

Wasserkraftmaschinen für den Bergbau im Harz

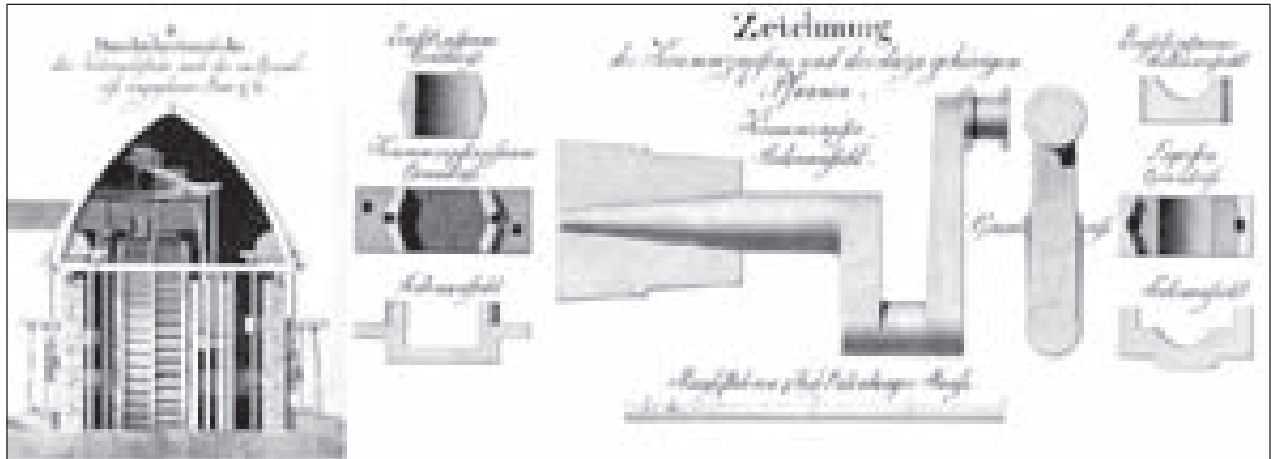
*Frühneuzeitliche Spuren und deren Deutung
am Beispiel der Grube Thurm Rosenhof
und ausgewählter Anlagen*

Habilitationsschrift

vorgelegt von
Dr. rer. nat. Friedrich Balck
aus Lübeck

eingereicht bei der
Fakultät für Bergbau, Hüttenwesen und Maschinenwesen
der Technischen Universität Clausthal

1999



Von oben gegen den Uhrzeigersinn nach unten:

- ▶ Kurbelzapfen und Lagerschalen für das Kehrrad des Oberen Thurm Rosenhofes (wie [18] in Abb. 124 [Schottelius]).
- ▶ Kehrrad der Grube Jungfrau in Zellerfeld (Blatt 2 zu Abb. 31 [Schottelius]).
- ▶ Grube Silbersegen (wie Abb. 24).
- ▶ Francis-Spiralturbine in der Kunstradstube am Ernst-August-Schacht in Wildemann (wie Abb. 94).
- ▶ Kehrradstube der Grube Jungfrau in Zellerfeld (wie Abb. 30 [Osterwald]).
- ▶ Nachbau des Kanekuhler Kehrrades im Rammelsberg. Ein durchsichtiger Teil des Schaufelkranzes aus Plexiglas erlaubt den Einblick in die Wassertaschen (zu Abb. 86).
- ▶ Wassersäulenmaschine zum Antrieb der Fahrkunst im Kaiser-Wilhelm-Schacht auf dem Niveau der Tiefen Wasserstrecke [Harzbibl. Nr. 81].

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Balck, Friedrich:

Wasserkraftmaschinen für den Bergbau im Harz / Friedrich Balck. –

Clausthal-Zellerfeld : Papierflieger, 1999

Zugl.: Clausthal, Techn. Univ., Habil.-Schr., 1999

ISBN 3-89720-341-3

© **PAPIERFLIEGER**, Clausthal-Zellerfeld, 1999

Telemannstraße 1 · 38678 Clausthal-Zellerfeld

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Wege (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.



| | |
|--|-----------|
| Kapitel 1 – Einleitung | 2 |
| Zielstellung dieser Arbeit | 4 |
| Grundlagen zur Analyse der Funde und Befunde aus der Radstube der Grube Thurm Rosenhof | 5 |
| Kapitel 2 – Bergbau im Harz | 12 |
| Erzbergbau am Rosenhof in Clausthal | 13 |
| Kapitel 3 – Oberharzer Wasserwirtschaft | 16 |
| Kapitel 4 – Wasserkraftmaschinen als Antriebe im Bergbau | 20 |
| 4.1. Überblick | 21 |
| 4.1.1. Maschinen im Wandel der Technik | 21 |
| 4.1.2. Halden verändern die Landschaft, Auswirkungen für die Wasserkraftmaschinen | 21 |
| 4.2. Gebäude und Einrichtungen für die Wasserkraftmaschinen | 27 |
| 4.2.1. Runde Radstube Thurm Rosenhof (Nr. 1) | 28 |
| 4.2.1.1. Geometrie und Struktur | 28 |
| 4.2.1.2. Boden der Radstube und große Öffnungen in der Mauer | 28 |
| 4.2.1.2.1. Schleiftrog und Ablaufrösche | 28 |
| 4.2.1.2.2. Wasserzulauf | 30 |
| 4.2.1.2.3. Seiltrift | 30 |
| 4.2.1.3. Mauerwerk, Struktur in Schichten | 30 |
| 4.2.1.4. Einbauten in der Radstube, der Grundrahmen | 34 |
| 4.2.1.5. Kostenaufstellung für neues Kehrrad | 36 |
| 4.2.2. Radstube am Schacht Anna Eleonora, Clausthal (Nr. 2) | 37 |
| 4.2.3. Radstube Schacht Silbersegen, Clausthal (Nr. 3) | 39 |
| 4.2.4. Radstuben der Schächte Jungfrau, Schreibfeder und Rheinischer Wein Zellerfeld (Nr. 4–6) | 39 |
| 4.2.4.1. Radstube des Schachtes Jungfrau, Zellerfeld (Nr. 4) | 39 |
| 4.2.4.2. Radstube Silberne Schreibfeder, Zellerfeld (Nr. 5) | 47 |
| 4.2.4.3. Radstube Rheinischer Wein, Zellerfeld (Nr. 6) | 47 |
| 4.2.5. Radstube Samson, Sankt Andreasberg (Nr. 7 und 8) | 53 |
| 4.2.6. Radstube Knesebeck-Schacht, Bad Grund (Nr. 9 und 10) | 56 |
| 4.2.7. Radstuben im Polstertal, zwischen Clausthal und Altenau (Nr. 11 und 12) | 69 |
| 4.2.8. Radstuben am Zellerfelder Hoffnungsschacht, zwischen Zellerfeld und Bockswiese (Nr. 13) | 77 |
| 4.2.9. Radstube der Grube Glasebach, Straßberg (Nr. 14) | 77 |
| 4.2.10. Radstuben am Schacht Herzog Georg Willhelm, Clausthal (Nr. 15) | 81 |
| 4.2.11. Radstuben der Dorothea, Clausthal (Nr. 16 -Nr. 18) | 81 |
| 4.2.12. Ovale Radstube, Oberer Thurm Rosenhof, Clausthal (Nr. 19) | 86 |
| 4.2.13. Radstube Dorothee, Freiberg (Nr. 20) | 88 |
| 4.2.14. Radstuben im Rammelsberg, Goslar (Nr. 21–24) | 88 |
| 4.2.14.1. Feuergezäher Gewölbe im Rammelsberg, Goslar (Nr. 21) | 93 |
| 4.2.14.2. Kanekuhler Radstube im Rammelsberg, Goslar (Nr. 22) | 93 |
| 4.2.14.3. Kehrrad Serenissimorum im Rammelsberg, Goslar (Nr. 23) | 97 |
| 4.2.14.4. Oberes Kunstrad Serenissimorum im Rammelsberg, Goslar (Nr. 24) | 102 |
| 4.2.15. Radstube Ernst-August-Schacht, Wildemann (Nr. 25 und 26) | 107 |
| 4.2.16. Radstube Kummelsglück, Bad Lauterberg (Nr. 27) | 109 |
| 4.2.17. Komplett-Anlage Neuer Morgenstern, Freiberg (Nr. 28 und 29) | 109 |

| | | |
|------------|---|-----|
| 4.3. | Technik der Wasserkraftmaschinen | 113 |
| 4.3.1. | Allgemein | 113 |
| 4.3.2. | Wasserzufluß, Pflege und Umbau der Einrichtungen | 114 |
| 4.3.3. | Wasserräder | 115 |
| 4.3.3.1. | Entwicklungsgeschichte der Wasserräder im Bergbau | 115 |
| 4.3.3.2. | Kehr- und Kunsträder | 115 |
| 4.3.3.2.1. | Fördermaschine mit Gaipel und Kehr- rad | 115 |
| 4.3.3.2.2. | Einzelheiten der Konstruktion eines Rades | 117 |
| -2.2.1. | Radwelle mit Zapfen für Lagerung und Kraftübertragung | 117 |
| -2.2.2. | Material und Form des Wellenzapfens, Kurbel | 119 |
| -2.2.3. | Umsetzung der Kreisbewegung in eine lineare, Krummzapfen | 121 |
| -2.2.4. | Radkranz, Versteifung der Holzverbindungen durch Verkämmung | 121 |
| -2.2.5. | Radarme und ihre Verbindung | 121 |
| -2.2.6. | Radschaufeln | 127 |
| -2.2.7. | Besonderheiten der Schaufeln | 127 |
| -2.2.8. | Eiserne Zuganker am Rad | 128 |
| -2.2.9. | Seiltrommel, Verstellung, »Verstecken« | 129 |
| -2.2.10. | Bremse, verschiedene Konstruktionen | 132 |
| -2.2.11. | Wellenlager und andere Metallteile | 135 |
| -2.2.12. | Lebensdauer eines Wasserrades | 147 |
| -2.2.13. | Chemischer Holzschutz | 148 |
| 4.3.3.2.3. | Beschreibung der Mechanik am Beispiel der Kehr- radstube der Grube Jungfrau | 148 |
| 4.3.3.2.4. | Arbeiten am Kehr- rad | 150 |
| -2.4.1. | Bedienung | 150 |
| -2.4.2. | Arbeitsplatz | 156 |
| -2.4.3. | Beleuchtung | 157 |
| -2.4.4. | Tiefenanzeiger, Weiszeug | 157 |
| -2.4.5. | Signalvorrichtung, Klopfschlag | 159 |
| -2.4.6. | Wartung, Schmierung | 159 |
| 4.3.3.2.5. | Berechnung der Wasserräder | 160 |
| -2.5.1. | Funktionsweise von Wasserkraftmaschinen, Optimierung der Wasserräder, Konstruktion, Nutzeffekt | 160 |
| -2.5.2. | Kraft, Drehmoment und Leistung eines Wasserrades | 165 |
| -2.5.3. | Statik eines Rades | 166 |
| -2.5.4. | Typische Kenndaten einiger Wasserräder, Drehzahl, Abmessungen | 167 |
| 4.3.4. | Wassersäulenmaschinen | 171 |
| 4.3.5. | Turbinen | 173 |
| 4.3.6. | Arbeitsmaschinen, Fahrkunst und Hubkunst | 174 |
| 4.3.6.1. | Fahrkunst, zunächst von Wasserkraft später von Dampfkraft angetrieben | 174 |
| 4.3.6.2. | Hubkunst | 177 |
| 4.4. | Auswertung und Ergebnisse | 179 |
| 4.4.1. | Analyse der Formen und Konstruktionen der Radstuben | 179 |
| 4.4.2. | Entwicklung und Systematik der Bauformen der Räder | 180 |
| 4.4.2.1. | Neue Techniken für die Wasserräder | 180 |
| 4.4.2.2. | Vereinheitlichungen oder konstruktive Neuerungen, Planung und Bau eines Rades | 184 |
| 4.4.2.3. | Systematisierung der Bauformen | 185 |
| 4.4.2.3.1. | Unterschiede in der Konstruktion | 186 |
| 4.4.2.3.2. | Statistik der Radgrößen | 188 |
| 4.4.2.4. | Probierstube Harz, Direktionsprinzip oder Freiheit des Erfinders | 189 |
| 4.5. | Wasserkraftmaschinen in Konkurrenz zu Dampfmaschine und Elektromotor | 190 |

Kapitel 5 – Zusammenfassung und Ausblick 194

| | |
|--|------------|
| Anhang A – Verweise, Bedeutung der Bildmarken | 198 |
| Anhang B – Form und Abmessungen der Radstuben | 202 |
| Anhang C – Tabellarische Zusammenfassung der Radstubendaten | 220 |
| Anhang D – Arbeitskraft von Mensch und Wasser | 222 |
| D.1 Abschätzung der Arbeitskraft | 223 |
| D.2 Wert der Stromerzeugung bei einem Gefälle von 360 m | 223 |
| D.3 Baujahr und Leistung der Wasserkraftwerke | 224 |
| D.4 Ausnutzung der Wasserkraft im Rosenhöfer Gefälle heute | 225 |
| Anhang E – Geländedaten | 226 |
| E.1 Mächtigkeit der Halde am Rosenhof | 227 |
| E.2 Wichtige Höhen im Gelände | 227 |
| Anhang F – Ergänzende Berechnungen | 230 |
| F.1 Wasserverbrauch, ein Rad Wasser | 231 |
| F.2 Beschleunigung des Rades / kinetische Energie | 231 |
| F.3 Berechnung der Spitzenkräfte bei einem Krummzapfen | 231 |
| F.4 Energie einer vollen Tonne mit Seil | 232 |
| F.5 Volumen (Masse) der Holzteile des Kanekuhler Kehrrades | 233 |
| F.6 Auflagekraft auf der Welle | 233 |
| Anhang G – Maße, Gewichte und Kosten | 234 |
| Anhang H – Persönlichkeiten prägen die Technik..... | 238 |
| Anhang I – Glossar | 240 |
| Anhang J – Abbildungsverzeichnis | 244 |
| Anhang K – Quellenverzeichnis | 250 |
| Anhang L – Zeichnungsverzeichnis | 260 |
| Anhang M – Stichwortverzeichnis..... | 264 |
| Danksagung | 281 |

Kapitel

1

Einleitung

Durch Recherchen von Till Pape und Uli Reiff [L158] war bekannt, daß sich auf dem Gebiet nördlich der Häuser Am Rosenhof in Clausthal noch Reste der Rosenhöfer Bergbauanlagen unter Tage befinden und zugänglich sind.

*»Die schönste Radstube am ganzen Harz, die jetzt unbe-
nutzt stehet, ist die neben dem obern Thurm Rosenhöfer
Schacht.«*

schreibt Oberbergmeister Schulz aus Berlin¹ im Jahre 1822. Die Geometrie der Radstube² und des eingebauten Kehrrades zeigen die Kupferstiche von Villefosse 1819 [L203]. Diese sogenannte Ovale Radstube liegt unter der Erde und ist noch heute über unterirdische Stollen zugänglich.

Die Reste einer benachbarten gemauerten Radstube, ein kreisförmiger Mauerkranz im Gelände, waren 1993 noch zu sehen. Man hatte sie am Anfang des 20. Jahrhunderts auf Anordnung der Bergbehörde verfüllt³. Auch sie beschreibt Schulz:

*»Der Thurm-Rosenhofer Wassergöpel hat eine runde ge-
mauerte Radstube von 5 Lachter Durchmesser und aus
dem Schleiftroge 9 Lachter Höhe.«*

Aus beiden Radstuben fließt das Abfallwasser über einen langen gemeinsam genutzten Stollen zutage. (Wenn im folgenden von der Ovalen oder der Runden Radstube gesprochen wird, dann sind diese beiden gemeint.)

Es entstand der Wunsch, die »schönste«, die von oben geschlossene Ovale Radstube, für bergbauinteressierte Besucher zu erschließen. Diese sollten nicht über den langen Ablaufstollen hineingelangen, sondern von übertage in die von oben offene, noch freizulegende Runde Radstube einsteigen und über den Verbindungsweg ihr Ziel erreichen.

Nach einer Prospektionsgrabung innerhalb der Mauerreste dieser *Rosenhöfer Radstube* durch den Oberharzer Geschichts- und Museumsverein im Jahre 1994 erging an das Institut für Angewandte Physik zunächst der Auftrag, den sichtbaren oberen Mauerkranz steingerecht zu dokumentieren.

1 Oberbergmeister Schulz [L186].

2 Begriffe:

Radstube = Gebäude für Kunst- oder Kehrrad.

Seil = Kette oder Seil.

Runde Radstube = Kehrradstube am Schacht Thurm Rosenhof in Clausthal.

Ovale Radstube = Kehrradstube am Schacht Oberer Thurm Rosenhof in Clausthal.

OBA = Oberbergamt.

OBM = Oberharzer Bergwerksmuseum.

OGMV = Oberharzer Geschichts- und Museumsverein e. V.

HWW = Harzwasserwerke.

3 »2. 9. 1912

Um eine Wiederholung ähnlicher Einbrüche vorzubeugen, ist es empfehlenswert, die Kunströsche und Kehrradstube des ehemaligen Neuen Thurm Rosenhöfer Schachtes mit Einfriedungen zu versehen. Über die Ausdehnung und Lage

Als bei den nachfolgenden Abteufungsmaßnahmen im letzten Quartal 1996 mit einem Seilbagger Bruchstücke eines eisernen Seilkorbess sowie mehrere Holzteile nach oben gefördert worden waren, betraute man das Institut auch noch mit der Dokumentation der weiteren Ausgrabungen.

Nun begannen für den Autor spannende Wochen mit harter körperlicher Arbeit. Mit bergmännischem Gezähe (Schaufel, Kratze und Brechstange) wurde das Gestein in der verfüllten Radstube gelockert, nach Funden durchgesehen und für den kleinen Bagger freigegeben. Dieser schaffte das Gestein mit seiner Schaufel in den 200-Liter-Kübel. Ein Elektro-Haspel beförderte es dann aus der Radstube heraus nach oben.

Heute ist die Radstube nahezu vollständig freigelegt, sie hat eine Tiefe von etwa 25 m und einen inneren Durchmesser von etwa 11 m.

In ihr überlebten viele Teile aus Holz und Eisen über achtzig Jahre und stehen nun als Sachzeugen eines frühindustriellen Bergbaubetriebes zur Verfügung. Verborgen im Gestein waren manche Eisenteile dem Zugriff der Schrottsammler entzogen. Da das Wasser wegen eines Verbruches im Ablaufstollen etwa bis zu einer Höhe eines dreiviertel Meters angestaut blieb, überlebte der untere Teil des Wasserrades mit dem Schaufelkranz die Zeit. Die Feuchtigkeit am Grund der Radstube konservierte das Holz, während die dünneren Holzteile des Rades im oberen Teil torfartig zerfielen. Nur der überwiegende Teil der dicken Welle aus Eichenholz ist noch erhalten.

Diese Ausgrabung öffnet ein Fenster und ermöglicht den Zugang zu 400 Jahren Bergbautechnik im Oberharz. Als der Bergbau noch aktiv war, kümmerten sich die »Leute von der Feder«, die Beamten, im Auftrag der Bergwerkeigentümer um die Dokumentation der Kosten, Planungen für Baumaßnahmen und Betriebsabläufe. Ein großer Teil dieser Akten ist im Archiv des Oberbergamtes aufbewahrt und wartet nun, rund siebzig Jahre nach der Stilllegung, auf eine Auswertung und abschließende Zusammenfassung beispielsweise über die Technik der hier verwendeten Maschinen im Bergbau.

derselben ist mit Herrn Obersteiger Gottner an Ort und Stelle Rücksprache genommen.

Die anderen Röschen liegen so tief untertage, daß durch deren etwaiges Zusammenbrechen Einbrüche übertage kaum wahrnehmbar sein würden.

26. 10. 1912

Auf der Rosenhöfer Halde ist bei unberechtigtem Befahren mit einem Fuhrwerke ein Pferd eingebrochen. Die Verfüllung des Schachtes und der alten Röschen scheint dennoch nicht besonders vollkommen erfolgt zu sein. Um weitere Unfälle zu verhindern, empfiehlt es sich, die Lage der alten Röschen pp. [...], deren Einbrechen noch befürchtet werden kann, markscheiderisch festzulegen, und eine leichte Einzäunung mit Verbotstafeln anzulegen.«

OBA, (Archiv Preussag Goslar) VIII h.4. Vol. 1 – vgl. Plan von O. Langer [L128]. Der ehemalige Schacht ist vermerkt.

Andere Spuren des Bergbaus finden sich in der Landschaft und verblassen allmählich, da Mensch und Natur das Gelände wieder in Besitz nehmen.

Recht früh hat man es zur Zeit des aktiven Bergbaus verstanden, die Halden anderweitig zu nutzen.⁴ Mit Rekultivierungsmaßnahmen veränderte man ihr Aussehen. Auf dem Weg der Altenauer Straße vom Beginn am Klepperberg nach Osten überfährt man mehrere Haldenplateaus (Robert-Koch-Straße, Erzstraße). Der Weg führt an hundertjährigen Bäumen vorbei, rechts am Technologiepark (am Sägewerk des Schachtes Kaiser Wilhelm II) und etwas weiter links an der ehemaligen Freilichtbühne (Grube Margarethe), weiter bis zur Abzweigung Braunlage/Altenau. Die Gartenanlagen am Schacht Kaiser Wilhelm II⁵ sind unter den alten Bäumen nicht mehr zu erkennen. Ähnliche kunstvoll angelegte Wegesysteme mit Bepflanzungen zeigen Pläne aus der Markscheiderei für die Grube Margarethe⁶ und in Zellerfeld⁷ für das Plateau der Grube Silberne Schreibfeder. Es existiert ein Foto⁸, das den Beginn der Anpflanzungen festgehalten hat. Wie schwer es heute ist, die Reste dieser Halde im Wald bei Zellerfeld zu erkennen, geht aus Abb. 32 hervor.

Es wird Zeit, die Spuren zu dokumentieren, zu lesen und auszuwerten, damit das Wissen um den Bergbau für die Nachwelt erhalten bleibt.

Zielstellung dieser Arbeit

Im Harz, einer kleinteiligen Bergbauregion, haben Kunst- und Kehräder jahrhundertlang Energie für Fördermaschinen und Pumpen geliefert. Vor etwa 120 Jahren lösten zunächst Dampfkraft, später Elektrizität die Wasserkraft ab. Heute ist der Bergbau stillgelegt, keine der drei Antriebsarten ist mehr in Betrieb.

Diese Arbeit soll den Endzustand und die Entwicklung dieser über lange Zeit wirkenden segensreichen Wasserkraftnutzung beschreiben – etwa seit der Gründung des Vorläufers der TU Clausthal vor 225 Jahren. Aus dem komplexen Gebiet der Wasserwirtschaft und ihrer Nutzung im Harzer Bergbau werden die technischen Unterschiede der Wasserräder und ihrer Gebäude (Radstuben) durch Konstruktion und Entwicklung herausgearbeitet und das Ergebnis systematisch dargestellt.

4 »Zur Unterhaltung ihrer Arbeiter hat die Berginspektion zu Clausthal seit einigen Jahren damit begonnen, auf den mit Anlagen versehenen Halden ihres Revieres an Sommer-Sonntagen Konzerte zu veranstalten, deren zahlreicher Besuch seitens der Belegschaft den Beweis ihrer Beliebtheit liefert. Im Winter treten an Stelle dieser Haldenkonzerte Familienabende, in denen die Unterhaltung unter Leitung der Geistlichkeit durch Gesang, Musik und Vorträge geschieht. Auch der Besuch dieser Abende war ein sehr reger.«

H. Banniza et al. [L31–Seite 312] – vgl. auch J. G. Kohl [L122–Seite 104].

Hierbei kann der Autor nicht den Anspruch auf Vollständigkeit erheben, da das vorhandene Material nicht für statistisch relevante Aussagen reicht. Dennoch bieten die ausgewählten 29 Objekte genügend wichtige und weniger wichtige Unterscheidungsmerkmale, um

► **die Entwicklung der Wasserräder systematisch zu beschreiben**

und zu klären,

► **ob sich die Konstruktion der Maschinen im Harz unabhängig von anderen Bergbaugebieten entwickelt hat und ob ein strenges Direktionsprinzip⁹ oder die Freiheit des Erfinders hierauf Einfluß genommen hat.**

Für die Analyse werden Literaturstellen, Pläne und Zeichnungen einerseits, sowie Beobachtungen, Vermessungen, Materialuntersuchungen an noch existierenden Objekten (Radstuben, Funde von Ausgrabungen usw.) andererseits verwendet.

Schwerpunkt ist die Grube Thurm Rosenhof. Die Ausgrabung ihrer Runden Radstube hat eine erhebliche Menge an Funden und Befunden geliefert.

Ergebnisse von früheren Dokumentations- und Vermessungsarbeiten des Autors im Bergbau fließen mit ein. Dies sind unter anderen:

- Dokumentation der Aufwältigung des Kanekuhler Kehrades im Rammelsberg bei Goslar und Rekonstruktion des Rades.¹⁰
- Vermessung der Geometrie des Feuergezäher Gewölbes im Rammelsberg – eine gemauerte Radstube vermutlich aus dem 13. Jahrhundert –, mit steingerechtem Aufmaß ausgewählter Teile.
- Bestimmung der Verformung dieses untertägigen Hohlraumes über einen Zeitraum von einem halben Jahr.
- Ausmessung der Geometrie der Kehr- und Kunstradstuben und der Radkonturen für den Serenissimorum-Schacht im Rammelsberg.
- Aufnahme der Geometrie mit steingerechtem Aufmaß der übertägigen Kunst- und Kehr radstuben am Knesebeck-Schacht in Bad Grund.
- Vermessung des oberen Teiles (30 m) des Ernst-August-Schachtes in Wildemann für den Einbau einer Besuchertreppe.

5 B. Gisevius, Tafel XVIII (bei Lengemann [L131]) und OGMV Jahrgabe 1989, *Der Schacht Kaiser Wilhelm II bei Clausthal*.

6 H. Flachsbar [Z42, Z45].

7 H. Flachsbar [Z41].

8 F. Balck [L27–Abb. 45].

9 P. Eichhorn [L81–Seite 16], C. Bartels [L33–Seite 73].

10 Für den Autor begann die Auseinandersetzung mit den historischen Fördermaschinen im Bergbau, mit der Analyse der Funde, mit der Rekonstruktion und dem Neubau im Dezember 1995. Heute können die Besucher sehen, wie sich das Rad in Bewegung setzt, wenn eine elektrische Pumpe die Schaufeln mit Wasser füllt.

Die Dokumentation des vorliegenden umfangreichen Materials (Zeichnungen, Daten, Fotos und Literatur) soll von bleibendem Wert sein und als Nachschlagewerk für andere dienen.

Grundlagen zur Analyse der Funde und Befunde aus der Radstube der Grube Thurm Rosenhof

Nach der Bergung eines Teiles der Funde nach übertage folgten viele Wochen mit Fundanalyse und Literaturstudium. Die Teile wurden gesichtet und sortiert, vermessen und gezeichnet. Viele der Eisenfunde wurden gereinigt und konserviert.

Das übertägige Gelände wurde eingemessen und aufmerksam mit alten Plänen verglichen.

Durch den Besuch einiger Bergbau-Museen konnten weitere Sachzeugen sowohl in Originalgröße als auch als Modell oder Zeichnung für die Analyse herangezogen werden.

Die Literaturbeschaffung über die Grube Thurm Rosenhof ist schwierig. Es muß davon ausgegangen werden, daß unmittelbar vor der Verfüllung am Anfang des Jahrhunderts keine Dokumentation über den Istzustand der Anlage existierte. Es war damals nicht vorstellbar, daß die Radstube ein erhaltenswertes Denkmal werden könnte, da man die Förderung in diesem Schacht lediglich zum benachbarten Schacht Silbersegen und später zum Ottiliae-Schacht verlagerte. Daß bereits zwei Jahrzehnte später der Bergbau in dieser Region vollständig eingestellt werden würde, ahnten die Verantwortlichen für diesen Schacht sicher nicht.

Somit ist die schriftliche Information über die Bergwerksanlage heute sehr dürftig. Einerseits hat man Teile der Akten aus dem Oberbergamt vom Ende des 19. Jahrhunderts verkauft¹¹, andererseits sind einige der Akten im Archiv der Preussag. Bisher sind nur wenige Niederschriften mit Informationen über die Anschaffung der Maschinen und Materialien aufgetaucht.

Für die Ausnutzung der Wasserkraft gab es ab der Mitte des letzten Jahrhunderts neben den Wasserrädern die bereits technisch vorteilhafteren Turbinen, die weniger Raum benötigten und mit höherem Gefälle arbeiten konnten. Obwohl Wasserräder trotz der Vorteile der Turbinen an vielen Stellen den Jahrhundertwechsel überlebten, be-

schäftigt sich die Literatur überwiegend nur mit den neueren Anlagen.

Da nicht jeder Leser Zugriff zu den Originalwerken hat, wird hier häufig aus Büchern der damaligen Zeit zitiert. Bei diesen alten Texten erfährt man zusätzlich, wie man früher sprach und schrieb, z. B. Baumgärtel 1908:

»Heutzutage haben übrigens in die Erzgruben längst moderne Hilfsmittel und Maschinen ihren Einzug gehalten. Während in dem einen Schacht vielleicht noch ein uraltes Wasserrad die Tonne hochholt, hört man bei einem zweiten das Puffen einer Dampfmaschine, die den gefüllten Förderkorb emporzieht und an einer dritten Stelle setzt ein Elektromotor summend und brummend die großen Trommeln, die das Förderseil auf- und abwickeln, in Bewegung.

Wegen dieses Nebeneinanders der alten zum Teil historischen wertvollen Anlagen und maschinellen Einrichtungen neuester Konstruktion kann ein Erzbergwerk besonders interessante Einblicke gewähren für einen, der sich mit der geschichtlichen Entwicklung des Bergbaues näher befassen will.«¹²

Fotos, Stiche, Skizzen und Pläne bieten neben Teil- und Gesamtansichten bei näherem Hinsehen (Vergrößerungsglas), manchmal erstaunliche Einzelheiten¹³, häufig leider ohne den Hinweis, welche Grube tatsächlich gemeint ist und für welchen Betriebszeitraum diese Darstellung gilt.

Wahrheitsgehalt und Verwendbarkeit von Fotos (auch Zeichnungen) als zulässiges Quellenmaterial für historische Untersuchungen wurden bereits¹⁴ erörtert. Für die folgenden Analysen liefern Bildquellen einen erheblichen Teil der Informationen.

Diese lassen sich zum Teil durch Textstellen sowie durch im Gelände noch vorhandene Spuren und durch Vergleiche mit anderen Bildquellen sichern und nachprüfen.

Vor 150 Jahren gab es für die Gruben mit ihren Maschinen keine technische Zeichnungen mit beschreibenden Texten, Ersatzteillisten usw. sowie Fotos, wie sie heute bei Anlagenbeschreibungen üblich sind. Neben einfachen Handskizzen¹⁵ stehen perfekte Zeichnungen¹⁶ N. N. [Z53] **Abb. 1**, A. Polle [Z61] **Abb. 2**¹⁷, Fr. Reddewig [Z65] **Abb. 3** sowie dreidimensionale Modelle¹⁸ aus der Sammlung des

11 Handschriftlicher Vermerk im Findbuch (möglicherweise am Ausgang der Kriegszeit als Altpapier abgegeben).

12 B. Baumgärtel [L47] (1908): *Der Mensch und die Erde*. 5. Band. Vgl. Ansohn [L16].

13 Einstichstellen des Zirkels, Strichstärke und Liniendichte, Anweisungen zum Zeichnen bei ST. [L194], W. Saxesen [L174] oder K. Neubert [L149]. Bei A. Polle [Z61] sind drei Finger einer Hand (koloriert) innerhalb der Breite eines Millimeters untergebracht (2) in Abb. 134 – vgl. auch die Millimeterskala in Abb. 149.

Auch in gedruckten Bildern gab es hohe Präzision, dies läßt eine 13 mm hohe Kiepenfrau mit Kohlköpfen in der

Kiepe erkennen, farbige Darstellung auf einer Beilage zu von Trebra [L200].

14 F. Balck [L27–Seite 121].

15 Eisfelder [L82], O. Dörell [L75].

16 Siehe auch Villefosse [L203], Schottelius [Z78] – vgl. F. Balck [L27–Abb. 116, 117].

17 Eine große Kopie hängt in der Ausstellung im Betriebshof der Harzwasserwerke und im Besucherraum am 19-Lachter-Stollen in Wildemann.

18 Vgl. M. Mende [L142]. Aber mittlerweile sind die Modelle hervorragend im Museum präsentiert.

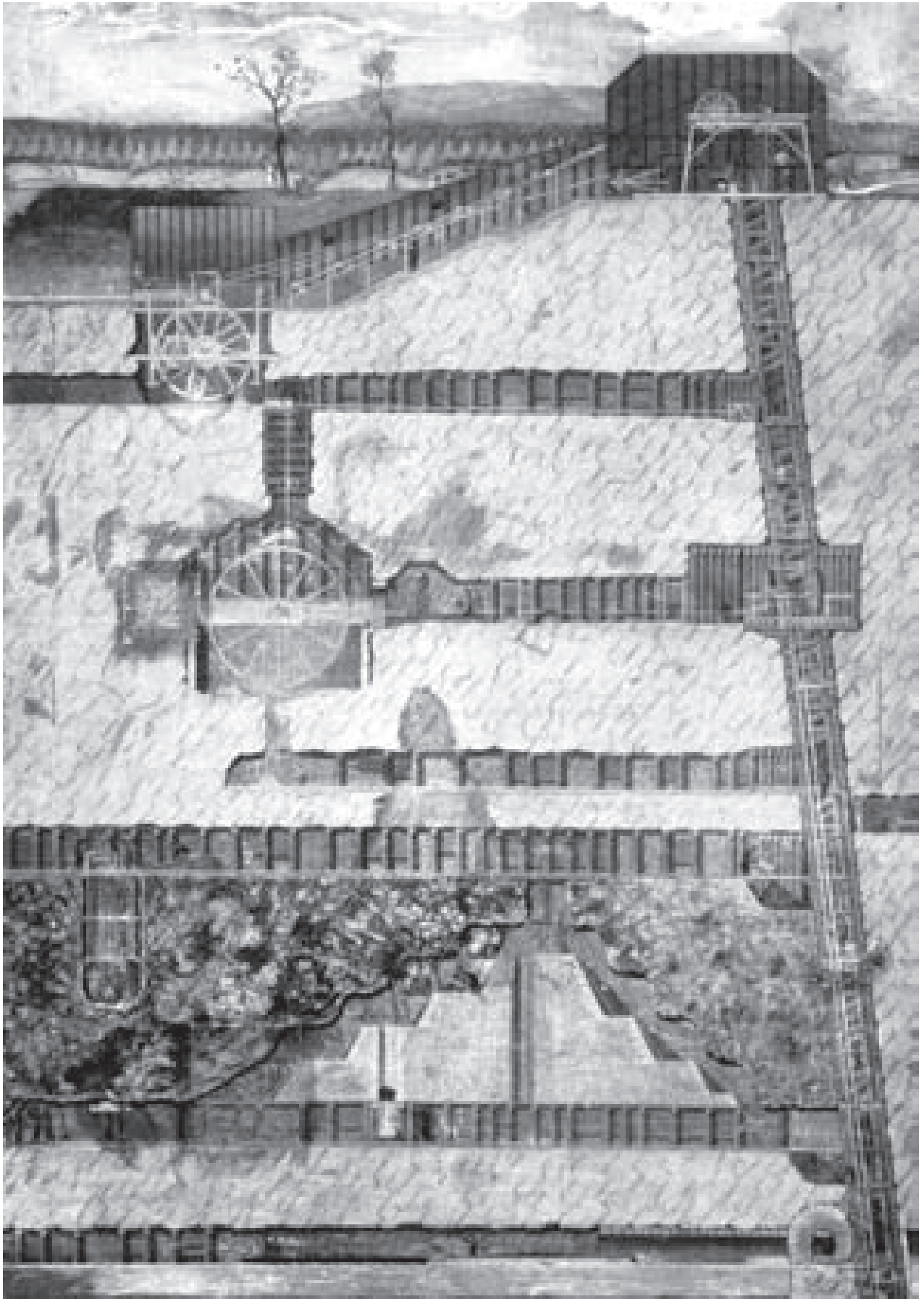


Abb. 1: Fotorealistische Zeichnung einer Bergbauanlage mit sehr vielen technischen Einzelheiten. Dorothea bei Clausthal (unbekannt [Z53]).

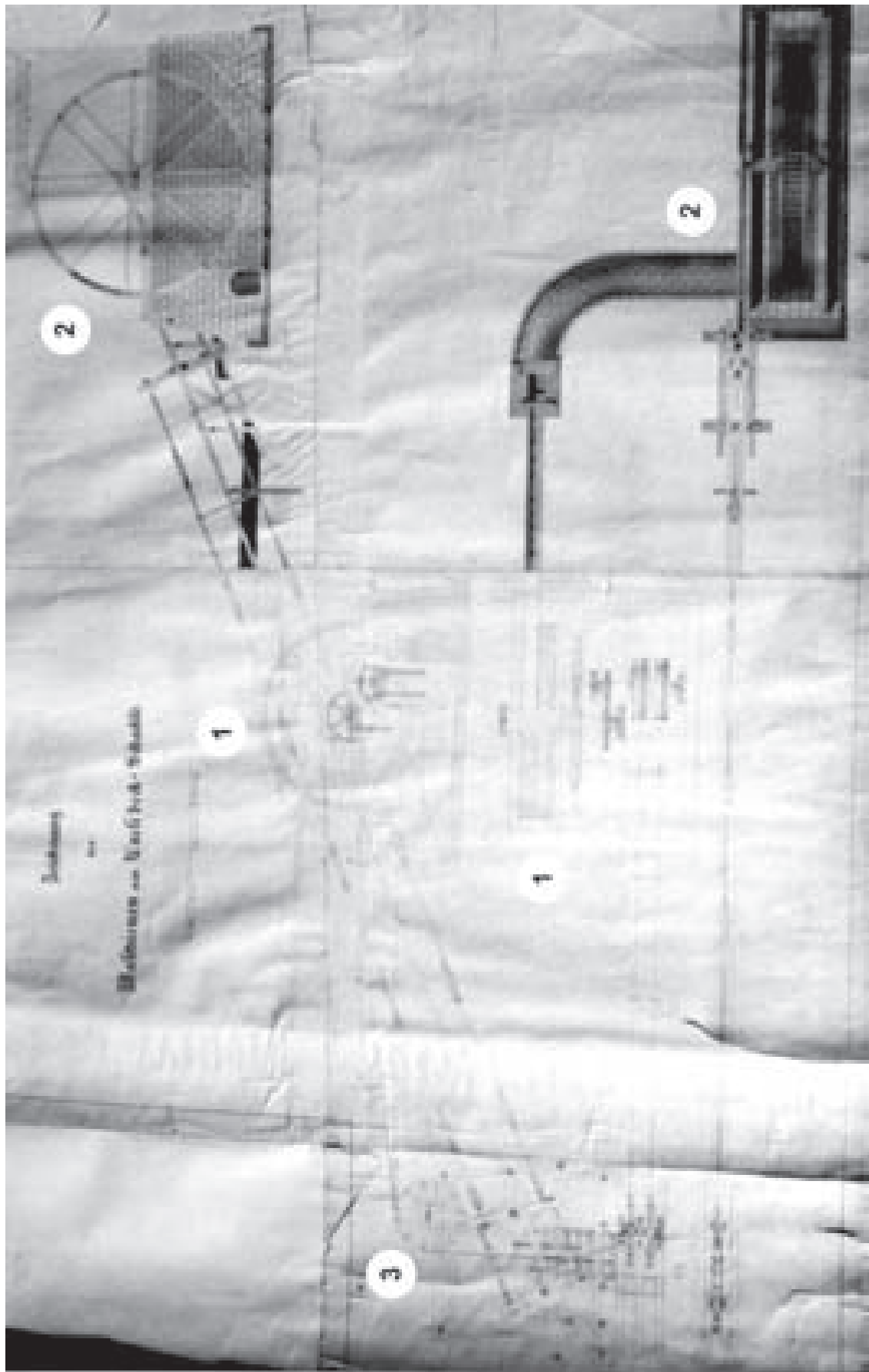


Abb. 3: Maschinenanlage am Knesebeck-Schacht, Bad Grund. Rechts Kunstrad (fotorealistisch), Mitte Kehrrad, links Schacht, 1859 (Fr. Reddewig, Harzbibl. [Z65]).

