereiches Baubetriebswesen sein.

Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Bargstädt M.Sc.

apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Rolf Steinmetzger

Wir freuen uns jederzeit über Hinweise darüber, wo sich trotz sorgfältiger Durchsicht noch der eine oder andere Fehler durchgemogelt hat oder an welcher Stelle die Unterlagen weiter ergänzt werden können.



# 1 Grundlagen des Baubetriebswesens

## 1.1 Disziplinen und Gegenstände des Baubetriebswesens

Das Baubetriebswesen wird oft mit BBB – Baubetrieb, Bauverfahren und Bauwirtschaft – abgekürzt oder auch als Baubetriebslehre bezeichnet [1-3]. In dieser Kombination deckt es die Nahtstelle zwischen den theoretischen Ingenieurfächern des konstruktiven Ingenieurbaus und den entstehenden Bauwerken vor Ort ab und befasst sich mit allen Aspekten der Herstellung, vor allem der Vorbereitung, Gestaltung und Analyse der Bauarbeiten aus technischer aber auch betriebswirtschaftlicher und arbeitswissenschaftlicher Sicht. Das Baubetriebswesen ist eine anwendungsbezogene Wissenschaft mit enger Bindung an die Baupraxis. Ohne die ständige Rückkopplung mit der Praxis, ohne den Realitätstest, wäre Forschung im Bereich Bauwirtschaft nur in sehr engem Rahmen möglich.

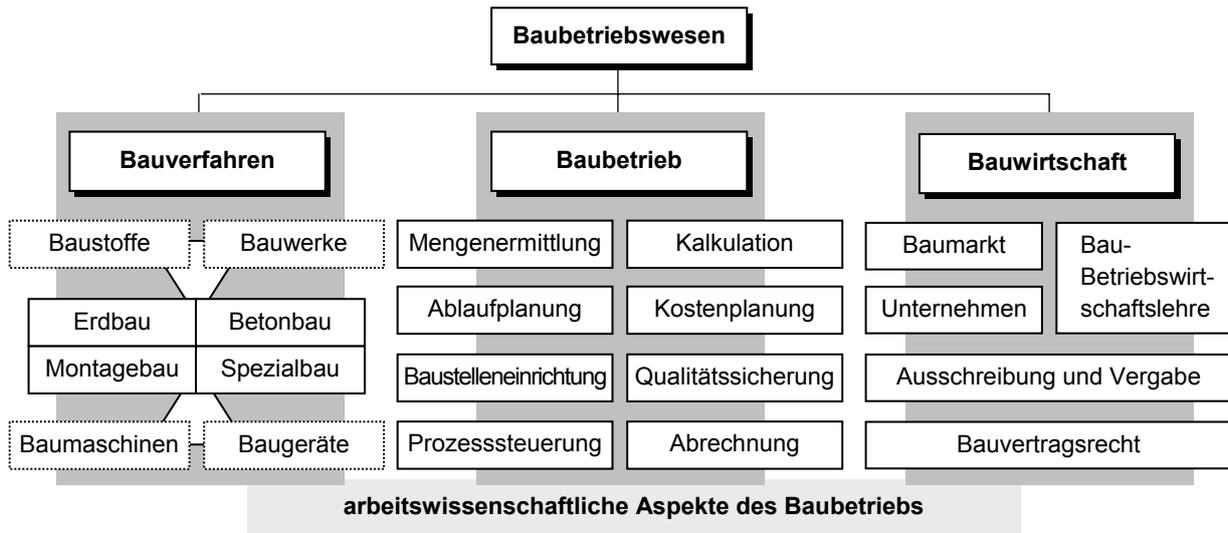
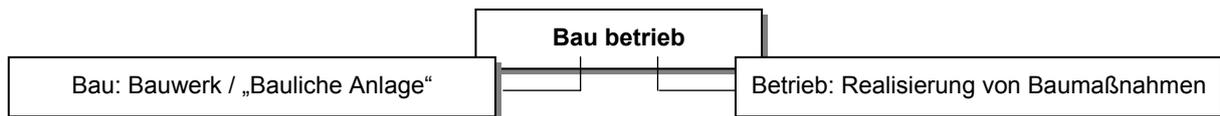


Abb. 1.1 Überblick über die Disziplinen des Baubetriebswesens

„**Baubetrieb**“ ist ein Doppelbegriff, der sowohl das Bauleistungen ausführende Unternehmen als auch die betrieblichen Abläufe einer Baustelle bezeichnet.



Mit Baubetrieb wird also einerseits das Unternehmen bezeichnet, das Bauleistungen erbringt. So genannte Baubetriebe oder Bauunternehmen sind darauf ausgerichtet, für verschiedene Bauherren bzw. Auftraggeber auf deren Grund und Boden Bauleistungen auszuführen.

Baubetrieb heißt andererseits Betreiben von Baustellen als Fertigungsstätten und umfasst alle organisatorischen Aspekte des Bauens, von der Gestaltung der einzelnen Arbeitsprozesse, die erforderlich sind, um ein Bauwerk zu errichten, über die Vorbereitung, Kontrolle und Abrechnung der Baumaßnahmen bis zur Zusammenarbeit der am Bau Beteiligten und beinhaltet als „Bauorganisation“ Bauablauf-, Baustellen- und Unternehmensorganisation.

Mit **Bauverfahren** werden die Methoden und Verfahren der Herstellung von Bauwerken und Bauteilen beschrieben. Bauverfahren sind zunächst unabhängig davon, ob und mit welchen Maschinen und Geräten die Arbeit ausgeführt wird. Sie können auch unabhängig von den verwendeten Baustoffen sein. Meist sind die Bauverfahren jedoch auf die Baustoffe abgestimmt und dann eben für diese besonders technisch geeignet, schnell oder wirtschaftlich,

*z. B.: Aufmauern mit einer Mörtelschicht im Dickbett bei normalem Mauerwerk, jedoch für Planblöcke das Aufmauern durch Verkleben mit dünner Fuge.*

Maschinen und andere technische Einrichtungen prägen heute das Baugeschehen. Der Einsatz zweckmäßiger Maschinen und deren optimale Ausnutzung sind wesentliche Voraussetzungen wirtschaftlichen Bauens.

Die „**Bauverfahrenstechnik**“ behandelt die Grund- und Sonderverfahren zur Durchführung von Bauprozessen einschließlich der dafür erforderlichen Arbeitsmittel. Sie steht in enger Wechselwirkung mit den zum Einsatz kommenden Baustoffen und Besonderheiten der Baukonstruktion. Besser sollte der Begriff „**Bauproduktionstechnik**“ gebraucht werden, um die Dominanz der technischen Aspekte zu betonen und nicht im Widerspruch zu traditionellen Definitionen zu stehen, wonach die Verfahrenstechnik Stoffwandlungstechnik ist (vgl. z. B. [1-7, S. N2]).

Die **Bauwirtschaft** (als baubetriebliche Disziplin) befasst sich mit allen wirtschaftlichen Aspekten des Bauens. Global bezeichnet Bauwirtschaft das gesamte Wirtschaftssystem der Baubranche, die Zusammenhänge zwischen Bauen und der übrigen Volkswirtschaft, das Verhalten von Baufirmen am Markt, die Konjunkturdaten, die Statistik und andere übergeordnete Aspekte. Im kleineren Umfeld, bezogen auf die Bauunternehmen, befasst sich Bauwirtschaft mit Unternehmensformen, Unternehmensstrukturen, den ökonomischen Zusammenhängen innerhalb der Unternehmung und zwischen Unternehmen und ihren Partnern am Bau.

**Informations- und Kommunikationstechnologien** durchdringen heute praktisch alle Disziplinen des Baubetriebswesens. Die erforderlichen Informationen müssen zur richtigen Zeit am richtigen Ort zur Verfügung stehen, um planmäßig und effizient bauen zu können. Neue technische Lösungen führen auch zu neuartigen technologischen Denkansätzen. Ein Beispiel dafür sind Satellitennavigationssysteme GPS (Global Positioning System). Durch ihre Nutzung werden Ereignisse und Daten mit hoher Genauigkeit lokal zuordenbar und dokumentierbar.

Technologische Insellösungen führen nur zu suboptimalen Ergebnissen. Priorität besitzt die Wirtschaftlichkeit des Gesamtunternehmens. Deshalb sind Insellösungen zu großen Systemen zu verknüpfen. Da in der Baupraxis auf langfristigen Planungen basierende Optimierungen oft schnell verworfen werden müssen, weil die Randbedingungen einem schnellen Wandel unterliegen, sind dynamische Ansätze erforderlich, in denen auch verschiedene Entscheidungen durchgespielt werden können. Diese erfordern aktuelle und für alle Systemelemente synchrone Zustandsbeschreibungen, die nur mit modernen Mitteln der Kommunikation realisierbar sind.

Übergreifend spielen im Baubetriebswesen **arbeitswissenschaftliche Aspekte** eine wichtige Rolle. Es gilt, den Menschen im Arbeitsprozess, im Zusammenwirken mit technischen Systemen zu begreifen und seine Tätigkeit optimal zu gestalten. Arbeitsgestaltung, Arbeitsorganisation, arbeitsökonomische und arbeitsrechtliche Fragestellungen sowie der Gesundheits-, Arbeits-, Brand- und Umweltschutz sind einige der daraus folgenden Aufgabengebiete.

Die Gegenstände des Baubetriebswesens lassen sich symbolhaft auf die „4 M des Baubetriebs“ reduzieren:

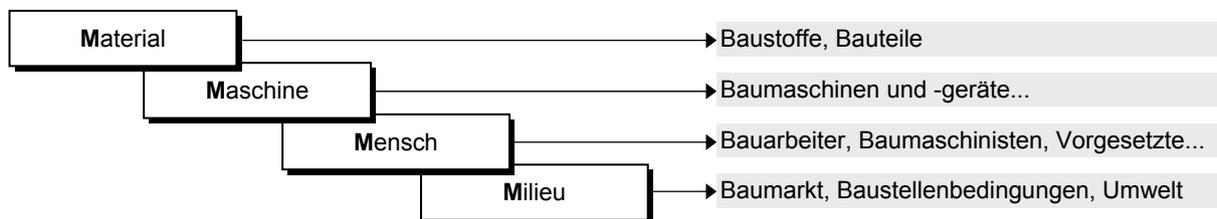


Abb. 1.2 Die vier M des Baubetriebs

## 1.2 Stellung des Faches Baubetriebswesen innerhalb der Bauingenieurwissenschaften

Baubetriebswesen ist keine deterministische Wissenschaft. Oft existieren eindeutige Lösungen nicht – mehrere, sogar gleich gute, sind möglich. Die Algorithmen und Berechnungen, die zu diesen Lösungen führen, sind meist relativ einfach. Schwieriger und aufwändig sind dagegen die adäquate Modellbildung und das Bestimmen der richtigen Eingangswerte. Im Fall mehrerer gleich guter oder annähernd gleich guter Lösungen muss sich der Praktiker unter dem Einfluss zahlreicher Randbedingungen für eine von diesen entscheiden und den entsprechenden Lösungsweg mit Konsequenz verfolgen.

Baubetriebswesen wird oft unterschätzt:

- Scheinbar ist alles klar und logisch.
- Mangelnde Praxiserfahrungen erschweren die Einsicht in bestimmte Problemstellungen.
- Wertigkeiten werden falsch gesetzt.
- Aufgabenstellungen sind nicht so streng algorithmierbar und führen nicht immer zu einem einzigen Ergebnis, selbst Lösungsweg und Herangehensweise können unterschiedlich sein.

Vertreter der Baupraxis betonen immer wieder erhebliche Wissensdefizite von Hochschulabsolventen bezüglich

- Kenntnissen im Umgang mit dem Menschen:
  - Psychologie, Beurteilung von Menschen,
  - Anleitung und Motivation der Mitarbeiter,
  - Verhandlungsführung,
- Kostendenken, Kalkulationshandwerk,
- Organisationstechnik,
- Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik,
- Maschinen- und Gerätetechnik,

aber auch die unzureichende Ausprägung solcher Fähigkeiten, wie

- Gewissenhaftigkeit und Verantwortungsbewusstsein,
- Teamfähigkeit,
- Disponibilität.

Baubetrieb kann an der Hochschule nicht vollständig vermittelt werden – aber das folgerichtige Denken in Systemen. Die notwendigen Kenntnisse für die speziellen Anforderungen der Praxis muss Jeder postgradual, unter Nutzung aller Möglichkeiten, die sich beim Berufseinstieg bieten, erwerben. Dazu ist eigenes Engagement erforderlich, so auch das Studium der Fachliteratur und der Besuch von Fachmessen. Und es lohnt sich durchaus, mit offenen Augen durch unsere Städte und Landschaften zu gehen. Viele Baustellen bieten besten Anschauungsunterricht – wenn auch nicht immer nur von der guten Seite.

### 1.3 Entwicklung von BBB als Lehr- und Forschungsgebiet

Baubetrieb und Bauverfahren waren über viele Jahrzehnte untrennbar mit den entsprechenden konstruktiven Baudisziplinen, wie z. B. Stahlbau, Massivbau, Holzbau, Tunnelbau, verknüpft. So gab es seit 1930 einen Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre an der TU München, der inzwischen aber geschlossen wurde.

In der ehemaligen DDR wurden in Verbindung mit Bezeichnungen wie „Technologie der Bauproduktion“ und „Bauökonomie“, zunächst um 1950 in Dresden – und 1955 auch in Weimar, die ersten Baubetriebslehrstühle eingerichtet. Natürlich verlangte ein planwirtschaftliches Wirtschaftssystem auch nach sorgfältiger Vorplanung der Bauprozesse, denn Material, Maschinen und Geräte waren budgetiert und mussten langfristig eingeplant werden. Zahlreiche verfahrenstechnische und betriebswirtschaftliche Themen bestimmten, in enger Zusammenarbeit mit der Bauindustrie, die oft interdisziplinär angelegten Forschungsinhalte der damaligen Lehrstühle.

In den westlichen Ländern wurden erst viel später, Anfang der 70er Jahre, an allen Bauingenieur fakultäten separate Baubetriebs- und Bauverfahrenslehrstühle eingerichtet. Aus heutiger Sicht ist nicht zu erkennen, ob der freie Markt für Bau- und Bauhilfsstoffe, ob die nach dem Krieg im Westen für die Bauwirtschaft besonders günstigen Rahmenbedingungen oder ob die bis dahin kombinierte Ausbildung in Berechnung von Bauwerken und Methodik des Bauens an den Lehrstühlen ausschlaggebend dafür waren. Im Zuge der Baurezessionen, so erstmalig besonders Mitte der Siebziger Jahre, suchte man vermehrt nach besonders wirtschaftlichen Verfahren. Aus dieser Zeit stammen zahlreiche grundlegende wissenschaftliche Arbeiten zum wirtschaftlichen Baubetrieb und zur Baumechanisierung.

Aber auch das Experimentieren mit unkonventionellen Baumethoden hatte Konjunktur. Auf jeden so genannten Amtsentwurf gab es eine Vielzahl von Sondervorschlägen. Dabei handelte es sich um alternative Entwürfe, die die anbietenden Firmen – oft mit heißer Nadel gestrickt, aber mit viel Mut zum Risiko und Vertrauen in das eigene ingenieurtechnische Können – ausarbeiteten und mit Erfolg ausführten.

Um in diesen Fällen in begrenzter Zeit ein noch nicht ganz ausgereiftes Bauverfahren oder eine mutige Baukonstruktion in die Tat umzusetzen, war eine gewissenhafte Vorbereitung notwendig. Mit Hilfe der methodischen Ausarbeitung der geplanten Bauabläufe und exakter Arbeitsvorbereitung gelang es, die in den neuen Verfahren liegenden Risiken einzugrenzen und kalkulierbar zu machen. Diese Randbedingungen begünstigten das Wachsen baubetrieblicher Lehrstühle und ihre Zusammenarbeit mit der Bauindustrie.

Offenkundig ist aktuell der Rückgang technischer Themenstellungen im Baubetrieb zugunsten Management und juristisch orientierter. Bezeichnendes Beispiel ist der 1927 an der Technischen Hochschule zu Berlin als erster seiner Art in Deutschland gegründete „Lehrstuhl für das Maschinenwesen beim Baubetrieb“ (erster Lehrstuhlinhaber Prof. Dr. rer. pol. GEORG GARBOTZ). Ende der 60er Jahre wurde er zum „Lehrstuhl für Baubetrieb und Baumaschinen“, heute Fachgebiet „Bauwirtschaft und Baubetrieb“. Aus dem einstigen Institut für Maschinenwesen im

Baubetrieb an der Universität Karlsruhe mit seinem Nestor Prof. Dr.-Ing. GÜNTER KÜHN wurde das Institut für Technologie und Management im Baubetrieb. Ähnlich verhält es sich mit dem Anteil maschinen- und verfahrenstechnischer Fragestellungen im Curriculum des Bauingenieurstudiums. Dennoch dürfen diese Themenstellungen nicht vernachlässigt werden. Das belegt das beachtliche verfahrens- und maschinentechnische Know-how der Bauunternehmen und der Baumaschinenindustrie, die damit erfolgreich ihre Stellung am Bauproduktmarkt behaupten können.

Bauen im Bestand, die Notwendigkeit nachhaltig zu bauen und die Bewertung der Bauwerke über den gesamten Lebenszyklus bestimmen auch aktuelle Forschungsthemen des Baubetriebswesens.

Die oben geforderte Systembetrachtung führt in der Baupraxis zu vielfältigen Alternativen. Zudem unterliegen die vorausgeplanten Abläufe Veränderungen durch die Unwägbarkeiten des Baustellenalltags. Situationsbezogen muss ggf. rasch von einer Strategie auf eine andere umgeschwenkt werden. Dabei sind die Folgen einer Entscheidung nicht immer leicht zu überschauen. Neue Instrumentarien, wie Simulation und Visualisierung, erlauben mehrere alternative Lösungen im Vorhinein durchzuspielen, Konsequenzen aufzuzeigen und zu bewerten.

#### **1.4 BBB in der Praxis**

Es gehört zum vorrangigen Ziel eines Baubetriebs, seine Ressourcen ausgewogen und wirtschaftlich einzusetzen, so dass das Unternehmen Gewinn machen kann. Kostendenken bestimmt jegliches Handeln auf der Baustelle. Die Vielfalt der Möglichkeiten, aber auch die gering gewordenen Gewinnmargen der Bauunternehmen erfordern eine immer detailliertere vorherige Bestimmung der Kosten und der anderen Auswirkungen des gewählten Bauverfahrens im Vergleich zu Alternativen.

Die Entscheidungen bei der Erstellung eines Bauwerks werden auf der Grundlage der konstruktiven Berechnungen, der verfahrenstechnischen Möglichkeiten, der bauwirtschaftlichen Kalkulationen und der Erfahrung der ausführenden Mannschaft getroffen. Viele dieser Entscheidungen kommen aber noch auf traditionelle Art zustande – nach dem Motto „Das haben wir immer so gemacht“. Oft weicht die Ausführung von der Planung ab. Dann wird improvisiert und neu vorausgedacht, die alte Lösung verworfen. Um aber mit fundierten Entscheidungen zu dem optimalen Bauverfahren zu gelangen, sind wissenschaftliche Ansätze und systematische Untersuchungen nötig. Das verlangt entsprechende Struktureinheiten in den Bauunternehmen.

In der Regel ist die Arbeitsvorbereitung eine ureigene Angelegenheit des Baubetriebs, da hier nicht nur die Randbedingungen des Bauwerks und des Bauvertrags bestimmend sind, sondern vor allem die vorhandenen oder zugänglichen Produktionsfaktoren des Betriebs. Sie erfolgt an verschiedenen Stellen, teils im Unternehmen, teils direkt auf der Baustelle. Bei sehr komplizierten oder komplexen Projekten werden Teile der Arbeitsvorbereitung bisweilen auf Ingenieurbüros verlagert.

Die Zukunft der baubetrieblichen Praxis wird immer mehr von Systemdenken, der umfassenden Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien und dem Gedanken der Nachhaltigkeit (die Umwelt schonendes Bauen mit Blick auf zukünftige Generationen) bestimmt.

Aktueller Stand der Technik sind virtuelle, dreidimensionale Modelle in der Planung. CAD-Modelle, die über Netzwerke den verschiedenen Baubeteiligten zur Verfügung gestellt werden, ermöglichen simultanes Arbeiten und kurze Vorbereitungszeiten. Die Zukunft führt zu Konzepten komplexen objektorientierten Arbeitens, die das Projektieren von Abläufen in 4D-Modellen (Raum und Zeit) ermöglichen. Visionär sind 5D-Modelle, die zudem noch dynamisch die Kosten einbeziehen. Voraussetzung für die praktische Umsetzung dieser Ideen sind die umfassende Erfassung, Aufbereitung und Dokumentation aller Daten (Workflow) und vielen Wissens (zur Entscheidungsfindung und Optimierung).

#### **1.5 Widerspruch zwischen Anspruch und Wirklichkeit**

Baubetrieb ist die Lehre von der Durchführung der Bauaufgaben. Die Abläufe in einer Bauproduktionsstätte werden im Vorhinein durchdacht, geplant und vorbereitet. Geplantes Bauen bedeutet, streng genommen, dass diese vorbereiteten Prozeduren auch tatsächlich so ablaufen.

Die Realität sieht vielfach anders aus. Bereits kleine Störungen, z. B. der Ausfall eines Krans, einer Betonpumpe, das verspätete Eintreffen eines Bewehrungsplans, die ausbleibende Lieferung von Mauersteinen oder unvorhersehbare Witterungseinflüsse, aber auch Änderungswünsche des Bauherrn, erfordern ständig wachsam zu sein und erzwingen oftmals eine Umstellung der Abläufe. Dann sind die Organisationskünste des Bauleiters und seiner Mannschaft gefragt.

## 1.6 Praktischer Bezug und Berufsaussichten

Das Baubetriebswesen benötigt praktischen Bezug und guten Kontakt zu ausführenden Baufirmen oder bauleitenden Ingenieurbüros. In der universitären Ausbildung wird deshalb, z. B. im Rahmen von Studien- und Diplomarbeiten, gezielt die Kooperation mit Unternehmen der Praxis gesucht.

In der baubetrieblichen Praxis – spätestens im Berufsalltag – treffen junge Diplomingenieure auf viele Bereiche des Ingenieurwesens, von denen im Studium nur die Grundzüge vermittelt werden konnten. Baubetriebler sind i. d. R. in einem breiten Aufgabenspektrum tätig, in das sie sich nach dem Studium weiter einarbeiten müssen. Zudem ist später immer wieder die Zuarbeit von Spezialisten in Anspruch zu nehmen, auszuwerten und zu hinterfragen. Dafür sind breit angelegte, interdisziplinäre Grundkenntnisse erforderlich.

Die Absolventen des Baubetriebs gehen in sehr unterschiedliche Tätigkeitsbereiche und Positionen. Nicht selten wenden sich im Studium konstruktiv orientierte Absolventen nach einer kurzen Dauer der Berufstätigkeit baubetrieblichen Aufgaben zu, die operativ geprägt und abwechslungsreich sind, voller Überraschungen stecken und die Mut zum Risiko und zur Übernahme von Verantwortung erfordern.

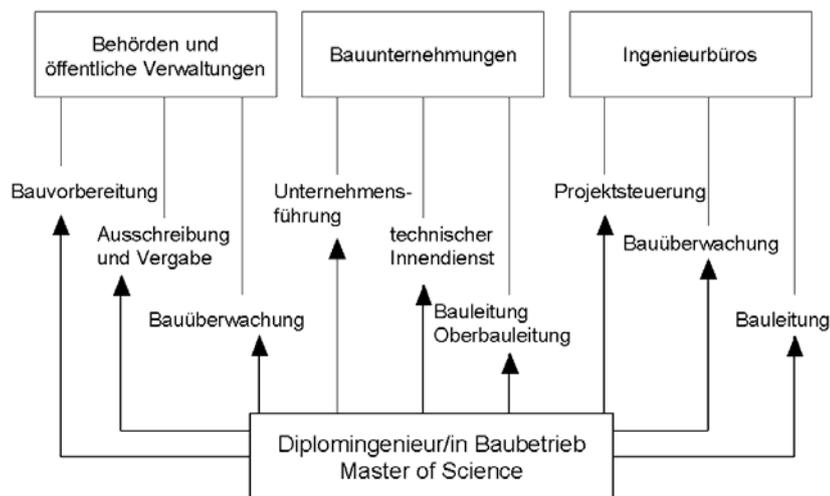


Abb. 1.3 Tätigkeitsfelder für Absolventen der Vertiefungsrichtung Baubetriebswesen

## 1.7 Grundkategorien des Baubetriebs

### 1.7.1 Begriffsdefinitionen

- **Erzeugnisse**

Erzeugnisse sind durch Fertigung entstandene gebrauchsb- bzw. verkaufsfähige Gegenstände. Industrie- und Handwerkserzeugnisse bestehen in der Regel aus mehreren Bestandteilen. Sie setzen sich in der Verfahrenstechnik aus Komponenten oder Grundstoffen, in der Fertigungstechnik aus Gruppen oder Teilen zusammen (vgl. [1-1, S. 36]).

In der Bauproduktion werden Verfahrens- und Fertigungstechnik nicht so deutlich getrennt.

Die Haupterzeugnisse des Bauwesens sind Bauwerke.

- **Bauwerke**

- Bauwerke sind langlebige Gebrauchs- oder Investitionsgüter. In der Regel sind sie Unikate.
- Errichtung, Betrieb und die Beseitigung von Bauwerken sind mit hohen Kosten verbunden.
- An ihrer Errichtung und ihrem Betrieb sind viele Personen und Instanzen beteiligt.
- Jedes Bauwerk verändert nachhaltig die Umwelt, und Fehlentscheidungen bei der Konzipierung und Errichtung eines Bauwerks werden sich über viele Jahre auswirken.

Juristisch (vgl. [1-14, § 2] u. a.) spricht man nicht in erster Linie vom Bauwerk, sondern von baulichen Anlagen.

- **Bauliche Anlagen**

„Bauliche Anlagen sind mit dem Erdboden verbundene, aus Bauprodukten hergestellte Anlagen; eine Verbindung mit dem Boden besteht auch dann, wenn die Anlage durch eigene Schwere auf dem Boden ruht oder auf ortsfesten Bahnen begrenzt beweglich ist oder wenn die Anlage nach ihrem Verwendungszweck dazu bestimmt ist, überwiegend ortsfest benutzt zu werden. Bauliche Anlagen sind auch

1. Aufschüttungen und Abgrabungen,
2. Lagerplätze, Abstellplätze und Ausstellungsplätze,
3. Sport- und Spielflächen,
4. Campingplätze, Wochenendplätze und Zeltplätze,
5. Freizeit- und Vergnügungsparks,
6. Stellplätze für Kraftfahrzeuge,
7. Gerüste,
8. Hilfseinrichtungen zur statischen Sicherung von Bauzuständen.“

Das fertige Bauwerk muss bestimmte Funktionen erfüllen, die seiner Zweckbestimmung entsprechen, und den Beanspruchungen standhalten, die während der Nutzung anfallen. Die bauliche Anlage muss demgegenüber während der Baumaßnahme wesentlich mehr Anforderungen genügen, die in der Praxis nicht selten unterschätzt oder vernachlässigt werden:

**Bauliche Anlagen in verschiedenen Bauzuständen**

müssen bestimmte Funktionen erfüllen, z. B.:

- Schutz vor Witterungseinflüssen
- Schutz vor Diebstahl und Vandalismus
- Lagerung von Baumaterial, Bauelementen und Ausrüstungen
- Unterbringung von Personen, auch unter Vornutzung finaler Funktionen (Baustelleneinrichtung)

müssen Beanspruchungen standhalten, z. B. aus:

- Wind
- Niederschlägen
- Verkehrslasten (z. B. auf leichten Dach-eindeckungen)
- Montagelasten (z. B. Stöße und andere dynamische Einwirkungen, Schiefstellungen)

Auch beim Betrieb von Baustellen sind im Rahmen der Baustelleneinrichtung bauliche Anlagen zu errichten, die – im Gegensatz zum eigentlichen Arbeitsgegenstand – temporären Charakter tragen, aber dennoch nicht als Provisorien behandelt werden dürfen. Sie sind ebenso entsprechend den Regeln der Technik und den gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen zu errichten (und danach wieder zu beseitigen).

- **Gebäude**

„Gebäude sind selbstständig benutzbare, überdeckte bauliche Anlagen, die von Menschen betreten werden können und geeignet oder bestimmt sind, dem Schutz von Menschen, Tieren oder Sachen zu dienen“ (vgl. Musterbauordnung [1-14]).

- **Bauprodukte**

1. Baustoffe, Bauteile und Anlagen, die hergestellt werden, um dauerhaft in bauliche Anlagen eingebaut zu werden
2. aus Baustoffen und Bauteilen vorgefertigte Anlagen, die hergestellt werden, um mit dem Erdboden verbunden zu werden, wie Fertighäuser, Fertigaragen und Silos

Nach der EU-Bauproduktenrichtlinie 89/106/EWG (BPR), die als Bauproduktengesetz – BauPG [1-9] in deutsches Recht überführt wurde und der Harmonisierung im Baubereich dienen soll, dürfen Bauprodukte nur dann in den Verkehr gebracht werden, wenn sie brauchbar sind, d. h. solche Merkmale aufweisen, dass das Bauwerk, in das sie eingebaut werden sollen, bei ordnungsgemäßer Planung und Bauausführung die wesentlichen Anforderungen erfüllen kann (vgl. § 4 BauPG). Sie sind im Anhang I BPR in sechs Punkten formuliert:

- mechanische Festigkeit und Standsicherheit (Einwirkungen während der Errichtung und Nutzung dürfen nicht zu Einstürzen, unzulässigen Verformungen, Beschädigungen usw. führen),
- Brandschutz,
- Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz (Bewohner und Anwohner dürfen insbesondere durch Freisetzung giftiger Gase, gefährliche Teilchen oder Gase in der Luft, gefährliche Strahlen, Wasser- oder Bodenverunreinigung oder -vergiftung, unsachgemäße Beseitigung von Abwasser, Rauch und festen oder flüssigen Abfall, Feuchtigkeitsansammlungen, nicht gefährdet werden),

- Nutzungssicherheit (keine unannehmbaren Unfallgefahren),
- Schallschutz,
- Energieeinsparung und Wärmeschutz.

Sicherheitsanforderungen, die für den Umgang mit dem Bauprodukt, also dessen Transport, Verarbeitung auf der Baustelle, spätere Wartung am Bauwerk oder beim Rückbau relevant sind, werden in der aktuellen Bauproduktenrichtlinie nicht erhoben. Damit bleiben Gefahren bei der Verarbeitung der Bauprodukte unberührt.

- **Baumaßnahmen**

Als Baumaßnahmen bezeichnet man die Gesamtheit von Maßnahmen zur Errichtung, Veränderung oder Beseitigung von baulichen Anlagen. Sie beinhalten Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung.

Jede Baumaßnahme schließt den Auf- und Abbau einer Produktionsstätte (eines temporären Betriebes, der Baustelleneinrichtung) ein!

- **Bauleistungen**

„Bauleistungen sind Arbeiten jeder Art, durch die eine bauliche Anlage hergestellt, instand gehalten, geändert oder beseitigt wird.“ (vgl. § 1 VOB/A [1-17], KLR Bau [1-11, S. 24])

Leistungen sind hier, im Gegensatz zum physikalischen Leistungsbegriff, der wertmäßige Ausdruck der von einer Unternehmung erzeugten Güter. Sie sind entweder innerbetriebliche Leistungen oder Absatz (vgl. Kostenrechnung, z. B. [1-6, S. 21]).

Die Bauleistungen werden im Rahmen der Leistungsrechnung ermittelt. Dazu sind (vgl. [1-11, S. 85])

- die geleisteten Mengen zu erfassen, z. B. durch Leistungsaufmaß, Arbeits- und Gerätestundenberichte, Stoffverbrauchsberichte,
- der Wert der geleisteten Mengen durch Multiplikation mit den vereinbarten Einheitspreisen zu ermitteln.

Ablaufplanung und Kalkulation basieren gleichermaßen auf der exakten Beschreibung der Bauleistungen in ihren Mengen. Die Ordnung der Bauleistungen, ihre Gliederung und Aggregation, sind jedoch in großen Teilen unterschiedlich. Deshalb ist es problematisch, die Gliederung der Erzeugnisse und Prozesse so vorzunehmen, dass Erfassung und Abrechnung der Leistungen in möglichst allen Bereichen anhand ein und derselben Datenbasis erfolgen können.

- **Bauarbeiten**

Bauarbeiten sind Arbeiten zur Erbringung einer Bauleistung. Sie umfassen bauhandwerkliche oder bauindustrielle Maßnahmen (im Rahmen der Fertigung – also ausschließlich der geistigen Vorarbeiten bei Planung und Projektierung), mit denen Bauwerke unmittelbar geschaffen, erhalten, verändert oder beseitigt werden einschließlich aller Vorbereitungs- und Abschlussarbeiten.

Arbeitsteilung: Nur selten ist ein Bauunternehmen Finalproduzent.

dennoch: ⇒ Trend zu kompletten Leistungen („Schlüsselfertiges Bauen“)

- **Bauart / Bauweise**

Bauart ist die Art und Weise des Herstellens von Bauwerken oder deren Hauptbestandteile. Dabei bilden Konstruktion, Material und Technologie unter Betonung der besonderen Merkmale des Bauwerks eine Einheit.

- **Bauverfahren**

Bauverfahren beschreiben die Art und Weise der Erbringungen bestimmter Teilleistungen. Sie können nach Arbeitsgegenständen oder Fertigungsverfahren (vgl. Kap. 1.7.3) klassifiziert werden.

Im Baubetriebswesen werden im Rahmen der „Bauverfahrenstechnik“ die Fertigungsprozesse im Zusammenhang Arbeitsgegenstand – Verfahren – Mittel behandelt (s. Begriff „Produktionstechnik“).

Für die Durchführung eines Bauvorhabens stehen hinsichtlich Material, Konstruktion, statischem System, Betriebsmitteleinsatz usw. meist mehrere Ausführungsmöglichkeiten zur Wahl. Die Kombination der Produktionsfaktoren (Menschen, Maschinen, Material) und die Organisation ihres Zusammenwirkens bestimmen die besonderen Eigenschaften eines Bauverfahrens und seine Eignung für eine spezielle Bauaufgabe (vgl. auch [1-15, S. 48]).

### 1.7.2 Begriffe zur Produktionstechnik und Produktionsorganisation

Die **Technik** umfasst die materiellen Mittel (Arbeitsmittel und Verfahren), mit denen die Menschen durch Erkenntnis und Ausnutzung von Naturgesetzen die natürlichen Energiequellen und Rohstoffe erschließen und verwerten, d. h. produzieren.

Die **Produktion** „umfasst die Erzeugung von Gütern und Dienstleistungen durch die Kombination der 3 klassischen Produktionsfaktoren oder Produktionsmittel Boden, Arbeit und Kapital“ [1-4, S. 227]. Im Unternehmen umfasst die Produktion (in Anlehnung an REFA [1-1, S. 12]) die Bereiche Entwicklung, Beschaffung, Fertigung, Qualitätswesen und Umweltschutz.

- **Produktionstechnik**

Die industrielle Produktionstechnik umfasst

- **Energietechnik** (Erschließung und Umwandlung von Energien)
- **Verfahrenstechnik** (Stoffwandlungstechnik: Änderung von Stoffen und ihren Eigenschaften, betrifft insbesondere geometrisch formlose Stoffe) ⇒ chemische Technologie
- **Fertigungstechnik** (funktionelle Formgebung, betrifft insbesondere Erzeugnisse mit geometrisch bestimmten Formen) ⇒ mechanische Technologie

Gegenstand der Produktionstechnik im Baubetriebswesen sind die Fertigungsverfahren (s. unten) und die produktionstechnischen Faktoren (Arbeitsgegenstände, Betriebsmittel, Menschen).

- **Produktionsorganisation**

Die Produktionsorganisation beinhaltet die qualitative und quantitative Ordnung der produktionstechnischen Faktoren in Raum und Zeit.

- **Prozess**

Prozesse sind Veränderungen in Systemen, die in Raum und Zeit vonstatten gehen. Gleichsam wie Systeme können auch Prozesse einer hierarchischen Betrachtung unterzogen werden.

Im Rahmen der Arbeits- und Prozessorganisation werden unterschieden:

- Führungsprozesse,
- Leistungsprozesse,
- Unterstützungsprozesse.

Gegenstand des Baubetriebswesens ist eine besondere Prozesskategorie ⇒ der technologische Prozess in sozio-technischen Systemen (Arbeitssystemen).

- **Technologischer Prozess**

Der technologische Prozess ist die zweckbestimmt in Raum und Zeit gestaltete, fortwährende Transformation stofflicher, energetischer und informationeller Eingaben in ebensolche Ausgaben durch die technische Realisierung bzw. zielgerichtete Anwendung von Naturgesetzen, zumeist mit Hilfe entsprechender Arbeitsmittel, durch den Menschen<sup>1</sup> im Arbeitsprozess.

Beachte die Hierarchie der folgenden Begriffe bei der Realisierung technologischer Prozesse:

- Arbeitsverfahren** – umfasst die Wechselwirkung zwischen Arbeitsmittel und Arbeitsgegenstand
- Arbeitsmethode** – beinhaltet die Regeln zur Ausführung des Arbeitsverfahrens
- Arbeitsweise** – beinhaltet die individuelle Art und Weise der Ausführung durch den Menschen

- **Technologie**

Die Technologie ist die Wissenschaft von der Anwendung naturwissenschaftlicher, technischer und organisationswissenschaftlicher Erkenntnisse auf die Gestaltung der materiell-technischen Seite der Produktion.

Sie liefert die Voraussetzungen dafür, die Prozessbedingungen so zu konzipieren, zu gestalten, zu bemessen und zu steuern, dass die Prozesse optimal verlaufen, zu den gewünschten Prozessergebnissen führen und dabei der betriebliche Prozessaufwand minimal ist.

Die Arbeitsrichtungen der Technologie gliedern sich in Produktionstechnik und Produktionsorganisation.

---

<sup>1</sup> Technologische Prozesse unterscheiden sich von anderen technischen Prozessen dadurch, dass sie durch und mit dem Menschen vonstatten gehen. Deshalb ist es zwingend erforderlich, den Faktor Mensch in technischen Systemen zu begreifen und ausreichend zu beachten.

### 1.7.3 Charakterisierung von Fertigungsverfahren

In der Fertigung erfolgt die schrittweise Veränderung der Form und/oder der Stoffeigenschaften aus dem Ausgangszustand in den Fertigungszustand. Begleitende Prozesse der Fertigung sind Handhaben, Kontrollieren, Transportieren und Lagern. Die Fertigung bedient sich grundlegender Fertigungsverfahren, die nachfolgend kurz charakterisiert werden.

**Fertigungsverfahren** sind nach DIN 8 580 „alle Verfahren zur Herstellung von geometrisch bestimmten festen Körpern; sie schließen die Verfahren zur Gewinnung erster Formen aus dem formlosen Zustand, zur Veränderung dieser Form sowie zur Veränderung der Stoffeigenschaften ein“ [1-5].

#### Hauptgruppen der Fertigungsverfahren nach DIN 8 580:2003 [1-5]

- **Urformen:** „Fertigen eines festen Körpers aus formlosem Stoff durch Schaffen des Zusammenhaltes; hierbei treten die Stoffeigenschaften des Werkstückes bestimmbar in Erscheinung“, z. B.: Einbau von Frischbeton
- **Umformen:** „Fertigen durch bildsames (plastisches) Ändern der Form eines festen Körpers; dabei werden sowohl die Masse als auch der Zusammenhalt beibehalten“, z. B.: Biegen von Betonstahl
- **Trennen:** „Fertigen durch Aufheben des Zusammenhaltens von Körpern..., wobei der Zusammenhalt teilweise oder im Ganzen vermindert wird“, z. B.: Schneiden von Betonstahl
- **Fügen:** „auf Dauer angelegtes Verbinden oder sonstiges Zusammenbringen von zwei oder mehreren Werkstücken geometrisch bestimmter fester Form oder von eben solchen Werkstücken mit formlosem Stoff; dabei wird der Zusammenhalt örtlich geschaffen und im Ganzen vermehrt“, z. B.: Schweißen von Betonstahl, Aufkleben von Fußbodenbelägen oder Tapezieren
- **Beschichten:** „Aufbringen einer fest haftenden Schicht aus formlosem Stoff auf ein Werkstück; maßgebend ist der unmittelbar vor dem Beschichten herrschende Zustand des Beschichtungsstoffes“, z. B.: Aufbringen von Putzen und Anstrichen, Verzinken von Stahlgeländern
- **Stoffeigenschaft ändern:** Fertigen durch Verändern der Eigenschaften des Werkstoffes, aus dem ein Werkstück besteht, z. B.: Verdichten von Beton

Tab. 1-1 Merkmale und Einteilung von Hauptgruppen für Fertigungsverfahren nach DIN 8 580:2003 [1-5]

Schaffen der Form	Ändern der Form				Ändern der Stoffeigenschaften
Zusammenhalt schaffen	Zusammenhalt beibehalten	Zusammenhalt vermindern	Zusammenhalt vermehren		
Hauptgruppe 1 <b>Urformen</b>	Hauptgruppe 2 <b>Umformen</b>	Hauptgruppe 3 <b>Trennen</b>	Hauptgruppe 4 <b>Fügen</b>	Hauptgruppe 5 <b>Beschichten</b>	Hauptgruppe 6 <b>Stoffeigenschaft ändern</b>

#### Verfahrenswahl

In der Regel sind Bauaufgaben durch mehrere Verfahren realisierbar, die sich in ihren Merkmalen (Arbeitsparameter, Kosten u. a.) unterscheiden. Das günstigste Verfahren, es kann auch eine Kombination mehrerer Verfahren gleichzeitig oder nacheinander sein, wird nach verschiedenen Kriterien ausgewählt, insbesondere:

- Wirtschaftlichkeit (absolute oder spezifische Kosten, Deckungsbeitrag, Gewinn),
- Arbeitszeit-, Energie-, Materialaufwand,
- Nutzwert (für monetär nicht bewertbare Merkmale),
- Dauer der Bauarbeiten.

## Verfahrensanwendung

Die Fertigungsverfahren finden ihre Anwendung in Arbeitssystemen (nach REFA), in denen Menschen und Betriebsmittel unter bestimmten Umwelteinflüssen mit dem Arbeitsgegenstand zusammenwirken.

Werkzeuge bewirken durch Relativbewegung gegenüber dem Werkstück und unter Energieübertragung die Bildung seiner Form oder die Änderung seiner Form und Lage, bisweilen auch seiner Stoffeigenschaften. Die Veränderungen am Werkstück werden über Wirkmedien, das sind formlose feste, flüssige oder gasförmige Stoffe, durch verschiedene Energieformen (Wirkenergien) hervorrufen. Werkzeug bzw. Wirkmedium oder Wirkenergie einerseits und Werkstück andererseits bilden zusammen das Wirkpaar (vgl. H. WOLFFGRAMM [1-18]).

Die Verfahrensanwendung wird von der Erfassung und Auswertung der Prozessdaten (Ist-Daten) begleitet, um den Verlauf bewusst zu beeinflussen (Steuerung) und zu dokumentieren. Mit der Dokumentation werden die Voraussetzungen für den Qualitätsnachweis, die Abrechnung und die Bildung von Kennzahlen für die Planung weiterer Verfahrensanwendungen geschaffen.

## Auswertung der Verfahrensanwendung

Nach erfolgter Verfahrensanwendung sind die Ist-Daten auszuwerten. Mit ihrer Hilfe kann man über eine Rückkopplung im Vergleich mit den Soll-Daten Gewissheit über die Richtigkeit der ursprünglich getroffenen Entscheidung erhalten und darüber hinaus Grundlagen für spätere Entscheidungsprozesse bereitstellen, z. B. in Form von Kennzahlen.

### 1.7.4 Bauproduktionsmittel

Bauproduktionsmittel sind für die Fertigungsprozesse bei der Herstellung von Bauwerken erforderlich und übertragen ihren Wert durch Amortisation in kleinen Portionen auf die erstellten Bauwerke.

Man unterscheidet (vgl. [1-12, S. 10]):

- **Baumaschinen**

Baumaschinen sind mit Antriebsaggregaten ausgestattete Bauproduktionsmittel, die unter Energiewandlung und -verbrauch mit Hilfe bestimmter Werkzeuge auf die Baustoffe einwirken.

- **Bauwerkzeuge**

Bauwerkzeuge sind Bauproduktionsmittel, mit denen Baumaschinen oder Personen verändernd auf Baustoffe und Bauteile einwirken. Sie sind zu unterscheiden in

- maschinengeführte Werkzeuge als Bestandteile der Baumaschinen, z. B.: Grabgefäß eines Baggers,
- handgeführte mechanisierte Werkzeuge als Bestandteile von Kleinmechanismen, z. B.: Bohrhammer,
- handgeführte antriebslose Werkzeuge, z. B.: Maurerkelle, Hammer.

- **Baugeräte**

Baugeräte sind antriebslose und in der Regel statisch genutzte Bauproduktionsmittel, die zustands- und/oder positionssichernd wirken, z. B.: Grabenverbaugeräte, Schalungen, Gerüste, Container, Silos.

- **Bauanlagen**

Bauanlagen sind Funktionssysteme aus Baumaschinen, Bauwerkzeugen und Baugeräten, z. B.: Betonmischanlagen.

Maschinen und andere technische Einrichtungen prägen heute das Baugeschehen. Sie haben manuelle Tätigkeiten weitgehend abgelöst. Maschinen sind die Hauptproduktionsmittel, die der Bauingenieur richtig und weise einzusetzen hat. Davon hängt ganz entscheidend die Wirtschaftlichkeit des Bauens ab. Zudem ist der Bauingenieur gefordert, mit dem Maschinenfachmann im eigenen Betrieb oder seitens der Hersteller und Vertrieber zu kommunizieren.

Als produktionstechnische Disziplin des Baubetriebswesens beinhaltet die **Baumechanisierung** die Mechanisierung und Automatisierung von Bauprozessen unter technisch-organisatorischen Aspekten (Maschinenteknik, Wechselwirkung zwischen Arbeitsgegenstand und Arbeitseinrichtung, Einsatz der Maschinen für verschiedene Verfahren, Zusammenwirken der Maschinen in Gruppen und Komplexen) sowie unter wirtschaftlich-organisatorischen Aspekten (Leistungs- und Kostenermittlung, Bildung von Maschinenparks, Baumaschineneinsatz).

### 1.7.5 Aufwands- und Leistungswerte

Aufwands- und Leistungswerte sind wichtige Größen der Planung, Arbeitsvorbereitung und -abrechnung und Gegenstand der Produktionsorganisation. Hier sollen die Begriffe nur so weit dargestellt werden, wie es für das Verständnis der nachfolgenden Kapitel erforderlich ist.

#### Aufwandswerte

Aufwandswerte geben an, welcher Aufwand an Arbeitsstunden erforderlich ist, um eine bestimmte Leistungseinheit (LE) herzustellen.

Diese Stunden sind Aufwand an menschlicher (vorwiegend händischer) Arbeit, also Personen-Stunden, Mann-Stunden, AK-Stunden...

$$t_V = \frac{\text{Personen-Stunden}}{\text{Menge der veränderten Arbeitsgegenstände}} \Rightarrow \frac{P \cdot h}{LE}$$

Ermittlung der Dauer eines Ablaufabschnitts auf der Basis von Aufwandswerten siehe Kap. 6.4.3.4, S. 201.

#### Leistungswerte

Leistungswerte geben an, wie viel Leistungseinheiten (LE) pro Zeiteinheit (ZE) durch eine bestimmte Maschine unter Betriebsbedingungen erbracht werden.

Leistungswerte finden dort Anwendung, wo maschinelle Arbeit bestimmend ist.

$$Q = \frac{\text{Menge veränderter Arbeitsgegenstände}}{\text{Leistungs- oder Betriebszeit der Maschine}} \Rightarrow \frac{LE}{ZE}$$

Die Leistung einer Baumaschine ist die Menge des Arbeitsgegenstandes, die von ihr gemäß Leistungsbeschreibung und entsprechend ihrer Konstruktion und ihrem Einsatz in der Zeiteinheit verändert wird.

Ermittlung der Dauer eines Ablaufabschnitts auf der Basis von Leistungswerten:

$$D_h = \frac{Q_U}{Q_N}$$

$D_h$  – Vorgangsdauer in Stunden, h

$Q_U$  – Leistungsumfang in LE

$Q_N$  – Nutzleistung (vgl. Kap. 6.4.3.5, S. 202) in Leistungseinheiten je Einsatzstunde, LE/h<sub>E</sub>

#### Leistungseinheiten

In den Berechnungen für die Aufwands- und Leistungswerte wird ganz bewusst der Begriff Leistungseinheit LE verwendet und nicht Mengeneinheit ME, um zu betonen dass nicht allein die Menge des veränderten Gegenstandes betrachtet wird, sondern im Zusammenhang damit auch die Qualität der Leistungserbringung und die Bedingungen, unter denen sie stattfand.

Beachte: Bei Aufwandswerten steht die Leistungseinheit (LE) im Nenner, bei Leistungswerten im Zähler.

### 1.8 Fragen zur Wiederholung (Prüfungsfragen)

1. Welchen der drei Disziplinen des Baubetriebswesens (Bauverfahren, Baubetrieb, Bauwirtschaft) ordnen Sie die folgenden Teildisziplinen zu: Erdbau, Baustelleneinrichtung, Spezialtiefbau, Kostenplanung, Ausschreibung und Vergabe, Mengenermittlung, Qualitätssicherung?
2. Worin bestehen die 4 M des Baubetriebs?
3. Weshalb erlangen neue Instrumentarien, wie Simulation und Visualisierung, aktuell große Bedeutung für wirtschaftliches Bauen?
4. Was bedeutet „Nachhaltigkeit“ im Zusammenhang mit dem modernen Bauen?
5. Worin unterscheiden sich „Bauprodukte“ und „bauliche Anlagen“? Geben Sie für jeden Begriff ein treffendes Beispiel!
6. Ist der Begriff „bauliche Anlage“ eher juristischer oder technischer Art? Begründen Sie Ihre Antwort!
7. Welche Funktionen müssen bauliche Anlagen häufig bereits während der Bauzustände erfüllen?
8. Was ist ein „Prozess“ (im technischen Sinne, nicht juristisch)? Geben Sie eine allgemeine Definition

9. Wodurch unterscheiden sich technologische Prozesse von rein technischen Prozessen?
10. Welcher Hauptgruppe der Fertigungsverfahren nach DIN 8580 (Urformen, Umformen, Trennen, Fügen, Beschichten) sind die nachfolgenden Beispiele von Arbeitsvorgängen jeweils zuzuordnen?
  - Schneiden von Bewehrungsstahl
  - Einbau von selbstverdichtendem Beton
  - Aufbringen von Deckputz
  - Aufkleben von Fußbodenbelägen
  - Verdichten einer Schotterschicht
11. Erläutern Sie die Unterschiede zwischen Baumaschinen, Baugeräten und Bauanlagen!
12. Definieren Sie den Begriff „Aufwandswert“ ( $t_V$ )!
13. Definieren Sie den Begriff „Leistungswert“ ( $Q$ )!
14. Weshalb ist es wichtig, im Zusammenhang mit Aufwands- und Leistungswerten den Leistungsumfang in Leistungseinheiten LE anstelle einfacher Mengeneinheiten ME zu verwenden?

### 1.9 Quellenangaben und Literaturhinweise zum Kapitel 1

- [1-1] Ausgewählte Methoden der Planung und Steuerung (REFA-Fachbuchreihe Betriebsorganisation). – München: C. Hanser Verlag, 1993. – 305 S.
- [1-2] Bauer, H.: Baubetrieb. – Berlin, Heidelberg, New York...: Springer Verlag, 2007. – 866 S..
- [1-3] Berner, F.; Hahr, H.: Hochschullehrer-Memorandum Baubetrieb und Bauwirtschaft – Universitäre Lehre und Forschung. – In: Bauingenieur, Düsseldorf 81(2006)3, S. 110–116
- [1-4] Brüssel, W.: Baubetrieb von A bis Z. – Düsseldorf: Werner-Verlag, 2007. – 332 S.
- [1-5] DIN 8580 Fertigungsverfahren – Begriffe, Einteilung; Ausgabe 09/2003
- [1-6] Drees, G; Paul, W.: Kalkulation von Baupreisen. – Berlin: Bauwerk, 2000. – 347 S.
- [1-7] Dubbel Taschenbuch für den Maschinenbau (Hrsg. Grothe, K.-H.; Feldhusen, J.). – Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2005
- [1-8] Fiedler, K.: Grundlagen der Technologie im Baubetriebswesen. – Berlin: Verlag für Bauwesen, 1991. – 215 S.
- [1-9] Gesetz über das Inverkehrbringen von und den freien Warenverkehr mit Bauprodukten zur Umsetzung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte und anderer Rechtsakte der Europäischen Gemeinschaften BauPG – Bauproduktengesetz; Neufassung vom 28. April 1998
- [1-10] Hoffmann, M. (Hrsg.): Zahlentafeln für den Baubetrieb. – Stuttgart: B.G. Teubner, 2006. – 1042 S.
- [1-11] Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen – KLR Bau. Hrsg.: Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. und Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V. – Düsseldorf: Werner Verlag, 2001
- [1-12] Kotte, G.: Baumaschinen – Auswahl und Beschaffung. – Berlin, Hannover: Patzer Verlag, 2000. – 187 S.
- [1-13] Kühn, G.: Handbuch Baubetrieb (Organisation – Betrieb – Maschinen). – Düsseldorf: VDI-Verlag, 1991. – 322 S.
- [1-14] Musterbauordnung (MBO) – Fassung November 2002 (<http://www.bauordnungen.de/html/mbo.html>, Abruf vom 12.8.2008)
- [1-15] Oberndorfer, W. J.; Jodl, H. G.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft. – Wien: ON Österreichisches Normungsinstitut, 2001. – 162 S.
- [1-16] Olsenhausen, Hans-Gustav (Hrsg.): VDI-Lexikon Bauingenieurwesen. – Berlin, Heidelberg, New York...: Springer Verlag, 1997. – 771 S.
- [1-17] Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) 2006. Gesamtausgabe – Berlin, Wien, Zürich: Beuth, 2006. – 919 S.
- [1-18] Wolffgramm, Horst: Allgemeine Techniklehre: Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten; Einführung in die Denk- und Arbeitsweisen einer allgemeinen Techniklehre, Band 1. Allgemeine Technologie. – Hildesheim: Verlag Franzbecker, 1994. – 262 S.

## 2 Grundlagen des Erdbaus

### 2.1 Einführung

Erdbau ist das Bauen mit Erdstoffen verschiedenster Art einschließlich aller Vor- und Nebenarbeiten [2-16, S. 1].

Erdarbeiten sind mit der oberflächennahen Bearbeitung und Bewegung großer Erdstoffmengen verbunden.

Der Erdbau ist die maschinenintensivste Form des Bauens [2-12, S. 13]. Dafür steht ein vielfältiger Maschinen- und Gerätepark zur Verfügung. Der Anteil manueller Erdbauarbeiten ist heute in Deutschland sehr gering, weil diese zeitaufwändig und körperlich schwer zu bewältigen sind.

Abb. 2.1 Erdarbeiten auf der Baustelle des CIB.Weimar Coudraystraße im Dezember 2006



In der Bautechnik fasst man unter dem Begriff des Erdbaus zwei Komponenten zusammen [2-16, S. 2]:

- **Erdbaumechanik** (Statik und Dynamik der Erdbauwerke, die komplexe Anwendungen der Geologie, Ingenieurgeologie, Bodenmechanik und Geotechnik sind),
- **Erdbautechnologie** (nachfolgend kurz als der „Erdbau“ bezeichnet).

Die Bauverfahrenstechnik betrachtet ausschließlich die zweite Komponente und definiert genauer:

#### – Erdbau

Erdbau beinhaltet das Schaffen oder Verändern von Erdkörpern nach Form, Lage und/oder Lagerungsdichte, insbesondere durch Bodenabtrag (z. B. Herstellen von Baugruben, Gräben) und Bodenauftrag (z. B. Verfüllung, Dammschüttung).

#### – Erdarbeiten

Erdarbeiten umfassen als Leistungstitel nach DIN 18 300 (VOB C) das Lösen, Laden, Bewegen, Einbauen und Verdichten von Boden und Fels, auch das Lösen im Grundwasser und im Uferbereich, wenn diese Arbeiten im Zusammenhang mit Lösearbeiten über Wasser an Land ausgeführt werden.

Im engen Zusammenhang zu den Erdarbeiten stehen die so genannten **Bodenarbeiten** nach DIN 18 915. Sie sind gemäß Abschnitt 3.4.2 der DIN 18 300 gesondert von anderen Bodenbewegungen durchzuführen, werden in der Regel auch gesondert ausgeschrieben und beinhalten Leistungen für den Schutz und die Wiederherstellung der Vegetation (vgl. DIN-Normen in Kapitel 2.11.2, S. 62).

## 2.2 Arbeitsgegenstände des Erdbaus

### 2.2.1 Grundsätzliches

Der Erdstoff kann Baustoff und Fahrbahn, temporäres und dauerhaftes Bauwerk sein. Er steht als natürlicher Baustoff an, ist einfach da – und zwar mit einer ganz bestimmten Beschaffenheit. Er muss „nur“ gelöst, bewegt und wieder eingebaut werden. Im Ergebnis dieser Prozesse ergibt sich nach und nach das Erdbauwerk.

Der Erdstoff ist ein schwierig zu handhabender Baustoff. In seiner Zusammensetzung ist er oft inhomogen. Seine Eigenschaften unterliegen zudem ständigen Veränderungen durch die Klimaeinflüsse, insbesondere in Verbindung mit Wasser. Deshalb sind sie nur sehr schwer bzw. gar nicht exakt beschreibbar. Das führt zu großen Unsicherheiten bei der Planung und Vorbereitung von Erdbauvorhaben.

Da der Erdstoff als Baustoff natürlich vorkommt, also sozusagen nichts kostet, tritt man ihm oft nachlässig gegenüber. Soll er als vollwertigen Baustoff zur Verfügung stehen, dann muss er auch sachgerecht behandelt werden: Schutz vor Witterungseinflüssen, Einhaltung entsprechender Parameter (Feuchtigkeit, Dichte usw.).



- Tab. 2.1: Korngrößenfraktionen nach DIN EN ISO 14688-1:2002

Benennung (Kurzzeichen)			Korngröße in mm
feinkörniger Boden	Ton (Cl)		< 0,002
	Schluff (Si)	Feinschluff (FSi)	> 0,002 ... 0,0063
		Mittelschluff (MSi)	> 0,0063 ... 0,02
		Grobschluff (CSi)	> 0,02 ... 0,06
grobkörniger Boden	Sand (Sa)	Feinsand (FSa)	> 0,063 ... 0,2
		Mittelsand (MSa)	> 0,2 ... 0,63
		Grobsand (CSa)	> 0,63 ... 2,0
	Kies (Gr)	Feinkies (FGr)	> 2,0 ... 6,3
		Mittelkies (MGr)	> 6,3 ... 20
		Grobkies (CGr)	> 20 ... 63
sehr grobkörniger Boden	Stein (Co)		> 63 ... 200
	Block (Bo)		> 200 ... 630
	großer Block (LBo)		> 630

- Klassifikation der Böden aus der Sicht des Gewinnens und Bearbeitens

Nach **DIN 18 300** (VOB/C) werden die Böden in sieben Boden- und Felsklassen, die maßgebend für Maschinenauswahl, Vorausbestimmung von Gewinnungsleistung und Gewinnungsaufwand (Arbeitszeitaufwand) sind, eingeteilt. In Pos. 2.3.2 ZTVE-StB 94 ist eine Verknüpfung zur DIN 18 196 gegeben.

Tab. 2.2 Boden- und Felsklassen bezüglich ihrer Lösbarkeit nach DIN 18 300

<b>Klasse 1: Oberboden</b>	oberste Schicht des Bodens, die neben anorganischen Stoffen, z. B. Kies-, Sand-, Schluff- und Tongemischen, auch Humus und Bodenlebewesen enthält
<b>Klasse 2: Fließende Bodenarten</b>	Bodenarten, die von flüssiger bis breiiger Beschaffenheit sind und die das Wasser schwer abgeben
<b>Klasse 3: Leicht lösbare Bodenarten</b>	nichtbindige bis schwachbindige Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit bis zu 15 Gew.-% Beimengungen an Schluff und Ton (Korngröße kleiner als 0,06 mm) und mit höchstens 30 Gew.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m <sup>3</sup> Rauminhalt organische Bodenarten mit geringem Wassergehalt (z. B. feste Torfe)
<b>Klasse 4: Mittelschwer lösbare Bodenarten</b>	Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit mehr als 15 Gew.-% der Korngröße kleiner als 0,06 mm bindige Bodenarten von leichter bis mittlerer Plastizität, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind und die höchstens 30 Gew.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m <sup>3</sup> Rauminhalt enthalten
<b>Klasse 5: Schwer lösbare Bodenarten</b>	Bodenarten nach den Klassen 3 und 4, jedoch mit mehr als 30 Gew.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m <sup>3</sup> Rauminhalt nichtbindige und bindige Bodenarten mit höchstens 30 Gew.-% Steinen von über 0,01 bis 0,1 m <sup>3</sup> Rauminhalt. Ausgeprägt plastische Tone, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind
<b>Klasse 6: Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten</b>	Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig, weich oder verwittert sind, sowie vergleichbare feste oder verfestigte bindige oder nichtbindige Bodenarten nichtbindige und bindige Bodenarten mit mehr als 30 Gew.-% Steinen von über 0,01 bis 0,1 m <sup>3</sup> Rauminhalt
<b>Klasse 7: Schwer lösbarer Fels</b>	Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt und hohe Gefügefestigkeit haben und die nur wenig klüftig oder verwittert sind fest gelagerter, unverwitterter Tonschiefer, Nagelfluhschichten, Schlackenhalde der Hüttenwerke und dergleichen Steine von über 0,1 m <sup>3</sup> Rauminhalt
Anmerkung: 0,01 m <sup>3</sup> Rauminhalt entspricht einer Kugel mit einem Durchmesser von etwa 0,3 m, ein Rauminhalt von 0,1 m <sup>3</sup> einer Kugel von etwa 0,6 m.	

Die Bodenklasse ist ein wichtiges Kennzeichen für den Arbeitsaufwand im Erdbau und maßgeblich für die Preisbildung. In der Praxis lässt sich die Bodenklasse nicht genau definieren. Zum Beispiel, nach einem Regen, sehr auch bei Frost, verändert sie sich. Der Wunsch, über bodenmechanische Kennwerte zu Gewinnungsklassen zu kommen und daraus arbeits- und fahrdynamische Grundwerte für die Erdbewegungsmaschinen abzuleiten, ist noch nicht aufgegeben worden (vgl. [2-12, S. 144ff, S. 147 Tafel 3.84]). Eine einfach zu handhabende Klassifikation bietet die Einteilung in acht Gewinnungsklassen nach KÖGLER/SCHIEDIG.

Tab. 2.3 Gewinnungsklassen nach KÖGLER/SCHIEDIG (aus [2-12, S. 146])

Gewinnungsklasse / Bezeichnung	Zusammenhang	Boden lösbar mit
1 Loser Boden	ohne Zusammenhang	Schaufel
2 Stichboden, mittel	geringer Zusammenhang, weich	Schaufel (schwer), Spaten (leicht)
3 Stichboden, schwer	mittlerer Zusammenhang	Spaten (schwer), Breithacke (leicht)
4 Hackboden, mittel	fester Zusammenhang	Breithacke (schwer), Spitzhacke (leicht)
5 Hackboden, schwer	sehr fester Zusammenhang	Spitzhacke (schwer),
6 Hackfels	verwittertes Gestein	Brechstange

### 2.2.2.2 Wasser im Boden

Das Wasser beeinflusst die Baugrundeigenschaften ganz wesentlich. In ungebundener Form kommt es vor als

- **Tagwasser** (an der Oberfläche anfallendes Wasser, aus Regen oder Gewässern),
- **Sickerwasser** (Wasser, das sich unter Schwerkrafteinfluss in den Poren des Bodens abwärts bewegt),
- **Schichtwasser** (innerhalb einer Bodenschicht befindliches Wasser, das bei Anschnitt dieser Schicht austritt),
- **Hangwasser** (Schichtwasser am Hang, das fließt und an Hindernissen einen hydrostatischen Druck aufbauen oder bei Anschnitt austreten kann),
- **Stauwasser** (durch ein Hindernis angestautes und unter Druck stehendes Wasser im Boden),
- **Grundwasser** (Wasser unterhalb eines Grundwasserhorizonts, das sich zusammenhängend und in größerem Umfang in einem Grundwasserleiter befindet und bei dessen Anschnitt ständig ausdringt),
- **Kapillarwasser** (Feuchtigkeit in den Hohlräumen eines Bodens).

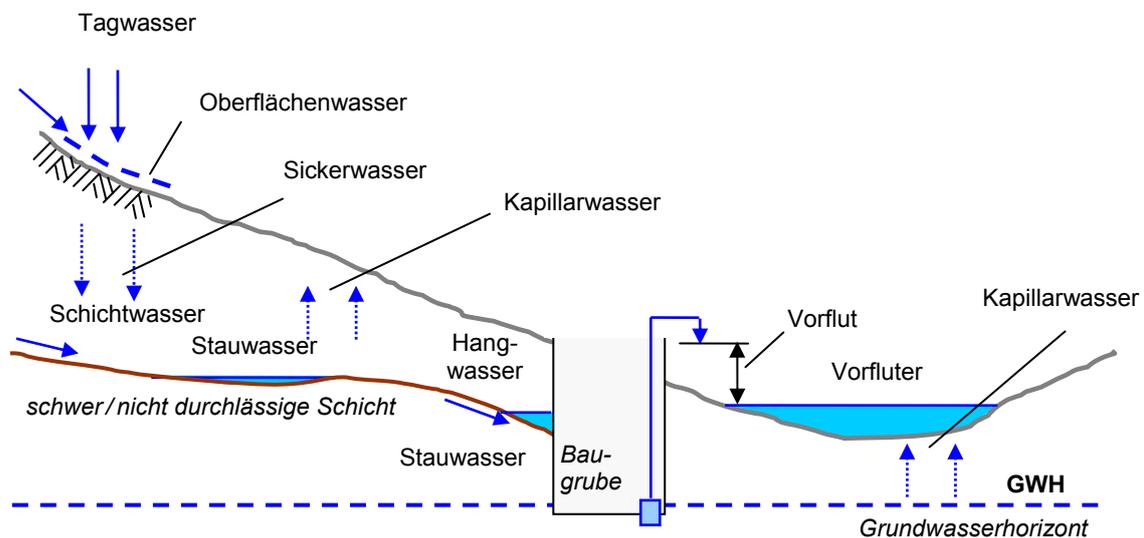


Abb. 2.3 Erscheinungsformen des ungebundenen Wassers im Erdbau

- Die **Vorflut** ist ein vorhandenes oder künstlich hergestelltes Gefälle von einem höher gelegenen Punkt zu einem tiefer gelegenen (als Voraussetzung für einen natürlichen Abfluss von Wasser).
- Der **Vorfluter** ist eine Rinne, ein Graben, ein Abwasserkanal, ein Bach oder ein Fluss, in den man von einem höher gelegenen Punkt irgendwelches Wasser frei fließend einleiten kann und darf.

• Wassergehalt  $w$

Der Wassergehalt  $w$  eines Bodens beinhaltet das Verhältnis zwischen Masse des Porenwassers  $m_w$  und trockener Bodenmasse  $m_d$ . Er kann in % ausgedrückt werden.

$$w = \frac{m_w}{m_d}$$

Der **natürliche Wassergehalt**  $w_n$  ist der augenblickliche, d. h. zur Zeit der Beobachtung im Boden vorhandene, Wassergehalt.

Anhalts- bzw. Grundwerte für durchschnittliche natürliche Wassergehalte  $w_n$  nach [2-18, S. 31]:

Kiese sandig	2 ... 6 %
Sande	4 ... 10 %
Sand, schluffig	12 ... 16 %
Schluff, sandig	16 ... 20 %
Schluff, tonig	18 ... 25 %
Tone, mittelplastisch	35 ... 50 %
Tone, ausgeprägt plastisch	50 ... 80 %

**2.2.2.3 Ausgewählte Erdstoffkennwerte**

Erdstoffkennwerte dienen der Beschreibung der grundsätzlichen Eigenschaften der Böden in Ruhe (Zustandsbeschreibung). Naturgemäß werden sie für grobkörnige (nichtbindige) und feinkörnige (bindige) Böden unterschiedlich angewandt. Sie sind in DIN EN ISO 14 688-2 beschrieben.

• **Korngrößenverteilung**

Die Korngrößenverteilung beschreibt die Kornzusammensetzung der festen Bestandteile eines Erdstoffes. Sie kann durch Körnungslinien veranschaulicht werden. Die entsprechenden Kennwerte werden aus Siebversuchen und/oder Schlämmanalysen ermittelt.

- Ungleichförmigkeitsgrad  $U$   $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$
- $d_n$  – Korndurchmesser bei  $n$  % Siebdurchgang
- Krümmungszahl  $C_c$  (Abstufungsgrad)  $C_c = \frac{(d_{30})^2}{d_{10} \cdot d_{60}}$

$U$  ist ein Maß für die Steilheit der Körnungslinie zwischen  $d_{10}$  und  $d_{60}$ ;  
 $C_c$  gibt den Verlauf der Körnungslinie im gleichen Bereich an (vgl. auch DIN 18 123).

• **Plastizitätszahl  $I_p$**

Die Plastizitätszahl ist ein Maß für die Bildsamkeit und Wasserempfindlichkeit eines bindigen Erdstoffes. Je enger  $w_L$  und  $w_P$  beieinander liegen, je kleiner also  $I_p$  ist, desto schneller geht der Erdstoff bei Wassereinwirkung vom plastischen in den flüssigen Zustand über.

$$I_p = w_L - w_P$$

$w_L$  – Fließgrenzenwassergehalt

Die Fließgrenze charakterisiert den Übergang von der flüssigen zur breiigen Konsistenz.

$w_P$  – Ausrollgrenzenwassergehalt (am Übergang von der bildsamen zur halbfesten Konsistenz):

Ein Boden mit  $w_P$  lässt sich schwer kneten, aber in der Hand zu 3 mm dicken Walzen ausrollen, ohne zu reißen oder zu zerbröckeln, vgl. [2-8, S. 655], [2-19, S. 1053]. Nach DIN EN ISO 14 688 besitzt er damit eine ausgeprägte Plastizität.

Tab. 2.4: Durchschnittlicher Wassergehalt der Erdstoffe [2-10, S. 43]:

Erdstoff	Wassergehalte in %		
	$w_n$	$w_P$	$w_L$
nichtbindig	6 ... 12	-	-
schwachbindig	10 ... 15	10 ... 18	20 ... 25
mittelbindig	20 ... 28	18 ... 25	25 ... 35
starkbindig	25 ... 35	25 ... 30	45 ... 50

• **Konsistenzzahl  $I_C$**

Die Konsistenzzahl beschreibt einen bestimmten Zustand der Konsistenz eines bindigen Erdstoffes und hängt vom augenblicklichen Wassergehalt  $w$  ab.

$$I_C = \frac{w_L - w}{w_L - w_P}$$

Tab. 2.5: Konsistenz der Erdstoffe

Merkmale	Konsistenzzahl	Konsistenz
Spülgemisch	$I_C \leq 0,00$	flüssig
Boden, der beim Pressen in der Faust zwischen den Fingern hindurch quillt	$0 < I_C \leq 0,50$	breiig <sup>1)</sup> plastisch
Erdstoff leicht knetbar	$0,50 < I_C \leq 0,75$	
Erdstoff schwer knetbar, aber auf $\varnothing$ 3 mm ausrollbar	$0,75 < I_C \leq 1,00$	
Erdstoff bröckelt beim Ausrollen zu 3 mm dicken Walzen	$1,00 < I_C \leq I_{CS}$	halbfest <sup>1)</sup>
Erdstoff ausgetrocknet, nicht mehr zusammenballbar	$I_C > I_{CS}$	fest <sup>1)</sup>

1) fünf nach DIN EN ISO 14688-1 (Pos. 5.14) im Feldversuch ohne Hilfsmittel feststellbare Zustandsformen (Faust- und Handproben)

$I_{CS}$  – Konsistenzindex an der Schrumpfgrenze  $w_S$

An der Schrumpfgrenze bröckelt und reißt zwar ein Boden beim Versuch, ihn zu 3 mm dicken Walzen auszurollen; er ist aber dennoch feucht genug, um ihn zu einem Klumpen formen zu können. Die Schrumpfgrenze wird durch einen solchen Wassergehalt charakterisiert, bei dessen weiterer Verringerung der Boden sein Volumen nicht mehr verringern kann.

• **Natürliche Dichte  $\rho$**

Gemeint ist damit (im Erdbau in der Regel) die Dichte des feuchten Bodens als Masse je Volumeneinheit in dem in der Natur anstehendem (in situ) Zustand, inklusive des freien Porenraumes, der mit Wasser oder Luft angefüllt sein kann – Angabe in  $kg/m^3$ , besser in  $kg/fm^3$  (feste Masse).

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_d + m_w}{V_k + V_p} = \rho_s \frac{1+w}{1+e} \qquad \rho = \rho_d \cdot (1+w) = \rho_s \cdot (1-n) \cdot (1+w)$$

$m$  – Masse des feuchten Bodens (Probe)

$m_d$  – Trockenmasse

$m_w$  – Masse des Porenwassers

$V$  – Gesamtvolumen einer Erdstoffprobe

$V_k$  – Volumen der Festsubstanz (Kornvolumen, Feststoffvolumen)

$V_p$  – Volumen der Poren

$e$  – Porenzahl

$n$  – Porenanteil

$$\rho_s \text{ – Reindichte} \quad \rho_s = \frac{m_d}{V_k} \qquad \rho_d \text{ – Trockendichte} \quad \rho_d = \frac{m_d}{V} = \frac{m_d}{V_k + V_p} = \frac{\rho_s}{1+e}$$

Größenordnung für die natürliche Dichte der wichtigsten Bodengruppen:

Stein / Kies	$\rho_n = 1750 \text{ kg/m}^3$
Lehm / Ton	$\rho_n = 1750 \dots 1800 \text{ kg/m}^3$
Löß	$\rho_n = 1800 \text{ kg/m}^3$
Sand	$\rho_n = 1600 \text{ kg/m}^3$

• **Lagerungsdichte  $D$**   $D = \frac{n_{max} - n}{n_{max} - n_{min}}$  bezogene Lagerungsdichte (Dichteindex)  $I_D$   $I_D = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$

$$n = \frac{V_p}{V} \qquad e = \frac{V_p}{V_k}$$

Sie kennzeichnen den Zustand grobkörniger (nichtbindiger) Erdstoffe mit

$n$  – Porenanteil

$V_p$  – Volumen der Poren einer Probe

$n_{max}$  – Porenanteil bei lockerster Lagerung

$V_k$  – Volumen der Festsubstanz der gleichen Probe

$n_{min}$  – Porenanteil bei dichtester Lagerung

$V$  – Gesamtvolumen der gleichen Probe

Tab. 2.6: Lagerungsdichte  $D$  und entsprechender Verdichtungsgrad  $D_{pr}$  [2-8, S. 654]:

	sehr locker	locker	mitteldicht	dicht
$U \leq 3$ gleichförmig	$D < 0,15$	$0,15 \leq D < 0,30$	$0,3 \leq D \leq 0,5$ $D_{pr} \geq 95 \%$	$D > 0,5$ $D_{pr} \geq 98 \%$
$U > 3$ ungleichförmig	$D < 0,20$	$0,20 \leq D \leq 0,45$	$0,45 \leq D \leq 0,65$ $D_{pr} \geq 98 \%$	$D > 0,65$ $D_{pr} \geq 100 \%$

Schüttgewicht = Gewicht je Volumeneinheit im losen Zustand – Angabe in  $\text{kg/m}^3$ , besser jedoch in  $\text{kg/lm}^3$  (lose Masse)

Beachte: Nach DIN 1080-1 wird das Gewicht als Größe von der Art einer Masse mit der Einheit kg für die Angabe von Warenmengen gebraucht. Das Gewicht ist aber eine Kraftgröße.

### 2.2.3 Prozessverhalten der Erdstoffe

Die nachfolgenden Kennwerte beschreiben die sich verändernden Eigenschaften des Bodens während seiner Verarbeitung und Lagerung als Baustoff. Dabei muss immer vermerkt werden, auf welchen Zustand (z. B. in situ, gelöst, eingebaut oder verdichtet) sich diese beziehen.

#### Auflockerung des Erdstoffes

Beim Lösen wird der Erdstoff aufgelockert. Nach dem Wiedereinbau und Verdichten kann eine Restauflockerung verbleiben oder eine Überverdichtung eintreten. Neben der Bodenart besitzen auch die Abbaumethode sowie Ausbildung und Zustand des Grabwerkzeuges einen gewissen Einfluss auf den Grad der Auflockerung.

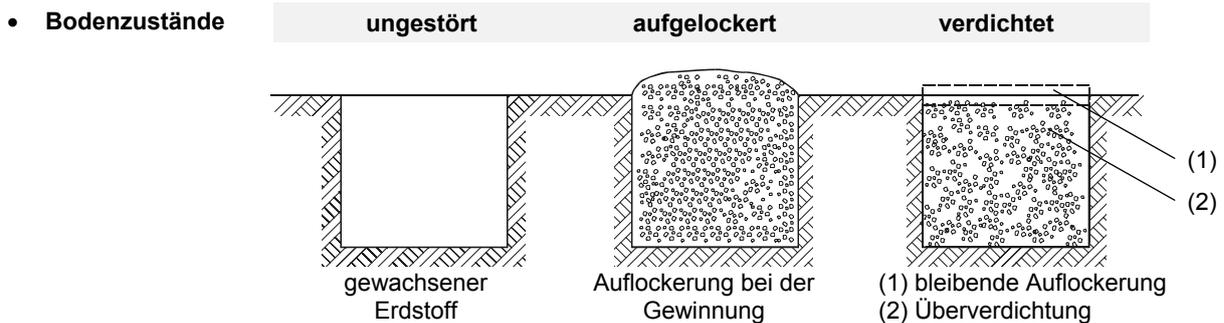


Abb. 2.4 Sinnbildlicher Vergleich der Bodenzustände

Zur Eindeutigkeit sind Indizes zu verwenden: G – ungestörtes Gewinnungsgut (gewachsener Erdstoff)  
Tr – instabiles Haufwerk (Transportgut)  
E – eingebauter Erdstoff

Es können definiert werden:

- **Vorübergehende Auflockerung  $\alpha_v$**  (als Resultat des Lösens):  $\alpha_v = \frac{V_{Tr}}{V_G} = \frac{\rho_{d,G}}{\rho_{d,Tr}}$
  - **Bleibende Auflockerung  $\alpha_{bl}$**  (nach erfolgter Verdichtung):  $\alpha_{bl} = \frac{V_E}{V_G} = \frac{\rho_{d,G}}{\rho_{d,E}}$
- $V$  – Volumen  
 $\rho_d$  – Trockendichte

Bei der Leistungsberechnung von Baumaschinen wird der **Auflockerungsfaktor  $f_s$**  nach DIN ISO 9245 verwendet, welcher der Auflockerung umgekehrt proportional ist. Er dient der Umrechnung der Mengen in „feste Massen“ ( $\text{f.M.}$  oder  $\text{fm}^3$ ):

$$f_s = \frac{1}{\alpha}$$

Tabellarische Angaben sind z. B. in [2-19, S. 1135] zu finden. Als Faustregel gilt, dass 1  $\text{m}^3$  gewachsener Boden

- bei Fels ca. 1,7  $\text{m}^3$  lose Masse
- bei bindigem Boden ca. 1,25 bis 1,4  $\text{m}^3$  lose Masse
- bei nichtbindigem Boden ca. 1,1 bis 1,2  $\text{m}^3$  lose Masse ergibt.

**Schüttwinkel**

Der Schüttwinkel (von Haufwerk) stellt sich beim Schütten loser und trockener Böden abhängig von der Reibung zwischen den Einzelkörnern und unabhängig von der Böschungshöhe ein. Bei bindigen Erdstoffen wirken zusätzlich Kohäsionskräfte, und es besteht in diesem Falle eine Abhängigkeit von der Schüttungshöhe. Der Schüttwinkel ist eine wichtige Größe für die Bemessung von Lagerflächen und Beladung von Fahrzeugen.

Tab. 2.7: Schüttgewichte und Schüttwinkel von Schüttgütern

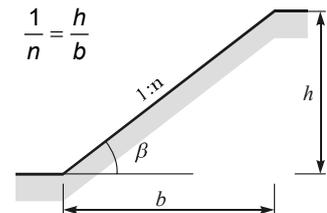
Schüttgut	Zustand	Schüttgewicht in t/m <sup>3</sup>	Schüttwinkel in Grad
Oberboden	trocken / feucht / nass	1,2 / 1,4 / 1,6	25 / 25 / 25
Kies	trocken / feucht	1,7 / 1,8	25 / 25
Kiessand	feucht	1,7	25
Sand	feucht / nass	1,6 / 2,0	25 / 20
Lehm, Mergel	trocken / nass	1,6 / 2,1	40 / 40
Felsaushub	Kalkstein	1,2 – 1,6	35

**Böschungswinkel**

Der Böschungswinkel ist eine Größe, die sowohl bei der Gestaltung von Erzeugnissen (finale Erdbauwerke) als auch bei Erdbauprozessen (temporäre Erdbauwerke) Bedeutung besitzt. Dementsprechend sind unterschiedliche Vorschriften für die Bauausführung (DIN 4 124) und Abrechnung (DIN 18 300) zu berücksichtigen, die verschiedene Werte für die anzusetzenden Böschungswinkel enthalten können. Für lose und trockene Böden ist der Böschungswinkel von der Reibung zwischen den Einzelkörnern abhängig und unabhängig von der Böschungshöhe. Bei bindigen Erdstoffen wirken zusätzlich Kohäsionskräfte, und es besteht in diesem Falle eine Abhängigkeit von der Böschungshöhe.

Maximale Böschungswinkel für Gruben und Gräben ohne Nachweis nach DIN 4 124:  $\beta$  1 : n

nichtbindiger oder weicher bindiger Boden	45°	1 : 1
steifer oder halbfester bindiger Boden	60°	1 : 0,58
Fels	80°	1 : 0,18



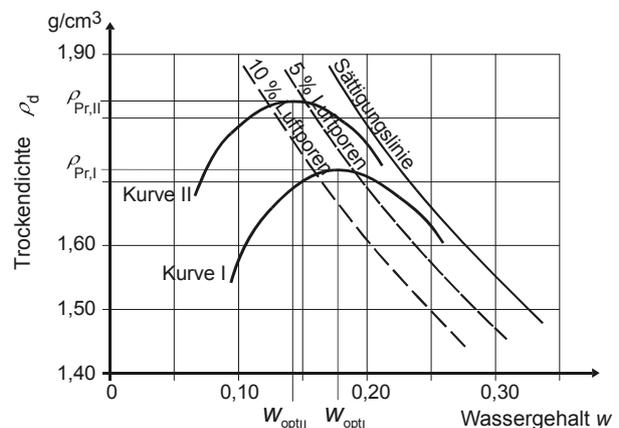
**Verdichtungsgrad**

Der Verdichtungsgrad  $D_{pr}$  ist als das Verhältnis der tatsächlich im Baugrund erreichten Trockendichte zur Proctordichte definiert.

$$D_{pr} = \frac{\rho_d}{\rho_{Pr}} \cdot 100\%$$

Die **Proctordichte**  $\rho_{Pr}$  ist ein Maß für die Verdichtbarkeit von Böden. Sie wird im Proctorversuch (nach DIN 18 127) bestimmt, in dem jede von drei Lagen der Bodenprobe mit gleicher Verdichtungsenergie (Fall eines Gewichts mit 2,5 kg Masse 25-mal aus 30 cm Höhe  $\Rightarrow$  A-Topf) verdichtet wird. Sie liegt im Scheitelpunkt der Proctorkurve (bei dem optimalen Einbauwassergehalt  $W_{opt}$ ) und kennzeichnet die höchste erreichbare Trockendichte des betreffenden Bodens im Proctorversuch. Ein Überschreiten von  $\rho_{Pr}$  ist bei der praktischen Verdichtung auf der Baustelle dann möglich, wenn die Verdichtungsmaschine eine größere Verdichtungsarbeit einbringt.

Abb. 2.5 Beispiele für Proctorkurven: Die Verdichtungsenergie in Kurve II (modifizierte Proctorkurve) war größer als in Kurve I



## Bodenverbesserung

Bodenverbesserung dient der Verbesserung der Einbaufähigkeit und Verdichtbarkeit von Böden und zur Erleichterung der Ausführung von Bauarbeiten durch Zugabe von Bindemitteln, geeigneter Baustoffe o. a. Maßnahmen (vgl. [2-14]). „Die Merkmale sind:

- Krümelbildung,
- Reduzierung des Wassergehaltes,
- Verbesserung der Plastizitätseigenschaften,
- Verbesserung der Verdichtungseigenschaften,
- Verbesserung der Tragfähigkeit.“ [2-17, S. 216]

Dem gleichen Ziel dient auch die mechanische Bodenverbesserung, bei der die Kornstruktur des Bodens durch Einbringen geeigneter Fraktionen verbessert wird.

## 2.2.4 Erdbauwerke

Erdbauwerke entstehen durch

- Abtrag als Einschnitte: Gräben, Kanäle, Gruben, Schächte,
- Auftrag als Deiche, Dämme, Wälle, Flächen.

Nach ihrer Ausdehnung sind sie Punkt-, Linien- oder Flächenbauwerke. In Anlehnung an G. KÜHN [2-12, S. 39] lassen sich die Bauwerke im Erdbau nach ihrer Grundform und Ausdehnung gliedern:

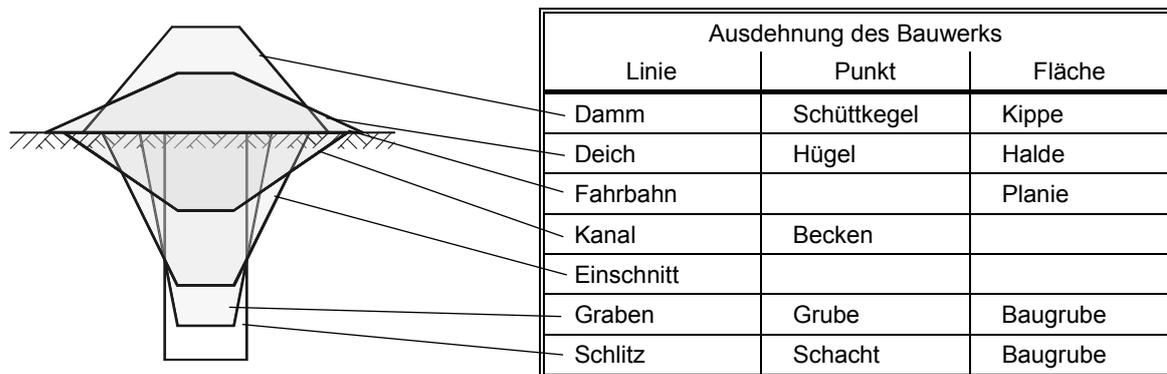


Abb. 2.6 Profile von Erdbauwerken, nach [2-12, S. 38]

## Allgemeine Begriffe zur Beschreibung von Erdbauwerken

### • Planum (Planie)

Als Planum oder Planie bezeichnet man jede nach vorgegebener Höhenlage und vorgeschriebenem Quer- und Längsgefälle (also „planmäßig“) hergestellte Oberfläche in gewachsenem oder aufgefülltem Erdreich.

- **Rohplanum** (Erdplanum) = in bzw. mit dem Boden hergestellte Oberfläche
- **Feinplanum** = auf der Frostschutz- oder Sauberkeitsschicht hergestellte Oberfläche

### • Kote

Die Kote bezeichnet die Höhe eines Punktes über Normal-Null (NN), angegeben als Meter über NN (oder kurz „m ü. NN“)

Alle Höhenangaben im Erdbau sollten sich auf NN beziehen. Nur so ist Eindeutigkeit gesichert.

### • Wichtige Begriffe zur Beschreibung von Erdkörpern

- **Trasse** = Linienführung langer und schmaler Erdbauwerke im Grundriss
- **Stationierung** = durchlaufende Kilometrierung einer Trasse (⇒ Stationierungspunkte)
- **Gradiente** = Linienführung langer und schmaler Erdbauwerke im Aufriss (Längsschnitt, Höhenplan)
- **Längsprofil** = Aufriss des Projektes in Längsachse (Längsmaßstab 1:1000, Höhenmaßstab 1:100)
- **Querprofil** = Aufriss quer zum Längsprofil an den Stationen (Längs- und Höhenmaßstab 1:100)
- **Geländeprofil** = Verlauf des ursprünglichen (vorhandenen) Geländes
- **Kunstprofil** = Durch Auf- und/oder Abtrag geschaffenes Geländeprofil

## 2.3 Übersicht über die Prozesse und Verfahren des Erdbaus

### 2.3.1 Prozesse

Prozesse sind gesetzmäßig ablaufende Vorgänge der Veränderung von Systemen in der Zeit. Man kann sie in ihrer hierarchischen Struktur modellieren. Zu bevorzugen sind flexible Ansätze der Gliederung in Teilprozesse oder Teilvorgänge einer bestimmten Ordnung.

Im Erdbau unterscheidet man die nachstehenden Teilvorgänge, deren unterschiedliche Kombination einen bestimmten Erdbauprozess bildet.

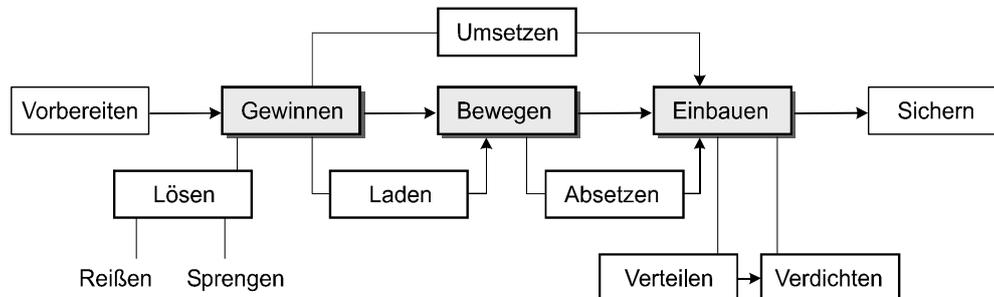


Abb. 2.7 Die Teilvorgänge des Erdbaus

- **Gewinnen**  
Gewinnen bedeutet Herauslösen und Aufnehmen von Erdstoff aus dem gewachsenem Erdreich oder einer Kippe (Zwischenlager). Das Gewinnen ist immer mit einer Form des Lösen verbunden. Vorgelagert können Vorgänge des Vorlösen (z. B. Reißen und Sprengen) sein.
- **Bewegen**  
Bewegen ist hier das Ortsverändern des Arbeitsgegenstandes von einer Gewinnungsstelle weg zum Einbauort (und nicht das Bewegen allein an der Gewinnungsstelle). Technisch wird es als Fördern oder Transportieren realisiert.
- **Einbauen**  
Einbauen umfasst das Absetzen, Verteilen und Verdichten des Erdstoffes zur Errichtung eines Erdbauwerks oder zur sachgemäßen Erdstoffzwischenlagerung.
- **Umsetzen**  
Das Umsetzen ist als Kombination aus Lösen, Bewegen und Absetzen (teilweise auch Verteilen) ein Sonderfall der Erdbewegung.  
Das Umsetzen ist in der Regel durch den Bauablauf bedingt, bedeutet einen zusätzlichen Aufwand, ohne dass der Arbeitsgegenstand im Sinne der Herstellung eines Produktes verändert wird. Deshalb sollte dieser Teilprozess eine Ausnahme darstellen.
- **Laden** – Verkettungsvorgang zwischen Gewinnen bzw. Bewegen
- **Absetzen** – Verkettungsvorgang zwischen Bewegen und Einbauen
- **Verteilen und Verdichten** (= Teilvorgänge des Einbauens)

In der Regel wird man bei der Prozessgestaltung Gewinnung, Bewegung und Einbau im Zusammenhang betrachten. Nicht umsonst sind in der Baupraxis solche Begriffe, wie Erdbewegungsmaschinen (Maschinen, die der Erdbewegung dienen, die aber auch gewinnen können und Gewinnungsmaschinen (Maschinen, die in erster Linie der Gewinnung von Erdstoffen dienen, die aber durchaus auch transportieren und einbauen können), gebräuchlich.

Bei der grundsätzlichen Betrachtung der Teilprozesse des Erdbaus wird kein Unterschied gemacht, ob das zu errichtende Erdbauwerk ein Endprodukt oder ein temporäres Erdbauwerk (Kippe, Zwischenlager) sein soll.

Beachte:

Zwischenlager sind temporäre Erdbauwerke, die auch bestimmten Qualitätsanforderungen gerecht werden müssen um den Erdstoff als vollwertigen Baustoff zu erhalten. Lagerprozesse werden deshalb im Erdbau nicht besonders hervorgehoben.

Jede Bauaufgabe muss anhand ihrer Ausschreibungsdaten analysiert werden. Zudem ist im Erdbau die genaue Erkundung der Gelände- und Bodenverhältnisse wichtig. Erst dann können die geeigneten Verfahren, Maschinen und Geräte ausgewählt und der Bauablauf geplant werden.

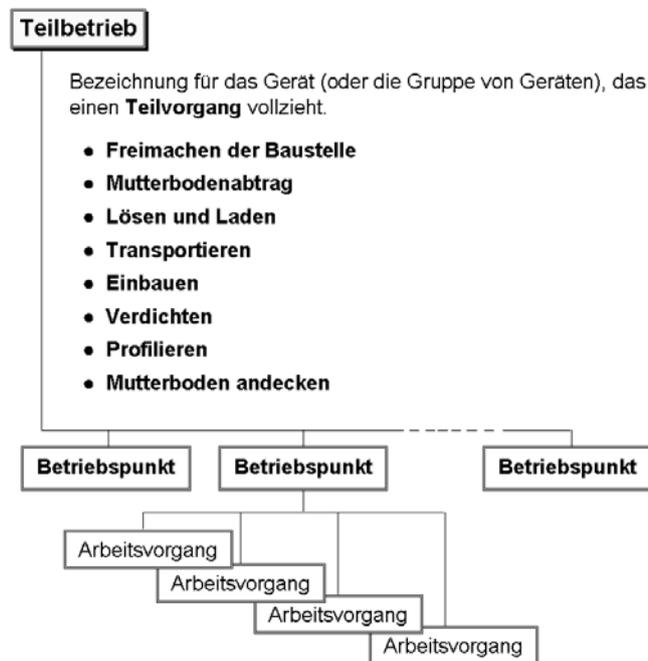
In der Praxis verläuft der Lösungsweg oft iterativ. Er unterliegt zahlreichen Restriktionen, wie z. B.:

- Verfügbarkeit geeigneter Maschinen am Markt oder im Unternehmen,
- Auslastung eines bestehenden Maschinenparks,
- Vermeidung von Unsicherheiten durch unerprobte Verfahren, auch wenn diese besser sein sollten ⇒ Risiken!
- Vorgabe der Bauzeit (Dauer),
- Sperrzeiten,
- Umweltschutzanforderungen,
- Abhängigkeit von anderen Baumaßnahmen.

Als **Teilbetrieb** wird ein Subsystem bezeichnet, in dem eine produzierende Einheit (eine Maschine oder eine bestimmte Kombination von Maschinen) eine bestimmte Teilleistung erbringen soll. Teilbetriebe können je nach Umfang der Arbeiten echte Teilbetriebe mit in sich geschlossenen Befehlsstrukturen oder nur Teile eines einheitlich geführten Gesamtbetriebs sein.

An den **Betriebspunkten** der Teilbetriebe (z. B.: Entnahmestelle, Kippe), laufen ganz bestimmte Arbeitsvorgänge ab, die sich wiederum aus Grundoperationen (vgl. Kap. 2.2) zusammensetzen.

Abb. 2.8 Teilbetriebe im Erdbau (Übersicht)



### 2.3.2 Verfahren

Im Erdbau spielen folgende Hauptgruppen von Fertigungsverfahren eine Rolle:

- Urformen (z. B.: Schütten von Dämmen, Schütten und Verteilen von Kies für ein Kiespolster),
- Trennen (Graben, Schürfen, Reißen, Sprengen von Erdstoffen),
- Fügen (Herstellen von Verzahnungen zwischen Untergrund und aufgetragenen Erdstoffen, z. B.: beim Dammbau, Einbau von Spannankern in gleitgefährdeten Felsen oder beim Herstellen von Einschnitten),
- Beschichten (z. B.: Versiegeln von Flächen),
- Stoffeigenschaft ändern (durch Umlagern von Stoffteilchen: z. B.: Verdichten; Aussondern von Stoffteilchen: z. B.: Klassieren von Aushubmassen, Separieren von Steinen und kulturfähigen Feinbestandteilen; Einbringen von Stoffteilchen: z. B.: Bodenstabilisierung mit Kalk, Injektionen).

Da die Fertigungsverfahren das Prinzip der Wechselwirkung zwischen Bearbeitungswerkzeug(en) und Arbeitsgegenstand charakterisieren, präzisiert KÜHN weiter, indem er den in Abb. 2.7 dargestellten Teilprozessen Grundoperationen, die bereits die technische Idee verkörpern, zuordnet (nach [2-12, S. 58], z. T. geändert):

- Lösen ⇒ Saugen, Spülen, Schöpfen, Stechen, Schneiden, Pflügen, Schaufeln, Greifen, Knippen, Brechen, Hacken, Fräsen, Kratzen, Schrämen, Meißeln, Reißen, Sprengen
- Laden ⇒ Ausschütten, Anhäufen, Einpressen, Abkippen
- Transportieren und Fördern ⇒ Schieben, Rollen, Tragen, Fahren, Schwenken, Werfen

Da diese Grundoperationen die Elemente des jeweiligen Bearbeitungssystems darstellen, können sie einerseits im Sinne der Heuristik modifiziert oder durch Neuerungen ersetzt und andererseits in morphologischen Analysen zu unterschiedlichen Varianten kombiniert werden.

Aus dem Bewegungsablauf der Grundoperationen ergeben sich schließlich die Arbeitswerkzeugen und die Methoden ihrer richtigen Anwendung. Diese werden im Zusammenhang mit der Behandlung der Teilprozesse angesprochen. Im Vertiefungsstudium folgt schließlich die weitergehende Behandlung der Erdbaumaschinen.

## 2.4 Vorarbeiten im Baugelände

Unabdingbare Vorarbeiten im Gelände sind

- Geländeaufnahmen,
- geologische, boden- und felsmechanische Untersuchungen zur Beurteilung und Einordnung der anstehenden Böden, Erkundung des Grundwasserstandes,
- Erkundung von Hindernissen im Baufeld (erdverlegte Leitungen, alte Fundamente, unterirdische Hohlräume),
- Freimachen des Baufeldes, ggf. Verlegung von Leitungen, Verkehrswegen, Wasserläufen,
- Verkehrswegesicherung und -umleitung,
- Fällen von Bäumen und Roden von Stubben,
- Abtragen und Lagern von Mutterboden (Oberbodenarbeiten),
- Entwässerungsmaßnahmen (Grund-, Quell-, Sicker-, Tagwasser),
- Erschließen des Baufeldes (Anlegen von Zufahrten, Wasser- und Stromanschlüssen),
- Abstecken der Erdbauwerke,
- Untersuchung und ggf. Sicherung der durch den Bau möglicherweise gefährdeten Gebäude (einschl. Beweissicherung).

Viele dieser Leistungen sind als Nebenleistungen oder besondere Leistungen nach Abschnitt 4 der DIN 18 300 (VOB/C) zu behandeln. Bestimmte Vorarbeiten sind so rechtzeitig auszuführen, dass die entsprechenden Daten in die Ausschreibungsunterlagen aufgenommen werden können.

### Sicherung vorhandener ober- und unterirdischer Leitungen

Oft ist es erforderlich, zum Freimachen des Baufeldes

- Freileitungen (Starkstrom, Fernmeldeleitungen),
- erdbedeckte Kabel (Elektroenergie, Telefon, Fernsehen u. a.),
- Druckleitungen (Leitungen für Wasser und Gas),
- Abwasserleitungen (in der Regel Freispiegelleitungen)

zu verlegen oder durch spezielle Hilfsbauwerke zu sichern (vgl. Abschn. 3.1.2 bis 3.1.5 der DIN 18 300). Bei Wasserleitungen ist der Frostschutz nicht zu vergessen!

Normalerweise sind alle Leitungen in Plänen dargestellt. Sind keine Angaben beschaffbar, so ist auf Grund der bestehenden Erkundungspflicht des Auftragnehmers von Bauarbeiten die vorherige Suche nach Leitungen im Baubereich unbedingt erforderlich (vgl. auch Kap. 2.9.2). In der VOB/C sind diesbezügliche Arbeiten als besondere Leistungen definiert. Im Schadensfall ist durch den Verursacher Schadenersatz zu leisten. In der Regel lehnen die Haftpflichtversicherer die Übernahme derartiger Kosten ab.

### Schutz der Arbeitsstelle vor Wasserandrang

Bei Überschreiten eines bestimmten Wassergehaltes im Baugrund ist, wenn überhaupt, wirtschaftliches Arbeiten nicht möglich. Deshalb sind Tag- (Oberflächen-) und Schichtwasser abzuleiten (offene Wasserhaltung). Gräben und Einschnitte sind entgegen dem Gefälle, also mit ansteigender Schachtsohle, herzustellen. Ggf. sind bindige Erdstoffe vor dem Eindringen von Niederschlagswasser zu schützen (vor allem durch Profilierung und Oberflächenschluss, z. B. durch Abwalzen,). Bei Grundwasserandrang kann eine geschlossene Wasserhaltung erforderlich werden.

### Oberbodenarbeiten

Als Oberboden (Mutterboden) wird die oberste Schicht des belebten Bodens bezeichnet, die besonders reich an Bodenlebewesen ist – vgl. DIN 18 300 und DIN 18 915. Sie geht allmählich in eine unterlagerte Schicht belebten Bodens über, die noch durchwurzelt ist. Oberboden und belebter Boden sind „kulturfähig“, auf ihnen kann sich wieder ein natürlicher Bewuchs bilden. Der Oberboden ist zu schützen (vgl. § 202 BauGB), da er nur begrenzt zur Verfügung steht. Er wird außerhalb des Baufeldes oder der zu bebauenden Flächen in Haufen aufgesetzt (Mieten, Depots oder Deponien). Diese Oberbodendepots dürfen maximal 1,3 m hoch sein und sind vor dem Austrocknen zu schützen (leichte Muldung der Oberfläche und Abdeckung mit Laub, Grassoden o. ä. oder Ansaat von Schmetterlingsblütlern).

Oberbodenarbeiten werden grundsätzlich getrennt von anderen Erdarbeiten ausgeschrieben und durchgeführt. Zu ihnen gehören u. a. das Abtragen, Lagern und Andecken von Oberboden (Mutterboden), Abheben und Verlegen von Rasensoden, Aufreißen der Vegetationsdecke.

## 2.5 Gewinnungsprozesse

### 2.5.1 Grundsätzliches

Das Gewinnen umfasst das Herauslösen aus dem Massiv und Aufnehmen des Erdstoffes. Oft ist es unmittelbar mit Lade- oder sogar Einbauprozessen gekoppelt. Gewinnungsprozesse können auf unterschiedlichen technologischen Niveaustufen ablaufen:

- **manuelles** Abtragen mit Werkzeugen (Hacke, Spaten, Schaufel, Hammer und Meißel) oder mit Geräten (Kompressor und Abbauhammer, Bohrgerät und Sprengmittel),
- **maschinelles** Abbauen mit Gewinnungsmaschinen, vor allem mit Baggern verschiedener Bauformen.

Maschinelles Gewinnen dominiert. Manuelle Gewinnungsarbeiten sind lohn- und zeitaufwendig und deshalb zu vermeiden. Nur bei kleinstmengen, beengten Arbeitsräumen und der Notwendigkeit besonderer Vorsicht sind sie zu rechtfertigen.

Spricht man vom Bagger, so ist gewöhnlich der Universalbagger als typischer Vertreter der Standbagger gemeint. Doch es gibt noch weitere Baggerarten. Der Begriff „Bagger“ umfasst all die Maschinen, mit denen die Erdstoffgewinnung erfolgen kann. Aber auch die Begriffe „Gewinnungsmaschine“, „Erdbewegungsmaschine“ sind gebräuchlich und belegen die schwierige Problematik einer einheitlichen Baumaschinenklassifikation.

Nach Art der Ausführung des Grabvorganges unterscheidet man die traditionell arbeitenden Bagger in

- Standbagger,
- Fahrbagger,
- Flachbagger.

Daneben gibt es Maschinen, die den Erdstoff nach völlig anderen Wirkprinzipien gewinnen, wie z. B. Saugbagger, oder der Ausführung spezieller Arbeiten dienen, wie z. B. Maschinen für den Spezialtiefbau (Bohrgeräte, Vortriebsmaschinen). Sie sollen im allgemeinen Erdbau nicht behandelt werden. Auch die nass arbeitenden Saugbagger sollen hier nicht behandelt werden.

### 2.5.2 Gewinnen mit Standbaggern

#### 2.5.2.1 Standbagger

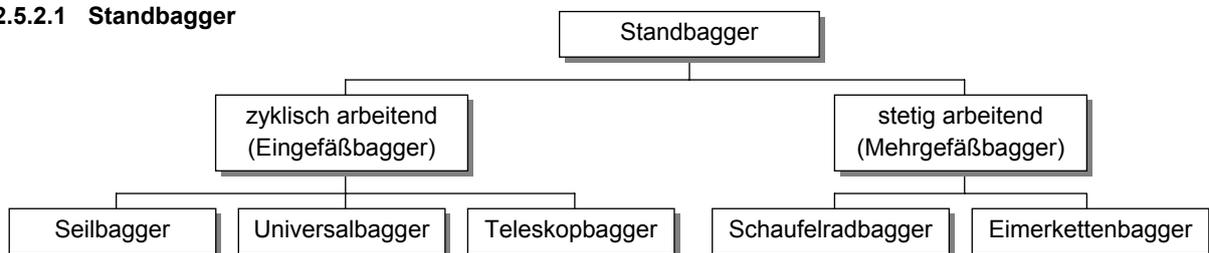


Abb. 2.9 Klassifikation der Standbagger

Standbagger stehen beim Lösen und Laden und führen den Grabvorgang durch die Bewegung einer Arbeitsausrüstung aus, die an einem drehbaren Oberwagen angelenkt ist. Eine gewisse Ausnahme bilden Schaufelrad- und vor allem Eimerkettenbagger, die sich während des Gewinnungsprozesses kontinuierlich fortbewegen. Aber auch dann erfolgt der Grabvorgang durch die Ausrüstungskinetik.

Bei **Seilbaggern** ist die Arbeitseinrichtung flexibel am Seil aufgehängt. Typisches Beispiel ist der Zugschaufelbagger. Seilmechanische Bagger finden heute keine Verwendung mehr. Auch Seilbagger sind hydrostatisch angetrieben und mit modernster Steuerungstechnik ausgestattet. Eine gewisse Eigenständigkeit besitzen die so genannten Trägergeräte, schwere Seilbagger, die u. a. im Spezialtiefbau als Basismaschinen für Rammen und Drehbohrgeräte Einsatz finden.

**Universalbagger** bestehen aus einem Grundbagger (Unterwagen und um 360° drehbarer Oberwagen) und der Arbeitsausrüstung mit dem Arbeitsorgan (Arbeitseinrichtung) – vgl. Abb. 2.10. Sie sind die am meisten verwendeten Bagger auf Baustellen.

Universalbagger ermöglichen die Verwendung verschiedener auf die zu bewältigenden Arbeiten zugeschnittener Arbeitsausrüstungen und -einrichtungen an einer Basismaschine, mit Schnellwechseleinrichtungen sogar sehr rasch und unkompliziert. Darin begründet sich ihre Universalität. Fahrbewegungen dienen nur der Verlagerung des Arbeitsbereiches.

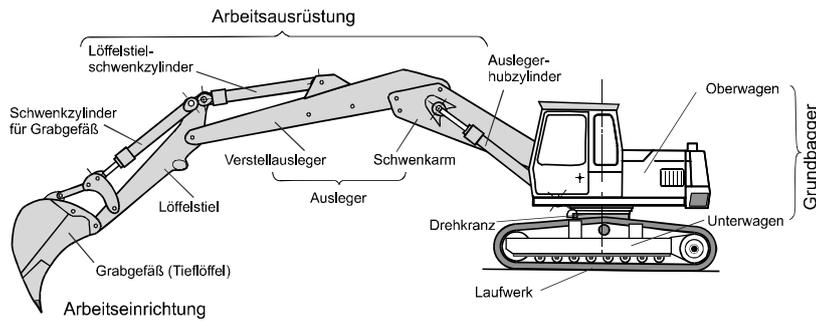


Abb. 2.10 Überblick über den Aufbau eines hydraulischen Universalbaggers

Sonderausrüstungen für Universalbagger sind z. B. Ladeschaufelausleger für den schweren Grab- und Ladeeinsatz, deren Kinematik eine Parallelführung der Ladeschaufel sichert (Scooper), Exaktbaggerausrüstungen (geradlinige Grabbahn), Schlitzwand-/Tiefschachtausrüstungen, Gitterausleger mit Seilwinde für den Kran- und Zugschaufel-einsatz, Freifall-Einrichtung für die Fallverdichtung und Abbrucharbeiten, Bohr- und Rammausrüstungen u. a.

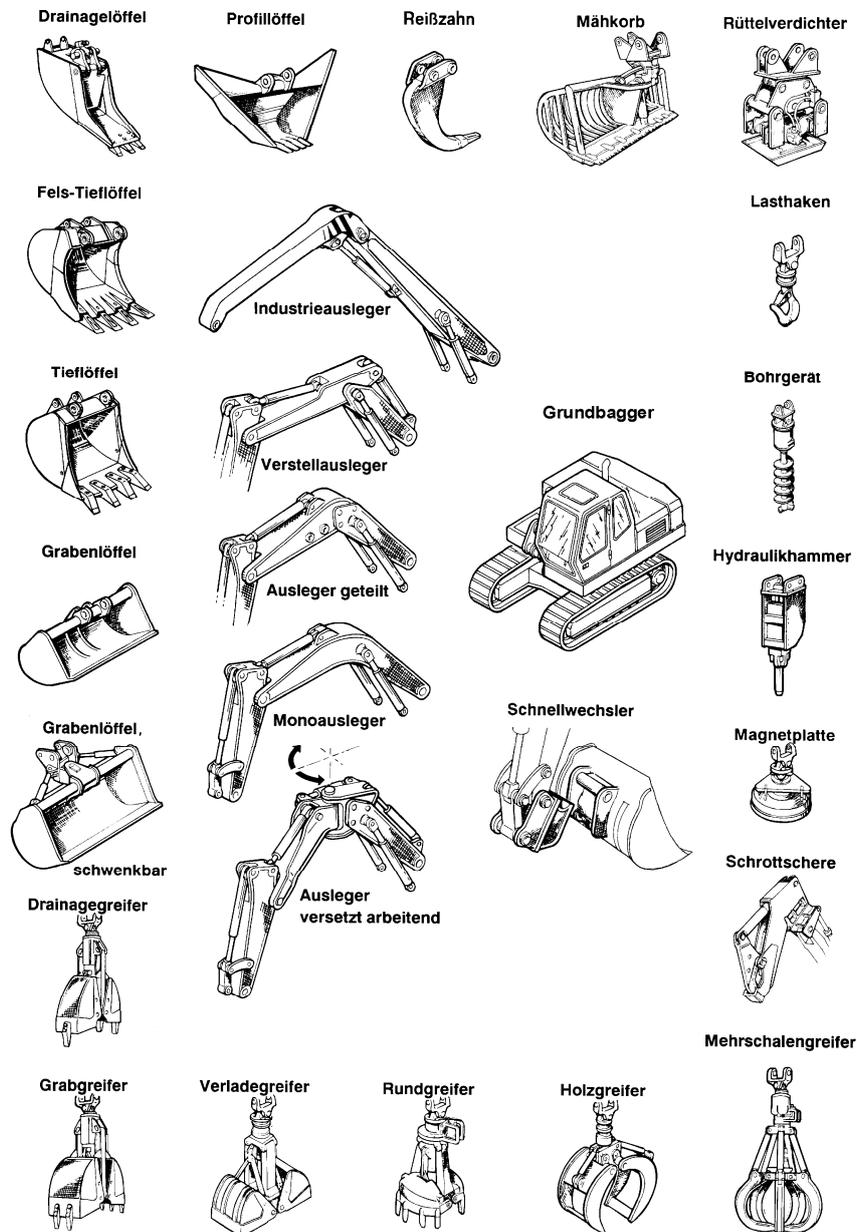


Abb. 2.11 Übersicht über die Komponenten eines hydraulischen Universalbaggers (nach Vorlagen von O&K)

Das eigentliche Arbeitsorgan, die Arbeitseinrichtung, wird in der Regel auswechselbar an der Arbeitsausrüstung befestigt. Die Palette der möglichen Arbeitseinrichtungen ist außerordentlich vielseitig:

- Tieflöffel

Tieflöffel sind so am Stiel angelenkt, dass ihre Öffnung zum Grundbagger hinweist. Sie sind die Standardausrüstung der Universalbagger.

- Hochlöffel und Ladeschaufel

Hochlöffel und Ladeschaufeln sind so am Löffelstiel angelenkt, dass ihre Öffnungen vom Grundbagger weg weisen.

Die meisten Hochlöffel arbeiten nach dem Prinzip der Ladeschaufel, entleeren durch Kippen nach vorn (Kippschaufel). Moderne zweiteilige Klappschaufeln (Abb. 2.12) sind vielseitig verwendbar und dosiert entleerbar.



Traditionelle Hochlöffel (mit Bodenklappe) sind heute nicht mehr gebräuchlich.

Abb. 2.12 Klappschaufel

- Greifer

Für Arbeiten unter beengten Bedingungen finden Greiferausrüstungen mit kardanischer Aufhängung, oft zwangsweise drehbar, Anwendung. Hinsichtlich der Bauform unterscheidet man:

- Zweischalengreifer (Schüttgutgreifer, Schachtgreifer),
- Rund- oder Rechteckschachtgreifer,
- Mehrschalengreifer (Polypgreifer),
- Spezialgreifer (Langholz-, Rundholzgreifer ...).

Im Erdbau dominieren Schachtgreifer. Das sind Grabwerkzeuge aus mehreren Schalen, die beweglich an einem Rahmen angebaut sind, der über eine Stange gelenkig mit dem Auslegers oder Löffelstiels verbunden ist. Schachtgreifer sind auf Baustellen vor allem dort zu finden, wo senkrecht gearbeitet werden muss und die Bodenfestigkeit ihren Einsatz wirtschaftlich zulässt. Außerdem können wegen der steifen Aufhängung am Greiferstiel Auflasten aus dem Baggengewicht in den Greifer eingetragen werden, um Grabkraft und Eindringfähigkeit zu vergrößern. Mit speziell ausgebildetem Greiferstiel und Greiferstielverlängerung können beim so genannten Senkrechtschachten große Grabtiefen erreicht werden.

**Teleskopbagger** sind hydraulische Standbagger, deren Ausleger teleskopartig in der Länge verändert und maximal 360° um die Längsachse gedreht werden können. Ihr Vorteil liegt in der exakten geradlinigen Führung des Grabwerkzeuges bei Profilierungsarbeiten an hohen Böschungen oder bei der Herstellung von Gräben. Durch die gestiegene Arbeitsgenauigkeit moderner Universalbagger haben sie aktuell an Bedeutung verloren.

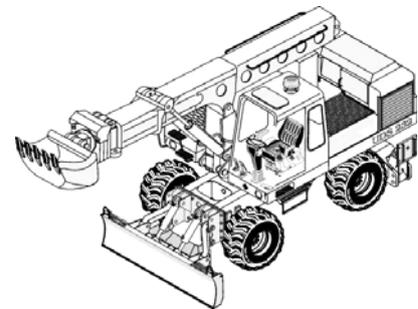


Abb. 2.13 Teleskopbagger (CSM-Tisovec, Slowakei)

**Stetig arbeitende Standbagger** (Abb. 2.14) führen den Grabvorgang mittels Schaufelrad oder Eimerkette aus, die sich an einem Ausleger befinden, welcher an einem drehbaren Oberwagen angelenkt ist. Das Weiterrücken des Baggers kann den kontinuierlich ablaufenden Gewinnungsprozess überlagern.

Auf Grund ihrer großen Leistungsfähigkeit kommen sie vorwiegend ortsgebunden in Betrieben der Baustoffgewinnung und in Bergbaubetrieben (Tagebauen) zum Einsatz. In der Bauwirtschaft besitzen diese Maschinen kaum eine Bedeutung; hier finden nur kleine Maschinen beim Aushub von Gräben für Rohrleitungen, vor allem wenn keine Behinderungen zu erwarten sind, und große Maschinen im Wasserbau Anwendung.

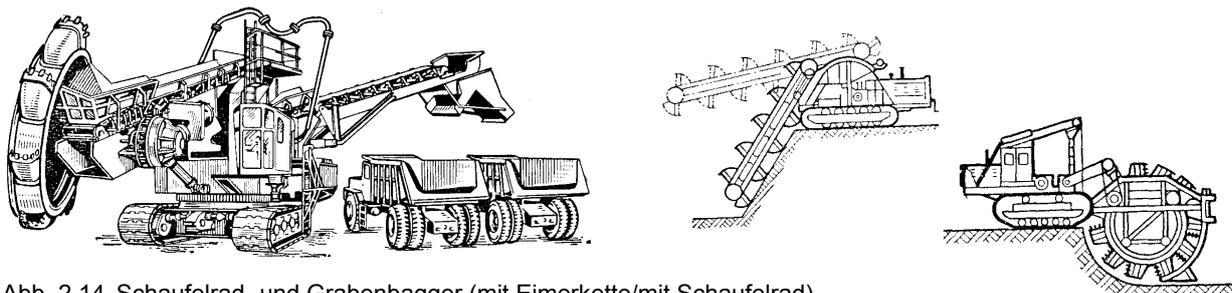


Abb. 2.14 Schaufelrad- und Grabenbagger (mit Eimerkette/mit Schaufelrad)

### 2.5.2.2 Der Einsatz von Standbaggern

#### Der Baggerbetrieb

Mit dem Begriff des Betriebes wird produktionstechnisch eine ganz bestimmte Verfahrensvariante in ihrer maschinentechnischen und organisatorischen Realisierung und aus der Sicht des Baubetriebs (abrechnungstechnisch) eine produzierende Einheit, eine Kapazität (vgl. REFA) verbunden. Der Baggerbetrieb wird bestimmt durch:

- die Bauform und die technischen Parameter des eingesetzten Baggers,
- die dem Bagger zugeordneten Maschinen (Transportfahrzeuge...),
- das technologische Schema des Baggereinsatzes (in Abhängigkeit von der zu erbringenden Bauleistung).

Beachte: Unter einer **Bauleistung** ist das zu errichtende Bauwerk im Zusammenhang mit der Art und Weise seiner Erstellung zu verstehen.

Der Baggerbetrieb wird, in der Regel als Bagger-LKW-Betrieb, wesentlich durch die Baggerungsart und die Abbau- methode bestimmt und ist geometrisch in Baggerschnitten nachzuweisen.

#### • Baggerungsarten

Die Baggerungsart beinhaltet die Art und Weise des technologischen Einsatzes einer Gewinnungsmaschine für das Herstellen eines Baggerschnittes. Man unterscheidet:

##### – Kopfbaggerung

Der Bagger arbeitet entweder

- vorwärts fahrend gegen eine Abbauwand (Hochlöffel – HL) oder
- schneidet rückwärts fahrend ein (Tieflöffel – TL).

##### – Seitenbaggerung

Der Bagger bewegt sich parallel zur Abbauwand (typisch beim Gewinnen mit Eimerkettenbaggern oder beim Profilieren von Böschungen mit Teleskop- oder Zugschaufelbagger).

##### – kombinierte Baggerung

Der Bagger arbeitet alternierend in Kopf- und Seitenbaggerung.

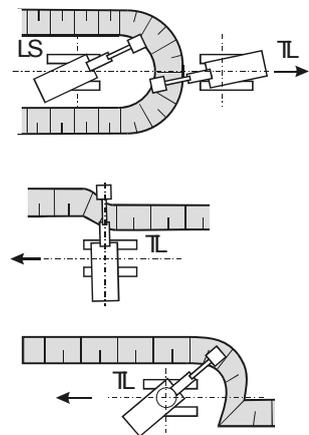


Abb. 2.15 Baggerungsarten

#### • Abbaumethoden

Die Abbaumethode beinhaltet die Art und Weise des technologischen Einsatzes der Gewinnungsmaschine beim Abbau an der Gewinnungsstelle insgesamt. Der Querschnitt einer größeren Gewinnungsstelle ist in einzelne Baggerschnitte zu zerlegen.

Das Gewinnen kann mit einer oder mehreren Maschinen gestaffelt in nebeneinander oder übereinander liegenden Schnitten vorgenommen werden. Man kann unterscheiden:

- **Kopf- oder Frontbau** – der gesamte Aushubquerschnitt wird in einem Durchgang frontal „vor Kopf“ erstellt,
- **Röschen- oder Schlitzbau** – der Einschnitt oder die Baugrube wird vorgeschlitzt, es wird eine Rösche (Durchstich) hergestellt; die folgenden Baggerschnitte werden im kombinierter Baggerung ausgehoben,
- **Stufen- oder Strossenbau** – bei großen Arbeitshöhen werden einzelnen Stufen im Kopf- oder Röschenbau ausgeführt,
- **Seitenbau** – bei Anschnitten in kombinierter Baggerung, bei seitlicher Verbreiterung oder Böschungsabflachung in Seitenbaggerung und in Sonderfällen auch in Kopfbaggerung ausgeführt,
- **Lagenbau** – besondere Form des Stufenbaus (eher typisch für Flachbagger, s. unten).

#### Grabkurven

Jede Arbeitsausrüstung besitzt eine ganz spezielle geometrische Arbeitscharakteristik, die sich in der Grabkurve darstellen lässt. Diese vom Hersteller ausgewiesenen Kurven stellen die geometrischen Möglichkeiten der Maschine dar. In der Praxis sind diese in der Regel aus Gründen des Arbeitsschutzes (Unterschneiden, Überhänge) oder wegen starker Leistungsverluste bei Ausschöpfung der maximalen Reichweiten nicht voll ausnutzbar.

Um spürbare Leistungsverluste zu vermeiden, sind in der Planung nur max. 90 % der Parameterwerte anzusetzen.

Die wichtigsten Parameter der Grabkurve sind:

- maximale Reichweite *a*
- maximale Reichtiefe *b*
- maximale Ausschütthöhe *c*
- Reichweite bei maximaler Ausschütthöhe *d*
- Reichweite bei maximaler Reichtiefe (Grabhöhe) *e*
- Reichweite auf Planum *f*
- maximale Reichtiefe<sup>1)</sup> *g*

1) Eigentlich sagt man „max. Grabtiefe“. Doch darunter ist genau genommen die Tiefe der Schneide beim Grabvorgang (= Spandicke) zu verstehen.

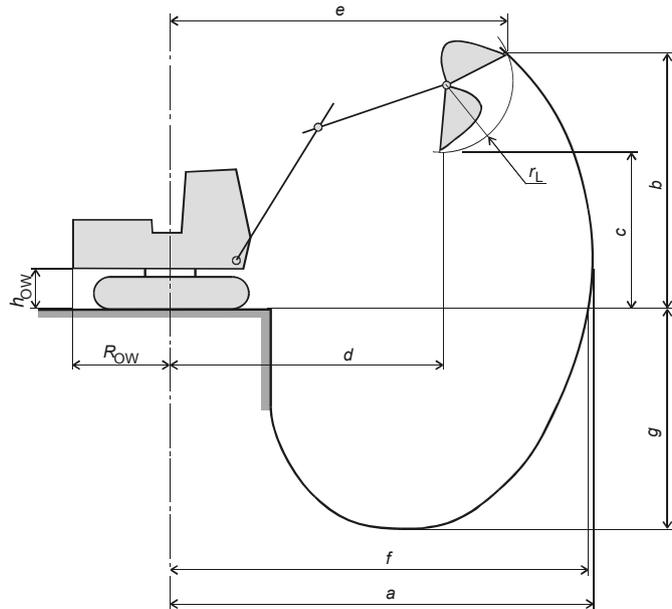


Abb. 2.16 Geometrie der Grabkurve  
(am Beispiel eines Tieföffelbaggers)

### Baggerschnitte

Mit den Baggerschnitten wird die Gestaltung der Gewinnungsstelle beschrieben. Zugleich erfolgt mit ihrer Hilfe der Nachweis der geometrischen Verträglichkeit von Maschine und Bauaufgabe. Die Abmessungen der Baggerschnitte ergeben sich aus

- den Grabkurven der Arbeitsausrüstung und -einrichtung des Baggers,
- den Abbaubedingungen und
- Bereitstellungsart und -ort der Fahrzeuge (Hochlage, Gleichlage, Tieflage).

### Bagger als Hebezeug

In Verbindung mit Erdbauarbeiten werden Hydraulikbagger auch als Hebezeug genutzt. Hierbei ist zu beachten, dass diese, im Gegensatz zu Seilmaschinen, keine zwangsläufig vertikalen Arbeitsbewegungen ausführen und können deshalb exakte Lastführung und genaue Tragfähigkeitsangabe erschwert sind. Beim Einsatz eines Hydraulikbaggers als Hebezeug muss dieser mit Angaben über die Tragfähigkeit in t ausgestattet sein und müssen Hinweise gegeben sein, dass das Gewicht angebaute Ausrüstungsteile von der Tragfähigkeit abzuziehen ist (vgl. DIN 24 083).

### Leistungsermittlung

#### • Grundleistung

Die Grundleistung ist die Leistung, die der Bagger unter idealen Standardbedingungen (ungestörtes Arbeiten, Schwenkwinkel 90°, Entleerung auf Halde) erbringen kann.

$$Q_G = V \cdot n_G \cdot f_L$$

*V* – Grabgefäß-Nenninhalt (in der Bauindustrie: etwa 0,5 ... 2,25 m<sup>3</sup>)

*n<sub>G</sub>* – Grundspielzahl (abhängig von Bodenklasse, Art der Arbeitseinrichtung und Grabgefäßinhalt, in der Bauindustrie: etwa 150 ... 240 h<sup>-1</sup>)

*f<sub>L</sub>* – Ladefaktor (Quotient aus Füll- und Auflockerungsfaktor: etwa 0,6 ... 1,0)

#### • Nutzleistung

Die Nutzleistung ist die Leistung, die der Bagger bei gegebenem technologischem Schema unter Berücksichtigung aller planbaren mindernden Faktoren erbringen kann.

$$Q_N = Q_G \cdot f_N$$

*f<sub>N</sub>* – Nutzleistungsfaktor zur Berücksichtigung von Schwenkwinkel, Grabtiefe bzw. Grabhöhe, Zustand und Form des Grabgefäßes und der Schneide bzw. Zähne, Art der Entleerung, Verteil-, Erholungs- und Nebennutzungszeiten (vgl. REFA) u. a.

## 2.5.3 Gewinnen mit Fahrbaggern

### 2.5.3.1 Fahrbagger

Fahrbagger sind durch eine direkt am Fahrwerk angelegte Grabausrüstung gekennzeichnet, so dass der (den Standbaggern ähnliche) Grab- und Füllvorgang durch eine Fahrbewegung unterstützt werden muss. Sie werden meist Schaufellader genannt. Fahrbagger können nach Grundmaschine und Arbeitsausrüstung klassifiziert werden.

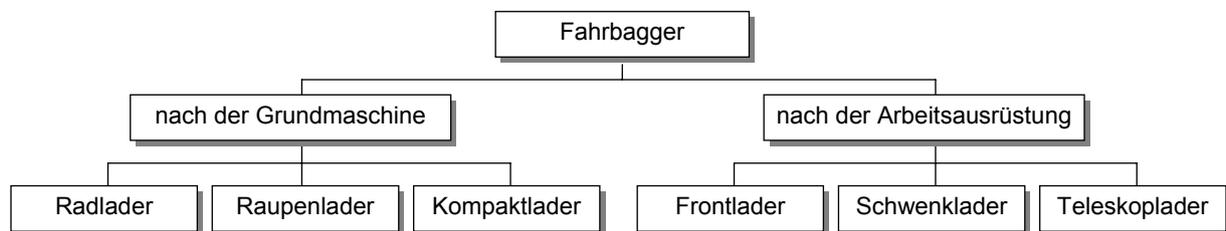


Abb. 2.17 Allgemeine Klassifikation der Fahrbagger

Im Baugewerbe dominieren Frontschaufellader auf Radfahrwerk. Aber auch als Mehrzweckmaschinen (Baggerlader, Teleskoplader) sind sie verbreitet. Fahrbagger mit kontinuierlich wirkenden Arbeitseinrichtungen – Schaufelrad, Eimerkette u. a. (Fahrlader) – sowie Überkopflader, die im Allgemeinen auf Baustellen keinen Einsatz finden, werden hier nicht behandelt.



Abb. 2.18 Beispiele für Arten von Fahrbaggern: CAT-Frontschaufellader mit Klappschaufel, Schwenkschaufellader (ATLAS), Kompaktlader mit Anbauwalze (BOBCAT), Baggerlader (CASE)

### 2.5.3.2 Der Einsatz von Fahrbaggern

Fahrbagger eignen sich für Gewinnungs-, Transport- und Einbauprozesse. Ihr Einsatz erfolgt besonders für das Lösen und Laden leichter bis mittlerer Erdstoffe, das Laden von Abbruchmaterial und vorgelöstem Festgestein. Fahrbagger

- kommen vor allem als Beistellmaschine der Tiefbaukolonnen zum Einsatz,
- sind auch Basis von Mehrzweckbaumaschinen,
- können unter bestimmten Einsatzbedingungen eine wirtschaftliche Alternative zum Bagger-LKW-Betrieb sein.

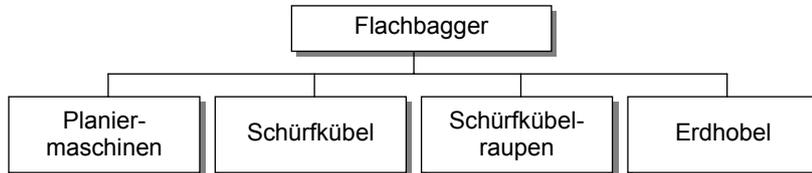
Für den Einsatz als Leistungsgerät mit ausgeprägter Fahrstrecke (load and carry) kann die Leistung bestimmt werden (vgl. [2-7], [2-8, S. 620ff]). Beim Einsatz als Beistellmaschine ist eine Leistungsermittlung nicht angebracht.

## 2.5.4 Gewinnen mit Flachbaggern

### 2.5.4.1 Flachbagger

Flachbagger sind durch eine direkt am Fahrwerk oder Grundrahmen angelenkte Grabausrüstung gekennzeichnet, die einen durch den Fahrvorgang unterstützten praktisch horizontal verlaufenden Grabvorgang ausführt. Als typische Erdbewegungsmaschinen können sie während eines Arbeitsspiels mehrere Teilvorgänge (Lösen – als „Schälvorgang“, Transportieren, lagenweises Auftragen und sogar Vorverdichten) ausführen.

Abb. 2.19 Allgemeine Klassifikation der Flachbagger



### 2.5.4.2 Planiermaschinen

Planiermaschinen gliedert man in Basismaschine, mit Fahrwerk, Antrieb, Kraftübertragung, Steuerung und Fahrerkabine, und Arbeitsausrüstung. Vorwiegend finden Kettenfahrwerke Anwendung. Radplanierer (Raddozer) besitzen in Deutschland nur eine geringe Bedeutung.



Abb. 2.20 historische Planierraupe mit Brustschild (T 100)

Man unterscheidet Planierraupen (Bulldozer) mit:

- S-Schild (Straight blade) = Brust-, Quer-, Standardschild (Standardausrüstung für Einsätze in wechselnden Böden – die Schildenden sind schmal nach vorn abgewinkelt oder mit Seitenblechen bestückt),
- A-Schild (Angle blade) = Schwenkschild (beidseitig schwenkbar, ohne abgewinkelte Schildenden, mit größerer Schildbreite und geringerer Schildhöhe),
- U-Schild (Universal blade) = Universalschild (ein Brustschild mit breit nach vorn abgewinkelten Schildflügeln, das ein großes Fassungsvermögen besitzt und vor allem für Schiebearbeiten in Leicht- und Schüttgut geeignet ist).

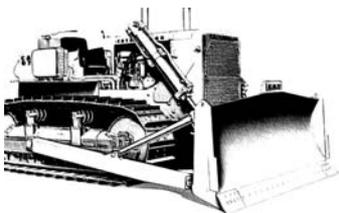


Abb. 2.21 Brustschild (S-Schild)

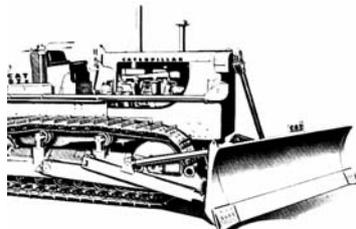


Abb. 2.22 Schwenkschild (A-Schild)

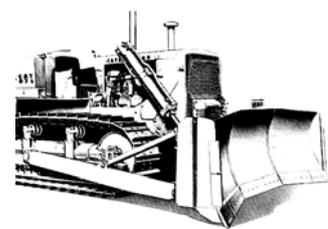


Abb. 2.23 Universal-Schild (U-Schild)

(nach einer Vorlage von CAT)

Mit der Tilteinrichtung (zum Kippen des Brust- oder Schwenkschildes) kann eine seitliche Neigung der Planiefläche und ein leichteres Eindringen des Schildes in den Boden ermöglicht werden.

Auch Planierraupen können mit einer ganzen Reihe von Sonder- und Zusatzausrüstungen, wie Schubschild, Sperrgut-Müllschild, Reiß- und Rodeschild, Baum-Schneide-V-Schild, Seitenkraneinrichtung, Hecktieflöffel, Front- und Heckwinde ausgestattet sein.

Schwere Maschinen kommen mit Heckaufreißer (Ein- und Mehrzahnreißer, mit Parallelogramm oder Pendelaufhängung) als Reißraupen zum Einsatz. Das Reißen ist eine wichtige Alternative zu anderen Verfahren für das Lösen fester Gesteine – so auch Sprengen. Es ist vor allem dort anwendbar, wo das Gestein flächig in großen Mengen abzutragen ist.

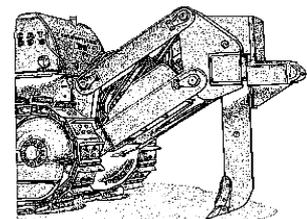


Abb. 2.24 Parallelogramm-Heckaufreißer an einer Planierraupe (CAT)

### Der Einsatz von Planierraupen

Planierraupen arbeiten allein oder als Maschinengruppe (gleichartige Maschinen). Der Planierraupenbetrieb ist durch linienförmiges und flächenförmiges Arbeiten gekennzeichnet.

Der **Arbeitszyklus** einer Planierraupe besteht aus

- Gewinnen des Erdstoffes (Lösen),
- Schieben (einschließlich Nachschneiden zum Ausgleich der Verluste in die Seitenwälle),
- Absetzen in einer Lage,
- Reversieren und Zurückfahren (in der Regel im Rückwärtsgang).

Planierraupen sind vor allem Erdbewegungsmaschinen für wirtschaftliche Transportweiten bis 60 m (im Extremfall bis 100 m). Bedingt durch die Kinematik der Ausrüstung sind sie besonders für grobe Planierarbeiten geeignet. Dank moderner elektronischer Steuerung von Ausrüstung und Fahrwerk unter Verwendung von Laser und GPS ist heute auch eine hohe Planiergenauigkeit im Bereich weniger cm erreichbar.

- **Einsatz mit Brustschild:**

Planierraupen mit Brustschild eignen sich wegen ihrer hohen Schubkräfte hervorragend für grobe Arbeiten:

- Zerreißen, Zerstören, Beseitigen von Pflanzenbewuchs, Trümmern und anderen natürlichen oder künstlichen Hindernissen ⇒ Räumarbeiten
- schneller flacher Erdaushub ⇒ Aushubarbeiten
- Transport von Erdstoffen über kurze Entfernungen ⇒ Erdstofftransport
- Ausgleich von unebenem Gelände ⇒ Planierarbeiten
- Verfüllen (und Vorverdichten – durch Überfahren) von Bauwerken oder Gruben (bei Gräben quer oder schräg zur Grabenlängsachse) ⇒ Verfüllarbeiten

- **Einsatz mit Schwenkschild:**

Durch die Querneigung des Schwenkschildes ist ein Abfließen des Erdstoffes nach der Seite und so der Quertransport möglich. Schwenkschilde kommen deshalb vorzugsweise zum Einsatz:

- beim Quertransport (2 ... 3 m),
- beim Planieren lockerer Schüttgüter quer zur Fahrtrichtung,
- beim Zuschieben von Gräben und
- beim Aushub flacher V-förmiger Gräben

Für die **Leistungsermittlung** von Planierraupen gibt es in der Literatur eine Vielzahl von Berechnungsansätzen, die jedoch mit Ungenauigkeiten behaftet sind. Praktikable Ansätze sind in [2-7] und [2-8, S. 625f] enthalten. Der Einsatz als Beistellmaschine ist anhand von Kennzahlen zu planen.

#### 2.5.4.3 Schürfkübelwagen

Schürfkübelwagen (auch Scraper genannt) sind Flachbagger, die einen mit Schürfschneide versehenen Schürfkübel besitzen. Im Gegensatz zu anderen Flachbaggern transportieren sie den Erdstoff nicht bodengebunden, wodurch höhere Fahrgeschwindigkeiten bei geringerem Energieaufwand möglich sind.

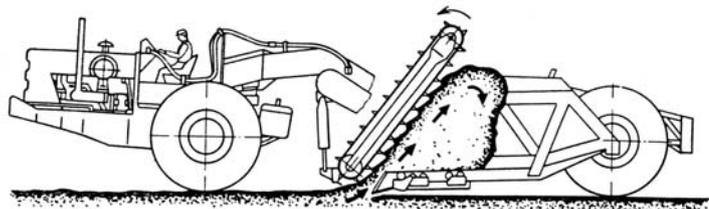


Abb. 2.25 Elevator-Scraper (Arbeitsweise)

Neben den von Planierraupen gezogenen langsam fahrenden Anhängeschürfkübeln überwiegen in der internationalen Baupraxis die Motorscraper in unterschiedlichen Ausführungen mit Geschwindigkeiten bis 50 km/h. Das Aufkommen moderner leistungsfähiger und schneller Zugtraktoren auf Rad- oder Raupenfahrwerk begünstigt den aktuellen Trend zu Anhängescrapern und deren Rückkehr auf Baustellen in Deutschland.

Da Motorscraper beim Füllen des Kübels einen großen Fahr- und Arbeitswiderstand zu überwinden haben, gibt es konstruktive Sonderlösungen, die den Füllvorgang erleichtern bzw. ohne Schubraupe ermöglichen sollen (u. a. Elevator-Scraper (vgl. Abb. 2.25), Tandemscraper, die im Push-Pull-Verfahren arbeiten). Scraper besitzen deshalb i. A. auch einen Puffer, an dem die Schubraupen (Pusher) ansetzen. Die Entleerung der Kübel kann durch Kippen (nur bei kleinen und Anhängeschürfkübeln), über Bodenklappen, aber vor allem durch Ausstoßer, das sind teleskopierbare Kübelrückwände, erfolgen.

Scraper arbeiten zyklisch (Lösen und Laden, Transportieren, Einbauen und z. T. Vorverdichten, Leerfahrt). Sie sind am wirtschaftlichsten bei 100 ... 300 m (Anhängeschürfkübel) bzw. 300 ... 1000 m (Motorschürfwagen) Transportweite einsetzbar. Der Scraperbetrieb ist durch langgestreckte Baustellen (Linien und Flächenbaustellen) gekennzeichnet, die relativ flach sein müssen. Scraper füllen sich selbst in einer ca. 30 m langen und ca. 3 m breiten Schürfbahn, wobei sie jedoch in der Regel auf Unterstützung (Schubraupe, Ladehilfen) angewiesen sind. An der Absetzstelle tragen sie den Boden als ca. 30 cm dicke Schicht auf und verdichten ihn durch das Überfahren mit den Hinterrädern. Die Scraperflotte arbeitet in der Regel im Ringverkehr. In der klassischen Form erfolgt der Scraperbetrieb im Komplex von 3 ... 7 Scrapern, einer Schubraupe und einem Grader, der die Fahrbahn für die hohen Transportgeschwindigkeiten instand hält.

Am besten eignen sich für den Einsatz von Scrapern feuchter lehmiger Sand, sandiger Lehm oder nicht zu feuchte Tone. Im Vergleich zum Bagger-Lkw-Betrieb sind Scraper leistungsfähiger bei relativ ebenen Flächen- und Linienbaustellen, sofern entsprechende Witterungsbedingungen herrschen, aber nicht so flexibel einsetzbar.

#### 2.5.4.4 Schürfkübelraupen

Schürfkübelraupen sind spezielle Raupenfahrzeuge mit einem zentral zwischen den Raupen angeordneten Schürfkübel und vorderem Planierschild. Zusätzlich können sie noch mit einem Heckaufreißer ausgerüstet sein.

Sie bewältigen alle Erdbewegungsarbeiten:

- Lösen,
- Laden,
- Transportieren (20 ... 500 m weit),
- Absetzen und Verteilen,
- Planieren,
- Vorverdichten.

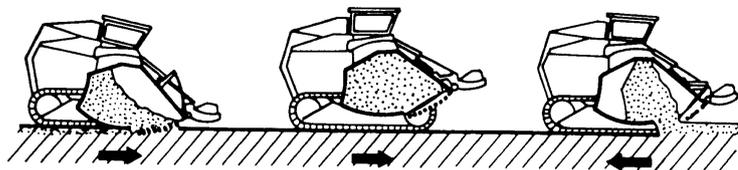


Abb. 2.26 Schürfkübelraupe bei der Arbeit (Füllen – Transportieren – Absetzen) – MENCK & HAMBROCK

Schürfkübelraupen arbeiten zyklisch im Pendelverkehr. Wendemanöver sind nicht erforderlich. Nach dem Füllvorgang transportieren sie den Erdstoff und setzen ihn rückwärts fahrend aus dem Kübel auf die gewünschte Einbaudicke ab.

Beim Schürfen wird der Boden zwangsweise in den Kübel hineingepresst. Das Entleeren des Kübels erfolgt durch einen Schieber. Aufgrund des Raupenfahrwerkes ist die Schürfraupe weitgehend witterungsunabhängig und speziell für mitteleuropäische Boden- und Wetterverhältnisse geeignet. Sie ist zwar relativ langsam, besitzt aber einen geringen Bodendruck und ist deshalb auch im aufgeweichten Gelände manövrierfähig. Sie kann auch im Wasser bis zu einer Tiefe von 1 m arbeiten, mit Wateinrichtung sogar bis zu 1,8 m.

#### 2.5.4.5 Grader

Grader, auch Erd- oder Straßenhobel genannt, sind 2- oder 3-achsige Maschinen mit einer Graderschar zwischen den Achsen als Arbeitseinrichtung. Diese Schar ist stärker gekrümmt sowie flacher und breiter als ein Planierschild; der Schneidwinkel ist kleiner – denn beim Grader kommt es weniger auf ein Anhäufen von Erdstoff sondern mehr auf dessen gutes Abrollen und seitliches Bewegen an. Eine spezielle Aufhängung am Zugrahmen gestattet die Bewegung der Graderschar in fast jede Richtung.

Heute finden hauptsächlich selbst fahrende Motorgrader bzw. Motor-Straßenhobel Anwendung. Es gibt aber auch Anbaugrader an kleine Mehrzweckbaumaschinen.

Abb. 2.27 Arbeitseinrichtung eines Motorgraders (O&K)



Grader sind keine Gewinnungsmaschinen im eigentlichen Sinne, sondern in erster Linie Planiermaschinen. Aufgrund der zentralen Anordnung der Arbeitsausrüstung und ihres langen Radstandes besitzen Grader im Vergleich zu Planiertraupen hervorragende Planiereigenschaften. Zudem sind sie dank ihrer relativ hohen Fahrgeschwindigkeiten gut umsetzbar. Aufgrund der extremen Verstellmöglichkeiten der Graderschar können Grader auch Planierarbeiten außerhalb ihrer Fahrspur vornehmen, also ohne Reifenabdrücke zu hinterlassen. Durch die Drehbarkeit der Graderschar um 360° ist das Planieren in Vor- und Rückwärtsrichtung möglich.

Grader werden vor allem für folgende Arbeiten eingesetzt:

- Herstellen horizontaler und geneigter Feinplaniefächen,
- Verteilen von Schüttgütern (Haufwerk),
- Glätten (Hobeln) und Planieren von Erdstraßen (Pistenpflege),
- profilgerechte Gestaltung von Böschungen,
- Anlegen von Entwässerungsgräben,
- Abtragen von Rasen und Humusschichten (Kulturboden),
- Aufreißarbeiten mittlerer Schwere,
- Auskoffern von Straßenbettungen,
- Verteilen und Mischen von Material an Ort und Stelle (Mixed in place),
- Einbau von Mischgütern in Straßendecken, Bodenstabilisierung,
- Schneeräumarbeiten, Zug- und Schubarbeiten.

In Verbindung mit GPS-, Zonen-Laser und Tachymeter-Steuerungen können heute alle Bewegungen des Graders automatisch gesteuert und Profilierungen nach einem digitalen Geländemodell mit Genauigkeiten im mm-Bereich bei einer hohen Fertigungsgeschwindigkeit vorgenommen werden.

#### **2.5.4.6 Der Flachbaggerbetrieb**

Der Flachbaggerbetrieb ist ein leistungsfähiges System der Erdbewegung [2-12, S. 69]. Er ist vor allem für großflächige Erdbaustellen mit relativ geringen Neigungen, großen Massenbewegungen, schwach bindigen Böden und trockenem Wetter geeignet. Man trifft ihn also in seiner ausgeprägten Form in Ländern und auf solchen Baustellen an, die entsprechende Bedingungen vorweisen können. Vor allem aufgrund seiner relativ hohen Witterungsempfindlichkeit findet er in Deutschland verhältnismäßig wenig Anwendung. Außerdem kann man ihn nicht so flexibel gestalten wie mit Maschinen des Bagger-LKW- oder Lader-LKW-Betriebes.

Verglichen mit dem Bagger-LKW-Betrieb, der durch starre Betriebspunkte gekennzeichnet ist, ist der Flachbaggerbetrieb, insbesondere der Scraperbetrieb dynamischer.

## **2.6 Erdbewegungsprozesse**

### **2.6.1 Grundsätzliches**

Im Gegensatz zu anderen Gewerken, wie z.B. Betonbau und Montage, wird beim Erdbau das Material nicht gesondert hergestellt, sondern lediglich umgelagert. Zwischen Entnahme und Einbau steht die Bewegung von Massen.

#### **Übersicht über Verfahren und Maschinen**

- **Fördern**

Beim Fördern bewegt sich das Fördergut in einem Fördermittel oder entlang eines solchen. Fördermittel sind in der Regel während ihres Einsatzes ortsfest. In der praktischen Anwendung unterscheidet man vor allem

- Bandförderung,
- Kübelförderung (an Seilen oder Hängeschienen),
- mechanische Wurfförderung (Jet-Stream-Wurf, Ausschwingen)
- hydraulische Förderung,
- pneumatische Förderung.

- **Transportieren**

Beim Transportieren bewegt sich das Transportgut gemeinsam mit dem Transportmittel. Man unterscheidet:

- gleisgebundenen Transport,
- gleislosen Transport
  - über vorhandene Fahrwege (öffentliche Straßen)
  - über spezielle Fahrwege (Baustraßen),
  - im Gelände – bodenfrei oder bodengebunden, z. B. mit Planierdraupe,
- Schifftransport (Schuten).

## 2.6.2 Fördern von Erdstoffen

Bei großen Massen stoßen die verschiedenen Transportverfahren an die Grenzen der technischen Realisierbarkeit ([2-12, S. 75]). Dann ist das Fördern mit Bändern, Kübeln, hydraulischen Medien oder gar mittels Wurfverfahren vorteilhafter, wenn nicht sogar die einzige Möglichkeit. Die Ursache für das Fördern kann aber auch im Erzeugnis liegen – z. B. beim Tunnelbau (beengte Linienbaustelle mit großen Förderweiten).

- **Bandförderung**

Bandanlagen sind sehr leistungsfähig aber relativ starr. Sie werden mit einer Bandbreite bis zu 3,50 m hergestellt; für den Baubetrieb kommen jedoch nur Breiten von 0,8 bis 1,2 m zur Anwendung<sup>2</sup>. Auf einem Gestell ruhend, können die Bandstraßen problemlos und schnell weitergerückt werden. Von Vorteil sind gegenüber dem LKW-Betrieb die höhere Steigfähigkeit bis 14 % (bei profilierten Steilförderern bis 100 %) und die größere Witterungsunabhängigkeit. Die wirtschaftliche Förderweite liegt im Allgemeinen bei 1 bis 3 km. Darüber hinaus können gleisgebundene Transportmittel günstiger sein.

- **Kübelförderung** an Seilbahn oder Seilkran

Unter besonderen Bedingungen (Hochgebirge, am Meer) können Seilbahnen eine günstige, ja z. T. die einzige technisch mögliche Alternative sein (geringere Witterungsabhängigkeit – bis Windstärke 8, bodenfreier Betrieb). Der wirtschaftliche Einsatzbereich liegt bei 500 ... 2000 m.

- **Hydraulische Förderung**

Die hydraulische Förderung wird vor allem bei der Gewinnung des Bodens aus dem Nassen angewandt (Saugbagger). Moderner ist die Trocken-Nass-Kombination, bei der der Erdstoff trocken gewonnen und nach Übergabe in einen Ladetrichter nass gefördert wird.

## 2.6.3 Transportieren von Erdstoffen

### 2.6.3.1 Bauarten von Transportfahrzeugen

Man klassifiziert die Erdtransportfahrzeuge nach

- |                                   |   |                         |
|-----------------------------------|---|-------------------------|
| • Art der Fortbewegung:           | • Art des Fahrwerks:                        | • Entladeart:           |
| – selbstfahrende Fahrzeuge        | – Straßen-Lastkraftwagen (LKW)              | – Hinterkipper          |
| – Zugmaschine mit Sattelschlepper | – geländegängige Straßen-LKW                | – Seitenkipper          |
| – angehängte Fahrzeuge            | – Geländegängige Schwerlastkraftwagen (SKW) | – Dreiseitenkipper      |
|                                   |   | – Vorderkipper (Dumper) |

### 2.6.3.2 Der Einsatz von Erdtransportfahrzeugen

- Grundsätze
  - Die zu transportierenden Massen und die Transportentfernungen sind frühzeitig unter verschiedenen Gesichtspunkten (Erschließung örtlicher Baustoffe, Massenausgleich) zu optimieren.
  - Für Transportstrecken, die über das Gelände außerhalb des Baustellenbereiches führen, ist vom jeweiligen Rechtsträger eine Genehmigung zum Befahren einzuholen.

- Einsatzschemata

- großer Ringverkehr (Last- und Leerfahrt erfolgen auf voneinander getrennten Fahrbahnen)
- kleiner Ringverkehr (Last- und Leerfahrt erfolgen auf gemeinsamer Straße)
- Rangieren (Zurückstoßen) an den Be- und Entladestellen

- Befahrbarkeit

Die Befahrbarkeit eines Geländes ist gegeben, wenn in der Erdstoff bei gegebenen Witterungsbedingungen zur Gewährleistung eines störungsfreien Fahrverkehrs geeignet ist.

Problem: Entscheidung über den Zeitpunkt der Einstellung des Fahrzeugbetriebs bei Schlechtwetter

Zu spätes Einstellen kann die Erdfahrbahn soweit schädigen, dass erst nach längerer Zeit oder nach aufwändiger Erneuerung der Fahrbahn der Betrieb wieder aufgenommen werden kann.

Lösung: Prognose der Befahrbarkeit ⇒ Analyse bodenmechanischer Kennwerte und meteorologischer Daten (Kraftschluss, Einsinktiefe, Rollwiderstand)

<sup>2</sup> Große Verbreitung besitzen Förderbandanlagen zur Abraumförderung im modernen Tunnelbau.

## Reinhaltung von Anliegerstraßen

Wer öffentliche Verkehrsanlagen verunreinigt, muss entsprechend dem Verursacherprinzip diese Verunreinigungen wieder beseitigen – verantwortlich ist grundsätzlich der Auftraggeber (Bauherr). Kostengünstige Lösungen sind Rüttelstrecken zum Abrieseln von losem Schmutz, Siebrechenstrecken, Reifenwaschanlagen, Straßenreinigungsmaschinen, auch als Anbaugeräte an Mehrzweckbaumaschinen oder Fahrzeuge.

## Ermittlung der mittleren Transportentfernung

Die Mengenverteilung soll nach Umfang für Gewinnung und Einbau, sowie erforderlichenfalls auch nach Förderweg und Förderhöhe, aus den Ausschreibungsunterlagen ersichtlich sein (1.5.8 ZTVE-StB).

Als **mittlere Transportentfernung** wird (für Baustellen im offenen Gelände – ohne gezwungene Streckenführung) der Abstand zwischen den Schwerpunkten der Erdab- und -aufträge bezeichnet. Bei Baustellen mit Zwangspunkten sind bei der Ermittlung der Transportentfernungen zusätzlich die vorgeschriebenen Transportwege zu berücksichtigen. Gleiches gilt für Transporte von und zu Seitenentnahmen und Kippen.

Die Ermittlung der mittleren Transportentfernung ist zur Leistungsberechnung der eingesetzten Baumaschinen, zur Bauzeitermittlung und bei Wirtschaftlichkeitsvergleichen (Kostenermittlung) erforderlich

Hilfsmittel ist das **Mengenprofil**, welches durch die Mengelinie im Mengenplan dargestellt wird. Sie ist die grafische Darstellung der kumulativen Mengen aus den Spaltenspalten der Mengenermittlung.

- Charakteristika des Mengenprofils:
  - Jede Höhe im Mengenprofil stellt eine Menge und jede Länge eine Transportweite dar.
  - Jeder Scheitelpunkt des Profils entspricht einem Wechsel zwischen Auf- und Abtrag.
  - Die Höhendifferenz zwischen Anfangs- und Endpunkt des Profils ist gleich dem Mengenüberschuss bzw. -defizit im Bauabschnitt.
  - Jede Waagerechte ist eine Verteilerlinie (Mengengleiche) und deren Schnittpunkte mit der Mengelinie kennzeichnen die Transportgrenzen.
  - Die größte Ordinate zwischen Mengengleiche und Mengelinie entspricht der Transportmenge in diesem Bereich.
  - Die Fläche zwischen Mengengleiche und Mengelinie ist gleich dem Produkt aus Transportmenge und mittlerer Transportweite im jeweiligen Bereich.

Die Mengen werden auf den ungestörten Zustand (feste Massen) bezogen. Bei der Berechnung der Erdaufträge ist die bleibende Auflockerung zu berücksichtigen.

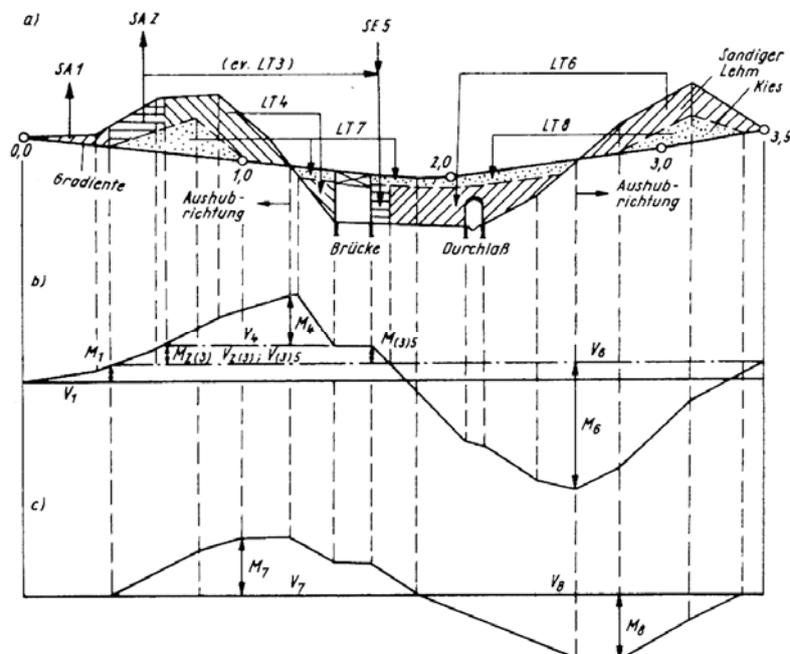


Abb. 2.28 Mengenprofile:

- Längenprofil;
  - Mengenprofil für sandigen Lehm;
  - Mengenprofil für Kies
- V – Verteilerlinie;  
M – Transportmenge;  
SA – Seitenablagerung;  
SE – Seitenentnahme;  
LT – Längstransport

([2-10], S. 177)

## Leistungsermittlung

Es gibt exakte Berechnungsansätze, die auf fahrdynamischen Grundlagen beruhen, z. B. [2-7]. Die Anwendung dieser Ansätze beschränkt sich auf große Erdbauarbeiten mit stabilem Transportregime. In der Praxis erschweren sich ständig ändernde Baugrundverhältnisse die exakte Prognose, so dass die Leistungsermittlung mehr anhand von Erfahrungswerten und Kennzahlen, u. a. auch auf der Basis von Arbeitsstudien (REFA), erfolgt.

## 2.6.4 Auswahl wirtschaftlicher Verfahren und Maschinen

Die Auswahl wirtschaftlicher Verfahren und Maschinen ist eine komplexe Aufgabe und in der Regel nicht eigenständig lösbar. Oben hatten wir bereits festgestellt, dass die Erdbewegung in engem Zusammenhang mit der Gewinnung und dem Einbau, sozusagen als großes System, zu betrachten ist.

In der Praxis haben sich die folgenden wirtschaftlichen Einsatzgrenzen für die Förder- bzw. Transportprozesse herauskristallisiert (Klammerwerte: noch vertretbare Grenzen bei reduzierter Wirtschaftlichkeit):

– Bagger	...	20	(>150 m sind möglich) (vgl. [2-12, S. 87])
– Planierraupe	8	...	60 (100) m
– Schürfkübelraupe	(5)	20	... 300 (500) m
– Anhängeschürfkübel	(60)	100	... 500 (800) m
– Motorschürfkübelwagen	(80)	150	...2000 (4000) m
– Frontschaufellader		0	... 200 (300) m
– Bagger-Dumper-Betrieb	(100)	200	...2000 (3000) m
– Bagger-LKW-Betrieb	ab	(800)	...1000 m

Da die Transportkosten auf den meisten Erdbaustellen den größten Kostenanteil ausmachen, ist deren Minimierung unabdingbar. Minimale Transportentfernungen sind eine Grundvoraussetzung wirtschaftlichen Arbeitens im Erdbau.