Oberharzer Bergwerksmuseums und der ehemaligen Bergakademie zur Verfügung.¹⁹ Auch in anderen Museen, beispielsweise im Deutschen Museum in München²⁰ oder im Deutschen Bergbaumuseum in Bochum sowie in der Sammlung der Bergakademie in Freiberg und im dortigen Staatsarchiv, befinden sich viele Zeichnungen und anschauliche Modelle.

Für die spätere Auswertung der Funde mit Hilfe einiger Zeichnungen und Modelle sei hier eine Auswahl der Quellen kurz vorgestellt.

In der Regel baute man die Anlagen nach Vorbildern oder Erfahrungen. Ein solches Vorbild ist die Grube Dorothea, ihre Zeichnung (Abb. 71) steht stellvertretend für die zu dieser Zeit übliche Konstruktion. Um zu entscheiden, ob sich ein Bild, ein Plan oder ein Modell für die Analyse der Funde dieser Ausgrabung eignet, sind die zeitliche Einordnung und der Vergleich mit den Funden oder Befunden notwendig. Nur mit der Kenntnis, welche Bauarten existierten und zu welcher Zeit man sie verwendete, kann die Übertragung einer Zeichnung auf diese Grube richtige Ergebnisse bringen.

Damals fertigte man Modelle in verkleinertem Maßstab an, um den Maschinenbauern und Zimmerleuten eine bessere Übersicht bei den räumlichen Objekten zu ermöglichen. So existiert z. B. im Museum in Zellerfeld ein originales Modell, ein Wasserrad im Maßstab 1:7, das vermutlich für Ausbildungszwecke (nicht für Museumsbesucher) hergestellt war. Es demonstriert noch heute ausführlich, welche Holz- und Eisenverbindungen zu dieser Konstruktion gehören. Ein weitaus kostbareres Modell im Museum in Zellerfeld im Maßstab 1:36 stellt die wichtigsten Teile der Bergwerksanlage Dorothea dar, es stammt von 1820, mit einem Umbau im Jahr 1850 von Thiele & Degenhardt. Auch hier bestand der Anspruch, nahezu alle erforderli-

chen Verbindungen und Beschläge nachzubilden, **Abb. 4.** Bernd Gisevius restaurierte das Modell und fertigte bei seinen Arbeiten eine ausführliche Dokumentation, in der er u. a. kleinste handgeschmiedete Eisennägel nachweisen sowie die Spuren eines Umbaus um 1850 bestätigen konnte.²¹

Auch wenn eine Zeichnung oder ein Modell eindeutig einem historischen Objekt zugeordnet werden kann, ist dennoch in jedem Einzelfall die Verwendbarkeit der erhaltenen Informationen zu prüfen.

In der Liste der Zeichnungen sollen die Darstellungen der Radstuben und ihrer Maschinen aus noch weit zurückliegender Zeit von Agricola [L12], Calvör [L64], Cancrinus [L63], Delius [L67], Kern [L117], Löhneyß [L137] nicht unerwähnt bleiben.

Als noch erhaltener Zeuge aus dem 19. Jahrhundert bietet das Sägemühlenrad aus dem Hüttschentäl²² im Freigelände des Oberharzer Bergbaumuseums genügend Anschauungsmaterial für technische Fragen der Holzverbindungen (Verkämmung der Laschen untereinander sowie der Arme mit dem Kranz) und für Möglichkeiten der Konstruktion des Hülsenzapfens auf der Welle. Dieses Rad war etwa auf dem gleichen technischen Stand wie das Kehrrad in der Runden Radstube. Weitere Einzelheiten zur Befestigung eines Hülsenzapfens bieten Reste eichener Wellen in der Nähe des benachbarten Feldgestänges.

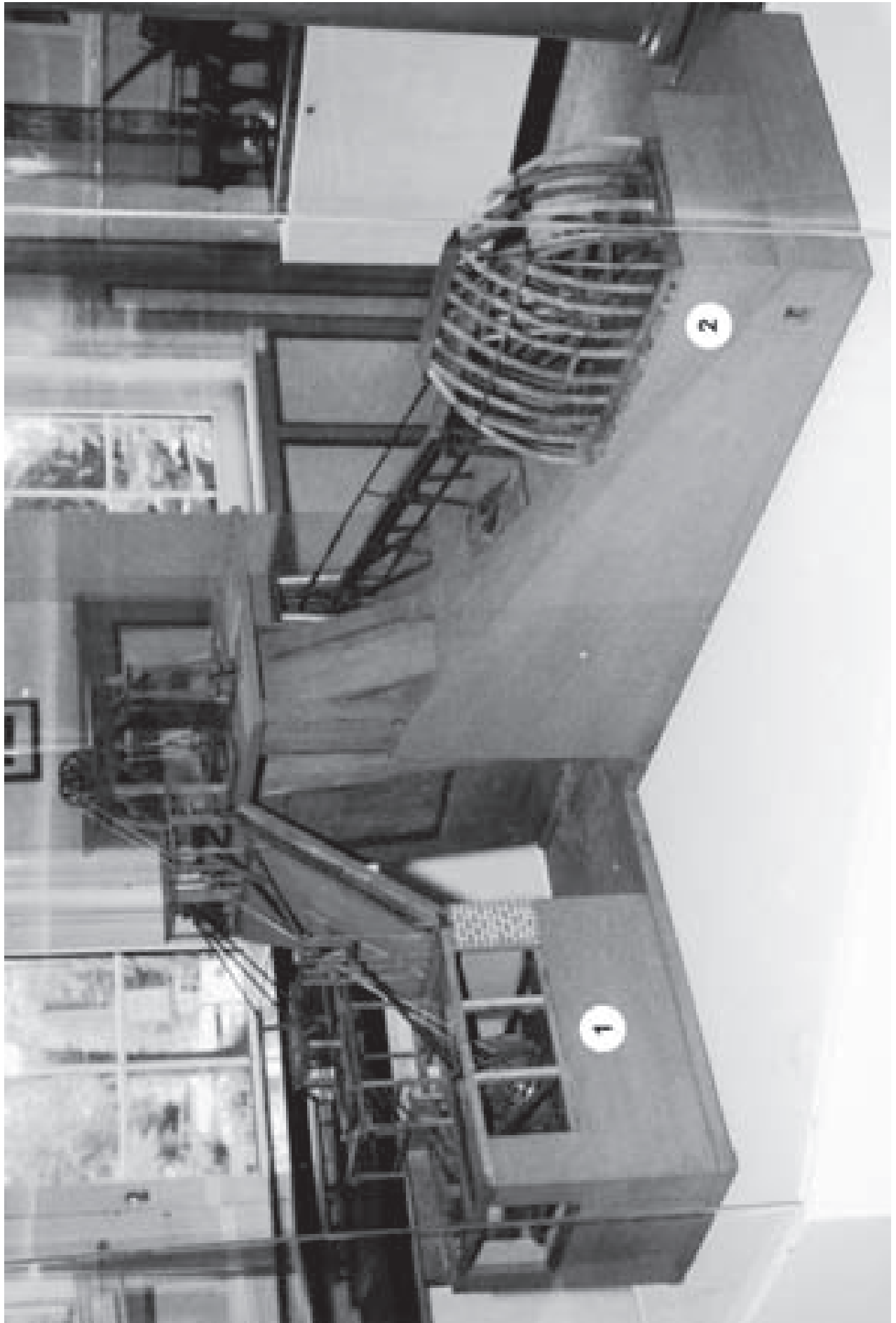
Zum Abschluß sei auf die Nachbauten in Originalgröße²³ auf dem Gelände der Harzwasserwerke (HWW) in Clausthal-Zellerfeld und das im Maßstab 1:2 verkleinerte funktionstüchtige Kunstrad am Carler Teich in Zellerfeld hingewiesen.

Übrig bleibt somit das Puzzle, Sachzeugen, Abbildungen und Literaturstellen zu einem geschlossenen Ganzen zusammenzufügen.

19 Zur Systematik der Abbildungsbeschreibung siehe Anhang A. Die Erläuterungen der Markierungen dieser ersten Bilder erfolgt später im Zusammenhang mit der Beschreibung der Radstuben, und zwar in den Abschnitten 4.2.15 für Abb. 2 und 4.2.6 für Abb. 3.
20 Systematische Suche führte im Deutschen Museum zu erstaunlichen »Funden«: Neben der Variante des Ideal-Risses (F. Balck [L27–Abb. 28]) gibt es dort fotorealistische, farbige Zeichnungen von Schottelius und Osterwald in erstaunlicher Qualität aus dem Anfang des 19. Jahrhunderts. (Abb. 30, 31 (3 Blätter) und 75 – vgl. F. Balck [L25, L28]). Die oft gehörte Aussage, alle Dokumente seien im Harz geblieben, ist falsch.

»Wie aus der Niederschrift der Mitgliederversammlung vom 5. April 1950 des Harzvereins für Geschichte und Altertumskunde (1924 gegründet von Berghauptmann Dr. Bornhardt (1864–1946)) zu entnehmen ist, wurde dem Direktor des Deutschen Museums, Herrn Bläßler, zugesagt, wertvolle Gegenstände der Bergbautechnik, Pläne der Oberharzer Wasserwirtschaft und anderes für das Deutsche Museum zur Verfügung zu stellen.« (Aus einem Brief von H. Radday vom 17. August 1998 an das Deutsche Museum.)

21 Bernd Gisevius, Clausthal-Zellerfeld, mündliche Auskunft.
22 H. Radday [L159–Seite 204].
23 H. H. Nietzel [L152, L153], Buff [L62].





Kunstrad.

Linke und rechte Seite – Abb. 4: Modell einer Bergwerksanlage, Dorothea (Clausthal), etwa 1:36.

Linke Seite: Rechts Kunstrad, links Kehrrad, 1820, Umbau 1850 (Thiele/Degenhardt, Museum Zellerfeld).



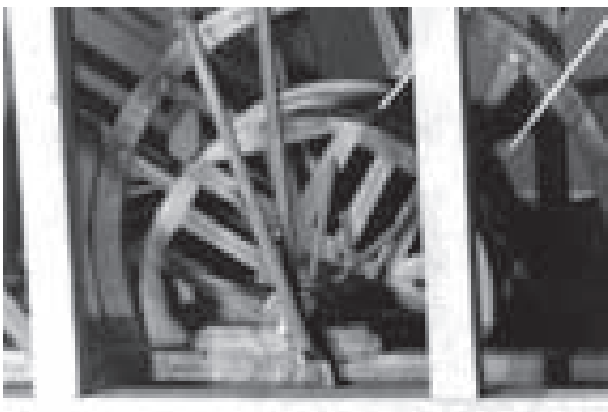
Bogendach über dem Kunstrad.



Steuerstangen.



Steuerstangen.



Hinten das Kehrrad, davor das Bremsrad.



Wasserzulauf für das Kehrrad.

Kapitel

2

Bergbau im Harz

Erzbergbau am Rosenhof in Clausthal

Sieben Oberharzener Orte, ehemals freie Bergstädte, zeugen von der Besiedelung des Harzes vor über 400 Jahren und der Bedeutung dieser Region, als man hier silberhaltiges Erz gewann: Altenau, Clausthal, Grund, Lautenthal, Sankt Andreasberg, Wildemann und Zellerfeld.

Mehrere abbauwürdige Erzgänge, zum Teil mit über 5 km Länge¹, haben zur Entwicklung einer der ältesten Industrielandschaften² geführt, in der auf engem Raum viele gleichartige Betriebe entstanden sind, die Arbeitsplätze bieten und für ein (bescheidenes) Auskommen vieler Familien sorgen konnten. Die Ursprünge des Bergbaus im Harz³ reichen sehr viel weiter zurück. Ausgrabungen der Montanarchäologen⁴ im Oberharz und beispielsweise in Dönnitz im südlichen Vorharz belegen schon frühere Tätigkeiten des Bergbaus und der Verhüttung in dieser Region.

Heute sind die aktiven Zeiten des Bergbaus vorüber, die letzten Gruben, der Rammelsberg⁵ in Goslar und Hilfe Gottes⁶ in Bad Grund, sind seit einigen Jahren stillgelegt. Davor haben Bergbau, Hüttenwesen und Forstwirtschaft über Jahrhunderte Generationen von ehemals Zugewanderten im klimatisch rauhen Oberharz ernährt und heimisch gemacht.⁷

Einer der bedeutenden Erzgänge im Oberharz ist der Rosenhöfer Gangzug, er verläuft teilweise unter dem Stadtgebiet von Clausthal. Der nahegelegene Fürstenstollen für die Wasserlösung ist urkundlich mit der Jahreszahl 1554 belegt.

Im Jahre 1588 förderte man am Rosenhof etwa 300 kg Silber. Dies beschreibt C. Bartels⁸, wobei er sich überwiegend auf Akten im Oberbergamt bezieht. Jedoch nur in geringen Mengen befand sich das Silber im Erz, der größere Teil bestand aus Blei oder Zink.⁹

Für die Periode danach, bis 1866, liefert Bartels eine umfangreiche Tabelle mit zeitlichen Angaben und wichtigen Fakten zur Grube Rosenhof, beispielsweise zu untertägigen Ein- und Umbauten. Für die letzten Jahre bis zum Ende der Bergbauzeit existiert eine versuchsweise Datierung¹⁰ der übertägigen Anlagen anhand von Zeichnungen und Fotos.

Die Vielzahl der Erzgänge¹¹ im Rosenhöfer Revier und deren geneigter Verlauf im Gestein erforderten einen hohen Aufwand für die Fördermaschinen und Pumpen. Im Grundriß erscheinen die geneigten Schächte als seitlich ausgedehnte Linie.¹² Das Einfallen betrug etwa 70°.¹³

Ein Foto von A. Borrmann¹⁴ mit einem schräg verlaufendem Förderseil an der Hängebank am Thurm Rosenhof sowie eine entsprechende Zeichnung der Hängebank am Alten Segen von W. Ripe¹⁵ veranschaulichen diese Schräglage.

Weil der Neigungswinkel der Gänge häufig wechselte, traten besondere Schwierigkeiten beim Bau der Fördermaschinen auf.

»Die Vorschläge des Herrn Commerciensrahts Polhem geschahen ohngefähr um das Jahr 1708. Sie betrafen unter andern hauptsächlich den neuen Rosenhöfer Schacht, welcher, wegen des widersinnigen Fallens des Ganges, der Ertzförderung viele Hindernisse verursachte. Er riet zu verschiedenen Maschinen, welche in Schweden wegen der seigern Richtung der Fahrten wol angebracht werden konten, hier aber nicht Statt fanden, weil die Fahrten bald im Liegenden, bald im Hangenden flach anliegen. Er lies unter andern Seile ohne Ende, wie bei einem Ziehbrunnen, gebrauchen. Sie stiessen aber häufig an, verwickelten sich in eine dicke Wurst, und hielten das Treibwerk öfters auf.

Der Oberbergmeister, Herr Degen, half endlich diesen Beschwerlichkeiten ab, indem er eine sehenswürdige Welle ohngefähr mitten in diesem Schacht vorrichten lies, auf deren zween äussersten Körben sich die Seile, welche von Tage hernieder gehen, aufwinden, auf den zwei mittlern aber dieienigen, welche in die Teufe niedergelassen werden, abwinden. Hierdurch wurden die Verhinderungen, welche die grosse Tiefe, die Beugungen des Schachts, die Last der Seile, der Tonne und des Erzes, und das starke Reiben der Seile machten, so bequem gehoben.«¹⁶

Das Gelände westlich von Clausthal fällt innerhalb der Hochfläche in einem Tal nach Westen um etwa 80 m ab, dieses Tal trägt den Namen Clausthal. Während die Keimzelle des Clausthaler Bergbaus nach 1550 im heutigen Stadtgebiet etwa beim Zipfel liegt, ist der Bergbau später den Erzgängen nach Westen gefolgt. Der Schacht der ehemaligen Grube Drei Brüder liegt in der Nähe der Häuser bei der Straße Am Zipfel. Andere Gruben, Sankt Anna oder Thurm Rosenhof¹⁷, finden sich weiter westlich außerhalb der Besiedelung. Wie auf einer Perlenschnur reihen sich auf dem sogenannten Rosenhöfer Zug die Gruben hintereinander.¹⁸

Anfänglich war die hohe Anzahl der verzweigten Erzgänge die Ursache für viele Schächte. Erst als nach Abbau

1 H. Sperling, D. Stoppel [L134], Gangkarte, Hilfe Gotteser Gang und Burgstätter/Zellerfelder Gangzug.
2 H. Radday [L159–Seite 14].
3 Hardanus Hake [L102–Seiten 1ff., J. B. von Rohr [L169–Seite 230], C. Bartels [L42–Seite 118].
4 L. Klappauf [L119].
5 C. Bartels [L35].
6 C. Bartels [L36].
7 H. Dennert, H. Morich [L70].
8 C. Bartels [L37–Seiten 536, 539].
9 Vgl. auch H. Lommatzsch [L136–Seite 5].
10 F. Balck [L27–Seite 127].

11 C. Blömeke [L49–Seite 34].
12 H. Polle [Z63], vgl. F. Balck [L27–Abb. 11].
13 Ähnliche Schräglage haben auch andere Erzgänge, vgl. Groddeck [L98–Blatt II].
14 A. Borrmann, vgl. F. Balck [L27–Abb. 73].
15 W. Ripe [Z70], vgl. F. Balck [L27–Abb. 42].
16 G. Voigt [L204–Seite 48].
17 D. Lindemeyer und Z. Koch [Z52], vgl. F. Balck [L27–Abb. 17 und 18].
18 O. Langer [Z55], Modell von Clausthal und Zellerfeld, vgl. F. Balck [L27–Abb. 7].

der schmalen oberflächennahen Gänge der Bergbau weiter in die Tiefe gehen mußte, konzentrierte man sich auf nur wenige Schächte. Einer davon ist der Schacht Thurm Rosenhof, der eine Tiefe von etwa 700 m erreichte.¹⁹

Je tiefer die Gruben kamen, um so schwieriger war es, die Gruben trocken zu halten. Nach starken Regenzeiten sofften die unteren Baue der Gruben ab. Lange Anfahrzeiten für die Bergleute erschwerten zusätzlich das Arbeiten in großen Tiefen.

Die Bedeutung der einzelnen Gruben wechselte im Laufe der Zeit, manche gab man auf, andere baute man aus. Um etwa 1900 konnten nur noch (von Ost nach West) Thurm Rosenhof, Alter Segen, Silberseggen und der gerade neu errichtete Hauptförderschacht Ottiliae neben der neuen Erz-Aufbereitung befahren werden.

Fortschritte für die Lösung der Wasserprobleme boten die Wasserlösungsstollen, von denen der tiefste, der 1864 eröffnete Ernst-August-Stollen, bis nach Gittelde im südlichen Vorharz reicht. Jeder Wasserlösungsstollen brachte für die betroffenen Gruben einen Aufschwung, weil man nun mit geringerem Aufwand die Gruben trockenhalten und auch weiter abteufen konnte. Für das Gelände am Rosenhof hatte bereits die Eröffnung des Tiefen-Georg-Stollens²⁰ im Jahre 1799 einen hoffnungsvollen Neubeginn gebracht.

Ständig begleitete den Bergbau die Ungewißheit, ob und wie lange die abbauwürdigen Erze noch reichen würden. Für die Sicherung der Zukunft waren Entscheidungen von großer Tragweite zu treffen. Vergleichbar damit wäre heute etwa der Bau der Hochgeschwindigkeitsstrecken für die Eisenbahn, denn auch hier geht es um lange Bauzeiten mit hohen Investitionen.

Der Bau des Tiefen-Georg-Stollens war eine solche Entscheidung für die Zukunft. Erst nach 22 Jahren Bauzeit

und entsprechender Bereitstellung von Material und Unterhalt für die Bergleute brachte er Nutzen.

35 Jahre vor der endgültigen Stilllegung im Jahre 1930 gibt Banniza [L31] eine Momentaufnahme für die Situation am Rosenhof:

»Das Rosenhöfer Revier besitzt gegenwärtig noch drei Schächte, den Rosenhöfer, Altesegener und Silbersegener Schacht. Die beiden zuletzt genannten Schächte reichen nur bis zur elften Strecke, der Rosenhöfer allein bis ins Tiefste, bis zur 18. Strecke (620 m unter Tage). Der Abbau bewegt sich ebenfalls von der 11. bis zur 18. Strecke. Alle drei Schächte sind mit Treibwerken (Kehrrädern) ausgerüstet, der Rosenhöfer Schacht enthält ausserdem eine hölzerne Fahrkunst und eine Wasserkunst.«²¹

Heute gilt es, die Spuren der Anlagen am Rosenhof zu suchen und sich die Gebäude und Anlagen an den alten Standorten vorzustellen. Steht man an der Runden Radstube und blickt über den ehemaligen Platz des Schachtgebäudes nach Süden²², dann läßt die im Sommer üppig bewachsene grüne Wiese nicht vermuten, daß hier der Gaipel mit seinem schwermetallhaltigen Abraum in der Umgebung gestanden hat.

Dagegen weist ein mit Eisen aus dem Bergbau (Schienen, Drahtseil) umzäuntes Gelände auf die Lage der Ovalen Radstube²³ (OV) – Abb. 7 etwa 80 m weiter östlich hin. Von der über der Radstube errichteten Zimmerei mit Haupt- und Nebengebäude existiert noch eine Ansicht aus früherer Zeit.²⁴ Das benachbarte Wohnhaus mit Doppelgarage wurde erst nach der Stilllegung im Jahre 1932 erbaut.

Etwa 40 m weiter südwestlich davon markiert eine eiserne Absperrung zwischen den hohen Bäumen (OR) – Abb. 7 die Lage des zugehörigen Schachtes Oberer Thurm Rosenhof.²⁵

19 E. Brüning, [Z34], H. Morich [L144–Seite 38].

20 D. Hoffmann [L110], J. C. Gotthard [L97].

21 H. Banniza et al. [L31–Seite 117].

22 F. Balck [L27–Abb. 13].

23 F. Balck [L27–Abb. 37].

24 F. Balck [L27–Marke (OV) in Abb. 105].

25 Vgl. F. Balck [L27–Abb. 37].

Kapitel

3

**Oberharzer
Wasserwirtschaft**

Die Gruben der mittelalterlichen Bergbauperiode im Oberharz hatten nur geringe Tiefen bis 20 m; sie ließen sich mit einfachen Mitteln trocken halten.¹ Als man später in größere Tiefen gelang, reichte Menschenkraft für Wasserlösung und Erzförderung allein nicht mehr aus (Anhang D). Nur mit Hilfe der Wasserkraft konnte man stärkere Antriebe bauen, sofern genügend Antriebswasser und geeignete Technik zur Verfügung standen.

Da es im Oberharz aber in der Regel keine starken Fließgewässer in der Nähe der Erzgänge gibt, erforderte der Einsatz der Wasserkraft zuvor umfangreiche Baumaßnahmen. Trotz der vergleichsweise hohen natürlichen Niederschläge reichten die kleinen Bäche in der Nähe der Gruben kaum aus, um permanent Antriebsenergie zu liefern. Speicherteiche und Sammelgräben, die das Wasser von anderen Berghängen und Tälern heranführten, waren zu bauen. Darüber hinaus benötigte man »Leitungen«, um das Wasser von den natürlichen Bächen oder Speicherteichen zu den Antriebsmaschinen (Gräben, Wasserläufe) bzw. die Kraft der Maschinen zu den Gruben (Feldgestänge) zu leiten.²

Wegen der durch das Gelände vorgegebenen großen Gefällehöhe aber vergleichsweise geringen Wassermenge ließen sich sinnvollerweise nur oberflächliche Wasserräder einsetzen. Diese Konstruktion konnte im Harz bei sparsamem Wassereinsatz Höhen bis zu 12 m ausnutzen. Die später verwendeten Wassersäulenmaschinen sind noch besser für diese Bedingungen geeignet.

Wie sehr die wasserwirtschaftlichen Anlagen schon frühzeitig im 16. Jahrhundert entwickelt waren, zeigt die Streitkarte³ von 1581, die die Grenze zwischen den beiden Bergstädten Clausthal und Zellerfeld festschreibt. Die Umleitung des Zellbaches, eines natürlichen Gewässers, sowie die Ausnutzung von Speicherteichen, beispielsweise bei der Heinrichsmühle am westlichen Teil des Unteren Eschenbacher Teiches⁴, sind in der Mitte des Blattes dargestellt. Die Teiche hatte vermutlich das Kloster Cella zur Fischversorgung angelegt. Auch die Pfauenteiche am rechten Kartenrand gehen auf diesen Einfluß zurück.⁵ Im Bereich dieser Karte ist der Zellbach in vier verschiedenen

Abschnitten aus dem Talgrund an den Berghang verlegt und treibt dabei einzelne (am Eulenspiegler Teich und am Teich am heutigen Bauhof⁶) oder jeweils zwei Wasserräder nebeneinander an (links und rechts des heutigen Galgensberges). Zu den vier rechten Rädern gehören hölzerne Zuleitungen (Gefluder).⁷ Die für uns ungewöhnliche Kavalierverspektive⁸ dieser Karte läßt die Stelzen der beiden rechten Gefluder und die Radstuben sehr hochbeinig und unwirklich erscheinen. Nach Entzerrung⁶ bietet die Karte jedoch in vielen Einzelheiten erstaunliche Übereinstimmung mit der heutigen Landschaft, so daß sie als hervorragende Quelle einzustufen ist.

Während der Burgstätter Gangzug in dem hier dargestellten Bereich etwa parallel zum wasserreichen Zellbachtal verläuft, bietet das Clausthaler Tal für die Gruben am Rosenhöfer Gangzug nur sehr geringe Wassermengen. Nimmt man die übrigen Niederschlagsflächen des *Clausthaler Hügels* jedoch mit hinzu, so vergrößert sich die Menge erheblich. Nach Anlegung von Sammelgräben an den Berghängen, die im Süden bis Buntenbock und im Norden bis zu den Spittelwiesen an der Aula (Bremerhöher Graben) reichen, stand für das Rosenhöfer Revier ausreichend Wasser zur Verfügung, das durch die zusätzlichen Speicherteiche⁹ bei Buntenbock oder in Clausthal auch in Trockenzeiten oder bei strengem Frost nutzbar war.

Nicht nur für die Gruben am Rosenhof, sondern auch für die anderen Reviere legten die Bergleute entsprechende Gräben und Teiche an, die ihnen langfristig, über das Jahr verteilt, genügend Antriebswasser sichern sollten. Das Prinzip war einfach: Um Wasser hinter einer Wasserscheide holen zu können, mußte der zugehörige Bergrücken mit einem möglichst horizontalen Graben umfahren oder mit einem unterirdischen Wasserlauf durchquert werden. Sogar Talsenken überquerte man, wie beispielsweise mit dem Sperberhaier Damm. Nach dessen Bau¹⁰ stand ab 1734 weiteres Wasser, sogar aus dem Gebiet des Brockens, zur Verfügung, um den inzwischen angestiegenen Bedarf zu befriedigen.

Trotz eines ausgeklügelten Verbundsystems (Widerwaagen und Umlaufgräben bei Teichreparaturen) und

1 M. Schmidt [L180–Seite 19].

2 Stelzner [L195] gibt u. a. eine Liste der Künste für die Gruben am Rosenhof (mit Angabe der Gestängelänge).

3 H. Dennert, H. Morich [L70–Seite 14], und Beilage 1, vgl. Jahresgabe des OGMV 1992.

4 F. Balck, W. Lampe [L30] und M. Schmidt [L180–Abb. 1, 20 a und 20 b].

5 M. Schmidt [L182–Abb. 11 und 13], Günther [L100–Seite 8].

6 F. Balck, W. Lampe [L30].

7 M. Schmidt [L180–Abb. 1 und 19], Vorläufer (Entwurf) der Streitkarte.

8 K. Neubert [L149–Seite 188]. Vgl. Grosjean [L99–Seite 68] (Zürich, 1566) Abb. 76 und Wangener Landtafel (1616), Seite 121 oder Brichzin [L59–Tafel 9: Oelsnitz im Erzgebirge (1501/1507)],

Schober [L184], »anamorphotische« Darstellungen (verzerrt) oder Jurgis Baltrusaitis, *Anamorphoses ou Thaumaturgus Opticus*, Paris 1984–Seite 80, Bracelli (1624).

turgus Opticus, Paris 1984–Seite 80, Bracelli (1624).

Die Streitkarte enthält Collagen aus einzelnen Grundrissen, die mit Schrägansichten von Gebäuden und Gebirgen ergänzt sind. Relieffartige Schattierungen der Berghänge erzeugen plastische Ansichten aus verschiedenen Betrachtungsrichtungen. Perspektivische Eindrücke, die mit einem Foto vergleichbar sind, entstehen durch Stauchung der Hochachse um etwa 1:4 im Rechner oder durch Schrägansicht aus einem Winkel von rund 15°. Hierbei verlieren die »hochbeinigen« Gefluderbrücken und der Berg mit der Zipfelmütze am Horizont ihre unwirkliche Gestalt. Ähnliche »Fotoansichten« bietet die Skiwanderkarte [L2] beim Betrachten schräg von der Seite, beispielsweise im Gebiet um die Innerstetalsperre herum.

9 F. Balck [L27–Abb. 23] (A. Dumreicher [L78]) und Abb. 24 (M. Schmidt [L180]), H. A. Rausch [Z66].

10 M. Schmidt [L180–Seiten 193–268].

ständiger Verbesserungen¹¹ am System gab es Zeiten, in denen manche Gruben wegen Mangel an Antriebswasser für die Pumpen absoffen und ihre Bergleute mangels Arbeit hungern¹² mußten. Leider führten die Versuche von Leibniz¹³, das Wasser mit Windenergie wieder hochzupumpen, nicht zum Erfolg. Man mußte mit dem Wasser haushalten und seine Vorräte kalkulieren (Anhang G).

Dieses Oberharzer Wassersystem¹⁴ mit Ausdehnung von 25 km von Ost nach West und 15 km von Nord nach Süd¹⁵, mit seinen langen Gräben und Wasserläufen (Ge-

samtlänge 600 km) sowie den vielen Teichen (einst 120, heute 66)¹⁶ ist ein Kulturdenkmal von besonderer Bedeutung, das erhalten werden muß. Es hat über Jahrhunderte die Energieversorgung der Gruben sichergestellt und sogar noch nach der Einstellung des Bergbaus im Oberharz bis 1980 zur Stromerzeugung gedient.¹⁷ Heute treibt es nur noch eine kleinere (moderne) Turbine am Rosenhof an. Die von den Harzwasserwerken neugeschaffenen Wasser-Wanderwege sollen helfen, dieses erhaltenswerte Denkmal der Öffentlichkeit als Freilichtmuseum zu präsentieren.

11 K. Kielgast [L118–Seite 106].

12 Manche Trockenzeit dokumentierte man mit beschrifteten »Hungersteinen« auf dem Grund eines trockenen Teiches.

13 H. J. Boyke [L57], I. Born und von Trebra [L52–Band I–Seite 305, Band II–Seite 299].

14 G. Fleisch [L89].

15 M. Schmidt [L180–Seite 20].

16 M. Schmidt [L182–Seite 12].

17 Bis kurz nach der Einstellung des Betriebes der Grube Hilfe Gottes in Bad Grund 1992 erfolgte die Versorgung mit Betriebswasser und Antriebswasser für die Stromerzeugung aus dem Gefälle des Prinzenteiches.

Kapitel

4

Wasserkraftmaschinen als Antriebe im Bergbau

4.1.1 Maschinen im Wandel der Technik

Jeder Grubenbetrieb benötigt zwei wichtige Maschinen, eine Pumpanlage für das Wasser und eine Fördereinrichtung für das Erz und die Berge.¹ In der Anfangszeit nutzte man für den Antrieb Wasserkraft, später Dampfkraft und Elektrizität.

So haben am Rosenhof jahrhundertlang hintereinander geschaltete Kolbenpumpen (*Wasserkunst*) das in die Grube gesickerte Wasser herausgebracht. Für die Förderung der Erze verwendete man hier hölzerne, metallbeschlagene Tonnen, die die Bergleute an Ketten oder an Seilen in den Schacht mit Hilfe der Maschinen hineinließen und wieder heraufzogen.²

Bedingt durch den Verlauf der Erzgänge, die Form des Geländes und die Gegebenheiten für das Antriebswasser der Maschinen, lagen die Wasserräder, Kunst- und Kehrräder nicht unmittelbar am Schacht, sondern waren häufig, wie auch hier, mit langen Kraftübertragungen (*Kunstgestängen*) bzw. über längere Seiltriften mit dem Schacht verbunden. Ein Schacht hatte daher in der Regel abseits gelegene Maschinenhäuser (Radstuben), die je nach Geländeform sowohl oberhalb als auch unterhalb des Schachtes liegen konnten.³

Untertägige Radstuben sind in das Gestein geschlagene Hohlräume, sie hatten häufig einen hölzernen Ausbau oder waren, wie das Feuergezäher Gewölbe in Goslar (Abb. 79), fast vollständig mit Steinen ausgemauert.

Dagegen grub man übertägige Radstuben in das Gelände hinein und mauerte sie meistens im unteren Teil aus, um sie gegen das Hineinfallen von Erdreich oder lockerem Gestein zu schützen und darüber hinaus ein stabiles Auflager für die Welle zu schaffen. Damit sie auch bei Frost und hoher Schneelage geschützt waren, versah man sie mit einem Dach.

Zum Ende des 19. Jahrhunderts legte der Bau der Eisenbahn nach Clausthal zunächst die Grundlage für kohlengefeuerte Dampfmaschinen⁴ (z. B. im Otiliae-Schacht), später für Stromerzeugung⁵ aus Kohle und verringerte so-

mit den Einfluß der über Jahrhunderte bewährten Wasserkraft. Auch der Thurm Rosenhöfer Schacht bekam ein Kesselhaus mit Kohlenschuppen sowie dampfbetriebene Pumpen und eine Fördermaschine in der Nähe der Runden Radstube.⁶ Somit verloren Kunst- und Kehrrad dieses Schachtes allmählich an Bedeutung.

Über Jahrhunderte hatte das künstlich geschaffene Oberharzer Wasserwirtschaftssystem große Mengen an Antriebswasser für die Räder zur Verfügung gestellt.⁷ Bei der im Gebiet von Clausthal-Zellerfeld und Umgebung pro Zeit anfallenden Wassermenge von 70 m³/Minute (vgl. Anhang D.1) und einem Bedarf für ein Wasserrad von 5 m³/Minute (vgl. Anhang F.1) lassen sich rechnerisch 14 Wasserräder parallel betreiben. Wird das Wasser über verschiedene Gefälle mehrfach genutzt, das heißt schaltet man die Räder hintereinander, so erhöht sich die Zahl der Räder entsprechend. Im Oberharz waren sechzehn Stufen möglich. Allein im Rosenhöfer Revier legte man fünf Gefällestufen an. In der letzten Phase des Oberharzer Bergbaus benutzte man später statt der vielen hintereinander geschalteten Wasserräder wenige Wassersäulenmaschinen oder Turbinen, die mit höherem Gefälle arbeiten konnten. Die Versorgung der Räder im Maschinen im Rosenhöfer Revier mit Aufschlagwasser erfolgte über mehrere Gräben und Wasserläufe.⁸

Die Wasserkraft hatte in früherer Zeit entscheidende Bedeutung für den Harzer Bergbau. Ohne die Ausnutzung dieser Energie hätte man »Knechte« beschäftigen müssen, deren Zahl – bei gleicher physikalischer Leistung wie die der Wasserkraft – die Einwohnerzahl bei weitem überstiegen hätte (siehe Anhang D.1). Heute ließen sich mit dem Niederschlag aus dem Gebiet von Clausthal-Zellerfeld und dem Gefälle bis zum Vorharz (Ernst-August-Stollen) mehrere Millionen DM pro Jahr an Stromkosten einsparen (siehe Anhang D.2). Einen bescheidenen Neuanfang bildet die moderne kleine Turbine im Rosenhöfer Gelände (siehe Anhang D.4).

4.1.2 Halden verändern die Landschaft, Auswirkungen für die Wasserkraftmaschinen

Der große Riß von Adam Illing von 1661 [Z48] zeigt nicht nur die untertägigen Baue der Gruben, sondern auch einige Schachthäuser der Gruben am Rosenhof mit ihrer Halde. Innerhalb der Landschaft erscheinen die Halden nur als

kleine Störung mit einer Ausdehnung etwas größer als die Durchmesser der Gaipelhäuser.

Bei Sartorius⁹ und S. Rausch¹⁰ (1720) ist der Einfluß der Halden bereits stärker. Auch die Anlagen zur Versorgung

1 Abb. 98 und Abb. 6.

2 F. Balck [L27–Abb. 73].

3 F. Balck [L27–Abb. 19].

4 Leuschner [L133], Ebeling [L80].

5 C. Falland [L85, L86], Schennen [L179], H. H. Nietzel [L150].

6 F. Balck [L27–Abb. 109 und 72, L28–Abb. 28].

7 G. Fleisch [L89–Seite 26].

8 F. Balck [L27–Seite 32].

9 J. S. Sartorius [Z72], vgl. F. Balck [L27–Abb. 20].

10 S. Rausch [Z68], vgl. F. Balck [L27–(A), (ST) und (DK) in



Abb. 5: Blick auf Zellerfeld. Gaipel und Korbstube der Grube Jungfrau stehen oben auf der Halde (Saxesen [Z69], OBA).

mit Aufschlagwasser sind weitläufiger. Eine hölzerne Brücke überspannt das Tal. Sie leitet das Wasser vom Sorger Teich bis zur Grube Drei Könige und verbindet es mit dem Wasser aus dem Klein-Clausthaler Wasserlauf.¹¹ Heute ist der Talboden mit Haldenmaterial verfüllt. Zu erahnen, an welcher Stelle die Brücke gestanden haben könnte, ist nahezu unmöglich. Die Spuren der Halde auf dem Talboden am Rosenhof sind weniger auffällig als die der riesigen Halden an dem flachen Berghang in Zellerfeld, Abb. 26, obwohl auch am Rosenhof vergleichbare Mengen lagern.

Wie es zur Verfüllung des Tales am Rosenhof kam und welche Auswirkungen für die Anlagen dadurch bestanden, soll im Folgenden erläutert werden:

Der Schacht Thurm Rosenhof berührt den Grund des Tales, welches im unteren Teil für die Halde nur wenig Volumen pro Meter Füllhöhe bietet, das heißt die Halde wuchs im Tal erheblich schneller in die Höhe als bei einer vergleichbaren Grube auf ebener Fläche.

Wenn der Schacht nach einer langen Betriebszeit so viel Halde produziert hatte, daß der verfügbare Platz erschöpft war, half man sich und errichtete ein neues Schachtgebäude (GJ) an gleicher Stelle, aber auf höherem Niveau. So sorgte nicht nur der Verschleiß, sondern auch das ständige Ablagern von taubem Gestein unmittelbar am Gaipel für die Erneuerung der Anlagen.

Aus dem ersten Drittel des 19. Jahrhunderts zeigt **Abb. 5** den Gaipel (GJ) der Grube Jungfrau in Zellerfeld oben auf der Halde. Die zugehörige Kehrradstube (KJ) liegt – hier nicht sichtbar – hinter dem Damm des mittleren Zechenteiches (E).

Während sich der Gaipel und damit die Kippstelle für die Tonnen (Hängebank) höher legen ließen, mußten die Wasserräder jedoch wegen der unveränderten Wasserzuflüsse auf ihrem ursprünglichen Niveau verbleiben und gegen die anwachsende Halde geschützt werden.

Die nun freigelegte Kehrradstube (RR) des Thurm Rosenhöfer Schachtes wurde mit einer hohen, runden Mauer geschützt. Deren Querschnitt ist in der Zeichnung **Abb. 6** beschrieben.¹² Die Bergwerksanlage steht oben auf einem Plateau aus Abraum. Die gestrichelte Linie soll den ursprünglichen Geländeverlauf andeuten.

Ein Beispiel für eine gefährdete, noch ungeschützte Radstube stellt die zugehörige Kunstradstube (KU) dieses Schachtes dar. Sie liegt inmitten von Abraum.¹³ Ihr Gestänge (KG) führt im Bild nach links in einen Tunnel hinein. Die anderen Gebäude rundherum stehen bereits oben auf der Halde. Das Plateau im Hintergrund gehört zum benachbarten Schacht Alter Segen.

An einem Modell von Oskar Langer¹⁴ (1928) im Zellerfelder Bergwerksmuseum läßt sich die Mächtigkeit

Abb. 19], und R. Slotta, C. Bartels [L191–Seite 271, Nr. 59] zur Person: W. Haupt, H. Pollmann [L103–Seite 300].

11 S. G. Rausch [L160].

12 Vgl. F. Balck [L27–Abb. 33].

13 F. Balck [L27–Abb. 61].

14 O. Langer [Z55], vgl. Balck [L27–Abb. 7].

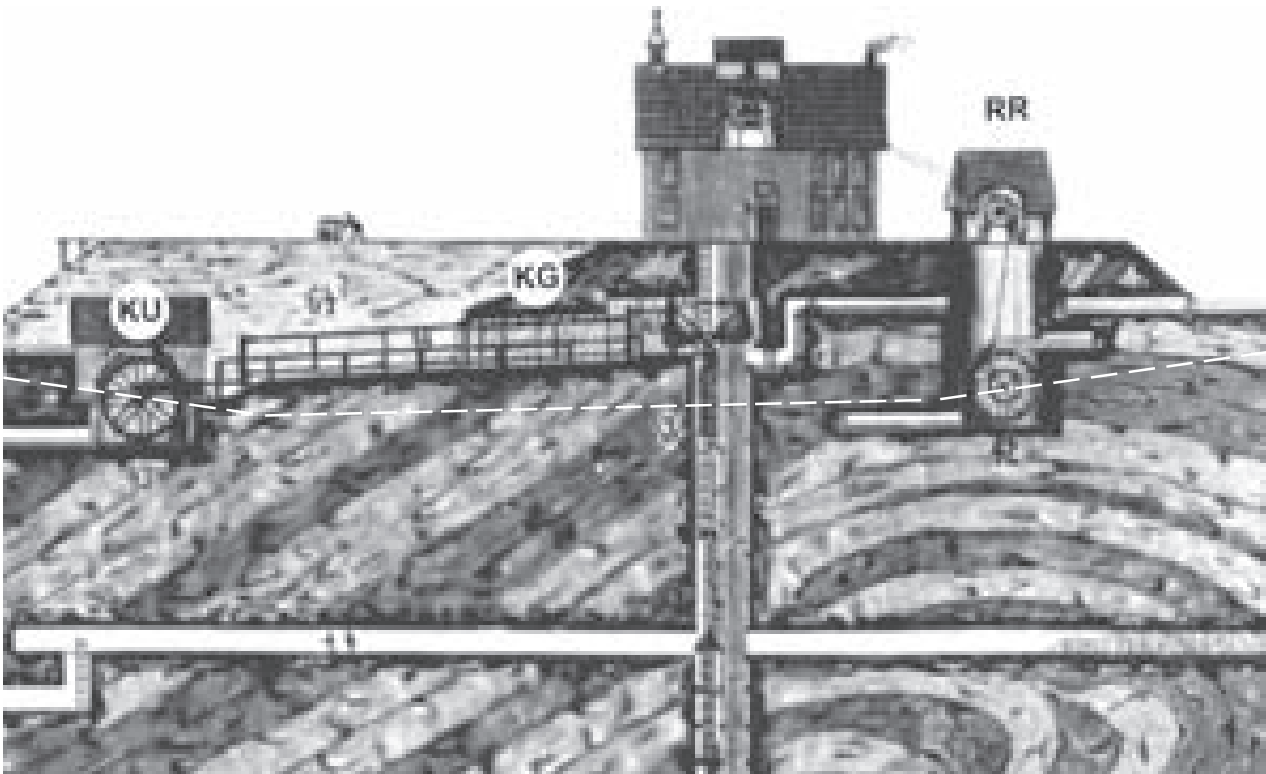


Abb. 6: Die übertägigen Gebäude der Grube Thurm Rosenhof. Ursprünglicher Verlauf des Geländes gestrichelt (Beyersdorf (1908), aus Ideal-Riß [Z27]).

der Halde an der runden Radstube auf andere Weise abschätzen. Dieses zeigt mit zweifacher Überhöhung das Gelände der Bergstädte Clausthal und Zellerfeld aus der Zeit vor dem großen Brand in Zellerfeld 1672. Das Rosenhöfer Revier ist mit seinen Schächten, Wasserrädern und Gestängestrecken sehr detailreich modelliert.

Das Modell bietet sich für einen Vergleich mit aktuellen Vermessungsprofilen aus der südlichen Umgebung der Runden Radstube an (Abb. 7). Die Vermessungsdaten (Abb. 8) zeigen drei Profile von Süden (rechts) nach Norden. Zwei davon verlaufen durch die beiden tiefer liegenden Einschnitte (A) (östlich), (B) (westlich) und das dritte durch den höherliegenden Mittelrücken (K), der dem mittleren Verlauf des Berghanges entspricht.¹⁵

Der Vergleich ergibt, daß Langer das zugehörige Tal in seinem Ursprungszustand dargestellt hat, das heißt noch ohne Verfüllung. Die vom Modell abgemessenen Daten sind als gestrichelte Linie ausgeführt.

Bei (DK) ist der Verlauf der Drei-Könige-Halde angedeutet. Aus den Höhenangaben der heutigen Bundesstraße (WS) sowie vom Parkplatz vor der Schlosserei (G) wird ersichtlich, daß das Gelände südlich der Straße (H) nach Süden leicht ansteigt. Auch hier wurde also eine Halde aufgeschüttet.

Die Lage der Runden Radstube (RR) und des Schachthauses (GP) auf der Halde sind skizziert. Die Radstube steht mit ihrem unteren Teil im gewachsenen Felsen, wäh-

rend der obere, ausgemauerte Teil von Halde umgeben ist. Verlängert man die im Gelände gemessenen Profile des Südhanges bis zur Talsohle (in den Einschnitten als gepunktete Linie gezeichnet), so bestätigen sie die vom Modell abgenommene Talform und die Mächtigkeit der Halde von mehr als 15 m (Anhang E.1).

Am Ende der Betriebszeit stand der Gaipel der Grube Thurm Rosenhof oben auf der Halde (vgl. Abb. 5). Es gab verschiedene Wachstumsphasen der Schutzmauer um das Kehrrad herum.¹⁶

Dieser Gaipel hatte an der Hängebank des Schachtes eine Höhe von 550,4 m über NN. Das Aufschlagwasser floß weiterhin auf das Kehrrad in einer Höhe von 535,5 m über NN und verließ die Radstube etwa auf dem Niveau von 527 m über NN.

Zwei Mundlöcher, südlich des Pulverhauses¹⁷ (PV) und am Klein-Clausthaler Wasserlauf (KC) (oberer Fall), sind noch heute sichtbar. Die eingemessenen Scheitelhöhen der Öffnungen betragen beim Pulverhaus¹⁸ 546,1 m über NN und beim oberen Fall 549,2 m über NN. Sie liegen unterhalb des Niveaus der Hängebank am Schacht.

Aus der Zeit vor dem Stadtbrand in Clausthal im Jahre 1844 stammt die Vorlage zu Abb. 9. Die Halde hatte hier noch nicht ihre Endhöhe erreicht, weil das später durch einen Tunnel geschützte Feldgestänge (KG) (Abb. 6) noch offen zum Gaipel führte. Auch das Pulverhaus (PV) war noch nicht von Halde umgeben. Es sieht so aus, als ob ein

15 Vgl. F. Balck [L27–Abb. 13].

16 F. Balck [L28–Abb. 24–26].

17 F. Schell [L178] und H. Ey [L83].

18 F. Balck [L27–Abb. 105].

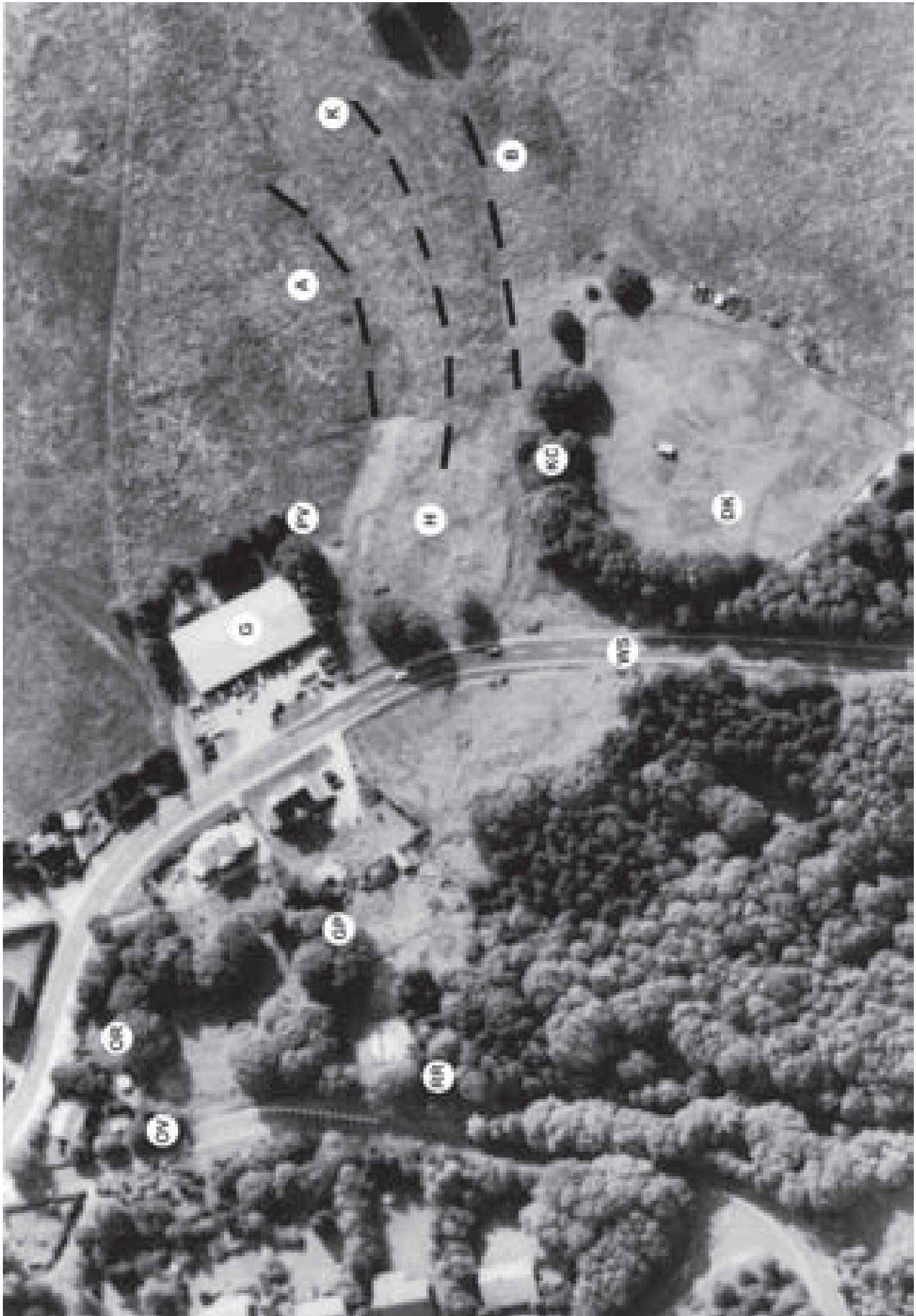


Abb. 7: Das Gelände südlich des Thurm Rosenhofes. Gemessene Gelände-Profile gestrichelt (Luftbild freigegeben, LVA Hannover).

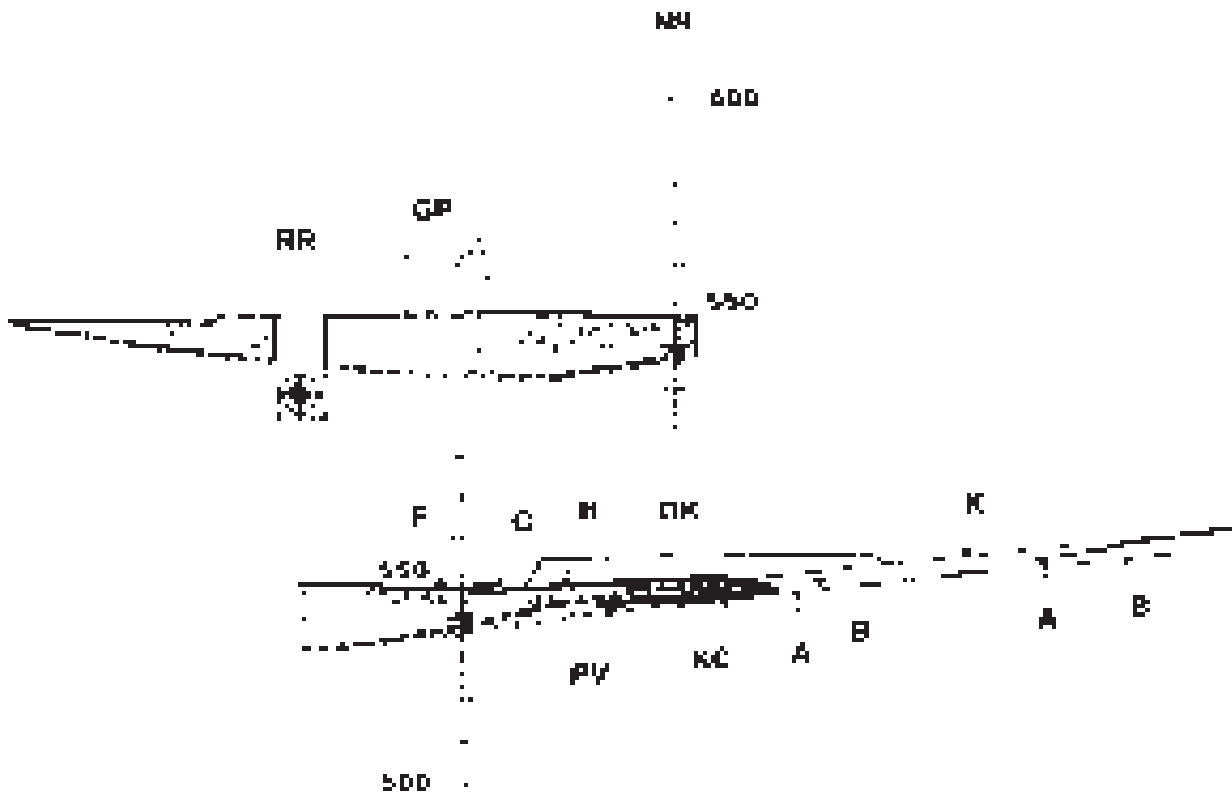


Abb. 8: Profile durch das Tal am Rosenhof. Daten vom Modell von Langer abgenommen (gestrichelt) und Vermessungsdaten von 1997.



Abb. 9: Grube Thurm Rosenhof von Südosten, Gemälde, Anfang des 19. Jahrhunderts von J. H. Bleuler (kolorierter Kupferstich bei Frau Kühle, Clausthal).

Weg vom Pulverhaus über einen gemauerten Durchlaß, das schon erwähnte Stollenmundloch, nach rechts führt.

Über das letzte Haus der Sorge¹⁹ (SG) und das (hier im Ausschnitt nicht sichtbare) Rosenhöfer Zechenhaus lassen sich die Lage der Ovalen Radstube und des Gaipels der Grube Oberer Thurm Rosenhof identifizieren. Einige der übrigen Häuser gibt es noch heute. Vermutlich steht das kleine Häuschen über der Ovalen Radstube (OV).

Für heutige Verhältnisse ist die Form des Daches über der Runden Radstube (RR) ungewöhnlich, es besitzt ein Bogendach²⁰ mit leicht gebogenen Dachsparren und unterscheidet sich von der später fotografierten Form²¹ deutlich. Eine ähnliche Bauart hat die Radstube der Grube Dorothea auf dem Stich von Saxesen [Z73] aus der Zeit vor 1834 (Abb. 70) und auch die am Rosenhof benachbarte des Alten Segens²² auf dem Talgrund, die Radstube der Grube Jungfrau sowie die Ovale Radstube am Thurm Rosenhof²³.

Zwischen Radstube (RR) und Gaipel (GP) steht ein weiteres Haus etwa am Ort des kleinen Schächtchens²⁴, das den Zugang zur Radstube bietet.

Sollten die Höhenverhältnisse des Ideal-Risses (Abb. 6)

stimmen, müßten in der Folgezeit am Schacht noch etwa 6 m Haldenmaterial über dem Kunstgestänge (KU) abgelagert worden sein. Das Mauerwerk der Runden Radstube zeigt nach der Phase 4²⁵ einen entsprechenden Zuwachs von rund 5 m. Die obige Beschreibung von OBM Schulz²⁶ aus dem Jahre 1822 dürfte für die hier abgebildeten Gebäude gelten

»aus dem Schleiftroge 9 Lachter Höhe.«

Eine ähnliche hölzerne Talüberquerung wie am Rosenhof gab es über den Zellbach an der heutigen Kreuzung Klepperberg–Altenauer Straße²⁷, allerdings mit dem Unterschied, daß dieses Tal nicht mit Halde verfüllt ist, sondern die Spuren der Brückenköpfe und anderer wirtschaftlicher Einrichtung noch deutlich zu sehen sind.²⁸ Viele Veränderungen und Umbauten an den Gräben und die Verlagerung einer Kunstradstube erinnern hier daran, wie sehr sich die Bergleute ständig bemühten, eine optimale Lösung für den Antrieb ihrer Maschinen herauszufinden (vgl. Abschnitt 4.3.2 Pflege und Umbau der Einrichtungen).

19 F. Balck [L27–Abb. 12].

20 H. Villefosse [L203], ein Zitat mit diesem Wort siehe Radstube Nr. 19.

21 F. Balck [L27–Abb. 71].

22 F. Balck [L27–(1) in Abb. 39].

23 Villefosse [L203–Plan 12], vgl. F. Balck [L27–Abb. 116].

24 F. Balck [L27–(KS) in Abb. 76].

25 F. Balck [L28–Abb. 25].

26 Schulz [L186], vgl. Zitat auf der übernächsten Seite.

27 S. G. Rausch [L160], Meine [L139], Rohbock [L168–Abb. 43].

28 F. Balck, W. Lampe [L30].

4.2 Gebäude und Einrichtungen für die Wasserkraftmaschinen

Es gab im Harz in der Mitte des 19. Jahrhundert viele Radstuben. Nur wenige davon sind noch zugänglich, von einigen existiert lediglich eine Zeichnung.

Die für die Analyse verwendeten Gebäude sind in **Tab. 1** aufgelistet. Eine laufende Nummer 1–29 in der ersten Spalte soll die Zuordnung zwischen nachfolgendem Text und weiteren Tabellen erleichtern. In der Liste finden

sich sowohl Kehr- als auch Kunsträder. Drei der Radstuben, 20, 28 und 29, gehören zum Erzgebirge, 21–24 sind im Vorharz und 14 ist im Unterharz²⁹ zu finden.

Im Anschluß an die Tabelle folgt die Beschreibung der Gebäude und ihrer Einrichtungen. Ausführliche Einzelheiten wie Form und Abmessungen der Radstuben sind in den Anhängen B und C zusammengestellt.

| <i>Übertägige Radstuben:</i> | | | |
|------------------------------|---|-------------------|---|
| 1 | Thurm Rosenhof (ausgegraben 1994/97) | Clausthal | runde Kehrradstube |
| 2 | Anna Eleonora | Clausthal | runde Kehrradstube |
| 3 | Silbersegen | Clausthal | runde Kehrradstube |
| 4 | Jungfrau | Zellerfeld | Kehrradstube |
| 5 | Schreibfeder | Zellerfeld | Kehrradstube |
| 6 | Rheinischer Wein | Zellerfeld | Kehrradstube |
| 7 | Samson | Sankt Andreasberg | Kehrradstube mit Rad |
| 8 | Samson | Sankt Andreasberg | Kunstradstube mit beweglichem Rad (Nachbau) |
| 9 | Knesebeck | Bad Grund | Kunstradstube |
| 10 | Knesebeck | Bad Grund | Kehrradstube |
| 11 | Polstertal | bei Clausthal | obere Kunstradstube |
| 12 | Polstertal | bei Clausthal | untere Kunstradstube |
| 13 | Zellerfelder Hoffnungsschacht | Bockswiese | Kunstradstube |
| 14 | Glasebach | Straßberg | Kunstradstube (Nachbau) |
| 15 | Herzog Georg Wilhelm | Clausthal | Kunstradstube für zwei Räder |
| 16 | Dorothea | Clausthal | Kehrradstube, alt |
| 17 | Dorothea | Clausthal | Kehrradstube, neu |
| 18 | Dorothea | Clausthal | Kunstradstube |

| <i>Untertägige Radstuben:</i> | | | |
|-------------------------------|----------------------|------------------------|--|
| 19 | Ovale Radstube | Clausthal | Kehrradstube |
| 20 | Dorothea | Freiberg ³⁰ | Kehrradstube |
| 21 | Feuergezäher Gewölbe | Goslar | Kehrradstube? |
| 22 | Kanekuhle | Goslar | Kehrradstube mit beweglichem Rad (Nachbau) |
| 23 | Serenissimorum | Goslar | Kehrradstube mit Rad (teilweise Nachbau) |
| 24 | Serenissimorum | Goslar | Kunstradstube mit Rad (teilweise Nachbau) |
| 25 | Ernst-August-Schacht | Wildemann | Kehrradstube mit Rad (stark zerfallen) |
| 26 | Ernst-August-Schacht | Wildemann | Kunstradstube mit Turbine |
| 27 | Kummelsglück | Bad Lauterberg | Kunstradstube |
| 28 | Neuer Morgenstern | Freiberg | Kehrradstube |
| 29 | Neuer Morgenstern | Freiberg | Kunstradstube |

Tab. 1: Verzeichnis der Radstuben.

29 Die geografische Angabe Unterharz meint das Gebiet östlich des Brockens. Um Verwechslungen mit dem gleichnamigen bergmännischen Verwaltungsbezirk zwischen Oker und Langelsheim zu vermeiden, wird im Zusammenhang mit

dem Rammelsberg vom Vorharz gesprochen, vgl. E. Weise [L212–Seite 1].

30 Freiberg: das Bergbauggebiet um Freiberg.

4.2.1 Runde Radstube Thurm Rosenhof (Nr. 1)

Am Beispiel der vor einiger Zeit ausgegrabenen Runden Radstube in Clausthal sollen die wichtigen Elemente dieses gemauerten halb über-/halb untertägigen Gebäudes erläutert werden, das im Laufe der Betriebszeit ständig vergrößert wurde zum Schutz gegen die anwachsende Halde.³¹ Die Radstube hat die Form eines senkrecht stehenden Zylinders, sie ist im Querschnitt in Abb. 6 und als Abwicklung in Abb. 16 dargestellt.

4.2.1.1 Geometrie und Struktur

Zu den Abmessungen, Höhe, Durchmesser und Stärke gibt es zwei Angaben aus der Literatur, die etwa 70 Jahre auseinander liegen und das Anwachsen der Mauer im Laufe der Zeit dokumentieren:

»Der Thurm-Rosenhöfner Wassergöpel hat eine runde gemauerte Radstube von 5 Lachter (ca. 10 m) Durchmesser und aus dem Schleiftroge 9 Lachter (ca. 18 m) Höhe [...]. Das Treibeseil ist von Eisen und [...] geht unter einem Winkel von etwa 30 Graden [...].«³²

»Mit grossem Kostenaufwand ist früher der Ausbau der wenig unter Tage in altem Haldengebirge liegenden Radstuben hergestellt worden. Diese stehen in kreisrunder Mauerung aus Bruchsteinen mit und ohne Bindemittel. Den Abmessungen der Räder entsprechend haben diese Radschächte 9–11 m lichten Durchmesser. Die Ausmauerung ist unten sehr stark und misst oben meistens noch $\frac{3}{4}$ –1 m. Die Kehrradstube am Schachte Neuer Thurm Rosenhof bei Clausthal z. B. ist ein kreisrund ausgemauerter Schacht von 10,5 m lichtigem Durchmesser und 25 m Tiefe. Hergestellt ist die Mauerung aus Bruchsteinen mit Kalk. Ebensolche Radstubenschächte, nur von etwas geringerer Tiefe, finden sich im Zellerfelder und Burgstädter Grubenreviere. Die gute Erhaltung dieser sehr alten Radstubenschächte bis in die heutige Zeit ist ein Beweis für die Solidität dieser alten Arbeiten.«³³

Als Erläuterung zur Dicke der Mauer von etwa 0,8 m am oberen Rand soll **Abb. 10** dienen. Es zeigt die Mauer bei den Ausschachtungsarbeiten im Oktober 1996, als man sie von außen mit einem eisenbewehrten Ringanker aus Beton verstärkte.

Auf **Abb. 11** hat der Seilbagger hinter dem fertigen Betonring bereits mit der Förderung begonnen. Rechts

stehen noch Reste der Schalung auf dem Mauerkranz. Im Hintergrund blickt man nach Süden auf eines der beiden Wohnhäuser (AW). Der markierte hervorstehende Stein (L) gehört zu der Dachkonstruktion.³⁴

Auf dem Riß von Flachsbar³⁵ ist der ausgemauerte obere Teil kunstvoll steingerecht gezeichnet. Außen hat die Radstube einen quadratischen und innen einen runden Querschnitt. Das Foto mit dem Turm der Bergakademie im Hintergrund³⁶ zeigt einen Teil der Traufe mit einem Stück des gemauerten Drempels. Dieser ist geradlinig und verläuft parallel zur Traufe. Das Haus besitzt ein Satteldach mit einer Neigung von ca. 45°. ³⁷ Die Firstlinie zeigt zum Schacht. Die sichtbare Höhe der Mauer entspricht auf der westlichen Seite der von fünf auf dem Dach aufliegenden Ziegeln in der Schrägansicht, das heißt etwa 1 m. Auch auf einem anderen Bild³⁸ erscheint die Radstube als Nurdach-Haus, das an der östlichen Längsseite einen kleinen Anbau mit Schlepptdach besitzt.

Eine Vorstellung der gewaltigen Ausmaße dieses Bauwerkes vermittelt ein Foto vom Dezember 1996³⁹. Es dokumentiert den Stand der Ausgrabung bis zum Niveau der Wasserradwelle. In der Tiefe sind noch etwa 4 m (der halbe Durchmesser des Wasserrades) freizulegen.

Die Radstube ist überwiegend mit groben Bruchsteinen kreisrund ausgemauert. Der Durchmesser beträgt 10,7 m mit einer Abweichung von höchstens 0,2 m. (Der von Schulz angegebene Durchmesser von 5 Lachtern läge bei 9,6 m, es sei dann Schulz hätte einen Lachter von 2,02 m verwendet)⁴⁰.

Das »schöne« Mauerwerk im oberen Teil der Mauer zeigen **Abb. 11** und ein Foto⁴¹ unmittelbar aus der Zeit nach der Prospektionsgrabung, als die Radstube nur etwa 5 m freigelegt war. Die Steine sind bearbeitet und eingepaßt. Senkrechte Fugen bilden lange durchgehende Linien. Es gibt kaum zusammenhängende Strukturen in horizontaler Richtung. Für die noch folgenden Diskussionen sind die vorstehenden Steine (K)–(N) sowie (1)–(23) und die Öffnungen (A)–(E) und (F)–(J) in **Abb. 16** markiert.

4.2.1.2 Boden der Radstube und große Öffnungen in der Mauer

4.2.1.2.1 Schleiftrog und Ablaufrösche

Beim weiteren Ausgraben zeigte sich, daß der Boden der Radstube abgestuft ist.⁴² Sowohl von Osten als auch von

31 Risse für das Gelände am Rosenhof sind: [Z30, Z16, Z31, Z41, Z43, Z84, Z29].

32 Oberbergmeister Schulz (1822) [L186–Seite 108].

33 H. Banniza et al. [L31–Seite 159].

34 F. Balck [L28–Abb. 26].

35 F. Balck [L27–Abb. 72].

36 F. Balck [L27–Abb. 78].

37 F. Balck [L27–Abb. 109].

38 F. Balck [L27–Abb. 71].

39 F. Balck [L28–Abb. 6].

40 G. M. Kletke [L120–Seite 44]. Ein preußischer Lachter um 1870 hat eine Länge von 2,0924 m.

41 F. Balck [L28–Abb. 8].

42 F. Balck [L28–Abb. 11].



Abb. 10: Runde Radstube 1996. Freigelegter Mauerkranz Wandstärke 0,8 m.

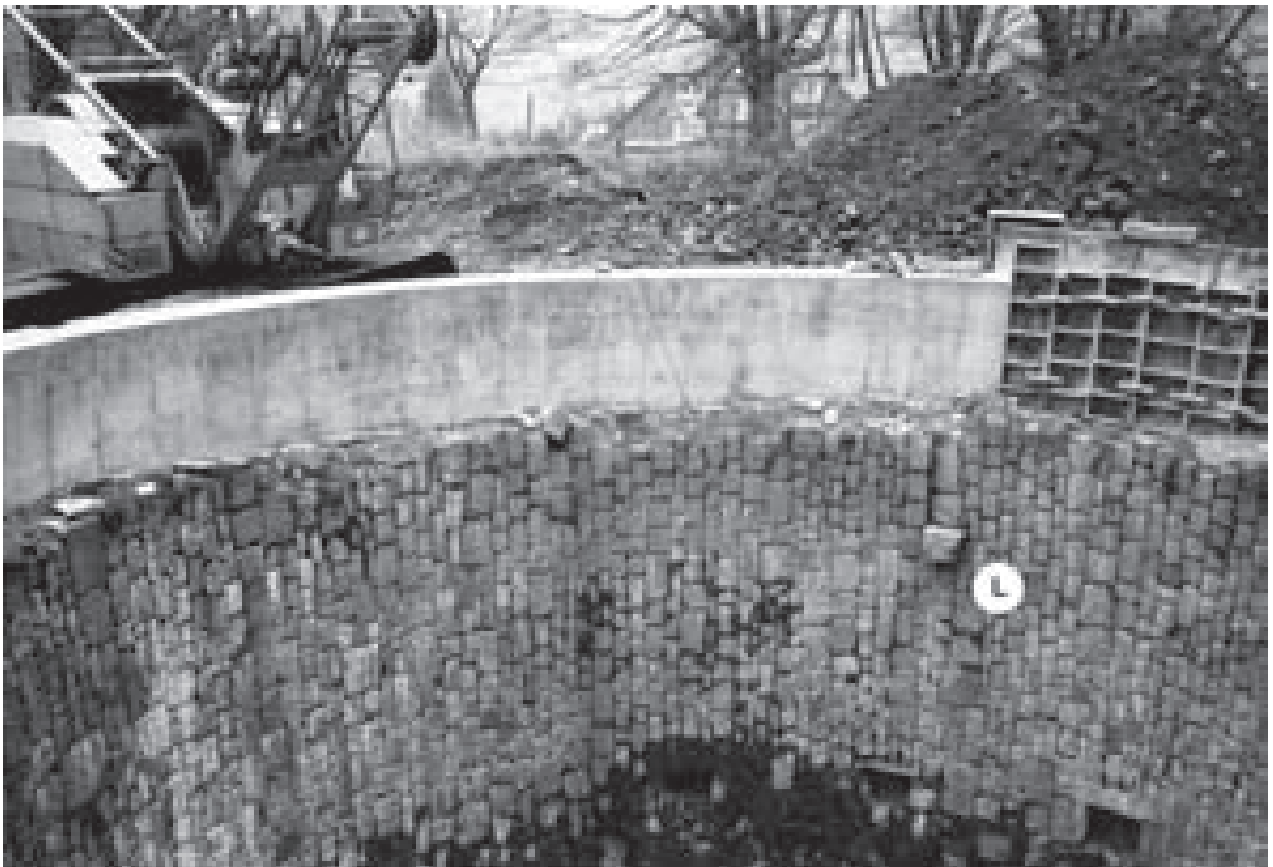


Abb. 11: Runde Radstube 1996. Der Seilbagger steht hinter dem Ringanker und hebt mit seinem Greifer Material heraus.

Westen her ragen zwei zueinander parallele Mauern etwa 2 m hinein und bilden zwischen sich einen etwa quaderförmigen Raum, den sogenannten Schleiftrog. Hier war der Raum für die untere Hälfte des Kehrrades mit Bremsrad und Seilkorb. Die Welle war auf den Rändern gelagert. Vom Boden des Schleiftroges brachen die Bergleute nur soviel Gestein los, wie sie für das Wasserrad benötigten. Auf die Ablaufrösche, die dort lagernden Reste der Wasserradwelle mit Seilkorb und Wellenzapfen und eine weitere kleine Öffnung in der Mauer (vgl. Abb. 16) sei schon vorab verwiesen.

Der Wassertrog ist terrassenförmig abgestuft. Die obere Terrasse liegt etwa 1,9 m unter dem Rand und bot Platz für die beiden Seilkörbe.⁴³ Im anderen Bereich für das Rad mit seinen Schaufeln sind es, vom Rand gemessen, 3,5 m bis zur Sohle.

Auf beiden Ebenen des Bodens findet man gewachsenen Felsen, während die senkrechten Wände gemauert sind. Auf der mittleren Ebene lagern zur Zeit Reste der Welle. An der Stufe steht ein (kleiner) 200 Liter Kübel. Mit ihm transportierte man die Gesteinsmenge etwa der unteren 4 m der Runden Radstube nach oben.

Bis auf eine Fläche von etwa 10 m² unterhalb der Wasserradwelle ist die Radstube nahezu leergeräumt. Am Boden steht das Wasser ca. 0,6 m hoch.

Zwei Gründe unterbrachen die Arbeiten vorzeitig:

- ▶ Solange das Wasser nicht abfließt, kann nicht gegraben werden. Es besteht die Gefahr, daß etwaige Fundstücke in der aufgewühlten Trübe übersehen und zerstört werden.
- ▶ Der Stau des Wassers konserviert etwa ein Achtel des hölzernen Rades. Es liegt noch in dem Volumen unter dem Bagger. Um hier weiter ausgraben zu können, benötigt man für das Gerät eine trockene Arbeitsplattform an anderer Stelle und einen Bagger mit längerem Arm.

Auch in der Ablaufrösche sind noch Hölzer vorhanden.⁴⁴ Querliegende Rundhölzer und aufliegende Bretter zeugen von der Konstruktion des früheren Tretwerks über dem Wasser. Sie erlaubten den trockenen Weg durch die Rösche. In den ersten Metern ist die Rösche ausgemauert. Im weiteren Verlauf führt sie durch gewachsenen Felsen. Ein Gewölbe aus mächtigen Steinen mit einem keilförmigen Abschluß stützt die Öffnung gegen das Gewicht der Mauer ab. Die Rösche führt in Richtung Süden.

4.2.1.2.2 Wasserzulauf

Das Antriebswasser kam durch eine 1,6 m breite und 2,2 m hohe, oben leicht spitz ausgemauerte Öffnung, etwa vom Osten her auf das Rad. Die Sohle des Loches liegt 4 m über dem Rand des Schleiftroges (über dem kleinen Bagger).

Innerhalb des Mauerdurchbruchs steckten bei der Ausgrabung noch Teile des hölzernen Gefluders (1), (2) im hereinbrochenen Gestein (Abb. 12). Der lichte Abstand zwischen den Hölzern beträgt 0,8 m. Beim Ausräumen der Öffnung rutschte ständig Material von oben nach. Eine hinter der Wand verkeilte Holzwand sperrt nun die Öffnung von hinten ab. Die Mauerstärke an dieser Stelle beträgt 1,4 m. Unterhalb der Öffnung trägt ein Stein in der Mauer ein Markscheiderzeichen.

4.2.1.2.3 Seiltrift

In etwa gleicher Höhe wie der Wasserzulauf weist nach Südsüdwest eine oben rund gewölbte Öffnung von 3,5 m Breite und 2,7 m Höhe in Richtung der Seiltrift⁴⁵. Hinter dem Mauerdurchbruch wird der große Querschnitt durch eine dahinter stehende Mauer bis auf einen schmalen Teil verschlossen. Übrig bleibt ein 1,1 m schmaler Stollen mit in Mörtel gesetzten behauenen Steinen. Er hat einen rundbogigen Querschnitt und ist nach etwa 6 m verbrochen.⁴⁶

Am Eingang zum Stollen sind links und rechts, etwa in Kniehöhe, zwei massive Auflager für dicke Hölzer in die Mauer eingearbeitet worden (Abb. 16). Sie könnten zusammen mit der kräftigen gemauerten Stufe am Eingang als Widerlager für größere Konstruktion gedient haben. Die Mauer des Stollens ist nicht mit der Rundmauer verzahnt, sie steht von außen davor.