**Transportpläne** erleichtern die Organisation großer Vorhaben (Transportoptimierung). Im Rahmen der Ausschreibung und Kalkulation von Erdarbeiten wird aus der Mengenermittlung ein Massenverteilungsplan entwickelt, aus dem die mittleren Transportentfernungen der einzelnen Teilmengen ableitbar sind. Angestrebter **Massenausgleich** beeinflusst allerdings die Trassierung. Deshalb ist diese Aufgabe frühzeitig, also bereits bei der Planung, zu lösen.

## 2.7 Einbauprozesse

### 2.7.1 Grundsätzliches

Beim Einbau werden Erdstoffe

- als Baustoff für konstruktive Erdbauten oder
- als Verfüllmaterial

eingbracht.

Einbauprozesse sind mit dem Gewinnen und Transportieren so abzustimmen, dass die Kontinuität des gesamten Erdbauprozesses gewährleistet ist. Das Einbauen kann gegliedert werden in

- Schütten oder Verfüllen (ggf. in Verbindung mit dem Absetzen),
- Verteilen,
- Planieren und Profilieren,
- Verdichten.

### 2.7.2 Grundsätze des Schützens von Dämmen

Vor dem Schütten ist das Gründungsplanum vorschriftgerecht herzustellen. Es muss ebenflächig sein und den vorgeschriebenen Verdichtungsgrad (z.B. gem. ZTVE StB) aufweisen. Bei bindigem Baugrund muss es eine ausreichende Querneigung (mind. 4 %) zur Ableitung von Oberflächenwasser besitzen. Nachfolgende Grundsätze sind zu beachten:

- Mit dem Schütten darf erst begonnen werden, wenn die Gründungssohle profiliert und die Dichteanforderungen kontrolliert wurden. Bei Neigung der Grundfläche von mehr als 20 % sind Baugrund und Bauwerk zu verzahnen.
- Durch Rodungsarbeiten entstandene Vertiefungen sind auszufüllen und zu verdichten.
- Dämme werden im Allgemeinen lagenweise geschüttet. Die Lagenschütthöhen sind in gleicher Dicke herzustellen und mit der Wirktiefe der Verdichtungsmaschinen abzustimmen.
- In einer Schüttlage sind stets gleichartige Erdstoffe einzubauen. Verschiedenartige Erdstoffe dürfen nur in Wechselschüttung eingebracht werden.

- Das Schütten von Dämmen ist am Geländetiefpunkt zu beginnen. Die einzelnen Lagen sind von der Dammaußenseite beginnend, nach der Dammachse hin zu schütten.
- Spurenfahren der Fahrzeuge ist auf Schüttungen zu vermeiden.
- Das Gründen von Dämmen auf Baugrund geringer Tragfähigkeit (Torf, Moor) erfordert spezielle Verfahren, z. B. Baugrundaustausch oder Moorsprengung, damit keine die Funktionsfähigkeit des Bauwerks störenden Setzungen auftreten können.

**Anforderungen an das Planum** nach Pos. 3.4 ZTVE-StB94

- Profulgerechtigkeit, Ebenheit, Tragfähigkeit, zulässige Abweichungen von der Sollhöhe
- nur befahren, wenn keine schädlichen Verdrückungen oder eine Behinderung des Wasserabflusses auftreten können
- Wiederverwendung geeigneter Böden aus dem Abtrag für den Auftrag ⇒ Massenausgleich
- Einhaltung von Querneigungen (mindestens 2,5 %, bei nicht verfestigten Böden 4 %)
- Sicherstellung der Entwässerung an Gradiententiefpunkten
- Schutz fertig gestellter Flächen (bei längerer Arbeitsunterbrechung)

Beachte: Maßnahmen zur Ableitung von Oberflächenwasser aus Niederschlägen sind für alle Bauzustände Nebenleistungen gemäß VOB/C.

**2.7.3 Kipp- und Schüttverfahren**

Einbaustellen, auf denen Erdstoffe konstruktiv eingebaut oder abgelagert werden, bezeichnet man als **Kippen**. Man unterscheidet:

- Flächenkippen,
- Haldenkippen (Aufdämmung, Hoch- und Tiefkippe),
- Dammkippen.

Als Schüttverfahren bei der Arbeit an Kippen sind zu unterscheiden:

• **Lagenschüttung**

= Herstellen horizontaler oder geneigter Schüttlagen bei Flächen- und Dammkippen



Abb. 2.29 Lagenschüttung: a) mit verdichtetem Transportplanum, b) mit unverdichtetem Transportplanum

• **Kopfschüttung**

= Herstellung von Haldenkippen im Kopfbau, z. B.: Vortreiben von Dämmen im offenen Gewässer



Abb. 2.30 Lagenschüttung: a) Aufdämm- und Hochkippe, b) Tiefkippe

• **Seitenschüttung**

= Schüttverfahren, mit denen Haldenkippen im Seitenbau hergestellt oder verbreitert werden

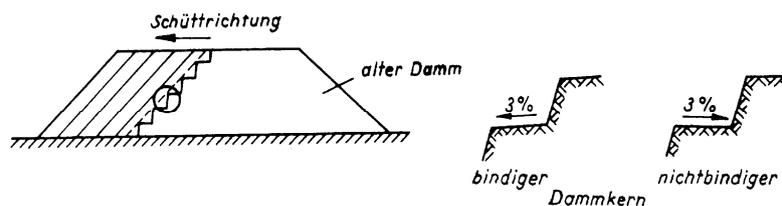


Abb. 2.31 Seitenschüttung – Verzahnung mit bestehendem Bauwerk [2-10, S. 352]

### 2.7.4 Sichern von Erdbauwerken

Bereits beim Entwurf sind bestimmte Grundsätze zu beachten, um die Bauwerke nicht der Gefahr der Zerstörung durch Witterungseinflüsse oder Überlastung auszusetzen (Beachte: Vorlesung Erdbau – Teil Konstruktion).

Das Andecken von Oberboden bei Abschluss der Erdarbeiten ermöglicht den Schutz der Erdoberfläche durch den nun möglichen Aufwuchs von Gräsern, Sträuchern und Bäumen.

Das Ziel besteht darin, möglichst schnell eine durchwurzelte Decke als Schutz gegen Erosion durch Wind und Tagwasser herzustellen. Mit dem Andecken von Fertigrasen kann dieser Zeitraum erheblich verkürzt werden.

DIN 18918 beschreibt weitere „ingenieurbioologische Sicherungsbauweisen“, die nach Einschätzung der Standortverhältnisse, des Klimas und der Erosionsgefahr dem angestrebten Ziel dienen können (vgl. auch [2-2]).

Die **Erosionsgefahr** wird abgeschätzt (DIN 18918) nach

- Böschungshöhe, -neigung und Flächengröße,
- Bodenkohäsion bzw. Gefahr des Abkollerns, Abrieselns...,
- Tagwasserzufluss,
- Unwetterneigung (Starkregen, Überflutung...),
- Windhäufigkeit, -stärke und -böigkeit,
- Häufigkeit von Frost-Tau-Wechseln,

unter genauer Kenntnis der zu erwartenden klimatischen Verhältnisse.

Während und nach der Ausführung sind zahlreiche **Maßnahmen zur Sicherung der Erdbauwerke** realisierbar, um Rutschungen und Erosion auszuschließen.

- **technisch-konstruktive** Maßnahmen:
  - Einbau von Bewehrungen aus Geogittern (Textilien (Vliese, Gitter), Kunststoffe, Holz)
  - Drahtskelettmatten zur Hangsicherung (mit Rückverankerung)
  - Böschungsdrainagen, Steinsickerungen, Abpflasterungen, Steinpackungen am Böschungsfuß, Bruchsteinmauerwerke, Schotter-Böschungскеile – vor allem Schutz der Böschungen vor der Einwirkung von Wasser (vgl. [2-16, S. 31])
- **ingenieurbioologische**<sup>3</sup> Maßnahmen (DIN 18918) ⇒ Landschaftsbau (vgl. [2-2]):
  - mit Gräsern und Kräutern (Lebendverbau):
  - Fertigrasen, Verlegen von Saatmatten
  - Rasensodenmauern
  - begrünte Trockenmauern, begrünte Fang- und Ableitungsmulden
  - kulturbodenlose Begrünung (Bitumenspritzverfahren), Aussaat mit Düngemitteln, Mulch und Bodenverbesserungsstoffen
  - mit lebenden Gehölzen (Sofortbepflanzung ⇒ Lebendverbau):
  - Flechtwerke, Faschinen
  - Busch- und Heckenlagenbau (Anlage in Stufen: 8.4ff DIN 18918)
  - mit nicht lebenden Stoffen (technisch-konstruktiv):
  - Trockenmauern, Stützbauten, Hangroste
  - Krainerwände (Holzgrüenschwellen) – auch aus Beton
  - Wulstverbau
  - Gabionen (Drahtschotterkästen, bewehrte Erdkörper)
  - Steinschlagschutznetze
  - Bodenabdeckungen (Mulch, Matten, Gewebe, Steine)

Biologische Baumaßnahmen sind in der Leistungsbeschreibung anzugeben. Arbeiten zur Sicherung von Böschungen durch biologische Baumaßnahmen sind unter Beteiligung von Fachpersonal des Landschaftsbaus auszuführen (5.6 ZTVE-StB94).

<sup>3</sup> Ingenieurbioologie beinhaltet die Nutzung biologischer Maßnahmen für ingenieurtechnische Zwecke, wie die Sicherung von Böschungen vor Erosion, durch sinnvolle Gestaltung der Vegetation (Lebendverbau, Bepflanzung) oder Schaffung günstiger Voraussetzungen für eine sich selbstständig entwickelnde Vegetation.

## 2.7.5 Hinterfüllen und Überschütten baulicher Anlagen

- Fremdkörper, die Schäden verursachen können, sind vor dem Verfüllen zu entfernen.
- Es ist geeignetes Verfüllmaterial zu verwenden (beachte insbesondere DIN 4 033).
- Hinterfüllen, Überschütten und Verdichten sind so auszuführen, dass keine Schäden an den baulichen Anlagen entstehen können ( $\Rightarrow$  Verfahren, Zeitpunkt des Beginns der Arbeiten).
- Mit dem Verfüllen von Rohrleitungen darf erst nach Prüfung der Lage der Leitungen und deren Dichtheit begonnen werden.
- Auflagerbettungen bei anstehenden steinhaltigen Erdstoffen sind vorschriftsmäßig auszuführen (mit steinfreiem, gut verdichtbarem Erdstoff).
- Die Leitungszone (vgl. DIN EN 1610) ist beidseitig gleichmäßig und lagenweise mit steinfreiem Material zu verfüllen. Die Leitungen dürfen sich dabei nicht verschieben.

## 2.7.6 Verdichten

### 2.7.6.1 Begriff und Ziele der Verdichtung

Unter Verdichten versteht man im Erdbau jeden Vorgang, der das Volumen der Erdstoffporen verringert und die Scherfestigkeit des Erdstoffes vergrößert.

Die Erdstoffverdichtung ist eine Form der Verbesserung der Eigenschaften des Baustoffes Erdstoff. Eine andere Methode ist z. B. die Bodenstabilisierung.

**Ziele** der Erdstoffverdichtung:

- die geforderte Tragfähigkeit des Baugrundes gewährleisten,
- Nachverdichtung bzw. Setzungen (vor allem ungleichmäßige Setzungen) minimieren bzw. ausschließen,
- glatte und geschlossene Oberflächen ( $\Rightarrow$  geringe Wasserdurchlässigkeit) schaffen,
- Unempfindlichkeit gegenüber Witterungseinflüssen (Nässe, Frost) bieten,
- fahrdynamische Kräfte verformungsfrei aufnehmen können,
- die Lage von im Baugrund verlegten Kanal- und Leitungssystemen dauerhaft und präzise stabilisieren,
- Bauwerksteile (Pflaster, Schwellen...) dauerhaft einspannen.

Abhängig von den Korneigenschaften (Festigkeit, innerer Zusammenhang) erfolgt bei der Verdichtung entweder eine einfache Kornumlagerung, die zu einer dichteren Lagerung mit weniger Hohlräumen führt oder zusätzliche noch eine Kornverformung oder -zerkleinerung, die noch größere Möglichkeiten der Hohlraumverringering bietet. Dabei werden Luft und Wasser aus den Hohlräumen (bei bindigen Erdstoffen auch aus den Erdstoffteilchen selbst) verdrängt.

- Die **Verdichtungsfähigkeit** ist eine erdstoffspezifische Voraussetzung zur Erreichung einer hohlraumarmen Struktur.
- Die **Verdichtungswilligkeit** charakterisiert den Widerstand eines zu verdichtenden Erdstoffes gegen die Verlagerung der Erdstoffkörner in eine dichtere Struktur

### 2.7.6.2 Einflüsse auf die Verdichtung von Erdstoffen

**Einfluss von Kornform und Kornverteilung** (nach [2-10, S. 74f]):

- Die Verdichtungsfähigkeit wird von der Kornabstufung, die durch Ungleichförmigkeitsgrad  $U$  und Abstufungsgrad  $C$  ausgedrückt wird, bestimmt.
- Die Verdichtungsfähigkeit eines Erdstoffes ist dann besonders groß, wenn die Korngrößen und die Kornanteile eines Erdstoffes so günstig abgestuft sind, dass die Hohlräume der gröberen Fraktion durch die Körner der jeweils kleineren Fraktion ausgefüllt sind.
- Verdichtungsfähigkeit und -willigkeit vermindern sich mit zunehmendem Feinkornanteil und abnehmender Korngröße, da sich der Wasseranteil infolge starker Bindung am Einzelkorn und im Porensystem nur schwer verdrängen lässt.
- Die Verdichtungswilligkeit nimmt mit besserer Kornabstufung ab, da die innere Reibung mit steigender Ungleichförmigkeit (bis  $U = 36$ ) größer wird.
- Die Verdichtungswilligkeit nimmt bei bindigen Erdstoffen mit zunehmendem Plastizitätsindex  $I_p$  ab.
- Die Verdichtungswilligkeit verringert sich bei blättriger oder schuppenförmiger Form der Einzelkörner.

**Einfluss des Wassergehaltes** (nach [2-10, S. 76f]):

- auf nichtbindige durchlässige Erdstoffe nur geringfügig, wenn der Sonderfall  $w = 0$  nicht beachtet wird
- auf bindige Erdstoffe sehr stark
- auf Verdichtungswilligkeit bis zum günstigsten Wert positiv, da das Wasser die innere Reibung vermindert
- auf Verdichtungsfähigkeit über dem günstigsten Wert negativ, da das Wasser einen Teil der Poren ausfüllt und somit die Verdichtungswirkung dämpft

**2.7.6.3 Verdichtungsverfahren**

Für das Verdichten kann jedes Verfahren angewendet werden, mit dem die vorgeschriebenen Verdichtungsgrade  $D_{Pr}$  erreicht und schädliche Auswirkungen auf das Umfeld vermieden werden (3.3.1.2 ZTVE-StB94). Das Verdichtungsverfahren ist auf die Einbauleistung abzustimmen. Es wird durch die Verdichtungsmaschine und das technologische Regime (Anzahl der Übergänge, Arbeitsgeschwindigkeit) bestimmt.

Nach der Anordnung des Zentrums der Energieeintragung unterscheidet man Verfahren der Oberflächenverdichtung und der Tiefenverdichtung.

In der Oberflächenverdichtung sind grundsätzliche folgende Verdichtungsverfahren zu unterscheiden:

- **statische Verdichtung**  
durch Druckeinwirkung von oben oder Kneten des Erdstoffes (vor allem durch Walzen),
- **Stampfverdichtung**  
durch Einleiten kräftiger periodischer Einzelstöße in den Erdstoff, die diesen vor allem durch Druck verformen; da die Frequenz deutlich unter der Eigenfrequenz des Erdstoffs liegt, klingen Schwingungen sofort wieder ab, so dass keine wesentliche gegenseitige Beeinflussung der Verdichtungsphasen besteht;
- **Rüttelverdichtung**  
durch eine periodische Kraftereinleitung mit mehr als 20 Hz gekennzeichnet – durch die Überlagerung der Bewegungen der verschiedenen Phasen wird der Erdstoff in unrythmische Schwingungen versetzt. Rüttler heben von der Erdoberfläche ab, weil die Erregerkraft deren Eigengewicht übersteigt (Sprungrüttler). Die Rüttelverdichtung wird mit Rüttel- bzw. Vibrationsplatten realisiert.
- **Vibrationsverdichtung**  
erfolgt mit einer Frequenz von mehr als 20 Hz und führt zur Eigenschwingungen (Resonanz) des Erdstoffs; im Allgemeinen verbleiben Vibrationsverdichter in ständigem Kontakt mit der Baugrundoberfläche, da die Erregerkraft in keiner Phase das Eigengewicht übersteigt  $\Rightarrow$  Auflarüttler; praktische Realisierung durch Vibrationswalzen.

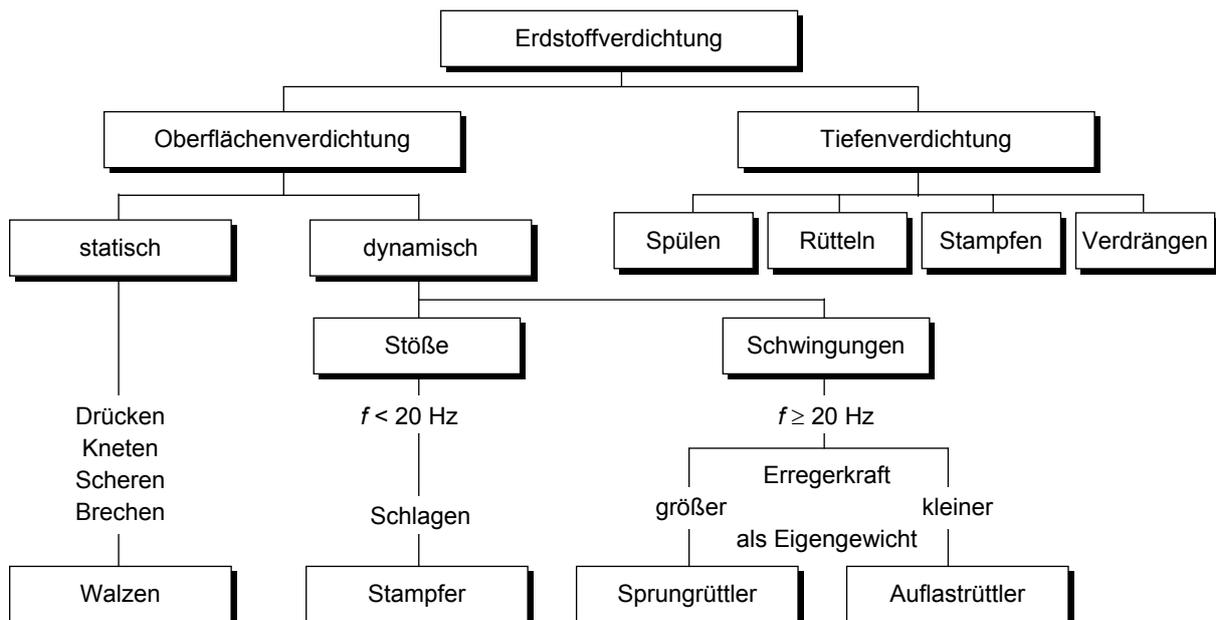


Abb. 2.32 Überblick über die Erdstoffverdichtungsverfahren

### 2.7.6.4 Erdstoffverdichtungsmaschinen

Ihre technische Umsetzung erfahren die Verdichtungsverfahren durch die etwas anders zu klassifizierenden Erdstoffverdichtungsmaschinen. Die Auswahl geeigneter Verfahren und richtiger Verdichtungsmaschinen ist schwierig. Erleichtert wird sie durch Handbücher der Maschinenhersteller [2-3], [2-6] oder auch Tabellen in Nachschlagewerken, wie im Handbuch BML [2-7, S. 91f].

#### Walzen

**Nach dem Verdichtungsprinzip** unterscheidet man grundsätzlich zwischen statischen Walzen, die nur infolge ihrer Eigenlast verdichten, und Vibrationswalzen, die zusätzlich kurzzeitige Kraftimpulse auf das zu verdichtende Material einleiten und es zum Mitschwingen anregen.

Weiterhin klassifiziert man die Walzen u. a. nach der

- |   |   |   |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Art des Walzenkörpers:</b></li> <li>– Glattmantelwalzen</li> <li>– Schaffußwalzen</li> <li>– Stampffußwalzen</li> <li>– Gitterradwalzen</li> <li>– Scheibenwalzen (Compactoren)</li> <li>– Gürtelradwalzen<sup>4</sup></li> <li>– Gummiradwalzen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Anzahl und Anordnung der Walzenkörper:</b></li> <li>– Einachswalzen (⇒ Anhängewalzen)</li> <li>– Tandemwalzen</li> <li>– Dreiradwalzen</li> <li>– Vierradwalzen</li> <li>– Dreiachswalzen</li> <li>– Kombiwalzen</li> <li>– Walzenzüge</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Art des Antriebs:</b></li> <li>– ohne eigenen Fahrtrieb (Anhängewalzen)</li> <li>– mit eigenem Fahrtrieb (einzelne oder alle Walzenkörper angetrieben)</li> </ul> |
|---|---|---|

#### – Glattmantelwalzen

Glattmantelwalzen besitzen zylindrische Walzenkörper. Statisch wirkende Glattmantelwalzen verwendet man vorwiegend zum Oberflächenschluss bindiger Planiefächen und zur Nachverdichtung aufgelockerter Erdstoffe. Nachteilig ist die Wellenbildung durch die vom Walzenkörper ausgehenden Horizontalkräfte.

#### – Schaffuß- und Stampffußwalzen

Schaffuß- und Stampffußwalzen sind zum Verdichten bindiger Erdstoffe und auch zum Einarbeiten von Fremdmaterial in den Boden geeignet. Sie kneten das überschüssige Wasser aus dem Erdstoff heraus, vergrößern durch die Profilierung die Verdunstungsfläche und zerkleinern klumpige Erdstoffe. Durch die mit den Übergängen abnehmende Eindringtiefe der Füße erfolgte eine stetige Zunahme des Verdichtungsdruckes. Die Form der Schaffüße verringert das Auflockern des Erdstoffes beim Abrollen. Stampffußwalzen ermöglichen mit ihren kürzeren, breiteren Füßen höhere Geschwindigkeiten. Die bleibenden Vertiefungen müssen mit Glattmantelwalzen beseitigt werden.

#### – Gitterrad- und Scheibenwalzen

Gitterradwalzen besitzen einen Mantel aus Stahlgitter. Bei Scheibenwalzen besteht dieser aus nebeneinander angeordneten Scheiben. Dadurch werden örtlich ein hoher Druck und eine Brechwirkung erzeugt.

#### – Gummiradwalzen

Gummiradwalzen werden vor allem bei der Erdstoffstabilisierung verwendet. Sie verdichten den (gut abgestuften nichtbindigen oder auch schwach- bis mittelbindigen) Erdstoff durch die knetende und walkende Wirkung der pendelnd angeordneten Gummiräder. Durch Reifenfüllanlagen kann der Reifeninnendruck (und somit die Verdichtungswirkung) während der Fahrt verändert werden.

Abb. 2.33 Gummiradwalze (CATERPILLAR)



#### – Anhängewalzen

Anhängewalzen werden von Raupen- oder Radschleppern gezogen. Sie sind mit einer Vibrationseinrichtung ausgerüstet und können mit verschiedenen Walzenkörpern (Glattmantel, Schaffuß, Gitterrad u. a.) ausgestattet sein.

<sup>4</sup> Gürtelradwalzen, die gelenkig am Radumfang befestigte Platten besitzen, sind heute nicht mehr gebräuchlich.

- Tandemwalzen

Tandemwalzen besitzen im Gegensatz zu Walzenzügen zwei etwa gleichgroße Glattwalzenkörper. Bei Vibrations-Tandemwalzen sind zudem in einem oder beiden (Doppelvibrationswalze) Walzenkörper Vibratoren eingebaut.

- Grabenwalzen

Grabenwalzen sind aus den handgeführten Doppelvibrationswalzen hervorgegangen und den speziellen Anforderungen der Arbeit in Leitungsrinnen angepasst. Sie gibt es mit verschiedenen Bandagen.



Abb. 2.34 Grabenwalze (RAMMAX)

- Walzenzüge

Walzenzüge stellen die Kombination von einer gummiereiften Antriebseinheit mit einer Walzeneinheit dar, die in ihrer Ausführung variabel und damit flexibel einsetzbar sind. Die Knicklenkung ermöglicht eine gedrungene Bauweise und das Walzen in Vor- und Rückwärtsfahrt mit gleicher Geschwindigkeit. Sie haben die Anhängewalzen weitgehend abgelöst.

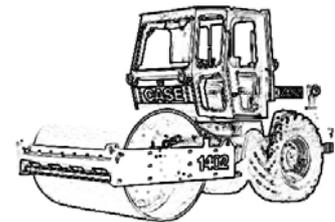


Abb. 2.35 Walzenzug (CASE VIBROMAX)

- Kombiwalzen

Kombiwalzen sind halb Vibrationsglattmantelwalze und halb Gummiradwalze, deren Vorteile sie vereinigen. Aber auch andere Walzenkombinationen sind möglich, ja teilweise sogar kurzfristig umrüstbar.

### Stampfverdichter

Stampfverdichter sind gemeinsam mit den Rüttelverdichtern typische Beistellmaschinen des Tiefbaus. Sie gibt es als

- Handstampfer,
- Baggerfallplatten (Freifallstampfer),
- Explosionsstampfer (auch Frösche genannt),
- Rüttelstampfer,
- Schnellschlagstampfer.

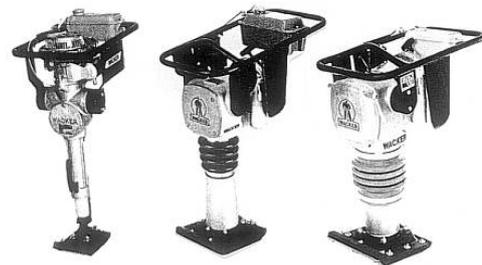


Abb. 2.36 Rüttelstampfer (WACKER)

Sie unterscheiden sich vor allem hinsichtlich der Energie eines Verdichtungstaktes (Verdichtungsarbeit), Schlagfolge und Sprunghöhe. Nicht sehr aussagekräftig ist die üblicherweise als Kenngröße verwendete Betriebsmasse. Die günstigsten Eigenschaften besitzen moderne Langhub-Schnellschlag-Stampfer mit veränderlicher Hubhöhe.

### Rüttelverdichter

Rüttel- oder Vibrationsplatten sind Sprungrüttler, denn sie bewegen sich dadurch vorwärts (oder auch rückwärts), dass sie vom Boden abheben. Die einfachsten handgeführten Vibrationsplatten besitzen Einmassen-Unwuchterreger. Sie sind nicht umsteuerbar und deshalb unter beengten Einsatzbedingungen schwer zu handhaben. Günstiger sind die mit einem sich gegenläufig drehenden Unwuchtpaar ausgestatteten Platten, die reversierbar oder (bei großen Platten) auch lenkbar sind. Die vertikalen Erregerkräfte erreichen das 10-fache des Betriebsgewichtes.



Abb. 2.37 vollhydraulische reversierbare Rüttelplatte (DELMAG)

Inzwischen gibt es auch Dreiwellen-Erreger (AMMAN), die ein verbessertes Bewegungsverhalten, verbesserte Verdichtungswirkung ohne Restauflockerung des Bodens bewirken.

### 2.7.6.5 Einsatzvorbereitung und Betrieb

Für die wirtschaftliche und qualitätsgerechte Verdichtung sind einige Voraussetzungen erforderlich:

- optimale Lagendicke (richtet sich nach dem zu verdichtenden Erdstoff und dem geforderten Verdichtungsgrad),
- optimaler Wassergehalt,
- optimale Kornzusammensetzung,
- ebene Oberfläche.

Neben der Aussage über die Eignung werden Daten für die Ermittlung bzw. Abschätzung der Verdichtungsleistung benötigt, wie

- Lagendicke (nach der Verdichtung),
- Anzahl der Übergänge,
- Bearbeitungsgeschwindigkeit,
- Bearbeitungsbreite.

Das technologische Schema der Verdichtung sollte so gewählt werden, dass

- die Verdichtungsarbeiten optimal mit vor- und nachgeordneten Arbeiten abgestimmt sind,
- ununterbrochenes Arbeiten (Verdichten) möglich und der Zeitanteil für Wendemanöver minimal ist,
- die gesamte Arbeitsfläche lückenlos und gleichmäßig verdichtet wird,
- ein seitliches Verdrängen des Erdstoffes oder Abrutschen der Verdichtungsmaschine ausgeschlossen sind,
- keine gegenseitige Behinderung der im Verband arbeitenden Maschinen entsteht.

Beim Verdichten großer flächenhafter oder linienförmiger Erdbauwerke erfolgt die Aufteilung in einzelne Bauabschnitte.

Der Arbeitsablauf kann nach folgenden Grundschemata gestaltet werden:

- Ringschema (Kreisverkehr) – vorzugsweise bei gedungenen Einbauflächen,
- Weberschiffchenschema – vorzugsweise bei Linienbaustellen.

Durch Wende- oder Reversiervorgänge darf die Oberfläche nicht verformt oder aufgelockert werden.

## 2.8 Arbeitsvorbereitung (AV) und Abrechnung

### 2.8.1 Aufgaben der AV

Die Arbeitsvorbereitung unterscheidet sich nicht prinzipiell von der für andere Bauarbeiten. Sie umfasst:

- Verfahrensplanung (Berechnungen, Schätzungen),
- Ablauf- und Bereitstellungsplanung,
- Baustelleneinrichtungs-Planung.

Nur sind die Eingangs- und Prozessdaten mit größeren Unsicherheiten behaftet, die aus

- unbestimmten meteorologischen Daten

Das „Normale“ und Extremsituationen in die Entscheidungen einbeziehen:

⇒ Risikoanalysen

- ungenauen und sich ändernden Baugrundangaben
- ⇒ Überraschungen!

folgen können

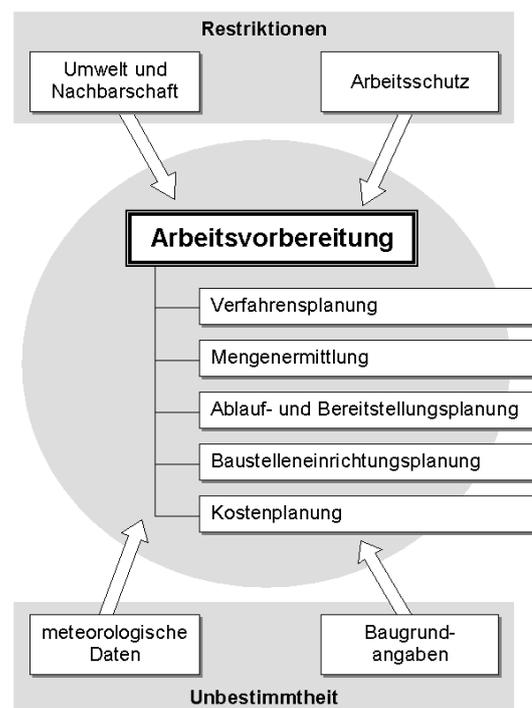


Abb. 2.38 Die Arbeitsvorbereitung

Die ZTVE-StB 94 enthalten Regelungen für das Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten von Boden und Fels sowie von sonstigen erdbautechnisch geeigneten Stoffen. Sie regeln die Ausführung und die Qualitätsanforderungen für den Untergrund und Unterbau von Verkehrsflächen und sonstige Erdbauwerke.

Gemäß Pos. 1.3 ZTVE-StB hat der Auftraggeber den Zustand des Baugrundes festzustellen. Aber auch die Bieter, also die zukünftigen Auftragnehmer, haben sich mit der Örtlichkeit vertraut zu machen.

Bei der Verwendung von Baustoffen und Baustoffgemischen sind die umweltbezogenen Auflagen zu beachten.

Die zu erhaltenden Bäume, Pflanzenbestände und Vegetationsflächen sind in der Leistungsbeschreibung anzugeben.

Die Bodenarten, die sich wegen ihres hohen Wassergehalts für bautechnische Zwecke nicht eignen oder die zunächst zwischengelagert, verbessert oder ausgesetzt werden müssen, sind nach Menge und zugehöriger Klasse gesondert anzugeben. Gleiches gilt für erdbautechnisch nicht verwendbare Stoffe (2.3.1 ZTVE-StB).

Für die Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung ist vor allem die VOB/C DIN 18 300 wesentlich.

Die Wahl der Bauverfahren und -abläufe sowie die Wahl und der Einsatz der Baumaschinen sind Sache des Auftragnehmers (3.1.1 VOB/C, DIN 18 300)

Beachte einige Selbstverständlichkeiten im Erdbau (DIN 18 300):

- Gelöster Boden und Fels gehen nicht in das Eigentum des AN über.
- Lieferung von Boden und Fels gehören nicht zu den Leistungen.
- Sind Boden und Fels zu liefern, so umfasst die Lieferung auch das Abladen und Lagern auf der Baustelle.

## 2.8.2 Mengenermittlung im Erdbau

### 2.8.2.1 Grundlegendes

Mengen sind eine wichtige Datenart der Produktionsplanung und -steuerung. Ohne die Kenntnis der zu erbringenden Mengen sind weder eine Bauablaufplanung noch eine Aufwands- und Preiskalkulation möglich.

Die Genauigkeit der Mengenermittlung hängt vom vorgesehenen Verwendungszweck der Daten ab. Jedoch sollte man zunächst so genau wie möglich arbeiten, um eine Weiternutzung der Daten zu ermöglichen. Wichtig ist die Gewährleistung der Reproduzierbarkeit aller Daten (Aufmaßblätter als Urkunden betrachten).

Hinsichtlich der Zweckbestimmung ist zu unterscheiden zwischen

- **Ausschreibungsmengen**

Das sind vom Bauherren ausgeschriebene Mengen, die Vertragsgrundlage werden sollen und anhand derer die sich um den Auftrag bewerbenden Unternehmen ihre Angebote erstellen.

- **Abrechnungsmengen**

Das sind Mengen, die für die Beziehung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer relevant sind und auf der Basis der Leistungsverzeichnisse unter Verwendung entsprechender Aufmaßblätter ermittelt werden.

Verwendungszweck:

- detaillierte Bauzeitplanung
- Berechnung der Vorgaben im Leistungslohn
- Abschlagsrechnung
- Leistungsermittlung (Bauleistung im Rahmen der Baubetriebsrechnung)

- **Arbeitsmengen** (nach Bauarbeitsschlüssel – BAS)

Damit sind Mengen gemeint, die für die innerbetriebliche Kalkulation auf Grundlage der entsprechenden Arbeitsverzeichnisse ermittelt werden.

Verwendungszweck:

- Stundennachkalkulation
- Leistungslohnabrechnung
- Ermittlung von Aufwandswerten

In der Regel können die Abrechnungsmengen aus dem Leistungsverzeichnis mit verwendet werden.

### 2.8.2.2 Arten und Genauigkeit der Mengenermittlung

Im Erd- und Tiefbau sind die Bauleistungen oft später nicht mehr nachvollziehbar. Deshalb sind rechtzeitig Aufmaße der Mengen der erbrachten Leistungen anzufertigen (gemeinsames Protokoll von Auftraggeber und Auftragnehmer!). Erd-, Grund- und Kanalarbeiten und ähnliche Arbeiten sind von örtlichen Bedingungen abhängig und daher häufig an Ort und Stelle als gemeinsames Aufmaß aufzunehmen. Form und Inhalt werden durch die angewendeten vermessungstechnischen Verfahren bestimmt.

Gemäß VOB, Teil B, § 14, 2 (Ausg. 2006) sind die für die Abrechnung notwendigen Feststellungen dem Fortgang der Leistung entsprechend von den Vertretern beider Vertragsparteien möglichst gemeinsam vorzunehmen und für Leistungen, die bei Weiterführung der Arbeiten nur schwer feststellbar sind, durch den Auftragnehmer rechtzeitig gemeinsame Feststellungen zu beantragen. Lt. VOB/C sind für die meisten Gewerke die Maße den Ausführungszeichnungen zu entnehmen, soweit die Ausführung diesen Zeichnungen entspricht.

- Mengenermittlung nach Leistungsposition

Die Erfassung der Leistungen und die Mengenberechnung werden vom Abrechnungstechniker in Zusammenarbeit mit dem Bauführer auf Aufmaßblättern durchgeführt. Diese werden, wenn kein Voraufmaß erstellt wurde, laufend ausgefüllt, so dass zum Monatsende die genau abgegrenzten Mengen vorliegen.

Formular: Mengenermittlung – Basis ist das LV, auf Prüfbarkeit (sachlich und rechnerisch) achten!

- Genauigkeiten bei der Mengenermittlung:

- BGB-Vertrag:

$m^3$  -Mengen auf 3 Stellen hinter dem Komma  
 $m^2$  -Mengen auf 2 Stellen hinter dem Komma  
 m -Mengen auf 2 Stellen hinter dem Komma

- VOB-Vertrag – hier gelten die Abrechnungsregeln der VOB/C. Bei Erdarbeiten sind die „üblichen Näherungsverfahren“ zulässig.

### 2.8.2.3 Mengenberechnungen

Nachfolgen sind einige Grundformeln zur Mengenberechnung dargestellt, die im Erdbau Anwendung finden.

Beachte:

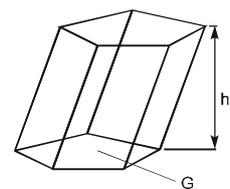
Die reine Bauwerksgeometrie allein ist nicht immer ausreichend. Genaue Mengenangaben verlangen auch die Angabe des Zustandes, auf den sich diese Mengen beziehen, denn Erdstoff lockert sich beim Aushub auf.

#### Prismatische Körper

Prisma:  $V = G \cdot h$

Sonderfall Quader:  $V = l \cdot b \cdot h$

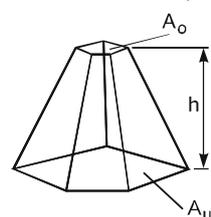
$G$  – Grundfläche  
 $l$  – Länge  
 $b$  – Breite  
 $h$  – Höhe



Pyramide:  $V = \frac{1}{3} \cdot G \cdot h$

Pyramidenstumpf:  $V = \frac{h}{3} (A_o + \sqrt{A_o \cdot A_u} + A_u)$

$A_o$  – obere Fläche (parallel zur Grundfläche)  
 $A_u$  – untere Fläche (Grundfläche)

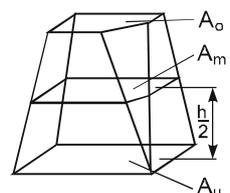


Prismatoid (beliebige Grundflächen in parallelen Ebenen – SIMPSON'sche Formel):

$$V = \frac{h}{6} (A_o + 4A_m + A_u) \cong \frac{A_o + A_u}{2} \cdot h$$

$A_m$  – Schnittfläche in halber Höhe (parallel zu  $G$  und  $D$ )

Die Näherung ergibt i. A. zu große Ergebnisse. Es ist auch die Berechnung als Pyramidenstumpf (s. oben) möglich.



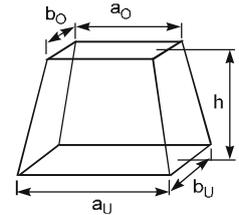
Obelisk (= Sonderfall des Prismatoids):

$$V = \frac{h}{6} [a_u \cdot b_u + (a_u + a_o)(b_u + b_o) + a_o \cdot b_o]$$

$a_o, b_o$  – Seitenlängen oben

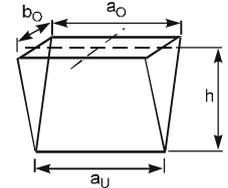
$a_u, b_u$  – Seitenlängen unten

Ist die Grundfläche ein Trapez, so sind  $a_u, a_o$  die Mittelparallelen und  $b_u, b_o$  die Trapezhöhen.



Keil:  $V = \frac{h}{6} b_o (2a_o + a_u)$

Der Keil ist ein Sonderfall der Rampe (s. unten)



**Rampen:**

- Fall einer Rampe mit seitlichen Böschungen:

$$V = \frac{l}{6} h [a + b + b_B]$$

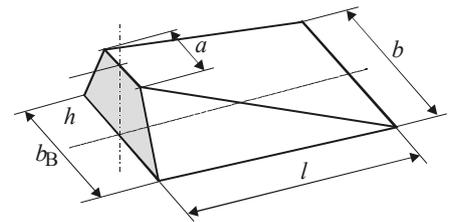
$a$  – Breite der Rampe am Kopf

$b$  – Breite der Rampe am Fuß

$b_B$  – Grundbreite der Böschung

$h$  – Höhe der Rampe

$l$  – Länge der Rampenbasis



- Rampe mit konstanter Kronenbreite:

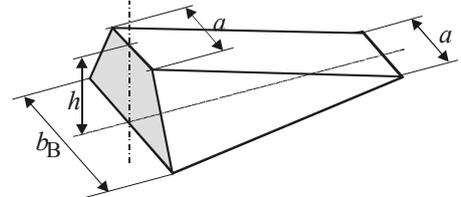
$$V = \frac{l}{6} h [2a + b_B]$$

- Rampe mit konstanter Kronenbreite bei Angabe der Böschungsverhältnisse:

$$V = \frac{l}{6} m \cdot h^2 [3a + 2n \cdot h]$$

$m$  – Zahlenwert der Rampensteigung (1:m)

$n$  – Zahlenwert der Böschungsneigung (1:n)



- Fall einer Rampe mit seitlichen Böschungen, die an eine Gegenböschung angeschlossen ist:

$$V = \frac{1}{6} h^2 (m - n_g) \left[ 3b + 2n_s h \frac{m - n_g}{m} \right]$$

hier:

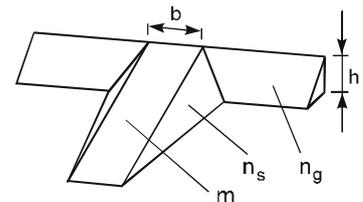
$h$  – Rampenhöhe

$b$  – Rampenbreite

$m$  – Zahlenwert der Rampensteigung (1:m)

$n_s$  – Zahlenwert der Steigung der Rampenseitenböschung (1:n<sub>s</sub>)

$n_g$  – Zahlenwert der Steigung der Gegenböschung (1:n<sub>g</sub>)



- Damm mit gleichmäßigem Querschnitt:

Auf Dämme mit gleichmäßigem Querschnitt kann die Prismenberechnung angewendet werden (Prisma wird in Gedanken umgelegt). Ein solcher Damm besitzt als Querschnittsfigur ein Trapez:

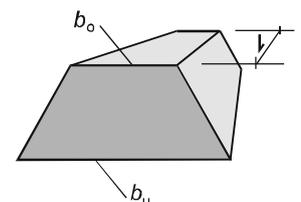
$$A = \frac{h}{2} (b_o + b_u)$$

$$V = A \cdot L$$

$b_o, b_u$  – obere und untere Trapezbreite

$h$  – Dammhöhe

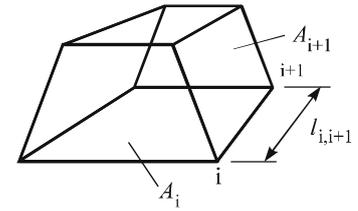
$L$  – Länge des Dammes



Wird die Böschung des Dammes mit ihrer Neigung 1:n angegeben, so erhält man

$$V = h \cdot (b_0 + n \cdot h) \cdot L$$

Nur selten besitzt der Damm einen konstanten Querschnitt. Ein beliebiger elementarer Dammschnitt kann als liegendes Prismatoid aufgefasst und das Volumen dieses Elements mit der üblichen Näherung berechnet werden, indem die Flächen der Querprofile mit den Abschnittslängen multipliziert werden (Verfahren GAUß-ELLING)



$$V_{i,i+1} = \frac{A_i + A_{i+1}}{2} \cdot l_{i,i+1}$$

$l_{i,i+1}$  – Länge des Elementarprismatoids zwischen den Stationierungspunkten i und i+1

Beachte:

Mengenmehrungen, die durch Eigensetzungen bei Dämmen entstehen, sind nach 1.9.3 ZTVE-StB Bestandteil der Leistung.

Wenn nicht mittels Computer, so ermittelt man die Volumina komplizierter Erdkörper (Dämme und Einschnitte mit Grabenprofil) anhand von Nomogrammen, so genannter Profilmäßigstäbe.

Im Erdbau können, z. B. unter Verwendung Computer gestützter Vermessungstechnik, die Koordinaten des Aufmaßes direkt digitalisiert ( $\Rightarrow$  DGM = digitale Geländemodelle) und daraus nach relativ genauen Näherungsverfahren die Volumina bestimmt werden:

- Berechnung mit Gitternetz

Zerlegung des Baukörpers in einzelne Elemente anhand eines Gitternetzes und Summierung der Volumina der Teilkörper

- Prismenmethode

Zerlegung des Baukörpers in schief geschnittene, beliebige Dreieckprismen und Berechnung der Summe der Volumina der Einzelprismen:

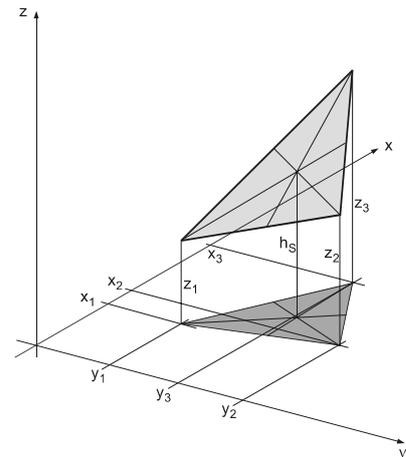
$$V = \sum V_n$$

$$V_n = A \cdot h_s$$

$$A = \frac{1}{2} [x_1(y_3 - y_2) + x_2(y_1 - y_3) + x_3(y_2 - y_1)]$$

$$h_s = \frac{z_1 + z_2 + z_3}{3}$$

$x_i, y_i, z_i$  – Koordinaten der Prismenkantenpunkte über/unter Bezugsebene



Auch die Mengenermittlung nach REB-VB beruht auf digitalen Geländemodellen.

## 2.9 Qualität und Sicherheit

### 2.9.1 Qualitätssicherung

Elementare Bestandteile der Qualitätssicherung während der Bauausführung sind

- die Einhaltung der geometrischen Anforderungen,
- die Verwendung der vorgesehenen Materialien in ordnungsgemäßer Beschaffenheit,
- die vorgeschriebene Verdichtung einzubauender Erdstoffe (Nachweis des erreichten Verdichtungsgrades),
- Oberflächenschutz der Erdbauwerke (Folien, Absiegelungen).

Zum Schutz der fertig gestellten Erdbauwerke sind vorzusehen (vgl. Kap. 2.7.4 auf S. 48):

- Entwässerungsmaßnahmen,
- Böschungssicherungen (Erosionsschutz),
- ingenieurbioologische Maßnahmen.

## 2.9.2 Arbeits- und Produktionssicherheit

Nachstehend sollen einige Erscheinungsbilder der Ursachen für das Auftreten von Unfällen verdeutlicht werden. Innerhalb des Bauwesens ereignen sich (nach K.-D. RÖBENACK) 15 ... 20 % aller Arbeitsunfälle bei Erd- und Tiefbauprozessen:

- beim maschinellen Aushub  
während des Umrüstens, Wartens, Pflagens, Betankens; durch Aufenthalt von Personen im Gefahrenbereich,
- beim manuellen Schachtarbeiten  
durch Verletzungen an Werkzeugen; Splittern des Arbeitsgegenstandes; Einsturz von Böschungen und Grabenrändern,
- beim Verfüllen, Planieren, Verdichten  
durch falsches Bedienen von Maschinen und Geräten; Verletzungen an scharfkantigem Verfüllmaterial,
- beim Begehen von Erdbaustellen  
durch Unebenheit und Glätte des Bodens; aufgrund unsicherer oder fehlender Übergänge an Gräben,
- bei Erdstofftransporten  
beim Besteigen und Verlassen der Fahrzeuge, durch ungesichertes Rückwärtsfahren; durch ungenügende Arbeitsorganisation auf Kippen und an anderen Einbaustellen,
- beim Transport und Umschlag von Arbeitsmitteln  
beim Be- und Entladen schwerer Maschinen und Maschinenteile; durch ungenügende Transportgutsicherung.

Schwere Unfälle stehen vor allem im Zusammenhang mit

- dem Verschütten von Personen,
- Stromeinwirkungen,
- Verkehrsunfällen.

Typische Sachschäden bei der Durchführung von Erdarbeiten entstehen durch

- Rohr- und Kabelbeschädigung bei Schachtarbeiten,
- Fahren von Kippfahrzeugen mit erhobener Wanne und Anstoßen an Hindernisse,
- Berührung elektrischer Leitungen durch Baggerausleger oder erhobene Kipperwannen,
- Überschreitung des Lichtraumprofils an Brücken beim Umsetzen von Baggern,
- Um- und Absturz von Transportfahrzeugen und Baumaschinen.

### Problematik des Schutzes erdverlegter Leitungen

Immer wieder kommt es zu Havarien und Unfällen, weil dem unterirdischen Bauraum, speziell erdverlegten Leitungen, zu wenig Beachtung geschenkt wird. Deshalb sollten folgende Hinweise Beachtung finden:

- Vor Beginn der Arbeiten am oder im Boden (ab 30 cm Tiefe) sind Erkundigungen über die Lage der Leitungen einzuholen (bei Stadtwerken, Telekom, Energieversorgungsunternehmen, Gaswerken, anderen Leitungseigentümern und Tiefbauämtern – diese sind zur Informationserteilung verpflichtet) – Erkundigungspflicht des Auftragnehmers.
- Bei Fehlen von Plänen ist die schriftliche Bestätigung einzuholen, dass der unterirdische Bauraum frei von Leitungen ist.
- Alle Mitarbeiter sind vor Beginn der Arbeiten über vorhandene unterirdische Leitungen zu informieren.
- Der planmäßige Leitungsverlauf ist einzumessen. Aufgefundene Leitungen sind eindeutig zu kennzeichnen (durch Abpflocken, Abschränken, mit Warnband) und sachgemäß zu sichern.
- Maschineller Aushub ist unter normalen Bedingungen (Lockergestein, keine groben Einschlüsse im Erdreich) nur bis zu einem maximalen Abstand zur Leitung von 50 cm zulässig.
- Der Bereich vermuteter Leitungen ist von Hand (mit Spaten, Schaufel) aufzugraben (Suchschachtung). Ortungsgeräte können das Suchen erleichtern. Bei Antreffen unbekannter Leitungen ist beim Auftraggeber, bei der zuständigen Behörde, beim Leitungsträger usw. Rückfrage zu halten. Gleiches gilt beim unvermuteten Antreffen von Schutzabdeckungen oder Warnbändern.

- Setzungen in der Nähe tiefer Baugruben und Gräben und daraus entstehende Leitungsbrüche sind durch entsprechende Sicherungsmaßnahmen auszuschließen.
- Im Schadensfall sind die Arbeiten sofort einzustellen und ist der Leitungseigentümer zu verständigen. Der Gefahrenbereich ist abzusperren; gegebenenfalls sind Sicherheitsmaßnahmen zu treffen.
- Beachte: auch bereits stillgelegte Leitungen können noch gefährliche Medien beinhalten!
- Bei Horizontalbohrungen, Pressungen und Rammungen (auch bei Durchschlagraketen und Verdrängungshämmern ist beim Auftreffen auf Hindernisse mit Richtungsabweichungen zu rechnen!

### Fundmunition

Fundmunition ist ein fester Begriff des Sprengstoffgesetzes: Es handelt sich um „sprengkräftige Kriegswaffen, die nicht ununterbrochen verwahrt, überwacht oder verwaltet worden sind“. Etwa 15 % der im 2. Weltkrieg abgeworfenen Munition waren Blindgänger.

Detektion:

- manuelle Suche mit Stichsonden
- Kampfstoffsondierungsbohrungen
- Einsatz von Magnetometern
- aktive und passive induktive Verfahren
- Geo-Radar
- Unterwasser-Sonar
- Luftbildaufnahmen der Alliierten aus dem 2. Weltkrieg

## 2.10 Fragen zur Wiederholung (Prüfungsfragen)

### zu Kapitel 2.1 und 2.2

1. Nennen und beschreiben Sie kurz je 3 Bauwerksarten für punkt-, linien- und flächenförmige Erdbauwerke!
2. Worin besteht der grundsätzliche Unterschied zwischen Erdarbeiten gemäß VOB/C (DIN 18300) und Bodenarbeiten gemäß DIN 18915?
3. Auf welche Flächen beziehen sich im Allgemeinen das Rohplanum und das Feinplanum?
4. Erläutern Sie die Begriffe, mit denen das Vorkommen von Wasser im Boden beschrieben wird: Oberflächenwasser, Stauwasser, Hangwasser, Schichtwasser, Grundwasser anhand einer Skizze!
5. Was ist ein Vorfluter und was ist die Vorflut? Erläutern Sie beide Begriffe anhand einer Prinzipskizze!
6. In welchem Korngrößenbereich spricht man vom Sandkorn?
7. Wie ist die Plastizitätszahl definiert und welche Maßeinheit besitzt sie?
8. Was ist die Proctordichte und was besagt in diesem Zusammenhang der optimale Wassergehalt?
9. Definieren Sie Verdichtungsgrad  $D_{Pr}$  und Lagerungsdichte  $D$ !
10. Welche Merkmale einer Kornverteilungskurve werden durch den Ungleichförmigkeitsgrad  $U$  und die Krümmungszahl  $C$  charakterisiert?

### zu Kapitel 2.3 und 2.4

11. Nennen Sie Beispiele für Teilbetriebe und Betriebspunkte des Erdbaus!
12. Beschreiben Sie die Teilvorgänge des Erdbaus in ihrer Verknüpfung zu einer technologischen Kette!
13. Nennen Sie je ein Beispiel zu den Hauptgruppen der Fertigungsverfahren im Erdbau (Urformen, Trennen, Fügen, Beschichten, Stoffeigenschaften ändern)!
14. Erläutern Sie Vorarbeiten im Gelände!
15. Welche Arbeiten sind bei der Grundabsteckung auszuführen und wer hat sie zu veranlassen?
16. Was ist eine Kote?
17. Skizzieren Sie eine Böschungslehre und definieren Sie an dieser das Böschungsverhältnis!
18. Skizzieren Sie das Prinzip der Oberflächenentwässerung des Arbeitsbereiches (Gewinnungsstelle) in einer Baugrube und beachten Sie dabei besonders Abbau- und Entwässerungsrichtung!
19. Weshalb ist der Oberboden bei der Durchführung von Erdbaumaßnahmen besonders zu schützen?

**zu Kapitel 2.5**

20. Geben Sie einen allgemeinen Überblick über die drei Gruppen von Gewinnungsmaschinen (Baggerarten)!
21. Beschreiben Sie anhand einer Skizze die Hauptbaugruppen eines hydraulischen Universalbaggers! Mit welcher Arbeitseinrichtung sind Bagger dieser Art für den Baustellenbetrieb typischerweise ausgerüstet?
22. Skizzieren Sie die Grabkurve eines hydraulischen Universalbaggers mit Tieflöffel! Benennen Sie deren wichtigste Arbeitsparameter (mindestens vier) und zeichnen Sie diese in die Skizze ein!
23. Wodurch unterscheidet sich die Grabcharakteristik eines Zugschaufelbaggers grundsätzlich von der eines Tieflöffelbaggers?
24. Mit welchen Arbeitseinrichtungen (mindestens fünf) können hydraulische Universalbagger neben dem standardmäßigen Grabgefäß noch ausgestattet werden? Wie funktioniert eine Schnellwechseleinrichtung?
25. Zu wie viel Prozent sollten bei der Einsatzplanung die Maximalwerte der Grabkurve (Herstellerangaben) nur ausgeschöpft werden, um nicht spürbare Leistungseinbußen hinnehmen zu müssen?
26. Geben Sie ein Beispiel für stetig arbeitende Standbagger!
27. Welche Vorteile bieten (trocken arbeitende) Saugbagger gegenüber Universalbaggern und wo finden Sie vor allem Anwendung?
28. Erläutern Sie den Röschenbau anhand einer Skizze!
29. Geben Sie eine allgemeine Klassifikation der Fahrbagger nach Fahrwerk und Basisarbeitseinrichtung!
30. Skizzieren Sie eine Klappschaufel (Mehrzweckschaufel, Drott-Schaufel)! Welche Arbeitsvorgänge (nicht Bauarbeiten) können mit dieser Arbeitseinrichtung ausgeführt werden? Nennen Sie mindestens vier!
31. Erläutern Sie den Arbeitszyklus einer Planierraupe mit Brustschild (Straight blade)! Wie groß ist im Erdbau die maximale wirtschaftliche Transportweite solcher Raupen anzusetzen?
32. Beschreiben Sie den Aufbau der Grundbauformen von Heckaufreißern nach Art der Aufhängung und der Reißzähne! Zu welchem Gewinnungsverfahren stellt die Reißtechnik eine wirtschaftliche Alternative dar?
33. Erläutern Sie den Scraperbetrieb (Maschinenkomplex, Technologie) auf einer Erdbaustelle!
34. Welche Vorteile bietet der Einsatz von Anhänger-Schürfkübeln gegenüber Motorscrapern?
35. Was sind Surface-Miner?
36. Mit welchen Arbeitseinrichtungen ist eine Schürfkübelraupe standardmäßig ausgestattet?
37. Beschreiben Sie unter Nennung der Hauptbaugruppen den prinzipiellen Aufbau eines modernen Straßenhobels (Motorgraders) und erläutern Sie die Verstellmöglichkeiten der Graderschar!
38. Bei welchen Arbeiten (mindestens sechs) finden Motorgrader Anwendung?

**zu Kapitel 2.6**

39. Erläutern Sie den prinzipiellen Unterschied zwischen Fördern und Transportieren!
40. Nennen Sie verschiedene praktische Anwendungen des Förderns (nicht des Transportierens!) von Erdstoff und erläutern Sie eine davon etwas ausführlicher!
41. Geben Sie einen Überblick über die auf Erdbaustellen eingesetzten Fahrzeugarten, nennen Sie dafür mindestens vier Grundbauformen!
42. Erläutern Sie den Aufbau (im Querschnitt) von Baustraßen auf Erdbaustellen an einem Beispiel! Welche Maßnahmen der Straßenunterhaltung sind für einen reibungslosen und wirtschaftlichen Betrieb erforderlich?
43. Welchem Zweck dient eine Reifenwaschanlage und wo ist diese auf dem Baufeld anzuordnen?
44. Erläutern Sie anhand des Weg-Zeit-Diagramms den Ansatz zur Ermittlung der mindestens erforderlichen Fahrzeuganzahl zur Bedienung eines Baggers!

**zu Kapitel 2.7**

45. Ab welcher Geländeneigung ist ein Dammkörper mit dem Untergrund zu verzahnen und wie unterscheidet sich diese Verzahnung bei grob- und feinkörnigen (nicht bindigen und bindigen) Untergründen?
46. Skizzieren Sie das Prinzip der Lagenschüttung und zeigen Sie die Unterschiede zwischen dem Schütten vom verdichteten und unverdichteten Transportplanum!
47. Erläutern Sie das Prinzip der Kopfschüttung! Für welche Baumaßnahmen wird diese Art der Schüttung verwendet und welche Nachteile bzw. Probleme sind mit ihr verbunden?
48. Von welchen Bedingungen hängt die Erosionsgefahr von Erdbauwerken ab?
49. Was ist Ingenieurbilogie?

50. Mit welchen Maßnahmen können Böschungen bzw. Hänge bereits während der Bauphase gesichert werden?
51. Nennen Sie Beispiele für den Lebendverbau von Erdbauwerken!
52. Was ist beim Verfüllen und Verdichten der Leitungszone von erdverlegten Rohrleitungen besonders zu beachten?
53. Nennen Sie mindestens vier verschiedene Ziele der Erdstoffverdichtung!
54. Charakterisieren Sie die vier typischen Verfahren der Oberflächenverdichtung im Erdbau (nennen und Wirkprinzip beschreiben)!
55. Beschreiben Sie mindestens drei verschiedene Ausbildungen der Oberfläche von Radwalzenkörpern und geben Sie Hinweise zu Einsatzunterschieden bzw. Vor- und Nachteilen!
56. Wie erfolgt im modernen Erdbau die flächendeckende dynamische Verdichtungskontrolle?
57. Beschreiben Sie das Prinzip der Oszillationsverdichtung! Wo findet es Anwendung und welche Vorteile bietet es gegenüber anderen dynamischen Verdichtungsverfahren?
58. Was passiert bei der Überverdichtung von Erdstoffen mit Vibrationswalzen und mit welcher modernen Baumaschinentechnik lässt sich diese vermeiden?
59. Nennen Sie die technologischen Ansätze zur qualitätsgerechten Verdichtung von Böschungflächen und beschreiben Sie einen davon anhand einer Skizze!

#### zu Kapitel 2.8

60. Wer hat grundsätzlich den Zustand des Baugrundes für die Durchführung einer Baumaßnahme festzustellen (bzw. feststellen zu lassen)?
61. Wer entscheidet gemäß DIN 18300 (VOB/C) über das anzuwendende Bauverfahren sowie Wahl und Einsatz der Baumaschinen (AG oder AN)?
62. Erläutern Sie das Prinzip der Mengenermittlung im Erdbau nach der Prismenmethode!
63. Geben Sie eine Berechnungsformel für die Mengenermittlung eines Dammes der Länge  $L$  mit gleichmäßigen trapezförmigen Querschnitt (Dammhöhe  $h$ , Kronenbreite  $b_o$ , Fußbreite  $b_u$ )!

#### zu Kapitel 2.9

64. Welche Gefährdungen des arbeitenden Menschen sind typischerweise bei Erdbaumaßnahmen zu erwarten?
65. Was beinhaltet die Erkundungspflicht des Auftragnehmers vor der Durchführung von Erdarbeiten, die tiefer als 30 cm reichen?
66. Bis zu welchem Abstand zu erdverlegten Leitungen ist maschineller Aushub zulässig?
67. Was ist eine ROPS-Kabine und welche Voraussetzung muss seitens des Bedienpersonals unbedingt erfüllt sein, damit sie ihre Schutzwirkung erfüllen kann?
68. Nennen Sie mindestens zwei Verfahren zur Detektion von Fundmunition!

## 2.11 Quellenangaben und Literaturhinweise zum Kapitel 2

### 2.11.1 Literatur

- [2-1] Baugeräteliste 2001: BGL; technisch-wirtschaftliche Baumaschinendaten. – Wiesbaden, Berlin: Bauverlag, 2001
- [2-2] Begemann, W.; Schichtl, H. M.: Ingenieurbiologie – Handbuch zum ökologischen Wasser- und Erdbau. – Wiesbaden, Berlin: Bauverlag, 1994. – 203 S.
- [2-3] Borgwardt, S.: Bodenverdichtung – Grundlagen, Geräte, Prüfverfahren. – Landsberg/Lech: verlag moderne industrie, 2000. – 70 S.
- [2-4] Drees, G.; Krauß, S.: Baumaschinen und Bauverfahren (Einsatzgebiete und Einsatzplanung). – Ehningen bei Böblingen: expert verlag, 2002. – 253 S
- [2-5] Eymer, W.; Oppermann, S.; Redlich, R.; Schümann, M.: Grundlagen der Erdbewegung. – Bonn: Kirschbaum Verlag, 2006. – 165 S.

- [2-6] Floss, R.: Verdichtungstechnik im Erdbau und Verkehrswegebau, Band 1. – Boppard: Bomag GmbH & Co. OHG, 2001, 149 S.
- [2-7] Handbuch BML – Daten für die Berechnung von Baumaschinen-Leistungen / Erdbaumaschinen. – Frankfurt/M.: ZTV Verlag
- [2-8] Hoffmann, M. (Hrsg.): Zahlentafeln für den Baubetrieb. – Stuttgart: B.G. Teubner, 2006. – 1042 S.
- [2-9] Husemann, L.: Erdbewegungsmaschinen. – Stuttgart: Motorbuch Verlag, 2001. – 223 S.
- [2-10] Knaupe, W.: Erdbau. – Berlin: Verlag für Bauwesen, 1977
- [2-11] König, H.: Maschinen im Baubetrieb: Grundlagen und Anwendung (Leitfaden des Baubetriebs und der Bauwirtschaft). – Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2008. – 353 S.
- [2-12] Kühn, G.: Der maschinelle Erdbau. – Stuttgart: B.G. Teubner, 1984
- [2-13] Kühn, G.: Handbuch Baubetrieb (Organisation – Betrieb – Maschinen). – Düsseldorf: VDI-Verlag, 1991
- [2-14] Merkblatt für Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln: FGSV Verlag 1997
- [2-15] Merkblatt über flächendeckende dynamische Verfahren zur Prüfung der Verdichtung im Erdbau. – Köln: Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, 1993 (in Überarbeitung: ZTVE Stb 07)
- [2-16] Rosenheinrich, G.; Pietzsch, W.: Erdbau. – Düsseldorf: Werner Verlag, 1998
- [2-17] Schnell, W.; Vahland, R.: Verfahrenstechnik der Baugrundverbesserungen. – Stuttgart: B.G. Teubner, 1997
- [2-18] Voth, B.: Tiefbaupraxis – Konstruktionen, Verfahren, Herstellungsabläufe im Ingenieurtiefbau. – Wiesbaden, Berlin: Bauverlag GmbH, 1995
- [2-19] Wendehorst, R.: Bautechnische Zahlentafeln. – Stuttgart/Leipzig: B.G. Teubner, 2000

### **2.11.2 DIN-Normen (Auswahl, es gilt die aktuellste Fassung)**

- DIN 1054 Baugrund; Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau; Ausg. 01/2003
- DIN 1055-1 Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1: Wichten und Flächenlasten von Baustoffen, Bauteilen und Lagerstoffen; Ausg. 06/2002
- DIN 1055-2 Lastannahmen für Bauten; Bodenkenngößen, Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel; Ausg. 02/1976 (Entwurf 01/2007)
- DIN 1080-1 Begriffe, Formelzeichen und Einheiten im Bauingenieurwesen; Grundlagen; Ausg. 06/1976
- DIN 1080-6 Begriffe, Formelzeichen und Einheiten im Bauingenieurwesen; Bodenmechanik und Grundbau; Ausg. 03/1980
- DIN 4095 Baugrund; Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausführung; Ausg. 06/1990
- DIN 4123 Gebäudesicherung im Bereich von Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen; Ausg. 09/2000
- DIN 4124 Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau; Ausg. 10/2002
- DIN 18123 Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Korngrößenverteilung; Ausg. 11/1996
- DIN 18196 Erd- und Grundbau; Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke; Ausg. 06/2006
- DIN 18300 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, Teil C: ATV Erdarbeiten
- DIN 18301 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, Teil C: ATV Bohrarbeiten
- DIN 18303 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, Teil C: ATV Verbauarbeiten
- DIN 18305 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, Teil C: ATV Wasserhaltungsarbeiten
- DIN 18306 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, Teil C: ATV Entwässerungskanalarbeiten
- DIN 18308 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, Teil C: ATV Dränarbeiten
- DIN 18311 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, Teil C: ATV Nassbaggerarbeiten
- DIN 18319 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, Teil C: ATV Rohrvortriebsarbeiten
- DIN 18915 Vegetationstechnik im Landschaftsbau; Bodenarbeiten; Ausg. 08/2002
- DIN 18916 Vegetationstechnik im Landschaftsbau; Pflanzen und Pflanzarbeiten; Ausg. 08/2002

- DIN 18917 Vegetationstechnik im Landschaftsbau; Rasen und Saatarbeiten; Ausg. 08/2002
- DIN 18918 Vegetationstechnik im Landschaftsbau; Ingenieurbiologische Sicherungsbauweisen; Sicherungen durch Ansaaten, Bepflanzungen, Bauweisen mit lebenden und nichtlebenden Stoffen und Bauteilen; kombinierte Bauweisen; Ausg. 08/2002
- DIN 18920 Vegetationstechnik im Landschaftsbau; Schutz von Bäumen, Pflanzbeständen und Vegetationsflächen bei Baumaßnahmen; Ausg. 08/2002
- DIN 24080 Erdbaumaschinen; Hydraulikbagger, Seilbagger; Begriffe; Ausg. 03/1979
- DIN 24083 Erdbaumaschinen; Hydraulikbagger, Angabe der Tragfähigkeit; Ausg. 11/1978
- DIN EN 1610 Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen; Ausg. 10/1997
- DIN EN 12889 Grabenlose Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen; Ausg. 03/2000
- DIN EN ISO 6165 Erdbaumaschinen; Grundtypen, Identifizierung und Begriffe; Ausg. 12/2006
- DIN EN ISO 9245 Erdbaumaschinen; Leistung der Maschinen; Begriffe, Formelzeichen und Einheiten; Ausg. 01/1995
- DIN EN ISO 14688-1 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2002); Deutsche Fassung EN ISO 14688-1:2002; Ausg. 01/2003
- DIN EN ISO 14688-2 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Grundlagen für Bodenklassifizierungen (ISO 14688-1:2002); Deutsche Fassung EN ISO 14688-1:2002; Ausg. 11/2004

### 2.11.3 Vorschriften (Auswahl, es gilt die aktuellste Fassung)

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau – ZTVE-StB 94

Technische Vorschriften und Richtlinien für die Ausführung von Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen im Straßenbau (TVV 81)

#### Unfallverhütungsvorschriften, Regeln und Informationen der gewerblichen Berufsgenossenschaften:

- BGV A1 BG-Vorschrift „Allgemeine Vorschriften“
- BGV C11 BG-Vorschrift „Steinbrüche, Gräbereien und Halden“
- BGV C22 BG-Vorschrift „Bauarbeiten“
- BGV D21 BG-Vorschrift „Schwimmende Geräte“
- BGR 128 Kontaminierte Bereiche
- BGR 161 Arbeiten im Spezialtiefbau
- BGR 500 Betreiben von Arbeitsmitteln (gibt die durch die BetrSichV abgelösten Altvorschriften wieder)
- BGI 750 Merkblatt Kippgefahr beim Walzen

Infomappe Tiefbau (<http://www.infopool-bau.de/>) ⇒ Bausteine/Infomappe)

### 3 Grundlagen des Betonbaus

#### 3.1 Übersicht

**Betonbau** ist das Herstellen von Betonkörpern mit bestimmter Form und speziellen Eigenschaften aus Ortbeton. Die nachstehende Übersicht zeigt eine hierarchische Gliederung der relevanten Teilprozesse.

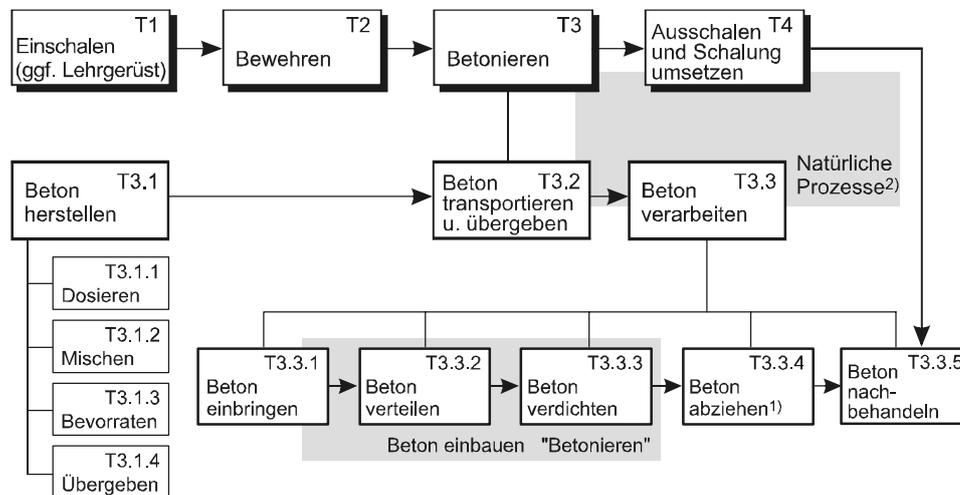


Abb. 3.1 Vorgangsgliederung im Betonbau

- Beachte: 1) **Rohabgezogene Betonflächen** sind für nicht geschaltete Betonflächen Bestandteil vertraglicher Leistungen nach VOB/C. Weiterführende Arbeiten sind speziell zu vereinbaren.
- 2) **Natürliche Prozesse** finden während des Abbindens des Betons statt, das je nach Betonsorte mehrere Jahre dauern kann. In der Praxis geht man davon aus, dass Beton in der Regel dann ausreichend erhärtet ist, wenn 28 Tage verstrichen sind. Diese Eigenschaft von Beton muss bei der Bauzeitplanung und bei der Belastung einzelner Bauteile auf der Baustelle (z. B. wann eine Decke belastet werden kann) berücksichtigt werden.

In Abb. 3.2 ist eine typische Situation des Betonbaus dargestellt. Gut zu erkennen sind die Bewehrung, eine Randschalung zur Abgrenzung des Betonierabschnitts sowie der von der Betonpumpe aus dem von Hand geführten Endschlauch kommende Frischbeton, der von den Bauarbeitern verteilt und mittels Rüttelflasche verdichtet wird. Das Erreichen der Sollhöhe wird mittels Laser geprüft.



Abb. 3.2 Betonbauarbeiten [3-17, S. 294]

### 3.2 Beton als Arbeitsgegenstand

#### 3.2.1 Definition und Klassifikation

Der Verbundbaustoff Beton ist ein künstlicher Stein mit dichtem Gefüge, der aus einem Gemenge von dichten Gesteinskörnungen, hydraulischem Bindemittel und Wasser, gegebenenfalls unter Verwendung von Zusatzstoffen und Zusatzmitteln, durch Härten des Bindemittel-Wasser-Gemischs (Zementleim) entsteht. Der „allgemein übliche“ Beton wird unter Verwendung von Zement als Bindemittel hergestellt.

Der Baustoff lässt sich in seinen Verarbeitungs- und Nutzungseigenschaften relativ einfach an die Anforderungen anpassen. Die Formgebung erfolgt auf der Baustelle durch Urformen (vgl. Kap. 1.7.3, S. 17). Die gestalterische Flexibilität und die hervorragenden mechanischen und sonstigen Eigenschaften des Betons haben das monolithische Bauen in Stahl- und Spannbeton weltweit zu einer Hauptbauweise werden lassen.

Gemäß DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 wird Beton klassifiziert:

- in **Expositions-<sup>4</sup> und Feuchtigkeitsklassen<sup>5</sup>**:

1	kein Korrosions- oder Angriffsrisiko	⇒ XO
2	Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Karbonatisierung	⇒ XC
3	Bewehrungskorrosion, verursacht durch Chloride, ausgenommen Meerwasser	⇒ XD
4	Bewehrungskorrosion, verursacht durch Chloride aus Meerwasser	⇒ XS
5	Frostangriff mit und ohne Taumittel	⇒ XF
6	Betonkorrosion durch chemischen Angriff	⇒ XA
7	Betonkorrosion durch Verschleißbeanspruchung	⇒ XM

Betonzusammensetzung, Betondeckung der Bewehrung und Nachbehandlung werden diesen Expositions-klassen zugeordnet.

- in **Konsistenzklassen** des Frischbetons (vgl. Kap. 3.5.1.1)
- in Klassen bezogen auf das **Größtkorn** der Gesteinskörnung (nach DIN EN 12 620)
- in **Druckfestigkeitsklassen** des Festbetons

Für die Klassifizierung wird die charakteristische Festigkeit von Zylindern mit 150 mm Durchmesser und 300 mm Länge nach 28 Tagen ( $f_{ck, cyl}$  in N/mm<sup>2</sup>) oder die charakteristische Festigkeit von Würfeln mit 150 mm Kantenlänge nach 28 Tagen ( $f_{ck, cube}$  in N/mm<sup>2</sup>) verwendet.

Für Normal- und Schwerbeton ergeben sich daraus die Druckfestigkeitsklassen in Kombination beider Angaben C 8/10 bis C 100/115, für Leichtbeton LC 8/9 bis LC 80/88. Weiterhin ist zu unterscheiden:

- nach der Rohdichte (ofentrocken)
  - **Leichtbeton** Trockenrohddichte bis 2,0 kg/dm<sup>3</sup>
  - **Normalbeton** Trockenrohddichte über 2,0 bis 2,6 kg/dm<sup>3</sup>
  - **Schwerbeton** Trockenrohddichte ab 2,6 kg/dm<sup>3</sup> und mehr
- nach dem Erhärtungszustand
  - **Frischbeton:** fertig gemischter verarbeitbarer Beton, der verdichtet werden kann
  - **grüner Beton:** Beton unmittelbar nach dem Verarbeiten, ohne dass die Erhärtung eingesetzt hat (vor dem Erstarren)
  - **junger Beton:** erhärteter Beton, der nicht mehr verarbeitbar ist (nach dem Erstarren)
  - **Festbeton:** erhärteter Beton, der eine gewisse Festigkeit entwickelt hat
- nach dem Ort der Herstellung und Verwendung
  - **Baustellenbeton** Beton, dessen Bestandteile auf der Baustelle zusammengefügt und gemischt werden
  - **Transportbeton** Beton, dessen Bestandteile außerhalb der Baustelle zugemessen werden und dessen Übergabe an die Baustelle in durchmischtem, einbaufertigem Zustand erfolgt
- nach dem Ort der Erhärtung
  - **Ortbeton** Beton, der als Frischbeton in Bauteile in ihrer endgültigen Lage eingebracht wird
  - **Betonfertigteile** Betonwaren, Werkstein – als Festbeton zur Einbaustelle transportiert und dort eingebaut
- nach der Bewehrung
  - **unbewehrter Beton** Beton, der keine Bewehrung besitzt
  - **Stahlbeton** Beton, der mit Betonstählen, vorwiegend zur Aufnahme von Zugspannungen, schlaff bewehrt ist
  - **Spannbeton** Beton, in den durch Vorspannung mit hochfesten Stählen Druckkräfte eingeleitet werden, um Biege-Zug-Bbeanspruchungen und Rissbildung entgegenzuwirken
  - **Faserbeton** Beton, dessen Zug- und Verschleißfestigkeit durch Stahlfasern und/oder andere Materialien erhöht wird

<sup>4</sup> Klassifizierung der chemischen und physikalischen Umgebungsbedingungen, denen der Beton ausgesetzt werden kann und die auf den Beton, die Bewehrung oder metallische Einbauteile einwirken können und die nicht als Lastannahmen in die Tragwerksplanung eingehen (vgl. 3.1.49 in DIN 1045-2:2008).

<sup>5</sup> Klassifizierung der Umgebungsbedingungen hinsichtlich einer möglichen schädigenden Alkalikieselsäure-Reaktion (Klassen: WO, WF, WA, WS)

- nach der Art der Verarbeitung
  - **Schüttbodyeton** Fördern und Einbringen des Betons durch Schwerkraft
  - **Pumpbeton** Druckförderung des Frischbetons durch Rohre zur Einbringstelle
  - **Fließbeton** Normalbeton, mit Fließmitteln hergestellt – besitzt weiche Konsistenz zur leichteren Verteilung und geschmeidigen Verarbeitung
  - **selbstverdichtender Beton** Beton mit speziellen verflüssigenden Zusätzen, aufgrund derer der Arbeitsgang „Verdichten“ entfallen kann, siehe Kap. 3.2.3.3
  - **Spritzbeton** Betonaufspritzen, dadurch Fördern und Verdichten beim Auftreffen
  - **Unterwasserbeton** Beton, der unter Wasser geschüttet wird und dort erhärtet
  - **Vakuumbeton** Erzeugung von Unterdruck in den Frischbetonporen – dadurch Absaugen des Überschusswassers und Erzielung eines Verdichtungseffektes

Für die Bestellung bzw. die Herstellung von Beton werden nach den aktuell geltenden Normen **drei Betongruppen** unterschieden:

- **Standardbeton** ist Beton aus natürlichen Gesteinskörnungen, Normalzement und Wasser, „dessen Zusammensetzung in einer am Ort der Verwendung des Betons gültigen Norm vorgegeben ist“ (DIN EN 206-1, Pos. 3.1.13). Der Mindestzementgehalt ist durch DIN 1045-2 festgelegt (vgl. Tab. 3.9, S. 93). Standardbeton ist durch die Angabe von
  - Druckfestigkeitsklasse,
  - Expositionsklasse,
  - Nennwert des Größtkorns der Gesteinskörnung,
  - Konsistenzbezeichnung steif, plastisch oder weich),
  - Festigkeitsentwicklung, falls erforderlich,
  - Feuchtigkeitsklasse

festzulegen (vgl. Pos. 6.4 in DIN 1045-2:2008). Er darf nur verwendet werden (vgl. DIN EN 206-1:2001)

- als Normalbeton für unbewehrte und bewehrte Betonbauwerke,
- in den Druckfestigkeitsklassen für den Nachweis der Tragfähigkeit  $\leq C16/20$ , sofern nicht die Druckfestigkeitsklasse C20/25 nach den am Verwendungsort des Betons geltenden Regelungen zulässig ist
- in den Expositionsklassen X0, XC1, XC2.

Standardbeton ist durch die Eingrenzung der maximalen Druckfestigkeitsklasse von C16/20 und der Expositionsklassen in seiner Anwendung in seinen Einsatzmöglichkeiten sehr beschränkt.

- **Beton nach Eigenschaften**

Beton, für den die geforderten Eigenschaften und zusätzliche Anforderungen dem Hersteller gegenüber festgelegt sind, der für die Bereitstellung eines Betons verantwortlich ist, der den geforderten Eigenschaften und den zusätzlichen Anforderungen entspricht (DIN EN 206-1:2001, Pos. 3.1.11)

Der Besteller gibt die gewünschte Beschaffenheit (unterschieden in grundlegende und zusätzliche Anforderungen) vor, nach der ein optimal angepasster Beton hergestellt werden kann. Die Verantwortung für die Eigenschaften des Frischbetons liegt ausschließlich beim Hersteller des Betons.

- **Beton nach Zusammensetzung**

„Beton, für den die Zusammensetzung und die Ausgangsstoffe, die verwendet werden müssen, dem Hersteller vorgegeben werden, der für die Lieferung eines Betons mit der festgelegten Zusammensetzung verantwortlich ist“ (DIN EN 206-1:2001, Pos. 3.1.12)

Der Beton wird in einer bestimmten Zusammensetzung bestellt. Das erfolgt meist durch Auswahl aus einem Sortenverzeichnis und unter Beratung durch Betonspezialisten, Der starre Ansatz der Rezeptur erschwert die operative Berücksichtigung externer Einflüsse (Witterung, Variation der Ausgangsstoffe...). Die Verantwortung für die Eigenschaften des Betons liegt in erster Linie beim Besteller des Betons.

**Besondere Betoneigenschaften**, die durch spezielle Rezepturen erzielt werden können, sind

- Wasserundurchlässigkeit (WU-Beton),
- hoher Frost- und Frost-Tausalz widerstand,
- hoher Widerstand gegen chemische Angriffe,
- hoher Verschleißwiderstand,
- Eignung für hohe Gebrauchstemperaturen.

### 3.2.2 Bestandteile des Betons

#### 3.2.2.1 Gesteinskörnungen

Gesteinskörnungen bilden das durch den Zementstein verbundene, tragende Gerüst innerhalb des Betongefüges. Sie sind DIN EN 12620 genormt.

Zu unterscheiden sind

- natürliche Gesteinskörnungen:  
Gesteinskörnungen aus natürlichen mineralischen Vorkommen, die ausschließlich einer mechanischen Aufbereitung unterzogen worden sind,
- industriell hergestellte Gesteinskörnungen:  
Gesteinskörnungen mineralischen Ursprungs, die industriell unter Einfluss einer thermischen oder sonstigen Veränderung entstanden sind; hierzu gehören die industriell hergestellten gebrochenen und ungebrochenen dichten Gesteinskörnungen, wie kristalline Hochofenstüchschlacke und ungemahlener Hüttensand nach DIN 4301 sowie Schmelzkammergranulat mit 8 mm Größtkorn,
- rezyklierte Gesteinskörnungen (s. auch DIN 4226-100:2002):  
Gesteinskörnung aus aufbereitetem anorganischem Material, das zuvor als Baustoff eingesetzt war; als Sammelbegriff für rezyklierten Splitt und rezyklierten Brechsand.

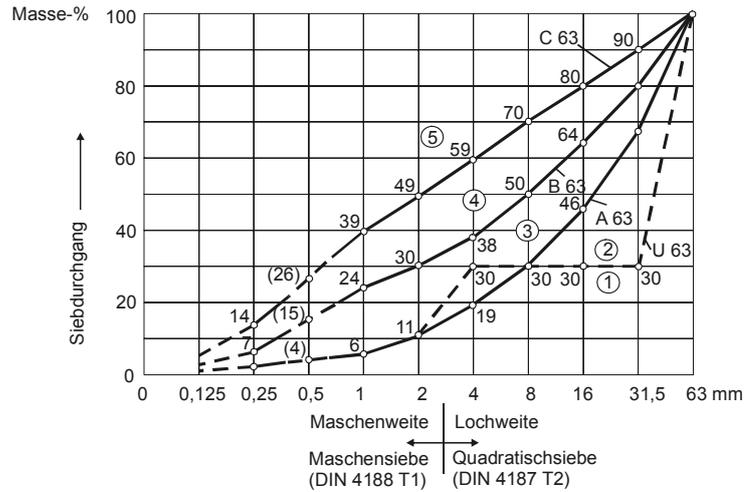
Sie werden durch folgende Eigenschaften bzw. Anforderungen charakterisiert:

- geometrische
  - Korngruppen (Benennung einer Gesteinskörnung mittels unterer ( $d$ ) und oberer ( $D$ ) Siebgröße, ausgedrückt als  $d/D$ , unter Hinweis auf die verwendeten Siebgrößen)
  - Kornzusammensetzung (Korngrößenverteilung, ausgedrückt durch die Siebdurchgänge als Massenanteil in Prozent durch eine fest gelegte Anzahl von Sieben)
  - Kornform (soll rund kugelig oder kantig würfelig (gedrungen) sein; flache längliche Körner benötigen wegen ihrer größeren Oberfläche mehr Zementleim, erschweren die Verdichtung)
  - Kornzusammensetzung (Korngrößenverteilung, ausgedrückt durch die Siebdurchgänge als Massenanteil in Prozent durch eine festgelegte Anzahl von Sieben)
  - Gehalt an Feinanteilen (Anteil einer Gesteinskörnung, der durch das 0,063-mm-Sieb hindurchgeht)
- physikalische
  - Widerstand gegen Zertrümmerung (Schlagzertrümmerung)
  - Festigkeit (Kornfestigkeit muss das Erreichen der geforderten Festbetoneigenschaften gewährleisten)
  - Widerstand gegen Verschleiß von groben Gesteinskörnungen (Micro-Deval-Koeffizient,  $M_{DE}$ )
  - Widerstand gegen Polieren und Abrieb von groben Gesteinskörnungen (bei befahrenen Oberflächen)
  - Kornrohichte und Wasseraufnahme
  - Schüttdichte
  - Dauerhaftigkeit (Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand, Raumbeständigkeit – Schwinden infolge Austrocknen, Alkali-Kieselsäure-Reaktion)
- chemische
  - Stahl angreifende Stoffe (Gesteinskörnungen für bewehrten Beton dürfen keine schädlichen Mengen an Salzen enthalten, die den Korrosionsschutz der Bewehrung beeinträchtigen, z. B. Nitrate, Halogenide)
  - schwefelhaltige Bestandteile
  - Bestandteile, die das Erstarrungs- und Erhärtungsverhalten des Betons verändern (organische o. a. Stoffe)
  - Bestandteile, die die Raumbeständigkeit von Hochofenstüchschlacken beeinflussen
  - Bestandteile, die die Oberflächenbeschaffenheit von Beton beeinflussen (leichtgewichtige organische Verunreinigungen)
  - Carbonatgehalt feiner Gesteinskörnungen (Sand) für Verschleißschichten von Betondecken

Vor allem aus technologischen und wirtschaftlichen Gründen ist eine ganz bestimmte Zusammensetzung der Gesteinskörnung zu wählen, die zu einer minimalen Zementmenge bei der angestrebten Festigkeit führt. Zudem verringern sich dann das Schwindmaß und damit die Gefahr der Rissbildung. Die gewünschte Kornzusammensetzung ergibt sich durch die Kombination verschiedener Fraktionen (Rezeptur) oder das Aussieben unerwünschter Körnungen. Deshalb müssen die Gesteinskörnungen, vor allem für die Herstellung von Betonen höherer Festigkeitsklassen, in verschiedenen Fraktionen bereitgestellt werden.

In DIN 1045-2:2008 werden nach dem Größtkorn der jeweiligen Fraktionen vier genormte Siebliendiagramme (0/8 mm, 0/16 mm, 0/32 mm, 0/63 mm) unterschieden. Die Bereiche werden durch die Sieblinien A, B, C und U gegeneinander abgegrenzt. Mit Hilfe der Körnungsziffer *k* (Summe aller Standardsiebbrückstände in Vol-% geteilt durch 100 Vol-%) kann der Wasseranspruch des Korngemisches abgeschätzt werden.

- Abb. 3.3 Beispiel:  
 Regelsieblinie mit einem Größtkorn von 63 mm  
 Sieblinienbereiche:  
 (1) zu grob  
 (2) unstetiger Kornaufbau (bei Ausfallkörnungen)  
 (3) günstig  
 (4) brauchbar  
 (5) zu fein



Das Größtkorn darf 1/3 der kleinsten Bauteilabmessungen nicht überschreiten, muss kleiner als der Abstand der Bewehrungsstäbe sein und den technologischen Anforderungen aus Mischen, Fördern und Einbringen entsprechen.

**3.2.2.2 Bindemittel**

„**Zement** ist ein hydraulisches Bindemittel, d.h. ein fein gemahlener anorganischer Stoff, der, mit Wasser gemischt, Zementleim ergibt, welcher durch Hydratation erstarrt und erhärtet und nach dem Erhärten auch unter Wasser fest und raumbeständig bleibt“ (vgl. DIN EN 197-1, Abschn. 4).

In der Familie der Normalzemente (nach DIN EN 197-1) werden 27 Produkte in fünf Hauptzementarten unterschieden (vgl. VDZ-Kompodium Zement und Beton, <http://www.vdz-online.de/415.html>):

- CEM I Portlandzement (am häufigsten verwendet, hohe Wärmeentwicklung, erhärtet schnell, Portlandzementklinkeranteil 95 bis 100 M-%)
- CEM II Portlandkompositzement (Portlandzementklinkeranteil mind. 80 M-% (CEM II/A), mind. 65 M-% (CEM II/B); Komposite: Hüttensand, Silicastaub, Puzzolane, Flugasche, Schiefer oder Kalkstein)
- CEM III Hochofenzement (mit 35 bis 95 M-% Hüttensand (= gemahlene Hochofenschlacke), langsame Anfangserhärtung, wenig Hydratationswärme => für massige Bauteile)
- CEM IV Puzzolanzement (Portlandzementklinkeranteil 45 bis 65 M-%, weitere Hauptbestandteile: Silicastaub, Puzzolan, Flugasche), z. B. Trasszement für Steinverlegung => weniger Ausblühungen)
- CEM V Kompositzement (zusammengesetzt aus mind. 40 M-% (CEM V/A) oder mind. 20 M-% (CEM V/B) Portlandzementklinker, Hüttensand sowie Puzzolanen und/oder kieselsäurereicher Flugasche)

**Sonderzemente** mit zusätzlichen oder besonderen Eigenschaften (nach DIN 1164-10) sind HS-, NA-, FE- und SE-Zemente sowie Straßenbau-, Weiß- und Wasser abstoßende Zemente.

- Festigkeit

Die erreichbare Festigkeit hängt vor allem von der Mahlfineinheit des Zementes ab.

Tab. 3.1: Übersicht über Festigkeitsklassen und Kennfarben von Zement

Festigkeitsklasse	Druckfestigkeit in N/mm <sup>2</sup>		Kennfarbe <sup>1)</sup>	Farbe des Aufdrucks
	Anfangsfestigkeit 2 Tage	Normfestigkeit 28 Tage		
32,5 N	–	≥ 16	hellbraun	schwarz
32,5 R	≥ 10	≥ 32,5		rot
42,5 N	≥ 10	≥ 42,5	grün	schwarz
42,5 R	≥ 20	≤ 62,5		rot
52,5 N	≥ 20	≥ 52,5	rot	schwarz
52,5 R	≥ 30			weiß

<sup>1)</sup> nur für Zemente mit besonderen Eigenschaften nach DIN 1164-10 verbindlich

- Anfangserhärtungsgeschwindigkeit

Normzemente dürfen frühestens eine Stunde nach dem Mischen mit Wasser erstarren. Während der Erstarungsvorgang spätestens nach 12 Stunden abgeschlossen sein soll, ist die Erhärtung ein langfristiger Prozess, der sich über mehrere Jahre hinziehen kann.

Neben Zementen mit üblicher Anfangserhärtung (**Normalzement N**) wird nach DIN 1164 schnell erhärtender **R-Zement** unterschieden (R – rapid). Zudem gibt es Zemente mit verkürztem Erstarren nach DIN 1164-11 (FE – frühes Erstarren, SE – schnell erstarrend).

- Hydratationswärme

Der Zement nimmt beim Erhärten einen Teil des Zugabewassers auf – Hydratation. Dabei entsteht Wärme, die im Winter erwünscht sein kann, aber insbesondere bei massiven Bauwerken zu Wärmespannungen und Rissen führen kann.

**LH:** Zemente mit niedriger Hydratationswärme (LH: low hydration heat, VLH: very low hydration heat)

- Sulfatwiderstand

Zemente können widerstandsfähig gegen den Angriff von Schwefelverbindungen (in aggressiven Wässern) hergestellt werden:

**HS:** Zemente mit hohem Sulfatwiderstand.

- Alkaligehalt

Wenn die Gesteinskörnung alkaliempfindliche Bestandteile enthält (vor allem in bestimmten Gebieten Norddeutschlands), so müssen NA-Zemente verwendet werden.

**NA:** Zemente mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt

Einen vollständigen Überblick über Zemente gibt u. a. das „Zement-Merkblatt Betontechnik“ [3-32] der ehemaligen Bauberatung Zement des Bundesverbandes der Deutschen Zementindustrie e.V.

### 3.2.2.3 Zugabewasser (Anmachwasser)

Zugabewasser ist die beim Mischen zugegebene Wassermenge. Das Wasser muss frei von organischen Bestandteilen sein und darf keine schädlichen Bestandteile enthalten. Im Zweifelsfall ist die Eignung des Wassers für die Betonherstellung zu untersuchen. Es sind

- immer zulässig: Trinkwasser
- nicht immer zulässig: Mineralwasser, Quellwasser
- geeignet: Restwasser, nach DAfStb-Richtlinie für die Herstellung von Beton

Die Eigenfeuchte (Oberflächen- und Kernfeuchte) der Gesteinskörnung ist bei der Bemessung der Menge des Zugabewassers zu berücksichtigen, um die Betonrezeptur genau einzuhalten.

Beachte: Betonteile (besonders ihre oberflächennahen Schichten), die bei der Zementsteinbildung durch Feuchtigkeitsmangel nicht voll aushärten konnten, sind auch durch nachträgliche Zufuhr von Feuchtigkeit nicht zu verbessern.

⇒ Für ausreichende Feuchtigkeit während des Erstarrungsvorganges ist zu sorgen!

### 3.2.2.4 Betonzusatzmittel und -stoffe

**Betonzusatzmittel** sind Stoffe zur Beeinflussung der Eigenschaften von Mörtel und Beton, die chemisch oder physikalisch wirken und dem Beton nur in geringen Mengen zugegeben werden. Betonzusatzmittel sind:

**BV Betonverflüssiger** reduzieren den Wasseranspruch des Betons um 5 ... 10 %.

**FM Fließmittel** ermöglichen bei normaler Zugabewassermenge die Herstellung von Fließbeton. Nur FM darf (und muss z. T.) auf der Baustelle zugegeben werden! Es verliert seine Wirkung nach ca. 45 min.

**LP Luftporenbildner** führen zur Bildung kleiner Luftkügelchen, die den Beton geschmeidiger machen. Der Druck beim Gefrieren des Wassers im Beton kann leichter abgebaut werden ⇒ Erhöhung des Frostwiderstandes; aber auch Verringerung der Festigkeit und erhöhtes Schwinden.

**DM Dichtungsmittel** setzen die Wasseraufnahme des Betons durch kapillares Saugen herab; bei zu hoher Zugabe: ⇒ Verminderung der Druckfestigkeit und erhöhtes Schwinden.

- VZ Verzögerer** greifen in den Reaktionsablauf des Zements ein, wirken gleichsam verflüssigend und werden verwendet, wenn der Zeitraum der Verarbeitbarkeit des Frischbetons vergrößert werden soll; Anwendung bei massiven Bauteilen und im Sommer; Gefahr von Ausblühungen.
- BE Beschleuniger** bewirken ein schnelleres Kristallwachstum bei der Hydratation; die erreichbare Endfestigkeit kann geringer werden.  
BE enthalten korrosiv wirkende Bestandteile, dürfen bei Stahl- und Spannbeton nicht verwendet werden.
- EH Einpresshilfen** erleichtern das Einpressen von Mörtel im Spannbetonbau durch Verhindern des Absetzens des Mörtels und mäßiges Quellen beim Erhärten.
- ST Stabilisierer** machen den Beton homogener und besser verarbeitbar, vermindern Absetzen und Entmischen, erhöhen die Pumpfähigkeit und Oberflächengüte bei Sichtbeton ⇒ Anwendung vor allem bei Unterwasser- und Leichtbeton.
- CR Chromatreduzierer** sollen die gesundheitsschädigenden Chrom(VI)-Verbindungen des Zements zu Chrom(III)-Verbindungen reduzieren. Ihre Wirkung ist zeitgegrenzt (Verfallsdatum beachten!).
- RH Recyclinghilfen** für Waschwasser hemmen stark die Reaktion des Zementes und werden beim Reinigen von Mischern und Mischfahrzeugen eingesetzt.
- SB Schaumbildner** dienen der Herstellung von Schaumbetonen bzw. Betonen mit porosiertem Zementleim durch Einführung eines hohen Gehalts an Luftporen.

Das Neueste sind Phosphatverbindungen, um das Erstarren zu stoppen und später durch Beigabe anderer Mittel wieder zu reaktivieren.

**Betonzusatzstoffe** sind mineralische und organische Stoffe (Gesteinsmehl, Flugasche, Hochofenschlacke ⇒ zur Erhöhung des Mehlkornanteils, Kunstharzzusätze zur Verringerung des Wasseranspruchs und Verbesserung der Verarbeitbarkeit, Farbmittel), die bestimmte Betoneigenschaften verändern. Da sie in größeren Mengen zugegeben werden, sind sie bei der Stoffraumrechnung zu berücksichtigen.

Auch Stahlfasern zählen zu den Betonzusatzstoffen. (siehe folgender Abschnitt)

### 3.2.3 Spezielle Betonarten

#### 3.2.3.1 Sichtbeton

Sichtbeton ist ein Beton, dessen Ansichtsflächen eine ästhetische Funktion erfüllen sollen und der deshalb besonders zusammengesetzt, verarbeitet und nachbehandelt wird. Es ist keine spezielle Betonart gemeint, sondern eine auf die spätere Oberflächenbeschaffenheit des Festbetons ausgerichtete Herstellung.

Dennoch werden unter dem Begriff Sichtbeton zahlreiche gestalterische, werkstofftechnische und technologische Aspekte zusammengefasst und auch die Ausschreibung darauf ausgerichtet. Eine besondere Rolle spielt die Schalung, die dem Beton eine bestimmte Oberflächenstruktur geben muss. Das wurde bereits in DIN 18 217:1981 beschrieben, indem die Gestaltungsmöglichkeiten durch die Schalung betont wurden.

Im Merkblatt „Sichtbeton“ des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins sind vier Sichtbetonklassen definiert, die graduierte Anforderungen an die Sichtbetonflächen beinhalten – von SB 1 für geringe Anforderungen (z. B. Kellerwände) bis SB 4 für höchste Anforderungen an repräsentative Bauwerke im Hochbau.

#### 3.2.3.2 Faserbeton (Quellen: [3-3:1996, S. 111–114], [3-24])

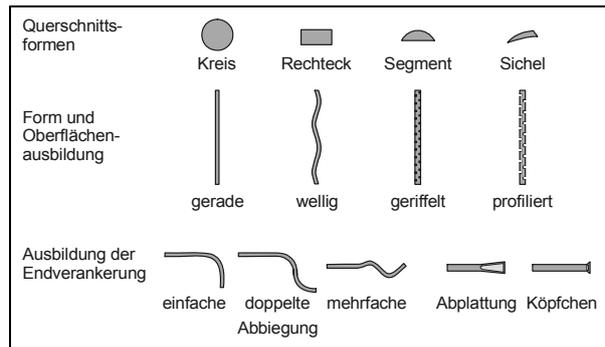
Faserbeton ist ein besonderer Verbundwerkstoff, dem Fasern zugegeben werden, um die Zugfestigkeit und Dehnfähigkeit zu erhöhen, Rissbildungen zu vermeiden und Zugbeanspruchungen über die Rissufer hinweg übertragen zu können. Damit gelingt es, den spröden Charakter des Betons zu verändern. Faserbeton bietet neue Möglichkeiten der Bauwerksgestaltung, stellt aber spezielle Anforderungen an die Verarbeitung.

Im Faserbeton finden Fasern aus Stahl, Glas (problematisch wegen des Alkaliangriffs und der Kratz- und Kerbempfindlichkeit des Glases), Kunststoff oder Kohlenstoff sowie Textilien Anwendung.

Stahlfasern stehen als Drahtfasern, Blechstreifen, Späne und Reststreifen aus der Stahlwolleproduktion zur Verfügung. Mit verschiedenen Formen werden spezielle Wirkungen erzielt; so verbessern Endverankerungen der Stahlfasern z. B. das Nachrissverhalten.

Die Längen variieren etwa zwischen 15 und 60 mm. Die Mindestlänge folgt aus der Verbundwirkung zwischen Faser und Matrix. Mit zunehmender Länge steigt die Wirkung der Fasern, wird aber die Verarbeitung schwieriger. Abhängig von Herstellungsweise und Bauteilgeometrie können die Fasern in einer Richtung, in einer Ebene oder räumlich (also ungeordnet) orientiert sein.

Abb. 3.4 Stahlfaserformen



Der Faserbeton ist frei von den Nachteilen der herkömmlichen Stahlbewehrung, wie Einschränkung der freien Formgebung des Betons durch die Bewehrung, aufwendiges Konstruieren, Herstellen und Einbauen, die Behinderung beim Betonier- und Verdichtungsprozess, erforderlicher Korrosionsschutz u. a.

Probleme bei der Verarbeitung können sich ergeben durch

- Zusammenballungen der Fasern (Igelbildung), die z. B. durch wasserlösliche Verklebungen im Lieferzustand vermieden werden können; ansonsten sind die Fasern vor Zugabe durch Sieben zu vereinzeln,
- abnehmende Verdichtungswilligkeit des Frischbetons.

Deshalb sollte der Beton einen der verwendeten Faserart und -menge angepassten erhöhten Feinkornanteil enthalten. Die Gesteinskörnungen nahe der Sieblinie B sind geeigneter als solche nahe der Sieblinie A (vgl. Abb. 3.3, S. 63). Das Größtkorn sollte bei Stahlfaserbeton etwa ein Drittel der Faserlänge nicht überschreiten. Für Glasfaserbeton bzw. Glasfasermörtel wird ein Größtkorn von 1 ... 2 mm empfohlen.

Der Frischbeton ist zunächst wie ein normaler Beton zu mischen. Die Stahlfasern und gegebenenfalls Fließmittel sind erst zum Schluss hinzu zu geben und gut einzumischen (Mischdauer 1 ... 5 min). Unter Einhaltung besonderer Vorkehrungen kann Faserbeton auch gepumpt werden.

Faserbeton hat vor allem als Spritzbeton aber auch für dünnwandige Bauteile (z. B. Fassadenelemente) verstärkte Anwendung gefunden. Probleme im Langzeitverhalten (Dauerhaftigkeit) ergeben sich aus der Korrosion der Stahlfasern an den Sichtflächen (Rostflecken) und dem Nachlassen der mechanischen Eigenschaften (Bruchdehnung, Zugfestigkeit) von Glasfasern – vor allem in dicken Bauteilen, die nicht dem Karbonatisierungsprozess unterworfen sind – wegen ihrer mangelnden Alkaliresistenz.

Textilbewehrter Beton ist ein innovativer Verbundwerkstoff, in dem anstelle von Stahl endlose hochfeste Fasern aus AR-Glas oder Carbon verwendet werden. Damit lassen sich filigrane Bauteile für den Leichtbau bei hoher Tragfähigkeit herstellen. Durch Einbringen der Fasern in Form von Matten, Gelegen oder Geweben in die Betonfläche kann die Tragfähigkeit des Betons weiter gesteigert werden. Auch eine Verstärkung von Stahlbetonbauteilen mit einer Schicht aus textilbewehrtem Beton ist möglich. Die weltweit erste Brücke aus textilbewehrtem Beton wurde bei der Landesgartenschau 2006 in Oschatz in Betrieb genommen.

Zur Technologie von Stahlfaserbeton gibt es ein Merkblatt des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins e. V.

### 3.2.3.3 Selbstverdichtender Beton

Selbstverdichtender Beton (SVB, englisches Kürzel „SCC“ = Self Compacting Concrete) ist ein äußerst fließfähiger, homogener und weicher Beton, der unter Verwendung von Fließmittel auf Polycarboxylatbasis und Zugabe von Feinstteilen hergestellt wird. Sein hoher Mehlkorngelbheit sorgt für ein gutes Wasserrückhaltevermögen der Mischung, so dass gröbere Zuschläge das Fließverhalten nicht stören und es auch nicht zu Entmischungen kommen kann. Das enorme Eigenverdichtungsverhalten und seine Fähigkeit zur Selbstentlüftung ermöglichen es, SVB ohne jeglichen Verdichtungsaufwand als Qualitätsbeton einzubauen.

Die qualitätsgerechte Herstellung von Bauteilen aus SVB setzt voraus<sup>6</sup>, dass der SVB

- das Bauteil vollständig ausfüllen kann (Fließfähigkeit),
- sich nicht entmischt oder sich die Gesteinskörnung nicht setzt (Sedimentationsstabilität),
- nicht blockiert (Füllfähigkeit).

<sup>6</sup> vgl.: Gram, H.-E.: Oberflächenschäden bei Selbstverdichtendem Beton. – In: Betonwerk + Fertigteil-Technik, Gütersloh 70(2004)8, S. 28–33 und Entwurf DIN EN 12350-8:2007; Ausg. 01/2008

Vorteile des SVB:

- Selbstverdichtung durch nahezu vollständige Entlüftung ohne Fremdeinwirkung
- entmischungsfreies Ausbreiten des SVB in der Schalung und Ausfüllen von Aussparungen, Hohlräumen und Engstellen zwischen der Bewehrung
- höhere Einbauleistung aufgrund des geringeren Arbeitsaufwandes
- keine Fehlstellen aufgrund mangelhafter Verdichtung
- bessere Arbeitsbedingungen: keine Vibrationsbelastung von Mensch und Schalung
- bessere Pumpfähigkeit
- alternative Anwendungen (Betonieren filigraner Elemente, komplexer Geometrien)
- hohe Sichtbetonqualität (poren- und lunkerfreie Oberfläche, gleichmäßiger Farbeindruck)

Nachteile des SVB:

- Mehrdosierung (mehr Feinanteile / Betonzusatzmittel und somit höhere Kosten)
- spezielle Kornzusammensetzungen
- hohe Sensibilität bei Herstellung (exakte Dosierung erforderlich) und Verarbeitung, deshalb
- hohe Anforderungen an technologische Disziplin (exakte Einhaltung der Rezeptur, Probleme bei Unterbrechungen, geringe Beeinflussungsmöglichkeiten des Verhaltens des SVB auf der Baustelle)
- Spezialschalungen (Schalung muss besonders „dicht“ sein und höherem Schalungsdruck standhalten)

„Selbstverdichtender Beton (SVB) gehört zu den wichtigen betontechnologischen Innovationen der vergangenen Jahre. Die Renaissance des Sichtbetons in der modernen Architektur ist nicht zuletzt auf die neuen Möglichkeiten zurückzuführen, die das extrem fließfähige Material bietet. Die zielsichere Herstellung von SVB erfordert im Vergleich zu Standardbeton allerdings besondere Sorgfalt; bereits relativ geringe Schwankungen der Randbedingungen können seine Fähigkeit zur Selbstentlüftung beeinträchtigen.“ [3-23, Vorwort]

#### 3.2.3.4 Ultra-hochfester Beton (Hochleistungsbeton)

Ultra-hochfester Beton (Ultra High Performance Concrete – UHPC) ist ein besonders gefügedichter Beton mit einer Druckfestigkeit über  $150 \text{ N/mm}^2$ , die außerhalb des Geltungsbereiches der aktuellen Betonnormen liegt und deshalb eine bauaufsichtliche Zulassung erforderlich macht. Es werden auch hohe Zug- und Biegezugfestigkeiten im praktisch kapillarfreien Beton erreicht. Seine Wirkung beruht auf einem niedrigen w/z-Wert, hohem Feststoffgehalt des Zementsteins durch mineralische Zusatzstoffe, hoher Packungsdichte und geeigneten Maßnahmen für eine ausreichende Duktilität<sup>7</sup> (vgl. [Betonfertigteile-Jahrbuch 2003, S. 10–23]). Die Aufbereitung unter Vakuum (Vakuummischtechnik) und angrenzende Verhinderung erneuter Luftzufuhr ermöglichen einen nochmaligen Festigkeitszuwachs um 15 bis 20 %. Der Einsatz von Hochleistungsbeton verlangt eine hohe Aufbereitungsgüte, eine extrem hohe technologische Disziplin und weitgehend witterungsunabhängige Produktionsbedingungen. Neben der Anwendung in der Fertigteileindustrie gibt es bereits erste Erfahrungen im Hochbau (Petronas Tower in Kuala Lumpur), monolithischen Verkehrsbau (Brücken, Fahrbahnen) und bei der Errichtung von Offshore-Bauwerken (vgl. <http://www.beton.org/fachinformationen/betonbautechnik/hochleistungsbeton.html>, Abruf vom 11.9.2008)

Der Begriff „Hochleistungsbeton“ soll verdeutlichen, dass für viele Anwendungen Dauerhaftigkeitskriterien vorrangig bzw. gleichrangig zur Festigkeit von Interesse sind.

Eine Weiterentwicklung der hochfesten Betone stellen Hochleistungsfeinkornbetone (HLF-Betone, engl.: „RPC“ = Reactive powder concrete) für das Gießen und Extrudieren filigraner Fertigteile dar (vgl. [3-22]). Mit Hilfe der Nanotechnologie sind zukünftig noch weitere Steigerungen der Festigkeit, Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen äußere Angriffe zu erwarten [3-31].

#### 3.2.3.5 Trockenbeton

Trockenbeton ist ein Gemisch aus Zement, getrockneten Zuschlägen und gegebenenfalls Zusatzmitteln oder Zusatzstoffen. Er kommt in Spezialsilos oder in Säcken auf die Baustelle und ist praktisch jederzeit verfügbar. Durch Zugabe des Anmachwassers und Mischen entsteht daraus auf der Baustelle Normalbeton. Die Werksfertigung gewährleistet eine gleichbleibende Zusammensetzung. Trockenbeton gibt es in den Standardbetonsorten.

---

<sup>7</sup> (latein. ducere = führen, ziehen) die Fähigkeit eines festen Stoffes zur bleibenden (plastischen) Verformung unter Einwirkung äußerer Kräfte

### 3.2.4 Ausschreibung von Betonarbeiten

Die Ausschreibung von Betonarbeiten erfordert ein umfangreiches Fachwissen über die Eigenschaften und Verarbeitungsmöglichkeiten dieses Baustoffes. Auf folgende Anforderungen an den Beton sollte beim Ausschreiben von Betonarbeiten geachtet werden (vgl. VOB/C DIN 18 331):

- Oberflächenstruktur,
- Farbgebung,
- Flächengliederung sowie Ausbildung von Schalungsstößen (wo Schalplatten sich stoßen, gibt es eine Fuge bzw. sichtbare Linie im Beton),
- konstruktive Details (z. B. Verschlussart der Ankerlöcher im Sichtbeton, Wasserdichtigkeit von Schalung),
- Aussehen und Lage nicht geschalter Teilflächen (z. B. Oberseiten von Wänden etc.),
- Anforderungen gemäß den neuen Beton-Normen DIN EN 206-1 bzw. DIN 1045-2.

Folgende Forderungen sind herstellungstechnisch bei **Sichtbeton** nicht zielsicher zu erfüllen:

- völlig gleichmäßige Farbtonung aller Ansichtsflächen,
- völlig gleichmäßige Porenstruktur (Porengröße und -verteilung),
- porenfreie Ansichtsflächen.

Bei der Ausschreibung von Beton sollte man deshalb auf das verfügbare Fachwissen in den Merkblättern des Bundesverbandes der Dt. Zementindustrie BDZ ([www.bdzement.de](http://www.bdzement.de)) zurückgreifen. Hier sei insbesondere auf das Merkblatt [3-27] hingewiesen.

Tab. 3.2 Mögliche Einflüsse der Schalhaut auf Ansichtsflächen, Auszug aus dem Merkblatt „Sichtbeton – Ausschreibung, Herstellung und Abnahme von Beton mit gestalteten Ansichtsflächen“

Art / Eigenschaften der Schalhaut	Merkmale der Betonoberfläche	mögliche Auswirkungen
<b>saugend</b>		
Bretter, sägerau	raue Brettstruktur, dunkel	einzelne Holzfasern in der Oberfläche, bei Holzzuckereinfluss Absanden, wenig Poren
Bretter, gehobelt	glatte Brettstruktur, heller als oben	bei Holzzuckereinfluss Absanden, stärkere Porenbildung als oben
Spanplatten, unbeschichtet	leicht rau, dunkel	starke Farbunterschiede (fleckig), wenig Poren
Drainvlies / Faservlies	Siebdruckstruktur, dunkler als oben	Gefahr der Faltenbildung, fast keine Poren
<b>schwach saugend</b>		
Dreischichtplatten, oberflächenvergütet	erste Einsätze dunkel, dann heller	Poren (Reduzierung mit zunehmender Einsatzhäufigkeit)
Schalrohre aus Pappe (nur für Stützen)	glatt, hell	kein Trennmittel erforderlich, nur für Stützen geeignet, sehr wenig Poren
<b>nicht oder sehr schwach saugend</b>		
Sperrholzplatten, glatt	glatt, hell	Farbtonunterschiede, Wolkenbildung, Marmorierung, verstärkte Porenbildung
Sperrholzplatten, filmvergütet, Siebdruck	Siebdruckrasterstruktur, dunkler als oben	gegenüber oben weniger ausgeprägte Auswirkungen
Stahlblech	glatt, hell	Farbtonunterschiede, Wolkenbildung, Marmorierung, verstärkte Porenbildung, unter Umständen Rostflecken
Matrizen	je nach Matrizie glatt bis stark strukturiert, hell	starker Einfluss von Undichtigkeiten an Fugen, verstärkte Porenbildung
Schalrohre aus Metall, Kunststoff	glatt, hell	Farbtonunterschiede, Wolkenbildung, verstärkte Marmorierung, verstärkte Porenbildung

### 3.3 Schalen und Rüsten

#### 3.3.1 Grundsätzliches

Schalungen dienen der Formgebung des Betons und müssen als Tragwerke allen Beanspruchungen gerecht werden, die im Betonverarbeitungsprozess (Einbauen, Fertigbehandeln) auftreten.

Eine **Schalungskonstruktion** besteht aus der eigentlichen Schalung, dem Gerüst, welches die Schalung trägt, und Hilfseinrichtungen zur Lage- und Formstabilisierung sowie zum Ausschalen.

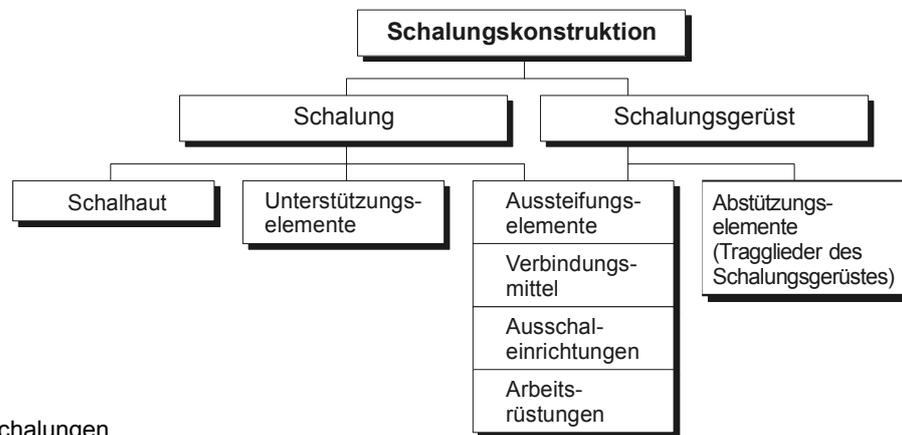


Abb. 3.5 Aufbau von Schalungen

Betonschalungen haben die grundsätzliche Aufgabe, den frischen Beton aufzunehmen, ihn bis zum Erreichen einer bestimmten Festigkeit in der gewünschten Form zu halten und vor Umwelteinflüssen zu schützen. Aus den spezifischen Anforderungen sind spezielle Aufgaben ableitbar, die zu unterschiedlichen Schalungskonstruktionen führen.

- Grundsätzliche Aufgaben der Schalungen:
  - Eigenmassen von Beton, Bewehrung, Einbau- und weiteren Schalungsteilen aufnehmen
  - Lasten aus dem Betonierprozess (statische und dynamische Kräfte aus dem Material, Verkehrslasten der Menschen und Arbeitsmittel) aufnehmen
  - Lasten auf tragfähige Bauwerksteile oder in den Baugrund ableiten
  - ausreichende Form- und Lagestabilität der Schalungselemente gewährleisten
  - eine bestimmten Oberflächenstruktur schaffen
  - das Auslaufen von Zementleim und Verdunsten von Wasser durch Abdichten verhindern
  - den erhärtenden Beton vor Umwelteinflüssen schützen
- Spezielle Aufgaben der Schalungen:
  - überschüssiges Zugabewasser zur Verbesserung der Frühfestigkeit und Oberflächenstruktur absaugen
  - die Erhärtung des Frischbetons durch Wärmezufuhr beschleunigen
  - das Positionieren von Einbauteilen erleichtern (Montagehilfe)
  - als Tragkonstruktion für Arbeitsgerüste zum Einbau des Betons und der Bewehrung sowie zur Nachbehandlung der Betonoberflächen dienen (z. B. Nachlaufbühnen)

Schalungskonstruktionen sind auch unter fertigungstechnischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu gestalten:

- auf manuellen/maschinellen Einsatz abgestimmte Transport- und Handhabeigenschaften,
- Sicherung des rationellen Auf- und Abbaus der Schalung (schnell, erschwernisfrei und qualitätsgerecht),
- Berücksichtigung des Einsatzes von Frischbetonfördermitteln hoher Leistung,
- Wiederverwendbarkeit (leichte Reinigung, standardisierte Bauteilabmessungen, Normung),
- Gewährleistung der Arbeitssicherheit.

Vor allem aufgrund der letztgenannten Aspekte sind die Belange der Schalungstechnik beim Entwurf und der Projektierung von Betonkonstruktionen zu beachten!

Schalungen kann man nach unterschiedlichen Gesichtspunkten, z. B.: nach Bauteilen, Materialarten, technologischen Merkmalen, Anwendungsbreite, Mobilität, einteilen. Diese unterschiedlichen Gesichtspunkte spiegeln sich in den nachfolgenden Ausführungen wider.

### 3.3.2 Elemente von Schalungskonstruktionen

#### 3.3.2.1 Schalhaut

Die Schalhaut stellt die Negativform der Betonoberfläche dar. Sie ist der Teil der Schalung mit direktem Kontakt zum Frischbeton, der dem Bauteil seine Form und Oberflächenstruktur gibt. Beim Betonieren und während der Erhärtungszeit muss sie maßhaltig bleiben und die auftretenden Lasten an die Unterstützungsstruktur ableiten. Je nach Bauteilgeometrie, Qualitätsanforderungen, angestrebter Wiederverwendung verwendet man:

- **Schalbretter**  
Schalbretter sind in der Regel ca. 24 mm dicke Bretter aus Fichten- oder Tannenholz (10,5 cm breit und bis zu 6 m lang), ungehobelt, gehobelt, gespundet.
- **Schalungsplatten**  
Schalungsplatten sind meist fabrikmäßig hergestellte, rechteckige Platten: als Vollholz-Schaltafeln, mehrlagige, Mehrstoff-, Sperrholz-Schalungsplatten nach DIN 68791 (Furnierplatten, Tischlerplatten), Hartfaserplatten, Schalungsplatten aus Metall (Ganzstahlplatten – blank, verzinkt, lackiert) oder Kunststoffen (Polyester, Polyvinylchlorid – PVC), kombinierte Schalungsplatten (Furniersperrholz auf Stahlrahmen). Zum Schutz vor Beschädigungen können die Schalplatten mit Kantenschutzprofilen ausgestattet sein.
- **Spezielle Schalhäute für Sichtbeton**  
Spezielle Schalhäute für Sichtbeton werden aus sägerauen Brettern, gehobelten gespundeten Brettern oder kunststoffbeschichteten Hartfaser- oder Sperrholzplatten hergestellt.  
Für betont strukturierte Oberflächen verwendet man Vorsatzschalungen aus Kunststoffen (PUR) oder Naturkautschuk, die auch mit Gewebeeinlagen verstärkt sein können ⇒ Matrizen.
- **Verlorene Schalungen**

Verlorene Schalungen werden nach dem Betonieren nicht entfernt, weil es entweder technisch nicht möglich oder unwirtschaftlich ist. Sie verbleiben im Bauwerk. Neben fertigungstechnischen Funktionen können sie auch Bauwerksfunktionen erfüllen, z. B. Hohlräume umschließen, glatte und dichte Oberflächen bilden oder Tragfunktionen übernehmen.

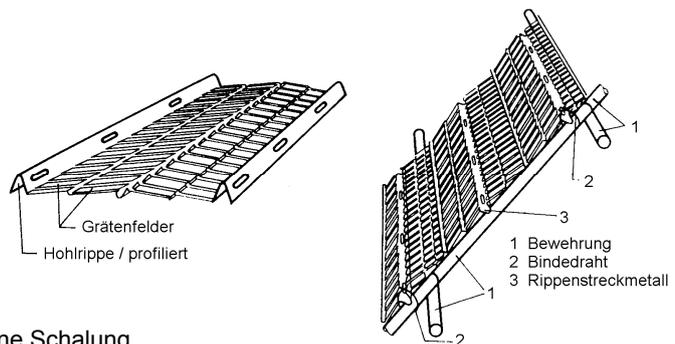


Abb. 3.6 Rippenstreckmetall „LOCHRIP“ als verlorene Schalung (Firma RSM HEITFELD, Troisdorf) <http://www.rsm-heitfeld.de/>

Tab. 3.3 Eignung und Einsatzhäufigkeit gebräuchlicher Schalhautarten im Wohnungsbau (nach [3-28, S. 61])

Schalhaut	geeignet für		Sichtbeton- flächen	Einsatz- häufigkeit
	schalungsraue Betonflächen	glatte Beton- flächen		
Hartfaserplatte, normal	+			1 ... 2
Hartfaserplatte, ölgehärtet	+			3 ... 5
Bretter, rau	+			2 ... 4
Spanplatte	+	(+)		3 ... 5
Bretter gehobelt, Nut und Feder	(+)		+	10 ... 15
Brettplatte (Schalungstafel)	+			15 ... 20
Dreischichtenplatte	+	+	+	20 ... 25
Tischlerplatte, 5-fach, filmbeschichtet	(+)	+	+	40 ... 60
Furnierplatte hart, 8 ... 12 mm, filmbeschichtet	(+)	+	+	70 ... 90
Multiplex, weich, filmbeschichtet	+	(+)	(+)	20 ... 30
Multiplex, mittelhart, beharzt	+	+		40 ... 60
Multiplex, mittelhart, 12 ... 22 mm, filmbeschichtet	(+)	+	+	70 ... 90
Multiplex mit GFK-Beschichtung	(+)	+	+	... 150
Stahlschalung	+	+		... 300
Kunststoffplatte		+	+	300

+ geeignet; (+) bedingt geeignet

### 3.3.2.2 Unterstützungskonstruktion

Die Unterstützungskonstruktion dient der Stützung der Schalhaut. Sie überträgt die auf die Schalhaut wirkenden Lasten

- auf die Verspannung (Verbindungsmitel) parallel angeordneter Schalungsflächen oder
- auf tragfähige Bauteile bzw. das Schalungsgerüst (Tragkonstruktion) oder
- durch Kurzschließen der Kräfte, indem sie das Bauteil umschließt.

Unterstützungskonstruktionen übernehmen weiterhin folgende Aufgaben:

- die Lage der Schalhaut sichern,
- Kräfte aus der Reibung des Frischbetons auf geneigten Schalflächen aufnehmen,
- unzulässige Verformungen der Schalhaut verhindern,
- die Schalungskonstruktion bei Einwirkung äußerer Kräfte stabilisieren,
- gemeinsam mit den Schalungsplatten deren Verbindung untereinander (als Rahmenschaltafel) ermöglichen,
- das Anbringen von Arbeitsbühnen und Montagehilfsmitteln ermöglichen.

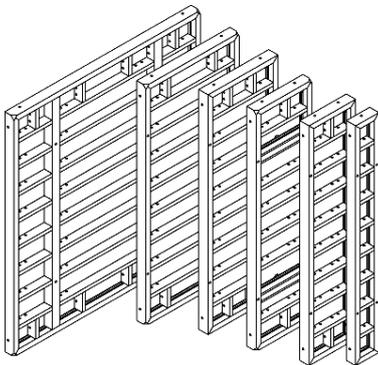


Abb. 3.7 Rahmenschalung: PERI-TRIO-Rahmen aus Stahl oder Aluminium mit Holzplatte als Schalhaut



Abb. 3.8 Trägerschalung: PERI-VARIO-Holzschalung mit horizontaler Gurtung<sup>8</sup> (quer zu den H20-Trägern);

Als Schalungsträger kommen zur Anwendung:

- Holzträger (Kanthölzer, Schlitzhölzer, Gitterträger, Vollholzträger)
- Stahl- und Aluminiumprofile (U-, Doppel-U- und I-Profile)
- Schalungszwingen und -zargen zur Aussteifung von Betonelementen mit relativ kleinem rechteckigen Querschnitt (Balken, Stützen, Unterzüge, Stürze).

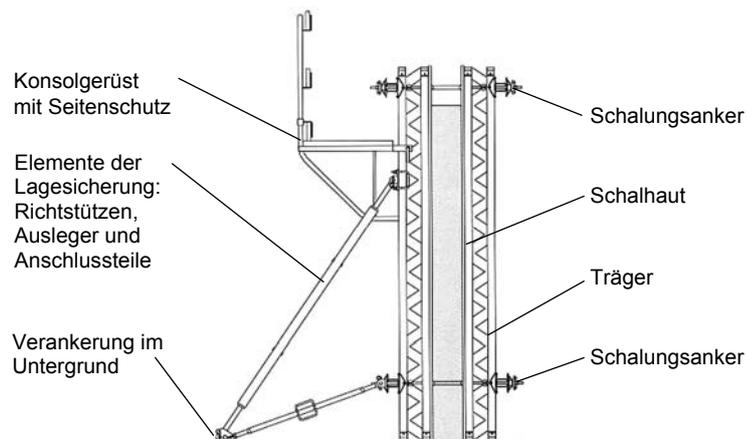


Abb. 3.9 Schalungsaufbau am Beispiel einer Trägerwandschalung (Systemschalung von PERI)

<sup>8</sup> Die Gurtung als Tragkonstruktion ermöglicht, im Gegensatz zu Rahmenschalungen (vorbestimmte Ankerlöcher in den Stahl- bzw. Aluprofilen), ein flexibles „Durchankern“ der Schalungshaut an beliebigen Stellen

### 3.3.2.3 Tragkonstruktion

Die Tragglieder des Schalungsgerüsts (Abstützungselemente) nehmen die Kräfte aus der Schalung auf und leiten sie in den Baugrund oder auf eine tragfähige Baukonstruktion ab. Stützen und Schalungsträger sind die wichtigsten Tragglieder des Schalungsgerüsts. Oft dienen Schalungsträger sowohl als Tragglied als auch als Unterstützungskonstruktion.

Abb. 3.10 zeigt eine Deckenschalungskombination, bei der Schalung, Schalungsträger und Traggerüst in einem vorgefertigten „Modul“ zusammengefasst sind. Man spricht in diesem Zusammenhang von „Deckentischen“. Diese Schalungsmethode eignet sich insbesondere bei großen Flächen (gleichmäßiges Stützenraster, keine vertikalen Deckensprünge usw.) und bei großen Schalhöhen. Da insbesondere bei großen Schalhöhen auf der Baustelle schwere Unfälle bei konventioneller Schalung auftreten können, bieten Schaltische eine Möglichkeit, die Arbeitssicherheit zu steigern, indem man die Schalung vormontiert und auf der Baustelle lediglich zusammenstellt.



Abb. 3.10 Versetzen eines vorgefertigten Schaltisches mit Hubwagen und Spezialgerät (DOKA)

Gut zu erkennen sind die Trägerschalung (Schalung mit Schalungsträger  $\Rightarrow$  Unterstützungskonstruktion), die Tragurte sowie die Stützen mit Gabelkopflägern (Tragkonstruktion)

### 3.3.2.4 Sonstige Elemente der Schalungskonstruktion

- Aussteifungselemente

Aussteifungselemente sichern die Schalung gegen Kippen und Verschieben, verbinden die einzelnen Schalungselemente zu transportfähigen und größeren umsetzbaren Schalungssektionen und gewährleisten die Stabilität druckbeanspruchter Elemente des Schalungsgerüsts. Besondere Bedeutung besitzen diagonale Aussteifungen und Verschwertungen.

- Verbindungsmittel

Verbindungsmittel (Nägel, Schalungsanker, Spannschlösser, Verrödelungen, Spreizen – als Abstandhalter, Abb. 3.11) dienen der kraft- und formschlüssigen Verbindung der einzelnen Elemente der Schalung zur tragfähigen und unverschieblichen Konstruktion.

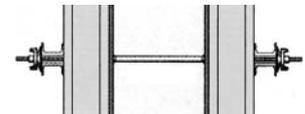


Abb. 3.11 Beispiel eines Spannsystems mit Hüllrohr als Abstandhalter [3-17, S. 270]

- Ausschaleinrichtungen

Ausschaleinrichtungen ermöglichen das kontrollierte und sichere Entfernen der Schalungskonstruktion oder Teilen davon, auch unter Last. Das Ausschalen wird insbesondere durch Konen, Spindeln, Fallköpfe, hydraulische Pressen oder Verfahrereinrichtungen erleichtert. Ausschaleinrichtungen ermöglichen zudem das exakte Justieren der Schalung beim Einschalen.

Abb. 3.12 zeigt das Fallkopf-Prinzip für eine Deckenschalung. Nach dem „Entspannen“ der Stütze können die Schalungplatten entfernt und anschließend die Stütze abgespindelt und abgebaut werden.

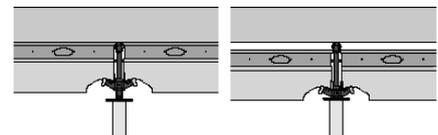


Abb. 3.12 Fallkopfstütze (PERI SKYDECK) – links: belasteter Zustand, rechts: abgesenkt (Ausschalen)

- Arbeitsrüstungen

Arbeitsrüstungen werden an der Schalungskonstruktion befestigt, dienen dem Aufenthalt von Personen bei Schalungs-, Bewehrungs-, Betonierarbeiten sowie beim Ausschalen und nehmen auch entsprechende Arbeitsmittel auf. In ihrem Aufbau entsprechen sie üblichen Arbeitsgerüsten. Wichtig ist die Berücksichtigung der auftretenden zusätzlichen Lasten bei der Bemessung der Schalungskonstruktion (vgl. Abb. 3.8 und Abb. 3.9 auf S. 75).

### 3.3.3 Belastung von Schalungen

#### 3.3.3.1 Lastannahmen

**Grundlagen** für die Lastannahmen von Schalungen und Traggerüsten sind die

- DIN 1055 „Einwirkungen auf Tragwerke“ Teile 1 bis 10 und 100,
- DIN 18 218 „Frischbetondruck auf lotrechte Schalungen“, Stand 09/1980
- DIN EN 12812 „Traggerüste; Anforderungen, Bemessung und Entwurf“, Stand 09/2004

#### lotrechte Lasten

- **Berechnungsgewicht des Frischbetons:**  $p_b = \gamma \cdot h$ 
  - $h$  – (hydrostatische) Frischbetonhöhe
  - $\gamma$  – Frischbetonwichte
 

Normalbeton ohne Stahleinlagen	$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$
Stahlbeton mit Stahleinlagen	$\gamma = 26 \text{ kN/m}^3$
bei der Berechnung seitlich wirkender Drücke	$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
- **Ersatzlast aus Arbeitsbetrieb** (vgl. DIN EN 12812:2004, Pos. 8.2.2.1.3 und 8.2.3.1):
  - Verkehrslast von  $0,75 \text{ kN/m}^2$
  - dazu auf einer Fläche von  $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$  10% der aufzubringenden Frischbetoneigenlast, mindestens  $0,75 \text{ kN/m}^2$ , maximal  $1,75 \text{ kN/m}^2$

- **Auftrieb von Hohlkörpern**

Öffnungen werden beim Erstellen der Schalung als Rahmen, meist aus Holztafeln, gezimmert und mit Nägeln an der Schalung befestigt. Versagt die Befestigung, so kann sich der Rahmen durch die Auftriebskraft von der Schalung lösen und verschieben.

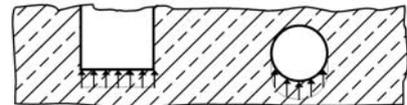


Abb. 3.13 Auftrieb von Hohlkörpern

- **Eigengewicht der Schalung** (Großflächenschalungen z. B.: [3-11, S. 713])

Es sei darauf hingewiesen (s. Kap. 3.2.3.3), dass bei hoher Einfüllgeschwindigkeit und auch bei der Verwendung von SVB Schalungen vertikal verankert werden müssen. Andernfalls, wenn die Auftriebskraft des eingefüllten Betons das Eigengewicht der Schalung übersteigt und die Schalung nicht ausreichend verankert ist, wird die gesamte Konstruktion angehoben (Aufschwimmen) und der Beton fließt an der Aufstandsfläche unter der Schalung heraus. Bei einhäuptigen Schalungen ist die vertikale Rückverankerung grundsätzlich notwendig (siehe Abschnitt „waagerechte Lasten an Schalungsgerüsten“).

In Abb. 3.14 ist unten rechts die vertikale Verankerung zu erkennen. Die Größe der Vertikalkomponente ergibt sich aus der Forderung nach dem Gleichgewicht der Momente.

#### waagerechte Lasten an Schalungsgerüsten

- **einseitiger Betondruck**, wenn kein Kräfteschluss über Schalungsanker oder -zwingen gegeben ist

Abb. 3.14 Prinzip einer einhäuptigen Schalung (linkes Bild)

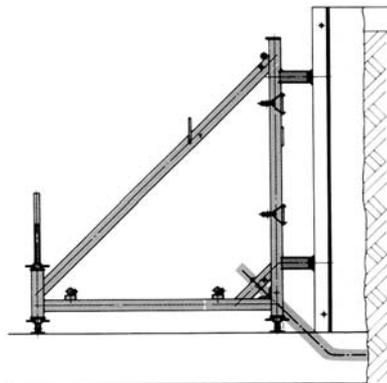
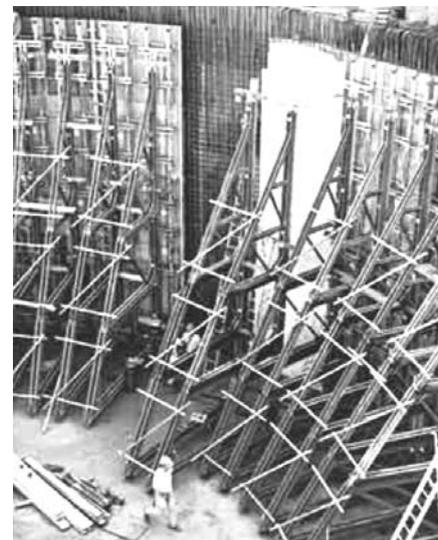


Abb. 3.15 Einhäuptige Schalung bis 9 m Höhe (System HÜNNEBECK) (rechtes Bild)



- **Ersatzlast  $p_{ES}$  für unbeabsichtigte Schrägstellung der Stützen** in Höhe der Schalungsunterkante:

$$p_{ES} = 0,01p_v$$

$p_v$  – Summe der auf das Gerüst wirkenden lotrechten Lasten

- **Wind** nach DIN 1055-4, als Lastfall H
- **sonstige:**
  - Schub durch Schrägstützen
  - Stoß, Seilzug
  - Pumpenstöße
  - Umlenkkräfte, Brems- und Beschleunigungskräfte

### 3.3.3.2 Frischbetondruck auf lotrechte Schalungen

Beton, vor allem der Konsistenz KR und KF, verhält sich bis zum Erstarren ähnlich wie eine Flüssigkeit. Auf die Schalungen wirkt der hydrostatische Druck, der sich nach allen Richtungen gleichmäßig ausbreitet. Der Frischbetondruck  $p_b$  wirkt senkrecht zur Schalungsoberfläche und hängt von folgenden Faktoren ab:

- Frischbetonwichte,
- Steiggeschwindigkeit beim Betoniervorgang,
- Konsistenz des Frischbetons,
- Erstarrungsgeschwindigkeit des Betons (Einfluss von Erstarrungsverzögerern),
- Art der Verdichtung und Einfluss von Erschütterungen,
- Frischbetontemperatur und Einfluss der Umgebungstemperatur.

Als **Frischbetondruck  $p_b$**  gilt der vom Frischbeton auf die Flächeneinheit der dem Beton zugewandten Oberfläche der Schalung ausgeübte Horizontaldruck. Er wird in Abhängigkeit von Steiggeschwindigkeit und Konsistenz nach der DIN 18218 berechnet.

$$p_b = a \cdot v_b + b$$

$v_b$  – Steiggeschwindigkeit in m/h

a, b – von der Konsistenz abhängende Konstanten (vgl. Abb. 3.16)

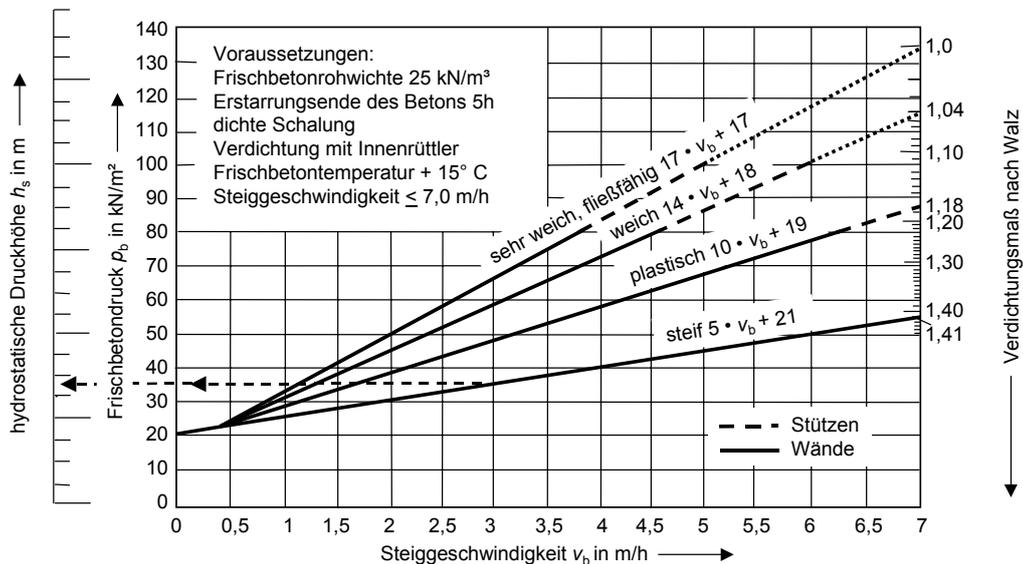


Abb. 3.16 Diagramm für die Bestimmung des Frischbetondrucks  $p_b$  in Abhängigkeit von Steiggeschwindigkeit und Konsistenz (DIN 18218, abgewandelt in [3-11, S. 714])

Nach Ablauf der **Erstarrungszeit**<sup>9</sup>  $T_E$  (Ansatz nach DIN 18218:  $T_E = 5 \text{ h}$ ) trägt sich der Beton selbst und übt deshalb keinen hydrostatischen Druck mehr auf die Schalung aus. Maßgebend für den sich einstellenden Frischbetondruck ist der Erstarrungsbeginn, der unter Normalbedingungen 1 bis 2 Stunden nach Wasserzugabe eintritt. Es zu beachten, dass der hydrostatische Druck mit sinkender Konsistenz abnimmt und von gegenüberliegenden Wänden eine gewisse Silowirkung ausgeht. Der Frischbetondruck wird anhand der oben stehenden empirischen Formel oder nach dem Diagramm (Abb. 3.17) ermittelt.

Formel und Diagramm gelten direkt nur bei:

- Rohwichte des Frischbetons von  $25 \text{ kN/m}^3$ ,
- Frischbetontemperatur von  $+15^\circ\text{C}$ ,
- Verdichtung mit Innenrüttlern,
- dichter Schalung

und wenn die Steiggeschwindigkeit  $7 \text{ m/h}$  nicht überschreitet und das Erstarrungsende des Betons spätestens nach 5 Stunden eintritt. Danach ergibt sich für den Frischbetondruck das nebenstehende Bild (Abb. 3.17).

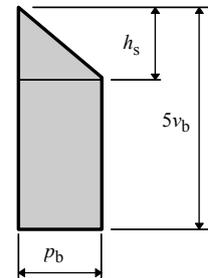
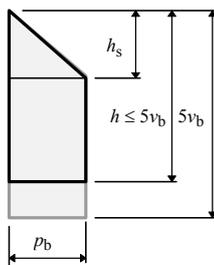


Abb. 3.17 Diagramm des Frischbetondruckes für Standardbedingungen nach DIN 18218 (Drucklastfigur)

In der praktischen Anwendung sind zwei Fälle zu unterscheiden, da die Schalungshöhe kaum exakt  $5 v_b$  beträgt (vgl. Abb. 3.18):

Fall a) Die Schalungshöhe ist **geringer als  $5 v_b$**   
In diesem Fall wird die Figur abgeschnitten, d. h. es entfällt ein Teil der Belastung



Fall b) Die Schalungshöhe ist **größer als  $5 v_b$**   
Die Belastung tritt als Wanderlast auf.

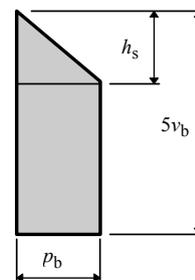


Abb. 3.18 Übersicht über die praktischen Fälle der Schalungsdruckermittlung

Beachte: In der DIN werden die Ausdrücke  $h \leq 5 v_b$  und  $h \geq 5 v_b$  im Sinne empirischer Formeln behandelt, obwohl sie eigentlich Zahlenwertgleichungen sind. Die Zahl 5 beinhaltet hier die Maßeinheit Stunde (h).

**Weitere Einflüsse** auf die Größe des horizontalen Schalungsdruckes sind:

- Rüttelverdichtung

Bei der Verwendung von Außen- bzw. Schalungsrüttlern und dann, wenn die Rütteltiefe  $h_r$  größer als die hydrostatische Druckhöhe  $h_s$  ist, ist der rechnerische Frischbetondruck zu erhöhen; es gilt

$$p_b = 25 h_r .$$

Die **hydrostatische Druckhöhe**  $h_s$  ist der Höhenunterschied zwischen der Frischbetonoberfläche und der Stelle, an welcher der Frischbetondruck den Wert  $p_b$  erreicht. Die **Rütteltiefe**  $h_r$  ist der Höhenunterschied zwischen Frischbetonoberfläche und dem unteren Ende der Rüttelflasche.

- Frischbetontemperatur

Übersteigt die Frischbetontemperatur beim Einbringen  $+15^\circ\text{C}$ , so dürfen  $p_b$  und  $h_s$  für je 1 K um 3% vermindert werden. Die Abminderung darf 30% nicht überschreiten. Unterschreitet die Frischbetontemperatur beim Einbringen  $+15^\circ\text{C}$ , so müssen  $p_b$  und  $h_s$  für je 1 K um 3% vergrößert werden.

- Außentemperatur

Sinkt ohne Wärme dämmende Maßnahmen die Frischbetontemperatur während der Erstarrungszeit (normal 5 Stunden) unter  $+15^\circ\text{C}$ , so sind  $p_b$  und  $h_s$  für je 1 K um 3% zu vergrößern. Der Einfluss von Außentemperaturen über  $+15^\circ\text{C}$  darf nicht berücksichtigt werden.

<sup>9</sup> Zeit von der Zugabe des Anmachwassers bis zu einem solchen Hydratationsgrad, bei dem eine zusätzliche lotrechte Last auf den Beton dessen waagerechten Druck gegen eine Schalungsfläche nicht mehr erhöht

- Betonverflüssiger, Luftporenbildner  
sind entsprechend der von ihnen ausgehenden Veränderung der Konsistenz zu berücksichtigen.
- Erstarrungsverzögerer  
 $p_b$  und  $h_s$  sind mit den Faktoren der nachstehenden Tabelle (nur bei Betonierhöhen bis 10 m) zu multiplizieren.

Konsistenzbereich	Faktoren bei einer Erstarrungsverzögerung um	
	5 Stunden	15 Stunden
KS	1,15	1,45
KP	1,25	1,80
KR, KF	1,40	2,15

Der Druck mindernde Einfluss von Frischbetontemperaturen über  $+15^\circ\text{C}$  darf bei der Verwendung von Erstarrungsverzögerern nicht berücksichtigt werden.

- Erschütterungen  
Kann der Frischbeton während der Erstarrungszeit Erschütterungen ausgesetzt sein, die der Wirkung von Außenrüttlern entsprechen, so ist mit dem hydrostatischen Frischbetondruck  $p_b = \gamma \cdot h$  zu rechnen.
- Frischbetonwichte  
Weicht die Rohwichte des Frischbetons von dem Grundwert  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$  ab, so sind die  $p_b$ -Werte proportional umzurechnen.

Für neue moderne Frischbetonarten, wie den inzwischen große Verbreitung erlangten SVB, besteht dringender Bedarf an neuen Berechnungsmodellen für den Schalungsdruck. Erste Ergebnisse zur Fortschreibung der DIN 18 218 liegen bereits vor ([3-9], [3-25] und DIN-Entwurf 18 218:2008). Nach [3-4] sind die Rheologie des SVB und die sie beeinflussende Frischbetontemperatur maßgebend. Wenn die Randbedingungen nicht eindeutig feststellbar sind, ist der hydrostatische Druck für die Bemessung anzusetzen.

### 3.3.4 Ausführungsarten und -verfahren

#### 3.3.4.1 Schalungsklassifikation nach dem Arbeitsgegenstand

Schalungen können nach charakteristischen einzuschalenden Bauteilen spezifiziert werden:

- |   |  |
|---|--|
| – Fundamentalschalungen (⇒ Blockstruktur)     | z. B. Einzel- und Streifenfundamente         |
| – Wandschalungen (⇒ Plattenstruktur)          | z. B. ebene und gekrümmte Wände              |
| – Stützenschalungen (⇒ Säulenstruktur)        | z. B. Rechteckquerschnitt, Kreisquerschnitt  |
| – Balkenschalungen                            | z. B. Balken, Unterzüge, Überzüge            |
| – Deckenschalungen (⇒ Raumstruktur)           | z. B. Flachdecken, gevoutete Decken          |
| – Treppenschalungen (⇒ wenn nicht Fertigteil) | z. B. gekrümmte Einzeltreppen, kurze Treppen |

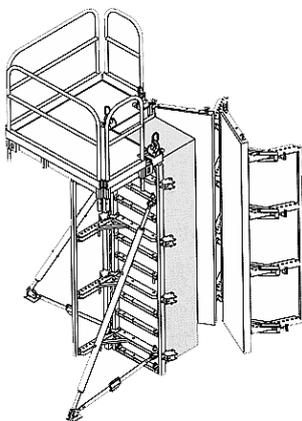


Abb. 3.19 Stützenschalung PERI-Quattro (während des Ausschalens)

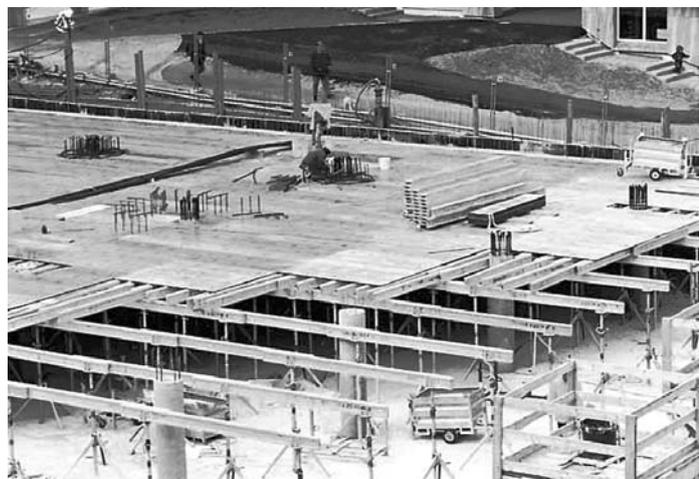


Abb. 3.20 Deckenschalung mit Hauptträgern, Unterstützträgern und Schalhautplatten, System DOKA

Es ist aber auch möglich, Schalungen nach der Geometrie des einzuschalenden Bauteils zu klassifizieren, z. B.:

- ebene Großflächenschalungen
  - Wandschalungen auf Bauteilgeometrie (Wandhöhe, Abschnittslänge, Seriedurchbrüche) ausgerichtet und zu großen Einheiten zusammengebaut
  - Deckenschalungen
    - Schaltisch Schalhaut bildet mit der Tragkonstruktion eine Einheit
    - Schubladenschalung die Deckenschalung wird mit kurzen, über Spindeln höhenverstellbaren Stahlstützen auf Wandkonsolen abgestützt
- gekrümmte Großflächenschalungen: Rundschalungen
- Raumschalungen
  - Tunnelschalung auch für Geschosswohnungsbau, Kanäle, Abwassersammler (Siele)
  - Schlauchschalung mit Kautschuk beschichteter Kunstfasergewebeschauch (mit  $\varnothing$  20 bis 300 cm, bis 30 m lang, mit 25 ... 60 kPa aufzublasen);  
wichtig: Lagesicherung und Sicherung gegen große Auftriebskräfte

### 3.3.4.2 Schalungsklassifikation nach Marktangebot: system- und nicht systemgebundene Schalungen

**Systemschalungen** sind modular strukturierte herstellereigenspezifische Systeme, die alle Schalungskomponenten (Schalhaut, Unterstützungs- und Tragkonstruktion, Verbindungsmittel, Zubehör, Krananschlagpunkte, Arbeitsgerüste) umfassen. Sie werden in Serien gefertigt, sind vielseitig verwendbar, mit geringem Arbeitsaufwand zu montieren und umzusetzen. Durch Vorgaben des Herstellers sind sie bei minimalem Aufwand für die Arbeitsvorbereitung rationell für typische Bauwerksteile einsetzbar. Anwendungsvoraussetzung ist die Anpassung von Baukonstruktion und Technologie an die Bedingungen der Systemschalung.

Vorteile:

- hohe Arbeitsproduktivität
- schneller Baufortschritt
- günstige Kosten
- stabile Qualität

Problemstellen:

- Verfügbarkeit des Gesamtsortiments
- Grenzen durch den Transport (bei großen Abmessungen)
- Umsetzen (Vorgabe der Anschlagpunkte)
- Montagesicherheit  $\Rightarrow$  Einhaltung der Montageanweisungen

**Nichtsystemgebundene Schalungen** finden projektgebunden bei Bauteilen komplizierter Form und mit speziellen Abmessungen Anwendung und werden individuell gefertigt. Das bedingt einen hohen Arbeitsaufwand und setzt Erfahrungen und qualifizierte Mitarbeiter voraus.

Große Schalungshersteller bieten auch einen Fertigungsservice für Sonderschalungen an, um Standardschalungen kostengünstig zu ergänzen oder Sonderschalungen komplett zu fertigen.

### 3.3.4.3 Sonderschalungen

Als Sonderschalungen werden Schalungen bezeichnet, die nach einem besonderen Wirkprinzip funktionieren (aufblasbare Schalungen) oder Zusatzfunktionen erfüllen (Vakuumschalungen, beheizbare Schalungen).

### 3.3.4.4 Verlorene Schalungen

Verlorene Schalungen werden nach dem Betonieren nicht ausgeschalt und verbleiben im Bauwerk. Sie finden dann Anwendung, wenn (vgl. [3-28, S. 138]):

- die Ausschalkkosten den Wert der Schalung übersteigen,
- das Schalmaterial einen Teil des Bauwerks bilden soll,
- das Schalmaterial nicht wiedergewonnen werden kann, weil es vollständig vom Beton umhüllt ist,
- durch das Schalmaterial ein zusätzlicher Effekt erreicht werden soll (z. B.: Wärmedämmung),
- das Schalmaterial schadlos im Bauwerk verbleiben kann.

Einen Sonderfall stellen die Halbfertigteile dar, die streng genommen nicht zu den verlorenen Schalungen zählen. Sie werden aber eingesetzt, wenn deren Formgebung kompliziert (gewendelte Treppen) oder aufwendig (Pumpenauswurf im Grundwasserbereich) ist und dadurch Schalungsaufwand vor Ort eingespart werden kann (Filigran-

Deckenplatten, halbfertige Unterzüge mit hervorstehender Bügel- und Anschlussbewehrung). Oft ist es ratsam, Halbfertigteile mit Aufkantungen zu bestellen, um zeitraubende ergänzende Schalarbeiten auf der Baustelle zu minimieren.

### 3.3.4.5 Bewegliche Schalungen

Im Gegensatz zu den festen bzw. Standschalungen verändern bewegliche Schalungen ihre Lage während des Betonierens kontinuierlich oder periodisch. Dazu gehören Fahr-, Gleit- und Kletterschalungen, die vor allem für Objekte mit einer ausgeprägten Fertigungsrichtung, wie Wände, Fahrbahnen, Kanäle und Tunnel, zum Einsatz kommen. Hier sollen nur die Kletter- und Gleitschalungen vorgestellt werden.

#### Kletterschalungen

Kletterschalungen eignen sich für hohe Wände, die in einzelnen Höhenabschnitten gefertigt werden können. Man unterscheidet nichtselbstkletternde Schalungen, die Kranhilfe benötigen, und selbstkletternde Schalungen.

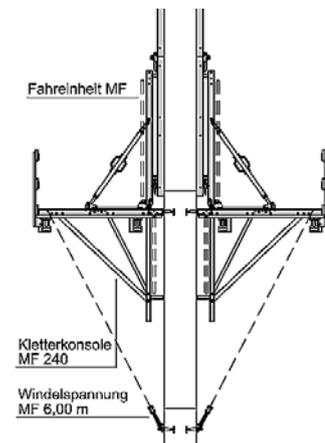
Merkmale von Kletterschalungen:

- diskontinuierlich mit gleichgroßen Kletterschritten bewegte Schalung
- regelmäßiger Kletterrhythmus (Taktfertigung)
- keine gesonderte Rüstung erforderlich (integrierte Arbeitsbühne)
- Großflächigkeit der Schalung
- Größe der Schalungsfläche hängt von der Tragkraft der Hebezeuge (Kran, Heber) ab

Typische Anwendungsbeispiele sind Behälter, Brückenpfeiler, turmartige Bauwerke, Staumauern, Treppenhaus- und Aufzugskerne von Skelettbauten (Stabilisierungskerne).

Die Lasten aus der Kletterschalung werden über die Verankerungen konzentriert in den jungen Beton eingetragen. Deshalb sind die Erhärtungsgeschwindigkeit des Betons und die Verankerungsbildung von ausschlaggebender Bedeutung für den Baufortschritt. Sehr wichtig ist eine rationelle Arbeitsorganisation (z. B.: Betonieren am Nachmittag, Schalen am nächsten Vormittag), um keine ablaufbedingten Unterbrechungen während der Arbeitszeit entstehen zu lassen und die Arbeitssicherheit zu gewährleisten.

Abb. 3.21 Selbstklettereinheit von DOKA für vertikale Wände. Man erkennt die in das junge Bauwerk eingelassenen Konen für die Befestigung sowie die Betonierabschnitte



#### Gleitschalungen

Gleitschalungen eignen sich für Bauwerke mit einfacher Grundrissform bei Beibehaltung der geometrischen Form über die gesamte Gleithöhe (Veränderung der horizontalen Abmessungen nur bei kreisförmigen Querschnitten) und mit möglichst kleiner Anzahl von Öffnungen und Einbauten (sonst kompliziertes Justieren und Fixieren, Stabilitätsprobleme). Die Anforderungen an Wanddicke, Maßhaltigkeit und Oberflächengüte müssen den Möglichkeiten des Verfahrens entsprechen.

Merkmale von Gleitschalungen:

- Ausbildung der Schalung als Kranz
- kontinuierlich (alle 10 bis 30 min) bewegte Schalung (erfordert in der Regel 24h-Schicht)
- keine gesonderte Rüstung erforderlich (integrierte Arbeitsbühne, die gleichzeitig Aussteifungs- und Stabilisierungselement ist)
- Großflächigkeit der Schalung
- Gleitgeschwindigkeit beträgt in Abhängigkeit von Zementsorte und Frischbetontemperatur 15 bis 30 cm/h, theoretisch bis 10m/24h
- Betonierquerschnitt hängt von der einzuhaltenden Betoniergeschwindigkeit und der Leistungsfähigkeit der Betoneinbaukapazität ab
- Unterteilung großer Querschnitte in Gleitabschnitte, unter Beachtung der beherrschbaren Betoneinbauleistung

Typische Anwendungsbeispiele sind Aussteifungskerne von Skelettbauten (Stabilisierungskerne), Behälter, Silobauwerke, Brückenpfeiler und turmartige Bauwerke.

### 3.3.5 Der praktische Schalungseinsatz

#### 3.3.5.1 Schalungsprojektierung

Rationelle Schalungstechnologie setzt eine schalungsgerechte Projektierung voraus:

- einheitliche Bauteilabmessungen (Serienbedingungen, Beachtung schalungstypischer Raster),
- Vermeidung von Passstücken,
- Abstimmung der Bauteilabmessungen unter Berücksichtigung der Bewehrungsführung,
- Vereinfachung der Bauteilformen (wenig Querschnittsänderungen, keine herausragenden Einbauteile, keine Vorsprünge, Vermeiden von vielgestaltigen Aussparungen),
- Schaffung großer und zusammenhängender Schalungsflächen,
- Berücksichtigung von Maßabweichungen, die bei der angewandten Schalungsmethode auftreten können,
- Abstimmung der Bewehrung auf die Schalungsabschnitte bzw. Arbeitsfugen und umgekehrt,
- Erfassung der aus dem Schalungseinsatz resultierenden Beanspruchungen der erhärtenden Betonteile.

Ein Schalungsprojekt enthält:

- Erläuterungsbericht,
- Aufbau und statischen Nachweis der Schalungskonstruktion,
- Ausführungsunterlagen der Schalarbeiten ⇒ Schalpläne,
- Wirtschaftlichkeitsnachweis.