4.2.1.3 Mauerwerk, Struktur in Schichten

Regelmäßig sind in den oberen drei Vierteln der Rundmauer Öffnungen und hervorstehende Steine in neun Schichten, I–IX (Abb. 16), angeordnet.⁴⁷ Während es sich bei den unteren Schichten um Öffnungen für kleinere Gerüste handelt, gehören zu den Schichten VII, VIII und IX massive Holzkonstruktionen, die Dach und Montageeinrichtungen getragen haben.

In den jeweils gegenüberliegenden Vertiefungen in Schicht VIII der Mauer, (A)–(E) und (F)–(J), steckten fünf schwere parallele Holzbalken (Abb. 16). Der nicht radiale Verlauf der linken Seitenwange (Abb. 13) gibt die Ausrichtung der äußeren Kante des Balkens (A)–(J) an. Auch bei den anderen Öffnungen zeigen die Flächen der Rückwände zum gegenüberliegenden Partner.

Die Hölzer zwischen den Öffnungen (A)–(J) bzw. (E)–(F) hatten eine kleinere Spannweite als der Hauptbalken zwischen (C)–(H) zu überbrücken. Daher reichte hier eine um rund 10 cm geringere Balkendicke aus, wie der Unterlegstein (X) bei (A) zeigt. Entsprechend kleinere Öffnungen gab es auch bei (J) und (F).

Die Löcher sind nicht nur seitlich, sondern auch in der Tiefe großzügig bemessen, so daß sich auch nach Fertig-

43 F. Balck [L28–Abb. 12].

44 F. Balck [L28–Abb. 14].

45 F. Balck [L28–Abb. 7].

46 F. Balck [L28–Abb. 16].

47 F. Balck [L28], vgl. Beschreibung zur Abb. 17.



Abb. 12: Runde Radstube. Beim Aufwältigen werden die Reste des hölzernen Kastens für den Wasserzulauf (Gefluder) sichtbar.



Abb. 13: Runde Radstube. Einzelheiten der Öffnung A mit Unterlegstein.

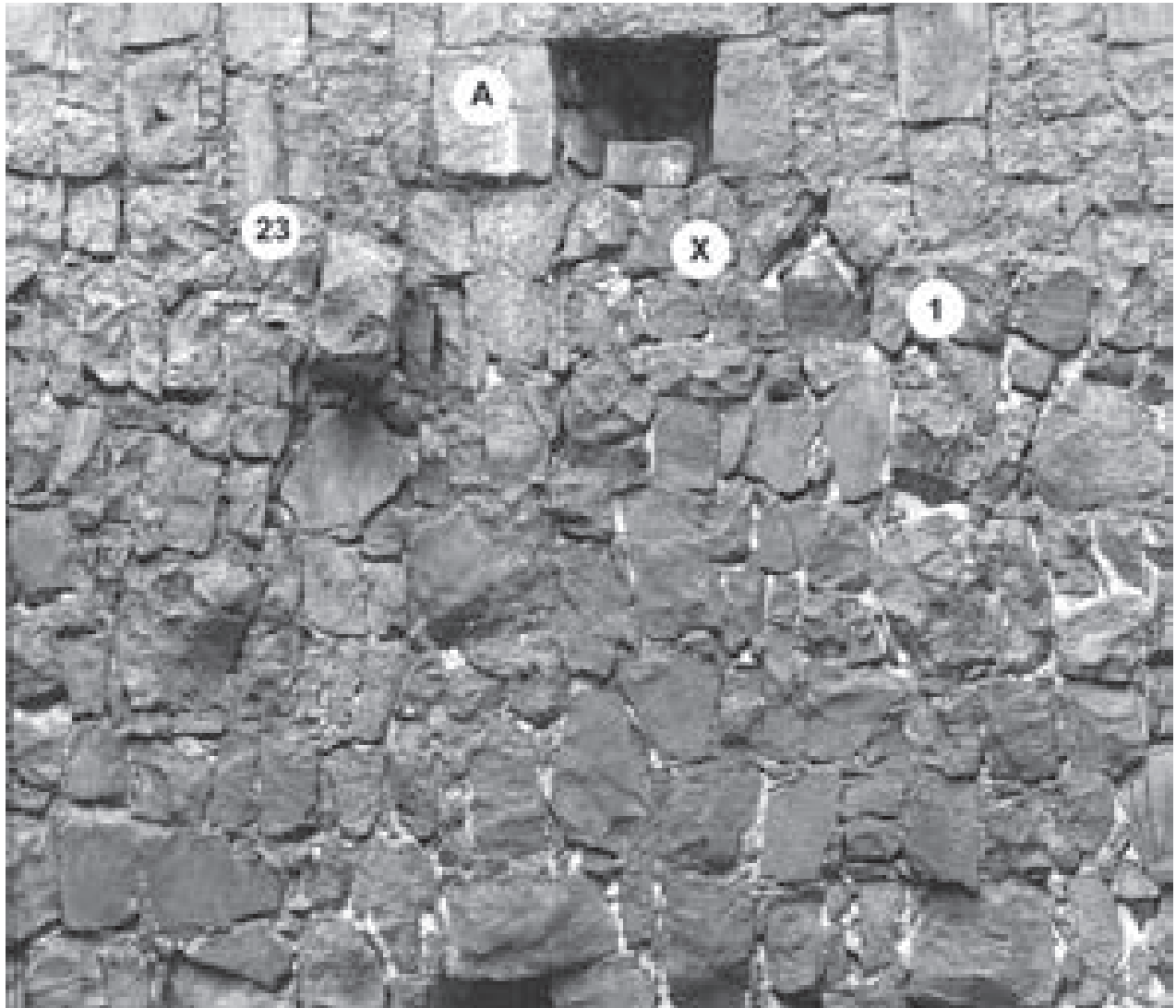


Abb. 14: Runde Radstube. Übergang vom feinen zum groben Mauerwerk. Ring mit vorstehenden Steinen.

stellung der Mauer die Balken auswechseln ließen. Im Gegensatz dazu sind die Steine der Öffnungen der Schichten I–VI passend um den Balken herumgemauert (Abb. 15).

Am oberen Abschluß des Mauerteils (Schicht VII) aus den unbehauenen Steinen sind 23 hervorstehende, regelmäßig angeordnete Steine ((23) und (1) in Abb. 14) zu erkennen, die eine kegelförmige Holzkonstruktion wie bei einer Köthe trugen. Leider sind durch Verfüllung oder Ausgrabung einige der Steine nicht mehr vollständig erhalten.

Die geometrischen Daten der Runden Radstube sind in drei Ansichten⁴⁸ wiedergegeben: Der Zylinder mit einem Innendurchmesser von 10,7 m ist außen mit einer keilförmigen Wand umgeben, die Wandstärke beträgt unten etwa 2 m, oben 0,8 m. Oben umschließt der Ringanker von 1996 das Mauerwerk.

Die Lage der größeren Öffnungen in der Mauer ergibt sich aus der Abwicklung der inneren Wand (Abb. 16).

Die Anordnung der kleineren Öffnungen ist beschrieben.⁴⁹ Die Wand läßt sich grob in drei Bereiche einteilen:⁵⁰

1. Das »schöne« Mauerwerk oben mit den behauenen Steinen besitzt schmale Fugen aus Gipsmörtel mit Zuschlag aus fein gebrochenem Material roter Ziegel. Das Mauerwerk entspricht in seinem Aufbau der Auskleidung im Schornstein der »alten« Aufbereitung⁵¹ (Abb. 17). Das Fundament existiert noch heute. Um in dem Rauchabzug glatte Oberflächen und hohe Haltbarkeit zu erzielen, hatten die Maurer die Steine passend geschlagen und so für schmale Fugen gesorgt. Es ist aber anzunehmen, daß die Hitze der Rauchgase eine geringe Abrundungen der Steine verursacht hat. Die Steine auf der Wand der Runden Radstube (Abb. 18) sind etwas scharfkantiger, ihre Abmessungen sind der Zeichnung zu entnehmen (nach der Digitalisierung und Entzerrung des Fotos). Der Stein über der Öffnung (C)

48 F. Balck [L28–Abb. 21–23].

49 F. Balck [L28–Abb. 17].

50 F. Balck [L28–Abb. 7 und 8].

51 Der Schornstein ist im Plan von Kutscher [L126–Tafel VI] (1873) zu finden.



Abb. 15: Runde Radstube. Kleine Öffnung im unteren Teil.

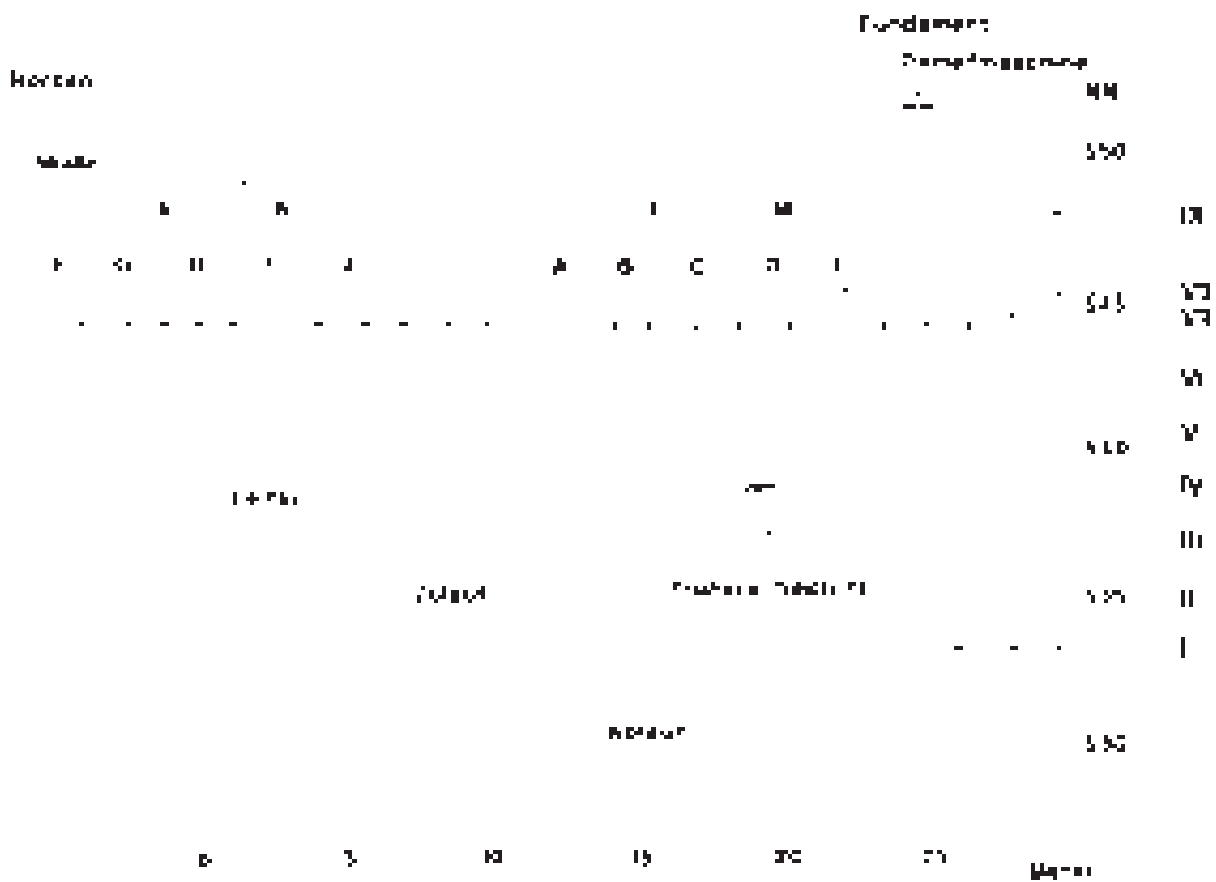


Abb. 16: Runde Radstube. Daten der Vermessung. Abwicklung der Innenwand.



Abb. 17: Schornsteinfuß der alten Aufbereitung. Sorgfältig gesetzte Steine mit kleinen Fugen, senkrechte Laufrichtung.

ist rund 0,9 m breit und 0,3 m hoch. Die beiden großen darüber messen $0,3 \cdot 0,45 \text{ m}^2$. Sie sind aus Grauwacke und wiegen bei geschätzter Dicke über 100 kg. Ähnlich große Steine, die bei der Verfüllung möglicherweise vom oberen Rand der Radstube heruntergefallen sind, konnten bei der Aufwältigung aus dem Schleiftrog geborgen werden. Auch die Mauer der Kunstradstube Knesebeck Abb. 43 (gebaut nach 1855) zeigt ein ähnliches Aussehen.

2. In der Mitte sind die unbehauenen Steine mit weißen Mörtelfugen (vgl. Abb. 15).
3. Im unteren Drittel gibt es unbehauene Steine mit dunkleren, teilweise versinterten Mörtelfugen.

Die Analyse der verschiedenen Bauabschnitte und die Verlagerung der Seiltrift im Laufe der Zeit sind beschrieben.⁵²

Einige kleinere Öffnungen sind noch zu erwähnen: Am westlichen Rand, in Verlängerung der Radwelle, erlaubt der 2 m tiefe kleine Hohlraum mit kunstvoller Randmauerung den Blick auf das anstehende Gestein. Er hat möglicherweise als Freiraum bei Montagearbeiten gedient, weil sich das Wellenende in den Raum hinein schieben ließ.

In Richtung Norden in Höhe der Oberkante des Schleiftroges führt heute eine kleine Öffnung etwa 1,8 m durch die

Mauer, die auch hier im unteren Teil der Mauer auf eine Wandstärke von nahezu 2 m schließen läßt.

Als anschauliches Hilfsmittel für den inneren Aufbau der Runden Radstube wurde ein Modell aus Lochblech im Maßstab 1 : 50 gebaut (Abb. 19), das im oberen Teil in den Schichten IX und VIII die Balken mit dünnen Rundstäben und die Schicht VII mit Schrauben andeutet. Im unteren Teil werden die Größenverhältnisse von Rad (1), Bremsrad (2) und Seilkörben (3) erkennbar.

Am Modell lassen sich nicht nur die Anordnung der feststehenden und bewegten Teile studieren, sondern auch Transportprobleme und andere Fragen erörtern: Welche Hilfsmittel sind zum Bau erforderlich? Wie lang darf die Welle sein, damit die aus einem Stück gegossenen Seilkorb-Seitenteile mit 3 m Durchmesser über die Welle gesteckt werden können? Welche Hebezüge sind nötig?

4.2.1.4 Einbauten in der Radstube, der Grundrahmen

In jede Radstube gehört ein kräftiges Fundament, das nicht nur die ruhende Last des über 15 t schweren Rades, sondern auch die Schwingungen und Stöße bei dessen Bewegung auffangen muß. Die Lager für die Welle setzte

52 F. Balck [L28], vgl. Text zu Abb. 24ff.

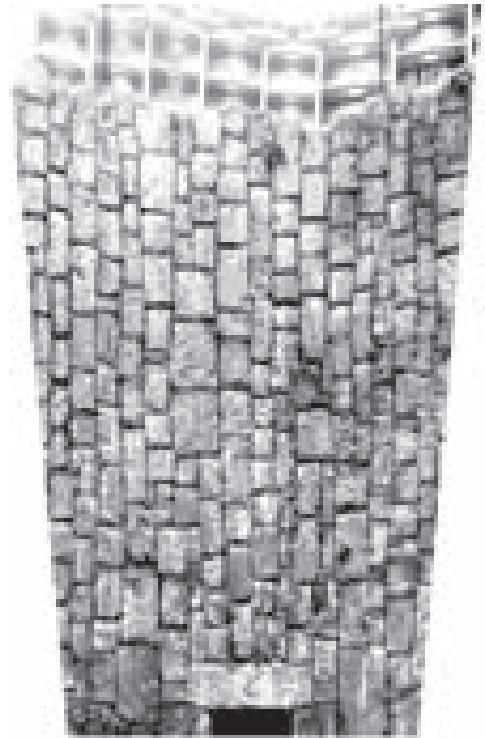


Abb. 18: Runde Radstube, Ostseite. Kunstvoll gesetzte Steine mit kleinen Fugen, senkrechte Laufrichtung. Im Foto leicht gestaucht durch den Blick schräg nach oben. Zeichnung maßstäblich nach der Entzerrung des Fotos.

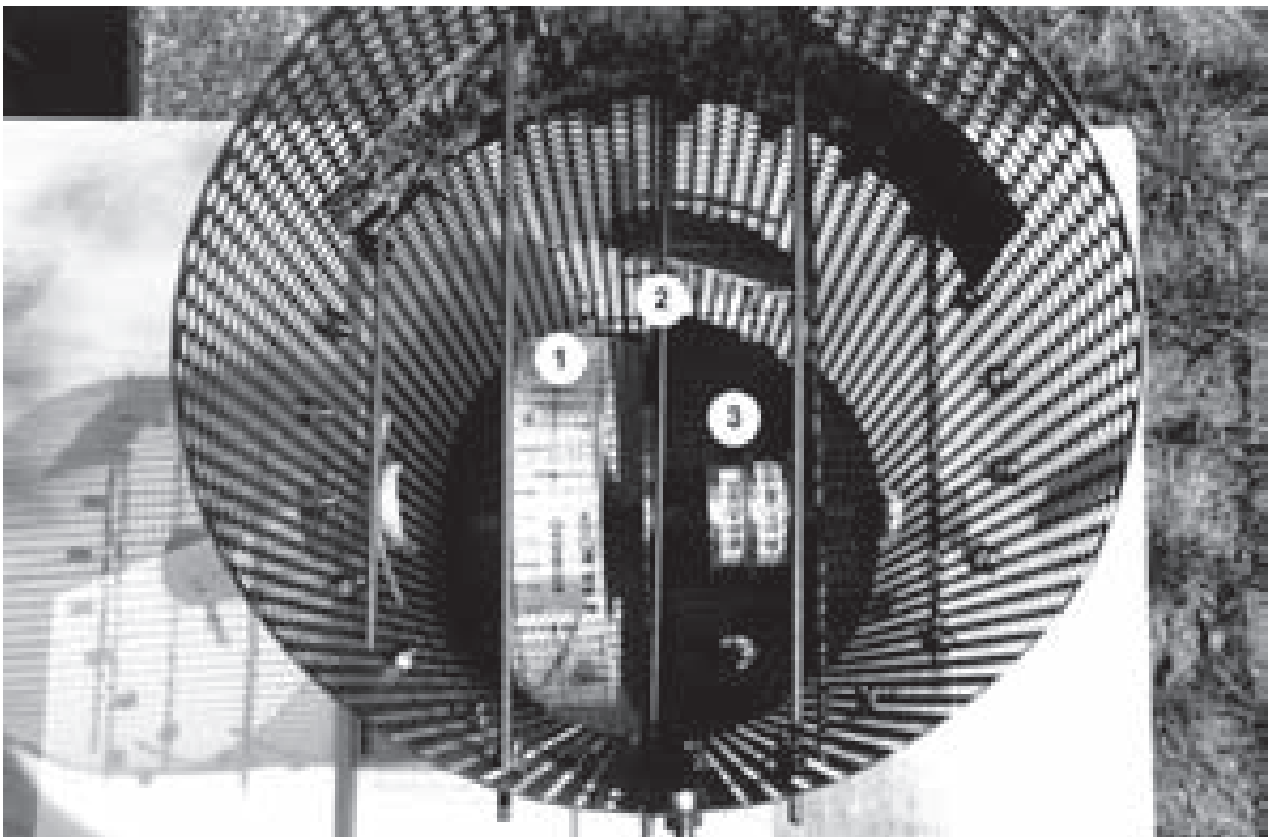


Abb. 19: Runde Radstube. Modell aus Lochblech 1:50.

man in der Regel nicht direkt auf Steine oder Mauern, sondern auf ein hölzernes Gestell (vergleichbar mit einem Glockenstuhl in einem gemauerten Kirchturm).

Ein noch existierender kompletter Grundrahmen ist beim Serenissimum Kehrrad, im Rammelsberg bei Goslar, zu besichtigen. Seine Konstruktion zeigt **Abb. 20** schematisch. Zwei lange Hölzer, (1) und (2), liegen auf dem Rand des Schleiftroges auf und ein drittes (3) ruht in der Mitte des Troges auf dem Boden. Auf allen drei Hölzern steht jeweils ein Bock mit einem horizontalen Querbalken oben, der von zwei leicht zusammenlaufenden Ständern getragen wird. Die Böcke stützen den Kasten für den Wasserzulauf und einen Teil der Steuerung für Antriebswasser und Bremse. Zwei Hölzer mit je einer Lagerschale für die Welle sind bei (1) und (2) auf den Grundrahmen aufgesetzt und übertragen die schwere Last des Rades gleichmäßig auf den gemauerten Rand des Troges. Eine ähnliche Konstruktion für das Wellenlager findet man auf der Zeichnung des Knesebeck-Schachtes (Abb. 49, aus Abb. 3).

Etwas einfacher ist die Lagerung am Nachbau eines Kunstrades in Lautenthal am Maaßener Gaipel. Ein Trapez aus kräftigen Hölzern mit der eingearbeiteten Lagerschale steht auf dem Betonrand des Schleiftroges und trägt den Zapfen der Radwelle. Die Radwelle dreht sich fast einen Meter über dem Trogrand.

In der Runden Radstube befand sich die Welle nur knapp über dem Trogrand. Während im Osten die Lagerschale direkt in einem Holz auf der Mauer auflag, wurde im Westen das Lager von einer Holzkonstruktion getragen, die auf dem Boden des Schleiftroges stand.⁵³ Bei einer

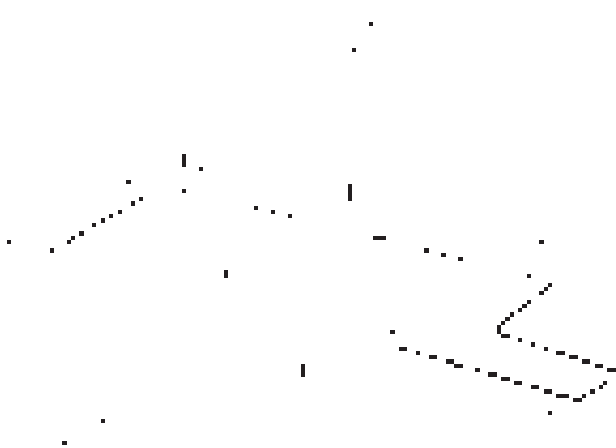


Abb. 20: Serenissimum im Rammelsberg. Anordnung der Balken am Grundrahmen des Kehrrades.

derartigen hölzernen Tragekonstruktion ist die Radwelle um ein Stück verkürzt. Möglicherweise war das für den späteren Einbau der eisernen Seilkörbe aus Platzgründen notwendig.

Von den oberen Einbauten in der Runden Radstube (z. B. Bühnen) gibt es keine Reste mehr. Versuchsweise wurden einige der vermuteten Balken im Modell Abb. 19 durch Rundstäbe angedeutet. Fünf Hölzer verbinden die jeweils gegenüberliegenden Öffnungen im oberen Mauerteil (Phase 5). Zwei weitere oberhalb kennzeichnen die Grundkonstruktion für den Bock mit den Seilscheiben oder für eine Hebevorrichtung.

Während der Boden der runden Radstube aus massivem Gestein besteht, gibt es andere Radstuben mit weichem Boden, deren Trog man mit einem hölzernen Boden auskleidete, wie beispielsweise in der Kunstradstube am Knesebeck-Schacht. Die Bretter dienten als Laufhorizont und waren gegen die Auswaschung der Tonabdichtung gedacht. Zwei Abbildungen verdeutlichen diesen Zustand (Abb. 49).

4.2.1.5 Kostenaufstellung für ein neues Kehrrad

»Kostenübersicht über das in der Grube Rosenhof neu angefertigte Kehrrad:

| | |
|---------------------------------|--------------|
| Das Kehrrad anzufertigen kostet | |
| an Arbeitslohn | 355,60 M |
| An Materialien sind verbraucht: | |
| 86 Stück Dielen à 1,8 M | 154,80 M |
| 33 Bohlen à 5,0 M | 165,00 M |
| 18 Hölzer v. D. à 5,5 | |
| 99,00 M | |
| 8 Stamm Holz à 19,96 | 159,68 M |
| 38,5 kg Nägel à 0,5 | 19,25 M |
| 84 Stück Schrauben | 68,11 M |
| 24 " Legeisen | 7,00 M |
| 120 " Vorlegeisen | 6,57 M |
| Summa | 1035,01 M |
| Dazu Arbeitslohn für Einbau | 115,00 M |
| Gesamtsumme | 1150 M 01 Pf |

Clausthal, den 5. März 1897«⁵⁴

Das neue 50 kg schwere Hauptlager, (9)–Abb. 123, ist nicht als solches in dieser Liste zu erkennen.

53 Hier wäre eine Altersbestimmung über die Jahresringe im Holz lohnend – Schweingruber [L187].

54 OBA (Archiv Preussag Goslar), VIII h 4 Vol. 1, 5. 3. 1897.

4.2.2 Radstube am Schacht Anna Eleonora, Clausthal, (Nr. 2)

Das Rosenhöfer Revier erhielt sein Aufschlagwasser zum Teil aus dem Burgstätter Revier über den Bremerhöher Wasserlauf⁵⁵, der aus den Abfallwässern⁵⁶ der Gruben Herzog Georg Wilhelm, Englische Treue und Anna Eleonora gespeist wird.

Der Schacht Anna Eleonora auf dem Gelände vor einem Autohaus erweckte durch ständiges Nachsacken der Verfüllung Aufmerksamkeit, besonders nach starken Regenfällen. Im Jahre 1994 entstand sogar ein großer Trichter, der die Nutzung des Parkplatzes verhinderte. Deswegen ist der Schacht heute durch eine Betonplatte abgedeckt.

Für die Grube Anna Eleonora reichten die Aufschlagwasser in der näheren Umgebung nur zum Antrieb eines Kehrrades aus, während das zugehörige Kunstrad zunächst in 1100 m, später in nur noch rund 750 m Entfernung am Zellbach betrieben werden konnte. Das Kunstrad hatte an seinem zweiten Standort einen vergleichsweise kleinen Durchmesser von 4 Lachtern (7,7 m).⁵⁷

Für das Kehrrad verwendete man eine ähnliche Anordnung mit einer tief liegenden Radstube wie bei der Runden am Rosenhof. Der Aufbau ist auf dem Ideal-Riß⁵⁸ oben rechts abgebildet. Der Ausschnitt (**Abb. 21**) zeigt links das offene eiserne Fördergerüst, in der Mitte das Schachthaus und rechts das tief eingegrabene Kehrrad.



Abb. 21: Anna Eleonora. Fördergerüst mit Radstube (Beyersdorf 1908, aus Ideal-Riß [Z27]).

Ein Foto aus der Vergangenheit soll helfen, einige Details der Grube zu verstehen. **Abb. 22** stellt die Gebäude in einer ähnlichen Ansicht wie auf dem Ideal-Riß leicht schräg von hinten dar. Die Radstube hat annähernd die Form eines Nur-Dach-Hauses mit einer Bedeckung aus Ziegeln, ähnlich wie die Runde Radstube.⁵⁹ Auch dort führt in der Mitte der langen Seitenwand eine (vergitterte) Öffnung über dem Wasserzulauf nach innen.

Die Seiltrift ist wie beim Silbersegen⁶⁰ (Abb. 24) verkleidet, während an der Runden Radstube am Rosenhof Seile und Gestänge offen laufen.



Abb. 22: Anna Eleonora. Fördergerüst mit Radstube, Ansicht von Osten (Harzbibl.).

55 A. Dumreicher, Sandkuhl [L78] 1895.

56 H. J. Boyke [L57].

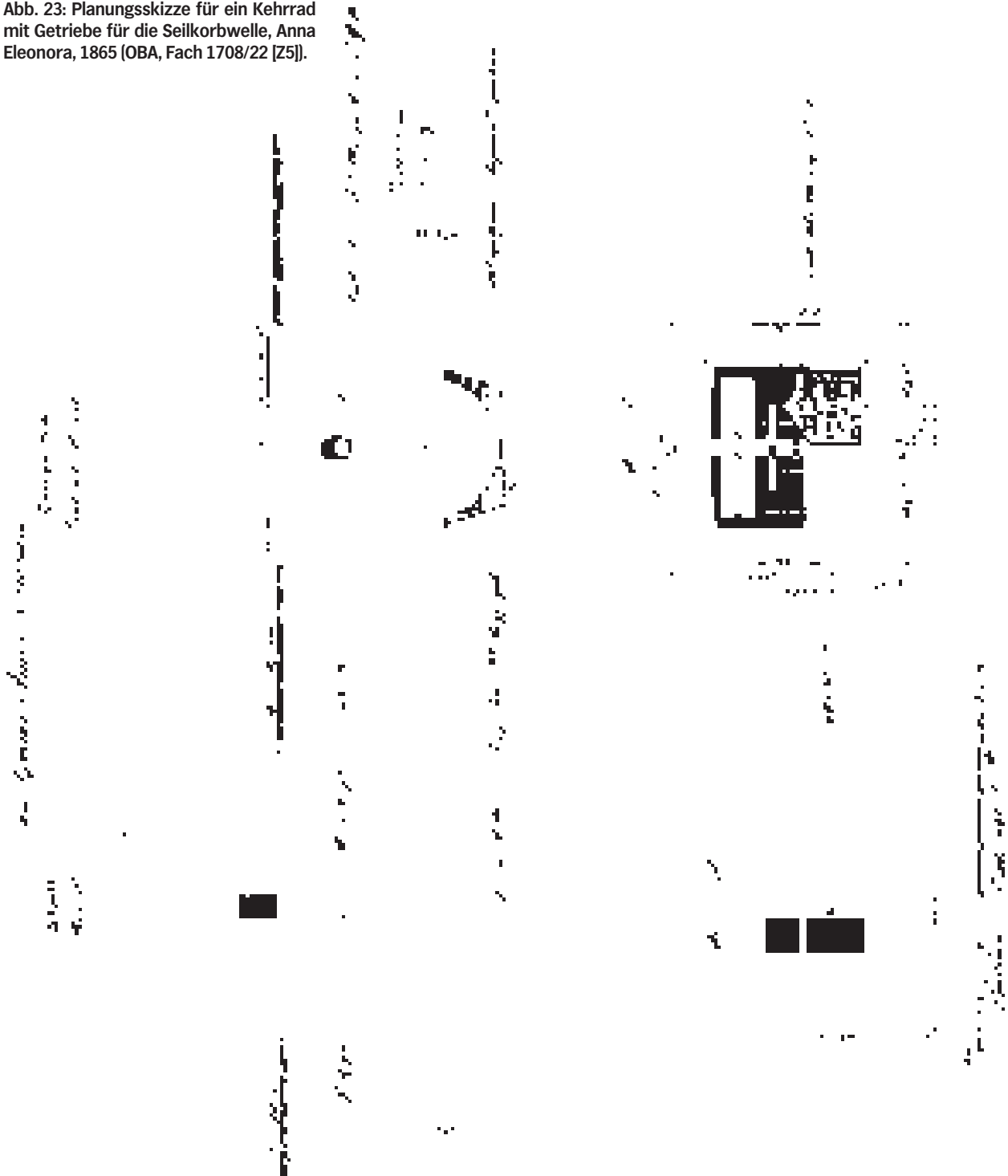
57 F. Balck, W. Lampe [L30].

58 F. Balck [L27–Abb. 27].

59 F. Balck [L27–Abb. 71].

60 F. Balck [L27–Abb. 46].

Abb. 23: Planungsskizze für ein Kehrrad mit Getriebe für die Seilkorbwelle, Anna Eleonora, 1865 (OBA, Fach 1708/22 [Z5]).



Daß der Künstler von Abb. 21 nicht nur am Thurm Rosenhof⁶¹, sondern auch bei der Grube Anna Eleonora verschiedene Ansichten miteinander gemischt hat, läßt sich mit Hilfe von anderen Fotos (hier nicht gezeigt) nachweisen, die die Lage des Eingangs mit Namensschild über der Tür und die der Fenster zeigen.

Aus dem Jahre 1865 existiert eine Planungsskizze für eine Fördermaschine mit Getriebe zwischen Wasserrad und Seilkorb, sie enthält einige Maße für Gebäude und

Rad, **Abb. 23**. Bei A. Dumreicher⁶² ist der Neubau für die Jahre 1866/67 vermerkt.

Der Gaipel hat auf dieser Zeichnung noch eine hölzerne Verkleidung.⁶³ Der Wasserzulauf befindet sich nach diesem Plan rund 4,5 m unter der Tagesoberfläche etwa in der Mitte der Längswand.

Die späteren Umbauten am Gebäude über dem Schacht gehen darauf zurück, daß der Schacht seit 1892 bis zum Ende des Betriebes als Wetterschacht genutzt wurde.⁶⁴

61 F. Balck [L27–Abb. 33].

62 A. Dumreicher [L79–Seite 53].

63 Wie auch in F. Balck [L27–Abb. 100].

64 C. Bartels [L37–Seite 550].

4.2.3 Radstube Schacht Silbersegen, Clausthal, (Nr. 3)

Das Schachthaus der Grube Silbersegen (SS)^{64a} stand nicht auf einer Halde. Man errichtete den Schacht 1817 an einer freien Stelle am Hang und teufte ihn ab durch das taube Gestein senkrecht hinunter bis zu den schräg einfallenden Erzgängen. Im Jahre 1825 waren die Arbeiten beim Erreichen des Niveaus der Tiefen Wasserstrecke beendet. Das dazugehörige Wasserrad setzte man am Hang etwas tiefer an die Gräben und betrieb es mit dem Abfallwasser des Rosenhofes. Besonders deutlich ist auf dem Riß, **Abb. 24**, die Einhausung des Kehrrades in einer runden Radstube (K) zu sehen. Der Riß trägt das Datum Mai 1819, als der Schacht sich noch im Bau befand. Es dürfte sich daher um eine Planungszeichnung handeln. Die Mauer steht etwa 10 m tief im Hang. Das viereckige Fachwerkhaus überdeckt die Radstube nur unvollständig. Im Gegensatz dazu hat die Runde Radstube am oberen Ende eine außen recht-

eckige Mauer mit einem allseits überstehenden Dach.⁶⁵ Mit einem Blick schräg nach unten in das Innere der Seiltrift sind Förderseile und Steuerungselemente abgebildet.⁶⁶ Es gibt einige Ausschnitte mit technischen Einzelheiten hieraus.⁶⁷ Die steinerne Treppe links führt hinunter zum Kehrrad, das sich, von hier aus nicht sichtbar, am Ende der Seiltrift unten in der Radstube dreht. Es gibt weitere ergänzende Fotos der Außenanlage, der Seiltrift und des Inneren der Kehrradstube.⁶⁸ Das Wasser fließt über den Graben (GR) zu und über die Rösche (L) ab.

Ergänzende Angaben zum Schacht Silbersegen stehen bei A. Humm.⁶⁹ Er zeigt den noch erhaltenen Gaipel mit einer Sitzbank und zwei Bäumen, während später⁷⁰ das Gebäude schon entkernt auf seinen Abriß wartet. Die beiden Bäume stehen noch heute. Die weitere Entwicklung bis zur Verfüllung des Schachtes beschrieb auch Humm.⁷¹

4.2.4 Radstuben der Schächte Jungfrau, Schreibfeder und Rheinischer Wein, Zellerfeld, (Nr. 4–6)

Im Zellerfelder Revier folgten die Gruben dem Erzgang vom Stadtgebiet in Zellerfeld bis nach Wildemann.⁷² Der folgende Abschnitt behandelt drei Schächte mit ihren Fördermaschinen und Gebäuden: Jungfrau⁷³ (GJ), Schreibfeder (GS) und Rheinscher Wein (RW).

Die Baue der Grube Jungfrau wurden später von der Grube Regenbogen übernommen. Auch bei Schacht und Halde am Rheinischen Wein wechseln die Namen. Das Ringer Zechenhaus liegt am Schacht Rheinischer Wein, die umliegende Halde trägt den Namen Ringer Halde, obwohl der Ringer Schacht auf der anderen Seite des Zellerfelder Tales liegt.⁷⁴ Die in diesem Text verwendeten Namen beziehen sich auf die Schächte in **Abb. 25**.

Aus der unmittelbaren Nähe liefern der Obere Zechenteich, der Mittlere Zechenteich, der Wasserläufer Teich und der Carler Teich das Aufschlagwasser zum Antrieb der Fördermaschinen. Aus der weiteren Entfernung kommt auch über den Zellerfelder Kunstgraben, sichtbar an der Straßenmeisterei am Stadtweger Teich, über den Winterwieser Wasserlauf und über einen Graben aus den Einersberger Teichen zusätzliches Wasser in dieses Revier.

Die Lage der Gebäude und der exakte Verlauf des Grabensystems für die Zeit vor hundert Jahren kann den Karten von A. Dumreicher 1868 und Sandkuhl 1895 sowie dem Riß von Beyersdorf 1889/90, **Abb. 25**, entnommen

werden. Das Wasser für die Radstube der Grube Jungfrau (KJ) fließt durch einen Graben zwischen beiden Teichen (E) und (F) hindurch. Auf der Karte von 1895 ist das Gestänge der Grube Jungfrau (KJ)–(GJ) nicht mehr vorhanden.

Etwa vor 100 Jahren ist das Bild **Abb. 26** entstanden. Es zeigt die Schachtanlagen Rheinischer Wein (RW), Schreibfeder (GS) und die Kehrradstube der Grube Jungfrau (KJ). Im Hintergrund sind jeweils Damm und Striegelhäuschen der beiden Zechenteiche (E) und (F) zu sehen. Es gibt eine etwas jüngere Aufnahme vom gleichen Standort.⁷⁵ Im folgenden werden beide Aufnahmen zur Beschreibung der Gebäude herangezogen.

4.2.4.1 Radstube des Schachtes Jungfrau, Zellerfeld, (Nr. 4)

Vom Standort der Kamera (**Abb. 26**) aus sind es ungefähr 600 m bis zur Kehrradstube der Grube Jungfrau.

Sie wurde vor etwa 200 Jahren von den Bergleuten als Vertiefung in das Gelände hineingearbeitet und im oberen Teil in Stein gemauert. Das zugehörige Schachthaus befand sich oben auf der Halde hinter (A), der Antrieb erfolgte über ein Gestänge zwischen Kehrrad (1) und Korbhaus

64a F. Balck [L27–Abb. 10 und Abb. 27, Seite 59].

65 F. Balck [L27–(RR) in Abb. 78 und 72].

66 F. Balck [L27–Abb. 86].

67 F. Balck [L27–Abb. 85 und 87].

68 F. Balck [L27–Abb. 46, 49, 113 und 115].

69 A. Humm [L113–Band II–Seite 21].

70 F. Balck [L27–Abb. 50].

71 A. Humm [L113–Band III–Seite 82].

72 H. Sperling, D. Stoppel [L192–Gangkarte 1:5000].

73 Die Namensgebung ist nicht immer einheitlich. Zunächst gab es den Namen 8. und 9. Maß nach dem Weißen Schwan. Später hieß die Grube Jungfrau. Auch gilt sie als Nachfolger der Grube Silberne Schreibfeder (C. Bartels [L37–Seite 625].)

74 H. Sperling, D. Stoppel [L192–Gangkarte 1:5000].

75 F. Balck [L27–Abb. 45].

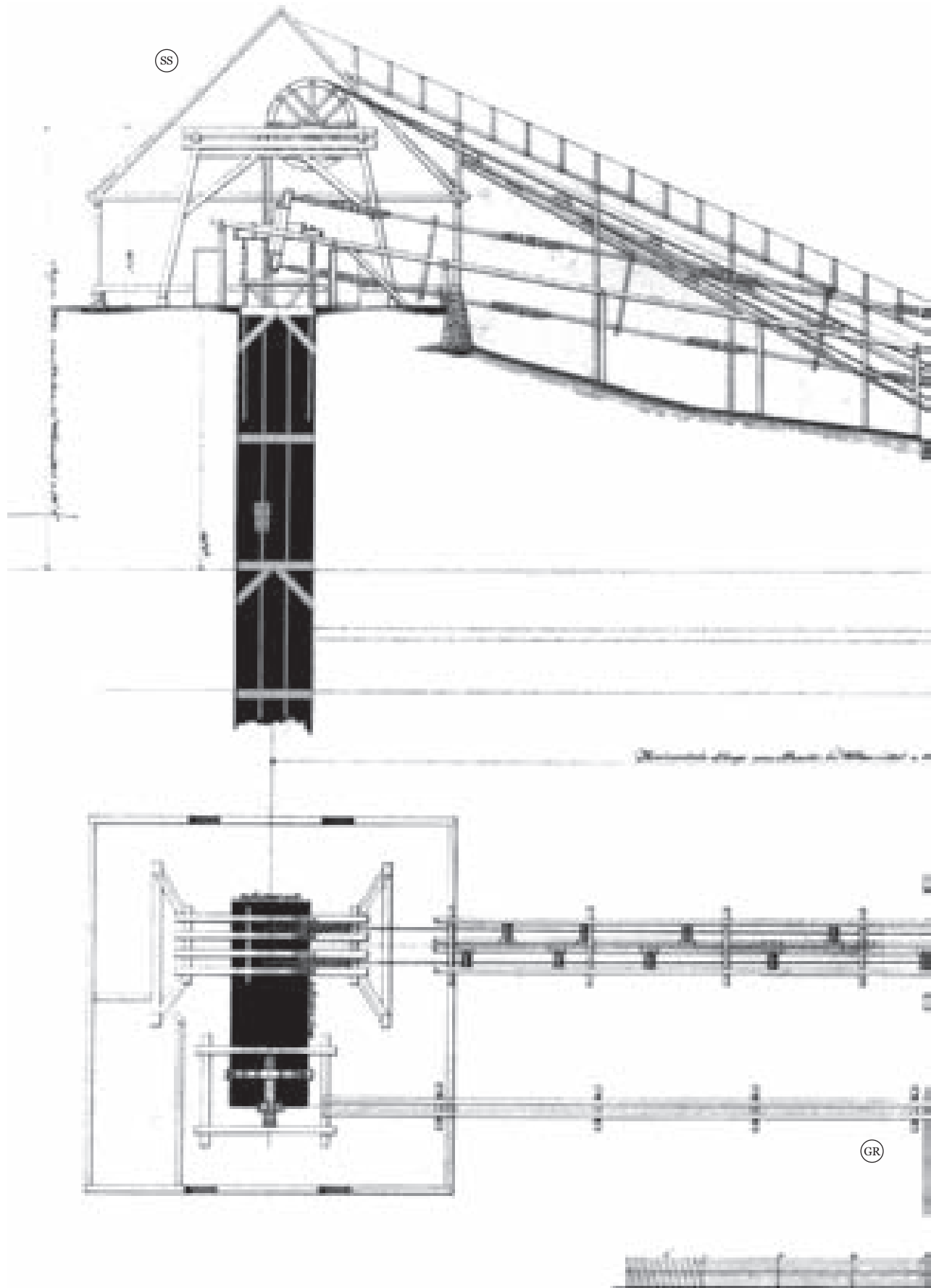
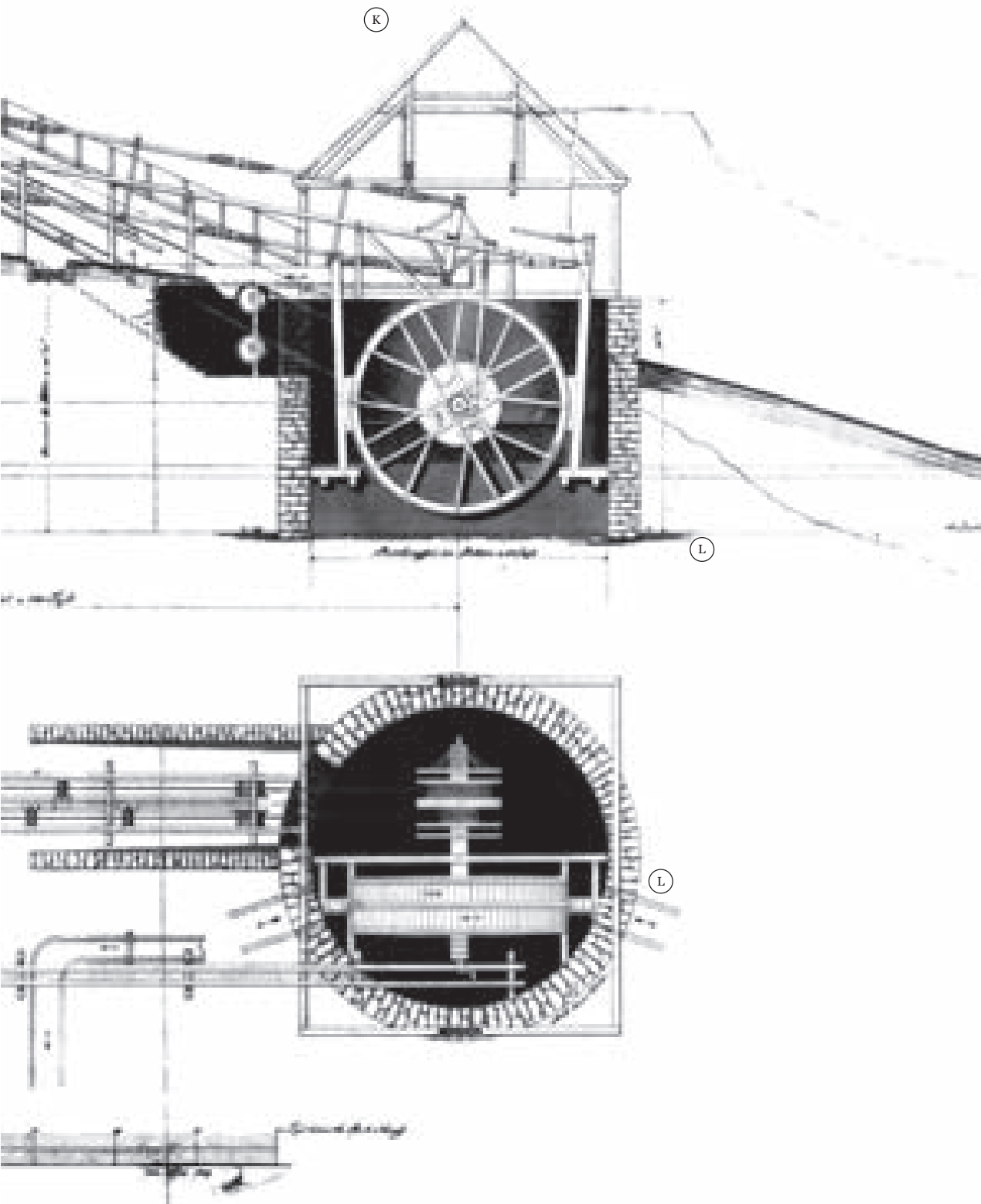
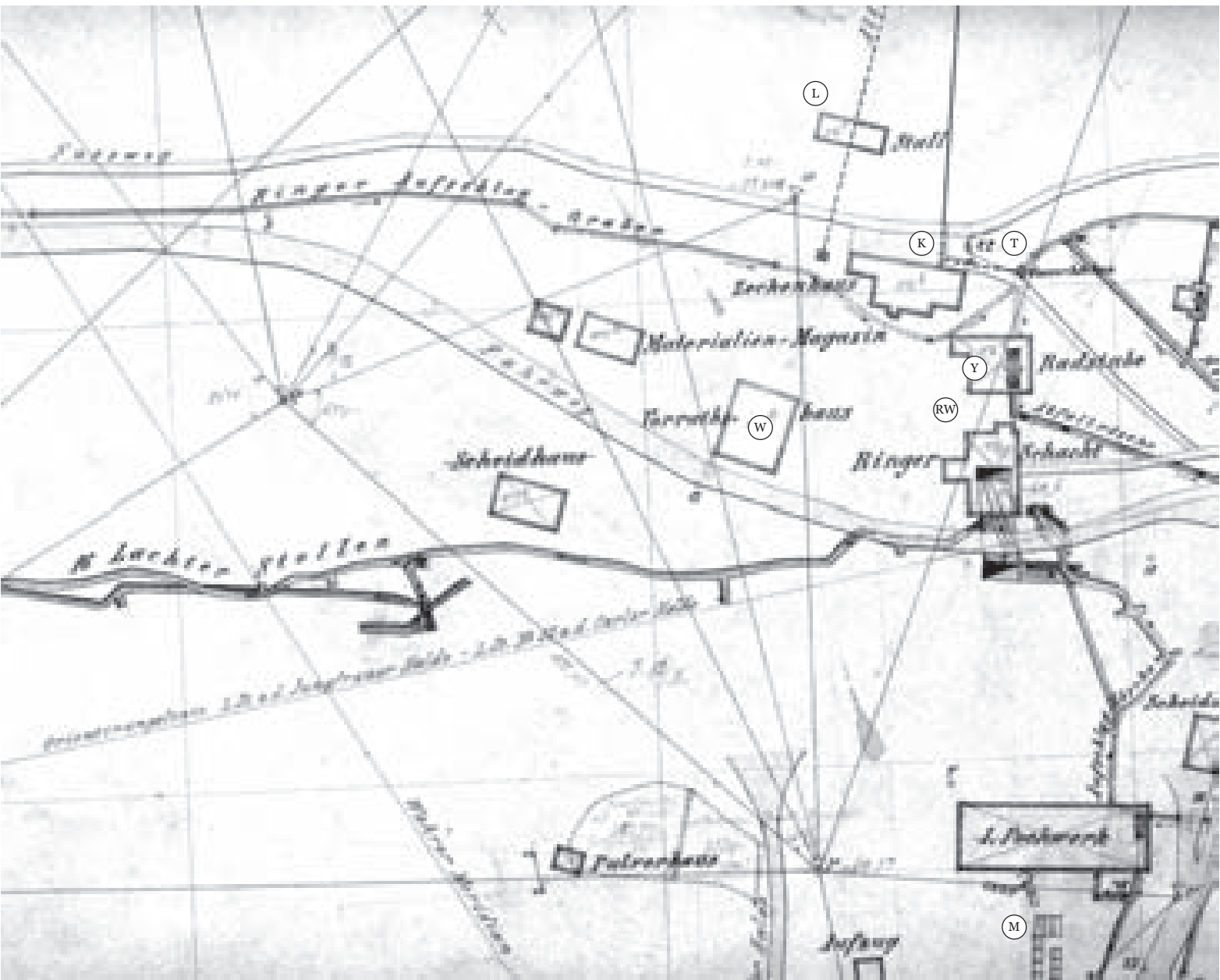


Abb. 24: Planungszeichnung für die Fördermaschine der Grube Silbersegen,



1819 [Deutsches Museum München, Plansammlung TZ 2540 [Z23]].



Silberne Schreibfeder, Jungfrau (Beyersdorf 1889/90 [Z28], OBA Rißarchiv).



Abb. 26: Blick von Zellerfeld auf die Halde mit den Häusern der Gruben Rheinischer Wein, Silberne Schreibfeder und der Radstube der Grube Jungfrau. Ältere Aufnahme (Harzbibl.).

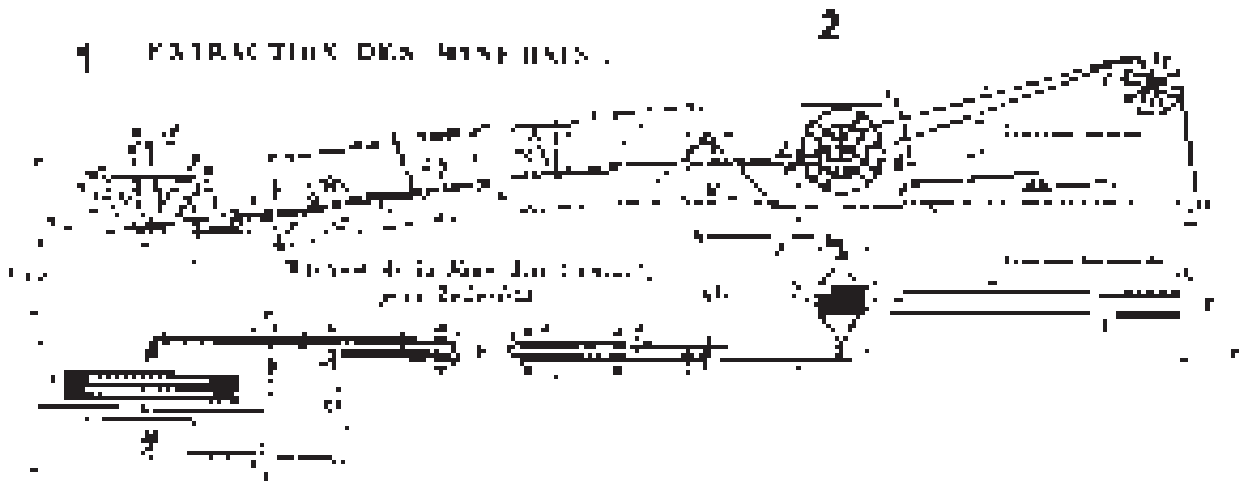


Abb. 27: Prinzip einer Treibmaschine. Der Seilkorb wird über ein doppeltes Feldgestänge angetrieben. (Villefosse, Pl. 34 [Z82], Harzbibl.)



Abb. 28: Kehrradstube der Grube Jungfrau, heutiger Zustand. Der weiße Sockel ist die Mauer der ehemaligen Radstube.

(2) oben auf der Halde, so wie es die Skizze von Villefosse, **Abb. 27**, für eine andere Grube in Bockswiese zeigt. Zur Zeit der Aufnahme **Abb. 26** waren Schachthaus und Gestänge nicht mehr vorhanden.

Wie sehr die Halden des Bergbau dieses Gelände verändert haben, dokumentiert die Zeichnung von Saxesen (**Abb. 5**). Auch hier ist wie beim Thurm Rosenhof der Gaipel stückweise mit dem Anwachsen der Halde nach oben verlegt worden.

Die Radstube hat einen länglichen, rechteckigen Grundriß mit einem kleineren Anbau an der Hangseite in

Richtung zum Schacht. Unter einem Bogendach befand sich das Kehrrad. Das Haus ist noch erhalten und wird als Wohnhaus genutzt.

Das Foto, **Abb. 26**, zeigt die Radstube der Grube Jungfrau (KJ) bereits in einer umgebauten Form. Das Haus ist höher gelegt; ein seitlicher Anbau erweitert es in Richtung zum Teichdamm. Nur der helle steinerne Sockel gehört zur ursprünglichen Radstube, während die Anbauten mit dunklerem Holz verkleidet sind. Im Vergleich mit dem aktuellen Foto, **Abb. 28**, gibt es auf der Zeichnung nur wenige Öffnungen in den gemauerten Wänden, zwei Fen-

ster und einen Durchbruch mit dem Rundbogen für das Wellenende. Auch das kleinere Haus rechts neben der Radstube existiert noch.

Die im Jahre 1811 erbaute Fördermaschine trieb wegen der großen Entfernung von 100 m zwischen Radstube und Schacht die Seilkörbe nicht direkt an. Man baute vielmehr für die Seilkörbe in der Nähe des Schachtes ein Korbhaus und leitete die Kraft des Wasserrades über ein langes Feldgestänge dorthin. Im Deutschen Museum in München existiert eine Zeichnung der Gesamtanlage, **Abb. 29**, mit vielen Einzelheiten der damals verwendeten Technik. Osterwald hat sie im Jahre 1817 fertiggestellt. Unabhängig davon hat auch Schottelius die gleiche Radstube mit ihren Einbauten dargestellt (Abb. 31). Somit steht viel Material für vergleichende Untersuchungen zur Verfügung (vgl. Beschreibung im Abschnitt 4.3.3.2.3).

Das Foto, Abb. 28, zeigt schon auf den ersten Blick für das Erdgeschoß große Übereinstimmung mit der Zeichnung (Abb. 29), obwohl das Haus nach einem früheren Umbau nun die doppelte Grundfläche und ein weiteres Geschoß besitzt. Die Reste der Pfetten der ursprünglichen Dachaufgabe sind an den beiden Ecken ((3)–Abb. 28) des gemauerten Giebels noch zu erahnen. Auch das Fenster (1) und die Tür mit dem Kurbelzapfen (2) in Abb. 28 finden sich in Abb. 29 wieder.

Zwischen den Darstellungen der Innenausstattung in **Abb. 30** und **Abb. 31** zeigen sich bereits bei den Querschnitten der Fundamente und deren Form größere Unterschiede. Auch bei der Maschinenanlage werden mehrere Differenzen deutlich. Sie zeigen, daß Schottelius nicht nur beim Kehrrod der Oberen Thurm Rosenhöfer Radstube, sondern auch bei diesem Rad zwar perfekt fotorealistisch wiedergibt, aber einige technische Einzelheiten so darstellt, wie sie ein Praktiker nie gebaut hätte. Eine ausführliche Darstellung folgt bei der Beschreibung der Maschinen (siehe Abschnitt 4.3.3.2.3).

Nach Einstellung der Förderung im Schacht Jungfrau trieb das Aufschlagwasser ein neben der Kehrrodstube errichtetes Tonschiefer Pochwerk an. Aus der Zeit um 1890 stammt Abb. 25. Neben der mittlerweile verbreiterten und nicht mehr aktiven Radstube lief im Nachbargebäude das kleinere Rad für das Pochwerk. Zu beachten ist der hinter dem verbreiterten Teichdamm verlegte Zulaufgraben, dessen zugemauerte Öffnung noch heute am Dammsatz erhalten ist.

Auch der Zufluß für diese Radstuben über den Jungfrauer Graben aus dem oberen Zechenteich sowie dem Wasserläufer Teich zeichnet sich heute gut sichtbar im Gelände ab. Dort, wo der Graben den südlichen und westlichen Rand des mittleren Teiches umrundet, führt er noch Wasser. Das früher etwa 20 m lange hölzernes Gerenne an der Luftseite des Dammes ist nicht mehr erhalten. Dagegen ist der hier gezeichnete untere Zechenteich noch deutlich als Mulde im Gelände zu erkennen.

76 F. Balck [L27–Abb. 60].

77 Heinrich Eggers [Z39].

78 Auf dem Riß von Beyersdorf, Abb. 34, wird der Name Ringer Schacht verwendet.

An die Kraftübertragung zwischen Wasserrad und Seilkorbhaus erinnert der Einschnitt in der Halde für das Feldgestänge südwestlich des heutigen Wohnhauses. Wie beim Kunstrad am Thurm Rosenhof⁷⁶ wuchs auch hier die Halde um die Maschinenanlagen herum. Leider gelingt es nicht, trotz der kahlen Bäume im Winter, ein übersichtliches Foto mit Teichdamm und Gebäuden aufzunehmen. Das Bild **Abb. 32** verdeutlicht das Gefälle zwischen dem Gaipel und der Kehrrodstube. Links neben dem Striegelhaus des mittleren Zechenteiches (E) schaut das Dach der Radstube (KJ) über den Teichdamm. Bei (1) steigt die Halde wieder nach rechts an, hier endet der Einschnitt für das Feldgestänge.

4.2.4.2 Radstube Silberne Schreibfeder, Zellerfeld, (Nr. 5)

Die Fotos, Abb. 26 und ein weiteres⁷⁵, zeigen das Gelände der Grube Silberne Schreibfeder mit Gaipel (GS), Vorratshaus (P) (1719 noch Unschlitthaus auf einem Stadtplan von Zellerfeld⁷⁷), Kehrrodstube (C), Schmiede (S) und den Hundslauf mit Kippstelle (Q). Auf beiden Aufnahmen steht die Tür zum Gaipel offen. Als Veränderungen auf diesem Gelände im Abstand von einigen Jahren ergeben sich:

- ▶ Die Halde ist bepflanzt.
- ▶ Der Gaipel hat einen Aufsatz auf dem Dach bekommen (möglicherweise diente er als Abzug für die Grubenwetter).
- ▶ Die Halde vor der Schmiede ist gewachsen.
- ▶ Die noch früher gut sichtbaren Schwellen des Gleises zur Kippstelle am Rande der Halde sind durch Gestein verdeckt.

Der genaue Verlauf des Wassers und die Lage der Gebäude folgt aus Abb. 25. Die Gaipel ist mit (GS) markiert. Rechts davon stehen das Vorratshaus (P) und die Schmiede (S).

Das Gelände von Gaipel und Radstube liegt heute innerhalb einer Lichtung auf der von Wald bewachsenen Halde. Es wurde bis vor einigen Jahren noch für Festveranstaltungen genutzt. Der Weg (G) führt, wie früher, auf das nächsthöhere Plateau.

4.2.4.3 Radstube Rheinischer Wein, Zellerfeld, (Nr. 6)

In dem Ausschnitt **Abb. 33** sind die Gebäude am Schacht Rheinischer Wein⁷⁸ zu sehen, von links nach rechts: der Gaipel (RW), der Giebel des Vorratshauses (W), halb verdeckt von der Radstube (Y), hinter den Bäumen das Ringer Zechenhaus⁷⁹ (K). Vor dem Zechenhaus schützt ein

79 O. Dörell [L199], Zur Funktion eines Zechenhaus gehörte auch die Beleuchtung: »Zur Erleuchtung der nachbenannten Zechenhäuser in den sechs Wintermonaten kommen wöchentlich pro Licht 3 Neuloth Öl zum Einsatz: 1. für das

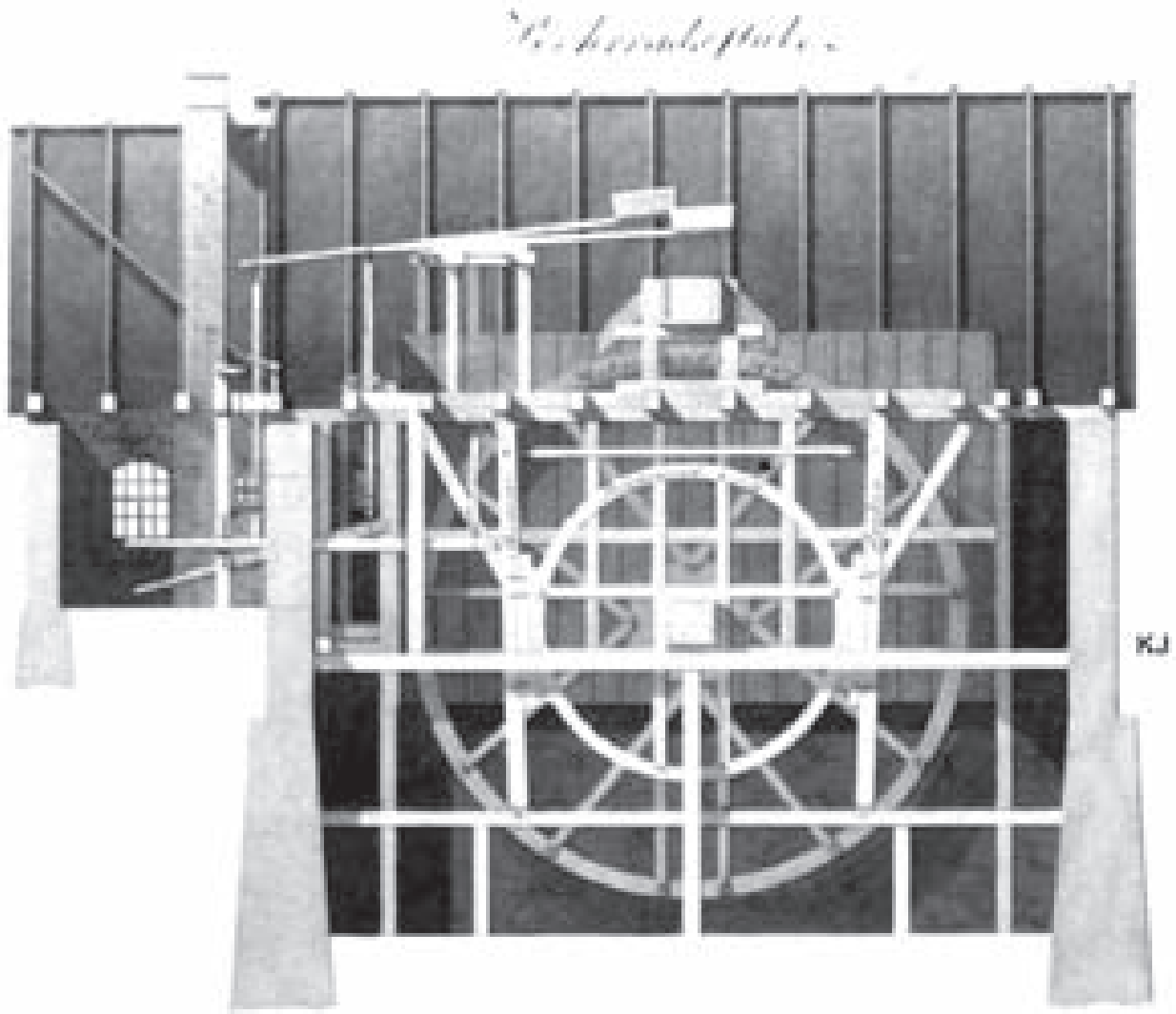


Abb. 30: Kehrradstube der Grube Jungfrau. Darstellung der Technik eines Kehrrades (aus Abb. 29).

Rechte Seite Abb. 31: Kehrradstube der Grube Jungfrau. Darstellung der Technik eines Kehrrades, 1816 (Schottelius, Deutsches Museum München, Plansammlung Foto 10379 [Z79]).

Wasserhäuschen (T) die Öffnungen der verdeckten Gräben, von denen einer hinter einer Mauer (V) das Wasser zum Kehrrad leitet. In beiden Aufnahmen hat der Fotograf eine männliche Person mit Hut abgelichtet. Bei (1) trägt ein Mann auf dem Teichdamm (CT) einen Spaten über der Schulter und beobachtet den Fotografen bei der Arbeit, während bei der anderen Aufnahme⁸⁰ jemand im Vordergrund sitzt und der Kamera den Rücken zukehrt.

Auch hier zeigen sich Veränderungen im Laufe der Zeit zwischen den Aufnahmen:

1. Auffallend sind die größer gewachsenen Bäume am Weg vor dem Gaipel (RW) und der Radstube (Y) sowie vor dem Giebel des Ringer Zechenhauses.

Ringer Zechenhaus auch ein Licht bei der Grube Ring und Silberschnur 2. für den Schulenberger [...] laut Verfügung vom 21. Juli 1858 no. 3924.«

2. Während bei der früheren Aufnahme deutlich das Steuergestänge an der Seiltrift zu sehen ist (vergleichbar mit der Aufnahme vom Rosenhof⁸¹), fällt es bei der anderen schwer, vor dem abgeschatteten Giebel neben dem Baum die Stangen noch mit Sicherheit zu identifizieren. Es sieht so aus, als ob die Anlagen noch in Betrieb sind, weil einige Fenster im Gaipel offen stehen.
3. Sowohl das Vorratshaus (W) als auch das kleinere Gebäude im Vordergrund haben einen Schornstein erhalten.
4. Der Platz vor dem Gaipel ist angeschüttet, das Gebäudefundament liegt nicht mehr frei.
5. Im jüngeren Foto ist eine weitere Kippstelle oben auf der Halde abgebildet.

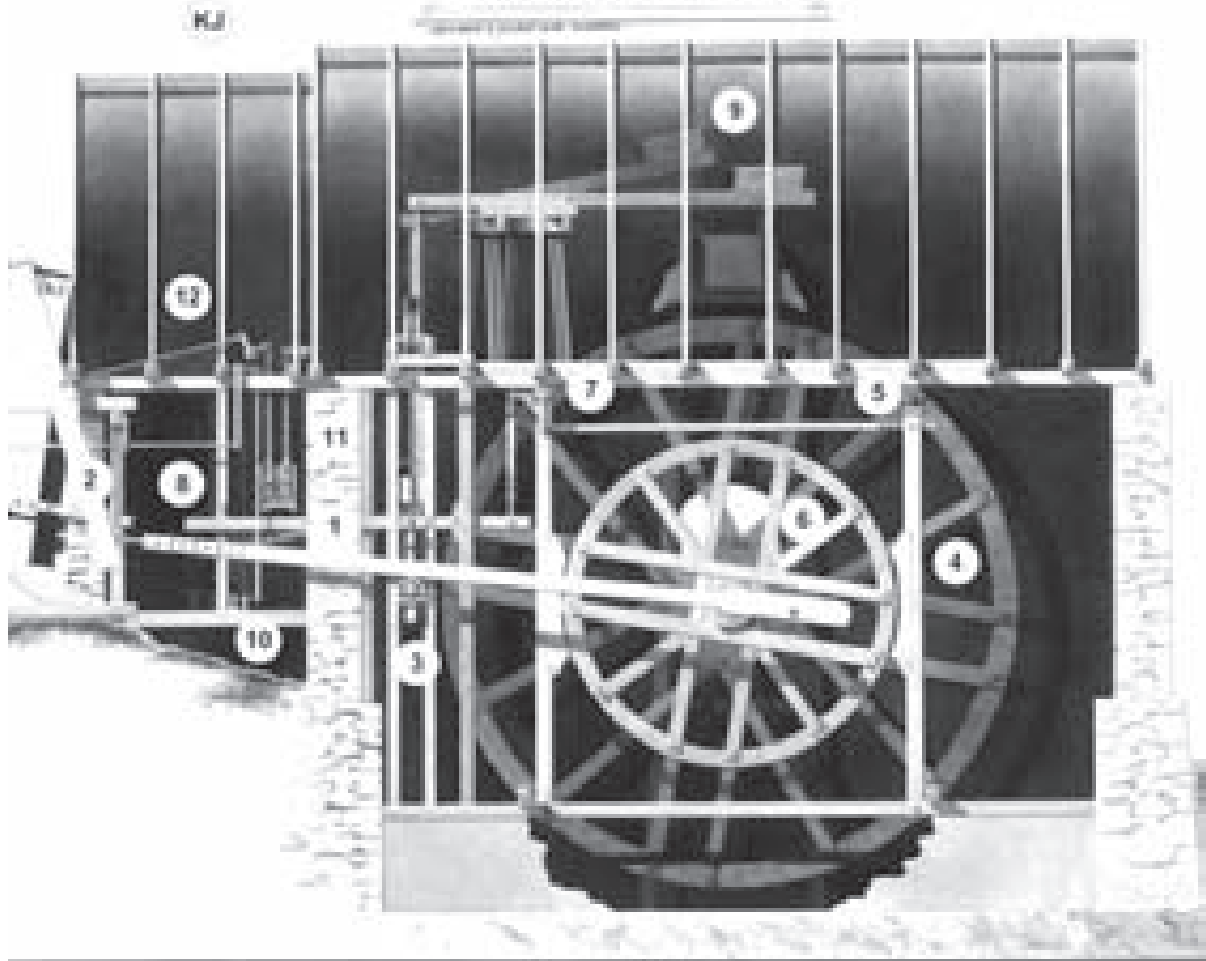
3 Neuloth = 150 g (vgl. Anhang G und Fußnote 294).

80 F. Balck [L27–Abb. 45].

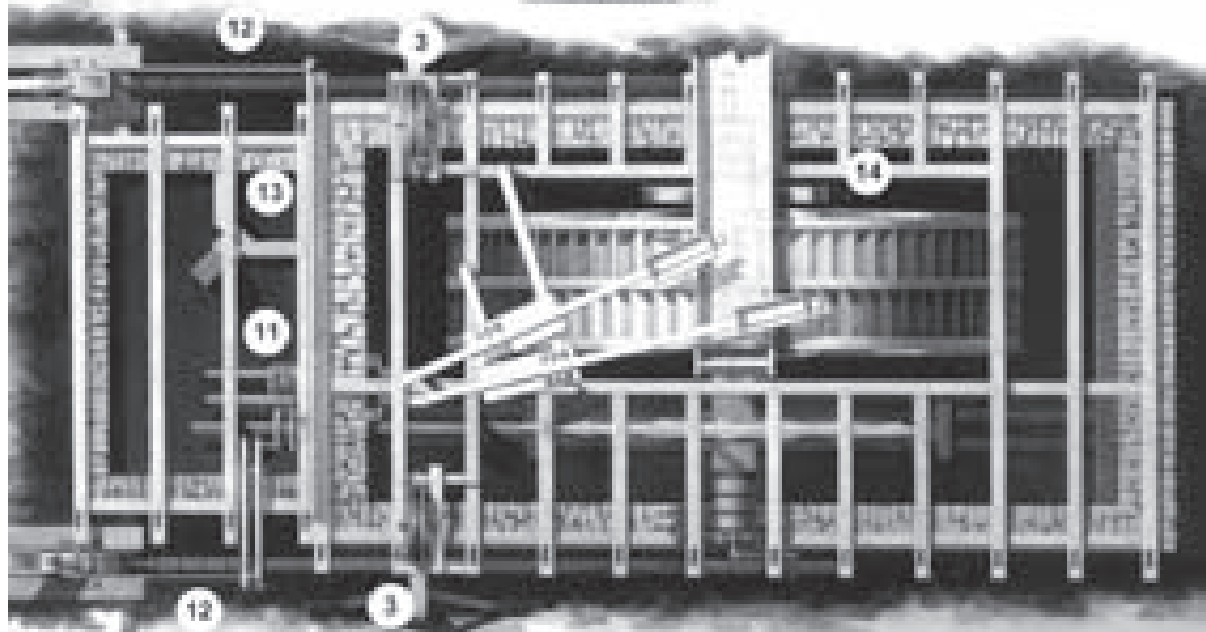
81 F. Balck [L27–Abb. 104].

ZEICHNUNG
der
auf der Lynde Stauffen im Zellerthalen Aarsee
befindlichen Wasserkraftmaschine.

im Plan, welches die Kurbelachse enthält.
Ausmaß im Maßstab von 1:1000.



Grundriß.



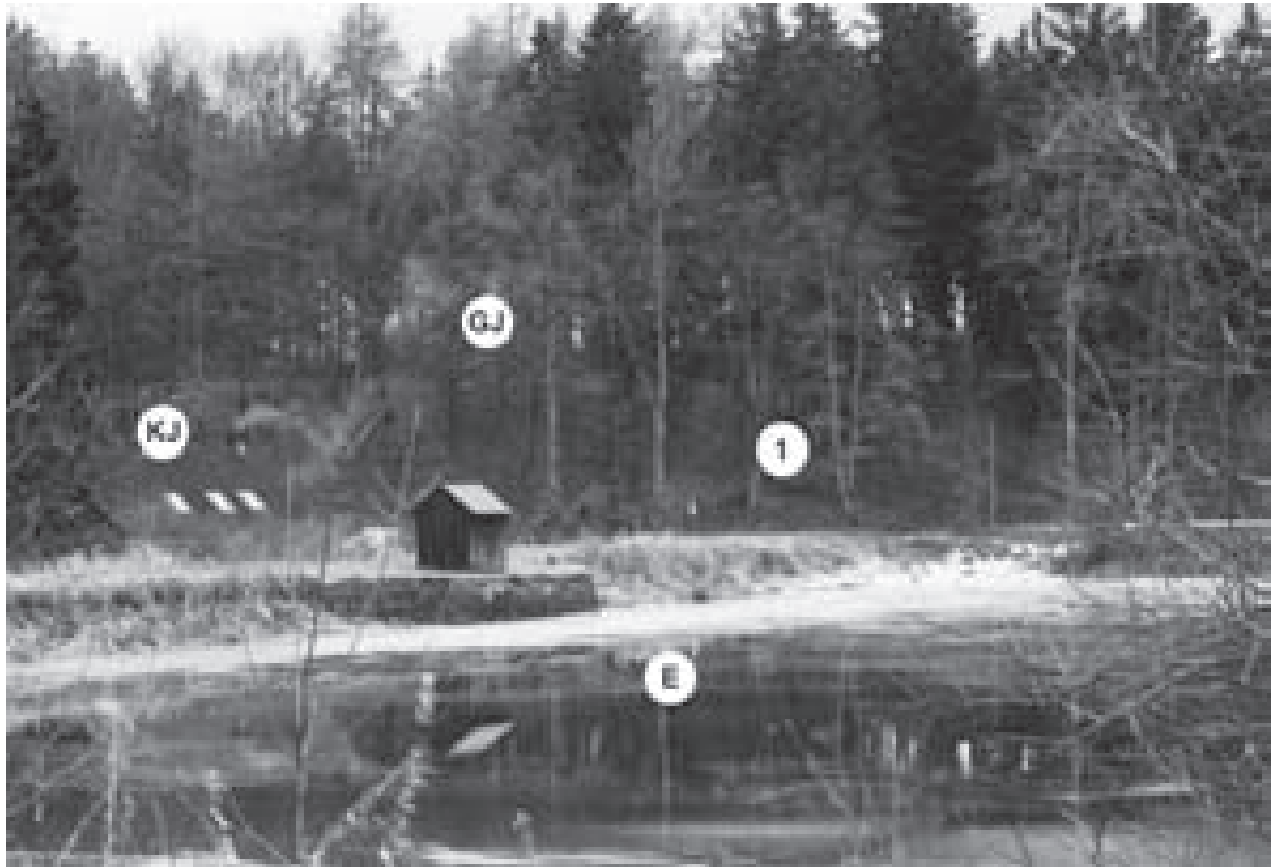


Abb. 32: Mittlerer Zechenteich mit Striegelhaus und Kehrradstube sowie Halde der Grube Jungfrau.

Obwohl die Radstube (Y) auf den beiden Fotos durch Bäume und das vorstehende Haus teilweise abgedeckt ist, wird deutlich, wie das Gebäude mit einer Traufenseite in den Berghang hinein gebaut ist. Die bergseitige Dachhälfte ist kürzer als die andere.

Über eine gemauerte Rösche hinter der Steinmauer (V) gelangt das Aufschlagwasser in die Radstube.

Die Lage von Gräben und Gebäuden ist der **Abb. 34** zu entnehmen. Am Treffpunkt der drei Gräben steht bei (T) das Wasserhäuschen. Hier konnte über eine Rohrleitung (2) aus einer höherliegenden Röhrentour Wasser eingespeist werden (Abb. 25).

Beim genaueren Betrachten des Risses findet man südlich des Gaipels bei (1) noch eine untertägige Kunstradstube.⁸²

In seinem Buch über Zellerfeld datiert F. Gärtner [L93] eine Aufnahme vor dem Gaipel auf das Jahr 1907. Sie zeigt eine Gruppe Bergleute vor dem Gaipel dieser Grube. Das Äußere des Gebäudes mit Türen, Fenster und Schiebefenster entspricht den Einrichtungen am Thurm Rosenhof.⁸³

Neben dem Ringer Zechenhaus sind heute noch einige Reste der Schachanlage zu finden. Von dem gemauerten Zulauf ist noch die Außenmauer (V) **Abb. 35** und ein Teil der mit Steinen verschlossenen Rösche erhalten.