**Schalpläne** dienen der eindeutigen Darstellung von Form, Abmessungen und geometrischen Besonderheiten der vor Ort herzustellenden Beton- und Stahlbetonteile (i. A. im Maßstab 1:50, Details 1:20).

Bei Einsatz systemgebundener Schalung wird der Schalplan um die Angaben zum Aufstellen der Schalelemente ergänzt (häufig als „Stellplan“ bezeichnet). Viele Schalungshersteller halten für ihre Systeme EDV-gestützt Projektierungshilfsmittel mit Anbindung an CAD-Systeme bis hin zur kompletten Arbeitsvorbereitung bereit, z. B. ELPOS, PERICAD (beide PERI), TIPOS (THYSSEN-HÜNNEBECK), DOKA.

#### 3.3.5.2 Schalungsbedarf

Der Schalungsbedarf gibt an, welche Schalungskomponenten in welcher Stückzahl wann und wo bereitzustellen sind. Er wird anhand des Betonierplanes ermittelt, denn aus den Betoniergeschwindigkeiten und dem Baufortschritt folgt das Aufkommen an zu schalender Fläche. Der konkrete Schalungsbedarf ergibt sich unter Berücksichtigung von

- Bauwerksgliederung in Betonierabschnitte,
- Art und Abmessungen der Schalungen,
- Anzahl der einzusetzenden Schalsätze,
- maximaler Soll-Einsatzmenge (geplante Spitzenkapazität),
- Dauer der Schaltakte,
- Häufigkeit der Schalungseinsätze (Schalungsumschlag),
- Aufwand für die Schalungsnachbehandlung und -instandsetzung,
- Personaleinsatz für die Schalungsherstellung.

#### 3.3.5.3 Trennmittel

Die Behandlung der Schalhaut mit einem Trennmittel verringert die Adhäsion zwischen Beton und Schalhaut. Die einfachste Form ist das Anrässen der Schalung. Schalholz ohne Oberflächenvergütung quillt auf, so dass sich Fugen oder Risse an der Schalungsoberfläche schließen.

Trennmittel sind spezielle Stoffe. Sie

- erleichtern das spätere Ablösen der Schalhaut,
- verhindern das Beschädigen der Betonoberfläche,
- verringern die Verschmutzung von Schalhaut und Unterstützkonstruktion durch Betonrückstände,
- erhöhen die Anzahl der möglichen Einsätze der Schalhaut.

Sie finden Anwendung in Form von

- Mineralöl-Lack-Emulsionen (für saugende Schalungen),
- Mineralölen mit Trennzusätzen (physikalisch-chemische Wirkung, günstig bei Frost),
- flüssigem Schalwachs, Schallacken und Schalpasten.

Tab. 3.4: Übersicht über die Anwendung von Trennmitteln

Schalungsart und Oberfläche	Holz		Metall	Kunststoff		
	saugend			nicht saugend		
Trennmittel	säge- rau	gehobelt glatt	kunstharz- vergütet	sehr glatt	sehr glatt	struk- turiert
Wasser (Wässern) Mineralöle Emulsionen	gut geeignet		ungeeignet			
Mineralöl mit Trennzusätzen	mäßig geeignet		gut geeignet			
Schallacke Wachslösungen	mäßig geeignet		gut geeignet	mäßig geeignet	gut geeignet	mäßig geeignet
Wachspasten	ungeeignet	mäßig geeignet	gut geeignet	mäßig bis gut geeignet		un- geeignet

Trennmittel dürfen die Schalung, Beton und Bewehrung nicht schädigen oder die Oberflächenqualität des Betons nachteilig beeinflussen (vgl. DIN 1045-3:2008, 5.4). Im Interesse des Umweltschutzes sollen sie frei von Lösemitteln und biologisch abbaubar sein. Trennmittel sind so sparsam wie möglich einzusetzen, denn überschüssiges Trennmittel dringt u. U. tief in die Betonoberschicht ein und ist dort für spätere Schimmelpilzbildung verantwortlich. Deshalb sind auch nichtsaugende Schalungen zu bevorzugen.

### 3.3.5.4 Ausschallfristen

Ein Bauteil darf erst ausgeschalt werden, wenn der Beton eine ausreichende Festigkeit erreicht hat. Die Zeitdauer bis zu diesem Moment nennt man Ausschallfrist.

Durch das Ausschalen erfolgt die Umverteilung des Lastabtrags von Schalung und Rüstung auf das eigentliche Bauwerk. „Dazu kann eine Erhärtungsprüfung oder eine Reifegradprüfung sinnvoll sein. Bei den ermittelten Ausschallfristen sind zusätzlich aufgebrachte Lasten, z. B. aus dem Arbeitsbetrieb, zu berücksichtigen. Wenn diese nicht durch das Bauteil abgetragen werden können, sind Hilfsstützen ... anzuordnen.“ (DIN 1045-3:2008, 5.6.1 (1))

Besondere Vorsicht ist bei Bauteilen geboten, „die unmittelbar nach dem Ausrüsten hoch belastet werden (z. B. bei Dachdecken oder bei Geschossdecken, die durch noch nicht erhärtete, darüber liegende Decken belastet sind).“ „Stützen, Pfeiler und Wände sollten vor den von ihnen gestützten Tragteilen ausgeschalt werden.“ (DIN 1045-3:2008, 5.6.1 (2) und (4))

Wenn das Belassen des Betons in der Schalung zur Nachbehandlung gehört, dann sind für das Ausschalen die Bedingungen der Tab. 3.5 zu berücksichtigen.

Tab. 3.5: Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton bei den Expositionsklassen nach DIN 1045-2 außer X0, XC1 und XM (Tab. 2 in DIN 1045-3:2008) in Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur

Oberflächen- temperatur $\vartheta$ in °C <sup>e</sup>	Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen <sup>a</sup>			
	Festigkeitsentwicklung des Betons <sup>c</sup> $r = f_{cm2} / f_{cm28}$ <sup>d</sup>			
	schnell: $r \geq 0,50$	mittel: $r \geq 0,30$	langsam: $r \geq 0,15$	sehr langsam: $r < 0,15$
$\vartheta \geq 25$	1	2	2	3
$25 > \vartheta \geq 15$	1	2	4	5
$15 > \vartheta \geq 10$	2	4	7	10
$10 > \vartheta \geq 5$ <sup>b</sup>	3	6	10	15

<sup>a</sup> Bei mehr als 5 h Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.

<sup>b</sup> Bei Temperaturen unter 5 °C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeiten zu verlängern, während deren die Temperatur unter 5 °C lag.

<sup>c</sup> Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis der Mittelwerte der Druckfestigkeiten nach 2 Tagen und nach 28 Tagen (ermittelt nach DIN EN 12390-3) beschrieben.

<sup>d</sup> Zwischenwerte dürfen eingeschaltet werden.

<sup>e</sup> Anstelle der Oberflächentemperatur des Betons darf die Lufttemperatur angesetzt werden.

Ausschallfristen beinhalten nur Anhaltswerte (vgl. Tab. 3.6) für bestimmte Umgebungsbedingungen und Zementfestigkeitsklassen. Der Bauleiter trägt die volle Verantwortung. Er hat zu überprüfen, ob der Beton eine für das

Ausrüsten und Ausschalen ausreichende Festigkeit erreicht hat und darf erst dann das Ausrüsten und Ausschalen anordnen. Die Zeitabschnitte des Ausrüstens und Ausschalens sowie die Lufttemperatur und Witterungsverhältnisse sind (z. B. im Bautagebuch) aufzuzeichnen. Neben der ausreichenden Tragsicherheit des jungen Bauwerks spielt dabei auch die Durchbiegung der noch nicht endgültig ausgehärteten Tragglieder eine Rolle.

Tab. 3.6 Anhaltswerte für die Ausschalfrieten wenn die Betontemperatur seit dem Einbringen stets mindestens 5 °C betrug

Zementfestigkeitsklasse nach DIN EN 197-1	Schalung von Wänden, Stützen und Balken (seitlich)	Schalung von Deckenplatten	Rüstung von Balken, Rahmen und weit gespannten Platten
	Tage	Tage	Tage
32,5 N	3	8	20
32,5 R und 42,5 N	2	5	10
42,5 R und 52,5 N	1	3	6

### 3.3.5.5 Qualität und Sicherheit

Nach DIN 18331 (VOB/C) bleibt die Wahl der Schalung nach Art und Stoffen dem Auftragnehmer überlassen. Entscheidend für den Auftraggeber ist die Qualität des Erzeugnisses. Voraussetzungen für gute Qualität sind

- ordnungsgemäße Arbeitsvorbereitung (Berechnung, Konstruktion, rechtzeitige und sortimentsgerechte Bereitstellung des Schalmaterials),
- gründliche Unterweisung, Anleitung und Kontrolle des Personals,
- Beachtung der besonderen Anforderungen aus mit Beton gestalteten Ansichtsflächen (vgl. DBV-Merkblatt Sichtbeton),
- guter Pflegezustand der Ausrüstung und Sauberkeit der betonberührten Schalungsflächen.

Ursachen für Qualitätsmängel sind u. a.

- Fehler in der Konstruktion, z.B. hinsichtlich der Lastannahmen, der Gewährleistung der Standsicherheit (Folgen: ungenügende Tragfähigkeit, zu große Verformungen),
- Auswahl des falschen Schalverfahrens und/oder -materials ⇒ ungenügende Oberflächenbeschaffenheit,
- Fehler in der Ausführung, z. B. Montagefehler, Überlastung beim Betonieren ⇒ Maß- und Formabweichungen,
- Verwendung verschlissener Schalelemente ⇒ verminderte Tragfähigkeit und Verformungen.

Nicht selten folgen aus nicht qualitätsgerechtem Arbeiten Mängel in der Arbeitssicherheit und ereignen sich Unfälle oder Havarien.

#### Für Schalarbeiten typische Schadensfälle:

- Havarien:
  - Versagen von Lehrgerüsten unter Belastung
  - Umsturz von Schalungskonstruktionen beim Auf- und Abbau oder infolge Windlast
  - Versagen von Verbindungsmitteln und Abstütungen beim Betonieren
- schwere Arbeitsunfälle:
  - Absturz von Mitarbeitern
  - Unfälle durch Absturz von Schalmaterial beim Krantransport
  - Unfälle durch Um-/Einsturz nicht ausreichend fester und stabiler Schalungskonstruktionen
  - Unfälle durch schlagartiges Freiziehen von Schalungsmaterial beim Ausschalen
  - Unfälle durch mangelhaften Aufbau von Arbeitsgerüsten und Absturzsicherung an Schalungen
- Erkrankungen: Allergien durch mineralölhaltige Trennmittel (Ölakne)

Die Anwendung moderner Schalverfahren (Systemschalungen) bietet nicht nur gute Voraussetzungen für kostengünstiges und qualitätsgerechtes Arbeiten, sondern mindert – insbesondere durch die werkseitige Integration von Arbeitsschutzelementen – die Gefahren bei der Durchführung von Schalarbeiten. Das zeigt sich unter anderem darin, dass die Unfallhäufigkeit bei der Arbeit mit Systemschalungen im Vergleich zu individuellen Schalverfahren nur ein Zehntel beträgt. Weitere Informationen sind u. a. in [3-20] zu finden.

### 3.3.6 Schalungskosten

Die Schalungskosten werden maßgeblich durch die Konstruktion des Bauwerks und das gewählte Schalungsverfahren beeinflusst. Deshalb ist bereits bei der Gestaltung der Bauwerksgeometrie auf schalungsgerechte Konstruktion zu achten – vgl. Kap. 3.3.5.1.

Zudem sind Schalungsarbeiten sehr arbeitsintensiv. Die Lohnkosten umfassen mehr als die Hälfte der Schalungskosten. Kosten- und Aufwandswerte sind z. B. in [3-7, S. 23ff], [3-11, S. 726ff], [3-21, S. 297ff] enthalten.

Auch bei der Kostenermittlung für Schalungsarbeiten unterscheidet man zwischen Systemschalungen und nicht-systemgebundenen Schalungen. Da Systemschalungen meist in Einzelteilgruppen angemietet bzw. gekauft werden, ist die Kalkulation dieser Schalungen auch weniger aufwendig als bei nichtsystemgebundenen Schalungen. Letztere müssen bei Sonderlösungen in wesentlich mehr zu kalkulierende Einzelteile zerlegt werden. Außerdem kann man bei Systemschalungen besser auf einen umfassenden Fundus von Erfahrungswerten zurückgreifen.

Tab. 3.7 Gliederung der Schalungsanteile nach allgemein geläufigen Anwendungsbereichen (nach [3-10, S. 86])

Lfd. Nr. (1)	Schalungen für die Anwendungsbereiche (Bauteile) (2)	Mittlere Anteile der Mengen in % (3)	Mittlere Anteile der Stunden in % (4)	Faktor (4):(3)
1	Fundamente, Sohlen, Platten, Seiten (Kanten, Fugen)	7	8,5	1,21
2	Wände, Stützmauern, Widerlager, Brüstungen	41	43	1,05
3	Stützen (Pfeiler und Säulen)	7	8,5	1,21
4	Decken, geschosshohe Überbauten	38	26	0,68
5	Balken, Binder, Träger	2	3	1,50
6	Treppen und Podeste	2	4	2,00
7	Gesimse, Konsolen, Radabweiser u. ä.	1	3	3,00
8	Aussparungen, Nischen, Köcher, Schlitze	2	4	2,00
		100	100	

Die Kosten für die Schalung können im Leistungsverzeichnis getrennt (streng nach VOB) oder zusammen mit den Positionen für Beton ausgeschrieben werden. Für die Ausschreibung von Schalungsarbeiten sei wiederum auf das Merkblatt „Sichtbeton – Ausschreibung, Herstellung und Abnahme von gestalteten Betonflächen“ vom BDZ Köln hingewiesen (vgl. Kap. 3.2.4). Bei der Kalkulation von Schalungsarbeiten wird zwischen Hauptkostenarten (Lohn, Stoff, Gerät, Nachunternehmerleistungen) sowie eventuell frei zu definierenden Sonder-Kostenarten unterschieden.

Die **Lohnkosten** werden anhand von Aufwandswerten bezogen auf 1 m<sup>2</sup> zu schalende Fläche ermittelt. Dabei werden nach VOB/C DIN 18331, Nr. 5.4.1 und 5.4.2 Öffnungen < 2,5 m<sup>2</sup> übermessen. Größere Öffnungen werden von der zu schalenden Fläche abgezogen.

Die **Stoffkosten** ermitteln sich anhand der Neupreise aller eingesetzten Schalungs-Einzelteile (bezogen auf einen Monat: Abschreibung ca. 2 bis 3 %, Verzinsung ca. 1,5 bis 2 %, Reparatur ca. 1 % vom Neupreis). Daraus lässt sich die monatliche Belastung der auf der Baustelle vorgehaltenen Schalung prozentual zum Neupreis berechnen. Bereits bei der Kalkulation sollte klar sein, wie lange man die Schalung für eine bestimmte Aufgabe vorhalten muss, da die Mietkosten für Schalung bei Überschreitung der geplanten Einsatzzeit beträchtlich werden können und bei Bauzeitverlängerungen bzw. Behinderungen schnell einen Grund zu Nachtragsforderungen liefern.

**Maschinen- und Gerätekosten** können beim Schalungseinsatz z. B. durch den Einsatz von Verlegemaschinen (z. B. bei Deckentischen) oder Hubbühnen (z. B. bei hohen Unterzügen) entstehen, **Nachunternehmerkosten** z. B. durch Transportdienstleistungen, wenn die Schalung vor und nach dem Einsatz an- bzw. abtransportiert werden muss. Die Kosten für Hebezeuge (Krane) werden in der Regel nicht den Schalkostenpositionen sondern den Kosten der Baustelleneinrichtung (Gemeinkosten der Baustelle) zugeordnet.

### 3.3.7 Ausschreibung, Aufmaß und Abrechnung

Ausschreibung, Aufmaß und Abrechnung erfolgen vorwiegend in Übereinstimmung mit der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB), speziell Teil C (DIN 18 331); siehe auch Tab. 3.2 in Kap. 3.2.4 (S. 72).

Tab. 3.8 Beispiel für Ausschreibungs-Positionen von Schalungsarbeiten im Leistungsverzeichnis

Position	Ausschreibungs-Kurztext	Ausschreibungs-Langtext	Menge	Mengen-einheit	Preis (€)
01.05.0500	Schalung Außenwand 'bis 3,00'	Schalung der Außenwände, einhäutig, Schalungshaut für Betonflächen geeignet für das Aufbringen von 'Beschichtung', Bauteilhöhe in m 'bis 3,00', Ausführung 'Innenschalung der Außenwände der Weißen Wanne in Erdreich'.	30,00	m <sup>2</sup>	31,45
01.05.0950	Schalung Stütze 'bis 3,0 Durchmesser bis 35 cm', Sichtbeton	Schalung der Stützen, Querschnitt kreisförmig, Schalungshaut für Betonflächen mit Anforderung, 'als Sichtbeton, glatte Oberfläche, porenfrei, einheitliche Farbgebung, ohne sichtbare Schalungsstöße', Bauteilhöhe in m 'bis 3,0, Durchmesser bis 35 cm'.	50,00	m <sup>2</sup>	43,56

## 3.4 Bewehren

### 3.4.1 Bewehrung

Die Bewehrung soll (im Verbund mit dem Beton) Zugspannungen aufnehmen und Zugkräfte übertragen.

Prinzipiell ist zu unterscheiden zwischen:

- schlaffer Bewehrung (im Stahlbeton) und
- vorgespannter Bewehrung (im Spannbeton)

- Verbund

Im Stahlbetonbau entsteht der Verbund mit dem Erhärtungsprozess des Betons (**sofortiger** Verbund).

Beim Spannbeton ist neben dem sofortigen auch der **nachträgliche** Verbund möglich (nachträgliches Einbringen der Bewehrung in das bereits erhärtete Betonteil und Verpressen der Spannkable mit Mörtel).

- Arten von Bewehrungen

Nach ihrer Struktur, die linear, flächen- oder räumlich orientierte sein kann, unterscheidet man Bewehrungselemente in Form von

- Einzelstäben,
- Matten und Leitern,
- Körben.

### 3.4.2 Bewehrungsstähle

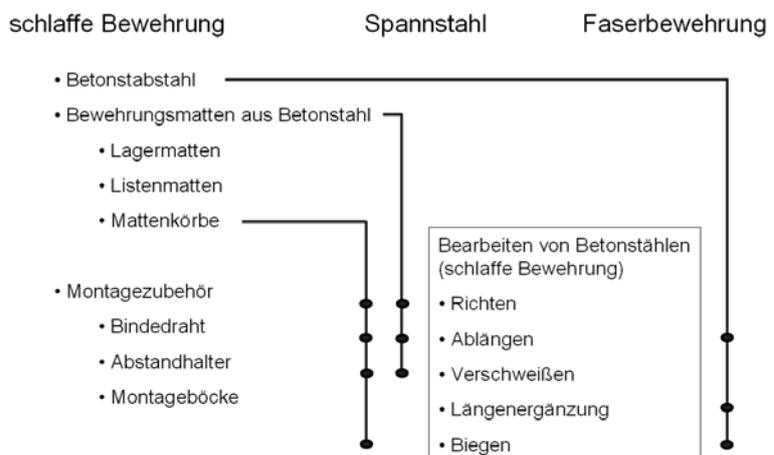


Abb. 3.22 Bewehrungsarten und Betonstahlbearbeitung

**Betonstähle** (nach DIN 488) sind schweißgeeignete<sup>10</sup> Stahlstäbe und -drähte mit nahezu kreisförmigem Querschnitt, vorgesehen zur Verwendung als schlaife Bewehrung im Stahlbeton.

Betonstahl (BSt) gibt es als

- Betonstabstahl S
- Bewehrungsdraht G, P
- Betonstahlmatten M

### Betonstabstahl

Betonstabstahl kann durch Warmwalzen ohne Nachbehandlung, durch Warmwalzen und aus der Walzhitze wärmebehandelt oder durch Kaltverformen (Verwinden, Recken) hergestellt werden.

Nach der Festigkeit gibt es ( $R_e$  ist die Streckgrenze)

BSt 420 S	(Kurzzeichen III S)	= Betonstabstahl mit $R_e = 420 \text{ N/mm}^2$ (zurzeit nicht lieferbar)
BSt 500 S	(Kurzzeichen IV S)	= Betonstabstahl mit $R_e = 500 \text{ N/mm}^2$
Lieferform:	Durchmesser	6; 8; 10; 12; 14; 16; 20; 25; 28 mm
	Regellängen:	12 und 14 m

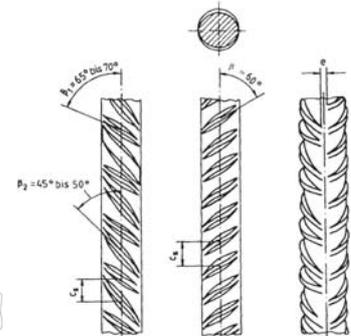


Abb. 3.23 Kennzeichnung von Stabstahl BSt 500 S  
Beispiel: Land Nr. 1, Hersteller 66

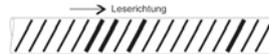
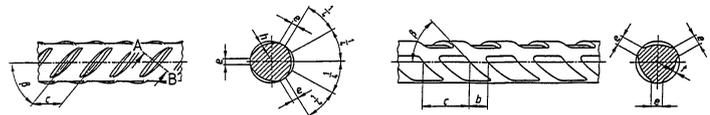


Abb. 3.24 Oberflächengestalt der gerippten Stähle von Betonstahlmatten  
BSt 500 M (links)  
Profiliertes Bewehrungsdraht  
BSt 500 P (rechts)



Wegen des besseren Haftverbundes werden Stabstähle und Matten nur noch mit schräg gerippter Oberfläche gefertigt. Aus der Form der Rippen ist das Herstellungsverfahren nicht ableitbar. Aber die Festigkeit ist erkennbar:

III S:	Schrägrippen mit unterschiedlichem Abstand auf beiden Seiten
IV S:	Schrägrippen mit unterschiedlicher Neigung auf beiden Seiten

### Bewehrungsdraht

BSt 500 G (IV G)	Bewehrungsdraht mit glatter Oberfläche
BSt 500 P (IV P)	Bewehrungsdraht mit profilierter Oberfläche
Lieferform:	Durchmesser 4 ... 12 mm, abgestuft in 0,5 mm – Schritten, in Ringen

### Betonstahlmatten

Betonstahlmatten werden vor allem dann verwendet, wenn große Flächen (horizontal oder vertikal) bewehrt werden müssen. Matten sind werkmäßig vorgefertigte Bewehrungselemente aus kalt verformten Stäben BSt 500 M mit Durchmesser 4 bis 12 mm, die durch Widerstands-Punktschweißen (RP) miteinander verbunden wurden. Die Stäbe besitzen drei gleichgroße Reihen von Schrägrippen, wobei eine Reihe gegenläufig zu den anderen beiden angeordnet ist.

**Lagermatten** sind Betonstahlmatten mit festliegenden Stabquerschnitten, Stababständen, Überständen und äußeren Abmessungen. Sie sind in der Regel stets ab Lager lieferbar. Handelsüblich sind:

<b>N-Matten:</b>	kleine Stababstände, nur 3 mm Durchmesser (nur für nicht-statische Zwecke)
<b>Q-Matten:</b>	Bewehrungsgrad 1,3 ... 6,7 $\text{cm}^2/\text{m}$ , in beiden Richtungen gleich groß
<b>R-Matten:</b>	Bewehrungsgrad 1,9 ... 5,9 $\text{cm}^2/\text{m}$ in Längsrichtung, i. d. R. 20 % davon in Querrichtung
<b>K-Matten:</b>	Bewehrungsgrad 6,6 ... 8,8 $\text{cm}^2/\text{m}$ in Längsrichtung, 20 % davon in Querrichtung

siehe auch: <http://www.betonstahlmatten.de/isbweb-bin/owa/homepage/> ⇒ Arbeitshilfen  
<http://www.delta-draht.de/> ⇒ Betonstahlmatten

(letzter Abruf vom 12. 09. 2008)

<sup>10</sup> Es ist zu beachten, dass beim Bauen im Bestand die Schweißeignung älterer Betonstähle nicht grundsätzlich gegeben ist.

**Listenmatten** sind Betonstahlmatten, deren Mattenaufbau, Stabdurchmesser, Stababstände und Mattenabmessungen vom Besteller festgelegt werden. Ihre Länge kann bis 12 m, ihre Breite bis 3 m betragen. Durch die Wahl abgestufter Querschnitte und Abstände entsprechend dem Zugkraftverlauf im Stahlbetonteil lassen sich gegenüber Lagermatten bis zu 35 % der Bewehrung einsparen. Es können auch Listenmatten für Bewehrungsquerschnitte  $> 8 \text{ cm}^2/\text{m}$  gefertigt werden. Sie sind dann einzeln mit dem Kran zu verlegen. Listenmatten sind nur unwesentlich teurer als Lagermatten, haben aber längere Bestellzeiten.

**Zeichnungsmatten** werden für spezielle Bauteile (gekrümmte Bauteile, Paraboloiden u. ä.) nach Zeichnung gesondert gefertigt und werden am vorgesehenen Ort ohne weitere Änderungen eingebaut. Für die Matten existieren spezielle Planunterlagen zum Biegen und Schneiden. Da diese Matten deutlich teurer sind, werden sie nur bei Spezial-Bauteilen bzw. bei Bauteilen mit besonderen Anforderungen – auch bei der Abnahme – (z. B. extrem genaue Lage der Bewehrungsstäbe bei Brückenbauwerken) verwendet.

An **sonstigen Stählen** sind zu erwähnen:

- Rundstähle aus S235JS – vormals St 37-2 (DIN 1 013),
- Spannstähle,
- Faserbewehrung.

### 3.4.3 Bearbeitung von Betonstählen für schlaffe Bewehrung

Aus den Bewehrungsstählen im Lieferzustand sind die Bewehrungselemente zu fertigen. Die Betonstahlbearbeitung, die **Herstellung der Bewehrung**, umfasst Richten, Trennen (Ablängen), Längenergänzung, Biegen und das Fügen zu komplexen Bewehrungselementen (Matten, Körbe).

- **Richten**

Richten ist in jedem Falle erforderlich, wenn der Stahl in Rollen geliefert wurde, aber auch dann, wenn während des Transportes oder der Lagerung Verformungen an Stabbunden aufgetreten sind. **Richtverfahren** sind Rollen-, Trommel- und autogenes Richten (Anschmelzen und Gefügeveränderungen verhindern!).

- **Ablängen**

Ablängen ist maßgerechtes Trennen des Bewehrungsstahls mittels Bolzenschneider, Handhebelschneidmaschine, motorgetriebener (elektromechanische, ölhydraulische) Betonstahlscheren, Trennschleifen (häufig vor Ort, als Zeichen schlechter Arbeitsvorbereitung) oder Brennschneiden (selten).

- **Längenergänzung**

Längenergänzung ist das Aneinanderfügen von Bewehrungsstählen, um über die Lieferlängen hinausgehende Abmessungen zu erhalten oder auch Stabreste (Restlängen) vollständig zu verarbeiten, u. a. durch

- **Muffen** (Schraub- und Pressmuffen – vgl. Abb. 3.27),
- **Schweißen** (Abbrennstumpfschweißen, Halbschalenschweißverbindung, Längskehlnaht),
- Nutzung der **Verbundwirkung** des Betons (indirekter Stoß, Übergreifungsstoß) – vgl. Abb. 3.28.

- **Biegen**

Beim Biegen erhält der Bewehrungsstahl seine geplante Form, die sehr kompliziert sein kann. Dabei darf der Stahl weder einreißen noch brechen. Deshalb sind bestimmte Mindestbiegeradien nicht zu unterschreiten. Zudem ist die Rückfederung des Stahles zu berücksichtigen, die aus dem elastischen Verformungsanteil folgt (Eignung des Stahls  $\Rightarrow$  Rückbiegeversuch).

Bewehrungsstahl kann man mit einfachen Hilfsmitteln (Rohr), Kröpfeisen per Hand, Handbiegeplatte oder Biegemaschine biegen. Heute verwendet man in der Regel programmgesteuerte Biegemaschinen.

- **Fügen**

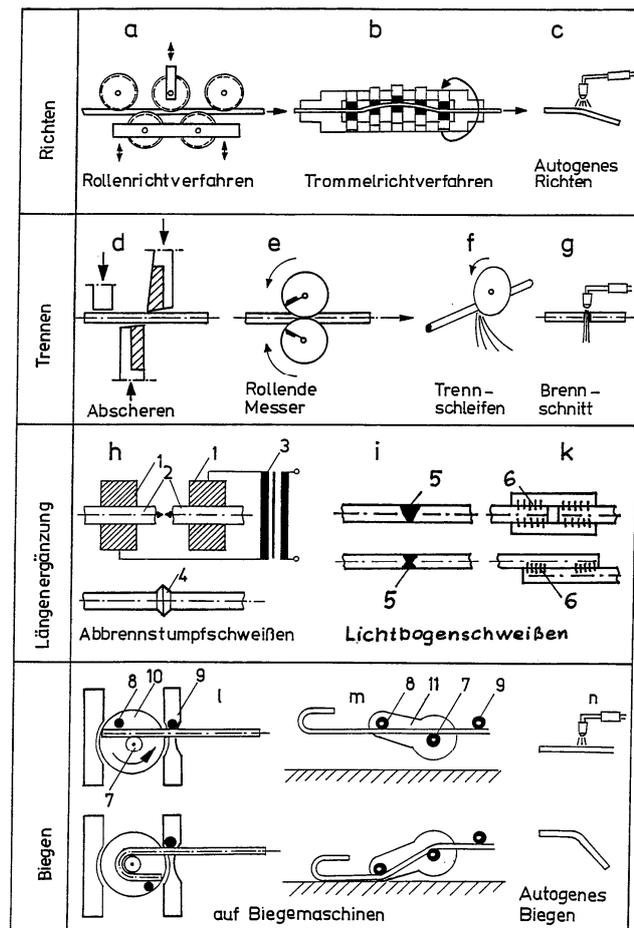
Das Zusammenfügen komplizierter Bewehrungskörbe wird oft durch Punktschweißungen unterstützt. Hierbei werden die Körbe formstabil und transportfähig (z. B. Einfädeln eines fertigen Bewehrungskorbes in eine Wandschalung oder einen Bohrpfahl) hergestellt. Stationär werden dazu auch Schweißautomaten eingesetzt.

Für das Bewehren (Biegen, Schweißen, Transport, Lagerung, Einbau) sind die Festlegungen der DIN 1 045-3, Pos. 6 zu beachten.

Abb. 3.25 Übersicht über die  
Betonstahlbearbeitung

- 1 Spannbacken,
- 2 Betonstahlenden,
- 3 Schweißstromquelle,
- 4 Stauchwulst,
- 5 Stumpfnah,
- 6 Flankenkehlnaht,
- 7 Zentralsporn,
- 8 Biegedorn,
- 9 Haltedorn,
- 10 Biegeteller,
- 11 Biegeflügel

Quelle: K.-D. RÖBENACK



### 3.4.4 Transport, Umschlag und Lagerung von Bewehrungselementen

**Der Transport** von Bewehrungsstahl und -elementen erfolgt auf Pritschen-LKW oder -Anhänger, in besonderen Fällen auch auf Spezialanhängern. Oft unterstützen auf dem Fahrzeug angebrachte Ladekrane den Umschlag. Hilfsmittel, wie Transport- und Lagergestelle, Traversen, erleichtern das An- und Abschlagen, sichern das Transportgut während der Fahrt und verhindern Beschädigungen (insbesondere Verformungen) beim Umschlagen. Transportlose werden durch gebündelte Einzelstabbewehrung, Ringbunde und Mattenpakete gebildet.

**Die Lagerung** der Bewehrungselemente erfolgt in speziellen Lagerbereichen (Betonstahllager) und sollte witterungsgeschützt, mindestens auf trockenem Untergrund, mit Spritzschutz gegen Vereisung erfolgen. Unterlagen aus Schwellen verhindern die Verschmutzung. Stapelrechen bieten eine bessere Raumnutzung, setzen aber das Vorhandensein geeigneter Hebezeuge (Gabelstapler) voraus. Da Bewehrungsstahl mit Hebezeugen umgeschlagen wird, ist es zweckmäßig, den Lagerbereich im Schwenkbereich des Kranes anzuordnen. Direkt vor Ort sollte nur der unmittelbar benötigte Betonstahl liegen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit erfolgt die Lagerung getrennt nach Arten, Qualitäten und Abmessungen. Jede Position der Bewehrungselemente ist zu kennzeichnen (Objekt, Bauabschnitt, Pos. lt. Bewehrungsplan, Stahlorte, Durchmesser, Masse, Abmessungen), d. h. jede Lieferung ist gekennzeichnet durch ein kleines witterungsbeständiges Schildchen, auf dem die Informationen über Position, Objekt etc. aufgedruckt sind.

Da der Lagerplatz auf vielen Baustellen sehr eng bemessen ist, können durch die unkoordinierte Lagerung von Betonstahl logistische Probleme entstehen – Suchen der richtigen Position, Umlagern von Bewehrungsbündeln usw. Hier zählt sich eine von der Bauleitung koordinierte und überwachte Lagerung der gesamten Stahllieferungen aus.

### 3.4.5 Bewehrungseinbau

Beim Bewehrungseinbau werden die einzelnen Bewehrungselemente

- lagegerecht und unverschieblich in der Schalung verlegt und
- miteinander so verbunden oder gegen Schalung bzw. vorhandene Bauwerksteile abgestützt oder an diesen befestigt, dass
  - die mindestens erforderliche Betonüberdeckung gewährleistet ist,
  - bei der weiteren Bewehrungsfertigung und beim Betonieren keine Verschiebungen oder Verformungen auftreten können,
  - das vorgesehene statische Zusammenwirken der einzelnen Bewehrungselemente (Kraft-/Formschluss) gegeben ist.

Die Eisenflechter verbinden die Stäbe mittels Bindedraht untereinander. Mit Abstandhaltern aus Beton oder Kunststoff (Abb. 3.29) wird die Bewehrung von der Schalung abgedrückt. Auch innerhalb eines Bewehrungskorbes dienen Abstandhalter (z. B. in Form von Bügelmaten oder einzelnen räumlich gebogenen Unterstützungsstäben) dazu, den richtigen Abstand zwischen den Bewehrungslagen einzustellen.

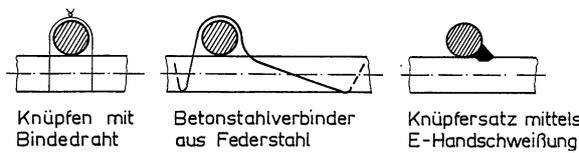


Abb. 3.26 Knüpfverbindungen

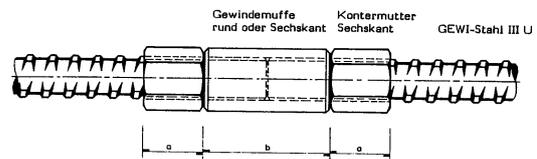


Abb. 3.27 Beispiel einer Schraubmuffenverbindung (DYCKERHOFF & WIDMANN)

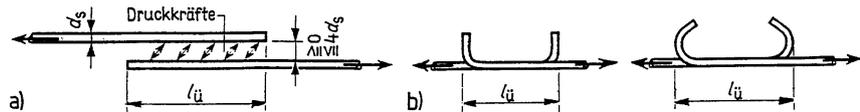


Abb. 3.28 Indirekte Bewehrungsstöße

- a) einfache Übergreifung
- b) Übergreifung mit Haken
- c) Übergreifung durch Schlaufen

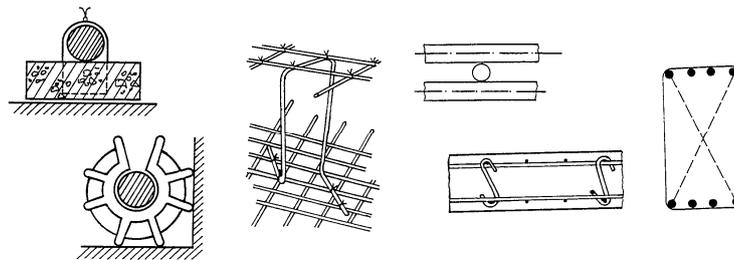
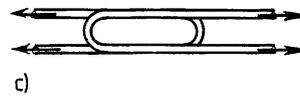


Abb. 3.29 Abstandhalter, von links nach rechts: Beton-Abstandhalter, Kunststoff-Abstandhalter, Stützbügel, Betonstahlstabhalter bei zweilagiger Bewehrung, S-Haken, Stabilisierung von Bewehrungskörben

### 3.4.6 Arbeitsvorbereitung

- **Bewehrungspläne** (im Maßstab 1:20 oder 1:50)
  - mit maßstäblicher Darstellung des Stahlbetonteils, um Anzahl, Abstände, Stahlsorten und Durchmesser sowie Lage der Stähle sichtbar zu machen)
- **Stahlauszug** (bemaßte Darstellung der Bewehrungsstäbe, liefert die zum Ablängen und Biegen erforderlichen Angaben in Gestalt von geometrischen Formen oder besonderer Schlüssel Tabellen)
- **Stahlliste** (tabellarische Übersicht über die zu liefernden Stähle nach Positionsnummer, Sorte, Anzahl, Durchmesser, Schnitt- und Gesamtlängen)

### 3.4.7 Bewehrungskosten

Ein großer Anteil der Bewehrungskosten sind Lohnkosten. Sie hängen vom Arbeitsaufwand ab. Der Aufwand für das Bearbeiten und Verlegen von Betonstahl wird vor allem bestimmt durch

- den Bewehrungsanteil im Beton,
- die Stabdurchmesser,
- die Form der Bauteile,
- die Lage (waagrecht oder senkrecht) der Bauteile,
- das Mengenverhältnis von Stabstahl zu vorgefertigten Bewehrungselementen.

Anhaltswerte sind u. a. in [3-7] zu finden. Nachfolgend stehen **Aufandswerte** für Betonstahlarbeiten beim Bau von Wohn-, Geschäftshäusern und Verwaltungsgebäuden (nach SIMONS):

Betonstahl und Betonstahlmatten abladen	von Hand	2,2 h/t
	mit Kranhilfe	1,1 h/t
Betonstahl schneiden, biegen, bündeln	auf der Baustelle	8,0 h/t
	in Vorfertigungsstelle	6,5 h/t
Betonstahlmatten biegen		6,0 h/t
Betonstahl verlegen und flechten	bei eingearbeiteter Mannschaft	35,0 h/t
	bei großem Anteil von Bügeln	45,0 h/t
Betonstahlmatten verlegen	in Decken, Mattengewicht < 25 N/m <sup>2</sup>	16,0 h/t
	in Decken, Mattengewicht > 25 N/m <sup>2</sup>	12,0 h/t
Betonstahlmatten verlegen	in Wänden, Mattengewicht < 25 N/m <sup>2</sup>	25,0 h/t
	in Wänden, Mattengewicht > 25 N/m <sup>2</sup>	22,0 h/t

Im Durchschnitt größerer Baustellen benötigt ein Eisenflechter heutzutage etwa 8 bis 10 h/t.

Der **Arbeitszeitaufwand** sinkt auf der Baustelle je t Bewehrungsstahl tendenziell

- mit zunehmendem Betonstahldurchmesser,
- mit zunehmendem Bewehrungsgrad,
- bei Verwendung von Matten anstelle von Einzelstäben,
- bei guter Kranunterstützung und einbaunaher Zwischenlagerung,
- bei Verwendung großflächiger Matten mit Kranverlegung.

Für **Aufmaß und Abrechnung** ist in der Regel die VOB/C, DIN 18 331, maßgebend. Die Bewehrung wird nach dem Gewicht in den Stahllisten abgerechnet. Hierbei ist zu beachten, dass zur Bewehrung auch die Unterstützungen, z. B. Stahlböcke, Abstandhalter aus Stahl, sowie Spiralbewehrungen, Verspannungen, Auswechselungen, Montageeisen (nicht jedoch Zubehör zur Spannbewehrung) gehören. Bindendraht, Walztoleranzen und Verschnitt finden hingegen im Abrechnungsgewicht keine Berücksichtigung.

### 3.4.8 Qualität und Sicherheit

Die Ausführung von Bewehrungsarbeiten ist mit einem hohen Arbeitsaufwand und Anforderungen an das Personal verbunden. Für Spannstahl gelten bestimmte Zulassungsbedingungen für den Ausführungsbetrieb und besondere Qualitätsnachweise.

Ursachen von **Qualitätsmängeln** liegen z. B. in

- zu dichter Lage der Bewehrungsstäbe, fehlenden oder zu schmalen Rüttelgassen,
- zu eng angesetzten Maßtoleranzen,
- zu kleinen Biegeradien,
- Verschiebung des Bewehrungsgeflechts infolge mangelnder Befestigung,
- Verschiebung oder Fehlen von Bügeln,
- zu geringer Betondeckung,
- Verformungen des Betonstahls und Rost durch Fehler beim Lagern und Transportieren,
- Materialverwechslung,
- nicht zeichnungsgerechtem Einbau.

Ursachen von **Havarien** beim Umschlag liegen vor allem im Verhaken von Bündeln (⇒ Kranumsturz oder Beschädigungen) und in der falschen Ausführung der Bewehrungsarbeiten (⇒ Versagen der Baukonstruktion).

**Arbeitsunfälle** ereignen sich vor allem beim Schneiden und Biegen, während der Transport- und Umschlagprozesse und beim Einbau (Schnitt-, Quetsch-, Schlag- und Pfählungsverletzungen) – vgl. auch [3-20].

### 3.5 Betonieren

#### 3.5.1 Herstellen von Frischbeton

##### 3.5.1.1 Frischbeton und sein Herstellprozess

Frischbeton ist ein Beton, der fertig gemischt ist, sich noch in einem verarbeitbaren Zustand befindet und durch das gewählte Verfahren verdichtet werden kann (vgl. DIN EN 206, 3.1.2). Er wird direkt auf der Baustelle oder in speziellen Fertigungsstätten (Transportbeton) hergestellt.

Die Frischbetonherstellung besteht in der Bereitung eines homogenen Gemisches aus Zementleim und Gesteinskörnungen, wobei nicht nur ein rein mechanischer Mischprozess vonstatten geht, sondern auch die erste chemische Aufbereitung des Zements. Dieser Aufbereitungsprozess hat eine große Bedeutung für die späteren Festbetoneigenschaften!

Die **Herstellung** des Frischbetons umfasst

- Dosieren der Betonbestandteile,
- Beschicken des Mixers,
- Mischvorgang,
- Zugabe von Betonzusatzmitteln,
- Entleeren des Mixers  $\Rightarrow$  Abgabe von Frischbeton.

Vorgelagerte Prozesse sind

- Umschlagen, Lagern und Bewegen der Gesteinskörnungen und des Zements,
- Anwärmen/Kühlen der Gesteinskörnungen (in Ausnahmesituationen).

Nachgelagerte Prozesse sind

- Zwischenlagerung des Frischbetons (kurzzeitig als Übergabepuffer, oder bei Abgabe von Trockengemengen),
- Aufbereitung von Restbeton und Abwasser (in Restbeton-Aufbereitungsanlagen, die aus Klassierern und Wasserabscheidern bestehen).

Frischbeton kann nach seiner Konsistenz (vgl. Abb. 3.30) und dem Größtkorn der Gesteinskörnung **klassifiziert** werden (vgl. DIN EN 206-1:2001, 4.2).

Er wird hergestellt (vgl. Betongruppen in Kap. 3.2.1 auf S. 65) als

- a) Standardbeton ohne Erstprüfung,
- b) Beton nach Eigenschaften,
- c) Beton nach Zusammensetzung.

Für Rezeptbeton, der ohne Erstprüfung hergestellt wird (a – Standardbeton), ist der Mindestzementgehalt je  $\text{m}^3$  verdichteten Beton vorgeschrieben (vgl. Tab. 3.9), um die erforderliche Druckfestigkeit und (bei bewehrtem Beton) ausreichenden Korrosionsschutz zu gewährleisten.

Tab. 3.9 Mindestzementgehalt für Standardbeton mit einem Größtkorn von 32 mm und Zement der Festigkeitsklasse 32,5 nach DIN EN 197-1 (Tab. F.5 in DIN 1045-2:2008)

Druckfestigkeitsklasse	Mindestzementgehalt in $\text{kg/m}^3$ bei Konsistenzbezeichnung		
	steif	plastisch	weich
C8/10	210	230	260
C12/15	270	300	330
C16/20	290	320	360

Bei b) und c) kann der Besteller die Rezeptur genau bestimmen.

Durch Erstprüfung ermittelt der Betonhersteller im Labor anhand von Proben bei b) die für die geforderten Betoneigenschaften günstige Rezeptur. Hier gibt der Besteller die gewünschte Beschaffenheit an – unter Umständen reicht die Angabe von Konsistenz, Endkorngröße und Expositionsklasse für die Bestellung.

Bei c) entscheidet sich der Besteller für eine von ihm bestimmte Rezeptur, meist aus dem Sortenverzeichnis des Lieferanten.

Die **Erstprüfung** besteht (nach DIN EN 206-1:2001, 3.1.41) in „Prüfung oder Prüfungen vor Herstellungsbeginn des Betons, um zu ermitteln, wie ein neuer Beton oder eine neue Betonfamilie zusammengesetzt sein muss, um alle festgelegten Anforderungen im frischen und erhärteten Zustand zu erfüllen“.

Für die Beurteilung der Konformität des Betons mit den festgelegten Betoneigenschaften ist gemäß DIN EN 206-1, Pos. 10.1 der Hersteller verantwortlich. Hierfür muss er falls erforderlich, Erstprüfungen vornehmen und die Produktionskontrolle einschließlich Konformitätskontrolle durchführen.

Der **Konformitätsnachweis** ist die Bestätigung durch Überprüfung oder Vorlegen gesicherter Erkenntnisse, dass die festgelegten Anforderungen an den Beton erfüllt worden sind. Die in DIN EN 206-1:2001 und DIN 1045-2:2008 enthaltenen Bestimmungen für den Konformitätsnachweis gelten als Bestimmungen für den Übereinstimmungsnachweis nach den Landesbauordnungen.

Nach DIN 18331, 3.2 (VOB/C) bleibt es dem Auftragnehmer überlassen, wie er den Beton zur Erreichung der erforderlichen Güte zusammensetzt, mischt, verarbeitet und nachbehandelt.

Unter der **Konsistenz** versteht man die Beweglichkeit eines Frischbetons. In der Betontechnologie charakterisiert sie die Verarbeitbarkeit des Frischbetons. Sie übt einen wesentlichen Einfluss auf die Transport-, Förder-, Einbau- und Verdichtungseigenschaften und u. U. auch die Endfestigkeit des Betons aus.

Nach DIN EN 206-1 wird die Konsistenz mit

- Setzmaß S (Slump),
- Setzzeit V (Vébé),
- Verdichtungsmaß C (Compaction) und
- Ausbreitmaß F (Flow)

charakterisiert.

Konsistenzklassen nach EN 206 (Prüfung nach ISO-Normen)	Konsistenzbeschreibung nach DIN 1045					
	KS		KP		KR	KF
	steif		plastisch		weich	fließfähig
Ausbreit-Klasse (Ausbreitversuch)	-		F1	F2	F3	F4
Ausbreitmaß in mm	-		≤ 340	350 bis 410	420 bis 480	490 bis 600
Verdichtungs-Klasse (Verdichtungsprüfung)	C0		C1	C2	C3	-
Verdichtungsmaß	≥ 1,46		1,45 bis 1,26	1,25 bis 1,11	1,10 bis 1,04	-
Slump-Klasse (Slump-Versuch)	-		S1	S2	S3	S4
Slump in mm	-		10 bis 40	50 bis 60	100 bis 150	≥ 160
Vebé-Klasse (Vebé-Prüfung)	V0	V1	V2	V3	V4	
Vebé in Sekunden	≥ 31	30 bis 21	20 bis 11	10 bis 5	≤ 4	

Abb. 3.30 Konsistenzklassen nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 (nach [3-17, S. 287])<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Nach Aussage von DIN EN 206-1:2001 Pos. 4.2.1 sind die Konsistenzklassen nicht direkt vergleichbar.

### 3.5.1.2 Lagern der Baustoffe

#### Zement

- **Silozement** wird lose angeliefert, in Vorratssilos geblasen und von dort abgezogen. Dabei dürfen die Zementsorten nicht vermischt werden (auch nicht durch Restmengen).
- **Sackzement** wird aus ergonomischen Gründen nur noch in Säcken zu 25 kg angeliefert. Er ist trocken zu lagern.

Beachte:

- Zement darf nicht zu lange gelagert werden, da er Luftfeuchtigkeit aufnimmt und nicht mehr die vorgesehene Festigkeit erreicht.
- Zement ist ätzend und Haut schädigend und deshalb als Gefahrstoff eingestuft.
- Umschlag und Transport des Zements erfolgen abgeschlossen und vorwiegend pneumatisch.

#### Gesteinskörnungen

Da die Gesteinskörnungen einen großen Anteil am Betonvolumen einnehmen, bestimmen sie die Platzverhältnisse an der Stelle der Betonbereitung. Man unterscheidet:

- Haldenlagerung,
- Boxenlagerung (in Reihen- oder Sternboxen),
- Tiefbunkerlagerung,
- Hochsilolagerung (in Reihen- oder Sternsilos).

Dabei ist zwischen Vorrats- und Aktivlagerbereich zu unterscheiden. Der Umschlag der Gesteinskörnungen kann per Schwerkraft (Rutsche, Silo) oder mittels Greifer (Bagger/Kran), Schaufellader, Schrapper, Förderband, Becherwerk oder Beschickerkübel erfolgen. Die Art des Gesteinskörnungsflusses bestimmt zu einem großen Teil die Gestaltung und Einteilung von Mischanlagen.

### 3.5.1.3 Zumessen der Betonbestandteile

Die Qualität des Frischbetons wird wesentlich von der exakten Dosierung aller Betonbestandteile beeinflusst. DIN EN 206-1:2001 (Tab. 21) fordert für Zement, Wasser, Gesteinskörnung sowie Zusatzstoffe über 5 % der Zementmenge eine Genauigkeit von  $\pm 3$  Masse-%, für Zusatzmittel und Zusatzstoffe bis max. 5 % der Zementmenge eine Genauigkeit von  $\pm 5$  Masse-%.

Prinzipiell kann man

- volumetrisch (nach dem Rauminhalt)
- gravimetrisch (nach dem Gewicht)

dosieren. Zement wird grundsätzlich gravimetrisch dosiert – diskontinuierlich in Behälterwaagen oder kontinuierlich über Schnecke oder Förderband (Wiegeband). Auch Gesteinskörnungen dosiert man in der Regel nach dem Gewicht, da hier u. a. die Eigenfeuchte besser berücksichtigt werden kann.

Das Dosieren des Wassers kann diskontinuierlich durch Wasserwaagen oder stetig durch Durchflussmengenmesser (Wasseruhren) erfolgen. Wichtig ist bei der Ermittlung und Dosierung der Wassermenge die Berücksichtigung der Eigenfeuchte der Gesteinskörnungen.

An modernen Mischanlagen wird progammgesteuert nach vorgegebenen Rezepturen, gekoppelt mit Ausgabeprotokoll (Lieferschein), dosiert. In der Regel erfolgen Dosieren und Beschicken unmittelbar aufeinander oder in Kombination miteinander. Manuelle Dosierung erfolgt heute nur noch für untergeordnete Zwecke und Kleinstmengen.

### 3.5.1.4 Das Mischen von Beton

#### Betonmischer

Homogene Gemenge stellt man mit Mixchern her. Die Mischer müssen gem. DIN EN 206-1, 9.6.2.3 in der Lage sein, mit ihrem Fassungsvermögen innerhalb der Mischdauer eine gleichmäßige Verteilung der Ausgangsstoffe und eine gleichmäßige Verarbeitbarkeit des Betons zu erzielen.

Die Bauarten der Mischer für das Herstellen von Beton und Mörtel mit hydraulischen Bindemitteln sind in der DIN 459-1 beschrieben. Prinzipiell gibt es zwei Mischverfahren:

- **Freifallmischen**

Das Mischgut vermischt sich beim freien Fall. Der Prozess wird durch Schaufeln im sich drehenden Mischgefäß (Trommel) beeinflusst.

- **Zwangsmischen**

Das Mischgut wird durch spezielle Werkzeuge unterschiedlicher Art intensiv zwangsweise gemischt.

Mischer werden z. B. verwendet in Gestalt von

- autonom arbeitenden Kipptrommel-Kleinmischern mit Einachsahrgestell,
- fahrbaren Kipptrommel- und Umkehrmischern, komplettiert mit Beschicker- und Wasserdosiereinrichtung,
- stationären Kipptrommelmischern mit Rührwerk, als Einbaugeräte in Mischanlagen – Mischtrommel fördert, gegenläufig angeordnetes Rührwerk mischt,
- Tellerkleinmischern, die mit Fahrgestell, Karren (bis 150 l) oder kranumsetzbar sind,
- stationären Trog- und Tellermischern als Einbaugeräte in Mischanlagen,
- Transportbeton- und Nachmischern.

**Kenngrößen** sind nach BGL [3-1]

- für Mischer: Volumen des in einem Arbeitsspiel herstellbaren Frischbetons in verdichtetem Zustand (Verdichtungsfaktor 1,45) – gemäß DIN 459-1:1995
- für Fahrmischer: Nennfüllung in m<sup>3</sup>

Als **theoretische Mischleistung absatzweise arbeitender Mischer** bezeichnet DIN 459-1:1995 das Volumen des in einer Stunde bei  $n$  Arbeitsspielen herstellbaren Frischbetons in verdichtetem Zustand.

$$Q_{th} = V_{Nenn} \cdot n$$

$V_{Nenn}$  – Nenninhalt – das Volumen des mit einem Arbeitsspiel herstellbaren Frischbetons im verdichteten Zustand („Verdichtungsmaß“ = 1,45  $\Rightarrow$  eigentlich Ausbeuteziffer)

Das Volumen der Trockenfüllmenge ist für Kiesbeton mit dem 1,5-fachen und für Splittbeton mit dem 1,62-fachen des Nenninhaltes anzunehmen.

$n$  – Spielzahl in 1/h

Für **stetig arbeitende Mischer** wird nach DIN 459-1:1995 die theoretische Mischleistung  $I_{th}$  mit der Masse des in einer Stunde herstellbaren Frischbetons charakterisiert.

**Die Nutzleistung** ergibt sich in beiden Fällen (vgl. [3-11, S. 587]) überschläglich aus

$$Q_N = Q_{th} \cdot f_E$$

$f_E$  – Einsatzfaktor, s. nebenstehend

große Mischanlagen  $Q_{th} > 80 \text{ m}^3/\text{h}$

kleine Mischanlagen  $Q_{th} < 20 \text{ m}^3/\text{h}$

Mischanlage	Stundenleistung	Dauerleistung
groß	0,90	0,80
mittel	0,85	0,60
klein	0,80	0,50

### Das Problem der richtigen Mischdauer:

Nach DIN EN 206-1, 9.8 müssen die für die jeweilige Betonzusammensetzung geeigneten Stoffe solange gemischt werden, bis ein homogenes Gemisch entstanden ist. Nach DIN 459-2:1995, 5.3.1 wird für Fahrmischer eine Mindestmischzeit von 3 min, für alle anderen absatzweise arbeitenden Mischer von 30 s festgelegt. Unter Beachtung dieser Mindestmischzeiten kann der Mischerhersteller die Mischzeit wählen.

Praktisch rechnet man (vgl. [3-11, S. 586])

- bei Trommelmischern mit 60 ... **180 s**
- bei Teller- und Trogmischern mit 30 ... **60 s**

Die Mischdauer ist nicht nur für die Homogenität des Gemenges, sondern auch für den Zementaufschluss und die erzielbare Betonfestigkeit wichtig. Schon deshalb sollte sie nicht zu knapp angesetzt werden.

Wenn Zusatzmittel verwendet werden, müssen diese während des Hauptmischganges zugegeben werden, sofern es sich nicht um Fließmittel oder Betonverflüssiger handelt, die nach dem Hauptmischgang zugegeben werden dürfen. In letzterem Fall muss der Beton nochmals gemischt werden, bis sich das Zusatzmittel vollständig in der Mischung verteilt hat und voll wirksam ist (DIN EN 206-1:2001, 9.8). Nach DIN 1045-2:2008 dürfen Betonverflüssiger nicht nachträglich eingemischt werden und darf die Mischdauer nach Zugabe eines Zusatzmittels in einem Fahrmischer nicht weniger als 1 min/m<sup>3</sup> und nicht kürzer als 5 min sein.

### Transportbetonmischer (Fahrnischer)

Transportbetonmischer sind mit Trommelmischern mit Umkehraustragung ausgerüstet und eigentlich zum Transport werkgemischten Betons gedacht (Agitatoren). Sie besitzen einen Wassertank und eine Dosiereinrichtung und können mit Zusatzeinrichtungen, wie Vibratormischwerk, Gegenstromrührwerk, Betonpumpe, Förderband, versehen sein. In einem Fahrnischer darf gemäß DIN 1056-2, 9.8 die Mischdauer nach Zugabe eines Zusatzmittels nicht weniger als 1 min/m<sup>3</sup> und nicht kürzer als 5 min sein. Für die Mischung im Fahrzeug (fahrzeuggemischter Beton) ist die Erfüllung besonderer Auflagen erforderlich und darf die Mischzeit  $t_M$  nicht unter 10 Minuten liegen.

Transportbetonmischer gibt es<sup>12</sup> auf LKW-Fahrgestell mit Nennfüllung 6 – 12 m<sup>3</sup>  
auf Sattelaufleger mit Nennfüllung 9 – 12 m<sup>3</sup>

#### 3.5.1.5 Überwachung des Betonierens

Der Überwachung und Prüfung unterliegen alle Betonbestandteile bei Anlieferung, zumindestens anhand der Lieferscheine und Verpackungsaufdrucke. Nicht ausreichend gekennzeichnete Baustoffe und Bauteile dürfen nicht eingebaut werden. Zudem sind Lufttemperatur und Witterungsverhältnisse während des Betonierens zu überprüfen, zu dokumentieren und entsprechend zu beachten. Schließlich unterliegen auch Art und Dauer der Nachbehandlung der Überprüfung (vgl. DIN 1045-3).

Der Beton unterliegt grundsätzlich folgenden **Prüfungen im Bauprozess**:

- **Erstprüfung** Prüfung vor der Verwendung des Betons, ob mit der beabsichtigten Betonzusammensetzung und den zu erwartenden Verhältnissen an der Einbaustelle die geforderten Frisch- und Festbetoneigenschaften sicher erreicht werden können
- **Güteprüfung** Nachweis während der Bauausführung, dass der verwendete Beton die geforderten Eigenschaften erreicht hat
- **Erhärtungsprüfung** Aussage über die im Bauteil zu einem bestimmten Zeitpunkt erreichte Betonfestigkeit

Für die Überprüfung der Frisch- und Festbetoneigenschaften wird der Beton nach DIN 1045-3 in **drei Überwachungsklassen** eingeteilt, wobei bei mehreren zutreffenden Überwachungsklassen die höchste maßgebend ist. Nach den Überwachungsklassen richten sich Umfang und Häufigkeit der durchzuführenden Prüfungen.

Tab. 3.10 Auszug aus der Einteilung in Überwachungsklassen für Normal- und Schwerbeton nach DIN 1045-3:2008

Überwachungsklasse 1	– Druckfestigkeitsklasse $\leq C25/30^a$ – Expositionsklasse X0, XC, XF1
Überwachungsklasse 2	– Druckfestigkeitsklasse $\geq C30/37$ und $\leq C50/60$ – XS, XD, XA, XM <sup>b</sup> , $\geq XF2$ – besondere Betoneigenschaften, wie Wasserundurchlässigkeit, Unterwasserbeton, hohe Gebrauchstemperaturen $T \leq 250$ °C, Strahlenschutzbeton (außerhalb des Kernkraftwerkbaus)
Überwachungsklasse 3	– $\geq C55/67$

<sup>a</sup> Spannbeton der Festigkeitsklasse C25/30 ist stets in die Überwachungsklasse 2 einzuordnen.

<sup>b</sup> Gilt nicht für übliche Industrieböden.

Das Betonieren in der Überwachungsklasse 1 ist durch das Baustellenpersonal (Bauleiter) eigenverantwortlich zu überwachen. Wird Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 eingebaut, ist die Baustelle an deutlich sichtbarer Stelle unter Angabe von „DIN 1045-3“ und der Überwachungsstelle zu kennzeichnen und muss das Bauunternehmen über eine **ständige Betonprüfstelle** verfügen, die

- mit allen Geräten und Einrichtungen zur Durchführung der entsprechenden Prüfungen ausgestattet ist und
- von einem in der Betontechnik erfahrenen Fachmann geleitet wird, der die dafür notwendigen erweiterten betontechnologischen Kenntnisse durch eine Bescheinigung einer hierfür anerkannten Stelle nachweisen kann („Bescheinigung über erweiterte bautechnologische Kenntnisse nach DIN 1045“: E-Schein).

Zusätzlich zur Überwachung durch das Bauunternehmen (Eigenüberwachung) ist eine Überwachung des Einbaus von Beton der Überwachungsklassen 2 und 3 sowie des Einpressens von Zementmörtel in Spannkäme durch dafür anerkannte Überwachungsstellen vorzunehmen (Fremdüberwachung).

<sup>12</sup> gemäß B.4.60 und B.4.61 BGL 2001 [3-1]

Die Überwachung bei der Herstellung des Betons richtet sich nach der Art seiner Festlegung:

- Standardbeton: Der Verfasser legt die Eigenschaften (im vorgegebenen Rahmen der DIN EN 206-1) ohne Erstprüfung fest. Der Hersteller gewährleistet die Sicherstellung der Betonzusammensetzung (keine Fremdüberwachung).
- Beton nach Eigenschaften: Der Verfasser legt die Eigenschaften fest; diese werden beim Hersteller der Erstprüfung unterzogen. Durch Fremdüberwachung erfolgt die Sicherstellung der Eigenschaften.
- Beton nach Zusammensetzung: Der Verfasser legt die Betonzusammensetzung fest; diese ist durch ihn der Erstprüfung zu unterziehen bzw. ein Konformitätsnachweis der Eigenschaften durchzuführen. Der Hersteller muss die vorgegebene Betonzusammensetzung sicherstellen (Fremdüberwachung).

### 3.5.2 Transportieren und Fördern von Frischbeton

#### 3.5.2.1 Grundsätzliches

Frischbeton ist möglichst bald nach dem Mischen, Transportbeton möglichst sofort nach der Anlieferung zu verarbeiten, in beiden Fällen aber ehe er versteift oder seine Zusammensetzung ändert. Für das qualitätsgerechte Verarbeiten des Betons steht also nur eine bestimmte, relativ kurze **Zeit** zur Verfügung:

Lufttemperatur	> 25 °C	$t \leq 30$	Minuten
Lufttemperatur	5 °C ... 25 °C	$t \leq 60 \dots 120$	Minuten

**Frischbetontemperaturen  $+ 5\text{ °C} \leq t \leq 30\text{ °C}$  (nach DIN 1045-3:2008, 8.3):**

bei Lufttemperatur -3 ... +5 °C	⇒	Frischbetontemperatur beim Einbringen $\geq +5\text{ °C}$
	⇒	Frischbetontemperatur beim Einbringen $\geq +10\text{ °C}$ , wenn Zementgehalt $< 240\text{ kg/m}^3$ und bei Sonderzementen LH, VLH
bei Lufttemperatur $< -3\text{ °C}$	⇒	Frischbetontemperatur beim Einbringen $\geq +10\text{ °C}$ , über 3 Tage zu halten

Bereits bei der Disposition und der Bestellung nach Angabe der Lieferzeit ist darauf zu achten, dass der an der Baustelle eintreffende Frischbeton das oben angegebene Höchstalter nicht überschreitet.

Folgende Parameter beeinflussen u. a. die bei der Bestellung von der Baustelle festzulegenden Betoneigenschaften:

- Entfernung der Mischanlage von der Baustelle (Lieferzeit + Einbauzeit),
- Anforderungen an Beton (z. B. Sichtbeton, WU-Beton (wasserundurchlässig), HS-Beton<sup>13</sup>, etc.),
- Wetter (bei starkem Sonnenschein kann Beton u. U. sehr schnell abbinden),
- Winterbau (z. B. erwärmter Beton beim Betonieren um den Gefrierpunkt).

#### 3.5.2.2 Betontransport

Der Betontransport erfolgt vom Herstellort des Frischbetons zu dessen Verwendungsort. Die Entfernung kann auf kleinen Baustellen mit Baustellenmischanlage nur wenige Meter und beim Einsatz von Transportbeton mehrere Kilometer betragen. Grenzen werden durch die Verarbeitbarkeit des Frischbetons und die Wirtschaftlichkeit gesetzt.

Der Transport erfolgt immer zyklisch, d. h. portionsweise. Als **Transportmittel** stehen zur Auswahl

- handgeführte Transportmittel (Schubkarre, Japaner),
- Muldenkipffahrzeuge (für trocken vorgemischten oder steifen Beton),
- Rührfahrzeuge (Agitatoren),
- Transportbetonmischer (die auch als Rührfahrzeug genutzt werden können).

Nach DIN 1045-3:2008 darf nur Beton KS in mit Fahrzeugen ohne Mischer oder Rührwerk befördert werden (Entladung spätestens 45 Minuten nach Wasserzugabe). Ansonsten ist der Transport in Mischfahrzeugen (Fahrzeuge mit Mischer oder Rührwerk) vorgeschrieben, die unter Normalbedingungen 90 Minuten nach Wasserzugabe entladen sein müssen.

<sup>13</sup> Beton unter Verwendung von Zementen mit hohem Sulfatwiderstand (HS-Zemente)

## Transportbeton

Transportbeton ist in Transportbetonwerken hergestellter Beton, der einbaufertig auf die Ort betonbaustelle geliefert wird. Man unterscheidet werk- und fahrzeuggemischten Beton.

Transportbeton ist nach DIN EN 206-1, 3.1.5

- Beton der in frischem Zustand durch eine Person oder Stelle geliefert wird, die nicht der Verwender ist,
- vom Verwender außerhalb der Baustelle hergestellter Beton,
- auf der Baustelle nicht vom Verwender hergestellter Beton.

Transportbeton wird in allen Festigkeitsklassen angeboten und auf Grund der Verarbeitbarkeit in der Regel (80 % aller Fälle) weich (Konsistenz KR) geliefert – die bestellte Konsistenz des Betons gilt zum Zeitpunkt der Lieferung. Das Lieferprogramm eines Transportbetonwerkes ist aus dem Betonsortenverzeichnis ersichtlich.

**Vorteile** des Transportbetons – nach READYMIX (Ratings):

- durch moderne Anlagen und geschultes Personal ist gleich bleibende Qualität gesichert
- pünktliche Lieferung des einbaufähigen Transportbetons in geforderter Qualität und Menge auf Abruf
- Entlastung der Baustelle von der Bevorratung und Betonherstellung
- Anmieten des passenden Fördergerätes zusammen mit der Bestellung des Transportbetons möglich
- über Jahrzehnte gewachsenes Know-how der Transportbetonwerke

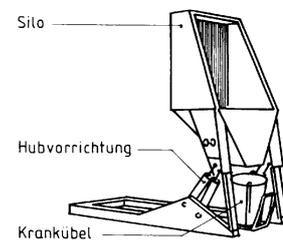
Zur reibungslosen und qualitativ einwandfreien Abwicklung von Transportbetonlieferaufträgen müssen eine Vielzahl von Informationen zwischen dem Betonverarbeiter und dem Transportbetonlieferanten ausgetauscht und eine Reihe von gemeinsamen Festlegungen getroffen werden. Die „Technischen Liefervereinbarungen für Transportbeton“ des BTB/DBV sollen Bauunternehmern und Transportbetonherstellern helfen, dass im Rahmen der Auftragsverhandlungen keine qualitätsrelevanten Fakten übersehen werden [3-15].

### 3.5.2.3 Betonübergabe

Zwischen Transport zur Baustelle und dem Fördern in die Schalung auf der Baustelle sind z. T. spezielle Betonübergabestationen zwischengeschaltet, um

- die Transportfahrzeuge zu entlasten und deren Umlauf zu beschleunigen,
- die Störanfälligkeit gegenüber Unregelmäßigkeiten beim Transport zu verringern (Pufferwirkung) – Grenzen werden durch die Verarbeitungszeit gesetzt,
- eine geometrische Anpassung (z. B. Rampen o. a.) zwischen Transportfahrzeug und Fördermittel zu umgehen.

Abb. 3.31 Betonübergabestation (Betonumschlagsilo)



Die Zeit für die Übergabe des Betons auf der Baustelle kann man mit Hilfe von Mischsilos verkürzen. Das Silo wird dann als Materialpuffer eingesetzt. Dieses Silo übernimmt auch das in DIN 1045-3:2008, 8.2.1(2) für KP und KR geforderte Durchmischen vor dem Entladen oder die Wasserzugabe und das Mischen auf der Baustelle.

### 3.5.2.4 Betonförderung

Der Betonförderprozess ist im Allgemeinen unmittelbar mit dem Einbau des Frischbetons verbunden. Man unterscheidet folgende Arten der Frischbetonförderung:

- **Rinnenförderung** (Rutsche)
- **Bandförderung**

Frischbeton kann mit Förderbändern horizontal und auch bis zu 25° Neigung gefördert werden, wobei die Bandgeschwindigkeit 2,5 m/s nicht übersteigen soll. Die üblichen Förderbandlängen betragen 3 ... 10 m. Gefördert werden sollte nur Beton KP; bei KS und KR besteht Entmischungsgefahr.

- **Rohrförderung**

Rohrförderung erfolgt heute ausschließlich hydraulisch (die Frischbetonsäule überträgt als hydraulisches Medium die von der Betonpumpe erzeugten Druckkräfte) mittels Kolben- oder Rotorpumpen

Anforderungen an Pumpbeton:

- größter Korndurchmesser der Gesteinskörnung darf ein Drittel des Rohrdurchmessers nicht überschreiten

- Rundkorn, andernfalls Eignungsprüfung erforderlich
- Mindestzementgehalt 270 ... 300 kg/m<sup>3</sup>, bei Einsatz von Plastifikatoren 240 kg/m<sup>3</sup>
- ausreichende Feinmörtelmenge („Schmierung“)
  - Feinmörtel = Mehlkorn + Wasser + Zusatzmittel (Mehlkorn = Zement + Sand ( $\varnothing \leq 0,25$  mm))
- geeignete Frischbetonkonsistenz KP (plastisch), andernfalls Eignungsprüfung ( $\Rightarrow$  Erstprüfung)
  - Der Frischbeton ist gut pumpfähig, wenn am Leitungsende ein 10 cm langer Betonpfropfen abbricht.
- Wasser-Zement-Faktor w/z = 0,45 ... 0,55
- Anfahr Mischung: 2 bis 3 Mischungen mit doppeltem Zementgehalt, zur Ausbildung des Schmierfilmes an den Wandungen der Förderleitung

Betonpumpen sind leistungsfähige Fördermittel. Für den „normalen“ Baustellenbetrieb gelten:

Grenzwert der beherrschbaren Förderleistung je Pumpe:	140 m <sup>3</sup> /h
Förderabnahme auf der Baustelle mit Betonpumpe:	$\leq 60$ m <sup>3</sup> /h
mit Krankübel (s. u.):	$\leq 20$ m <sup>3</sup> /h

Unter bestimmten Voraussetzungen und mit großer Vorsicht ist auch Leichtbeton (kritische Mindestdichte etwa 1800 kg/m<sup>3</sup>) pumpbar [3-29].

#### • Kübelförderung

- mit umlaufender Kübelbahn
- mit Kran (Turmkran und Fahrzeugkrane, Kabelkrane):
  - Standkübel mit Bodenentleerung
  - Standkübel mit Seitenentleerung (für seitliche Beschickung)
  - Kippkübel (Vorteil: kein Übergabesilo erforderlich, wegen geringer Bauhöhe)

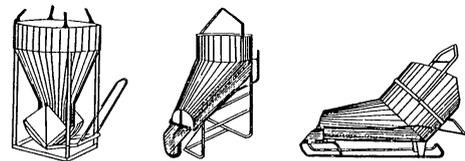


Abb. 3.32 Betonkübelbauarten (v.l.n.r.: mit Bodenentleerung, seitlicher Entleerung, als Kippkübel)

### 3.5.3 Einbauen und Verteilen von Frischbeton

Fördern, Einbauen und Verdichten des Betons sind Vorgänge, die in der Regel im Verbund ausgeführt werden. An dieser Stelle sollen einige Besonderheiten des Betoneinbaus hervorgehoben werden:

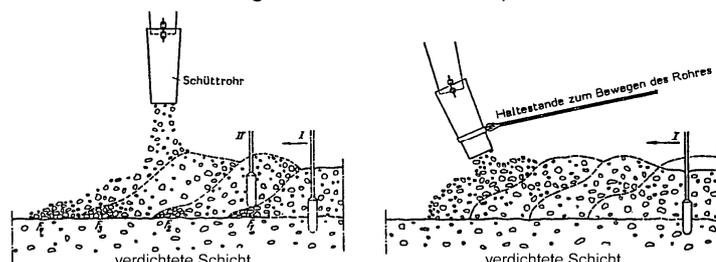
Selbstverständlich ist eine gereinigte, vorgehässelte oder mit Trennmittel behandelte Schalung. Älterer Beton in Anschlussbereichen ist vorzunässen. Die Lagendicke beim Betoneinbau richtet sich nach dem Wirkungsbereich der verwendeten Verdichtungsgeräte. Sie beträgt im Allgemeinen ca. 30 ... 70 cm, damit einerseits eine relativ große Frischbetonmenge unter eigener Auflast steht und andererseits die Luft nach oben entweichen kann.

Vor Beginn des Betonierens sind Betonierabschnitte und die Lage von Arbeitsfugen festzulegen. Der Betoniervorgang sollte innerhalb eines Betonierabschnittes nicht unterbrochen werden. Beim lagenweisen Einbau ohne Arbeitsfugen darf die zuletzt eingebrachte Betonschicht beim Einbringen der nächsten Lage noch nicht erstarrt sein, so dass eine gute Verbindung zwischen den Betonschichten möglich ist. Bei schwierigen oder umfangreichen Betoniervorgängen (z. B. eng liegender Bewehrung, massiven Fundamenten, hohe Temperaturen) sind die einzelnen Arbeitsschritte in einem Betonierplan festzulegen. Vor dem Weiterbetonieren im nächsten Betonierabschnitt

- sind Verunreinigungen, Zementschlempe und loser Beton zu entfernen,
- sind die Arbeitsfugen ausreichend vorzunässen,
- muss die Oberfläche des älteren Betons mattfeucht sein.

Während des Einbaus ist die Bildung von Schüttkegeln zu vermeiden. Der Frischbeton darf sich nicht entmischen. Deshalb sollte die freie Fallhöhe (vertikaler Abstand zwischen Fördergefäß und Einbaustelle) nicht mehr als 1 m, auf keinen Fall jedoch mehr als 2 m betragen. Bei größeren Höhen sind geeignete Schütt- oder Fallrohre einzusetzen.

Abb. 3.33 Falsches (1) und richtiges (2) Einbringen von Frischbeton im Schüttprozess nach WALZ



Die Betoniergeschwindigkeit muss dem aufnehmbaren Schalungsdruck entsprechen. Die Bewehrung muss beim Betonieren dicht mit Beton umhüllt werden.

**Unterwasserbeton**

Der Einbau von Beton unter Wasser ist ein Sonderfall. Hier muss der Beton beim Einbringen als zusammenhängende Masse fließen, damit er ohne Verdichtung ein festes Gefüge erhält. Unterwasserbeton soll deshalb aufweisen:

- Ausbreitmaß von 45 ... 60 cm – es darf auch Fließbeton verwendet werden,
- $w/z \leq 0,6$ ,
- Zementgehalt  $\geq 350 \text{ kg/m}^3$ , bei Zuschlägen mit Größtkorn 32 mm,
- bevorzugte Kornzusammensetzung nach stetiger Sieblinie im Sieblinienbereich  $\textcircled{3}$  (A/B) – bei ausreichend großem Mehlkorngesamt.

**3.5.4 Verdichten von Frischbeton**

**3.5.4.1 Verdichtungsverfahren**

Das **Ziel der Verdichtung** besteht in der Herabsetzung des Frischbetonporenraumes auf 1 ... 3%, um Druckfestigkeit, Wasserundurchlässigkeit (und damit die Widerstandsfähigkeit gegen Frost und aggressive Medien) und den Korrosionsschutz der Bewehrung zu gewährleisten.

Für das Verdichten gelten die Festlegungen der DIN 1045-3:2008 sowie der alten Verfahrensnormen DIN 4235:1978

Beim **Verdichten von hochfestem Beton** ist zu beachten, dass gegenüber Normalbeton gleicher Konsistenz ein erhöhter Verdichtungsaufwand erforderlich ist.

Beim Einbringen und Verdichten des Betons **in der Nähe von Spanngliedern** ist besonders darauf zu achten, dass diese bzw. ihre Hüllrohre nicht beschädigt oder in ihrer Lage verschoben werden.

**Klassifikation der Verdichtungsverfahren**

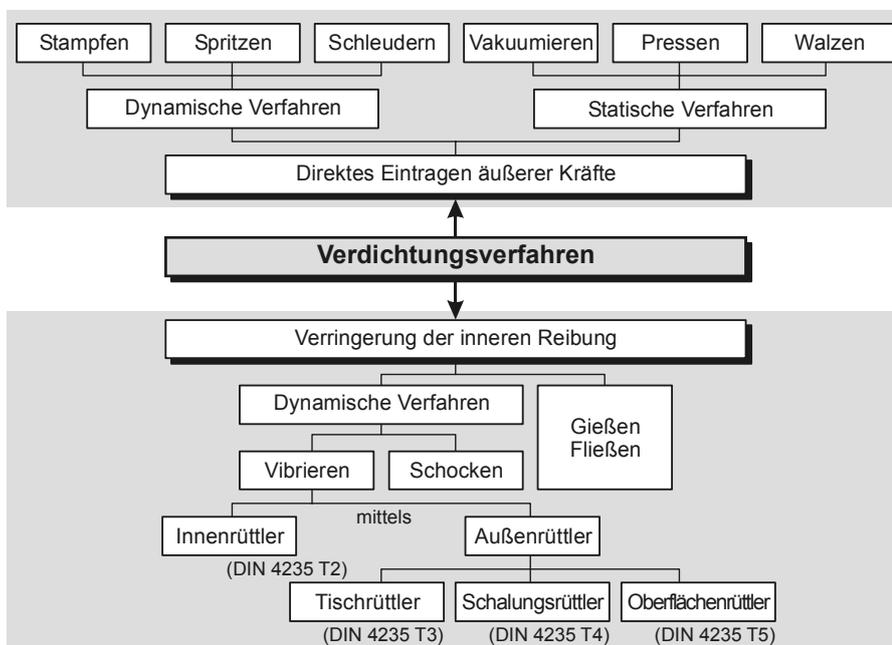


Abb. 3.34 Übersicht über die Betonverdichtungsverfahren

Jeder Beton verlangt nach seiner Verdichtungstechnik. Je steifer der Beton ist (Forderung, vor allem in der Verfertigung im Sinne der Materialökonomie), desto größer ist die aufzuwendende Verdichtungsenergie. Die Zuordnung der Verdichtungsgeräte und -arten zu den Konsistenzstufen des Frischbetons zeigt Tab. 3.11.

Tab. 3.11 Eignung der Verdichtungsverfahren (in Anlehnung an [3-28, S. 445])

Konsistenz nach DIN 1 045-2	KS (steif)	Stamper, Oberflächen- und Schalungsrüttler
	KP (plastisch)	Innenrüttler, Schalungsrüttler, Schocken
	KR (weich, Regelkonsistenz)	Innenrüttler, Klopfen, Schleudern
	KF (fließfähig)	Stochern
Selbstverdichtender Beton (SVB)		ggf. Stochern

**3.5.4.2 Verdichten mit Innenrüttlern**

Innenrüttler (auch „Tauchrüttler“ oder „Innenvibratoren“ genannt) sind zylindrische Metallkörper, die in den Frischbeton getaucht werden und durch die von ihnen vermittelte, radial zur Längsachse verlaufende Vibration den Beton direkt in Schwingungen versetzen. Es werden vorrangig ungerichtete Schwingungen erzeugt. Innenrüttler sind in einem relativ breiten Spektrum einsetzbar und leicht handhabbar. Deshalb sind sie die am häufigsten eingesetzten Verdichtungsgeräte für Beton.

Grenzwerte üblicher Parameter:

- Flaschendurchmesser: (25) 35 ... 80 (140) mm
- Flaschenlänge: 320 ... 900 mm
- Erregerfrequenz: 7000 ... 18000 min<sup>-1</sup>

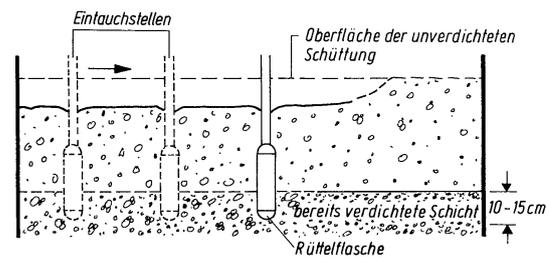


Abb. 3.35 Richtiger Einsatz von Innenrüttlern

Bei Verwendung von Innenrüttlern muss die Rüttelflasche in die untere, bereits verdichtete Lage eindringen können. Deshalb darf die zuletzt eingebrachte Betonschicht beim Einbringen der nächsten Lage noch nicht erstarrt sein.

Beim Rütteln sind die Flaschen schnell mit 5 bis 8 m/s in den Frischbeton einzuführen, sonst kann Luft wegen Vorverdichtung der Oberschicht nicht aus unteren Schichten entweichen, und langsam mit 3 bis 5 m/s wieder herauszuziehen. Es darf nicht zu lange an einer Stelle gerüttelt werden, da sich sonst an der Flasche die feinen Bestandteile konzentrieren, während die großen Gesteinskörnungen abwandern. Besondere Sorgfalt ist in Schalungsnähe, in Ecken und bei hoher Bewehrungsdichte erforderlich. Wegen der Entmischungsgefahr darf Frischbeton nicht durch Rütteln verteilt werden!

Die Wirkungsbereiche der benachbarten Rüttelstellen müssen sich beim Rütteln überschneiden. DIN 4235-2 schreibt Abstände der Tauchstellen vor (s. Tab. 3.12), die nach Angaben der Industrie heute wegen der größeren Leistungsfähigkeit moderner Flaschenrüttler um mindestens 50 % erhöht werden können.

Tab. 3.12 Einsatzparameter von Rüttelflaschen nach DIN 4235-2

Durchmesser des Innenrüttlers in mm	Durchmesser des Wirkungsbereichs in cm	Abstand der Eintauchstellen in cm
< 40	30	25
40 ... 60	50	40
> 60	80	70

**3.5.4.3 Verdichten mit Außen- und Oberflächenrüttlern**

**Außenrüttler** werden als **Tischrüttler** vornehmlich in der (stationären) Vorfertigung liegender Betonfertigteile angewandt. Auf Baustellen verwendet man **Schalungsrüttler**, die, an der Unterstützungskonstruktion befestigt, den in der Schalung befindlichen Beton verdichten. Sie kommen dann zum Einsatz, wenn es die Platzverhältnisse (Enge der Schalung, Bewehrungsabstände und -lage) erfordern. Beachte:

- Anordnung der Rüttler muss durch Versuche bestimmt werden,
- vergleichsweise geringer Wirkungsradius (200 ... 300 mm),
- Gefahr von Resonanzschwingungen beim Hochfahren,
- vergleichsweise hoher Energieaufwand.

**Oberflächenrüttler** haben direkten Kontakt mit dem zu verdichtenden Beton. Sie kommen als Rüttelplatten oder Rüttelbohlen zum Verdichten waagerechter oder schwach geneigter Betonschüttungen zum Einsatz. Die Verdichtung erfolgt durch die Verringerung der inneren Reibung und die Auflast. Oberflächenrüttler kommen überwiegend im Straßenbau sowie in Kombination mit dem Abreiben flächenförmiger Bauteile zum Einsatz.

### 3.5.5 Arbeitsfugen

Können große Beton- und Stahlbetonbauwerke nicht in einem Arbeitsgang hergestellt werden, so werden zeitlich getrennte Betonierabschnitte erforderlich. Das Betonieren frisch auf frisch ist dann nicht möglich und es entstehen Arbeitsfugen, die besonders zu gestalten und zu bearbeiten sind. In besonders beanspruchten Bereichen sind Arbeitsfugen durch konstruktive oder betontechnologische Maßnahmen zu vermeiden (z. B. bei großer Bewehrungsdichte, hoher mechanischer Beanspruchung, Dichtheitsanforderungen und starker chemischer Belastung).

Nach DIN 1045-3:2008, Abschnitt 8.4

- sind die Betonierabschnitte vor Beginn des Betonierens festzulegen,
- ist bei schwierigen oder umfangreichen Betoniervorgängen (z. B. eng liegende Bewehrung, massige Fundamente, besondere Bauverfahren, hohe Temperaturen) ein Betonierplan festzulegen
- sind Arbeitsfugen so auszubilden, dass alle dort auftretenden Beanspruchungen aufgenommen werden können und ein ausreichender Verbund der Betonschichten sichergestellt ist,
- sind vor dem Weiterbetonieren Verunreinigungen, Zementschlempe und loser Beton zu entfernen und die Arbeitsfugen ausreichend vorzunässen,
- muss die Oberfläche des älteren Betons zum Zeitpunkt des Anbetonierens mattfeucht sein, damit sich der Zementleim des neu eingebrachten Betons mit dem älteren Beton gut verbinden kann.

Anordnung, Gestaltung und Ausführung von Arbeitsfugen sind z. B. im Zement-Merkblatt Betontechnik B22 „Arbeitsfugen“ beschrieben (abrufbar unter <http://www.beton.org/fachinformationen/zement-merkblaetter.html>).

„Arbeitsfugen sind bei Betonierabschnitten, bei denen eine längere Unterbrechung des Betoniervorganges vorgesehen ist, anzuordnen. Sie müssen aus konstruktiven Gründen mit dem Tragwerksplaner und wegen der gestalterischen Aspekte mit dem Architekten abgestimmt und festgelegt werden.“ [Zement-Merkblatt H9 „Schalung für Beton“

### 3.5.6 Nachbehandlung und Schlussbearbeitung des Betons

Der Beton soll die vorgesehene Druckfestigkeit und Dauerhaftigkeit erreichen. Er soll frei von Rissen und Poren sein. Das Nachbehandeln umfasst alle Maßnahmen, die den Beton bis zum Erreichen seiner eigenen Widerstandsfähigkeit während der ersten Tage der Hydratation gegenüber schädigenden Einflüssen schützen, da die angestrebten Qualitätsmerkmale

- durch Austrocknung in Verbindung mit höheren Temperaturen und niedriger Luftfeuchte (an Hochsommertagen verdunsten bis 2 kg Wasser je m<sup>2</sup> Betonoberfläche und Stunde),
- schnelles Abkühlen und Gefrieren, starken Regen,
- Erschütterungen, Überlastung und chemische Einflüsse

möglicherweise nicht erreicht werden können. **Ziele der Nachbehandlung** sind (vgl. DIN 1045-3:2008, 8.7.1),

- das Fröhschwinden des Betons gering zu halten,
- eine ausreichende Festigkeit und Dauerhaftigkeit der Betonrandzone sicherzustellen,
- das Gefrieren des Betons zu verhindern,
- schädliche Erschütterungen, Stoß oder Beschädigung des Betons zu vermeiden.

Die wichtigsten **Maßnahmen der Nachbehandlung** sind (vgl. DIN 1045-3:2008, 8.7.2):

- Belassen des Bauteiles in der Schalung (Vorsicht bei saugender Schalhaut!),
- Abdecken der Betonoberfläche mit dampfdichten Folien und Planen, die an den Kanten und Stößen gegen Durchzug gesichert sind, als Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung und Verdunstung,
- Wärmehaltung (Dämmung) als Schutz vor Auskühlung und vor zu großen Temperaturgradienten im Querschnitt,
- Aufbringen von Wasser speichernden Abdeckungen,  
z. B.: Strohmatte, Segeltuch, 3 ... 5 mm Sandschicht (feucht halten und vor Verdunstung schützen),
- Aufbringen eines Schutzfilms (Antiaustrocknungsmittel)  
Wachs- und Kunststoffemulsionen,  
Eignungsuntersuchungen erforderlich (Haftungsprobleme bei später aufzubringenden Schichten),
- Besprühen mit Wasser (sichtbarer Wasserfilm auf der Betonoberfläche).  
Vorsicht: Gefahr des Auswaschens von Zementleim, wenn zu früh beregnet wird!

Wenn infolge natürlicher Bedingungen während der ersten Tage der Hydratation die Verdunstung über die Betonoberfläche nur gering ist (z. B. bei feuchtem, regnerischem oder nebligem Wetter) darf auf Nachbehandlungsmaßnahmen verzichtet werden. Dies ist der Fall, wenn die relative Luftfeuchte 85 % nicht unterschreitet.

Die **Schlussbearbeitung** begleitet das Nachbehandeln. Sie ist ihm vor- oder auch nachgelagert und dient der Erfüllung spezieller Anforderungen an den Beton, z. B. durch Aufrauen der Oberfläche (Besenstrich im Straßenbau), Glätten der Betonoberfläche (mit Vibrationsbohlen, mit Rotationsglätter (vorzugsweise nach Vakuumieren)), Auswaschen (Waschbeton) und Ausbessern von Fehlstellen.

### 3.5.7 Qualität und Sicherheit

Voraussetzungen für gute Qualität sind u. a. folgende **Maßnahmen der Qualitätssicherung**:

- Eignungsprüfung des Betons  $\Rightarrow$  Erstprüfung,
- Frischbetongüteprüfung (Konsistenz, Rohdichte, Gleichmäßigkeit, Druckfestigkeit, Zementgehalt, w/z-Wert),
- Konformitäts- und Identitätsprüfungen (Verantwortungsbereich des Betonherstellers), Produktionskontrolle, einschließlich deren Überwachung und Zertifizierung,
- Überwachung des Einbaus von Beton (Überwachungsklassen 2 und 3),
- Güte- und Erhärtungsprüfung,
- Prüfung der geometrischen Genauigkeit (Schalung!).

Durch den Bezug von Transportbeton können sowohl Frischbetonqualität als auch das Niveau der Arbeitssicherheit wesentlich erhöht und stabil gehalten werden.

Beim Betonieren ereignen sich **Arbeitsunfälle** vor allem während der Förderprozesse. Zu **Havarien** kam es in der Vergangenheit vor allem durch unzulässige Betonhäufungen auf waagerechten Schalungen (Verformung, Einsturz der Schalung – vgl. auch [3-20]).

Es gehört zum umsichtigen Arbeiten, während des Betonierens die Schalung auf Undichtigkeiten, ungewöhnliche Ausbauchungen und die Unterstüzungskonstruktion auf Stabilität zu überprüfen.

Die Gemeinschaft für Überwachung im Bauwesen E. V. (GÜB) führt als anerkannte Überwachungsstelle die bauaufsichtlich geforderte Überwachung (die so genannte Fremdüberwachung) im Zuge der Herstellung von Bauprodukten, der Tätigkeit mit Bauprodukten und der Anwendung von Bauarten durch. Hierbei hat sich die GÜB auf den Baustoff Beton und die Instandsetzung von Betonbauwerken spezialisiert.

Neben diesem bauordnungsrechtlich motivierten Aufgabenbereich ist die GÜB Qualität sichernd durch die Verleihung der privatrechtlichen Gütezeichen für Beton sowie für die Erhaltung von Bauwerken tätig.

Um die Qualität der Bauweisen Betonbau sowie Instandsetzung von Betonbauwerken zu fördern, bietet die GÜB außerdem Schulungen und Weiterbildungen für Mitglieder und Nichtmitglieder an.

### 3.6 Fragen zur Wiederholung (Prüfungsfragen)

#### zu Kapitel 3.2

1. Nennen Sie unter Verwendung der exakten Bezeichnungen die drei Komponenten, aus denen Standardbeton gefertigt wird!
2. Anhand welcher Größen wird Beton nach seiner Festigkeit klassifiziert?
3. In welchem Bereich liegt die Trockenrohdichte von Normalbeton? Geben Sie die Dichtewerte an!
4. Was sind Expositionsclassen gemäß DIN 206-1 und welchem Zweck dienen sie?
5. Nennen Sie die drei Betongruppen für die Order (Bestellung) bzw. Herstellung von Beton gemäß DIN 206-1!
6. Definieren Sie „Transportbeton“!
7. Was versteht man unter der Hydratationswärme des Betons und wann entsteht sie? Nennen Sie ein Beispiel für Bauwerksteile, für die diese Hydratationswärme besonders zu beachten ist!
8. Welche Vor- bzw. Nachteile bietet Selbstverdichtender Beton (SVB) gegenüber Normalbeton?
9. Wo findet ultra-hochfester Beton (Hochleistungsbeton) Verwendung und welche Anforderungen sind mit der Ausführung der Betonarbeiten verbunden?
10. Was ist Faserbeton und welche Vorteile bietet dieser?
11. Worin besteht der wesentliche Unterschied zwischen Betonzusatzmitteln und Betonzusatzstoffen?
12. Auf welche Anforderungen an den Beton sollten bei der Ausschreibung von Betonarbeiten im Ausschreibungstext genau geachtet werden?
13. Welche Eigenschaften von Sichtbeton können aufgrund von herstellungstechnischen Grenzen nicht ziel-sicher erfüllt werden?
14. Welchen Prüfungen muss Beton vor der Verwendung, während der Bauausführung und nach dem Erhärten unterzogen werden? Nennen Sie diese!

#### zu Kapitel 3.3

15. Welche grundsätzlichen und welche speziellen Aufgaben übernimmt die Schalung bei Betonarbeiten?
16. Erläutern Sie die Elemente und den Aufbau von Schalungen am Beispiel von Wandschalungen!
17. Erläutern Sie das Prinzip der einhäuptigen Schalung!
18. Was ist eine Schalhaut und aus welchen Materialien kann diese gefertigt werden?
19. Erläutern Sie die Oberflächenbeschaffenheit von Beton in Abhängigkeit vom verwendeten Schalmaterial!
20. Welche Funktion erfüllen Aussteifungselemente von Schalungen?
21. Was versteht man unter einer verlorenen Schalung?
22. Was ist ein Deckentisch? Erläutern Sie anhand einer Prinzipskizze seine Hauptbestandteile!
23. Erläutern Sie ein Beispiel für die Anwendung nichtsystemgebundener Schalungen!
24. Von welchen Faktoren hängt der Frischbetondruck auf lotrechte Schalungen ab?
25. Was zeichnet Systemschalungen aus?
26. Geben Sie ein typisches Anwendungsbeispiel für den Einsatz von Kletterschalungen!
27. Welche Kriterien bestimmen den Einsatz von Gleitschalungen? Erläutern Sie diese anhand konstruktiver Voraussetzungen des Bauwerks und der Bestimmung von Betonier- und Gleitgeschwindigkeit!
28. Was ist das Besondere an „Sonderschalungen“?
29. Geben Sie überschläglich die minimalen Ausschallfristen für Wände, Decken, Balken und weit gespannte Bauteile in Tagen an!
30. Wozu dienen Trennmittel und worauf ist zu achten, damit sie auf das spätere Bauwerk nicht schädigend einwirken?
31. Rationelle Schalungstechnologie setzt eine schalungsgerechte Projektierung voraus. Was ist darunter zu verstehen? Nennen Sie einige Aspekte schalungsgerechten Projektierens!
32. Wer bestimmt und verantwortet den Zeitpunkt des Ausschalens?
33. Erläutern Sie mögliche Ursachen für Arbeitsunfälle bei Schalungsarbeiten! Wie lassen sich diese vermeiden?

**zu Kapitel 3.4**

34. Warum darf beim Biegen von Stahl ein gewisser Mindestradius nicht unterschritten werden?
35. Was sind Lagermatten?
36. Vor dem Betonieren einer schmalen Wandscheibe ( $b = 0,3 \text{ m}$ ) stellen Sie fest, dass der Abstand zwischen den stärksten Bewehrungsstäben an manchen Stellen kleiner als 32 mm ist. Sie haben jedoch ein Größtkorn von 32 mm bei Ihrer Betonrezeptur verwendet. Was geschieht, wenn Sie die Wandscheibe dennoch betonieren? Welche Gegenmaßnahmen können Sie ergreifen?
37. Woran ist äußerlich die Festigkeit von Bewehrungsstabstahl zu erkennen? Geben Sie eine übliche Größe (konkreter Zahlenwert und Maßeinheit) an
38. Welche Aufgaben haben Abstandhalter?
39. Was ist im Stahlbetonbau ein Übergreifungsstoß, und wie werden hier die Kräfte übertragen?
40. Wie (Hilfsmittel, welche Angaben) sind Bewehrungselemente bei Lieferung zu kennzeichnen?
41. Nennen Sie Ursachen für Qualitätsmängel, die auf mangelhafte Bewehrungsarbeiten zurückzuführen sind!

**zu Kapitel 3.5**

42. Was ist eine Erstprüfung von Beton?
43. Charakterisieren Sie die Konsistenzbereiche für Frischbeton und geben Sie den Bereich des Ausbreitmaßes für die Ausbreit-Klasse F2 an!
44. Welche Angaben sind bei der Festlegung von Standardbeton unerlässlich (s. Kapitel 3.2.1)?
45. Was unterliegt beim Betonieren einer Überwachung bzw. Nachweis- und Dokumentationspflicht?
46. Wo befindet sich eine „ständige Betonprüfstelle“ und welchen Anforderungen muss diese genügen?
47. Nach welcher Zeit muss Transportbeton unter Normalbedingungen (Lufttemperatur 5 bis 25 °C) spätestens entladen (eingebaut) sein?
48. Definieren Sie Transportbeton und charakterisieren Sie dessen Vorteile gegenüber Baustellen-Beton!
49. Geben Sie die Eigenschaften an, die gut pumpfähiger Frischbeton besitzen sollte.
50. Geben Sie einen guten Durchschnitt für den Leistungswert beim Fördern von Beton mit Pumpe an!
51. Welche Temperatur muss der Frischbeton mindestens besitzen, wenn bei mäßigem Frost (unter -3 °C) betoniert werden soll und wie lange ist diese zu halten?
52. Geben Sie einen Überblick über die verschiedenen Verdichtungsverfahren für Beton!
53. Beschreiben Sie den technisch richtigen Rüttelprozess mit einem Innenrüttler (mit Rüttelflasche) und gehen Sie dabei auch auf die Eintauch- und Auftauchgeschwindigkeit ein!
54. Wann werden bei Betonarbeiten vorzugsweise Außenrüttler verwendet?
55. Worin bestehen die Zielsetzungen der Betonnachbehandlung?
56. Erläutern Sie die wichtigsten Maßnahmen zur Nachbehandlung von Beton nach dem Betonieren!

### 3.7 Quellenangaben und Literaturhinweise zum Kapitel 3

#### 3.7.1 Literatur

- [3-1] Baugeräteliste 2001: BGL; technisch-wirtschaftliche Baumaschinendaten. – Wiesbaden, Berlin: Bauverlag, 2001
- [3-2] Bayer, E.; Kampen, R.: Beton-Praxis; ein Leitfadens für die Baustelle. – Erkrath: Verlag für Bautechnik, 1999, 157 S.
- [3-3] Betonkalender – Taschenbuch für Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau sowie die verwandten Fächer. – Berlin: Verlag Ernst und Sohn (erscheint jährlich)
- [3-4] Brameshuber, W.; Uebachs, S.: Schalungsdruck bei Anwendung von selbstverdichtendem Beton. – Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2003. – 42 S.
- [3-5] Brüssel, W.: Baubetrieb von A bis Z. – Düsseldorf: Werner-Verlag, 2007. – 332 S.
- [3-6] Drees, G.; Krauß, S.: Baumaschinen und Bauverfahren (Einsatzgebiete und Einsatzplanung). – Ehningen bei Böblingen: expert verlag, 2002. – 253 S.
- [3-7] Drees, G.; Kurz, Th.: Aufwandstabellen von Lohn- und Gerätestunden im Ingenieurbau zur Kalkulation angemessener Baupreise. – Berlin/Wiesbaden: Bauverlag GmbH, 1993.
- [3-8] Ebeling, C.: Beton – Herstellung nach Norm: die neue Normengeneration / Hrsg. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie, Köln. – 14. überarb. Aufl., – Düsseldorf: Verlag Bau+Technik, 2002
- [3-9] Graubner, C.-A.; Proske, T.: Einfluss der Betoniergeschwindigkeit auf das Entlüftungsverhalten sowie den entstehenden Schalungsdruck bei Verwendung von selbstverdichtendem Beton. – Darmstadt, 2002 (Forschungsbericht des Instituts für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt im Auftrag des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton – DAfStb)
- [3-10] Hoffmann, F.H.: Schalungstechnik mit System. – Berlin/Wiesbaden: Bauverlag GmbH, 1993. – 232 S.
- [3-11] Hoffmann, M. (Hrsg.): Zahlentafeln für den Baubetrieb. – Stuttgart: B.G. Teubner, 2006. – 1042 S.
- [3-12] Kompendium Zement und Beton. – Köln: Bauberatung Zement, Ausgabe 2002. – 628 S.; <http://www.vdz-online.de/415.html> (Abruf vom 9.9.2008)
- [3-13] König, G.; Holschemacher, K.; Dehn, F. (Hrsg): Selbstverdichtender Beton – Innovation in Bauwesen, Beiträge aus Praxis und Wissenschaft. – Berlin: Bauwerk, 2001, 249 S.
- [3-14] Kowalski, R.-D.: Schal- und Bewehrungspläne. – Düsseldorf: Werner-Verlag, 1992.
- [3-15] Leitfadens für Technische Liefervereinbarungen und Anfragen für Transportbeton. – Berlin: Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V., 2001. – 27 S.; [http://www.betonverein.de/11\\_downloads/Downloads/TLV2001.PDF](http://www.betonverein.de/11_downloads/Downloads/TLV2001.PDF) (Abruf vom 9.9.2008)
- [3-16] Motzko, Ch.: Baubetriebliche Aspekte beim Bau turmartiger Bauwerke: Schalungstechnik, Wirtschaftlichkeit, Arbeitssicherheit. – In: Betonkalender 2006: Turmbauwerke – Industriebauten. – Berlin: Verlag Ernst und Sohn, 2006, S. 471–517
- [3-17] Nestle, H. (Leiter): Bautechnik Fachkunde Bau (EUROPA-Fachbuchreihe für Bautechnik) – Haan-Gruiten: Verlag EUROPA-Lehrmittel Nourney, Vollmer GmbH & Co., 2005. – 606 S.
- [3-18] Rathfelder, M.: Moderne Schalungstechnik – Grundlagen, Systeme, Arbeitsweisen. – Landsberg/Lech: verlag moderne industrie, 1992. – 70 S.
- [3-19] Riker, R.: Maschinenteknik im Betonbau. – Berlin: Ernst und Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, 1996. – 729 S.
- [3-20] Röbenack, K.-D.: Unfälle und Schadensfälle im Bauwesen; Beispiele aus der Praxis. – Düsseldorf: Werner-Verlag, 1995.
- [3-21] Schmidt, O.M.: Schaltechnik im Ort betonbau; Schalungsverfahren und Schalungskosten. – Düsseldorf: Werner-Verlag, 1993. – 364 S.
- [3-22] Schießl, P.: Forschung und Entwicklung in der Betontechnik. – In: Dt. Bautechnik-Tag 2003, Vorträge. – Berlin: Ernst & Sohn, 2003, S. 373–382.
- [3-23] Schneider, M (Hrsg.): Betontechnische Berichte Concrete Technology Reports 2004–2006. – Düsseldorf: Verlag Bau+Technik, 2007; <http://www.vdz-online.de/454.html> (Abruf vom 9.9.2008)
- [3-24] Schnütgen, B.; Dams, S.: Stahlfaserbeton im Tunnelbau – Grundlagen, Bemessung und Ausführung am Beispiel der Innenschale der Stadtbahn Essen, Baulos 32. – In: Beton-Information, Duisburg 34(1994)5, S. 55–59

- [3-25] Schuon, H.; Leitzbach, O.: Einfluss der fließfähigen und selbstverdichtenden Betone auf den Frischbetondruck bei lotrechter Schalung und deren Auswirkung auf den Auftrieb bei geneigter Schalung. – In: VDI-Jahrbuch Bautechnik 2009. – Düsseldorf: VDI-Verlag, 2008. – S. 517–535
- [3-26] Seiler, A.; Kasten, K.; Seidel, M: Aufbereitung und betrieblicher Transprt von UHPS – In: Betonwerk und Fertigteil-Technik, Wiesbaden 70(2004)4, S. 14–20
- [3-27] Sichtbeton – Gestaltung von Betonoberflächen. – Köln: Bauberatung Zement, 1999, 6 S.; <http://www.vdz-online.de/568.html> (Abruf vom 9. 9. 2008)
- [3-28] Simons, K.; Kolbe, P.: Verfahrenstechnik im Ortbetonbau: Schalen Bewehren, Betonieren. – Stuttgart: B.G.Teubner, 1987.
- [3-29] Weniger Druck bei Leichtbeton: Betonförderung. – In: bd baumaschinendienst, Bad Wörishofen 43 (2007) 1, S. 44
- [3-30] Wietek, B.: Stahlfaserbeton – Grundlagen und Praxisanwendung. – Wiesbaden: Vieweg und Teubner, 2008. – 199 S.
- [3-31] Witte, J.: Auf Nano können Sie bauen – Die Technologie der kleinsten Teilchen wird auch in der Bauindustrie immer wichtiger. . – In: VDI-Nachrichten, Nr. 29/2007, Düsseldorf 20.078.2007, S.
- [3-32] Zement-Merkblatt Betontechnik B1: Zemente und ihre Herstellung; Ausg. 1.2006. – Düsseldorf: Verein Deutscher Zementwerke e.V. – 8 S.; <http://www.beton.org/fachinformationen/zement-merkblaetter.html> (Abruf vom 9. 9. 2008)

### 3.7.2 Normen, Richtlinien, Merkblätter (Auswahl, es gilt die aktuellste Fassung)

DIN 459	Baustoffmaschinen – Mischer für Beton und Mörtel – Teil 1: Begriffe, Leistungsermittlung, Größen; Ausg. 11/1995
DIN 488-1	Betonstahl, Sorten, Eigenschaften, Kennzeichen; Stand 09/1984
DIN 488-2	Betonstahl; Betonstabstahl; Maße und Gewichte; Stand 06/1986
DIN 488-4	Betonstahl; Betonstahlmatten und Bewehrungsdraht; Aufbau, Maße und Gewichte; Stand 06/1986
DIN 1045-2	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1; Ausg. 08/2008
DIN 1045-3	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung; Ausg. 08/2008 Ablösung durch DIN EN 13670 vorgesehenen
DIN 1048-1	Prüfverfahren für Beton; Frischbeton; Ausg. 06/1991
DIN 1048-2	Prüfverfahren für Beton; Festbeton in Bauwerken und Bauteilen; Stand 06/1991
DIN 1164-10	Zement mit besonderen Eigenschaften – Teil 10: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Normalzement mit besonderen Eigenschaften; Ausg. 11/2000
DIN 1356	Bauzeichnungen – Teil 1: Arten, Inhalte und Grundregeln der Darstellung, Ausg. 02/1995
DIN 4226-100	Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel – Teil 100: Rezyklierte Gesteinskörnungen; Ausg. 02/2002
DIN 4235-1	Verdichten von Beton durch Rütteln; Rüttelgeräte und Rüttelmechanik; Ausg. 12/1978
DIN 4235-2	Verdichten von Beton durch Rütteln; Verdichten mit Innenrüttlern; Ausg. 12/1978
DIN 4235-4	Verdichten von Beton durch Rütteln; Verdichten von Ortbeton mit Schalungsrüttlern; Ausg. 12/1978
DIN 4235-5	Verdichten von Beton durch Rütteln; Verdichten mit Oberflächenrüttlern; Ausg. 12/1978
DIN 18203-1	Toleranzen im Hochbau – Teil 1: Vorgefertigte Teile aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton; Ausg. 04/1997
DIN 18215	Schalungsplatten aus Holz, für Beton- und Stahlbetonbauten; Standardmaße 0,50 m * 1,50 m, Dicke 21 mm, Ausg. 12/1973
DIN 18216	Schalungsanker für Betonschalungen; Anforderungen, Prüfung, Verwendung; Ausg. 12/1986

---

DIN 18 217	Betonoberflächen und Schalungshaut; Ausg. 12/1981
DIN 18 218	Frischbetondruck auf lotrechte Schalungen; Ausg. 09/1980
DIN 18 314	VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Spritzbetonarbeiten; Ausg. 10/2006
DIN 18 331	VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Betonarbeiten; Ausg. 10/2006
DIN 18 349	VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Betonerhaltungsarbeiten, Ausg. 10/2006
DIN 18 551	Spritzbeton – Anforderungen, Herstellung, Bemessung und Konformität; Ausg. 01/2005
DIN 68 791	Großflächen-Schalungsplatten aus Stab- oder Stäbchensperrholz für Beton und Stahlbeton; Ausg. 03/1979
DIN 68 792	Großflächen-Schalungsplatten aus Furniersperrholz für Beton und Stahlbeton; Ausg. 03/1979
DIN EN 197-1	Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement; Deutsche Fassung EN 197-1:2000 + A1:2004; Ausg. 08/2004
DIN EN 197-2	Zement – Teil 2: Konformitätsbewertung; Deutsche Fassung EN 197-2:2000; Ausg. 11/2000
DIN EN 206-1	Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:2000; Ausg. 07/2001 (einschl. 1. Änderung 10/2004 und 2. Änderung 09/2005)
DIN EN 934-2	Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Teil 2: Betonzusatzmittel; Definitionen und Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung; Deutsche Fassung EN 934-2:2001 (einschl. 1. Änderung 06/2005 und 2. Änderung 03/2006); Ausg. 02/2002
DIN EN 1 008	Zugabewasser für Beton – Festlegung für die Probenahme, Prüfung und Beurteilung der Eignung von Wasser, einschließlich bei der Betonherstellung anfallendem Wasser, als Zugabewasser für Beton; Deutsche Fassung EN 1008:2002; Ausg. 10/2002
DIN EN 12 350-1	Prüfverfahren von Frischbeton – Teil 1: Probenahme; Dt. Fassung EN 12 350-1:1999; Ausg. 03/2000
DIN EN 12 350-2	Prüfung von Frischbeton – Teil 2: Setzmaß; Dt. Fassung EN 12 350-2:1999; Ausg. 03/2000
DIN EN 12 350-3	Prüfung von Frischbeton – Teil 3: Vebe-Prüfung; Dt. Fassung EN 12 350-3:1999; Ausg. 03/2000
DIN EN 12 350-4	Prüfung von Frischbeton – Teil 4: Verdichtungsmaß; Dt. Fassung EN 12 350-4:1999; Ausg. 06/2000
DIN EN 12 350-5	Prüfung von Frischbeton – Teil 5: Ausbreitmaß; Dt. Fassung EN 12 350- 5:1999; Ausg. 06/2000
DIN EN 12 350-6	Prüfung von Frischbeton – Teil 6: Frischbetonrohichte; Dt. Fassung EN 12 350- 6:1999; Ausg. 03/2000
DIN EN 12 350-7	Prüfung von Frischbeton – Teil 7: Luftgehalte; Druckverfahren; Dt. Fassung EN 12 350-7:2000; Ausg. 11/2000
DIN EN 12 350-8	Prüfung von Frischbeton – Teil 8: Selbstverdichtender Beton – Setzfließversuch; Deutsche Fassung prEN 12350-8:2007; Ausg. 01/2008 (Entwurf)
DIN EN 12 390-3	Prüfung von Festbeton – Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern; Deutsche Fassung EN 12 390-3:2001; Ausg. 04/2002
DIN EN 12 620	Gesteinskörnungen für Beton; Deutsche Fassung EN 12 620:2002+A1:2008; Ausg. 07/2008
DIN EN 12 812	Traggerüste; Anforderungen, Bemessung und Entwurf; Deutsche Fassung EN 12 812:2004
DIN EN 13 670	Ausführung von Tragwerken aus Beton; Deutsche Fassung prEN 13 670:2007 /Achtung: Vorgesehen als Ersatz für DIN 1 045-3 (2001-07), DIN 1 045-3/A1 (2005-01)
DIN EN 13 791	Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen; Deutsche Fassung EN 13 791:2007; Ausg. 05/2008
DIN EN 14 487-2	Spritzbeton – Teil 2: Ausführung; Deutsche Fassung EN 14 487-2:2006; Ausg. 01/2007
DIN EN 14 216	Zement – Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Sonderzement mit sehr niedriger Hydratationswärme; Deutsche Fassung EN 14 216:2004; Ausg. 08/2004

---

DIN EN ISO 17660-1 Schweißen – Schweißen von Betonstahl – Teil 1: Tragende Schweißverbindungen (ISO 17660-1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 17 660-1:2006; Ausg. 12/2006

Merkblatt Abstandhalter, Herausgeber Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V. -dbv-, Berlin

Merkblatt Betondeckung und Bewehrung, Herausgeber Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V. -dbv-, Berlin

Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton“, DAfStb

Richtlinien für Beton mit Fließmittel und für Fließbeton – Herstellung, Verarbeitung und Prüfung, DAfStb

Richtlinie Selbstverdichtender Beton, DAfStb

Richtlinie für die Herstellung von Beton unter Verwendung von Restwasser, Restbeton und Restmörtel, DAfStb

Richtlinien zur Anwendung von EC 2, Teil I, DAfStb

Richtlinie für Beton mit verlängerter Verarbeitbarkeitszeit (Verzögerter Beton) – Erstprüfung, Herstellung, Verarbeitung und Nachbehandlung, DAfStb

Sichtbeton, Merkblatt für Ausschreibung, Herstellung und Abnahme von Beton mit gestalteten Ansichtsflächen, Düsseldorf: Beton-Verlag GmbH, 1997

### **3.7.3 Internet-Quellen (Auswahl, letzter Abruf 9.9.2008)**

Beton-Marketing (gemeinsames Portal der Bundesverbände der deutschen Zement-, Transportbeton- und Betonfertigteilindustrie, mit Downloads) – <http://www.betonmarketing.de/>

Beton.org – ein Service der deutschen Zement- und Betonindustrie – <http://www.beton.org/>

Beton-Infos vom Bundesverband der Deutschen Zementindustrie (BDZ) – <http://www.bdzement.de/>

Fachverband Betonstahlmatten e. V. – [http://www.ais-online.de/6/company/02/05/26/company\\_6.html](http://www.ais-online.de/6/company/02/05/26/company_6.html)

Gemeinschaft für Überwachung im Bauwesen E. V. (GÜB) – <http://www.gueb-online.de/>

Institut für Stahlbetonbewehrung e. V. (Downloads) – <http://www.betonstahlmatten.de/isbweb-bin/owa/homepage/>

Kompodium Zement und Beton (vom Verein Deutscher Zementwerke e. V.) – <http://www.vdz-online.de/415.html>

Zement-Merkblätter (vom Verein Deutscher Zementwerke e. V.) – <http://www.beton.org/fachinformationen/zement-merkblaetter.html>

## 4 Grundlagen des Montagebaus

### 4.1 Allgemeine Grundlagen

#### 4.1.1 Begriffe

**Montieren** bedeutet das Zusammenfügen von Elementen zu einem neuen Gebilde. Aus modernen Bauprozessen ist die Montage nicht mehr wegzudenken. Sie besitzt eine lange Geschichte. War sie einst einzige Möglichkeit, große Bauwerke zu erschaffen, so ist heute die Montagebauweise ein wesentliches Merkmal industriellen Bauens.

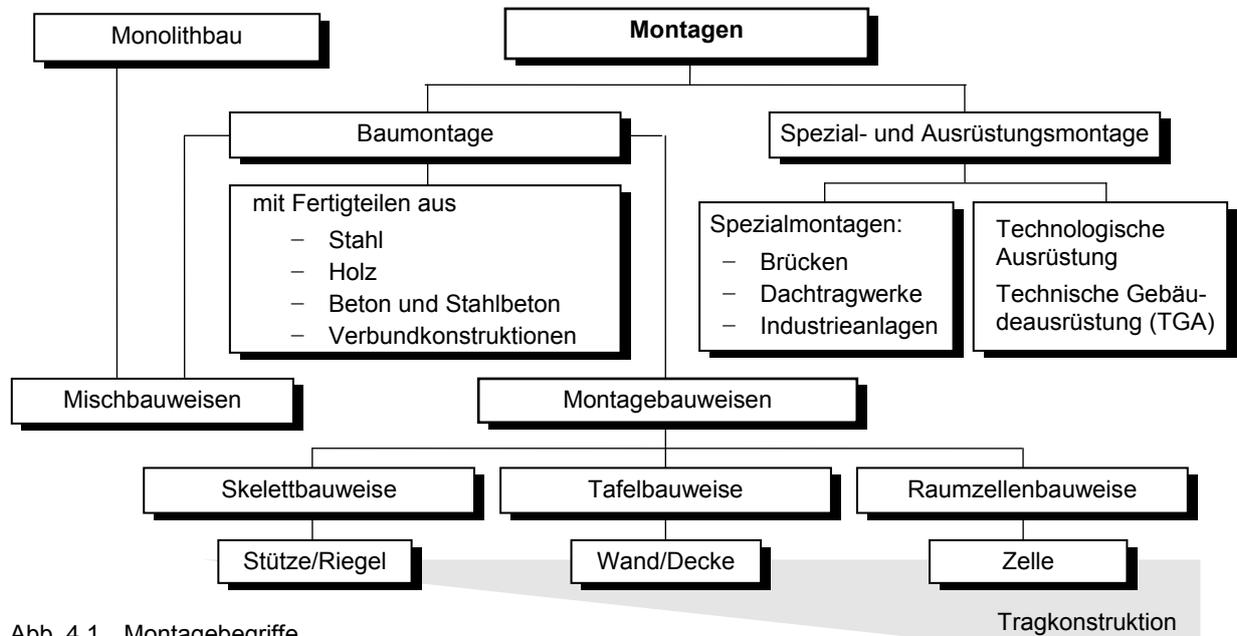


Abb. 4.1 Montagebegriffe

- **Montieren**

Montieren ist das Zusammenfügen von Elementen mit geringem Aufwand aufgrund einer speziellen Eignung dieser Elemente.

**Montagebau** bedeutet Bauen mit vorgefertigten großen, mit einem Hebezeug zu montierenden Elementen [4-10, S. 12].

- **Fertigteile** sind alle nicht an der Einbaustelle hergestellten und mit Anschlussmitteln versehenen Bauteile, die ohne weitere Bearbeitung zum Bauwerk zusammengefügt oder mit örtlich hergestellten Bauteilen fest verbunden werden können.

Da notwendige natürliche Prozesse (z. B. Betonhärtung) bereits in der Vorfertigung stattfinden, ergeben sich kürzere Bauzeiten und das schnelle Wirksamwerden wesentlicher Bauwerksfunktionen, wie z. B. Tragfähigkeit, trockener Baukörper.

- **Fertigteilbau**

Der Fertigteilbau ist ein Gewerk des Bauhauptgewerbes. Er umfasst die Herstellung von Bauten aus geschosshohen oder raumbreiten Fertigteilen für die Außen- und Innenwände.

- **Baumontage**

Baumontage ist der Prozess zur Errichtung eines Bauwerks aus vorgefertigten Elementen. Konkreter ist zwischen **Rohbaumontage** und **Ausbaumontage** zu unterscheiden (vgl. [4-10, S. 13]).

- **Ausrüstungsmontage**

Die Ausrüstungsmontage ist der Montageprozess der Elemente der technischen und technologischen Ausrüstung in einem Bauwerk [4-10, S. 13].

- Technische Gebäudeausrüstung (TGA) ist die Ausrüstung, die das Bauwerk für seinen unmittelbaren Zweck (Aufenthalt von Menschen, Nutzung von Ausrüstungen) funktionstüchtig macht.
- Technologische Ausrüstung ist die Ausrüstung, mit der im Bauwerk produziert wird.

## Mischbauweisen

Unter Mischbauweisen werden i. A. Bauweisen verstanden,

- deren Tragsystem sowohl aus Wänden als auch aus Skeletten besteht,
- bei denen vorgefertigte Teile teilweise durch Ortbeton ergänzt bzw. mit Ortbetonteilen kombiniert werden,
- bei denen Tragglieder als Fertigteil hergestellt und für die Fertigung der Ortbetonkonstruktion in die Schalung eingelegt werden,
- deren Elemente aus Kombinationen verschiedener Baustoffe bestehen, z. B. Stahl/Stahlbeton, Stahl/Holz, Stahlbeton/Holz usw.

## Vollmontagebauweisen

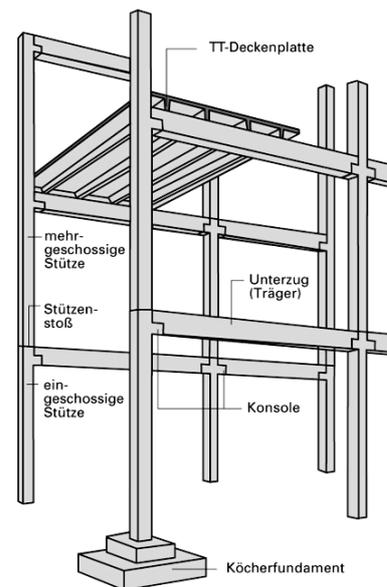
Die reinen Montagebauweisen (Vollmontagebau) beruhen auf dem Zusammenfügen des Tragwerkes ausschließlich aus Fertigteilen. Bezogen auf das Tragsystem sind zu unterscheiden:

### Skelettbauweise

Die tragende Konstruktion besteht aus linear ausgeprägten Traggliedern (Stützen und Riegel), die ein Skelett bilden. Dieses wird mit Wandtafeln und Deckenplatten ergänzt, ausgefacht oder verkleidet.

Die Skelettbauweise findet vorwiegend bei Industrie-, Geschäfts- und Verwaltungsbauten sowie Schul- und Universitätsbauten Anwendung. Man kombiniert Skelettbauweise auch mit räumlich tragenden Elementen (Faltwerke, gekrümmte Schalen, Kastenträger).

Abb. 4.2 Stahlbeton-Skelettbau (Schema aus [4-4, S. 363])



### Tafelbauweise

Die Tafelbauweise verwendet flächenförmige Elemente (Wand- und Deckentafeln), die als statisch-konstruktive und raumabschließende Bauelemente dienen. Die Wandtafeln nehmen hauptsächlich Kräfte in ihrer Ebene auf und wirken als Scheiben aussteifend. Deckenelemente bezeichnet man auch als Platten. Sie werden nicht nur horizontal sondern durch Eigengewicht und Verkehrslasten auch senkrecht zu ihrer Ebene auf Biegung beansprucht.

### Raumzellenbauweise

Die Raumzelle ist eine selbsttragende, in sich abgeschlossene räumliche Einheit, die als Einzelelement oder im Zusammenwirken mit anderen gleichartigen Raumeinheiten Bauwerksfunktionen übernimmt.

Abb. 4.3 Ausstellungspavillon MYKO aus glasfaserverstärktem Kunststoff an der Bauhaus-Universität Weimar (Forschergruppe FOMEKK, 2004)



## 4.1.2 Der Baumontageprozess

Der Baumontageprozess beinhaltet (als Hauptprozesse) die Gesamtheit der Operationen auf der Baustelle, als deren Ergebnis die montierte Baukonstruktion entsteht. Die grundlegenden Arbeitsgänge, aus denen sich die Montage der Bauelemente zusammensetzt, sind

- Vorbereitung zum Heben der Elemente (Anschlagen),
- Heben und Absetzen (Aufstellen, ggf. Aufrichten) der Elemente,
- Ausrichten der Elemente,
- Fixierung und endgültige Befestigung der montierten Elemente sowie deren Verbindung untereinander.

Den Baumontageprozess begleiten Hilfs- und Nebenprozesse, wie

- Vorlagerung und Vormontage der Bauelemente,
- Vorbereitung der Fugen, Fugenschluss,
- Schaffung von Arbeitsebenen und Durchführung von Arbeitsschutzmaßnahmen,
- Einmess- und Kontrollprozesse,
- Maßnahmen zur Gewährleistung der temporären (in den Zwischenzuständen) und endgültigen Standsicherheit des Bauwerks.

Die folgende Übersicht zeigt eine Übersicht über den Baumontageprozess.

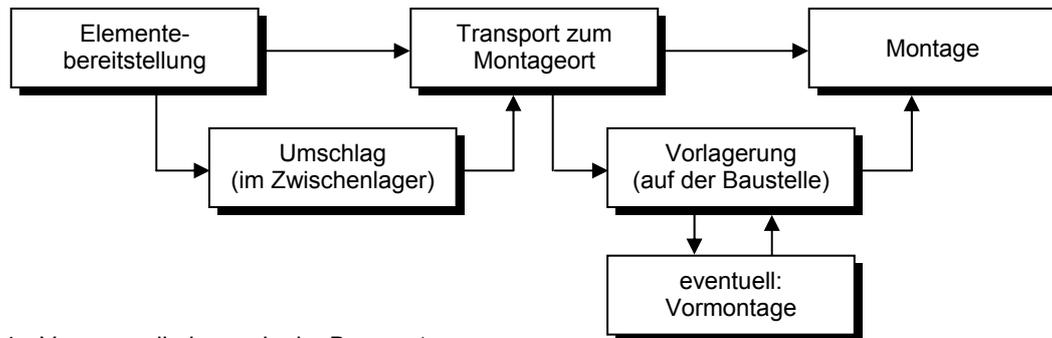


Abb. 4.4 Vorgangsgliederung in der Baumontage

Die zu montierenden Elemente kommen vom Hersteller oder Lieferer zum Abnehmer entweder direkt auf die Baustelle oder zunächst in ein Zwischenlager. Abnehmer kann der Bauherr oder bereits das entsprechende Bauunternehmen sein.

Das Umschlagen ist ein Prozess des Umladens von einem Transport- oder Fördermittel auf ein anderes, ggf. mit einer Phase der Zwischenlagerung, die vor allem Pufferfunktionen ausübt.

Die weitere Behandlung der Elemente ist im Allgemeinen Bestandteil der Montagetechnologie. In der Regel vermeidet man aus Kostengründen den Umweg über ein Zwischenlager. Außerdem liegt in jedem Handhabevorgang die Gefahr der Beschädigung der Elemente.

Nach dem Just in Time-Prinzip sollten die Elementebereitstellung, der Elementetransport zur Montagestelle und die Montage eine kontinuierliche Prozesskette bilden.

Im Interesse der bestmöglichen Auslastung teurer Hebezeuge ist in bestimmten Fällen die montagegerechte Vorlagerung der Elemente am Einbauort zweckmäßig.

Bestimmte Elemente sind vor ihrer Montage zu komplettieren. Große Elemente müssen am Montageort oder in dessen unmittelbarer Nähe vormontiert und ggf. mittels spezieller Vorrichtungen aus der Transport- in die Einbaulage gebracht werden. Die Vormontage schließt im Allgemeinen eine Vorlagerung ein.

Die eigentliche Montage der Elemente schließt den Baumontageprozess ab.

#### 4.1.3 Vorteile und Probleme von Baumontagebauweisen

Montagen sind ein Wesensmerkmal industrialisierten Bauens. Ihren ersten Durchbruch erfuhr die Montagebauweise im Industriebau. Heute ist sie in allen Zweigen des Bauwesens anzutreffen: vor allem auch im Massenvohnungs- und Gesellschaftsbau sowie im Ingenieurbau.

- Vorteile der Montagebauweise
  - kurze Bauzeiten und schnelle Nutzungsfähigkeit der Bauwerke
  - geringerer Materialbedarf (im Vergleich zu monolithischen Bauweisen)
  - hoher Mechanisierungsgrad, geringer Anteil lebendiger Arbeit
  - hohes und stabiles Qualitätsniveau
  - weitgehende Unabhängigkeit von der Witterung
- Probleme der Montagebauweise
  - schwieriger Transport großer Fertigteile
  - zusätzlicher Aufwand für die Verbindung der Bauelemente zum nutzungsfähigen Tragwerk
  - eingeschränkte architektonische Gestaltungsfreiheit

## 4.2 Arbeitsgegenstände

### 4.2.1 Allgemeines

Arbeitsgegenstände des Montagebaus sind hauptsächlich die Montageelemente aus Stahlbeton, Spannbeton, Stahl, Holz und Kunststoffen sowie die dazugehörigen Verbindungsmittel. Die Elemente werden überwiegend in stationären Produktionsstätten vorgefertigt und anschließend zur Baustelle transportiert.

Entscheidend für die Auswahl der einzusetzenden Baustoffe sind die Gebrauchsanforderungen an das Bauwerk, die geforderte Bauzeit, die Wirtschaftlichkeit, die vorgesehene Nutzungsdauer und ästhetische Aspekte.

Die Gestaltung der Arbeitsgegenstände wird wesentlich vom technologischen Prozess mitbestimmt. Deshalb sollen sich die in der Prozesskette vom Herstellen bis zum Montieren wirkenden statischen Systeme möglichst nicht oder zumindestens nicht wesentlich vom Einbauzustand (Endzustand) unterscheiden. Zusatzlastfälle, die zu Mehraufwand (z. B. Transportbewehrung) führen, der allein auf das Verfahren zurückgeht, sind zu vermeiden. Ansätze dafür sind

- gleiche Lage der Elemente in allen Prozessphasen (Herstellen, Umschlagen, Lagern, Transportieren, Einbauen),
- Anordnung der Anschlagpunkte in Nähe der späteren Auflager.

Besonders wichtig für den Montagebau ist die Einhaltung vorgegebener Fertigungstoleranzen. Zur Verringerung des Sortiments verschiedener Fertigteile sind feste Rastermaße wichtig (Modulsystem). Hinsichtlich der Module und Toleranzen (Abmaße, Formhaltigkeit, Verformungsverhalten) sind DIN 18 202 und DIN 18 203 zu beachten.

### 4.2.2 Fertigteile aus Stahl- und Spannbeton

Durch die Verwendung der Vorspannung und dank der Entwicklung leistungsfähiger Hebezeuge und geeigneter Verbindungsmöglichkeiten wurde die Verwendung von Fertigteilen aus Stahlbeton in großer Breite volkswirtschaftlich möglich und sinnvoll. Wichtigste Anwendungsgebiete von Stahlbetonfertigteilen sind der Hochbau sowie der Brückenbau.

Betonfertigteile sind relativ schwere Bauelemente. Sie können ausgeprägt ein-, zwei- und dreidimensional sein:

- stabförmig:
  - Stützen
  - Balken (Unterzüge) und Binder
- flächenförmig:
  - Deckenplatten, Dachplatten
  - ein- und mehrfach gekrümmte Schalen und Falten
- räumlich:
  - Fundamente

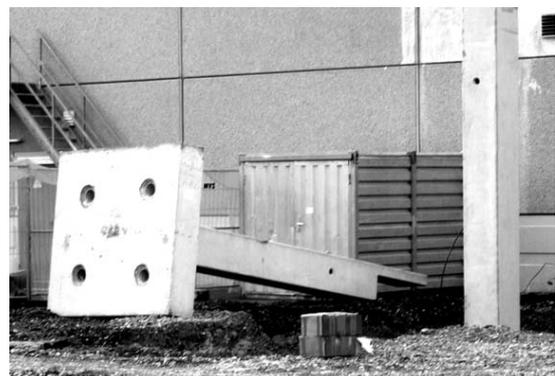
**Nachteile**, wie die schwierige Herstellung von Verbindungen und geringe Zugfestigkeit, werden durch die **Vorteile**, wie einfache Fertigung, die vielfältigen Formgebungsmöglichkeiten, hohe Druckfestigkeit, Korrosions- und Feuerbeständigkeit, kompensiert.

Die Mehrzahl der Montageelemente besteht aus Stahlbeton. Spannbeton findet bei Dachbindern, Dach- und Deckenplatten, Schalen und Faltenwerken Anwendung.

Fertigteile sollen

- günstige Transporteigenschaften besitzen (Sondertransporte sind als Ausnahmefall zu betrachten) und
- unkomplizierte, schnell kraftschlüssig wirkende Verbindungen ermöglichen.

Abb. 4.5 Fertigteilstütze mit angeformtem Fundamentfuß (Baustelle Kaufland Weimar 2007)



Die meisten Fertigteile werden in Betonwerken hergestellt. Zu den Ausnahmen gehören Sonderelemente in Einzelfertigung sowie große und schwere Elemente, die als Ganzes nicht transportierbar sind, aber auch nicht geteilt werden sollen. Große und schwere Elemente, wie Stützen und Binder, müssen aus Toleranz- und Fertigungsgründen in Teilen hergestellt werden. Der Zusammenbau erfolgt durch Vormontage auf der Baustelle.

Typische Verbindungsmittel des Fertigteilmontagebaus sind feste (ab Werk eingebaute) und lose (vor Ort einzubauende) Einbauteile für mechanische Klemm- und Schraubverbindungen, ggf. auch Schweißverbindungen. Zu den festen Einbauteilen zählen insbesondere Blech- und Profilstücke mit rückwärtiger Verankerung im Beton sowie einbetonierte Betonschlösser. Lose Einbauteile können Bleche, Rundstahlstücke, Schrauben usw. sein.

Maßgebende Vorschriften sind u. a. DIN 1 045, DIN 4 212 und DIN 4 223. Abmessungen und Massen der Elemente variieren in weiten Bereichen.

#### 4.2.3 Montageelemente aus Metall

Der Stahlbau ist eine klassische Montagebauweise seit Ende des vergangenen Jahrhunderts. Seine **Vorteile** bestehen in der kostengünstigen Überbrückung großer Spannweiten, relativ geringer Konstruktionsmasse, Montierbarkeit unter fast allen Witterungsbedingungen (⇒ kurze Bauzeiten), hoher Flexibilität im Hinblick auf Umbaumaßnahmen, leichter Demontierbarkeit und nahezu vollständiger Einbeziehung in den Stoffkreislauf (Recycling). **Nachteile** sind Korrosionsanfälligkeit (aufwändige Rostschutzmaßnahmen), geringer Feuerwiderstand, weichere Konstruktion (Schwingungen) sowie die elektrische Leitfähigkeit der Metalle.

Maßgebende Vorschriften sind u. a.: DIN 4 132, DIN 18 802 und DIN 18 803-2.

Für Stahlkonstruktionen ist der Skelettbau typisch. Die wichtigsten Konstruktionselemente sind Stützen, Rahmen, Riegel, Binder, Pfetten und Verbände. Elemente mit großen Abmessungen werden konstruktiv geteilt und auf der Baustelle zusammengefügt. Die Wahl der Lage fertigungs- und transporttechnisch bedingter Stöße erfordert in der Regel Kompromisse zwischen statisch-konstruktiven und technologischen Aspekten.

Die Herstellung der Montageelemente erfolgt in Stahlbauwerkstätten und -betrieben. Die Herstellungsprozesse sind im Allgemeinen durch ein hohes technologisches Niveau gekennzeichnet; d. h. es kommen überwiegend mechanisierte und automatisierte Fertigungsverfahren zur Anwendung. Stahlkonstruktionen werden heute bereits in der Vorfertigung weitestgehend konserviert (Anstriche, Metallisierung). Transporthilfen, schonende Anschlagtechnik und Verpackung tragen dazu bei, Schäden an den Beschichtungen zu verhüten.

Das typische Verbindungsverfahren in der Vorfertigung ist das Lichtbogenschweißen (MAG-, UP-Schweißen<sup>14</sup>). Auf der Baustelle werden geschraubte Stöße bevorzugt – vor allem, weil ihre Ausführung witterungsunabhängig und schneller möglich ist. Lassen sich Schweißverbindungen nicht umgehen, dann erfolgt deren Ausführung während der Montage im Regelfall mittels elektrischer Lichtbogenhandschweißung.

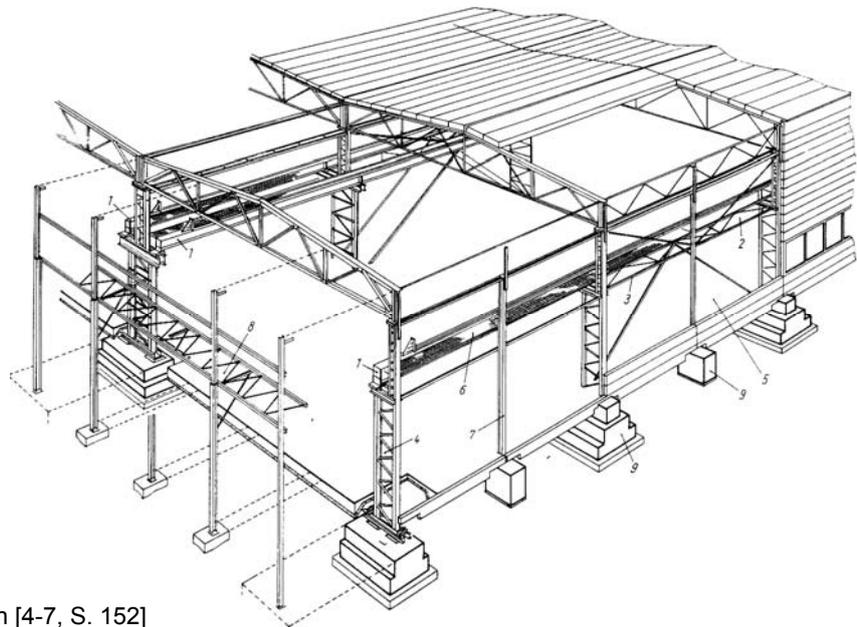


Abb. 4.6 Stahlhalle mit Kranbahn [4-7, S. 152]

1 – Kranbahnträger, 2 – Horizontalverband, 3 – Nebenträger, 4 – Kranbahnstütze, 5 – Portalfeld,  
6 – Laufsteg mit Gitterrostabdeckung, 7 – Windstütze, 8 – Windverband am Giebel, 9 – Fundament

<sup>14</sup> Beim Metall-Aktivgasschweißen (MAG) als eine Form des Schutzgasschweißens wird durch den Gasstrom, der den Lichtbogen umgibt, die Schweißverbindung geschützt und gezielt beeinflusst. Beim Unterpulverschweißen (UP) erfolgt der Schutz durch eine aus dem Pulver über der Naht gebildete Schlackeschicht.

#### 4.2.4 Montageelemente aus Holz

Holz besitzt besonders günstige Eigenschaften für das Vorfertigen und Montieren. Es lässt sich leicht bearbeiten und verbinden. Die relativ hohen Unterhaltungskosten, seine geringe Tragfähigkeit, seine biologische Anfälligkeit (Fäulnis, Schädigung durch Pilze und Insekten) sowie Brennbarkeit schränken die Anwendung ein.

Montageelemente aus Holz werden häufig in Mischbauweisen angewendet, z. B. Holzbinder auf Stahlbetonstützen oder gemauerten Wänden. Bevorzugte Einsatzgebiete sind Gesellschaftsbauten (z. B. Sport- und Schwimmhallen), Lagerhallen und Kaufhallen. Dort kommen Vollwandkonstruktionen und Fachwerke zum Einsatz. Große Bedeutung besitzen Leimbinder, weil mit ihnen große Spannweiten und Querschnitte mit entsprechenden Widerstandsmomenten erreicht werden, für die Vollholz nicht verfügbar ist. Aber auch im Wohnungsbau finden Holzbauelemente Anwendung, wie z. B. in Berlin, wo das erste siebengeschossige Wohnhaus in Holzbauelementbauweise montiert wurde [4-17].

Neben den traditionellen werkstofftypischen Verbindungsmöglichkeiten der zimmermannsmäßigen Knotenausführung (Zapfen usw.) sowie des Nagelns, Schraubens und Verdübelns spielen zunehmend Metallverbindungselemente eine Rolle.

#### 4.2.5 Montageelemente aus Kunststoffen

Kunststoffe kommen vorwiegend in Mischbauweisen aber auch für temporäre leicht umsetzbare Bauwerke (vgl. Abb. 4.3) zur Anwendung. Als tragende Elemente sind z. B. Überdachungskonstruktionen ausgeführt worden. In Mehrschicht-Montageelementen finden Kunststoffschäume eine breite Anwendung als Wärmedämmung. Die Verbindung geschieht durch Kleben, Schweißen und Schrauben.

Neben einer Reihe von Vorteilen, wie beachtliche Festigkeit, gute Verarbeitbarkeit, chemische Beständigkeit, geringes Gewicht, besitzen Kunststoffe auch erhebliche Nachteile, wie Kälte- und Wärmeempfindlichkeit, ungünstiges Temperaturdehnungs- und Brandverhalten, rasche Alterung, Formänderung unter Dauerlast, Gefahr der Gesundheitsschädigung durch die Komponenten bei der Herstellung usw.

#### 4.2.6 Montageelemente aus Verbundkonstruktionen und Glas

Die Verbundbauweise ist durch die Kombination von mindestens zwei verschiedenen Materialien gekennzeichnet, die als Einheit zusammenwirken. Solche Bauteile können vorgefertigt werden oder auf der Baustelle aus Einzelkomponenten entstehen.

So ermöglicht z. B. im letzteren Sinne die **Stahlverbundbauweise** das werkstoffoptimierte Zusammenwirken von Stahl und Stahlbeton, wobei der Baustoffverbund durch spezielle Verbindungsmittel, wie Profile oder Kopfbolzendübel, sichergestellt wird. Eine andere Form ist der Holz-Beton-Verbund.

Abb. 4.7 Stahlträger und Stahlbetondeckenplatte erhalten Verbund durch Kopfbolzendübel (Gobazentrum der Fa. GOLDBECK Bau GmbH, Hirschberg, Foto: STEINMETZGER)



Auch Fertigteile können als Verbundkonstruktion hergestellt und auf die Baustelle geliefert werden. Stahl-PUR-Stahl-Sandwichelemente (vgl. z. B. [4-9]) haben im heutigen Industrie- und Gewerbehochbau einen festen Platz erobert. Sie werden in großen Serien kostengünstig gefertigt. Die Materialkombination aus dünnwandigen Metalldeckschalen mit dazwischen liegendem eingeschäumtem Polyurethan-Hartschaum- oder Mineralwollekern bildet leichte, tragfähige und Wärme dämmende Dach- und Wandbekleidungen. Die Ansichtsflächen sind fertig behandelt, so dass sich kurze Bauzeiten ergeben.

**Glas** besticht durch seine Transparenz und chemische sowie thermische Beständigkeit. Modernes Material und Verbundbauweise geben ihm eine hohe Tragfähigkeit und Bruchfestigkeit. Es tritt immer mehr als Tragelement in Bauwerken in Erscheinung. Neue konstruktive und gestalterische Möglichkeiten ergeben sich mit dem erstmalig auf der Messe glasstec 2002 vorgestellten Verbundglasrohren als konstruktive Elemente und Komplettbauteile.

## 4.3 Arbeitsmittel und deren Einsatz

### 4.3.1 Überblick

Die wichtigste Gruppe der Arbeitsmittel für Montageprozesse sind die Hebezeuge (s. Übersicht in Abb. 4.8). Weitere Arbeitsmittelgruppen stellen die Montagehilfsmittel sowie die Maschinen und Geräte für Transport-, Umschlag- und Lagerprozesse dar.

Nachfolgend soll ein Überblick über die Hebezeuge und Montagehilfsmittel gegeben werden, soweit er für das Verständnis der Montageprozesse notwendig erscheint. Weitere Informationen folgen bei der Behandlung der Baustelleneinrichtung sowie im Fach Bauproduktionstechnik des Vertiefungsstudiums (Hebezeuge, Förder- und Transportmittel).

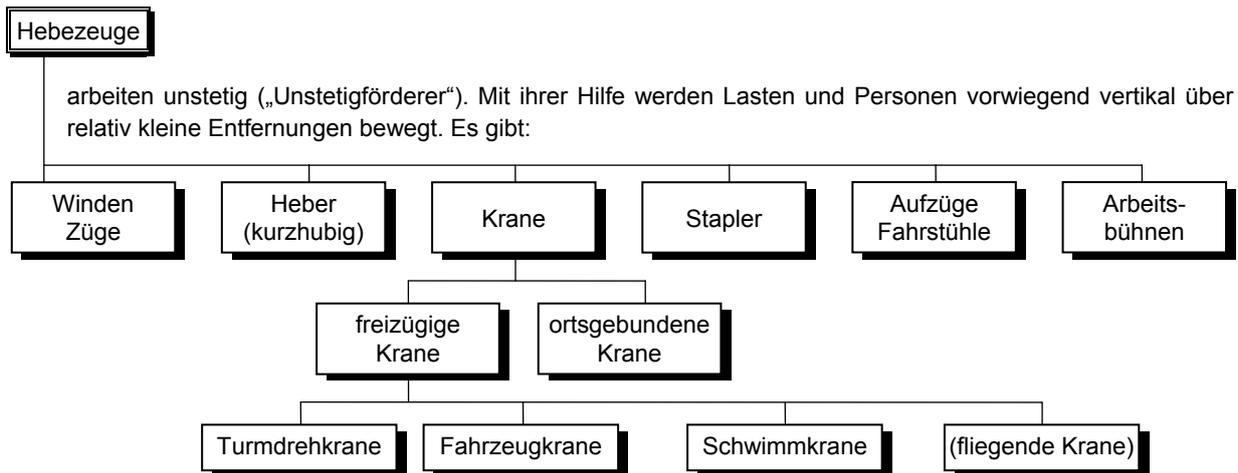


Abb. 4.8 Übersicht über die Hebezeuge

### 4.3.2 Krane

#### 4.3.2.1 Merkmale und Einteilung der Krane

**Krane** dienen dem un stetigen räumlichen Bewegen von Lasten mit Hilfe eines Tragmittels innerhalb eines begrenzten Arbeitsbereiches, wobei dem Heben und Senken gegenüber Horizontalbewegungen eine höhere Bedeutung zukommt. Sie sind die typischen und meist Prozess bestimmenden Arbeitsmittel in der Montage.

Nach DIN 15001, Teil 1 werden die Krane nach der Bauart in Laufkatzen, Ausleger- und Drehkrane, Brücken-, Portal-, Wandlauf-, Turmdreh-, Fahrzeug-, Schwimm- und Kabelkrane gegliedert. Zur vollständigen Charakterisierung eines Kranes ist auch die Angabe seines Verwendungszwecks durch ein entsprechendes Zuwort erforderlich, z. B.: Baukran, Montagekran (DIN 15001, Teil 2).

#### 4.3.2.2 Freizügige Krane

Bestehen die technischen Voraussetzungen und ist es üblich, regelmäßig den Kran an verschiedenen Einsatzorten zu nutzen, ihn also umzusetzen, so spricht man von freizügigen Kranen. Diese Feststellung ist deshalb wichtig, weil z. B. ein freizügiger Kran am Einsatzort fest aufgestellt sein kann (Turmdrehkran auf Fundament) und ein ortsgebundener Kran durchaus verfahren werden kann (Brückenkran, Portalkran).

Freizügige Krane sind in Gestalt der Turm- und Fahrzeugkrane die wichtigsten Hebezeuge auf Baustellen. Ihre Konstruktion beruht auf freistehender Arbeitsweise, d. h. ohne Berücksichtigung von Verankerungen. Dem Vorteil der Freizügigkeit steht die Gefahr des Kippens gegenüber. Die Verwendung von Verankerungen am Bauwerk oder auf einem Fundament ändert nichts an diesem Grundprinzip.

Die Einsatzparameter dieser Krane und die Spezifik ihrer Einsatzvorbereitung folgen also vor allem aus der Gewährleistung der Standsicherheit, dem zuverlässigen Ausschließen des Kippens, unter Berücksichtigung aller statischen und dynamischen Belastungen.

**4.3.2.3 Freistehende Krane und ihre Einsatzcharakteristika**

Die primären Gebrauchseigenschaften freistehender Krane lassen sich durch drei Parameter (Parametertripel) charakterisieren, die auch bei der Kranauswahl bzw. dem Krannachweis von Bedeutung sind:

Tragfähigkeit	$m_Q$
Kranhakenhöhe	$h$
Ausladung	$a$

Für jede Ausrüstungsvariante eines Kranes stehen sie in einem funktionellen Zusammenhang, der vom Kranhersteller in Diagrammen oder Tabellen beschrieben wird.

- **Die Tragfähigkeit  $m_Q$**  ist die maximale Last (Masse), die nach Herstellerangaben mit dem Kran in der gegebenen Konfiguration bei einer bestimmten Ausladung gehoben werden darf.

Das **Tragfähigkeitsdiagramm** oder die Tragfähigkeitstabelle des Kranherstellers gibt die Tragfähigkeit des Kranes  $m_{Q,zul}$  in Abhängigkeit von der Ausladung jeweils für eine bestimmte Ausrüstungsvariante an.

Es ist zu beachten, ob in der Tragfähigkeit das Tragmittel (Unterflasche) bereits berücksichtigt wurde oder ob es mit zur Last zu rechnen ist. Hinweise dafür liefert die Krandokumentation.

Die Tragfähigkeit ist im Gegensatz zur Tragkraft eine Masseangabe. Dennoch geben viele Hersteller die Tragkraft als Gewicht in kg bzw. t an.

- **Die Kranhakenhöhe  $h$**  ist die Höhe der Kontaktstelle des Kranhakens mit dem Anschlagmittel über der Standebene des Kranes.

Das **Hakenhöhendigramm** des Kranherstellers gibt die technisch maximal mögliche Hakenhöhe  $h_{zul}$  in Abhängigkeit von der Ausladung an.

Die maximale Kranhakenhöhe eines bestimmten Krantyps kann über Variation der Turmhöhe, Auslegerlänge und -geometrie verändert werden.

- **Die Ausladung  $a$**  ist der horizontale Abstand zwischen der Drehachse des Kranes und der Lastschwerachse.
- Das Produkt aus Ausladung und Tragkraft ergibt das **Lastmoment** – aus Ausladung und Tragfähigkeit das Tragfähigkeits- oder Tragmassenmoment. Dieses darf nicht so groß werden, dass der Kran zum Kippen kommen kann.

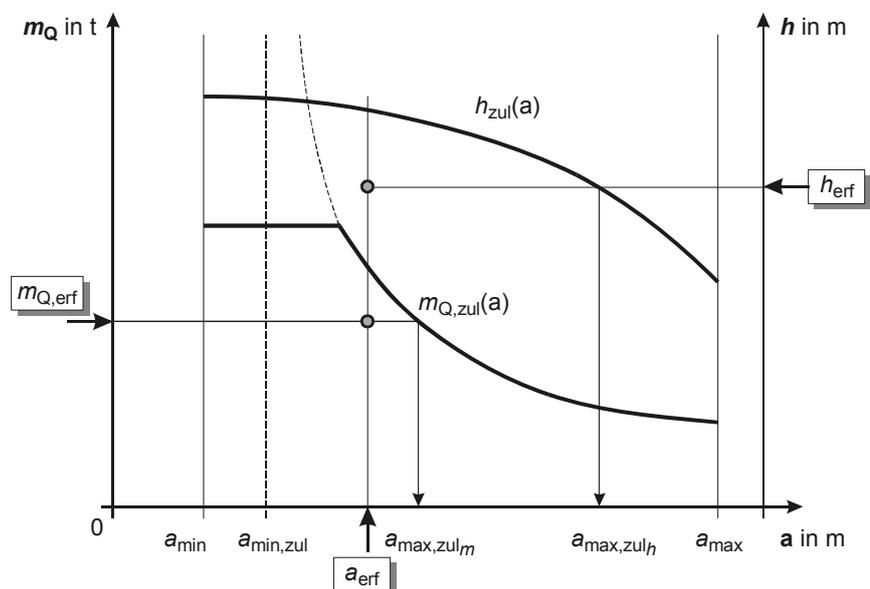


Abb. 4.9 Verknüpfung der Kranparameter im Krannachweis anhand von Tragfähigkeits- und Hakenhöhendigramm (Beispiel: Kran mit Einziehausleger)

Beachte: Selbst wenn Turmdrehkrane auf einem Fundament und mit dem Bauwerk verankert sind, somit nicht mehr frei stehen, basieren ihre Konstruktion und Einsatzcharakteristik dennoch auf den Prämissen freistehender Krane.

Aus der Technologie folgen die erforderliche Größen  $m_{Q,erf}$ ,  $h_{erf}$  und  $a_{erf}$  (vgl. Kapitel 4.4.2) für jedes zu hebende Element. Der **Krannachweis** beruht auf der Gewährleistung der Standsicherheit des Kranes und dem Nachweis der Ausführbarkeit der geforderten Arbeitsspiele. Er ist für ein Lastspiel dann erbracht, wenn gilt:

$$\left. \begin{array}{l} m_{Q,erf} \leq m_{Q,zul} \\ h_{erf} \leq h_{zul} \end{array} \right\} \text{ bei } a_{min,zul} \leq a_{erf} \leq a_{max,zul}$$

$$a_{max,zul} = \min \{ a_{max,zul,m}; a_{max,zul,h} \}$$

Die Werte  $a_{min}$  und  $a_{max}$  sind Angaben des Kranherstellers. Sie geben den technisch möglichen Ausladungsbe- reich an. Ergänzend dazu folgt der Wert  $a_{min,zul}$  aus der Elemente- und Bauwerksgeometrie sowie dem Stand- punkt des Kranes bei der Montage. Er ist also, wie auch  $a_{max,zul}$  (Ermittlung s. Formel oben), jedes Mal neu zu bestimmen.

**4.3.2.4 Turmdrehkrane**

Turmdrehkrane sind in Deutschland nicht nur typisch für Montagebaustellen, sondern als Beistellmaschinen auch wesentlicher Bestandteil der Baustelleneinrichtung. Sie unterscheiden sich bezüglich ihres Einsatzes von anderen Kranen vor allem dadurch, dass sie wiederholt zu demontieren, umzusetzen und zu montieren sind. Die Forderun- gen nach einfacher und schneller Umsetzung sowie beengte Platzverhältnisse auf innerstädtischen Baustellen, haben zu neuen Konstruktionen geführt, in denen die technisch-konstruktiven Möglichkeiten voll ausgereizt sind.

Viele Krane werden im Baukastensystem gefertigt und können so durch die Kombination der Baugruppen einfach und kostengünstig den speziellen Nutzeranforderungen angepasst werden. So können sie z. B. schienenverfahr- bar oder unbeweglich (nach BGL [4-2, C] stationär) aufgestellt und mit unterschiedlichen Auslegerarten aus- gestattet sein. Dementsprechend lassen sie sich klassifizieren:

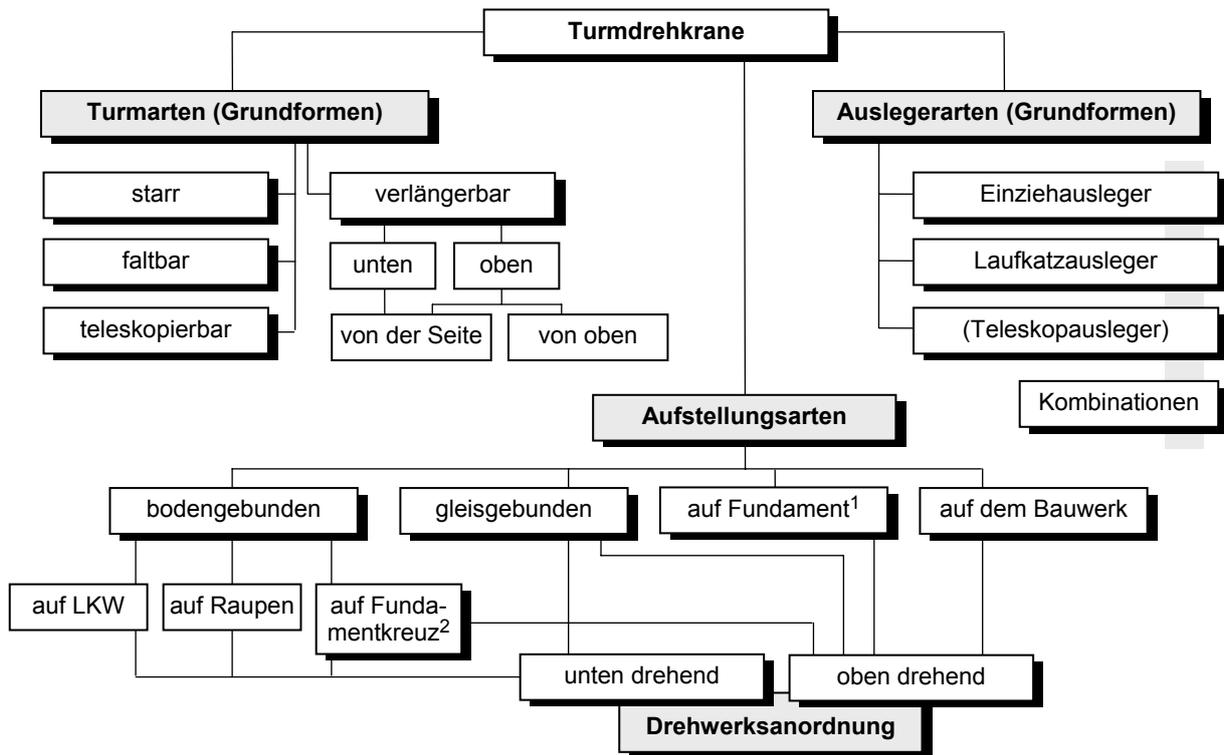


Abb. 4.10 Übersicht über die grundlegenden Bauformen von Turmdrehkranen (1 verankert, 2 freistehend)

**Der grundsätzlichen Aufbau der Turmdrehkrane** soll nachstehend am Beispiel der Unterscheidung in Unten- und Obendreher erläutert werden. Die Hauptbaugruppen und -elemente sind aus den Bezeichnungen in den Bildern erkennbar.

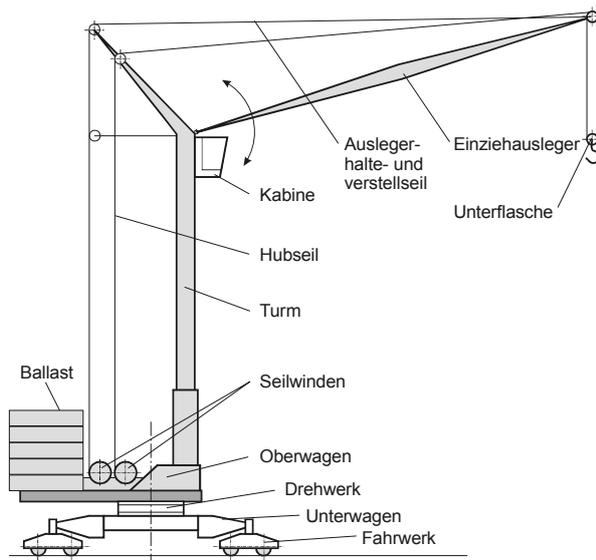


Abb. 4.11 Untendreher (Prinzipische Skizze)

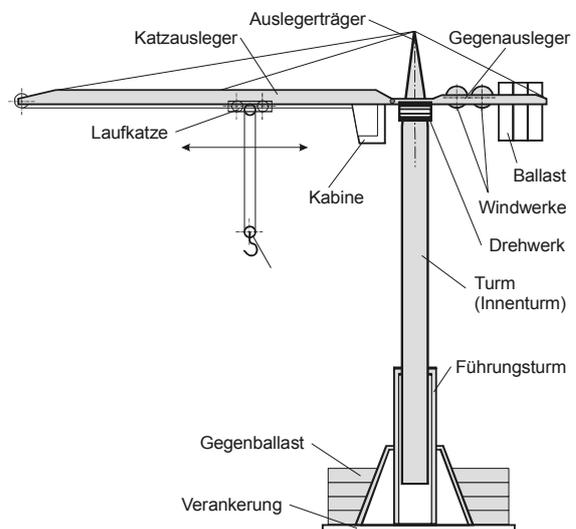
Beim **Obendreher** müssen das Gegengewicht und alle Antriebs- und Steuerungsaggregate am Gegenausleger befestigt und vom Turm getragen werden. Das macht den Einsatz schwerer Hebezeuge zum Aufstellen erforderlich. Der Platzbedarf am Turmfuß ist bei Obendrehern geringer. Die Kranfahrerkabine hängt, soll sie drehbar sein, am Ausleger und belastet diesen zusätzlich. Sie kann auch direkt über dem Drehwerk liegen.

Ist der Turm des Obendrehers so ausgebildet, dass er mit dem Baufortschritt verlängert werden kann, so nennt man ihn auch **Kletterkran**.

Abb. 4.12 Obendreher (Prinzipische Skizze)

**Untendreher** besitzen Nachteile bezüglich der Einscherung der Seile bei der Montage, sind aber ansonsten leichter montierbar, weil alle Antriebs- und Steuerungsaggregate auf dem Oberwagen, also nicht in großer Höhe, untergebracht werden können. Durch die auf dem Oberwagen befestigten Ballastgewichte benötigen Untendreher relativ viel Platz beim Schwenken. Dafür können diese aber leichter angebracht werden. Der Kranschwerpunkt liegt tiefer, und der Turm kann leichter gebaut werden.

Als **Schnelleinsatzkrane** können sich Untendreher hydraulisch oder mit eigenen Windwerken über eine entsprechende Turmkinematik selbst aufrichten. Sie werden heute vor allem als Beistellkrane für den Wohnungs- und Gesellschaftsbau verwendet und besitzen aufgrund der kleinen Baugröße als Montagekrane nur eine geringe Bedeutung.



### Zu den Auslegerbauformen

Die Ausleger bestehen aus einer Spitze, einem Fußstück und Zwischenstücken (Schüsse), deren Anzahl variabel sein kann und somit unterschiedliche Auslegerlängen ermöglicht. Sie sind schlank und leicht gebaut. Manche Ausleger sind spitzlos und ohne Seilabspannung als Waagebalken ausgebildet – in einer biegesteifen Konstruktion, die nur eine geringe Bauhöhe beansprucht, dafür aber schwerer ist.

Bei **Einzieshauslegern** wird die Ausladung durch Wippen des Auslegers verändert. Durch zusätzliche maschinentechnische Maßnahmen wird dabei die Hakenhöhe konstant gehalten. Die maximal zulässige Hakenhöhe nimmt mit zunehmender Ausladung auf einer Kreisbahn ab. Vorteilhaft ist der geringere Platzbedarf bei geringer Ausladung, vor allem dann, wenn mehrere Krane parallel arbeiten oder benachbarte Grundstücksflächen überstrichen werden müssen. Von Nachteil ist, dass die kleinste krantechnisch mögliche Ausladung relativ groß ist.

**Katzausleger** sind gegenwärtig in Deutschland die dominierende Bauform. Die Veränderung der Ausladung erfolgt bei diesen durch Verfahren der Laufkatze entlang des (in der Regel) horizontalen Auslegers. Dabei können relativ kleine Ausladungen erreicht werden. Die maximale Hakenhöhe ist über den gesamten Ausladungsbereich konstant. Von Nachteil ist die ständig große, durch den Ausleger überstrichene Grundfläche – auch dann, wenn nur kleine Ausladungen benötigt werden. Eine Kompromisslösung stellt der **Laufkatzen-Knickausleger** dar, bei dem ein Auslegerstück eingezogen werden kann. Durch Schwenken des äußeren Auslegerstücks nach oben in eine Ausweichstellung wird in der betriebsfreien Zeit der Gefahr der Kollision mit benachbarten Kranen oder vorhandener Bebauung begegnet. In modernen Krankonstruktionen kann der so genannte **Laufkatzen-Verstellausleger** wie ein Einzieshausleger angehoben werden und ist Katzfahren möglich.

Die Bauformen lassen sich beliebig kombinieren. Man kann nicht davon ausgehen, dass alle Untendreher mit Nadelausleger und alle Obendreher mit Katzausleger ausgerüstet werden.

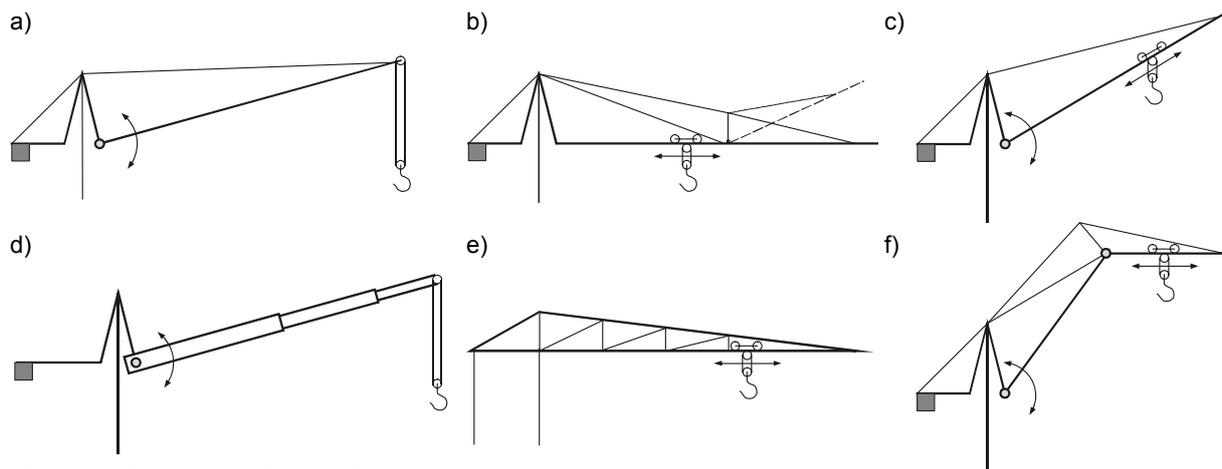


Abb. 4.13 Auslegerbauformen (Prinzipzeichnungen)

- a) Einziehausleger, b) Laufkatzausleger mit Ausweichstellung, c) Laufkatze-Verstellausleger, d) Teleskopausleger, e) biegesteifer spitzenloser Ausleger (Flat-Top), f) Laufkatze-Knickausleger

### Auf Krangleisen verfahrbare Turmdrehkrane

Der Einsatz von schienenfahrbaren Turmdrehkränen bietet dann Vorteile, wenn mit einem oder nur wenigen Kränen ein großes Baufeld überstrichen werden soll und der flächendeckende Einsatz stationärer Krane nicht möglich oder aufgrund zu geringer Auslastung unwirtschaftlich ist. Aktuell ist der Einsatz schienenfahrender Krane auf deutschen Baustellen selten.

Die gleisgebunden fahrbaren Turmdrehkrane sind in der Regel Untendreher. Bei schweren Kränen kann das Fahrwerk als Portal ausgebildet sein. Manche Krantypen sind kurvenfahrbare – teils mit und teils ohne Last.

Weitere Informationen sind im Kapitel Baustelleneinrichtung (siehe Kap. 5.2.1.3, S. 149) gegeben.

### Nicht verfahrbare Turmdrehkrane

Turmdrehkrane werden in der Regel nicht verfahrbar, man sagt auch „stationär“, aufgestellt:

- freistehend auf dem aufgespindeltem Unterwagen,
- auf einem Fundamentkreuz frei stehend,
- auf einem Fundament verankert,
- auf einem Fundament und am Gebäude verankert.

In jedem Falle entspricht ihre Einsatzcharakteristik aber der von freistehenden Kränen (s. oben).

### Kletterkrane

Als Kletterkrane bezeichnet man nichtverfahrbare Krane, die mit Einrichtungen ausgestattet sind, die das Verlängern des Turmes während des Kraneinsatzes ermöglichen.

Kletternde Krane sind heute nicht mehr nur ein Merkmal von Hochhausbaustellen. Aufgrund ihrer universellen Bauweise und des Leichtbaus aber auch neuer Systeme des Schnellaufbaus, haben sie sich zu Universalkränen entwickelt. Kletterkrane lassen sich in freistehende und am Gebäude verankerte einteilen. Bei letztgenannten kann es sich um Außen- oder Etagenkletterkrane handeln. Der Kraneinsatz ist im Falle der Verankerung am Gebäude immer unter Beachtung von Stabilität und Festigkeit des Gebäudes im Verlauf des Baufortschritts zu planen.

**Außenkletterkrane** können klettern, indem

- am Turmfuß Turmschüsse seitlich eingefügt werden und der gesamte Turm als Innenturm im Außenturm (Führungsturm) klettert,
- unter dem Drehkranz des Obendreher die Turmschüsse in einer Kletterstulpe, die das Kranoberteil trägt, von der Seite eingebaut werden,
- Turmschüsse von oben in einen Maschinenrahmen, der den Turm umfasst, eingeführt und befestigt werden und der Drehkopf mit dem Ausleger nachklettert.

**Innenkletterkrane** stützen sich auf dem Bauwerk ab und steigen mit dem Baufortschritt von Etage zu Etage nach.

### **Merkmale moderner Turmdrehkrane**

- Umweltfreundlichkeit (leiser Betrieb)
- gute Regelbarkeit der Antriebe bei großem Wirkungsgrad (Frequenzumrichtertechnik  $\Rightarrow$  FU-Antrieb)
- elektronische Überwachungs- und Anzeigetechnik
- Kollisionsschutz durch elektronische Arbeitsbereichsbegrenzung
- Betriebsdatenerfassung (BDE) zur Maschinendiagnose und -überwachung

### **Turmdrehkraneinsatz**

Turmdrehkrane werden nach dem Nennlastmoment in tm eingestuft (s. BGL [4-2, S. C3]). Das Nennlastmoment ist zugleich die Maschinenkenngröße. Die Auswahl des Turmdrehkranes erfolgt anhand der in Abschnitt 4.3.2.3 genannten Wertetripel ( $m_Q, h, a$ ), der aus den Anforderungen der Montage folgenden Arten des Auslegers und der Art und Weise der Aufstellung. Die Hersteller stellen die technischen Daten grafisch und in Tabellenform bereit.

Ein Kranspiel setzt sich aus verschiedenen Teilvorgängen, wie Anschlagen, Heben, Fahren, Drehen, Senken, Absetzen und Fixieren der Last, Abschlagen, zusammen, wobei sich einige Vorgänge überlappen, z. B. Heben/Fahren oder Fahren/Drehen. Diese Vorgänge sind exakt mathematisch beschreibbar und messbar. Dennoch kann der Einsatz von Turmdrehkranen i. A. nicht anhand ihrer Nutzleistung geplant werden, sondern in der Regel nur anhand von Kennzahlen im Ergebnis von REFA-Arbeitsstudien.

Die räumliche Organisation des Turmdrehkraneinsatzes auf der Baustelle wird durch den Bauwerksgrundriss, die Art der Kranaufstellung (unbeweglich, fahrbar) und die Montagerichtung bestimmt.

Durch gute Arbeitsvorbereitung und exakte Baustellenorganisation ist eine hohe zeitliche und technische Auslastung der Krane anzustreben. Die wirtschaftliche Seite des Turmkraneinsatzes ist dadurch gekennzeichnet, dass der Aufwand zur Umsetzung und Herstellung der Betriebsbereitschaft relativ groß ist, die Betriebskosten pro Stunde dagegen relativ niedrig liegen. Deshalb spielen solche sekundären Gebrauchseigenschaften, wie

- Montierbarkeit und Demontierbarkeit,
- leichtes Aufstellen und Aufrichten, ggf. unter beengten Platzverhältnissen,
- leichte Ballastierung,
- Straßenfahrbarkeit bei möglichst geringem Demontagegrad und geringen Abmessungen,

eine große Rolle. Die Hersteller liefern Aussagen zum Platzbedarf beim Auf- und Abbau eines Kranes.

Krane sind vor der ersten Inbetriebnahme und nach wesentlichen Veränderungen durch einen Sachverständigen (Sachverständige der Technischen Überwachung – TÜV, von der Berufsgenossenschaft ermächtigte Sachverständige) zu prüfen. Turmdrehkrane sind nach § 26 der BGV D6 bei jeder Aufstellung und nach jedem Umrüsten durch einen Sachkundigen (Sachverständiger, Betriebsingenieur, Maschinen- oder Kranmeister) zu prüfen. Turnusmäßige Prüfungen (mindestens einmal im Jahr) sind nach der Intensität der Belastung, ggf. in Absprache mit dem Kranhersteller, vorzunehmen.

#### **4.3.2.5 Fahrzeugkrane**

Fahrzeugkrane vereinen in sich Fahrzeug und Kran. Sie unterscheiden sich von anderen Hebezeugen dadurch, dass sie mit eigener Kraft schnell ihren Standort wechseln, durch zusätzliche Abstützungen die relativ kleine Standbasis des Fahrwerkes vergrößern und damit die Tragfähigkeit erhöhen können. Ein wesentlicher konstruktiver Unterschied gegenüber den Turmdrehkranen besteht im tief liegenden Auslegeranlenkpunkt.

Alle Fahrzeugkrane besitzen in irgendeiner Form die gleichen Hauptbaugruppen – Unterwagen, Oberwagen, Ausleger und Fahrerkabine. Im Prinzip kann ein beliebiger Kranoberwagen mit seiner Ausrüstung auf einem beliebigen Fahrgestell entsprechender Größe montiert sein, das dem jeweiligen Kran seine spezielle Bezeichnung gibt.

Nachstehend wird eine Klassifizierung der Fahrzeugkrane gegeben. Es ist ein möglicher Ansatz, denn nicht immer ist diese eindeutig möglich. Selbst die Hersteller gebrauchen die Bezeichnungen nicht einheitlich. Auch in der Fachliteratur wird das Thema nicht allzu ernst genommen. Zudem verändern sich die Konstruktionen angesichts neuer Nutzeranforderungen teilweise sehr schnell, beispielsweise verschwimmen die Grenzen zwischen AT- und RT-Kranen, die auch unter der gemeinsamen Bezeichnung Mobilkrane, die nicht mit der ursprünglichen Bauart zu verwechseln ist, gehandelt werden. Teilweise fasst man auch alle Teleskopkrane unter einer Kategorie zusammen. Dennoch sollen weiter unten die Kranarten entsprechend der Grundsystematik von Abb. 4.14 etwas ausführlicher erläutert werden.

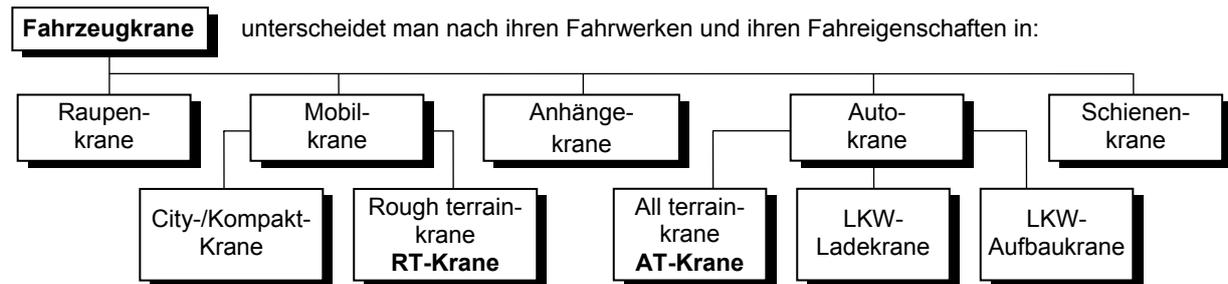


Abb. 4.14 Grundsystematik der Fahrzeugkrane

Auf Baustellen spielen vor allem die gleislosen Fahrzeugkrane (Bezeichnungen nach DIN 15001 Teil 1, Gruppe 7), eine dominierende Rolle. Eine Sonderstellung nehmen die Ladekrane ein, die fest mit dem Fahrzeug verbunden und für Be- und Entladevorgänge bestimmt sind. Luftfahrzeuge (Hubschrauber, Luftschiffe) behandelt man wegen ihrer Spezifik in einer getrennten Kategorie (s. unten).

**Kenngroße** der Fahrzeugkrane ist die max. Tragfähigkeit (gilt für kürzesten Ausleger und kleinste Ausladung), die praktisch kaum genutzt wird. Für die Auswahl im Industriebau gilt bei ungehindertem Arbeiten näherungsweise:

$$\text{Tragkraft} \Rightarrow (3 \dots 4) \times \text{Gewicht des schwersten Elementes}$$

Um eine größere Abstützbasis zu erhalten und die elastisch nachgiebigen Reifen im Kranbetrieb auszuschalten, arbeiten die straßenfahrbaren Krane ebenso wie die gleisgebundenen Krane in der Regel mit Abstützungen.

An Fahrzeugkranen kommen unterschiedliche **Auslegerformen** zum Einsatz. Aufgrund der schnellen Herstellung der Betriebsbereitschaft dominieren heute Teleskopausleger. Große Gittermastausleger bieten Gewichtsvorteile. Sie erreichen an schweren Autodrehkranen Hakenhöhen von 160 m. Vor allem durch die Auslegervariationen sind zahlreiche unterschiedliche Betriebszustände möglich. Dementsprechend hoch ist die Anzahl der für einen Kran-typ zu berücksichtigenden Tragkraft- und Hakenhöhendigramme. So können für einen Kran größerer Tragfähigkeit durchaus 20 bis 30 Tragkraftdiagramme oder -tabellen vorliegen.

**Raupenkrane** sind in der Regel große Raupendrehkrane (RDK) mit Gitterausleger. Historisch gesehen sind sie eng mit dem Seilbagger verwandt. Als Basismaschine dienen Seilbagger oder Seilträgergeräte. Sie erzeugen auf Grund ihres Fahrwerkes geringe Bodenpressungen und sind deshalb besonders für schlechte Bodenverhältnisse geeignet. Die gute Standsicherheit ermöglicht unabgestütztes Arbeiten und Fahren unter Last. Sie müssen jedoch zum Ortswechsel verladen werden und eignen sich deshalb vor allem für den längerfristigen Einsatz an einem Ort. In Deutschland für Baumontagen kaum verbreitet, finden sie international (z. B. USA, Japan, Großbritannien) als Hochbaukrane mit hoher Tragfähigkeit (bis 1500 t) auch anstelle von Turmdrehkranen Anwendung auf Baustellen [4-8]. Durch das Errichten von Windkraftwerken haben sie auch in Deutschland eine größere Verbreitung erlangt und ersetzen heute auf Industriebaustellen auch weitgehend schienengebundene Krane.

Wird das Raupenfahrwerk durch ein einfaches Abstützpodest ersetzt, dann erhält man einen so genannten **Sockelkran** (Pedestal-Crane). Dieser bietet, wenn kein Fahrwerk benötigt wird, Kosten- und Zeitvorteile.

Traditionelle **Mobilkrane** (Mobildrehkrane – MDK) sind Krane, die mit einem luftbereiften Fahrwerk für kleinere Eigenbewegungen ausgerüstet sind. Diese Krane besitzen nur einen Antriebsmotor, der für die Kranarbeit ausgelegt ist und deshalb nur ein langsames Fahren (10 bis 30 km/h) ermöglicht, so dass sie über längere Strecken geschleppt oder verladen werden müssen. Sie können mit Teleskop- oder Gitterausleger ausgerüstet sein. Aufgrund ihrer Behändigkeit kommen sie nur noch als „Hofkrane“ auf Lagerplätzen oder in Industriebetrieben zum Einsatz. Auf dem Bau sind diese Mobildrehkrane nicht mehr anzutreffen.

**RT-Krane** (Rough-Terrain-Krane) sind spezielle Mobildrehkrane. Sie besitzen vorwiegend ein zweiachsiges Fahrwerk mit Allradantrieb und Allradlenkung, das den Einsatz in schwerem Gelände zulässt. Die Krane erreichen eine Fahrgeschwindigkeit bis 40 km/h und eine Steigfähigkeit bis 65 %. Die Tragfähigkeitsklassen überstreichen gegenwärtig 30 bis 80 t. Auf dem Oberwagen befinden sich die Fahrerkabine und ein Teleskopausleger. RT-Krane entsprechen in der Regel nicht der StVZO, sie können also nicht ohne besondere Zulassung am öffentlichen Straßenverkehr teilnehmen.

Abb. 4.15 Typischer RT-Kran: GROVE RT890E



Bei **Autodrehkränen** (ADK) ist der Kranteil (Kranoberwagen mit Ausleger) auf ein luftbereiftes Fahrgestell montiert, das meist über einen eigenen Straßenfahrantrieb verfügt. Nur ganz kleine Krane besitzen einen gemeinsamen Kran- und Fahrantrieb. Für die Straßenfahrt, die mit hoher Geschwindigkeit möglich ist (bis 80 km/h), gibt es eine eigene Fahrerkabine. Autokrane sind nach StVZO für den öffentlichen Straßenverkehr zugelassen. Herkömmliche Autokrane sind nicht geländegängig und stellen deshalb besondere Anforderungen an die Einsatzvorbereitung auf der Baustelle. Heute sind sie nur noch für hohe Traglastklassen (200 ... 1000 t), betrieben von Spezialfirmen, im Einsatz.

**AT-Krane** (All-Terrain-Krane) sind Teleskopkrane auf einem geländegängigen Fahrgestell mit zwei bis acht Achsen und Mehrradlenkung. Bei einer Tragfähigkeit bis etwa 50 t verfügen sie über einen Dieselmotor im Unterwagen, darüber hinaus über zwei Antriebsmotoren. Die Bedienung erfolgt über zwei Führerkabinen auf Ober- und Unterwagen. AT-Krane erreichen Geschwindigkeiten bis 80 km/h und eine Steigfähigkeit bis 70 %. Sie entsprechen den Vorgaben der StVZO. Die Tragfähigkeitsklassen überstreichen gegenwärtig 18 bis 400 Tonnen. Diese Krane haben sich heute zu allgegenwärtigen Kranen auf Baustellen entwickelt.



Abb. 4.16 AT-Kran im Einsatz in Weimar

**Aufbaukrane** werden auf leicht modifizierte und den Kranbedingungen angepasste standardmäßige LKW-Fahrgestelle aufgebaut und sind deshalb besonders kostengünstig. Mit einem neuen „Mobilbaukran“ (Liebherr) werden die Vorteile des Autokrane mit denen eines Turmdrehkrane verbunden. Er ist ein Aufbaukran, der sich ebenso schnell in Arbeitsposition bringen lässt, wie ein herkömmlicher Autokran. Auf Grund seiner geringen Größe besitzt er jedoch als Montagekran keine Relevanz.

Die meisten **Schienenkrane** sind Eisenbahndrehkrane (EDK) mit Gitterausleger. Sie werden auf Baustellen nur dann eingesetzt, wenn die Montagestelle über einen Gleisanschluss erreichbar ist. Zudem gehören diese Krane zum Maschinenpark der Eisenbahn. Bei ihrem Betrieb unterliegen sie den Bahnvorschriften. EDK werden vor allem bei Brücken- und Spezialmontagen eingesetzt, haben aber dank der Verfügbarkeit großer Raupen- und Autodrehkrane als Montagekran an Bedeutung verloren.

### Zum Fahrzeugkraneinsatz

Mittels **Fahrzeugkranmontagen** werden Flach- und Geschossbauten in Wand- und Skelettkonstruktion erreicht. Große Fahrzeugkrane werden auch zur Ausrüstungsmontage verwendet. Im Gegensatz zu Turmdrehkranen arbeiten Fahrzeugkrane vorwiegend in vertikaler Montagefolge, oft vor Kopf von der Grundfläche des späteren Bauwerks aus. Eine andere technologische Einsatzvariante ist die Seitenmontage. Zudem können Fahrzeugkrane allein oder im Verband bei Tandem<sup>15</sup>- und Mehrkranmontagen arbeiten.

Für die Montagearbeit und den Standortwechsel stellen diese Krane unterschiedliche Ansprüche an die Montageebene:

- Ebenheit,
- Tragfähigkeit,
- Platzverhältnisse (Bewegungsfreiheit, Sicherheitsabstände).

Für Fahrzeugkrane ist kennzeichnend, dass ihre Tragfähigkeit mit zunehmender Ausladung sehr rasch abnimmt. Schwere Montagmassen müssen deshalb bei kleiner Ausladung versetzt werden, was besondere Anforderungen an die Einsatzplanung stellt. Dazu gehört die sorgfältige Ermittlung der Kranstandpunkte.

Da die Fahrzeugkrane überwiegend abgestützt arbeiten, muss die Lagerung der Fertigteile so nah wie möglich am Einbauort erfolgen. Das erfordert eine genau auf den Montageprozess abgestimmte Vorlagerung (vgl. Abb. 4.31). Eine Ausnahme in dieser Hinsicht bieten die Raupendrehkrane, die dank ihrer guten Abstützung durch das Raupenfahrwerk auch unter Last verfahrbar sind.

<sup>15</sup> Tandemmontagen erfolgen beim gemeinsamen Heben mit zwei Kranen.

#### 4.3.2.6 Schwimmkrane

Schwimmkran sind Pontons oder andere, teilweise sogar voll hochseetaugliche, Schiffskörper, die mit einem (feststehendem) Auslegerkran oder einem Drehkran ausgestattet sind. Ihre Tragfähigkeit wird nach schiffstheoretischen Regeln (Stabilität, Neigung) und unter Beachtung von Schrägstellungen bestimmt. Sie sind in der Lage, sehr große Lasten zu heben und werden für Montagearbeiten im Wasserbau (z. B. Auswechseln von Schleusentoren) und Brückenbau eingesetzt.

#### 4.3.2.7 Fliegende Krane

**Hubschrauber** gestatten die Montage sperriger und leichter Konstruktionsteile in beliebiger Höhe und für Krane unzugänglichem Gelände. Aus sicherheitstechnischen und Kostengründen stellt der Einsatz von fliegenden Kranen besondere Anforderungen an die Arbeitsvorbereitung. Anwendungsbeschränkungen folgen aus den meteorologischen Verhältnissen und dem Hubvermögen des Hubschraubers.

Gründe für unterschiedliche Tragfähigkeiten eines Hubschraubers liegen vor allem in physikalischen Gesetzmäßigkeiten – die Tragfähigkeit der Luft hängt von deren Dichte ab (Höhenlage der Baustelle, Witterungsbedingungen); und das Treibstoffgewicht reduziert die Nutzlast.

Einsatzmerkmale:

- besondere Sicherungsmaßnahmen der Elemente (Seil) bis zur endgültigen Befestigung erforderlich,
- Pendeln der Last bei großen Seillängen,
- Wind- und Lärmbelastung,
- Konstruktion muss Zwangsmontage und raschen Kraftschluss ermöglichen,
- Orientierungshilfen für den Piloten sind zu geben,
- Einweisung erforderlich,
- große Sicherheitsräume sind bereitzustellen.

Abb. 4.17 Hubschraubereinsatz bei Montagearbeiten im unwegsamem Gelände (Foto: K.-D. RÖBENACK)



Leider ist die Entwicklung einer viel versprechenden technischen Lösung für Transport und Montage großer Lasten mittels **Luftschiff** an Geldmangel gescheitert. Die erste Generation des CARGOLIFTER sollte in der Lage sein, bis zu 160 Tonnen Nutzlast bei einer Reisegeschwindigkeit von 80 bis 100 km/h und einer Flughöhe von maximal 2.000 Metern nonstop über etliche tausend Kilometer zu befördern. Spezielle Kranausrüstungen (Hersteller LIEBHERR) sollten genaues und sanftes Arbeiten garantieren.

#### 4.3.2.8 Ortsgebundene Krane

Die Bezeichnung „ortsgebundene Krane“ kommt daher, dass diese Krane in der Regel einmal an einem bestimmten Einsatzort aufgestellt, an diesem verbleiben, also gar nicht oder sehr selten umgesetzt werden. Ihre Umsetzung ist aufwändig. Ortsgebundene Krane können

- schienenfahrbar (freistehend, aber mit anderen Charakteristiken als Turm- und Fahrzeugkrane, da sich der Lastschwerpunkt in der Regel innerhalb der Abstützbasis befindet) oder
- fest verankert sein (Einsatzcharakteristik wird durch Konstruktion und deren Festigkeit bestimmt).

Nach ihren konstruktiven Merkmalen kann man diese Krane klassifizieren in

- Schwenkkrane,
- Derrickkrane (Mastenkrane),
- Bock- und Portalkrane,
- Brückenkrane,
- Kabelkrane.

Auf großen Baustellen fanden früher Derrickkrane (Schwenkkran mit Standmast und verstellbarem Ausleger, auch Schwenkarm genannt) besonders bei Vormontagen und Schwerlasthuben Einsatz. Moderne Fahrzeugkrane mit großer Tragfähigkeit haben jedoch ihre Einsatzgebiete erheblich eingeschränkt, so dass sie nur noch selten auf Baustellen anzutreffen sind. Kabelkrane sind typisch für Baustellen mit großer Ausdehnung in unwegsamem Gelände, dort aber weniger für Montagezwecke.

### 4.3.3 Hebezeuge für kranlose Montagen

Der Einsatz spezieller Hebezeuge ist dann angebracht, wenn die Montageelemente Tragfähigkeit und Geometrie des Arbeitsbereiches von Kranen überfordern und eine Mehrkranmontage nicht möglich ist (ungewöhnliche Montagehöhen, unwegsames Gelände, wirtschaftliche Gründe). Man spricht dann von „kranlosen Montagen“. In Verbindung mit speziellen Bauwerkskonstruktionen hatten sich in der Vergangenheit verschiedene kranlose Montagebauweisen, vor allem Hubverfahren, herausgebildet (vgl. z. B. [4-6]).

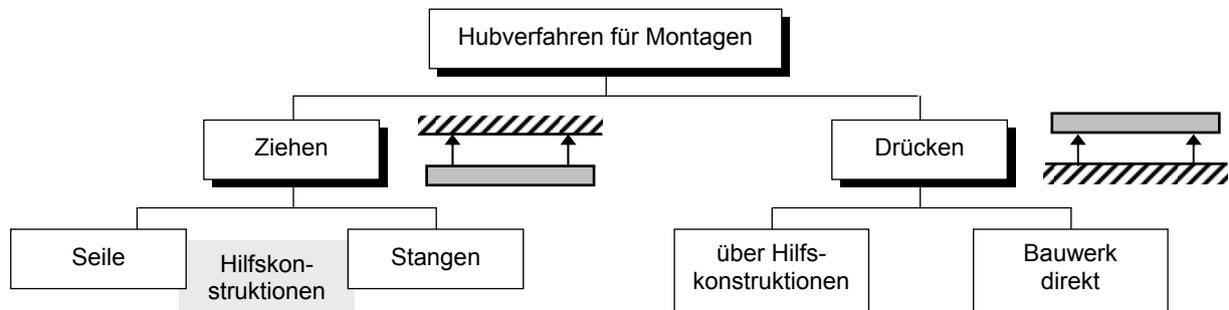


Abb. 4.18 Überblick über Hubverfahren für kranlose Montagen

Typische Hebezeuge für kranlose Montagen sind:

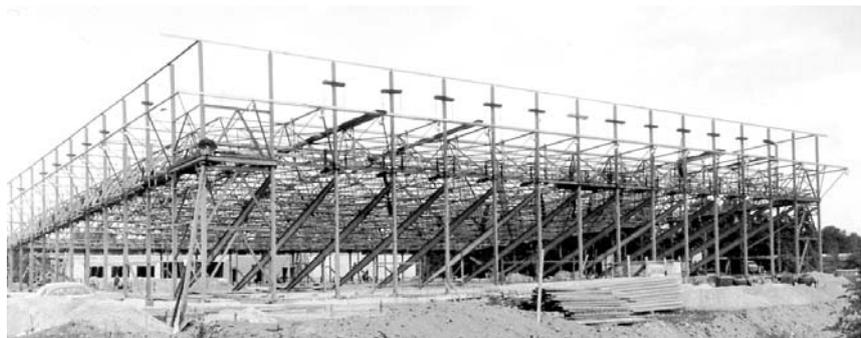
- **Winden und Züge:** In Winden dienen Drahtseile, die auf Trommeln aufgewickelt werden, als Tragmittel. Der Antrieb kann z. B. von Hand, elektrisch, hydrostatisch erfolgen. Gemäß § 13(1) BGV D8 „Winden, Hub- und Zugeräte“ dürfen Lasten nur kraftschlüssig bewegt werden, d. h. ein freier Fall für das Ablassen der Last ist unzulässig. Züge arbeiten mittels Seilen oder Ketten. Beispiele sind Greifzüge (Mehrzweckzüge), Ratschzüge, Handkettenzüge, Elektrokettenzüge.
- **hydraulische Heber:** Hydraulische Heber besitzen kleine Abmessungen und lassen sich freizügig anordnen. Nachteilig sind ihre begrenzten Hubhöhen (200 ... 500 mm), die ein Umstapeln verlangen, und ihre geringe Hubgeschwindigkeit, die aber sehr feinfühliges Arbeiten gestattet.
- **Klettergeräte:** Klettergeräte sind hydraulisch betätigte Klettereinrichtungen, die sich beim Hubvorgang über alternierend greifende Klemmköpfe an Kletterstangen nach oben bewegen (umgekehrte Relativbewegung ist auch möglich: Stange mit Last wird bewegt).
- **Hubbühnen:** Kombination mehrerer Druck- bzw. Zugsysteme in kompletten Anlagen zur Aufnahme und Montage großer Baugruppen, die z. T. auch horizontales Verfahren ermöglichen

Mittels **Hubverfahren** werden große einzelne Fertigteile oder vorgefertigte Segmente vertikal an eine Einbaustelle gehoben (vgl. [4-6], S. 9–10). Sie besitzen heute im Hochbau keine große Bedeutung mehr, werden aber immer noch angewendet (Beispiele: Brückenbau, Stadionbau, Bau von Hängehäusern). Als technischer Lösungsansatz sollten sie auch nicht in Vergessenheit geraten.

Hubverfahren sind technisch umsetzbar (vgl. Abb. 4.18) als:

- **Druckhubverfahren:** die Heber drücken die Last von unten nach oben, die dann unterfangen werden muss.
- **Zughubverfahren:** die Last hängt an Zugstangen oder Seilen, es sind Hilfskonstruktionen (Masten, Hilfsstützen, Hubtraversen) erforderlich.

Abb. 4.19 Anheben des Dachtragwerkes einer Eissport-halle im Zughubverfahren (Foto: RÖBENACK)



### 4.3.4 Montagehilfsmittel

#### 4.3.4.1 Lastaufnahmeeinrichtungen (LAE)

Lastaufnahmeeinrichtungen dienen dazu, die mit einem Hebezeug zu montierenden Elemente in geeigneter Weise, schonend und sicher aufzunehmen.

In der Praxis werden die Begriffe zu Lastaufnahmeeinrichtungen nicht einheitlich gebraucht. So bezeichnet man in Stahlbetonfertigteile eingebaute Stahlbügel bereits als Lastaufnahmeeinrichtungen [4-14, S. 967], verwendet aber auch anstelle des Begriffes LAE die Bezeichnung Lastaufnahmemittel (LAM).

Nach DIN 15003 „Hebezeuge, Lastaufnahmeeinrichtungen, Lasten und Kräfte; Begriffe“ umfassen Lastaufnahmeeinrichtungen alle Tragmittel, Anschlagmittel und Lastaufnahmemittel.

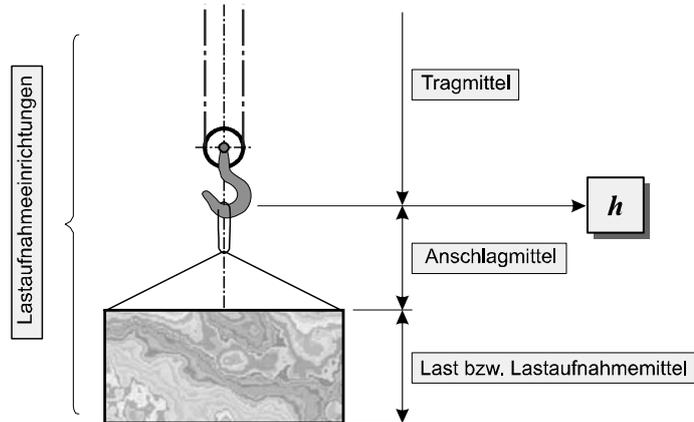


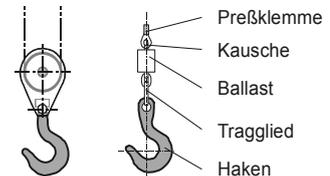
Abb. 4.20 Übersicht über Lastaufnahmeeinrichtungen

#### Lastaufnahmeeinrichtungen

##### Tragmittel

Tragmittel sind zum Hebezeug gehörende Hubeinrichtungen einschließlich der Seil- oder Kettentriebe zum Aufnehmen von Lasten. Sie sind mit dem Hebezeug dauernd verbunden.

In der Regel sind Krane mit Unterflasche (links im Bild) oder Hakengeschrir (rechts im Bild) ausgestattet. Sie ermöglichen die Herstellung einer leicht lösbaren Verbindung zwischen Hubseil (Lastseil) und Lasthaken oder Schäkeln. Das Hakengeschrir dient an Kranen mit einsträngiger Führung des Hubseiles ohne Seilrollen zur Verbindung des Seiles mit dem Lasthaken. Ein Kettenstück sorgt für größere Beweglichkeit beim Anschlag. Vor allem bei Auslegerkranen wird über dem Haken noch ein Ballastgewicht angebracht, um das Seil gegenüber dem Wirken seines Eigengewichtes straff zu halten und die Reibungswiderstände der Umlenkrollen überwinden zu können.



##### Anschlagmittel

Anschlagmittel sind nicht zum Hebezeug gehörende Einrichtungen, die eine Verbindung zwischen Tragmittel und Nutzlast oder Tragmittel und Lastaufnahmemittel herstellen.

Sie werden entsprechend dem vorgesehenen Verwendungszweck aus verschiedenen Einzelteilen zusammengesetzt (variabel aus Standardbauelementen vor Ort oder zum ständigen Gebrauch, z. B. als komplette Gehänge, von speziellen Herstellern bezogen).

Bauelemente dafür sind Anschlagseile und -ketten, Hebebänder, Elemente zur Seilverbindung (Schäkel, Kauschen), Aufhängeglieder (wie Kettenglieder zu behandeln), Haken (in der Regel mit Sicherheitseinrichtungen gegen Herausgleiten des Seiles), Spannschlösser, Keil-Seilschlösser, Drahtseilklemmen. Sie werden zu Baugruppen, wie Gehänge, kombiniert oder in Traversen und Montagespreizen verwendet.

Gut illustrierte Beispiele bieten u. a. <http://www.hebezone.de/>, <http://www.pfeifer.de/> und <http://www.rud.de>.

##### Lastaufnahmemittel

Lastaufnahmemittel sind nicht zum Hebezeug gehörende Einrichtungen, die zum Aufnehmen der Nutzlast ohne besondere Um- oder Einbaumaßnahmen mit dem Tragmittel des Hebezeuges verbunden werden können (weitere Erläuterungen s. unten).

### Anschlagseile

Kurze beiderseitig mit Endbeschlägen, wie Schlaufen, Kauschen, Ösen oder Lasthaken, ausgestattete Anschlagseile sind die einfachsten und am meisten verbreiteten Anschlagmittel für Stückgüter aller Art. Sie können gestreckt oder geschnürt verwendet werden. Sie werden nach der Art der Einlage (DIN EN 12 385-2) und nach ihrer Endverbindung (DIN EN 13 414-1) unterschieden. Verbreitete Ausführungsarten (alte Bezeichnungen) sind:

- Seilart N Normal (Litzenseil)
- Seilart F Litzenseil mit Stahleinlage und Seilendverbindung „Flämisches Auge“ (sehr hoch belastbare Kombination aus Stahl-Pressklemme und Spleiß)
- Seilart K Kabelschlagseil
- Seilart G Grummet (= endlos gelegtes Litzenseil)

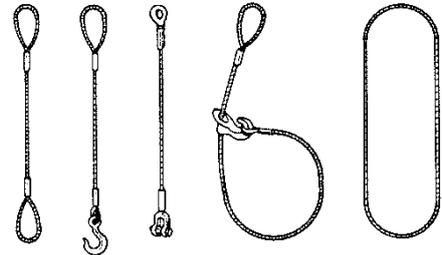


Abb. 4.21 Anschlagseile (Auswahl)

### Anschlagketten

Zum Anschlagen von Lasten sind kurzgliedrige Rundstahlketten zu verwenden, die nach einer anerkannten Norm hergestellt, geprüft und mit einem Gütezeichen versehen sein müssen. Sie sind in bestimmten Güteklassen und mit verschiedenen Endbeschlägen versehen lieferbar. Vorteilhaft sind ihre Robustheit, Beweglichkeit, Korrosionsbeständigkeit und die geringe Verletzungsgefahr bei ihrer Handhabung. Der Nachteil großen Gewichts ist durch moderne hochfeste Materialien nicht mehr so relevant. Dem konstruktionsbedingten schlagartigen Versagen im Schadensfall wird durch Material mit hoher Bruchdehnung ( $\geq 20\%$ ) und regelmäßigen Prüfungen begegnet.

### Chemiefaserhebebänder

Chemiefaserhebebänder werden durch das Vernähen von gewebten Gurtbändern hergestellt und sind als endlos gelegte Hebebänder (Rundschlingen) und Hebebänder mit Endschlaufen oder mit Endbeschlägen lieferbar. Sie bestehen aus synthetischen Faserstoffen und sind für große Tragkräfte verfügbar. Zum Schutz vor Verletzungen sind sie mit PUR oder PVC beschichtet oder mit einem Schutzschlauch umgeben. Vorteile sind die schonende Aufnahme der Lasten, ihre relativ kleine Eigenmasse, Drehungsfreiheit und Dehnbarkeit ( $\Rightarrow$  Dämpfung) sowie das Fehlen der elektrischen Leitfähigkeit. Sie sind empfindlich gegenüber Laugen (keine laugenhaltige Reinigungsmittel verwenden!), scharfen Kanten, UV-Strahlung und hohen Temperaturen.

### Seil- und Kettengehänge

Seil- und Kettengehänge kommen vorwiegend ein-, zwei- und viersträngig zum Einsatz.

- Seile: für Lasten mit glatten und rutschigen Oberflächen,
- Ketten: für Lasten mit stumpfen Oberflächen, scharfkantige Träger und Profile,
- Seil-Kette-Seil: für das Umschlingen scharfkantiger Lasten mit der Kette, wobei das Seil das Durchstecken unter der Last erleichtert und das Gewicht des Anschlagmittels reduziert.



Abb. 4.22 Viersträngiges Anschlagseil (DIN 13 414-2)

Die Tragfähigkeit des Anschlagmittels und die entsprechenden (Lastanschlagfaktoren) hängen ab von

- Anschlagart (direkt, geschnürt ...)
- Anzahl der tragenden Stränge
- Neigung der Stränge (Neigungsfaktor)

Als Neigungswinkel wird der Winkel zwischen Seilstrang und Lot betrachtet. Er darf maximal  $60^\circ$  betragen. Die aufnehmbaren Lastanteile hängen vom Neigungswinkel ab. Mit zunehmender Neigung sinken sie.

Beim Hub plattenartiger Elemente hängt die Lastaufnahme in den Strängen u. a. von der Steifigkeit des Elements ab. Biegeweiche Elemente führen zu einer annähernd gleichmäßigen Belastung der Stränge. An starren Elementen sind nur zwei der Seile als tragend anzunehmen, sofern das Gehänge nicht lastausgleichend konstruiert ist.

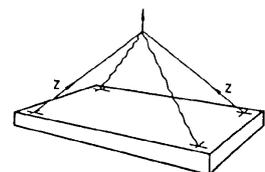


Abb. 4.23 Statisch unbestimmte Aufhängung einer starren Last (2 Seilstränge tragen)

Seile und Ketten können auch zum Umschlingen von Lasten eingesetzt werden. Dann sind in der Regel Kantenschutzmaßnahmen erforderlich, um Beschädigungen der Last und der Anschlagmittel auszuschließen.

### Traversen und Montagespreizen

**Traversen** sind als Biegeträger in Vollwand- oder Fachwerkkonstruktion ausgebildet und können Druckkräfte, Querkräfte und Biegemomente aufnehmen. Sie

- ermöglichen eine günstigere Lasteintragung (Montagelastfall an Belastung im Einbauzustand angenähert),
- können mit Kippsicherungen für das zu hebende Element versehen sein (bei schlanken Bindern) und
- ermöglichen ggf. die Verringerung der erforderlichen Höhe der LAE.

**Montagespreizen** sind einfache Druckstäbe. Sie dienen der Spreizung von Seilgehängen.

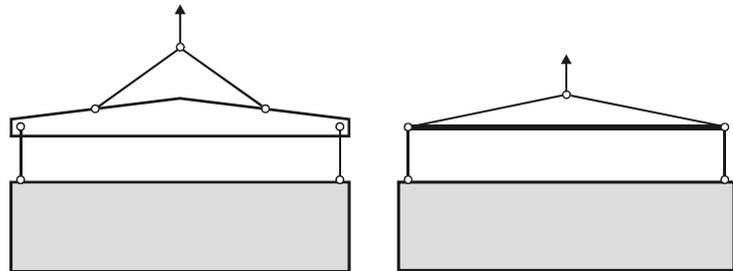


Abb. 4.24 Traverse und Montagespreize, schematische Darstellung

Traversen und Montagespreizen sind dann einzusetzen, wenn es das Tragverhalten der Bauelemente erfordert. Sie verhindern vor allem dessen zusätzliche Belastung durch Horizontalkräfte bei der Lastaufnahme.

### Lastaufnahmemittel (LAM)

Lastaufnahmemittel sind Bindeglieder zwischen Hebezeug und zu montierendem Bauelement und sollen das Anschlagen der Last ermöglichen. Es gibt Grenzfälle, in denen bereits die Anschlagmittel deren Funktionen mit übernehmen (z. B.: Stützen- und Bindergehänge). Andererseits ist es auch möglich, die Last direkt am Anschlagmittel anzuschlagen (z. B. bei Ausrüstungen, Bewehrungselementen, Stahlträgern). Das eigentliche Lastaufnahmemittel ist in diesen Fällen integraler Bestandteil der zu hebenden Last.

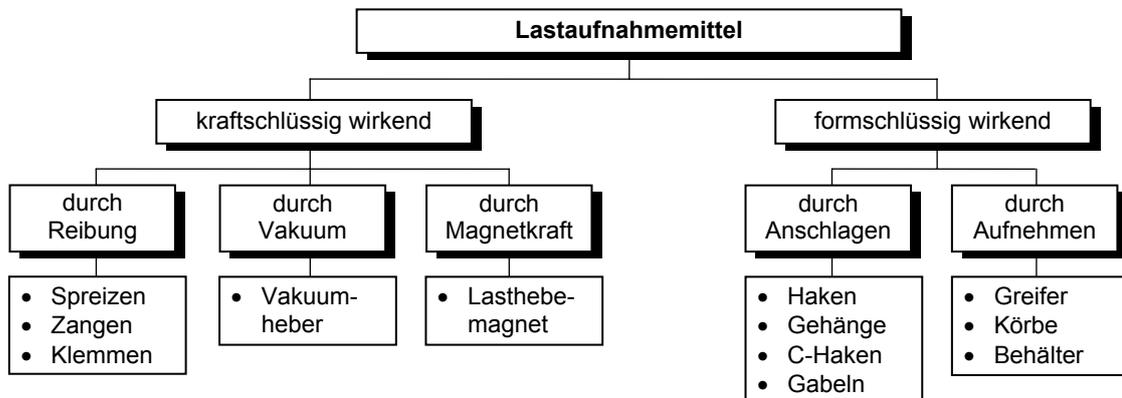


Abb. 4.25 Wirkprinzipien und Gruppeneinteilung der Lastaufnahmemittel

C-Haken und Gabeln nutzen Aussparungen in den Bauelementen oder greifen unter diese; man kann dann am Bauelement völlig auf spezielle Elemente für die Lastaufnahme (z. B.: Tragösen, Gewindehülsen) verzichten.

Spreizen, Zangen und Klemmen halten die angeschlagenen Bauelemente durch Reibschluss, der mechanisch, hydraulisch oder pneumatisch erzeugt wird. Klemmen besitzen – im Gegensatz zu Zangen und Spreizen – nur eine bewegliche Backe, die zudem noch selbsthemmend ist.

Die zweckmäßige, auf die Montagemasse, die geometrische Form und das Tragverhalten der Elemente abgestimmte Auswahl der Lastaufnahmemittel beeinflusst wesentlich den Arbeitszeitaufwand für Anschlagen und Lösen der Montageelemente, die technische Sicherheit und den Arbeitsschutz. Beim Anschlagen von Lasten, wie überhaupt beim Umgang mit Hebezeugen, erwachsen die größten sicherheitstechnischen Probleme beim Aufenthalt des Menschen im Gefahrenbereich. Deshalb zielen die Bemühungen auf die Herstellung und Anwendung solcher LAM, die selbsttätig oder fernbedient wirksam werden.

Bei der Montage ist darauf zu achten, dass die Lastaufnahmeeinrichtungen durch die Lasteintragung am Bauelement keine Beschädigungen oder Deformationen hervorrufen und dass ein unbeabsichtigtes Lösen des Anschlag- oder Lastaufnahmemittels vom Bauelement nicht möglich ist.

#### 4.3.4.2 Einbauelemente an Fertigteilen für Lastaufnahme und Verbindung

Fertigteile erfahren beim Transport, beim Umschlagen und bei der Montage Beanspruchungen, die sich von denen im eingebauten Zustand erheblich unterscheiden können. Diese sind bei der Konstruktion und Berechnung der Fertigteile zu berücksichtigen und dem Verwender mitzuteilen. Nach Abschnitt 4.2.1 (4) DIN 1045-1:2008 sind bei Verwendung von Fertigteilen u. a. anzugeben:

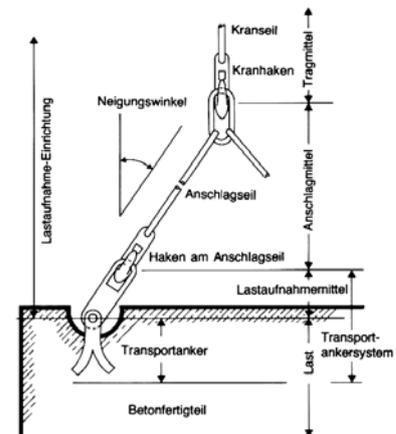
- Art, Typ- oder Positionsnummer und Eigenlast der Fertigteile,
- Mindestdruckfestigkeitsklasse des Betons beim Transport und bei der Montage,
- Art, Lage und zulässige Einwirkungsrichtung der für den Transport und die Montage erforderlichen Anschlagmittel (z. B. Transportanker), Abstützpunkte und Lagerungen,
- gegebenenfalls zusätzliche konstruktive Maßnahmen zur Sicherung gegen Stoßbeanspruchung,
- die auf der Baustelle zusätzlich zu verlegende Bewehrung in gesonderter Darstellung.

Für Montagezwecke gibt es spezielle Einbauelemente, die dazu dienen,

- die Fertigteile sicher aufzunehmen (Transportanker).
- die Fertigteile miteinander zu verbinden (z. B. durch moderne Schraubverbindungssysteme).

**Transportanker** sind Teile, die als Anschlagpunkt zum Befestigen eines Betonfertigteiles bestimmt sind (vgl. BGR 106). **Transportankersysteme** (z. B. Gewindehülsen mit einschraubbaren Seilschlaufen oder besondere Kupplungssysteme) sind Baueinheiten, die aus dem im Betonfertigteil auf Dauer verankerten Teil (Transportanker) und dem daran vorübergehend befestigten zugehörigen Lastaufnahmemittel bestehen.

Abb. 4.26 Transportanker und Transportankersystem (BGR 106)



#### 4.3.4.3 Montagelehren

Montagelehren sollen Messungen während des Absetzens der Bauelemente rationalisieren helfen. Zum Beispiel werden vor der Stützenmontage Eck- und Höhenlehren aus Mörtel oder Beton in die Köcherfundamente eingebaut oder wirken Kontaktelemente, die bereits bei der Vorfertigung in die Fertigteile integriert werden, als Komponenten von Zwangspassungssystemen bei Betonfertigteilen oder Raumzellen.

#### 4.3.4.4 Montagehalterungen

Montagehalterungen werden zur provisorischen Befestigung abgesetzter Bauelemente bzw. zu deren Verbindung mit bereits vorhandenen Bauwerksteilen erforderlich. Sie sollen eine Lagekorrektur des gehaltenen Bauelements ermöglichen und bis zum Wirksamwerden des endgültigen statischen Systems, gemeinsam mit dem gehaltenen Teil oder auch allein, alle auftretenden Lasten ableiten können. Anwendungsbeispiele sind: Stützen, Wand- und Brüstungsplatten, Scheiben, Riegel, Dachbinder, Kranbahnträger.

Die Auswahl von Montagehalterungen sowie die Bestimmung ihrer Einsatzdauer und damit der erforderlichen Stückzahl sind sorgfältig vorzunehmen. Wartung und Pflege beziehen sich vorwiegend auf die beweglichen Teile bzw. Gewinde.

#### 4.3.4.5 Montagegerüste

Bei der Montage werden Arbeitsgerüste nach DIN EN 12811, Arbeits- und Schutzgerüste nach DIN 4420-3 und fahrbare Arbeitsbühnen nach DIN EN 1004 verwendet.

**Arbeitsgerüste** dienen der sicheren Ausführung von Arbeiten in größeren Höhen, z. B. beim Absetzen, Abschlagen und Befestigen der Bauelemente. Sie tragen die beschäftigten Personen, deren Werkzeuge und das für die Arbeiten erforderliche Material.

**Schutzgerüste** realisieren ausschließlich Schutzfunktionen. Sie schützen Personen vor Absturz oder herab fallenden Gegenständen, z. B. als Fanggerüst, Dachfanggerüst oder Schutzdach.

Immer mehr finden **fahrbare Arbeitsbühnen** (Fahrgerüste) für das Arbeiten auf Geschosebenen sowie fahrbare **Hubarbeitsbühnen** auf Montagebaustellen Anwendung, um sichere Arbeitsbedingungen zu gewährleisten.

### 4.3.5 Transportmittel

Montageelemente werden hauptsächlich auf der Straße transportiert. Neben Lastkraftwagen und Anhängern der Normalausführung kommen für die Montageelemente sehr oft Spezialfahrzeuge zum Einsatz, wie

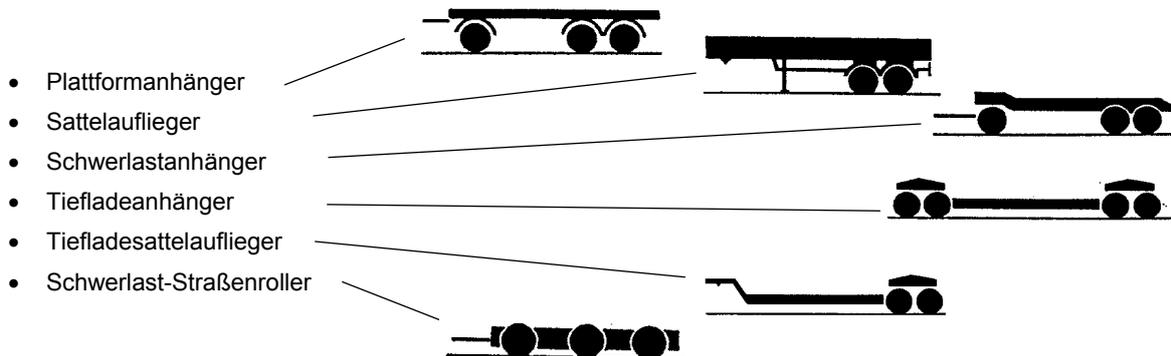


Abb. 4.27 Überblick über Grundbauformen der Transportmittel für Montageelemente

Gegebenenfalls sind sogar speziell für die zu bewegenden Elemente gebaute Fahrzeuge, Transportaufbauten oder -behälter (z. B. Paletten) notwendig.

Die Fahrzeuge müssen die richtige Lasteintragung in die Elemente, deren sicheres An- und Abschlagen sowie Befestigen gewährleisten und den Forderungen der Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) und Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) hinsichtlich der Verkehrs- und Betriebssicherheit entsprechen. Andernfalls sind die Transporte als Sondertransporte durchzuführen, entsprechend zu kennzeichnen, zu sichern und ggf. zu begleiten. Sie sind dann erlaubnisbedürftig (§ 29 StVO).

## 4.4 Montagevorbereitung

### 4.4.1 Wahl des Montageverfahrens

Für die Auswahl des Montageverfahrens sind die folgenden **Kriterien** maßgebend:

- **konstruktive** Kriterien
  - Konstruktionsprinzip und Tragstruktur des Bauwerks
  - geometrische Parameter der Konstruktion
- **technologische** Kriterien
  - Standortbedingungen
  - Masse der schwersten, der geometrisch größten bzw. der an der ungünstigsten Stelle einzubauenden Konstruktionselemente sowie Gesamtfertigteilmasse
  - Reihenfolge und Termine der Montage von Einzel- bzw. Teilobjekten
  - zur Verfügung stehende bzw. beschaffbare Kapazitäten und Ausrüstungen
- **ökonomische** Kriterien
  - Gesamtbauzeit
  - Kosten der Montage
  - spezielle volkswirtschaftliche Bedingungen, z.B. Teilbetriebnahme von Produktionskapazitäten, Minimierung von Sperrzeiten und Produktionsausfällen

Der Hebezeugeinsatz bestimmt die Montageprozesse. Es gibt Montageverfahren mit und ohne Kran, wobei kranlose Montagen seltener sind.

**Montageverfahren mit Kran** können wie folgt unterschieden werden:

- |  |  |
|--|--|
| – nach der dominierenden Kranart:                            | Turmdrehkran-, Fahrzeugkranmontage,            |
| – nach der Anzahl der Krane am Objekt:                       | Einkran-, Mehrkraneinsatz,                     |
| – nach der Anzahl der Krane für die Montage eines Elementes: | Einkran-, Mehrkranmontage,                     |
| – nach dem Kranstandort:                                     | Seiten-, Vorkopf-, Zentralmontage,             |
| – nach der Montagerichtung:                                  | horizontal, vertikal aufsteigende Montagefolge |

#### 4.4.2 Auswahl des Hebezeuges

Verfahren und Mittel bilden eine Einheit. Die Auswahl eines einzelnen Hebezeuges oder von im Komplex arbeitenden Hebezeugen ist eine Aufgabe, die bautechnische, maschinentechnische, organisatorische und betriebswirtschaftliche Aspekte beinhaltet. Sie ist nach den in Kapitel 4.4.1 aufgeführten Kriterien zu lösen – im Allgemeinen in folgenden Schritten:

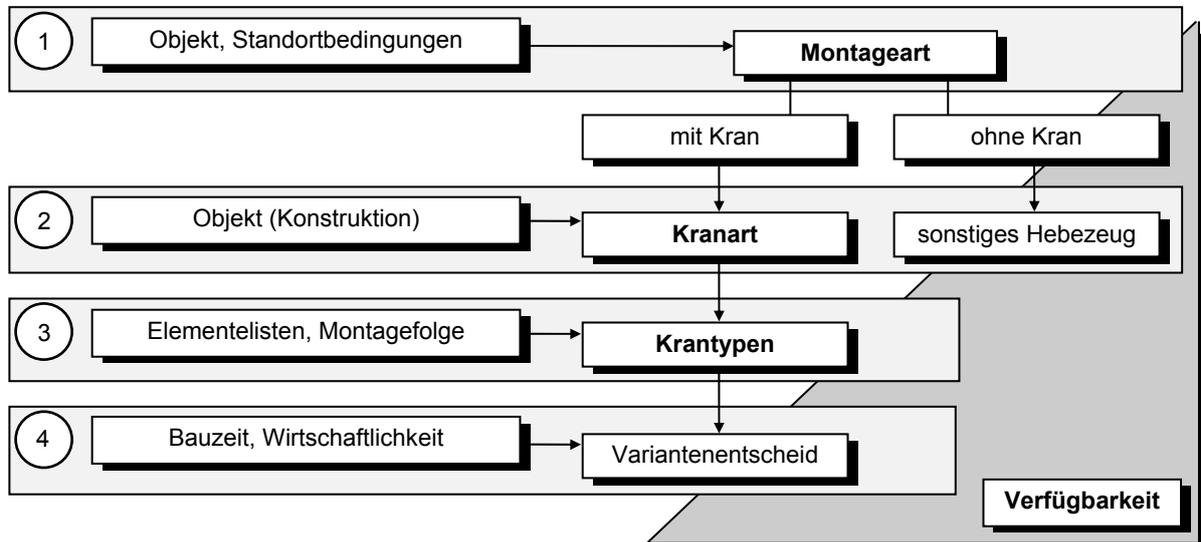


Abb. 4.28 Schema zum Ablauf der Hebezeugauswahl (vereinfacht)

Die Auswahl erfolgt zunächst nach der technischen Eignung für die Montageaufgabe unter den gegebenen Einsatzbedingungen, die u. a. den Krannachweis aber auch Überlegungen zu An- und Abtransport sowie Auf- und Abbau einschließt. Einschränkungen für die Auswahl können sich aus ablaufbedingten Erfordernissen, wie Bauzeit, Terminstellungen, dem Zusammenwirken mit anderen Gewerken und Behinderungen ergeben. Der Variantenentscheid wird in der Regel nach wirtschaftlichen Kriterien getroffen. Schließlich kann nur der Einsatz solcher Technik geplant werden, von der anzunehmen ist, dass sie in dem betreffenden Zeitraum auch verfügbar ist.

Die exakte technologische Vorbereitung mit der richtigen Kranauswahl beeinflusst wesentlich Qualität, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Montage. Versäumnisse und Mängel in der Vorbereitung rächen sich später vielfach! Auch die Ursachen schwerer Unfälle und Havarien liegen oft in einer ungenügenden Arbeitsvorbereitung.

Die **maßgebenden Montagespiele** sind geometrisch und kräftemäßig exakt rechnerisch zu untersuchen. Für den Fall des Krannachweises (s. oben) gilt:

- die erforderliche Montagelast ( $m_{Q,eff}$ ) darf die zulässige Tragkraft des Kranes bei der jeweiligen Auslegerart (dem betreffenden Rüstzustand) und Ausladung nicht überschreiten und
- die erforderliche Hakenhöhe ( $h_{eff}$ ) muss kleiner als die zulässige Hakenhöhe bei der jeweiligen Auslegerart und Ausladung sein.

Die **Montagelast**  $m_{Q,eff}$  beinhaltet neben der Masse des Montageelements auch die Massen der Komponenten der Lastaufnahmeeinrichtung (LAE) sowie Zuschläge aus differierenden Elementmassen aufgrund geometrischer Ungenauigkeiten, unterschiedlicher Dichte, Verschmutzung der Elemente usw.

$$m_{Q,eff} = k_S \cdot m_E + m_{LAE}$$

$k_S$  – Sicherheitskoeffizient für differierende Elementmassen

z. B.: Stahl	$k_S = 1,03 \dots 1,07$
Beton (Stahl- und Spannbeton)	$k_S = 1,10$
Leichtbeton ( $\rho \leq 1,8 \text{ t/m}^3$ )	$k_S = 1,15 \dots 1,30$

$m_E$  – Elementmasse (theoretisch) in t

$m_{LAE}$  – Masse der Lastaufnahmeeinrichtung in t

Die **erforderliche Hakenhöhe  $h_{\text{eff}}$**  ist für die maßgebende Situation zu ermitteln. Das kann z. B. auch beim Überschwenken eines Hindernisses sein.

$$h_{\text{eff}} = h_V + h_E + h_A + h_S$$

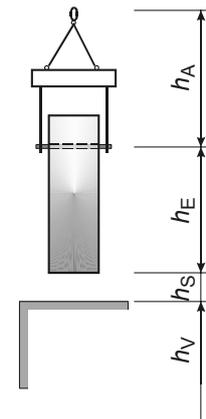
$h_V$  – maßgebende Höhe bezüglich der Elementunterkante (Versatzhöhe, Höhe des höchsten zu überschwenkenden Hindernisses)

$h_E$  – Höhe des Anschlagpunktes über Unterkante des Elementes (maßgebende Elementhöhe)

$h_A$  – maßgebende Höhe des Anschlagmittels (im Nutzungszustand)

$h_S$  – Sicherheitsabstand ( $h_S \geq 0,5 \text{ m}$ )

Abb. 4.29 Situationsskizze eines Beispiels für die Ermittlung der erforderlichen Hakenhöhe



#### 4.4.3 Technologische Vorbereitung

Die Standsicherheit des entstehenden Bauwerks muss in jeder Montagephase gegeben sein. Deshalb ist der Montageprozess exakt zu projektieren. Gemäß § 17 der BGV C22 „Bauarbeiten“ muss für Montagearbeiten auf der Baustelle eine **schriftliche Montageanweisung** vorliegen, die alle erforderlichen sicherheitstechnischen Angaben enthält. Nur bei einfachen Montagen ist die Schriftform verzichtbar.

Nach Festlegung der Prozess bestimmenden Hebe­maschine sind weitere Maschinen, Geräte, Montagehilfsmittel, Werkzeuge, Einbaumaterialien und Hilfsstoffe nach Art und Menge zu planen. Ferner ist die **Objekt-Baustellen-einrichtung** zu erarbeiten. Dazu können – bezogen auf die Montage – gehören:

- Krangleisanlagen,
- Baustraßen und Montageebenen,
- Lager- und Vormontageflächen,
- Medienanschlussstellen.

Die **Fertigungsorganisation** beinhaltet u. a.

- die Einteilung des Objektes in Montageabschnitte,
- die Planung des Montageablaufes und Abstimmung der Elementebereitstellung
- Einordnung in die gesamte Bauablaufplanung.

Die Unterteilung großer Montageobjekte in **Montageabschnitte** erfolgt aus konstruktiven, organisatorischen und wirtschaftlichen Gründen. Für die praktische Abschnittsbildung sind Dehnungsfugen und Standsicherheitsbedingungen maßgebend. Ein Montageabschnitt muss für sich allein standsicher sein.

Kleine Abschnitte bedeuten:

- rasche Baufreiheit für nachfolgende Gewerke,
- geringer Umfang vorzuhaltender Rüstmaterialien und Montagehilfsmittel,
- geringer Umfang der Vorfinanzierung (unfertige Produktion),
- evtl. Kranstillstand wegen Abbindezeiten von Verguss- und Fugenmörtel  $\Rightarrow$  Begrenzung der Mindestgröße,
- optimaler konstruktiver Aufwand: Stabilisierung von Deckenscheiben, Dehnungsfugen.

Erst nach Vorliegen der Baufreiheit können die Montagearbeiten beginnen. In der Regel gehören zur **Montagebaufreiheit**:

- abgenommene monolithische Baukörper im Gründungsbereich mit Qualitätsnachweis und Vermessungsprotokollen,
- eingemessene Festpunkte,
- vorbereitete Montageebenen, Lagerflächen, Vormontageflächen, Baustraßen,
- Anschlüsse Medien: (Wasser, Elt, ...),
- Bereitstellung der zu montierenden Elemente,
- Baustellenunterkunft (gemäß ArbStättV),
- keine Störung durch andere Gewerke oder Gefahren aus laufendem Betrieb benachbarter Anlagen.

Die **Montageebene** muss ausreichend tragfähig sein:

- Nachweise über die Tragfähigkeit des Baugrundes (Böschungen, ausreichender Sicherheitsabstand),
- Pratzendrücke, Befestigung der Oberfläche (Vornutzung von Straßen, Plätzen und Hallenfußböden),
- unterirdische Bauten, Hohlräume – ggf. Zustimmung des Rechtsträgers zum Überfahren erforderlich.

#### 4.4.4 Vorlagerung und Kranstandpunkte

Sofern die Montage der Elemente nicht direkt von Transportmitteln oder von Paletten aus möglich ist oder die Elemente in Einzelteilen angeliefert werden, wird die Vorlagerung der Elemente notwendig. Sowohl für die Vorlagerung als auch für Vormontagen sind entsprechende Pläne auszuarbeiten. Das trifft besonders für Objekte des Industriebaus zu.

Durch sachgemäße Lagerung der Elemente sind Beschädigungen und Unfallgefahren auszuschließen (Abb. 4.30).

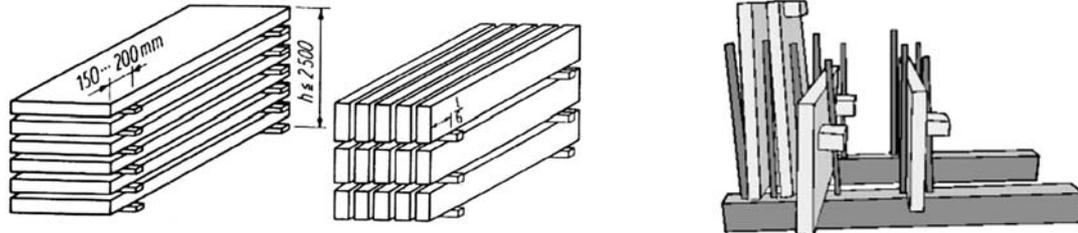


Abb. 4.30 Lagerungsbeispiele (v.l.n.r.: Platten, Riegel, Wandelemente)

**Optimale Kranstandpunkte** sind Voraussetzung für sicheres und wirtschaftliches Montieren. Sie gestatten die Aufnahme und das Versetzen einer möglichst großen Anzahl von Montageelementen von einem Standpunkt aus. Die Häufigkeit von Kranumsetzungen am Objekt ist dann minimal.

Kranstandpunkte werden anhand der Platzverhältnisse an der Montagestelle unter Beachtung ausreichender Sicherheitsabstände (mindestens 0,5 m) und der Daten, die für den Krannachweis bestimmend sind und die zulässigen Ausladungsbereiche determinieren, ermittelt.

Abb. 4.31 Vorlagerung der Binder für die Vorkopf-Hallenmontage neben der für den Kran eingerichteten Montageebene  
(Foto: K.-D. RÖBENACK)



Die Planung der Elementevorlagerung und der Kranstandpunkte bedingen sich gegenseitig und sind deshalb zusammen vorzunehmen oder zumindestens aufeinander abzustimmen.

### 4.5 Montagedurchführung (Beispiele)

#### 4.5.1 Zusammenhang von Konstruktion und Technologie

Bei Baumontagen tritt der Zusammenhang zwischen Konstruktion und Technologie sehr deutlich hervor (vgl. z. B. [4-10, S. 110–142], [4-19], [4-25], [4-27]).

- Jedes statische System besitzt konstruktive (z. B.: bezüglich Tragverhalten, Sicherheit des Gesamtsystems) oder technologische (bezüglich Vorfertigung, Transport, Montage) Vor- und Nachteile, die in ihrer Widersprüchlichkeit Kompromisslösungen erfordern.
- Die Wahl der Verbindungsart richtet sich nach technologischen Gesichtspunkten und bestimmt die Art des Tragsystems (gelenkige oder biegesteife Verbindungen, statisch bestimmte oder unbestimmte Systeme).
- Stabilisierungslösungen des Endzustandes (eingespannte Stützen und Rahmen, in sich stabile Abschnitte zwischen Dehnungsfugen) begünstigen auch die Stabilisierung in den verschiedenen Montagezuständen.
- Fugen sind bezüglich Standsicherheit, Funktion (Dichtheit, Kraftübertragung, Dehnungsausgleich) und Ästhetik besonders kritische Stellen von Montagebauwerken und deshalb sorgfältig zu planen und auszuführen.

Nachfolgend werden, bezogen auf bestimmte Bauwerks- und Materialarten, die Zusammenhänge zwischen Konstruktion und Technologie weiterführend illustriert.

### 4.5.2 Montage von Hallen

#### 4.5.2.1 Stahlhallen (Abb. 4.32)

- Statische Systeme ⇒ Übliche statische Systeme sind Detail (a) zu entnehmen.
- Vormontage von Stützen  
Stützen werden häufig in einem Stück gefertigt. Eine konstruktive Teilung kann bei sehr hohen Hallen, z. B. im Kraftwerksbau, erforderlich werden.
- Vormontage von Bindern  
Häufig ist die Vormontage von Bindern erforderlich (b); vorrangig kommen Schraubenverbindungen zur Anwendung.
- Vormontage von Rahmen  
Da komplette Rahmen praktisch nicht transportierbar wären, erfolgt eine konstruktive Trennung. Die Verbindungen auf der Baustelle werden geschraubt (Vorzugslösung) oder geschweißt (c).
- Vormontage von Dachsegmenten  
Die Vormontage von 2 Bindern sowie zugehörigen Pfetten und Verbänden kann aus technologischer Zweckmäßigkeit durchgeführt werden. Einige Typen räumlicher Stabwerke sind direkt für die Vormontage geplant (d).

- Montage von Stützen  
Das Anschlagen von Stahlstützen geschieht unter Verwendung von Stahlseilen, Ketten und Traversen. Dabei ist für die montagegerechte Aufhängung auf die Lage des Lastschwerpunktes zu achten (e). Je nach statischem Charakter der Verbindung Stützenfuß/Fundament kann eine Abspannung in einer Ebene (z. B. Hallenlängsrichtung) oder in zwei Ebenen (längs und quer zur Halle) erforderlich werden. Die Justierung der Stützen erfolgt durch Einfügen von Blechstücken zwischen Fundament und Stützenfußkonstruktion.

- Montage von Einzelbindern  
Binder werden mittels Zwei-stranggehänge oder Traversen angeschlagen (f), auf die Stützenköpfe gehoben und dort verschraubt. Die Ausführung letztgenannter Arbeit von Leitern aus ist nicht statthaft. Im Bereich der Stützen sind Turmgerüste oder Hubbühnen aufzustellen. Eine Abspannung des Binders kann erforderlich werden, solange dieser noch nicht durch Pfetten mit der bereits montierten Konstruktion verbunden ist.

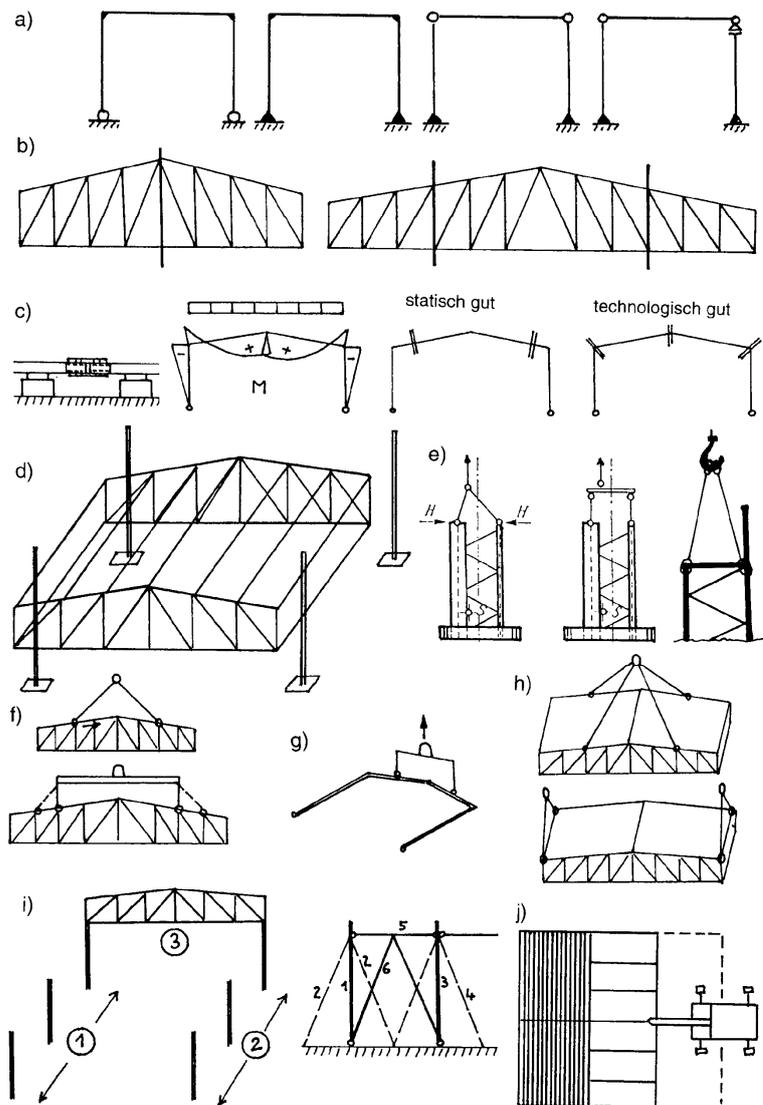


Abb. 4.32 Montage von Stahlhallen

- Montage von Rahmen

Auch Rahmen werden mittels Zweistranggehänge oder Traversen angeschlagen. Während des Anhebens tritt eine komplizierte statische Beanspruchung des Rahmens auf, welche bei größeren Konstruktionen statische Nachweise für die Art des Anschlages und die Lage der Anschlagpunkte erfordert (g).

- Montage von Dachsegmenten

Bei der Montage von Dachsegmenten mit nur einem Kran kommt meist ein Vierstranggehänge zur Anwendung. Bedingt durch die Größe und Masse vormontierter Dachsegmente kann ein Mehrkraneinsatz erforderlich werden (h). Das auf den Stützen abgesetzte Dachsegment ist sofort zu verschrauben, da bei vorhandener Dacheindeckung bei starkem Wind Auftrieb auftritt, der zum Abheben der Konstruktion führen kann.

- Montageablauf einer Halle – Beispiele für Montagevarianten:

- Montage aller Stützen einschließlich Längsverbänden und eventueller Kranbahnträger, Binder (i) oder Dachsegmente, Aufbringen der Hüllkonstruktionen
- Vorkopfmontage: zwei Stützen, Längsriegel, zwei Kranbahnträger, ein Binder, Pfetten, Hüllelemente (j)

#### 4.5.2.2 Fertigteilhallen (Abb. 4.33)

- Statisches System:

Bevorzugt wird das statische System gemäß Detail (a).

- Vormontage von Stützen (b)

Eine Stützeileitung kann bei hohen Hallen vor allem aus Gewichtsgründen erforderlich werden. Außer der Möglichkeit des „Aufstockens“ während der Montage gibt es die Variante des Verbindens der Teile im liegenden Zustand. Die Bewehrung der Teile wird verschweißt, die Stoßlücke verbügelt und betoniert.

- Vormontage der Binder (c)

Im Fertigteilbau kommen häufig Spannbetonbinder (Prinzip nachträglicher Verbund) zum Einsatz. Die Teile werden auf einer Vormontagefläche aufgestellt, ausgerichtet und im Bereich der Stoßfugen betoniert. Nach dem Einfädeln und Spannen der Spannglieder erfolgt das Verpressen der Spankanäle.

- Montage der Stützen

Die Stützen werden mit einer Stützentraverse angeschlagen (d). Beim Anheben ist eventuell am Stützenfuß hervorstehende Bewehrung (z. B. bei Oberteilen geteilter Stützen) vor Deformation zu schützen. Hallenstützen werden in Köcherfundamenten eingespannt. Höhen- und Seitenlehren erleichtern das genaue Absetzen der Stützen in den Fundamenthülsen. Als Montagehalterung dienen Holzkeile oder Schraubvorrichtungen (e). Nach der Justierung der Stützen ist der Betonverguss (in der Regel in zwei Etappen) durchzuführen. Spezielle Montagehilfsmittel

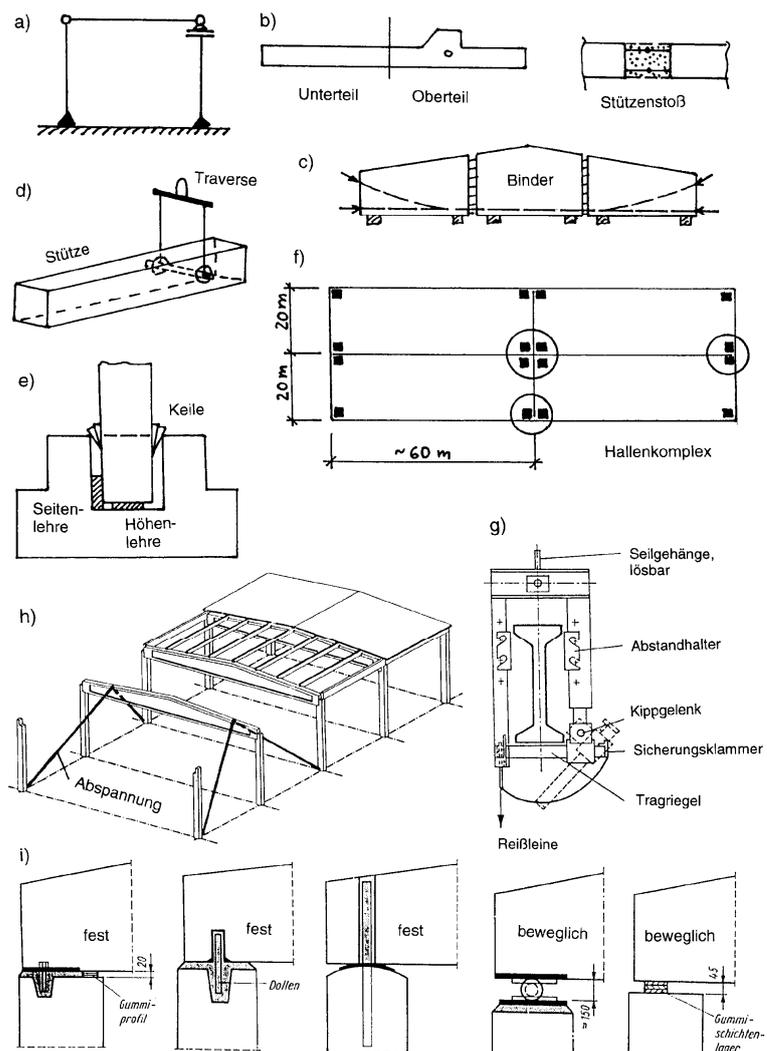


Abb. 4.33 Montage von Fertigteilhallen

sind erforderlich, wenn mehrere Stützen auf engstem Raum an Gebäudefugen zu montieren sind (f).

- Montage von Bindern

Durch das im Vergleich zu Stahlbindern andere Tragverhalten von Stahlbeton- und Spannbetonbindern ist es erforderlich, die Lastaufnahmemittel an den Binderenden anzubringen. Verwendet werden mit Bindergehängen bestückte Traversen (g). Aber auch direktes Anschlagen ist möglich, wenn es die Binderkonstruktion bezüglich Knick- und Kippsicherheit zulässt. In Abhängigkeit von der Binderspannweite und der Hallenhöhe kann ein Abspannen des auf den Stützen abgesetzten Binders erforderlich werden (h). Die Binderauflager sind vielgestaltig (i).

- Montage von Beton-Dachplatten

Beim Anschlagen kommen Vierstranggehänge zur Anwendung (Abb. 4.22). Die Fugen zwischen den Elementen werden – mit Ausnahme von Bewegungsfugenbereichen – mit Beton vergossen.

- Montage von Wandelementen

Als Anschlagmittel finden Zweistranggehänge und Traversen Anwendung. Die Befestigung der Wandelemente an der Tragkonstruktion erfolgt mit Schraub-, Klemm- oder Schweißverbindungen.

### 4.5.3 Montage von Fertigteilgeschossbauten (Abb. 4.34)

Die beiden Hauptbauweisen – Skelett- und Tafelbauweise – unterscheiden sich auch in der Montagetechnologie erheblich. So ist z.B. bei Skelettbauten eine Vorkopfmontage möglich, bei Tafelbauweisen in der Regel nicht.

- Statische Systeme bei Skelettbauten und Stabilisierungen (a)

Die statischen Systeme sind im Endzustand meistens vielfach statisch unbestimmt. Charakteristisch für den Fertigteilbau ist, dass sich das statische System im Bauzustand häufig vom Endzustand unterscheidet. Durch Betonerhärtung werden z.B. aus Gelenken biegesteife Knoten. Montagehalterungen (z.B. Stützenstreben) dienen dazu, labile Zustände zu verhüten. Die Stabilisierung von Skelettbauten erfolgt mittels Aussteifungsscheiben oder -kernen (b).

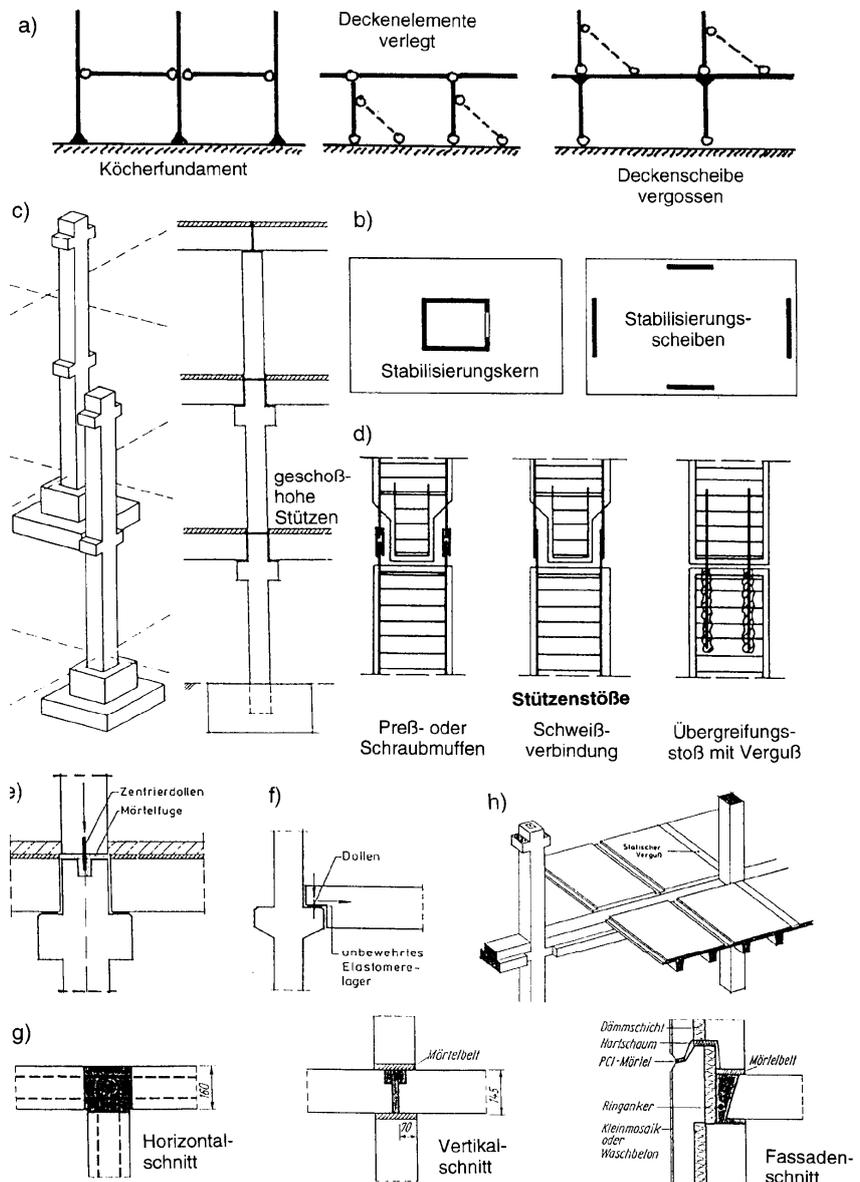


Abb. 4.34 Montage von Fertigteilgeschossbauten

- Vormontagen  
Die Vormontage von Bauelementen zu Baugruppen oder Segmenten ist im Fertigteilegeschossbau nicht üblich. Auch über mehrere Etagen reichende Stützen können als Ganzes gefertigt werden (c).
- Montage von Stützen  
Das Anschlagen der Stützen erfolgt mittels Stützentraversen. Im untersten Geschoss können Stützen in Köcherfundamenten eingespannt sein. Bei gelenkigen Auflagern sind zug- und druckkraftaufnehmende Stützenstreben erforderlich. Stützenverbindungen können biegesteif (d) oder gelenkig ausgeführt sein (e).
- Montage von Riegeln  
Riegel können auf Stützenkonsolen (c), (e), (f) oder auf den Stützenköpfen aufliegen. Zum Anschlagen kommen Zweistranggehänge und auch Traversen zur Anwendung. Ungünstige Kantenpressungen zwischen Riegel und Konsolenvorderkante lassen sich durch Gummistreifen in diesem Bereich vermeiden.
- Montage von Wandelementen bei Skelettbauweisen  
Die Wandelemente können zum einen übereinander stehend angeordnet werden, so dass ihr Eigengewicht direkt in die Fundamente abgeleitet wird. Zum anderen ist eine Abstützung von Wandelementen auf Geschossdecken möglich. Für den Hub finden Zweistranggehänge Anwendung.
- Montage von Wandelementen bei Tafelbauweisen  
Die geschosshohen Elemente werden am Einbauort zunächst mit Streben gehalten. Diese können nach der kraftschlüssigen Verbindung des Wandelementes mit anderen Elementen, die im rechten Winkel zum erstgenannten Element stehen, entfernt werden. Es kommen schweiß-, schraub- sowie stahlbetontypische Überdeckungslosungen zur Anwendung (g).
- Montage von Deckenelementen  
Die Auflagerung kann direkt auf der Oberseite von Riegeln oder an seitlich angeordneten Konsolen vorgenommen werden (h). Typische Lastaufnahmemittel sind Vierstranggehänge.

## 4.6 Qualität und Sicherheit

### 4.6.1 Qualitätssicherung

**Aufgabe der Qualitätssicherung** ist es zu gewährleisten, dass das zu errichtende Bauwerk

- normgerecht, das heißt nach den anerkannten Regeln der Baukunst, ausgeführt wird,
- die geplanten Gebrauchswerteigenschaften erreicht,
- als Teil der gebauten Umwelt ästhetischen Ansprüchen genügt,
- keine Nach- und Garantiarbeiten verursacht.

Qualitätsmängel können auf Fehler im baukonstruktiven oder bautechnologischen Projekt, Mängel in der Vorfertigung, auf Maßabweichungen in der Montage, z. B. durch Vermessungsfehler, zurückzuführen sein.

Bei der **Kontrolle der Baudurchführung** müssen alle Teilprozesse, die für die Sicherung der Gebrauchswerteigenschaften des Bauwerks von Bedeutung sind, hinsichtlich ihrer Qualität ausreichend schriftlich dokumentiert werden. Dazu gehören

- Nachweis der erreichten Festigkeiten beim Betonverguss an tragenden Teilen,
- Nachweis ordnungsgemäßer Ausführung von Spannprozessen (vorwiegend in der Vormontage),
- Nachweis der Qualität von Schweißverbindungen,
- Durchführung von Kontrollmessungen.

Ein wichtiger Bestandteil der Qualitätssicherung in der Montagedurchführung ist ferner die Kontrolle der

- Transport-, Umschlag- und Lagerprozesse, wo es zu Beschädigungen an Fertigteilen und Korrosionsschutzanstrichen von Stahlkonstruktionen kommen kann,
- Ausführung der Verbindungen zwischen den Konstruktionselementen (Schraub- und Schweißverbindungen). Hier werden Maßabweichungen der Konstruktion oder Montageungenauigkeiten sichtbar und wirken als Störfaktor (zu große oder zu kleine Fugen, ungenügende Auflagertiefen, Achsversatz an Fertigteilen oder Bewehrungsstählen),
- Maßhaltigkeit der Konstruktion,
- eingehenden Materialien und der Fertigteile sowie deren Güteatteste.

#### 4.6.2 Arbeitssicherheit

Unfällen und Havarien gehen mehr oder weniger lang andauernde Gefährdungen voraus, die oft auf einen oder mehrere der nachfolgenden Faktoren zurückzuführen sind:

- mangelhafte Kenntnisse,
- Fehler im baukonstruktiven oder bautechnologischen Projekt,
- Qualitätsmängel (z. B. falsche Betongüten, Schweißfehler, grobe Maßabweichungen) und falscher Werkstoffeinsatz,
- Abweichungen vom projektierten Zustand, vom geplanten technologischen Ablauf, von festgelegten und zumutbaren Arbeitsbedingungen, von vorgeschriebenen Kontroll-, Prüf- und Abnahmeverfahren,
- ungünstige meteorologische, hydrologische und geologische Bedingungen.

Unfällen und Havarien vorzubeugen heißt also, Gefährdungen in allen Phasen der Vorbereitung und Durchführung der Montagearbeiten systematisch aufzuspüren und auszuschalten.

Abb. 4.35 Arbeit in luftiger Höhe ohne Netz und doppelten Boden (aus dem Werbeprospekt eines Stahlbauunternehmens)



Diesem Anliegen muss bereits in der Projektierungsphase entsprochen werden. Montageprojekte sollen neben einer Übersicht über die für das Objekt zutreffenden Vorschriften detaillierte Ausführungen zu objektspezifischen sicherheitstechnischen Schwerpunkten enthalten. Komplizierte Montagebedingungen, z. B. Spezialmontagen oder Demontagen, machen die Erarbeitung spezieller Betriebsanweisungen notwendig. Die BGV C22 fordert **schriftliche Montageanweisungen**, die alle erforderlichen sicherheitstechnischen Angaben (Herstellerangaben zu den Fertigteilen, Maßnahmen während der Baudurchführung, Übersichtszeichnungen oder -skizzen) enthalten.

Das Unfall- und Havariegeschehen im Montagebau offenbart folgende Schwerpunkte, die besondere Aufmerksamkeit und konsequentes Handeln der Vorgesetzten erfordern:

- Absturzunfälle infolge mangelhafter Beschaffenheit oder gänzlichen Fehlens von Gerüsten, Absperrungen und Abdeckungen über Öffnungen (vgl. Abb. 4.35),
- Unfälle beim Transportieren, Umschlagen und Lagern von Fertigteilen und Stahlkonstruktionen durch unzulässigen Aufenthalt von Personen im Gefahrenbereich von Kranen, durch nicht eindeutige Zeichengebung und Verständigung von Kranfahrern und Anschlägern sowie durch fehlende oder ungenügende Kippsicherung von Bauteilen (vgl. Abb. 4.36),
- unberechtigte Benutzung von Maschinen und Geräten, deren Bedienung besondere Qualifikationen und Unterweisungen erfordert,
- Brände in Verbindung mit Schweiß- und Schneidarbeiten, die oft aus Vernachlässigung notwendiger Brandschutzmaßnahmen resultieren,
- Beschädigung von Kranen durch Überlastung,
- Beschädigung von Baukonstruktionen durch Sturmeinwirkung.

Abb. 4.36 Gefährlicher (weil ungesicherter) Stapel von Wandelementen



Leider wird dem sachgemäßen Einsatz und der exakten Einsatzvorbereitung von Hebezeugen oft zu wenig Augenmerk geschenkt. Das liegt u. a. daran,

- dass man glaubt, schon durch Improvisation der scheinbar einfachen Vorgänge alles im Griff zu haben, operativ alles regeln zu können,
- dass viele einfache Hebezeuge und Fördermittel trotz simpler Bedienung aufgrund ihres Gefahrenpotenzials hohe Anforderungen an persönliche Eignung und Ausbildungsstand des Personals stellen, die oft nicht erfüllt werden,
- dass Hebe- und Förderprozesse als (beigeordnete und nebenbei erledigte) Transport-, Umschlag- und Lager-Prozesse unterschätzt, nicht ausreichend vorbereitet und die Unterweisung des Personals vernachlässigt werden,
- dass bei hochwertigen und technisch ausgereiften Hebezeugen manchmal blindes Vertrauen in die Technik den gesunden Menschenverstand ersetzt, alte Arbeits- und Denkweisen den Ansprüchen forcierter Technik nicht entsprechen.

## 4.7 Fragen zur Wiederholung (Prüfungsfragen)

### zu Kapitel 4.1

1. Welche Vollmontagebauweisen werden, bezogen auf die Ausbildung des Tragsystems, unterschieden? Kennzeichnen Sie die Tragsysteme!
2. Geben Sie jeweils ein typisches Beispiel für die drei Vollmontagebauweisen!
3. Was sind so genannte Mischbauweisen? Kennzeichnen Sie diese anhand eines typischen Beispiels!
4. Erläutern Sie anhand einer Übersicht die Vorgangsgliederung des Baumontageprozesses!
5. Worin liegen Vorteile und Probleme von Baumontagebauweisen gegenüber anderen Bauweisen!

### zu Kapitel 4.2

6. Erläutern Sie anhand einer Skizze Elemente und Konstruktion (Aufbau und statisches System) eines eingeschossigen Skelettbaus (Stahlbetonhalle)!
7. Erläutern Sie anhand einer Skizze Elemente und Konstruktion (Aufbau und statisches System) des Stahltragwerkes einer Produktionshalle!
8. In welchen Bauwerken kommen vorwiegend Stahlbetonfertigteile zur Anwendung? Erläutern Sie die moderne Form der Verbindungstechnik dieser Fertigteile: Prinzip und Vorteile!
9. Welche Vor- und Nachteile kennzeichnen Montagebauwerke aus Stahl?
10. Nennen Sie Beispiele für Bauwerke, bei denen in verstärktem Maße Montageelemente aus Holz zum Einsatz gelangen!
11. Erläutern Sie das Grundprinzip von Stahlverbundkonstruktionen und stellen Sie die Hauptelemente von Bauteilen in Stahlverbundtechnik dar!
12. Was sind Kopfbolzendübel? Wo finden Sie Anwendung und welche Funktion erfüllen sie?

### zu Kapitel 4.3

13. Nennen und beschreiben Sie drei Kranarten, die typisch für den Einsatz auf Montagebaustellen sind!
14. Welche Merkmale gestatten, von so genannten freizügigen Kranen zu sprechen?
15. Welche drei Größen (= Parametertripel), die auch beim Krannachweis von Bedeutung sind, charakterisieren die primären Gebrauchseigenschaften freistehender Krane?
16. Erläutern Sie anhand eines Tragfähigkeits- und Hakenhöhendigramms die Vorgehensweise beim Nachweis eines freistehenden Kranes!
17. Skizzieren Sie zwei grundsätzlich verschiedene Auslegerbauformen von Turmdrehkränen und charakterisieren Sie deren Einsatzbesonderheiten sowie Vor- und Nachteile!
18. Erläutern Sie die technischen Prinziplösungen für das Klettern von Turmdrehkränen!
19. Was ist ein Schnelleinsatzkran?
20. Erläutern Sie anhand einer Skizze das Prinzip der Zweiseitenmontage mit einem und zwei schienenfahrbaren Turmdrehkränen!
21. Nennen Sie aktuelle Entwicklungen, mit deren Hilfe Turmdrehkrane sicherer und umweltfreundlicher gestaltet werden!
22. Nach welcher Größe werden Turmdrehkrane in der Baugeräteleiste eingestuft?
23. Geben Sie einen Überblick über die Bauarten von Fahrzeugkränen nach Art der Fahrwerke und Ausleger!
24. Wie groß ist überschlägig die maximale Tragfähigkeit eines AT-Kranes für einen Industriebaueinsatz anzunehmen, wenn das schwerste zu montierende Element eine Masse von 8 t besitzt und ungehindertes Arbeiten möglich ist?
25. Beschreiben Sie einen typischen RT-Kran!
26. Beschreiben Sie die Merkmale von AT-Kranen!
27. Nennen Sie ein typisches Einsatzfeld für schwere Raupendrehkrane! Welche Bauwerke werden mit diesen aktuell vorzugsweise in Deutschland errichtet?
28. In welchen Fällen ist beim Einsatz von Auslegerkränen die technisch mögliche (vom Kranhersteller gegebene) minimale Ausladung nicht nutzbar, müssen also Einschränkung in Richtung Verkleinerung der Ausladung gemacht werden?
29. Nennen Sie ein Einsatzbeispiel für Schwimmkrane bei Bauwerksmontagen!

30. Welche Voraussetzungen sind zu erfüllen bzw. welche Vorleistungen sind zu erbringen, um eine sichere und wirtschaftliche Montage mit Hubschrauber zu gewährleisten?
31. Was ist ein Derrickkran und wodurch unterscheidet er sich hinsichtlich seiner Einsatzparameter grundsätzlich von Fahrzeugkränen?
32. Erläutern Sie anhand einer kleinen Skizze die Grundprinzipien von Druckhub- und Zughubverfahren für Montagearbeiten! Geben Sie für ein Verfahren ein Beispiel – was wird wie gehoben und montiert!
33. Erläutern Sie ein Beispiel für Montagearbeiten unter Verwendung hydraulischer Heber oder Klettergeräte!
34. Skizzieren Sie den vereinfachten Querschnitt eines Litzenseiles und kennzeichnen Sie anhand dieser Skizze „Draht“, „Litze“ und „Einlage“!
35. Wie ist der Seilspreizungswinkel beim Anschlagen von Lasten richtig zu messen?
36. Erläutern Sie anhand einer Skizze den Kräftefluss beim Anschlagen eines Spannbetonbinders mittels Traverse bei einer Einkranmontage!
37. Wie viel Stränge sind bei der Aufhängung einer symmetrischen starren Last mit einfachem Vierseilgehänge als tragend anzusetzen? Was ist zu verändern, damit vier Seile tragen?
38. Welche Vorteile kennzeichnen Anschlagketten im Vergleich zu Anschlagseilen?
39. Nennen Sie die Wirkprinzipien kraftschlüssig wirkender Lastaufnahmemittel und geben Sie je ein Anwendungsbeispiel!
40. Wodurch unterscheiden sich Zangen und Klemmen grundsätzlich in ihrer Wirkungsweise?
41. Nennen Sie drei Beispiele für formschlüssig wirkende Lastaufnahmemittel!
42. Wie viel Freiheitsgrade besitzt eine Stahlbetonstütze? Wie viele dieser Freiheitsgrade werden beim Montieren durch zuvor eingemessene Anschläge im Köcherfundament beseitigt? Wie viele sind es bei der Verwendung eines Zentrierkegels?
43. Wie wird eine gelenkig gelagerte Stütze im Montageprozess einfach und sicher fixiert?
44. Was ist ein Tandemhub?
45. Erläutern Sie die Bestandteile von Transportankersystemen für Betonfertigteile! Welchem Zweck dienen sie?
46. Welche Anforderungen müssen Fahrzeuge für den Fertigteiltransport erfüllen?

#### zu den Kapiteln 4.4 bis 4.6

47. Nennen Sie Kriterien für die Auswahl eines Montageverfahrens!
48. Erläutern Sie die Vorgehensweise bei der Auswahl eines Hebezeugs (Schema zum Ablauf der Hebezeugauswahl)!
49. Wie wird die für die Kranauswahl anzusetzende Montagelast eines Fertigteils ermittelt?
50. Erläutern Sie anhand einer Skizze die Ermittlung der erforderlichen Hakenhöhe für die Montage einer Stütze unter Beachtung des Umstandes, dass die Montageebene (Höhe der Kranaufstellfläche) niedriger als die Oberkante der Köcherfundamente liegt!
51. Auf die Stützen eines eingeschossigen Mehrzweckgebäudes (Halle) sind Binder mit großer Spannweite in Tandemmontage zu heben. Skizzieren Sie die Situation in einer Seitenansicht unter Angabe der Bauwerksteile, der Hebezeuge und der Lastaufnahmeeinrichtung! Beachten Sie, dass die Spannbetonbinder sehr schlanke kippgefährdete Bauelemente sind. Deshalb soll auf Ihrer Skizze vor allem das richtige Anschlagen der Elemente deutlich erkennbar sein. Welches Element kann entfallen, wenn der Binder durch konstruktive Maßnahmen ausreichend kippsicher ist?
52. Welchen Anforderungen muss eine Montageebene genügen? Welche Gefährdungen sind beim Aufstellen von Fahrzeugkränen seitens der Montageebene möglich?
53. Erläutern Sie anhand einer Skizze gut nachvollziehbar die Vorgehensweise zur Bestimmung optimaler Kranstandpunkte am Beispiel einer Stahlbetonfertigteilhalle für die Stützenmontage (Hallensegment mit Rand- und Giebelstützen). Beachten Sie dabei auch die Vorlagerung der Elemente!
54. Wann ist ein Kranstandpunkt für Fertigteilmontagen optimal gewählt?
55. Welchen besonderen Gefahren muss beim Aufrichten breiter Stützen begegnet werden?
56. Nennen Sie typische Gefahren beim Einsatz von Fahrzeugkränen! Wie sind diese zu vermeiden?

## 4.8 Quellenangaben und Literaturhinweise zum Kapitel 4

### 4.8.1 Literatur

- [4-1] Bachmann, O u. a.: Faszination Baumaschinen – Krantechnik von der Antike zur Neuzeit. – Isernhagen: Giesel Verlag, 1997
- [4-2] Baugeräteliste 2001: BGL; technisch-wirtschaftliche Baumaschinendaten. – Wiesbaden, Berlin: Bauverlag, 2001
- [4-3] Brandt, J.; Rösel, W.; Schwerm, D.; Stöffler, J.: Betonfertigteile im Skelett- und Hallenbau. – Bonn: Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e. V., 1993, 1995
- [4-4] Bautechnik Fachkunde Bau für Maurer/Maurerinnen, Beton- und Stahlbetonbauer/Beton- und Stahlbetonbauerinnen, Zimmerer/Zimmerinnen und Bauzeichner/Bauzeichnerinnen (Europa-Fachbuchreihe für Bautechnik). – Haan-Gruiten: VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL Nourney, Vollmer, 2005. – 606 S.
- [4-5] Bindseil, P.: Stahlbetonfertigteile unter Berücksichtigung von Eurocode 2: Konstruktion, Berechnung, Ausführung. – Düsseldorf: Werner-Verlag, 2007. – 298 S.
- [4-6] Büttner, O.: Hubverfahren im Hochbau. – Berlin: Verlag für Bauwesen, 1972. – 224 S.
- [4-7] Büttner, O.; Stenker, H.: Stahlhallen – Entwurf und Konstruktion. – Berlin: Verlag für Bauwesen, 1986
- [4-8] Cohrs, H.H.: Andere Länder, andere (Kran-)Sitten. – In: baumaschinendienst, Bad Wörishofen 31(1995)11, S. 980–990
- [4-9] Dach- und Wandkonstruktionen im Hallenbau (Dokumentation 609). – Düsseldorf: Bauen mit Stahl e. V., 2000. – 28 S. (<ftp://ftp2.stahl-online.de/bms/download/publikationen/D609.pdf>, Abruf vom 16. 09. 2008)
- [4-10] Fiedler, K.; Henschel, W. (Herausgeber) und Autorenkollektiv: Technologie der Bau- und Ausrüstungsmontage. – Berlin: Verlag für Bauwesen, 1981
- [4-11] Fritsch, R.; Pasternack, H.: Stahlbau – Grundlagen und Tragwerke (Viewegs Fachbücher der Technik). – Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg, 1999. – 448 S.
- [4-12] Hintersdorf, G.: Tragwerke aus Platten. – Berlin: Verlag für Bauwesen, 1972
- [4-13] Hoepke, E.; Koster, G.: Faszination Baumaschinen – Schwertransporte auf dem Weg durch die Jahrhunderte. – Isernhagen: Giesel Verlag, 1999
- [4-14] Hoffmann, M. (Hrsg.): Zahlentafeln für den Baubetrieb. – Stuttgart: B.G. Teubner, 2006. – 1042 S.
- [4-15] Husemann, L.: Baufahrzeuge. – Stuttgart: Motorbuch Verlag, 2000. – 207 S.
- [4-16] Husemann, L.: Krane. – Stuttgart: Motorbuch Verlag, 2003. – 190 S.
- [4-17] Kaden, T.; Klingbeil, T.: Neue Techniken für einen alten Werkstoff – in Berlin entsteht das erste sieben-geschossige Wohnhaus in Holzbauweise. – In: Deutsches IngenieurBlatt dib, Berlin 14(2007) 11, S. 28–31
- [4-18] König, H.: Maschinen im Baubetrieb: Grundlagen und Anwendung (Leitfaden des Baubetriebs und der Bauwirtschaft). – Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2008. – 353 S.
- [4-19] Koncz, T.: Handbuch der Fertigteilebauweise mit großformatigen Stahl- und Spannbetonelementen (Band 1 bis 3). – Wiesbaden, Berlin: Bauverlag, 1973
- [4-20] Kotulla, B.; Urlau-Clever, B.-P.: Industrielles Bauen. – Ehningen bei Böblingen: Expert-Verlag, 1994
- [4-21] Krummel, Gerhard (Waldeck): Schraubanschlüsse im Betonfertigteilebau. – In: Beton+Fertigteil Jahrbuch, Gütersloh: BertelsmannSpringer Bauverlag, 2003, S. 140–148
- [4-22] Ludewig, S.: Montagebau; Grundlagen – Wissensspeicher. – Berlin: Verlag für Bauwesen, 1974
- [4-23] Metallbautechnik – Fachbildung (Europa-Fachbuchreihe für Metallberufe). – Haan-Gruiten: VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL Nourney, Vollmer, 1997
- [4-24] Scheffler, M.; Feyrer, K.; Matthias, K.: Fördermaschinen: Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge (Reihe Fördertechnik und Baumaschinen). – Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg, 1998
- [4-25] Schmitt, H.; Heene, A.: Hochbaukonstruktion – Die Bauteile und das Baugesüge, Grundlagen des heutigen Bauens. – Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg, 2001
- [4-26] Sicherer Betrieb von gleislosen Fahrzeugkränen – Ein Handbuch für Unternehmer, Einsatzplaner, Kranführer und Anschläger. – Köln: K. Heymanns Verlag, 1994. – 242 S. (Hrsg.: Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen, BGI 672) (online lesbar unter <http://bgf.vur.jedermann.de/> ⇒ BG-Informationen, BGI 672)
- [4-27] Steinle, A.; Hahn, V.: Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau (Bauingenieur-Praxis). – Berlin: Ernst & Sohn Verl. f. Archit. u. techn. Wissensch., 1998

#### 4.8.2 Vorschriften (Auswahl, es gilt die aktuellste Fassung)

DIN 1045-1	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion; Ausg. 08/2008
DIN 1055-7	Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 7: Temperatureinwirkungen; Ausg. 11/2002
DIN 4132	Kranbahnen; Stahltragwerke; Grundsätze für Berechnung, bauliche Durchbildung und Ausführung; Ausg. 02/1981
DIN 4212	Kranbahnen aus Stahlbeton und Spannbeton, Berechnung und Ausführung; Ausg. 01/1986
DIN 4223-4	Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton – Teil 4: Bauteile mit statisch anrechenbarer Bewehrung Anwendung in Bauwerken; Ausg. 12/2003
DIN 4420-3	Arbeits- und Schutzgerüste – Teil 3: Ausgewählte Gerüstbauarten und ihre Regelausführungen; Ausg. 01/2006
DIN 15001-1	Krane; Begriffe, Einteilung nach der Bauart; Ausg. 11/1973
DIN 15002	Hebezeuge; Lastaufnahmeeinrichtungen, Benennungen; Ausg. 04/1980
DIN 15003	Hebezeuge; Lastaufnahmeeinrichtungen, Lasten und Kräfte, Begriffe; Ausg. 02/1970
DIN 18202	Toleranzen im Hochbau; Bauwerke; Ausg. 10/2005
DIN 18203-1	Toleranzen im Hochbau – Teil 1: Vorgefertigte Teile aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton; Ausg. 04/1997
DIN 18203-2	Toleranzen im Hochbau – Teil 2: Vorgefertigte Teile aus Stahl; Ausg. 08/2006
DIN 18203-3	Toleranzen im Hochbau – Teil 3: Bauteile aus Holz und Holzwerkstoffen; Ausg. 08/2008
DIN 18540	Abdichten von Außenwandfugen im Hochbau mit Fugendichtstoffen; Ausg. 12/2006
DIN EN 818-4	Kurzgliedrige Rundstahlketten für Hebezwecke – Sicherheit – Teil 4: Anschlagketten, Güteklasse 8; Deutsche Fassung EN 818-4:1996; Ausg. 08/1996
DIN EN 1004	Fahrbare Arbeitsbühnen aus vorgefertigten Bauteilen – Werkstoffe, Maße, Lastannahmen und sicherheitstechnische Anforderungen; Deutsche Fassung EN 1004:2004; Ausg. 03/2005
DIN EN 1492-1	Textile Anschlagmittel – Sicherheit – Teil 1: Flachgewebte Hebebänder aus Chemiefasern für allgemeine Verwendungszwecke; Deutsche Fassung EN 1492-1:2000; Ausg. 10/2000
DIN EN 12385-2	Stahldrahtseile – Sicherheit – Teil 2: Begriffe, Bezeichnung und Klassifizierung; Deutsche Fassung EN 12385-2:2002+A1:2008; Ausg. 06/2008
DIN EN 12811-1	Temporäre Konstruktionen für Bauwerke – Teil 1: Arbeitsgerüste; Leistungsanforderungen, Entwurf, Konstruktion und Bemessung; Deutsche Fassung EN 12811-1:2003; Ausg. 03/2004
DIN EN 13119	Vorhangfassaden – Terminologie; Dreisprachige Fassung EN 13119:2007; Ausg. 07/2007
DIN EN 13155	Krane – Lose Lastaufnahmemittel; Deutsche Fassung EN 13155:2003+A1:2005; Ausg. 11/2007
DIN EN 13369	Allgemeine Regeln für Betonfertigteile; Deutsche Fassung EN 13369:2004; Ausg. 09/2004
DIN EN 13414-1	Anschlagseile aus Stahldrahtseilen – Sicherheit – Teil 1: Anschlagseile für allgemeine Hebezwecke; Deutsche Fassung EN 13414-1:2003; Ausg. 11/2003
BGV A1	Berufsgenossenschaftliche Vorschrift „Grundsätze der Prävention“
BGV C22	Berufsgenossenschaftliche Vorschrift „Bauarbeiten“
BGV D6	Berufsgenossenschaftliche Vorschrift „Krane“
BGV D8	Berufsgenossenschaftliche Vorschrift „Winden, Hub- und Zuggerät“
BGV D36	Berufsgenossenschaftliche Vorschrift „Leitern und Tritte“
BGR 106	Berufsgenossenschaftliche „Sicherheitsregeln für Transportanker und -systeme von Betonfertigteilen“
BGR 151	Berufsgenossenschaftliche Regel „Merkblatt für den Gebrauch von Anschlag-Drahtseilen“
BGR 152	Berufsgenossenschaftliche Regel „Merkblatt für den Gebrauch von Anschlag-Faserseilen“
BGR 162	Berufsgenossenschaftliche Regel „Sichere Einsätze mit Hubschraubern“
BGR 198	Berufsgenossenschaftliche Regel „Einsatz von persönlichen Schutzausrüstungen gegen Absturz“
BGR 500	Berufsgenossenschaftliche Regel „Betreiben von Arbeitsmitteln“: Kapitel 2.8 Lastaufnahmeeinrichtungen im Hebezeugbetrieb Kapitel 2.10 Hebebühnen

---

BGI 622	Berufsgenossenschaftliche Information „Belastungstabellen für Anschlagmittel aus Rundstahlketten, Stahldrahtseilen, Rundschnitten, Chemiefaserhebebändern, Chemiefaserseilen, Naturfaserseilen“
BGI 672	Berufsgenossenschaftliche Information „Sicherer Betrieb von gleislosen Fahrzeugkränen – Ein Handbuch für Unternehmer, Einsatzplaner, Kranführer und Anschläger“
BGI 876	Merkblatt für Seile und Ketten als Anschlagmittel im Baubetrieb

#### 4.8.3 Internet-Quellen (Auswahl, letzter Abruf 16. 9. 2008)

Bauen mit Stahl: <http://www.bauen-mit-stahl.de/>

Sicherer Betrieb von gleislosen Fahrzeugkränen – Ein Handbuch für Unternehmer, Einsatzplaner, Kranführer und Anschläger. – Köln: K. Heymanns Verlag, 1994. – 242 S. (Hrsg.: Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen = BGI 672): <http://bgf.vur.jedermann.de/> ⇒ BG-Informationen, BGI 672

Bauwerke aus Betonfertigteilen: Wissensdatenbank der Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e. V. (FDB): <http://www.fdb-wissensdatenbank.de/>

Stahl im Bauwesen (Stahl-Information-Zentrum):

[http://www.stahl-info.de/stahl\\_im\\_bauwesen/stahl\\_im\\_bauwesen.htm](http://www.stahl-info.de/stahl_im_bauwesen/stahl_im_bauwesen.htm)

Bundesverband Betonbauteile Deutschland e. V. (BDB):

<http://www.betoninfo.de/>

Bundesverband Spannbeton-Fertigdecken e. V.:

<http://www.spannbeton-fertigdecken.de/>

## 5 Grundlagen der Baustelleneinrichtung

### 5.1 Allgemeine Grundlagen

#### 5.1.1 Definitionen und Abgrenzung

Die **Baustelleneinrichtung (BE)** beinhaltet begrifflich sowohl die Prozesse, die im Zusammenhang mit der Einrichtung einer Baustelle stehen, als auch den Gegenstand BE selbst.

Baustelleneinrichtung umfasst die Planung, die Beschaffung, den Auf- und Abbau sowie die Beseitigung der zur Herstellung eines Bauwerks notwendigen, zeitlich begrenzten Produktions- bzw. Arbeitsstätten auf der Baustelle und deren Betrieb (vgl. z. B. [5-6, S. 65], [5-14, S. 2]). Die BE ist eine temporäre, sich im Zuge des Baufortschritts auch wandelnde, in der Regel örtlich vom Sitz der beteiligten Unternehmen getrennte Fabrik. Sie ist ein komplexes Arbeitsmittel (AM), das sich gemeinsam mit dem Arbeitsgegenstand (AG) „Bauobjekt“ verändert – vgl. Abb. 5.1.

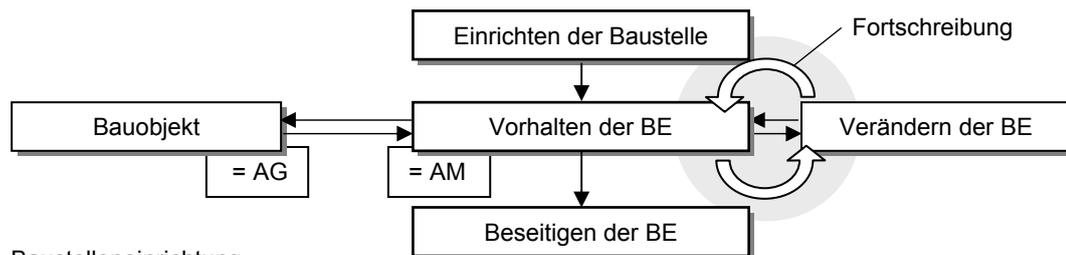


Abb. 5.1 Baustelleneinrichtung

Die **Baustelleneinrichtungsplanung** besteht im Wesentlichen aus der Materialflussplanung und -gestaltung, der Ermittlung der optimalen Einrichtungskomponenten für die Bauausführung und deren räumlichen und zeitlichen Anordnung auf dem Baufeld. Sie ist Bestandteil der Arbeitsvorbereitung und steht in enger Wechselwirkung mit der Bauablaufplanung.

Der **Baustelleneinrichtungsplan (BE-Plan)** dient der übersichtlichen maßstäblichen grafischen Darstellung des Baustellenlayouts im Ergebnis der Baustelleneinrichtungsplanung unter Nutzung einheitlicher leicht verständlicher Symbole und Abkürzungen.

#### 5.1.2 Bedeutung und Aufgaben der Baustelleneinrichtung

Die **Bedeutung** der Baustelleneinrichtung folgt aus ihrem Einfluss auf die Effizienz der Baumaßnahme. Grundvoraussetzung für den störungsarmen, wirtschaftlichen und humanen Baustellenbetrieb ist eine geeignete BE, denn nur mit dieser sind kurze Bauzeiten, geringe Baukosten und Risiken möglich. Die BE

- ist technische, organisatorische und soziale Arbeitsumgebung des auf der Baustelle eingesetzten Personals,
- beeinflusst maßgeblich den Fertigungsaufwand (und daraus folgend Fertigungszeiten und -kosten) sowie die Arbeitsbedingungen der Beschäftigten,
- soll durch die materialflussgerechte Gliederung und Zuordnung der BE-Elemente einen stabilen Produktionsprozess in allen Bauphasen ermöglichen – Fehler können zu Unterbrechungen und Wartezeiten führen.

Die BE dient der Erfüllung folgender **Aufgaben**:

- Unterbringung und soziale Betreuung des Baustellenpersonals (einschl. Gewährleistung der Ersten Hilfe),
- Unterbringung und Wartung, z. T. auch Instandhaltung von Werkzeugen, Baumaschinen und Geräten,
- Bereitstellung und Betrieb gemeinsam genutzter Arbeitsmittel (z. B. Gerüste, Einrichtungen zur Baugrubensicherung),
- Abwicklung des Baustellenverkehrs und Gewährleistung der Orientierung auf der Baustelle,
- Entgegennahme, Qualitätskontrolle, Umschlag, Lagerung und innerbetrieblicher Transport von Baustoffen, Bauelementen und Bauhilfsstoffen,
- Durchführung von Vorfertigungs- und Vormontagearbeiten,
- Versorgung mit Medien (Information, Energie, Wasser, Druckluft u. a.),
- Gewährleistung von Hilfsbetrieben (z. B. Wasserhaltung),
- Aufbereitung, Verwertung und Entsorgung von Resten und Abfällen,
- Gewährleistung der Arbeitssicherheit der Beschäftigten,
- Schutz Unbeteiligter und der Umwelt vor Einflüssen des Baustellenbetriebs,
- Schutz der Baustelle vor dem Zutritt Unbefugter,
- Information über das zu errichtende Bauwerk (Bauschild, Besucherbetreuung).

### 5.1.3 Bestandteile der Baustelleneinrichtung

Eine Abgrenzung der Bestandteile der BE zu den prozessgebundenen Arbeitsmitteln, die z. B. in den vorangegangenen Kapiteln behandelt wurden, ist nur unscharf möglich. Hier wird es immer Überschneidungen geben, wie auch die neueste Monografie zur BE [5-16] zeigt. An spezielle Prozesse (Teilleistungen) gebundene Baumaschinen, wie Bagger oder Betonpumpen, werden hier nicht behandelt. Die Gliederung der Elemente der BE kann nach verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen und hängt auch von der Art des Bauvorhabens und den dafür ausgewählten Bauverfahren ab.

Die Bestandteile der BE können wie folgt gruppiert werden:

- Hebezeuge und sonstige Bereitstellungsmaschinen und -geräte,
- Fertigungsstätten und Werkstätten,
- Aufbereitungsanlagen für Baustoffe,
- Hilfsbetriebe,
- Umschlag- und Lagereinrichtungen,
- Baustellenunterkünfte und soziale Einrichtungen,
- Einrichtungen für den Baustellenverkehr
- technische Ver- und Entsorgungseinrichtungen,
- Baustellenkennzeichnung und -sicherung,
- Sicherheitseinrichtungen,
- Einrichtungen für extreme Witterungseinflüsse.

### 5.1.4 Einflüsse auf die Baustelleneinrichtung

Die Ersteinrichtung der Baustelle und auch jeder weitere Umbau der BE müssen möglichst schnell und reibungslos erfolgen können, um einen optimalen Baustellenbetrieb zu gewährleisten. Deshalb sind bereits bei der Planung der Baustelleneinrichtung alle Einflüsse zu berücksichtigen, um Störungen auszuschließen.

Da jedes Bauvorhaben andere Anforderungen an die BE stellt, sind die Einflüsse mit all ihren Details immer wieder neu zu bestimmen (vgl. Abb. 5.2).

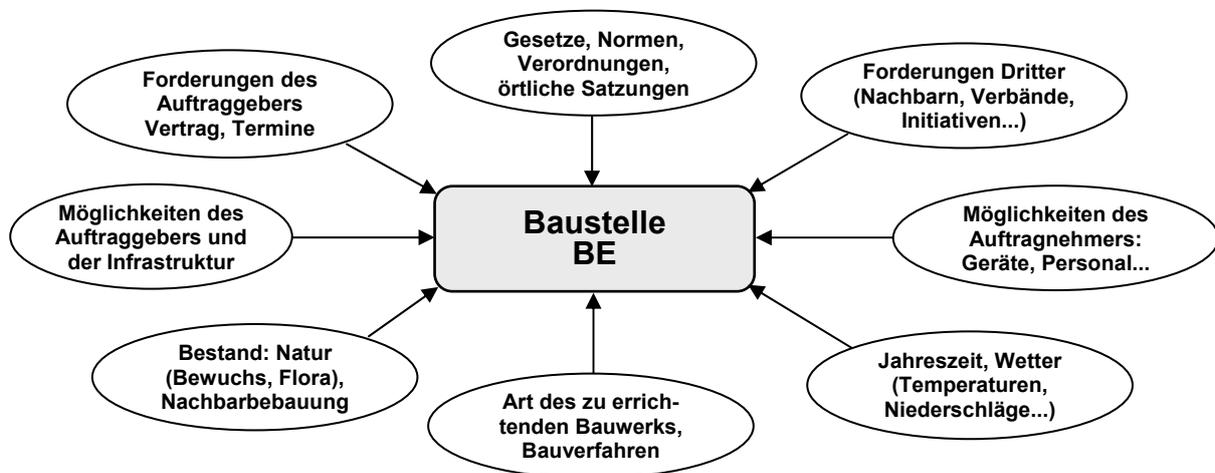


Abb. 5.2 Einflüsse auf die Baustelle mit ihrer Baustelleneinrichtung

Die BE ist in den seltensten Fällen über die Bauzeit konstant. Sie muss kontinuierlich umgestellt werden und den veränderten Produktionsschwerpunkten im Laufe der Bauzeit angepasst werden. Die Erstellung eines Rohbaus stellt beispielsweise andere Ansprüche an die BE als der Ausbau.

Die **Struktur** der Baustelleneinrichtung wird vor allem von der Art des zu errichtenden Bauwerks bestimmt. Unterscheidungsrelevant in diesem Sinne sind die folgenden Baustellenarten:

- Punktbaustelle: z. B. Hochhaus, Schacht, Turm,
- Linienbaustelle: z. B. Tunnel, Talbrücke, Straße, Abwasserleitung,
- Flächenbaustelle: z. B. Staudamm, Erschließung eines Wohngebiets, Einkaufszentrum, Industriekomplex.

Der **Umfang** der Baustelleneinrichtung unterliegt folgenden Einflüssen:

- Art des Bauvorhabens (Konstruktion, Bauart usw.),
- Größe des Bauvorhabens (Abmessungen, Baustoffmassen usw.),
- fertigungstechnische Faktoren (Bauweise, Bauverfahren, Arbeitsmittel),
- materialflusstechnische Faktoren (Art, Menge und Gewicht der Güter, Anforderungen an deren Lagerung),
- örtliche Gegebenheiten (Baustellenumgebung, Medienanbindung, Baugrundverhältnisse usw.),
- Bauzeitvorgaben, End- und Zwischentermine,
- Ausführungszeiträume (⇒ relevante Witterungsbedingungen).

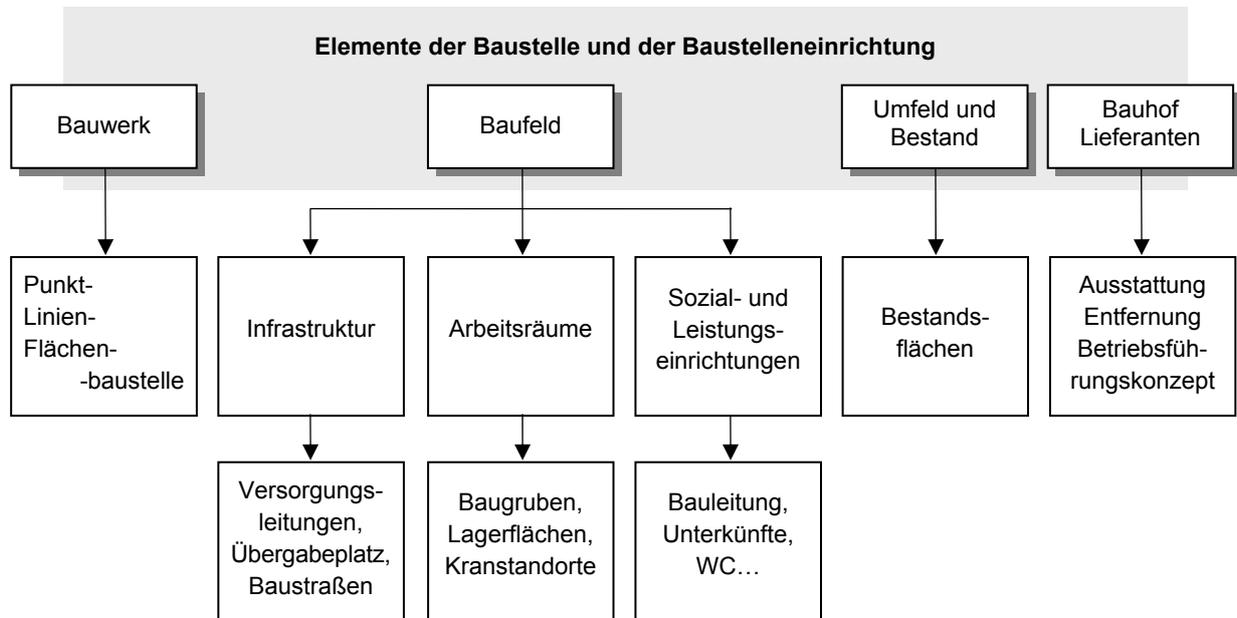


Abb. 5.3 Elemente der Baustelle und der Baustelleneinrichtung (nach [5-2])

### 5.1.5 Vorschriften

Es sind zahlreiche Bestimmungen (auf Bundes-, Landes- und teilweise sogar bis zur Gemeindeebene herunter) zu beachten, die der Sicherheit und der Gesundheit der auf der Baustelle arbeitenden Menschen und dem Schutz öffentlicher Interessen dienen. Derartige Vorschriften und Gesetze sind z. B.:

- Musterbauordnung (MBO), Bauordnungen der Länder,
- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG),
- Arbeitsstätten-Verordnung (ArbStättV),
- Baustellenverordnung (BaustellV),
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV),
- Druckluftverordnung,
- Biostoffverordnung (BioStoffV),
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV),
- Boden- und Gewässerschutzgesetze,
- Immissionsschutzgesetze,
- Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen – (AVV Baulärm),
- Richtlinien über Ruhezeiten (z. B. Stadt Weimar)
- Gesetze zur Benutzung öffentlicher Straßen (StVO, StVZO),
- Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA97),
- Vorschriften, Regeln und Informationen der gewerblichen Berufsgenossenschaften,
- Vorschriften zur Lagerung von Betriebsstoffen und Sprengstoffen,
- Bestimmungen über elektrische Installationen, hygienische und sanitäre Anlagen u. a.

In den Bauordnungen der Bundesländer, z. B. in der Thüringer Bauordnung – ThürBO, § 14 (Ausg. 2004), wird grundsätzlich verlangt: „Baustellen sind so einzurichten, dass bauliche Anlagen ordnungsgemäß errichtet, geändert oder abgebrochen werden können und Gefahren oder vermeidbare Belästigungen nicht entstehen.“

## 5.2 Elemente der Baustelleneinrichtung

### 5.2.1 Hebezeuge, Fördermittel und andere Bereitstellungsgeräte

#### 5.2.1.1 Allgemeines

Die direkt Wert schöpfenden Baustellenprozesse liegen in der Fertigung. Deshalb ist es naheliegend, bei der Gestaltung der Elemente der Baustelleneinrichtung von diesen Prozessen auszugehen. Die Einflüsse der Fertigungshauptprozesse auf die BE (z. B. Platzbedarf für die Aufstellung von Fahrzeugkranen und Autobetonpumpen) wurden in den vorangegangenen Kapiteln angedeutet. Verbleibt nun noch die Betrachtung der Fertigungshilfsprozesse, vor allem Transportieren, Umschlagen und Lagern, die von so genannten Bereitstellungsmaschinen (vgl. Definition in Kap. 5.2.1.5) und -geräten zu bewältigen sind.

Hebezeuge und Fördermittel sind typische Bereitstellungsmaschinen der BE.

- **Hebezeuge** arbeiten unstetig („Unstetigförderer“). Mit ihrer Hilfe werden Lasten und Personen vorwiegend vertikal über relativ kleine Entfernungen bewegt.

Das bedeutendste Hebezeug des Rohbaus ist der Kran. Als allgemeine Baustellenkrane werden vorrangig Turmdrehkrane eingesetzt. Fahrzeugkrane kommen für spezielle Aufgaben auf die Baustelle. Seltener werden Portalkrane verwendet – vor allem in Feldfabriken und auf großen Lagern. Kabelkrane bestimmen das Bild ausgedehnter Baustellen in unwegsamem Gelände, z. B. beim Talsperrenbau.

- **Fördermittel** arbeiten stetig („Stetigförderer“). In ihnen bewegen sich Fördergüter, ohne dass die Fördermittel selbst globale Ortsveränderungen vornehmen. Beispiele sind Förderbänder für den Schüttgutumschlag, Rohrleitungen für die Estrich- und Betonförderung, Sandaufspülungen, Grundwasserabsenkungen.

#### 5.2.1.2 Der Einsatz von Turmdrehkranen

Auswahl der Krane, Ermittlung ihrer Anzahl und Festlegung der Art ihrer Aufstellung erfolgen nach technischen und wirtschaftlichen Kriterien. Dabei sind sowohl die Standortbedingungen und Gegebenheiten des Bauwerks als auch die technischen Daten der Krane und die Angaben zum Platzbedarf bei deren Auf- und Abbau zu beachten. Die Bauarten der Turmdrehkrane und Bedingungen für deren Aufstellung wurden bereits in Kap. 4 behandelt.

Die Betriebskosten eines Turmdrehkrans sind relativ niedrig. Aber der Aufwand zur Umsetzung und Herstellung der Betriebsbereitschaft ist relativ groß. Deshalb spielen (vor allem bei kleineren Baustellen) solche **sekundären Gebrauchseigenschaften**, wie

- leichte Montierbarkeit und Demontierbarkeit,
- schnelles Aufstellen und Aufrichten, ggf. unter beengten Platzverhältnissen,
- einfache und sichere Ballastierung und Einsicherung der Seile,
- Straßenfahrbare bei möglichst geringem Demontagegrad,

eine große Rolle. Diesem Anliegen entsprechen vor allem moderne Schnelleinsatzkrane.

Durch gute Arbeitsvorbereitung und exakte Baustellenorganisation sind eine hohe zeitliche und technische Auslastung und ein sicherer Betrieb der Krane anzustreben. Die Bestimmung der Anzahl der Baustellenkrane erfolgt im Wesentlichen anhand von Kennzahlen. In der Literatur [5-7], [5-11, S. 101] – die Zahlen stammen aus REFA-Studien Ende der 70-er Jahre – werden je nach Bauwerksart zwischen 10 und 20 Arbeiter pro Kran angegeben oder 1000 m<sup>3</sup> Bruttorauminhalt/(Monat und Kran) bzw. 3000 bis 6600 kN/(Monat und Kran). Neuere Veröffentlichungen brachten keine wesentlich abweichenden Angaben. Auf Grund terminlicher Zwänge kann eine größere Krananzahl als die hier ausgewiesene erforderlich werden.

Bei der **Auswahl und Standortwahl** der Baustellen-Turmdrehkrane sind folgende Kriterien zu beachten:

- Der Untergrund (Baugrund, unterirdische Bauwerke) muss eine ausreichende Tragfähigkeit besitzen.
- Die Platzverhältnisse für Zufahrt und Abtransport sowie Auf- und Abbau der Krane müssen ausreichend sein.
- Alle Bereiche des Bauwerks sollen von mindestens einem Kran überstrichen werden.
- Krane sind möglichst in Schwerpunktnähe der Baumassen zu installieren.
- Besonders arbeitsintensive Bereiche sollten von mehreren Kranen bedient werden können.
- Lagerplätze sollen durch einen Kran erreichbar sein.
- Die Krane dürfen sich beim Drehen nicht gegenseitig behindern.
- Die notwendigen Sicherheitsabstände und die Angaben im Handbuch des Kranherstellers sind zu beachten.
- Gefährdungen sind durch technische Maßnahmen auszuschließen.
- Fahrbare Krane sind möglichst parallel zur Längsachse von Bauwerken und Lagerflächen anzuordnen.



Aus drei Ansätzen ergibt sich schließlich der Wert des Krangleisabstandes  $A$ .

- $S$  - Spurweite des Krangleises
- $p/2$  - Überstand der Krangleisschwelle über der Schiene
- $l$  - Breite des lastfreien Streifens (Böschungsschutzstreifens)
- $b$  - Böschungsbreite  $b = h_2 / \tan \alpha$
- $a$  - Arbeitsraum ( $a \geq 0,5$  m, DIN 4 124)
- $h_1$  - Dicke des Kiesbettes, einschließlich Ausgleichsschicht
- $h_2$  - Geländehöhe über Oberkante der Baugrube/des Fundaments
- $R_{OW}$  - Radius des Umkreises der Oberwagenausladung

$$A = \max \{A_1; A_2; A_3\}$$

$$A_1 = \frac{S}{2} + \frac{p}{2} + l + b + a$$

$$A_2 = \frac{S}{2} + \frac{p}{2} + \frac{h_1 + h_2}{\tan \alpha} + a$$

$$A_3 = R_{OW} + s$$

Die dritte Bedingung ist vor allem bei flachen oder gänzlich fehlenden Baugruben, aber auch unter beengten Bedingungen bestimmend, wenn dort z. B. aufgeständerte Kranbahntassen vorgesehen werden müssen.

Die **Krangleislänge** wird bei bekanntem Krangleisabstand aus der Erreichbarkeit aller Vorlagerungs- und Montagepunkte durch den Kran sowie der notwendigen zusätzlichen Längen für Abschaltlineal (Kranstillstand muss spätestens 1 m vor Gleisende erfolgen) und Prellböcke ermittelt. Zu beachten ist, dass die Gleise nur in bestimmten Längen bereitstehen, die in der Regel nicht gekürzt werden können.

Abb. 5.5 Krangleis und Unterwagen eines Obendreher-Turmkranes (Baustelle „Palast der Republik“ Berlin, 2005)



#### 5.2.1.4 Nicht verfahrbare Turmdrehkrane

Turmdrehkrane werden gegenwärtig nur noch selten verfahrbar aufgestellt. In der Regel sind sie

- auf einem Fundament aufgestellt oder verankert und stehen frei,
- auf dem aufgespindeltem Unterwagen freistehend aufgestellt,
- auf einem Fundament aufgestellt und zusätzlich am Gebäude verankert oder
- mit dem Kranfahrwerk auf einem kurzen Gleisstück aufgestellt und festgeklammert.

In jedem Falle entspricht ihre Einsatzcharakteristik aber der von freistehenden Kranen.

**Kletterkrane** sind stationäre Turmdrehkrane mit Einrichtungen zum Verlängern des Turmes während des Einsatzes. Durch Leichtbau, universelle Bauweise und neue Systeme des Schnellaufbaus haben sie sich zu Universalkranen entwickelt. Kletterkrane lassen sich in freistehende und am Gebäude verankerte einteilen. Bei letztgenannten kann es sich um Außen- oder Etagenkletterkrane (Innenkletterkrane, Turmfuß klettert mit) handeln. Der Kraneinsatz ist im Falle der Verankerung am Gebäude und Aufstellung auf Gebäudeteilen immer unter Beachtung von Stabilität und Festigkeit des Bauwerks im Verlauf des Baufortschritts zu planen.



Abb. 5.6 Obendreher-Krane, gestaffelt angeordnet, nicht verfahrbar, auf einer Baustelle in Berlin, Friedrichstraße, 2008

### 5.2.1.5 Andere Bereitstellungsmaschinen

Bereitstellungsmaschinen, auch Vorhaltegeräte oder Gemeinkostenmaschinen genannt, werden über längere Phasen oder über die gesamte Dauer der Bauzeit auf der Baustelle vorgehalten. Ihre Art, Größe und Anzahl sind für Belastungsspitzen zu bemessen. Deshalb kann ihre technische Leistungsfähigkeit nur selten ausgenutzt werden. Da sie nicht direkt bestimmten Positionen des Leistungsverzeichnisses zugeordnet werden können, werden die für sie anfallenden Kosten den Gemeinkosten der Baustelle zugerechnet.

Typische Beispiele für Bereitstellungsmaschinen im Rahmen der Bauprozesse sind Kompressoren, Betonmischer, Übergabesilos, Krane und neuerdings auch Minibagger oder Kompaktlader. Für allgemeine Transport- und Umschlagarbeiten kommen auf Baustellen verschiedene Baumaschinen, Fahrzeuge und Hebezeuge, wie Radlader der unteren Leistungsklassen, Kleindumper, Teleskopstapler oder Hebebühnen zum Einsatz.

## 5.2.2 Fertigungsstätten und Werkstätten

### 5.2.2.1 Spezielle Betriebs- und Fertigungsbereiche

Bestimmte Bauprozesse verlangen spezielle Betriebs- und Fertigungsbereiche, die außerhalb des eigentlichen Produktionsbereichs Bauwerk liegen. Sollen zahlreiche große Baumaschinen über einen längeren Zeitraum auf der Baustelle eingesetzt werden, so sind auch für sie entsprechende Betriebseinrichtungen erforderlich. Beispiele dafür sind:

- Zimmererplätze,
- Schalungsplätze,
- Biege- oder Flechtplätze,
- Plätze zur Herstellung von Fertigteilen ⇒ Feldfabriken,
- Wartungsflächen und -einrichtungen,
- Werkstätten.

### 5.2.2.2 Bereich für die Holzbearbeitung (Zimmererplatz)

Je nach Art und Umfang der Arbeiten sind geeignete Werkzeuge, Geräte und Maschinen zur Bearbeitung verschiedener Elemente aus Holz und Holzfaser- oder Holzspanplatten vorzuhalten. Während Baustellenkreissägen meist direkt im Baufeld eingesetzt werden, sind für spezielle Zimmer-, Holzbau- oder Schalungsarbeiten gesonderte Holzlager- und Bearbeitungsflächen einzurichten.

#### Grundsätze für die Gestaltung der Holzlager- und Bearbeitungsflächen:

- Das Holzlager muss mit Lieferfahrzeugen möglichst ohne Rangieren gut erreichbar sein.
- Schwere Liefereinheiten müssen mit Stapler oder Kran (vorzugsweise Baustellenkran, ggf. speziell eingesetzter Kran oder Ladekran des Lieferfahrzeugs) entladen werden können.
- Die Arbeitsbereiche des Zimmererplatzes müssen dem Arbeitsfluss entsprechen, ausreichend Platz bieten und raumsparend angeordnet sein.
- Arbeitsbereiche sollen möglichst außerhalb des Schwenkbereiches von Baustellenkränen liegen.
- Da bei der Holzbearbeitung häufig Kleinteile und Maschinen aus dem Magazin benötigt werden, sollte dieses in der Nähe angeordnet sein oder ein separates Magazin vorgesehen werden.
- Der Lagerplatz für die fertigen Elemente sollte im Kranbereich liegen und einen gut befestigten, trockenen und ebenen Untergrund besitzen.
- Bei der Vormontage großer Elemente muss der Arbeitsbereich von einem Kran bedient werden können.

### 5.2.2.3 Schalungsplatz

Auf dem Schalungsplatz werden sowohl Standard- als auch Sonderelemente (Rundschalung, Ecken) einschließlich der erforderlichen Kleinteile und Verbindungselemente

- umgeschlagen,
- gelagert,
- demontiert,
- gereinigt,
- vormontiert (komplettiert),
- wieder versandfertig verpackt.

Flächenelemente können raumsparend gestapelt werden. Schaltische und Sonderschalungen (Brückenüberbau) benötigen demgegenüber viel Stellplatz. Kleinteile werden in Palettenboxen gelagert.

Der Platz sollte so gestaltet werden, dass möglichst wenig Transporte und möglichst kurze Transportwege entstehen. Alle Bereiche des Schalungsplatzes sollten mit dem Kran erreichbar sein, auch wenn bei Anlieferung und Abtransport der Ladekran des Transportfahrzeuges genutzt werden kann.

Ist auf der Baustelle kein separater Bereich für die Holzbearbeitung vorgesehen, so werden auf dem Schalungsplatz auch Holzbearbeitungsarbeiten ausgeführt.

Für die Größe von Schalungsplätzen und -lagern sind folgende Faktoren maßgebend:

- Art und Abmessungen der Schalungen,
- Anzahl der einzusetzenden Schalsätze,
- maximale Soll-Einsatzmenge (geplante Spitzenkapazität),
- Dauer der Schaltakte,
- Häufigkeit der Schalungseinsätze (Schalungsumschlag),
- Aufwand für die Schalungsbehandlung (Wartung, Instandhaltung) und Spezialanfertigungen,
- Verbrauchswerte für das Schalmaterial (Richt- oder betriebliche Erfahrungswerte).

#### 5.2.2.4 Bereich für die Bewehrungsvorfertigung (Biege- und Flechtplatz)

Die Betonstahlbearbeitung und das Herstellen der Bewehrung umfassen Richten, Trennen (Ablängen), Längenergänzung, Biegen und das Fügen zu komplexen Bewehrungselementen, wie Matten und Körbe (vgl. Kapitel 3 Betonbau). Bei sehr großen und/oder abgelegenen Baustellen (vor allem im Ausland) erfolgen diese Arbeiten vor Ort. Aus technologischen und wirtschaftlichen Gründen kommt der Betonstahl heute jedoch vorwiegend vorgefertigt, d. h. abgelängt und gebogen, auf die Baustelle und wird möglichst nahe an der Einbaustelle vorgelagert.

Der Flächenbedarf für die gesonderte Lagerung des Bewehrungsmaterials hängt im Wesentlichen von der Einbauleistung sowie der Anzahl der gleichzeitig benötigten Bewehrungspositionen ab. Sowohl für Stabstahl als auch für Matten sind die Abmessungen (größte Länge, Länge x Breite) zu beachten. Ferner sind die Materialien mit Abstand (20–50 cm) zueinander zu legen, damit sie sich beim Anheben mit dem Kran nicht ineinander verhaften. Räumlich gebogene Bewehrung ist besonders flächenzehrend. Sie wird oft zeitig als Beiladung angeliefert.

Die Lager- und Bearbeitungsflächen sollen im Schwenkbereich des Baustellenkranes angeordnet oder durch sonstige Hebezeuge bedient werden können. Bei der Planung der Lagerflächen ist auf pünktliche aber nicht zu großzügige Vorlieferung zu orientieren.

#### 5.2.2.5 Feldfabriken

Feldfabriken sind spezielle temporäre Produktionsanlagen in unmittelbarer Nähe des Bauwerks. Sie dienen der Vorfertigung von Schalungs- und Bewehrungselementen sowie Fertigteilen.

Bei großen Mengen lohnt sich die Schaffung solcher gleichwertiger produktionstechnischer Voraussetzungen, wie sie in adäquaten stationären Betrieben (z. B. in Fertigteilwerken) gegeben sind.



Abb. 5.7 Baustelleneinrichtung mit Feldfabrik für die Tübbingvorfertigung am Finnetunnel im Jahr 2008, WAYSS & FREYTAG Ingenieurbau AG (Foto: M. WILLE)

### 5.2.2.6 Instandhaltungseinrichtungen für Baumaschinen

Instandhaltung beinhaltet alle Maßnahmen zur Erhaltung oder Wiederherstellung des funktionsfähigen Zustandes der Arbeitsmittel auf der Baustelle. Sie umfasst in Übereinstimmung mit DIN 31 051 [5-28]:

- **Wartung:** Maßnahmen zur Erhaltung des Soll-Zustands, vorzugsweise Ölen, Schmieren, Reinigen, Pflegen sowie Ein- und Nachstellen,
- **Inspektion:** Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes, um nach sich anbahnendem Verschleiß zu suchen, einschließlich der Bestimmung der Ursachen der Abnutzung und dem Ableiten von Maßnahmen,
- **Instandsetzung:** Maßnahmen zur Wiederherstellung des zum bestimmungsgemäßen Gebrauch geeigneten ursprünglichen Zustands,
- **Verbesserung:** Steigerung der Funktionssicherheit ohne grundlegende Änderung der Nutzungsfunktionen.

Vor allem auf großen, maschinenintensiven Baustellen werden deshalb spezielle Werkstätten und Arbeitsflächen eingerichtet, die mit entsprechenden Ausrüstungen ausgestattet sind und auch allen Anforderungen des Arbeits- und Umweltschutzes gerecht werden. Da die Instandhaltung handelsüblicher Baumaschinen und Geräte heute meist durch Fremdunternehmen erfolgt, sind selbst auf großen Baustellen eigene Werkstätten die Ausnahme.

### 5.2.3 Aufbereitungsanlagen für Baustoffe

#### 5.2.3.1 Mischgutbereitungsanlagen

Mischgutbereitungsanlagen dienen der Herstellung von Mengenbaustoffen durch Mischen von Gesteinskörnungen mit hydraulischen oder bituminösen Bindemitteln.

**Betonbereitungsanlagen** realisieren die komplette Frischbetonherstellung einschließlich vor- und nachgelagerter Prozesse durch Lagern der Gesteinskörnungen und Bindemittel, Dosieren, Mischen und die Übergabe des fertigen Frischbetons. Das äußere Erscheinungsbild der Mischanlagen wird vor allem vom Materialfluss bestimmt (Lager, Transport- und Fördermittel).

Hinsichtlich ihrer Größe, Umsetzbarkeit und Materialflussgestaltung sind Mischanlagen zu unterscheiden in

- mobile Mischanlagen (relativ leicht umsetzbare, nach dem Baukastenprinzip konstruierte Kompaktanlagen ⇒ Portabile)
- stationäre Mischanlagen

Anlagen, die in Betonfertigteil- und Transportbetonwerken stationär installiert sind oder längere Zeit zentral auf großen Baustellen (Zentralmischanlage) betrieben werden. Es gibt – bezogen auf den Materialfluss – Großmischanlagen in Horizontal- und Vertikalbauweise (Mischtürme).

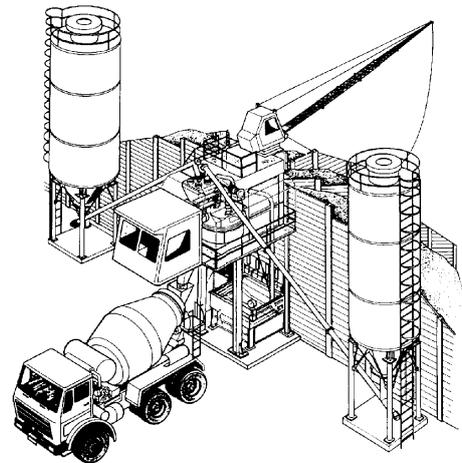


Abb. 5.8 Beispiel einer semimobilen Sternanlage mit Radialschraper (Horizontalbauweise)

Ausführliche Informationen über Betonbereitungsanlagen sind in [5-13] zu finden.

**Schwarzgutmischanlagen** kommen hauptsächlich bei der Bereitung bituminösen Mischguts für den Straßenbau zum Einsatz. Bei der Verarbeitung großer Mengen bietet sich deren Einrichtung in Baustellennähe an, so dass ein störungsfreier Materialfluss gewährleistet werden kann. Voraussetzungen dafür sind

- gut ausgebaute Zufahrtwege für den Antransport der Zuschlagstoffe,
- ausreichende Lager- und Arbeitsflächen,
- optimale Transportwege zu den Einbaustellen,
- ausreichende Energieversorgung für die Aggregate der Anlage.

**Baustellenmischanlagen** sind nur dann einzusetzen, wenn sie wirtschaftliche Vorteile bieten. Sie müssen die erforderliche Qualität des Mischgutes, hohe Arbeitsproduktivität und niedrige Kosten gewährleisten können. In Gebieten mit guter Infrastruktur greift man überwiegend auf die stationären Anlagen örtlicher **Mischwerke** zurück. Bei großen Abnahmemengen (Betonmengen 50 000m<sup>3</sup> und mehr je Baustelle) sind solche Werke möglicherweise daran interessiert, eine eigene Mischanlage direkt auf der Baustelle zu betreiben.

Werden größere Mengen Frischbeton produziert, so ist es lohnend, Restbeton zu recyceln. In so genannten **Restbetonaufbereitungsanlagen** wird nicht eingebauter Frischbeton wieder in Gesteinskörnungen und Wasser getrennt. Die Gesteinskörnungen können unter bestimmten Bedingungen wieder in die Betonbereitung eingehen. Die Feinanteile und Betonleim enthaltende Wasser wird aufbereitet und für verschiedene Zwecke (Reinigungs-, Anmachwasser) in der Betonbereitung verwendet.

Für die **dezentrale Mörtel- und Estrichbereitung** auf Baustellen werden in der Regel vorgefertigte Mischungen (Werkrockenmörtel) verwendet. Sie kommen in Silos oder in Säcken auf die Baustelle und werden in mobilen Aggregaten aufbereitet.

Die Aufstellung von Silos soll so erfolgen, dass keine Gefahren durch den Baustellenverkehr oder die Baumaßnahmen selbst wirksam werden können. Es ist entsprechender Platz vorzusehen und die Tragfähigkeit des Untergrundes zu prüfen. Bei großem Mörtelbedarf über längere Zeiträume sind zentrale Mörtelbereitungsanlagen zu bevorzugen.

Abb. 5.9 Wenig gesicherte Aufstellung eines Fertigmörtelsilos im öffentlichen Verkehrsraum von Weimar (Karlstraße)



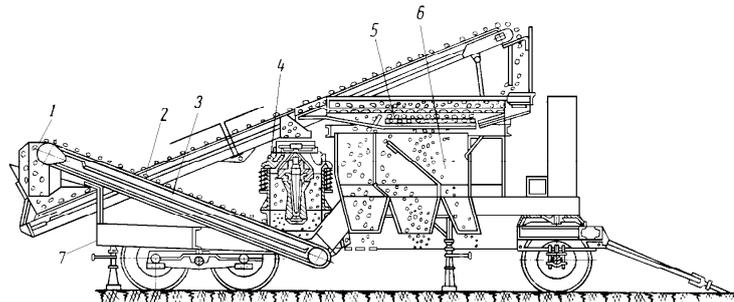
### 5.2.3.2 Materialaufbereitungsanlagen

Zunehmend finden auch auf Baustellen mobile und semimobile Aufbereitungsanlagen für das Recycling von Baustoffen Anwendung. Bestandteile der so genannten **Aufbereitungstechnik** sind

- Zerkleinerungsmaschinen (Brecher, Mühlen),
- Klassiermaschinen (Siebe und Separatoren), ggf. Magnetabscheider
- Waschmaschinen,
- Entstaubungstechnik.

Abb. 5.10 Beispiel einer mobilen Aufbereitungsanlage:

- 1 Übergabeschurre
- 2, 3 Förderbänder
- 4 Kegelschredder
- 5 Sieb
- 6 Bunker
- 7 Rahmen



Diese Anlagen sind vor allem unter Beachtung des Materialflusses und ihrer Einwirkung durch Lärm, Vibration und Staub auf die Umwelt zu planen.

Für Zwecke der Bodenverbesserungen, das sind Verfahren zur Verbesserung der Einbaufähigkeit und Verdichtbarkeit von Böden und zur Erleichterung der Ausführung von Bauarbeiten durch Zugabe von Bindemitteln oder anderer geeigneter Baustoffe, werden teilweise stationäre Anlagen eingesetzt, um Boden mit diesen Zusatzstoffen zu vermischen und zu homogenisieren (mixed-in-plant-Verfahren). Sie sind analog zu Mischanlagen zu planen. Gegebenenfalls kann vor dem Mischen noch eine Bodenaufbereitung durch Sieben erforderlich sein.

### 5.2.4 Baustellenhilfsbetriebe

Baustellenhilfsbetriebe dienen nicht unmittelbar der Herstellung von Bauwerken, sondern bieten Hilfsdienste, die in die Produktion anderer Güter eingehen, zunächst dem unternehmensinternen Bedarf dienen und der innerbetrieblichen Leistungsverrechnung unterliegen. Im Gegensatz zur KLR Bau, die den Begriff weiter fasst (vgl. [5-10, S. 23])<sup>17</sup>, sind hier solche Betriebe gemeint, die spezieller Anlagen und Einrichtungen bedürfen, wie allgemeiner Werkverkehr, Wasser-, Druckluft-, Kältehaltung, Belüftung, Entstaubung, Heizung.

<sup>17</sup> Die KLR Bau bezeichnet Hilfsbetriebe als eigenständige Betriebsteile, die für andere tätig werden, wie Magazine, Werkstätten, Geräte- und Fuhrpark, Lade-, Biege-, Schalungsbetrieb – vgl. [5-10, S. 23].

### 5.2.5 Einrichtungen für Umschlag und Lagerung

Beim **Umschlag** werden die Güter von einem Transportmittel auf ein anderes umgeladen oder in ein Zwischenlager gegeben, um sie später wieder von diesen aufzunehmen. Die Maschinen, Ladehilfsmittel und Technologien sollten auf die Umschlaggüter abgestimmt sein, um diese zu schonen.

**Lager** sind spezielle Bereiche der BE, die der Aufkommen-Bedarfs-Pufferung und damit der Stabilisierung der Produktionsprozesse dienen. Außerdem sollen sie die Güter vor äußeren Einflüssen (Witterung, mechanische Beschädigung usw.) oder Diebstahl schützen und einen Überblick über den Bestand bieten. Sie können

- als zentrale Umschlag- und Vorratslager außerhalb des Baufeldes,
- als Umschlag- und Vorratslager auf der Baustelle,
- als Vorratslager im Verarbeitungsbereich

angeordnet werden. Im Lager erfolgen in der Regel eine Eingangskontrolle und das Sortieren der Güter.

Umschlag- und Vorratslager können genutzt werden, um Lieferungen für die Baustelle zu kommissionieren und in spezielle Ladeeinheiten zusammenzustellen.

Da sich mit dem Baufortschritt Struktur und Umfang der zu lagernden Güter ändern, unterliegen Lager einem ständigen Wandlungsprozess.

#### Lagerarten nach ihrer Gestaltung:

- Bodenlager
  - auf Freiflächen
    - unbefestigter oder befestigter Untergrund
    - offen oder überdacht
    - mit oder ohne Stapelhilfsmittel
  - in Gebäuden
- Regallager
  - auf Freiflächen
  - in Gebäuden

#### Lagerarten nach Art der zu lagernden Güter:

- Schüttgutlager (z. B. für Zuschlagstoffe, Erdstoffe, Abbruchmaterial)
- Bindemittelager (z. B. Zementsilos)
- Holzlager
- Mauersteinlager
- Stahllager (z. B. für Bewehrungsstahl)
- Fertigteillager

Auf Montagebaustellen ist es sinnvoll, das Fertigteillager direkt am Montageort anzuordnen, um zusätzliche Transport- und Umschlagprozesse zu vermeiden. Neben der so genannten Vorlagerung kann es notwendig sein, auf diesen Plätzen auch Vormontagen durchzuführen, also die angelieferten Fertigteile zu größeren Montageeinheiten zusammenzufügen.

- Schalungslager
- Lager für Gerüste und Baubehelfe
- Lager für Folgegewerke (Dachziegel, Wärmedämmung, Metallfassade, technische Gebäudeausrüstung u. a.)
- Magazine, als Verbrauchslager für
  - Werkzeuge und Kleingeräte, Ersatzteile,
  - Wetter- und Arbeitsschutzkleidung,
  - Hilfsstoffe (z. B.: Schmierstoffe, Öl),
  - Kleinteile, Befestigungsmittel,
  - hochwertige Einbauteile,
  - Zement und Fertigmörtel in Säcken u. a.

Teilweise werden dafür gesonderte Bauten errichtet oder Container aufgestellt. Bei kleineren Baustellen können sie auch mit Baustellenunterkünften kombiniert werden. Auf großen Baustellen ist eine Gliederung in ein Hauptmagazin und dezentrale Handmagazine möglich.