Im Garten des Ringer Zechenhauses⁸⁴ fließt wie früher Wasser durch die steinernen Bögen der ehemaligen Grabenabdeckung.⁸⁵ Folgt man dem Graben etwas weiter bergauf in Richtung Jungfrau, zeigen sich auch dort in regelmäßigem Abstand noch Reste der Abdeckung, aber nur die Kämpfer der Bögen am gemauerten Grabenrand.

82 Vgl. M. Schmidt [L181–Farbabb. 15].

83 F. Balck [L27–Abb. 103].

84 F. Gärtner [L92–Seite 85].

85 Vgl. H. Knappe [L123], H. Scheffler, Abb. 59.



Abb. 33: Schacht Rheinischer Wein. Gaipel und Radstube mit Seil und Gestänge zwischen den Gebäuden, Fenster, Tür offen. Ältere Aufnahme [aus Abb. 26].



Abb. 34: Schacht Rheinischer Wein. Gaipel und Radstube, Ringer Zechenhaus (aus Abb. 25).



Abb. 35: Ringer Zechenhaus mit Wasserzulauf. Im Vordergrund die Mauer mit der Zulaufrösche für das Kehrrod des Schachtes Rheinischer Wein.

4.2.5 Radstube Samson, Sankt Andreasberg, (Nr. 7 und 8)

Die Gruben in Sankt Andreasberg bezogen ihr Aufschlagwasser aus dem Oderteich über den Rehberger Graben.⁸⁶ Nach der Stilllegung des Bergbaus hat man die Häuser der Grube Samson nicht abgerissen und bieten heute ein einzigartiges Museum mit einer originalen Bergwerksanlage aus der Zeit vor 100 Jahren.

Vor etwa 100 Jahren hat Baumgärtel ihren Abriss befürchtet:

»Ein typisches Abbild eines solchen alten Harzer Geipels zeigt uns Figur 17, das Schachthaus der Grube Samson in St. Andreasberg darstellend. Das oben am Dache angebrachte ›Schlägel und Eisen‹ weist auf den bergmännischen Zweck hin, welchem er diente. Nach der vor kurzem erfolgten endgültigen Einstellung der Andreasberger Gruben steht er heute verödet und verlassen da, um vielleicht in Bälde ganz vom Erdboden zu verschwinden.«⁸⁷

Neben einem vor kurzem rekonstruierten Kunstrad gibt es dort ein original erhaltenes Kehrrod mit Bremsrad und zwei eisernen Seilkörben, das seit langer Zeit still steht.

Die eiserne Fahrkunst ist noch betriebsbereit. Sie befördert, von einem Elektromotor angetrieben, bei Bedarf Personen zur Wartung der elektrischen Aggregate nach untertage.

Da dieses Bergwerk den Besuchern bei Führungen zugänglich ist und einige Veröffentlichungen hierüber existieren,⁸⁸ soll hier nur kurz auf die Kehrrodstube eingegangen werden. Die Geometrie der Kehrrodstube und des Rades wurde eingemessen und in **Abb. 36** in drei Ansichten dargestellt. Es handelt sich um Daten einer computergestützten Vermessung, bei der mit Theodolit und Laserentfernungsmesser (vgl. Abb. 91) die Objekte *on line* vom Rechner aufgezeichnet und visualisiert werden.⁸⁹ Der teilweise aus dem Felsen herausgeschlagene Schleiftrog ist am Boden abgestuft.

Der First der Seiltrift (1) führt von der Kehrrodstube (2) leicht bergauf zum Schacht (3) (**Abb. 37**).

Unterhalb der Seiltrift ist das Kunstrad zwischen Schacht und Kehrrod eingebaut.⁹⁰ Als die Grube noch in Betrieb war, schmückten sie Schlägel und Eisen auf dem First.

86 M. Schmidt [L180–Seite 128].

87 B. Baumgärtel [L44–Seite 30].

88 W. Ließmann [L134–Seite 181], H. Sperling, D. Stoppel

[L192–Seite 43].

89 F. Balck [L22, L26], vgl. Fußnote 97.

90 H. Sperling, D. Stoppel [L192–Bild 6].

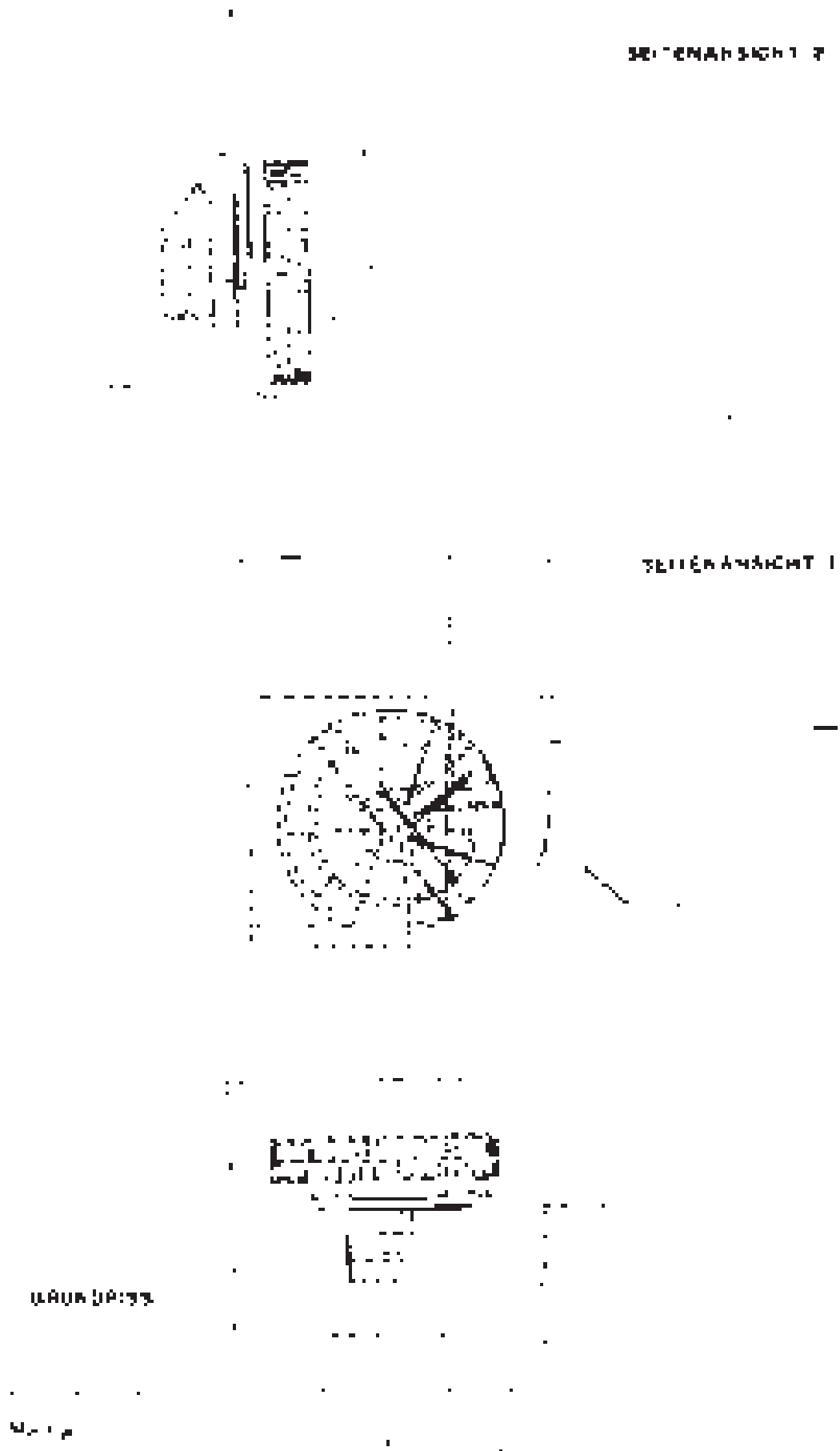


Abb. 36: Grube Samson in Sankt Andreasberg mit Kehrradstube. Computergestützte Vermessung, maßstabgerechte und handschriftlich ergänzte Skizze.



Abb. 37: Grube Samson in Sankt Andreasberg mit Kehrradstube Seiltrift und Gaipel, stillgelegt (Harzibibi).

Heute kann das Museum zeigen, wie sich das neue Kunstrad, von Wasser angetrieben, für die Besucher dreht.

Das noch aus früherer Zeit erhaltene Kehrrad ist noch vollständig, da man schadhafte Stellen im Laufe der Zeit bei Instandsetzungsarbeiten ergänzt oder ausgewechselt hat. Die Bremsbäume und einige Teile des Kranzes entsprechen aber nicht mehr der Originalvorlage. Um das Kehrrad wieder als Fördermaschine in Betrieb zu setzen, wären noch einige Arbeiten an dem Veteran vorzunehmen.

Die Anordnung von Welle, Seilkorb (1), Bremsrad (2) und Kehrrad mit Schaufelkränzen (3) nebeneinander zeigt **Abb. 38**. Über dem Rad geht der Blick nach oben durch die Balkenlage hindurch bis zu einem Fenster (4) im Giebel, dessen First immerhin 16 m über die Sohle des Schleiftrages ragt.

Die Bauart des Rades, speziell die Anordnung der Arme, weicht geringfügig von der anderer Räder hier im Harz ab. Von der sonst üblichen paarweise parallelen Anordnung von Hilfs- und Hauptarmen wird hier abgewichen zu Gunsten einer gleichmäßigeren Verteilung der Stützen zum Mittelpunkt hin. Das in **Abb. 39** gezeichnete Kunstrad ist vom gleichen Typ wie das Kehrrad.

Zusätzliche Unterscheidungsmerkmale dieser Räder im Vergleich zu anderen sind die um die Viertelstöcke geschlungenen, verkeilten Ketten, die für eine kräftige Umschließung der Radwelle durch die Arme sorgen. Auch die etwa 4 cm großen Bohrlöcher am Boden jeder Wassertasche des Kehrrades stellen einen Besonderheit dar (Abschnitt 4.3.3.2.2.7.1).

4.2.6 Radstube Knesebeck-Schacht, Bad Grund, (Nr. 9 und 10)

Der Knesebeck-Schacht liegt heute im Stadtgebiet von Bad Grund. Als Lichtloch für den Bau des Ernst-August-Stollens fing man ihn im Jahre 1855 an⁹¹ und vertiefte ihn später bis auf 499 m. Für die Schachtarbeiten benötigte man zwei Wasserkraftmaschinen, nämlich ein Kehrrad und ein Kunstrad. Man baute sie nach dem neuesten Stand der damaligen Technik, denn es gab keine Altanlage an dieser Stelle, auf die man zurückgreifen konnte oder mußte, bzw. keine Vorgaben früherer Technik, die einschränkend gewirkt hätten. So entstand hier ein moderne Fördermaschine mit Getriebe.

Das Wasser zum Antrieb der Bergwerksmaschinen kam von einem Niveau hoch über dem Tal aus dem Gebiet des Geländes am heutigen Wiemannsbucher Schacht⁹² und wurde über den oberen Eichelberger Wasserlauf geleitet. Weil sich der Schacht am unteren Teil des Talhanges befindet, konnten die beiden zum Betrieb erforderlichen Radstuben für ein Kehr- und ein Kunstrad über dem Schacht am Hang errichtet werden. Solch eine Konstruktion mit den Rädern über dem Schacht ist seltener anzutreffen als die umgekehrte (z. B. Turm Rosenhof). Bei dieser Bergwerksanlage gab es genügend Gefälle für die Räder, **Abb. 40**. Sie hatten einen Durchmesser von 39,5 Fuß (11,53 m) bzw. 33 Fuß (9,63 m).

Beide Radstuben sind aus Steinen gemauert und nach der Sanierung vor einigen Jahren wieder in gutem Zustand. Sie sind zugänglich im Bergbaumuseum Schachtanlage Knesebeck, **Abb. 41**. Vom Oberen Eichelberger Wasserlauf kam das Wasser über ein hölzernes Geflüder bei (M) auf das Kunstrad in der teilweise frei stehenden Radstube (A), trieb das Rad an, floß weiter durch die Rösche (G) und gelangte von oben in die Kehrradstube (B), die hier auf dem Foto mit einem moderneren Gebäude für eine elektrische Fördermaschine integriert ist. Das Förder-

gerüst bei (D) und der 47 m hohe Hydrokompressor (E) schließen sich auf dem Foto nach rechts an. Links neben der Kunstradstube sieht man ein Fundament (F). Hier stand das obere Stück des Hydrokompressors (oberhalb der Trennfuge bei (E)) während seiner Erprobung im Jahre 1912. Da der Kompressor an dieser Stelle nicht optimal arbeitete, versetzte man ihn zum Schacht, wo er einwandfrei arbeitete und heute noch steht.⁹³

Bis zur Umstellung auf elektrische Förderung 1900 dienten die Radstuben viele Jahre als Arbeitsmaschinen. In der Zeit danach nutzte man die Wasserkraft in Turbinenanlagen und für andere Zwecke, hierzu floß es durch Eisenrohre den Hang hinunter zu den Maschinen ((H) in **Abb. 51**). Einige der Rohre führte man durch die ehemaligen Radstuben und veränderte ihr ursprüngliches Aussehen. Mit dem Bau einer Kompressorenhalle (mit elektrischem Antrieb) und einem neuen Fördermaschinenhaus (1923) gab es eine erneute Umgestaltung.

Seit 1994/1995 wurden Gebäude, Radstuben und Gelände mit Mitteln des Landes und der Harzwasserwerke saniert und für Besucher hergerichtet.

Knesebeck, Kunstradstube (Nr. 9)

Der Hang hat ein Gefälle von etwa 40°. Der Wassertrog der Kunstradstube steht zu drei Vierteln im Hang. Ein kleiner Teil ragt auf der Talseite aus dem Gelände heraus (**Abb. 42**). Auf der Bergseite schützt ihn eine Stützmauer gegen den Hang.

Die Mauern sind aus glatt behauenen Natursteinen⁹⁴ ohne Mörtelzusatz aufgeschichtet (**Abb. 43**). In der Regel laufen die Fugen in einer Hauptrichtung. Bei **Abb. 42** ist diese horizontal, bei **Abb. 43** vertikal. Nicht immer gehen

91 W. Ließmann [L134–Seite 169], M. Schmidt [L182–Bild 8/4]. Eine Beschreibung der Wasserzuflüsse vor dem Bau dieses Schachtes gibt F. W. Schell [L176–Seite 108].

92 Von der Innerste über den Schulte-Stollen/Pelicaner Was-

serlauf, Riss Sandkuhl 1893, vgl. M. Schmidt [L182–WWW Nr. 8.]

93 K. Rubach [L173].

94 M. Schmidt [L181], vgl. Farbabb. 9.

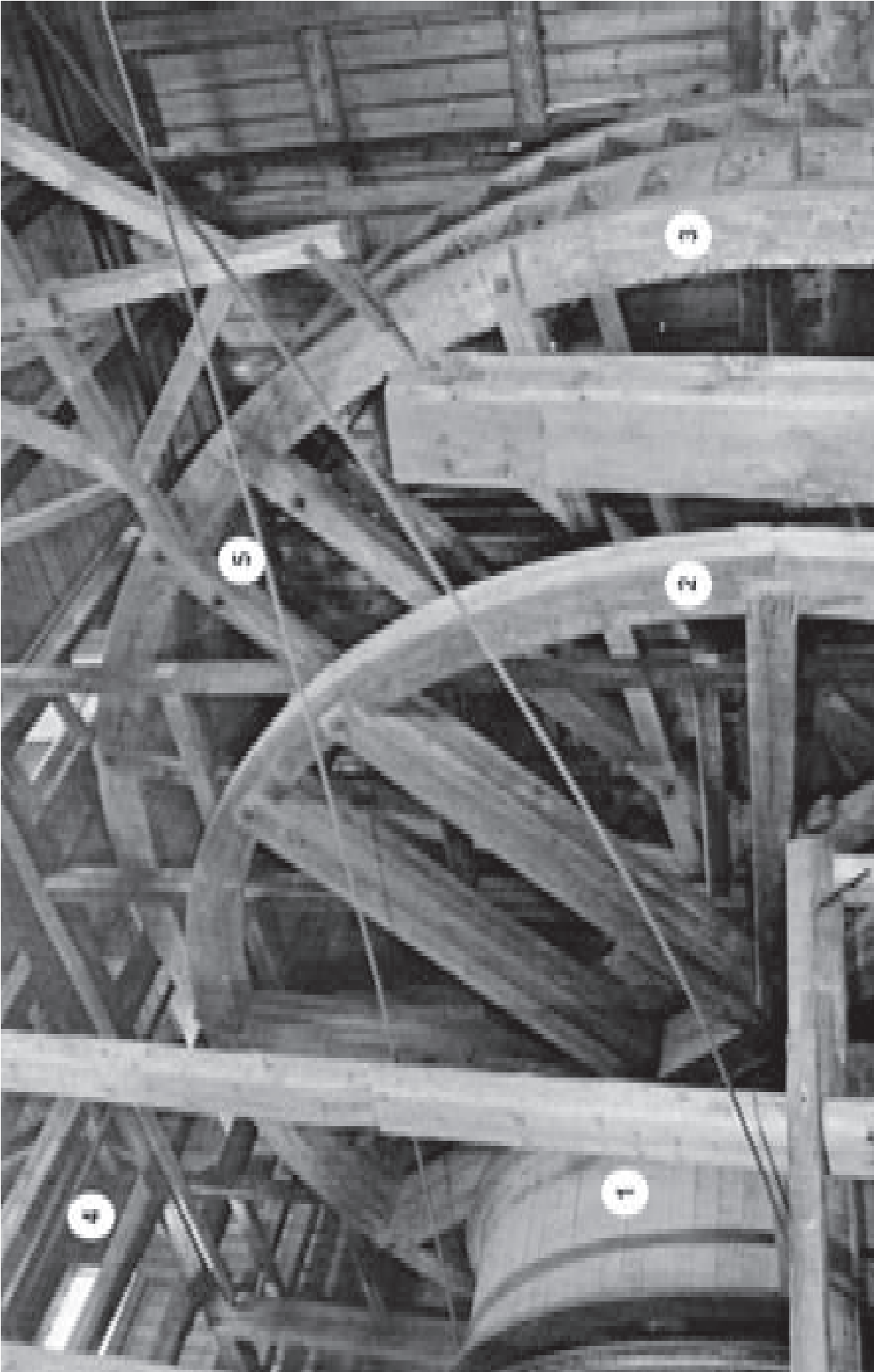


Abb. 38: Grube Samson in Sankt Andreasberg. Kehrrad mit Bremsrad (Postkarte, Museum).

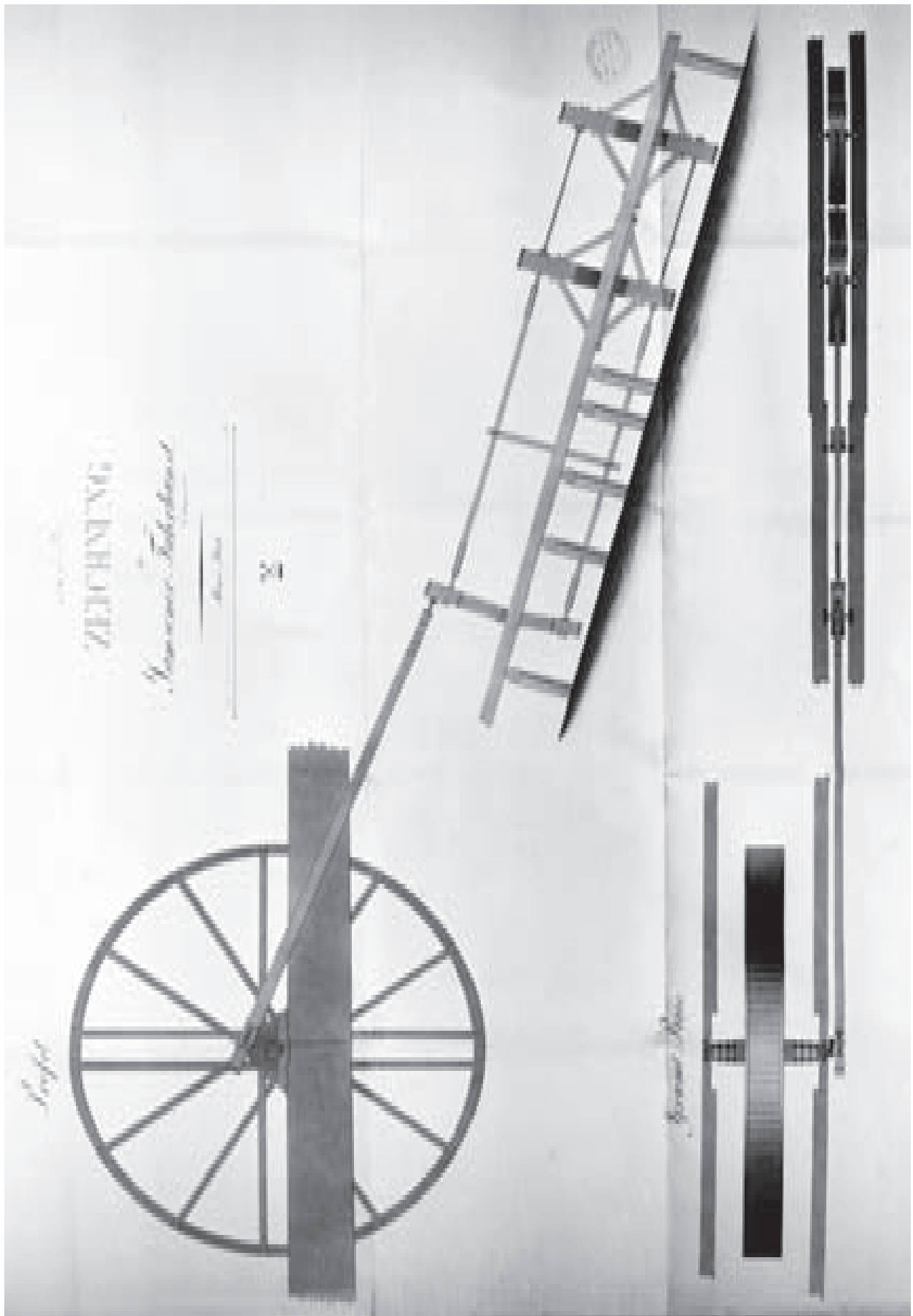


Abb. 39: Grube Samson in Sankt Andreasberg. Kunstrad, 1837 (W. Lehmann [Z56], UB: XVII C 46).



Abb. 40: Anordnung der Wasserräder am Knesebeck-Schacht, 1895 (Sandkuhl [Z71], OBA Rißarchiv).

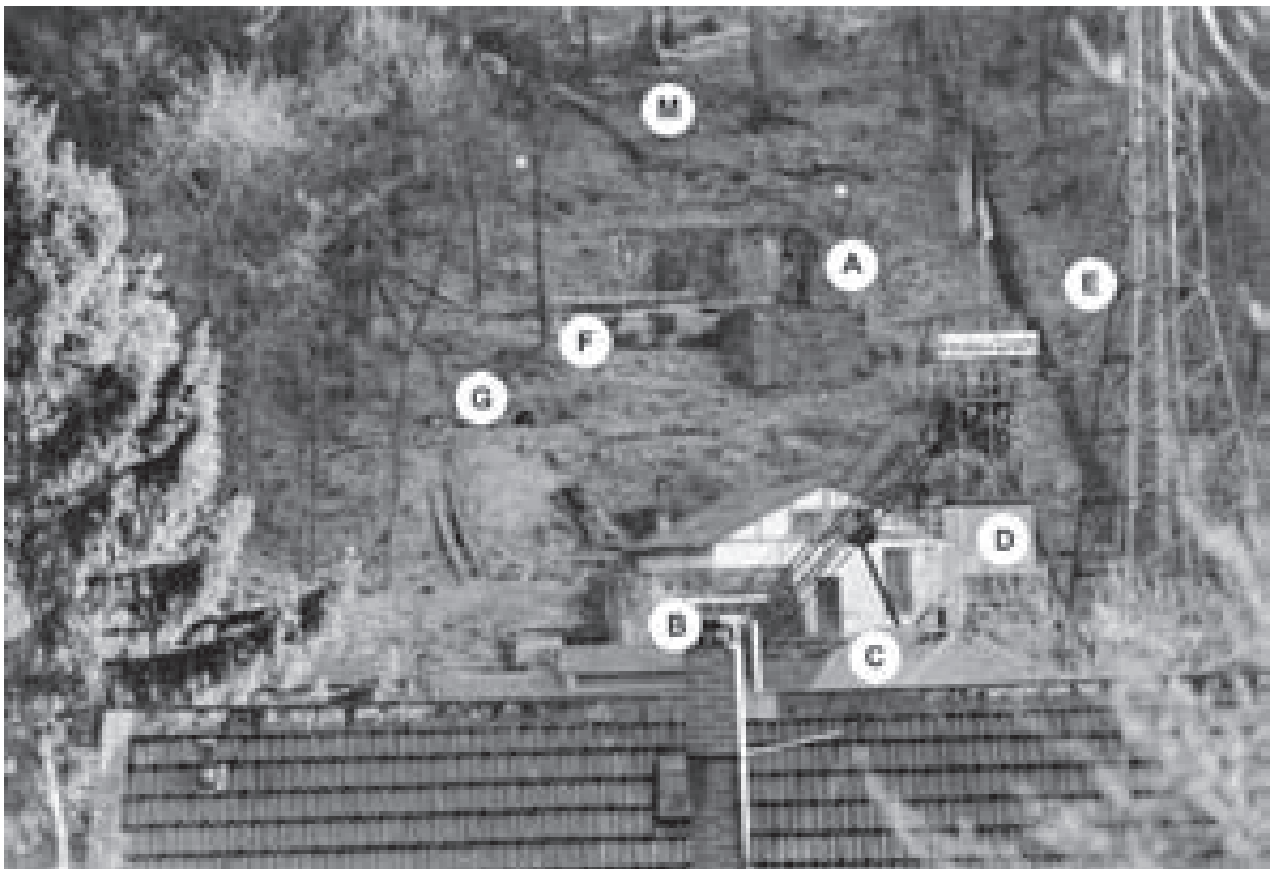


Abb. 41: Kunst- und Kehrradstuben am Hang, Knesebeck-Schacht, rechts der Hydrokompressor.



Abb. 42: Kunstradstube am Knesebeck-Schacht. Der Trog hebt sich an der Talseite aus dem Gelände heraus.



Abb. 43: Hangseitige Stützmauer an der Kunstradstube Knesebeck-Schacht vor der Sanierung.

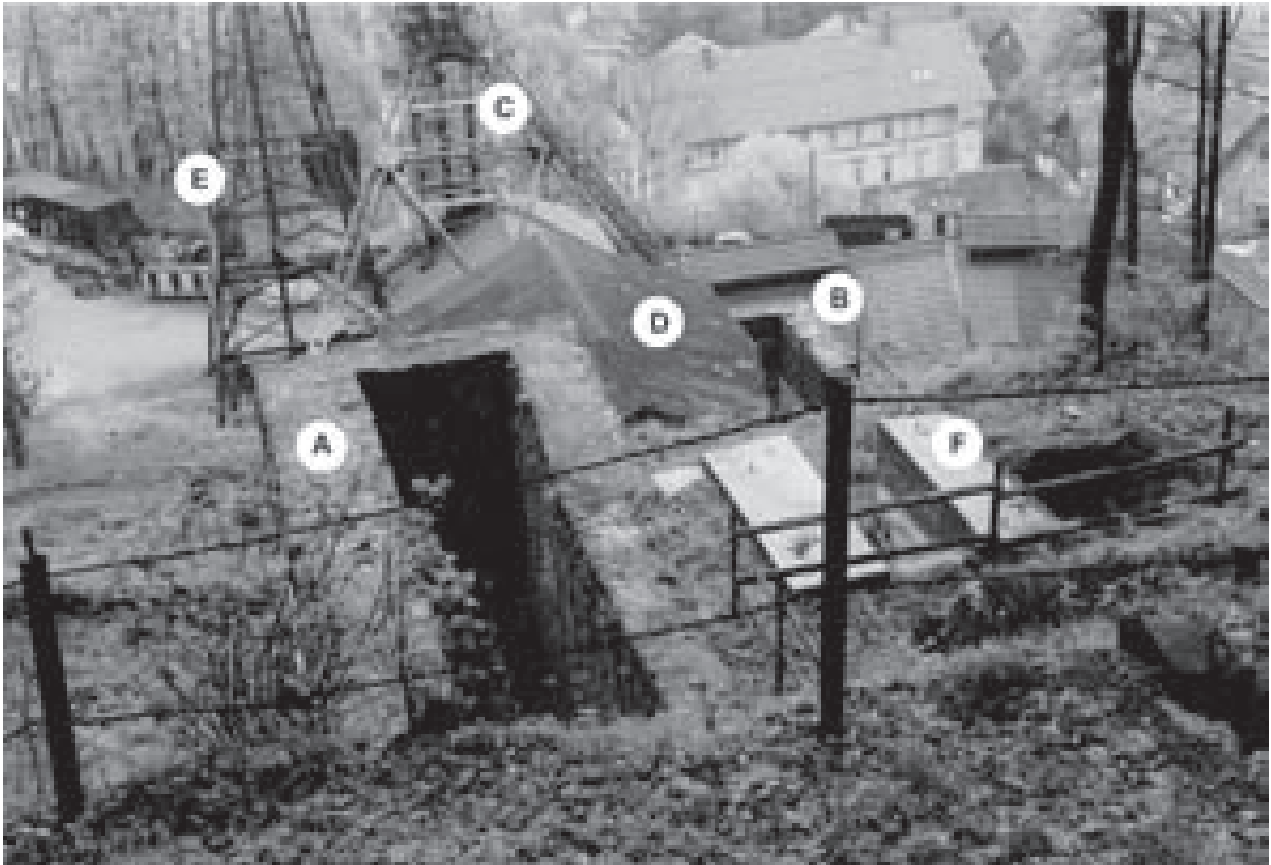


Abb. 44: Kunst- und Kehrradstuben am Kneesebeck-Schacht nach der Sanierung.



Abb. 45: Kunstradstube am Kneesebeck-Schacht nach der Sanierung.

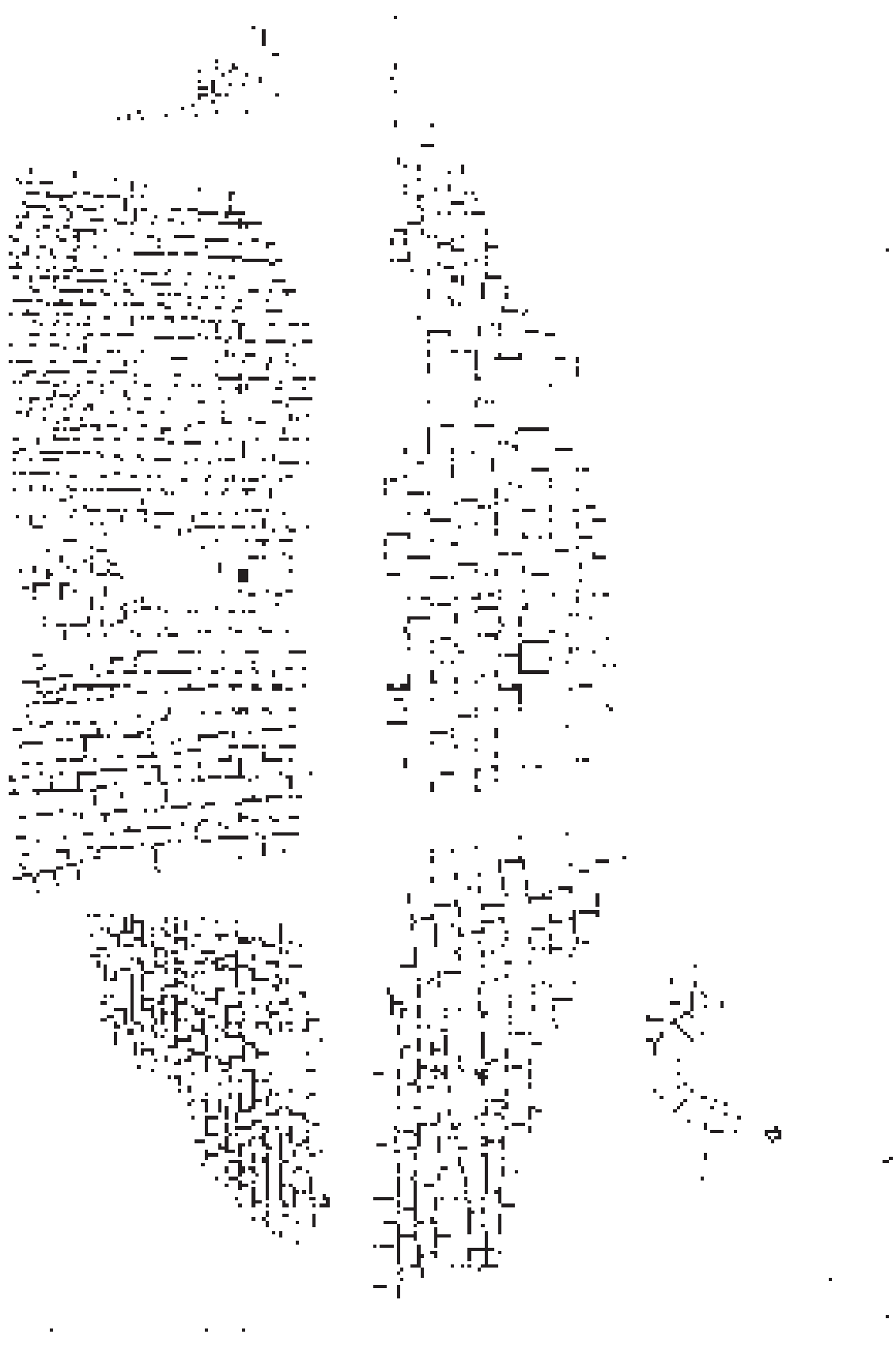


Abb. 46: Computergestützte Vermessung. Steingerechtes Aufmaß der Mauern an der Kunstradstube am Knesebeck-Schacht.

die Fugen geradlinig durch die Mauer. Manchmal gibt es einen Versatz, wenn aus einem Stein eine Ecke wie bei romanischen Kirchen herausgearbeitet wurde, z. B. Abb. 42 (1), (2). Auch kommt es zu Verzweigungen von Fugen (3). Die Art der Mauerung entspricht etwa der des oberen Randes der Runden Radstube am Thurm Rosenhof (Abb. 18) und der im Schornsteinfuß (Abb. 17).

Der Trog hat einen rechteckigen Grundriß, **Abb. 45**. Die Anordnung der Kunstradstube und der umliegenden Gebäude geht aus **Abb. 44** hervor: (A) Kunstradstube, (B) Kehrradstube, (C) Fördergerüst, (E) Hydrokompressor, (D) Fördermaschinenhaus und (F) ehemaliges Fundament des Hydrokompressors.

Für das Abfallwasser legte man an der Ostseite des Troges eine ausgemauerte Rösche an, deren Öffnung mit (G) (Abb. 45) gekennzeichnet ist. Die Stirnflächen stehen leicht schräg, besonders die bergseitige Stirnwand.

Im Laufe der Zeit haben sich die Seitenwände durch den seitlichen Druck nach innen verformt. Die Einbeulungen am oberen Rand der Längswände betragen bis zu 20 cm. Die Abweichungen von der Lotrechten sind bis zu 10 cm.

Auf **Abb. 46** ist die Geometrie mit dem steingerechten Aufmaß als »Bastelbogen« dargestellt (vor der Sanierung). Die hangseitige Stützmauer (oben) hat an den Seiten zwei Flügel, die für eine räumliche Darstellung nach vorne geklappt werden müßten. Die seitlichen Flügel der herausstehenden Mauer des Schleiftroges (unten) muß man sich nach hinten umgebogen vorstellen. Links unten ist die sogenannte Ablaufrösche dargestellt, durch die das Wasser nach geleisteter Arbeit die Radstube verließ. Am Steingefüge der oberen Stützmauer ist eine Störung durch den späteren Einbau eines Wasserrohres zu erkennen. Die Daten der Steine sind mit einem elektronischen 3D-Maßbandsystem rechnergestützt aufgenommen worden.⁹⁵

In **Abb. 47** sind drei geometrische Ansichten als Drahtmodell⁹⁷ dargestellt (vor der Sanierung). In der Seitenansicht fallen kleine Maueröffnungen in drei horizontale Schichten auf, die jeweils in beiden Seitenwänden zu finden sind. Der Abstand der Schichten beträgt unten 1,9 m, oben 1,6 m.

Die bei der Sanierung am Boden des Troges gefundene Balkenlage mit Brettern war Anlaß für eine besondere Untersuchung. Nach Freilegen der teilweise morschen Bretter zeigte sich, daß die Steine nicht direkt auf gewachsenem Felsen gründeten, sondern in eine Schicht aus Abdichtungston gebettet waren.⁹⁶

Die für die Ableitung des Wassers gemauerte seitliche Rösche besitzt ein kunstvolles Portal.

95 F. Balck [L22], F. Balck und L. Klappauf [L18].

96 Eine Analyse des Bodens ergab übermäßig hohen Sulfatgehalt, vgl. Abschnitt 4.3.3.2.2.13 über Holzschutz.

97 Dreidimensionales durchsichtiges Drahtmodell: Alle gemessenen Linien sind gleichzeitig sichtbar; hierzu gehören die Randlinien (durchgezogen) und die Linien einiger horizontalen und vertikalen Schnitte (gestrichelt). Durch Vergleich der einzelnen Ansichten läßt sich der räumliche Verlauf der gemessenen Linien bestimmen. Weil die Koordinaten der Meßpunkte rechnerlesbar zur Verfügung stehen,

Reddewig hat 1859 (nach Fertigstellung der Maschinen) die Gesamtanlage mit Kehr- (1) und Kunstrad (2) über dem Schacht (3) in zwei Ansichten gezeichnet (Abb. 3) und auch Einzelheiten wie die Form der Rösche (**Abb. 48**) wiedergegeben. Von hier lief das Wasser über ein Geflüder zum Kehrrad. Die Zeichnung enthält sehr viele Details.

So bestätigt beispielsweise die Seitenansicht der Kunstradstube **Abb. 49** die gefundene Unterlage aus Balken und Brettern unter der Mauer. Am oberen Rand des Bildes ragt von rechts das Geflüder weit heraus bis zur Radmitte.

Allerdings stecken in der Zeichnung im Vergleich mit der heutigen Vermessung auch einige kleinere Abweichungen. Breite der Rösche sowie Form und Neigung der bergseitigen Stirnwand Seitenwand stimmen nicht überein.

Nach der Sanierung sind nun die Spuren einer anderweitigen Nutzung bis 1942 (Stahlrohr für Hydrokompressor u. a.) wieder entfernt. Die Köpfe der Mauern wurden vom Bewuchs befreit und neu befestigt. Heute können sich die Besucher von einer sorgfältigen Ausführung dieser Anlage überzeugen.