- Lager für Treib-, Brenn- und Schmierstoffe (⇒ Gefahrstoffe)
- Lager für technische Gase (z. B.: Acetylen, Flüssiggase ⇒ Gefahrstoffe)
- spezielle Gefahrstofflager (z. B.: Farben, Lacke, Holzschutzmittel, Sprengmittel)

**Grundsätze für die Anordnung von Baustofflagern bei der Baustelleneinrichtungsplanung:**

- Lager müssen am Fahrweg liegen, damit beim Entladen keine zusätzlichen Transporte notwendig werden und Bordkrane der Lieferfahrzeuge genutzt werden können.
- Die Baustraßen zum und am Lagerbereich müssen für die Baustofftransportfahrzeuge, die oft schwer und nicht geländetauglich sind, geeignet sein.
- Die Baustofflager müssen im Schwenkbereich des Baustellenkranes liegen, wenn die Baustofftransportfahrzeuge durch diesen entladen werden sollen bzw. wenn die Baustoffe später direkt mit dem Kran zum Einbauort umgesetzt werden sollen.

**Gestaltungs- und Bemessungsgrundsätze:**

Die Gestaltung der Lager wird durch folgende Faktoren beeinflusst:

- Form und Lieferform des Lagerguts,
- Zugang zum Lagergut und Arbeitsbereiche für Anschläger (Mindestarbeitsraumbreite 0,5 m),
- Notwendigkeit der Weiterverarbeitung, Komplettierung oder Kommissionierung des Lagerguts,
- Belastbarkeit des Untergrundes ( $\Rightarrow$  Stapel- und Absetzeinrichtungen, lastfreie Streifen), Deckentragfähigkeit,
- Ansprüche an Witterungs-, Brand- und Diebstahlschutz.

Die Bemessung von Lagerkapazitäten erfolgt grundsätzlich unter Beachtung folgender zwei Kriterien:

- Gewährleistung eines störungsfreien Fertigungsprozesses (ausreichende Pufferung),
- Minimierung des Aufwandes für Umschlag und Lagerung (kleine Bestände, akzeptable Liefermengen).

Anhand der vorgesehenen Bevorratungszeit werden Netto- und Bruttolagerflächen berechnet. Die Nettofläche ist die tatsächlich durch das Lagergut belegte Grundfläche einschließlich der erforderlichen Sicherheitsabstände. Die Bruttofläche beinhaltet zusätzlich die erforderlichen Verkehrswege.

Die so genannte Beschaffungsrechnung beinhaltet zwei Aufgaben:

- Ermittlung der Termine für die Auslösung von Bestellungen (Beschaffungsauslösetermine),
- Ermittlung der Bestellmenge (Beschaffungs- bzw. Liefermenge).

Gesucht ist ein Kompromiss zwischen Sicherstellung der Fertigungsprozesse ohne Versorgungsengpässe und Minimierung der Beschaffungs- und Bestandskosten (= Lagerkosten) sowie Lagerflächen. Steuergrößen sind

- Lagerkapazität,
- Entnahmekarakteristik (Verbrauch),
- Mindestbestand (Sicherheitsbestand) und Maximalbestand (Lagerkapazität),
- Liefermenge,
- Lieferbereitschaft.

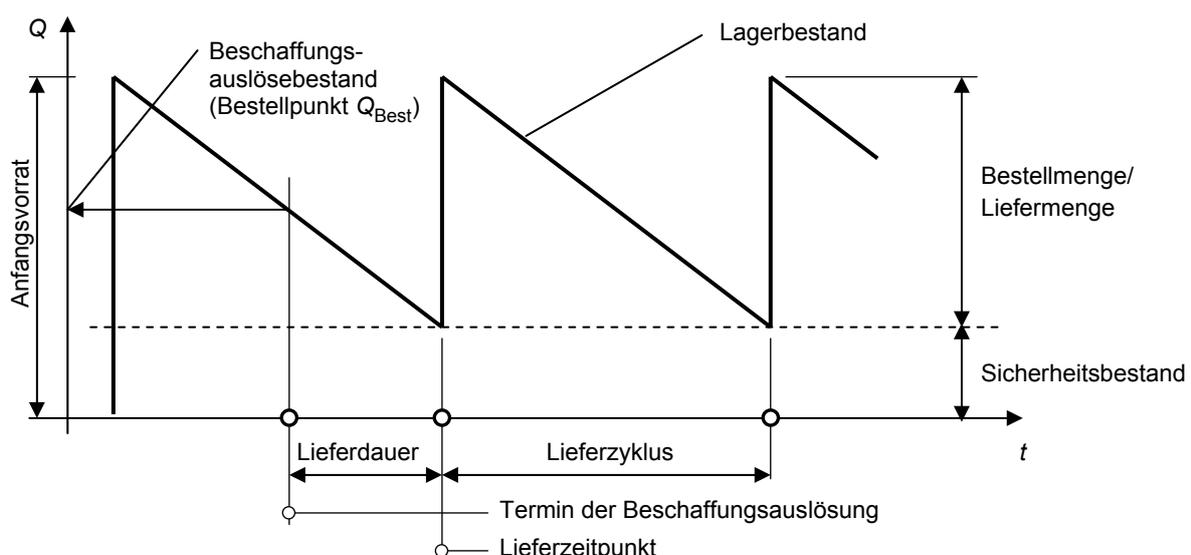


Abb. 5.11 Prinzip der Lagerbestandssteuerung am Beispiel kontinuierlicher Entnahme (entweder Bestellpunkt- oder Bestellrhythmusverfahren)

## 5.2.6 Baustellenunterkünfte und soziale Einrichtungen

Baustellenunterkünfte können wie folgt unterteilt werden:

- Tagesunterkünfte
- Unterkünfte der Bauleitung:
  - Büro für die Bauleitung
  - Polierbüro
  - Besprechungsraum
  - Büro für Bauüberwachung
- Sanitäreinrichtungen
- Sanitätsraum
- Kantine
- Schlafunterkünfte

Abb. 5.12 Tagesunterkunft einer innerstädtischen Baustelle



Als Unterkünfte und Magazine finden Verwendung:

- Bauwagen, 1- oder 2-achsig,
- Container in den Normmaßen der DIN ISO 668 (für kurze und mittlere Bauzeiten),
- mobile Raumzellen, Baracken (für längere Bauzeiten),
- vorhandene Bauwerke (Altbestand oder neu errichtete, die vorgenutzt werden).

Unterkünfte sollten möglichst am Rande des Baugeländes und außerhalb von Kranschwenkbereichen angeordnet werden. Bewegliche Unterkünfte müssen problemlos angeliefert, aufgestellt, abgebaut, abgeholt sowie ver- und entsorgt werden können. Baustellenunterkünfte unterliegen nicht der Baugenehmigungspflicht, müssen aber standsicher und sicher zu benutzen sein und die grundsätzlichen Forderungen der Landesbauordnungen erfüllen. Anforderungen an Art, Umfang und die Gestaltung der Unterkünfte auf Baustellen sind in der Arbeitsstättenverordnung ArbStättV [5-36] und den noch zu erarbeitenden Regeln für Arbeitsstätten gegeben. Zurzeit – spätestens bis 2010 – können noch die Arbeitsstättenrichtlinien [5-30] genutzt werden. Im Kapitel 5.2 „Zusätzliche Anforderungen an Baustellen“ des Anhangs zur ArbStättV [5-36] sind folgende Festlegungen enthalten:

„Die Beschäftigten müssen

- a sich gegen Witterungseinflüsse geschützt umkleiden, waschen und wärmen können,
- b über Einrichtungen verfügen, um ihre Mahlzeiten einnehmen und gegebenenfalls auch zubereiten zu können,
- c in der Nähe der Arbeitsplätze über Trinkwasser oder ein anderes alkoholfreies Getränk verfügen können.
- d Sind Umkleideräume ... nicht erforderlich, muss für jeden regelmäßig auf der Baustelle anwesenden Beschäftigten eine Kleiderablage und ein abschließbares Fach vorhanden sein...
- e Unter Berücksichtigung der Arbeitsverfahren und der körperlichen Beanspruchung der Beschäftigten ist dafür zu sorgen, dass ausreichend gesundheitlich zuträgliche Atemluft vorhanden ist.
- f Beschäftigte müssen die Möglichkeit haben, Arbeitskleidung und Schutzkleidung außerhalb der Arbeitszeit zu lüften und zu trocknen.
- g In regelmäßigen Abständen sind geeignete Versuche und Übungen an Feuerlöscheinrichtungen und Brandmelde- und Alarmanlagen durchzuführen.“

## 5.2.7 Einrichtungen für den Baustellenverkehr

### 5.2.7.1 Grundlagen

Das Verkehrsaufkommen auf einer Baustelle reicht vom Fußgänger- und Fahrzeugverkehr zur Ver- und Entsorgung der Baustelle über Spezialtransporte bis zum Umsetzen von Baumaschinen.

Zu den Einrichtungen für den Baustellenverkehr gehören:

- Baustraßen,
- Entlade-, Umschlag-, Abstell- und Parkplätze,
- Wendeplätze (Wendetrapez, Wendekreis, Wendehammer, Straßenverbreiterung),
- Sicherheits- und Leiteinrichtungen,
- Beschilderungen (z. B. nach StVO und nach BGV A8).

**Zielsetzungen** bei der Planung der Verkehrswege:

- einfache und übersichtliche Wegstrecken,
- sparsame Inanspruchnahme von Flächen
- Sicherheit (Arbeits- und Passantenschutz, sicherheitstechnische Aspekte, z. B. kein Rangieren).

Die Anbindung der Baustellen an öffentliche Verkehrsbereiche bestimmt die Verkehrsführung (vgl. Abb. 5.13).

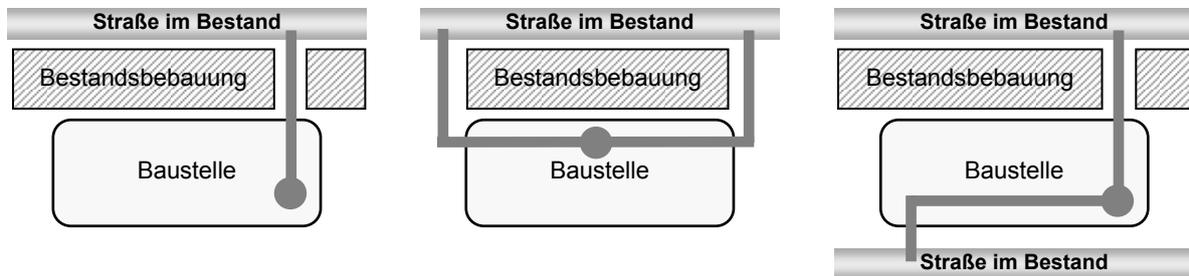


Abb. 5.13 Konzepte der Verkehrsanbindung von Baustellen,  
v.l.n.r.: Stichstraße zur Baustelle, Umfahrt = Durchfahrt durch die Baustelle parallel zu einer Bestandsstraße, Durchfahrt zwischen zwei Bestandsstraßen

Für den Baustellenverkehr sind Fahrordnungen aufzustellen und Verkehrswege festzulegen (§ 15a BGV C22). Zu den Fahrordnungen gehören z. B. Betriebsanweisungen, nur bestimmte Verkehrswege zu benutzen oder Richtungsverkehr zu beachten.

Arbeits- oder Verkehrsbereiche in der Nähe des öffentlichen Straßenverkehrs oder benutzter Gleisanlagen sind durch Absperrungen, Sicherungsposten oder Signaleinrichtungen zu sichern (§ 15 BGV C22).

Kapitel 5.2 des Anhangs zur ArbStättV [5-36] enthält u. a. folgende Festlegungen:

„(2) Räumliche Begrenzungen der Arbeitsplätze, Materialien, Ausrüstungen und ganz allgemein alle Elemente, die durch Ortsveränderung die Sicherheit und die Gesundheit der Beschäftigten beeinträchtigen können, müssen auf geeignete Weise stabilisiert werden. Hierzu zählen auch Maßnahmen, die verhindern, dass Fahrzeuge, Erdbau- und Förderzeuge abstürzen, umstürzen, abrutschen oder einbrechen.“

(3) Werden Beförderungsmittel auf Verkehrswegen verwendet, so müssen für andere, den Verkehrsweg nutzende Personen ein ausreichender Sicherheitsabstand oder geeignete Schutzvorrichtungen vorgesehen werden. Die Wege müssen regelmäßig überprüft und gewartet werden.“

Wird durch die Baustelle öffentlicher Verkehrsraum beeinflusst, so gilt das „Merkblatt über Rahmenbedingungen für erforderliche Fachkenntnisse zur Verkehrssicherung an Arbeitsstellen an Straßen – MVAS 99“. In [5-1] und [5-12] sind u. a. die entsprechenden Regeln der verkehrstechnischen Anbindung und Sicherung gegeben. Teilweise sind auch besondere Bestimmungen auf Landkreis- oder Gemeindeebene zu beachten.

### 5.2.7.2 Verkehrswege

**Bauwege** dienen dem Fußgängerverkehr. Sie sind aber, vor allem bei beengten Platzverhältnissen, kaum von den Fahrwegen zu trennen. In Anlehnung an § 10(1) BGV C22 beträgt ihre Mindestbreite 50 cm. Sind Bauwerke nicht durch ebenerdige Zugänge erreichbar, so sind Laufstege oder Treppen vorzusehen (§ 10(3) BGV C22). Leitern sind als Bauwege ungeeignet.

**Baustraßen** sind temporäre Einrichtungen des Baustellenverkehrs. An sie werden folgende Anforderungen gestellt:

- gefahrloses Befahren der Baustelle und Wechsel in den öffentlichen Verkehrsraum ermöglichen,
- Rangierbewegungen und Rückwärtsfahrten vermeiden (⇒ Ausbildung möglichst als Durchfahrt mit Einbahnstraßenregelung, Wendekreis/-platz bei Stichstraßen),
- Umschlagarbeiten minimieren (⇒ Lage im Schwenkbereich der stationären Hebezeuge),
- störungsfreie Traktion gewährleisten (⇒ Steigung max. 10–12 %, möglichst zweispurige Fahrbahn),
- Witterungsunabhängigkeit (⇒ Befestigung der Fahrbahn, Abführen von Oberflächenwasser).

In Anhang 1.8 „Verkehrswege“ der ArbStättV 2004 [5-36] sind allgemeine Schutzziele und Gestaltungsgrundlagen festgelegt:

- (1) Verkehrswege, einschließlich Treppen, fest angebrachte Steigleitern und Laderampen müssen so angelegt und bemessen sein, dass sie je nach ihrem Bestimmungszweck leicht und sicher begangen oder befahren werden können und in der Nähe Beschäftigte nicht gefährdet werden.
- (2) Die Bemessung der Verkehrswege, die dem Personenverkehr, Güterverkehr oder Personen- und Güterverkehr dienen, muss sich nach der Anzahl der möglichen Benutzer und der Art des Betriebes richten.
- (3) Werden Transportmittel auf Verkehrswegen eingesetzt, muss für Fußgänger ein ausreichender Sicherheitsabstand gewahrt werden.
- (4) Verkehrswege für Fahrzeuge müssen an Türen und Toren, Durchgängen, Fußgängerwegen und Treppenaustritten in ausreichendem Abstand vorbeiführen.
- (5) Soweit es Nutzung und Einrichtung der Räume zum Schutz der Beschäftigten erfordern, müssen die Begrenzungen der Verkehrswege gekennzeichnet sein.
- (6) Besondere Anforderungen gelten für Fluchtwege.

DIN 18225 und die ehemalige ASR 17 „Arbeitsstätten-Richtlinie Verkehrswege“ enthalten Anhaltswerte für die Bemessung von Verkehrswegen.

Verkehrswege auf Baustellen sind bei nicht ausreichendem Tageslicht künstlich zu beleuchten. Die Beleuchtung ist den besonderen Bedingungen und den unterschiedlichen Arbeitsabläufen anzupassen. Auf Hoch- und Tiefbaustellen wird für die Allgemeinbeleuchtung z. B. eine Beleuchtungsstärke von 20 lx gefordert. Besondere Gefahrenbereiche, wie z. B. an Kreuzungsstellen von Fuß- und Fahrzeugverkehr, sind durch zweckmäßige Beleuchtung (andere Lichtfarbe, größere Beleuchtungsstärke) für das Auge hervorheben – beachte BGI 759.

#### **Bauweisen von temporären Fahrwegen (Baustraßen):**

- unbefestigte Erdfahrbahnen  
Unbefestigte Erdfahrbahnen entstehen durch Profilieren und Verdichten des anstehenden Bodens. Sie sind nur für kurzfristige Baustellen und unter günstigen Witterungsbedingungen wirtschaftlich.
- geschüttete Erdfahrbahnen, unbefestigt oder teilweise befestigt:
  - traditionelle Schüttbauweise (sandgeschlämmte Schotterdecke)
  - Schüttung auf Geotextileinlagen oder -matratzen<sup>18</sup>
  - ALLCOMPOUND-Belag (Braunkohlenflugasche (BFA) und Zusatzstoffe (Aktivatoren und Additive))<sup>19</sup>
  - hydraulisch gebundene Tragschichten (HGT)
- Bodenverbesserung  
Die anstehenden oder antransportierten Erdstoffe werden durch Kornverbesserung, Zugabe von Bindemitteln oder anderer Chemikalien mit nachfolgender Verdichtung verändert.
- Behelfsstraßen aus
  - Betonfertigteilen, Baggermatratzen aus Hartholz
  - Fahrbahnblechen aus Stahl
  - profilierten Fahrbahnplatten (z. B. EMUNDS + STAUDINGER<sup>20</sup>)
  - Strangpressprofilen aus Aluminium von der Rolle (TRAKWAY HD Panel: <http://www.eps.ag/>)
  - Gummimatten- und -bändern aus Altgummi (Reifen, Förderbänder)
- mehrstufiger Ausbau von Straßen:  
Teile der zu errichtenden Straßen (Tragschicht) werden zeitig errichtet und im Rahmen der BE vorgenutzt. Nach Abschluss der Bauarbeiten werden Beschädigungen beseitigt und die Restarbeiten erledigt (Säuberung, Hochborde, Deckschicht).

#### **5.2.7.3 Reinhaltung von Anliegerstraßen**

Wer öffentliche Verkehrsanlagen verunreinigt, muss gemäß dem Verursacherprinzip diese Verunreinigungen wieder beseitigen. Verantwortlich ist grundsätzlich der Auftraggeber (Bauherr). Möglichkeiten, kostengünstig die Pflicht zur Reinhaltung der Straßen zu erfüllen, bieten Rüttelstrecken zum Abrieseln von losem Schmutz, Siebrechenstrecken, Reifenwaschanlagen und Straßenreinigungsmaschinen.

<sup>18</sup> vgl. z. B. <http://www.naue.com/content/produkte/secutex.php> (Abruf vom 13. 6. 2008)

<sup>19</sup> vgl. <http://www.allcompound-international.de/> ⇒ Einsatzmöglichkeiten (Abruf vom 13. 6. 2008)

<sup>20</sup> vgl. <http://www.es-verbau.com/> ⇒ E+S-Baustraßensystem (Abruf vom 13. 6. 2008)

## 5.2.8 Technische Ver- und Entsorgungseinrichtungen

### 5.2.8.1 Energieversorgung

Für den Betrieb der Maschinen auf der Baustelle wird Energie benötigt. Energieträger sind vor allem Dieseldieselkraftstoff, Benzin, Flüssiggase und elektrische Energie.

Für die Versorgung mit **Kraftstoffen und Gasen** können transportable Tanks bzw. Tankanlagen eingesetzt werden. Hohe Anforderungen ergeben sich aus der Einhaltung der Umwelt- und Sicherheitsbestimmungen. Die Lagerkapazität ergibt sich aus der Anzahl der eingesetzten Maschinen und deren spezifischen Verbrauch sowie günstigen Beschaffungszyklen. Bei größeren Bauvorhaben ist die Belieferung durch Tankzüge des Energieversorgers wirtschaftlich.

Für Lagerung und Betankung dieser als Gefahrstoffe eingestuft Energieträger sind die Bestimmungen der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV), die technischen Regeln für brennbare Flüssigkeiten (TRbF) und Explosionsschutz-Richtlinien sowie Vorschriften des Wasserrechts einzuhalten.

Die **Versorgung mit elektrischer Energie** beinhaltet Bereitstellung, Verteilung und Umformung elektrischer Energie zum Antrieb von Maschinen und Geräten sowie für Beleuchtung und Heizung. Sie erfordert entweder die Einrichtung einer Eigenstromversorgung oder einen Anschluss an das Versorgungsnetz eines Energieversorgungsunternehmens und die Installation einer Baustromversorgungsanlage.

Baustrom- und Baustellenbeleuchtungsanlagen dürfen trotz ihrer zeitlich begrenzten Nutzung nicht als Provisorien angesehen werden. Sie sind vollwertige technische Anlagen und müssen allen Forderungen, die an solche Anlagen gestellt werden, gerecht werden.

#### Forderungen, die eine Baustellenstromversorgungsanlage erfüllen muss:

- Wirtschaftlichkeit:
  - Bemessung nach realistischen Annahmen über den Energiebedarf
  - kostengünstige Gestaltung (Sortiment, Ausbaustufen, Vornutzung von Anlagen des Auftraggebers)
- Sicherheit:
  - Erfüllung der allgemeinen Arbeitsschutzforderungen
  - Elektrosicherheit

Als Energiequellen kommen zur Anwendung:

- vorhandenes Hochspannungs- bzw. Mittelspannungsnetz über Freileitungen oder Kabel mit einem Hauptanschluss und Installation einer Trafostation,
- vorhandenes Niederspannungsnetz über Freileitungen oder Kabel mit einem Hauptanschluss,
- Kleinstbaustromverteiler an Steckdosen ortsfester Anlagen,
- Strom aus eigenen Strom-Aggregaten (Eigenstromversorgung).

In den ersten beiden Fällen ist ein **Netzanschluss** erforderlich. Darunter ist der Anschluss der Baustelle an das Verteilungsnetz der öffentlichen Stromversorgung (EVU – Energieversorgungsunternehmen) am Übergabepunkt zu verstehen. Die Schnittstelle zwischen Versorgungsnetz und elektrischer Anlage der Baustelle wird als **Speisepunkt** bezeichnet. In Energierichtung gesehen führt die Leitung von diesem zu einem **Anschlusschrank**, der plombierbare Anschlusssicherungen, den Energiezähler, Hauptsicherungen und mindestens einen Fehlerstromschutzschalter enthält.

Baustellen müssen unabhängig von ihrer Größe immer über einen eigenen Speisepunkt versorgt werden. Steckdosen einer Hausinstallation sind dafür unzulässig (vgl. DIN VDE 0100 Teil 704). Gründe dafür sind:

- vertragsgerechte Abrechnung der verbrauchten Elektroenergie beim Energieversorgungsunternehmen (Tarif),
- robuste, baustellentaugliche Ausführung der Anschlüsse (Kabelklemmen, Steckverbinder),
- spezielle Maßnahmen zum Schutz der elektrischen Anlagen und der Gesundheit der Beschäftigten.
- Die gesamte Anlage muss freischaltbar sein ⇒ Hauptschalter.

Die Installation von Baustromversorgungsanlagen darf nur durch Fachpersonal (befähigte Personen) erfolgen. Der Anschluss von Baumaschinen mit frequenzgeregelten Antrieben (FU-Technik) erfordert besondere elektrotechnische Schutzmaßnahmen: allstromsensitive Fehlerstromschutzschalter.

Der **Anschlusswert** einer Baustromversorgung beinhaltet die zu erwartende Leistungsaufnahme  $P_s$  in kVA (Scheinleistung) und den zu erwartenden Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  als statistische Erwartungswerte. Diese Werte sind maßgebend für die Bemessung der Anlage und die Berechnung des Entgeltes durch das Energieversorgungsunternehmen.

Für die Berechnung ist in so genannte ohmsche und induktive Verbraucher zu trennen. Es ist davon auszugehen,

- dass nicht alle Verbraucher gleichzeitig eingeschaltet sind  $\Rightarrow$  Gleichzeitigkeitsfaktor  $g$
- dass die eingeschalteten Verbraucher nicht immer mit Nennlast betrieben werden  $\Rightarrow$  Ausnutzungsgrad  $a$
- dass jedes induktive Betriebsmittel mit einem bestimmten Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  betrieben wird, der sich auslastungsabhängig einstellt.

Untersuchungen an der Professur Baubetrieb und Bauverfahren haben bestätigt, dass der Abbau von Bedarfs-  
spitzen an Elektroenergie im Baustellenbetrieb große Einsparpotenziale bietet. Als Beispiel diene in [5-21] die Vereisungsanlage bei einem Tiefbauvorhaben.

### 5.2.8.2 Telekommunikation

Der störungsfreie Baustellenbetrieb setzt stets aktuelle Informationen voraus. Trotz der großen Verbreitung draht-  
loser Techniken, wie GSM<sup>21</sup> und UMTS<sup>22</sup>, sind auf größeren Baustellen drahtgebundene Telekommunikations-  
anschlüsse, wie ISDN<sup>23</sup>, für kostengünstiges Telefonieren und den Datenaustausch per Internet oder Intranet  
unerlässlich. Vereinzelt, vor allem im Auslandsbau, werden Richtfunk- oder Satellitenfunkstrecken genutzt, um  
unabhängig zu kommunizieren.

### 5.2.8.3 Wasserver- und -entsorgung

Auf der Baustelle ist Wasser unterschiedlicher Qualität als **Trink- und/oder Brauchwasser** (Anmachwasser,  
Betriebswasser, Spülwasser, Reinigungswasser, Löschwasser) bereitzustellen. Bei der Erkundung der für eine  
Baumaßnahme geeigneten Wasservorkommen ist durch Analysen zu ermitteln, ob das Wasser direkt verwendet  
werden kann oder aufbereitet werden muss.

**Baustellenabwässer** sind in entsprechender Qualität in das öffentliche Netz oder in den Vorfluter einzuleiten. Als  
Abwässer auf Baustellen fallen an:

- Fäkalien-, Schmutzwasser,
- Regenwasser,
- Grundwasser,
- Prozesswasser (z. B. bei Spülverfahren, aus Waschanlagen).

Komponenten der Wasserver- und -entsorgung sind:

- Wasser- und Trinkwasseranschluss,
- Abwasseranschluss an öffentliche Sammler,
- eigene Abwasserbehandlungsanlagen,
- ggf. Schmutzwassertanks,
- Versickerungsbereiche für Niederschlagswasser (falls Einleitung in Abwassernetz nicht möglich ist),
- Vorfluter (für Tagwasser und vor allem bei Grundwasserabsenkungen),
- Restbetonaufbereitungsanlagen.

### 5.2.8.4 Wärmeversorgung

Wärmeversorgungsanlagen dienen der Erzeugung, Umformung und Verteilung der Bauwärme, die für die Behei-  
zung von Räumen der BE, die Warmwasserbereitung und die Erwärmung von Beton, Zuschlagstoffen o. ä. benötigt  
wird. Zu unterscheiden sind auf der Baustelle zentrale und dezentrale Einrichtungen. Günstig ist der Bezug von  
Fernwärme über vorhandene Anlagen außerhalb der Baustelle.

<sup>21</sup> Global System for Mobile Communications (digitale Mobilfunktechnik für 9600 bit/s bis 14,4 bit/s)

<sup>22</sup> Universal Mobile Telecommunications System (Mobilfunk der dritten Generation, bis 2 Mbit/s)

<sup>23</sup> Integrated Services Digital Network (digitales Fernmeldenetz)

### 5.2.8.5 Abfallentsorgung

#### Prioritäten im Abfallkonzept

- Abfälle vermeiden
  - sparsam disponieren
  - überschüssige Liefermengen zurücknehmen lassen durch Lieferant/NU/...
- Abfälle wiederverwerten
  - innerhalb der Baustelle
  - über Lieferanten/NU zurückgeben
  - verschenken/verkaufen frei Baustelle
    - Abfälle entsorgen/beseitigen
      - sortieren/trennen
      - sortenrein sammeln (Information/Erziehung/Übung)

An erster Stelle steht die Abfallvermeidung durch Rücknahme von Restmengen, Verpackungen und Ladehilfsmittel sowie sparsames Disponieren der eingesetzten Baustoffe. Abfallminimierung wird durch Recycling und Wiederverwertung von Baumaterialien gewährleistet. Die Abfallentsorgung der Baustelle erfolgt nach dem Prinzip der Trennung. Dafür werden u. a. für die einzelnen Abfallarten verschiedene Sammelbehälter aufgestellt.

Besondere Probleme entstehen beim Anfall solcher Abfälle, die als Gefahrstoffe eingestuft sind und getrennt nach besonderen Regeln erfasst, gelagert und entsorgt werden müssen. Diese Abfälle unterliegen auch einer Überwachung durch die zuständigen Behörden. Sie sind nach dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz [5-34] als „überwachungsbedürftig“ eingestuft.

### 5.2.9 Baustellenkennzeichnung und –sicherung

#### 5.2.9.1 Forderungen der Bauordnungen der Länder

Die Bauordnungen der Bundesländer, z. B. die Thüringer Bauordnung – ThürBO, § 14 (Ausg. 2004), verlangen:

- „Baustellen sind so einzurichten, dass bauliche Anlagen ordnungsgemäß errichtet, geändert oder abgebrochen werden können und Gefahren oder vermeidbare Belästigungen nicht entstehen.
- Bei Bauarbeiten, durch die unbeteiligte Personen gefährdet werden können, ist die Gefahrenzone abzugrenzen oder durch Warnzeichen zu kennzeichnen. Soweit erforderlich, sind Baustellen mit einem Bauzaun abzugrenzen, mit Schutzvorrichtungen gegen herabfallende Gegenstände zu versehen und zu beleuchten.
- Bei der Ausführung nicht verfahrensfreier Bauvorhaben hat der Bauherr an der Baustelle ein Schild, das die Bezeichnung des Bauvorhabens und die Namen und Anschriften des Entwurfsverfassers, des Bauleiters und der Unternehmer für den Rohbau enthalten muss, dauerhaft und von der öffentlichen Verkehrsfläche aus sichtbar anzubringen.
- Bäume, Hecken und sonstige Bepflanzungen, die aufgrund anderer Rechtsvorschriften zu erhalten sind oder deren Erhaltung in der Baugenehmigung zur Auflage gemacht wird, müssen während der Bauausführung geschützt werden.“

Die Aufgaben der Baustellensicherung sind umfangreich und zielen in verschiedene Richtungen. Sie betreffen sowohl die Anlieger und Passanten als auch die am Baustellenbetrieb Beteiligten.

Auch das Informationsbedürfnis von Besuchern und „Fans“ ist zu befriedigen.



Abb. 5.14 Bauschild (Baustelle CIB.Weimar, Dezember 2006)

### 5.2.9.2 Baustellenkennzeichnung

Obwohl Baustellen als solche meistens leicht zu erkennen sind, müssen sie gekennzeichnet werden durch:

- Verkehrszeichen im öffentlichen Verkehrsraum,
- Hinweisschilder, Piktogramme an Toreinfahrten,
- Verbotsschilder, wie „Baustelle, Betreten verboten!“
- gekennzeichnete Umschließungen,
- das Baustellenschild (roter Punkt) zur Baugenehmigung nach Bauordnung,
- das Bauschild, welches die Öffentlichkeit über das Bauvorhaben und die an seiner Realisierung Beteiligten informiert,
- Werbetafeln von beteiligten Unternehmen.

### 5.2.9.3 Äußere Sicherung der Baustelle

Die äußere Baustellensicherung muss in beiden Richtungen wirken:

- Sicherung der Umgebung vor Gefahren und Beeinträchtigungen durch den Baustellenbetrieb:
  - Anliegerverkehr durch den Baustellenbetrieb nicht gefährden:
    - Verkehrssicherungsmaßnahmen (Sicherung, Beschilderung, Absperrungen, Umleitungen),
    - Schutzmaßnahmen gegen herabfallende Gegenstände (Schutzgerüste, Abplanungen),
  - Überschwenken der Nachbargrundstücke vermeiden (ist teilweise im Ausland sogar verboten),
  - keine fremden Leitungen beschädigen (⇒ Gefahren durch austretende Medien),
  - Immissionsschutz gewährleisten (Lärm, Erschütterungen, Staub, Gewässerschutz),
  - Verschmutzungen der Anliegerbereiche vermeiden bzw. umgehend beseitigen,
  - Sicherung gegen Schäden aus Baumaßnahmen (z. B. Trockenlegung der Umgebung durch Grundwasserabsenkung, Baumschutz),
- Sicherung der Baustelle vor Gefahren und Beeinträchtigungen aus der Umgebung:
  - zufälliges oder beabsichtigtes Betreten der Baustelle durch Unbefugte verhindern,
  - vor Diebstahl und Vandalismus schützen,
  - Gefahren durch den Anliegerverkehr beherrschen, z. B. Anpralllasten, Poller, Abweiser,
  - Gefahren aus Nutzungsprozessen benachbarter Bauwerke berücksichtigen (z. B. Explosionsschutz),
  - Gefahren durch anliegende Gewässer und Starkregenereignisse beachten.

Umschließungen (Zäune, Bretterwände) sind immer dann erforderlich, wenn sowohl gewolltes als auch ungewolltes Betreten der Baustelle durch Dritte auszuschließen ist. Das ist in der Regel der Fall. Diese sind so einzurichten und zu überwachen, dass sie zu jeder Zeit äußeren Einwirkungen standhalten und ihre Schutzfunktionen erfüllen können. Dabei ist auch der Einfluss von Vandalismus zu berücksichtigen.

### 5.2.9.4 Innere Sicherung der Baustelle

Die innere Sicherung betrifft die Sicherung der Baustelle selbst. Die Aufgaben folgen in erster Linie aus dem Arbeitsschutz und der Einhaltung der Regeln der Technik. Zu berücksichtigen sind

- die speziellen sicherheitstechnischen Anforderungen der durchzuführenden Bauarbeiten,
- Anforderungen der Bestandsbauten und bereits errichteter Bauwerksteile und Berücksichtigung der von ihnen ausgehenden Gefahren (auch aus Nutzungsprozessen),
- Schutz von Leitungen im Bestand, Freihalten von Zugängen und Revisionschächten,
- Gewährleistung der Baustellenbeleuchtung u. a.

### 5.2.9.5 Baustellenbeleuchtung

Auf Baustellen werden Beleuchtungseinrichtungen benötigt für die

- Allgemeinbeleuchtung in Unterkünften,
- Arbeitsplatzbeleuchtung in Büros, Magazinen, Werkstätten, Fertigungshallen,
- Allgemeinbeleuchtung und tätigkeitsbezogene Beleuchtung von Arbeitsplätzen im Freien,
- Allgemeinbeleuchtung für Verkehrswege, Lager- und Umschlagplätze,
- Sicherheitsbeleuchtung zur Absicherung des Baugeländes sowie von Gefahrenstellen und Absperrungen.

Bei der Projektierung einer Baustellenbeleuchtung sind DIN VDE 0100, Teil 704, BGI 608 und BGI 759 zu beachten und folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Art der Bauproduktion und der Bautätigkeiten, spezielle technologische Anforderungen,
- Größe des zu beleuchtenden Geländes,
- Dauer der Bautätigkeit, Lage der Bauzeit (Winterbau, Schicht- und Nachtarbeit),
- Umgebung, angrenzende Objekte,
- mögliche mechanische Beanspruchungen,
- erforderliche Schutzmaßnahmen vor Staub, Wasser (Feuchtigkeit), gegen gefährliche Körperströme, vor Explosionsgefahr.

Die Leuchten gibt es als Nahgeräte bis 20 m Leuchtweite und Ferngeräte (Flutlichtgeräte = Scheinwerfer mit Spiegelreflektoren) bis 100 m Weite. Außenanlagen werden auf Böcken, Masten, Türmen oder Bühnen befestigt.

Auf Baustellen haben sich Lichtfluter mit Halogenlampen bewährt, da meist vertikale Flächen angestrahlt werden. Die Leistung von Glühlampen liegt zwischen 300 und 2000 W bei einer mittleren Lebensdauer von 1000 Stunden, die röhrenförmiger Halogen-Lampen im Flutlichtbereich bei 1000 W. Es gibt auch Leuchten mit 2000 und 10000 W, z. B. zur Ausleuchtung horizontaler Flächen an Krantürmen montiert. Eine Neuentwicklung ist der POWERMOON. Mit einer leistungsstarken HQI-Metall dampflampe oder auch Halogen- und Tageslichtlampen in einem speziellen heliumbefüllten Beleuchtungskörper werden tageslichtähnliche blendfreie und gleichmäßige Beleuchtungsverhältnisse erzielt (vgl. <http://www.powermoon.de/>, letzter Abruf vom 23.05.2008).

## 5.2.10 Arbeits- und Brandschutzeinrichtungen

### 5.2.10.1 Sicherheitseinrichtungen auf Baustellen

Wesentliche Sicherheitseinrichtungen sind:

- Sicherungen von Baugruben und Gräben,
- Absturzsicherungen an Bauwerken und Verkehrswegen,
- Schutzeinrichtungen gegen Absturz von Personen und herabfallende Gegenstände (Schutzgerüste)

### 5.2.10.2 Einrichtungen für die Erste Hilfe

Einrichtungen für die Erste Hilfe werden organisatorisch den Baustellenunterkünften und sozialen Einrichtungen (Kap. 5.2.6) zugeordnet. Inhaltlich gehören sie zum sozialen und medizinischen Arbeitsschutz (vgl. Kap. 7).

Gemäß § 6 Abs. 4 ArbStättV müssen entsprechend der Unfallgefahren oder der Anzahl der Beschäftigten, der Art der ausgeübten Tätigkeiten sowie der räumlichen Größe der Betriebe Erste-Hilfe-Räume oder vergleichbare Einrichtungen vorhanden sein. Sie dienen ausschließlich der medizinischen Erstversorgung von Verletzten und Erkrankten.

Nach § 25 BGV A1 ist auf Baustellen, auf denen gleichzeitig mehr als 50 Beschäftigte tätig werden, mindestens ein mit Rettungstransportmitteln leicht erreichbarer Sanitätsraum oder eine vergleichbare Einrichtung vorzuhalten. Die in BGV A1 getroffenen Festlegungen werden in der BGR A1 „Grundsätze der Prävention“ untersetzt.

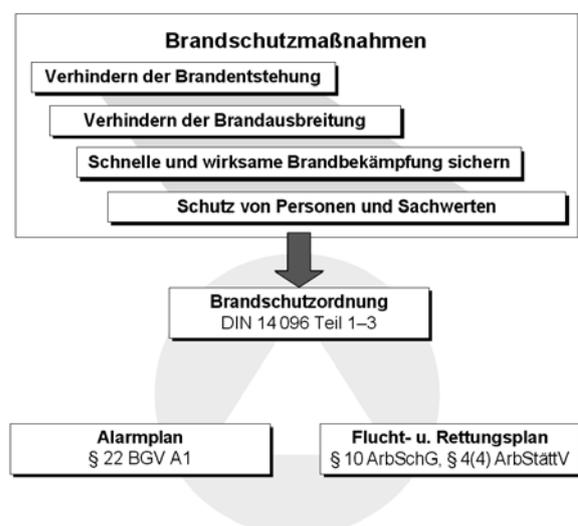
### 5.2.10.3 Brandschutz auf Baustellen

Bei der Baustelleneinrichtung sind die Anforderungen des so genannten betrieblichen Brandschutzes in vollem Umfang zu beachten. Das hat Konsequenzen auf die

- räumliche Gestaltung der Baustelleneinrichtung,
- Lagerung von brennbaren Flüssigkeiten und Gasen,
- Anordnung von Flucht- und Rettungswegen,
- Ausstattung mit Feuermeldeeinrichtungen,
- Ausstattung mit Einrichtungen zur Bekämpfung von Entstehungsbränden.

Die Maßnahmen sind in Zusammenarbeit mit der örtlichen Feuerwehr und bei großen Vorhaben mit den Einrichtungen des Katastrophenschutzes zu planen.

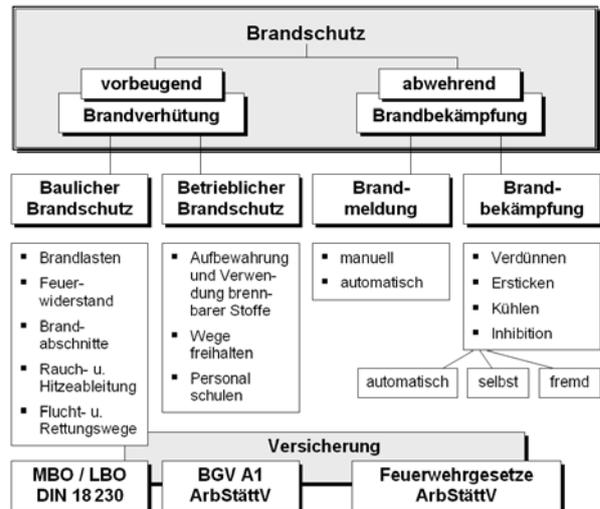
Abb. 5.15 Komplex der Brandschutzmaßnahmen



Da sich der Brandschutz auch auf das entstehende Bauwerk erstreckt, ist in allen Bauzustandsphasen die Zusammenarbeit mit den entsprechenden Fachplannern unerlässlich. In diesem Fall bestehen auch Wechselwirkungen zum baulichen Brandschutz.

Generell ist es empfehlenswert, bei mittleren und großen Baustellen bereits in einer frühen Phase alle Rettungsdienste sowie Polizei und Berufsgenossenschaft zu einer Einweisung und ersten Begehung auf die Baustelle einzuladen.

Abb. 5.16 Vorbeugende und abwehrende Brandschutzmaßnahmen



### 5.2.11 Einrichtungen zum Schutz vor extremen Witterungseinflüssen

Bauen unter schwierigen Witterungsverhältnissen bedingt zusätzlichen Aufwand für die Baustelleneinrichtung und auch für die Bauwerke. Bei Baumaßnahmen im Winter oder in gefährdeten Gebieten (Alpenregion, Küstenbaustellen, hochwassergefährdete Gebiete) sind notwendige zusätzliche BE-Elemente und Schutzmaßnahmen ein wesentlicher Kostenfaktor.

Im Winter haben die Arbeitnehmer Anspruch auf einen witterungsfest hergerichteten Arbeitsplatz oder ersatzweise auf Schutzkleidung gegen Kälte, Wind, Niederschlag und Bodennässe. Leistungen der Auftragnehmer zur Durchführung von Bauleistungen in der Zeit winterlicher Witterung bezeichnet man (vgl. § 32 HOAI) als „Winterbau“. Winterbaumaßnahmen gewährleisten den Schutz vor unerwünschten Witterungseinflüssen und sichern, dass die Bauarbeiten unter den herrschenden Witterungsbedingungen weitergeführt werden können.

Einrichtungen für den Winterbau sind:

- Wetterschutzeinhausungen, Winterbauhallen,
- Zusatzheizungen,
- spezielle Unterstände für Baumaschinen und Geräte,
- Bohlen für die trockene Aufstellung von Maschinen (kein Anfriern),
- Geräte für die Schneeberäumung und Beseitigung von Gefahren durch Eis.

Im Zusammenhang mit der verstärkten Belastung durch UV-Strahlung und Hitze in der Sommerzeit ist zukünftig auch dem Schutz der Beschäftigten durch Verschattungseinrichtungen und Überdachungen mehr Aufmerksamkeit zu widmen.

## 5.3 Planung der Baustelleneinrichtung

### 5.3.1 Grundsätze

Die Baustelleneinrichtungsplanung ist Bestandteil der Arbeitsvorbereitung. Sie geht von der Materialflussplanung aus, folgt der Verfahrens-, Ablauf- sowie Bereitstellungsplanung und beinhaltet die Ermittlung der optimalen Einrichtungskomponenten für die Bauausführung und deren räumliche und zeitliche Zuordnung.

Die Baustelleneinrichtung muss technisch-organisatorischen, wirtschaftlichen und sozialen Anforderungen gerecht werden. Die Einflussfaktoren auf die Baustelleneinrichtungsplanung wurden bereits in Kap. 5.1.3 aufgeführt.

**Grundsätzliche Kriterien für Entwurf und Planung** sind:

- die mit den Elementen der BE zu erfüllenden Aufgaben (technische Eignung),
- Art und Häufigkeit der Inanspruchnahme der einzelnen Einrichtungsteile (Größe, Anzahl und Anordnung),
- Wirtschaftlichkeit (Realisierung).

Die BE-Planung sollte rechtzeitig begonnen und stets mit ausreichendem Vorlauf durchgeführt werden. Die Ergebnisse der Planung sind zu dokumentieren (Baustelleneinrichtungsplan) und mit den anderen Planungsergebnissen der Arbeitsvorbereitung, wie Bauablauf- und Maschineneinsatzpläne, abzugleichen.

Die Gestaltung der BE muss sich an den Regeln der Technik und den gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen orientieren, um die Voraussetzungen für eine wirtschaftliche und sichere Produktion zu schaffen. Deshalb muss auch die in § 4 ArbSchG [5-33] geforderte Gefährdungsbeurteilung den Planungsprozess begleiten.

Wichtig ist Übersichtlichkeit, vor allem dann, wenn mehrere Gewerke oder gar Unternehmen gleichzeitig auf der Baustelle tätig sind. Ordnungssysteme, die von jedem auf der Baustelle Tätigen erkannt werden, sind eine wichtige Grundlage für Ordnung und Disziplin. Das bedeutet primär die Anerkennung und Respektierung des Ordnungssystems durch alle Beteiligten und natürlich deren Durchsetzung durch Bauleitung und Poliere.

Planungsarbeiten sind heute durch den Einsatz von CAD-Applikationen geprägt. Seit der Verfügbarkeit dreidimensionaler Planungswerkzeuge können die Bauwerke als virtuelles Modell am Computer betrachtet und bewertet werden. Dieser Ansatz bietet auch Vorteile bei der BE-Planung, denn das dynamische Baustellenlayout kann im Vorfeld simuliert werden, um den Aufwand zu optimieren und Fehler zu vermeiden. Voraussetzung für die praktikable Umsetzung ist der kompatible Datenaustausch zwischen allen beteiligten EDV-Applikationen (vgl. [5-2]).

### 5.3.2 Planungsstufen

Der Entwurf einer BE entsteht (unter Anlehnung an [5-14, S. 10]) in folgenden **Planungsstufen**:

#### 1. Analyse der Vertragsbedingungen

anhand von Baubeschreibung, Leistungsverzeichnis, Ausführungsplänen, Mengendaten und konstruktiven Details, Klärung der Besitzverhältnisse

#### 2. Begehung des zukünftigen Baugeländes zur Klärung folgender Punkte:

- Umgebungsverhältnisse
  - Lage, Oberflächenbeschaffenheit (Oberboden, Relief)
  - Untergrundbeschaffenheit (Bodenart, Bodenklasse)
  - hydrologische Bedingungen (Grundwasser, Vorflut), evtl. „verräterische“ alte Straßennamen
  - Wasserläufe mit Hochwassergefahr in Baustellennähe
  - Lage im Grundwasserschutzgebiet
  - Steinschlaggefahr
  - Hindernisse (unterirdische Bauwerke und Leitungen)
  - Behinderungen (z. B. durch zusätzliche Lärmschutzanforderungen, Sperrzeiten)
  - Nachbargrenzen, Namen der Nachbarn
- Bestand
  - angrenzende Bebauung (Zustand feststellen, evtl. Beweissicherung durchführen oder vorsehen)
  - bestehende Gebäude im Baufeld (eventuell als BE nutzbar)
  - zu erhaltender Vegetationsbestand
  - unterirdische Leitungen (Gas-, Wasser-, Abwasser-, Öl-, Elektro-, Datenleitungen)
  - oberirdische Leitungen (Hochspannungsleitungen, Telefon, Richtfeuer)
  - Platzverhältnisse für Lagerflächen, Baustellenunterkünfte
- Verkehrsverhältnisse
  - Zufahrtswege zum Baufeld (Befestigungsart, Belastbarkeit, Lichtraumprofil, Tragfähigkeit von Brücken)
  - Bahnanschluss-, Wasserstraßennutzung u. a.
  - Notwendigkeit der Anlage besonderer Baustraßen oder der Verstärkung vorhandener, auch im öffentlichen Bauraum
  - erforderliche Einschränkungen des Individualverkehrs (Straßenausfahrt, Sperrungen, Umleitungen), Umleitungsstrecken
- Ver- und Entsorgung
  - Möglichkeiten der Versorgung mit Wasser, Strom, Druckluft, Wärme, Informationen, Kraft- und Betriebsstoffen
  - Möglichkeiten der Entsorgung von Abfällen und Abwasser
  - nächste Standorte der Baustoff- und Betriebsstoff-Lieferanten sowie Bodenkippe
- Zusätzliche Fragestellungen
  - Wohnunterkünfte für das Personal, Berufsverkehr
  - Anwerbung örtlichen Personals, Nutzung örtlich vorhandener Produktions- und Werkstätten

- Polizei- und Feuerwehrestationen, ärztliche Betreuung
- Einschränkungen durch Baulasten

### 3. Ermittlung und Bemessung der erforderlichen Einrichtungselemente

- Ermittlung von Durchschnitts- und Spitzenbedarf
- technische Bemessungen
- Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen und Variantenauswahl

### 4. Zeichnerische Darstellung der BE im Einrichtungsplan

Hier wird die funktionale und räumliche Zuordnung der Einrichtungsteile unter Berücksichtigung der jeweiligen Baustellenverhältnisse unter Beachtung zahlreicher Verträglichkeitsbedingungen dargestellt:

- Makropläne als Vorentwurf
  - ⇒ Diskussion mit allen verantwortlichen Führungspersonen ⇒ Suchen der Optimallösung
- Mikropläne (BE-Pläne) im Maßstab 1:100 bzw. 1:200; anzugeben sind:
  - Gelände- und Höhenlinien
  - Grundstücksgrenzen und vorhandene Bauwerke in der Nachbarschaft und auf dem Baugelände
  - Straßen, Ver- und Entsorgungsleitungen, Anschlussstellen für Strom, Wasser, Gas, Entwässerung
  - Grundriss des zu bauenden Objektes
  - sonstige bemerkenswerte Gegenstände im Gelände
  - Einrichtungselemente mit Kennzeichnung ihrer Funktion (Symbol/Beschriftung, Maßangaben)
- Detailpläne bei speziellen Maßnahmen (z. B. bei Montagen: Kranstandpunkte bei wechselnden Rahmenbedingungen, Phasenpläne)
- Erläuterungsberichte nach Bedarf

Sind genauere Maßangaben für die Baustellenmontage notwendig, dann müssen die Pläne in entsprechend größeren Zeichnungen dargestellt werden; gegebenenfalls sind nähere Erläuterungsberichte beizufügen. Für die Gestaltung der BE-Pläne und die Symbole gibt es keine einheitlichen Festlegungen. Beispiele sind in [5-5], [5-9], [5-16], [5-19] zu finden. Maßgabe ist, dass die Pläne nicht nur von den Fachleuten auf der Baustelle verstanden werden, sondern auch für Lieferanten und Besucher im Wesentlichen verständlich sind.

### 5.3.3 Gestaltungskriterien für die Baustelleneinrichtungsplanung

#### Technisch-organisatorische Kriterien:

- Bereich Fertigung
  - Die Elemente der Baustelleneinrichtung müssen so angeordnet sein, dass sie eine rationelle Gestaltung der Bauprozesse und eine Entflechtung der Teilvorgänge mit kontinuierlichen Abläufen zulassen, so dass Behinderungen und Wartezeiten vermieden werden.
  - Die Standorte von Maschinen und Geräten müssen so gewählt werden, dass sie ihre benötigte Leistungsfähigkeit voll entfalten können.
  - Arbeitsplätze müssen zweckmäßig angelegt sein. Die Arbeitsrichtung sollte grundsätzlich zum Bauwerk orientiert sein.
- Bereich Transport
  - Die BE muss in der Gesamtanlage reibungslose Baustellentransporte gestatten (optimaler Verkehrsfluss).
  - Die Einrichtung muss so konzipiert sein, dass für die gesamte Produktionskette geeignete und ausreichende Transportmittel zur Verfügung stehen.
- Bereich Lagerung
  - Eine zeitflexible, saubere, verlustarme und sichere Baustofflagerung muss gewährleistet sein.
  - Zu erwartende Liefer- und Produktionsschwankungen müssen durch eine ausreichende Lagerkapazität ausgeglichen werden können.
- Bereich Wartung
  - Eine den Verhältnissen der Baustelle angepasste Pflege, Wartung und Instandhaltung der Maschinen und Geräte muss gewährleistet sein.

**Wirtschaftliche Kriterien, einschließlich Management:**

- BE muss optimale sachliche Voraussetzungen für rationelle Produktionsabläufe bieten
- optimale Instandhaltung (Pflege, Wartung, planmäßig vorbeugende Instandsetzung) der BE-Elemente
- Minimierung der Vorhaltezeit der BE-Elemente
- Anordnung und Organisation der BE müssen Übersichtlichkeit und Kontrollmöglichkeiten bieten

**Soziale Kriterien:**

- Einhaltung aller gesetzlichen Forderungen, Umsetzung gesicherter arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse
- Ausschöpfen aller Möglichkeiten zur Reduzierung schwerer und schwerster Arbeiten

**5.3.4 Bemessung**

Für die Auslegung der BE-Elemente gibt es einerseits Richtwerte, die teilweise noch in Gesetzen und Vorschriften der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung enthalten sind, sowie Kennwerte, die von den Unternehmen selbst erarbeitet wurden. Auch in der baubetrieblichen Literatur (z. B. [5-9]) sind Angaben zu finden.

Die Details der technischen Bemessung von BE-Elementen, wie z. B. die Ermittlung des Platzbedarfs bei der Aufstellung von Kranen und Betonpumpen, Baggerschnittbemessungen, die Anschlusswertermittlung einer Baustromversorgungsanlage oder die hydraulische Bemessung einer Grundwasserabsenkungsanlage können im Rahmen dieser Übersicht nicht behandelt werden. Hier sei auf die Fachliteratur, wie z. B. [5-9], 5-13], [5-16], [5-17], und natürlich ingenieurtechnisches Denken verwiesen. Wesentlich sind die richtigen Basisdaten für die Berechnung, die oft auf betrieblichen Erfahrungswerten beruhen.

Im Zuge der Liberalisierung der europäischen Arbeitsschutzgesetzgebung treten an Stelle konkreter Vorgaben immer mehr Forderungen nach der Durchführung von Gefährdungsbeurteilungen und eigenverantwortlicher Umsetzung entsprechender Maßnahmen zur Gewährleistung der Arbeitssicherheit und Einhaltung der Regeln für menschengerechte Arbeit. Das betrifft auch die Arbeitsstättenverordnung [5-36]. Hier sind die ehemaligen Arbeitsstättenrichtlinien außer Kraft gesetzt und stehen lediglich als „gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse“ zur Verfügung. Bezüglich des Brand- und Explosionsschutzes, z. B. bei der Festlegung von Explosionsgefährdungszonen, sind die Betriebssicherheitsverordnung [5-37] und die Gefahrstoffverordnung [5-38] zu berücksichtigen.

**5.3.5 Kostenplanung**

Welchem Kostenbereich die Kosten der Baustelleneinrichtung zuzuordnen sind, hängt meist von der Gestaltung des Leistungsverzeichnisses bzw. vom Aufbau der Angebotskalkulation ab. Sind für die Einrichtungen und Räume der Baustelle Extrapositionen vorgesehen, dann werden die BE-Kosten als **Einzelkosten der Teilleistungen** behandelt (direkte Zuordnung der Kosten zum Erzeugnis). Trifft dies nicht zu, dann wird der Kostenblock für die BE zunächst separat ermittelt und dann per Umlage als **Gemeinkosten-Anteil** erfasst (indirekte Zuordnung der Kosten zum Erzeugnis).

Die Kosten der Baustelleneinrichtung und -räumung gehören nach Pkt. 4.1 der DIN 18 299 (VOB/C) zu den **Nebenleistungen** (s. a. § 2 Nr. 1 VOB/B). Sie sind in die Einheitspreise einzurechnen, falls im Leistungsverzeichnis dafür keine Positionen (Ordnungszahlen) ausgewiesen sind. Dies gilt auch für die Vorhaltung der Baustelleneinrichtung während der Bauzeit, die den Bereitschaftskosten (Gemeinkosten) der Baustelle zuzurechnen ist.

**5.3.6 Zeichnerische Darstellung der Baustelleneinrichtungen im Einrichtungsplan**

Der Baustelleneinrichtungsplan ist ein maßstabsgerechter Lageplan. Er gibt im Ergebnis der Arbeitsvorbereitung einen visuellen Überblick über das Bauobjekt und die Elemente der Baustelleneinrichtung. Der Plan kann nur die Darstellung für einen bestimmten Bauzustand beinhalten. Deshalb ist eine besonders aussagefähige Phase des Bauablaufes zu wählen. Bei größeren und komplexen Baumaßnahmen ist der Baustelleneinrichtungsplan für verschiedene Bauzustände fortzuschreiben.

Bei der Erarbeitung des Planes sind **alle** Vorgänge auf der Baustelle zu berücksichtigen, damit es nicht zu Störungen auf der Baustelle – meist durch zu enge Platzverhältnisse oder Konflikte zwischen den verschiedenen Gewerken – kommt. Eine Variante des Baustelleneinrichtungsplans auf großen Baustellen, die unter den Geltungsbereich der Baustellenverordnung fallen, ist der Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan, den der Bauherr zu erstellen hat (vgl. Kap. 7.6.1.7, S. 277).



3. Nennen Sie die wesentlichen Bestandteile der BE!
4. Erläutern Sie die drei grundsätzlichen Baustellenarten, von denen die Struktur der Baustelleneinrichtung bestimmt wird!
5. Durch welche Einflüsse werden Umfang und Ausstattungsgrad der Baustelleneinrichtung bestimmt?
6. Welche Vorschriften (mindestens 3) treffen detaillierte Aussagen zur Sicherheit der auf dem Bau Beschäftigten und welche grundsätzlichen Problemstellungen bzw. Sachverhalte sind in diesen geregelt?

#### zu Kapitel 5.2

7. Welche sekundären Gebrauchseigenschaften kennzeichnen Turmdrehkrane und in welchen Fällen ist deren Beachtung besonders wichtig?
8. Welche Kriterien sind bei der Standortwahl von Baustellen-Turmdrehkranen zu berücksichtigen?
9. Wann bietet der Einsatz schienenfahrender Turmdrehkrane Vorteile?
10. Beschreiben Sie mindestens drei unterschiedliche Möglichkeiten des Kletterns von Turmdrehkranen!
11. Was sind so genannte Bereitstellungsmaschinen und wie erfolgt deren Planung für die BE? Geben Sie mindestens zwei Beispiele solcher Maschinen!
12. Welche Vorgänge finden auf einem Schalungsplatz statt und von welchen Faktoren wird dessen Größe bestimmt?
13. In welchen Fällen ist die Vorfertigung in einer Feldfabrik sinnvoll und wirtschaftlich? Geben Sie ein Beispiel!
14. Ingenieure achten auf exakte Definitionen: erläutern Sie den Unterschied zwischen Instandhaltung und Instandsetzung!
15. Nennen Sie Situationen, in denen Mischgutbereitungsanlagen direkt auf der Baustelle zum Einsatz kommen!
16. Geben Sie ein Beispiel für eine Materialaufbereitungsanlage und erläutern Sie deren Komponenten! Für welche Prozesse kommen solche Anlagen zum Einsatz?
17. Welche grundsätzliche produktionsorganisatorische Funktion erfüllt ein Lager auf der Baustelle?
18. Erläutern Sie die Ansätze für die Bemessung von Lagern!
19. Geben Sie Beispiele für Freiflächenlager auf Baustellen!
20. Nennen Sie mindestens vier unterschiedliche Beispiele für Baustellenunterkünfte!
21. Nennen Sie Einrichtungen für den Baustellenverkehr
22. Erläutern Sie drei Möglichkeiten der Anbindung von Baustellen an öffentliche Verkehrsbereiche und der sich dabei ergebenden Grundsätze der Verkehrsführung!
23. Welche grundsätzlichen Anforderungen sind an Baustraßen zu stellen?
24. Erläutern Sie Vor- und Nachteile sowie Anwendungsbereiche der verschiedenen Arten (Bauweisen) von Baustraßen!
25. Nennen Sie mindestens zwei Vorschriften, die bei Anlagen für Lagerung und Betankung von flüssigen und gasförmigen Energieträgern zu beachten sind! Was für Energieträger sind hier gemeint? Nennen Sie diese!
26. Welche Forderungen muss die Stromversorgungsanlage einer Baustelle erfüllen?
27. Was ist ein Speisepunkt (im Zusammenhang mit Baustromversorgungsanlagen)?
28. Welche elektrotechnischen Größen beinhaltet der Anschlusswert einer Baustromversorgungsanlage?
29. Erläutern Sie die Prioritäten für den Umgang mit Bauabfällen!
30. Erläutern Sie den Unterschied zwischen Baustellenschild und Bauschild!
31. Mit welchen Gefahren und Beeinträchtigungen aus der Umgebung ist beim Baustellenbetrieb zu rechnen?
32. Welchem Zweck dienen Erste-Hilfe-Räume auf Baustellen ausschließlich?
33. Erläutern Sie jeweils die Bestandteile des vorbeugenden und abwehrenden Brandschutzes auf Baustellen!
34. Was ist „Winterbau“?

#### zu Kapitel 5.3

35. Welche drei grundsätzlichen Kriterien sind für Entwurf und Planung der BE maßgebend?
36. Welchen Kostenbereichen im Leistungsverzeichnis können die Kosten der Baustelleneinrichtung zugeordnet werden?

## 5.5 Quellenangaben und Literaturhinweise zum Kapitel 5

### 5.5.1 Literatur

- [5-1] BauSi – Baustellensicherung an Straßen. – Wiesbaden: Moravia Verlag, 2008. – 88 S.
- [5-2] Bargstädt, H.-J.; Blickling, A.; Kath, T.: Optimierung der Planung von Baustelleneinrichtungen mit 3D-Technologien. – In: Hoch- und Tiefbau, Heft 1/2-2004, S. 24–27
- [5-3] Baucontainer: Raum für jeden Bedarf. – In: bd baumaschinendienst, Bad Wörishofen 40(2004)1, S. 19
- [5-4] Baugeräteliste 2001: BGL; technisch-wirtschaftliche Baumaschinendaten. – Wiesbaden, Berlin: Bauverlag, 2001
- [5-5] Bautechnik Fachkunde Bau für Maurer/Maurerinnen, Beton- und Stahlbetonbauer/Beton- und Stahlbetonbauerinnen, Zimmerer/Zimmerinnen und Bauzeichner/Bauzeichnerinnen (Europa-Fachbuchreihe für Bautechnik). – Haan-Gruiten: VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL Nourney, Vollmer, 2005. – 606 S.
- [5-6] Brüssel, W.: Baubetrieb von A bis Z. – Düsseldorf: Werner-Verlag, 2007. – 332 S.
- [5-7] Drees, G.; Sommer, H.; Eckert, G.: Zweckmäßiger Einsatz von Turmdrehkränen auf Hochbaustellen. – In: Baumaschine und Bautechnik, Wiesbaden 27 (1980) 12. – S. 822–843
- [5-8] Fleischmann, H. D.: Bauorganisation. – Düsseldorf: Werner Verlag, 1997
- [5-9] Hoffmann, M. (Hrsg.): Zahlentafeln für den Baubetrieb. – Stuttgart: B.G. Teubner, 2006. – 1042 S.
- [5-10] Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen – KLR Bau. Hrsg.: Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. und Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V. – Düsseldorf: Werner, 2001. – 123 S.
- [5-11] Künstler, G.: REFA in der Baupraxis – Teil 3: Arbeitsgestaltung. – Frankfurt/M.: ZTV-Verlag, 1984. – 194 S.
- [5-12] Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA). – Wiesbaden: Moravia Verlag: <http://www.moravia-verkehrsakademie.de/> (Abruf vom 22. 5. 2008)
- [5-13] Riker, R.: Maschinenteknik im Betonbau. – Berlin: Ernst und Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, 1996. – 729 S.
- [5-14] Rosenheinrich, G.: Baustelleneinrichtungsplanung. – Köln-Braunsfeld: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, 1988
- [5-15] Rybicki, R.: Bauausführung und Bauüberwachung – Recht, Technik, Praxis: Handbuch für die Baustelle: Werner Verlag, 1995. – 752 S.
- [5-16] Schach, R.; Otto, J.: Baustelleneinrichtung: Grundlagen – Planung – Praxishinweise – Vorschriften und Regeln. – Stuttgart: B.G. Teubner, 2008. – 362 S.
- [5-17] Töpfer, R.: Baustelleneinrichtungsplanung: Grundlagen für die manuelle und rechnergestützte Bearbeitung. – Renningen-Malmsheim: expert-Verlag, 2001
- [5-18] Wenk, G.: Fahrbahn von der Stange. – In: bd baumaschinendienst, Bad Wörishofen 39(2003)1, S. 10–14
- [5-19] Wirtschaftliche und sichere Baustelleneinrichtung, Teil 1: Planung von Elementen der Baustelleneinrichtung – Handlungshilfe (INQA: Initiative Neue Qualität der Arbeit). – Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2007. – 74 S.\*
- [5-20] Wirtschaftliche und sichere Baustelleneinrichtung, Teil 2: Planung der Baustelleneinrichtung – Handlungshilfe (INQA: Initiative Neue Qualität der Arbeit). – Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2007. – 62 S.\*
- [5-21] Schuster, A.: Untersuchung zur strukturierten Energiebedarfsermittlung für den baubetrieblichen Planungsprozess. – Weimar: Bauhaus-Univ., Professur Baubetrieb und Bauverfahren, 2005, Diplomarbeit
- \* Quellen [5-19] und [5-20] sind unter <http://www.inqa.de/Inqa/Navigation/publikationen.html> (letzter Abruf 22. 5. 2008) abrufbar.

### 5.5.2 DIN-Normen (Auswahl)

- [5-22] DIN 1961: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen; Ausg. 10/2006
- [5-23] DIN 4 124: Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau; Ausg. 10/2002
- [5-24] DIN 15 001-1: Krane; Begriffe, Einteilung nach der Bauart; Ausg. 11/1973
- [5-25] DIN 15 001-2: Krane; Begriffe, Einteilung nach der Verwendung; Ausg. 07/1975
- [5-26] DIN 18 299: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Allgemeine Regeln für Bauarbeiten jeder Art; Ausg. 10/2006

- [5-27] DIN 18920: Vegetationstechnik im Landschaftsbau, Schutz von Bäumen, Pflanzenbeständen und Vegetationsflächen bei Baumaßnahmen; Ausg. 08/2002
- [5-28] DIN 31 051: Grundlagen der Instandhaltung; Ausg. 06/2003
- [5-29] DIN ISO 668: ISO-Container der Reihe 1 – Klassifikation, Maße, Gesamtgewichte; Ausg. 10/1999

### 5.5.3 Gesetze und Vorschriften (Auswahl, es gilt die aktuellste Fassung)

#### Gesetze

- [5-30] Arbeitsstätten-Richtlinien (siehe z. B. [http://bb.osha.de/good\\_practice/wmiw/arbst/zasr\\_te.htm](http://bb.osha.de/good_practice/wmiw/arbst/zasr_te.htm), Abruf vom 28.7.2008)
- [5-31] 32. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, 32. BImSchV – Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung vom 29. August 2002 (BGBl. I Nr. 63 vom 5.9.2002 S. 3478)
- [5-32] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen – vom 19. August 1970 (Beilage zum BAnz. Nr. 160)
- [5-33] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG)
- [5-34] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen vom 27. September 1994 – Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG
- [5-35] Musterbauordnung (MBO) – Fassung November 2002 (<http://www.bauordnungen.de/html/mbo.html>, Abruf vom 12.8.2008)
- [5-36] Verordnung über Arbeitsstätten ArbStättV – Arbeitsstättenverordnung vom 12. August 2004 (BGBl. I Nr. 44 vom 24.8.2004 S. 2179)
- [5-37] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes, BetrSichV – Betriebssicherheitsverordnung vom 27. September 2002 (BGBl. I Nr. 70 vom 2.10.2002 S. 3777; 25.11.2003 S. 2304; 6.1.2004 S. 2)
- [5-38] Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV)

#### Unfallverhütungsvorschriften, Regeln und Informationen der gewerblichen Berufsgenossenschaften

- BGV A1 BG-Vorschrift „Grundsätze der Prävention“
- BGV A8 BG-Vorschrift „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz“
- BGV C22 BG-Vorschrift „Bauarbeiten“
- BGV D6 BG-Vorschrift „Krane“
- BGV D7 BG-Vorschrift „Bauaufzüge“
- BGV D8 BG-Vorschrift „Winden, Hub- und Zuggeräte“
- BGV D21 BG-Vorschrift „Schwimmende Geräte“
- BGV D28 BG-Vorschrift „Rammen“
- BGV D33 BG-Vorschrift „Arbeiten im Bereich von Gleisen“
- BGI 600 BG-Information „Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Auswahl und Betrieb ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel nach Einsatzbereichen“
- BGI 608 BG-Information „Auswahl und Betrieb elektrischer Anlagen und Betriebsmittel auf Baustellen“ (siehe z. B. unter [http://www.bgfe.de/bilder/pdf/bgi\\_608\\_a12-2004.pdf](http://www.bgfe.de/bilder/pdf/bgi_608_a12-2004.pdf), Abruf vom 14.8.2008)
- BGI 759 BG-Information „Künstliche Beleuchtung für Arbeitsplätze und Verkehrswege im Freien und auf Baustellen“ (zurückgezogen)
- BGI 867 Auswahl und Betrieb von Ersatzstromerzeugern auf Bau- und Montagestellen (siehe z. B. unter [http://www.bgfe.de/bilder/pdf/bgi\\_867\\_a10-2005.pdf](http://www.bgfe.de/bilder/pdf/bgi_867_a10-2005.pdf), Abruf vom 14.8.2008)
- BGR A1 BG-Regel „Grundsätze der Prävention“
- BGR 128 BG-Regel „Kontaminierte Bereiche“  
kostenloser Abruf dieser Dokumente unter:  
<http://www.arbeitssicherheit.de/> und <http://www.infopool-bau.de/>, letzter Abruf vom 14.8.2008

## 6 Grundlagen des Baubetriebs

### 6.1 Besonderheiten der Bauproduktion

#### 6.1.1 Der Prototyp Bauwerk

##### 6.1.1.1 Grundsätzliches

Grundsätzlich ist festzustellen:

- Bauwerke sind hochwertige Gebrauchs-, Investitions- und auch Kulturgüter.
- Bauwerke sind teuer, immobil und werden für eine lange Nutzungsdauer errichtet.
- Bauwerke werden i. d. R. eigens für einen bestimmten Standort konzipiert und (nur) für diesen optimal ausgelegt.
- In der Regel sind Bauwerke Unikate.
- Jedes Bauwerk verändert nachhaltig die Umwelt. Eine Fehlentscheidung wird sich über viele Jahre auswirken.
- An der Errichtung und dem Betrieb eines Bauwerks sind viele Personen und Instanzen beteiligt.
- Errichtung, Betrieb und Beseitigung von Bauwerken sind mit hohen Kosten verbunden.
- Kleine Fehler in Planung oder Bauausführung können große Folgen haben.

Jedes Orchester probt vor einer Konzertaufführung intensiv bis alles klappt. Bauwerke werden ohne Probe errichtet, die Abläufe können nur virtuell geprobt werden. Deshalb sollten alle Beteiligten gut überlegen, bevor sie Baumaßnahmen in Angriff nehmen.

Es besteht ein Zusammenhang zwischen den Interessen des Bauherrn hinsichtlich Bauzeit, Baukosten, Bauqualität und den Interessen der Unternehmer an Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Gesundheitsschutz.

Das Baubetriebswesen ist auf die Bauprozesse gerichtet. Im Lebenszyklus von Bauwerken spielt jedoch die Nutzungsphase (Betriebsphase) die herausragende Rolle. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass technische, sicherheitstechnische und wirtschaftliche Qualität in der Nutzungsphase wesentlich bei der Projektierung und Errichtung der Bauwerke bestimmt werden.

##### 6.1.1.2 Der Lebenszyklus von Bauwerken

Der Lebensweg eines Bauwerks kann sich über mehrere Jahrhunderte erstrecken. Eine Bauaufgabe durchläuft die in Abb. 6.1 sehr vereinfacht dargestellten Stadien. Am Anfang steht immer die Idee des Bauherrn, die sich auch in mehreren Etappen (leider u. U. bis zur Fertigstellung des Bauwerks) äußern kann.

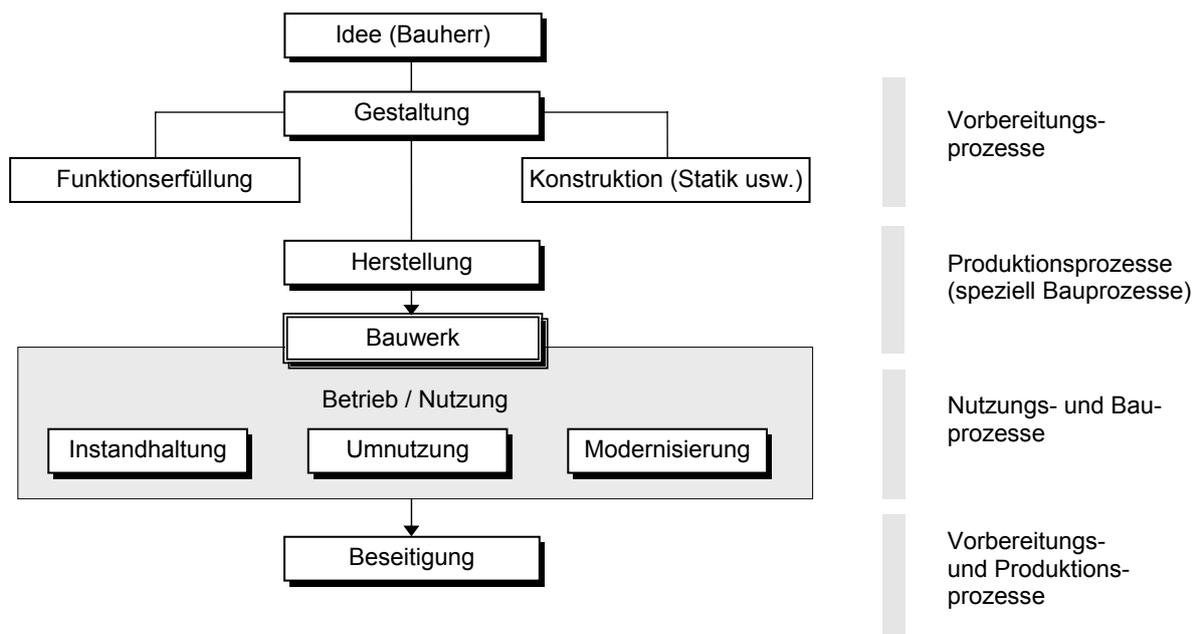


Abb. 6.1 Lebensweg eines Bauwerks

### 6.1.1.3 Das Unikat Bauwerk

Bauwerke werden oft nur einmal wie geplant gebaut. Wiederholungen gibt es selten. Auch wenn ein neu zu errichtendes Bauwerk konstruktiv mit einem bereits vorhandenen übereinstimmt, so sind oft die Einbindung in die Umgebung, der Baugrund oder die Geländeform unterschiedlich. Das bedeutet, dass jedes Mal der gesamte Produktionsprozess auf dieses eine Werk, dieses Unikat, neu ausgerichtet werden muss. Auch die Beteiligten am Bau (vgl. auch Kap. 6.2) müssen sich immer wieder neu arrangieren.

Allerdings gibt es sich wiederholende Bestandteile von Bauwerken. Sie bieten erhebliche Rationalisierungsansätze. Standardisierung von Bauelementen, Vorfertigung und Typisierung von technologischen Prozessen ermöglichen es, Bauprozesse immer mehr zu vervollkommen, mit Erfahrungen anzureichern und dadurch die Risiken zu reduzieren, Zeitaufwand und Kosten zu senken.

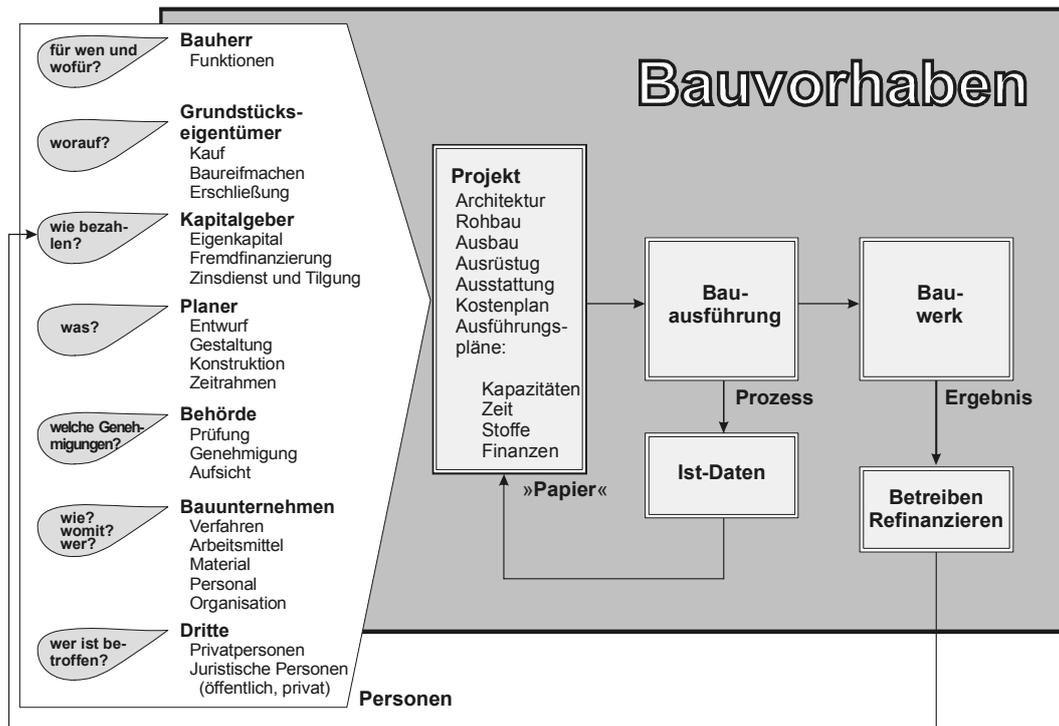


Abb. 6.2 Beteiligte an einem Bauvorhaben

### 6.1.1.4 Besonderheiten der Erzeugnisse und Prozesse der Bauwirtschaft

- **Einzelplanung** (Jedes Objekt ist anders.)
- **Auftragsfertigung** (keine Produktion auf Vorrat ⇒ Zeitfaktor! / „Gunst der Stunde“)
  - ausgeprägte Abhängigkeit von Kapazitätsbedarf und Kapazitätsauslastung von der sich innerhalb kurzer Zeit ändernden Auftragslage
  - Erzeugnis ist nicht das geistige Produkt des Herstellers (sondern das des Bauherrn und seiner Planer)
- **Standortbindung**
  - Betriebsmittel, Personal, Material müssen zum Standort gebracht oder am Standort beschafft werden ⇒ Anbindung an die örtliche technische und soziale Infrastruktur
  - Zugänglichkeit der Baustelle (Zufahrten) – auch zur Beräumung nach Fertigstellung des Objektes!
  - Baugrund beeinflusst bautechnische Lösung
- starke Abhängigkeit von den **Witterungseinflüssen** (Wind, Regen, Frost; Schnee, Hochsommer...)
- hoher Anteil lebendiger Arbeit ⇒ **lohnintensiv!**
- **Arbeitsteilung** bei Planung und Ausführung:
  - ein Bauunternehmen ist nur selten Finalproduzent
  - dennoch: ⇒ Trend zur Vergabe kompletter Leistungspakete („Schlüsselfertiges Bauen“)

### 6.1.2 Planung von Bauwerken

Bei der Planung wird eine auf die Nutzerforderungen und Standortspezifisch ausgerichtete **bautechnische Lösung** konzipiert und ausgestaltet. Grundsätzlich geht sie von den funktionellen Anforderungen an das Bauwerk aus, die im gestalterischen Konzept des Architekten ihre Umsetzung finden. Die bautechnische Lösung ist i. d. R. ein ganzheitlicher Kompromiss der konstruktiven und technologischen Planung, vor allem aus Sicht der wirtschaftlichen, umweltverträglichen und sicheren Umsetzung.

Die einzelnen Planungsschritte für ein Bauwerk werden nachfolgend in Anlehnung an eine auf dem Planungssektor gebräuchliche Einordnung vorgestellt, die in der HOAI, der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure [6-32] dargelegt ist.

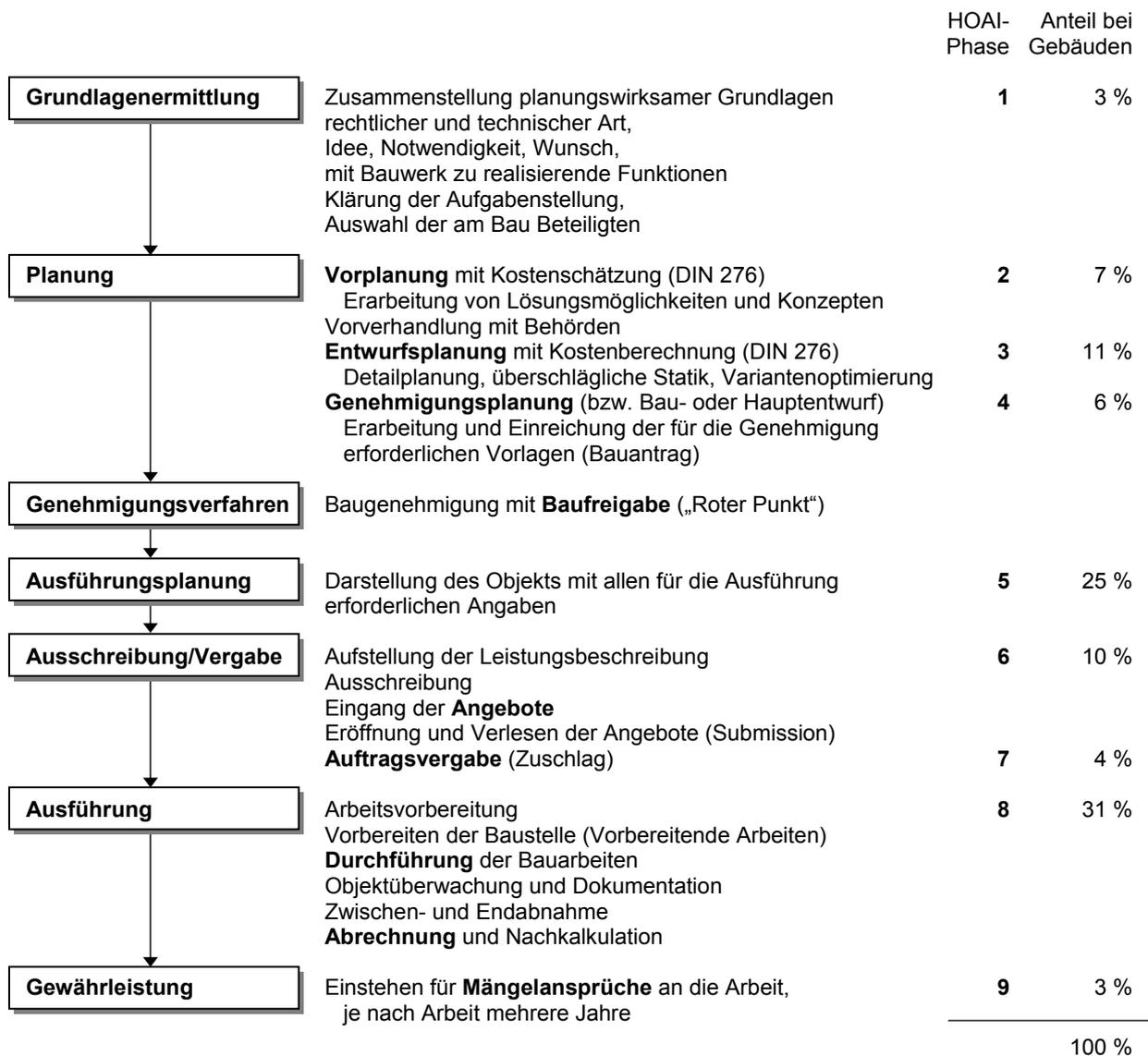


Abb. 6.3 Ablauf eines Bauprojekts von der ersten Idee bis zur Ingebrauchnahme aus der Sicht der Planung

Bei der **Grundlagenermittlung** werden die Aufgabenstellung geklärt und die an der Planung Beteiligten ausgewählt. Grundlagen und Randbedingungen der Baumaßnahme sind zu ermitteln, der Leistungsbedarf zu beraten. Die Ergebnisse werden für die weiteren Bearbeitungsschritte zusammengefasst.

In der **Vorplanung** erfolgen die Analyse der Grundlagen, Abstimmungen über die Ziele, das Aufstellen eines Zielkatalogs, die Erarbeitung eines Planungskonzeptes und der Lösungsmöglichkeiten – ggf. in mehrere Varianten – sowie zeichnerischer Darstellungen. Vorverhandlungen mit Behörden und anderen fachlich Beteiligten werden geführt und die Kostenschätzung nach DIN 276 vorgenommen.

Mit dem Konzept, das sich aus der Zusammenstellung aller Vorplanungsergebnisse ergibt, werden also die Ziele definiert und die Grundlagen für das Bauwerk festgelegt. Es ist die Arbeitsgrundlage für die an der Planung Beteiligten. Hier ist auch zu klären, ob der Ingenieur die wichtigsten Erfordernisse des Bauherrn richtig übernommen hat, um das zutreffende Ingenieurmodell wählen zu können.

Bei der **Entwurfsplanung** wird das Planungskonzept unter Berücksichtigung funktionaler, wirtschaftlicher und technischer Aspekte durchgearbeitet. Die Leistungen anderer an der Planung fachlich Beteiligter werden integriert, Verhandlungen mit Behörden geführt und die Kosten nach DIN 276 berechnet. Ergebnisse sind die Objektbeschreibung mit Erläuterung, die zeichnerische Darstellung des Gesamtentwurfs, vollständig durchgearbeitete Entwurfszeichnungen – i. d. R. im Maßstab 1:100.

Im Rahmen der **Genehmigungsplanung** wird die Bauvorlage nach den öffentlich-rechtlichen Vorschriften, einschließlich der Integration der anderen fachlich Beteiligten sowie Formulierung von Befreiungs- und Ausnahmeanträgen, erarbeitet. Es folgen das Einreichen dieser Unterlagen, das Einholen von Zustimmungen und Genehmigungen und anschließend das Vervollständigen und Anpassen der Planungsunterlagen, Beschreibungen und Berechnungen. In dieser Phase wird also die Genehmigungsfähigkeit in Bezug auf öffentliches Recht und in Bezug auf Standsicherheit und öffentliche Sicherheit geprüft. Ergebnis ist die Baugenehmigung mit **Baufreigabe** („Roter Punkt“, Abb. 6.4).

Abb. 6.4 Muster eines Baustellenschildes zur Baugenehmigung

Bitte in Klarsichthülle an der Baustelle anbringen

# Baustellenschild

<b>Bauvorhaben</b>	Baugenehmigung vom / Aktenzeichen <sup>1)</sup> :	145-FG / 2000
	Eingangstermin der Bauanzeige <sup>1)</sup> :	
	Genauere Bezeichnung des Vorhabens <sup>2)</sup> :	Umbau, Sanierung und Modernisierung Mehrfamilienhaus mit 3 Stellplätzen und Freiflächengestaltung
	Straße, Hausnummer, Ortsteil:	Belvederer Allee 25
	Gemarkung, Flur, Flurstück:	Weimar 57 478
<b>Entwurfsverfasser<sup>2)</sup></b>	Name, Anschrift, Telefon:	Georg Mustermann Pappel Allee 12 99423 Weimar
	Name, Anschrift, Telefon:	
<b>Unternehmer für den Rohbau<sup>2)</sup></b>	Name, Anschrift, Telefon:	
	Name, Anschrift, Telefon:	
großer roter Punkt		
weitere Angaben <sup>1)</sup> :		
		Dipl. Ing. Fleischer Amtsleiter
Datum und Siegel der Behörde		
Bei der Ausführung genehmigungsbedürftiger oder anzeigebedürftiger Bauvorhaben nach Thüringer Bauordnung (ThürBO) hat der Bauherr an der Baustelle ein Schild, das die Bezeichnung des Bauvorhabens und die Namen und Anschriften des Entwurfsverfassers und der Unternehmer für den Rohbau enthalten muss, dauerhaft und von der öffentlichen Verkehrsfläche aus sichtbar anzubringen (§ 14 Abs. 3- ThürBO)		
1) freiwillige Angaben gem. §§ 62, 62b ThürBO		
2) Pflichtangaben		

Die **Ausführungsplanung** umfasst das Durcharbeiten der Ergebnisse der vorherigen Leistungsphasen, das Erstellen der zeichnerischen Darstellung mit allen für die Ausführung notwendigen Einzelangaben, zum Beispiel endgültige, vollständige Ausführungs-, Detail- und Konstruktionszeichnungen im Maßstab 1:50 bis 1:1 (Hoch- und Ingenieurbau, vgl. DIN 1 356, Teil 1 [6-45]).

Die **Vorbereitung der Vergabe** umfasst das Ermitteln und Zusammenstellen von Mengen als Grundlage für das Aufstellen von Leistungsbeschreibungen unter Verwendung der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter, das Aufstellen von Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnissen nach Leistungsbereichen sowie das Abstimmen und Koordinieren der Leistungsbeschreibungen der an der Planung fachlich Beteiligten.

Die **Mitwirkung bei der Vergabe** umfasst das Zusammenstellen der Verdingungsunterlagen für alle Leistungsbereiche, das Einholen, Prüfen, Werten der Angebote (Angebotsbearbeitung), das Aufstellen eines Preisspiegels nach Teilleistungen unter Mitwirkung der anderen fachlich Beteiligten, die Zusammenstellung des Kostenanschlages nach DIN 276 aus den Angebotspreisen, die Verhandlung mit Bietern und die Mitwirkung bei der Auftragserteilung.

Die **Objektüberwachung** (Bauüberwachung) beinhaltet die Überwachung der Ausführung des Objektes in Bezug auf Übereinstimmung mit der Baugenehmigung, Ausführungsplanung, Leistungsbeschreibung, Bauablaufplan und geltenden Vorschriften. Ein Bautagebuch ist zu führen. Schließlich werden die Bauleistungen abgenommen und das Objekt an den Auftraggeber übergeben.

**Objektbetreuung und Dokumentation** beinhalten Objektbegehungen zur Mängelfeststellung und -beseitigung sowie das Mitwirken bei der Freigabe von Sicherheitsleistungen. Die festgestellten Mängel sind innerhalb der Fristen für das Stellen von Mängelansprüchen zu beseitigen. Schließlich sind die Planliste und Fotodokumentation zusammenzustellen und Kostenrichtwerte zu bilden.

### 6.1.3 Bauausführung

Alles, was im Baubetrieb geschieht, dreht sich um den **Auftrag**. Im Erlangen und Realisieren von Aufträgen liegt die Zweckbestimmung des Bauunternehmens. Der Auftrag sichert dem Unternehmen die Existenz.

Der Bauherr schreibt die zu erstellenden Bauleistungen aus. Das Bauunternehmen, welches sich an der Ausschreibung beteiligen will, fordert die Ausschreibungsunterlagen an, unterbreitet ein Angebot auf der Basis seiner Angebotskalkulation und bewirbt sich mit diesem Angebot um den Auftrag. Nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit erhält das Unternehmen auf sein Angebot den Auftrag (Zuschlag).

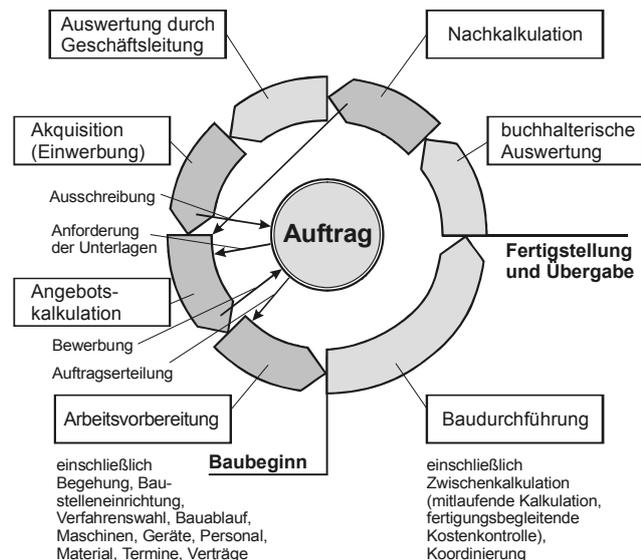


Abb. 6.5 Vorgangskreis um den Auftrag als Mittelpunkt

Im Schema ist die außerordentlich wichtige Rückkopplung aus der Nachkalkulation zur Angebotskalkulation ersichtlich, die der permanenten Aktualisierung und Präzisierung der Datenbasis dient.

Mit der Auftragserteilung, dem Erhalt des „Zuschlags“, beginnt im Bauunternehmen die **Arbeitsvorbereitung**, um die Bauausführung durch die detaillierte Vorbereitung abzusichern (vgl. Kap. 6.2.3.3).

Mit der Übernahme eines Auftrags verpflichtet sich das Bauunternehmen als **Auftragnehmer** gegenüber dem **Auftraggeber**, eine bestimmte **Bauleistung** zu erbringen. Dazu müssen im Betrieb bestimmte **Bauarbeiten** erledigt werden.

- **Bauleistungen** sind Arbeiten jeder Art, durch die in einer bestimmten Frist eine bauliche Anlage hergestellt, instand gehalten, geändert oder beseitigt wird (vgl. KLR Bau [6-26, S. 24], § 1 VOB/A).

Leistungen sind hier, im Gegensatz zum physikalischen Leistungsbegriff, der wertmäßige Ausdruck der von einer Unternehmung erzeugten Güter. Sie sind entweder innerbetriebliche Leistungen oder Absatz.

Die Bauleistungen werden im Rahmen der **Leistungsrechnung** ermittelt. Dazu sind (vgl. [6-26, S. 85])

- die geleisteten Mengen zu erfassen, z. B. durch Leistungsaufmaß, Arbeits- und Gerätestundenberichte, Stoffverbrauchsberichte,
- der Wert der geleisteten Mengen durch Multiplikation mit den vereinbarten Einheitspreisen zu ermitteln.

- **Bauarbeiten** sind Arbeiten zur Erbringung einer Bauleistung. Sie umfassen bauhandwerkliche oder bauinterielle Maßnahmen (im Rahmen der Fertigung, also ausschließlich der geistigen Vorarbeiten bei Planung und Projektierung), mit denen Bauwerke unmittelbar geschaffen, erhalten, verändert oder beseitigt werden, einschließlich aller Vorbereitungs- und Abschlussarbeiten.

Nach **Fertigstellung** des Bauwerks erfolgt die **Abnahme** durch den Auftraggeber. Liegen wesentliche Mängel vor, so kann er diese bis zu deren Beseitigung verweigern (vgl. § 12 VOB). Mit der Abnahme der Bauleistung beginnt die Frist für **Mängelansprüche**. Dieser Anspruch zur Beseitigung von Mängeln beträgt 4 Jahre nach § 13 VOB/B.

Gemäß § 13 Nr. 1 VOB/B ist eine Leistung mangelfrei, wenn sie die mit dem Auftraggeber „vereinbarte Beschaffenheit“ hat und die anerkannten Regeln der Technik eingehalten wurden (neuer **Mangelbegriff**).

### 6.1.4 Betrieb von Bauwerken

Nach der Übernahme des Bauwerks folgen Inbetriebnahme, ggf. eine Erprobungsphase und sodann die Nutzung. In diesem Zusammenhang sind Begriffe, wie „Facility Management“ und „spätere Arbeiten am Bauwerk“, relevant, da sie einen engen Bezug zur Errichtung der Bauwerke haben.

**Facility Management** ist ein integrierter unternehmerischer Prozess der Planung, Kontrolle und Bewirtschaftung von Gebäuden, Anlagen und Einrichtungen unter Berücksichtigung von Arbeitsplatz und Arbeitsumfeld, der eine flexible Nutzung, hohe Arbeitsproduktivität und Kapitalrentabilität zum Ziel hat. Er umfasst die Betrachtung, Analyse und Optimierung aller kostenrelevanten Vorgänge rund um ein Gebäude, ein anderes bauliches Objekt oder eine im Unternehmen erbrachte (Dienst-)Leistung, die nicht zum Kerngeschäft gehören<sup>24</sup>.

**Spätere Arbeiten am Bauwerk** stehen im Zusammenhang mit der Baustellenverordnung [6-43]. Sie umfassen in erster Linie vorhersehbare Arbeiten an baulichen Anlagen – vor allem Instandhaltungsarbeiten (vgl. DIN 4426 [6-46] und DIN 31051 [6-49]). Für deren sichere Durchführung sind bereits bei der Errichtung der Bauwerke bestimmte spezielle bauliche Maßnahmen erforderlich.

In der oft langen Nutzungsdauer sind regelmäßig Instandhaltungsmaßnahmen – auch baulicher Art – vorzunehmen. Veränderte Nutzungskonzepte und technische Weiterentwicklungen können zu Umbau-, Erweiterungs-, oder Modernisierungsmaßnahmen führen.

- **Instandhaltung** (vgl. DIN 31051 [6-49]) ist ein in allen Industriezweigen einheitlich zu gebrauchender Begriff. Er beinhaltet die Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Betrachtungseinheit zur Erhaltung ihres funktionsfähigen Zustandes oder der Rückführung in diesen. Sie wird untergliedert in
  - **Wartung**, die alle Maßnahmen zur Erhaltung des Soll-Zustands des Objekts, wie Reinigungs- und Pflegearbeiten umfasst,
  - **Inspektion**, die Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes einer Betrachtungseinheit einschließlich der Bestimmung der Ursachen der Abnutzung und dem Ableiten der notwendigen Konsequenzen für eine künftige Nutzung beinhaltet,
  - **Instandsetzung**, die alle Maßnahmen zur Wiederherstellung des zum bestimmungsgemäßen Gebrauch geeigneten ursprünglichen Zustands eines Objekts beinhaltet und Reparaturen oder den Austausch verschlissener Baugruppen einschließt,
  - **Verbesserung** als Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements zur Steigerung der Funktionssicherheit einer Betrachtungseinheit, ohne die von ihr geforderte Funktion grundlegend zu ändern.
- **Umbau** bedeutet die Umgestaltung eines vorhandenen Objekts mit wesentlichen Eingriffen in Konstruktion oder Bestand.
- **Erweiterungsbau** bedeutet die Ergänzung eines vorhandenen Objekts mit wesentlichen Eingriffen in Konstruktion oder Bestand.
- **Modernisierung** ist der Austausch von Baugruppen, um dadurch den Anforderungen aus aktuell geltenden Regeln der Technik gerecht zu werden und den Gebrauchswert von Gebäuden zu erhöhen.

Im Bauwesen gebräuchlich sind – vor allem beim Bauen im Bestand – auch die nachfolgenden Begriffe. Leider werden sie, teils in Verbindung mit den oben genannten, nicht einheitlich gebraucht.

- **Sanierung**: Maßnahmen, die der Schaffung gesunder Lebensverhältnisse dienen, durch die Bauwerke für einen weiteren Zeitraum bewohn- bzw. benutzbar gemacht und städtebauliche Missstände behoben werden,
- **Umnutzung**, bei der ein Bauwerk einen anderen Verwendungszweck erhält und dafür ertüchtigt wird,
- **Revitalisierung**: Maßnahmen zur Herstellung eines erneuten Gebrauchswertes verschlissener oder nicht mehr gebrauchsfähiger Bauwerke, bei erheblich veränderter neuer Nutzung gegenüber der ursprünglichen,
- **Rekonstruktion** (Wiederaufbau) als Wiederherstellung oder Nachbildung eines geschädigten oder nicht mehr vorhandenen Bauwerks in seinem ursprünglichen Zustand.

---

<sup>24</sup> vgl. Deutscher Verband für Facility Management e.V.: <http://www.gefma.de/>, Aufruf vom 29.03.2005

### 6.1.5 Endverwertung von Bauwerken

Am Ende seines Lebensweges muss das Bauwerk beseitigt werden. Dann sind Abbruch- und Demontearbeiten notwendig. Diese sind als Teilabbrüche auch Bestandteile von Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen. Abbrucharbeiten umfassen das Herauslösen von Bestandteilen aus dem Bauwerk, deren Zerkleinerung und ggf. primäre Aufbereitung vor der Zuführung zur weiteren Verarbeitung.

Beeinflusst durch das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz ist der konventionelle (undifferenzierte) Abbruch weitgehend durch selektiven Abbruch, Rückbau und Demontage ersetzt, um die Abbruchmassen verwerten oder direkt wieder verwenden zu können. In DIN 18 007 [6-47] sind die wichtigsten Begriffe festgeschrieben.

**Abbruchstrategien** sind

- **globaler** Abbruch – das Bauwerk wird undifferenziert abgebrochen und entsorgt,
- **selektiver** Abbruch – das Abbruchmaterial wird recyclinggerecht gewonnen und damit einer Wiederverwertung zuführbar,
- **Rückbau** als Bauen in umgekehrter Reihenfolge, der demontageähnliche Abriss von Nichtmontageobjekten zum Zwecke der Wiederverwendung von Einzelbauelementen.

**Demontearbeiten** sind mehr als Umkehrung der Montage zu sehen – allerdings verbunden mit besonderen Umständen, die aus der vorhergehenden Nutzung, der Alterung, natürlichem Verschleiß und Verschmutzung folgen und vor allem die Gefahrstoffproblematik tangieren. Wesentliches Ziel von Demontagen ist das Erhalten von Form und Funktionsfähigkeit der Bauwerksteile zum Zwecke der Wiederverwendung.

**Reinigungsarbeiten** bilden den Abschluss des Abbruchs von Bauwerken. Sie beinhalten das Entfernen von Restmengen bis zu einem bestimmten Sauberkeitsgrad. Solche Arbeiten müssen den Abbruch aber auch regelmäßig begleiten, um Unfallgefahren vorzubeugen und bei Selektion Sortenreinheit zu erzielen.

Vor den eigentlichen Abbrucharbeiten stehen das Entrümpeln und Entkernen der abzubrechenden Bauwerke:

- Das **Entrümpeln** beinhaltet die Beseitigung von „Gerümpel“, also nicht befestigten ortsveränderlichen Materialien und Gegenständen, z. B. Mobiliar, Heimtextilien.
- Das **Entkernen** bedeutet die Beseitigung von Objekten aus dem Bauwerk, die keinen Einfluss auf dessen Standsicherheit ausüben. Entkernungsarbeiten sind in der Regel Voraussetzung für das Sprengen von Bauwerken, um sortenreine Abbruchmassen zu erhalten.

Bei der wirtschaftlichen und umweltverträglichen Endverwertung von Bauwerken werden Forderungen nach nachhaltigem Bauen deutlich. **Nachhaltigkeit** bedeutet, die Umwelt zu schonen und den Blick auf zukünftige Generationen zu richten. Deshalb sind solche Baukonstruktionen, Baustoffe und Bauverfahren zu bevorzugen, die Bauwerke ergeben, die einen wirtschaftlichen und Ressourcen schonenden Betrieb ermöglichen und am Schluss ihrer Nutzung wirtschaftlich und umweltverträglich in den Stoffkreislauf zurückgeführt werden können<sup>25</sup>.

### 6.1.6 Die Bauwirtschaft

Die **Bauwirtschaft** ist (im Gegensatz zur gleich lautenden Bezeichnung in Kap. 1.1) eine Sammelbezeichnung für alle am Baugeschehen beteiligten Branchen, wie z. B. das Baugewerbe, Architekten- und Ingenieurbüros, die Baustoffindustrie, Baurärgergesellschaften usw. (vgl. Abb. 6.6 auf S. 180).

In der Statistik versteht man das **Baugewerbe** als Oberbegriff für das Bauhaupt- und Ausbaugewerbe. Im Baugewerbe sind zu unterscheiden (vgl. [6-21, S. 165]):

- **Bauindustrie:** umfasst vor allem Unternehmen des Bauhauptgewerbes, die an die IHK (Industrie- und Handelskammer) angeschlossen sind,
- **Bauhandwerk:** umfasst hauptsächlich Unternehmen des Bauhaupt- und Ausbaugewerbes, die in die Handwerksrolle eingetragen sind.

Beachte: Die amtliche Gliederung unterliegt Veränderungen, vor allem beeinflusst durch die Entwicklung in der Europäischen Gemeinschaft (EG-Wirtschaftszweigsystematik NACE<sup>26</sup> Bau) – (vgl. [6-21, S. 162]).

<sup>25</sup> vgl. [http://www.bmvbs.de/Anlage/original\\_8183/Leitfaden-Nachhaltiges-Bauen.pdf](http://www.bmvbs.de/Anlage/original_8183/Leitfaden-Nachhaltiges-Bauen.pdf) (Aufruf vom 8. 8. 2008)

<sup>26</sup> Nomenclature générale des activités économiques dans les Communautés Européennes (Allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige in den Europäischen Gemeinschaften)

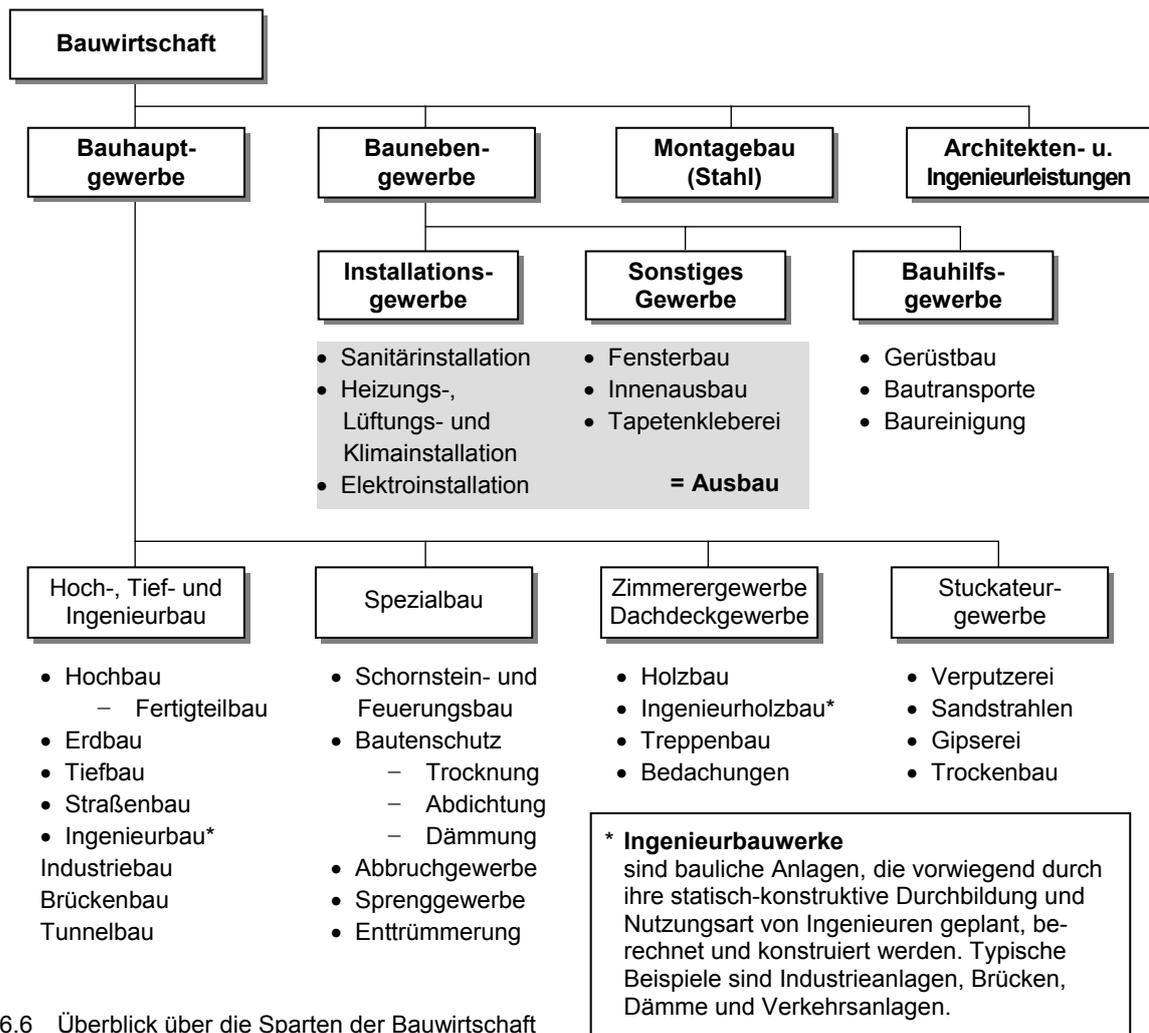


Abb. 6.6 Überblick über die Sparten der Bauwirtschaft

Interessant ist, dass der überwiegende Teil der Beschäftigten in kleinen bis mittleren Unternehmen tätig ist. Nur etwa 30 % der Beschäftigten arbeiten in Unternehmen mit mehr als 100 Mitarbeitern. Dennoch beeindruckt die Bauleistungen gerade großer Bauunternehmen, die sich an technisch außerordentlich anspruchsvolle und imposante Bauvorhaben heranwagen können.

Die Bauwirtschaft ist ein großer Arbeitgeber. Im Jahr 2006 waren 2,6 Mio.<sup>27</sup> Arbeitnehmer in der Bauwirtschaft beschäftigt.

Die Interessen der Tarifvertragsparteien vertreten **Bauverbände**.

Tab. 6-1 Bauverbände in der BRD

Organisation	Industrie	Handwerk	Gewerkschaften
Zentralorgan	Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI)	Zentralverband des Deutschen Handwerks e.V. (ZDH)	Deutscher Gewerkschaftsbund (DGB)
	Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (BDA)		
Spitzenverbände <sup>28</sup>	Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.	Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V.	Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt
Mitglieder	industrielle Bauunternehmen	handwerkliche Bauunternehmen	abhängige Bauschaffende

<sup>27</sup> nach Angaben der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft: 2.645.000 Versicherte im Jahr 2006

<sup>28</sup> sind Tarifpartner, die allgemeinverbindliche Tarifverträge (z. B. Rahmentarifvertrag, Lohntarifvertrag) abschließen, die Angestelltengewerkschaft (DAG) ebenfalls

## 6.2 Die am Bau Beteiligten

### 6.2.1 Überblick

Am Bau ist eine ganze Reihe von Personen und Organisationen, Ämtern und Unternehmen beteiligt. Das Baugeschehen unterliegt einer Ordnung, die sich aus dem Zusammenwirken verschiedener Gruppen mit unterschiedlichen Aufgabengebieten ergibt.

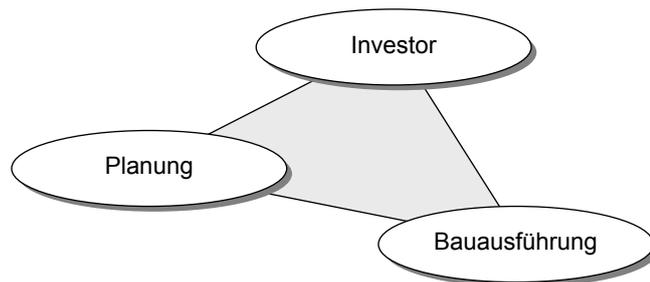


Abb. 6.7 Beziehungsdreieck um das Bauprojekt

Die wichtigsten Personen sind nachstehend genannt.

Der **Bauherr** (Investor, Auftraggeber, AG) ist die Person, die eine Baumaßnahme in Auftrag gibt. Als Eigentümer der in Planung oder Bau befindlichen baulichen Anlage trägt er die Verantwortung für die erforderlichen Anzeigen und Nachweise nach den öffentlich-rechtlichen Vorschriften (insbes. LBO). Er ist der rechtliche Partner der Bauaufsichtsbehörde und somit ihr gegenüber verantwortlich.

Der **Entwurfsverfasser** (Planer, i. d. R. Architekt) ist der fachlich Geeignete für die Erstellung des Entwurfes, muss also über die Sachkunde und Erfahrung zur Vorbereitung des jeweiligen Bauvorhabens verfügen. Nur er darf Bauvorlagen erarbeiten (Bauvorlageberechtigung nach LBO: haben Architekten und – nicht in allen Bundesländern – Bauingenieure). Ggf. hat er Fachplaner hinzuzuziehen. Die häufigsten sind Gebäudetechnik-Fachplaner, Tragwerksplaner sowie Gründungsberater. Außerdem sind mehr oder weniger Planer für Außenanlagen, Erschließung, Fassade, Schall- und Wärmeschutz, Brandschutz sowie Innengestaltung einzubeziehen.

Der **Unternehmer** (Ausführender) trägt nach Übernahme des Auftrags die Verantwortung für die ordnungsgemäße Ausführung des Bauwerks anhand der genehmigten Bauvorlagen entsprechend den Regeln der Technik sowie für die ordnungsgemäße Einrichtung der Baustelle und deren sicheren Betrieb. **Nachunternehmer** (NU), auch Subunternehmer genannt, erbringen ihre Leistung im Auftrag des **Hauptunternehmers** (HU). Sie selbst können u. U. weitere NU beauftragen. **Lieferanten** handeln oder erbringen ihre Leistung vorab und liefern ein fertiges Produkt auf die Baustelle, wo es von anderen Beteiligten eingebaut wird.

**Projektsteuerer** übernehmen im Wesentlichen Auftraggeber-Funktionen bezüglich der Koordinierung des Gesamtprojektes, der Aufstellung und Überwachung von Termin-, Organisations- und Zahlungsplänen. Sie haben den Auftraggeber laufend zu informieren, um rechtzeitig Entscheidungen herbeizuführen.

Zahlreiche **Behörden** sind in Entscheidungs- und Kontrollprozesse einbezogen, z. B.:

- Berufsgenossenschaften (Anstalten des öffentlichen Rechts)
- Bauaufsichtsbehörden (staatliche Behörde: untere, obere, oberste)
- Gewerbeaufsichtsamt (staatliche Behörde)
- Wasserwirtschaftsamt (staatliche Behörde)
- Vermessungsamt (staatliches oder kommunales Amt)
- Versorgungsunternehmen (Elektro, Wasser, Gas, Telefon, Heizung, Fernversorgung – Gas, Öl ..., Entwässerung)
- Straßenverkehrsbehörde (von Bund, Ländern, Städten, Gemeinden)

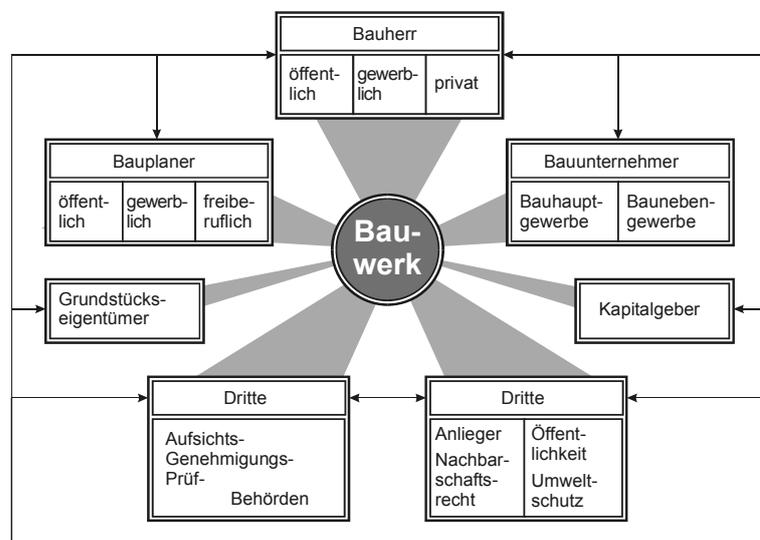


Abb. 6.8 Partner am Baumarkt

**Mittelbar Beteiligte** sind

- die **Öffentlichkeit**, wie z. B. Ortsbeirat, Stadtparlament, Presse, Verbände, Parteien, (Naturschutz, Umwelt, Sportverein),
- die **Nachbarn**, das sind Mieter oder Besitzer der an das Baugrundstück angrenzenden Grundstücke oder unmittelbar vom Bauprojekt Betroffene.

Nachbarn haben Rechte und Ansprüche, die bereits bei der Planung berücksichtigt werden müssen. Die Rechte der Nachbarn spielen vor allem bei auftretenden Belästigungen (z. B. Lärm, Staub, Erschütterungen, Abgase) oder Einschränkungen (z. B. Sicht) und Veränderungen (Wohnwert – z. B. bei Gaststättenbau, Flugplatzbau) mit Gefährdungen (Fundamentunterfangungen) in der unmittelbaren Umgebung eine Rolle.

- die **Polizei**

Die Polizei arbeitet mit den vorstehenden Behörden zusammen und kann Anordnungen treffen, die der öffentlichen Sicherheit dienen. Der Polizei ist der Katastrophenschutz angeschlossen ⇒ Suche und Beseitigung von Sprengkörpern. Sie tritt u. U. bei Arbeitsunfällen in Aktion.

- **Gutachter/Sachverständige**

Gutachter/Sachverständige sind Fachingenieure, die als unabhängige Fachleute befragt werden, um einen besonderen Sachverhalt zu überprüfen oder zu bearbeiten. Oft werden Fachaussagen, die nicht im wechselseitigen Zusammenwirken mehrerer Bereiche erarbeitet werden müssen, in Form von Gutachten abgefragt. In Streitfällen werden darüber hinaus Parteigutachter und unparteiische Gutachter, Schlichter oder Gerichtsgutachter eingeschaltet. Der Begriff Gutachter/Sachverständiger ist allerdings nicht gesetzlich geschützt. Der „echte“ Sachverständige ist normalerweise durch die jeweils zuständige Handwerkskammer oder die Industrie- und Handelskammer öffentlich bestellt und vereidigt.

**6.2.2 Beziehungen zwischen den am Bau Beteiligten**

Kern der Fragen bei den Organisationsbeziehungen der am Bau Beteiligten ist:

1. Wer hat wen beauftragt?
2. Wer hat welche Aufgaben und Verantwortungen übernommen?
3. Wer hat welche Befugnisse aufgrund der gewählten Beziehungsstruktur?

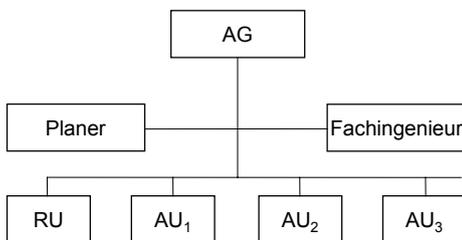


Abb. 6.9 Klassische Struktur eines Bauprojekts mit Direktbeauftragung durch den Bauherrn

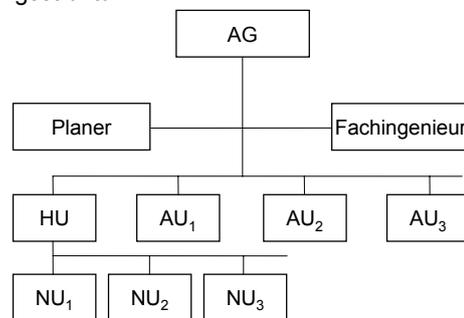


Abb. 6.10 Struktur eines Bauprojekts bei Einschalten von Nachunternehmern

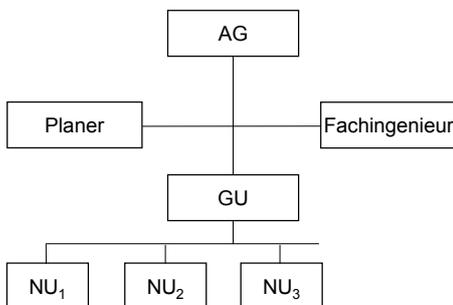


Abb. 6.11 Struktur eines Bauprojekts bei Zwischenschaltung eines Generalunternehmers

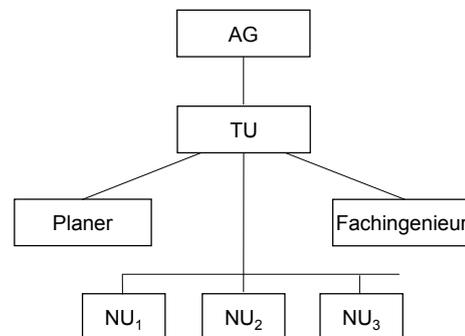


Abb. 6.12 Struktur eines Bauauftrags bei Einschalten eines Totalunternehmers

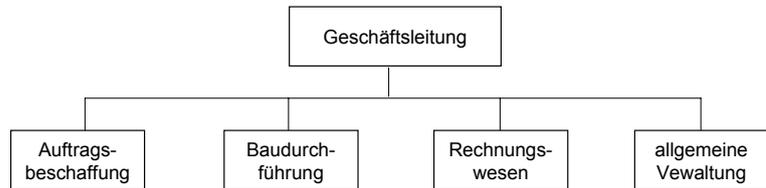
### 6.2.3 Die Bauunternehmung

#### 6.2.3.1 Aufbau und Strategie der Firmen

Der Baubetrieb als Bauunternehmung ist ein eigenständiger Betrieb mit wirtschaftlicher Verantwortung für Gewinn oder Verlust. Er erstellt eine eigene Bilanz.

Bauunternehmen sind oft historisch gewachsen. Sie haben ein bestimmtes Profil erworben, das sich in der Mitarbeiterstruktur, dem Erfahrungsschatz, dem Know-how, dem Baumaschinen- und Gerätepool, der Kapitalausstattung, dem Ruf und den Referenzobjekten niederschlägt. Ihre Struktur ist nicht einheitlich und hängt wesentlich von der Unternehmensgröße ab.

Abb. 6.13 Organisation einer kleinen Bauunternehmung, nach [6-7, S. 27]



Oft, vor allem in größeren Bauunternehmen, sind die Strukturen verflochten. Gegenstands- und tätigkeitsbezogene Aspekte überlagern sich. Zudem unterliegen sie abhängig von der Auftragsituation ständigen Veränderungen. Ein Abbild dafür wird in der Matrixstruktur (Abb. 6.14) gezeigt.

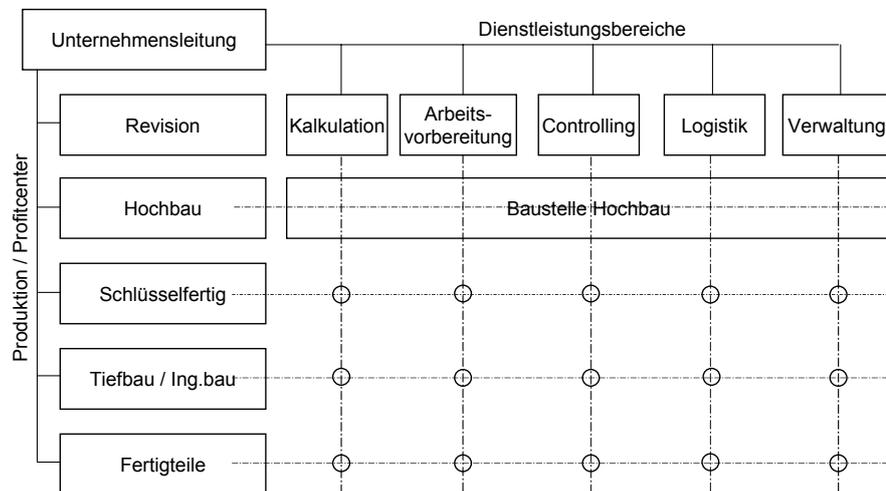


Abb. 6.14 Matrixstruktur der Aufbauorganisation einer mittelgroßen Baufirma

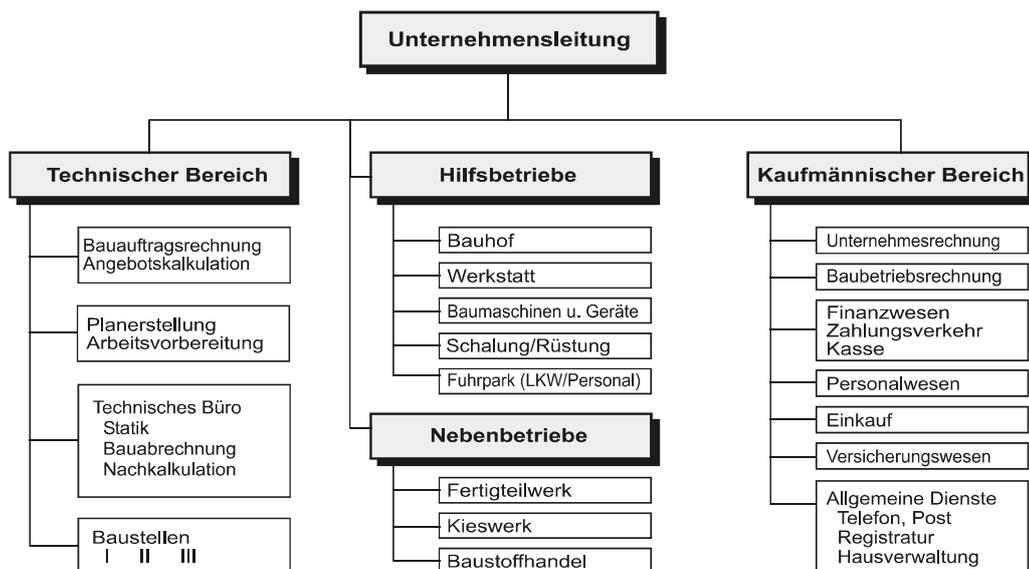


Abb. 6.15 Organisationsschema eines großen Baubetriebs, nach [6-6, S. I/10]

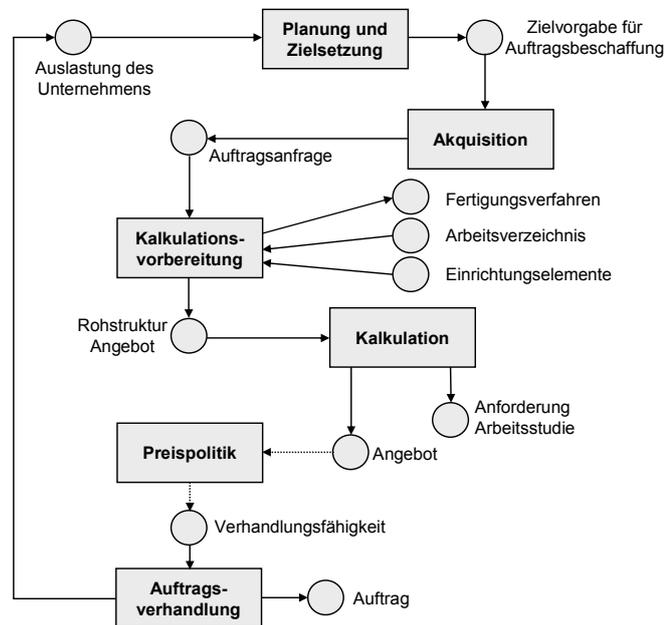
### 6.2.3.2 Auftragsbeschaffung

Aufträge sichern das Bestehen und Gedeihen des Bauunternehmens. Die Auftragsbeschaffung ist mit vielen Mühen und Risiken verbunden und erfordert Beharrlichkeit. Der Kampf auf dem Baumarkt, auf dem in der Regel kein Gleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage besteht, unterliegt einem harten Verdrängungswettbewerb. Fehlen Aufträge, so folgen daraus schmerzliche Konsequenzen.

Was ist zu tun, wenn Aufträge ausbleiben?

- mit Ideen Sondervorschläge und Nebengebote ausarbeiten und anbieten
- beharrlich akquirieren
- schärfer kalkulieren
- Aufträge in einem anderen Bereich annehmen
- Kurzarbeit für die Mitarbeiter veranlassen
- Mitarbeiterbestand abbauen
- Aufträge einkaufen (??)
- mit dem Preis herunter gehen (??)

Abb. 6.16 Ablauf der Auftragsbeschaffung in einer Bauunternehmung, aus [6-11, S. 28]



### 6.2.3.3 Arbeitsvorbereitung

Die Arbeitsvorbereitung (AV) ist im modernen Bauunternehmen in der Baubetriebsabteilung angesiedelt. Diese ging meist aus den Arbeitsvorbereitungsabteilungen hervor.

Die Arbeitsvorbereitung gewährleistet

- Minimierung der Selbstkosten, Erhöhung der Wirtschaftlichkeit ⇒ Kostenziele
- Einhaltung vorgegebener Vertragszeiten ⇒ Terminziele
- reibungslose Abwicklung der Arbeitsvorgänge und Vermeidung von Verlustzeiten ⇒ organisatorische Ziele

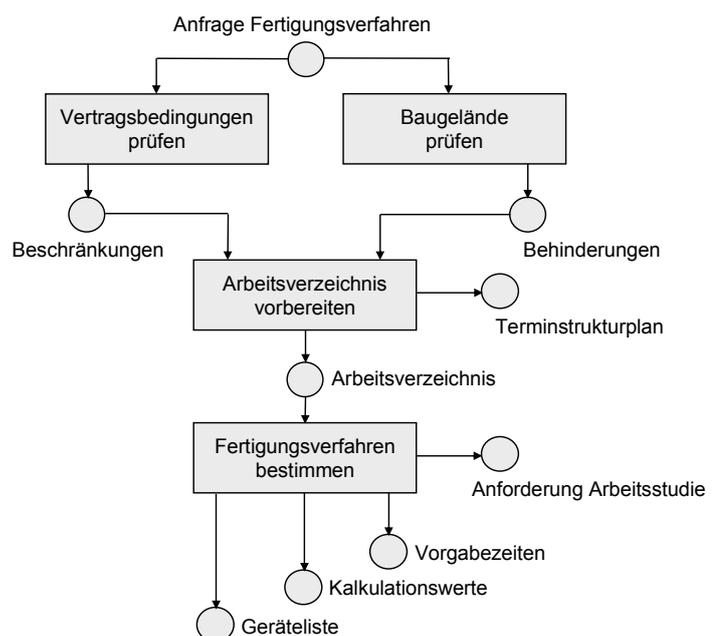
Sie stellt sicher, dass

- geeignetes Personal, Betriebsmittel und Baustoffe in ausreichender Menge zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort zur Verfügung stehen,
- die wirtschaftlichen Arbeitsmethoden und -verfahren sowie Systeme (z. B. Schalungssysteme) zum Einsatz kommen

Die Arbeitsvorbereitung umfasst das Planen, Gestalten, Steuern und Kontrollieren der Bauprozesse:

- Bauverfahrensauswahl und -vergleich (einschl. detaillierter verfahrenstechnischer Bearbeitung, vgl. Abb. 6.17)
- Planung der Baustelleneinrichtung
- Ablauf- und Terminplanung
- Ressourcenplanung (Bereitstellung von Personal, Betriebsmittel, Material)
- operative Einsatzplanung (Personal-, Maschinen- und Geräteeinsatzplan)
- Auftrags- und Arbeitskalkulation

Abb. 6.17 Ablauf zur Auswahl des Fertigungsverfahrens, nach [6-11, S. 33]



In der Angebotsphase müssen kurzfristig und mit möglichst geringem Aufwand die erforderlichen Unterlagen bereitgestellt werden. Die entsprechenden Informationen sind in der Regel unvollständig, das Ergebnis muss jedoch eine relativ hohe Genauigkeit besitzen. Darin besteht ein Widerspruch, aus dem große Anforderungen an die AV folgen. Nach Vergabe der Bauleistungen, also nach Erhalt des „Zuschlags“ wird im Bauunternehmen die Bauausführung detailliert vorbereitet.

**6.2.4 Bauleitung**

**Bauleitung** ist die projekt- und baustellenbezogene Repräsentanz des Bauunternehmens gegenüber den Baubeteiligten und Betroffenen, wie z.B. dem Bauherrn und den Nachunternehmern. Sie beinhaltet die Organisation und Leitung der Bauausführung auf der Baustelle. Auf großen Baustellen wird die Bauleitung, abhängig vom Grad der Arbeitsteilung, über mehrere Ebenen einer Leitungshierarchie durchgeführt.

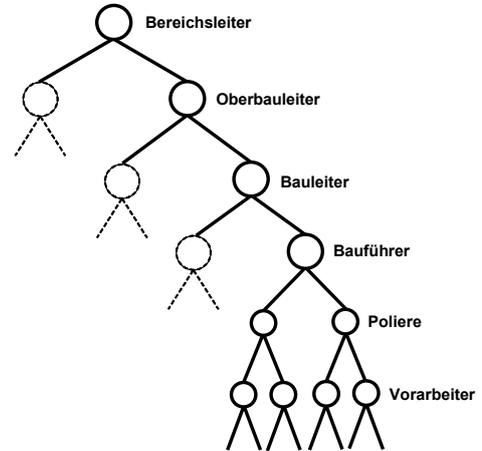


Abb. 6.18 Bauleitungshierarchie: Aufbauorganisation nach dem Rang, nach [6-7, S. 28]

Der **Bauleiter** ist für die vertragsgemäße und wirtschaftliche Erstellung des Bauprojektes verantwortlich [6-31, S. 152]. Nach einem alten Klischee ist er der hemdsärmelige Typ, der mit dem Kopf durch die Wand geht, der auf der Baustelle selbstherrlich und manchmal am Rande der Legalität arbeitet – ein Einzelkämpfertyp. Die Realität sieht anders aus. Technisches Verständnis, soziales Geschick, Fähigkeit zum Organisieren und Disponieren, oft unter hohem Zeitdruck, sind Eigenschaften, über die ein moderner Bauleiter verfügen muss. Er muss Entscheidungen auf ihre ökonomischen Folgen hin beurteilen können, muss über soziale Kompetenz im Umgang mit Kooperanden, Belegschaft und Dritten verfügen.

Der **Oberbauleiter** ist Bereichsverantwortlicher für mehrere Baustellen unter der jeweiligen Leitung von Bauleitern und Bauführern, oder für eine größere Baustelle.

**Poliere** sind Angestellte, die einen Abschluss gemäß der „Verordnung über die Prüfung zum anerkannten Abschluss Geprüfter Polier/geprüfte Polierin“ besitzen oder Handwerksmeister in einem Bauberuf sein müssen. Ohne selbst überwiegend körperlich mitzuarbeiten, beaufsichtigen sie unterstellte Arbeitnehmer und stellen sicher, dass die Arbeiten auf der Baustelle fachgerecht und effizient ablaufen. Sie leiten kleinere Baustellen, verteilen die anstehenden Arbeiten an die Mitarbeiter, überwachen deren fachgerechte Ausführung und den termingerechten Baufortschritt. Sie stellen außerdem sicher, dass die benötigten Materialien und Maschinen rechtzeitig angeliefert werden und einsatzfähig sind. Poliere erstellen Berichte und wirken bei Vermessungsarbeiten mit. Zum Teil sind sie auch an der Bauausführung beteiligt, insbesondere bei Aufgaben, die besondere Berufserfahrung voraussetzen.

Der **Oberpolier** ist ein spezieller Koordinator der Ausführung im Detail und überwacht sowie koordiniert mehrere Poliere. Er arbeitet sehr eng mit dem Bauleiter zusammen.

Die eigentliche Arbeit, die unmittelbare Wertschöpfung, erfolgt durch die **ausführende Mannschaft**, zu der Vorarbeiter, Bau- oder Kolonnenführer, Akkordanten (Kleinunternehmer, die Aufträge zu einem Pauschalstundensatz je LE für ihre Kolonne übernehmen), Kolonnen, Kranführer, Magaziner, Kraftfahrer, Elektriker u. a. gehören.

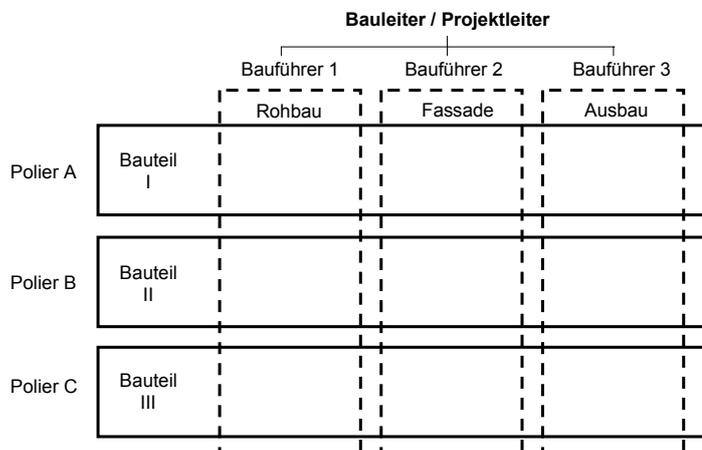


Abb. 6.19 Beispiel der Matrixstruktur für eine Baustelle

**Baukaufleute** erbringen kaufmännische Dienstleistungen, wie Buchung von Rechnungen und Lieferscheinen, Abgrenzungen, Aufstellungen, Rechnungsprüfung, Kontrolle und Verfolgen der Zahlungspläne, und wickeln diese auf großen Baustellen vor Ort ab. Ansonsten werden diese Aufgaben zentral erledigt.

Die Bauleitung muss noch durch **weitere Dienste**, wie Sekretariat, Aktenablage, Verwaltung, sichergestellt werden.

Nur bei Großvorhaben werden diese Funktionen mit eigenem Personal auf der Baustelle besetzt. Häufig übernimmt die örtliche Geschäftsstelle des Bauunternehmens die kaufmännischen und verwaltungstechnischen Aufgaben.

Einen Überblick über die Verflechtung der Aufgaben der Bauleitung und die Funktionszuweisung der baubetrieblichen Arbeitssysteme in einem Bauunternehmen bieten Abb. 6.20 und Tab. 6-2.

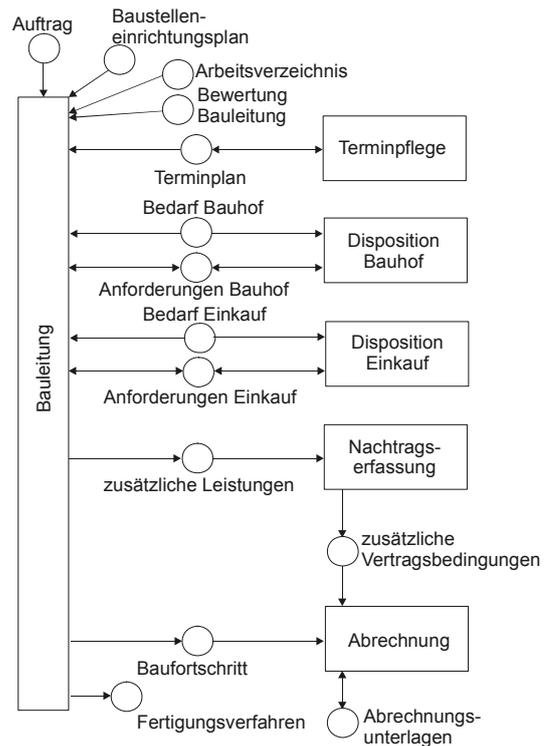


Abb. 6.20 Ablauforganisation der Ausführung, nach [6-11, S.29]

Tab. 6-2 Funktionszuweisung der baubetrieblichen Arbeitssysteme in einem Bauunternehmen, nach [6-11, S. 49]

Arbeitssystem		Geschäftsführer	Ressortleiter Kalkulation	Kalkulation	Ressortleiter Ausführung	Oberbauleiter	Bauleiter	Arbeitsvorbereiter
Auftragsbeschaffung	Planung + Zielsetzung	leiten + ausführen	info		info			
	Akquisition	leiten + ausführen	ausführen		ausführen			
	Vorbereitung + Kalkulation		leiten	ausführen	info	info		ausführen
	Kalkulation		leiten	ausführen				
	Submission	prüfen	leiten	ausführen				
	Auftragsverhandlung	prüfen	info		leiten	ausführen	info	
Arbeitsvorbereitung	Fertigungsverfahren					überwachen	leiten	ausführen
	Einrichtungsplanung					info	leiten + ausführen	info
	Arbeitskalkulation		prüfen	ausführen	info		leiten	info
	Bedarfsplanung						leiten	ausführen
	Terminplanung					info	leiten	ausführen
Ausführung	Bauleitung					überwachen	leiten + ausführen	
	Terminpflege						leiten	ausführen
	Disposition Bauhof						info	
	Disposition Einkauf						info	
	Nachträge			info		prüfen	leiten + ausführen	
	Abrechnung						leiten	ausführen
	Leistungsmeldung	prüfen			prüfen	leiten	ausführen	
Controlling	Nachkalkulation	info	leiten	ausführen	info		info	info
	Arbeitsstudium		leiten				info	ausführen

### 6.2.5 Spezialabteilungen

Zahlreiche Spezialabteilungen und Spezialisten übernehmen im Baugeschehen unterstützende und sicherstellende Funktionen. Dazu gehören u. a.

- Baustofflabore, Betonüberwachungsstellen,
- Schweißfachingenieur,
- Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinator,
- Projektleiter (sind verantwortlich für ein Projekt von A bis Z, betreuen den Kunden rundum).

### 6.2.6 Arbeitsgemeinschaften, Bietergemeinschaften, Konsortien

Die **ARGE (Arbeitsgemeinschaft)** ist eine Firma auf Zeit. Um gemeinsam ein bestimmtes Bauvorhaben zu verwirklichen, wird sie als Willenszusammenschluss von zwei oder mehreren verschiedenen Firmen zeitlich befristet gebildet. Eine ARGE zwischen zwei Niederlassungen ein- und derselben Firma ist nicht möglich.

ARGEn sind Gesellschaften bürgerlichen Rechts. Alle Partner einer ARGE haften gesamtschuldnerisch für die Erfüllung des Auftrags. Die ARGE hat alle Funktionen einer ordentlichen Bauunternehmung zu erfüllen und wird bilanziell und steuerlich als Einzelfirma geführt.

Der Vorläufer einer Arbeitsgemeinschaft, während der Angebotsphase bis zum Erhalt des Auftrags, ist die **BIEGE (Bietergemeinschaft)**. Sie wird oft nur mündlich vereinbart oder in groben Zügen schriftlich skizziert. Im Ausland und bei größeren Projekten ist es üblich, auch BIEGEN durch einen formellen Vertrag zu fixieren, in dem die Verantwortlichkeiten und der Einsatz von finanziellen Mitteln der einzelnen BIEGE-Partner geregelt ist [6-10]. Mit Erteilung des Bauauftrags an eine Bietergemeinschaft formiert sich diese zur Arbeitsgemeinschaft, der ARGE. Bei Nichterhalten des Auftrags wird die BIEGE abgewickelt und aufgelöst.

Zur Vereinfachung vieler Funktionen, die trotz Bildung einer ARGE weiterhin vom heimischen Betriebsteil eines der ARGE-Partner ausgeführt werden können (Beispiel Lohnverrechnung, Maschinen- und Geräterwartung, Schalungsvorbereitung), sind im ARGE-Vertrag entsprechende vereinfachende Regelungen zu Verantwortlichkeit und Vergütung vorgesehen. Diese Regelungen, weitgehend standardisiert, finden sich in einem **ARGE-Muster-Vertrag** wieder, der von den Bauverbänden ausgearbeitet wurde [6-1].

#### Arbeitsgemeinschaft (ARGE) in Stichworten:

- Ziele:
  - Bildung einer Gemeinschaft für ein bestimmtes Vorhaben
  - zeitlich befristet auf die Dauer dieses Vorhabens
  - Ausgleich von Über- oder Unterkapazitäten der Partner, um das Ergebnis steigern zu können
- Begründungen für die Bildung einer Arbeitsgemeinschaft:
  - Verteilung des Risikos bei Großaufträgen oder bei technisch schwierigen Aufträgen
  - Verringerung der Kosten für das Ausarbeiten eines Angebots
  - Erhöhung der Bürgschaftskapazität
  - Verbesserung der Kapitaldecke
  - Bündelung der Ressourcen und des Know-hows
  - Erhöhung der Kapazität (kurzfristig) und des Leistungsvermögens (z. B. Schlüsselpersonal ist knapp)
  - Nutzung spezieller Erfahrungen der einzelnen Partner (z. B. lokale Kenntnisse)
  - Einbringen spezieller Geräte und besonderer Ausrüstung von Partnern
  - Marktberreinigung
  - Einbindung lokaler Firmen aus arbeitsmarktpolitischen Gründen
  - Wunsch des Bauherrn zur Berücksichtigung weiterer Bieter
- Grundlagen zur Bildung und Durchführung einer Arbeitsgemeinschaft:
  - Gegenseitiges Vertrauen der ARGE-Partner
  - Rechtsform GbR (Gesellschaft bürgerlichen Rechts)
  - gesamtschuldnerische Haftung aller Partner
  - Arbeitsgemeinschaftsvertrag [6-1]
- Der Arbeitsgemeinschaftsvertrag regelt die Zusammenarbeit in der ARGE bzgl.:
  - Name, Sitz und Zweck der Arge
  - Gesellschafter und deren Anteile
  - Organe (Aufsichtsstelle, Geschäftsführung, Bauleitung)
  - Vergütung für Partnerleistungen und andere Sonderleistungen
  - Bereitstellung von Kapital, Personal, Material und Gerät
  - Versicherungen, Steuern
  - Schiedsvereinbarung

Das **Konsortium** ist eine „vertikal zusammengefügte“ ARGE, in der sich unterschiedliche Firmen ergänzen. Hier übernimmt jeder Partner (Konsorte) die Verantwortung für sein Fachlos. Der eine Partner kann also Verlust machen, während der andere Partner mit Gewinn arbeitet. Aber auch hierbei haften alle Konsorten gesamtschuldnerisch gegenüber dem Auftraggeber. Zur Vertretung nach außen ernennen die Konsorten einen Konsortialführer.

## 6.3 Grundgrößen des Bauprozesses

### 6.3.1 Bauleistung und Leistungsbeschreibung

Mit der betrieblichen Tätigkeit, den im Bauunternehmen verrichteten Arbeiten, durch die in einer bestimmten Frist eine bauliche Anlage hergestellt, instand gehalten, geändert oder beseitigt wird, werden **Bauleistungen** erbracht (vgl. Kap. 6.1.3 auf S. 177). Durch den Zeitbezug ist die Bezeichnung „Leistung“ in gewisser Weise auch physikalisch gerechtfertigt.

Bauleistungen sind immer an konkrete Ausführungsbedingungen (zur Anwendung kommendes Material und eingesetzte Baumaschinen und Geräte, Qualifikation der zur Verfügung stehenden Mitarbeiter) und Qualitätsforderungen gebunden, so dass sie niemals auf Mengeneinheiten sondern auf **Leistungseinheiten (LE)** zu beziehen sind.

Die **Leistungsbeschreibung** ist die eindeutige und erschöpfende Beschreibung der zu erbringenden Bauleistung, so dass alle Anbieter diese Beschreibung im gleichen Sinne verstehen müssen und ihre Preise sicher und ohne umfangreiche Vorarbeiten berechnen können. Siehe hierzu § 9, Abs. 1 bis 3 in der VOB/A [6-41]:

1. „Die Leistung ist eindeutig und so erschöpfend zu beschreiben, dass alle Bewerber die Beschreibung im gleichen Sinne verstehen müssen und ihre Preise sicher und ohne umfangreiche Vorarbeiten berechnen können. ...
2. Dem Auftragnehmer darf kein ungewöhnliches Wagnis aufgebürdet werden für Umstände und Ereignisse, auf die er keinen Einfluss hat und deren Einwirkung auf die Preise und Fristen er nicht im voraus schätzen kann.
3. (1) Um eine einwandfreie Preisermittlung zu ermöglichen, sind alle sie beeinflussenden Umstände festzustellen und in den Verdingungsunterlagen anzugeben.  
(2) Erforderlichenfalls sind auch der Zweck und die vorgesehene Beanspruchung der fertigen Leistung anzugeben.  
(3) Die für die Ausführung der Leistung wesentlichen Verhältnisse der Baustelle, z. B. Boden- und Wasser- verhältnisse, sind so zu beschreiben, dass der Bewerber ihre Auswirkungen auf die bauliche Anlage und die Bauausführung hinreichen beurteilen kann.  
(4) Die „Hinweise für das Aufstellen der Leistungsbeschreibung“ in Abschnitt 0 der Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen DIN 18299 ff. [6-48] sind zu beachten.“

Die VOB/A ist nicht automatisch Vertragsbestandteil; ihre Anwendung ist nur für öffentliche Bauherren Pflicht.

Weitere Hinweise dazu sind in Abschnitt 0 der VOB/C, DIN 18299 [6-48] gegeben. Auch dieser Teil muss vertraglich vereinbart werden, wird aber häufig den Verträgen zugrunde gelegt. Zudem ist Teil C gleichzeitig DIN-Norm.

- Beispiel für eine Leistungsbeschreibung im Erdbau: ein Fundamentaushub:

*Bodenaushub profilgerecht lösen, laden, zur Kippstelle des AG fördern und planieren.*

<i>Lage des Aushubs:</i>	<i>nach Abtragen des Oberbodens</i>	
<i>Behinderung der Aushubarbeiten:</i>	<i>Versorgungsleitungen</i>	<i>(Empfehlungen:)</i>
<i>Breite der Fundamentsohle:</i>	<i>über 0,5 m bis 1,0 m</i>	<i>(Abstufungen in 0,5 m-Schritten)</i>
<i>Aushubtiefe:</i>	<i>über 1,75 m bis 2,50 m</i>	<i>(Abstufungen in 1,0 m-Schritten)</i>
<i>Bodenklasse:</i>	<i>3 (leicht lösbare Bodenarten)</i>	<i>(Klassen 2 bis 7)</i>
<i>Förderweg:</i>	<i>bis 400 m</i>	<i>(Abstufungen in 100 m-Schritten)</i>
<i>Berechnungseinheit</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	

- Beispiel für eine Leistungsbeschreibung im Stahlbetonbau:

<i>Ortbeton der Wände</i>	
<i>Betonflächen (obere und seitliche):</i>	<i>Oberfläche geneigt</i>
<i>Betonart:</i>	<i>als Normalbeton für Außenteile DIN 1045, C20/25</i>
<i>Abmessungen:</i>	<i>Dicke 15 cm</i>
<i>Ausführung gemäß Zeichnung Nr.:</i>	<i>siehe Anlage 1</i>
<i>Umfang der Leistung:</i>	<i>einschließlich Schalung und Bewehrung</i>
<i>Berechnungseinheit:</i>	<i>m<sup>2</sup></i>

**Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis** (Auszug aus VOB/A, § 9, Abs. 11 bis 14):

- „11. Die Leistung soll in der Regel durch eine allgemeine Darstellung der Bauaufgabe (Baubeschreibung) und ein in Teilleistungen gegliedertes Leistungsverzeichnis beschreiben werden.
12. Erforderlichenfalls ist die Leistung auch zeichnerisch oder durch Probestücke darzustellen oder anders zu erklären,...
13. Leistungen, die nach den Vertragsbedingungen, den Technischen Vertragsbedingungen oder der gewerblichen Verkehrssitte zu der geforderten Leistung gehören (§ 2 Nr. 1 VOB/B), brauchen nicht besonders aufgeführt werden.
14. Im Leistungsverzeichnis ist die Leistung derart aufzugliedern, dass unter einer Ordnungszahl (Position) nur solche Leistungen aufgenommen werden, die nach ihrer technischen Beschaffenheit und für die Preisbildung als in sich gleichartig anzusehen sind. ...“

Alternativ dazu gibt es – weniger gebräuchlich – die Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm.

**Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm** (Auszug aus VOB/A, § 9, Abs. 15 bis 17)

- „15. Wenn es nach Abwägen aller Umstände zweckmäßig ist, abweichend von Nr. 11 zusammen mit der Bauausführung auch den Entwurf für die Leistung dem Wettbewerb zu unterstellen, um die technisch, wirtschaftlich und gestalterisch beste sowie funktionsgerechte Lösung der Bauaufgabe zu ermitteln, kann die Leistung durch ein Leistungsprogramm dargestellt werden.
16. (1) Das Leistungsprogramm umfasst eine Beschreibung der Bauaufgabe, aus der die Bewerber alle für die Entwurfsbearbeitung und ihr Angebot maßgebenden Bedingungen und Umstände erkennen können und in der sowohl der Zweck der fertigen Leistung als auch die an sie gestellten technischen, wirtschaftlichen, gestalterischen und funktionsbedingten Anforderungen angegeben sind, sowie gegebenenfalls ein Musterleistungsverzeichnis, in dem die Mengenangaben ganz oder teilweise offen gelassen sind. ...“

Private Auftraggeber sind nicht an die VOB/A gebunden und verzichten daher bisweilen auf ein Leistungsverzeichnis (2. Teil von Pkt. 11) und eine entsprechende Gliederung (Pkt. 14) oder versuchen, auch von anderen Punkten abzuweichen.

## 6.3.2 Mengen

### 6.3.2.1 Grundbegriffe der Mengenermittlung

Die **Menge** (im Baustellen-Sprachgebrauch auch „Masse“ genannt) kennzeichnet den in technischen Einheiten ausgeschriebenen Vordersatz einer Position im Leistungsverzeichnis und steht in einem engen Zusammenhang mit der nach Einheitspreisen abzurechnenden Leistung des Auftragnehmers.

Es gibt Unterschiede zwischen den Mengen, die sich nach den Abrechnungsregeln der VOB/C ergeben (VOB-Mengen) und den exakten Mengen (wahre Mengen). Deshalb sind Mengen **hinsichtlich der Zweckbestimmung** wie folgt zu unterscheiden:

- Ausschreibungs- und Abrechnungsmengen (VOB-Mengen)  
Das sind Mengen, die für die Beziehung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer relevant sind und auf der Basis der Leistungsverzeichnisse unter Verwendung entsprechender Aufmaßblätter ermittelt werden.  
Verwendungszweck:
  - Leistungsermittlung (Bauleistung im Rahmen der Baubetriebsrechnung)
  - Berechnung der Vorgaben im Leistungslohn
  - Abschlagsrechnung und Bauabrechnung
- Ausführungsmengen (Mengen nach Bauarbeitsschlüssel – BAS)  
Das sind Mengen, die für die innerbetriebliche Kalkulation auf der Grundlage der entsprechenden Leistungsverzeichnisse ermittelt werden. Sie sollten möglichst mit den gegenständlichen Mengen übereinstimmen.  
Verwendungszweck:
  - Arbeits- und Nachkalkulation
  - detaillierte Bauzeitplanung
  - Leistungslohnabrechnung
  - Ermittlung von Aufwandswerten
- Materialbedarfs- und Liefermengen  
Die Materialbedarfsmengen garantieren unter Berücksichtigung von Streu- und Bruchverlusten die Ausführungsmengen. Liefermengen sind abhängig vom Baustoffmarkt und logistischen Aspekten.

Je nach Phase im Bauprozess werden unterschiedliche **Anforderungen an die Genauigkeit/Exaktheit** der Mengenermittlung gestellt.

- BGB-Vertrag:
  - $m^3$  - Mengen auf 3 Stellen hinter dem Komma
  - $m^2$  - Mengen auf 2 Stellen hinter dem Komma
  - m - Mengen auf 2 Stellen hinter dem Komma
  - t - Mengen auf 3 Stellen hinter dem Komma
  - kg - Mengen auf 0 Stellen hinter dem Komma
- VOB-Vertrag: Hier gelten die Abrechnungsregeln der VOB/C, siehe Kap. 6.6.3.4.  
Bei Erdarbeiten sind die „üblichen Näherungsverfahren“ zulässig.

### Mengenermittlung ist erforderlich

- vor Auftragserteilung, um für die Kalkulation der Angebotspreise eine quantitative Aussage machen zu können,
- vor der Bauausführung, um die Bauablaufplanung durchzuführen und Arbeitsaufträge zu erstellen,
- während der Bauausführung, um monatlich die Leistung zu ermitteln – die sog. Leistungsmeldung – und
- bei Beendigung der Baumaßnahme – am Ende der Bauzeit dient die Mengenermittlung, das Aufmaß, dem Aufstellen und Prüfen der Schlussrechnung.

Die **Mengenermittlung** – an dieser Stelle auch das endgültige Aufmaß nach Fertigstellung einer Baumaßnahme einschließlich – kann auf folgende Arten erfolgen, durch

- Einsatz der Vermessungstechnik (Nivellement, Tachymeteraufnahme) vor Ort  $\Rightarrow$  Ist-Maße,
- Berechnen der Maße aus den Zeichnungen  $\Rightarrow$  Soll-Maße,
- Berechnen der Gewichte aus den Material-Stücklisten (Stahlliste),
- Wiegen der eingebauten Teile (z. B. Kieslieferung),
- Auswerten der Tagesberichte und gegenseitig anerkannten Bauprotokolle (z. B. Betreiben einer Wasserhaltung, Bauheizung),
- Ablesen von Verbrauchsständen (geförderte Wassermenge, Energieverbrauch),
- gemeinsames Nachzählen, Nachmessen (z. B. Anzahl Zaunelemente, Einbauteile),
- gemeinsames Festlegen oder Abschätzen des Fertigstellungsgrads.

In der Praxis bestehen bei der Mengenermittlung im Sprachgebrauch und bezüglich des Verwendens von Begriffen zahlreiche Vereinfachungen.

### 6.3.2.2 Bezugsgrößen

Bezugsgrößen sind Referenzgrößen zur Darstellung spezifischer Mengen einzelner Baustoffe und Bauleistungen.

Technische Bezugsgrößen sind am Bauwerk hinreichend exakt messbar oder zumindestens (indirekt) bestimmbar,

- z. B.:  $1 m^3$  Erdaushub (wenn die Grube da ist, ist der Kubikmeter nicht mehr zu sehen)  
 $1 m^2$  Betonwand (wird die Schalung gestellt, ist noch keine Wand zu sehen)

Die bei der Mengenermittlung gebräuchlichen Größen und Einheiten sind:

Rauminhalte	$m^3$	z. B.	$m^3$ Beton der Wände, der Fundamente
Flächen	$m^2$	z. B.	$m^2$ Wandbeton, Putzflächen der Wand, Estrich, Aussparungen
Längen	m	z. B.	m Fugen, Fugenband, Ankerschienen
Anzahl	Stck.	z. B.	Stck. Durchbrüche, Dübel, Konsolen
Gewichte	kg, t	z. B.	t Betonstahl

Da die Mengen eine wichtige Grundlage der Kostenermittlung (Bestellung beim Lieferanten, Abrechnung einer Akkordkolonne) und der Wertermittlung (Leistungsmeldung, Abrechnung gegenüber Bauherren) sind, müssen die Ergebnisse nachprüfbar sein. Dabei wird nicht nur die rechnerische Richtigkeit geprüft, sondern auch die sachliche Richtigkeit der Berechnungsansätze. In VOB/C [6-41] gibt es bezüglich der Verfahrensweise bei Einzelfällen und Besonderheiten exakte Vorgaben.

**Konstruktive Bezugsgrößen** dienen als Basis überschläglicher Mengenermittlungen.

Für viele Berechnungen wird auf die genaue Ermittlung des Materialbedarfs verzichtet. Stattdessen verwendet man globale Bezugsgrößen, die in einem bestimmten, aus der Erfahrung vergleichbarer Bauteile ermittelten Verhältnis zueinander stehen. Diese Werte beziehen sich meist auf größere Einheiten, Gebäude oder Gebäudetypen. Sie sind aber i. d. R. für einen Baubetrieb nicht zur Kalkulation von Baukosten geeignet, allenfalls zur überschläglichen Kontrolle und Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse der Kalkulation.

*Geläufige konstruktive Bezugsgrößen auf der Ebene von Gebäuden sind z. B.*

€/m <sup>3</sup> umbauten Raum	Wohngebäude	350,- €/m <sup>3</sup>
	Bürogebäude	1300,- €/m <sup>3</sup>
€/m <sup>2</sup> Verkaufsfläche	Verbrauchermarkt	700,- €/m <sup>2</sup>
	Baumarkt	550,- €/m <sup>2</sup>
€/Bett	Hotel	60000,- €/Bett
	Krankenhaus	150000,- €/Bett

Spezifische Werte (Kennzahlen) gibt es aber auch für den Materialbedarf, z. B. für den Bewehrungsgehalt für normale Hochbauten (80 kg/m<sup>3</sup>) oder für eine Bauwerkssohle in wasserundurchlässigem Beton (140 bis 200 kg/m<sup>3</sup>).

### 6.3.2.3 Technik der Mengenermittlung

#### Aufmaß

Gem. VOB/B, § 14 Abs. 2 sind die für Abrechnung notwendigen Feststellungen dem Fortgang der Leistung entsprechend von den Vertretern beider Vertragsparteien möglichst (nicht zwingend) **gemeinsam** vorzunehmen. Lt. VOB/C sind für die meisten Gewerke im Bereich des Hoch- und Stahlbetonbaus die Maße den **Ausführungszeichnungen** zu entnehmen, soweit die Ausführung diesen Zeichnungen entspricht. So erübrigt sich ein gemeinsames Aufmaß, wenn die Berechnungen nachvollziehbar aufgebaut sind. Erd-, Grund- und Kanalarbeiten sowie ähnliche Arbeiten sind von örtlichen Bedingungen abhängig und daher an Ort und Stelle als **gemeinsames Aufmaß** aufzunehmen.

- **Örtliches Aufmaß von Innenräumen** (gemeinsames Aufmaßprotokoll erstellen!) durch
  - a) Direktentnahme der Maße für die entsprechende Menge und Berechnung der Menge
  - b) globale Erfassung des gesamten Raumes und spätere Berechnung der Leistungsmengen der Positionen (am Schreibtisch)

Zur Vorgehensweise siehe [6-21, S. 498].

- **Aufmaß im Tiefbau**

Form und Inhalt werden durch die angewendeten vermessungstechnischen Verfahren bestimmt [6-21, S. 499].

- **Abrechnungszeichnungen** [6-29, S. 112]

Abrechnungszeichnungen sind im Baubüro belassene und mit der Aufschrift „Abrechnung“ gekennzeichnete Ausführungszeichnungen. Im Laufe der Bauausführung werden in diesen Plänen folgende Angaben eingetragen:

- Datum des Planeingangs (wichtig bei Terminüberschreitungen und Änderungen),
- alle Abrechnungsmaße, die in den Aufmaßblättern erscheinen,
- Abgrenzung der Abrechnung zum Monatsende (versch. Farben je Monat),
- Einteilung in Reihen und Achsen zur eindeutigen Kennzeichnung (falls erforderlich),
- alle Änderungen, die an Ort und Stelle vom Bauherrn oder dessen Beauftragten angeordnet wurden,
- Bemerkungen über Schwierigkeiten, Behinderungen, Änderungen, die für die Abrechnung, für Nachtragsangebote, für Termine usw. von Wichtigkeit werden können.

- **Mengenermittlung nach Leistungspositionen** [6-29, S. 113]

- Die Erfassung der Leistungen und die Mengenberechnung werden auf Aufmaßblättern durchgeführt. Wenn kein Voraufmaß erstellt wurde, werden diese laufend ausgefüllt (kumulierendes Aufmaß), so dass zum Monatsende die genau abgegrenzten Mengen vorliegen.
- Für jede Position ist ein gesondertes Aufmaßblatt zu verwenden.

- Neben Positionsnummer, Beschreibung der Leistung und Abrechnungseinheit muss eine eindeutige Lagezuordnung im Bauwerk möglich sein (Angabe Bauteil, Stockwerk, Reihen, Achsen, Nummer des Planes mit den entsprechenden Maßen).
- Sämtliche Maße, die auf dem Abrechnungsblatt erscheinen, müssen auch in der Abrechnungszeichnung eingetragen sein.

### Hinweise zur Mengenermittlung von Hand

Es ist unbedingt auf die Nachvollziehbarkeit der Berechnungen zu achten. Deshalb sie sind gut zu kommentieren und möglichst durch Skizzen zu unterstützen. Gründe dafür liegen auch in folgende Situationen, die in der Praxis nicht unüblich sind:

- Später ergeben sich noch Änderungen, z.B. einzelne veränderte Maße sind einzuarbeiten.
- Die anderen Beteiligten fragen nach den Rechenschritten, nach Einzelwerten.
- Die andere Vertragspartei glaubt der Berechnung nicht.
- Die Plausibilitätsprüfungen ergeben eine Unstimmigkeit, der Fehler wird gesucht.
- Die Werte werden noch weiter benötigt, z. B. die Wandmaße für Beton, Putz, Tapete, Fußbodenleisten.
- Die Berechnungen dienen später als Grundlage für die Schlussrechnung.
- Ein Rechnungshof überprüft, manchmal Jahre später, die Ordnungsmäßigkeit der Abrechnungen.

### Elektronische Mengenermittlung

Oft, besonders im Straßen- und Tiefbau, verlangt die öffentliche Hand eine Rechner gestützte Abrechnung und lässt keine manuell aufgestellten Aufmaße mehr zu, schreibt u. U. sogar das zu verwendende EDV-Programm vor.

Vor Einführung der elektronischen Rechentechnik boten mechanisch wirkende Planimeter die einzige Möglichkeit, mit einigermaßen vertretbarem Aufwand schnell zu Ergebnissen zu kommen. Zeichentische mit entsprechender Software, auf denen die Eckpunkte des Plans abgefahren und dabei die Daten abgegriffen werden, sind die Fortsetzung dieses Prinzips unter Nutzung der Rechentechnik.

Mengenberechnungen nach exakten mathematischen Formeln oder anhand von Näherungsverfahren sind schon mit selbst erstellten Excel-Tabellen ausführbar. Es gibt aber auch spezielle Softwarepakete. Die meisten dieser Systeme erfordern eine gewisse Einarbeitungszeit. In kleinen Unternehmen fallen oft nicht genügend Aufgaben für dieses spezielle Know-how an. Dann gehen die Fertigkeiten beim Umgang mit den Geräten wieder verloren, der Einsatz wird unwirtschaftlich. In großen Firmen kann man Mitarbeiter auf diesen Geräten schulen und sie dann auch immer wieder mit dieser Aufgabe betrauen.

### Integrierte Systeme

Falls die Planung bereits auf elektronischen Systemen erfolgt, sind CAD-Zeichnungen und entsprechende Datensätze vorhanden. Diese können über spezielle Schnittstellen in Software zur Mengenermittlung eingebunden werden. Programme zur Mengenermittlung sind heute auch Bestandteil moderner AVA-Softwarepakete.

Besonders im Erdbau, wo kaum gerade Linien sondern punktuelle Höhen vorgegeben sind, hat sich die EDV-gestützte Abrechnung auf der Basis von Näherungsverfahren bewährt. Hier erfolgt eine integrierte Abrechnung an Hand der Ursprungspläne und der Ausführungspläne bzw. der Aufmaßpläne mit elektronischer Verarbeitung der Messpunkte und der Höhenangaben. Besondere Rationalisierungseffekte werden durch die Anknüpfung an die moderne Vermessungstechnik und Nutzung der Satellitennavigationstechnik erzielt.

### 6.3.3 Zeiten

Wenn man von Zeiten spricht, so meint man in der Regel einen Komplex von Daten:

- **Zeiten** für Ablaufabschnitte,
- **Einflussgrößen** von denen die Zeiten für Ablaufabschnitte abhängen,
- **Bezugsmengen** auf die sich die Zeit bezieht,
- **Arbeitsbedingungen** unter denen die Zeiten ermittelt wurden oder gelten sollen.

Rund 2/3 der Herstellkosten sind zeitabhängig. Die Zeit je Leistungseinheit ist die wichtigste betriebswirtschaftliche Kenngröße innerhalb der Grunddaten eines Unternehmens [6-2]. Deshalb ist es so wichtig, jederzeit über die richtigen Zeitdaten zu verfügen und sie auszuwerten. Diese Daten sollten so aufbereitet werden, dass sie als „Bausteine“ für vergleichbare Erzeugnisse wieder verwendet werden können. Das führt zu folgenden

**Kriterien der Zeiterfassung:**

- Bezugsgrößen und Einflussgrößen richtig erfassen,
- hinreichend genaue qualitative Beschreibung des Prozesses, des Erzeugnisses und der Rahmenbedingungen, um die Reproduzierbarkeit<sup>29</sup> der Daten zu gewährleisten,
- einen solchen Bauarbeitsschlüssel (BAS) verwenden, dessen Gliederung auch zwischen ähnlichen Tätigkeiten mit unterschiedlichen Zeitaufwandswerten ausreichend genau differenziert.

Zeiten werden je nach Betrachtungsweise und Verwendungszweck unterschiedlich gegliedert. Allgemeine Standards hat REFA mit seiner REFA-Methodenlehre gesetzt. Diese wird im Vertiefungsstudium behandelt, vgl. Script „REFA im Baubetrieb“ (abrufbar auf der Homepage der Professur Baubetrieb und Bauverfahren). Am Beispiel der **Zeitartengliederung für die Tätigkeit des Menschen** bei der Bearbeitung eines Auftrags (vgl. Abb. 6.21) wird deutlich, wie unterschiedlich die Arbeitszeit bei der Abwicklung eines Auftrags genutzt wird.

Die **Grundzeit** enthält alle planmäßigen Zeiten, die für die Ausführung eines Auftrags erforderlich sind. Aber nur die Tätigkeitszeit ist produktiv. Technologisch bedingt, z. B. beim Abbinden von Beton, entstehen **Wartezeiten** (technologische Pausen), deren Reduzierung ein wichtiges Anliegen von Rationalisierungsmaßnahmen sein muss. Wird der Mensch über seine Leistungsfähigkeit hinaus belastet, so sind in den Arbeitsprozess eingebundene **Erholungszeiten** erforderlich, um seine Leistungsfähigkeit und Gesundheit nicht zu beeinträchtigen. Neben der planmäßigen Ausführung fallen unregelmäßig Zeiten durch die Unterbrechungen des Arbeitsablaufs (Störungen), zusätzliche Tätigkeiten oder persönlich bedingt (z. B. Trinken, Gang zur Toilette...) an. Diese nicht Wert schöpfenden Zeiten werden bei der Planung und Kalkulation als **Verteilzeiten** gleichmäßig auf alle Aufträge verteilt. Jedes Arbeitssystem muss für die Ausführung eines Arbeitsauftrags vorbereitet werden – dafür werden **Rüstzeiten** benötigt.

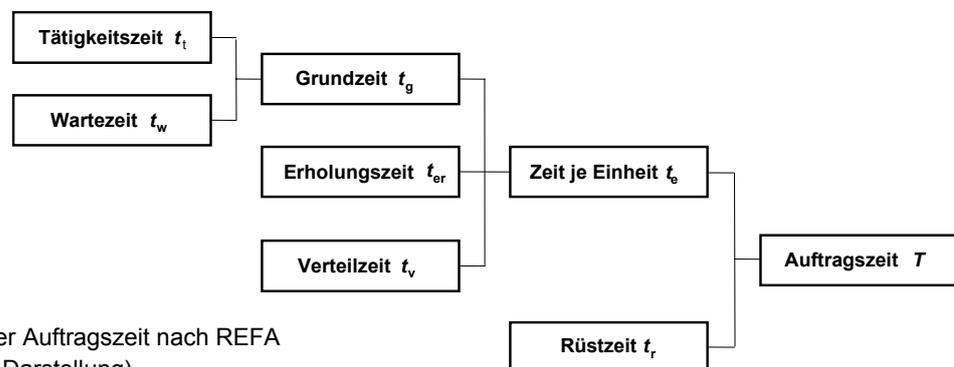


Abb. 6.21 Gliederung der Auftragszeit nach REFA (vereinfachte Darstellung)

In einer anderen Zeitgliederung, die sich an der **Kosten- und Leistungsrechnung** orientiert und auf die menschliche Arbeit bezogen ist, wird der u. U. große Anteil von Zeiten außerhalb der direkten Auftragsdurchführung deutlich (vgl. Abb. 6.22). Niemals zu vergessen ist die Tatsache, dass nur über die Auftragsabwicklung Geld verdient werden kann! Alle anderen Zeitabschnitte verursachen lediglich Kosten.

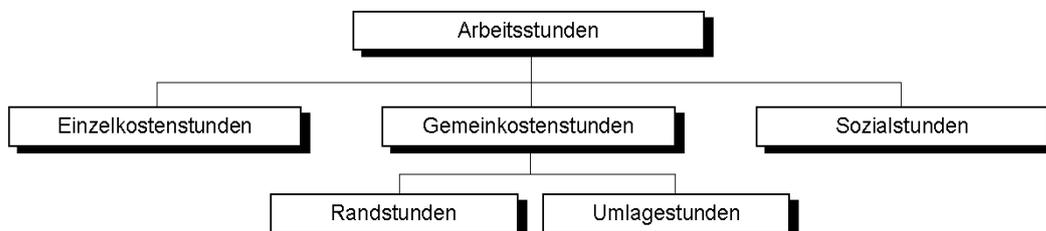


Abb. 6.22 Gliederung der Arbeitsstunden nach Kriterien der Kosten- und Leistungsrechnung (nach [6-29, S. 122])

<sup>29</sup> Die Reproduzierbarkeit der Daten bedeutet, dass bei wiederholter Ermittlung mit einem bestimmten Genauigkeitsgrad gleiche Ergebnisse erzielt werden. Voraussetzungen dafür sind die Fixierung aller Einflussgrößen und der Nachweis der statistischen Sicherheit.

- **Einzelkostenstunden** sind die Stunden, die einer Einzelleistung (einer Position im Leistungsverzeichnis) direkt zugeordnet werden können.
- **Gemeinkostenstunden** sind die Stunden, die den im Leistungsverzeichnis ausgeschriebenen Leistungspositionen nicht direkt zugeordnet werden können. Das sind im Wesentlichen solche Arbeitsstunden, die durch **Nebenleistungen** im Sinne der VOB/C bedingt sind:
  - **Randstunden** (sind dem gesamten Bauvorhaben zuzuordnen), wie
    - Aufsichtsstunden
    - Stunden für das Einrichten und Räumen der Baustelle
    - Stunden für die Instandhaltung von Geräten und Unterkünften
    - Hilfslohnstunden (Magazinverwaltung, Botengänge, Vermessungsgehilfen)
    - Stunden für Platzarbeit (Reinigen, Aufräumen, Umlagern)
  - **Umlagestunden** (sind bestimmten Teilleistungen, z. B. einer Gruppe von Leistungspositionen, zuordenbar), wie
    - Reinigen von Schalung
    - Nachbehandlung von Beton
    - Bedienen des Turmdrehkranes ...
- **Sozialstunden** sind solche Stunden, die für soziale Zwecke, wie z. B. Feiertagsbezahlung oder Betriebsversammlungen, anfallen. Ihre Vergütung ist gesetzlich, tariflich oder in Betriebsvereinbarungen geregelt.

Die in der Bauwirtschaft übliche Terminologie und Einteilung der **Zeitartern für die Betriebsmittel** (Baumaschinen, Geräte und Ausrüstungen) ist in der Baugeräteliste [6-5, S. 12f] zu finden. Darin werden unterschieden (vgl. Abb. 6.23):

- **Vorhaltezeit**  
 Zeit, in der ein Gerät einer Baustelle zur Verfügung steht und anderweitig nicht darüber disponiert werden kann  
 Beginn: Datum des Absendetages zum Einsatzort  
 Ende: Datum des Absendetages zum neuen Einsatzort oder zum Bauhof oder Zeitpunkt des wirksamen Freimeldetermins.
- **Stilliegezeiten**  
 Zeiten innerhalb der Vorhaltezeit, die durch höhere Gewalt oder vergleichbare Umstände das Stillliegen des Gerätes erzwingen

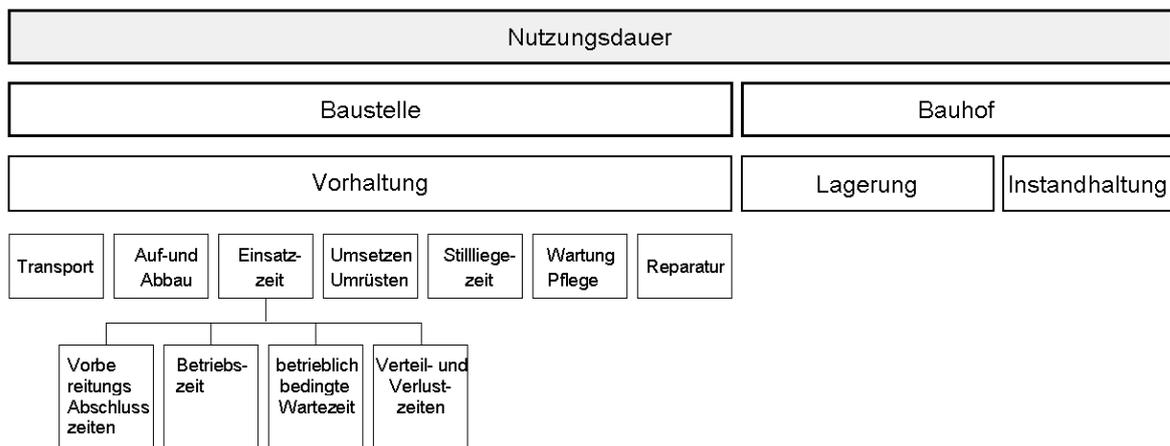


Abb. 6.23 Zeitbegriffe nach der Baugeräteliste

Nach ihrer **Herkunft** unterscheidet man in **Ist- und Soll-Zeiten**. Ist-Zeiten sollen wahrheitsgetreu und so genau wie erforderlich erfasst werden. Soll-Zeiten beinhalten Vorgaben oder Annahmen. Sie entstehen letztendlich immer aus der Auswertung vorangegangener Ist-Daten. Über die Rückkopplung zu den Ist-Zeiten sind die Soll-

Zeiten in sinnvollen Zeitabständen operativ auf ihre Einhaltung zu kontrollieren und langfristig als Datenbasis zu aktualisieren.

Nur in wenigen Fällen (z. B. bei Werkzeugmaschinen der Metall verarbeitenden Industrie, aber kaum für Baumaschinen) ist es möglich, Soll-Zeiten als so genannte **Prozesszeiten** direkt aus technischen Daten von Maschinen zu berechnen.

Die **Zeitermittlung** erfolgt in der Baupraxis hauptsächlich auf eine der folgenden drei Arten [6-2]:

- **Zeiten messen**  
Zeitmessungen bieten die höchste Genauigkeit, sind aber aufwändig. Ihre Ergebnisse sind wegen vielfältiger Einflüsse schwierig zu verallgemeinern. Zeitmessungen werden am Bau wenig praktiziert.
- **Zeiten ableiten**  
Aus vorhandenen Zeitwerten werden unter Berücksichtigung abweichender Einflussgrößen oder Arbeitsbedingungen neue Zeiten rechnerisch abgeleitet.  
Grundlagen dafür sind u. a. Daten aus der Nachkalkulation, inner- und überbetriebliche Zeitkataloge, z. B. die Arbeitszeit-Richtwerte-Kataloge [6-2], [6-3] sowie bauwirtschaftliche Literatur. Hersteller von Baumaschinen und -geräten geben oft Leistungs- und Zeitrichtwerte an.
- **Zeiten schätzen**  
Durch Schätzen werden Soll-Zeiten aus Erfahrung oder der Erinnerung bestimmt. In der Regel basiert Schätzen auf dem Vergleich mit den Daten ähnlicher Aufgaben.  
Wenn der Schätzende keine Erfahrung hat, sind die Ergebnisse angreifbar. Deshalb sollten die Vorgaben gemeinsam diskutiert, vereinbart und ggf. nach einer Anlaufzeit überprüft und revidiert werden.  
Mit dem (vorausseilenden) Schätzen von Soll-Zeiten und dem Vergleichen (im Nachhinein) mit den Ist-Zeiten lässt sich jedoch die eigene Urteilskraft wesentlich verbessern.

Im „Rahmentarifvertrag für Leistungslohn im Baugewerbe“ wird der Begriff „**methodisch ermittelte Vorgabewerte**“ gebraucht, der Zeitwerte aus Zeitstudien und Multimomentaufnahmen als auch Werte aus Nachkalkulationen und methodischer Schätzung einschließt.

In der **baubetrieblichen Nutzung** sind zu unterscheiden

- **Mannzeit** (z. B. in AK·h, Pers.·h, P·h – Bitte: die Bezeichnung „AK“ vermeiden!)  
Mannzeiten beinhalten den Arbeitszeitaufwand für einen bestimmten Teilprozess oder Ablaufabschnitt und beziehen sich auf Arbeitspersonen. Sie werden zur Ermittlung von Vorgabewerten und Lohnkosten verwendet.
- **Platzzeit** (in h)  
Platzzeiten beinhalten die Belegungsdauer eines bestimmten Arbeitssystems durch einen bestimmten Teilprozess. Sie werden z. B. zur Ermittlung der Ablaufdauer von Teilprozessen, Maschinenzeiten sowie Geräte- und Gemeinkosten verwendet.

### 6.3.4 Kosten und Leistungen

Die **Kosten- und Leistungsrechnung** dient der Gegenüberstellung des betrieblich bedingten Werteverzehrs (Kosten) zu den Produkten und Dienstleistungen (Leistungen) und gibt Auskunft über den Erfolg je Auftrag und Produkt. Die Kosten- und Leistungsrechnung ist in erster Linie ein technisches Arbeitsgebiet (kein kaufmännisches) und umfasst

- Bauauftragsrechnung (Vor-, Arbeits- und Nachkalkulation),
- Baubetriebsrechnung (Kosten-, Leistungs- und Ergebnisrechnung),
- Soll-Ist-Vergleichsrechnung (von Mengen und Werten),
- Kennzahlenrechnung (Bauftrags-, Baubetriebs- und Soll-Ist-Vergleichsrechnung).

Für das bessere Verständnis der weiteren Ausführungen müssen einige Grundbegriffe der Kostenrechnung des Baubetriebs erläutert werden (vgl. z. B: [6-20]).

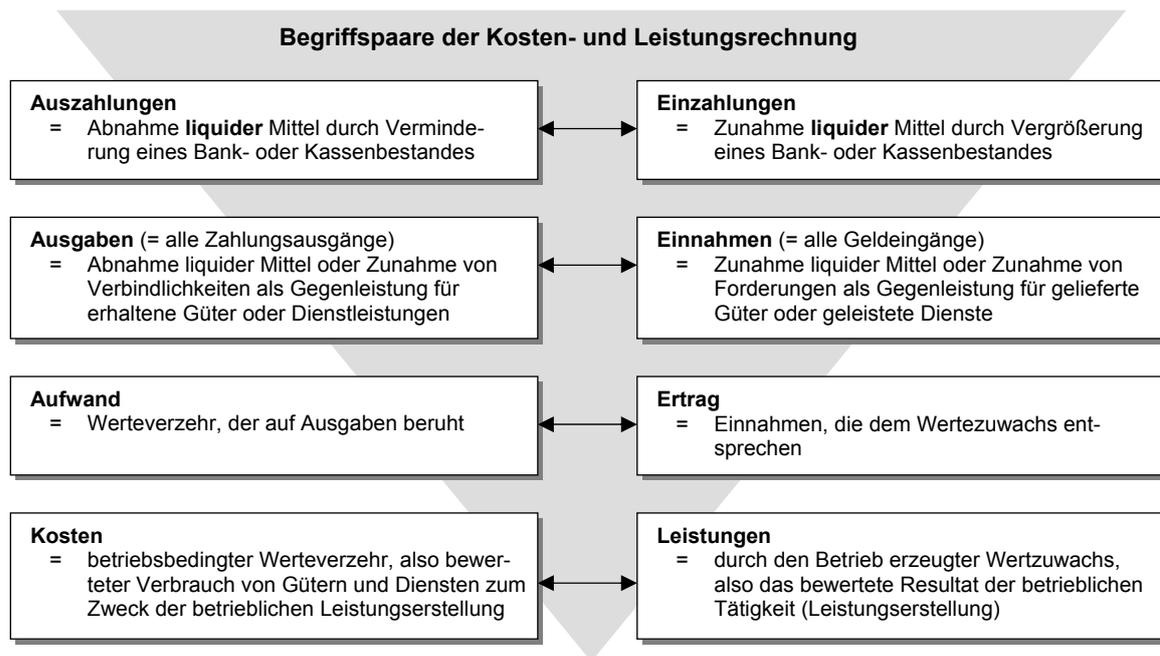


Abb. 6.24 Begriffspaare der Kosten- und Leistungsrechnung

**Ausgaben** verkörpern den Geldabfluss aus dem Unternehmen, die **Einnahmen** den Geldzufluss in das Unternehmen. Bei Ausgaben und Einnahmen spielen weder der Zweck noch der Rechnungszeitraum eine Rolle, in den sie fallen. Sie sind **zeitpunktbezogen**.

**Aufwendungen** und **Erträge** verkörpern den Werteverzehr bzw. -zuwachs einer Periode ohne Berücksichtigung ihrer Zusammenhänge zur betrieblichen Leistungserstellung. Sie sind **auf einen Zeitraum bezogen**.

**Beispiel:** Die Anschaffung eines Rechnerarbeitsplatzes für 2 800 € führt im Jahr der Anschaffung zu der **Ausgabe von 2 800 €** und in den vier Jahren der Abschreibung zum **Aufwand von 700 €/a**. Die Anschaffung eines Rechnerarbeitsplatzes beinhaltet hier einen **Zweckaufwand** (der hängt mit der betrieblichen Leistungserstellung zusammen).

**Kosten** sind der in Geld bewertete Verbrauch von Gütern oder Dienstleistungen zur Erstellung betrieblicher Leistungen. Sie sind durch drei Merkmale gekennzeichnet und damit gegenüber Ausgaben bzw. Aufwand abgrenzbar:

1. Es muss ein Verzehr an Mitteln vorliegen, wie z. B. Nutzung, Verbrauch oder Gebrauch der „Einsatzfaktoren“ menschliche Arbeitskraft, Werkstoffe, Betriebsmittel, Energie oder Information (Mengenkomponente).
2. Dieser Verzehr muss bei der Erstellung betrieblicher Leistungen entstanden sein, was bei Aufwendungen nicht zwingend der Fall sein muss (Zweckbezogenheit).
3. Die eingesetzten Mittel müssen mit Preisen bewertet sein; erst das Produkt aus Menge und Preis (je Mengeneinheit) ergibt die Kosten (Bewertungskomponente).

**Leistungen** sind das bewertete Resultate der betrieblichen Tätigkeit – durch den Betrieb erzeugte Wertzuwächse. Sie stehen den dafür aufgewendeten Kosten gegenüber. Dieser Leistungsbegriff umfasst sowohl die für den Markt bestimmten Leistungen (Absatz) als auch die innerbetrieblichen Leistungen.

Mit der Abnahme oder der Abrechnung der Bauleistung (Schlussrechnung) werden die Leistungen zu **Umsatz**. Dies gilt auch für die abgenommenen und schlussabgerechneten Teilleistungen [6-12], [6-26].

Aufwand		
neutraler Aufwand	Zweckaufwand	
– betriebsfremd – außerordentlich – periodenfremd	kostengleicher Aufwand (für Personal, Energie, Material ...)	
	aufwandsgleiche Kosten (für Personal, Energie, Material ...)	Zusatzkosten (kalkulierter Unternehmerlohn, kalku- lierte Zinsen, Wagnisse)
	Grundkosten	kalkulatorische Kosten
Kosten		

Abb. 6.25 Abgrenzung von Aufwand und Kosten

**Erlös** ist im Allgemeinen der Geldeingang für irgendwelche Gegenleistungen (auch Verkauf von Anlagegütern) in einer Rechnungsperiode. Im engeren Sinne werden aber nur bare oder kreditorische Einnahmen aus der Veräußerung betrieblicher Leistungen als Erlös verstanden. Dieses kann bei abgerechneter Bauleistung z. B. auch eine Komponente für den Verkauf des dazugehörigen Grundstücks beinhalten.

Das **Ergebnis** ergibt sich aus der Gegenüberstellung der Kosten und Leistungen, bzw. des Aufwandes und des Ertrags (Betriebsergebnis). Dabei wird zwischen objektbezogenen und periodenbezogenen Ergebnissen unterschieden. Das **Finanzergebnis** ist die Gegenüberstellung von Einnahmen und Ausgaben. Das **Betriebsergebnis** ergibt sich aus der Differenz zwischen Erlösen für die Leistungen und Kosten des Betriebes:

$$\text{Betriebsergebnis} = \text{Erlöse} - \text{Kosten}$$

Baufirmen bauen, um damit Geld zu verdienen, um „schwarze Zahlen“ zu schreiben. Das heißt, dass der Ertrag grundsätzlich größer sein muss als das, was ein Unternehmen für das Bauen aufwendet.

### 6.3.5 Darstellung in Plänen

Pläne und Zeichnungen spielen im Baubetrieb als Informationsquelle und Dokumentationsmittel eine wichtige Rolle. Sie sind verbindliche Berechnungs- oder Ausführungsunterlagen und Bestandteil des Bauvertrags.

DIN 1356-1 [6-45] definiert u. a. folgende Bauzeichnungen:

- **Entwurfszeichnungen** – Bauzeichnungen mit zeichnerischen Darstellungen des durchgearbeiteten Planungskonzeptes der geplanten baulichen Anlage. Maßstab im Regelfall 1:100, gegebenenfalls 1:200,
- **Ausführungszeichnungen** – zeichnerische Darstellung des Objekts mit allen für die Ausführung notwendigen Einzelangaben. Sie dienen als Grundlage der Leistungsbeschreibung und Ausführung der baulichen Leistungen.

DIN ISO 9431 [6-53] fordert, alle **Textangaben**, die zum Verständnis der Zeichnung notwendig sind, wie Erklärungen, Anweisungen, Verweisungen, Anordnungspläne, Änderungsangaben, in Textfeldern zu machen. Alle Änderungen, Korrekturen und Ergänzungen, die Einfluss auf die Richtigkeit einer Zeichnung haben, sind in einer Änderungstabelle auszuweisen. Sie muss folgende Informationen enthalten: Benennung der Änderung (wenn erforderlich, auch die Anzahl der geänderten Stellen), Einzelheiten der Änderung, Änderungsdatum sowie Unterschrift des für die Änderung Verantwortlichen. Das Schriftfeld nach DIN ISO 7200 [6-52] beinhaltet die eindeutige Identifikation: Gegenstand, Maßstäbe, Verantwortliche, Datum, Plannummer und -index.

**Bemaßungen** (Maßketten für Geometrie und Besonderheiten) sowie **Materialien** müssen eindeutig erkennbar sein,

Im Zuge der elektronischen Bearbeitung kommt der eindeutigen Identifikation eines Planes, einer Planversion und der Autorisierung von Plänen eine große Bedeutung zu. Andernfalls sind leicht Verwechslungen und Irrtümer auf Grund veralteter Pläne möglich.

## 6.4 Ablauf- und Terminplanung

### 6.4.1 Ziele und Aufgaben der Ablaufplanung

Unter gegebenen Bedingungen kann eine gestellte Bauaufgabe nur dann kostengünstig durchgeführt werden, wenn der Bauablauf geordnet, rationell und störungsfrei vorstatten geht. Kapazitäten, Zeiten und auch Kosten hängen wesentlich von der produktionstechnischen Lösung (Verfahrensauswahl) ab, die in enger Wechselwirkung und gegenseitiger Beeinflussung mit der konstruktiven Gestaltung steht. Die produktiven Faktoren der Bauunternehmung – Baustoffe, Betriebsmittel und Personal (Material, Maschine, Mensch) – müssen

- zur richtigen Zeit,
- in der notwendigen Menge und Qualität,
- am richtigen Ort,
- bei optimalem Aufwand

verfügbar sein.

In der Schaffung der planungstechnischen Voraussetzung dafür besteht das **Ziel der Ablaufplanung**.

Die Gestaltung technologischer Prozesse wird prinzipiell vom Ziel, dem zu schaffenden Erzeugnis, bestimmt. Unter Einbeziehung notwendiger Iterationen ist die Kette Produkt – Prozess – Verfahren – Mittel zu durchlaufen und damit deduktiv vorzugehen. Diese grundsätzliche Vorgehensweise bestimmt auch die wesentlichen **Aufgaben der Ablaufplanung** (nach [6-21, S. 552]):

- Gliederung des Bauwerks in Bauabschnitte,
- Ermittlung der zu den Abschnitten gehörenden Mengen,
- Festlegung der Teilprozesse (Ablaufeinheiten) nach Art und Reihenfolge,
- Ermittlung des Bedarfs an Menschen und Betriebsmitteln (Kapazitäten) für die einzelnen Ablaufeinheiten,
- Ermittlung der Dauer der einzelnen Teilprozesse (Ablaufeinheiten),
- Optimierung des Gesamtablaufes.

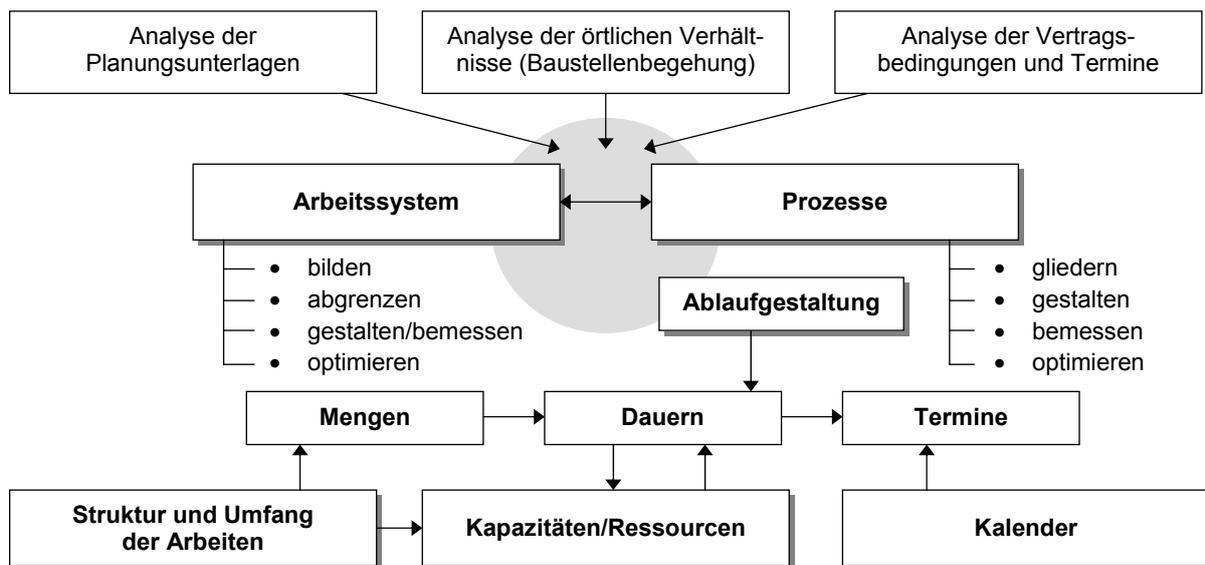


Abb. 6.26 Gegenstände und Aufgabenfelder der Arbeitssystem- und Prozessgestaltung

Das **Planen** (Vorausdenken) von Abläufen ist ein geistiger Prozess, der – wie die konstruktive Gestaltung und Bemessung – Ingenieurwissen und im notwendigen Umfang vollständige Informationen voraussetzt. Berechnungen (anhand von Regeln) sind auch hier unerlässlich, aber die Ergebnisse sind immer wieder schöpferisch zu interpretieren. Ingenium, Intuition und Erfahrung sind hier Pflicht!

Bei der Ablaufplanung sind immer **Kompromisse** einzugehen, denn

- einerseits sind **Ablaufmodelle** nur dann realistisch, zuverlässig und effizient, wenn sie ausreichend tief gegliedert sind und der Wirklichkeit entsprechen und auch alle erforderlichen Vorgänge enthalten,
- andererseits sollten die Vorgänge des Ablaufplanes mit **Daten** unterlegt sein, deren Aussagekraft in einer bestimmten Relation zum Aufwand ihrer Ermittlung stehen muss (Wirtschaftlichkeit).

Die beste Grundlage für die Arbeitsvorbereitung sind detaillierte Ausführungszeichnungen (vgl. Kap. 6.3.5).

Die Ergebnisse der Ablaufplanung werden in Form von Plänen/Diagrammen niedergeschrieben und den Beteiligten zugänglich gemacht. So kann sich jeder auf die Planung einstellen und „nach Plan“ arbeiten.

Alle Etappen der Ablaufplanung stehen in einem engen Zusammenhang und müssen ggf. iterativ durchlaufen werden (vgl. Abb. 6.27).

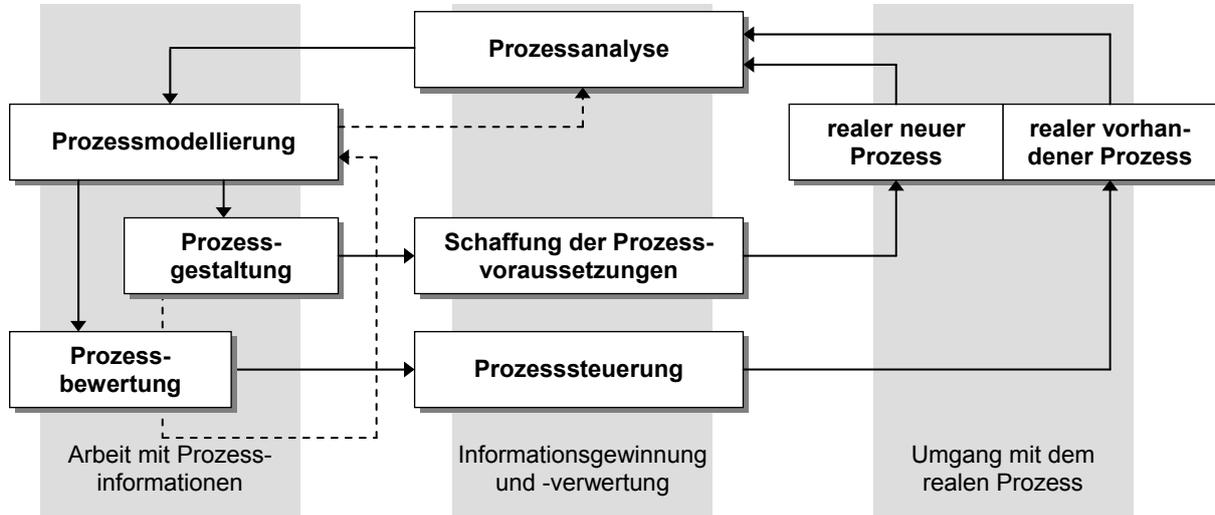


Abb. 6.27 Elementarzyklen des Umganges mit Prozessen

### 6.4.2 Ablaufplanung als Teil der Arbeitsvorbereitung

Die Ablauf- und Terminplanung ist Teil der Arbeitsvorbereitung (vgl. Kap. 6.2.3.3). Nur auf der Grundlage einer guten Arbeitsvorbereitung kann der Bauablauf vor Ort gesteuert werden, da im ständigen Vergleich der geplanten Aktivitäten zu den Ereignissen vor Ort, d. h. durch den Vergleich von Soll und Ist, Abweichungen oder Veränderungen schnell registriert und deren Folgen analysiert werden können.

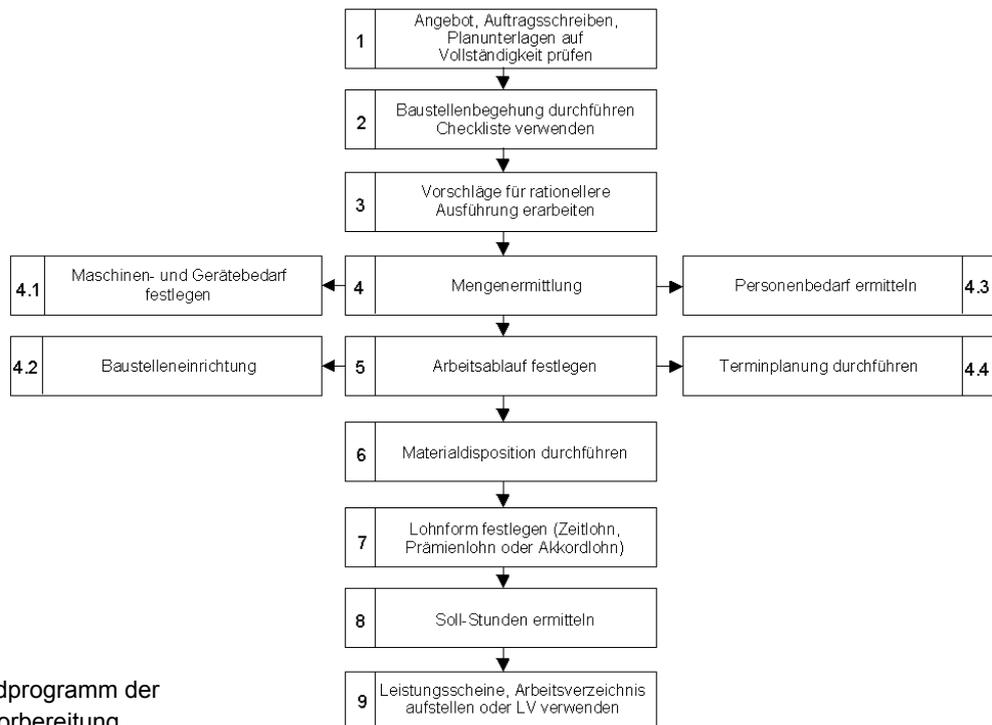


Abb. 6.28 Standardprogramm der Arbeitsvorbereitung

Darüber hinaus ergänzt die Nachbereitung – in der Praxis i. d. R. durch die gleichen Personen durchgeführt, die mit der Arbeitsvorbereitung befasst waren – die Rückkopplung über die eingesetzten Verfahren und erarbeitet die Grundlagen und Ansätze von Verbesserungen für den nächsten Einsatz.

Die Arbeitsvorbereitung fällt in den Kompetenzbereich der ausführenden Baufirma. Mit dem Erstellen von Übersichten und Plänen füllt es seinen Gestaltungsfreiraum aus, nutzt seine Dispositionsfreiheit. Damit engt es den Spielraum für die weiteren Schritte der anderen am Bau Beteiligten ein, ermöglicht diesen aber durch die verlässlich gesetzten eigenen Rahmenbedingungen, ihre Aktivitäten aufbauend zu planen.

### 6.4.3 Prozesse und ihre Gliederung

#### 6.4.3.1 Grundsätzliches

Prozesse sind Veränderungen in Systemen, die in Raum und Zeit vonstatten gehen.

Ein **System** ist als Menge von Elementen und Menge von Relationen zwischen diesen Elementen definiert. Die Systemstruktur ergibt sich aus der Anordnung der Systemelemente im Raum und der Prozess aus der Veränderung des Systemzustandes in Raum und Zeit.

Prozesse können in **Arbeitssystemen** (vgl. Definition in Kap. 7.1.3) aller Größen untersucht werden. Deren Gliederung hängt von der Zielstellung der entsprechenden Analyse- bzw. Gestaltungsaufgaben ab. Sie sind

- |                |   |                                  |
|----------------|---|----------------------------------|
| – logisch,     | ⇒ | qualitative Prozessbeschreibung  |
| – räumlich und |   | ↓                                |
| – zeitlich     | ⇒ | quantitative Prozessbeschreibung |

zu gliedern. Die materielle Produktion ist an **technologische Prozesse** gebunden (vgl. Definition in Kap. 1.7.2).

#### Kriterien für die Untergliederung technologischer Systeme:

- das Erreichen eines definierten Abschlusses im Herstellungsprozess
- die Messbarkeit des im technologischen Abschnitt erarbeiteten Fertigungsvolumens
- die Erfassung aller wichtigen Aufwandsarten, die im betrachteten Arbeitssystem eingesetzt sind
- die Möglichkeit des Nachweises der wesentlichen auf Erzeugung und Verbrauch wirkenden Einflüsse
- das Vorhandensein eines wesentlichen Kostenzuwachses

Die **logische (sachliche) Prozessgliederung** erfolgt:

- horizontal
  - entsprechend der volkswirtschaftlichen Arbeitsteilung bis hin zur traditionellen Gewerkestruktur als subjektive Arbeitsteilung, d. h. ausgehend von der beruflichen Qualifikation der Mitarbeiter, bzw.
  - nach technologischen Prinzipien als objektive Arbeitsteilung, d. h. ausgehend von den produktionstechnischen Notwendigkeiten,
- vertikal
  - in hierarchischen Prozessstufen vom Elementarvorgang bis zum Gesamtprozess.

Die **räumlichen Prozessgliederung** beinhaltet die Bildung von Arbeitsabschnitten nach konstruktiven und technologischen Kriterien, die Beschreibung bzw. Festlegung ihrer lokalen Anordnung und die Konzipierung der Fertigungsrichtung. Das hat Konsequenzen für die Anordnung und Bewegung aller Produktionsfaktoren.

Daraus werden schließlich, sozusagen als Elemente der Ablaufplanung, Ablaufeinheiten abgeleitet (siehe Kap. 6.4.3.3).

Die **zeitliche Prozessgliederung** folgt aus der vertikalen Strukturierung der Prozesse und der zeitlichen Verknüpfung ihrer Elemente. Die Merkmale der zeitlichen Prozessgliederung werden mit den Ablauffolgen (Kap. 6.4.3.6) und zeitlichen Fertigungsprinzipien (Kap. 6.4.3.7) verdeutlicht.

#### 6.4.3.2 Bauarbeitsschlüssel

Bauarbeitsschlüssel (BAS) sind betriebsinterne Gliederungen der Arbeitsvorgänge (Bauarbeiten) nach fertigungstechnischen und arbeitsorganisatorischen Merkmalen. Sie dienen als Ordnungsschlüssel für das Erfassen und Aufbereiten von Prozessdaten. BAS-Dateien mit der Nachkalkulation entstammenden Stundensätzen können als Stammdatei für die Angebotskalkulation verwendet werden. Ein Muster ist in [6-21, S. 579] gegeben.

### 6.4.3.3 Ablaufeinheiten

Bevor Abläufe geplant werden können, müssen die einzelnen Ablaufeinheiten gestaltet und bemessen werden. Es sind zwei Begriffe zu unterscheiden:

- **Arbeitsabschnitt / Ablaufabschnitt**

Der Arbeitsabschnitt ist die räumlich-zeitliche Entsprechung der Teilmenge eines Produktes (z. B. Teil eines Bauwerks) an der eine Teilkapazität (z. B. Kolonne) allein ihre Arbeit durchführt. Er ist eine wichtige Kategorie der Arbeitsgestaltung.

Jede folgende Teilkapazität nimmt (im Normalfall) ihre Arbeit im Abschnitt erst dann auf, wenn die vorhergehende ihre Arbeit abgeschlossen hat.

In der Bauablaufplanung wird der Arbeitsabschnitt zum Ablaufabschnitt.

- **Ablaufeinheit**

Die Ablaufeinheit ist ein Begriff für die detaillierte Ablaufplanung. Sie ist durch eine konstante Beschäftigten- und Betriebsmittelstruktur gekennzeichnet. In ihr werden zeitlich und im weitgehenden Sinne auch räumlich zusammenhängende Veränderungen der Arbeitsgegenstände ausgeführt.

In jeder Ablaufeinheit wird erfasst

- **was**     Arbeitsgegenstand, Erzeugnis
- **wo**     in welcher Abteilung, auf welcher Baustelle, an welchem Arbeitsplatz und in welcher räumlichen Folge
- **wie**     mit welchen Arbeitsverfahren und welchen Arbeitsmethoden
- **wann**    in welcher zeitlichen Abfolge
- **womit**   mit welchen Kapazitäten (Menschen und Betriebsmitteln) der Firma

bearbeitet wird. In diesen Angaben liegen die Eingangsdaten der zeitlichen Bemessung. Von ihrer Vollständigkeit und Genauigkeit hängt selbstverständlich die Zuverlässigkeit der zeitlichen Bemessung ab.

### 6.4.3.4 Ermittlung der Dauer eines Ablaufabschnitts auf der Basis von Aufwandswerten

**Aufwandswerte  $t_V$**  geben an, welcher Aufwand an Arbeitsstunden erforderlich ist, um eine bestimmte Leistungseinheit (LE) zu erbringen, z. B.: 1,0 h/m<sup>2</sup> Schalung, 0,3 h/m<sup>3</sup> Beton. Aufwandswerte implizieren Zeitvorgaben.

Diese Stunden sind Aufwand an menschlicher, vorwiegend händischer Arbeit, also Personen-Stunden (vgl. DIN 69902), Mann-Stunden, (AK-Stunden)...

$$t_V = \frac{\text{Personen} \cdot \text{Stunden}}{\text{Menge der veränderten Arbeitsgegenstände}} \Rightarrow \frac{P \cdot h}{LE}$$

Daraus ergibt sich die Dauer eines Ablaufabschnittes für manuelle Tätigkeiten aus

$$D_d = \frac{1}{n_S \cdot n_h} D_h \quad , \quad D_h = \frac{Q_U \cdot t_V}{n_{Pers} \cdot f_n}$$

- $D_d$  – Vorgangsdauer in Tagen, d
- $D_h$  – Vorgangsdauer in Stunden, h
- $n_S$  – Anzahl Schichten pro Tag (im betrachteten Ablauf), Schichten/d
- $n_h$  – Anzahl der Arbeitsstunden je Schicht, h/Schicht
- $Q_U$  – Leistungsumfang in LE
- $t_V$  – Vorgabezeit (Aufwandswert) in P · h / LE
- $n_{Pers}$  – Anzahl der Personen (Arbeitskräfte) in der Teilkapazität, P
- $f_n$  – Faktor der leistungsmäßigen Abweichung vom betrieblichen Durchschnitt

#### Herkunft von Aufwandswerten:

- Aufwandskennzahlen aus aggregierten Ist-Werten (Nachkalkulation, Berichtswesen, Arbeitszeit-Richtwert-Tabellen [6-2], Handbuch Arbeitsorganisation Bau [6-18], PLÜMECKE [6-36])
- Erfahrungswerte, aus der Praxis des Unternehmens gewonnen (subjektiv, ungenau, für Vergleichszwecke geeignet)

### 6.4.3.5 Ermittlung der Dauer eines Ablaufabschnitts auf der Basis von Leistungswerten

**Leistungswerte  $Q$**  geben an, wie viel Leistungseinheiten (LE) pro Zeiteinheit (ZE) durch eine bestimmte Maschine unter Betriebsbedingungen erbracht werden, z. B.: 100 m<sup>3</sup> Bodenaushub je Stunde.

$$Q = \frac{\text{Menge veränderter Arbeitsgegenstände}}{\text{Leistungs- oder Betriebszeit der Maschine}} \Rightarrow \frac{\text{LE}}{\text{ZE}}$$

Leistungswerte finden dort Anwendung, wo maschinelle Arbeit bestimmend ist – „maschinenintensive Arbeiten“. Sie sind den Aufwandswerten nur scheinbar reziprok, denn es besteht kein direkter Bezug zum Verbrauch an lebendiger Arbeit. Leistungswerte implizieren Mengenvorgaben.

Die **Dauer** eines Ablaufabschnitts für maschinelle Tätigkeiten ergibt sich aus

$$D_h = \frac{Q_U}{Q_N}$$

$D_h$  – Vorgangsdauer in Stunden, h

$Q_U$  – Leistungsumfang in LE

$Q_N$  – Nutzleistung in Leistungseinheiten je Einsatzstunde, LE/h<sub>E</sub>

Die Nutzleistung wird auch als Dauerleistung, Durchschnittsleistung, Kalkulationsleistung bezeichnet und aus der Grundleistung unter Berücksichtigung aller bekannten Leistungseinflüsse, insbesondere aus der Maschine selbst (Maschinenzustand), dem Menschen, den Baustellen- und (üblichen, normalen) Witterungsverhältnissen ermittelt.

Die Nutzleistung bezieht sich auf den ununterbrochenen Einsatz der Baumaschine nach einem speziellen technologischen Schema unter Berücksichtigung der üblichen Erholungs- und Verteilzeiten. Die Bedienung erfolgt durch einen in erforderlichem Maße geeigneten, geübten und voll eingearbeiteten Baumaschinisten.

Für den Fall der Berechnung nach der Faktorenmethode gilt

$$Q_N = Q_G \cdot f_N$$

$Q_G$  – Grundleistung in Leistungseinheiten je Leistungsstunde, LE/h<sub>L</sub>

Die Grundleistung beinhaltet einen Idealwert ohne Berücksichtigung maschinenzustands- oder organisationsbedingter Einflüsse. Sie kennzeichnet die Leistung einer Baumaschine, die bei ununterbrochener Arbeit und weitestgehender Gleichzeitigkeit ihrer Haupt- und Nebenprozesse an einem bestimmten Arbeitsgegenstand nach einem standardisierten technologischen Schema erbracht werden kann.

Für den Fall einer zyklisch arbeitenden Maschine gilt

$$Q_G = V_N \cdot n_G \cdot f_{AG} = V_N \cdot \left( \frac{60}{T_G} \right) \cdot f_{AG}$$

$V_N$  – (durchschnittlich) je Zyklus (Arbeitsspiel) bearbeitete Menge in m<sup>3</sup>, t, m<sup>2</sup> usw. (auch  $I$  ist als Formelzeichen möglich)

$n_G$  – Grundspielzahl in 1/h<sub>L</sub>

$f_{AG}$  – Einflussfaktor der Wechselwirkung zwischen Arbeitseinrichtung und Arbeitsgegenstand, z. B. durch Auflockerung

$T_G$  – Grundspielzeit (Grundzyklusdauer) in min

$f_N$  – Faktor zur Berücksichtigung der Einsatzbedingungen (Betriebs- und Baustellenbedingungen) und des konkreten Arbeitsablaufs (technologisches Schema)

$$f_N = \prod f_i$$

#### Herkunft von Leistungswerten:

- Angaben der Gerätehersteller (für Ideal- oder Standardbedingungen, oft zweckoptimistisch)
- methodische Ermittlung (Arbeitsstudien) – vor allem nach REFA
- Berechnungen (exakte Leistungsberechnungen sind schwierig, aufgrund der vielfältigen und nur unsicher beschreibbaren Einflüsse ungenau und besitzen deshalb nur theoretische Bedeutung).
- Erfahrungswerte, z. B. Angaben von Koeffizienten in der Fachliteratur, wie [6-21] (sie sind subjektiv, ungenau, für Vergleichszwecke geeignet, werden – einmal veröffentlicht – von der Fachwelt immer wieder zitiert)

**6.4.3.6 Ablauffolgen**

**Verknüpfungen** fixieren die logisch-sachlichen Beziehungen zwischen den Ablaufabschnitten im Prozess. Sie werden relativ zu einem betrachteten Vorgang  $i$  indiziert.

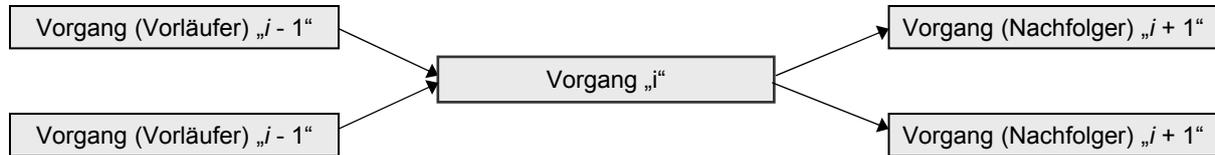


Abb. 6.29 Verknüpfung von Vorgängen durch Anordnungsbeziehungen

**Ablauffolgen** geben die zeitliche Lage der Ablaufeinheiten zueinander an. Es sind zu unterscheiden (vgl. [6-50]):

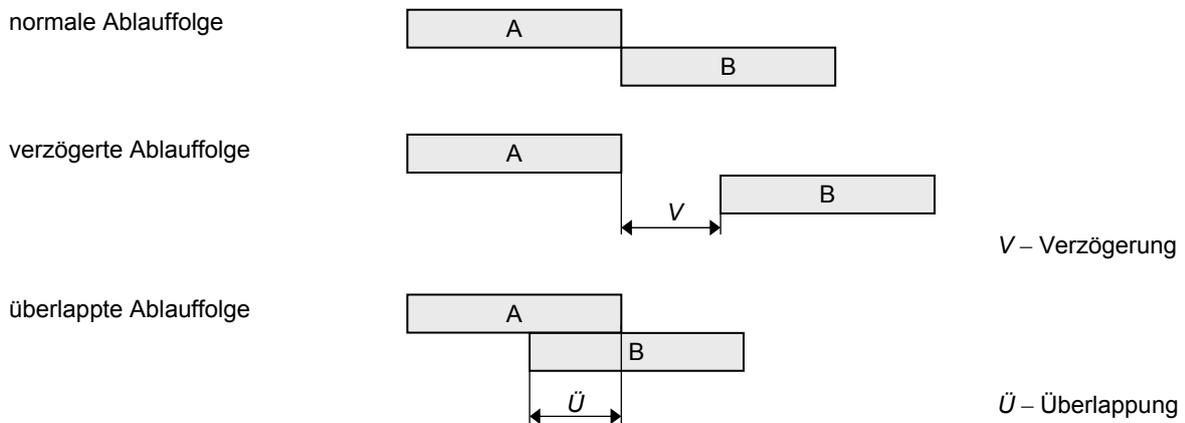


Abb. 6.30 Arten von Ablauffolgen

**Anordnungsbeziehungen** (AOB) sind als „quantifizierbare Abhängigkeiten zwischen Vorgängen“ definiert [6-50].

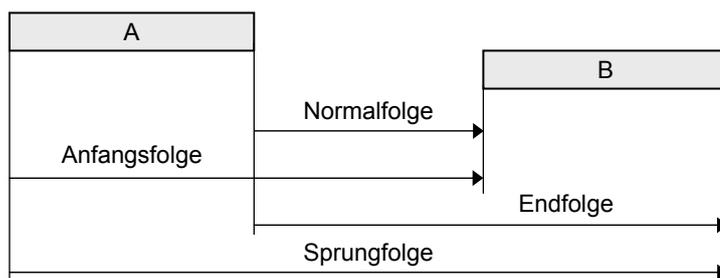


Abb. 6.31 Arten von Anordnungsbeziehungen nach DIN 69 000-1 [6-50]

Der zeitliche Abstand der Teilkapazitäten bedingt eine entsprechende räumliche Größe, den Arbeitsabschnitt. Umgekehrt bedingt häufig der notwendige räumliche Abstand benachbarter Teilkapazitäten die Baufreiheit für den nachfolgenden Teilprozess und damit den Beginnabstand.

**6.4.3.7 Zeitliche Ablaufprinzipien**

Zeitliche Ablaufprinzipien kennzeichnen die zeitlichen Zusammenhänge zwischen den Ablaufeinheiten im Bauablauf. Sie besitzen Relevanz beim:

- Flussprinzip als **Reihenfertigung**, ohne zeitliche Abstimmung der Teilprozesse,  
**Fließfertigung**, bei zeitlicher Abstimmung der Teilprozesse.

Im Wesentlichen sind nach REFA die folgenden zeitlichen Ablaufprinzipien zu unterscheiden (vgl. [6-30, S. 128-130]):

- **Hintereinanderfertigung:**

Die einzelnen Ablaufeinheiten werden durch eine einzelne Arbeitsperson bzw. Arbeitsgruppe zeitlich nacheinander abgearbeitet.

Ablaufabschnitt	Zeit			t		
Garage 1	B	W	D			
Garage 2				B	W	D
Garage 3						B W D

(B - Bodenplatte, W - Wände, D - Dach)

- **Parallelfertigung:**

Die Parallelfertigung beruht auf Mengenteilung. Mehrere Arbeitspersonen sind eingesetzt. Zwei oder mehrere Ablaufeinheiten werden zeitlich parallel bewältigt.

Mengenteilung bedeutet, dass mehrere Fertigungsgruppen parallel die gleichen Arbeiten an einer Teilmenge des Auftrags ausführen.

Ablaufabschnitt	Zeit			t		
Garage 1	B			W		D
Garage 2	B			W		D
Garage 3	B			W		D

- **Reihenfertigung:**

Reihenfertigung basiert auf Arteilung. Es besteht keine zeitliche Abstimmung zwischen den einzelnen Ablaufeinheiten. Bei Bauwerken mit ausgeprägter Fertigungsrichtung wird der Fertigungsablauf hintereinander angeordnet durchgeführt.

Ablaufabschnitt	Zeit			t		
Garage 1	B		W		D	
Garage 2		B		W	D	
Garage 3				B		W D

Arteilung bedeutet, dass die Fertigungsgruppen jeweils einen Teil der Arbeiten an der Gesamtmenge des Auftrags ausführen.

- **Fließ- bzw. Taktfertigung:**

Fließfertigung entsteht (aus der Reihenfertigung), wenn die Zeitauern der einzelnen Ablaufabschnitte aufeinander abgestimmt sind.

Da in der Bauindustrie die Taktzeiten im Vergleich zur Serien- und Massenfertigung der stationären Industrie vergleichsweise groß sind und ein Fließen nicht beobachtet werden kann, spricht man hier von Taktfertigung.

Ablaufabschnitt	Zeit			t		
Garage 1	B	W	D			
Garage 2		B	W	D		
Garage 3			B	W	D	

## 6.4.4 Logische und räumliche Ablaufplanung

### 6.4.4.1 Gliederung in Bauabschnitte

Die Bildung von Ablaufabschnitten erfolgt nach geometrischen und technologischen Gesichtspunkten.

- Die **geometrisch orientierte Gliederung** basiert auf der Analyse der funktionellen und statisch-konstruktiven Bauwerksabschnitte (z.B.: Bewegungs- und Arbeitsfugen, Materialwechsel) sowie konstruktiver Bezugsgrößen (vgl. Gliederung in DIN 276 [6-44]). Sie erfolgt abhängig vom Umfang des Bauvorhabens in:
  - Gebäude, Gebäudeabschnitt     *A, B, C, ...*
  - Bauteile                             *I, II, III, ...*
  - Geschosse/Segmente             *..., -01, 01, 02, 03, ...*
  - Achsen/Achsabschnitte         *a, b, c, ... und 1, 2, 3, ...*
  - Boden/Wand/Decke             *im Uhrzeigersinn*
  - Rastermaße                        *z. B. 1,25 m-Raster*
  - Einzelteile

Zu beachten sind

- Wiederholungen gleichartiger Bauabschnitte (Serien bieten technologische und wirtschaftliche Vorteile),
- Bauwerksstabilität in jedem Bauzustand.
- Die **technologisch orientierte Gliederung** zielt auf den rationellen Einsatz der Kapazitäten<sup>30</sup> (Menschen und Betriebsmittel) durch Bildung produktionstechnischer Abschnitte. Sie erfolgt anhand von:
  - technologisch notwendigen Kapazitäten,
  - Platzbedarf der eingesetzten Kapazitäten, technologisch notwendigen Arbeitsbereichen,
  - Sicherheitsabständen,
  - Fertigungsrichtung (Prozessfortschritt):
    - **vertikal aufsteigend**   *z. B. bei der Ausführung von Rohbauarbeiten (im Hochbau), Fassadenarbeiten (Glas, Metall, Mauerwerk),*
    - **vertikal absteigend**   *z. B. bei der Ausführung von Ausbauarbeiten (im Hochbau), Schachtabteufungen,*
    - **horizontal**             *z. B. bei der Ausführung von Gründungs- und Dacharbeiten (im Hochbau), Straßen-, Kanalbau-, Tunnelbauarbeiten.*

Voraussetzungen:

- die Abläufe wurden richtig erfasst und in ihren Phasen klar gegliedert,
- Variationsmöglichkeiten sind gut gegeneinander abgewogen worden.

*Beispiel für eine Gliederung in Produktionsstufen (Kellerfundament für „schwarze Wanne“ im Grundwasser):*

*Wasserhaltung aufbauen – Aushub – Planum herrichten – Unterbeton – Abdichtung – Schutzbeton – Randschalung – Bewehrung – Betonieren der Sohle – Erhärten des Betons – Ausschalung – Abdichtung an der Wand anarbeiten – ...*

Die Abschnittsgrößen sind bei der **Optimierung des gesamten Prozessablaufs**, u. U. zu korrigieren, denn

- zu kleine Abschnitte können leicht zu technischen und organisatorischen Störungen führen, der Aufwand für Schnittstellen ist größer,
- zu große Abschnitte können zu längeren Bauzeiten, zu höherer Kapitalbindung und zu Mehraufwand bei Hilfsmitteln führen.

#### Reihenfolge bei der Gliederung eines Bauwerks:

- Bildung möglichst gleicher Teilabschnitte (unter Berücksichtigung der Art des Bauwerks und der vorgesehenen Fertigungsverfahren – z. B. Geschosse des Wohnungsbaus)
- Gliederung in einzelne Bauwerksteile (z. B. Stützen, Wände, Decken)
- Beschreibung deren Herstellung durch sinnvolle Vorgänge (z. B. Schalung, Bewehren, Betonieren)

<sup>30</sup> Fertigungsgruppen sind Kombinationen von Personal und Arbeitsmitteln, die in konstanter Zusammensetzung kontinuierlich bestimmte Arbeitsaufträge ausführen (auch „produzierende Einheiten“, „Kapazitäten“ oder „Teilkapazitäten“ „Kolonnen“) und einen messbaren Bezug zu einer Leistungsausbringung und möglichst auch zu einem Erzeugnis oder Teilerzeugnis haben.

#### 6.4.4.2 Priorisierung von Bauabläufen

In der Baupraxis lassen sich nicht alle Bauwerke einer entsprechenden strikten Ordnung unterwerfen, und nicht alle Entscheidungen auf der Baustelle sind konsequent logisch begründbar. Nur selten sind die theoretischen Gliederungs- und Ablaufprinzipien ohne Einschränkungen durchsetzbar. Hier können z. B. Prämissen des Bauordnungsrechts (Erhalt des Bestandsschutzes) oder Interessen des Bauherrn (spezielle Termingestaltung bei der Übergabe von Bauabschnitten) Einflüsse auf den Bauablauf ausüben. Diesem Sachverhalt wird der Ausdruck der Priorisierung von Arbeiten gerecht.

In Tab. 6-3 sind einige denkbare Varianten der Priorisierung von Arbeiten in der Bauablaufplanung aufgeführt. Die hier angeführten Beispiele zeigen, dass durch die Priorisierung eine eindeutige Reihenfolge definiert wird. Sie ist aber nicht zwangsläufig auch die günstigste, wie die Gegenbeispiele demonstrieren.

Tab. 6-3 Priorisierung von Arbeiten in der Bauablaufplanung

Prinzip der Priorisierung	Beispiel	Gegenbeispiel
„innen vor außen“	tragende Wandteile vor Wandputz und Elektroarbeiten	Kernbohrungen in Stahlbetondecke
„nass vor trocken“	Estricharbeiten vor Trockenbauwänden	Gipsputz nach Einbau von Holzfenstern
„schmutzig vor sauber“	Wandfliesen vor Fußbodenbelag	Ortbetoneergänzung nach Fertigteilmontage
„grob vor fein“	erst Herstellung der großen Flächen beim Werkstein, dann die Anarbeiten der Ränder	Unterkonstruktionen für Verkofferungen von technischen Anlagen
„Abbruch vor Aufbau“	Entkernungsarbeiten in einem Altbau für den Umbau	Erhalt der alten Treppen als Zugang während der Umbauphasen
„kompliziert vor einfach“	erst Mauerecken anlegen und aufmauern, dann die Zwischenbereiche	erst die Großmengen des Leistungsverzeichnisses ausführen
„gerade vor gekrümmt“	die großen Abrechnungsmengen ausführen, Personal einsetzen	das Spezialpersonal steht zur Verfügung
„oben vor unten“	Montage von Deckenkanälen vor Fußbodenaufbau	

Die Auflistung in Tab. 6-3 lässt sich beliebig verlängern. So sind z. B. Ordnungsmöglichkeiten nach den Prinzipien „Serie vor Einzelstück“, „warm vor kalt“, „lange vor kurzer Dauer“ usw. denkbar. Geometrische Größen beziehen sich auf die x-, y-, z-,  $\varphi$ - oder r-Koordinaten. Andere Reihenfolgen lassen sich nach physikalischen Merkmalen der eingesetzten Materialien prägen, wie z. B. nach der Gesamtmasse, dem spezifischen Gewicht, nach Oberflächentexturen, Farbhelligkeiten u. v. m.

Aus dem Bereich der Logistik sind darüber hinaus noch andere Ordnungsprinzipien bekannt, wie z. B. die Reihenfolgebestimmung bei der Lagerhaltung (z. B. FIFO: first-in-first-out und LIFO: last-in-first-out).

Terminbezogene Priorisierungen könnten sein: „lange Dauer vor kurzer Dauer“, „getaktete Vorgänge vor Füllvorgängen“, „Zwangsfolgen schaffen“ oder im Gegenteil „Flexibilität schaffen“. Zwangsfolgen können dadurch etabliert werden, dass ein eng verzahnter Wochentakt eingerichtet wird, durch den Selbstdisziplin und -kontrolle jeder Kolonne erhöht werden. Flexibilität wird dadurch erreicht, dass an möglichst vielen Arbeitspunkten die notwendigen Vorarbeiten vorgezogen werden, um dann jederzeit bei zusätzlicher Personalkapazität an mehreren Stellen gleichzeitig die nachfolgenden Hauptarbeiten durchführen zu können.

Schließlich spielen im Baustellenalltag auch ganz banal wirkende Ereignisse eine Rolle. So wird z. B. ein Vorarbeiter bei Dacharbeiten auf einer großen Dachfläche morgens nicht auf der Seite beginnen, die noch mit Nachtfrost oder Raureif belegt ist, sondern auf der anderen Seite, wo bereits die Sonne die Temperaturen über den Nullpunkt gebracht hat.

### 6.4.4.3 Qualitative Prozessbeschreibung

Die **Leistungsbeschreibung** des Architekten beinhaltet – trotz der Verwendung von Termini, wie „Herstellen“ – ein Produkt, ein Teilerzeugnis und nicht den Prozess.

*z. B.: Außenwände, Teile der Innenwände, Tür- und Fensterstürze, Schornsteine werden getrennt beschrieben, aber zusammenhängend ausgeführt.*

*Stahlbetondecke herstellen heißt: Einschalen, Bewehren, Betonieren, Ausschallfrist einhalten = Warten, Ausschalen.*

Die Gliederung des Bauvorhabens in die Leistungspositionen erfolgt vom Auftraggeber nach für ihn günstigen Gesichtspunkten (z. B. Mengenermittlung und -nachweis, rasche Angebotserarbeitung). Aus den vertraglichen Unterlagen, speziell dem Leistungsverzeichnis, sind ausschließlich nach betriebsinternen Gesichtspunkten die Arbeiten abzuleiten und zunächst qualitativ zu beschreiben, die das Bauunternehmen auszuführen hat. Sie werden im **Arbeitsverzeichnis** entsprechend Art, Umfang und Reihenfolge, einschließlich der erforderlichen Kapazitäten, erfasst (vgl. Tab. 6-4).

Bereits hier ist aber daran zu denken, dass die Gliederung der Bauarbeiten der Struktur des für die nachfolgende zeitliche Bemessung erforderlichen Datenpools (Aufwands- und Leistungswerte) entsprechen muss. Bei der Verwendung der Gliederung nach BAS ist zu beachten, welche untergeordneten Teilvorgänge in den Vorgängen enthalten (und demzufolge mit den Aufwandswerten auch abgegolten) sind.

*z. B.: Schararbeiten, einschließlich Ausschalen und aller Nebearbeiten*

Tab. 6-4 Beispiel für ein Arbeitsverzeichnis (Herstellung eines Köcherfundaments)

Pos. LV	BAS-Nr.	Ablaufstufe	Vorgang	Bemerkungen
1.1.	201	Baugrube herstellen	Boden der Bodenklasse 3 maschinell lösen und seitlich absetzen	Hydraulikbagger mit Tief- löffel, bis 2 m Grabtiefe
1.2.	201		Boden der Bodenklasse 3 maschinell lösen und auf LKW laden	Hydraulikbagger mit Tief- löffel, bis 2 m Grabtiefe
1.4.	205	Sauberkeits- schicht herstellen	Kiessand einbauen und verdichten, einschl. Feinplanum	gelieferter, abgekippter Kiessand
2.1.	420		Sauberkeitsschicht einbauen (einschl. Verteilen, Verdichten, Abziehen)	mit Betonpumpe, Konsistenz KR (weich)
2.3./2.4	313	Fundament herstellen	Köcherfundamentalschalung (Unterteil) herstellen	
2.6./2.7	410		Köcherfundament bewehren	einschl. Aussparung
2.2.	423		Fundament (Unterteil) betonieren (einschl. Verteilen, Verdichten, Abziehen, Nachbehandeln)	mit Betonpumpe, Konsistenz KR (weich)
2.3./2.4	313		Köcherfundamentalschalung (Oberteil) herstellen	
2.2.	423		Köcherfundament (Oberteil) betonieren (einschl. Verteilen, Verdichten, Abziehen, Nachbehandeln)	mit Betonpumpe, Konsistenz KR (weich)
			Köcherfundament ausschalen, Schalung säubern	in BA Nr. 313 bereits enthalten
1.5.	20..	Fundament verfüllen	Erdstoff maschinell vom Grubenrand aus einschieben	mit Kleinplanierraupe
	20..		Erdstoff manuell verteilen	
	20..		Erdstoff lagenweise maschinell verdichten	mit Vibrationsstampfer

Unterschiede der Gliederung ergeben sich abhängig von der Feinheit der Ablaufplanung. Der technologische Arbeitsablauf ist zum Beispiel bei der Feinplanung nicht mehr alleiniger Maßstab, sondern vielmehr die den Kolonnen vorgegebenden Arbeitsaufträge, um diese kontinuierlich auszulasten. Auch natürliche Prozesse, wie Erhärtung oder Austrocknung, brauchen Zeit. Diese ist ebenfalls zu berücksichtigen; sonst wird sie zur Störung.

Mit dem in Tab. 6-4 aufgestellten Arbeitsverzeichnis ist eine Ablaufplanung noch nicht durchführbar. Gründe dafür sind:

- Mengen und Aufwandswerte sowie bereitzustellende Kapazitäten fehlen noch (quantitativer Aspekt),
- Zyklus des Einsatzes der Schalung ist noch unklar,
- natürliche Prozesse (Abbinden des Betons) sind noch nicht einbezogen.

### 6.4.5 Methoden der zeitlichen Ablaufplanung

#### 6.4.5.1 Ausführliches Arbeitsverzeichnis

Das in Kapitel 6.3.2.1 erwähnte Arbeitsverzeichnis wird für Zwecke der Ablaufplanung detailliert um die Angaben zur Ermittlung der Vorgangsdauer (vgl. Kap.6.4.3).

#### Arbeitsverzeichnis

Projekt: ..... Blatt: ..... von.....

Vorgang	Pos. des LV/AV	Beschreibung	Einheit	Menge	Vorgabewert $t_{vi}$	Gesamtvorgabe $T_{vi}$	Leistungswert $Q_N$	$n_{AK}$	Dauer	Dauer	Bemerkungen
lfd. Nr.	lt. Liste	Kurztext	LE	$Q_{Uj}$	AK-h/LE	AK-h	LE/h	AK	h	S	

Abb. 6.32 Beispielvorgabe für ein Arbeitsverzeichnis

#### 6.4.5.2 Terminlisten und -tabellen

Listen und Tabellen sind einfache Darstellungsformen der Ablaufdaten. Nachteilig sind deren geringe Anschaulichkeit und Übersichtlichkeit. Oft ist eine Terminliste die Ausgangsbasis für eine der nachfolgenden Plandarstellungen.

Tab. 6-5 Beispiel einer Terminliste

Nr.	Beschreibung	Dauer / Tage	Anfang	Ende	Personal	Geräte
1	Baustelle einrichten	3	Mo. 29.05.00	31.05.00		
2	Aushub	7	Mo. 05.06.00	14.06.00		
3	Ost-Fund. und Widerlager	15	Do. 15.06.00	05.07.00		
4	West-Fund. und Widerlager	15	Do. 06.07.00	26.07.00		
5	Überbau herstellen	24	Do. 27.07.00	29.08.00		
6	Überbau einsetzen	1	Mi. 30.08.00	30.08.00		
7	Ausrüstung	8	Do. 31.08.00	11.09.00		
8	Straßenanschluss	12	Di. 12.09.00	27.09.00		
9	Übergabe	1	Do. 28.09.00	28.09.00		

Anmerkungen: 01.06.00 Himmelfahrt, 02.06.00 Ausgleichstag, 11.06.00 – 12.06.00 Pfingsten

#### 6.4.5.3 Balkenpläne

Balkenpläne sind eindimensionale<sup>31</sup> Darstellungen von Prozessverläufen in der Zeit. Sie werden sowohl für die Planung der einzelnen Arbeitsprozesse auf der Baustelle als auch für die Personaleinsatzplanung und Maschineneinsatzplanung verwendet. Der Balkenplan ist besonders geeignet, wenn es keine ausgeprägte Fertigungsrichtung oder -reihenfolge gibt. Er ist die übliche Darstellungsform von Bauabläufen im Hochbau, selbst dann, wenn die eigentliche Ablaufplanung mit Hilfe anderer Techniken (Zyklogrammtechnik, Netzplantechnik) erfolgt.

In der Regel werden über einer Zeitachse die Vorgänge in den Arbeitsabschnitten als (zeitproportionale) Linien oder Balken abgetragen. Die Arbeitsabschnitte sind über oder unter der Zeitachse als Rubriken abgetragen.

<sup>31</sup> Aus diesem Grund ist die teilweise gebräuchliche Bezeichnung Balkendiagramm begrifflich nicht exakt.



Nicht immer sind die Bezeichnungen zutreffend. So ist die Bezeichnung „Geschwindigkeitsplan“ oft irreführend. Sie würde lediglich für den Ausnahmefall des grafischen Fahrplans zutreffen, wo die Methode zwar ihren Ursprung hat, aber bei weitem nicht die weiteste Verbreitung am Bau.

Als bautypische Besonderheit ist zu vermerken, dass für Linienbaustellen die Zeitachse in der Mehrheit aller Fälle senkrecht nach unten, die Abschnittsachse horizontal angeordnet wird. Während dies beinahe „tiefbautypisch“ geworden ist, hat sich bei Objekten des Hochbaus die Darstellungsweise mit horizontaler Zeitachse durchgesetzt.

#### 6.4.5.4.2 Grundsätze für die Bearbeitung von Zyklusgrammen

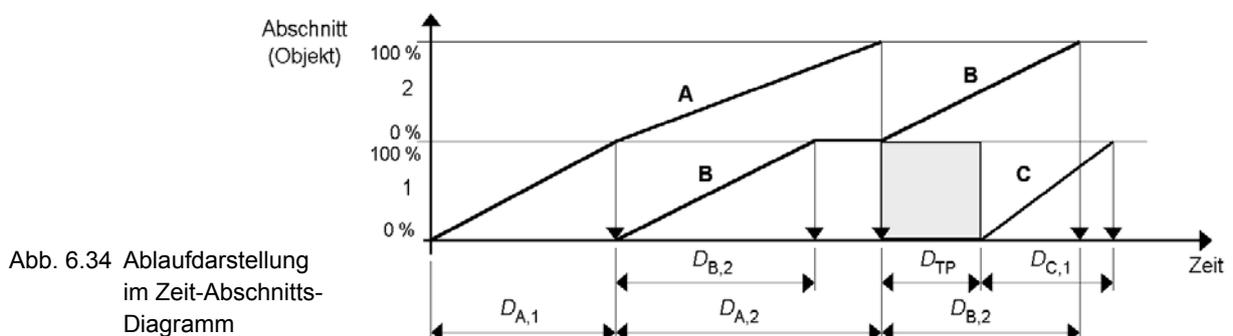
Vor der Erstellung von Zyklusgrammen müssen die Vorgänge beschrieben, logisch verknüpft (Kap. 6.4.4) und ihre Dauern (Kap. 6.4.3.2) bestimmt sein. Die nachstehenden Grundsätze sind „Vereinbarungen“, die das Eingangsverständnis erleichtern und für den Anwendungsnormfall gelten sollen.

- Alle Abschnitte sind gleich groß darzustellen (nur Fahrpläne erfordern Maßstäblichkeit), die Abschnittsbezeichnung sollte numerisch erfolgen. Zum besseren Verständnis muss die Kennung im Diagramm zwischen die Begrenzungen geschrieben werden.
- Die Einheit auf der Objekt- bzw. Abschnittsachse ist %. Eine Abschnittslänge auf der Achse ist also mit „jeweils 100 %“ zu beschreiben. Die Begründung kann einfach in der Notwendigkeit gesehen werden, unterschiedliche Gewerke mit unterschiedlichen Leistungsmengen planungstechnisch auf einen „Hauptnenner“ zu bringen.
- Fertigungsgruppen (Kolonnen) sollten eine alphabetische Kennung erhalten. Dadurch wird z. B. die Dauer für Kolonne M im Abschnitt 4, unabhängig davon, ob mit  $D_{M,4}$  oder  $D_{4,M}$  bezeichnet, immer eindeutig sein.
- Die Ablaufdarstellung erfolgt, indem die Dauern von der Zeitachse auf die Abschnittsbegrenzungen übertragen werden:
  - Beginn des Vorgangs A im Abschnitt 1 bei 0 % des Abschnittes,
  - Ende des Vorgangs A im Abschnitt 1 bei 100 % des Abschnittes,
  - Verbinden der beiden Punkte durch eine Linie, die die Verweildauer der Fertigungsgruppe im betreffenden Abschnitt dargestellt.
- In einem Abschnitt dürfen nicht zwei Fertigungsgruppen gleichzeitig tätig sein. Kolonne A muss den Abschnitt 1 verlassen haben, bevor Kolonne B ihre Arbeit aufnehmen kann.

Die Festlegung trägt dem Umstand Rechnung, dass Abschnitte geometrisch definiert sind; es kann sich also um Höhen = Geschosse oder um Entfernungen handeln. Deren Mindestgrößen werden in aller Regel durch arbeitsschutztechnische Prioritäten fixiert.

Diese Vereinbarung erlaubt, **kritische Annäherungen** zu definieren. Diese zeigen, wie weit sich die Vorgänge benachbarter Ablaufabschnitte annähern können, ohne die Baufreiheit zu stören. Es ist zu erkennen, wo z. B. der Arbeitsgegenstand ruht (Baufreiheit für den nächsten Vorgang ist vorhanden, aber die Kapazität ist noch nicht einsetzbar) oder die Kapazität warten muss (horizontale Linie von Teilprozess B in Abb. 6.34).

- Die Planung muss von einer kontinuierlichen Kapazitätsauslastung ausgehen, d. h. Wartezeiten der Fertigungsgruppen sollen ausgeschlossen werden.



- Als **Beginnabstand** wird der zeitliche Abstand zwischen den Zeitpunkten des Beginns zweier Teilkapazitäten in einem Arbeitsabschnitt bzw. einer Teilkapazität in zeitlich aufeinanderfolgenden Arbeitsabschnitten bezeichnet. Der Begriff des Beginnabstands ist nur für die mathematische Aufbereitung von Bedeutung. In Abb. 6.34 entspricht z. B. die Dauer  $D_{A,2}$  dem Beginnabstand von Vorgang B2 zu Vorgang B1.

- Technologische Pausen TP** sind in der Regel allein durch den Arbeitsgegenstand verursacht und bedeuten Zeitverbrauch ohne entscheidende Einwirkung von Menschen und Arbeitsmitteln. Sie werden im Zeit-Abschnitts-Diagramm als leere Felder über die betreffende Dauer im entsprechenden Abschnitt dargestellt.  
*z. B.: natürliche Prozesse: Abbinden (bis zur Erreichung von Ausschal- oder Umspannfestigkeit), Austrocknen bis zum vorgeschriebenen Wert (vor dem Aufkleben von Fußbodenbelägen, Fliesenlegen), Vorlagerung (Gummibahnen, die in Rollen geliefert werden, müssen einige Tage flach bei > 15°C lagern ...)*
- Verzögerungen** im Ablauf bedingen eine Verlängerung der Dauer des betreffenden Ablaufabschnittes. Vor allem bei zeitlich straff bemessener Taktarbeit wirken sich diese auf den ganzen Bauablauf aus, wenn es nicht gelingt, über Maßnahmen der Kapazitätssteuerung die Störungen zu kompensieren.

6.4.5.4.3 Weg-Zeit-Diagramm

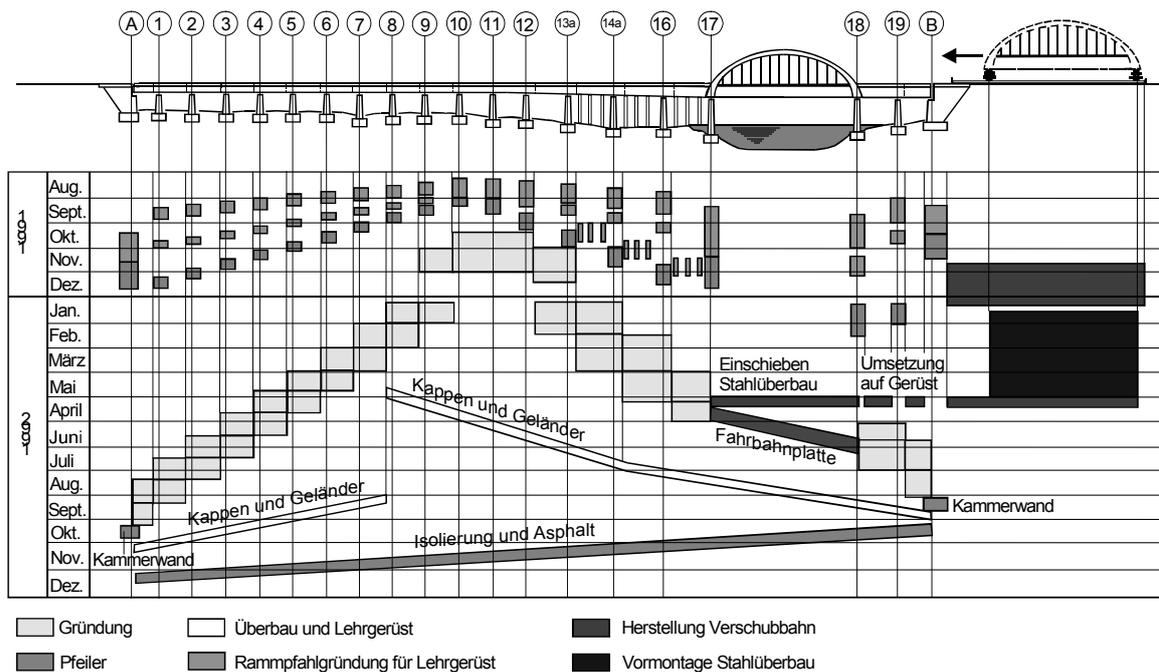


Abb. 6.35 Beispiel eines Bauzeitenplanes, Darstellung der Brücke überhöht (Quelle: Technischer Bericht der PHILIPP HOLZMANN AG zur Wiederherstellung der Brücke über die Elbe bei Dömitz, 1992)

Die horizontale Achse stellt den Streckenverlauf dar. Die Arbeiten können von beiden Seiten her begonnen werden, die vertikale Achse ist die Kalenderachse mit dem Zeitverlauf von oben nach unten.

Die Vorgänge sind hier durch Rechtecke und Linien dargestellt. Die Länge der Rechtecke bezüglich der Zeitachse entspricht der Vorgangsdauer. Die Steigung der Linien zeigt die unterschiedlichen Ablaufgeschwindigkeiten der Vorgänge.

Im Weg-Zeit-Diagramm (auch Volumen- oder Linien-Diagramm genannt) bildet die Vertikale die Zeitachse. Auf der Horizontalen wird die Strecke aufgetragen, oft oberhalb der Abszisse auch eine maßstabgerechte Grafik in Anlehnung an die Geometrie (Straße, Brücke, Baufeld). Die Vorgänge erscheinen als Diagonalen im Diagramm, d. h. Ort und Zeit werden hiermit für jeden Vorgang eindeutig festgelegt. Der Winkel  $ds/dt$  deutet näherungsweise die Arbeits- oder Vortriebsgeschwindigkeit an. Zusätzlich kann im Seitenfeld die erforderliche Einsatzzeit je Gerät oder Kolonne herausgezogen werden.

Das Zeit-Weg-Diagramm wird bevorzugt für Linienbaustellen, wie Straßen- und Eisenbahnbau, Tunnelbau und Brückenbau, eingesetzt.

**6.4.5.5 Netzplantechnik**

**6.4.5.5.1 Begriffe (DIN 69 000-1 [6-50])**

Die Netzplantechnik (NPT) umfasst alle Verfahren zur Analyse, Beschreibung, Planung, Steuerung, Überwachung von Abläufen auf der Grundlage der Graphentheorie, wobei Zeit, Kosten, Einsatzmittel und weitere Einflussgrößen berücksichtigt werden können. Sie ist ein Bestandteil der Operationsforschung<sup>32</sup> und die intensivste aber auch zeitaufwändigste Form der Ablaufplanung. Durch die Möglichkeiten der Computertechnik ist der Nachteil des erforderlichen Aufwands aber in den Hintergrund getreten.

Ein **Netzplan** umfasst die graphische oder tabellarische Darstellung von Abläufen und deren Abhängigkeiten.

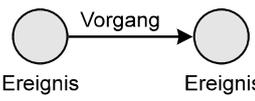
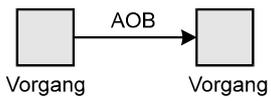
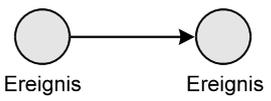
- Darstellungselemente
  - **Pfeil**: symbolisiert Vorgang oder Anordnungsbeziehung, beschreibt Sachverhalt zwischen zwei Knoten
  - **Knoten**: symbolisiert Ereignis oder Vorgang, beschreibt einen Verknüpfungspunkt
- Ablaufelemente
  - **Ereignis** (Ablaufelement, welches das Eintreten eines bestimmten Zustandes beschreibt)
    - Vorereignis (unmittelbar vorgeordnetes Ereignis)
    - Nachereignis (unmittelbar nachgeordnetes Ereignis)
    - Startereignis (PS)
    - Zielereignis (PZ)
    - Meilenstein (Ereignis besonderer Bedeutung)
  - **Vorgang** (Ablaufelement, das ein bestimmtes Geschehen beschreibt – hierzu gehört auch, dass Anfang und Ende definiert sind):
    - Vorgänger (einem Vorgang unmittelbar vorgeordneter Vorgang)
    - Nachfolger (einem Vorgang unmittelbar nachgeordneter Vorgang)
    - Startvorgang (Vorgang, zu dem es im betrachteten Netzplan keinen Vorgänger gibt)
    - Zielvorgang (Vorgang, zu dem es im betrachteten Netzplan keinen Nachfolger gibt)
    - Begleitvorgang (einem Projekt oder Projektabschnitt zugeordneter Vorgang ohne Zeit bestimmende Funktion (z. B.: Beratung, Projektüberwachung), für den der Anfang und das Ende des betreffenden Projektes Zeitschranken bilden, kann als Träger zusätzlicher Informationen verwendet werden.)
    - Ersatzvorgang (repräsentiert die bei der Netzplanverdichtung ersetzten Vorgänge)
    - Schlüsselvorgang (Vorgang besonderer Bedeutung)
  - **Anordnungsbeziehung** (vgl. Kap. 6.4.3.6)

Anordnungsbeziehungen sind als „quantifizierbare Abhängigkeiten zwischen Vorgängen“ definiert [6-50]. Das bedeutet, sie können mit einer Dauer belegt werden.

Anordnungsbeziehungen, die mit einer Zeitdauer belegt sind, nennt man **Kopplungsabstände**.

Die Gesamtheit der Anordnungsbeziehungen eines Netzplans nennt man **Ablaufstruktur**.

Tab. 6-6 Arten von Netzen

<b>Vorgangspfeilnetzplan VPN</b> Anwendungsbeispiel: CPM	<b>Vorgangsknotennetzplan VKN</b> Anwendungsbeispiel: MPM	<b>Ereignisknotennetzplan EKN</b> Anwendungsbeispiel: PERT
Vorgänge: Pfeile AOB: (Pfeile) Ereignisse: Knoten	Vorgänge: Knoten AOB: Pfeile Ereignisse: entfallen	Vorgänge: entfallen AOB: (Pfeile) Ereignisse: Knoten
		

<sup>32</sup> Operationsforschung (Operations research) ist eine angewandte mathematische Disziplin, die Modelle und Methoden zur Lösung vorwiegend wirtschaftsmathematischer und organisatorischer (logistischer) Aufgaben bereitstellt.

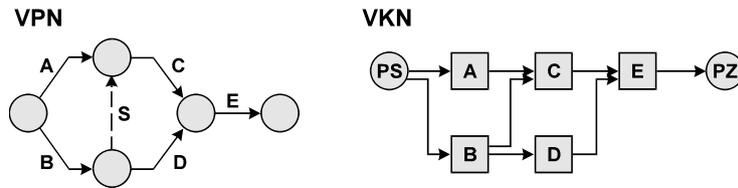


Abb. 6.36 Darstellung eines Netzplanes als VPN und VKN im Vergleich

Frühester Anfang (FA)	Frühestes Ende (FE)	Spätester Anfang (SA)	Spätestes Ende (SE)
<b>Vorgang (VN)</b>			
Knotennummer (NR)		Vorgangsdauer (VD)	Gesamtpufferzeit (GP)

Abb. 6.37 Aufbereitung der Angaben zum Vorgang im Vorgangsknoten

**6.4.5.5.2 Die allgemeine Vorgehensweise in der Netzplantechnik**

**1. Vorbereitung**

Die Vorbereitung beinhaltet grundsätzliche Überlegungen über

- anzuwendende Netzplanmethode,
- Art der Auswertung (manuell, rechnergestützt),
- Verantwortlichkeit für die Bereitstellung der Daten.

**2. Vorgangsliste erstellen**

Projekt/Aufgabe:				
Vorgangs-Nr.	Vorgangsbezeichnung	Vorgangsdauer	Vorgänger	(Nachfolger)

**3. Vorgangsdauer ermitteln**

Im Netzplan werden nur Arbeitstage oder -wochen angegeben. Die Umrechnung in Kalendertage erfolgt erst bei der späteren Terminierung, dem Umsetzen des Netzplans in eine Terminliste.

Um Unsicherheiten bei der Festlegung der Dauer von nicht hinreichend genau bestimmbar Prozessen zu verringern, bestimmt man probabilistische Schätzwerte für die Vorgangsdauer (typisch für PERT):

$$MD = \frac{OD + 4HD + PD}{6} \quad \text{– gewichtete mittlere Dauer}$$

*OD* – optimistische Dauer eines Vorgangs (Dauer, die unter besonders günstigen Bedingungen vorkommen kann)

*HD* – häufigste Dauer eines Vorgangs (Dauer, die unter üblichen Bedingungen meistens vorkommt)

*PD* – pessimistische Dauer eines Vorganges (Dauer, die unter besonders ungünstigen Bedingungen vorkommen kann, jedoch unter Ausschluss von Fällen höherer Gewalt)

**4. Netzplan berechnen**

**Vorwärtsrechnung:** Berechnung der frühesten Lage von Ereignissen bzw. Vorgängen

**Rückwärtsrechnung:** Berechnung der spätesten Lage von Ereignissen bzw. Vorgängen

**Pufferzeiten:** Zeitspanne, um die die Lage eines Vorgangs verändert werden kann

- gesamte Pufferzeit (*GP*)                      - Zeitspanne zwischen frühester und spätester Lage eines Vorgangs
- freie Pufferzeit (*FP*)                        - Zeitspanne, um die ein Vorgang gegenüber seiner frühesten Lage verschoben werden kann, ohne die früheste Lage anderer Vorgänge zu beeinflussen

- freie Rückwärtspufferzeit (*FRP*) – Zeitspanne, um die ein Vorgang gegenüber seiner spätesten Lage verschoben werden kann, ohne die späteste Lage anderer Vorgänge zu beeinflussen
- unabhängige Pufferzeit (*UP*) – Zeitspanne, um die ein Vorgang verschoben werden kann, wenn sich seine Vorgänger in spätesten und seine Nachfolger in frühester Lage befinden

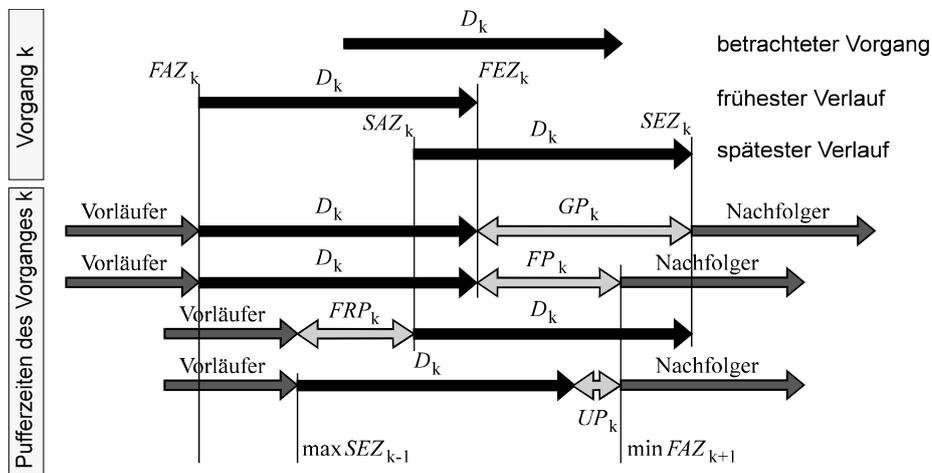


Abb. 6.38 Schema zum Verständnis der Pufferzeiten

## 5. Netzplan darstellen (zur besseren Anschaulichkeit auch Ausgabe eines Balkenplans)

## 6. Plausibilitätskontrolle der Ergebnisse

### 6.4.5.5.3 Die Verfahren zur Berechnung von Netzplänen

Allen Verfahren liegt die folgende prinzipielle Überlegung zugrunde: Wenn die Beendigung eines oder mehrerer Vorgänge die Bedingung für den Beginn eines oder mehrerer nachfolgender Vorgänge ist, müssen auch das zeitliche Ende und der Beginn dieser Vorgänge zusammenfallen. Im Wesentlichen sind die drei nachfolgenden Berechnungsverfahren zu unterscheiden.

- Methode des kritischen Weges (CPM – Critical Path Method)

Der **kritische Weg** ist der Weg, auf dem Ereignisse bzw. Vorgänge so angeordnet sind, dass die gesamte Pufferzeit ein Minimum ist [6-50].

I.A. sind auf dem kritischen Weg liegende Vorgänge nicht veränderbar ohne dass sich das Endereignis (der Endzeitpunkt) verschiebt.

Die grundlegende Anordnungsbeziehung von CPM ist die Ende-Anfangs-Kopplung in einer Normalfolge.

- PERT (Programm Evaluation an Review Technique)

Auch in PERT (bedeutet: Technik zur Bewertung und Überwachung von Programmen) ist die Ende-Anfangs-Kopplung in einer Normalfolge die grundlegende Anordnungsbeziehung.

In PERT wird der stochastische Charakter der Prozesse berücksichtigt. Zu den berechneten Zeitpunkten kommen demzufolge Aussagen über die Wahrscheinlichkeit ihrer Einhaltung dazu. Das Verfahren ist sinnvoll nur bei großen Netzen wichtiger Einzelvorhaben unter Einsatz der EDV anwendbar.

- Potenzialmethode MPM (Metra Potential Methode)

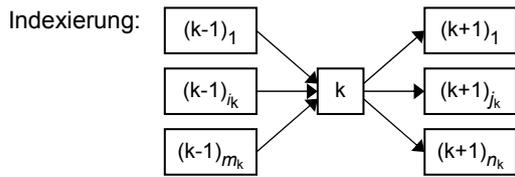
CPM und PERT haben eine Normalfolge vorausgesetzt. Ein Vorgang muss also stets abgeschlossen sein, bevor sein Nachfolger beginnen kann. Bei der Potenzialmethode gibt es diese Einschränkung nicht. Die Elemente des Graphen, die nicht durch Vorgänge belastet sind (im VKN die Pfeile), werden mit einem Zeitwert (Zeitabstand) belastet.

**Zeitabstand Z** (Zeitwert einer Anordnungsbeziehung, der größer, kleiner oder gleich Null sein kann) [6-50]:

*MINZ* minimaler Zeitabstand als Zeitwert einer Anordnungsbeziehung, der nicht unterschritten werden darf

*MAXZ* maximaler Zeitabstand als Zeitwert einer Anordnungsbeziehung, der nicht überschritten werden darf

**Darstellung am Beispiel des Vorgangsknotennetzes (CPM)**



Knotendarstellung (Varianten):

Bez.		D
FAZ	GP	FEZ
SAZ	FP	SEZ

Vorgangs-Nummer		
Vorgangs- beschreibung		
FA	D	FE
SA	GP	FP

D – Vorgangsdauer  
 FA – frühester Anfang (hier FAZ – frühester Anfangszeitpunkt)  
 FE – frühestes Ende (hier FEZ – frühester Endzeitpunkt)  
 SA – spätester Anfang (hier SAZ – spätester Anfangszeitpunkt)  
 SE – spätestes Ende (hier SEZ – spätester Endzeitpunkt)

- **Vorwärtsrechnung:** Bestimmung der frühesten Zeitpunkte

$$FAZ_k = \min \{ FEZ_{k+1, j_k} \} \quad j_k = 1, 2, \dots, n_k$$

$$FEZ_k = FAZ_k + D_k$$

- **Rückwärtsrechnung:** Bestimmung der spätesten Zeitpunkte

$$SEZ_k = \min \{ SAZ_{k+1, j_k} \} \quad j_k = 1, 2, \dots, n_k$$

$$SAZ_k = SEZ_k - D_k$$

- **Berechnung der Pufferzeiten**

- **Gesamtpufferzeit GP**

$$GP_k = SAZ_k - FAZ_k = SEZ_k - FEZ_k$$

- **Freie Pufferzeit FP**

$$FP_k = \min \{ FAZ_{k+1, j_k} - FEZ_k \} \quad j_k = 1, 2, \dots, n_k$$

- **Freie Rückwärtspufferzeit FRP**

$$FRP_k = \min \{ SAZ_k - SEZ_{k-1, i_k} \} \quad i_k = 1, 2, \dots, m_k$$

- **Unabhängige Pufferzeit UP**

$$UP_k = \max \{ 0; \min \{ FAZ_{k+1, j_k} \} - \max \{ SEZ_{k-1, i_k} \} - D_k \}$$

**6.4.6 Weitere Darstellungsformen in der Ablaufplanung**

**6.4.6.1 Bauphasenplan**

Im Bauphasenplan wird der Bauablauf mit Hilfe von Zeichnungen, oftmals auch kombiniert mit Erläuterungstext, dargestellt. Er bietet vor allem bei komplizierten Bauvorhaben einen besseren und sehr anschaulichen Überblick, weil einzelne Phasen, z. B. auch kritische Zustände oder neuralgische Bereiche, dargestellt werden können. Der Bauphasenplan ist nicht aussagekräftig bezüglich Dauern oder zu erbringender Leistungen je Zeitabschnitt. Deshalb eignet er sich weniger für die Ablaufplanung sondern mehr zur Erläuterung wichtiger Bauzustände zu festgelegten Zeitpunkten. Durch seine Übersichtlichkeit und einfache Verständlichkeit bietet er Vorteile bei der Einreichung von Sondervorschlägen.

**6.4.6.2 Flussdiagramm**

Flussdiagramme sind Darstellungen von sich wiederholenden Abläufen, z. B. in einer Feldfabrik oder einem stationären Betrieb. Ziel der Darstellung sind im Wesentlichen die Ablaufreihenfolge, die Bearbeitungszeit auf jeder Station und die Kapazität der Fertigung. Das Flussdiagramm enthält keine Angaben über die gesamte zu fertigende Menge.

### 6.4.7 Terminierung

**Termine** (T) sind durch Kalenderdatum und/oder Uhrzeit ausgedrückte Zeitpunkte. Sie ergeben sich aus den Zeitdauern bei der Einordnung der Vorgänge in einen kalendarischen Zeitraum und der Berücksichtigung spezieller Kalenderdaten (Feiertage, arbeitsfreie Tage usw.). Sie steht in einem engen Zusammenhang mit der Kapazitätsplanung und -steuerung.

**Anforderungen** an eine Terminplanung:

- übersichtlich, verständlich (vereinbarte Sprache und Symbolik),
- vollständig, frei von überflüssigen Angaben, nachvollziehbar, revisionsfähig,
- eindeutige Bezeichnungen, Datum, Ersteller, Gültigkeitsbereich (ohne „hätte“, „wenn“, „aber“, „Alternativpositionen“ aus dem LV sollen also entschieden sein)
- Soll-Ist-Vergleich ermöglichen – möglichst in drei Stufen mit: „Masterplan“, aktualisiertem Soll-Plan, Ist-Plan,
- Anhängen von oder Verbinden mit Kapazitätsplanung,
- integrationsfähig bei größeren Terminplansystemen.

Für die **Vorgabe von Terminen** sind die beiden grundsätzlichen Fälle zu unterscheiden:

- werden Termine **auftraggeberseitig** vorgegeben, dann sind als bestimmende Randbedingungen zu beachten:
  - technologisch notwendige Dauern von Teilprozessen,
  - Berechnung der erforderlichen Kapazitäten,
  - hoher Kontrollaufwand, strenges Havariereregime, Vorsorge für Störfälle.
- werden Termine **auftragnehmerseitig** angeboten, dann folgt daraus:
  - Dauern können aus vorhandenen Kapazitäten abgeleitet werden,
  - hohe Kontinuität der Ressourcenbeanspruchung ist anzustreben,
  - normaler Kontrollaufwand und normales Havariereregime,
  - Zeitpuffer für Störfälle.

Die Arbeitsvorbereitung wird bestrebt sein, Kompromisse zwischen diesen Interessenlagen zu erwirken und – je nach dem Image der Firma und in Abhängigkeit von der konjunkturellen Situation – durchzusetzen. In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu erkennen, dass es Planungsverfahren gibt, die auch bei sehr komplexen Vorhaben die kontinuierliche Beanspruchung der Ressourcen optimieren können.

Während die in Kapitel 6.4.5 gezeigten planerischen Darstellungen zur Terminplanung geeignet sind, dienen die in Kap. 6.4.6 im wesentlichen der Darstellung der Arbeitsschritte und dem technischen Verständnis.

Da jeder Plan besondere Vorzüge und Nachteile hat, werden deren Elemente in der Praxis oft vermischt oder verknüpft. Einfachste Verknüpfung ist die Ergänzung eines Balkenplans mit Zwischenzeiten oder anderen Kommentaren. Bei komplizierten Abläufen möchte man die umfassende Aufarbeitung der Planung erhalten, gleichzeitig aber für den Mann vor Ort lesbare Planauszüge zur Hand haben. An dieser Prämisse orientieren sich die meisten Terminplanprogramme, die es auf dem Markt gibt.

Terminplanprogramme basieren i. d. R. auf der Netzplantechnik, d. h. sie benötigen für jeden Vorgang Daten und Verknüpfungen. Dann werden nach vorgegebenen Algorithmen die Pläne berechnet. Die zeichnerische Darstellung erfolgt anschließend nach Wunsch des Anwenders, in Form von Tabellen, Balkenplänen, Netzplänen oder anderen. Zu beachten ist, dass diese dargestellten Pläne nur einen geringen Teil der im Hintergrund verarbeiteten Informationen wiedergeben. Oberflächliche Veränderungen an diesen Plänen ohne die Kenntnis der damit im Hintergrund mitlaufenden Konsequenzen sind daher riskant.

**Ergebnis der Terminplanung** sind die Bauzeitpläne:

- **Grobbauzeitplan** (Basis: Mengen und globale Aufwandswerte; Bezug je Kalenderwoche)
- **Feinbauzeitplan** (Basis: Mengen, voraussichtliche Vorgabezeit und Leistungsfaktor – bei Leistungslohn; Bezug: Kalendertage)

### 6.4.8 Rechner gestützte Ablaufplanung

Programme, wie MS Project oder Asta Powerproject arbeiten auf der Basis eines Netzplans und stellen die Ergebnisse wahlweise auch in Balkenplänen dar. Den Vorgängen können Ressourcen und Kapazitäten zugeordnet werden. Auf der Benutzeroberfläche sind die Informationen gefiltert abrufbar.

Nr.	Vorgangsname	Juni				Juli				August				September					
		23.05.	05.06.	12.06.	19.06.	26.06.	03.07.	10.07.	17.07.	24.07.	31.07.	07.08.	14.08.	21.08.	28.08.	04.09.	11.09.	18.09.	25.09.
1	Baustelle einrichten	█																	
2	Aushub		█	█															
3	Ost Widerlager			█	█	█													
4	West Widerlager					█	█	█	█										
5	Überbau herstellen								█	█	█	█	█						
6	Überbau einsetzen													█					
7	Ausrüstung														█	█	█		
8	Straßenanschluss																█	█	█
9	Übergabe																		█

Abb. 6.39 Beispiel eines Balkenterminplans, Vorgänge in Normalfolge (MS Project)

Dargestellt werden die Vorgänge mit deren Dauern sowie Anfang und Ende in Kalenderdaten zunächst in einer Tabelle (vgl. Tab. 6-5 auf S. 208). Hier können auch die Ressourcen für Personal und Gerät hinzugefügt werden. Die gleiche Terminplanung „Brücke“ ist in Abb. 6.39 als Balkenplan dargestellt.

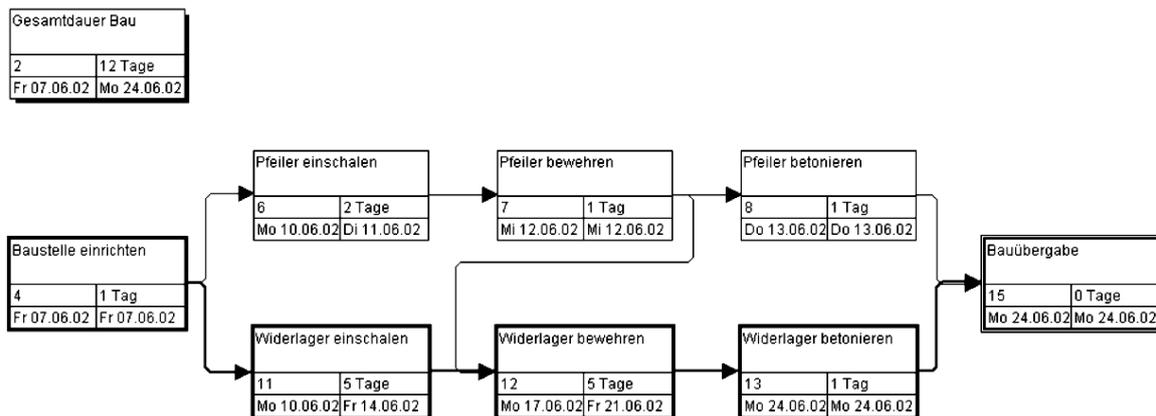


Abb. 6.40 Netzplandarstellung in MS Project (anderes Beispiel)

Powerproject ist eine speziell für das Bauwesen entwickelte Software. Die typische Eingabe der Vorgänge in einer Balkenform mit mehreren Segmenten in einer Zeile, sichtbare Verknüpfungen, bis zu zehn Projektebenen, Kosten- und Ressourcenverwaltung etc. ermöglichen eine schnelle und rationelle Arbeitsweise, die der Erfahrung mit der „klassischen“ zeichnerischen Darstellung entgegenkommt. Sie bietet dem Bauingenieur die Möglichkeit zur Optimierung der Planung, Steuerung und Kontrolle der Projektabläufe. Ein Beispiel zeigt Abb. 6.41.

### 6.4.9 Interessen von Bauherren und Unternehmen bei der Ablaufplanung

Bauherr und Unternehmer sind gleichermaßen an einem wirtschaftlichen, termingerechten und störungsfreien Bauablauf interessiert. Durch die Ablauf- und Terminplanung für die Bauausführung soll die Wirtschaftlichkeit der Bauaufgabe optimiert werden. Dabei sind die Größen

- Bauzeit,
- Kapazität (Personal, Betriebsmittel),
- Kosten

so zu kombinieren, dass ein optimales Ergebnis erreicht wird.

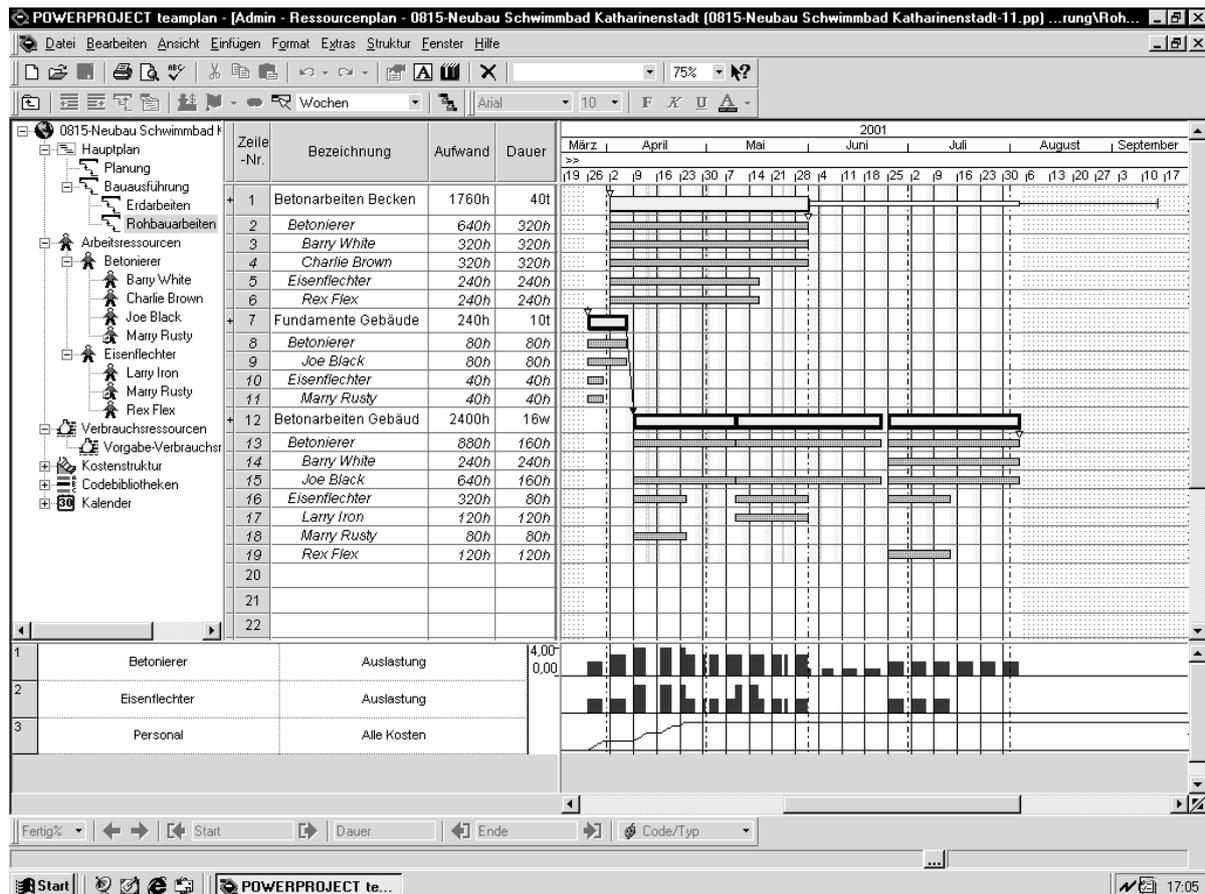


Abb. 6.41 Beispiel eines Ressourcenplanes, erstellt mit Powerproject

Ziele und erforderlicher Detaillierungsgrad einer Ablaufplanung sind für den Auftraggeber, den Auftragnehmer oder den Nachunternehmer i. d. R. nicht deckungsgleich. Bauherren sind vorrangig daran interessiert, die für ihre Koordination und Überwachung erforderlichen Rahmentermine festzuhalten, z. B.

- Termine für die Planung von Gebäudeteilen und Bauabschnitten,
- Termine für Ausschreibung, Vergabe und Fertigstellung einzelner Bauabschnitte
- Termine für Ausbau-, Zulieferer- und Ausrüsterfirmen,
- Dauer des Gesamtvorhabens,
- Bedarf an Führungskräften und Bauüberwachern,
- Kosten in Abhängigkeit vom Projektfortschritt (Cash flow, Kreditbedarf),
- Inbetriebnahme.

**Auftragnehmer** halten in ihrer Ablaufplanung vorrangig folgende Termine fest:

- Termine für Freigabe des Baufeldes, Beginn von Bauabschnitten,
- Termine für Aufbau/Einsatzbeginn von Großgeräten,
- Termine für das Ende von Einsatzzeiten, besonders von Kolonnen und Geräten,
- Termin der Übergabe an den Auftraggeber.

Oft ist das Interesse sehr verhalten, Ergebnisse der internen Ablaufplanung den anderen Beteiligten (Auftraggeber, Nachunternehmer) zur Kenntnis zu geben. Die Befürchtung besteht, dass die anderen Beteiligten die Planung als definitiv und unter allen Umständen einzuhalten entgegennehmen und kontrollieren. Tatsächlich soll die Planung aber Ausdruck einer gründlichen Vorbereitung sein, mit der der zu erwartende Ablauf möglichst zutreffend vorherbestimmt und der Nachweis über die Einhaltung Rahmenbedingungen erbracht wird.

Kommt es zu einem Ereignis, weswegen der Ablauf nicht wie geplant durchgeführt werden kann, sind die Folgen im Vergleich zu dem geplanten Ablauf zu bewerten. Für Veränderungen im eigenen Zuständigkeitsbereich kann der Unternehmer weiterhin seine Dispositionsfreiheit nutzen, also Abläufe den Veränderungen anpassen und umstellen. Hat dagegen einer der anderen Beteiligten das Vorkommnis zu vertreten, so lassen sich aus dem

Vergleich von geplantem Ablauf mit dem aufgrund des Ereignisses veränderten Ablauf die Folgen und besonders die kostenmäßigen Konsequenzen ermitteln.

Der **Bauherr** bereitet anhand des vertraglichen Bauablaufs

- Ausschreibungs- und Vergabehandlungen,
- Kredit- und Finanzierungsmaßnahmen,
- Einsätze direkt gebundener Ausbau- und Zulieferfirmen,
- Teilnahme an und Kontrolle von Abnahmen,
- Schulungen des Betreiberpersonals,
- den Probebetrieb und erforderliche behördliche Zustimmungen,
- Marketingstrategien u. a. m.

vor und hat ein begründetes, oft auch für ihn überlebenswichtiges, Interesse an der Zuverlässigkeit dieses Ablaufs. Schließlich müsste er bei Abweichungen, die zu Umplanungen führen, seinerseits Pläne ändern Und es ist fraglich, ob eventuelle finanzielle Sanktionen den Schaden ausgleichen können.

## 6.5 Die Kalkulation von Bauleistungen

### 6.5.1 Einordnung in das betriebliche Rechnungswesen

Bei der Darstellung von Unternehmensstrukturen (vgl. Kap. 6.2.3.1) wurde die klare Trennung in den kaufmännischen und technischen Bereich, in Unternehmung und Betrieb, hervorgehoben. Logische Konsequenz ist die Aufgliederung des betrieblichen Rechnungswesens in

#### – Unternehmensrechnung

Die Unternehmensrechnung ist ein kaufmännisches Arbeitsgebiet. Auch als Finanzbuchhaltung bezeichnet, macht sie anhand von Büchern die Handelsgeschäfte und die Vermögenslage des Unternehmens gem. § 238 HGB ersichtlich. Neben der Inventur umfasst sie vor allem die Aufstellung der Bilanz und der Erfolgsrechnung (Gewinn- und Verlustrechnung) im Rahmen des Jahresabschlusses.

Die Unternehmensrechnung erfasst den außerbetrieblichen Werteverkehr einer Unternehmung und die dadurch bedingten Veränderungen der Vermögens- und Kapitalverhältnisse.

#### – Kosten- und Leistungsrechnung (KLR)

Die Kosten- und Leistungsrechnung dient der Gegenüberstellung des betrieblich bedingten Werteverzehrs (Kosten) zu den Produkten und Dienstleistungen (Leistungen) und gibt Auskunft über den Erfolg je Auftrag und Produkt. Sie soll die Wertebewegungen eines Unternehmens sichtbar machen.

Die Kosten- und Leistungsrechnung ist in erster Linie ein technisches Arbeitsgebiet und umfasst nach KLR Bau [6-26, S. 14] vor allem

- **Baufauftragsrechnung** Vor-, Arbeits- und Nachkalkulation
- **Baubetriebsrechnung** Kosten-, Leistungs- und Ergebnisrechnung
- **Soll-Ist-Vergleichsrechnung** von Mengen und Werten zwecks Analyse, Kontrolle und Steuerung
- **Kennzahlenrechnung:** Ermittlung von Kennzahlen der Bauauftrags-, Baubetriebs- und Soll-Ist-Vergleichsrechnung

Im Rahmen der Baubetriebsrechnung dient die Leistungsrechnung der Ermittlung der erstellten Bauleistung unter Bewertung zu Verkaufspreisen und die Ergebnisrechnung der Gegenüberstellung von Bauleistungen und Baukosten in definierten Zeiträumen oder zu festgelegten Stichtagen.

**Nach der Zuordnung der Kosten** unterscheidet man

- die **Kostenartenrechnung** zur Erfassung einzelner Kostenarten  
⇒ **welche** Kosten sind angefallen? *z. B. für Löhne, Baustoffe, Geräte*
- die **Kostenstellenrechnung** zur Ermittlung der auf die einzelnen Kostenstellen entfallenden Kosten  
⇒ **wo** sind die Kosten angefallen? *z. B. Baustellen, Hilfsbetriebe, Verwaltungseinheiten*
- die **Kostenträgerrechnung** zur Verrechnung der Kosten auf die betrieblichen Leistungseinheiten  
⇒ **wofür** sind die Kosten angefallen? *z. B. Bauwerke, LV-Positionen*

## 6.5.2 Gliederung der Kostenermittlung

### 6.5.2.1 Kostengruppen

Nach dem Kostenverursachungsprinzip sind einem Produkt diejenigen Kosten zuzurechnen, die von ihm verursacht werden. Das kann direkt oder indirekt erfolgen. Nach der Zurechenbarkeit werden in erster Linie Einzel- und Gemeinkosten unterschieden.

**Einzelkosten (EK)** sind die Kosten, die einem Erzeugnis direkt zugeordnet werden können. Bauleistungen werden heute als eine Summe mehrerer Teilleistungen (Positionen) gesehen. Man spricht in diesem Zusammenhang von den Einzelkosten der Teilleistungen (EKT). Sie enthalten z. B. Lohn-, Stoff-, Geräte- und Fremdkosten.

Kosten, die einem Erzeugnis nicht direkt zugeordnet werden können, heißen **Gemeinkosten (GK)**. Sie müssen nach einem Schlüssel auf die EK verteilt werden. Die Gemeinkosten werden als Gesamtsumme ermittelt und dann über den Verteilungsschlüssel auf die Teilleistungen umgelegt. Die Gemeinkosten bestehen aus den

- Gemeinkosten der Baustelle (GKB),
- Allgemeinen Geschäftskosten (AGK),
- Bauzinsen (Z).

Beträge für Wagnis (W) und Gewinn (G) werden ebenfalls umgelegt. Die Summe aus GK+W+G stellen die **Umlagekosten** dar.

Nicht vergessen darf man, am Ende die Umsatzsteuer auszuweisen und sowohl den Netto- als auch den Brutto-Angebotspreis auszuschreiben.

Die Übersicht in Tab. 6-7 ist Grundlage aller Kalkulationen und stellt somit unverzichtbares Grundlagenwissen zum Thema Kalkulation von Baupreisen dar.

Tab. 6-7 Gliederung in Kostengruppen (Kalkulationsschema)

Einzelkosten der Teilleistungen (EKT) + Gemeinkosten der Baustelle (GKB)	= Summe der Gesamtpreise aller Einzelpositionen des LV = fixe Kosten der Baustelle über die kalkulierte Bauzeit, die keiner Position des LVs zugerechnet werden können (Kräne, Bauleitung)
= <b>Herstellkosten (HK)</b> + Allgemeine Geschäftskosten (AGK) + Bauzinsen (Z)	= direkt der Erstellung des Bauwerks zurechenbare Kosten = Verwaltung im Hauptunternehmen (z. B. Einkauf für Baustelle, etc.), Anhaltswert ca. 7...10 % der HK = Verzinsung der Vorfinanzierung der Baukosten
= <b>Selbstkosten (SK)</b> + Wagnis (W) + Gewinn (G)	= Gesamtkosten des Unternehmens für die Erstellung des Bauwerks = Risikoanteil (z. B. unsichere Bodenverhältnisse) = Aufschlag des Bauunternehmers
<b>Angebotssumme netto</b> + Umsatzsteuer (USt)	= Angebotssumme ohne Umsatzsteuer = gesetzlich geltende Umsatzsteuer (Mehrwertsteuer)
= <b>Angebotssumme brutto</b>	= Angebotssumme einschließlich Umsatzsteuer

### 6.5.2.2 Kostenarten

Über die Kostenarten erfolgt die Zuordnung der Kosten. Sie sind im Baukontenrahmen 87 (BKR 87) in maximal acht Gruppen gegliedert (vgl. KLR Bau [6-26, S. 17ff] oder [6-21, S. 837]):

1. Lohn- und Gehaltskosten für Arbeiter und Poliere/Meister
2. Kosten der Baustoffe und der Fertigungsstoffe
3. Kosten des Rüst-, Schal- und Verbaumaterials einschließlich Hilfsstoffe
4. Kosten der Geräte einschließlich Betriebsstoffe
5. Kosten der Geschäfts-, Betriebs- und Baustellenausstattung
6. Allgemeine Kosten
7. Fremdarbeitskosten
8. Kosten der Nachunternehmerleistungen

Als Grundsatz gilt: wenn eine Kostenart einen wesentlichen Anteil an den Einzelkosten hat, dann sollte diese Kostenart auch getrennt ausgewiesen sein.

Bei der Angebotskalkulation kann und muss aber nur selten so ausführlich gegliedert werden. In der Regel genügt dort die getrennte Berechnung von

- Lohnkosten,
- sonstigen Kosten (Baustoffe, Bauhilfsstoffe, Betriebsstoffe, Schalung, Rüstung...),
- Maschinen- und Gerätekosten,
- Fremdleistungskosten.

- Lohnkosten

Die Lohnkosten setzen sich zusammen aus

- Tariflohn (gem. Lohngruppen und tariflichen Zuschlägen, z. B. für Überstunden, Erschwernisse sowie Bauzuschlag), ⇒ beachte Tarifregelungen (z. B. [6-40], Internetquellen)
- gesetzliche, tarifliche und sonstige Sozialkosten
- Lohnzusatzkosten (Arbeitgeberanteil an Sozialversicherungen, gesetzliche Unfallversicherung, Urlaubsgeld, Lohnausgleich..., insgesamt 80 ... 100 % zum Tariflohn)
- Lohnnebenkosten (z. B. Fahrtkosten, Wegezeitvergütung)
- Umlagen (z. B. Winterbauumlage)

In der Kalkulation werden Lohnkosten als stundenbezogener Mittellohn (Kalkulationsmittellohn) für eine Kolonne oder eine Baustelle berücksichtigt. Wichtige Voraussetzung für die Kalkulation der Lohnkosten ist die zutreffende Ermittlung der Lohnstunden (vgl. Kap. 6.3.3)

Für Stundenlohnaufträge werden Stundenverrechnungssätze gebildet.

- Materialkosten

Materialkosten ergeben sich aus den Einkaufspreisen ohne Umsatzsteuer „frei Baustelle“, d. h. einschließlich Antransport. Zu berücksichtigen sind Verluste aus Transport-, Umschlag und Lagerung (Streu- und Bruchverluste) sowie Verarbeitungsabfälle (Verschnitt, Verhau, Mehrverbrauch).

- Maschinen- und Gerätekosten

Die eingesetzten Baumaschinen unterscheidet man aus betriebswirtschaftlicher Sicht in zwei Kategorien:

- **Bereitstellungsgeräte**, auch Vorhaltegeräte oder Gemeinkostenmaschinen genannt, (Maschinen und Geräte, die über die Dauer der Bauzeit bereitstehen, wie z. B.: Kompressoren, Betonmischer, Übergabesilos, Krane)

Die Kosten der Bereitstellungsgeräte werden über die gesamte Vorhaltezeit den Gemeinkosten der Baustelle zugerechnet, da sie nicht direkt bestimmten Positionen des Leistungsverzeichnisses zugeordnet werden können.

- **Leistungsgeräte** (Maschinen, die spezielle eindeutig messbare abgeschlossene Teilleistungen erbringen und i. A. sehr leistungsfähig sind, wie z. B.: Bagger, Planierraupen, Straßenfertiger, Putzmaschinen)

Die Kosten von Leistungsgeräten können bestimmten Positionen des Leistungsverzeichnisses direkt zugeordnet und dort kalkuliert werden.

Ansätze und Durchschnittswerte der Baupraxis für Vorhalteentgelte (Abschreibung und Instandhaltung) enthält die Baugeräteliste (BGL) [6-5]. Bei einer Gerätevermietung an Dritte kommt ein angemessener Zuschlag für Wagnis und Gewinn hinzu.

## 6.5.3 Grundlagen der Kalkulation

### 6.5.3.1 Allgemeines zur Preiskalkulation

Die Kalkulation (Baufauftragsrechnung) dient der Ermittlung der Kosten und Preise der Bauleistungen in mehreren Stufen, von der Anfrage des Bauherrn bis zur Abrechnung nach Objektübergabe, ggf. auch iterativ.

Grundlage der Preisbildung ist die Ermittlung der Kosten, da diese den bewerteten Aufwand der Leistungserstellung beinhalten, der zu entgelten ist. In die Kalkulation gehen außerdem Ansätze für Wagnis und Gewinn ein, die nicht direkt kalkuliert werden können. Schließlich wird die Preisbildung wesentlich von den Marktbedingungen beeinflusst. Hier spielen auch politische, konjunkturelle und ethische Faktoren eine Rolle. Nicht selten bestimmen Unsicherheiten im Ansatz und bei der Bewertung von Einflussfaktoren das Ergebnis.

### 6.5.3.2 Stufen der Kalkulation

#### Vorkalkulation

Die Vorkalkulation besteht aus Angebots- und Auftragskalkulation und wird ggf. durch Nachträge ergänzt.

Die **Angebotskalkulation** (in der Praxis meist als die „Kalkulation“ oder A-Kalkulation bezeichnet) ist die wichtigste Kalkulation, da hier über die Höhe des verbindlichen Angebotes an den Auftraggeber entschieden wird. Auf der Basis der Leistungsbeschreibung (mit Leistungsverzeichnis oder Leistungsprogramm) werden die Kosten für die Erstellung eines Bauwerks ermittelt. Die Angebotskalkulation bildet die Grundlage für die Submission.

Die **Auftragskalkulation** (als B-Kalkulation bezeichnet) ist die zum Zeitpunkt des Vertragsabschlusses gültige Angebotskalkulation. Sie beinhaltet alle während der Auftragsverhandlung vereinbarten Änderungen und wird Bestandteil des Bauvertrags. Die Preise dieser Kalkulation sind gleichzeitig die Abrechnungspreise für die einzelnen Positionen der Leistungsbeschreibung während und nach der Ausführung.

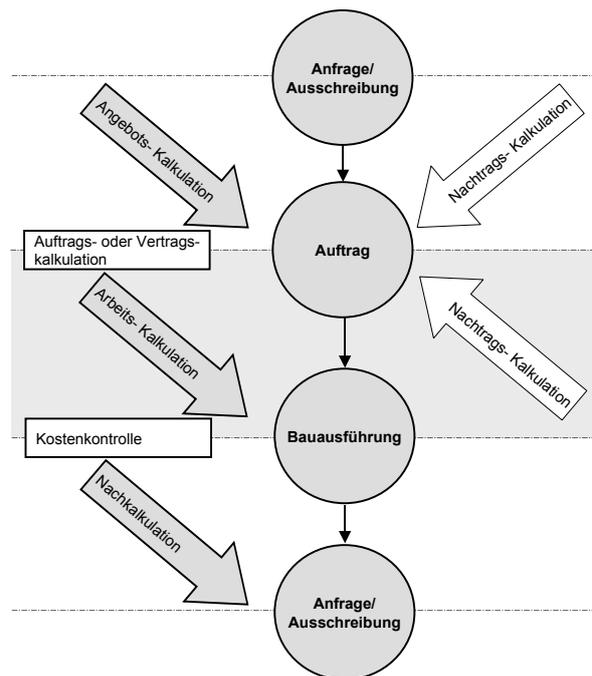


Abb. 6.42 Stufen der Bauauftragsrechnung

Die **Nachtragskalkulation** wird für diejenigen Leistungen herangezogen, die im Hauptvertrag nicht vereinbart und deshalb bei der Auftragskalkulation nicht berücksichtigt wurden (Vergesslichkeit, Unvorhersehbarkeit) oder für die sich die Grundlagen der Preisermittlung geändert haben (vgl. insb. VOB/B, § 2, Nr. 3-9), z. B. bei Mengenänderungen von mehr als 10 %. In der Nachtragskalkulation werden die Kosten für diese zusätzlichen Leistungen bestimmt. Grundsätzlich haben sich Nachtragskalkulationen an vergleichbaren Positionen der Auftragskalkulation (und an deren Preisen) zu orientieren.

#### Arbeitskalkulation (Ausführungskalkulation)

Nach der Auftragserteilung beginnt die Arbeitsvorbereitung für die Durchführung des Bauvorhabens. In dieser Phase entsteht die Arbeitskalkulation. Mit der Arbeitskalkulation werden die Kosten für die Erstellung des Bauwerks auf der Grundlage präziserer Ausgangsdaten und Ablaufpläne ermittelt. Sie stellt somit eine Weiterentwicklung bzw. Aktualisierung der Auftragskalkulation bei unverändertem Gesamtpreis dar und weist die Soll-Kosten für den Unternehmer aus. Da hier die wirtschaftlichste Lösung für das Bauunternehmen ermittelt wird, kann die Arbeitskalkulation von der Auftragskalkulation und der zugehörigen Leistungsbeschreibung abweichen, wenn der Bauunternehmer andere Verfahren einsetzen möchte. Das Ergebnis muss natürlich die gleiche Qualität besitzen.

Arbeitskalkulationen werden periodisch aktualisiert. Sie weisen für bereits ausgeführte Leistungen die Ist-Kosten und für die noch in der Zukunft liegenden Leistungen die kalkulatorischen Kosten aus.

#### Nachkalkulation

Die Nachkalkulation erfolgt nach Fertigstellung einer bestimmten Leistung. Sie weist die Ist-Kosten einer Bauleistung aus und ist gewissermaßen die letzte Arbeitskalkulation. Durch einen Vergleich zwischen Soll und Ist kann der wirtschaftliche Erfolg geprüft werden. Zudem liefert die Nachkalkulation eine Überprüfung der Ansätze der Vorkalkulation und bildet eine wertvolle Datenbasis für die Verrechnungskosten des Bauunternehmers – auch für Folgeaufträge. In der Praxis wird die Nachkalkulation leider nur sehr sporadisch erstellt, besonders wenn bereits die Arbeitskalkulationen vernachlässigt worden sind.

### 6.5.3.3 Kalkulationsverfahren

In der Kostenrechnung unterscheidet man grundsätzlich in

- **Vollkostenrechnung**  
Alle Kostenarten werden nach dem Verursacherprinzip auf die Kostenträger umgelegt.
- **Teilkostenrechnung**  
Nur die variablen Kosten werden nach Kostenträgern erfasst, die fixen Kosten werden periodenweise bestimmt und umgelegt (⇒ Deckungsbeitragsrechnung).

Die in der Bauwirtschaft üblichen Kalkulationsverfahren basieren auf der Vollkostenrechnung. Teilkostenrechnungen sind ggf. nur bei Mengenänderungen oder Nachträgen relevant.

#### Divisionskalkulation

Die die Gesamtkosten eines Unternehmens (Summe aus Einzel- und Gemeinkosten) werden gleichmäßig auf die Produkte verteilt.

$$\text{Kosten pro Stück} = \frac{\text{Gesamtkosten einer Produktion}}{\text{Produktionsmenge}}$$

Diese Kalkulationsmethode wird bei so genannten „Einproduktbetrieben“ eingesetzt, d. h. Betrieben, die z. B. am Fließband ein ganz bestimmtes Produkt herstellen. Diesen Fall gibt es im Bauwesen praktisch nicht, da es die Bauwirtschaft immer mit Unikaten zu tun hat, die einen wandernden Produktionsort besitzen. Lediglich Sonderbereiche lassen sich mit ähnlichen Kalkulationsverfahren abdecken.

#### Zuschlagskalkulation

Bei der Zuschlagskalkulation werden die Gemeinkosten (GK) für jedes Bauvorhaben gesondert ermittelt und dann auf die Einzelkosten (EK) umgelegt. Man unterscheidet hier je nach Rechengenauigkeit zwei Arten:

- Kalkulation mit vorausberechneten (vorbestimmten) Zuschlägen  
Bei dieser Kalkulationsmethode erspart man sich die genaue und gesonderte Ermittlung der GKB, AGK und W+G und greift stattdessen auf Durchschnittswerte aus der Vergangenheit (Vorperiode) zurück. Diese Methode eignet sich dann, wenn sich diese Kostenfaktoren von Projekt zu Projekt nur geringfügig ändern, z. B. bei ähnlichen Vorhaben, bei immer wiederkehrenden Bautypen mit denselben Umweltbedingungen.
- Kalkulation über die Angebotsendsumme  
Dieses Verfahren, das genauer ist, stellt das heutige Regelverfahren in den meisten Baubetrieben dar. Es werden zuerst die Einzelkosten der Teilleistungen (EKT) ermittelt. Danach werden für das entsprechende Vorhaben gesondert und für jedes Bauvorhaben aufs Neue die Gemeinkosten der Baustelle (GKB), die allgemeinen Geschäftskosten (AGK) sowie Wagnis und Gewinn (W+G) ermittelt.

Im Baualltag greift man meistens auf Mischformen der beiden o. g. Kalkulationsmethoden zurück, da eine immer wiederkehrende genaue Bestimmung z. B. der AGK nicht wirtschaftlich wäre. Häufig kommt es vor, dass die Werte für AGK, W+G auf periodisch konstanten Festlegungen beruhen und lediglich die GKB gesondert ermittelt werden, da man es hier u. U. mit monatlich laufenden Kosten und insofern mit beträchtlichen Summen zu tun haben kann, deren genaue Ermittlung den Endpreis relativ stark beeinflussen kann.

*Beispiel:* Setze ich einen oder zwei Bauleiter auf die Baustelle, bedeutet das monatliche Kosten von entweder ca. 1 · 7.000 € oder 2 · 7.000 € für den Bauunternehmer – je nach Größe der Baustelle können 7.000 € im Monat eine beträchtliche Summe sein.

#### Kalkulation von Pauschalangeboten

Für die Vergütung von Bauleistungen nach Pauschalverträgen wird nur ein Preis für die gesamte Bauleistung ermittelt. Das ist bei Funktionalverträgen bzw. schlüsselfertig erstellten Bauwerken der Fall. Es ist gut, wenn der Bieter auf Erfahrungswerte zurückgreifen kann, der er das Risiko der Mengen und Leistungsermittlung trägt.

#### Kalkulation von Einheitspreisangeboten

Bei der Kalkulation auf Basis einer Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis des Auftraggebers werden anhand der jeweils relevanten Kostenbestandteile für jede Position des Leistungsverzeichnisses (LV-Position) Einheitspreise ermittelt. Diese ergeben nach Multiplikation mit den Mengen die Einzelkosten der Teilleistungen. Folgende Erläuterungen und Bilder sollen das Prinzip der Einheitspreis-Ermittlung verdeutlichen.

#### 6.5.3.4 Chronologie des Bauprozesses von der Planung bis zur Kalkulation

1. **Erstellen der Planunterlagen** durch Architekt/Planer
2. **Ermittlung der Mengen** aus den Planunterlagen, dabei Zusammenfassen verschiedener Arbeiten in einzelnen Positionen (z. B. alle Wände gleicher Stärke zwischen 3 und 5 m Höhe in einer Position oder der gesamte Aufbeton, s. u.)
3. **Erstellung des Leistungsverzeichnisses** zur Mengenermittlung; dabei entsteht für jede größere Menge (siehe unten Beispiel Aufbeton) eine Leistungsbeschreibung als Leistungsposition (= LV-Position)
4. **Weitergabe** des so erstellten Leistungsverzeichnisses mit weiteren Technischen Informationen und Erläuterungen (Allgemeine Technische Vertragsbedingungen ATV, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen ZTV usw.) **an die Bieter bzw. Bauunternehmer** (=Ausschreibungsverfahren, siehe dazu auch VOB/A)
5. **Vorbereitung der Angebotskalkulation** durch den Bauunternehmer wie folgt:
  - a) Erstellung eines **Arbeitsverzeichnisses** mit den entsprechenden Dauern der Einzelprozesse
  - b) Ermittlung eines **Personaleinsatzplanes** auf der Basis der ermittelten Gesamtstunden
  - c) Bestimmung des **Baustellen-Mittellohnes** (Durchschnittslohn aller auf der Baustelle aktiven Arbeiter)
  - d) Festlegung der zu bestimmenden **Kostenarten** pro Position
6. **Ermittlung der Gemeinkosten** der gesamten Baustelle (GKB)
7. **Durchführung der Kalkulation** = Bestimmung der Aufwands-/Leistungswerte zu den einzelnen Kostenarten und somit Ermittlung der Einzelkosten der Summe der Teilleistungen (EKT)
8. **Festlegung der AGK, W+G**
9. **Ermittlung des Einzelkosten-Zuschlags** als Faktor (ergibt Netto-Angebotssumme und die EKT)
 

$(\text{Faktor} - 1,0) * 100 \% = \text{Zuschlag in Prozent}$
10. **Aufschlagen des Zuschlags** auf die EKT und Ermittlung der Einheitspreise zur Eintragung in das Leistungsverzeichnis
 

Die Berechnung der GKB, AGK, W+G ist Geheimnis des Bauunternehmers, während dem Auftraggeber lediglich die im LV eingetragenen, Einheitspreise einschließlich Gemeinkosten-Umlagen mitgeteilt werden; dieses Geheimnis kann gelüftet werden, wenn es aufgrund von vertraglichen Vereinbarungen vorgesehen ist, dass zur Ermittlung von Kosten für eventuelle spätere Nachtragsangebote eine sog. „Öffnung der Urkalkulation“ vorzunehmen ist (Urkalkulation = Angebotskalkulation des Vertrages, d. h. die Kalkulation mit den für die Abrechnung verbindlichen Einheitspreisen). In dieser Urkalkulation hat der Bauunternehmer z. B. Preise für den Kubikmeter Beton eingetragen. Der Bauunternehmer ist verpflichtet, sich bei der Kalkulation von Nachträgen an diesen Preisen zu orientieren. Er darf nicht nach Belieben neue Preise bilden, die der Grundlage seiner Urkalkulation völlig entbehren.
11. **Bildung der Angebotssumme** (netto) durch Multiplikation der ermittelten Einheitspreise mit den LV-Mengen und Addition der Gesamtpreise, Ausweisen der Umsatzsteuer, Berechnung

#### 6.5.3.5 Beispiel

Ermittlung der Gesamtmenge des Aufbetons niedriger Qualitätsstufe, der zum Ausgleich von Höhenunterschieden in verschiedenen Räumen einfach unter dem Estrich eingebracht wird, auf einer Bodenplatte und anschließende Formulierung der LV-Position – Durchführung der Schritte 1 bis 5 (vgl. oben).

1. Schritt: Analyse der Planunterlagen, siehe Abb. 6.3 und Abb. 6.44

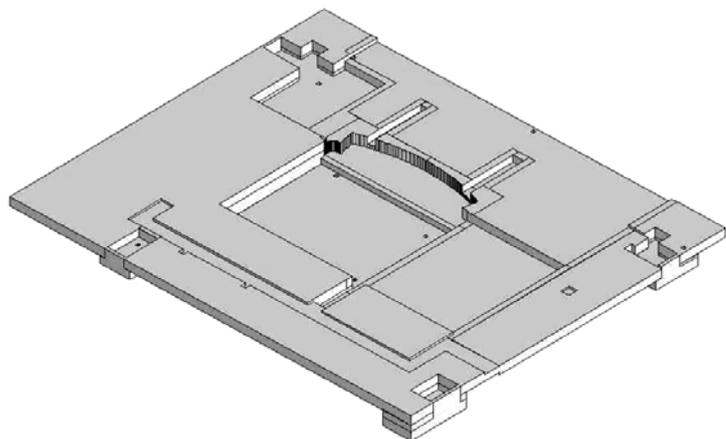


Abb. 6.43 Planunterlage des Architekten, Darstellung des Fundamentes ohne Aufbetonbereiche

2. Schritt: Ermittlung der Mengen aus den Planunterlagen

Dazu werden im abgebildeten Beispiel alle Aufbetonbereiche des Fundamentes in den Plänen erfasst und als Gesamtmenge in m<sup>3</sup> ausgegeben.

In diesem Fall sind die Aufbetonbereiche als 3-D-Objekte erstellt und die Mengen mit dem Computer ermittelt. Ein üblicher Weg ist, dass diese Arbeit händisch vom Bearbeiter anhand der Pläne gemacht wird, d. h. Suche in den Plänen nach Aufbetonbereichen, Ausmessen der Aufbetonbereiche aus den Grundrissen (Länge, Breite) und Schnitten (Höhe) und Berechnen der Volumina (Länge · Breite · Höhe).

**Rechnerisch ermittelte Menge: 416,15 m<sup>3</sup>**

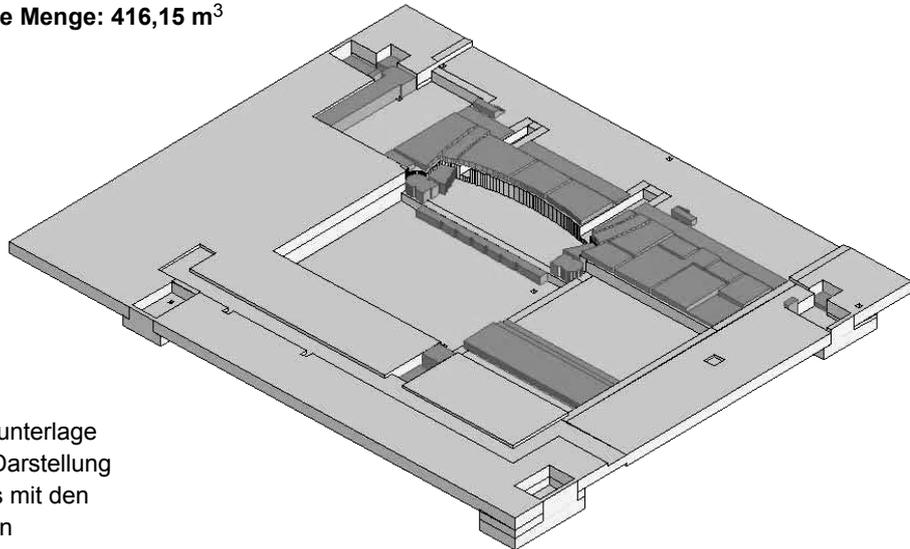


Abb. 6.44 mitgelieferte Planunterlage des Architekten, Darstellung des Fundamentes mit den Aufbetonbereichen

3. Schritt: Formulieren der Leistungsbeschreibung, hier die LV-Position „Aufbeton herstellen“

Pos.	Langtext	Kurztext	Menge	Einheit	Einheitspreis in €	Gesamtpreis in €
01.02.1060	Auffüllung Stahlbeton C20/25, über 25 bis 100 cm, Ort beton der Auffüllungen auf Massivbauteilen, Untergrund waagrecht, obere Betonfläche waagrecht, als Normalbeton	Auffüllung Stahlbeton C20/25	416,15	m <sup>3</sup>	.....	= Menge x Einheitspreis
01.02.1070	Herstellen Wand, Höhe 3–5 m, Dicke=20cm, Stahlbeton C30/35, etc....		263,00	m <sup>3</sup>	.....	= Menge x Einheitspreis
usw.						

4. Schritt: Weitergabe an den Kalkulator im Bauunternehmen und Aufbereitung des Leistungsverzeichnisses

Der Kalkulator übernimmt das Leistungsverzeichnis und prüft es durch Vergleich mit den Plänen. Er erstellt einen Grobterminplan. Aus der kaufmännischen Abteilung lässt er sich den **Baustellen-Mittelohn** geben. Gegebenenfalls untergliedert er das LV noch feiner in weitere Unterpositionen und erstellt so ein Arbeitsverzeichnis für die Kalkulation – im vorliegenden Beispiel könnte noch Schalung für den Aufbeton an einigen Stellen erforderlich sein.

**Mittelohn**

Da im täglichen Baustellenbetrieb die Zusammensetzung des Baustellenpersonals nicht genau vorausbestimmbar ist, kann nur mit Durchschnittswerten kalkuliert werden.

Der Mittelohn stellt den Mittelwert der Lohnkosten einer Arbeitsstunde für eine Kolonne, eine Baustelle, einen Firmenbereich oder eine ganze Baufirma dar (vgl. z.B. [6-21, S. 855]). Er beinhaltet neben den Tariflöhnen auch Aufsichtskosten, lohnbedingte Zuschläge, Lohnzusatzkosten (Sozialkosten) und Lohnnebenkosten.

Der Mittelohn kann in verschiedenen Formen gebildet werden. Einen genauen Überblick über die Zusammensetzung des Mittellohnes geben jedes Kalkulations-Lehrbuch oder auch die „Zahlentafeln für den Baubetrieb“ [6-21].

5. Schritt: Kalkulation der Einheitspreise der Positionen (LV-Positionen)

Die Kalkulation der Einheitspreise erfolgt am besten in einer Tabelle. Als Kostenarten sind definiert worden: Lohn-, Material-, Geräte- und Nachunternehmerkosten.

Die Kalkulation der Position baut sich wie folgt auf:

Pos.	Kurztext	kalkulierte Einheit (= Einheit aus LV-Position)	Arbeitszeit-Richtwert in h/Einheit	Lohnkosten (bei einem Mittellohn von 26,50 €/h)	Stoffe (benötigter Beton) in €/m <sup>3</sup>	Geräte in €/m <sup>3</sup>	NU in €/m <sup>3</sup>	Einheitspreis der Position in €/m <sup>3</sup>
01.02.1060	Auffüllung Stahlbeton C20/25	m <sup>3</sup>	0,5 h/m <sup>3</sup>	13,25 €/m <sup>3</sup>	60,00	0,00	0,00	<b>73,25 €/m<sup>3</sup></b>
							→	<b>Addition aller 4 Kostenarten</b>
		(d. h. der Einheitspreis wird für 1 m <sup>3</sup> Füllbeton bestimmt)	Quellen zu Richtwerten: [6-2], [6-3], [6-18], [6-36]	0,5 h/m <sup>3</sup> * 26,50 €/h = 13,25 €/m <sup>3</sup>	Betonpreis pro m <sup>3</sup> lt. Einkauf der Firma			13,25 €/m <sup>3</sup> + 60,00 €/m <sup>3</sup> = 73,25 €/m <sup>3</sup>

Der so ermittelte Preis stellt die Einzelkosten der Teilleistung „Auffüllung Stahlbeton C20/25“ dar. Der Preis beinhaltet nur die direkt der Position zuordenbaren Kosten. Zuerst werden die Einzelkosten der Teilleistung für jede einzelne Position berechnet (die Anzahl der Positionen kann bei größeren Bauvorhaben schnell in die Hunderte gehen). Die Einzelkosten für die Teilleistung „Auffüllung Stahlbeton C20/25 (= vorläufiger Einheitspreis) belaufen sich auf 73,25 €/m<sup>3</sup>. Es wurde somit berechnet, dass 1 m<sup>3</sup> Auffüllung Stahlbeton C20/25 ohne Gemeinkostenanteil 73,25 €/m<sup>3</sup> kostet.

Der nächste Zwischenschritt sieht vor, die Mengen aller einzelnen Positionen mit den ermittelten Einheitspreisen zu multiplizieren (Einheitspreise ohne Gemeinkostenanteil). Diese Berechnung liefert die Summe der Einzelkosten der Teilleistungen. Diese Summe wird benötigt, um den Umlagefaktor zu bestimmen.

Pos.	Kurztext	Menge	Einheit	Einheitspreis €	Gesamtpreis €
<b>01.02.1060</b>	<b>Auffüllung Stahlbeton C20/25</b>	<b>416,15</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>73,25</b>	<b>30.482,99</b>
01.02.1070	Herstellen Wand, Höhe 3–5 m, Stahlbeton C30/35, etc....	263,00	m <sup>3</sup>	23,65	.....
01.02.1080 usw.	Einschalen von ..... .....	.....	.....	.....	.....
	Summe der Einzelkosten der Teilleistungen			SUMME	<b>95.000,00</b>

Die **Summe der Einzelkosten der Teilleistungen (EKT)** beläuft sich in diesem Beispiel auf 95.000,00 €. Um die Herstellkosten (HK) zu bestimmen, werden analog zu Tab. 6-7 auf S. 220 nun die Gemeinkosten der Baustelle (GKB) berechnet.

6. Schritt: Ermittlung der Gemeinkosten der Baustelle (GKB)

Zur Ermittlung der Gemeinkosten der Baustelle dient die nachfolgende Tabelle. Sie enthält eine Auswahl möglicher Kostenfaktoren, die nicht direkt einer Leistung zuzuordnen sind, sondern sich allgemein auf die gesamte Baustelle beziehen – typisches Beispiel ist der Kran.

Voraussetzung für die Kalkulation der Gemeinkosten ist ein Überblick über die Summe der kalkulierten Stunden in Schritt 5, der Geräte und der Materialmengen. Daraus wird ein Personaleinsatzplan abgeleitet und werden die Ansätze für den Grobterminplan kontrolliert.

Vereinfachend wird in diesem Beispiel von einer Bauzeit von einem Monat ausgegangen. Die Gesamtsumme der Gemeinkosten der Baustelle (GKB) beträgt in diesem Fall 12.742,00 €. Es ergeben sich somit Herstellkosten von 95.000 € (EKT) + 12.742 € (GKB) = 107.742 € (HK).

Der Prozess zur Bestimmung des Umlagefaktors folgt dem Schema von Tab. 6-7 auf S. 220.

Pos. LV	Kostenentwicklung	LV-Menge	Menge in/kalkulierte Einheit	Einheit	Std.	Lohn	Stoffe	Geräte	Nach-untern.	Einheitspreis	Gesamt preis
		LE	je LE		Ak*h	26,50 €/h	€/kalke	€	€	€	€
	Kran Antransport, Aufbau	1	1	P	8	212,00			500,00	712,00	712,00
	Kranbetrieb (ohne Kranfahrer)	1,00	1	Monat				1.750,00		1.750,00	1.750,00
	Kran Abbau	1,00	1	P	6	159,00			250,00	409,00	409,00
	Stromversorgung auf und ab	1,00	1	P	10	265,00			350,00	615,00	615,00
	Stromversorgung vorhalten	1,00	1	Monat			300,00	100,00		400,00	400,00
	Wasserversorgung auf und ab	1,00	1	P	4	106,00			250,00	356,00	356,00
	Wasserversorgung vorhalten	1,00	1	Monat			250,00			250,00	250,00
	Kleingeräte	1,00	1	P			150,00	200,00		350,00	350,00
	Schuttcontainer	4	1	Stck			250,00			250,00	1.000,00
	Container Büro	0	1	Monat				350,00		350,00	0,00
	WC/Waschcontainer	1	1	Monat				450,00	400,00	850,00	850,00
	Unterkünfte	1	1	Monat				350,00		350,00	350,00
	Telefon, Büroausstattung	1	1	P				300,00		300,00	300,00
	Bauleitung	1	0,2	Monat		7.500,00				7.500,00	1.500,00
	Polier	1	0,5	Monat		5.000,00				5.000,00	2.500,00
	Kaufmann	1	0,1	Monat		4.000,00				4.000,00	400,00
	Abrechnung	1	1	P		1.000,00				1.000,00	1.000,00
	<b>SUMME</b>										<b>12.742,00</b>

Einheit „P“ bedeutet pauschal

7. Schritt: Ansätze für die AGK (Allgemeine Geschäftskosten) sowie W+G (Wagnis und Gewinn) gemäß der Vorgabe der Geschäftsführung übernehmen, um die Angebotssumme (ohne Umsatzsteuer) bestimmen zu können.

Als Ansätze werden in diesem Beispiel 7 % für die AGK und 5 % für W+G gewählt. Die AGK werden auf die Herstellkosten von 107.742 € aufgeschlagen.

Es ergibt sich die Summe der Selbstkosten (SK) mit  $107.742 \text{ €} \cdot 1,07 = 115.283,94 \text{ €}$  für den Bauunternehmer. Bauzinsen für eine Vorfinanzierung fallen in unserem Beispiel nicht an.

Der weitere Aufschlag der 5 % für W+G ergibt eine Summe von  $115.283,94 \text{ €} \cdot 1,05 = 121.048,14 \text{ €}$ . Diese Summe bezeichnet man als **Angebotssumme** (ohne Umsatzsteuer) oder auch Netto-Angebotssumme.

8. Schritt (Umlagefaktor)

Der **Umlagefaktor** ermittelt sich über die Division der Angebotssumme (ohne Umsatzsteuer) durch die EKT. Er berücksichtigt, dass Gemeinkosten, AGK sowie W+G auf die EKT umgelegt werden.

Der Zweck der Umlage besteht darin, bei der Abgabe des Angebotes die AGK, W+G annähernd zutreffend auf die LV-Positionen zu verteilen.

Im Beispiel wurde nur eine Position ausgewählt, so dass keine reale Summe der Einzelkosten gebildet werden kann. Wir haben die Summe der Einzelkosten der Teilleistungen (EKT) mit 95.000 € angenommen. Die Angebotssumme (ohne Umsatzsteuer) haben wir mit 121.048,14 € berechnet. Der Umlagefaktor ergibt sich somit mit  $121.048,14 \text{ €} / 95.000 \text{ €} = 1,274$ .

Die bisherigen vorläufigen Einheitspreise der einzelnen Positionen werden nun mit dem Umlagefaktor multipliziert. Erst diese Einheitspreise können dann in das Angebots-Leistungsverzeichnis für den Bauherrn eingetragen werden.

9. Schritt: Eintragung in das Angebots-Leistungsverzeichnis (Einheitspreise inkl. Umlage):

Pos.	Kurztext	Menge	Einheit	Einheitspreis € ohne Umlage	Gesamtpreis € ohne Umlage	Einheitspreis € mit Umlage	Gesamtpreis € mit Umlage
01.02.1060	Auffüllung Stahl- beton C20/25	416,15	m <sup>3</sup>	(73,25)	(30.482,99)	93,32	38.835,12
01.02.1070	Herstellen Wand, Höhe 3–5 m, Stahl- beton C30/35, usw.	263,00	m <sup>3</sup>	(23,65)	(.....)	30,13	.....
usw.	.....	.....	.....	(.....)	(.....)	.....	.....
	Angebotssumme (ohne Umsatzsteuer)					SUMME	121.048,14

Das Ausweisen der Angebotssumme ohne Umsatzsteuer (jedoch mit Umlagefaktor) und der aktualisierten Einzelkosten der Teilleistungen EKT (mit eingerechneter Umlage) sind die letzten wichtigen Schritte bei der Erstellung des Angebotspreises.