Knesebeck, Kehrradstube (Nr. 10)

Auf **Abb. 50** ist das Innere der Kunstradstube zu sehen. Die Einbindung in die Gesamtanlage ergibt sich auf **Abb. 51**: (B) Kehrradstube, (1) später zugemauerte Trennwand zur Fördermaschine, (K) Fundamente für Wasserradwelle, (D) Schachtgerüst, (C) Maschinenhaus, (H) Rohrleitungen für Turbinen und Kompressoren und (E) Hydrokompressor.

Die Kehrradstube ist mit dem Gebäude der Fördermaschine (Abb. 41) verbunden. Während der westliche Teil der Radstube mit dem Seilkorb in das neue Gebäude integriert wurde, steht der andere Teil, getrennt durch eine Mauer, frei neben dem Haus (Abb. 50).

Der Zugang zur Radstube liegt im Norden. Durch ein kunstvolles Steingewölbe fließt das Wasser nach Süden ab. Einige Eisenträger und Stahlrohre der späteren Nutzung ragen noch in den Schleiftrog hinein. Art und Ausführung der Mauer entspricht der der Kunstradstube.

In die Außenmauer sind oben am Rand eiserne Lagerklötze (K)–Abb. 51 eingesetzt, die die Funktion des Grundrahmens übernehmen.

Die Geometrie der Radstube ergibt sich aus **Abb. 52** in drei Ansichten als Drahtmodell.⁹⁷

können sie nachträglich in beliebiger Ansicht maßstabsgerecht ausgegeben werden. Die vorliegende Darstellung ist daher eher eine maßstabsgerechte Skizze als eine perfekte Zeichnung aus der Hand eines Architekten und soll nur das Objekt grob beschreiben und den Umfang der vorliegenden Daten zeigen. Weil nicht alle Kanten und Schnitte mit vertretbarem Zeitaufwand zu messen waren, sind in diesem Bild nachträglich einige Linien mit etwas dickerem Stift handschriftlich ergänzt.

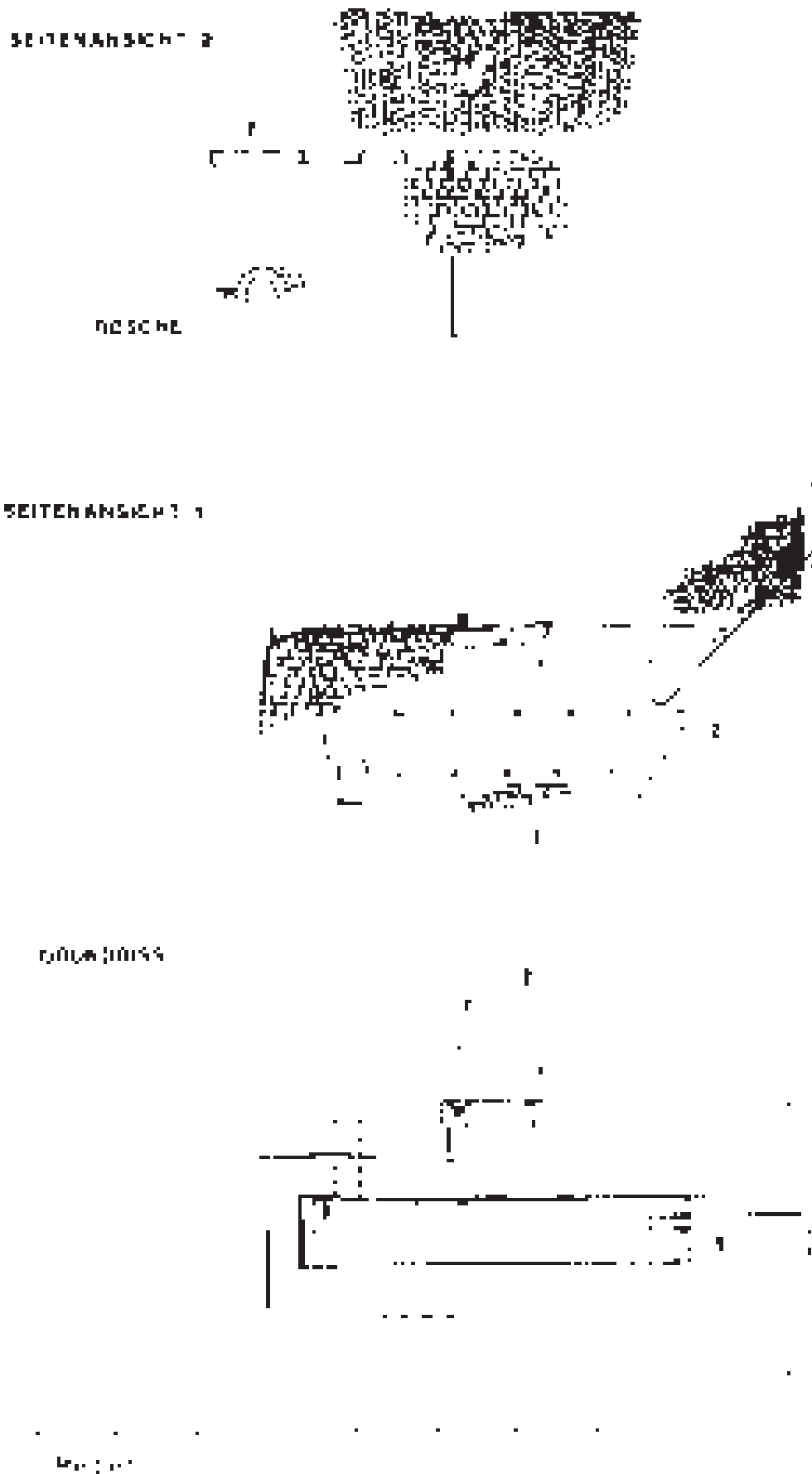


Abb. 47: Computergestützte Vermessung. Durchsichtiges Drahtmodell, Grundriß und zwei Ansichten der Kunstradstube am Knesebeck-Schacht.

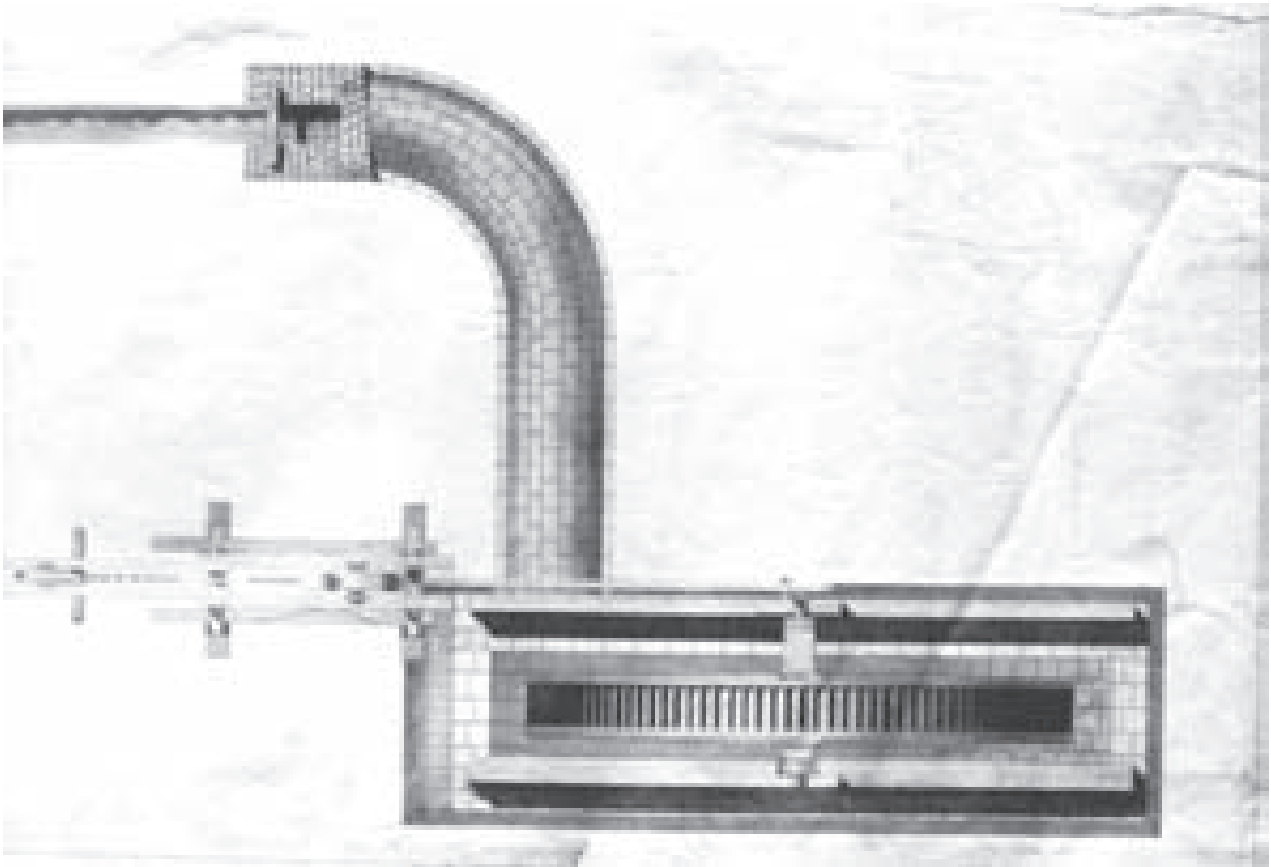


Abb. 48: Kunstradstube am Knesebeck-Schacht. Grundriß, 1859 (aus Abb. 3).

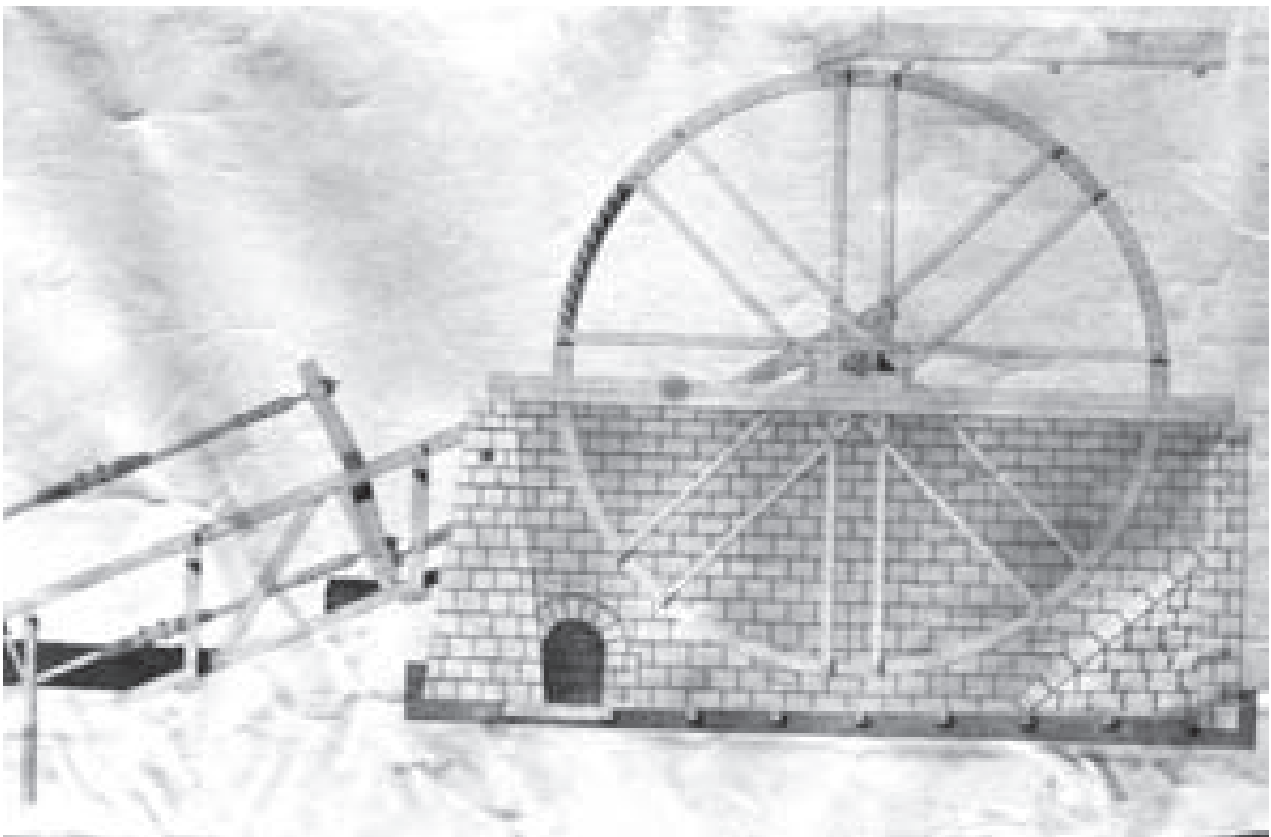


Abb. 49: Kunstradstube am Knesebeck-Schacht. Seitenansicht, 1859 (aus Abb. 3).



Abb. 50: Blick nach Norden. Kehrradstube am Knesebeck-Schacht.

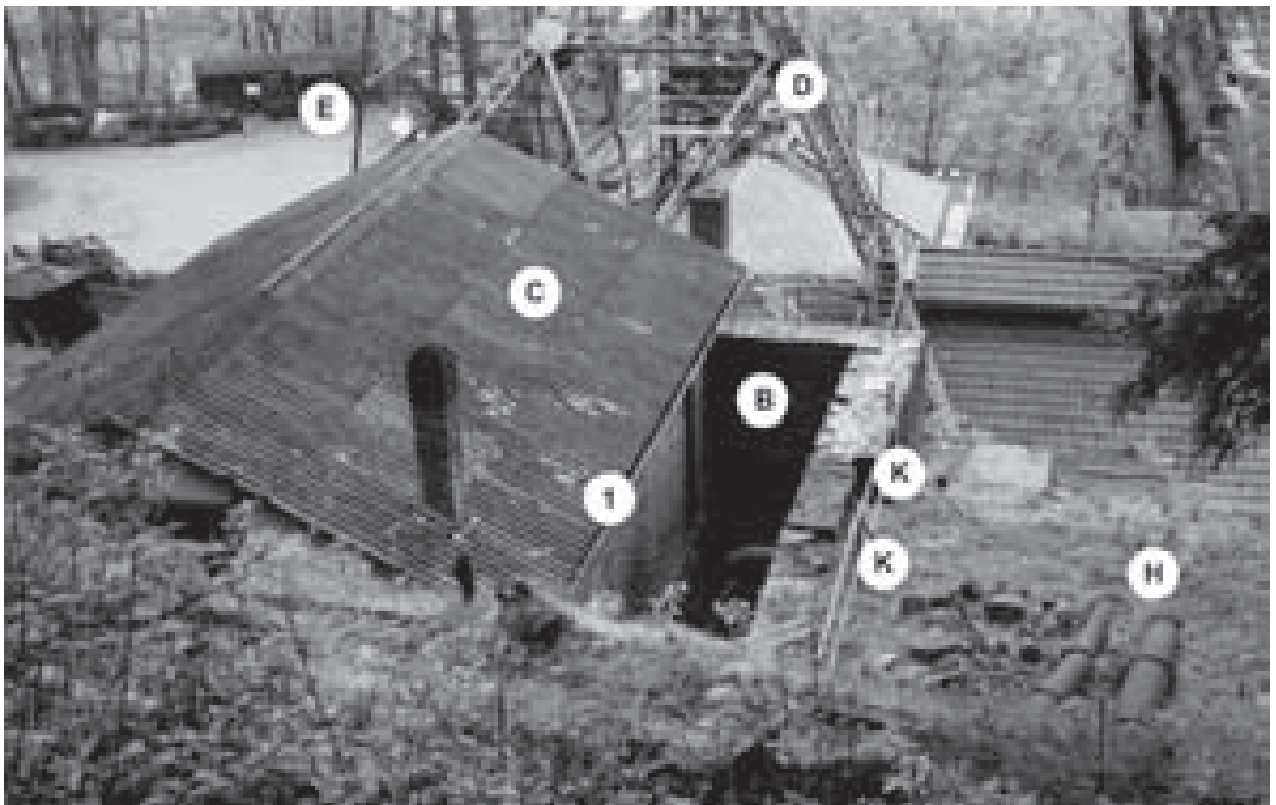


Abb. 51: Blick nach Norden. Kehrradstube am Fördermaschinenhaus, im Hintergrund der Knesebeck-Schacht.



SEITENANSICHT 2



SEITENANSICHT 1



DRITTSICHT

Abb. 52: Computergestützte Vermessung, durchsichtiges Drahtmodell. Kehrroststube am Knesebeck-Schacht. Grundriß und zwei Ansichten.

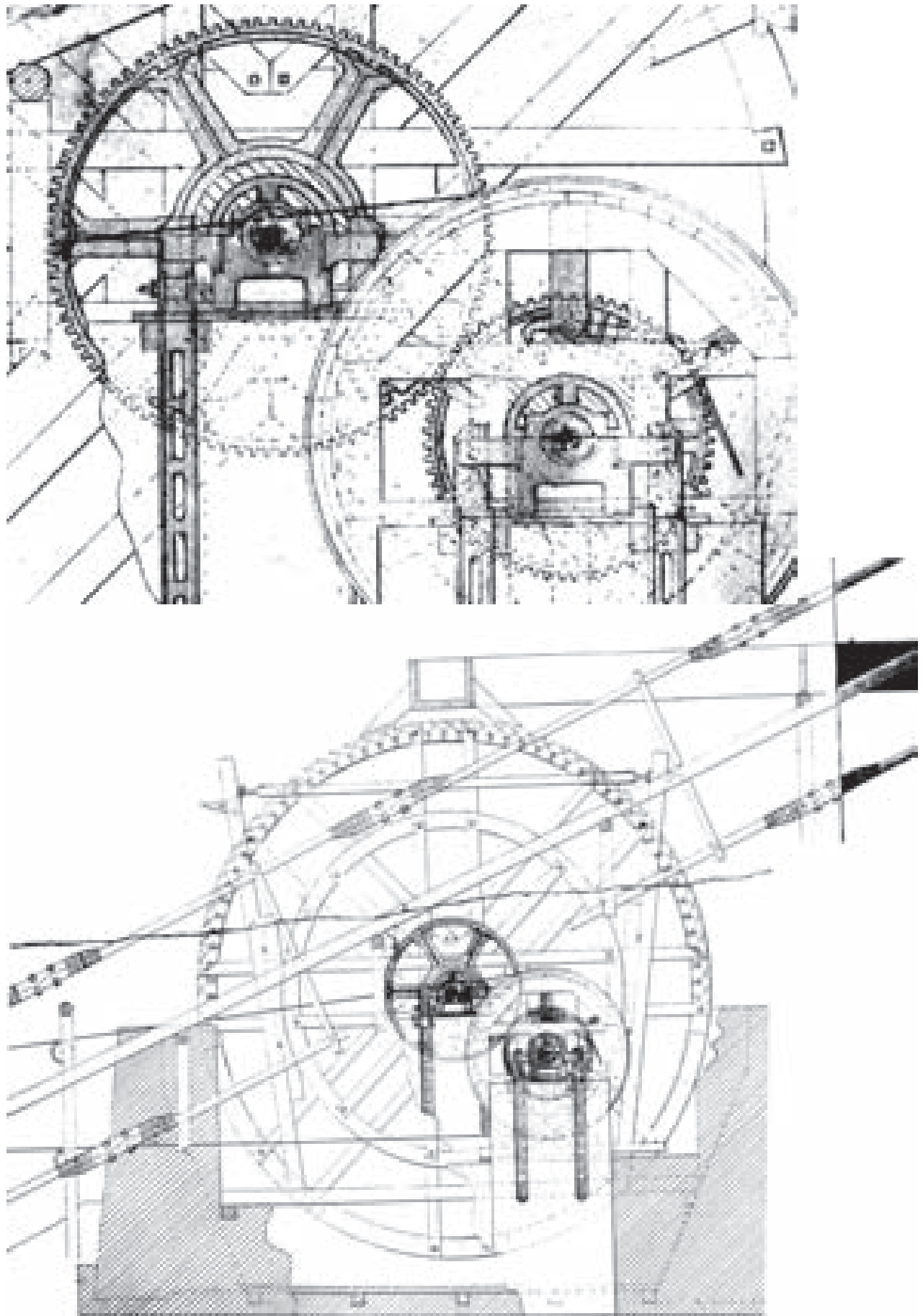


Abb. 53: Kehrradstube mit Wasserrad und Seilkörben, Knesebeck-Schacht. Seitenansicht, 1859 (aus Abb. 3).

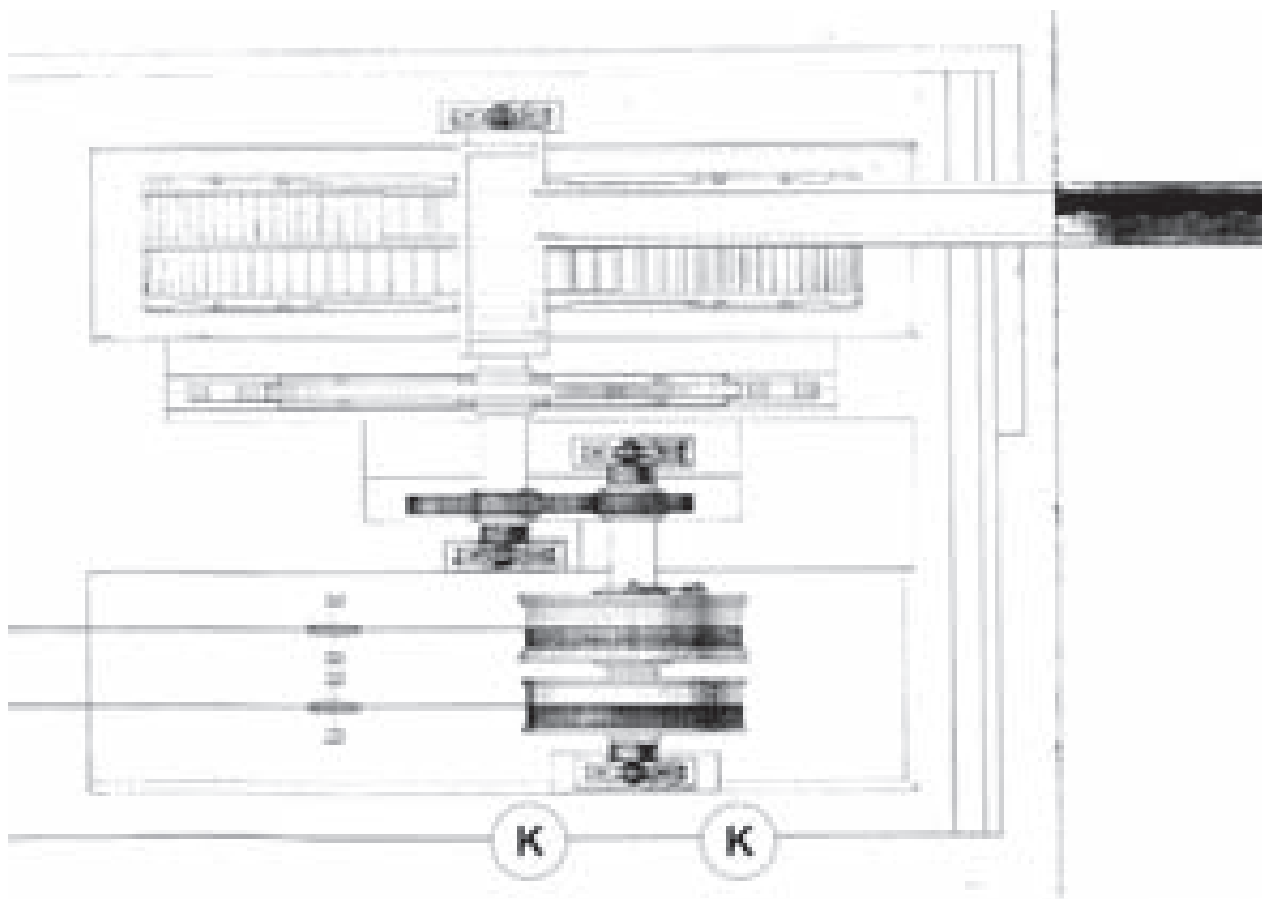


Abb. 54: Kehrradstube mit Wasserrad und Seilkörben, Knesebeck-Schacht. Grundriß, 1859 [aus Abb. 3].

Aus der Sicht von Reddewig (Abb. 53 und Abb. 54) stellt sich die Kehrradstube folgendermaßen dar: Diesen Teil seiner Zeichnung hat er weniger künstlerisch ausgeführt. Während bei der Kunstradstube Elemente wie Farbe, Licht und Schatten die Anlage fotorealistisch erscheinen lassen, findet man hier nur einfache Striche. Dennoch bietet die Zeichnung sehr viel Information für die Analyse der Maschine (Abschnitte 4.3.3.2.2.9 und 4.3.3.2.2.11). Wie bei der Kunstradstube ist auch hier der Boden mit Balken und Brettern ausgekleidet. Im Vergleich mit den

heute gemessenen Daten besitzt die Schräge in der südlichen unteren Ecke bei ihm einen um 10° anderen Winkel.

Wie aus dem Verlauf im steingerechten Aufmaß der nördlichen Stirnwand der Radstube (1) Abb. 55 abzulesen ist, blieb von der ursprünglichen Breite von ca. 11 m nur noch 7,5 m erhalten, als man den Schacht auf elektrische Förderung umstellte.

Man entfernte den rechten Teil der Mauer und setzte einen neuen Abschluß. Dessen Steine besitzen exaktere Kanten und Fugen als der ursprüngliche Teil.

4.2.7 Radstuben im Polstertal zwischen Clausthal und Altenau (Nr. 11 und 12)

Seit dem Bau des Sperberhaier Dammes konnte das Wasser auch aus dem Einzugsgebiet des Brockens für viele Wasserräder in Clausthal und Zellerfeld genutzt werden. Leider reichte die Höhe des Dammes von 574 m über NN nicht aus, um auch die ca. 585 m hohen Erzgruben Dorothea und Caroline zu versorgen.

Für das Aufschlagwasser dieser Gruben baute man 1801 das Polsterberger Hubhaus (A), ein Pumpwerk, mit zwei Wasserrädern, (B), (C) in größerer Entfernung unterhalb am Hang. Das Antriebswasser kam aus dem Gebiet unterhalb des Fortuner Teiches bzw. aus dem Hellerthal. Über langes Feldgestänge trieben die Räder die in einem Schacht

unter dem Hubhaus installierten Pumpen an. Über einen Stollen, hatte der Schacht Verbindung zum Dammgraben (D), dessen Sohle hier eine Höhe von 571 m über NN hat. Von dort saugten die Pumpen Wasser an und hoben es 18 m nach oben (E) in den Alten Tränkegraben Abb. 56 (1868).

Wasser hebt Wasser – ein *perpetuum mobile*?

Nein! Selbstverständlich ist es kein *perpetuum mobile*, denn zum Antrieb der Pumpen wird Wasser eines anderen Gefälles benutzt. Die Anlage verstößt nicht gegen die

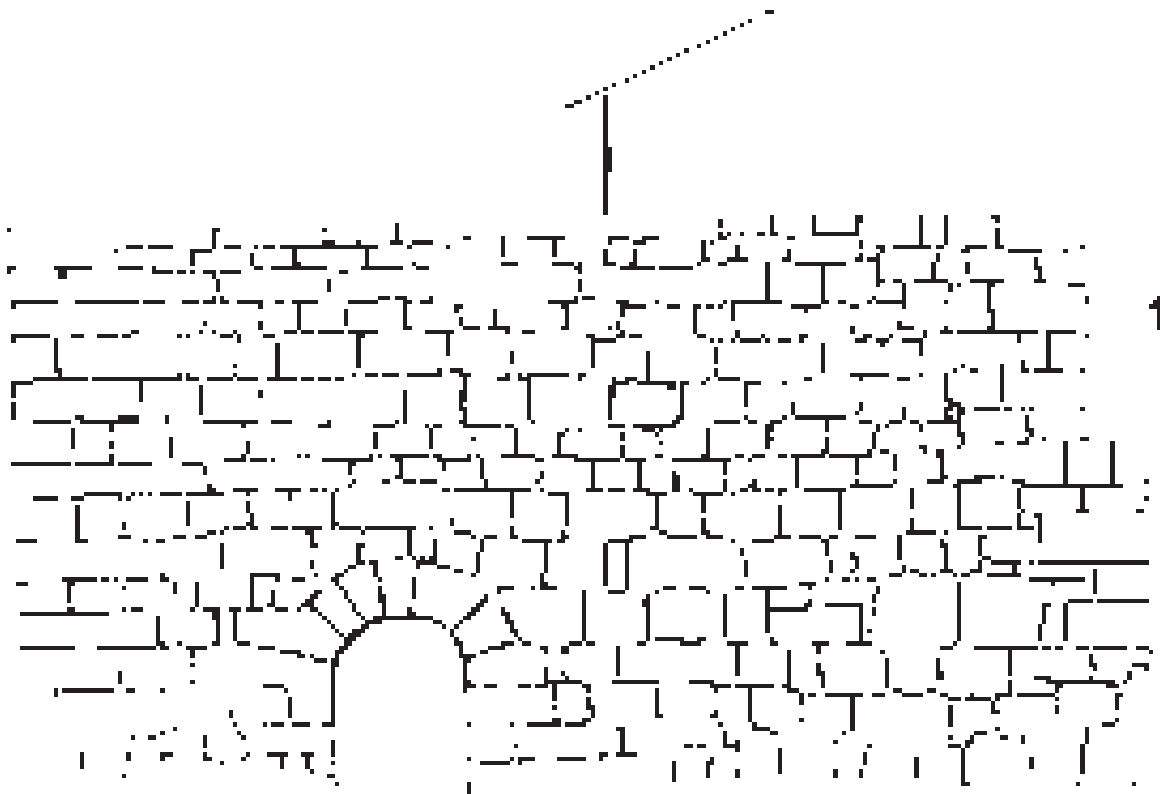


Abb. 55: Computergestützte Vermessung. Steingerechtes Aufmaß der Nordwand der Kehrradstube am Knesebeck-Schacht.

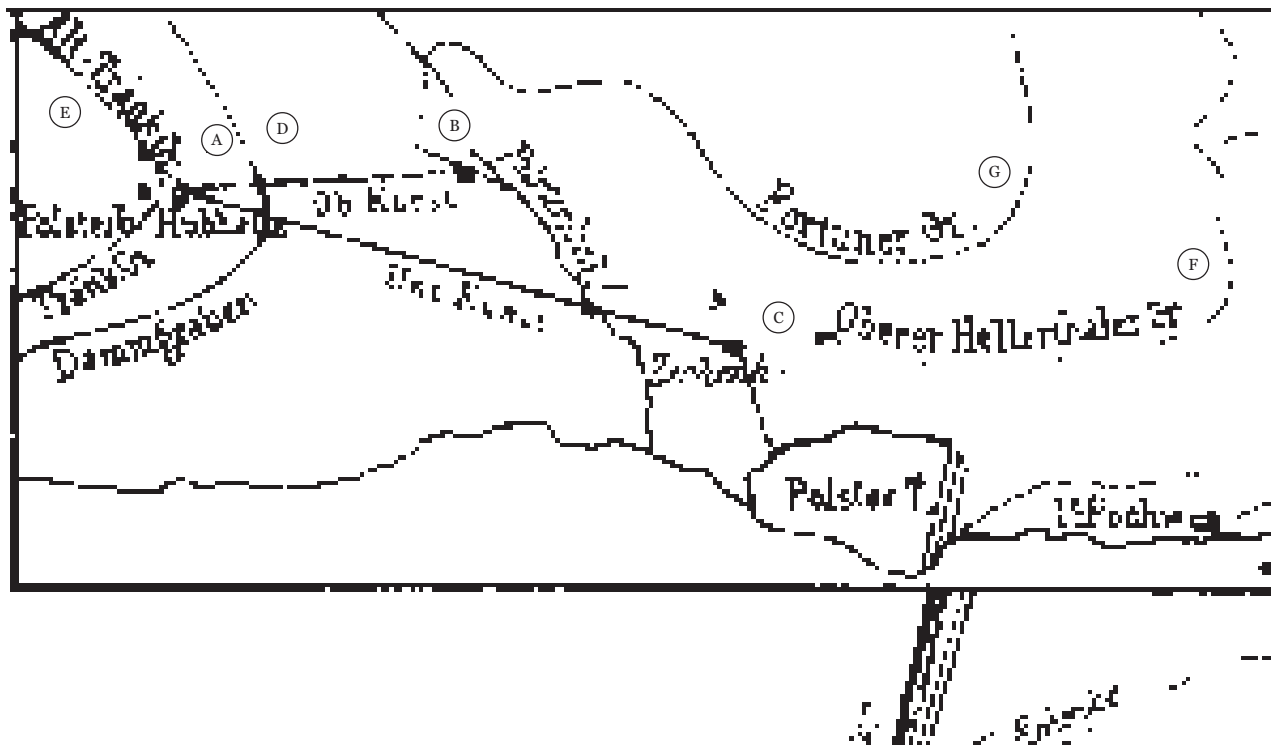


Abb. 56: Wasserwirtschaftskarte. Gelände am Polsterberger Hubhaus, 1868 (A. Dumreicher, Harzbibl. [L79]).

Gesetze der Physik. Zur Veranschaulichung der bewegten Wassermengen sei eine kleine pauschale Abschätzung gegeben:

Ein (sehr großes) Wasserrad von 12 m Durchmesser wird mit der Menge von einem Rad Wasser ($5 \text{ m}^3/\text{Minute}$) beaufschlagt. Bei einem maximalen Wirkungsgrad von 75 %⁹⁸ werden von den vorhandenen 12 m Gefälle folglich nur 9 m genutzt. Mit dieser Antriebsleistung (theoretisch ohne weitere Verluste) ist es möglich, eine gleiche Menge Wasser um 9 m anzuheben.

Um das Wasser im Hubhaus aber um die doppelte Höhe, $2 \cdot 9 \text{ m} = 18 \text{ m}$, anzuheben, sind daher zwei derartige Maschinen mit entsprechend doppelter Menge Antriebswasser nötig.

Wenn genügend Gefälle für das Antriebswasser zur Verfügung steht, lassen sich beide Räder hintereinander schalten. Weil man auf diese Weise das Wasser zwei Mal nutzen kann, reduziert sich der Verbrauch auf die Hälfte (ein Rad Wasser). Ein Gefälle von 24 m (zwei Räder mit 12 m Durchmesser) und diese Anordnung reichen also aus, um Wasser mit Wasser im Mengenverhältnis 1:1 um 18 m anzuheben.

In der Praxis wird der tatsächliche Verbrauch jedoch höher sein als in der simplen Rechnung mit den gerundeten Zahlen. Einerseits gibt es Verluste am Feldgestänge und in den Pumpen, andererseits hatten die Räder hier einen kleineren Durchmesser (10 m) und somit einen höheren Verbrauch bei gleicher Leistung. Dadurch wird die pro Zeit nötige Wassermenge bei Hintereinanderschaltung von zwei Rädern mindestens das $1\frac{1}{2}$ -fache der gewünschten Fördermenge betragen müssen. Hätte man die Räder mit dem Wasser aus dem Dammgraben (D) angetrieben, wären 60 % des mühsam herangeführten Wassers durch den Antrieb der Pumpen verloren gegangen und nur 40 % in den oberen Graben (E) gefördert worden.

Eine weitaus bessere Lösung bot sich an: Das Wasser für die beiden Räder kam vom Fortuner Graben (552 m über NN) und vom Oberer Hellerthaler Graben (534 m über NN, Höhenangaben Harzwasserwerke). Darüber hinaus stand das Abfallwasser vom oberen Rad auch dem unteren zur Verfügung. In Trockenzeiten konnte noch Wasser aus dem Dammgraben gezogen werden. Da das Gefälle im Gelände nördlich des Polsterberger Hubhauses nur geringe Stei-

gung (7°) besitzt, liegen die Aufschlaggräben mit 20 m bzw. 40 m Höhenunterschied zum Dammgraben weit auseinander und erfordern lange Feldgestänge bis zum Hubhaus.

Zunächst ein Zitat von Schulz; er schilderte das Gelände und die Technik der Pumpen:

»[...] gelegenen Polsterthale, dessen bermännische Wichtigkeit bereits berührt worden ist, hängen 2 Kunsträder zu 28 und 30 Fuß hoch, welche ihre Aufschlagwasser aus dem sogenannten rothen Graben und dem bei der neuen Schmiede belegenen (Fortuner) Teich erhalten. Das eine dieser Kunsträder hat ein Feldgestänge 148, das andere 284 Lachter lang. Beide Feldgestänge schieben unter etwa 25 Graden hinanwärts gegen den Burgstädter Zug. Dort ist ein geräumiger Schacht abgeteuft und in Zimmerung gesetzt, $10\frac{1}{2}$ Lachter oder 2 Radgefälle tief. Zum Schachte führt, im Niveau mit den Wassern des Sperberheyer Dammgrabens, eine Rösche 40 Lachter lang. Auf dieser Rösche stehen die eisernen 12 zölligen Saugröhren.

[...]

Die Künste heben, bei gewöhnlichem Gange, 9mal in der Minute, gleich der Umgangzahl der Wasserräder im Thale an, und in diesem Zeitraum 1 Treibrad Wasser aus.«⁹⁹

Und 60 Jahre später schrieb Hoppe:

»Wie schon früher angedeutet ist, wird [...], die Bewegung zweier im Thale eingebauter oberflächlicher Wasserräder, in 262 m und 531 m Entfernung, auf 2 Pumpen übertragen, welche im Hubhause arbeiten. Bei der kurzen Transmission hat das Wasserrad

10,128 m Durchmesser,

0,288 m Kranztiefe,

0,624 m Breite,

[...]

4,5 Umdrehungen pro 1 Minute aus.

Die Aufschlagwassermenge beträgt 6,45 cbm bei 11 m Gefälle.

Pumpe [...] welche 41 m höher liegt [...].

Der absolute Effect der Wasserkraft ist demnach 15,7 Pferde.«¹⁰⁰

Tab. 2: Zusammenfassung der Zitate von Schulz (1822) und Hoppe (1883).

| | |
|--|--|
| gepumpte Wassermenge [Schulz] | 1 Treibrad ($5 \text{ m}^3/\text{Minute}$) |
| Anzahl der Pumpenhübe [Schulz] | 9 Hübe/Minute (zwei Hübe/Umdrehung) |
| Anzahl der Umdrehungen [Hoppe] | $4\frac{1}{2}$ Umdrehungen/Minute |
| Durchmesser [Schulz] | $28', 30' (\cdot 0,292 \text{ m}') = \dots\dots\dots$ |
| Durchmesser [Hoppe] | 10,12 m |
| Aufschlagwasser [Hoppe] | $6\frac{1}{2} \text{ m}^3/\text{Minute}$ |
| Gefälle [Hoppe] | 11 m |
| Entfernung [Schulz] | 148 Lachter, 284 Lachter ($\cdot 1,92 \text{ m/Lachter} = 284 \text{ m}, 545 \text{ m}$) |
| Entfernung [Hoppe] | 262 m, 531 m |
| Leistung [Hoppe] | 15,7 PS |
| Neigung des Berghanges [Schulz] | 25° |
| Höhenunterschied Gestänge | 41 m |
| $10\frac{1}{2}$ Lachter [Schulz] | 2 Radgefälle (1 Radgefälle = 10,0 m) |

99 Oberbergmeister Schulz [L186–Seite 125].

100 O. Hoppe [L112–Seite 228].

98 Siehe Abschnitt 4.3.3.2.5.2.

Interpretation der Angaben

Aus den Angaben von Schulz läßt sich die theoretisch erforderliche Leistung der Wasserpumpen berechnen:

$5000/60 \text{ kg/s} \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot 18 \text{ m}$ sind
ca. **15 kW** oder **20 PS**.