Es fehlt jetzt nur noch der Zuschlag der gesetzlichen Umsatzsteuer (= Mehrwertsteuer) auf die Angebotssumme (ohne Umsatzsteuer), der zurzeit bei 19 % liegt. Die daraus entstehende Summe ist die Angebotssumme brutto.

## 6.6 Der Bauvertrag

### 6.6.1 Die Anbahnung des Auftrags

In den vorangegangenen Kapiteln wurden Hinweise gegeben, wie sich der Kreislauf innerhalb eines Bauunternehmens um die Auftragsbeschaffung und Abarbeitung von Aufträgen dreht (Abb. 6.5 auf S. 177) und wie ein Bauunternehmen Aufträge akquiriert (Abb. 6.16 auf S. 184).

Bei **öffentlichen** Auftraggebern schreibt der Bauherr die Bauleistungen aus (Ausschreibung). Darauf erarbeiten die interessierten Unternehmen verbindliche Preisangebote, die sie dem Bauherrn in verschlossenem Umschlag spätestens bis zum letzten Tag der Angebotsfrist übergeben. An diesem Tag, dem Tag der Submission, werden alle Angebote zu vorgegebener Stunde und am bekannt gegebenen Ort geöffnet und die Angebotsendpreise verlesen. Dem günstigsten Anbieter wird dann der Zuschlag erteilt, d. h. er bekommt den Auftrag. Diese Auftragserteilung erfolgt nicht gleich während der Submission, sondern erst nachdem die Angebote durch den Auftraggeber rechnerisch und inhaltlich geprüft wurden.

Bei **privaten** Ausschreibungen bestehen die Formvorschriften nicht. Der Auftraggeber ist frei, sich selbst Standards und Regeln zu setzen, wie dies größere, professionelle Auftraggeber und institutionelle Investoren machen.

So erbitten diese Auftraggeber die verbindlichen Angebote der Bauunternehmen bis zu einem festgesetzten Datum, verzichten aber auf das Verlesen der Angebotspreise. Die Anbieter bleiben also in Unkenntnis über ihre Position innerhalb des Wettbewerbs.

Auch steht es dem privaten Auftraggeber frei, mit den Anbietern über deren Leistung, mögliche Alternativen und Unklarheiten im Angebot zu verhandeln. Dem Angebot der Unternehmen folgt daher meist eine Phase der Auftragsverhandlungen. Im Rahmen dieser Verhandlungen können theoretisch alle Parameter der Leistung noch verändert werden. Häufig werden Teilleistungen heraus- oder zusätzlich hineingenommen, die Baubedingungen spezifiziert oder abgewandelt. Schließlich werden manche Preisstellungen verändert, wenn z. B. der Anbieter im Rahmen des Verhandlungsgesprächs erkennt, dass er bisher auf Grund anders angenommener Rahmenbedingungen zu hoch kalkuliert hatte oder sich geirrt hat und dies nun überarbeiten soll. Schließlich sind manche Anbieter bereit, über reine Preisabschläge (Nachlass, Pauschalierung) oder veränderte Zahlungskonditionen (Skonto, Zahlungsziele) zu verhandeln, um ihre Chancen für den Auftrag zu erhöhen.

Es wird empfohlen, die Ergebnisse der Auftragsverhandlungen sorgsam zu protokollieren. Nicht selten verliert sonst ein Partner bei den vielen verhandelten Veränderungen den Überblick und gerät dann in einen Auftrag zu schlechteren Konditionen. Gut protokolliert können die Verhandlungsergebnisse jeweils in die Angebotskalkulation übernommen werden. Der Anbieter hält damit ein stets aktuelles Angebot bereit.

Am Ende der Verhandlungen wird der Auftraggeber das von ihm ausgewählte Unternehmen beauftragen und den konkurrierenden Anbietern absagen. Weil zwischen Angebot und endgültigem Auftrag oft viele Wochen verstreichen

chen, in denen Leistungen und Preise alternativ diskutiert und geändert wurden, ist es wichtig, schließlich den Auftrag und die vereinbarten Konditionen detailliert zu fixieren. Intern wird dazu die entsprechende Auftragskalkulation (Abb. 6.42, S. 222) festgeschrieben.

Auch wenn grundsätzlich für Bauaufträge keine Formvorschrift besteht, so sollten sich weder Unternehmer noch Auftraggeber mit einer mündlichen Vereinbarung zufrieden geben. In der komplexen Welt des Bauens sind mündliche Verträge kaum kontrollierbar und im Zweifelsfall nicht durchsetzbar. Die nachfolgenden Aussagen implizieren daher, dass vertragliche Regelungen im Grundsatz schriftlich vereinbart werden.

Im **schriftlichen Bauvertrag** sollten mindestens folgende Angaben eindeutig und unmissverständlich enthalten sein [6-22], [6-35]:

- die Bezeichnung des Auftraggebers (Personen mit ausgeschriebenen Vor- und Nachnamen, Firmen mit genauer handelsrechtlicher Bezeichnung, juristische Personen mit den vertretungsberechtigten Personen),
- die Bezeichnung des Auftragnehmers,
- der Preis sowie der Vertragstyp (Einheitspreis- oder Pauschalvertrag),
- die Grundlagen der Preisermittlung (Pläne, Ausschreibung, Angebotsschreiben, Verhandlungsprotokoll),
- Vertragsgrundlagen (BGB oder VOB) oder Abänderungen dazu.

Ferner ist zu empfehlen, vertraglich zusätzlich festzuschreiben:

- Zahlungsfristen und Zahlungspläne,
- Ausführungs- und Vertragsfristen,
- Vollmachten und Vertretungsbefugnisse.

### 6.6.2 Der Werkvertrag

Verträge, in denen der Bauunternehmer dem Bauherren den „Erfolg“ schuldet, also die Herstellung des Bauwerks mit den zugesicherten Eigenschaften, zählen zu den Werkverträgen [6-8]. Im Gegenzug hat der Auftraggeber die Verpflichtung, die Bauleistung abzunehmen und die vereinbarte Vergütung zu bezahlen.

Ein Bauvertrag nach Leistung ist ein **Leistungsvertrag**. Er sieht eine Vergütung für das Werk oder Teile des Werks, der erbrachten Bauleistung, vor. Beim Leistungsvertrag werden die tatsächlich ausgeführten Mengen zu den im Leistungsverzeichnis angegebenen Einheitspreisen abgerechnet.

Unterformen des Leistungsvertrags sind der

- Einheitspreisvertrag ⇒ sehr häufig,
- Pauschalvertrag ⇒ häufig,
- Mischformen ⇒ häufig.

Im Gegensatz dazu steht der **Erstattungsvertrag**, Er ist sehr selten und wird nur in Ausnahmesituationen eingesetzt (Notfall, Havariebeseitigung). Bei ihm werden die Aufwendungen für Material, Personal und Geräte zzgl. eines angemessenen Aufschlags für Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn erstattet.

Da Bauleistungen in der Regel auf fremden Grund und Boden ausgeführt werden, da sie nicht so einfach wieder entfernt werden können und da sie weitgehend von den ausführenden Baufirmen vorfinanziert werden, sind vertraglich klare Regelung zwischen Besteller (Bauherr, Auftraggeber oder Projektentwickler) und dem ausführenden Baubetrieb notwendig.

Werden in Werkverträgen keine besonderen Vereinbarungen getroffen, gilt das Bürgerliche Gesetzbuch (BGB) als vereinbart. Hier widmen sich die §§ 631ff besonders dem Werkvertrag, jedoch sind auch andere Teile des BGB in diesem Zusammenhang von Bedeutung, so z. B.

- §§ 145ff – Verträge,
- §§ 164ff – Vertretung und Vollmacht,
- §§ 194ff – Verjährung,
- §§ 241ff – Schuldverhältnisse,
- §§ 305ff – Allgemeine Geschäftsbedingungen.

Da das BGB nicht nur für den Bau geschrieben wurde, stellte sich im Laufe der Zeit heraus, dass es angemessen war, für den Bau weitere, etwas abgewandelte Regelungen zu treffen. Diese sind in der Vergabe- und Vertragsordnung für das Bauwesen (VOB) geregelt.

### 6.6.3 Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB)

#### 6.6.3.1 Einführung

Bereits 1921 wurde ein erster Versuch zur Regelung von Vergabe und Vertrag durch den Erlass eines Reichsverdingungsgesetzes unternommen, abgelehnt und in Form eines Reichsverdingungsausschusses dennoch eingeführt. Bis heute hat sich diese Form der Verdingungsordnung, die keinen Rechtsnormcharakter hat, erhalten. Der deutsche Verdingungsausschuss für Bauleistungen hat im Jahre 1947 mit der Ausgabe einer VOB, die verbindlich für alle öffentlichen Bauten erklärt wurde, die Arbeiten fortgeführt. Bis heute gilt, dass von allen öffentlichen Stellen bzw. für alle Bauvorhaben, die mit öffentlichen Mitteln (Steuergelder) finanziert werden, die VOB als Ganzes zu vereinbaren ist [6-22].

Wegen der spezifisch auf die Bedingungen von Bauvorhaben abgestellten Regelungen in der VOB finden sich Abweichungen gegenüber dem BGB, die insgesamt jedoch eine für beide Seiten, für Auftraggeber und Auftragnehmer, Ausgewogenheit darstellen. Kapitel 6.6.3.6 gibt einen Überblick über die wesentlichen unterschiedlichen Regelungen zwischen dem BGB und der VOB/B.

Die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, die VOB, ist in die drei Teile

- A Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen,
- B Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen und
- C Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV)

gegliedert. Teil A befasst sich mit der Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen, also den Phasen bis zum Vertragsschluss. Er ist innerhalb der Europäischen Union abgestimmt und enthält abgestufte Verfahrensweisen zu Ausschreibung und Wettbewerbsbedingungen, je nach Größe und Bedeutung des Bauvorhabens. Weitere Kenntnisse zur VOB/A werden in Vorlesungen anderer Professuren vermittelt.

#### 6.6.3.2 Einige Auswirkungen aus der VOB/A auf Bauverträge

Während öffentliche Bauherren für die Ausschreibung von Bauleistungen die VOB/A zwingend anwenden müssen (VOB/A § 10.2 regelt, dass VOB/B und VOB/C Bestandteil des Bauvertrages werden), sie somit alle Teile A, B und C einzuhalten haben, steht privaten Bauherren die Anwendung der VOB frei. Soll bei privaten Bauverträgen die VOB zugrunde gelegt werden (hier ist es nur sinnvoll, die VOB/B und VOB/C zu vereinbaren), so ist dieses explizit vertraglich so festzulegen. Beide Teile B und C sind gleichzeitig als DIN-Normentexte veröffentlicht.

§ 10 regelt den **Umfang der Vergabeunterlagen**. Da die Angebote auf diesen Unterlagen basieren und zum Bauauftrag führen, bestimmt die Güte der Ausschreibungsunterlagen unmittelbar auch die Güte der meist daraus übernommenen Vertragsunterlagen.

Und schließlich liefert § 5 Hinweise darauf, welche **Vertragsformen** für Bauleistungen gefunden werden können. Hier werden der Einheitspreisvertrag und der Pauschalvertrag als die üblichen Vertragsformen benannt. In eng umrissenen Ausnahmen können auch Stundenlohnverträge oder Selbstkostenerstattungsverträge abgeschlossen werden.

Auch für die Ausführungsphase enthält die VOB/A nützliche Angaben. So wird in § 9 geregelt, wie die **Beschreibung der (Bau-)leistung** erfolgen soll.

§ 9.1 lautet: „Die Leistung ist eindeutig und so erschöpfend zu beschreiben, dass alle Bewerber die Beschreibung im gleichen Sinne verstehen müssen und ihre Preise sicher und ohne umfangreiche Vorarbeiten berechnen können.“

§ 9.11 führt aus: „Die Leistung soll in der Regel durch eine allgemeine Darstellung der Bauaufgabe (Baubeschreibung) und ein in Teilleistungen gegliedertes Leistungsverzeichnis beschrieben werden.“

#### 6.6.3.3 Der Teil B der VOB

VOB/B, die **Allgemeinen Vertragsbedingungen** für die Ausführung von Bauleistungen, ist auch als DIN 1961 erschienen. Die in der VOB/B enthaltenen Regelungen sind nicht nur wegen der Wirksamkeit in den öffentlichen Bauverträgen weit verbreitet. In über 90 % der privaten Bauaufträge wird ebenfalls die VOB/B vertraglich vereinbart, oder zumindest der wesentliche Kern. Daher ist es für den Ingenieur wichtig, die Grundzüge der VOB/B zu kennen. Häufig, gerade in Verhandlungen um Bauaufträge oder Nachträge, ist die VOB/B nicht nur Pflichtliteratur, sondern die wichtigsten Regelungen muss ein Verhandlungspartner sicher beherrschen.

Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über die Hauptbestandteile der VOB/B – und hilft zugleich, die für den Ingenieur etwas trockenen Formulierungen in den Paragraphen etwas zu gliedern. Nur 18 Paragraphen genügen, alle gängigen Fragen vertraglicher Art in einem Bauprojekt zu lösen. Trotz dieser wenigen Paragraphen gibt es dennoch einige hervorzuheben, die in der Baupraxis besonders große Bedeutung haben.

Zu den wichtigsten Paragraphen gehören nach Einschätzung aus der Praxis § 2 (Vergütung), § 6 (Behinderung und Unterbrechung der Ausführung) und § 12 (Abnahme). Im Anhang ist der vollständige Text der VOB/B wiedergegeben.

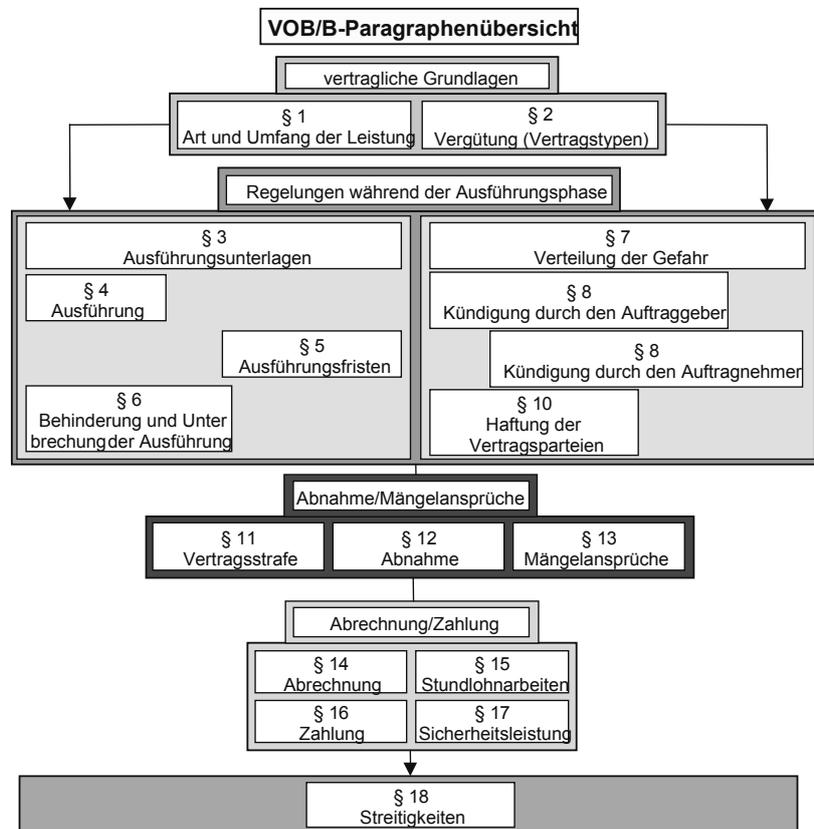


Abb. 6.45 Thematische Gliederung der VOB/B, nach [6-25]

### § 2: Vergütung

Entsprechend § 2.2 wird die Vergütung, d. h. der zu vergütende Baupreis, durch Multiplikation des Einheitspreises mit der tatsächlich ausgeführten Leistungsmenge gebildet.

Weicht die ausgeführte Menge von den Mengen des Vertrages (Ausschreibungsmengen) ab, so hat der Auftragnehmer einen Anspruch auf diese veränderte Vergütung. Weicht sie sogar um mehr als ± 10 % von der vertraglich vorgesehenen Menge ab, so ist auf Verlangen ein neuer Einheitspreis zu vereinbaren. Dieses gilt bei Unterschreitung für die gesamte Menge, bei Überschreitung für die über 110 % hinausgehende Menge. (§ 2.3)

Da der Bauherr nach § 1.3 jederzeit das Recht hat, Änderungen anzuordnen, bietet § 2.5 die entsprechende Regelung, wonach bei Änderungen des Bauentwurfs oder durch andere Anordnungen des Bauherrn, die die Grundlagen der Preisbildung verändern, ein neuer Preis zu vereinbaren ist. Dieser Passus der VOB/B ist einer der am meisten zitierten Begründungen für spätere Nachträge bzw. Preisveränderungen.

Die zweite sehr häufige Begründung für Nachträge findet sich in § 2.6 für den Fall, dass Leistungen gefordert werden, die im Vertrag nicht vorgesehen waren. Hier ist es notwendig, dass der Auftragnehmer seinen Vergütungsanspruch ankündigt, bevor er mit der Ausführung beginnt. Anderenfalls hat er seinen Vergütungsanspruch für diese extra Leistungen verwirkt.

Auch bei Pauschalverträgen bewirken Änderungsanordnungen und die Notwendigkeit nicht vorgesehener Leistungen, dass sich die Vergütung ändert. Dieses wollen viele Auftraggeber nicht wahrhaben, weil sie der Meinung sind, mit einem Pauschalvertrag sei auch etwas „pauschal“ abgegolten. Diese Pauschale bezieht sich aber nur auf den bei Auftragserteilung sorgfältig – und hoffentlich erschöpfend – beschriebenen Leistungsumfang, nicht auf spätere davon abweichende Veränderungen.

**§ 6: Behinderung**

In dem Abschnitt zu Behinderungen ist darauf zu achten, wie die Vertragspartner mit diesen behindernden Ereignissen umzugehen haben. Schriftliche Anzeige ist durchweg Voraussetzung dafür, dass negative Folgen für den Auftragnehmer abgewendet werden können. Behinderungen wirken in zweierlei Weise: Termin verlängernd und Kosten mehrend. Zum einen können sich aus Behinderungen Fristverlängerungen ergeben, ursprünglich vereinbarte Fertigstellungstermine werden ungültig. Zum anderen muss der Teil, der die Behinderung zu vertreten hat, dem anderen Ersatz für den nachgewiesenen Schaden leisten.

Man überlege also bei Störungen im Bauablauf genau, in welche Kategorie diese Ereignisse gehören: in die Kategorie von Anordnungen, Leistungsänderungen oder die Kategorie der Behinderungen.

**§ 12: Abnahme**

Neben der erfolgreichen Auftragsakquisition, der Erteilung des Auftrags, ist die Abnahme das zweite wichtige Ereignis des gesamten Baugeschehens. Der Auftragnehmer muss die Abnahme vorbereiten, sie ggf. fristgerecht anmelden und möglichst kompetent begleiten.

Es gibt unterschiedliche Formen der Abnahme [6-19]:

- die fiktive Abnahme,
- die förmliche Abnahme,
- die konkludente (= stillschweigende) Abnahme.

Am deutlichsten ist die **förmliche Abnahme**, bei der der Auftraggeber ein Abnahmeprotokoll anfertigt und dieses dem Auftragnehmer als Abnahmeanzeige zustellt. In der Regel lässt sich der Auftraggeber den Empfang des Abnahmeprotokolls bestätigen.

Die **fiktive Abnahme** tritt, sofern keine anderen Vereinbarungen getroffen werden, entweder 12 Werktage nach Fertigstellungsanzeige des Auftragnehmers oder 6 Werktage nach Nutzungsbeginn durch den Auftraggeber ein. Damit wird der Auftraggeber angehalten, die Abnahme aktiv zu betreiben.

Die **konkludente Abnahme** ist eine Form der stillschweigenden Abnahme, bei der beide Parteien davon ausgehen, dass die Abnahme stattgefunden hat, ohne dass darüber Schriftwechsel ausgetauscht wurde. Diese Abnahme ist häufig bei kleinen Aufträgen bzw. bei kleinen Unternehmern zu finden. Sie macht im Nachhinein Schwierigkeiten, wenn es darum geht, Fristen für die Mängelansprüche oder Termine für den Gefahrenübergang eindeutig festzulegen.

Mit der Abnahme ergeben sich entscheidende Verlagerungen der Verantwortlichkeit für die Bauleistung und für die Zahlung. Schlagwortartig sind diese in nachfolgender Abbildung angeführt.

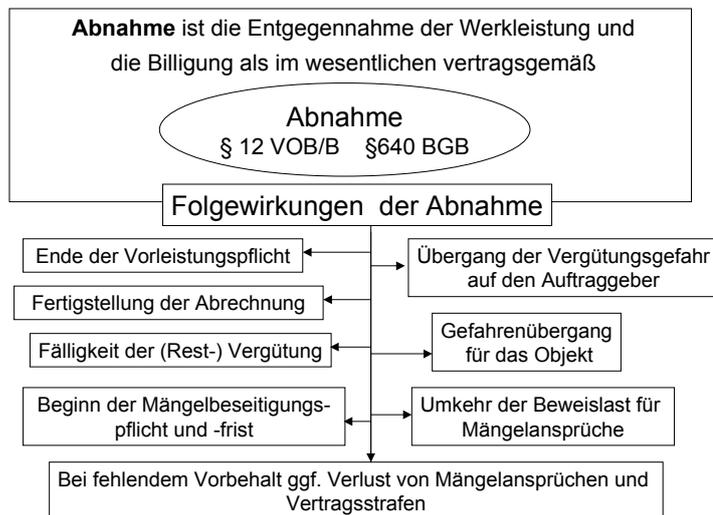


Abb. 6.46 vereinfachte Stichworte zu den Folgewirkungen der Abnahme eines Bauwerks

**Empfehlung**

Trotz dieses äußerst kurzen Ausflugs in die VOB/B wird jedem Studenten dringend empfohlen, die wenigen Seiten der VOB/B sorgsam durchzulesen, denn im späteren Tagesgeschäft haben auch die anderen Paragraphen, wie z. B. § 4 zur Ausführung, § 13 zu den Mängelansprüchen oder § 14 zur Abrechnung und § 16 zur Zahlung, große Bedeutung und sind sehr klare Regelungen, die beiden Vertragsparteien Chancen aber auch Verpflichtungen auferlegen.

#### 6.6.3.4 Teil C der VOB

Teil C der VOB enthält unter den Nummern DIN 18300 (Erdarbeiten) bis DIN 18451 (Gerüstarbeiten) die **allgemeinen technischen Vertragsbedingungen** für Bauleistungen. Diese sind spezifische Regelungen für einzelne Gewerke. Die Reihenfolge der DIN 18300 bis 18386 folgt in etwa der Gliederung eines Bauwerks von der Gründung über die Erdarbeiten, den Rohbau, den Ausbau bis zur Haustechnik. In jüngster Zeit sind mit DIN 18421 (Dämmarbeiten an technischen Anlagen) und DIN 18451 (Gerüstarbeiten) einige Ergänzungen erlassen worden.

Seit 1992 sind aus diesen gewerkespezifischen Regelungen die immer wiederkehrenden Bestandteile nochmals herausgezogen und als ATV „Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art – DIN 18299“ zusammengefasst worden.

Alle ATV's haben die gleiche Gliederungssystematik in 6 Teilen. Teil 0 gibt Hinweise und Empfehlungen zur Ausschreibung, zum Aufstellen der Leistungsbeschreibung. Diese Hinweise ergänzen die VOB/A § 9. Ist die VOB nicht verbindlich anzuwenden, werden die Hinweise nicht Vertragsbestandteil. Andererseits ist die Beachtung dieser Hinweise Voraussetzung für eine ordnungsgemäße Leistungsbeschreibung gemäß VOB/A § 9.

Im Teil 1 (Geltungsbereich) werden Hinweise auf mitgeltende Normen und zur Abgrenzung zu anderen Gewerken gegeben. Teil 2 (Stoffe, Bauteile) regelt, meist mit einer umfassenden Auflistung von Normen, die technischen Bedingungen an die einzubauenden Baustoffe. In DIN 18299 ist in Teil 2.2 übrigens geregelt, dass Bauhilfsstoffe (z. B. Schalung) nicht neuwertig zu sein brauchen, wenn sie „nicht in das Bauwerk eingehen“. Dagegen sagt Teil 2.3, dass Stoffe und Bauteile, die der Auftragnehmer zu liefern und einzubauen hat, ungebraucht sein müssen.

Teil 3 (Ausführung) beschreibt die üblichen Gepflogenheiten bei gegenseitiger rücksichtsvoller Ausführung der Bauarbeiten, wie z. B. Aufrechterhaltung des Zugangs für Rettungsfahrzeuge oder Verhalten bei Antreffen von Schadstoffen. Da die einzelnen ATV's jeweils von einzelnen Expertengremien erarbeitet werden, und da in den Gewerken unterschiedlich detaillierte Regelwerke vorliegen, sind auch die Umfänge des Teils 3 in den ATV's sehr unterschiedlich.

Aus der Baupraxis erweisen sich die Teile 4 (Nebenleistungen, Besondere Leistungen) und 5 (Abrechnung) als besonders relevant. Zunächst wird in Teil 4 zwischen Nebenleistungen und Besonderen Leistungen differenziert.

**Nebenleistungen** (im Teil 4.1 der jeweiligen VOB/C aufgelistet) sind alle diejenigen Leistungen, die auch ohne Erwähnung im Vertrag zur vertraglichen Leistung gehören. Im Klartext: was der Unternehmer hier ausführt, bekommt er nicht extra vergütet. Es lohnt sich, öfter einmal in dem Unterkapitel 4.1 der Gewerke-ATV's zu lesen. Ein Beispiel wurde bereits in der Vorlesung Grundlagen der Bauverfahrenstechnik beim Thema Stahlbeton und Maurerarbeiten gegeben.

Ganz anders verhält es sich mit den **besonderen Leistungen** nach Teil 4.2. Besondere Leistungen gehören zunächst einmal nicht zur vertraglichen Leistung, müssen daher, wenn sie ausgeführt werden, auch besonders vergütet werden. Häufig korrespondiert die Gliederung der Auflistung der Nebenleistungen mit derjenigen der Auflistung der besonderen Leistungen, so dass schnell zu erkennen ist, bis wo eine Leistung noch Nebenleistung ist, und ab wann sie zur besonderen Leistung wird. Jedoch muss man bei den besonderen Leistungen auch besonders wachsam sein. Denn einige der „Besonderen Leistungen“ können in der Leistungsbeschreibung besonders erwähnt sein, sie können z. B. im Leistungsverzeichnis mit besonderen Positionen aufgeführt sein, oder sie können in den technischen Vorbemerkungen zum gesamten Leistungsverzeichnis, zu einzelnen Titeln oder Positionen aufgeführt sein. Damit gehören sie wiederum zur vertraglichen Leistung, und ihr Aufwand ist in der gesamten Kostenkalkulation mit einzukalkulieren.

Teil 5 (Abrechnung) regelt, dass das Aufmass vorrangig aus Zeichnungen zu erstellen ist, sofern die ausgeführte Leistung den Zeichnungen entspricht. Für viele Gewerke enthalten die Regelungen in Teil 5 vereinfachende Konventionen zur Mengenermittlung, so etwa in Teil 5.1 die Hinweise zum Umgang mit Öffnungen, Unterbrechungen, Aussparungen, Krümmungen, Übermessungen. Teil 5.2 stellt besonders heraus, welche Öffnungen, Nischen, Unterbrechungen etc. beim Mengenaufmass abgezogen werden müssen.

Die ATV DIN 18299 gilt, wie der Titel sagt, für Bauarbeiten jeder Art. Gibt es für einzelne Gewerke keine spezielle ATV (z. B. für die Gewerke Abbruch, Sprengen, Baureinigung) und stehen die Leistungen dieser Gewerke im Zusammenhang mit übrigen Arbeiten am Bau, so ist diese ATV DIN 18299 zu Grunde zu legen.

Es folgen in der VOB/C jedoch für über 60 Gewerke weitere ATV's gemäß nachfolgender Übersicht. Sollten in einer ATV für ein Gewerk detailliertere oder abweichende Angaben formuliert sein, haben diese für das jeweilige Gewerk Vorrang vor der ATV DIN 18299.

**Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV), Inhaltsübersicht Stand 2008<sup>33</sup>**

Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art	DIN 18299	Abdichtungsarbeiten	DIN 18336
Erdarbeiten	DIN 18300	Dachdeckungs- und Dachabdichtungsarbeiten	DIN 18338
Bohrarbeiten	DIN 18301	Klempnerarbeiten	DIN 18339
Arbeiten zum Ausbau von Bohrungen	DIN 18302	Trockenbauarbeiten	DIN 18340
Verbauarbeiten	DIN 18303	Wärmedämm-Verbundsysteme	DIN 18345
Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten	DIN 18304	Betonerhaltungsarbeiten	DIN 18349
Wasserhaltungsarbeiten	DIN 18305	Putz- und Stuckarbeiten	DIN 18350
Entwässerungskanalarbeiten	DIN 18306	Vorgehängte hinterlüftete Fassaden	DIN 18351
Druckrohrleitungsarbeiten außerhalb von Gebäuden	DIN 18307	Fliesen- und Plattenarbeiten	DIN 18352
Dränarbeiten	DIN 18308	Estricharbeiten	DIN 18353
Einpressarbeiten	DIN 18309	Gussasphaltarbeiten	DIN 18354
Sicherungsarbeiten an Gewässern, Deichen und Küstendünen	DIN 18310	Tischlerarbeiten	DIN 18355
Nassbaggerarbeiten	DIN 18311	Parkettarbeiten	DIN 18356
Untertagebauarbeiten	DIN 18312	Beschlagarbeiten	DIN 18357
Schlitzwandarbeiten mit stützenden Flüssigkeiten	DIN 18313	Rollladenarbeiten	DIN 18358
Spritzbetonarbeiten	DIN 18314	Metallbauarbeiten	DIN 18360
Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten ohne Bindemittel	DIN 18315	Verglasungsarbeiten	DIN 18361
Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln	DIN 18316	Maler- und Lackierarbeiten – Beschichtungen	DIN 18363
Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten aus Asphalt	DIN 18317	Korrosionsschutzarbeiten an Stahlbauten	DIN 18364
Verkehrswegebauarbeiten, Pflasterdecken und Plattenbeläge in ungebundener Ausführung, Einfassungen	DIN 18318	Bodenbelagsarbeiten	DIN 18365
Rohrvortriebsarbeiten	DIN 18319	Tapezierarbeiten	DIN 18366
Landschaftsbauarbeiten	DIN 18320	Holzpflasterarbeiten	DIN 18367
Düsenstrahlarbeiten	DIN 18321	Raumlufttechnische Anlagen	DIN 18379
Kabelleitungstiefbauarbeiten	DIN 18322	Heizanlagen und zentrale Wasserwärmungsanlagen	DIN 18380
Gleisbauarbeiten	DIN 18325	Gas-, Wasser- und Abwasser-Installationsanlagen innerhalb von Gebäuden	DIN 18381
Mauerarbeiten	DIN 18330	Nieder- und Mittelspannungsanlagen mit Nennspannungen 36kV	DIN 18382
Betonarbeiten	DIN 18331	Blitzschutzanlagen	DIN 18384
Naturwerksteinarbeiten	DIN 18332	Förderanlagen, Aufzugsanlagen, Fahrtreppen und Fahrsteige	DIN 18385
Betonwerksteinarbeiten	DIN 18333	Gebäudeautomation	DIN 18386
Zimmer- und Holzbauarbeiten	DIN 18334	Dämmarbeiten an technischen Anlagen	DIN 18421
Stahlbauarbeiten	DIN 18335	Gerüstarbeiten	DIN 18451
		Abbruch- und Rückbauarbeiten	DIN 18459

<sup>33</sup> Obwohl die aktuelle VOB/C als Ausgabe 2006 vorliegt, sind nicht alle ATV zu diesem Datum aktualisiert worden; es sind noch einige Ausgaben aus dem Jahr 2000 und 2002 gültig (siehe: Datenbank Perinorm).

### 6.6.3.5 Anhang

#### VOB Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen, Ausg. 2006

##### § 1 Art und Umfang der Leistung

1. Die auszuführende Leistung wird nach Art und Umfang durch den Vertrag bestimmt. Als Bestandteil des Vertrags gelten auch die Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (VOB/C).
2. Bei Widersprüchen im Vertrag gelten nacheinander:
  - a) die Leistungsbeschreibung,
  - b) die Besonderen Vertragsbedingungen,
  - c) etwaige Zusätzliche Vertragsbedingungen,
  - d) etwaige Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen,
  - e) die Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen,
  - f) die Allgemeinen Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen.
3. Änderungen des Bauentwurfs anzuordnen, bleibt dem Auftraggeber vorbehalten.
4. Nicht vereinbarte Leistungen, die zur Ausführung der vertraglichen Leistung erforderlich werden, hat der Auftragnehmer auf Verlangen des Auftraggebers mit auszuführen, außer wenn sein Betrieb auf derartige Leistungen nicht eingerichtet ist. Andere Leistungen können dem Auftragnehmer nur mit seiner Zustimmung übertragen werden.

##### § 2 Vergütung

1. Durch die vereinbarten Preise werden alle Leistungen abgegolten, die nach der Leistungsbeschreibung, den Besonderen Vertragsbedingungen, den Zusätzlichen Vertragsbedingungen, den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen, den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen und der gewerblichen Verkehrssitte zur vertraglichen Leistung gehören.
2. Die Vergütung wird nach den vertraglichen Einheitspreisen und den tatsächlich ausgeführten Leistungen berechnet, wenn keine andere Berechnungsart (z. B. durch Pauschalsumme, nach Stundenlohnsätzen, nach Selbstkosten) vereinbart ist.
3. (1) Weicht die ausgeführte Menge der unter einem Einheitspreis erfassten Leistung oder Teilleistung um nicht mehr als 10 v. H. von dem im Vertrag vorgesehenen Umfang ab, so gilt der vertragliche Einheitspreis.  
(2) Für die über 10 v. H. hinausgehende Überschreitung des Mengenansatzes ist auf Verlangen ein neuer Preis unter Berücksichtigung der Mehr- oder Minderkosten zu vereinbaren.  
(3) Bei einer über 10 v. H. hinausgehenden Unterschreitung des Mengenansatzes ist auf Verlangen der Einheitspreis für die tatsächlich ausgeführte Menge der Leistung oder Teilleistung zu erhöhen, soweit der Auftragnehmer nicht durch Erhöhung der Mengen bei anderen Ordnungszahlen (Positionen) oder in anderer Weise einen Ausgleich erhält. Die Erhöhung des Einheitspreises soll im Wesentlichen dem Mehrbetrag entsprechen, der sich durch Verteilung der Baustel-

leneinrichtungs- und Baustellengemeinkosten und der Allgemeinen Geschäftskosten auf die verringerte Menge ergibt. Die Umsatzsteuer wird entsprechend dem neuen Preis vergütet.

(4) Sind von der unter einem Einheitspreis erfassten Leistung oder Teilleistung andere Leistungen abhängig, für die eine Pauschalsumme vereinbart ist, so kann mit der Änderung des Einheitspreises auch eine angemessene Änderung der Pauschalsumme gefordert werden.

4. Werden im Vertrag ausbedungene Leistungen des Auftragnehmers vom Auftraggeber selbst übernommen (z. B. Lieferung von Bau-, Bauhilfs- und Betriebsstoffen), so gilt, wenn nichts anderes vereinbart wird, § 8 Nr. 1 Abs. 2 entsprechend.
5. Werden durch Änderung des Bauentwurfs oder andere Anordnungen des Auftraggebers die Grundlagen des Preises für eine im Vertrag vorgesehene Leistung geändert, so ist ein neuer Preis unter Berücksichtigung der Mehr- oder Minderkosten zu vereinbaren. Die Vereinbarung soll vor der Ausführung getroffen werden.
6. (1) Wird eine im Vertrag nicht vorgesehene Leistung gefordert, so hat der Auftragnehmer Anspruch auf besondere Vergütung. Er muss jedoch den Anspruch dem Auftraggeber ankündigen, bevor er mit der Ausführung der Leistung beginnt.  
(2) Die Vergütung bestimmt sich nach den Grundlagen der Preisermittlung für die vertragliche Leistung und den besonderen Kosten der geforderten Leistung. Sie ist möglichst vor Beginn der Ausführung zu vereinbaren.
7. (1) Ist als Vergütung der Leistung eine Pauschalsumme vereinbart, so bleibt die Vergütung unverändert. Weicht jedoch die ausgeführte Leistung von der vertraglich vorgesehenen Leistung so erheblich ab, dass ein Festhalten an der Pauschalsumme nicht zumutbar ist (§ 313 BGB), so ist auf Verlangen ein Ausgleich unter Berücksichtigung der Mehr- oder Minderkosten zu gewähren. Für die Bemessung des Ausgleichs ist von den Grundlagen der Preisermittlung auszugehen.  
(2) Die Regelungen der Nr. 4, 5 und 6 gelten auch bei Vereinbarung einer Pauschalsumme.  
(3) Wenn nichts anderes vereinbart ist, gelten die Absätze 1 und 2 auch für Pauschalsummen, die für Teile der Leistung vereinbart sind; Nummer 3 Abs. 4 bleibt unberührt.
8. (1) Leistungen, die der Auftragnehmer ohne Auftrag oder unter eigenmächtiger Abweichung vom Auftrag ausführt, werden nicht vergütet. Der Auftragnehmer hat sie auf Verlangen innerhalb einer angemessenen Frist zu beseitigen; sonst kann es auf seine Kosten geschehen. Er haftet außerdem für andere Schäden, die dem Auftraggeber hieraus entstehen.  
(2) Eine Vergütung steht dem Auftragnehmer jedoch zu, wenn der Auftraggeber solche Leistungen nachträglich anerkennt. Eine Vergütung steht ihm auch zu, wenn die Leistungen für die Erfüllung des Vertrags

notwendig waren, dem mutmaßlichen Willen des Auftraggebers entsprachen und ihm unverzüglich angezeigt wurden. Soweit dem Auftragnehmer eine Vergütung zusteht, gelten die Berechnungsgrundlagen für geänderte oder zusätzliche Leistungen der Nummer 5 oder 6 entsprechend.

(3) Die Vorschriften des BGB über die Geschäftsführung ohne Auftrag (§§ 677 ff. BGB) bleiben unberührt.

9. (1) Verlangt der Auftraggeber Zeichnungen, Berechnungen oder andere Unterlagen, die der Auftragnehmer nach dem Vertrag, besonders den Technischen Vertragsbedingungen oder der gewerblichen Verkehrssitte, nicht zu beschaffen hat, so hat er sie zu vergüten.

(2) Lässt er vom Auftragnehmer nicht aufgestellte technische Berechnungen durch den Auftragnehmer nachprüfen, so hat er die Kosten zu tragen.

10. Stundenlohnarbeiten werden nur vergütet, wenn sie als solche vor ihrem Beginn ausdrücklich vereinbart worden sind (§ 15).

### § 3 Ausführungsunterlagen

1. Die für die Ausführung nötigen Unterlagen sind dem Auftragnehmer unentgeltlich und rechtzeitig zu übergeben.
2. Das Abstecken der Hauptachsen der baulichen Anlagen, ebenso der Grenzen des Geländes, das dem Auftragnehmer zur Verfügung gestellt wird, und das Schaffen der notwendigen Höhenfestpunkte in unmittelbarer Nähe der baulichen Anlagen sind Sache des Auftraggebers.
3. Die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Geländeaufnahmen und Absteckungen und die übrigen für die Ausführung übergebenen Unterlagen sind für den Auftragnehmer maßgebend. Jedoch hat er sie, soweit es, zur ordnungsgemäßen Vertragserfüllung gehört, auf etwaige Unstimmigkeiten zu überprüfen und den Auftraggeber auf entdeckte oder vermutete Mängel hinzuweisen.
4. Vor Beginn der Arbeiten ist, soweit notwendig, der Zustand der Straßen und Geländeoberfläche, der Vorfluter und Vorflutleitungen, ferner der baulichen Anlagen im Baubereich in einer Niederschrift festzuhalten, die vom Auftraggeber und Auftragnehmer anzuerkennen ist.
5. Zeichnungen, Berechnungen, Nachprüfungen von Berechnungen oder andere Unterlagen, die der Auftragnehmer nach dem Vertrag, besonders den Technischen Vertragsbedingungen, oder der gewerblichen Verkehrssitte oder auf besonderes Verlangen des Auftraggebers (§ 2 Nr. 9) zu beschaffen hat, sind dem Auftraggeber nach Aufforderung rechtzeitig vorzulegen.
6. (1) Die in Nummer 5 genannten Unterlagen dürfen ohne Genehmigung ihres Urhebers nicht veröffentlicht, vervielfältigt, geändert oder für einen anderen als den vereinbarten Zweck benutzt werden.  
(2) An DV-Programmen hat der Auftraggeber das Recht zur Nutzung mit den vereinbarten Leistungsmerkmalen in unveränderter Form auf den festgelegten Geräten. Der Auftraggeber darf zum Zwecke der

Datensicherung zwei Kopien herstellen. Diese müssen alle Identifikationsmerkmale enthalten. Der Verbleib der Kopien ist auf Verlangen nachzuweisen.

(3) Der Auftragnehmer bleibt unbeschadet des Nutzungsrechts des Auftraggebers zur Nutzung der Unterlagen und der DV-Programme berechtigt.

### § 4 Ausführung

1. (1) Der Auftraggeber hat für die Aufrechterhaltung der allgemeinen Ordnung auf der Baustelle zu sorgen und das Zusammenwirken der verschiedenen Unternehmer zu regeln. Er hat die erforderlichen öffentlich-rechtlichen Genehmigungen und Erlaubnisse – z. B. nach dem Baurecht, dem Straßenverkehrsrecht, dem Wasserrecht, dem Gewerberecht – herbeizuführen.  
(2) Der Auftraggeber hat das Recht, die vertragsgemäße Ausführung der Leistung zu überwachen. Hierzu hat er Zutritt zu den Arbeitsplätzen, Werkstätten und Lagerräumen, wo die vertragliche Leistung oder Teile von ihr hergestellt oder die hierfür bestimmten Stoffe und Bauteile gelagert werden. Auf Verlangen sind ihm die Werkzeichnungen oder andere Ausführungsunterlagen sowie die Ergebnisse von Güteprüfungen zur Einsicht vorzulegen und die erforderlichen Auskünfte zu erteilen, wenn hierdurch keine Geschäftsgeheimnisse preisgegeben werden. Als Geschäftsgeheimnis bezeichnete Auskünfte und Unterlagen hat er vertraulich zu behandeln.  
(3) Der Auftraggeber ist befugt, unter Wahrung der dem Auftragnehmer zustehenden Leitung (Nummer 2) Anordnungen zu treffen, die zur vertragsgemäßen Ausführung der Leistung notwendig sind. Die Anordnungen sind grundsätzlich nur dem Auftragnehmer oder seinem für die Leitung der Ausführung bestellten Vertreter zu erteilen, außer wenn Gefahr im Verzug ist. Dem Auftraggeber ist mitzuteilen, wer jeweils als Vertreter des Auftragnehmers für die Leitung der Ausführung bestellt ist.  
(4) Hält der Auftragnehmer die Anordnungen des Auftraggebers für unberechtigt oder unzweckmäßig, so hat er seine Bedenken geltend zu machen, die Anordnungen jedoch auf Verlangen auszuführen, wenn nicht gesetzliche oder behördliche Bestimmungen entgegenstehen. Wenn dadurch eine ungerechtfertigte Erschwerung verursacht wird, hat der Auftraggeber die Mehrkosten zu tragen.
2. (1) Der Auftragnehmer hat die Leistung unter eigener Verantwortung nach dem Vertrag auszuführen. Dabei hat er die anerkannten Regeln der Technik und die gesetzlichen und behördlichen Bestimmungen zu beachten. Es ist seine Sache, die Ausführung seiner vertraglichen Leistung zu leiten und für Ordnung auf seiner Arbeitsstelle zu sorgen.  
(2) Er ist für die Erfüllung der gesetzlichen, behördlichen und berufsgenossenschaftlichen Verpflichtungen gegenüber seinen Arbeitnehmern allein verantwortlich. Es ist ausschließlich seine Aufgabe, die Vereinbarungen und Maßnahmen zu treffen, die sein Verhältnis zu den Arbeitnehmern regeln.
3. Hat der Auftragnehmer Bedenken gegen die vorgesehene Art der Ausführung (auch wegen der Sicherung

- gegen Unfallgefahren), gegen die Güte der vom Auftraggeber gelieferten Stoffe oder Bauteile oder gegen die Leistungen anderer Unternehmer, so hat er sie dem Auftraggeber unverzüglich – möglichst schon vor Beginn der Arbeiten – schriftlich mitzuteilen; der Auftraggeber bleibt jedoch für seine Angaben, Anordnungen oder Lieferungen verantwortlich.
4. Der Auftraggeber hat, wenn nichts anderes vereinbart ist, dem Auftragnehmer unentgeltlich zur Benutzung oder Mitbenutzung zu überlassen:
    1. die notwendigen Lager- und Arbeitsplätze auf der Baustelle,
    2. vorhandene Zufahrtswege und Anschlussgleise,
    3. vorhandene Anschlüsse für Wasser und Energie. Die Kosten für den Verbrauch und den Messer oder Zähler trägt der Auftragnehmer, mehrere Auftragnehmer tragen sie anteilig.
  5. Der Auftragnehmer hat die von ihm ausgeführten Leistungen und die ihm für die Ausführung übergebenen Gegenstände bis zur Abnahme vor Beschädigung und Diebstahl zu schützen. Auf Verlangen des Auftraggebers hat er sie vor Winterschäden und Grundwasser zu schützen, ferner Schnee und Eis zu beseitigen. Obliegt ihm die Verpflichtung nach Satz 2 nicht schon nach dem Vertrag, so regelt sich die Vergütung nach § 2 Nr. 6.
  6. Stoffe oder Bauteile, die dem Vertrag oder den Proben nicht entsprechen, sind auf Anordnung des Auftraggebers innerhalb einer von ihm bestimmten Frist von der Baustelle zu entfernen. Geschieht es nicht, so können sie auf Kosten des Auftragnehmers entfernt oder für seine Rechnung veräußert werden.
  7. Leistungen, die schon während der Ausführung als mangelhaft oder vertragswidrig erkannt werden, hat der Auftragnehmer auf eigene Kosten durch mangelfreie zu ersetzen. Hat der Auftragnehmer den Mangel oder die Vertragswidrigkeit zu vertreten, so hat er auch den daraus entstehenden Schaden zu ersetzen. Kommt der Auftragnehmer der Pflicht zur Beseitigung des Mangels nicht nach, so kann ihm der Auftraggeber eine angemessene Frist zur Beseitigung des Mangels setzen und erklären, dass er ihm nach fruchtlosem Ablauf der Frist den Auftrag entziehe (§ 8 Nr. 3).
  8. (1) Der Auftragnehmer hat die Leistung im eigenen Betrieb auszuführen. Mit schriftlicher Zustimmung des Auftraggebers darf er sie an Nachunternehmer übertragen. Die Zustimmung ist nicht notwendig bei Leistungen, auf die der Betrieb des Auftragnehmers nicht eingerichtet ist. Erbringt der Auftragnehmer ohne schriftliche Zustimmung des Auftraggebers Leistungen nicht im eigenen Betrieb, obwohl sein Betrieb darauf eingerichtet ist, kann der Auftraggeber ihm eine angemessene Frist zur Aufnahme der Leistung im eigenen Betrieb setzen und erklären, dass er ihm nach fruchtlosem Ablauf der Frist den Auftrag entziehe (§ 8 Nr. 3). (2) Der Auftragnehmer hat bei der Weitervergabe von Bauleistungen an Nachunternehmer die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, Teile B und C, zugrunde zu legen. (3) Der Auftragnehmer hat die Nachunternehmer dem Auftraggeber auf Verlangen bekannt zu geben.
  9. Werden bei Ausführung der Leistung auf einem Grundstück Gegenstände von Altertums-, Kunst- oder wissenschaftlichem Wert entdeckt, so hat der Auftragnehmer vor jedem weiteren Aufdecken oder Ändern dem Auftraggeber den Fund anzuzeigen und ihm die Gegenstände nach näherer Weisung abzuliefern. Die Vergütung etwaiger Mehrkosten regelt sich nach § 2 Nr. 6. Die Rechte des Entdeckers (§ 984 BGB) hat der Auftraggeber.
  10. Der Zustand von Teilen der Leistung; ist auf Verlangen gemeinsam von Auftraggeber und Auftragnehmer festzustellen, wenn diese Teile der Leistung durch die weitere Ausführung der Prüfung und Feststellung entzogen werden. Das Ergebnis ist schriftlich niederzulegen.

### § 5 Ausführungsfristen

1. Die Ausführung ist nach den verbindlichen Fristen (Vertragsfristen) zu beginnen, angemessen zu fördern und zu vollenden. In einem Bauzeitenplan enthaltene Einzelfristen gelten nur dann als Vertragsfristen, wenn dies im Vertrag ausdrücklich vereinbart ist.
2. Ist für den Beginn der Ausführung keine Frist vereinbart, so hat der Auftraggeber dem Auftragnehmer auf Verlangen Auskunft über den voraussichtlichen Beginn zu erteilen. Der Auftragnehmer hat innerhalb von 12 Werktagen nach Aufforderung zu beginnen. Der Beginn der Ausführung ist dem Auftraggeber anzuzeigen.
3. Wenn Arbeitskräfte, Geräte, Gerüste, Stoffe oder Bauteile so unzureichend sind, dass die Ausführungsfristen offenbar nicht eingehalten werden können, muss der Auftragnehmer auf Verlangen unverzüglich Abhilfe schaffen.
4. Verzögert der Auftragnehmer den Beginn der Ausführung, gerät er mit der Vollendung in Verzug, oder kommt er der in Nummer 3 erwähnten Verpflichtung nicht nach, so kann der Auftraggeber bei Aufrechterhaltung des Vertrages Schadensersatz nach § 6 Nr. 6 verlangen oder dem Auftragnehmer eine angemessene Frist zur Vertragserfüllung setzen und erklären, dass er ihm nach fruchtlosem Ablauf der Frist den Auftrag entziehe (§ 8 Nr. 3).

### § 6 Behinderung und Unterbrechung der Ausführung

1. Glaubt sich der Auftragnehmer in der ordnungsgemäßen Ausführung der Leistung behindert, so hat er es dem Auftraggeber unverzüglich schriftlich anzuzeigen. Unterlässt er die Anzeige, so hat er nur dann Anspruch auf Berücksichtigung der hindernden Umstände, wenn dem Auftraggeber offenkundig die Tatsache und deren hindernde Wirkung bekannt waren.
2. (1) Ausführungsfristen werden verlängert, soweit die Behinderung verursacht ist:
  1. durch einen Umstand aus dem Risikobereich des Auftraggebers,
  2. durch Streik oder eine von der Berufsvertretung der Arbeitgeber angeordnete Aussperrung im Betrieb des Auftragnehmers oder in einem unmittelbar für ihn arbeitenden Betrieb,
  3. durch höhere Gewalt oder andere für den Auftragnehmer unabwendbare Umstände.

- (2) Witterungseinflüsse während der Ausführungszeit, mit denen bei Abgabe des Angebots normalerweise gerechnet werden musste, gelten nicht als Behinderung.
3. Der Auftragnehmer hat alles zu tun, was ihm billigerweise zugemutet werden kann, um die Weiterführung der Arbeiten zu ermöglichen. Sobald die hindernden Umstände wegfallen, hat er ohne weiteres und unverzüglich die Arbeiten wieder aufzunehmen und den Auftraggeber davon zu benachrichtigen.
  4. Die Fristverlängerung wird berechnet nach der Dauer der Behinderung mit einem Zuschlag für die Wiederaufnahme der Arbeiten und die etwaige Verschiebung in eine ungünstigere Jahreszeit.
  5. Wird die Ausführung für voraussichtlich längere Dauer unterbrochen, ohne dass die Leistung dauernd unredlich wird, so sind die ausgeführten Leistungen nach den Vertragspreisen abzurechnen und außerdem die Kosten zu vergüten, die dem Auftragnehmer bereits entstanden und in den Vertragspreisen des nicht ausgeführten Teils der Leistung enthalten sind.
  6. Sind die hindernden Umstände von einem Vertragsteil zu vertreten, so hat der andere Teil Anspruch auf Ersatz des nachweislich entstandenen Schadens, des entgangenen Gewinns aber nur bei Vorsatz oder grober Fahrlässigkeit. Im Übrigen bleibt der Anspruch des Auftragnehmers auf angemessene Entschädigung nach § 642 BGB unberührt, sofern die Anzeige nach Nr. 1 Satz 1 erfolgt oder wenn Offenkundigkeit nach Nr. 1 Satz 2 gegeben ist.
  7. Dauert eine Unterbrechung länger als 3 Monate, so kann jeder Teil nach Ablauf dieser Zeit den Vertrag schriftlich kündigen. Die Abrechnung regelt sich nach den Nummern 5 und 6; wenn der Auftragnehmer die Unterbrechung nicht zu vertreten hat, sind auch die Kosten der Baustellenräumung zu vergüten, soweit sie nicht in der Vergütung für die bereits ausgeführten Leistungen enthalten sind.

### § 7 Verteilung der Gefahr

1. Wird die ganz oder teilweise ausgeführte Leistung vor der Abnahme durch höhere Gewalt, Krieg, Aufruhr oder andere objektiv unabwendbare vom Auftragnehmer nicht zu vertretende Umstände beschädigt oder zerstört, so hat dieser für die ausgeführten Teile der Leistung die Ansprüche nach § 6 Nr. 5; für andere Schäden besteht keine gegenseitige Ersatzpflicht.
2. Zu der ganz oder teilweise ausgeführten Leistung gehören alle mit der baulichen Anlage unmittelbar verbundenen, in ihre Substanz eingegangenen Leistungen, unabhängig von deren Fertigstellungsgrad.
3. Zu der ganz oder teilweise ausgeführten Leistung gehören nicht die noch nicht eingebauten Stoffe und Bauteile sowie die Baustelleneinrichtung und Absteckungen. Zu der ganz oder teilweise ausgeführten Leistung gehören ebenfalls nicht Baubehelfe, z. B. Gerüste, auch wenn diese als Besondere Leistung oder selbständig vergeben sind.

### § 8 Kündigung durch den Auftraggeber

1. (1) Der Auftraggeber kann bis zur Vollendung der Leistung jederzeit den Vertrag kündigen.  
(2) Dem Auftragnehmer steht die vereinbarte Vergütung zu. Er muss sich jedoch anrechnen lassen, was er infolge der Aufhebung des Vertrags an Kosten erspart oder durch anderweitige Verwendung seiner Arbeitskraft und seines Betriebs erwirbt oder zu erwerben böswillig unterlässt (§ 649 BGB).
2. (1) Der Auftraggeber kann den Vertrag kündigen, wenn der Auftragnehmer seine Zahlungen einstellt, von ihm oder zulässigerweise vom Auftraggeber oder einem anderen Gläubiger das Insolvenzverfahren (§§ 14 und 15 InsO) beziehungsweise ein vergleichbares gesetzliches Verfahren beantragt ist, ein solches Verfahren eröffnet wird oder dessen Eröffnung mangels Masse abgelehnt wird.  
(2) Die ausgeführten Leistungen sind nach § 6 Nr. 5 abzurechnen. Der Auftraggeber kann Schadensersatz wegen Nichterfüllung des Restes verlangen.
3. (1) Der Auftraggeber kann den Vertrag kündigen, wenn in den Fällen des § 4 Nr. 7 und 8 Abs. 1 und des § 5 Nr. 4 die gesetzte Frist fruchtlos abgelaufen ist (Entziehung des Auftrags).  
Die Entziehung des Auftrags kann auf einen in sich abgeschlossenen Teil der vertraglichen Leistung beschränkt werden.  
(2) Nach der Entziehung des Auftrags ist der Auftraggeber berechtigt, den noch nicht vollendeten Teil der Leistung zu Lasten des Auftragnehmers durch einen Dritten ausführen zu lassen, doch bleiben seine Ansprüche auf Ersatz des etwa entstehenden weiteren Schadens bestehen. Er ist auch berechtigt, auf die weitere Ausführung zu verzichten und Schadensersatz wegen Nichterfüllung zu verlangen, wenn die Ausführung aus den Gründen, die zur Entziehung des Auftrags geführt haben, für ihn kein Interesse mehr hat.  
(3) Für die Weiterführung der Arbeiten kann der Auftraggeber Geräte, Gerüste, auf der Baustelle vorhandene andere Einrichtungen und angelieferte Stoffe und Bauteile gegen angemessene Vergütung in Anspruch nehmen.  
(4) Der Auftraggeber hat dem Auftragnehmer eine Aufstellung über die entstandenen Mehrkosten und über seine anderen Ansprüche spätestens binnen 12 Werktagen nach Abrechnung mit dem Dritten zuzusenden.
4. Der Auftraggeber kann den Auftrag; entziehen, wenn der Auftragnehmer aus Anlass der Vergabe eine Abrede getroffen hatte, die eine unzulässige Wettbewerbsbeschränkung darstellt. Die Kündigung ist innerhalb von 12 Werktagen nach Bekanntwerden des Kündigungsgrundes auszusprechen. Nummer 3 gilt entsprechend.
5. Die Kündigung ist schriftlich zu erklären.
6. Der Auftragnehmer kann Aufmaß und Abnahme der von ihm ausgeführten Leistungen alsbald nach der Kündigung verlangen; er hat unverzüglich eine prüfbare Rechnung über die ausgeführten Leistungen vorzulegen.

7. Eine wegen Verzugs verwirkte, nach Zeit bemessene Vertragsstrafe kann nur für die Zeit bis zum Tag der Kündigung des Vertrags gefordert werden.

### § 9 Kündigung durch den Auftragnehmer

1. Der Auftragnehmer kann den Vertrag kündigen:
  1. wenn der Auftraggeber eine ihm obliegende Handlung unterlässt und dadurch den Auftragnehmer außerstande setzt, die Leistung auszuführen (Annahmeverzug nach §§ 293 ff. BGB),
  2. wenn der Auftraggeber eine fällige Zahlung nicht leistet oder sonst in Schuldnerverzug gerät.
2. Die Kündigung ist schriftlich zu erklären. Sie ist erst zulässig, wenn der Auftragnehmer dem Auftraggeber ohne Erfolg eine angemessene Frist zur Vertragserfüllung gesetzt und erklärt hat, dass er nach fruchtlosem Ablauf der Frist den Vertrag kündigen werde.
3. Die bisherigen Leistungen sind nach den Vertragspreisen abzurechnen. Außerdem hat der Auftragnehmer Anspruch auf angemessene Entschädigung nach § 642 BGB; etwaige weitergehende Ansprüche des Auftragnehmers bleiben unberührt.

### § 10 Haftung der Vertragsparteien

1. Die Vertragsparteien haften einander für eigenes Verschulden sowie für das Verschulden ihrer gesetzlichen Vertreter und der Personen, deren sie sich zur Erfüllung ihrer Verbindlichkeiten bedienen (§§ 276, 278 BGB).
2. (1) Entsteht einem Dritten im Zusammenhang mit der Leistung ein Schaden, für den auf Grund gesetzlicher Haftpflichtbestimmungen beide Vertragsparteien haften, so gelten für den Ausgleich zwischen den Vertragsparteien die allgemeinen gesetzlichen Bestimmungen, soweit im Einzelfall nichts anderes vereinbart ist. Soweit der Schaden des Dritten nur die Folge einer Maßnahme ist, die der Auftraggeber in dieser Form angeordnet hat, trägt er den Schaden allein, wenn ihn der Auftragnehmer auf die mit der angeordneten Ausführung verbundene Gefahr nach § 4 Nr. 3 hingewiesen hat.  
(2) Der Auftragnehmer trägt den Schaden allein, soweit er ihn durch Versicherung seiner gesetzlichen Haftpflicht gedeckt hat oder durch eine solche zu tarifmäßigen, nicht auf außergewöhnliche Verhältnisse abgestellten Prämien und Prämienzuschlägen bei einem im Inland zum Geschäftsbetrieb zugelassenen Versicherer hätte decken können.
3. Ist der Auftragnehmer einem Dritten nach den §§ 823 ff. BGB zu Schadensersatz verpflichtet wegen unbefugten Betretens oder Beschädigung angrenzender Grundstücke, wegen Entnahme oder Auflagerung von Boden oder anderen Gegenständen außerhalb der vom Auftraggeber dazu angewiesenen Flächen oder wegen der Folgen eigenmächtiger Versperrung von Wegen oder Wasserläufen, so trägt er im Verhältnis zum Auftraggeber den Schaden allein.
4. Für die Verletzung gewerblicher Schutzrechte haftet im Verhältnis der Vertragsparteien zueinander der Auftragnehmer allein, wenn er selbst das geschützte Verfahren oder die Verwendung geschützter Gegen-

stände angeboten oder wenn der Auftraggeber die Verwendung vorgeschrieben und auf das Schutzrecht hingewiesen hat.

5. Ist eine Vertragspartei gegenüber der anderen nach den Nummern 2, 3 oder 4 von der Ausgleichspflicht befreit, so gilt diese Befreiung auch zugunsten ihrer gesetzlichen Vertreter und Erfüllungsgehilfen, wenn sie nicht vorsätzlich oder grob fahrlässig gehandelt haben.
6. Soweit eine Vertragspartei von dem Dritten für einen Schaden in Anspruch genommen wird, den nach den Nummern 2, 3 oder 4 die andere Vertragspartei zu tragen hat, kann sie verlangen, dass ihre Vertragspartei sie von der Verbindlichkeit gegenüber dem Dritten befreit. Sie darf den Anspruch des Dritten nicht anerkennen oder befriedigen, ohne der anderen Vertragspartei vorher Gelegenheit zur Äußerung gegeben zu haben.

### § 11 Vertragsstrafe

1. Wenn Vertragsstrafen vereinbart sind, gelten die §§ 339 bis 345 BGB.
2. Ist die Vertragsstrafe für den Fall vereinbart, dass der Auftragnehmer nicht in der vorgesehenen Frist erfüllt, so wird sie fällig, wenn der Auftragnehmer in Verzug gerät.
3. Ist die Vertragsstrafe nach Tagen bemessen, so zählen nur Werktage; ist sie nach Wochen bemessen, so wird jeder Werktag angefangener Wochen als 1/6 Woche gerechnet.
4. Hat der Auftraggeber die Leistung abgenommen, so kann er die Strafe nur verlangen, wenn er dies bei der Abnahme vorbehalten hat.

### § 12 Abnahme

1. Verlangt der Auftragnehmer nach der Fertigstellung – gegebenenfalls auch vor Ablauf der vereinbarten Ausführungsfrist – die Abnahme der Leistung, so hat sie der Auftraggeber binnen 12 Werktagen durchzuführen; eine andere Frist kann vereinbart werden.
2. Auf Verlangen sind in sich abgeschlossene Teile der Leistung besonders abzunehmen.
3. Wegen wesentlicher Mängel kann die Abnahme bis zur Beseitigung verweigert werden.
4. (1) Eine förmliche Abnahme hat stattzufinden, wenn eine Vertragspartei es verlangt. Jede Partei kann auf ihre Kosten einen Sachverständigen zuziehen. Der Befund ist in gemeinsamer Verhandlung schriftlich niederzulegen. In die Niederschrift sind etwaige Vorbehalte wegen bekannter Mängel und wegen Vertragsstrafen aufzunehmen, ebenso etwaige Einwendungen des Auftragnehmers. Jede Partei erhält eine Ausfertigung.  
(2) Die förmliche Abnahme kann in Abwesenheit des Auftragnehmers stattfinden, wenn der Termin vereinbart war oder der Auftraggeber mit genügender Frist dazu eingeladen hatte. Das Ergebnis der Abnahme ist dem Auftragnehmer alsbald mitzuteilen.
5. (1) Wird keine Abnahme verlangt, so gilt die Leistung als abgenommen mit Ablauf von 12 Werktagen nach

schriftlicher Mitteilung über die Fertigstellung der Leistung.

(2) Wird keine Abnahme verlangt und hat der Auftraggeber die Leistung oder einen Teil der Leistung in Benutzung genommen, so gilt die Abnahme nach Ablauf von 6 Werktagen nach Beginn der Benutzung als erfolgt, wenn nichts anderes vereinbart ist. Die Benutzung von Teilen einer baulichen Anlage zur Weiterführung der Arbeiten gilt nicht als Abnahme.

(3) Vorbehalte wegen bekannter Mängel oder wegen Vertragsstrafen hat der Auftraggeber spätestens zu den in den Absätzen 1 und 2 bezeichneten Zeitpunkten geltend zu machen.

6. Mit der Abnahme geht die Gefahr auf den Auftraggeber über, soweit er sie nicht schon nach § 7 trägt.

### § 13 Mängelansprüche

1. Der Auftragnehmer hat dem Auftraggeber seine Leistung zum Zeitpunkt der Abnahme frei von Sachmängeln zu verschaffen. Die Leistung ist zur Zeit der Abnahme frei von Sachmängeln, wenn sie die vereinbarte Beschaffenheit hat und den anerkannten Regeln der Technik entspricht. Ist die Beschaffenheit nicht vereinbart, so ist die Leistung zur Zeit der Abnahme frei von Sachmängeln,

1. wenn sie sich für die nach dem Vertrag vorausgesetzte, sonst
2. für die gewöhnliche Verwendung eignet und eine Beschaffenheit aufweist, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Auftraggeber nach der Art der Leistung erwarten kann.

2. Bei Leistungen nach Probe gelten die Eigenschaften der Probe als vereinbarte Beschaffenheit, soweit nicht Abweichungen nach der Verkehrssitte als bedeutungslos anzusehen sind. Dies gilt auch für Proben, die erst nach Vertragsabschluss als solche anerkannt sind.

3. Ist ein Mangel zurückzuführen auf die Leistungsbeschreibung oder auf Anordnungen des Auftraggebers, auf die von diesem gelieferten oder vorgeschriebenen Stoffe oder Bauteile oder die Beschaffenheit der Vorleistung eines anderen Unternehmers, haftet der Auftragnehmer, es sei denn, er hat die ihm nach § 4 Nr. 3 obliegende Mitteilung gemacht.

4. (1) Ist für Mängelansprüche keine Verjährungsfrist im Vertrag vereinbart, so beträgt sie für Bauwerke 4 Jahre, für andere Werke, deren Erfolg in der Herstellung, Wartung oder Veränderung einer Sache besteht, und für die vom Feuer berührten Teile von Feuerungsanlagen 2 Jahre. Abweichend von Satz 1 beträgt die Verjährungsfrist für feuerberührte und abgasdämmende Teile von industriellen Feuerungsanlagen 1 Jahr.

(2) Ist für Teile von maschinellen und elektrotechnischen/elektronischen Anlagen, bei denen die Wartung Einfluss auf Sicherheit und Funktionsfähigkeit hat, nichts anderes vereinbart, beträgt für diese Anlagenteile die Verjährungsfrist für Mängelansprüche abweichend von Abs. 1 zwei Jahre, wenn der Auftraggeber sich dafür entschieden hat, dem Auftragnehmer die

Wartung für die Dauer der Verjährungsfrist nicht zu übertragen; dies gilt auch, wenn für weitere Leistungen eine andere Verjährungsfrist vereinbart ist.

(3) Die Frist beginnt mit der Abnahme der gesamten Leistung; nur für in sich abgeschlossene Teile der Leistung beginnt sie mit der Teilabnahme (§ 12 Nr. 2).

5. (1) Der Auftragnehmer ist verpflichtet, alle während der Verjährungsfrist hervortretenden Mängel, die auf vertragswidrige Leistung zurückzuführen sind, auf seine Kosten zu beseitigen, wenn es der Auftraggeber vor Ablauf der Frist schriftlich verlangt. Der Anspruch auf Beseitigung der gerügten Mängel verjährt in 2 Jahren, gerechnet vom Zugang des schriftlichen Verlangens an, jedoch nicht vor Ablauf der Regelristen nach Nummer 4 oder der an ihrer Stelle vereinbarten Frist. Nach Abnahme der Mängelbeseitigungsleistung beginnt für diese Leistung eine Verjährungsfrist von 2 Jahren neu, die jedoch nicht vor Ablauf der Regelristen nach Nummer 4 oder der an ihrer Stelle vereinbarten Frist endet.

(2) Kommt der Auftragnehmer der Aufforderung zur Mängelbeseitigung in einer vom Auftraggeber gesetzten angemessenen Frist nicht nach, so kann der Auftraggeber die Mängel auf Kosten des Auftragnehmers beseitigen lassen.

6. Ist die Beseitigung des Mangels für den Auftraggeber unzumutbar oder ist sie unmöglich oder würde sie einen unverhältnismäßig hohen Aufwand erfordern und wird sie deshalb vom Auftragnehmer verweigert, so kann der Auftraggeber durch Erklärung gegenüber dem Auftragnehmer die Vergütung mindern (§ 638 BGB).

7. (1) Der Auftragnehmer haftet bei schuldhaft verursachten Mängeln für Schäden aus der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit.

(2) Bei vorsätzlich oder grob fahrlässig verursachten Mängeln haftet er für alle Schäden.

(3) Im Übrigen ist dem Auftraggeber der Schaden an der baulichen Anlage zu ersetzen, zu deren Herstellung, Instandhaltung oder Änderung die Leistung dient, wenn ein wesentlicher Mangel vorliegt, der die Gebrauchsfähigkeit erheblich beeinträchtigt und auf ein Verschulden des Auftragnehmers zurückzuführen ist. Einen darüber hinausgehenden Schaden hat der Auftragnehmer nur dann zu ersetzen,

1. wenn der Mangel auf einem Verstoß gegen die anerkannten Regeln der Technik beruht,
2. wenn der Mangel in dem Fehlen einer vertraglich vereinbarten Beschaffenheit besteht oder
3. soweit der Auftragnehmer den Schaden durch Versicherung seiner gesetzlichen Haftpflicht gedeckt hat oder durch eine solche zu tarifmäßigen, nicht auf außergewöhnliche Verhältnisse abgestellten Prämien und Prämienzuschlägen bei einem im Inland zum Geschäftsbetrieb zugelassenen Versicherer hätte decken können.

(4) Abweichend von Nummer 4 gelten die gesetzlichen Verjährungsfristen, soweit sich der Auftragnehmer nach Absatz 3 durch Versicherung geschützt hat oder hätte schützen können oder soweit ein besonderer Versicherungsschutz vereinbart ist.

(5) Eine Einschränkung oder Erweiterung der Haftung kann in begründeten Sonderfällen vereinbart werden.

#### § 14 Abrechnung

1. Der Auftragnehmer hat seine Leistungen prüfbar abzurechnen. Er hat die Rechnungen übersichtlich aufzustellen und dabei die Reihenfolge der Posten einzuhalten und die in den Vertragsbestandteilen enthaltenen Bezeichnungen zu verwenden. Die zum Nachweis von Art und Umfang der Leistung erforderlichen Mengenberechnungen, Zeichnungen und anderen Belege sind beizufügen. Änderungen und Ergänzungen des Vertrags sind in der Rechnung besonders kenntlich zu machen; sie sind auf Verlangen getrennt abzurechnen.
2. Die für die Abrechnung notwendigen Feststellungen sind dem Fortgang der Leistung entsprechend möglichst gemeinsam vorzunehmen. Die Abrechnungsbestimmungen in den Technischen Vertragsbedingungen und den anderen Vertragsunterlagen sind zu beachten. Für Leistungen, die bei Weiterführung der Arbeiten nur schwer feststellbar sind, hat der Auftragnehmer rechtzeitig gemeinsame Feststellungen zu beantragen.
3. Die Schlussrechnung muss bei Leistungen mit einer vertraglichen Ausführungsfrist von höchstens 3 Monaten spätestens 12 Werktage nach Fertigstellung eingereicht werden, wenn nichts anderes vereinbart ist; diese Frist wird um je 6 Werktage für je weitere 3 Monate Ausführungsfrist verlängert.
4. Reicht der Auftragnehmer eine prüfbare Rechnung nicht ein, obwohl ihm der Auftraggeber dafür eine angemessene Frist gesetzt hat, so kann sie der Auftraggeber selbst auf Kosten des Auftragnehmers aufstellen.

#### § 15 Stundenlohnarbeiten

1. (1) Stundenlohnarbeiten werden nach den vertraglichen Vereinbarungen abgerechnet.  
(2) Soweit für die Vergütung keine Vereinbarungen getroffen worden sind, gilt die ortsübliche Vergütung. Ist diese nicht zu ermitteln, so werden die Aufwendungen des Auftragnehmers für Lohn- und Gehaltskosten der Baustelle, Lohn- und Gehaltsnebenkosten der Baustelle, Stoffkosten der Baustelle, Kosten der Einrichtungen, Geräte, Maschinen und maschinellen Anlagen der Baustelle, Fracht-, Fuhr- und Ladekosten, Sozialkassenbeiträge und Sonderkosten, die bei wirtschaftlicher Betriebsführung entstehen, mit angemessenen Zuschlägen für Gemeinkosten und Gewinn (einschließlich allgemeinem Unternehmerwagnis) zuzüglich Umsatzsteuer vergütet.
2. Verlangt der Auftraggeber, dass die Stundenlohnarbeiten durch einen Polier oder eine andere Aufsichtsperson beaufsichtigt werden, oder ist die Aufsicht nach den einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften notwendig, so gilt Nummer 1 entsprechend.
3. Dem Auftraggeber ist die Ausführung von Stundenlohnarbeiten vor Beginn anzuzeigen. Über die geleisteten Arbeitsstunden und den dabei erforderlichen, besonders zu vergütenden Aufwand für den Verbrauch von Stoffen, für Vorhaltung von Einrichtungen, Gerä-

ten, Maschinen und maschinellen Anlagen, für Frachten, Fuhr- und Ladeleistungen sowie etwaige Sonderkosten sind, wenn nichts anderes vereinbart ist, je nach der Verkehrssitte werktäglich oder wöchentlich Listen (Stundenlohnzettel) einzureichen. Der Auftraggeber hat die von ihm bescheinigten Stundenlohnzettel unverzüglich, spätestens jedoch innerhalb von 6 Werktagen nach Zugang, zurückzugeben. Dabei kann er Einwendungen auf den Stundenlohnzetteln oder gesondert schriftlich erheben. Nicht fristgemäß zurückgegebene Stundenlohnzettel gelten als anerkannt.

4. Stundenlohnrechnungen sind alsbald nach Abschluss der Stundenlohnarbeiten, längstens jedoch in Abständen von 4 Wochen, einzureichen. Für die Zahlung gilt § 16.
5. Wenn Stundenlohnarbeiten zwar vereinbart waren, über den Umfang der Stundenlohnleistungen aber mangels rechtzeitiger Vorlage der Stundenlohnzettel Zweifel bestehen, so kann der Auftraggeber verlangen, dass für die nachweisbar ausgeführten Leistungen eine Vergütung vereinbart wird, die nach Maßgabe von Nummer 1 Abs. 2 für einen wirtschaftlich vertretbaren Aufwand an Arbeitszeit und Verbrauch von Stoffen, für Vorhaltung von Einrichtungen, Geräten, Maschinen und maschinellen Anlagen, für Frachten, Fuhr- und Ladeleistungen sowie etwaige Sonderkosten ermittelt wird.

#### § 16 Zahlung

1. (1) Abschlagszahlungen sind auf Antrag in möglichst kurzen Zeitabständen oder zu den vereinbarten Zeitpunkten zu gewähren, und zwar in Höhe des Wertes der jeweils nachgewiesenen vertragsgemäßen Leistungen einschließlich des ausgewiesenen, darauf entfallenden Umsatzsteuerbetrages. Die Leistungen sind durch eine prüfbare Aufstellung nachzuweisen, die eine rasche und sichere Beurteilung der Leistungen ermöglichen muss. Als Leistungen gelten hier bei auch die für die geforderte Leistung eigens angefertigten und bereitgestellten Bauteile sowie die auf der Baustelle angelieferten Stoffe und Bauteile, wenn dem Auftraggeber nach seiner Wahl das Eigentum an ihnen übertragen ist oder entsprechende Sicherheit gegeben wird.  
(2) Gegenforderungen können einbehalten werden. Andere Einbehalte sind nur in den im Vertrag und in den gesetzlichen Bestimmungen vorgesehenen Fällen zulässig.  
(3) Ansprüche auf Abschlagszahlungen werden binnen 18 Werktagen nach Zugang der Aufstellung fällig.  
(4) Die Abschlagszahlungen sind ohne Einfluss auf die Haftung des Auftragnehmers; sie gelten nicht als Abnahme von Teilen der Leistung.
2. (1) Vorauszahlungen können auch nach Vertragsabschluss vereinbart werden; hierfür ist auf Verlangen des Auftraggebers ausreichende Sicherheit zu leisten. Diese Vorauszahlungen sind, sofern nichts anderes vereinbart wird, mit 3 v. H. über dem Basiszinssatz des § 247 BGB zu verzinsen.

- (2) Vorauszahlungen sind auf die nächstfälligen Zahlungen anzurechnen, soweit damit Leistungen abzugelten sind, für welche die Vorauszahlungen gewährt worden sind.
3. (1) Der Anspruch auf die Schlusszahlung wird alsbald nach Prüfung und Feststellung der vom Auftragnehmer vorgelegten Schlussrechnung fällig, spätestens innerhalb von 2 Monaten nach Zugang. Werden Einwendungen gegen die Prüfbarkeit unter Angabe der Gründe hierfür nicht spätestens innerhalb von 2 Monaten nach Zugang der Schlussrechnung erhoben, so kann der Auftraggeber sich nicht mehr auf die fehlende Prüfbarkeit berufen. Die Prüfung der Schlussrechnung ist nach Möglichkeit zu beschleunigen. Verzögert sie sich, so ist das unbestrittene Guthaben als Abschlagszahlung sofort zu zahlen.
- (2) Die vorbehaltlose Annahme der Schlusszahlung schließt Nachforderungen aus, wenn der Auftragnehmer über die Schlusszahlung schriftlich unterrichtet und auf die Ausschlusswirkung hingewiesen wurde.
- (3) Einer Schlusszahlung steht es gleich, wenn der Auftraggeber unter Hinweis auf geleistete Zahlungen weitere Zahlungen endgültig und schriftlich ablehnt.
- (4) Auch früher gestellte, aber unerledigte Forderungen werden ausgeschlossen, wenn sie nicht nochmals vorbehalten werden.
- (5) Ein Vorbehalt ist innerhalb von 24 Werktagen nach Zugang der Mitteilung nach den Absätzen 2 und 3 über die Schlusszahlung zu erklären. Er wird hinfällig, wenn nicht innerhalb von weiteren 24 Werktagen – beginnend am Tag nach Ablauf der in Satz 1 genannten 24 Werktagen – eine prüfbare Rechnung über die vorbehaltenen Forderungen eingereicht oder, wenn das nicht möglich ist, der Vorbehalt eingehend begründet wird.
- (6) Die Ausschlussfristen gelten nicht für ein Verlangen nach Richtigstellung der Schlussrechnung und -zahlung wegen Aufmaß-, Rechen- und Übertragungsfehlern.
4. In sich abgeschlossene Teile der Leistung können nach Teilabnahme ohne Rücksicht auf die Vollendung der übrigen Leistungen endgültig festgestellt und bezahlt werden.
5. (1) Alle Zahlungen sind aufs äußerste zu beschleunigen.
- (2) Nicht vereinbarte Skontoabzüge sind unzulässig.
- (3) Zahlt der Auftraggeber bei Fälligkeit nicht, so kann ihm der Auftragnehmer eine angemessene Nachfrist setzen. Zahlt er auch innerhalb der Nachfrist nicht, so hat der Auftragnehmer vom Ende der Nachfrist an Anspruch auf Zinsen in Höhe der in § 288 BGB angegebenen Zinssätze, wenn er nicht einen höheren Verzugschaden nachweist.
- (4) Zahlt der Auftraggeber das fällige unbestrittene Guthaben nicht innerhalb von 2 Monaten nach Zugang der Schlussrechnung, so hat der Auftragnehmer für dieses Guthaben abweichend von Absatz 3 (ohne Nachfristsetzung) ab diesem Zeitpunkt Anspruch auf Zinsen in Höhe der in § 288 BGB angegebenen Zinssätze, wenn er nicht einen höheren Verzugschaden nachweist.
- (5) Der Auftragnehmer darf in den Fällen der Absätze 3 und 4 die Arbeiten bis zur Zahlung einstellen, sofern die dem Auftraggeber zuvor gesetzte angemessene Nachfrist erfolglos verstrichen ist.
6. Der Auftraggeber ist berechtigt, zur Erfüllung seiner Verpflichtungen aus den Nummern 1 bis 5 Zahlungen an Gläubiger des Auftragnehmers zu leisten, soweit sie an der Ausführung der vertraglichen Leistung des Auftragnehmers aufgrund eines mit diesem abgeschlossenen Dienst- oder Werkvertrags beteiligt sind, wegen Zahlungsverzugs des Auftragnehmers die Fortsetzung ihrer Leistung zu Recht verweigern und die Direktzahlung die Fortsetzung der Leistung sicherstellen soll. Der Auftragnehmer ist verpflichtet, sich auf Verlangen des Auftraggebers innerhalb einer von diesem gesetzten Frist darüber zu erklären, ob und inwieweit er die Forderungen seiner Gläubiger anerkennt; wird diese Erklärung nicht rechtzeitig abgegeben, so gelten die Voraussetzungen für die Direktzahlung als anerkannt.

### § 17 Sicherheitsleistung

1. (1) Wenn Sicherheitsleistung vereinbart ist, gelten die §§ 232 bis 240 BGB, soweit sich aus den nachstehenden Bestimmungen nichts anderes ergibt.
- (2) Die Sicherheit dient dazu, die vertragsgemäße Ausführung der Leistung und die Mängelansprüche sicherzustellen.
2. Wenn im Vertrag nichts anderes vereinbart ist, kann Sicherheit durch Einbehalt oder Hinterlegung von Geld oder durch Bürgschaft eines Kreditinstituts oder Kreditversicherers geleistet werden, sofern das Kreditinstitut oder der Kreditversicherer
- \* in der Europäischen Gemeinschaft oder
  - \* in einem Staat der Vertragsparteien des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum oder
  - \* in einem Staat der Vertragsparteien des WTO-Übereinkommens über das öffentliche Beschaffungswesen
- zugelassen ist.
3. Der Auftragnehmer hat die Wahl unter den verschiedenen Arten der Sicherheit; er kann eine Sicherheit durch eine andere ersetzen.
4. Bei Sicherheitsleistung durch Bürgschaft ist Voraussetzung, dass der Auftraggeber den Bürgen als tauglich anerkannt hat. Die Bürgschaftserklärung ist schriftlich unter Verzicht auf die Einrede der Vorausklage abzugeben (§ 771 BGB); sie darf nicht auf bestimmte Zeit begrenzt und muss nach Vorschrift des Auftraggebers ausgestellt sein. Der Auftraggeber kann als Sicherheit keine Bürgschaft fordern, die den Bürgen zur Zahlung auf erstes Anfordern verpflichtet.
5. Wird Sicherheit durch Hinterlegung von Geld geleistet, so hat der Auftragnehmer den Betrag bei einem zu vereinbarenden Geldinstitut auf ein Sperrkonto einzuzahlen, über das beide nur gemeinsam verfügen können („Und-Konto“). Etwaige Zinsen stehen dem Auftragnehmer zu.
6. (1) Soll der Auftraggeber vereinbarungsgemäß die Sicherheit in Teilbeträgen von seinen Zahlungen einbehalten, so darf er jeweils die Zahlung um höchstens

10 v. H. kürzen, bis die vereinbarte Sicherheitssumme erreicht ist. Sofern Rechnungen ohne Umsatzsteuer gemäß § 13b UStG gestellt werden, bleibt die Umsatzsteuer bei der Berechnung des Sicherheitseinbehalts unberücksichtigt. Den jeweils einbehaltenen Betrag hat er dem Auftragnehmer mitzuteilen und binnen 18 Werktagen nach dieser Mitteilung auf ein Sperrkonto bei dem vereinbarten Geldinstitut einzuzahlen. Gleichzeitig muss er veranlassen, dass dieses Geldinstitut den Auftragnehmer von der Einzahlung des Sicherheitsbetrags benachrichtigt. Nummer 5 gilt entsprechend.

(2) Bei kleineren oder kurzfristigen Aufträgen ist es zulässig, dass der Auftraggeber den einbehaltenen Sicherheitsbetrag erst bei der Schlusszahlung auf ein Sperrkonto einzahlt.

(3) Zahlt der Auftraggeber den einbehaltenen Betrag nicht rechtzeitig ein, so kann ihm der Auftragnehmer hierfür eine angemessene Nachfrist setzen. Lässt der Auftraggeber auch diese verstreichen, so kann der Auftragnehmer die sofortige Auszahlung des einbehaltenen Betrags verlangen und braucht dann keine Sicherheit mehr zu leisten.

(4) Öffentliche Auftraggeber sind berechtigt, den als Sicherheit einbehaltenen Betrag auf eigenes Verwahrgeldkonto zu nehmen; der Betrag wird nicht verzinst.

7. Der Auftragnehmer hat die Sicherheit binnen 18 Werktagen nach Vertragsabschluss zu leisten, wenn nichts anderes vereinbart ist. Soweit er diese Verpflichtung nicht erfüllt hat, ist der Auftraggeber berechtigt, vom Guthaben des Auftragnehmers einen Betrag in Höhe der vereinbarten Sicherheit einzubehalten. Im Übrigen gelten die Nummern 5 und 6 außer Abs. 1 Satz 1 entsprechend.

8. (1) Der Auftraggeber hat eine nicht verwertete Sicherheit für die Vertragserfüllung zum vereinbarten Zeitpunkt, spätestens nach Abnahme und Stellung der Sicherheit für Mängelansprüche, zurückzugeben, es sei denn, dass Ansprüche des Auftraggebers, die nicht von der gestellten Sicherheit für Mängelansprüche umfasst sind, noch nicht erfüllt sind. Dann darf er für diese Vertragserfüllungsansprüche einen entsprechenden Teil der Sicherheit zurückhalten.

(2) Der Auftraggeber hat eine nicht verwertete Sicherheit für Mängelansprüche nach Ablauf von 2 Jahren zurückzugeben, sofern kein anderer Rückgabezeitpunkt vereinbart worden ist. Soweit jedoch zu diesem Zeitpunkt seine geltend gemachten Ansprüche noch nicht erfüllt sind, darf er einen entsprechenden Teil der Sicherheit zurückhalten.

## § 18 Streitigkeiten

1. Liegen die Voraussetzungen für eine Gerichtsstandsvereinbarung nach § 38 Zivilprozessordnung vor, richtet sich der Gerichtsstand für Streitigkeiten aus dem Vertrag nach dem Sitz der für die Prozessvertretung des Auftraggebers zuständigen Stelle, wenn nichts anderes vereinbart ist. Sie ist dem Auftragnehmer auf Verlangen mitzuteilen.
2. (1) Entstehen bei Verträgen mit Behörden Meinungsverschiedenheiten, so soll der Auftragnehmer zunächst die der auftraggebenden Stelle unmittelbar vorgesetzte Stelle anrufen. Diese soll dem Auftragnehmer Gelegenheit zur mündlichen Aussprache geben und ihn möglichst innerhalb von 2 Monaten nach der Anrufung schriftlich bescheiden und dabei auf die Rechtsfolgen des Satzes 3 hinweisen. Die Entscheidung gilt als anerkannt, wenn der Auftragnehmer nicht innerhalb von 3 Monaten nach Eingang des Bescheides schriftlich Einspruch beim Auftraggeber erhebt und dieser ihn auf die Ausschlussfrist hingewiesen hat.  
(2) Mit dem Eingang des schriftlichen Antrages auf Durchführung eines Verfahrens nach Absatz 1 wird die Verjährung des in diesem Antrag geltend gemachten Anspruchs gehemmt. Wollen Auftraggeber oder Auftragnehmer das Verfahren nicht weiter betreiben, teilen sie dies dem jeweils anderen Teil schriftlich mit. Die Hemmung endet 3 Monate nach Zugang des schriftlichen Bescheides oder der Mitteilung nach Satz 2.
3. Daneben kann ein Verfahren zur Streitbeilegung vereinbart werden. Die Vereinbarung sollte mit Vertragsabschluss erfolgen.
4. Bei Meinungsverschiedenheiten über die Eigenschaft von Stoffen und Bauteilen, für die allgemein gültige Prüfungsverfahren bestehen, und über die Zulässigkeit oder Zuverlässigkeit der bei der Prüfung verwendeten Maschinen oder angewendeten Prüfungsverfahren kann jede Vertragspartei nach vorheriger Benachrichtigung der anderen Vertragspartei die materialtechnische Untersuchung durch eine staatliche oder staatlich anerkannte Materialprüfungsstelle vornehmen lassen; deren Feststellungen sind verbindlich. Die Kosten trägt der unterliegende Teil.
5. Streitfälle berechtigen den Auftragnehmer nicht, die Arbeiten einzustellen.

## 6.6.3.6 Wesentliche Unterschiede zwischen BGB- und VOB-Regelungen (aus [6-35])

Regelungen zu	BGB	VOB/B
<b>Änderungen des Bauentwurfs</b>	einseitige Änderung nicht möglich	<b>§ 1 Nr. 3</b> AG hat Änderungsrecht <b>§ 2 Nr. 5</b> Änderung der Vergütung
<b>Zusatzleistungen, notwendige</b>	keine Verpflichtung des AN möglich	<b>§ 1 Nr. 4</b> AN muss notwendige Zusatzleistungen erbringen, wenn <ul style="list-style-type: none"> <li>– vom AG gefordert</li> <li>– AN auf Arbeiten eingerichtet ist</li> </ul>
<b>Zusatzleistungen, nicht notwendige</b>	gesonderte Vereinbarung immer möglich, Vergütung nach <b>§ 632</b> Abs. 1 muss gezahlt werden, wenn Leistung nur gegen Vergütung zu erwarten ist.	<b>§ 1 Nr. 4</b> (2. Satz) Übertragung mit Zustimmung des AN möglich Achtung: Vergütung vorher mit vereinbaren, zumindest ankündigen <b>§ 2 Nr. 5+6</b>
<b>Bildung neuer Einheitspreise bei Mengenänderung</b>	keine Regelung	<b>§ 2 Nr. 3</b> <b>Einheitspreise</b> können für die Mengen über 110% und unter 90% der vereinbarten Mengen auf Verlangen neu gebildet werden.
<b>Ordnung auf der Baustelle</b>	keine Regelung	<b>§ 4/1</b> <b>Allgemeine</b> Ordnung und Koordination der Unternehmer ist Sache des AG <b>§ 4/2</b> AN <b>muss</b> Ordnung an seiner Arbeitsstelle halten, AN muss gesetzliche und behördliche sowie berufsgenossenschaftliche Bestimmungen einhalten.
<b>Bereitstellung von Flächen und Anschlüssen</b>	keine Regelung	<b>§ 4 Nr. 4</b> <b>Bereitstellung</b> der Flächen und Anschlussmöglichkeiten kostenlos durch AG, Kosten für Verbrauch AN
<b>Schutz und Erhaltung sowie</b>	des AN	Schutz- und Erhaltungspflicht (Nebenpflicht) <b>§ 4 Nr. 5</b>
<b>Gefahretragung während der Bauzeit</b>	<b>§ 644</b> AN trägt Gefahr bis Abnahme (keine Verantwortung für „zufällige“ Verschlechterung)	<b>§ 7</b> AG muss Vergütung zahlen, wenn Leistung vor Abnahme durch höhere Gewalt u. ä. Umstände beschädigt oder zerstört wird.
<b>Einsatz von Nachunternehmern</b>	keine Regelung	<b>§ 4 Nr. 8</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– schriftliche Zustimmung des AG</li> <li>– keine Zustimmung, wenn AN nicht für Leistung eingerichtet (z. B. GU) VOB/B für Nachunternehmer vereinbaren</li> </ul>
<b>Verzug durch AN</b>	<b>§§ 326, 327</b> AG kann vom Vertrag zurücktreten. AN hat Beweislast, wenn er behauptet nicht in Verzug zu sein ( <b>§ 636</b> )	<b>§ 5 Nr. 3</b> <b>AG</b> muss Verlangen nach Kapazitätsverstärkung ausdrücken „offenbar“ machen ist Aufgabe des AG <b>§ 5 Nr. 4</b> AG hat die Wahl zwischen <ul style="list-style-type: none"> <li>– Vertrag aufrecht erhalten + Schadenersatz</li> <li>– Kündigung der Nachfrist</li> </ul>
<b>Behinderung der Ausführung</b>	<b>§ 642</b> AN hat Anspruch auf Entschädigung (nicht auf Bauzeitverlängerung), zur Bauzeit keine Regelung	<b>§ 6</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Anzeige durch AN notwendig</li> <li>– Ausführungsfristen werden verlängert</li> <li>– Schadenersatz nur bei Vorsatz oder grober Fahrlässigkeit</li> </ul>
<b>Abnahme</b>	AG hat Pflicht zur Abnahme Ansprüche aus erkennbaren Mängeln, Vertragsstrafe und Schadenersatz müssen bei der Abnahme vorbehalten werden. <b>§ 646</b> Vollendung ersetzt Abnahme	<b>§ 12</b> spezielle Regelungen zu <ul style="list-style-type: none"> <li>– Teilabnahme</li> <li>– fiktiver Abnahme</li> <li>– förmlicher Abnahme</li> <li>– Abnahme durch Benutzung nehmen</li> </ul>
<b>Verweigerung der Abnahme</b>	AG kann auf mangelfreiem Werk bestehen	Abnahmeverweigerung nur bei wesentlichen Mängeln möglich
<b>Mängelbeseitigung für nach Abnahme in Verjährungsfrist auftretende Mängel</b>	<b>§§ 633, 634, 635</b> AG hat Anspruch auf Wandlung, Minderung oder Schadenersatz, wenn AN Mangel nicht beseitigt.	<b>§ 13</b> Kein Recht des AG auf Wandlung (bei Bauleistungen praktisch auch nicht möglich). AN ist zur Mängelbeseitigung <u>nicht</u> verpflichtet, wenn <ul style="list-style-type: none"> <li>– Mangel auf Leistungsbeschreibung oder Anordnung des AG zurückzuführen ist und AN Bedenken angemeldet hat</li> <li>– (<b>§ 4 Nr. 3</b>)</li> </ul>

## 6.7 Fragen zur Wiederholung (Prüfungsfragen)

### zu Kapitel 6.1

1. Charakterisieren Sie die Merkmale von Bauwerken im Vergleich zu anderen Industriegütern!
2. Worin bestehen die Besonderheiten der Erzeugnisse und Prozesse der Bauwirtschaft?
3. Beschreiben Sie den Ablauf eines Bauprojekts von der ersten Idee bis zur Ingebrauchnahme aus der Sicht der Planung anhand der Phasen nach HOAI!
4. Was bezeichnet umgangssprachlich im Baubetrieb der „Rote Punkt“?
5. Worin besteht der Unterschied zwischen Kostenschätzung und Kostenberechnung?
6. Was wird im Rahmen der Genehmigungsplanung erarbeitet?
7. Welche Aufgaben hat ein Bautagebuch?
8. Was bedeutet es, dass ein Bauunternehmen „den Zuschlag“ erhalten hat?
9. Erläutern Sie den Begriff „Bauleistung“! Welcher Gegensatz besteht zum physikalischen Leistungsbegriff?
10. Erläutern Sie Aufgaben des Facility Managements!
11. Was sind so genannte spätere Arbeiten am Bauwerk im Sinne der Baustellenverordnung?
12. Worin besteht das Wesen von Modernisierungsmaßnahmen an Bauwerken?
13. Nennen Sie Beispiele für Wartungsarbeiten an Bauwerken!
14. Was bedeutet selektiver Abbruch?
15. Nennen Sie Gewerke des Bauhauptgewerbes!
16. Nennen Sie den Dachverband der deutschen Bau-Handwerker!

### zu Kapitel 6.2

17. Nennen Sie Behörden, mit denen ein Bauherr bei der Abwicklung seines Bauvorhabens zu tun hat!
18. Welche Rolle spielen Nachbarn im Zusammenhang mit der Abwicklung eines Bauvorhabens?
19. Über welche Eigenschaften bzw. Voraussetzungen muss ein Entwurfsverfasser verfügen?
20. Wodurch unterscheiden sich die Strukturen bei der Abwicklung von Bauprojekten unter Einbeziehung eines Generalunternehmers und eines Totalunternehmers?
21. Charakterisieren Sie die wichtigsten Bereiche in der Organisationsstruktur eines mittleren bis großen Bauunternehmens!
22. Was ist ein Polier und welche Aufgaben hat er zu erfüllen? In welchen Fällen ist ein Polier aktiv an der Bauausführung beteiligt?
23. Was ist Akquisition?
24. Nennen Sie eine typische Bauwerkskategorie, die oft durch ARGEen ausgeführt wird!
25. Was sind ARGEen und aus welchen Gründen werden sie gebildet?
26. Wodurch unterscheidet sich ein Konsortium von einer ARGE?

### zu Kapitel 6.3

27. Weshalb sind Bauleistungen grundsätzlich auf Leistungseinheiten und nicht auf Mengeneinheiten zu beziehen?
28. Erläutern Sie die Anforderungen der VOB/A an Leistungsbeschreibungen!
29. Wodurch unterscheiden sich Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnis von denen mit Leistungsprogramm? Welche Art ist allgemein gebräuchlich?
30. Weshalb werden Unterschiede zwischen so genannten Abrechnungsmengen und Ausführungsmengen gemacht?
31. Auf welche Art können Mengen auf der Baustelle ermittelt werden?
32. Erläutern Sie die Zeitartengliederung (nach REFA) für die Tätigkeit des Menschen bei der Bearbeitung eines Auftrags!
33. Welche Voraussetzungen sind für die Reproduzierbarkeit von Daten erforderlich?
34. Was sind Randstunden? Nennen Sie Beispiele dafür!
35. Erläutern Sie die Unterschiede zwischen so genannten Mannzeiten und Platzzeiten! Wofür werden sie jeweils verwendet?
36. Durch welche drei grundlegenden Merkmale sind Kosten gekennzeichnet?

37. Was ist „neutraler Aufwand“?
38. Wodurch unterscheiden sich fixe und variable Kosten? Nennen Sie Beispiele aus der Baupraxis!

#### zu Kapitel 6.4

39. Erläutern Sie die horizontale Prozessgliederung an Beispielen!
40. Was bedeutet die Priorisierung von Arbeiten in der Bauablaufplanung? Geben Sie einige Beispiele!
41. Erläutern Sie die Berechnung der Dauer eines Ablaufabschnitts auf der Basis von Aufwandswerten!
42. Erläutern Sie, was unter Leistungswerten zu verstehen ist und geben Sie je ein Beispiel!
43. Nennen Sie mögliche Ablauffolgen und erläutern Sie diese anhand von Skizzen!
44. Was ist Baufreiheit?
45. Worin besteht der Unterschied zwischen Reihen- und Fließfertigung; wie und aus welchem Grund wird in der Bauindustrie die Fließfertigung noch anders bezeichnet? Nennen Sie diese Bezeichnung!
46. Erläutern Sie die vertikal aufsteigende Fertigung (Fertigungsrichtung) anhand eines Beispiels!
47. Was ist ein Bauarbeitsschlüssel und welchem Zweck dient er?
48. Aus welchen Gründen muss bei größeren Bauvorhaben aus dem Leistungsverzeichnis ein Arbeitsverzeichnis abgeleitet werden?
49. Erläutern Sie Aufbau und Aussagen eines Weg-Zeit-Diagramms am Beispiel einer Linienbaustelle!
50. Welche Vorteile bietet die Ablaufdarstellung im Netzplan gegenüber der im Balkenplan?
51. Was ist in der Netzplantechnik unter einer „Anordnungsbeziehung“ zu verstehen?
52. Definieren Sie den Begriff des kritischen Weges!
53. Welche Termine werden in der Vorwärtsrechnung und welche in der Rückwärtsrechnung eines Netzplanes berechnet?
54. Was ist die freie Pufferzeit? Erläutern Sie anhand einer kleinen Skizze deren Berechnungsansatz!
55. Nennen Sie ein Beispiel für Projektmanagementsoftware!

#### zu Kapitel 6.5

56. Wodurch unterscheiden sich Unternehmensrechnung und Kosten- und Leistungsrechnung grundsätzlich voneinander?
57. Erläutern Sie die vier Arbeitsgebiete der Unternehmensrechnung (nach KLR Bau)!
58. Erläutern Sie die Begriffe „Kostenart“ und „Kostenstelle“ und geben Sie dafür Beispiele!
59. Was ist ein Kostenträger? Erläutern Sie den Begriff anhand eines Beispiels!
60. Was sind Gemeinkosten und wie werden sie gegenüber dem Auftraggeber geltend gemacht?
61. Beschreiben Sie das allgemeine Kalkulationsschema (Gliederung in Kostengruppen)!
62. Wie ist das Betriebsergebnis definiert und was ist zu tun, damit es möglichst groß wird?
63. Was ist ein Baukontenrahmen und welchem Zweck dient er?
64. Erläutern Sie die Stufen der Bauauftragsrechnung bzw. der Kalkulation!
65. Erläutern Sie die wesentlichen Bestandteile der Lohnkosten!
66. Wodurch unterscheidet sich die Kostenabrechnung so genannter Bereitstellungs- und Leistungsgeräte?
67. Erläutern Sie das Prinzip der Kalkulation über die Endsumme!

#### zu Kapitel 6.6

68. Erläutern Sie den Unterschied zwischen Nebenleistungen und Besonderen Leistungen!
69. Welche Angaben sollte schriftlicher Bauvertrag mindestens eindeutig und unmissverständlich enthalten?
70. Wie lautet die Überschrift des Paragraphen in der VOB/B, in dem die „Garantie“ für die Bauleistung geregelt wird?
71. Was verbirgt sich hinter der 10%-Regelung der VOB/B?
72. Kann der Auftraggeber nach VOB oder nach BGB Anordnungen treffen, um die bestellten Bauleistungen noch während der Ausführung zu verändern?
73. Welche zusätzlichen Ansprüche hat der Auftragnehmer bei Behinderungen?
74. Geben Sie in Stichworten an, weshalb Sie einem Bauvertrag nach VOB gegenüber einem reinen Werkvertrag nach BGB den Vorzug geben sollten!

## 6.8 Quellenangaben und Literaturhinweise zum Kapitel 6

### 6.8.1 Literatur

- [6-1] Arbeitsgemeinschaftsvertrag, Fassung 2005, herausgegeben vom Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. und vom Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V. – Wiesbaden, Bauverlag, 2007
- [6-2] Arbeitszeit-Richtwerte Tabellen für den Hochbau. – Neu-Isenburg: ztv-Verlag, 1999
- [6-3] Arbeitszeit-Richtwerte Tabellen für den Tiefbau. – Neu-Isenburg: ztv-Verlag, 1999
- [6-4] Bauer, H.: Baubetrieb. – Berlin u. a.: Springer, 2007. – 866 S.
- [6-5] Baugeräteliste 2001: BGL; technisch-wirtschaftliche Baumaschinendaten. – Wiesbaden, Berlin: Bauverlag, 2001
- [6-6] BAUORG-Unternehmer-Handbuch für Bauorganisation und Betriebsführung. – Bonn: Köllen Druck und Verlag GmbH, 1998
- [6-7] Berg, G.: REFA in der Baupraxis, Teil 1 Grundlagen. – Frankfurt/M.: ztv-Verlag, 1984. – 85 S.,
- [6-8] BGB Bürgerliches Gesetzbuch, Beck-Texte im dtv Nr. 5001, 51. Auflage. – München: dtv, 2002
- [6-9] Biermann, M.: Der Bauleiter im Bauunternehmen. – Wiesbaden: Bauverlag, 1997. – 195 S.
- [6-10] Bietergemeinschaftsvertrag, Fassung 2003, herausgegeben vom Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. – Düsseldorf: Wibau, 2003
- [6-11] Böttcher, P., Neuenhagen, H.: Baustelleneinrichtung: betriebliche Organisation, Geräte, Kosten, Checklisten. – Wiesbaden: Bauverlag, 1997
- [6-12] Brecheler, W. u. a.: Baubetriebslehre – Kosten- und Leistungsrechnung – Bauverfahren. – Braunschweig: Vieweg, 1998. – 383 S.
- [6-13] Brüssel, W.: Baubetrieb von A bis Z. – Düsseldorf: Werner-Verlag, 2007. – 332 S.
- [6-14] Damerau, H. v. d.; Tauterat, A.: VOB im Bild: Abrechnung nach der VOB; Regeln für die Ermittlung und Abrechnung aller Bauleistungen; nach den Bestimmungen in den Allgemeinen technischen Vertragsbedingungen (Teil C) der Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB). – Köln: Verlagsges. Rudolf Müller, 19XX
- [6-15] Drees, G.; Paul, W.: Kalkulation von Baupreisen. – Berlin: Bauwerk, 2006. – 358 S.
- [6-16] Fiedler, K.: Grundlagen der Technologie im Baubetriebswesen. – Berlin: Verlag für Bauwesen, 1991. – 215 S.
- [6-17] Franke, H.; Höfler, H.: Auftragsvergabe nach VOL/A und VOF. – Köln: Verlagsges. Rudolf Müller, 1999. – 311 S.
- [6-18] Handbuch Arbeitsorganisation Bau (Loseblattsammlung). – Neu-Isenburg: ztv-Verlag
- [6-19] Heiermann, W.; Riedl, R.; Rusam, M.: Handkommentar zur VOB Teile A und B, 11. Auflage. – Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg, 2008. – 17325 S.
- [6-20] Hering, E., Draeger, W.: Handbuch Betriebswirtschaft für Ingenieure – Berlin u. a.: Springer, 1999. – 707 S.
- [6-21] Hoffmann, M. (Hrsg.): Zahlentafeln für den Baubetrieb. – Stuttgart: B.G. Teubner, 2006. – 1042 S.
- [6-22] Kapellmann, D.; Langen, W.: Einführung in die VOB/B – Basiswissen für die Praxis. – Düsseldorf: Werner, 2003. – 268 S.
- [6-23] Kapellmann, K.; Messerschmidt, B.: VOB Teile A und B, Beck'sche Kurzkommentare. – München: Beck, 2003
- [6-24] Keil, W.; U. Martinsen, U.; Vahland, R. u. a.: Einführung in die Kostenrechnung für Bauingenieure. – Düsseldorf: Werner, 2001. – 181 S.
- [6-25] Koch, R.: Bauleitung und Projektmanagement – VOB '98 in Grafiken: Westentaschenfolder für die Praxis. – Augsburg: Weka Baufachverlage, 1998. – 119 S.
- [6-26] Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen – KLR Bau. Hrsg.: Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. und Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V. – Düsseldorf: Werner, 2001. – 123 S.
- [6-27] Kühn, G.: Handbuch Baubetrieb (Organisation – Betrieb – Maschinen). – Düsseldorf: VDI-Verlag, 1991
- [6-28] Künstner, G.: Ablauforganisation von Baustellen – Ein Leitfaden zur Planung und Steuerung von Bauabläufen am Beispiel einer Fertigungshalle mit Verwaltungsgebäude in Mischbauweise. – Neu-Isenburg: ZTV-Verlag, 2002. – 253 S.
- [6-29] Künstner, G.: REFA in der Baupraxis, Teil 2: Datenermittlung. – Frankfurt/M.: ztv-Verlag, 1984. – 197 S.

- [6-30] Künstner, G.: REFA in der Baupraxis, Teil 3: Arbeitsgestaltung. – Frankfurt/M.: ztv-Verlag, 1984. – 194 S.
- [6-31] Leimböck, E.: Bauwirtschaft. – Stuttgart, Leipzig: B.G. Teubner, 2000. – 502 S.
- [6-32] Locher, H.; Seifert, W.: HOAI, Verordnung über die Honorare für Leistungen der Architekten und der Ingenieure in der Fassung der Fünften ÄnderungsVO unter Berücksichtigung des Neunten Euro-Einführungsgesetzes – Düsseldorf: Werner, 2002. – 180 S.
- [6-33] Mantscheff, J.; Boiseree, D.: Baubetriebslehre I, Bauverträge und Ausschreibungen. – Düsseldorf: Werner-Verlag, 2004. – 256 S.
- [6-34] Mantscheff, J.; Helbig, W.: Baubetriebslehre II, Baumarkt, Bewertung, Preisermittlung. – Düsseldorf: Werner-Verlag, 2004. – 199 S.
- [6-35] Nagel, U.: Baustellenmanagement. – Berlin: Verlag für Bauwesen, 1998
- [6-36] Plümecke, K.; Völker, G.; Winkel, G.: Preisermittlung für Bauarbeiten. – Köln: Verlagsges. Rudolf Müller, 2008. – 577 S.
- [6-37] Rybicki, R.: Bauausführung und Bauüberwachung / Recht – Technik – Praxis – Handbuch für die Baustelle. – Düsseldorf: Werner-Verlag, 1995. – 752 S.
- [6-38] Schröer, H.; Wohlfeil, J. D.; Fassmann, G.: Leistungslohn im Baugewerbe: rechtliche Rahmenbedingungen und praktische Umsetzung. – Köln: Verlagsges. Rudolf Müller, 2006. – 177 S.
- [6-39] Seeling, R.: Unternehmensplanung im Baubetrieb. – Stuttgart: Teubner, 1995. – 259 S.
- [6-40] Tarifsammlung für die Bauwirtschaft. – Darmstadt: Otto Elsner, ... 2003
- [6-41] Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) 2006. Gesamtausgabe – Berlin, Wien, Zürich: Beuth, 2006. – 919 S. (Abruf auch über Perinorm im Datenbankbestand der Universitätsbibliothek)
- [6-42] VOB Teile A, B, C (Reihe Baupraxis kompakt): Kommentar zur Verdingungsordnung für Bauleistungen Teile A, B und C. – Düsseldorf: Werner, 2001. – 649 S.

### 6.8.2 Vorschriften und Normen (Auswahl)

- [6-43] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen (BaustellV – Baustellenverordnung)
- [6-44] DIN 276-1: Kosten im Bauwesen, Teil 1 Hochbau; Ausg. 11/2006
- [6-45] DIN 1356-1: Bauzeichnungen – Teil 1: Arten, Inhalte und Grundregeln der Darstellung; Ausg. 02/1995
- [6-46] DIN 4426: Einrichtungen zur Instandhaltung baulicher Anlagen; sicherheitstechnische Anforderungen an Arbeitsplätze und Verkehrswege, Planung und Ausführung; Ausg. 09/2001
- [6-47] DIN 18 007: Abbrucharbeiten – Begriffe, Verfahren, Anwendungsbereiche; Ausg. 05/2000
- [6-48] DIN 18 299: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV), Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art; Ausg. 10/2006
- [6-49] DIN 31 051: Grundlagen der Instandhaltung; Ausg. 06/2003
- [6-50] DIN 69 900-1: Projektwirtschaft, Netzplantechnik – Teil 1: Begriffe; Ausg. 08/1987
- [6-51] DIN 69 900-2: Projektwirtschaft, Netzplantechnik – Teil 2: Darstellungstechnik; Ausg. 08/1987
- [6-52] DIN EN ISO 7 200: Technische Produktdokumentation – Datenfelder in Schriftfeldern und Dokumentenstammdaten; Ausg. 05/2004
- [6-53] DIN ISO 9 431: Zeichnungen für das Bauwesen; Anordnung von Darstellungen, Texten und Schriftfeldern auf Zeichnungsvordrucken; Ausg. 12/1991

## 7 Der Mensch im Arbeitsprozess – arbeitswissenschaftliche Grundlagen des Baubetriebs

### 7.1 Einführung

#### 7.1.1 Vorbemerkung

Im Kapitel „Der Mensch im Baubetrieb“ findet eine Betrachtung der Bauprozesse aus der speziellen Sicht der Arbeitswissenschaften statt und ist hier vor allem auf das Arbeitsingenieurwesen gerichtet.

Dieses Kapitel soll die Orientierung in einem Fachgebiet erleichtern, das auf den ersten Blick wenig mit den Ingenieurwissenschaften zu tun hat. Doch gerade im praktischen Baubetrieb wird das ingenieurtechnische Personal mit Fragen der optimalen Gestaltung der Arbeitsbedingungen, des Arbeitsschutzes und der technischen Sicherheit konfrontiert. Dann sind rasches Handeln und Kompetenz bei der Zusammenarbeit mit Spezialisten gefragt.

In Abb. 7.1 wird das breite arbeitswissenschaftliche Tätigkeitsspektrum deutlich, mit dem die Arbeitswelt in verschiedenen hierarchischen Stufen analysiert und gestaltet wird. Weiterführende Informationen werden im Vertiefungsstudium zweier praktischer arbeitswissenschaftlicher Anwendungsfelder „REFA im Baubetrieb“ und „Sicherheit auf Baustellen“ gegeben. Dazu sind auch entsprechende ergänzende Lehrunterlagen verfügbar.

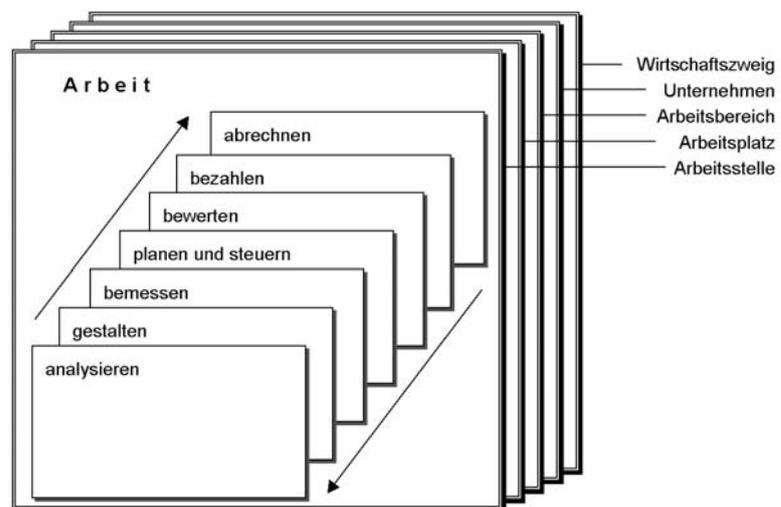


Abb. 7.1 Wissenschaft und Praxis der Arbeit

#### 7.1.2 Grundlagen

Ingenieure sollten sich immer bewusst sein, dass sie mit ihrer Tätigkeit die Lebensbedingungen der Menschen nachhaltig beeinflussen. Darin liegt eine große Verantwortung, der sie täglich gerecht werden müssen. Die Arbeit des Ingenieurs als Architekt, Projektant, Konstrukteur, als Vorgesetzter und Organisator der Produktion, als Ausbilder und Vorbild hat nachhaltigen Einfluss auf

- die Arbeitsbedingungen in ihrer ganzen Vielfalt,
- den Verlauf des Arbeitsprozesses,
- das Arbeitsklima und die Motivation der Mitarbeiter,
- die Effizienz eines Unternehmens.

Gegenstand der nachfolgenden Betrachtungen sind Produktionsprozesse. Die konstituierenden Elemente des Systems der materiellen Produktion sind:

- die Menschen

Beachte: Im Arbeitsprozess ist stets der ganze Mensch als Persönlichkeit zu sehen. Die Arbeitskraft ist Teil der lebendigen Persönlichkeit eines Menschen; sie kann von ihr losgelöst nicht existieren. Eine Reduzierung auf die Arbeitskraft „AK“ allein ist deshalb nicht zulässig!

- die Arbeitsmittel
  - die Arbeitsgegenstände
- } ⇒ technische Gebilde

Produktionsprozesse sind an technologische Prozesse gebunden. Die besondere arbeitswissenschaftliche Relevanz technologischer Prozesse liegt darin, dass sie – im Gegensatz zu anderen technischen Prozessen – durch und mit dem Menschen vonstatten gehen.

### 7.1.3 Arbeitssysteme

Jede Wissenschaft betrachtet die objektive Realität unter spezifischen Aspekten. Sie abstrahiert. Im Rahmen dieser Modellierung besitzt die Systembetrachtung einen hohen Stellenwert.

Arbeitssysteme dienen der Erfüllung von Arbeitsaufgaben; hierbei wirken Menschen und Betriebsmittel mit der Eingabe unter Umwelteinflüssen zusammen.

Sie werden nach REFA mit Hilfe der folgenden sieben Systembegriffe beschrieben (Definitionen nach REFA siehe unten):

- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| 1) Arbeitsaufgabe | 5) Mensch          |
| 2) Arbeitsablauf  | 6) Betriebsmittel  |
| 3) Eingabe        | 7) Umwelteinflüsse |
| 4) Ausgabe        |                    |

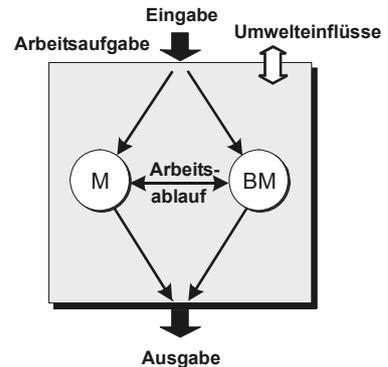


Abb. 7.2 Schaubild eines einfachen Arbeitssystems

**Arbeitsaufgabe** Die Arbeitsaufgabe kennzeichnet den Zweck des Systems und ist eine Aufforderung an den Menschen, Tätigkeiten auszuüben, die der Zielerreichung dienen.

**Arbeitsablauf** Der Arbeitsablauf ist das Geschehen bei der Erfüllung der Arbeitsaufgabe.

**Eingabe (Input)** Die Eingabe besteht im Allgemeinen aus Arbeitsgegenständen, aber auch aus Menschen, Informationen und Energie, die im Sinne der Arbeitsaufgabe in ihrem Zustand, ihrer Form oder ihrer Lage verändert werden sollen.

**Ausgabe** Die Ausgabe besteht im Allgemeinen aus Arbeitsgegenständen, aber auch aus Menschen und Informationen, die im Sinne der Arbeitsaufgabe verändert oder verwendet wurden.

**Mensch und Betriebsmittel bzw. Arbeitsmittel** sind die Kapazitäten des Arbeitssystems, die gemäß der Arbeitsaufgabe die Eingabe in die Ausgabe verwandeln.

**Umwelteinflüsse** unterteilt man in physikalische, chemische, biologische und organisatorische sowie soziale Einflüsse, die auf das Arbeitssystem wirken oder von diesem erzeugt werden.

### 7.1.4 Bauen und Arbeitswissenschaften

Jedes Bauwerk dient, eingebettet in eine ganz bestimmte Umwelt, einem vorgesehenen Zweck, aus dem seine Funktionen abgeleitet sind. Im Verlaufe des architektonischen Entwurfes und der konstruktiven Durchbildung werden diese Funktionen technisch umgesetzt.

Die Technologie weist in ihrer Transmissionsrolle den Weg von der Idee, der vorgedachten (projektierten) Konstruktion, zur Wirklichkeit. Aber nur in der Realisierungsphase (im technologischen Prozess der Herstellung, Veränderung oder Beseitigung der Bauwerke) und in der Nutzungsphase (im Prozess der Bauwerksnutzung) tritt der Mensch aktiv mit dem Bauwerk in Kontakt, impliziert das Bauwerk „Arbeitsbedingungen“. Es ist in seiner Dualität also zunächst Arbeitsgegenstand (Modell in Gestalt der Entwürfe und Projekte, entstehendes reales Bauwerk), dann Arbeitsmittel bzw. Gebrauchsgegenstand und in den Phasen der Sanierung, Modernisierung oder des Abbruchs und der Beseitigung wiederum Arbeitsgegenstand.

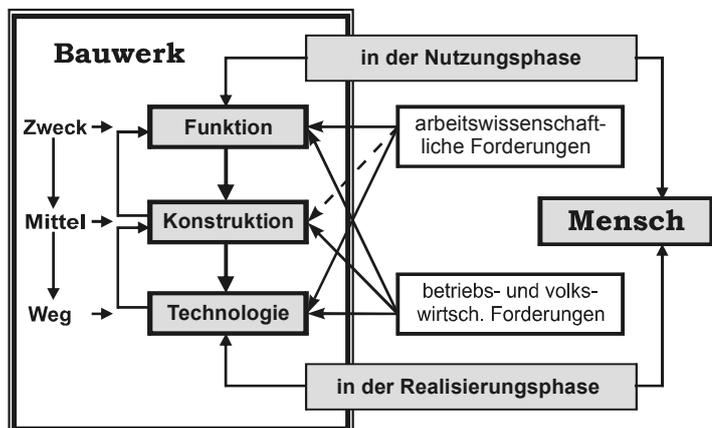


Abb. 7.3 Bauwerk, betrachtet unter dem Entwicklungsaspekt

In den Prozessen der Errichtung und Nutzung von Bauwerken durch den Menschen liegt die arbeitswissenschaftliche Relevanz. Aus diesem Sachverhalt folgen arbeitswissenschaftliche Anknüpfungspunkte, die für die Aspekte der Bauwerksnutzung durch den Architekten und für die Aspekte der Bauwerksherstellung durch den Bauingenieur wahrzunehmen sind.

Die spezifischen arbeitswissenschaftlichen Aspekte folgen aus einer Systembetrachtung, die den arbeitenden Menschen in den Mittelpunkt stellt.

- Der **Gegenstand** der Arbeitswissenschaften liegt in der Arbeit des Menschen im Produktionsprozess.
- Das **Ziel** der Arbeitswissenschaften besteht in der Gewährleistung eines hohen Wirkungsgrades der lebendigen Arbeit bei Beachtung der Dualität von Wirtschaftlichkeit und Humanität.

„Arbeitswissenschaft ist die Systematik der Analyse, Ordnung und Gestaltung der technischen, organisatorischen und sozialen Bedingungen von Arbeitsprozessen mit dem Ziel, dass die arbeitenden Menschen in produktiven und effizienten Arbeitsprozessen

- schädigungslose, ausführbare, erträgliche und beeinträchtigungsfreie Arbeitsbedingungen vorfinden,
- Standards sozialer Angemessenheit nach Arbeitsinhalt, Arbeitsaufgabe, Arbeitsumgebung sowie Entlohnung und Kooperation erfüllt sehen,
- Handlungsspielräume entfalten, Fähigkeiten erwerben und in Kooperation mit anderen ihre Persönlichkeit erhalten und entwickeln können.“

(Definition der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (GfA) von 1987)

Wesentlich ist die Integration arbeitswissenschaftlicher Disziplinen (Arbeitsmedizin, Arbeitspsychologie, Arbeitsingenieurwesen, Arbeitsökonomie, Arbeitssoziologie, Arbeitspädagogik, Arbeitsrecht), um die Arbeit des Menschen vom Standpunkt des jeweiligen Wissensgebietes und speziellen Gegenstandes unter verschiedenen Aspekten und gestützt auf die Erkenntnisse der Mutterwissenschaften zu untersuchen und zu gestalten.

Die **Ergonomie** ist ein Gebiet interdisziplinärer Forschung und spezieller Mittler zwischen Human- und Technikwissenschaften.

Nach DIN ISO 6385:2004 ist sie eine „wissenschaftliche Disziplin, die sich mit dem Verständnis der Wechselwirkungen zwischen menschlichen und anderen Elementen eines Systems befasst, und der Berufszweig, der Theorie, Prinzipien, Daten und Methoden auf die Gestaltung von Arbeitssystemen anwendet mit dem Ziel, das Wohlbefinden des Menschen und die Leistung des Gesamtsystems zu optimieren.“

## 7.2 Die menschliche Arbeitsleistung

### 7.2.1 Begriff der menschlichen Arbeitsleistung

Als Arbeitsleistung bezeichnet man die unter gegebenen Produktions- und Arbeitsbedingungen auf ein bestimmtes Ergebnis gerichtete Verausgabung von Arbeitskraft (im weitesten Sinne) über eine bestimmte Zeitdauer.

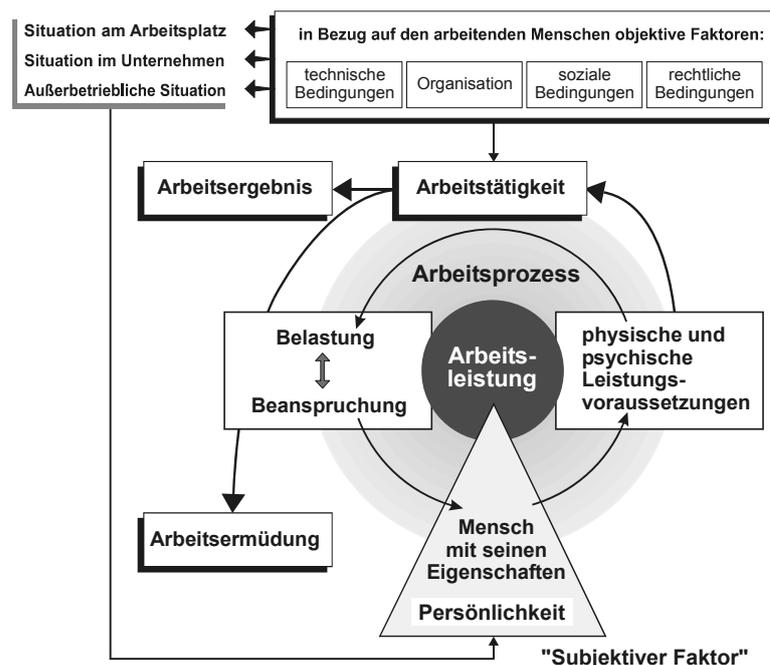


Abb. 7.4 Arbeitsleistung – Voraussetzung und Folge menschlicher Arbeit

Der Begriff der Arbeitsleistung ist doppeldeutig. Er beinhaltet:

- Verausgabung von Arbeitskraft in einer bestimmten Zeit (physikalisch, physiologisch)
  - ⇒ körperliche Arbeit
- Resultat der Arbeit über eine bestimmte Zeit (ökonomisch: Ergebnis von Wirtschaftsprozessen)
  - ⇒ vergegenständlichte Arbeit

Die Arbeitsleistung ist ein mehrschichtiges Phänomen, bei dem vor allem drei Aspekte interessieren [7-1, S. 108]:

- die Leistungsvoraussetzungen:
  - die individuell verschiedenen Eigenschaften des Menschen für das Vollziehen von Arbeitsprozessen,
- der unter bestimmten Rahmenbedingungen stattfindende Arbeitsprozess und dessen Folgen:
  - das Arbeitsergebnis und die entstandene Beanspruchung des Menschen,
- die Vollzugsfolgen von Arbeitsprozessen:
  - die Veränderung der Leistungsvoraussetzungen des Menschen.

## 7.2.2 Das menschliche Leistungsvermögen

Den Leistungsanforderungen der Gesellschaft steht das Leistungsangebot des Einzelnen, sein Leistungsvermögen, gegenüber. Auf Dauer kommt eine Leistung nur dann zustande, wenn dem Leistungsangebot Leistungsanforderungen gegenüberstehen. Die tatsächliche Leistungsabgabe hängt von sehr vielen Einflussfaktoren ab und unterliegt starken Schwankungen.

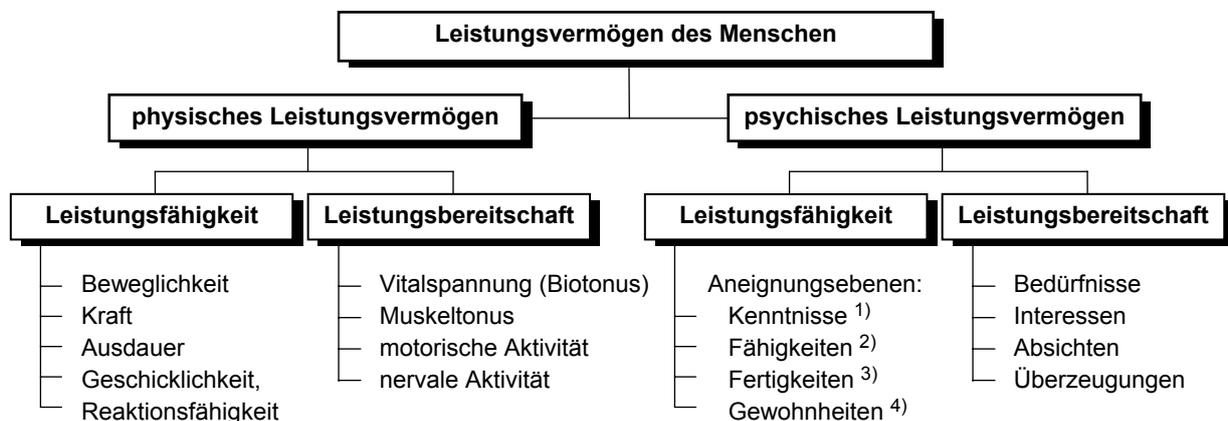


Abb. 7.5 Das Leistungsvermögen des Menschen

- 1) durch Lernen bzw. Übung erworbene und reproduzierbare Gedächtnisinhalte
- 2) entwickeln sich im Prozess der Betätigung (z. B. technisches Denken, räumliches Vorstellungsvermögen)
- 3) automatisierte Komponenten einer bewussten Tätigkeit (z. B. Treppen steigen, Schreiben, Kopfrechnen)
- 4) Handlungstereotype

**Die physische Leistungsfähigkeit** beinhaltet das Vermögen des Organismus, körperliche (energetische) Leistungen zu vollbringen. Der menschliche Organismus erzeugt aus der aufgenommenen Nahrung Energie, die für unterschiedliche Zwecke genutzt und dementsprechend klassifiziert wird:

- Grundumsatz: = Energieumsatz des Menschen zur Aufrechterhaltung der grundlegenden Lebensfunktionen (Kreislauf, Atmung, Gehirn- und Nerventätigkeit)
- Freizeitumsatz: = Energieumsatz des Menschen für Freizeit und Ruhe (auch zur Gewährleistung einer vom Liegen abweichenden Körperhaltung)
- Arbeitsumsatz: = Energieumsatz des Menschen, der für die Arbeitstätigkeit aufgewendet wird

Die Leistungsfähigkeit des Organismus ist begrenzt. Wenn sie überstrapaziert wird, kommt es zur Überbeanspruchung des Menschen und sind Gesundheitsschäden möglich.

Die **Dauerleistungsgrenze** charakterisiert eine maximale Leistung, die ohne nennenswerte Arbeitsermüdung und ohne Gesundheitsschäden von einer durchschnittlichen gesunden Arbeitsperson arbeitstäglich auf Dauer erbracht werden kann (vgl. [7-10, S. 35]).

Die Abgrenzung zwischen schwerer Arbeit und Schwerarbeit beruht auf einem energetischen Dauerleistungsgrenzwert für den mittleren Arbeitsumsatz von 16,5 ... 17,5 kJ/min für Männer und 11 ... 12 kJ/min für Frauen.

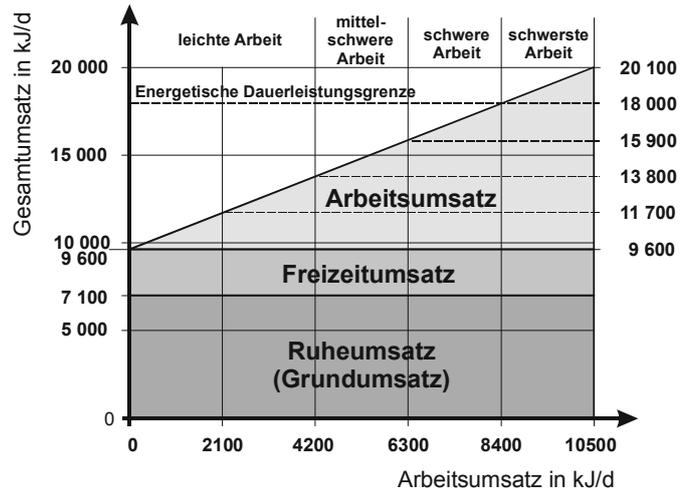


Abb. 7.6 Energieumsatz und Arbeitsschwere bei schwerer dynamischer Muskelarbeit für Männer (nach SPITZER, HETTINGER, KAMINSKY [7-10, S. 250])

**Die physische Leistungsbereitschaft** beinhaltet die Aktivierung des Körpers. Sie wird auch als aktuelle Disposition bezeichnet.

**Die psychische Leistungsfähigkeit** beinhaltet die mentale Leistungspotenz des Menschen. **Die psychische Leistungsbereitschaft** beinhaltet die Leistungshaltung, die Motivation ⇒ innerer Antrieb.

**Die Sinne** gehören zu den körperlichen Leistungsvoraussetzungen des Menschen. Über die Sinnesorgane nimmt er seine Umgebung wahr und verschafft sich Informationen. Er erhält auch direkte und indirekte Warnsignale, die ihn vor Gefahren schützen. Die Sinne müssen zielgerichtet genutzt und trainiert, dürfen jedoch nicht überstrapaziert werden.

Für den Arbeitsprozess besitzen alle Sinne Relevanz:

- Gesichtssinn (Sehen und Wahrnehmen),
- Gehör,
- Gleichgewichtssinn,
- Geruchssinn,
- thermisches Empfinden,
- Mechanorezeptoren (Empfinden von Körperstellungen, -bewegungen, Berührungen, Drücken).

### 7.2.3 Die Streuung der menschlichen Leistungsfähigkeit

Die Arbeitsleistung des Menschen unterliegt, ganz abgesehen von Unterschieden zwischen verschiedenen Personengruppen (vgl. Kap. 7.7.5), Schwankungen, die

- aus den äußeren Arbeitsbedingungen:
  - Tagesgang
  - Jahreszeiten
  - Klima
  - soziale Faktoren (im Tages- und Jahresgang)
 (biologische Synchronisation) / (soziale Synchronisation)
- aus der Tätigkeitsdauer und den dabei auftretenden Belastungen
  - Trainingseffekt
  - Ermüdung, psychische Sättigung (Beanspruchungsfolgen)
- auf Grund besonderer Dispositionsmerkmale (aus Alter, Geschlecht und Herkunft, Behinderungen folgend)

folgen. Diese Effekte überlagern sich.

**Schichtarbeit**, vor allem in der Nachtzeit, entspricht nicht dem natürlichen Lebensrhythmus des Menschen und ist wegen der zusätzlichen Beanspruchung des Menschen und der daraus folgenden Gesundheitsgefahren aus arbeitswissenschaftlicher Sicht grundsätzlich abzulehnen. Die zusätzlichen Belastungen folgen aus der Verschiebung der Phasenlage Arbeit – Schlaf und der Desynchronisation mit dem Lebensrhythmus der Umwelt. Nachtarbeit ist deshalb nur in begründeten Ausnahmefällen und verbunden mit Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit der betroffenen Beschäftigten durchzuführen.

## 7.2.4 Belastung und Beanspruchung des Menschen im Arbeitsprozess

### 7.2.4.1 Arbeitsbelastung

Die Arbeitsbelastung beinhaltet die Gesamtheit der im Arbeitssystem auf den Menschen einwirkenden erfassbaren Einflüsse. Sie folgt

- aus der Arbeitsaufgabe und
- aus der Arbeitsumgebung.

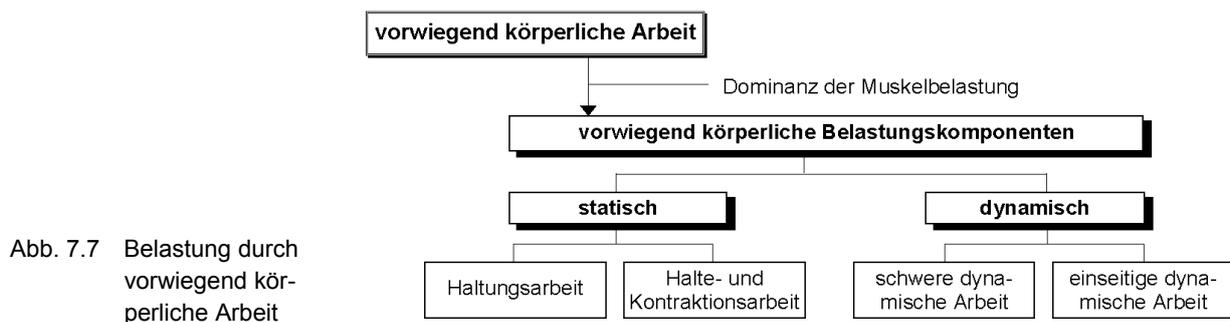
Sie lässt sich nach

- Art (z. B. schwere Muskelarbeit),
- Höhe,
- Dauer,
- Reihenfolge und
- Formen der Überlagerung

beschreiben. In der Regel wirken und beeinflussen sich gleichzeitig mehrere Belastungsfaktoren.

### 7.2.4.2 Die physische Belastung des Menschen

Die physische Belastung des Menschen kann relativ einfach anhand der physikalischen Arbeitsparameter gemessen werden. Gleiches gilt für die physikalischen Umgebungsbedingungen. Aus arbeitswissenschaftlicher Sicht spricht man im Falle physischer Arbeit von „vorwiegend körperlicher Arbeit“, denn selbst die einfachste körperliche Tätigkeit wird von Denkprozessen begleitet (vgl. ROHMERT u. LANDAU, z. B. in [7-10, S. 239]):



Statische Belastungselemente sind unbedingt zu vermeiden, da durch die permanente Kontraktion der Blutgefäße Durchblutung und Entschlackung der Muskeln nicht gewährleistet sind und es zur Erzeugung von Energie unter anaeroben Bedingungen kommt. Die Folge ist vorschnelle Ermüdung.

Bei dynamischer Muskelarbeit wird die Durchblutung durch den Wechsel von Kontraktion und Erschlaffung der Muskeln gefördert und eine ausreichende Energieversorgung sichergestellt. Aber auch hier darf ein bestimmtes Maß nicht überschritten werden (siehe oben: Dauerleistungsgrenze), damit es nicht zur so genannten Arbeitsermüdung kommt.

### 7.2.4.3 Die psychische Belastung des Menschen

Die psychische Belastung des Menschen, z. B. bei der Aufnahme und Verarbeitung von Informationen, unter Einfluss von Emotionen oder durch zeitliche (z. B. Schichtarbeit) und räumliche (z. B. in engen Räumen oder auf Bedienständen) Arbeitsplatzbindung, ist nur schwer erfass- und bewertbar.

**Stress** ist eine hochgradige, nicht Reiz angemessene Aktivierung aus dauernder Überforderung (wesentliche Störung im Gleichgewicht zwischen Anforderungen aus Umwelt und Reaktionsfähigkeit des Organismus), wenn man sich nicht in der Lage fühlt, eine Situation zu beeinflussen oder zu bewältigen. Demzufolge resultiert Stress aus einem tatsächlichen oder empfundenen Ungleichgewicht zwischen den aus einer Situation resultierenden Anforderungen bzw. Belastungen und der Einschätzung, diese mit den verfügbaren Ressourcen nicht bewältigen zu können.

Stressauslöser können sein:

- Mangel an Zeit für das Lösen einer Aufgabe,
- Entscheidungsanforderungen ohne ausreichende Informationen,
- Störungen und Zwischenfälle,
- sensorische Überlastung oder Nichtauslastung („Empfinden“),
- psychologische Unverträglichkeiten in der Gruppe,
- extreme Einwirkung von Umweltfaktoren,
- ungenügender Stand der Berufsausbildung (⇒ Überforderung),
- fehlende oder falsche Motivation.

Stress kann man (vgl. [7-13])

- vorbeugen durch
  - gute Arbeitsbedingungen,
  - gute Arbeitsorganisation (Aufgabenverteilung, Informationsfluss, Zusammenarbeit),
  - Wissen (Aus- und Fortbildung),
- bewältigen durch
  - bewusste Kurzentspannung,
  - Konfliktbewältigung (Umgang mit Ärger),
  - soziale Unterstützung,
- abbauen durch
  - Entspannungstechniken,
  - Bewegung,
  - Abschalten (Seele „baumeln“ lassen).

#### 7.2.4.4 Arbeitsbeanspruchung und Beanspruchungsfolgen

Die Arbeitsbeanspruchung ist das Resultat der individuellen Auswirkung der Arbeitsbelastung auf den Menschen und hängt von dessen Eigenschaften und Fähigkeiten ab. Sie kann nicht direkt gemessen, sondern nur über entsprechende Erscheinungen (physiologische Parameter, Körperfunktionen) gekennzeichnet und beurteilt werden.

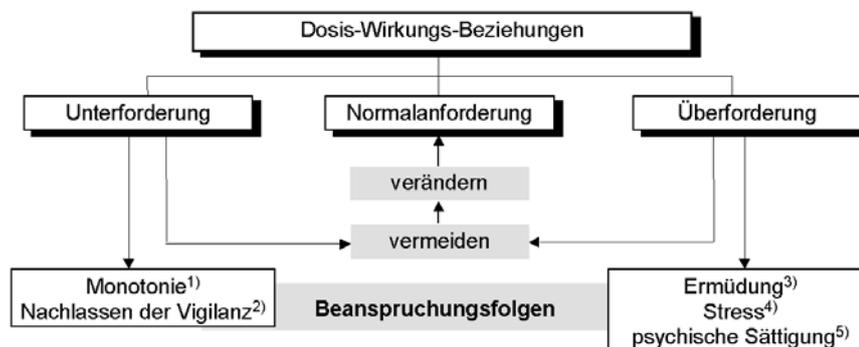


Abb. 7.8 Dosis-Wirkungs-Beziehungen und Folgen der Beanspruchung

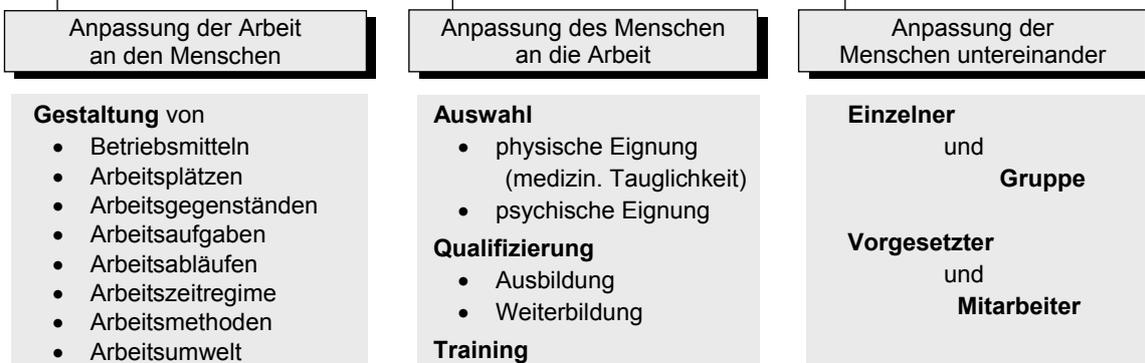
- 1) Monotonie bedingt eine spezifische Unterforderung, z. B. bei gleichförmigen Arbeiten oder bei Wachsamkeitsleistungen in reizarmen Situationen.
- 2) Vigilanz bedeutet hier Wachsamkeit in reizarmen Situationen, in denen nur selten ein Handeln des Menschen erforderlich ist, da die Notwendigkeit dazu nicht gegeben wird ⇒ Leistungsabfall.
- 3) reversible Leistungs- und Funktionsminderung als physiologischer Schutzmechanismus vor pathologischen Zuständen (zu unterscheiden sind: biologische Ermüdung, Arbeitsermüdung)
- 4) hochgradige, nicht Reiz angemessene Aktivierung aus dauernder Überforderung (wesentliche Störung im Gleichgewicht zwischen Anforderungen aus Umwelt und Reaktionsfähigkeit des Organismus)
- 5) unlustbetonter ermüdungsähnlicher Spannungszustand durch wachsende Abneigung gegenüber einer bestimmten Tätigkeit ⇒ Änderung der individuellen Leistungsmotivation erforderlich



Die **Arbeitsgestaltung** orientiert sich an der **dualen Zielstellung**

Wirtschaftlichkeit ↔ Menschengerechtigkeit

und **beinhaltet:**



Gegenstände, Aufgaben und Vorgehen der Arbeitsgestaltung können in einem arbeitswissenschaftlichen Systemansatz dargestellt werden (vgl. nebenstehende Abbildung).

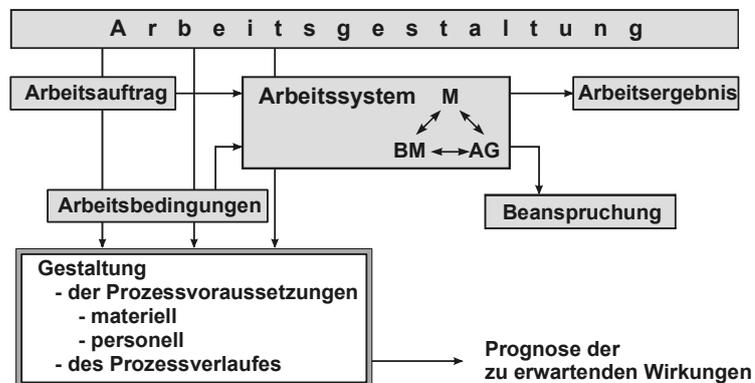


Abb. 7.10 System der Arbeitsgestaltung

**Wie muss die Arbeit in Bezug auf die menschliche Leistungsfähigkeit gestaltet sein?**

nach KIRCHNER, ROHMERT, HACKER

- Sie muss **ausführbar** sein. ⇒ **1. Stufe: Ausführbarkeit**

**Basis:** Grenzbelastung, Grenzmaße  
⇒ anthropometrisches, psycho-physiologisches Problem
- Sie muss **erträglich** sein. ⇒ **2. Stufe: Erträglichkeit**

Dauerhafte Gesundheitsschäden aus der Ausführung der Arbeit müssen ausgeschlossen sein.

**Basis:** Dauerleistungsgrenze  
⇒ arbeitsphysiologisch-arbeitsmedizinisches Problem
- Sie muss **zumutbar** sein. ⇒ **3. Stufe: Zumutbarkeit**

Fragestellung, ob eine Arbeit im Rahmen der gesellschaftlichen Bedingungen durch die betreffende Person selbst als zumutbar empfunden wird oder nicht

**Basis:** Niveau der gesellschaftlichen Entwicklung  
⇒ sozialpsychologisch-soziologisches Problem (soziale Angemessenheit)
- Sie soll die **Persönlichkeit** fördern. ⇒ **4. Stufe: Zufriedenheit**

Die Person soll mit ihrer Arbeit zufrieden sein.

**Basis:** subjektives Gefühl im Sinne der Individualpsychologie  
⇒ psychologisches Problem (Motivation)

Die Aktivitäten des Arbeitsingenieurwesens und der Ergonomie sind vorwiegend auf die Kriterien Ausführbarkeit und Erträglichkeit ausgerichtet. In der modernen Gesellschaft besitzt die Zufriedenheit der Menschen mit ihrer Arbeit große Bedeutung ⇒ Schlagworte: Motivation der Mitarbeiter, Umgang miteinander, Unternehmenskultur.

Die Forderungen an die Gestaltung der Arbeitsbedingungen müssen den wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen entsprechen. Mit dem **Begriff der angemessenen Arbeitsbedingungen** kann auch der Bezug zu landesspezifischen Besonderheiten hervorgehoben werden:

Als angemessen gelten solche Arbeitsbedingungen, die unter Beachtung der natürlichen (einschließlich der anthropologischen), sozialökonomischen Bedingungen und materiell-technischen Voraussetzungen die Möglichkeiten zur Gestaltung sicherer und erschwernisfreier Arbeitsbedingungen ausschöpfen und eine optimale gesellschaftliche und individuelle Effektivität der Arbeit gewährleisten.

## 7.3.2 Menschengerechte Gestaltung technischer Gebilde

### 7.3.2.1 Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen

Die materiell-technische Seite der Arbeitsumwelt wird neben den Stoffen durch

**technische Gebilde** realisiert:

- **Betriebsmittel** (Maschinen und Anlagen, Apparate, Geräte, Werkzeuge u. a.)
- **Arbeitsplätze**
- **Arbeitsgegenstände** (auch: Halbzeuge u. Zwischenprodukte, Bauwerke)

Bei der Gestaltung von Betriebsmitteln spielt die Betrachtung von „Mensch-Maschine-Systemen“ eine wichtige Rolle (vgl. Abb. 7.11).

Die in und mit Maschinen ablaufenden Prozesse, gekennzeichnet durch die Ein- (E) und Ausgänge (A), werden durch Störfaktoren beeinflusst. Der Operator hat die Aufgabe, den Prozess anhand bestimmter Bedienvorschriften und vorgegebener Sollwerte, die als Restriktionen seines Handelns aufzufassen sind, zu steuern. Dazu erhält er einerseits Informationen aus Wahrnehmungen und der direkten Beobachtung des Verhaltens der Maschine und der in ihr ablaufenden Prozesse (äußere Merkmale). Andererseits stehen ihm Daten aus Anzeigen zur Verfügung, die er auszuwerten hat. Er trifft nunmehr Entscheidungen, die zu bestimmten Bedienhandlungen führen. Über die Bedienelemente gibt er seine Entscheidungen als maschinenspezifische Informationen an die Maschine weiter und beeinflusst somit die ablaufenden Prozesse.

In den Anzeigen und Bedienelementen liegen die Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine. Sie besitzen arbeitswissenschaftliche Relevanz. Der in der Abbildung durch eine Strichlinie umrandete Bereich ist das Untersystem, das der Arbeitsgestaltung unterliegt.

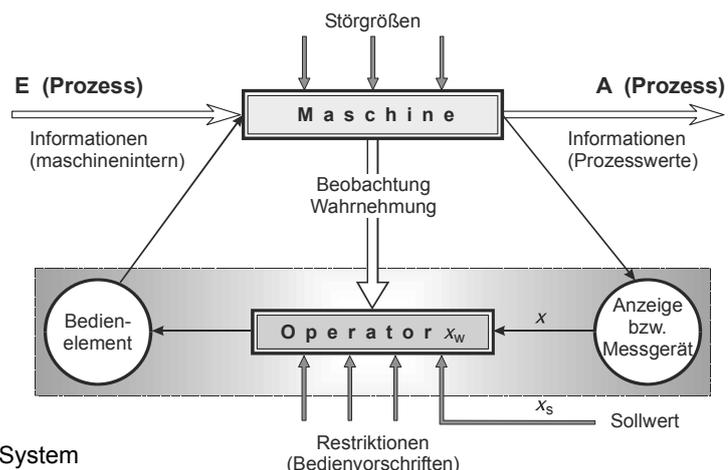


Abb. 7.11 Kybernetisches Mensch-Maschine-System

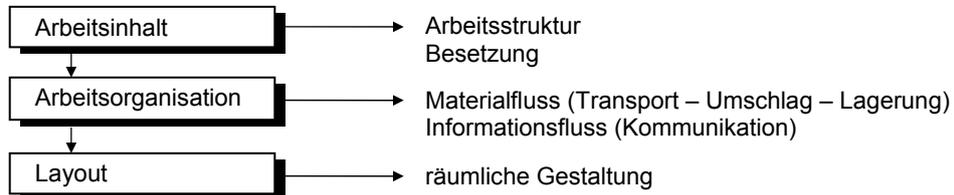
Die Beziehung zwischen den Stellteilen und den entsprechenden Anzeigen muss sinnfällig (erwartungskonform) gestaltet sein. Die Bewegungsrichtungen der Bedienelemente müssen den „natürlichen Erwartungen“ und Gewohnheiten der Menschen entsprechen. Nicht erwartungskonforme Stellteile oder Abläufe begünstigen Fehlhandlungen (vgl. Kap. 7.5.3). Deren Ursachen sind also nicht selten in einer falschen Produktgestaltung zu finden. Deshalb müssen diese Aspekte bei der Beschaffung von Betriebsmitteln und bei der Unterweisung der Mitarbeiter ausreichend Beachtung finden.

### 7.3.2.2 Gestaltung von Arbeitsplätzen

#### Arbeitsplatz

Als Arbeitsplatz wird der räumlich abgegrenzte Bereich im Arbeitssystem bezeichnet, in dem die Arbeitsaufgabe erfüllt wird (vgl. z. B. [7-10, S. 165]).

#### Gestaltungslogik:



#### Aspekte der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung:

- **anthropometrische**
  - **physiologische**
  - **bewegungstechnische**
  - **psychologische**
  - **informationstechnische**
  - **sicherheitstechnische**
- **Die anthropometrische Arbeitsplatzgestaltung** ist auf die optimale räumliche und förmliche Anpassung der Elemente des Arbeitsplatzes an die Körpermaße des Menschen gerichtet:
    - Stellung des menschlichen Körpers ⇒ Körperhaltung,
    - Bewegungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten ⇒ Platzverhältnisse und Erreichbarkeit.

Unter diesem Aspekt sind z. B. Bedienstellen, Arbeitsflächen, Stand- und Sitzflächen, Anzeigetableaus optimal anzuordnen und maßlich zu gestalten.

Hilfsmittel der anthropometrischen (und bewegungstechnischen) Arbeitsplatzgestaltung sind:

    - Somatographie (grafische Methode zur maßstäblichen Darstellung des menschlichen Körpers),
    - Zyklographie (fotografische Aufzeichnung der Bewegungsbahnen der Körperteile als Lichtspuren),
    - Motographie (Aufnahme der Bewegungsbahnen bei Tageslicht mit Infrarottechnik),
    - computergestützte Simulation und Methoden der virtuellen Realität.
  - **Die physiologische Arbeitsplatzgestaltung** bezweckt den belastungsoptimalen Einsatz der Körperfunktionen im Sinne der Arbeitsaufgabe unter Berücksichtigung der
    - erforderlichen Körperkräfte,
    - erforderlichen physischen menschlicher Arbeit (optimaler Wirkungsgrad),
    - Umgebungseinflüsse (Klima, Lärm, Beleuchtung ...).
  - **Bewegungstechnische Gesichtspunkte** sind vor allem für die Gestaltung vorwiegend manueller Bewegungsabläufe bedeutsam (⇒ Arbeitsmethodengestaltung). Ansätze dafür sind:
    - Bewegungsvereinfachung
      - = Erkennen und Abbauen schwieriger Bewegungselemente – vor allem durch die zweckmäßige Gestaltung und Anordnung der Arbeitsgegenstände und Betriebsmittel – um Ausführungszeit und Belastung des Menschen zu minimieren,
    - Bewegungsverdichtung
      - = Erhöhung der Intensität der Arbeitsausführung durch Optimierung des Arbeitsablaufes an einem Arbeitsplatz im Ganzen, z. B. mittels Beidhandarbeit, Beseitigung bzw. Verminderung unproduktiver Ablaufabschnitte oder Kopplung benachbarter Ablaufabschnitte,
    - Teilmechanisierung
      - = Untersetzung der ergonomischen Verbesserungen des Arbeitsablaufes, die aus dem Bewegungsstudium folgen, durch solche Betriebsmittel, die bei geringen Investitionskosten eine wesentliche Produktivitätssteigerung ermöglichen.

- **Die psychologische Arbeitsplatzgestaltung** dient der Schaffung angenehmer und motivierender Arbeitsbedingungen, z. B. durch:
  - Verbesserung der allgemeinen Umgebungsbedingungen (z. B. Grünpflanzen),
  - Musik (in gewissen Fällen stimulierend wirkend),
  - Kommunikation (mit Kollegen, mit der Außenwelt – z. B.: fensterlose Räume vermeiden),
  - optimale Farbgestaltung.
- **Die Arbeitsplatzgestaltung unter informationstechnischen Gesichtspunkten** ist auf den optimalen Informationsfluss zwischen den Menschen, Betriebsmitteln, Arbeitsgegenständen und der Arbeitsumgebung gerichtet (vgl. z. B. [7-7, S. 603], [7-9, S. 379] und beachte Kap. 7.3.2.1).

Mittel visueller Informationsdarbietung sind

- Anstriche (Farben),
- Schilder (Zeichen, Farben),
- Lichtzeichen,
- mechanische Zeichen (Semaphore),
- Anzeigen:
  - Bereichsanzeigen – zur qualitativen Erfassung von Messwerten (Zuständen),
  - Analoganzeigen – wegproportionale Darstellung zur Orientierung bzw. groben Messwerterfassung,
  - Digitalanzeigen – zahlenmäßige Darstellung von Messwerten mit vorgegebener Genauigkeit,
  - Bildschirm – Darstellung komplexer Informationen, Bilder, Schemata.
- **Die sicherheitstechnische Arbeitsgestaltung** umfasst alle konstruktiv und praktisch gestaltenden technischen Maßnahmen, die Schutz vor Gefahren bieten, die von technischen Arbeitsmitteln und Verfahren ausgehen können, Die Rangfolge der Maßnahmen zur Erzielung von Arbeitssicherheit entspricht dem Prinzip der sicheren Technik (vgl. Kap. 7.5.3), das u. a. unter Pos. 1.1.2 im Anhang 1 zur EU-Maschinenrichtlinie verankert ist [7-14]:
  1. Beseitigung oder Minimierung der Gefahren (Integration des Sicherheitskonzepts in die Entwicklung und den Bau der Maschine ⇒ eigensichere Konstruktionen),
  2. Ergreifen von Schutzmaßnahmen gegen nicht zu beseitigende Gefahren,
  3. Unterrichtung der Benutzer über die Restgefahren; Hinweis auf Verhaltensanforderungen, erforderliche Spezialausbildungen und die Verwendung persönlicher Schutzausrüstungen.

### 7.3.2.3 Gestaltung von Arbeitsgegenständen

Sinngemäß gelten die Grundlagen der Gestaltung von Arbeits- und Betriebsmitteln auch für die Gestaltung der Arbeitsgegenstände in allen Phasen ihrer Existenz. Diese müssen

- handhabbar,
- frei von schädigenden Einwirkungen auf Mensch und Umwelt,
- frei von Unfallgefahren

sein. Daraus folgen, zum Beispiel, folgende Gestaltungsaspekte:

- Einhaltung zulässiger Lasten bei der Handhabung,
- Angriffs- bzw. Anschlagpunkte,
- Standsicherheit bei Transport-, Umschlag und Lagerung.

### 7.3.3 Gestaltung der Prozesse in den Arbeitssystemen

An dieser Stelle erfolgt eine Beschränkung auf die Prozesse am Arbeitsplatz (also im Mikroarbeitssystem). Hier dominieren die arbeitswissenschaftlichen Aspekte (Arbeitsinhalt, Arbeitsmethoden, Arbeitsverfahren). Die globale Prozessgestaltung (im Makroarbeitssystem) wird u. a. im Rahmen der Baubetriebslehre behandelt.

Prozesse sind in ihrer

- kausalen (inhaltlichen),
- räumlichen,
- zeitlichen

Abhängigkeit zu sehen und zu gestalten.

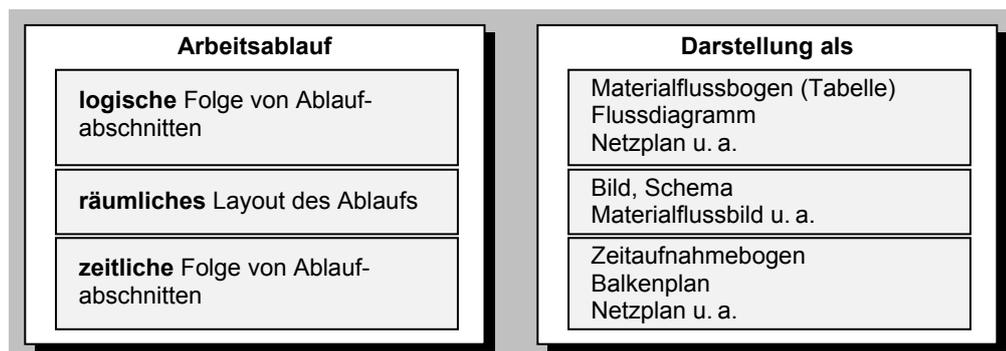
Im Arbeitsablauf wird erfasst,

- wo (z. B. in welcher Abteilung und an welchem Arbeitsplatz),
- wann (in welcher zeitlichen Aufeinanderfolge) und
- womit (z. B. mit welchen Menschen und Betriebsmitteln)

die Eingabe (z. B. ein Arbeitsgegenstand) gemäß der Arbeitsaufgabe verändert oder verwendet wird. Dabei stehen die Gliederung in Ablaufabschnitte und deren inhaltliche Ausgestaltung (Arbeitsverfahren, Arbeitsmethoden) in einem engen Zusammenhang.

- **Ablaufanalysen** dienen der Untersuchung des Arbeitsablaufs unter Berücksichtigung ausgewählter Teilaspekte.

Eine Analyse beinhaltet prinzipiell das Zerlegen, das Gliedern des Ganzen in seine Teile. In der nachfolgenden Übersicht sind (in Anlehnung an [7-9, S. 267]) drei Aspekte der Arbeitsablaufanalyse und die gebräuchlichen Darstellungsweisen bzw. Analysemethoden aufgeführt.



- Die **Ablaufgestaltung** (als arbeitswissenschaftliche Disziplin) dient (im Gegensatz zur Ablaufplanung, vgl. Kap. 6.4, S. 198ff) der Mikrogestaltung der Arbeitsprozesse.

REFA unterscheidet folgende Problemfelder der Arbeitsprozessgestaltung:

- Bewegungsablauf ⇒ Arbeitsmethodengestaltung,
- Arbeitsstruktur ⇒ organisatorische Arbeitsplatzgestaltung, Arbeitsstrukturierung,
- technologische Gestaltung und optimale Betriebsmittelnutzung ⇒ Mechanisierung.

### 7.3.4 Gestaltung der Arbeitszeit

Lage und Dauer der Arbeitszeit (Arbeitszeitregime) üben einen wesentlichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit und das Befinden des Menschen aus. Reglementierend wirken gesetzliche Grundlagen (vgl. 7.7.4, S. 282). Gegenwärtig ist ein Trend zur Flexibilisierung der Arbeitszeit zu verzeichnen.

Zu beachten sind die Unterschiede zwischen

- **Betriebszeit** (Zeit von Beginn bis Ende der betrieblichen Leistungserstellung),
- **Ansprechzeit** (Zeit, die für den Dienst am Kunden zur Verfügung steht),
- **Arbeitszeit** nach Arbeitszeitgesetz (ArbZG [7-16]):  
allgem. Grenzwerte:– max. 10 h/d
  - 60 h/Woche (Sonnabend gilt als Werktag)
  - 48 h/Woche (als durchschnittl. Arbeitszeit im maximal 6-monatigen Ausgleichszeitraum)

#### Formen der Arbeitszeit:

- nach der Dauer der Arbeitszeit:
  - Normal- bzw. Vollzeitbeschäftigung
  - Teilzeitarbeit
  - Mobilzeit (individuelle Zeitbudgets)
- nach der Lage bzw. Verteilung der Arbeitszeit:
  - feste Arbeitszeitregelung
  - gestaffelte Arbeitszeit
  - flexible (variable) Arbeitszeitregelung
  - Gleitzeit (einfache Gleitzeit/GZ mit Zeitausgleich)
  - kapazitätsorientierte variable Arbeitszeit
  - Partner-Teilzeitarbeit (Job sharing)

### 7.3.5 Bewertung von Arbeitssystemen

Das Bewerten von Arbeitssystemen erfolgt grundsätzlich in den Etappen

- Beschreiben der qualitativen Sachverhalte,
- Vergleichen mit Werten,
- Beurteilen des Wertevergleiches.

Jede Bewertung ist das Treffen einer eindeutigen absoluten oder graduierten Aussage in einem Vergleich anhand eines vorgegebenen Kriteriums, das einfach oder komplex sein kann.

#### Kriterien

Kriterien sind unterscheidende Merkmale oder Kennzeichen, die eine Aussage in Bezug auf einen bestimmten Sachverhalt (z. B. Zielfunktion) liefern. Es sind zu unterscheiden:

#### Gestaltungskriterien

Gestaltungskriterien beziehen sich auf die Erfüllung arbeitswissenschaftlichen Gestaltungsanforderungen, die bestimmte Wirkungen implizieren.

#### Wirkungskriterien

Wirkungskriterien beziehen sich auf die Bewertung prospektiv oder retrospektiv ermittelter Wirkungen.

Sie können auf technisch-wirtschaftliche Bedingungen (sachbezogene Kriterien) oder soziale Bedingungen (personenbezogene Kriterien) gerichtet sein. Anzuwenden sind sie im Sinne der

- Zulässigkeit (1. Stufe) ⇒ Variantenbildung,
- Präferenz (2. Stufe) ⇒ Variantenentscheid.

#### Kennzahlen

Kennzahlen verdeutlichen (als Verhältniszahlen) das Erreichen des in einem Kriterium formulierten Zieles; sie beinhalten den quantitativen Aspekt der durch Kriterien charakterisierten Qualität und sind das Ergebnis eines Vergleiches.

- **Gliederungszahlen** = Verhältnis eines Teiles zum Ganzen
- **Beziehungszahlen** = Verhältnis von Daten unterschiedlicher Art
- **Mess- oder Indexzahlen** = Verhältnis von Zahlen gleicher Maßeinheiten aus verschiedenen, meist gleich langen Perioden oder Zeiten

## 7.4 Grundbegriffe der technischen Arbeitshygiene

### 7.4.1 Überblick

Die im Arbeitssystem wirkenden Umwelteinflüsse können physikalischer, chemischer, biologischer oder sozialer Art sein. Die physikalischen Arbeitsfaktoren – Klima, Licht, elektromagnetische Strahlung, akustische Wellen und Schwingungen (Lärm, Ultraschall) sowie Schwingungen von Bewegungsgrößen (Vibrationen) – machen einen wesentlichen Anteil aus. Sie können den arbeitenden Menschen erheblich belasten, seine Leistungsfähigkeit herabsetzen und ihn krank machen.

Die Einhaltung der von der Arbeitsmedizin erarbeiteten und in aufbereiteter Form bereitgestellten Normen ist Voraussetzung für die Vermeidung arbeitsbedingter Erkrankungen. Die organisatorische und technische Realisierung dieser Normen (im Rahmen der technischen Arbeitshygiene) ist vor allem eine Ingenieuraufgabe. Es sind zu unterscheiden:

- **Arbeitshygiene**  
Als Teilgebiet der Arbeitsmedizin ist sie ein wissenschaftliches Arbeitsgebiet zur Analyse und Bewertung arbeitsbedingter Schad- und Belastungsfaktoren.
- **Technische Arbeitshygiene**  
Sie beinhaltet als Teilgebiet des Arbeitsschutzes die Gesamtheit organisatorischer Maßnahmen und hygienisch-technischer Mittel zum Ausschluss bzw. zur Minderung pathogener Arbeitsfaktoren.

Der Mensch unterliegt dem Einfluss der Arbeitsbedingungen aus seiner Arbeitsumwelt. Sie können als **Arbeitsfaktoren**  $AF_i$  beschrieben werden. Deren Wirkung ist über die entsprechenden **Arbeitsparameter**  $AP_{ij}$  erfassbar. Anhand des Vergleiches der vorhandenen (oder zu erwartenden) Werte  $AP_{ij\text{vorh}}$  mit den zulässigen  $AP_{ij\text{zul}}$  können die Arbeitsfaktoren zielgerichtet beeinflusst und gestaltet werden.

Die technische Arbeitshygiene arbeitet mit physiologischen Größen, die auf die Spezifik des Menschen zugeschnitten sind. Diese Arbeitsparameter – nach Möglichkeit immer nur ein bestimmender je Arbeitsfaktor – werden aus mehreren physikalischen Größen abgeleitet. Durch Gegenüberstellung der zulässigen und vorhandenen Werte erfolgt schließlich die Bewertung der Arbeitsfaktoren. Behandlung und Bewertung der Arbeitsfaktoren lassen sich am nebenstehenden Modell darstellen.

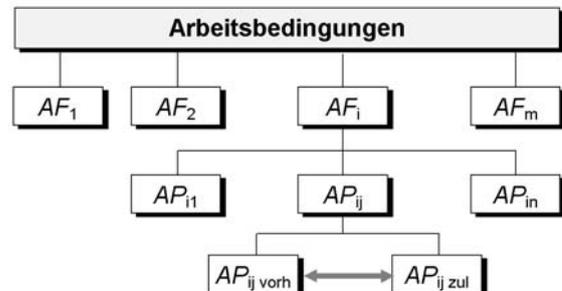


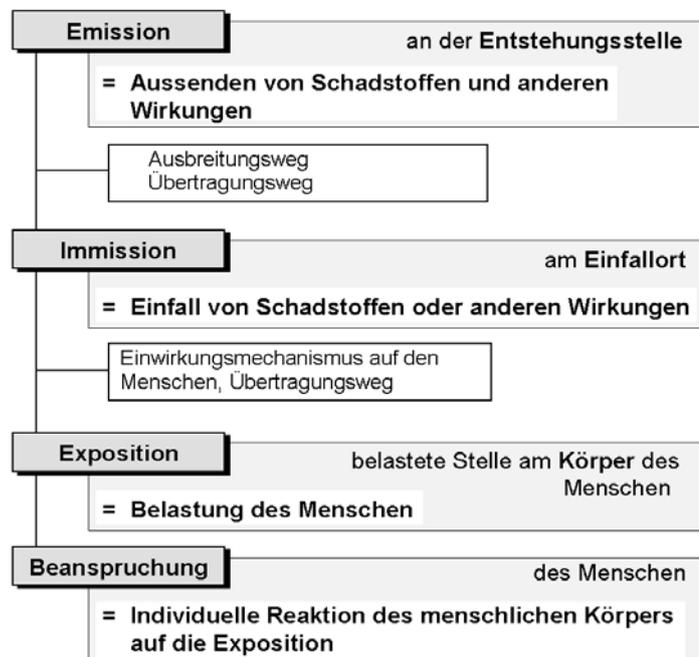
Abb. 7.12 Modell zur Erfassung und Bewertung der Arbeitsbedingungen

$AF_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) – Arbeitsfaktor  
 $AP_{ij}$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) – Arbeitsparameter für  $AF_i$

Die Belastung des Menschen aus der Arbeitsumgebung durch das Wirken physikalischer Arbeitsfaktoren kann, bei Überschreiten eines bestimmten Maßes, dessen Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit erheblich beeinträchtigen und sogar zu Erkrankungen führen. Vor allem Lärm und Vibrationen sind im Baugewerbe nach wie vor Ursachen von Berufskrankheiten. Die erhebliche Belastung von Bauarbeitern durch klimatische Einflüsse findet bisher noch keine ausreichende Beachtung.

Anliegen der technischen Arbeitshygiene ist der Schutz des Menschen vor unzulässiger Belastung durch die physikalischen Arbeitsfaktoren. Deshalb müssen die Bewertungskriterien der Beanspruchungscharakteristik des Menschen angepasst sein. Demnach folgt der Darstellung der physikalischen Sachverhalte stets die Bildung physiologischer Größen unter Beachtung arbeitsmedizinischer Erkenntnisse. Danach richten sich die Grenzwerte und Schutzmaßnahmen.

Abb. 7.13 Wirkschema der Arbeitsfaktoren



### 7.4.2 Klima am Arbeitsplatz

Das Klima am Arbeitsplatz (Mikroklima) wird durch die folgenden thermisch wirksamen Zustandsgrößen charakterisiert (vgl. DIN EN ISO 7726):

- Lufttemperatur  $t_a$  in °C
- Wärmestrahlung, nur indirekt messbar:
  - Oberflächentemperatur einer Strahlungsquelle  $t_S$  in °C
  - effektive Bestrahlungsstärke  $E_{\text{eff}}$  in  $W/m^2$
- Luftfeuchtigkeit  $U$  in %
- Luftgeschwindigkeit  $v_a$  in m/s

**Die Klimabewertung** beinhaltet den Vergleich der vorhandenen mit den zulässigen Klimabedingungen auf Basis der

- vier gemessenen Klimagrundgrößen  $t_a, t_S, U, v_a$ ,
- Arbeitsschwere bzw. Kategorie der Arbeit (Wärmeerzeugung),
- Arbeitsregime (Expositionsdauer),
- Isolationswert der Bekleidung (beeinflusst Wärmeaustausch).

In dem Bestreben, die Klimabewertung anhand eines einzigen Parameters vornehmen zu können, werden Klimaauswertemaße gebildet (vgl. DIN 33 403-03), wie:

- **Effektivtemperatur** nach YAGLOU

Die Effektivtemperatur ist eine integrale physiologische Größe und beschreibt das subjektive Empfinden eines Klimazustandes aus der Kombination von Lufttemperatur, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit.

$$ET = f_e(t_a, U, v_a) \quad \text{in } ^\circ\text{C}$$

- **Wet-Bulb-Globe-Temperatur** nach YAGLOU u. MINARD,

$$WBGT = 0,7 t_{nw} + 0,2 t_g + 0,1 t_a \quad \text{in } ^\circ\text{C} \quad \text{bei direkter Sonneneinstrahlung, außerhalb von Gebäuden}$$

$t_{nw}$  – Feuchtthermometertemperatur (natürlich belüftet)

$t_g$  – Kugeltemperatur (ermittelt mit dem Kugel-Thermometer, das Lufttemperatur, Temperaturstrahlung und Luftgeschwindigkeit erfasst und vor allem bei dominierender Wärmestrahlung Anwendung findet)

### 7.4.3 Beleuchtung am Arbeitsplatz

Bestehen keine ausreichenden Beleuchtungsverhältnisse, so ist nach gegenwärtigen Erkenntnissen das Entstehen arbeitsbedingter Erkrankungen zwar ausgeschlossen, aber

- kommt es zu Stress wegen der Schwierigkeit, qualitätsgerecht und effektiv zu arbeiten,
- ermüdet man schnell, z. B. wegen vorhandener Blendung oder mangelnder Helligkeit,
- bestehen erhöhte Unfallgefahren.

Um unfallfrei, ermüdungsarm und qualitätsgerecht arbeiten zu können, muss die Beleuchtungsanlage bestimmten ergonomischen Anforderungen genügen. Die wesentlichen sind nachfolgend dargestellt:

- Beleuchtungsstärke ( $\Rightarrow$  Beleuchtungsniveau)

Vorgegeben wird die Nennbeleuchtungsstärke  $E_n$ . Sie ist die mittlere Beleuchtungsstärke des Arbeitsbereiches, Arbeitsplatzes oder Verkehrsweges, für die die Beleuchtungseinrichtung entsprechend der Sehaufgabe (Größe der zu erkennenden Details, Kontrast zwischen Detail und Untergrund, Sehentfernung, Reflexion umliegender Flächen) ausgelegt ist. Sie bezieht sich auf den mittleren Alterungszustand der Beleuchtungseinrichtung (ehemalige Arbeitsstättenrichtlinie ASR 41/3).

So gilt z. B. für die Allgemeinbeleuchtung:	auf Umschlagplätzen	30 lx
	auf Lagerplätzen, Ladestraßen	15 lx
	bei Stahlbaumontagen, auf Baustellen	20 lx
	für ständig besetzte Arbeitsplätze	$\geq 200$ lx

- örtliche Gleichmäßigkeit
- Kontrast (Helligkeitsunterschiede aus der Differenz der Reflexionsgrade von Sehobjekt und Untergrund)
- Blendungsbegrenzung  $\Rightarrow$  Vermeidung von
  - Direkt- und Reflexblendungen
  - Infeld- und Umfeldblendungen
- Tageslichtanteil
- Lichtstropmpulsation (zur Vermeidung von Flimmererscheinungen und stroboskopischen Effekten)
- Lichtfarbe und Farbwiedergabe

### 7.4.4 Elektromagnetische Strahlung

Elektromagnetische Strahlung oder elektromagnetische Wellen sind Schwingungen elektrischer und magnetischer Felder, die sich im Raum unabhängig von einem Übertragungsmedium mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Elektromagnetische Strahlung kann sowohl natürlichen als auch künstlichen Ursprungs sein. Beachte z. B. [7-12].

**Ionisierende Strahlung** (Röntgen- u. Gammastrahlung) ist durch eine hohe Bewegungsenergie der Strahlungsteilchen, die in der absorbierenden Materie Ionen erzeugen ( $\Rightarrow$  Radioaktivität), gekennzeichnet.

„**Elektrosmog**“ ist ein Begriff für alle künstlich erzeugten elektrischen und magnetischen Felder, die dort entstehen, wo Spannung vorhanden ist bzw. Strom fließt.

**Niederfrequente Felder** induzieren im Körper Ströme, die die Sinnes-, Nerven- und Muskelzellen reizen können.

**Hochfrequente Felder** werden im Körper absorbiert und erwärmen ihn. Besonders gefährdet sind dabei schlecht durchblutete Körperteile, z.B. die Augen. Neben akuten Schäden, wie Verbrennungen, werden Langzeitfolgen diskutiert, z.B. erhöhtes Krebsrisiko, Einfluss auf den Hormonhaushalt, das Zellwachstum und das Immunsystem.

Die **Infrarotstrahlung** (langwellige Wärmestrahlung) kann zu Hautverbrennungen sowie thermischer Belastung des Organismus führen. Langzeiteinwirkung kann zur Trübung der Augenlinse (grauer Star) führen.

**UV-Strahlung** entsteht beim Lichtbogenschweißen und ist im Licht der Halogenlampen enthalten. Haupterscheinungsform auf Baustellen sind die UV-Anteile des Sonnenlichts. Akute Einwirkungen verursachen Hautrötungen, Bindehaut- und Hornhautentzündungen, langfristige Einwirkungen können zu vorzeitiger Hautalterung, zu Hautkrebsen und zur Trübung der Augenlinse (grauer Star) führen.

**Laserstrahlung** ist eine kohärente optische Strahlung. Die Schädigungsmechanismen gleichen denen der nicht kohärenten IR-, UV- und sichtbaren Strahlung, wobei die starke Bündelung zu einer örtlich sehr hohen Strahlungsintensität führt.

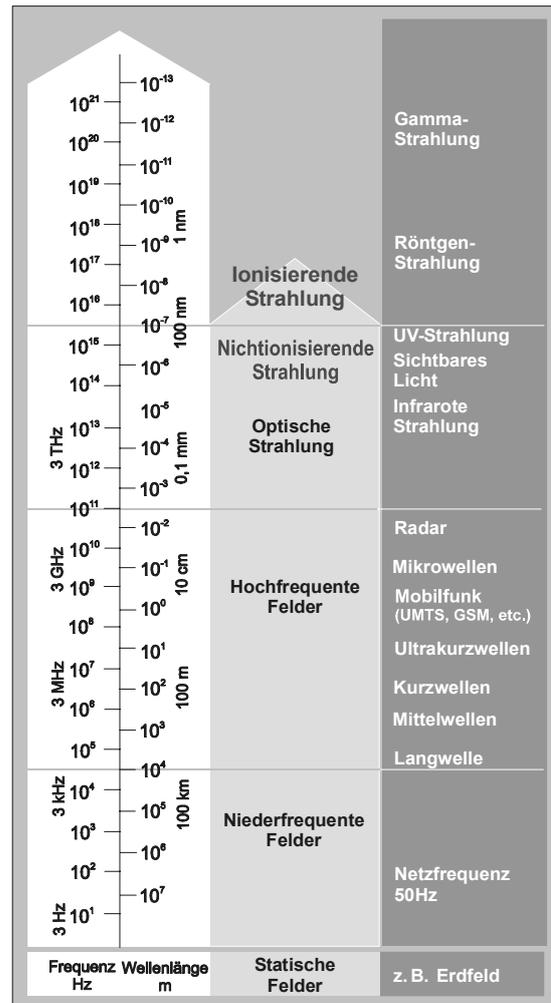
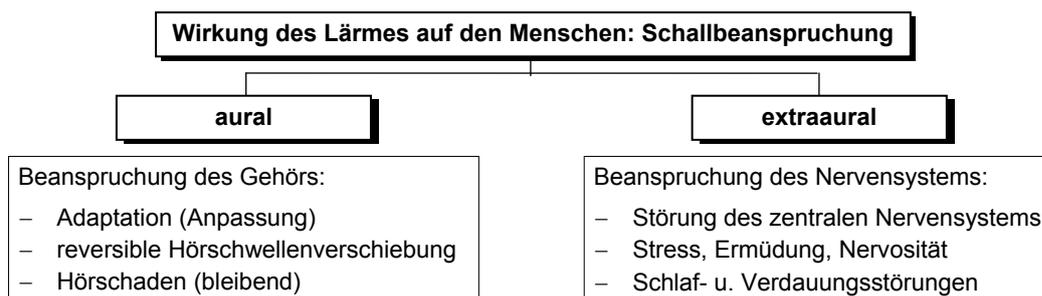


Abb. 7.14 Übersicht über die Arten von Strahlung (nach [7-12])

### 7.4.5 Lärm am Arbeitsplatz

Als **Lärm** werden Geräusche, Töne oder Klänge bezeichnet, die als störend, belästigend und unangenehm empfunden werden oder schädigend wirken können.



**Lärmgefährdung** ist gegeben bei

- möglichen Gesundheitsschäden
- Wahrnehmungsbeeinträchtigung
- Gefahr des Erschreckens

### Lärmmessung

Gegenstand der Lärmmessung ist der Schalldruck. Bei dessen Messung erfolgen Frequenzbewertung (Anpassung des Messergebnisses an die Hörcharakteristik des Ohres zur Überleitung der physikalischen in eine physiologische Größe) und Zeitbewertung (Einstellung der Anzeige- bzw. Messträgheit (Zeitkonstante  $\tau$ ) des Messgerätes). Die Darstellung des Schalldruckes erfolgt als Pegel (logarithmische Relativgröße nach GRAHAM BELL).

Der Mittelwert des Schalldruckpegels  $L$  über eine bestimmte Zeitdauer heißt Mittelungspegel  $L_m$  (DIN 45641). Wenn die Messdauer gegenüber der Zeitkonstante des Messgerätes hinreichend groß ist, so nennt man die Werte auch A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel  $L_{Aeq}$  (vgl. DIN 45645 T.1).

Der Gesamtpegel bei Überlagerung mehrerer Schallereignisse an einem Ort heißt Gesamtschalldruckpegel  $L_{ges}$

$$L_{ges} = 10 \lg \left( \sum_{j=1}^n 10^{0,1L_j} \right) \quad \text{dB(A)}$$

Die rechnerische Näherung kann durch paarweise Pegeladdition erfolgen:

$$L_{ges} = L_1 + \Delta L$$

$L_1 - L_2$	0 ... 1	2 ... 3	4 ... 9	10 ...
$\Delta L$	3	2	1	0

$L_1$  – höherer Pegel, falls beide Pegel unterschiedlich sind

$\Delta L$  – Pegelzuschlag zum höheren Pegel

### Beurteilung der Lärmwirkung auf den Menschen

Der Beurteilungspegel (nach DIN 45645-2) kennzeichnet die Wirkung des Lärms auf das Ohr. Er ist das Maß für die durchschnittliche Geräuschimmission während der Beurteilungszeit  $T_r = 8$  h und wird aus dem äquivalenten Dauerschallpegel abgeleitet.

$$L_r = L_{Aeq} + K_I + K_T + 10 \lg \frac{T}{T_r}$$

$L_{Aeq,j}$  – energieäquivalenter Dauerschallpegel im Zeitabschnitt  $T_j$

Der energieäquivalente Dauerschallpegel  $L_{Aeq,j}$  ist ein konstanter Schalldruckpegel mit der selben angenommenen Wirkung auf den Menschen wie ein zeitlich schwankender (realer) Pegel mit der gleichen Einwirkungsdauer (energetische Äquivalenz). Er ist die integrale arbeitshygienische Basisgröße für die Lärmbeurteilung und kann mit integrierenden Messgeräten (mit der Zeitbewertung SLOW) direkt ermittelt werden.

$K_I$  – Impulszuschlag (bei starker Impulshaltigkeit des Lärmes)

$K_T$  – Tonzuschlag (wenn sich ein Einzelton deutlich hörbar heraushebt)

$T$  – Schichtdauer

$T_j$  – Teilzeit, in der Schall als konstant (als Mittelungspegel) angenommen wird

Beachte auch: VDI-Richtlinie 2058-2 „Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung“; Ausg. 07/1988

### Grenzwerte und gesetzliche Regelungen

- Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen (Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung – LärmVibrationsArbSchV) vom 6. März 2007
  - unterer Auslösewert:  $L_r = 80$  dB(A),  $L_{peak} = 135$  dB(C)
    - Information und Unterweisung der Beschäftigten
    - Angebot der arbeitsmedizinischen Vorsorge (nach BGV A4)
    - Pflicht zur Bereitstellung von Gehörschutzmitteln
  - oberer Auslösewert:  $L_r = 85$  dB(A),  $L_{peak} = 137$  dB(C):
    - Pflicht zur Kennzeichnung des Lärmbereiches
    - Pflicht zur Benutzung von Gehörschutzmitteln
    - Lärminderungsprogramme, arbeitsmedizinischen Vorsorge (nach BGV A4)
- 32. BImSchV: Geräte und Maschinenlärmschutzverordnung
- Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen

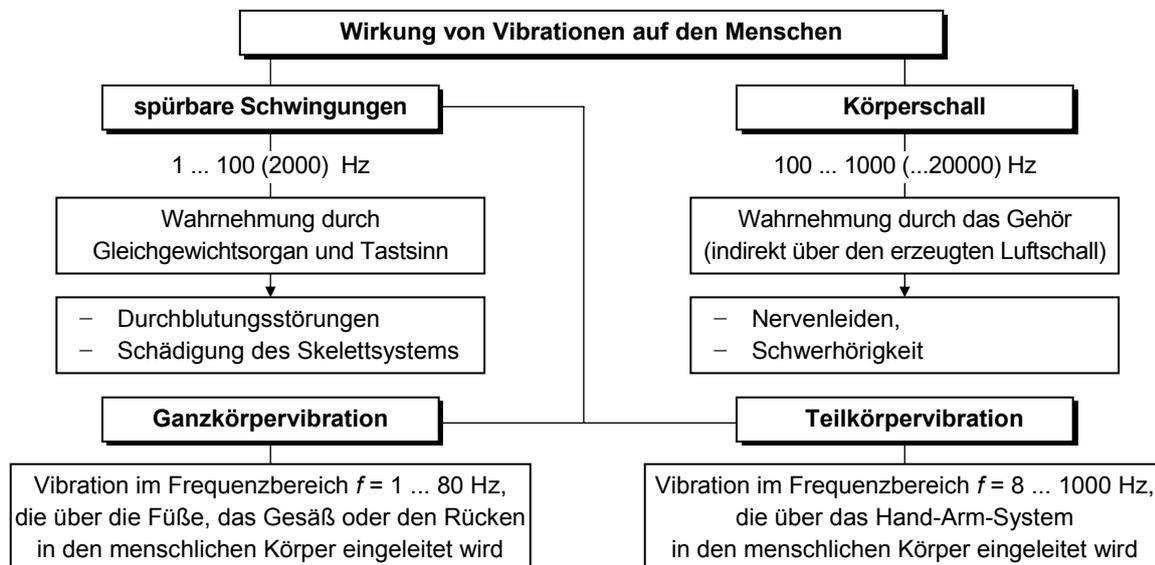
### Technischer Lärmschutz

- **primär:** Reduzierung der Schallentstehung (konstruktiv, technologisch, organisatorisch)
- **sekundär:** akustische Maßnahmen (Schalldämmung, -dämpfung, -absorption)
- **tertiär:** individuelle und organisatorische Maßnahmen (Gehörschutzmittel, Arbeitsplatzwechsel)

### 7.4.6 Vibrationen am Arbeitsplatz

Die Schwingung von Bewegungsgrößen bezeichnet man als Vibration. Die wichtigsten Parameter für die Beschreibung von Vibrationen sind:

- Schwingungsbeschleunigung  $a$
- Schwingungsfrequenz (Spektrum)  $f$
- Schwingungsrichtung
- Einwirkungsdauer  $t$
- Einleitungsstelle



Bei der **Messung** werden die Daten aus dem Beschleunigungsaufnehmer verstärkt, durch einen Bewertungsfilter, der die Schwingungsempfindlichkeit des menschlichen Körpers berücksichtigt, geleitet und Effektivwerte gebildet.

Arbeitshygienische **Beurteilungsgröße** ist gemäß VDI-Richtlinie 2057 „Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen“ der auf einen 8-stündigen Arbeitstag bezogene energieäquivalente Effektivwert der frequenzbewerteten Schwingungsbeschleunigung  $a_{w(8)}$  an der Berührungsstelle.

$$a_{w(8)} = a_w \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad a_w = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n a_{wi}^2 \cdot T_i}$$

$T$  – tatsächliche Einwirkungsdauer in h

$T_0$  – Bezugsdauer,  $T_0 = 8$  h

$a_w$  – Effektivwert der frequenzbewerteten Schwingungsbeschleunigung in  $m/s^2$

$i$  – Index der Belastungsabschnitte mit gleichen Parametern

Für Ganzkörperschwingungen gilt der Wert in der vertikalen (z) Richtung, für Hand-Arm-Schwingungen das quadratische Mittel über alle drei Schwingungsrichtungen. Sowohl für Knochen- und Gelenkerkrankungen des Hand-Arm-Systems als auch für Durchblutungsstörungen der Hände erfolgt die Abschätzung des Gesundheitsrisikos in zwei Stufen: nach der täglichen Schwingungsbelastung und nach andauernden Schwingungsbelastungen, die zu chronischen Erkrankungen führen können. Die tägliche Belastungsgröße ist Grundlage für die Prävention.

#### Maßnahmen des Schwingungsschutzes

- **primär** = Schwingungsvermeidung durch konstruktive (Kompensation von Massekräften), technologische (Reduzierung von Geschwindigkeiten, Optimierung von Werkzeugen), organisatorische Maßnahmen (Auswahl schwingungsarmer Maschinen)
- **sekundär** = Verminderung der Wirkung von Schwingungen durch aktive und passive Schwingungsisolierung, Abstimmung des schwingenden Systems zur Vermeidung von Resonanzerscheinungen
- **tertiär** = individuelle und organisatorische Maßnahmen (Schwingungsschutzhandschuhe, Trennung Mensch und Maschine, Minimierung der Expositionsdauer, belastungsarmes Arbeitsregime)

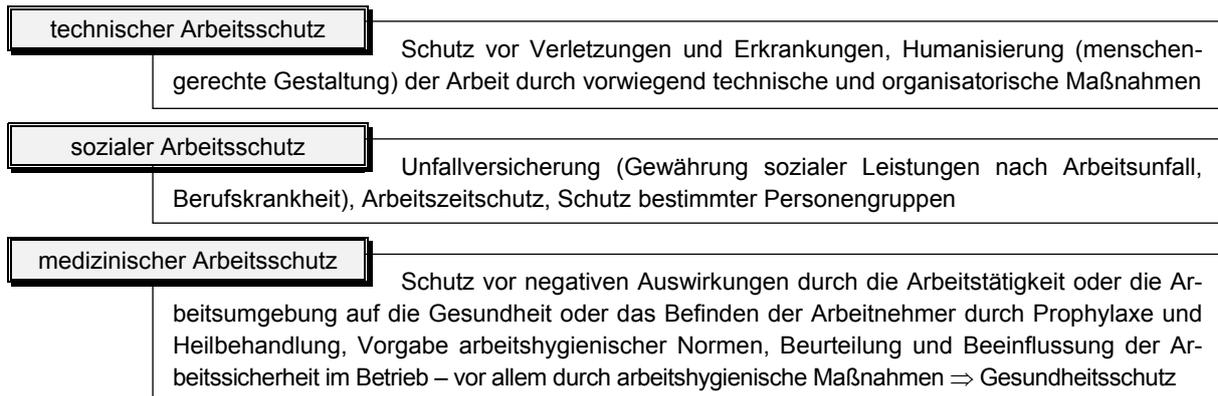
## 7.5 Allgemeine Grundlagen des Arbeitsschutzes

### 7.5.1 Begriff und sozialökonomische Einordnung

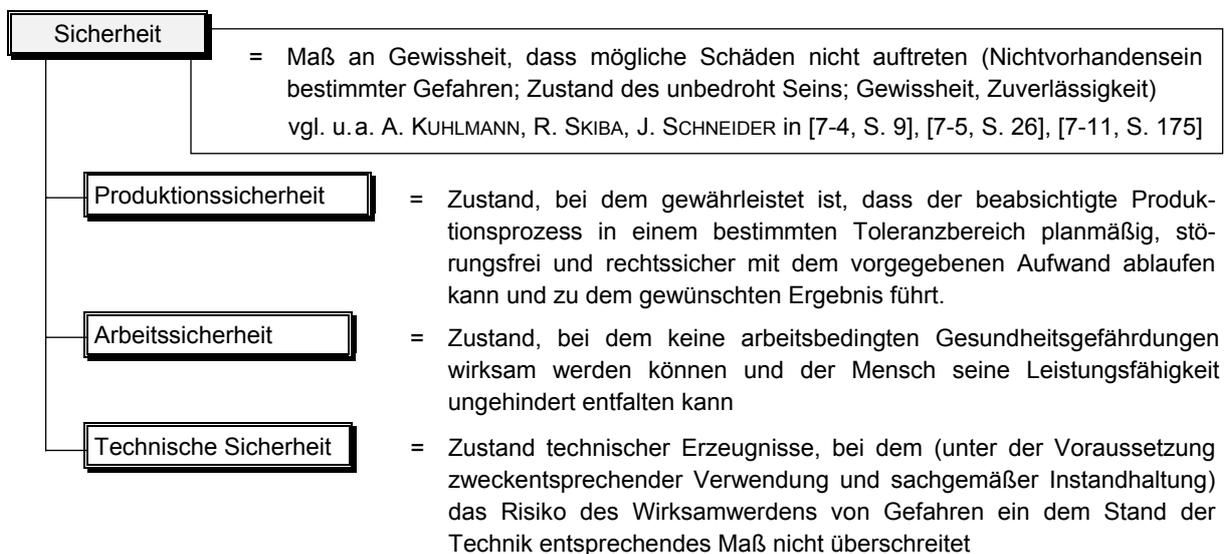
Arbeitsschutz dient der Bewahrung des Menschen vor Gefahren und Beeinträchtigungen in Verbindung mit seiner Berufsarbeit. Das **Ziel** des Arbeitsschutzes liegt darin, die Gesundheit des Menschen im Berufsleben zu erhalten und seine Leistungsfähigkeit zu fördern, seine Arbeit weitgehend technisch und sozial abzusichern. Arbeitsschutz beinhaltet alle Maßnahmen, die der Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit dienen sollen. Aus einem umfassenden Verständnis heraus zählt dazu

- die Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren
- einschließlich der menschengerechteren Gestaltung der Arbeit<sup>34</sup>.

Man untergliedert den Arbeitsschutz organisatorisch, also hinsichtlich der Zuständigkeiten, in drei Bereichen:



### 7.5.2 Arbeitssicherheit im Produktionsprozess

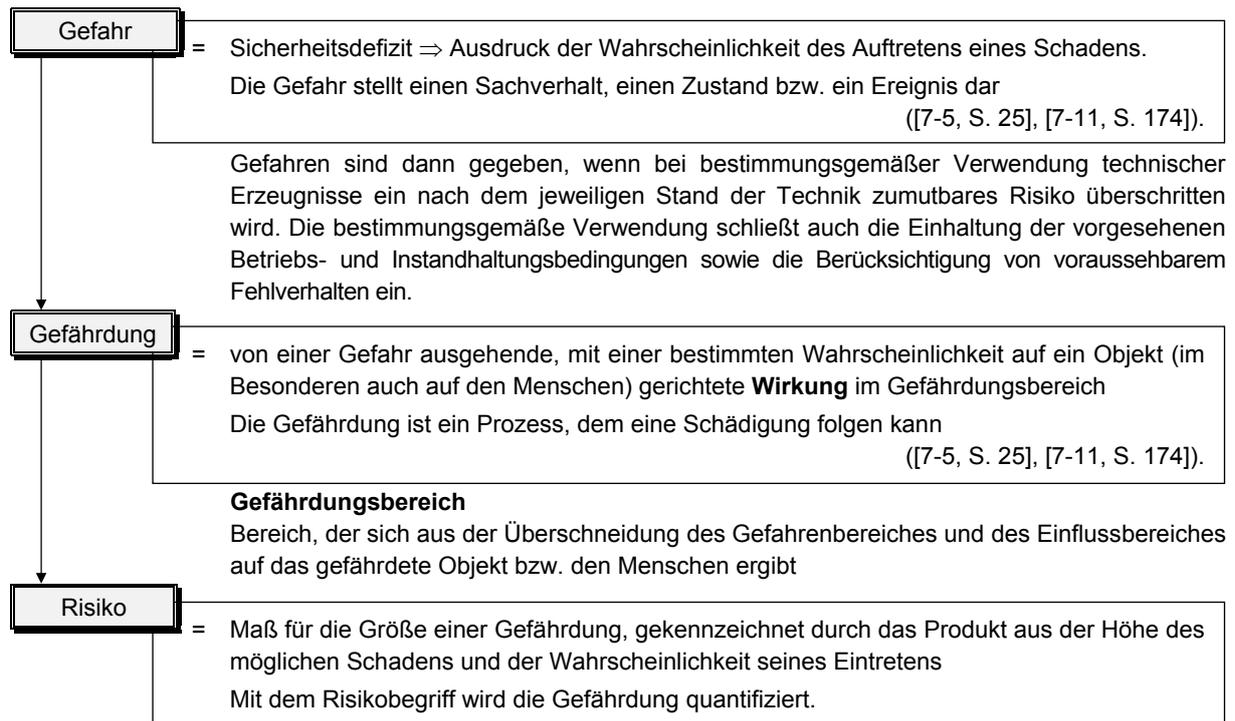


Es ist immer nur ein bestimmtes, hinreichend genau feststellbares und demzufolge auch kontrollierbares Niveau der Arbeitssicherheit erreichbar. Dieses Niveau trägt einen bedingten Charakter, da es von der Erfüllung bestimmter Voraussetzungen, die oft auch subjektiv geprägt sind, abhängt. Es wird durch

- den arbeitshygienischen Zustand,
- das Wirken von Unfallfaktoren,
- die technische Sicherheit und
- Qualifikation und Motivation der Mitarbeiter

<sup>34</sup> Definition der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (<http://www.baua.de/part/arsch.htm> vom 10. 11. 2004)

bestimmt. Das Verhalten der Menschen kommt zumeist vermittelt durch die ersten drei Kriterien zum Tragen, denn **Technik und die Arbeitsbedingungen sind in erster Linie Resultate menschlichen Handelns.**



Viele Arbeitsfaktoren sind mit Gefahren verbunden. Ist (bei Anwesenheit von Menschen oder Sachwerten) eine Gefährdung gegeben, so ist also mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit  $P(A)$  eine Schädigung, das Eintreten eines Schadensfalls, möglich.

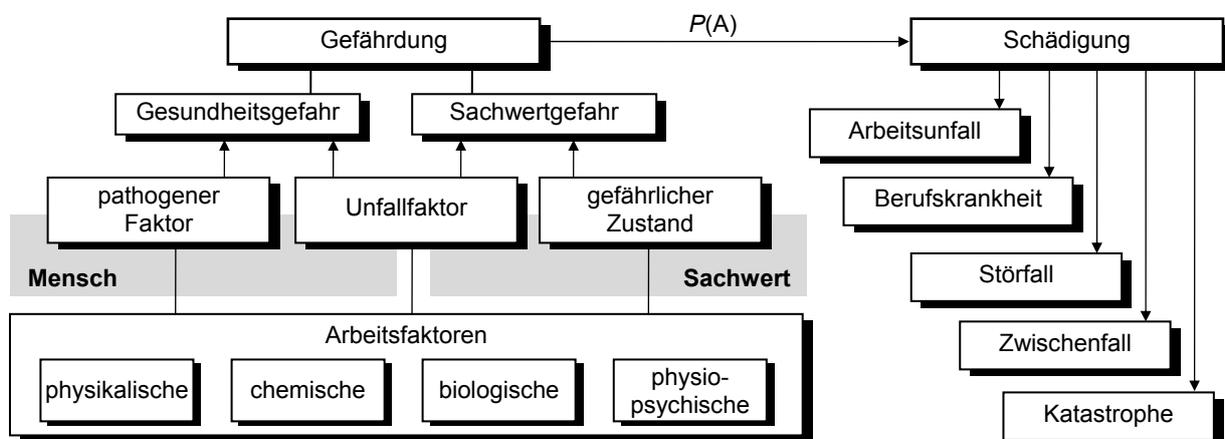


Abb. 7.15 Überblick über Gefahren und Schadensfälle im Arbeitsschutz:

- **arbeitsbedingter Unfallfaktor** (Einflussfaktor, der unter bestimmten Bedingungen zu einem Arbeitsunfall führen kann)
- **pathogener Arbeitsfaktor** (Einflussfaktor, der unter bestimmten Bedingungen zu Berufskrankheiten oder anderen Erkrankungen führen kann)
- **gefährlicher Zustand** (liegt beim Über- oder Unterschreiten vorgeschriebener Grenzwerte vor  $\Rightarrow$  Gefahrenfall)
- **Störfall** (unvorhergesehenes Ereignis, bei dem nicht von vornherein auszuschließen ist, dass ein Gefahrenfall vorliegt [7-4, S. 9])
- **Arbeitsunfall, Berufskrankheit** (werden unter Kap. 7.6.3 als Versicherungsfälle definiert)
- **Zwischenfall** („gestörter Betrieb“ in einem technischen System [7-4, S. 9])
- **Katastrophe** (folgeschweres natürliches oder technisches Ereignis, in der Regel überörtlichen Ausmaßes, dessen Folgen nur durch den koordinierten Einsatz von Kräften und technischen Mitteln beseitigt bzw. gemindert werden können)

### 7.5.3 Der „subjektive Faktor“ im Arbeitsschutz

Jeder Mensch ist in seiner Individualität „subjektiv“; er reflektiert die Wirklichkeit auf eine ganz besondere Weise. Und nach diesem Abbild handelt er. Der „subjektive Faktor“ ist an die einzelne Arbeitsperson gebunden. Deshalb wird – als Gegenpol zu den (mehr „objektiven“) technischen und organisatorischen Bedingungen – auch der Begriff „personengebundener Faktor“ verwendet.

Unfälle folgen meistens aus Fehlhandlungen. Handelt ein Mitarbeiter falsch, so liegt das also oft entweder daran, dass er sich – im weitesten Sinne – an falschen Zielen oder Denkmustern orientiert hat oder – bei richtiger Zielsetzung – nicht in der Lage war, richtig zu handeln. Deshalb widmet man den personengebundenen Faktoren sowohl in Unfalluntersuchungen als auch bei der Prävention verstärkte Aufmerksamkeit.

Der arbeitende Mensch ist nicht einfach Arbeitskraft „AK“! Er ist immer eine Persönlichkeit, die fühlt und denkt. Er ist durchaus vergesslich und kann nur eine begrenzte Menge an Informationen gleichzeitig aufnehmen. Aus Verärgerung kann er unbedacht handeln, aber – angespornt durch Freude und Anerkennung – auch Bestleistungen vollbringen. Menschliche Leistungsfähigkeit und Motivation sind durch Besonderheiten gekennzeichnet, die alle Entscheidungsträger kennen und berücksichtigen müssen.

**Motivation** (vgl. [7-1, S. 162]) drückt sich in der Bereitschaft aus, eine Handlung oder ein Verhalten zu zeigen, von dem sich der Betreffende eine Bedürfnisbefriedigung (Motivbefriedigung) verspricht. Motivation betrifft demnach die Frage, wie Verhalten aktiviert oder beibehalten wird.

Motive sind einzelne, isolierte Beweggründe menschlichen Verhaltens und werden auch Bedürfnis, Erwartung, Wunsch, Trieb, Drang oder Streben genannt.

Motivation ist nicht nur individuell geprägt. Sie ist auch abhängig von Bedingungen, unter denen ein Mensch lebt. Die Zusammenhänge zwischen Motivation, Leistung und Zufriedenheit sind recht kompliziert (Verhaltensforschung).

Die Frage danach, warum und wozu ein Mensch ganz bestimmte Handlungen begeht, ist unter den modernen Wirtschaftsbedingungen von großer Bedeutung. Auch im Arbeitsschutz und bei der Arbeitsgestaltung bieten Untersuchungen zur Klärung der Motivation wichtige Entscheidungsgrundsätze. Deshalb sollte sich jeder Ingenieur, dem Menschen unterstellt sein werden, auch mit Fragen der Motivation befassen.

- Die **Antriebsregulation** bestimmt, welche Handlung ausgeführt wird. Sie wird u. a. durch die Motivation, die Einstellung zur Einhaltung von Geboten, Verboten und Disziplin beeinflusst.
- Die **Ausführungsregulation** bringt Handeln in Übereinstimmung mit den Handlungserfordernissen. Voraussetzungen dafür sind vor allem Wissen, Fertigkeiten (aus Training) sowie Handlungsstereotype.

Abb. 7.16 Fehlhandlung des Menschen

Eine Fehlhandlung liegt dann vor, wenn Handlungsabsicht und Handlungsergebnis nicht in notwendigem Maße übereinstimmen.

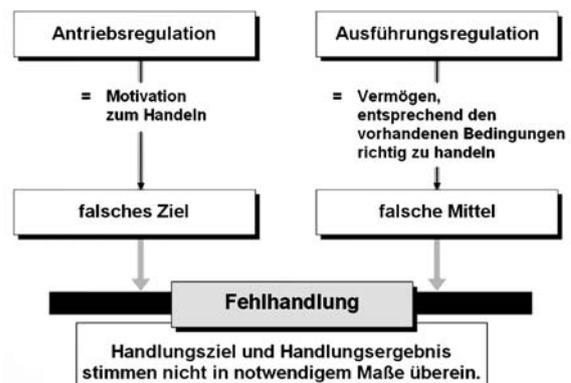
Fehlhandlungen folgen aus Unkenntnis, Nachlässigkeit oder Fahrlässigkeit, aus dem Nichteinhalten spezieller Verhaltensregeln.

Wesentlich für das Vermeiden von Fehlhandlungen sind drei Schritte:

- Informationen gewinnen und richtig aufbereiten,
- Menschen zum richtigen Handeln befähigen,
- umfassende Kontrolle über das richtige Handeln ausüben.

In der Praxis werden zwei Richtungen verfolgt, um Fehlhandlungen zu vermeiden:

- Der Einfluss von Fehlhandlungen wird durch sichere Technik (Arbeitsmittel und Verfahren) so weit wie möglich reduziert ⇒ Zurückdrängen subjektiver Einflüsse, Ausschluss von Fehlhandlungen durch Ergonomie.
- Der Mensch wird motiviert, geschult und trainiert, um richtig handeln zu können, und die Arbeitsbedingungen sind menschengerecht, also nach modernen ergonomischen Erkenntnissen, zu gestalten ⇒ besondere Beachtung des subjektiven Faktors.



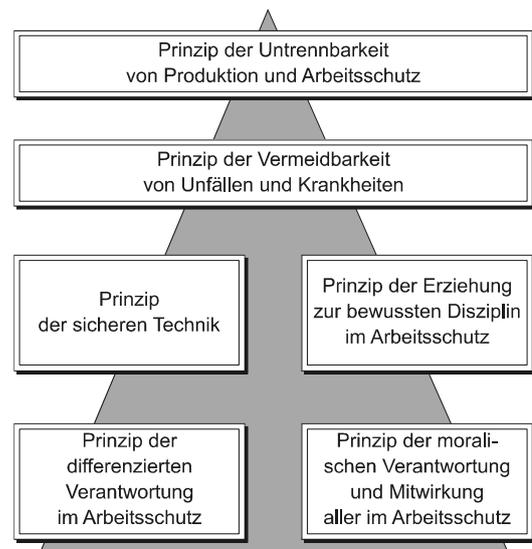
### 7.5.4 Arbeitsschutzprinzipien

Die Prinzipien des Arbeitsschutzes sind ein **System gesellschaftspolitischer Grundsätze** der Tätigkeit im Arbeitsschutz (nach TIETZE, GNIZA). Sie finden ihren Niederschlag in

- gesetzlichen Regelungen,
- Regeln der Technik, anerkannten sicherheitstechnischen Regeln und gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen
- betrieblichen Weisungen,
- konstruktiven, technologischen, organisatorischen und erzieherischen Maßnahmen.

Sie stehen in einem logischen Zusammenhang und bedingen sich gegenseitig:

Abb. 7.17 Die sechs Prinzipien des Arbeitsschutzes



Nach dem **Prinzip der Untrennbarkeit von Produktion und Arbeitsschutz** sind alle den Arbeitsprozess betreffenden Entscheidungen unter Berücksichtigung des Schutzes und der Förderung von Gesundheit und Leistungsfähigkeit des Menschen zu treffen. Dieses Prinzip impliziert Planmäßigkeit und systematisches Arbeiten.

- ⇒ Steigerung der Arbeitsproduktivität ohne Berücksichtigung des Arbeitsschutzes widerspricht humanistischen Grundregeln und führt zu Gefahren für Gesundheit und Leistungsfähigkeit des Menschen im Arbeitsprozess
- ⇒ Arbeitsschutzmaßnahmen dürfen nicht unnötig leistungshemmend wirken oder zu zusätzlichen Arbeiterschwernissen führen:
  - Unternehmer lehnt Maßnahmen ab (Wirtschaftlichkeit)
  - Arbeitnehmer umgehen Maßnahmen oder machen AS-Einrichtungen wirkungslos

Dem **Prinzip der Vermeidbarkeit von Unfällen und Krankheiten** liegt die Kausalität zwischen Ursache und Wirkung zugrunde. Daraus erwächst logischerweise die Forderung nach Ursachenforschung und Beseitigung der Ursachen für Unfälle und Krankheiten.

Der Arbeitsschutz hat auch die gesellschaftlichen Einflüsse auf das Krankheits- und Unfallgeschehen zu untersuchen ⇒ Wertung des „subjektiven Faktors“. Wichtig ist die Erziehung des Menschen zu einer positiven Grundeinstellung zum Arbeitsschutz, damit er bereit ist, die notwendigen Erkenntnisse zu erlangen und sie auch umzusetzen.

Nach dem **Prinzip der sicheren Technik** sollen Arbeitsmittel und Arbeitsverfahren von vornherein frei von Gefahren sein. Erst nach Ausschöpfen aller Möglichkeiten zur Gefahrenbeseitigung und -abwehr mit technischen Mitteln ist es gerechtfertigt, Forderungen an das Verhalten des Menschen zu stellen:

- Technik an sich muss sicher sein,
- keine zusätzlichen Forderungen an den Menschen zur Gewährleistung der Arbeitssicherheit stellen,
- auch bei Fehlhandlungen dürfen keine Gefährdungen auftreten,
- optimale Gestaltung der Arbeitsbedingungen zur Vermeidung von mittelbar wirksam werdenden Faktoren, die die Arbeitssicherheit beeinträchtigen können.

⇒ „**Erst Sicherheit schaffen, dann Vorsicht fordern!**“ ⇐

Nach dem **Prinzip der Erziehung zur bewussten Disziplin im Arbeitsschutz** sollen die Arbeitsschutzbestimmungen von allen Mitarbeitern bewusst und freiwillig, aus der auf Wissen und Verständnis beruhenden Einsicht in die Notwendigkeit und die erlangte Überzeugung von der Vermeidbarkeit von Unfällen und Krankheiten, eingehalten werden.

Das **Prinzip der differenzierten Verantwortung im Arbeitsschutz** besagt, dass Unternehmer, Vorgesetzte und die anderen Arbeitnehmer in Abhängigkeit von ihrer Stellung auch im Arbeitsschutz unterschiedliche Kompetenz und Verantwortung besitzen und diese ausschöpfen sollen.

Nach dem **Prinzip der moralischen Verantwortung und Mitwirkung aller** im Arbeitsschutz besteht die moralische Verpflichtung jedes am Arbeitsprozess Beteiligten, aktiv bei der Erhaltung und Förderung der eigenen Gesundheit, der Gesundheit seiner Mitmenschen und dem Schutz der Sachwerte mitzuwirken.

## 7.6 Die Forderungen des Arbeitsschutzes

### 7.6.1 Das Erheben von Forderungen

#### 7.6.1.1 Grundsätzliches

Einerseits können Forderungen an die Gewährleistung von Arbeitssicherheit nur im Rahmen des gegebenen Erkenntnistandes und der vorhandenen oder realisierbaren technisch-ökonomischen Möglichkeiten erhoben werden. Ansonsten sind sie illusorisch und bedingen deren Negation in der Praxis bzw. deren bewusstes Umgehen – ein Problem bliebe nur theoretisch oder administrativ gelöst. Andererseits sind diese Forderungen immer sozialökonomisch determiniert und tragen somit einen gesellschaftspolitischen Charakter.

Jeder Unternehmer handelt bei der Erfüllung der Forderungen des Arbeitsschutzes im Spannungsfeld von

- wirtschaftlicher Effizienz und
- sozialem Anspruch.

Selbstverständlich liegt in dem geltenden Arbeitsschutzrechtssystem ein gewichtiges Handlungsregulativ. Dieses Rechtssystem ist Ergebnis eines langfristigen und widersprüchlichen Entwicklungsprozesses in dem oben genannten Spannungsfeld. Es ist hierarchisch strukturiert. Auch für den Arbeitsschutz liegt die nationale rechtliche Basis im Grundgesetz. Insgesamt ist das Arbeitsschutzrecht in das Recht der Europäischen Union eingebettet.

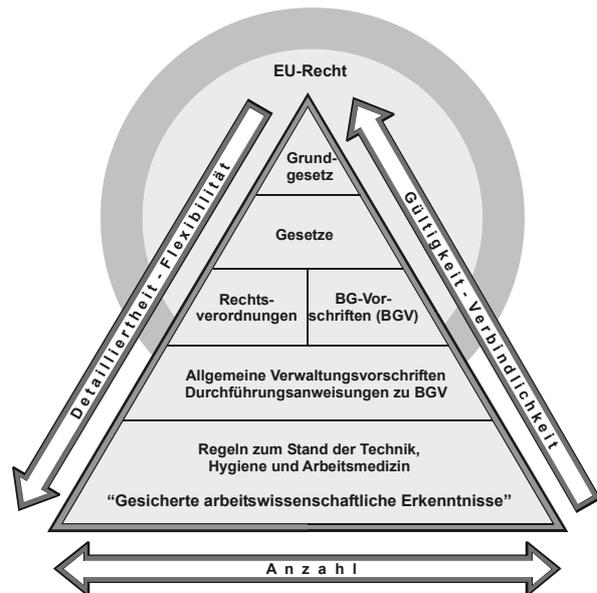


Abb. 7.18 Rechtsstruktur im Arbeitsschutz, eingebettet in das EU-Recht

#### Grundgesetz

„Jeder hat das Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit“ (Art. 2 (2)).

#### Gesetze

regeln ein bestimmtes Gebiet umfassend und werden durch mehrere Verordnungen oder Vorschriften unteretzt.

Für den Arbeitsschutz relevante Gesetze sind in den folgenden Kapiteln aufgeführt.

Es ist darauf achten, dass mit den aktuell gültigen Fassungen der Gesetze und Vorschriften gearbeitet wird, die leicht im Internet abrufbar sind (z. B. <http://bundesrecht.juris.de/>).

Das deutsche Arbeitsschutzrecht wird, vor allem im Zusammenhang mit der Harmonisierung europäischer Vorschriften, zunehmend internationalisiert. Deshalb spielt das Recht der Europäischen Union eine wichtige Rolle und wird nachfolgend (siehe S. 273) kurz behandelt.

#### Rechtsverordnungen und berufsgenossenschaftliche Vorschriften

Gesetze werden in der Regel durch mehrere (staatliche) Verordnungen oder Vorschriften der Berufsgenossenschaften unteretzt. Sie sind nicht so umfassend wie ein Gesetz, aber konkreter, und regeln jeweils immer nur ein Teilgebiet.

##### Verordnungen des Bundes

- z. B.:
- Arbeitsstättenverordnung
  - VO über Berufskrankheiten
  - Gefahrstoff-Verordnung

##### Vorschriften der Berufsgenossenschaften

- BG-Vorschriften (BGV)
- BG-Regeln (BGR)
- BG-Informationen (BGI)

**Regeln und Erkenntnisse**

Der Staat sieht vor sich die Aufgabe gestellt, dynamische Technik und starre Rechtsvorschriften miteinander in Einklang zu bringen. Deshalb gibt es ergänzend

**Sicherheitstechnische Normen**

Sicherheitstechnische Normen werden von den in der BRD bestehenden Normenorganisationen (insbesondere Deutsches Institut für Normung – DIN – und Verband Deutscher Elektrotechniker – VDE) erstellt und enthalten allgemein anerkannte Regeln der Technik<sup>35</sup>

**Technische Regeln und Richtlinien des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales**

Diese Regeln enthalten anerkannte Regeln der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene. Allgemein anerkannte Regeln der Technik und der Sicherheitstechnik müssen sich in der Praxis bewährt haben und von der Mehrheit der Fachleute anerkannt sein. Sie werden als solche im Anhang des Gerätesicherheitsgesetzes genannt (vgl. Kap. 7.7.2).

**Gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse**

Gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse dienen der Ausfüllung von Rechtsvorschriften, haben jedoch mehr empfehlenden Charakter.

**Generalklauseln**

Generalklauseln in staatlichen Verordnungen als auch in berufsgenossenschaftlichen Vorschriften verpflichten den Arbeitgeber zur Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene, es sei denn, dass er das damit erreichte Sicherheitsniveau auf andere Weise gewährleisten kann.

**7.6.1.2 Grundlagen des EU-Rechts**

Gemäß Artikel 3b des EG-Vertrages [7-15] nehmen im Sinne des Subsidiaritätsprinzips die übergeordneten gesellschaftlichen Einheiten (Gemeinschaftsorgane) nur solche Aufgaben wahr, zu deren Wahrnehmung untergeordnete Einheiten (einzelne Mitgliedstaaten) nicht in der Lage sind. Dementsprechend unterschiedlich sind die EG-Rechtsmittel.

Tab. 7.1: Überblick über die EG-Rechtsmittel

<b>EG - Rechtsmittel</b>	
v e r b i n d l i c h	u n v e r b i n d l i c h
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verordnungen ⇒ unmittelbar geltendes Recht</li> <li>• Richtlinien ⇒ Mindestforderungen, die in nationales Recht umzusetzen sind</li> <li>• Entscheidungen des Europäischen Gerichtshofes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empfehlungen</li> <li>• Stellungnahmen</li> <li>• Leitlinien ⇒ werden in Verwaltungsvorschriften und technische Regeln umgesetzt</li> </ul>

<sup>35</sup> „Anerkannte Regeln der Technik“ bedürfen der schriftlichen Fixierung und beinhalten technische Festlegungen, deren Inhalt von der Mehrheit der Fachleute als zutreffende Beschreibung des Standes der Technik zum Zeitpunkt der Veröffentlichung anerkannt wird. Dies ist bei solchen technischen Festlegungen zu vermuten, die nach einem Verfahren zustande gekommen sind, das allen betroffenen Fachkreisen die Möglichkeit zur Mitwirkung bietet.

Nach einem BGH-Urteil stellen die anerkannten Regeln der Technik die Summe der im Bauwesen anerkannten wissenschaftlichen, technischen und handwerklichen Erfahrungen dar, die durchweg bekannt und als richtig sowie notwendig anerkannt sind (<http://www.akh.de/recht/u9805-03.htm>, Abruf vom 5.12.2002).

Nicht maßgeblich (nach diesem BGH-Urteil) für die anerkannten Regeln der Technik sind öffentlich-rechtlich festgelegte Anforderungen sowie DIN-Normen, die nämlich keine Rechtsnormen sondern lediglich private technische Regelungen mit Empfehlungscharakter darstellen. DIN-Normen können die anerkannten Regeln der Technik wiedergeben aber auch hinter diesen zurück bleiben.

Die Europäische Union betreibt die Rechtsangleichung der Mitgliedstaaten in erster Linie in Form von Richtlinien, die der Rat der Europäischen Gemeinschaften auf Vorschlag der Kommission erlässt. Die Richtlinien werden den gesetzgebenden Körperschaften in den einzelnen Mitgliedstaaten zur Umsetzung in nationales Recht zugeleitet. Sie sind für jeden Mitgliedstaat, an den sie gerichtet werden, hinsichtlich des zu erreichenden Ziels verbindlich. Den innerstaatlichen Stellen ist jedoch die Wahl der Form und der Mittel überlassen.

Der EG-Vertrag sieht zwei Richtliniengruppen vor, die den unterschiedlichen Anforderungen an die Arbeits- und Sozialpolitik sowie an die Handelspolitik entsprechen sollen:

- „**Binnenmarkt-Richtlinien**“ nach Artikel 95 des EG-Vertrages zur Schaffung eines einheitlichen Binnenmarktes durch Beseitigung von Handelshemmnissen,
- „**Sozialrichtlinien**“ nach Artikel 137, die Mindestanforderungen zur Verbesserung der Arbeitsumwelt, für den besseren Gesundheitsschutz der Beschäftigten und ein höheres Sicherheitsniveau enthalten.

	<b>Binnenmarkt-Richtlinien</b> nach Artikel 94 u. 95 EG-Vertrag	<b>Sozialrichtlinien</b> nach Artikel 137 EG-Vertrag
regeln	die Produktbeschaffenheit, z. B. Anforderungen an Maschinen und Anlagen	die Arbeitsumwelt, d. h. insbesondere den Gesundheitsschutz bei der Arbeit
mit der Zielstellung beinhalten	Produktsicherheit	Schutz der Beschäftigten
also	die totale Rechtsangleichung zur Beseitigung technischer Handelshemmnisse	Mindestregelungen zur schrittweisen Verbesserung der Arbeitssicherheit
	verbindliche Vorgaben, die in nationales Recht umgesetzt werden müssen	Mindestvorschriften, die bei der Umsetzung in nationales Recht ergänzt werden können

Die Richtlinien und Normen werden im EU-Amtsblatt veröffentlicht. Der gesamte Bestand ist im Internet gut recherchierbar (<http://eur-lex.europa.eu/>, letzter Abruf vom 23. 9. 2008).

Die EG-Richtlinien müssen in nationales Recht umgesetzt werden (Harmonisierung). Unabhängig davon können sie aber direkt geltendes Recht sein,

- wenn sie zugunsten des Verbrauchers wirken,
- wenn deren Aussagen hinreichend genau sind.

Mit der europäischen Normung durch die Normungsgremien CEN<sup>36</sup> und CENELEC<sup>37</sup> sollen vor allem die Richtlinien gemäß Artikel 95 EG-Vertrag durch anerkannte technische Lösungen ausgefüllt werden. Die europäischen Normen sind grundsätzlich unverbindlich, können aber als harmonisierte Normen eine Konformitätsvermutung, d. h. die Erfüllung der Anforderungen von Teilen oder der gesamten betroffenen Richtlinien, darstellen.

### 7.6.1.3 Arbeitsschutzrecht in Deutschland

Das Arbeitsschutzrecht in Deutschland ist dual aufgebaut. Einerseits gibt es das staatliche Arbeitsschutzrecht, das sechs Hauptgruppen umfasst:

- Grundpflichten der Unternehmer und Beschäftigten: ArbSchG, ArbStättV, ASiG, SGB VII, BetrVG
- Maschinen-, Geräte- und Anlagenrecht (Beschaffenheit, Herstellung, Inverkehrbringen): GPSG, BetrSichV
- Arbeitsstättenrecht: ArbStättV
- Stoffrecht: ChemG, GefStoffV, BioStoffV
- Schutz bestimmter Personengruppen: JArbSchG, MuSchG, SchwBG
- Arbeitszeitregelungen: ArbZG

Andererseits bestehen Körperschaften des öffentlichen Rechts, denen auf der Grundlage des siebten Sozialgesetzbuches Unfallversicherungsträgerschaft übertragen wurde und die ein spezielles Unfallverhütungsrecht als autonomes Recht pflegen (vgl. Kap. 7.6.1.8).

Darüber hinaus gibt es Übereinkünfte zum Arbeitsschutz in Tarifverträgen und Betriebsvereinbarungen, die als privates Recht gelten.

<sup>36</sup> Normungsgremium der technischen europäischen Normung (Comité Européen de Normalisation)

<sup>37</sup> Normungsgremium der elektrotechnischen europäischen Normung (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique)

#### 7.6.1.4 Das Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG

Das Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG [7-19] ist das Grundgesetz des Arbeitsschutzes und Ermächtigungsgrundlage für die Umsetzung entsprechender EG-Richtlinien in deutsches Recht. Das ArbSchG enthält die Grundpflichten der Arbeitgeber und Beschäftigten und es gilt in allen Betrieben und Verwaltungen. Das Gesetz besteht aus fünf Abschnitten:

- Abschnitt 1 Allgemeine Vorschriften
- Abschnitt 2 Pflichten der Arbeitgeber
- Abschnitt 3 Pflichten und Rechte der Beschäftigten
- Abschnitt 4 Verordnungsermächtigungen
- Abschnitt 5 Schlussvorschriften

**Auszüge aus dem ArbSchG** (es gilt der Wortlaut des Originals):

##### „§ 3 Grundpflichten des Arbeitgebers

(1) Der Arbeitgeber ist verpflichtet, die erforderlichen Maßnahmen des Arbeitsschutzes unter Berücksichtigung der Umstände zu treffen, die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit beeinflussen. Er hat die Maßnahmen auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen und erforderlichenfalls sich ändernden Gegebenheiten anzupassen. Dabei hat er eine Verbesserung von Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten anzustreben.

(2) Zur Planung und Durchführung der Maßnahmen nach Absatz 1 hat der Arbeitgeber unter Berücksichtigung der Art der Tätigkeiten und der Zahl der Beschäftigten

1. für eine geeignete Organisation zu sorgen und die erforderlichen Mittel bereitzustellen sowie
2. Vorkehrungen zu treffen, dass die Maßnahmen erforderlichenfalls bei allen Tätigkeiten und eingebunden in die betrieblichen Führungsstrukturen beachtet werden und die Beschäftigten ihren Mitwirkungspflichten nachkommen können.

##### § 4 Allgemeine Grundsätze

Der Arbeitgeber hat bei Maßnahmen des Arbeitsschutzes von folgenden allgemeinen Grundsätzen auszugehen:

1. Die Arbeit ist so zu gestalten, dass eine Gefährdung für Leben und Gesundheit möglichst vermieden und die verbleibende Gefährdung möglichst gering gehalten wird;
2. Gefahren sind an ihrer Quelle zu bekämpfen;
3. bei den Maßnahmen sind der Stand von Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse zu berücksichtigen;
4. Maßnahmen sind mit dem Ziel zu planen, Technik, Arbeitsorganisation, sonstige Arbeitsbedingungen, soziale Beziehungen und Einfluss der Umwelt auf den Arbeitsplatz sachgerecht zu verknüpfen;
5. individuelle Schutzmaßnahmen sind nachrangig zu anderen Maßnahmen;
6. spezielle Gefahren für besonders schutzbedürftige Beschäftigtengruppen sind zu berücksichtigen;
7. den Beschäftigten sind geeignete Anweisungen zu erteilen;
8. mittelbar oder unmittelbar geschlechtsspezifisch wirkende Regelungen sind nur zulässig, wenn dies aus biologischen Gründen zwingend geboten ist...

##### § 15 Pflichten der Beschäftigten

(1) Die Beschäftigten sind verpflichtet, nach ihren Möglichkeiten sowie gemäß der Unterweisung und Weisung des Arbeitgebers für ihre Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit Sorge zu tragen. Entsprechend Satz 1 haben die Beschäftigten auch für die Sicherheit und Gesundheit der Personen zu sorgen, die von ihren Handlungen oder Unterlassungen bei der Arbeit betroffen sind.

(2) Im Rahmen des Absatzes 1 haben die Beschäftigten insbesondere Maschinen, Geräte, Werkzeuge, Arbeitsstoffe, Transportmittel und sonstige Arbeitsmittel sowie Schutzvorrichtungen und die ihnen zur Verfügung gestellte persönliche Schutzausrüstung bestimmungsgemäß zu verwenden.

##### § 16 Besondere Unterstützungspflichten

(1) Die Beschäftigten haben dem Arbeitgeber oder dem zuständigen Vorgesetzten jede von ihnen festgestellte unmittelbare erhebliche Gefahr für die Sicherheit und Gesundheit sowie jeden an den Schutzsystemen festgestellten Defekt unverzüglich zu melden.

(2) Die Beschäftigten haben ... den Arbeitgeber darin zu unterstützen, die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Arbeit zu gewährleisten und seine Pflichten entsprechend den behördlichen Auflagen zu erfüllen...

## § 17 Rechte der Beschäftigten

(1) Die Beschäftigten sind berechtigt, dem Arbeitgeber Vorschläge zu allen Fragen der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der Arbeit zu machen...

(2) Sind Beschäftigte auf Grund konkreter Anhaltspunkte der Auffassung, dass die vom Arbeitgeber getroffenen Maßnahmen und bereitgestellten Mittel nicht ausreichen, um die Sicherheit und den Gesundheitsschutz bei der Arbeit zu gewährleisten, und hilft der Arbeitgeber darauf gerichteten Beschwerden von Beschäftigten nicht ab, können sich diese an die zuständige Behörde wenden. Hierdurch dürfen den Beschäftigten keine Nachteile entstehen.“

Zudem enthält das Gesetz Verordnungsermächtigungen zur Umsetzung weiterer EG-Arbeitsschutz-Richtlinien, insbesondere der verschiedenen Einzelrichtlinien zur Rahmenrichtlinie Arbeitsschutz, wie Einzelrichtlinien für

- Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV) [7-20]
- Baustellen (Baustellenverordnung – BaustellV) [7-21]
- Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln, Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) [7-22]
- Bildschirmarbeit (Bildschirmarbeitsverordnung – BildscharbV) [7-23]
- Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen (PSA-Benutzungsverordnung – PSA-BV) [7-24]
- Schutz vor biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung – BioStoffV) [7-25]
- Heben und Tragen von Lasten (Lastenhandhabungsverordnung – LasthandhabV) [7-26]
- Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) [7-27]
- Arbeiten in Druckluft (Druckluftverordnung)

Vorschriften allein schaffen keine Sicherheit. Deshalb wird im ArbSchG auf den guten Willen und den Sachverstand aller Beteiligten bei der Gewährleistung von Arbeitssicherheit gesetzt. Im Gesetz sind nur Schutzziele und allgemein gehaltene Anforderungen formuliert, die viel Spielraum für Maßnahmen entsprechend den speziellen Bedingungen der Betroffenen lassen. Vorbeugung wird als wichtige Pflicht des Arbeitgebers betont. Aber auch jeder Arbeitnehmer ist verpflichtet, seinen Beitrag zum Arbeitsschutz zu leisten. Dazu gehören das konsequent arbeitsschutzgerechte Verhalten und die Mitwirkung bei der Verbesserung des Sicherheitsniveaus durch Meldung von Gefahren und Unterbreiten von Vorschlägen.

### 7.6.1.5 Betriebsverfassungsgesetz – BetrVG [7-17]

Das Betriebsverfassungsgesetz regelt die Rechtsbeziehungen zwischen dem Unternehmer und den Betriebsangehörigen, vertreten durch den Betriebsrat, in dessen Zuständigkeitsbereich auch Fragen der Arbeitssicherheit fallen.

Der Betriebsrat hat in Bezug auf die Arbeitssicherheit:

- Informationsrecht ⇒ § 80 (2), § 89 (2),
- Überwachungspflicht ⇒ § 80 (1, Pos. 1) – Durchführung der Unfallverhütungsvorschriften,
- Beantragungspflicht (von Maßnahmen) ⇒ § 80 (1, Pos. 2),
- Mitbestimmungsrecht ⇒ § 87 (1),
- Unterstützungspflicht ⇒ § 80 (1, Pos. 9), § 89 (1),
- Möglichkeit zur Herbeiführung von Betriebsvereinbarungen über zusätzliche Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen und Gesundheitsschädigungen ⇒ § 88.

Analoge Aussagen sind im Personalvertretungsgesetz für Angestellte enthalten.

### 7.6.1.6 Geräte- und Produktsicherheitsgesetz und Betriebssicherheitsverordnung

Mit dem Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (GPSG) [7-28] und der 9. Verordnung zum GPSG [7-29] wurde die Maschinen-Richtlinie 98/37/EG [7-14] (einschl. Anhänge) in Recht der BRD umgesetzt (harmonisiertes Recht). Im GPSG sind die allgemeinen Anforderungen an eine sicherheitsgerechte Konstruktion festgelegt. Es gilt für das Inverkehrbringen und Ausstellen so genannter technischer Arbeitsmittel aber auch für den privaten Gebrauch bestimmter Verbraucherprodukte und ist an die Hersteller, Importeure und Händler gerichtet (vgl. Kap. 7.7.2).

Die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) [7-22] gilt für Bereitstellung von Arbeitsmitteln durch Arbeitgeber sowie für die Benutzung von Arbeitsmitteln durch Beschäftigte bei der Arbeit. Mit ihr erfolgte zum einen die EG-konforme Neuordnung des Betriebs- und Anlagensicherheitsrechts – die so genannten überwachungsbedürftigen Anlagen sind jetzt den Arbeitsmitteln gleichgestellt. Zudem wurde mit der Verordnung auch der Nichtraucher-schutz am Arbeitsplatz durch eine Änderung der Arbeitsstättenverordnung umgesetzt. Damit werden die Nichtraucher am Arbeitsplatz vor Gesundheitsgefährdungen durch Tabakrauch (Passivrauchen) geschützt.

### 7.6.1.7 Die Baustellenverordnung – BaustellV [7-21]

Mit dieser Verordnung wurde die Richtlinie 52/57/EWG „über die auf zeitlich begrenzte oder ortsveränderliche Baustellen anzuwendenden Mindestvorschriften für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz“ (**EU-Baustellenrichtlinie**) vom 27. Juni 1992 in deutsches Recht umgesetzt. Sie dient der wesentlichen Verbesserung von Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten auf Baustellen (§ 1 (1) BaustellV), indem vor allem die Bauherren stärker für die Belange des Arbeitsschutzes in die Pflicht genommen werden. In der BaustellV sind die Pflichten der Bauherren, der Sicherheits- und Gesundheitsschutz-Koordinatoren, der Arbeitgeber und sonstigen Personen festgeschrieben. Wesentlich sind drei Grundpflichten des Bauherrn:

- **Vorankündigung**

Gemäß § 2 (2) BaustellV ist für jede Baustelle, bei der

1. die voraussichtliche Dauer der Arbeiten mehr als 30 Arbeitstage beträgt und auf der mehr als 20 Beschäftigte gleichzeitig tätig werden, oder
2. der Umfang der Arbeiten voraussichtlich 500 Personentage überschreitet,

der zuständigen Behörde spätestens zwei Wochen vor Einrichtung der Baustelle eine Vorankündigung mit Angaben gem. Anhang I BaustellV zu übermitteln.

Die Vorankündigung ist auf der Baustelle auszuhängen und Änderungen anzupassen.

- **Erstellung eines Sicherheits- und Gesundheitsschutzplanes**

Gemäß § 2 (3) BaustellV ist für eine Baustelle, auf der Beschäftigte mehrerer Arbeitgeber tätig werden, eine Vorankündigung zu übermitteln war oder besonders gefährliche Arbeiten nach Anhang II BaustellV ausgeführt werden, dafür zu sorgen, dass vor Einrichtung der Baustelle ein Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan (SiGe-Plan) erstellt wird. Der Plan muss die für die betreffende Baustelle anzuwendenden Arbeitsschutzbestimmungen erkennen lassen und besondere Maßnahmen für die besonders gefährlichen Arbeiten nach Anhang II enthalten.

- **Koordinierung**

Gemäß § 3 (1) BaustellV sind für Baustellen, auf denen Beschäftigte mehrerer Arbeitgeber tätig werden, ein oder mehrere geeignete Koordinatoren zu bestellen. Der Bauherr selbst oder der von ihm beauftragte Dritte kann die Aufgaben des Koordinators wahrnehmen.

Obwohl durch Einsatz eines Sicherheits- und Gesundheitsschutz-Koordinators zusätzliche Kosten in Höhe von etwa 0,3 ... 1,0 % der Baukosten entstehen, sind durch geringere Unfall- und Störungskosten, bessere Abstimmung und gemeinsame Nutzung von Bauhilfsmitteln Einsparungen zu erwarten. Der erhöhte Aufwand wird auch durch den Zwang zur Auseinandersetzung mit dem Arbeitsschutz-Regelwerk verursacht.

### 7.6.1.8 Regelwerk der gesetzlichen Unfallversicherung

Die Träger der gesetzlichen Unfallversicherung erlassen Vorschriften und Regeln, die sie ihren Mitgliedsunternehmen zur Verfügung stellen, für die sie verbindlich sind. Im Internet können diese aus verschiedenen Datenbanken abgerufen werden (z. B.: <http://www.arbeitssicherheit.de/>; <http://www.infopool-bau.de/>).

Zu unterscheiden sind:

- **Berufsgenossenschaftlichen Vorschriften (BGV)**

Die so genannten Unfallverhütungsvorschriften nach § 15 SGB VII benennen Schutzziele sowie branchen- oder verfahrensspezifische Forderungen an den Arbeits- und Gesundheitsschutz und besitzen rechtsverbindlichen Charakter.

- **Berufsgenossenschaftliche Regeln (BGR)**

Die allgemein anerkannten Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz konkretisieren oder erläutern staatliche Arbeitsschutzvorschriften bzw. Unfallverhütungsvorschriften oder enthalten Lösungen, die der Verbesserung von Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit dienen.

- **BG-Informationen (BGI)**

Die berufsgenossenschaftlichen Informationen enthalten Hinweise und Empfehlungen, die die praktische Anwendung von Regelungen zu einem bestimmten Sachgebiet oder Sachverhalt erleichtern sollen.

- **Berufsgenossenschaftliche Grundsätze (BGG)**

BGGen sind Maßstäbe in bestimmten Verfahrensfragen, für die Prüfung von technischen Arbeitsmitteln oder arbeitsmedizinische Vorsorge.

## 7.6.2 Die Durchsetzung der Forderungen

Die Durchsetzung der Forderungen des Arbeitsschutzes erfolgt durch die so genannten Beteiligten am Arbeitsschutz – von außen: Aufsichtsdienste – und von innen: innerbetrieblicher Arbeitsschutz:

### Aufsichtsdienste

⇒ duales System der Aufsichtsdienste

#### Staatliche Gewerbeaufsicht

Die Gewerbeaufsicht ist für den Gesundheitsschutz der Beschäftigten am Arbeitsplatz aber auch für den Verbraucherschutz zuständig. Sie überprüft die Betriebe und Arbeitsplätze außerhalb von Betrieben im Hinblick auf die sichere und menschengerechte Gestaltung der Arbeitsplätze und Arbeitsstätten, den sicheren Umgang mit Gefahrstoffen und Krankheitserregern, die Sicherheit von technischen Geräten und Anlagen, die Einhaltung der Arbeitszeitvorschriften und der Vorschriften für besonders schutzbedürftige Personen, wie Jugendliche und werdende Mütter, sowie auf die betriebliche Arbeitsschutzorganisation.

- **Gewerbeaufsichtsämter, Ämter für Arbeitsschutz**

Nach § 139b (4) GewO [7-34] haben die Beamten der staatlichen Gewerbeaufsichtsämter das Recht zur jederzeitigen Revision von Betrieben, sofern im Betrieb gearbeitet wird (auch nachts), ohne Anmeldung und ohne Angabe konkreter Gründe.

- **Gewerbeärzte**

- **Zentralstellen für Sicherheitstechnik**

#### Berufsgenossenschaften

Die Berufsgenossenschaften (und Unfallkassen) sind Körperschaften des öffentlichen Rechts. Sie erfüllen die ihnen gemäß SGB VII [7-35] gesetzlich übertragenen Aufgaben der Unfallverhütung und Unfallversicherung in paritätischer Selbstverwaltung durch die Arbeitgeber und die Versicherten (Arbeitnehmer). Die Rechtsaufsicht obliegt dem Staat.

- **Technischer Aufsichtsdienst – TAD**

- **Arbeitsmedizinischer Dienst – AMD** (im Bauwesen)

- **Berufsgenossenschaftlicher Arbeitsmedizinischer Dienst – BAD** (privatisiert)

### Innerbetrieblicher Arbeitsschutz

- **Arbeitgeber (Unternehmer) – Betriebsleiter – Betrieblicher Vorgesetzter**

In jedem Fall trägt der Arbeitgeber die Gesamtverantwortung für den Arbeits- und Gesundheitsschutz in seinem Unternehmen (vgl. § 1 (1) ArbSchG [7-19]).

- **Fachkräfte für Arbeitssicherheit** (gem. ASiG [7-18], BGV A2)

werden entsprechend der Anzahl der Beschäftigten und der Durchschnittsgefährdungskategorie bestellt, beraten den Arbeitgeber und andere Verantwortliche, führen sicherheitstechnische Prüfungen durch, beobachten und gestalten den praktischen Arbeitsschutz und wirken auf das arbeitsschutzgerechte Verhalten der Beschäftigten ein.

- **Betriebsärzte** (gem. ASiG [7-18], BGV A2)

werden entsprechend der Anzahl der Beschäftigten zur arbeitsmedizinischen Betreuung sowie zur Durchführung des Arbeitsschutzes bestellt. Sie führen u.a. arbeitsmedizinische Untersuchungen, Begutachtungen und Beratungen durch und beeinflussen das gesundheitsbewusste Verhalten der Mitarbeiter durch Schulungen und Unterweisungen.

- **Arbeitsschutzausschüsse** (gem. § 11 (1) ASiG [7-18])

sind in allen Unternehmen mit mehr als 20 Beschäftigten (Teilzeitbeschäftigte sind anteilig zu berücksichtigen) zu bilden. Sie haben die Aufgabe, Anliegen des Arbeitsschutzes und der Unfallverhütung zu beraten und treten mindestens einmal vierteljährlich zusammen.

- **Sicherheitsbeauftragte** (gem. § 22 SGB VII [7-35])

werden in Unternehmen mit mehr als 20 Beschäftigten (Anzahl kann vom Träger der Unfallversicherung anders bestimmt werden) als Vertreter der Versicherten bestellt.

### 7.6.3 Unfallversicherungsschutz

Die Unfallversicherung ist ein Teil der gesetzlichen Sozialversicherung. Sie wird von den so genannten Trägern der Unfallversicherung (gewerbliche und landwirtschaftliche Berufsgenossenschaften, Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand) getragen, denen die Unternehmen kraft Gesetzes als Mitglied angehören.

#### Versicherungsfälle

in der gesetzlichen Unfallversicherung:

##### Arbeitsunfall

Arbeitsunfälle sind Unfälle, die ein Versicherter in ursächlichem Zusammenhang mit seiner versicherten Tätigkeit erleidet (vgl. § 8 (1) SGB VII).

Unfall = zeitlich begrenztes, von außen auf den Körper einwirkendes Ereignis, das zu einem Gesundheitsschaden oder zum Tod führt

##### Wegeunfall

Wegeunfälle sind Unfälle auf einem mit der versicherten Tätigkeit im Unternehmen zusammenhängenden Weg von und nach der Stätte der versicherten Tätigkeit (aber auch auf „Familienheimfahrten“, bei Wegabweichungen zur Unterbringung von Kindern oder im Zusammenhang mit Fahrgemeinschaften) – vgl. § 8 (2) SGB VII.

##### Berufskrankheit

Berufskrankheiten sind Krankheiten, die in der Berufskrankheitenverordnung (BKV) als solche bezeichnet sind und die sich der Versicherte durch seine versicherte Tätigkeit zuzieht (vgl. § 9 (1) SGB VII).

⇒ Es sind bestehende Meldepflichten zu beachten!

#### Feststellungsverfahren

erfolgt von Amts wegen (ohne Antrag des Versicherten)

#### Leistungen der Unfallversicherung

##### Rehabilitation

- Heilbehandlung
- Berufshilfe

##### Entschädigung

- Verletzengeld
- Verletztenrente
- Hinterbliebenenrente

### Auswertung des Unfallgeschehens

Die **Aufdeckung und Beseitigung der Ursachen** von Arbeitsunfällen erfordert eine gründliche Auswertung des Unfallgeschehens unter Einbeziehung aller Beteiligten des Arbeitsschutzsystems.

#### Ziele:

- Ursachenforschung (Kausalketten)
- Feststellung von Handlungsschwerpunkten (Statistik)
- Beobachtung von Tendenzen in der Entwicklung der AU und der Erfolge der Unfallverhütung
- Bereitstellung der Unterlagen für die Unfallanzeige an Aufsichtsbehörden und Träger der gesetzlichen Unfallversicherung
- Prüfung auf das Vorhandensein von Pflichtverletzungen

Kennzahl der Unfallhäufigkeit ist die **Unfallquote**  $U_{q(B)}$ , bezogen auf Beschäftigte

$$U_{q(B)} = \frac{U \cdot k}{B}$$

$U$  – Anzahl der Unfälle im Berichtszeitraum

$B$  – Anzahl der Beschäftigten (Vollbeschäftigte, Teilzeitbeschäftigte anteilig)

$k$  – Faktor der Bezugsbasis (i. d. R.:  $k = 1000$ )

## 7.6.4 Verantwortung und Haftung im Arbeitsschutz

### Verantwortung

= Gesamtheit der Rechtspflichten eines an einem Rechtsverhältnis Beteiligten, also die durch gesetzliche Bestimmungen erfolgte Zuweisung eines Aufgabenbereiches mit den damit verbundenen Rechten, Pflichten und Zuständigkeiten

### Verantwortlichkeit

= Einstehen müssen (auch Rechtsfolge) für die schuldhafte (fahrlässige/vorsätzliche) Verletzung rechtlich geregelter Pflichten

Der Bauherr und die anderen am Bau Beteiligten sind dafür verantwortlich, dass die öffentlich-rechtlichen Vorschriften eingehalten werden (vgl. § 53 Musterbauordnung – MBO). Dazu gehören auch die Arbeitsschutzvorschriften. Es handelt sich um die so genannte objektive Verantwortlichkeit, bei der es auf die Zurechenbarkeit in Form eines Verschuldens nicht ankommt.

Es gilt der allgemeine Rechtsgrundsatz:

„Wer einem Anderen schuldhaft einen Schaden zufügt, muss dem Geschädigten Ersatz leisten.“

### Haftung

- öffentlich-rechtlich: Haftung der zu einer BG zusammengeschlossenen Gemeinschaft der Unternehmer
- privatrechtliche Haftung des Einzelnen:
  - strafrechtlich
  - ordnungsrechtlich
  - zivilrechtlich

## 7.7 Die Sachgebiete des Arbeitsschutzes

### 7.7.1 Arbeitsstätten und Betriebshygiene

**Arbeitsstätten** sind (§ 2 ArbStättV) zur Nutzung für Arbeitsplätze vorgesehene oder bei der Arbeitstätigkeit zugängliche Orte in Gebäuden oder im Freien auf dem Gelände eines Betriebes oder einer Baustelle.

**Arbeitsplätze** sind (§ 2 ArbStättV) Bereiche von Arbeitsstätten, in denen sich Beschäftigte regelmäßig über einen längeren Zeitraum oder im Verlauf der täglichen Arbeitszeit nicht nur kurzfristig aufhalten müssen.

Zu Arbeitsstätten gehören auch:

- Verkehrswege, Fluchtwege, Notausgänge,
- Lager-, Maschinen- und Nebenräume,
- Sanitäräume (Umkleide-, Wasch- und Toilettenräume),
- Unterkünfte, Pausen- und Bereitschaftsräume,
- Erste-Hilfe-Räume.

Die **Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)** ist eine harmonisierte Grundlagenvorschrift. Sie legt die grundlegenden Pflichten der Arbeitgeber fest und beschreibt die zu erreichenden Schutzziele. Sie gilt für den gewerblichen Bereich, Betriebe der Landwirtschaft, freie Berufe und den öffentlichen Dienst – also alle Unternehmen, für die das Arbeitsschutzgesetz zutrifft. Ausgenommen sind Arbeitsstätten im Reisegewerbe und Marktverkehr, in Straßen-, Schienen- und Luftfahrzeugen im öffentlichen Verkehr, in Betrieben, die dem Bundesberggesetz unterliegen, auf See- und Binnenschiffen. Auch der Betrieb der Arbeitsstätten, wie Freihalten der Arbeitsplätze und Verkehrswege, Instandhaltung, Prüfungen, Reinhaltung, Flucht- und Rettungspläne, ist in dieser Verordnung geregelt.

Im Anhang der ArbStättV sind die im Arbeitsschutzgesetz enthaltenen Schutzziele ansatzweise für Arbeitsstätten konkretisiert. Spezielle Regelungen für Baustellen enthält Abschnitt 5.2 im Anhang der ArbStättV. Eine weitere Untersetzung erfahren diese in den noch durch den Ausschuss für Arbeitsstätten zu erarbeitenden Regeln für Arbeitsstätten<sup>38</sup>.

<sup>38</sup> Bis zur Erarbeitung der Regeln für Arbeitsstätten bleiben die Arbeitsstättenrichtlinien nach alter ArbStättV gültig.

Die **Betriebshygiene** beinhaltet alle allgemeinen Maßnahmen zur Gesunderhaltung der Beschäftigten. Sie setzt die Maßnahmen der technischen Arbeitshygiene (vgl. Kap. 7.4.1, S. 262) voraus und umfasst die allgemeinen Ansätze der gesunden Lebensweise durch eine entsprechende Gestaltung der Arbeitsumgebung (Sauberkeit am Arbeitsplatz und in den sozialen Bereichen), persönliche Hygiene als auch Maßnahmen der betrieblichen Gesundheitsförderung (gesunde Lebensweise, Prophylaxe). Besonders im Zusammenhang mit immer älter werdenden Belegschaften liegt darin eine wichtige Arbeitsrichtung.

### 7.7.2 Maschinen, Geräte, technische Anlagen

Maschinen, Geräte und technische Anlagen müssen so gestaltet und betrieben werden, dass sie unter Einwirkungen, die bei bestimmungsgemäßer<sup>39</sup> Verwendung zu erwarten sind, keine Gefahr hervorbringen können. Wichtige Bestimmungen sind des Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (GPSG), die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), die Störfallverordnung sowie verschiedene berufsgenossenschaftliche Vorschriften.

Im GPSG sind die allgemeinen Anforderungen an eine sicherheitsgerechte Konstruktion festgelegt. Es gilt für das Inverkehrbringen und Ausstellen so genannter technischer Arbeitsmittel Zu beachten ist, dass nicht nur typische Hersteller technische Arbeitsmittel in Verkehr bringen. Auch Anwender können Hersteller im Sinne der Maschinenrichtlinie werden, wenn sie

- aus Komponenten ein Maschine zusammensetzen oder komplettieren,
- für den eigenen Bedarf technische Arbeitsmittel herstellen,
- vorhandene Maschinen wesentlich (im Sinne des GPSG) verändern.

Mit dem **CE-Kennzeichen** an einer Maschine bestätigt der Hersteller die Konformität mit den grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen des Anhangs I zur Maschinen-Richtlinie. Die CE-Kennzeichnung ist vorgeschrieben und betrifft neben dem Personen- auch den Haustier- und Sachschutz. Sie ist aber kein Gütesiegel, sondern eher ein „EU-Reisepass“!



Mit einem **GS-Zeichen** gekennzeichnete technische Arbeitsmittel entsprechen (lt. Prüfung durch eine der in besonderer VO zum GPSG bezeichneten Prüfstellen) den Anforderungen des GPSG. Das GS-Zeichen ist freiwillig, national und betrifft nur den Personenschutz. Ohne Bauartprüfung darf es nicht an Erzeugnissen angebracht werden.



Für die Bereitstellung von Arbeitsmitteln durch Arbeitgeber sowie für die Benutzung von Arbeitsmitteln durch Beschäftigte bei der Arbeit gilt die Betriebssicherheitsverordnung.

„Der Arbeitgeber hat die nach den allgemeinen Grundsätzen des § 4 des Arbeitsschutzgesetzes erforderlichen Maßnahmen zu treffen, damit den Beschäftigten nur Arbeitsmittel bereitgestellt werden, die für die am Arbeitsplatz gegebenen Bedingungen geeignet sind und bei deren bestimmungsgemäßer Benutzung Sicherheit und Gesundheitsschutz gewährleistet sind. Ist es nicht möglich, dem gemäß Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten in vollem Umfang zu gewährleisten, hat der Arbeitgeber geeignete Maßnahmen zu treffen, um eine Gefährdung so gering wie möglich zu halten“ (§ 4 (1) BetrSichV).

Der mit der Deregulierung und Flexibilisierung der Arbeitsschutzvorschriften einhergehende „gefährdungsbezogene Ansatz“ stellt an die Arbeitgeber wie auch Betreiber überwachungsbedürftiger Anlagen bei mehr Eigenverantwortung höhere Anforderungen und fordert von ihnen, sich eingehend mit den erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen vor Ort zu befassen.

Altmaschinen ohne CE-Kennzeichnung, Maschinen aus Nicht-EU-Staaten und Maschinen, die in ihrer Funktion und Leistung geändert wurden, unterliegen den Bestimmungen der BetrSichV. Es können u. U. umfangreiche Nachrüstungen erforderlich werden, um die Forderungen aus den Anhängen zur BetrSichV zu erfüllen:

- Anhang 1 Mindestvorschriften für Arbeitsmittel (Anforderungen an die Beschaffenheit der Arbeitsmittel)
- Anhang 2 Mindestvorschriften zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Benutzung von Arbeitsmitteln

Auf Grund ihrer Gefährlichkeit und zum Schutz der Beschäftigten und Dritter bedürfen bestimmte, nach § 2 (7) GPSG eingestufte, technische Arbeitsmittel einer besonderen Überwachung. Die Pflichten im Zusammenhang mit den so genannten überwachungsbedürftigen Anlagen (Anzeigen, Erlaubnisse, Prüfungen) sind grundsätzlich im dritten Abschnitt der Betriebssicherheitsverordnung geregelt. Deren Betreiber müssen wissen und entscheiden,

<sup>39</sup> Neben dem Begriff des bestimmungsgemäßen Gebrauchs gibt es jetzt auch die „vernünftigerweise vorhersehbare Verwendung“ außerhalb der ursprünglichen Bestimmung eines technischen Arbeitsmittels.

nach welchem Regelwerk, durch welche qualifizierten Sachverständigen und anhand welcher Dokumentation ihre Anlagen zu prüfen sind.

### 7.7.3 Gefahrstoffe

Stoffe und Zubereitungen, die gefährliche Eigenschaften nach dem Chemikaliengesetz [7-32] (z. B.: giftig, ätzend, reizend, explosionsgefährlich, Brand fördernd, entzündlich, krebserregend, Frucht schädigend, Erbgut verändernd) haben oder Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse, die Gefahrstoffe freisetzen, aus denen die Gefahrstoffe beim Umgang entstehen oder die Krankheitserreger übertragen können, bezeichnet man als Gefahrstoffe.

Wichtigste Vorschrift für das Inverkehrbringen und den Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen ist die Gefahrstoffverordnung – GefStoffV [7-27]. Ihr Ziel ist der Schutz des Menschen vor arbeitsbedingten Gefahren durch Gefahrstoffe. Sie umfasst den Verbraucher- und Umweltschutz.

Sie enthält Festlegungen zu

- Gefahrstoffinformationen:
  - Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung,
  - Sicherheitsdatenblatt,
- allgemeinen und speziellen Schutzmaßnahmen (in vier Schutzstufen),
- Verboten und Beschränkungen bezüglich Herstellung und Verwendung.

Die Anhänge enthalten

- die in Bezug genommenen EU-Vorschriften (Anhang I),
- besondere Vorschriften zur Information, Kennzeichnung und Verpackung (Anhang II),
- besondere Vorschriften für bestimmte Gefahrstoffe und Tätigkeiten (Anhang III),
- stoffspezifische Herstellungs- und Verwendungsverbote (Anhang IV) und
- Festlegungen zu arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen (Anhang V).

Die **Kennzeichnung** der gefährlichen Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse erfolgt durch

- **R-Sätze** (Bezeichnung der besonderen Gefahren),
- **S-Sätze** (Sicherheitsratschläge),
- **Gefahrensymbole** und -bezeichnungen.

**Arbeitgeber**, die Arbeitnehmer beim Umgang mit Gefahrstoffen beschäftigen, sind verpflichtet, Gefahren zu ermitteln und zu beurteilen sowie Maßnahmen zu deren Abwehr zu treffen.

**Arbeitnehmer** müssen anhand von arbeitsbereichs- und stoffbezogenen Betriebsanweisungen über Gefahren, Verhaltensregeln und erforderliche Schutzmaßnahmen in der für sie verständlichen Form und Sprache informiert werden. Führen sie bei der Arbeit Tätigkeiten mit Gefahrstoffen durch, so hat der Arbeitgeber für eine allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung und angemessene arbeitsmedizinische Vorsorge zu sorgen.

Beim Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung besteht ein **Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS)**, der Erkenntnisse über den Umgang mit Gefahrstoffen ermittelt, beratend tätig ist und Vorschriften, insbesondere technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), unterbreitet.

Informationen über Gefahrstoffe können (per Internet) aus verschiedenen Datenbanken abgerufen werden, z. B.:

- GESTIS – Gefahrstoffinformationssystem der gewerblichen BG (<http://www.dguv.de/bgia/de/gestis/stoffdb/>)
- GISBAU – Gefahrstoff-Informationssystem der BGen der Bauwirtschaft (<http://www.gisbau.de/>)

### 7.7.4 Arbeitszeitregelungen

Arbeitszeitregelungen beeinflussen die Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens ebenso wie Gesundheit und Wohlbefinden der Mitarbeiter. Fehler bei der Arbeitszeitgestaltung führen zu Ermüdungserscheinungen, Fehlverhalten oder Unfällen.

Das **Arbeitszeitgesetz** (ArbZG) [7-16] gilt für alle Arbeitnehmer und Auszubildenden – mit Ausnahme leitender Angestellter nach § 5 (3) BetrVG. Weitere gesetzliche Bestimmungen zum Arbeitszeitschutz sind u. a. enthalten in:

- Teilzeitarbeit und befristete Arbeitsverträge (Teilzeit- und Befristungsgesetz – TzBfG),
- Jugendarbeitsschutzgesetz (JArbSchG),
- Mutterschutzgesetz (MuSchG).

## Begriffe

- **Arbeitszeit** ist die Zeit vom Beginn bis zum Ende der täglichen Arbeit ohne die Ruhepausen (§ 2 (1) ArbZG)  
Sie darf gem. § 3 ArbZG acht Stunden nicht überschreiten, kann auf bis zu 10 Std. verlängert werden, wenn innerhalb von sechs Kalendermonaten oder innerhalb von 24 Wochen im Durchschnitt 8 Std. werktäglich nicht überschritten werden. Der Ausgleichszeitraum kann durch Tarifvertrag unbegrenzt verlängert werden.
- **Ruhepausen** sind unbezahlte Pausen während der täglichen Arbeitszeit.  
Bei einer Arbeitszeit von 6 bis 9 Std. sind 30 Minuten und bei einer Arbeitszeit von mehr als 9 Std. sind 45 Minuten (im Voraus feststehende) Ruhepausen zu gewähren, die in Zeitabschnitte zu je 15 Min. aufgeteilt werden dürfen. Eine Beschäftigung von Arbeitnehmern länger als 6 Std. hintereinander ist nicht zulässig.
- **Ruhezeit** ist die Zeit nach Beendigung der täglichen Arbeitszeit bis zum nächsten Beginn der täglichen Arbeitszeit.  
Arbeitnehmern steht eine ununterbrochene Ruhezeit von mindestens 11 Std. zu (Ausnahmen möglich).
- **Nachtarbeit** ist jede Arbeit, die mehr als 2 Stunden der Nachtzeit (Zeit von 23 bis 6 Uhr gem. § 2 (3) ArbZG) umfasst.  
Die werktägliche Arbeitszeit der Nachtarbeitnehmer darf 8 Std. nicht überschreiten. Sie kann auf bis zu 10 Std. nur verlängert werden, wenn abweichend von § 3 innerhalb von einem Kalendermonat oder innerhalb von vier Wochen im Durchschnitt 8 Std. werktäglich nicht überschritten werden (§ 6 (2) ArbZG).
- **Sonn- und Feiertagsruhe**  
An Sonn- und gesetzlichen Feiertagen besteht von 0 bis 24 Uhr Beschäftigungsverbot (für Kraftfahrer bis 22 Uhr – § 30 StVO).

### 7.7.5 Schutz bestimmter Personengruppen

- **Schutz beschäftigter Jugendlicher**  
Bei Jugendlichen ist die Leistungsfähigkeit noch nicht voll entwickelt. Ihr Körper ist empfindlicher gegenüber Überlastung, ihr Erfahrungsschatz noch gering. Naivität, Impulsivität, Spieltrieb können vorhanden sein und verlangen Erziehung, Kontrolle, Vorbildwirkung. Es gilt das Jugendarbeitsschutzgesetz [7-30].
- **Schutz beschäftigter Frauen**  
Biologische Besonderheiten (im Vergleich zu männlichen Beschäftigten), wie
  - durchschnittlich geringere Körperkraft und Körpergröße,
  - durchschnittlich geringerer täglicher Energieumsatz,
  - größere Anfälligkeit gegenüber Schadstoffen und Strahlungen, vor allem während der Schwangerschaft,unterstreichen die Notwendigkeit spezieller Schutzmaßnahmen. Zusätzlichen Schutz genießen beschäftigte Mütter durch das Mutterschutzgesetz [7-31]).
- **Schutz älterer Beschäftigter**  
Im Arbeitsprozess beachtenswerte Alterssymptome (etwa ab dem 50. Lebensjahr), wie Nachlassen der Muskelkräfte und des Kurzzeitgedächtnisses, schnellere Ermüdbarkeit, Leistungsminderung der Sinnesfunktionen, Verständigungsschwierigkeiten, Anpassungsprobleme, erfordern besondere Beachtung. Vorteilhaft wirkt die erfahrungsbedingte Persönlichkeitsreife (Verantwortungsbewusstsein, Zuverlässigkeit, Beständigkeit und Ausgeglichenheit, überlegteres und gelasseneres Verhalten in kritischen Situationen).
- **Schutz ausländischer Beschäftigter**  
Ausländische Beschäftigte besitzen einen anderen beruflichen und sozialen Erfahrungsschatz, oft auch andere Handlungsstereotype. Sie verfügen über andere Lebensgewohnheiten und haben Sprachschwierigkeiten zu überwinden ⇒ Anpassungsschwierigkeiten. Zum Teil können andere Körpermaße und -kräfte, besonders in der Anfangszeit, zu Überbeanspruchungen führen.
- **Schutz leistungsgeminderter Beschäftigter**  
Verschiedene Ursachen können zu Behinderungen führen, die eine Leistungsminderung bewirken und spezielle Maßnahmen im Unternehmen zur Weiterbeschäftigung erforderlich machen, z. B.: Anomalien, Krankheiten, Unfallfolgen, Schädigungen durch Arbeitstätigkeit und Verschleiß im Erwerbsleben. Besonderen Schutz genießen Schwerbehinderte ⇒ Schwerbehindertengesetz – SchwbG.

## 7.8 Fragen zur Wiederholung (Prüfungsfragen)

### zu Kapitel 7.1

1. Aus welchen Gründen müssen sich Ingenieure mit arbeitswissenschaftlichen Problemstellungen befassen, um die Spezifik des Menschen im Arbeitsprozess sachkundig beurteilen können?
2. Weshalb ist im baubetrieblichen Sprachgebrauch der Begriff „Arbeitskraft“ abzulehnen?
3. Worin besteht definitionsgemäß das Besondere technologischer Prozesse im Vergleich zu rein technischen?
4. Worin bestehen Gegenstand und Ziel der Arbeitswissenschaften?
5. Was bedeutet REFA?
6. Was ist ein System? Erläutern Sie den Begriff des Arbeitssystems nach REFA!
7. Erläutern Sie arbeitswissenschaftliche Disziplinen und die Gegenstände, mit denen sich diese befassen!
8. Was ist Ergonomie?

### zu Kapitel 7.2

9. Erläutern Sie den arbeitswissenschaftlichen Begriff der Arbeitsleistung in seiner Doppeldeutigkeit!
10. Weshalb gibt es im Arbeitsprozess keine leistungsgerechte sondern nur leistungsorientierte Entlohnung?
11. Erläutern Sie mindestens drei Faktoren, die die physische Leistungsfähigkeit bestimmen!
12. Was ist Arbeitsenergieumsatz?
13. Was wird durch die Dauerleistungsgrenze charakterisiert und welche Rolle spielt sie für die Arbeitsorganisation?
14. In Abhängigkeit von welchen Einflüssen unterliegt die menschliche Leistungsfähigkeit Streuungen?
15. Weshalb ist Nachtarbeit zu vermeiden?
16. Beschreiben Sie ein Beispiel für statische Belastungselemente im Arbeitsprozess! Weshalb sind diese zu vermeiden?
17. Erläutern Sie die Begriffe Halte- und Haltungsarbeit!
18. Personengebundene Faktoren werden in der Betriebsorganisation, bei der Gestaltung technischer Gebilde aber auch im Arbeitsschutz oft unterschätzt. Definieren Sie den Begriff Motivation!
19. Worin besteht die grundsätzliche Zielstellung des Belastungs-Beanspruchungs-Konzepts der Arbeitsmedizin bei der Gestaltung von Arbeitsbedingungen?
20. Wodurch unterscheidet sich Arbeitsermüdung von der rein biologischen Ermüdung? Wie werden beide überwunden?

### zu Kapitel 7.3

21. Welche grundsätzliche duale Zielstellung verfolgt die Arbeitsgestaltung?
22. Wann sind Arbeitsbedingungen erträglich im Sinne der Arbeitsgestaltung?
23. Wo liegen die arbeitswissenschaftlich relevanten Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine? Geben Sie dafür praktische Beispiele!
24. Nennen Sie mindestens vier Aspekte der ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung und erläutern Sie diese!
25. Geben Sie ein plausibles Beispiel aus der Baupraxis für die Arbeitsgestaltung nach bewegungstechnischen Gesichtspunkten für den Fall der Bewegungsvereinfachung! Welche Effekte sind damit verbunden?
26. Geben Sie je ein negatives und ein positives Beispiel der Arbeitsplatzgestaltung unter informationstechnischen Gesichtspunkten für die Gestaltung von Anzeigen aus dem täglichen Leben (im privaten oder beruflichen Bereich)!
27. Erläutern Sie die Rangfolge der Maßnahmen der Arbeitsgestaltung unter sicherheitstechnischen Gesichtspunkten!
28. Erläutern Sie Vor- und Nachteile flexibler Arbeitszeitmodelle!

### zu Kapitel 7.4

29. Welchem Arbeitsgebiet ist die technische Arbeitshygiene zuzuordnen?
30. Erläutern Sie die Begriffe Emission und Immission im Rahmen der technischen Arbeitshygiene!

31. Welche Größe ist für die Gestaltung von Beleuchtungsanlagen in Bezug auf das Beleuchtungsniveau und die Sehaufgabe maßgebend?
32. Welche Gesundheitsschäden können durch eine zu hohe UV-Strahlungsbelastung hervorgerufen werden?
33. Weshalb ist für die exakte Beurteilung des Klimas am Arbeitsplatz die Anzeige eines einfachen Thermometers nicht ausreichend, sondern ein integrales Klimasummenmaß anzuwenden? Geben Sie ein Beispiel für die Bildung solch eines Klimasummenmaßes!
34. Nennen Sie ein Beispiel für schalldämmende Maßnahmen an einer Baumaschine und charakterisieren Sie das physikalische Wirkungsprinzip!
35. Ein Bagger verursacht an einer Messstelle einen Immissionsschalldruckpegel von 82 dB(A). Wie groß ist der Gesamtschalldruckpegel, wenn zusätzlich ein Kompressor eingeschaltet wird, der an der gleichen Stelle einen Immissionsschalldruckpegel von 70 dB(A) verursacht?
36. Eine Baumaschine verursacht an einer Messstelle einen Immissionsschalldruckpegel von 76 dB(A). Wie groß ist der Gesamtschalldruckpegel, den zwei Maschinen dieser Art zusammen verursachen?
37. Welche Gesundheitsschäden können die Folge zu großer Vibrationsbeanspruchungen des Menschen sein?

#### zu Kapitel 7.5

38. Welche Aufgaben beinhaltet der soziale Arbeitsschutz?
39. Wie ist Arbeitssicherheit definiert?
40. Erläutern Sie die Begriffe Gefahr, Gefährdung und Risiko (nur die Standardbegriffe)!
41. Nennen Sie Beispiele für pathogene Arbeitsfaktoren auf Baustellen!
42. Worin besteht die Aussage des Arbeitsschutzprinzips der Vermeidbarkeit von Unfällen und Krankheiten? Nennen Sie ein typisches Beispiel für Unfälle auf Baustellen, die durch dessen Missachtung geschehen!
43. Erläutern Sie das Prinzip der sicheren Technik und die daraus abgeleitete Rangfolge der Maßnahmen zur Erzielung von Arbeitssicherheit!

#### zu Kapitel 7.6

44. Was ist eine harmonisierte Vorschrift?
45. Welches Gesetz wird als „Grundgesetz des Arbeitsschutzes“ bezeichnet?
46. In welchem Gesetz ist die betriebliche Unfallversicherung geregelt?
47. Nennen Sie die 3 Versicherungsfälle der gesetzlichen Unfallversicherung!
48. Wer bezahlt die Beiträge für die gesetzliche Unfallversicherung?
49. Ein Mitarbeiter der Baustelle, für die Sie als Bauleiter verantwortlich sind, hat einen Arbeitsunfall verursacht, bei dem ein Bauhilfsarbeiter schwer verletzt wurde. Wer haftet gegenüber dem Verletzten bei diesem Arbeitsunfall?
50. Was ist ein Durchgangsarzt?
51. In welchem Gesetzeswerk ist festgelegt, in welchen Fällen durch den Bauherrn ein Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinator zu beauftragen ist?
52. Relativieren Sie die Unfallquote in der Bauwirtschaft der BRD in Bezug auf andere Wirtschaftszweige!
53. Welche grundsätzlichen Aufgaben haben die Gewerbeaufsichtsämter bzw. Ämter für Arbeitsschutz?

#### zu Kapitel 7.7

54. Was bescheinigt der Hersteller einer Maschine mit der Anbringung des CE-Zeichens?
55. In welchen Fällen können Anwender technischer Arbeitsmittel, also auch Bauunternehmer, zu deren Herstellern werden?
56. Welches Gesetz ist für die Bereitstellung durch den Arbeitgeber und die Benutzung von technischen Arbeitsmitteln maßgebend?
57. Nennen Sie Bauprozesse, in denen mit dem Auftreten von Gefahrstoffen zu rechnen ist! Welche Gefahrstoffe können hier vorkommen?
58. Nennen Sie Bauarbeiten, bei denen die Beschäftigten Gefährdungen durch biologische Arbeitsstoffe ausgesetzt sind!
59. Nennen Sie Persönlichkeitsmerkmale von Lehrlingen, die ein Bauleiter besonders zu beachten hat, um Gefährdungen zu vermeiden!

## 7.9 Quellenangaben und Literaturhinweise zum Kapitel 7

### 7.9.1 Literatur

- [7-1] Bokranz, R.; Landau, K.: Einführung in die Arbeitswissenschaft. – Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 1991. – 510 S.
- [7-2] Joiko, K.; Schmauder, M.; Wolff, G.: Psychische Belastung und Beanspruchung im Berufsleben, Erkennen – Gestalten. – Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2008. – 52 S. (Download: <http://www.baua.de/> ⇒ Publikationen ⇒ Broschüren ⇒ Gesundheitsschutz, letzter Abruf 23.09.2008)
- [7-3] Kern, P.; Schmauder, M.: Einführung in den Arbeitsschutz für Studium und Betriebspraxis. – München: Hanser Verlag, 2005. – 311 S.
- [7-4] Kuhlmann, A.: Einführung in die Sicherheitswissenschaft. – Wiesbaden: Vieweg, Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1981. – 467 S.
- [7-5] Lehder, G.; Skiba, R.: Taschenbuch Arbeitssicherheit. – Bielefeld: Erich Schmidt Verlag, 2005. – 618 S.
- [7-6] Lehder, G.; Skiba, R.: Taschenbuch Betriebliche Sicherheitstechnik. – Bielefeld: Erich Schmidt Verlag, 2001. – 455 S.
- [7-7] Luczak, H.: Arbeitswissenschaft. – Berlin: Springer Verlag, 1998. – 736 S.
- [7-8] Ratgeber zur Ermittlung gefährdungsbezogener Arbeitsschutzmaßnahmen im Betrieb (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Sonderschrift S 42). – Dortmund, Berlin: 2004. – 426 S. (Download: <http://www.baua.de/> ⇒ Themen-von-A-Z ⇒ Gefährdungsbeurteilung, letzter Abruf 23.09.2008)
- [7-9] REFA-Methodenlehre der Betriebsorganisation, Arbeitsgestaltung in der Produktion. – München: Carl Hanser Verlag, 1991. – 541 S.
- [7-10] REFA-Methodenlehre der Betriebsorganisation, Grundlagen der Arbeitsgestaltung. – München: Carl Hanser Verlag, 1991. – 565 S.
- [7-11] Schneider, J.; Schlatter, H.P.: Sicherheit und Zuverlässigkeit im Bauwesen. – Zürich: Verlag der Fachvereine, Stuttgart: B.G. Teubner Verlag, 1994. – 182 S.
- [7-12] Strahlung und Strahlenschutz – Eine Information des Bundesamtes für Strahlenschutz. – Salzgitter: BFS, 2004. – 59 S. (Download: [http://www.bfs.de/bfs/druck/broschueren/str\\_u\\_strschutz.pdf](http://www.bfs.de/bfs/druck/broschueren/str_u_strschutz.pdf), letzter Abruf 23.09.2008)
- [7-13] Strobel, G.; Krause, J.v.; Weißgerber, B.: Bauleitung ohne Stress – Leitfaden zum Stressabbau und Stressmanagement für Bauleiter und ihre Kooperationspartner. – Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2006. – 49 S.

### 7.9.2 DIN-Normen (Auswahl, es gilt die aktuellste Fassung)

- DIN 33403 Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung; Teil 3: Beurteilung des Klimas im Warm- und Hitzebereich auf der Grundlage ausgewählter Klimasummenmaße; Ausg. 04/2001
- DIN 45641 Mittelung von Schallpegeln; Ausg. 06/1990
- DIN 45645-2 Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen, Teil 2: Geräuschmissionen am Arbeitsplatz; Ausg. 07/1997
- DIN EN ISO 6385 Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen (ISO 6385:2004)
- DIN EN ISO 7726 Umgebungsklima; Instrumente zur Messung physikalischer Größen; Ausg. 04/2002

### 7.9.3 Gesetze und Vorschriften (Auswahl, es gilt die aktuellste Fassung)

- [7-14] Richtlinie 98/37/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Maschinen (Maschinen-Richtlinie)
- [7-15] Vertrag zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft (EG) vom 7. 2. 1992 i. d. F. vom 2. 10. 1997 ABI. d. EG Nr. C 340 vom 10. 11. 1997, S. 173–308
- [7-16] Arbeitszeitgesetz vom 6. Juni 1994 (BGBl. I S. 1170, 1171), zuletzt geändert durch Artikel 229 der Verordnung vom 31. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2407)
- [7-17] Betriebsverfassungsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 25. September 2001 (BGBl. I S. 2518), zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 12. August 2008 (BGBl. I S. 1666)
- [7-18] Gesetz über Betriebsärzte, Sicherheitsingenieure und andere Fachkräfte für Arbeitssicherheit vom 12. Dezember 1973 (BGBl. I S. 1885), zuletzt geändert durch Artikel 226 der Verordnung vom 31. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2407)

- [7-19] Arbeitsschutzgesetz vom 7. August 1996 (BGBl. I S. 1246), zuletzt geändert durch § 62 Abs. 16 des Gesetzes vom 17. Juni 2008 (BGBl. I S. 1010)
- [7-20] Verordnung über Arbeitsstätten – ArbStättV
- [7-21] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen (BaustellV – Baustellenverordnung)
- [7-22] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV)
- [7-23] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit an Bildschirmgeräten (Bildschirmarbeitsverordnung – BildscharbV)
- [7-24] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen bei der Arbeit (PSA-Benutzungsverordnung – PSA-BV)
- [7-25] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung – BioStoffV)
- [7-26] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der manuellen Handhabung von Lasten bei der Arbeit (Lastenhandhabungsverordnung – LasthandhabV)
- [7-27] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (GefStoffV – Gefahrstoffverordnung)
- [7-28] Geräte- und Produktsicherheitsgesetz vom 6. Januar 2004 (BGBl. I S. 2 (219)), zuletzt geändert durch Artikel 3 Abs. 33 des Gesetzes vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970)
- [7-29] Neunte Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz 9. GPSGV – Maschinenverordnung
- [7-30] Gesetz zum Schutze der arbeitenden Jugend (Jugendarbeitsschutzgesetz – JArbSchG)
- [7-31] Gesetz zum Schutze der erwerbstätigen Mutter (Mutterschutzgesetz – MuSchG)
- [7-32] Chemikaliengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Juli 2008 (BGBl. I S. 1146)
- [7-33] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG)
- [7-34] Gewerbeordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. Februar 1999 (BGBl. I S.202), zuletzt geändert durch Artikel 9 des Gesetzes vom 17. März 2008 (BGBl. I S. 399)
- [7-35] Siebtes Buch Sozialgesetzbuch – Gesetzliche Unfallversicherung – (Artikel 1 des Gesetzes vom 7. August 1996, BGBl. I S. 1254), zuletzt geändert durch § 62 Abs. 19 des Gesetzes vom 17. Juni 2008 (BGBl. I S. 1010)

#### **Vorschriften der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Auswahl):**

BGV A1	BG-Vorschrift „Grundsätze der Prävention“
BGV A2	BG-Vorschrift „Betriebsärzte und Fachkräfte für Arbeitssicherheit“
BGV A3	BG-Vorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
BGV A4	BG-Vorschrift „Arbeitsmedizinische Vorsorge“
BGV C22	BG-Vorschrift „Bauarbeiten“
BGV D6	BG-Vorschrift „Krane“
BGV D8	BG-Vorschrift „Winden, Hub- und Zuggeräte“
BGV D27	BG-Vorschrift „Flurförderzeuge“
BGV D29	BG-Vorschrift „Fahrzeuge“
BGV D34	BG-Vorschrift „Verwendung von Flüssiggas“
BGV D36	BG-Vorschrift „Leitern und Tritte“
BGI 523	BG-Information „Mensch und Arbeitsplatz“
BGR 500	BG-Regel „Betreiben von Arbeitsmitteln“ (enthält die noch weiter gültigen VBGes des so genannten Maschinenaltbestandes)

Abruf unter <http://www.arbeitssicherheit.de/> (letzter Abruf am 23.09.2008)



## 8 Sachwortverzeichnis

- Abbaumethode 36
- Abbruch 179, 206, 233, 234, 245
- Ablauf 52, 79, 132, 139, 141, 165, 175, 184, 198, 199, 201, 211, 217, 218, 237–240, 242, 243, 245
- Ablaufabschnitt 192, 195, 201, 203–205, 210, 259, 261
  - Ablaufdauer 195
  - Ablaufeinheit 198, 200, 201, 203, 204, 209
  - Ablauffolge 200, 203, 209, 246
  - Ablaufgestaltung 261
  - Ablauforganisation 186, 247
  - Ablaufplanung 15, 198–201, 205, 207–209, 212, 215, 217, 218, 261
  - Ablaufprinzip 204, 206
- Abnahme 72, 86, 89, 110, 177, 196, 231, 232, 237–241, 243, 244
- Abrechnung 53
- Abstandhalter 76, 91, 92, 106, 110
- Alkaligehalt 68
- Anordnungsbeziehung 203, 212, 214, 246
- Anpassung 81, 99, 259, 265
- Anschlagmittel 118, 127–130, 137, 143, 144
- Anschlagseil 127, 128, 143
- Arbeit 9, 16, 19, 41, 46, 51, 85, 113, 135, 139, 168, 171, 172, 174, 175, 185, 193, 201, 202, 210, 225, 249, 251–254, 256–259, 263, 268, 273–277, 281–283, 287
- Arbeitsabschnitt 201, 203, 210
  - Arbeitsausrüstung 33, 35–39, 41
  - Arbeitsbedingungen 71, 130, 139, 145, 192, 195, 249, 250, 251, 253, 255, 258, 260, 263, 269, 270, 271, 275, 284
  - Arbeitsbelastung 254, 255
  - Arbeitseinrichtung 18, 33, 35, 37, 41, 59, 202
  - Arbeitsgegenstand 14–16, 18, 21, 22, 30, 31, 63, 80, 114, 145, 201, 202, 210, 211, 249, 250, 258–261
  - Arbeitsgestaltung 10, 171, 201, 248, 256–258, 260, 270, 284, 286
  - Arbeitshygiene 262, 263, 281, 284
  - Arbeitsingenieurwesen 249, 251
  - Arbeitsinhalt 251, 260
  - Arbeitsleistung 251–253, 284
  - Arbeitsmittel 10, 16, 73, 76, 117, 145, 147, 153, 249, 250, 270, 271, 275, 276, 281, 285
  - Arbeitsorganisation 10, 57, 82, 201, 247, 255, 275, 284
  - Arbeitsplatzgestaltung 259–261, 284
  - Arbeitsrecht 251
  - Arbeitsstruktur 261
  - Arbeitssystem 16, 18, 186, 193, 198, 200, 250, 251, 254, 256, 259, 260, 262, 286
  - Arbeitsteilung 15, 174, 185, 200
  - Arbeitsunfall 57, 85, 92, 104, 105, 269, 279, 285
  - Arbeitsverzeichnis 207, 208, 225, 246
  - Arbeitsvorbereitung 11, 12, 19, 52, 81, 83, 85, 89, 91, 122, 125, 132, 145, 148, 149, 165, 168, 175, 177, 184, 199, 200, 216, 222
  - Arbeitsvorbereitung (AV) 52, 184, 185
  - Arbeitswissenschaft(en) 168, 249–251, 273, 275, 284, 286
  - Arbeitszeit 17, 82, 157, 193, 195, 201, 226, 241, 247, 261, 280, 283
    - – Arbeitszeitaufwand 23, 92, 129, 195
  - Nachtarbeit 164, 253, 283, 284
  - Schichtarbeit 253, 254
- Arbeitsfuge 83, 100, 103, 205
- Arbeitsgerüst 73, 81, 130, 143
- Arbeitsschutz 11, 129, 163, 164, 171, 268–272, 274, 276–278, 280, 284–286
- Arbeitsschutzprinzip 271
  - Arbeitsschutzrechtssystem 272
- Arbeitsstättenverordnung 157, 168, 172, 256, 276, 280
- ARGE (Arbeitsgemeinschaft) 187, 245
- Aufbauorganisation 183, 185
- Auflockerung 27, 44, 202
- Auflockerungsfaktor 27, 37
- Aufmaß 54, 87, 92, 190, 191, 238, 242
- Aufmaßblatt 53, 189
- Aufschwimmen 77
- Auftrag 29, 46, 53, 107, 177, 181, 184, 187, 193, 195, 204, 219, 228, 232, 235–238, 245
- Auftraggeber 9, 44, 53, 54, 57, 85, 159, 176, 177, 181, 187, 189, 207, 218, 222, 224, 228–232, 235–243, 246
  - Auftragnehmer 32, 53, 54, 57, 60, 85, 94, 165, 177, 188, 189, 218, 229–233, 235–243, 246
- Auftrieb 77, 81, 108, 136
- Aufwand 19, 22, 30, 81, 83, 92, 111, 113, 122, 133, 148, 152, 165, 166, 185, 192, 196–198, 201, 205, 221, 233, 240, 241, 246, 277
- Aufwandswert 19, 20, 86, 92, 201, 207, 216
- Ausbreitmaß 94, 101, 109
- Ausrollgrenzenwassergehalt 25
- Ausschaleinrichtung 76
- Ausschalfrist 84, 85, 105
- Ausschreibung 19, 45, 53, 69, 72, 86, 87, 105, 110, 175, 177, 218, 228–230, 233, 248
- Aussteifungselement 76, 105
- Automatisierung 18
- Bagger 33, 36–38, 41, 42, 45, 57, 59, 95, 146, 221, 285
- Baggerbetrieb 36

- Bagger-LKW-Betrieb 36, 38, 42, 45
- Baggerschnitt 36, 37
- Baggerungsart 36
- Fahrbagger 33, 38, 59
- Flachbagger 33, 36, 39, 40
- Grundbagger 33, 35
- Standbagger 33, 35, 59
- Teleskopbagger 35
- Universalbagger 33, 34, 35, 59
- Balkenplan 208, 209
- Basismaschine 33, 39, 123
- Bau
  - am Bau Beteiligte 9, 175, 181, 182, 200, 280
  - Bauanlage 18, 20
  - Bauarbeit 9, 15, 17, 29, 32, 52, 59, 62, 133, 143, 154, 159, 162, 163, 165, 171, 172, 175, 177, 200, 207, 233, 234, 248, 285, 287
  - Bauarbeitsschlüssel (BAS) 53, 189, 193, 200, 246
  - Bauausführung 14, 28, 56, 97, 105, 108, 145, 162, 165, 171, 173, 177, 185, 188–191, 217, 245, 248
  - Baubetrieb 9, 11, 12, 19, 20, 43, 61, 107, 142, 144, 161, 171, 177, 183, 191, 193, 197, 225, 229, 245, 247–249
    - – Baubetriebsrechnung 53, 189, 195, 219
    - – Baubetriebswesen 9, 10, 13, 15, 16, 20, 173, 247
  - Baugenehmigung 162, 163, 175, 176
  - Baugerät 18
  - Bauhandwerk 179
  - Bauherr 44, 113, 159, 162, 168, 177, 181, 217, 219, 228, 229, 231, 245, 277, 280
  - Bauindustrie 11, 20, 37, 108, 171, 179, 180, 204, 246, 247
  - Bauleistung 9, 15, 20, 36, 53, 54, 61, 87, 109, 165, 171, 176, 177, 180, 185, 188–190, 196, 197, 209, 219–223, 228–230, 232–235, 237, 244–248
  - Bauleiter 84, 97, 185, 223, 247, 285, 286
  - Bauleitung 90, 157, 166, 185–187, 220, 227, 247, 286
  - Bauliche Anlage 14, 15, 19, 147, 162, 177, 188
  - Baumaschine 11, 18, 19, 20, 27, 44, 53, 57, 60, 61, 107, 142, 145, 146, 151, 153, 157, 160, 165, 171, 183, 188, 194, 195, 202, 221, 285
  - Baumaßnahme 9, 14, 15, 31, 47, 59, 60, 62, 145, 154, 161, 163, 165, 168, 172, 173, 175, 181, 190
  - Bauphasenplan 215
  - Bauprodukt 14, 15, 19, 20
    - – Bauproduktengesetz 14, 20
    - – Bauproduktenrichtlinie 14, 15
  - Bauproduktion 11, 13, 164, 173, 209
    - – Bauproduktionsmittel 18
    - – Bauproduktionstechnik 10, 117
  - Bauprozess 97, 190
  - Baustoff 21, 22, 27, 30, 45, 48, 63, 66, 72, 104, 166
  - Baustraße 42, 59, 133, 156–159, 166, 170
  - Bauteil 70, 74, 75, 84, 97, 192
  - Bauüberwachung 157, 171, 176, 248
  - Bauverbände 180
  - Bauverfahren 9, 11, 12, 15, 19, 53, 60, 103, 107, 146, 147, 161, 171, 179, 193, 247
    - – Bauverfahrenstechnik 10, 15, 21, 233
  - Bauweise 15, 51, 121, 147, 150
  - Bauwerk 9, 12–15, 18, 20–22, 29, 36, 45–47, 69, 74, 81, 82, 84–86, 105, 107, 111, 113, 114, 116–118, 121, 124, 131, 133, 134, 138, 140, 143–146, 148–152, 157, 158, 163, 165–167, 173–179, 181, 190–192, 198, 201, 205, 206, 219, 220, 222, 229, 232, 233, 240, 245, 247, 250, 258
    - Bauwerkzeug 18
    - Bauwirtschaft 9–11, 19, 20, 35, 61, 142, 174, 179, 180, 194, 223, 245, 248, 282, 285
- Baufreiheit 133, 203, 210, 246
- Baugrund 22, 28, 32, 45, 46, 48, 61, 73, 76, 148, 174
- Baukontenrahmen 220, 246
- Baustelle 9, 12, 15, 21, 28, 53, 63, 64, 68, 71, 76, 82, 86, 92, 93, 97–100, 107, 112–116, 122, 124, 125, 130, 133, 135, 145–148, 150–155, 157, 158, 160–163, 165–168, 170, 171, 174, 175, 181, 185, 186, 188, 194, 201, 206, 208, 220, 221, 223–226, 236–238, 241, 244, 245, 248, 277, 280, 285
  - Flächenbaustelle 146
  - Linienbaustelle 43, 146, 246
  - Punktbaustelle 146
- Baustellenbeleuchtung 163
- Baustelleneinrichtung 14, 15, 19, 52, 86, 117, 119, 121, 133, 145, 146, 147, 148, 152, 164, 165, 167–171, 184, 235, 238, 247
  - Baustelleneinrichtungsplan 145, 165, 167–169
  - Baustelleneinrichtungsplanung 145, 156, 165, 167, 171
  - Baustellenunterkunft 146, 157, 166, 170
- Baustellenverkehr 146, 154, 157, 158, 170
- Bautagebuch 85, 176, 245
- Bauzeitenplan 211
- Beanspruchung 103, 136, 157, 188, 216, 252–256, 286
- Befahrbarkeit 43
- Beginnabstand 203, 210
- Belastung 63, 77, 79, 85, 86, 103, 122, 128, 129, 149, 165, 254, 256, 259, 263, 265, 286
- Belastungs-Beanspruchungs-Konzept 256, 284
- Beleuchtung 159, 160, 163, 172, 259, 264

- Berufsgenossenschaft 62, 147, 172, 181, 272, 278, 279, 287
- Berufskrankheit 269
- Besenstrich 104
- Beton 17, 20, 47, 63–73, 77–79, 81–87, 91–110, 115, 116, 130, 132, 137, 142, 143, 161, 171, 190–194, 201, 224, 226
- Beton nach Eigenschaften 65, 93, 98
  - Beton nach Zusammensetzung 65, 93, 98
  - Betonbereitung 95, 154
  - Betonförderung 99, 108, 148
  - Betonieren 71, 74, 81, 82, 85, 91, 93, 97, 98, 101, 103, 104, 106, 108, 205, 207
  - Betonmischer 95, 151, 221
  - Betonprüfstelle 97, 106
  - Betonsortenverzeichnis 99
  - Betonstahl 88
    - – Betonstahlbearbeitung 87, 89, 90, 152
    - – Betonstahlmatte 88, 89, 92, 108, 110
  - Betonübergabe 99
  - Betonzusatzmittel 68, 71, 109
  - Betonzusatzstoff 69
  - Faserbeton 64, 69, 70, 105
  - Festbeton 64, 108, 109
  - Fließbeton 65, 68, 101, 110
  - Frischbeton 17, 63, 64, 70, 74, 78, 80, 93, 98–102, 106, 108, 109, 154
    - – Frischbetondruck 77–80, 105, 108, 109
  - Hochleistungsbeton 71, 105
  - Leichtbeton 64, 69, 100, 108, 132
  - Normalbeton 64, 65, 71, 77, 101, 105, 188, 225
  - Ortbeton 63, 64, 108, 112, 188, 225
  - Restbeton 93, 110, 154
  - Schwerbeton 64, 97
  - selbstverdichtender Beton (SVB) 65, 70, 71, 77, 80, 102, 105, 107, 109, 110
  - Sichtbeton 69, 71, 72, 74, 85–87, 98, 105, 108, 110
  - Spannbeton 63, 64, 69, 87, 97, 108, 114, 132, 143, 144
  - Spritzbeton 65, 70, 109
  - Standardbeton 65, 71, 93, 98, 105, 106
  - Transportbeton 64, 93, 96, 98, 99, 104, 105, 106, 107, 110
  - Trockenbeton 71
  - Unterwasserbeton 65, 97, 101
  - Vakuumbeton 65
- Betrieb 13, 14, 18, 20, 41, 43, 45, 52, 59, 61, 70, 122, 124, 133, 142, 144, 145, 148, 160, 172, 173, 177–179, 181, 183, 196, 215, 219, 235, 237, 247, 269, 276, 278, 280, 286, 287
- Betriebsarzt 278, 286, 287
- Betriebsmittelnutzung 261
- Betriebspunkt 31
- Beurteilungspegel 266
- Bewehrung 63, 64, 66, 70, 71, 73, 83, 84, 87–89, 91, 92, 100, 101, 103, 110, 130, 136, 143, 152, 188, 205
- Bewehrungsplan 91, 107
- Bewertung 12, 109, 214, 219, 221, 248, 256, 262, 263
- BIEGE (Bietergemeinschaft) 187
- Biegen 17, 89, 91, 92, 106, 152
- Binnenmarkt-Richtlinien 274
- Böschung 35, 36, 42, 47, 55–57, 60, 61, 133, 171
- Böschungswinkel 28
- Brandschutz 164, 170
- Bulldozer 39
- CE-Kennzeichen 281
- Damm 29, 31, 45, 46, 55, 56
- Dauer 13, 17, 19, 31, 83, 97, 130, 151, 152, 164, 187, 198, 201, 202, 206, 208, 210–213, 218, 221, 238, 240, 246, 252, 254, 256, 261, 277
- Vorgangsdauer 19, 201, 202, 208, 211, 213, 215
- Dauerleistungsgrenze 252, 254, 256, 257, 284
- Dauerschallpegel 266
- Dichte 21, 26, 125, 132
- Disposition 98, 253, 256
- Disziplin 10, 18, 71, 166, 212, 251, 261, 270, 271
- Druckfestigkeitsklasse 64, 65
- Dualität 250, 251, 257
- Effektivtemperatur 264
- Eigenfeuchte 68, 95
- Einheitspreis 168, 223–229, 231, 235, 244
- Einsatzfaktor 96
- Elektrosmog 264
- Energieumsatz 252, 253, 283
- Erdbau 19, 21, 22, 24, 26, 29–31, 33, 35, 37, 42, 45, 47, 48, 53, 54, 56, 58–61, 188, 192
- Boden- und Felsklassen 23, 24, 37, 166, 188, 207
  - Bodenarbeiten 21, 58, 61
  - Erdarbeiten 21, 32, 45, 47, 54, 57, 58, 60–62, 190, 233, 234
  - Erdbauwerk 21, 28–30, 32, 47, 52, 53, 56, 58
  - Gewinnungsklasse 24
- Ergebnisrechnung 195, 219
- Ergonomie 251, 258, 270, 284, 286
- Erhärtungsprüfung 84, 97, 104
- Erholung 256
- Erkundigungspflicht 32, 57
- Ermüdung 253, 254–256, 284
- Erosion 47, 59
- Erstarrungsende 79
- Erstarrungsverzögerer 80
- Erstprüfung 93, 94, 97, 98, 100, 104, 106, 110
- Erzeugnis 13, 15, 16, 43, 168, 174, 193, 198, 201, 205, 220, 245, 269, 282
- Expositionsklasse 64, 65, 84, 105
- Fachkraft für Arbeitssicherheit 278, 286, 287
- Facility Management 178, 245

- Fahrmischer 96–98  
 Fehlhandlungen 258, 270, 271  
 Feldfabrik 148, 151, 152  
 Fertigteile 70, 71, 80, 108, 111–114, 116, 124, 126, 130, 138, 140, 142, 155  
   – Fertigteilebau 111, 136, 137  
 Fertigung 13, 15–17, 112, 114, 148, 167, 177, 215, 246  
   – Fertigungsrichtung 82, 200, 204, 205, 208, 246  
   – Fertigungsverfahren 15–18, 20, 31, 58, 115, 205  
   – Fließfertigung 204, 246  
   – Parallelfertigung 204  
   – Reihenfertigung 204  
   – Taktfertigung 82, 204  
 Festgestein 22, 38  
 Flachbaggerbetrieb 42  
 Fließgrenze 25  
 Flussdiagramm 215  
 Fördermittel 42, 99, 100, 113, 139, 148, 153  
 Fördern 30, 31, 42, 43, 53, 59, 65, 67, 98–100, 106  
   – Bandförderung 42, 43, 99  
   – Kübelförderung 42, 43, 100  
 Forderung 72, 119, 131, 149, 157, 160, 162, 168, 170, 179, 242, 258, 271, 272, 277, 278, 281  
 Fragen zur Wiederholung 19, 58, 105, 140, 169, 245, 284  
 Frequenzbewertung 265  
 Frost 22, 24, 47, 48, 65, 66, 83, 101, 106, 174  
   – Frostschutz 29, 32  
 Fundmunition 58, 60  
 Gebäude 14, 32, 121, 150, 166, 178, 191, 205  
 Gefahr 47, 66, 69, 72, 102, 103, 113, 116, 117, 120, 236, 238–240, 244, 265, 269, 275, 281, 285  
 Gefährdung 269, 275, 281, 285  
 Gefahrstoff 155, 160, 162, 282, 285  
   – Ausschuss für Gefahrstoffe 282  
 Gesetze 147, 172, 272, 286  
   – Arbeitsschutzgesetz 147, 172, 256, 275, 280, 287  
   – Arbeitszeitgesetz 261, 282, 286  
   – Baustellenverordnung 147, 168, 178, 245, 248, 276, 277, 287  
   – Betriebssicherheitsverordnung 147, 160, 168, 172, 276, 281, 287  
   – Betriebsverfassungsgesetz 256, 276, 286  
   – BGB 54, 190, 229, 230, 235–242, 244, 246, 247  
   – BGB-Vertrag 54, 190  
   – Chemikaliengesetz 282, 287  
   – Gefahrstoffverordnung 147, 160, 168, 172, 276, 282, 287  
   – Geräte- und Produktsicherheitsgesetz 276, 281, 287  
   – Grundgesetz 272, 275, 285  
   – Schwerbehindertengesetz 283  
   – StVO 131, 147, 157, 283  
   – StVZO 123, 124, 131, 147  
 Gesteinskörnung 63–66, 68, 70, 93, 95, 99, 102, 108, 109, 153, 154  
 Gewinnungsmaschine 30, 33, 36, 41, 59  
 GISBAU 282  
 Grabkurve 36, 37, 59  
 Grader 41, 42  
 Gradienten 29  
 Greifer 35, 95  
 Grenzwert 102, 261, 263, 266, 269  
 Größtkorn 64, 66, 67, 70, 93, 101, 106  
 GS-Zeichen 281  
 Güteprüfung 97  
 Haftung 187, 239, 241, 280  
 Hebeband 127, 128, 143  
 Heber 82, 126, 141  
 Hebezeug 37, 82, 86, 90, 111, 113, 114, 117, 120, 126, 127, 129, 139, 141–143, 146, 148, 151, 152, 158  
   – Hebezeugauswahl 132, 141  
 Heckaufreißer 39, 41  
 Hilfs- und Nebenprozesse 113  
 Hinterfüllen 48  
 Hochlöffel 35, 36  
 Holzbearbeitung 151, 152  
 Hubschrauber 123, 125, 141  
 Hubverfahren 126, 142  
 Hydratationswärme 67, 68, 105, 109  
 Ingenieurbilogie 47, 56  
 Innenrüttler 79, 102, 106, 108  
 Instandhaltung 145, 152, 153, 167, 168, 170, 172, 178, 194, 221, 240, 248, 280  
 Instandsetzung 104, 153, 168, 170, 178  
 Jugendliche 283  
 Kalkulation 15, 20, 45, 53, 86, 107, 189–191, 193, 219–226, 246, 247  
   – Angebotskalkulation 168, 177, 200–222, 224, 228  
   – Auftragskalkulation 222, 229  
   – Divisionskalkulation 223  
   – Nachkalkulation 175, 177, 189, 195, 200, 201, 219, 222  
   – Nachtragskalkulation 222  
   – Vorkalkulation 222  
   – Zuschlagskalkulation 223  
 Kenngröße 51, 122, 123, 193  
 Kennzahl 18, 40, 44, 122, 148, 191, 219, 262, 279  
 Kippe 29–31, 35, 39, 40, 44, 46, 57, 76, 118  
 Klassifikation 22–24, 33, 38, 39, 59, 63, 101, 172  
 Klima 253, 259, 262, 263, 286  
 KLR Bau 15, 20, 154, 171, 177, 219, 220, 246, 247  
 Kondition 256  
 Konformitätsnachweis 94, 98  
 Konsistenz 25, 26, 65, 78–80, 93, 94, 99, 101, 102, 104, 207

- Konsistenzklasse 64, 94
- Konsistenzzahl 26
- Konsortium 187, 245
- Konstitution 256
- Kopplungsabstand 212
- Korngrößenverteilung 22, 25, 61, 66
- Kosten 12, 13, 17, 20, 32, 71, 81, 86, 123, 131, 151, 153, 168, 170, 171, 173, 174, 176, 187, 193, 195–198, 212, 217–224, 226, 232, 235–241, 243–248, 277
  - Bewehrungskosten 92
  - Einzelkosten 168, 220, 223, 224, 226–228
  - Gemeinkosten 86, 151, 168, 195, 220, 221, 223, 224, 226, 227, 241, 246
  - Herstellkosten 193, 220, 226, 227
  - Kostenart 86, 219, 220, 223, 224, 226
  - Kostenermittlung 18, 44, 86, 190, 220
  - Kostenrechnung 15, 195, 223, 247
  - Kostenstelle 219
  - Kostenträger 223, 246
  - Lohnkosten 86, 92, 195, 221, 225, 226, 246
  - Maschinen- und Gerätekosten 86, 221
  - Materialkosten 221
  - Nachunternehmerkosten 86, 226
  - Schalungskosten 86, 107
  - Selbstkosten 184, 220, 227, 235
  - Selbstkostenerstattungsvertrag 184, 220, 227, 235
  - Stoffkosten 86, 241
  - Umlagekosten 220
- Kosten- und Leistungsrechnung (KLR) 20, 171, 193, 195, 196, 219, 246, 247
- Kote 29, 58
- Kran 34, 82, 86, 89, 95, 100, 117–125, 127, 131, 134, 136, 140, 142, 143, 148–152, 156, 171, 172, 221, 226, 227, 287
  - AT-Kran 124, 140
  - Fahrzeugkran 100, 117, 122–125, 148
  - Kletterkran 121, 150
  - Kranauswahl 118, 132, 141
  - Krangleis 149
  - Krannachweis 118, 119, 132, 134, 140
  - Kranspiel 122
  - Kranstandpunkte 124, 134, 141, 167
  - Mobilkran 122, 123
  - ortsgebundener Kran 125
  - Raupenkran 123
  - RT-Kran 122, 123
  - Schienenkran 124
  - Turmdrehkran 118, 119, 121–124, 140, 148–150, 170, 171
- Kriterium 17, 105, 131, 132, 141, 148, 149, 156, 165, 167, 168, 170, 193, 200, 258, 262, 269
- Ladeschaufel 34, 35
- Lager 88, 133, 139, 152, 153, 155, 156, 163, 170, 237, 280
  - Lagerarten 155
  - Lagerprozess 30, 117, 138
- Lagermatte 88, 89, 106
- Lagerung 26, 27, 48, 89, 90, 124, 134, 145, 147, 152, 155, 156, 160, 164, 167, 170, 221, 260
- Lärm 154, 163, 182, 259, 262, 263, 265, 266
  - Lärmschutz 266
- Lastaufnahmeeinrichtung 127, 129, 143
- Lastaufnahmemittel 127, 129, 130, 137, 138, 141, 143
- Lebenszyklus 12, 173, 178
- Leistung 19, 37, 38, 54, 56, 62, 73, 96, 164, 177, 178, 181, 188–192, 202, 222, 226, 228, 229, 230, 233, 235–242, 244, 251, 252, 270, 281
  - besondere Leistungen 233
  - Grundleistung 37, 202
  - Leistungsbeschreibung 19, 47, 53, 175, 176, 188, 189, 197, 207, 222–225, 233, 235, 240, 244, 245
  - Leistungseinheit 19, 20, 188, 193, 201, 202, 219, 245
  - Leistungsermittlung 22, 37, 38, 40, 44, 53, 108, 189, 223
  - Leistungsprogramm 189, 222, 245
  - Leistungsrechnung 15, 177, 195, 219
  - Leistungsumfang 19, 20, 201, 202, 231
  - Leistungsvermögen 252
  - Leistungsverzeichnis 53, 86, 87, 166, 168, 170, 189, 194, 207, 222–225, 227–230, 233, 245, 246
  - Leistungswert 19, 20, 106, 202, 207, 224, 246
  - Nebenleistung 32, 46, 168, 194, 233, 246
  - Nutzleistung 19, 37, 96, 122, 202
  - Teilleistung 31, 226, 235
- Leistungsgerät 38
- Leitungen 32, 48, 57, 58, 60, 163, 166
- Lieferschein 95
- Listenmatte 89
- Lockergestein 22, 57
- Mangel 85, 132, 138, 177, 236, 239, 240, 244
- Maschine 9, 11, 15, 18, 20, 21, 30, 31, 33, 35, 36, 39–42, 45, 52, 57, 61, 62, 86, 117, 122, 133, 139, 142, 149, 151, 155, 160, 165, 167, 170, 184, 185, 187, 195, 221, 241, 243, 247, 258, 267, 274–276, 280, 281, 285, 286
- Maschinenkomplex 59
- Matrixstruktur 183, 185
- Mechanisierung 11, 18
- Mengen 15, 19, 27, 39, 44, 53, 54, 66, 68, 69, 86, 87, 99, 133, 147, 152–154, 176, 177, 184, 189–191, 195, 196, 198, 200, 202, 207, 209, 215, 216, 219, 223–229, 231, 235, 244, 245, 270
  - Abrechnungsmenge 53, 189, 206, 245
  - Abrechnungsmengen 53, 189, 206, 245
  - Arbeitsmenge 53
  - Ausführungsmengen 189, 245
  - Ausschreibungsmenge 53, 231

- Mengenermittlung 19, 44, 45, 53, 54, 56, 60, 189–192, 207, 224, 233
  - elektronische M. 192
- Mengenprofil 44
- VOB-Menge 189
- Mensch 16, 71, 193, 198, 249, 250, 256, 258, 260, 263, 267, 270, 284, 287
  - Mensch -Maschine-System 258
  - Menschengerechtigkeit 257
- Mindestzementgehalt 65, 93, 100
- Mischanlage 95, 96, 98, 153, 154
- Mischdauer 70, 95–97
- Modell 12, 166, 212, 250, 263
  - Modellbildung 10
- Modernisierung 178, 250
- Montage
  - Ausrüstungsmontage 111, 124, 142
  - Vollmontagebau 112
- Montagebau 111, 114, 139, 142
  - Hakenhöhe 118, 120, 132, 133, 141
  - Montageabschnitt 133
  - Montageanweisung 133
  - Montageebene 124, 133, 134, 141
  - Montageelement 114, 115, 116, 126, 129, 131, 140
  - Montagehalterung 130, 137
  - Montagehilfsmittel 117, 127, 133, 136
  - Montagelast 132, 141
  - Montagelehre 130
- Montagespreise 127, 129
- Motivation 11, 249, 253, 255–258, 268, 270, 284
- Muldenkipffahrzeug 98
- Nachbehandlung 64, 73, 84, 88, 97, 103, 106, 110, 194
- Nachhaltigkeit 12, 19, 179
- Netzplan 209, 212–214, 246
  - CPM 212, 214, 215
  - PERT 212–214
  - Potenzialmethode (MPM) 214
  - Vorgangsdauer 213
  - Vorgangsknotennetz 215
  - Vorgangsliste 213
- Oberboden 23, 28, 32, 47, 58, 166
  - Oberbodenarbeiten 32
- Organisationsschema 183
- Pegeladdition 266
- Planierraupe 39–42, 45, 59, 221
- Planum 29, 37, 46, 205
  - Transportplanum 46, 59
- Planung 12, 14, 15, 18–21, 36, 45, 52, 61, 133, 134, 145, 146, 152, 158, 165, 166, 170, 171, 173–178, 181, 182, 184, 192, 193, 199, 208, 210, 212, 216–218, 224, 245, 247, 248, 275
  - Ausführungsplanung 175, 176
  - Entwurfsplanung 175, 176
  - Entwurfsverfasser 181, 245
  - Genehmigungsplanung 175, 176, 245
  - Vorplanung 11, 175
- Plastizitätszahl 25, 58
- Polier 166, 185, 220
- Porenanteil 26
- Porenzahl 26
- Prismenmethode 56, 60
- Produktion 16, 131, 133, 154, 166, 174, 200, 249, 271, 286
  - Produktionsorganisation 16, 19
  - Produktionstechnik 15, 16
- Projektsteuerer 181
- Prozess 15–17, 19, 21, 30, 63, 68, 93, 96, 111, 113, 114, 117, 133, 139, 145, 146, 153, 170, 174, 178, 198, 200, 203, 207, 209, 211, 214, 226, 245, 249, 250, 252, 258, 260
  - Prozessdaten 18, 52, 200
  - Prozessgliederung 200, 246
  - Prozessverhalten 22, 27
- Pufferzeit 213–215, 246
- Qualifikation 188, 200, 256, 268
- Qualität 19, 56, 81, 85, 92, 95, 99, 104, 132, 138, 153, 161, 171, 173, 198, 222, 262
  - Qualitätssicherung 19, 56, 104, 138
- Rampe 55
- Raumzellenbauweise 112
- Recht
  - Arbeitsschutzrecht 272, 274
  - EG-Vertrag 273, 274
  - EU-Recht 273
- Regeln der Technik 14, 163, 166, 177, 178, 181, 236, 240, 271, 273
- Rekonstruktion 178
- Revitalisierung 178
- Rezeptur 65, 66, 71, 93
- Ringverkehr 41, 43
- Risiko 11, 13, 223, 269, 285
- Rückbau 15, 179
- Rührfahrzeug 98
- Rüttelverdichtung 49, 51, 79
- Sanierung 178, 250
- Schadensfall 85, 107, 269
- Schalung 18, 69, 71–73, 74, 76–87, 91, 99, 100, 102–105, 108, 109, 112, 149, 152, 188, 190, 194, 201, 207, 221, 225, 233
  - Deckenschalung 80, 81
  - Gleitschalung 82, 105
  - Kletterschalung 82, 105
  - Schalhaut 69, 72, 74–77, 81, 83, 103, 105
  - Schalplan 83
  - Schalungsrüttler 79, 102, 108
  - Schalungsträger 75, 76
  - Schlauchschalung 81
  - Sonderschalung 81, 105, 152
  - Systemschalung 81, 85, 86, 105
  - Tunnelschalung 81
  - verlorene Schalung 74, 81
- Schalungsplatz 151, 152, 170

- Schaufellader 38, 45  
 Schlussbearbeitung 103, 104  
 Schrumpfgrenze 26  
 Schürfkübelraupe 41  
 Schürfkübelwagen 40  
 Schütten 22, 28, 31, 45, 46, 59, 100  
 – Kopfschüttung 46, 59  
 – Lagenschüttung 46, 59  
 – Seitenschüttung 46  
 Schüttwinkel 28  
 Schutzgerüst 130, 143, 163, 164  
 Schweißen 17, 89, 110, 115, 116  
 Schwingungsschutz 267  
 Scooper 34  
 Scraper 40, 41  
 Setzmaß 94, 109  
 Sicherheit 56, 85, 92, 104, 129, 132, 134, 138, 143, 147, 158, 160, 170, 172, 173, 176, 182, 193, 240–243, 248, 249, 268, 271, 275–278, 281, 286, 287  
 – Arbeitssicherheit 57  
 – Arbeitssicherheit 73, 76, 82, 85, 104, 107, 139, 145, 168, 260, 268, 271, 272, 274, 276, 285, 286  
 – Produktionssicherheit 268  
 – technische Sicherheit 268  
 Sicherheitsbeauftragte 278  
 Sicherheitstechnik 143, 158, 173, 248, 259, 260, 278  
 Sicherung 14, 32, 47, 73, 81, 130, 138, 147, 158, 163, 171, 172, 236  
 Sieblinie 67, 70, 101  
 Simulation 12, 19, 259  
 Sinnfälligkeit 258  
 Skelettbauweise 112  
 Slump 94  
 Sozialrichtlinien 274  
 Sprungrüttler 49, 51  
 Stahlliste 91, 190  
 Stampfverdichter 51  
 Stationierung 29  
 Steiggeschwindigkeit 78, 79  
 Stetigförderer 148  
 Strahlung 262, 264, 265, 286  
 – Infrarotstrahlung 265  
 – Laserstrahlung 265  
 – UV-Strahlung 128, 165, 265, 285  
 Straßenhobel 41  
 Straßenreinigung 44, 159  
 Stress 254, 255, 264, 286  
 Streuung 253, 256  
 Sulfatwiderstand 68, 98  
 System 10, 11, 15, 16, 30, 42, 45, 77, 80, 81, 83, 107, 114, 121, 134–137, 140, 150, 161, 184, 192, 200, 257, 258, 269, 271, 278, 284  
 Tätigkeitsfelder 13  
 Technik 12, 16, 70, 107, 108, 132, 139, 142, 160, 171, 191, 214, 248, 256, 260, 269–271, 273, 275, 285  
 – technische Gebilde 249, 258  
 Technologie 11, 12, 15, 16, 20, 59, 70, 81, 108, 119, 134, 142, 247, 250  
 – technologische Pause 211  
 – technologischer Prozess 16, 20, 198, 200, 249, 284  
 Teilbetrieb 31  
 Terminierung 213, 216  
 Terminliste 208, 213  
 Tieföffel 35, 36, 59, 207  
 Tischrüttler 102  
 Tragfähigkeit 22, 29, 37, 46, 48, 62, 65, 70, 85, 111, 116, 118, 122–124, 125, 126, 128, 133, 140, 148, 149, 154, 166  
 Tragkonstruktion 73, 75, 76, 81, 137  
 Tragkraft 82, 118, 123, 132  
 Tragmittel 118, 126, 127  
 Transport(ieren) 15, 17, 30, 31, 38–43, 45, 57, 59, 73, 81, 89, 90, 92, 94, 95, 97–99, 113, 114, 117, 125, 130, 134, 138, 139, 145, 148, 151, 153, 155, 167, 221, 260  
 – Transportfahrzeug 36, 43, 57, 99  
 – Transportkosten 45  
 Transportanker 130, 141, 143  
 Traverse 90, 127, 129, 135, 136, 137, 138  
 Trennmittel 72, 83–85, 100, 105  
 Überwachung 97, 98, 104, 106, 110, 122, 149, 162, 176, 181, 212, 214, 218, 281  
 – Eigenüberwachung 97  
 – Fremdüberwachung 97, 98, 104  
 Überwachungsklasse 97, 104  
 Umlagefaktor 226, 227, 228  
 Umnutzung 178  
 Umschlag 90, 93, 113, 114, 130, 139, 148  
 Unfall 57, 76, 85, 107, 132, 139, 270, 271, 277, 279, 285  
 – Unfallfaktor 269  
 – Unfallquote 279, 285  
 Ungleichförmigkeitsgrad 25, 48, 58  
 Unterstützungskonstruktion 74–76, 83, 102, 104  
 Ver- und Entsorgungseinrichtungen 146, 160  
 Verantwortlichkeit 187, 213, 232, 280  
 Verantwortung 13, 65, 84, 181, 183, 187, 236, 244, 249, 271, 280  
 Verbundbauweise 116  
 Verbundwirkung 70, 89  
 Verdichtung 17, 20, 21, 27, 28, 30, 31, 45, 48–50, 52, 53, 56, 57, 60, 61, 65, 66, 71, 78, 79, 100–102, 108, 159, 207  
 – Proctordichte 28, 58  
 – Verdichtbarkeit 22, 28, 29, 154  
 – Verdichtungsfähigkeit 48, 49  
 – Verdichtungsgrad 27, 28, 45, 52, 58  
 – Verdichtungsmaschine 50

- Verdichtungsmaß 94, 96, 109
- Verdichtungsverfahren 49, 50, 60, 101, 102, 106
- Verdichtungswilligkeit 48, 49, 70
- Verdingungsunterlagen 176, 188
- Verfahrenstechnik 10, 13, 16, 61, 108
- Vergabe 19, 20, 53, 61, 87, 109, 171, 174–176, 185, 218, 229, 230, 237, 238, 248
- Vergütung 187, 194, 223, 229, 231, 235, 237, 238, 240, 241, 244
- Verteilen 30, 31, 41, 42, 45, 100, 207
- Verteilerlinie 44
- Vertrag
  - Bauvertrag 228, 229, 246
  - Erstattungsvertrag 229
  - Leistungsvertrag 229
  - Pauschalvertrag 229–231
  - Selbstkostenerstattungsvertrag 230
  - Stundenlohnvertrag 230
  - Vertragsform 230
  - Werkvertrag 229, 246
- Verzahnung 46, 59
- Vibration 102, 154, 267
- Vibrationsplatte 49, 51
- Vigilanz 255
- VOB 15, 20, 21, 23, 32, 46, 53, 54, 58, 60, 61, 63, 72, 85–87, 92, 94, 109, 168, 171, 177, 188–191, 194, 222, 224, 229–235, 237, 244–248
  - VOB-Vertrag 54, 190
- Vorarbeiten im Baugelände 32
- Vorflut, Vorfluter 24, 58, 161, 166, 236
- Vorlagerung 113, 124, 134, 141, 155, 211
- Walze 25, 26, 49–51, 62
- Wasser 14, 21–24, 26, 32, 41, 47–50, 58, 60, 63, 65, 67, 68, 73, 84, 95, 100, 101, 103, 109, 133, 145, 154, 161, 164, 166, 167, 181, 234, 237
  - Grundwasser 21, 24, 32, 58, 161, 166, 205, 237
  - Schichtwasser 24, 32, 58
  - Wasserandrang 32
  - Wasserdurchlässigkeit 22, 48
  - Wasserempfindlichkeit 22, 25
  - Wassergehalt 23, 25, 26, 52, 58
- Weg-Zeit-Diagramm 59, 211, 246
- Werkzeug 18, 96, 130, 133, 151, 155, 258, 275
- Winterbau 98, 164, 165, 170
- Wirtschaftlichkeit 10, 17, 18, 22, 45, 98, 107, 114, 132, 160, 165, 173, 184, 198, 217, 251, 256, 257, 271, 282
- Wissenschaft 9, 10, 16, 107, 249, 250
- Zeichnungsmatte 89
- Zeit 84, 192–195, 198, 262
  - Erholungszeit 193, 256
  - Grundzeit 193
  - Mannzeit 195
  - Platzzeit 195
  - Prozesszeit 195
  - Rüstzeit 193
  - Stillliegezeit 194
  - Verteilzeit 193, 202
  - Vorhaltezeit 168, 194, 221
  - Zeit-Abschnitts-Diagramm 210, 211
  - Zeitabstand 214
  - Zeitbewertung 265, 266
  - Zeiterfassung 193
  - Zeitermittlung 195
- Zeitfolgeplan 209
- Zement 63, 67, 68, 71, 93, 95, 100, 103, 107–110, 155
- Zementleim 63, 66, 67, 69, 73, 93, 103
- Zugabewasser 68, 73, 109
- Zuschlag 175, 177, 221, 224, 228, 238, 245
- Zustandsgröße 263
- Zyklogramm 208–210