Das heißt, jedes Rad muß 10 PS liefern.

Sofern das Aufschlagwasser für beide Räder nach Hoppe jeweils 15,7 PS zur Verfügung stellte, gilt für den Gesamtwirkungsgrad der Hubeinrichtung :

(Wasser→Wasser)

| | |
|---|-------------|
| Leistung zum Heben des Wassers pro Rad: | 10 PS |
| Vom Wasser angebotene Leistung: | 15,7 PS |
| Ergibt $10/15,7 = 0,64$, das sind | 64 % |

Die Angabe von 11 m Gefälle ist nachprüfbar. Sie gilt für die Differenz zwischen Zulauf (552,5 m über NN zuzüglich Anstau) und Ablauf (542 m über NN, abzüglich eines bei der Vermessung noch nicht ganz freigelegten »Bodensatzes« in der Radstube).

Die von Hoppe angegebenen 15,7 PS entsprechen der Leistung des Wassers. Da jedoch bei einem oberflächigen Wasserrad das Wasser nur auf 75 % der Gefällehöhe in den Schaufeln verbleibt, beträgt die aufgenommene Leistung lediglich 75 % davon, also 12 PS. Zieht man in der obigen Rechnung diesen Verlust vorher ab, so errechnet sich der Wirkungsgrad für das mechanische Restsystem, Pumpen, Kunstgestänge und Wasserräder, mit $(10/12 = 0,83)$ 83 %.

Aus der aktuellen Grundkarte 1:5000 läßt sich der Abstand zwischen den Radstuben und dem Hubhaus ablesen. Die Werte bestätigen die Längengaben des Feldgestänges von Hoppe. Dagegen weichen die Zahlen von Schulz zu diesen Längen um etwa 20 m¹⁰¹ ab. Möglicherweise benutzte er eine andere Länge für den Lachter. Bei der Neigung des Geländes irrt Schulz offensichtlich, wenn er sie mit 25° angibt (höchstens auf der Wiese vor dem Hubhaus).

Die unterschiedlichen Raddurchmesser bei Schulz und Hoppe mögen sich auf verschiedene Räder beziehen (Hoppe beschreibt die Anlage sechzig Jahre später). Die Haltbarkeit eines Rades lag bei ca. 10–15 Jahren. Hat Schulz (er kam aus Berlin, die Maße waren regional unterschiedlich, Anhang G) möglicherweise auch hier ein anderes Maß benutzt?

Nach Schulz haben zwei hintereinander geschaltete Räder ein Gefälle von 10½ Lachter nötig. Nach unserer Umrechnung mit 1,92 m/Lachter sind das 20,1 m, das heißt rund 10 m pro Rad. Berücksichtigt man noch einen Freiraum von je ½ m über und unter dem Rad für Gefluder und Abfallwasser, so wird sein Rad einen Durchmesser von

rund 9 m haben dürfen. Dies ist eine Zahl, die mit seinen Angaben (8,76 m) im Einklang ist. Offensichtlich war das Rad zur Zeit Hoppes größer.

Die von Hoppe beschriebene Transmission hat seit 1872 die hölzernen Kunstgestänge ersetzt und bis zum Jahre 1909 die Pumpen angetrieben.¹⁰²

Um kleinere Zugkräfte im Seil zu bekommen, das heißt dünne Seile verwenden zu können, setzte man die Seilgeschwindigkeit herauf. Dies erforderte an den Enden der Strecke jeweils ein Getriebe und Seilscheiben mit sehr großem Durchmesser, größer als die abgebildete Person (1) (**Abb. 57**).

Spuren im Polstertal heute

Durch die Initiative der Harzwasserwerke ist die obere Radstube soweit wieder hergerichtet¹⁰³, daß das Mauerwerk und die Ablaufrösche sichtbar sind. Die Bergleute haben früher den Raum für den Wassertrog aus dem Gelände herausgearbeitet und die Wände mit glatt behauenen Steinen ausgemauert. Die Ablaufrösche zielt ein kunstvoller Steinbogen, **Abb. 58**. Der Trog ist fast rechteckig, die Längswände sind nach außen leicht bauchig geformt. Die Oberkante der Trogwände liegt tiefer als das umliegende Gelände, das heute die Radstube trichterförmig umgibt. An der östlichen Seitenwand sind noch Reste des hölzernen Grundrahmens im Mauerwerk verankert. Oberhalb im Wald ragt das Ende des Fortuner Grabens wie eine kleine Schanze nach Nordosten heraus. Von hier aus lief das Wasser über ein hölzernes Gefluder nach links zum Kunstrad.

Die **Abb. 59** präsentiert die gemessenen Daten der Kunstradstube. Zur Anschauung ist ein Rad mit 10 m Durchmesser hineinskizziert. Der Boden im Trog wurde durch die Harzwasserwerke absichtlich nicht vollständig freigelegt, sondern schräg angebösch, damit die Radstube nicht zur Falle für Tiere wird. Die gezeigten Meßwerte lassen bezüglich der maximalen Tiefe noch eine gewisse Unsicherheit zu, da bei der Vermessung nicht bis zum Grund gegraben wurde. Anzunehmen ist, daß der Trichter im Gelände von einem Haus überdeckt war, damit der Betrieb auch bei Schnee und Eis gesichert war.

Vom Ende des Grabens bis zum Wasserrad beträgt die Entfernung etwa 50 m. Die große Entfernung ergibt sich aus der geringen Steigung des Berghanges. Das Kunstgestänge befand sich auf der südöstlichen Seite des Rades, wo noch heute eine deutliche Einkerbung im Gelände zu finden ist.

Für das Aufschlagwasser auf die Räder verwendete man hölzerne Rinnen, *Gefluder*. Zu jedem Wasserzulauf gehört auch ein *Fehlschlag*, durch den das Wasser am Rad vorbeifließen kann, wenn es z. B. wegen einer Reparatur stillstehen muß.

101 Die bei der Runden Radstube sinnvolle Verwendung von 2,02 m für den Lachter führt hier nicht zum Ziel, bei den vorliegenden Zahlen errechnet sich Schulzens Lachter mit $531 \text{ m}/284 \text{ Lachter} = 1,87 \text{ m/Lachter}$.

102 A. Humm [L113–Band II, Seite 62: Polsterloch und seine Wasserkünste], H.Haase [L101–Seite 33].

103 M. Schmidt [L182–Bild 18/4].

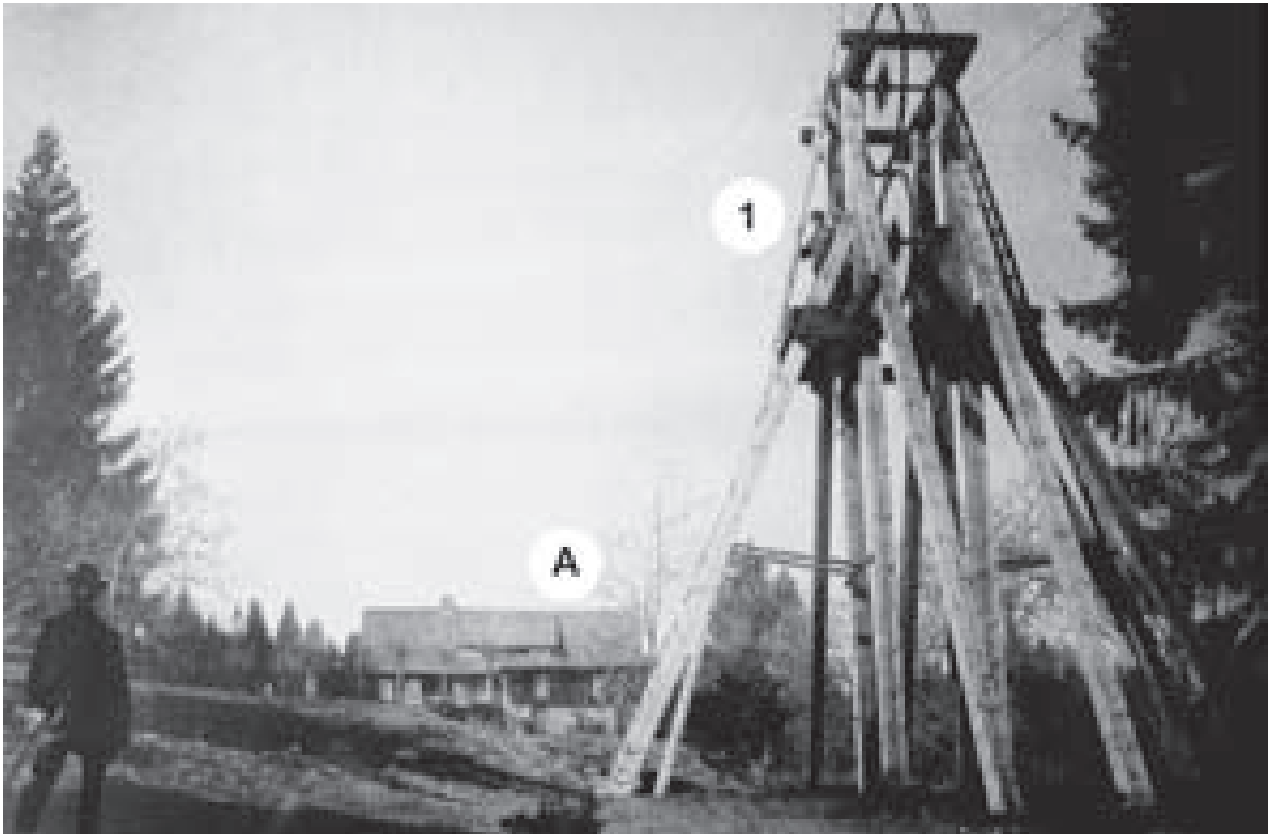


Abb. 57: Drahtseiltransmission zwischen Kunstrad und den Pumpen im Hubhaus (Sammlung H. H. Nietzel).

Ein Gefluder aus der Zeit vor hundert Jahren am Schacht Alter Segen zeigt ein Foto¹⁰⁴, es bringt Wasser vom oberen Klein-Clausthaler Wasserlauf zum Alten Segener Kehrrad.

Im Riß von C. A. Rausch [Z67] (1771) findet sich eine ausführliche Darstellung eines Gefluders mit fast ähnlicher Länge von 37 m wie im Polstertal. Die Stützen haben hier die gleiche Länge wie der Radradius, ihr Abstand untereinander beträgt 80 % dieser Länge.

In der Mitte zwischen den Stützen sind die Holzwände zum besseren Zusammenhalt mit einem umlaufenden Holzring geklammert. Die Stirnwände des Schleiftroges dort bestehen aus aufgestapelten Rundhölzern, oberirdische Radstuben waren meist aus Holz gebaut. Möglicherweise haben Radstube und Gefluder im Polstertal genauso ausgesehen.

Während die obere Radstube heute von hohen Fichten umgeben ist, liegt die untere am Rande einer großen Wiese, auf der früher das Polsterlocher Zechenhaus (1) gestanden hat, **Abb. 61**. Sie ist fast verfüllt. Aus dem Giebel der Radstube (C) am linken Bildrand führen die beiden Seile der Transmission nach rechts zu den Pumpen. Mit einem hölzernen Zaun an jeder Seite (2) ist die Strecke abgesichert. Der Wasserzufluß kommt über ein Gefluder aus dem linken Berghang auf das Rad (siehe Abb. 56).



Abb. 58: Obere Kunstradstube am Polsterberg. Talseitige Stirnwand mit kunstvoll gemauerter Ablaufrösche.

104 F. Balck [L27– (B) in Abb. 41].

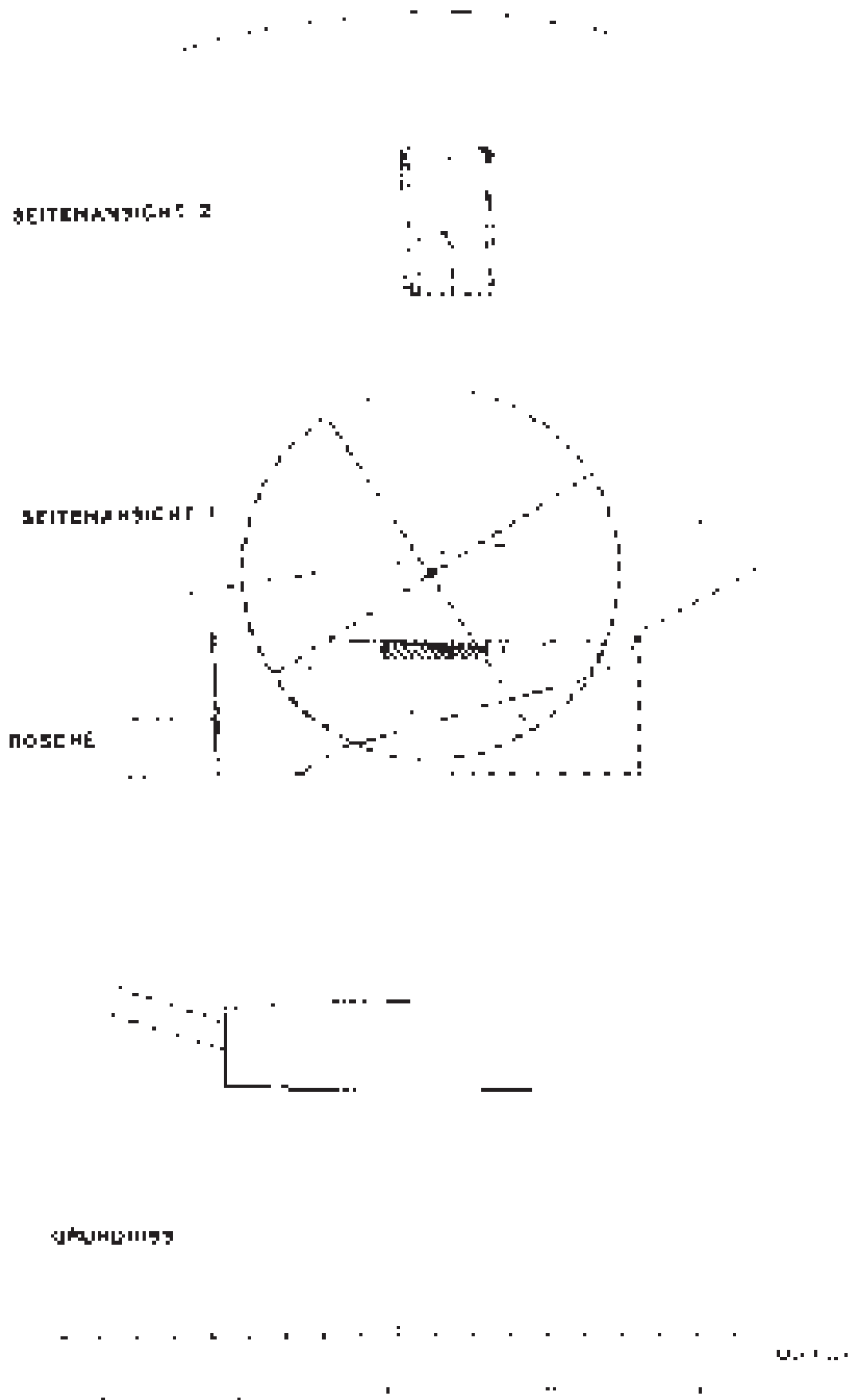
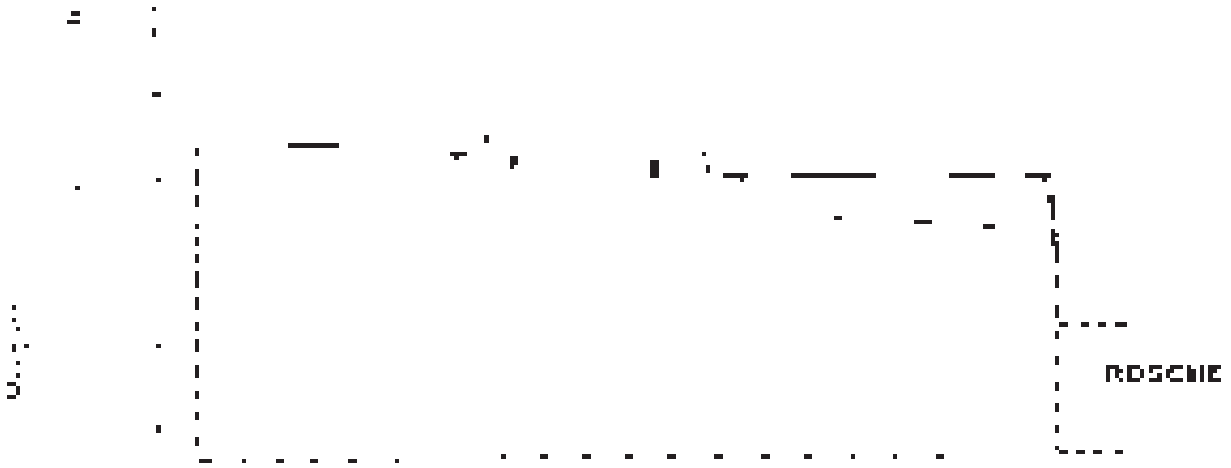
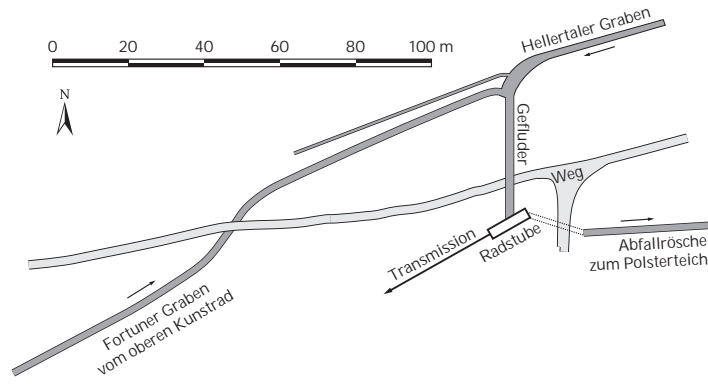


Abb. 59: Computergestützte Vermessung, durchsichtiges Drahtmodell. Geometrie der oberen Kunstradstube, ergänzt durch ein Wasserrad mit 10 m Durchmesser.

Gebäude und Einrichtungen für die Wasserkraftmaschinen



SEITENANSICHT 1

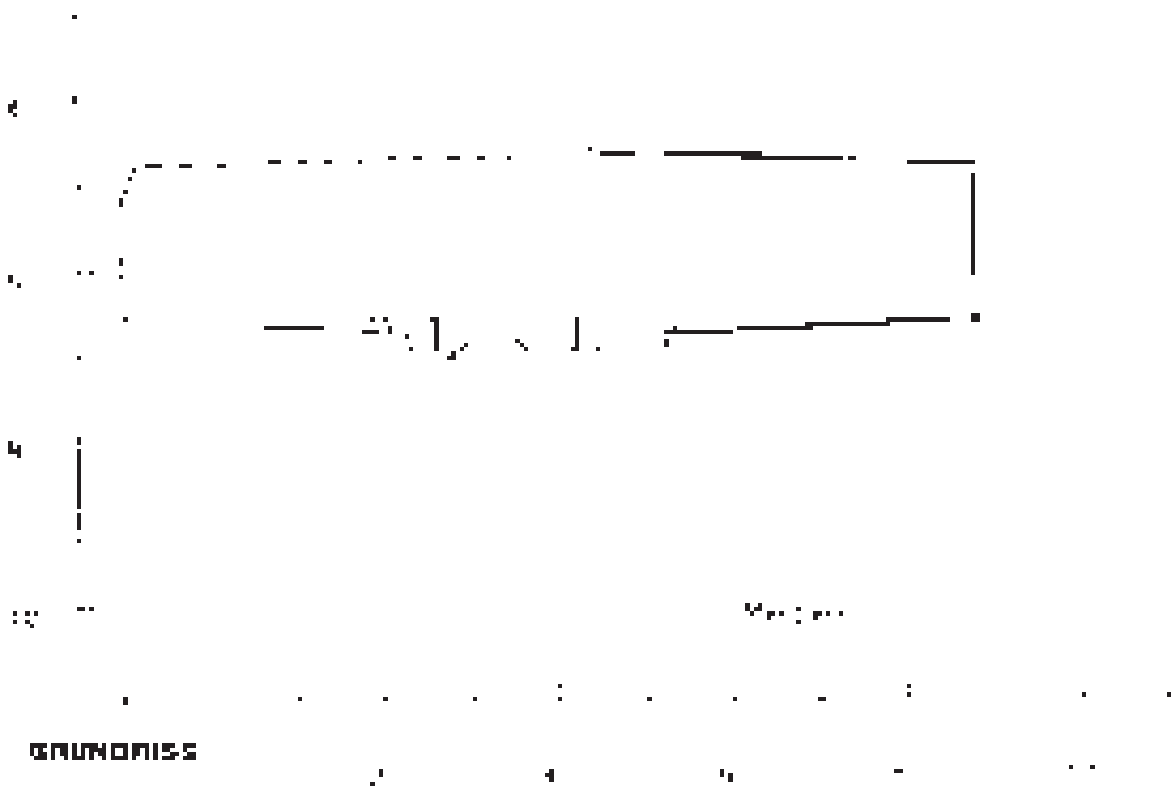


Abb. 60: Computergestützte Vermessung, durchsichtiges Drahtmodell mit Ergänzung. Geometrie der unteren Kunstradstube im Polstertal.



Abb. 61: Polsterlocher Zechenhaus Teil. Links am Rand die Kunstradstube mit Drahtseiltransmission quer durch das Bild (A. Humm III, Seite 62).

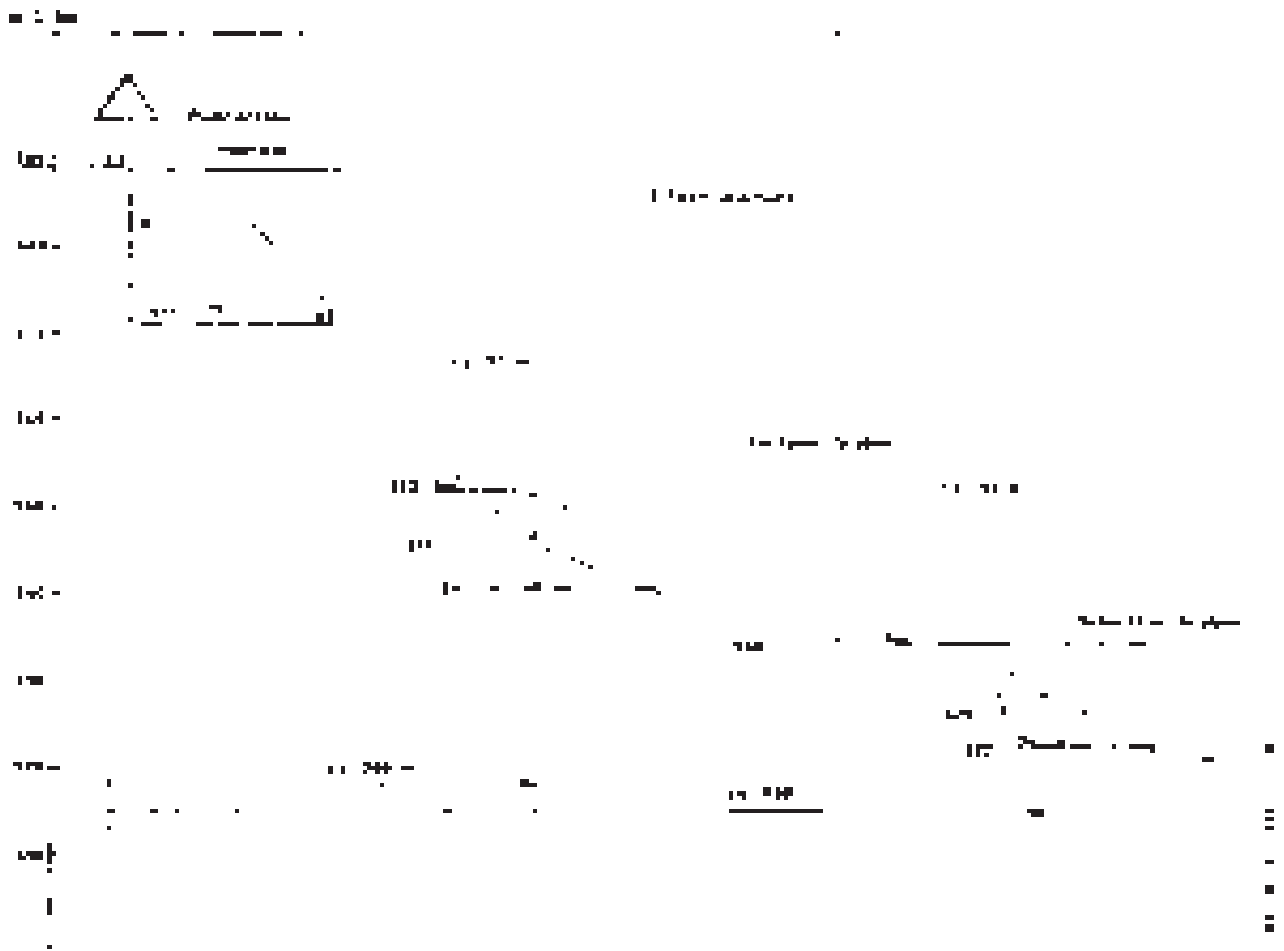


Abb. 62: Schematische Anordnung der Gräben und Wasserräder am Polsterberger Hubhaus (Vermessungsdaten Harzwasserwerke).

Die noch sichtbaren Mauerreste sind weniger als 1 m hoch, **Abb. 60**. An der östlichen Seitenwand ragen zwei starke Eisenklammern und ein u-förmiges Eisen vom Rand in den Trog hinein. Die Wände sind überwiegend mit Grauwacke gemauert, aber teilweise mit schwarzen Schlackensteinen oder roten Ziegeln.

Zum Abschluß sei noch eine Übersicht der Geländehöhen in **Abb. 62** gezeigt. Die großen Höhenabstände der Gräben von etwa 20 m und der vergleichsweise geringe

Durchmesser der Wasserräder von 10 m ermöglichte den Bergleuten bei der Planung viel Spielraum. Die sonst ausgefeilte Anordnung bezüglich des Niveaus war hier nicht nötig.¹⁰⁵

Mit etwas Phantasie läßt sich die Konstruktion des Zulaufgrabens und des hölzernen Gefluders an den Spuren im Gelände ablesen. Am Zusammentreffen des Hellerthalgrabens mit dem Abfallwasser des oberen Kunstrades zweigt das etwa 30 m lange Gefluder seitlich ab (**Abb. 60**).

4.2.8 Radstuben am Zellerfelder Hoffnungsschacht zwischen Zellerfeld und Bockswiese (Nr. 13)

Südwestlich des Kreuzecks (**Abb. 63**) bei der Abzweigung der Straße nach Bockswiese (2) von der Bundesstraße 241 Clausthal-Zellerfeld-Goslar (1) sind im Wald noch deutlich die Spuren der Bergleute sichtbar. Unterhalb dieser Straße, die auf der Wasserscheide zwischen Zellerfeld und Bockswiese verläuft, beginnt das Pissstal (3). Bis hinein in dieses Gebiet reicht der Bockswieser Gang. Auch hier hat man versucht, mit Schächten nach Vererzungen im Gestein zu suchen. Der erhoffte Erfolg trat aber nicht ein.

»Im Pissstale endlich, wo auf einem eigenen Gang ehemals vier Schächte gelegen haben, wird gegenwärtig ein Haupttrichterschacht als Versuchsschacht für den Bockswieser Bergbau 130 Lachter tief bis auf den Tiefen Georgstollen abgesunken.«¹⁰⁶

Auf dem Weg von der Straße den Hang hinunter in das Pissstal läßt sich im Gelände der ehemalige Aufschlaggraben mit dem charakteristischen Knick zum Wasserrad

hin (Form einer Tabakspfeife im Grundriß – wie im Polstertal) gut erkennen. Unterhalb des Grabens werden die Reste einer ausgemauerten Kunstradstube¹⁰⁷ (A) mit einem kleinen Stollen für das Abfallwasser sichtbar. In gerader Verlängerung folgt eine weitere Vertiefung im Boden. Hier stand früher ein Kehrrad (B). Von der Kunstradstube sind zur Zeit nur die Reste einer Längs- und einer Stirnwand sichtbar. Die Lage der beiden anderen Wände kann nur vermutet werden. Der Boden der Radstube ist verschüttet.

Dicke Baumwurzeln überdecken die südliche Stirnwand mit der Ablaufrösche. Nach einem Kriechgang läßt sich die Rösche von innen fotografieren (**Abb. 64**), ihre Ausmauerung ist noch gut erhalten. In **Abb. 65** wird die Geometrie der Anlage deutlich. Für die bessere Anschauung soll ein Wasserrad mit 10,5 m Durchmesser die Darstellung ergänzen. Das Mauerwerk liegt in einer trichterförmigen Vertiefung des Geländes. Die ovale Form eines möglichen Hauses läßt sich erahnen.

4.2.9 Radstube der Grube Glasebach, Straßberg, (Nr. 14)

Im Ostharz in der Nähe von Straßberg liegt die Grube Glasebach. Hier wurde Flußspat gefördert.¹⁰⁸ Für die Hebung der Grubenwasser setzte man Pumpen ein, die ein Kunstrad antrieb. Besucht man heute das dortige Museum, so beginnt die untertägige Führung in einer neu über dem alten Schleiftrog errichteten Radstube. Der Trog hat eine länglich ovale Form. Er ist mit grob behauenen Steinen ausgemauert und besitzt unten zwei Öffnungen.

In **Abb. 67** zeigt sich die Radstube nach weiterer Freilegung und Einhausung. Die Form des Mauerwerks ist deutlich zu erkennen. Im Vordergrund rechts hängen Besucherjacken vor dem neu gestalteten Stollenmundloch.

Die Geometrie von Radstube und neuem Haus ist in **Abb. 66** als Drahtmodell⁹⁶ dargestellt. Bei (A) floß das Wasser zum Rad und bei (B) aus der Radstube heraus. Die Skizze zeigt, daß ein Rad mit 9,5 m Durchmesser hineinpassen würde. Die Form des neuen Hauses mit Wasserzufluß auf der Traufenseite entspricht in der Konstruktion etwa dem der Radstube am Rheinischen Wein in Zellerfeld (**Abb. 33**). Im Gegensatz zum Oberharz hat man hier im Unterharz die Räder aus Eichenholz gefertigt.

Seit Ende 1998 gibt es wieder ein Kunstrad in dieser Radstube. Der Nachbau hat einen Durchmesser von 9,5 m und hat rund 150.000 DM gekostet.¹⁰⁹

105 Die gemessenen Höhen des Gefälles weichen von denen im Profilriß bei A. Dumreicher [L78] ab.

106 E. Mühlenpfordt [L145–Seite 40].

107 M. Schmidt [L181–Farbabb. 14].

108 C. Bartels und E. Lorenz [L38].

109 H. H. Nietzel, mündliche Auskunft.

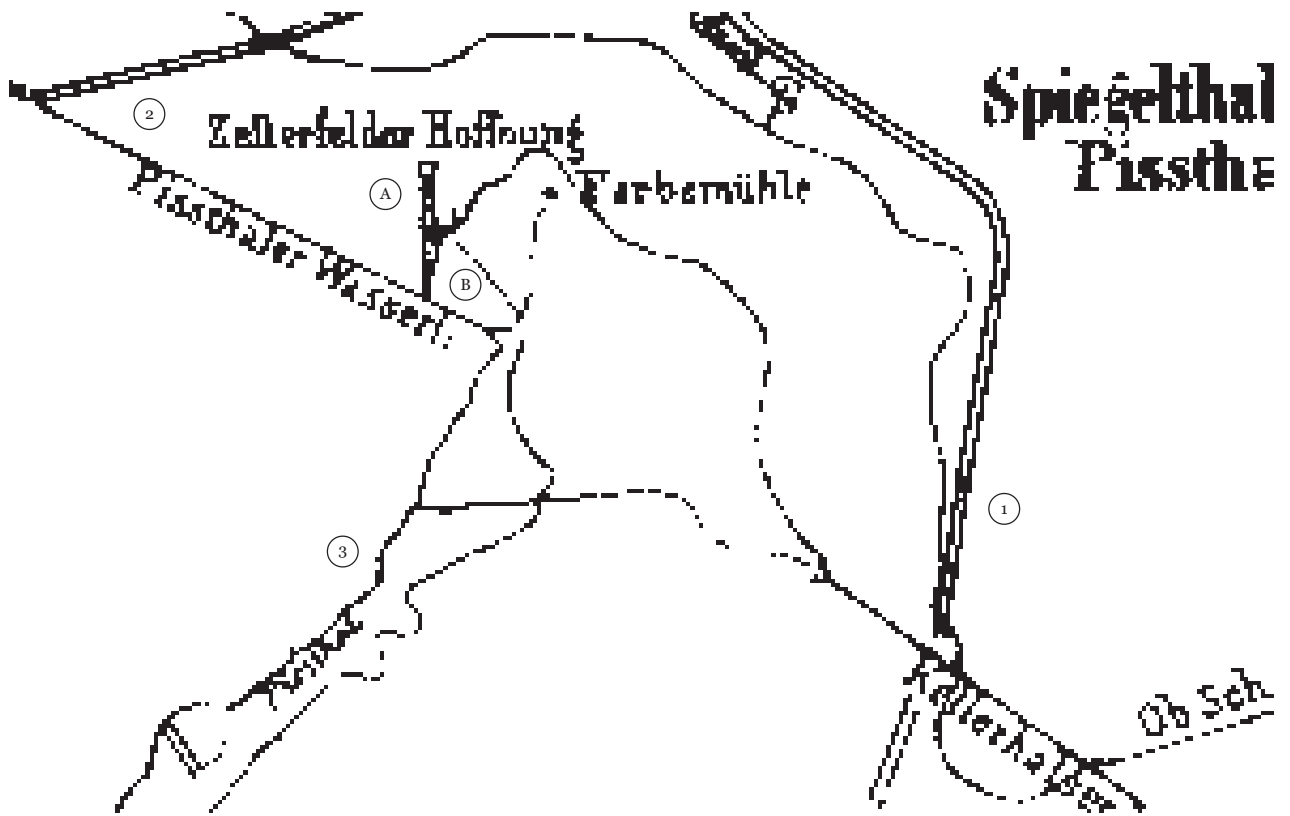


Abb. 63: Wasserwirtschaftskarte von 1868, Gebiet östlich Bockswiese (A. Dumreicher [L79], Harzbibl.).



Abb. 64: Ablaufrösche der Kunstradstube am Zellerfelder Hoffnungsschacht.

25. .

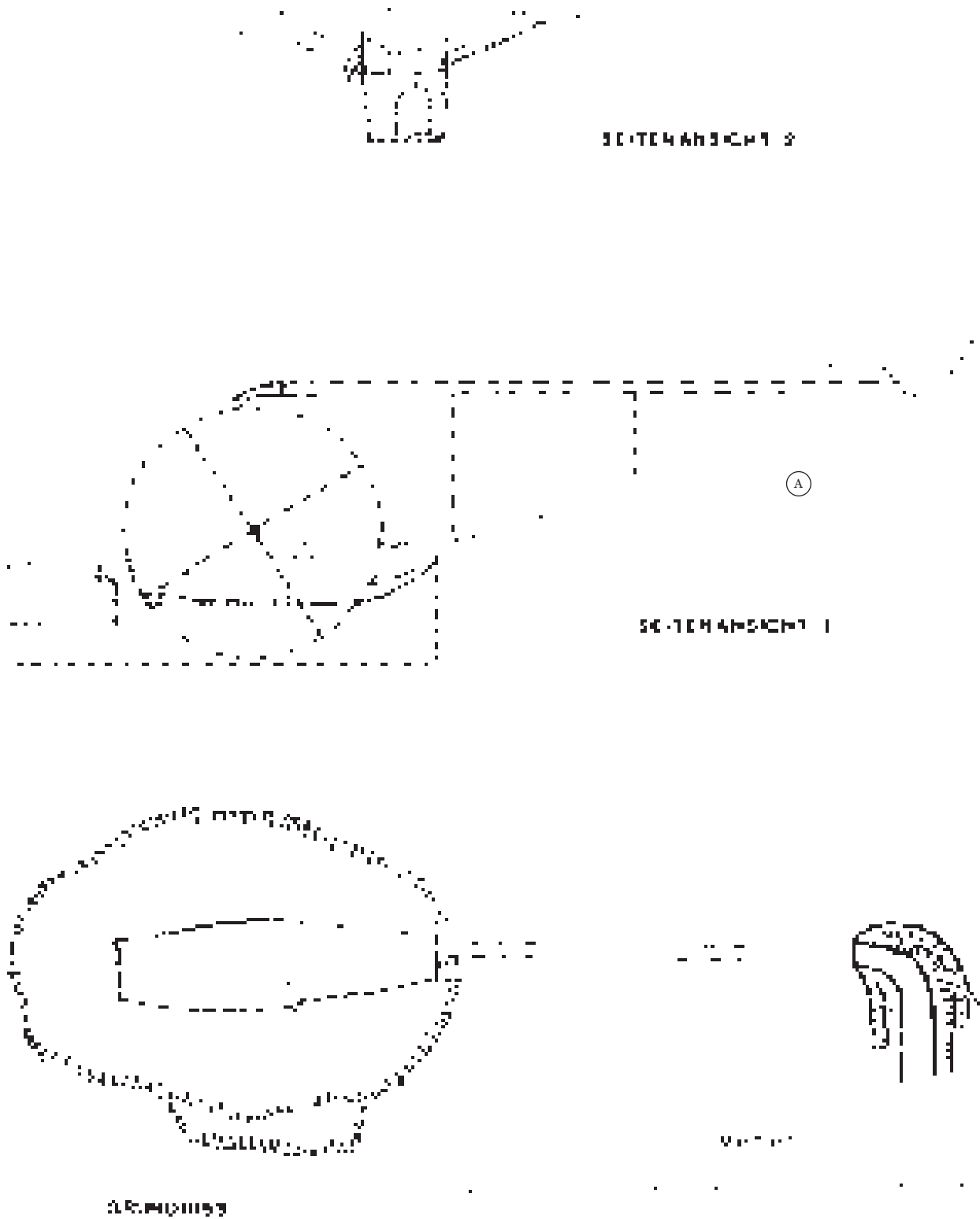


Abb. 65: Computergestützte Vermessung, durchsichtiges Drahtmodell mit Ergänzungen. Geometrie der Kunstradstube am Zellerfelder Hoffnungsschacht mit Andeutung eines Wasserrad von 10,5 m.

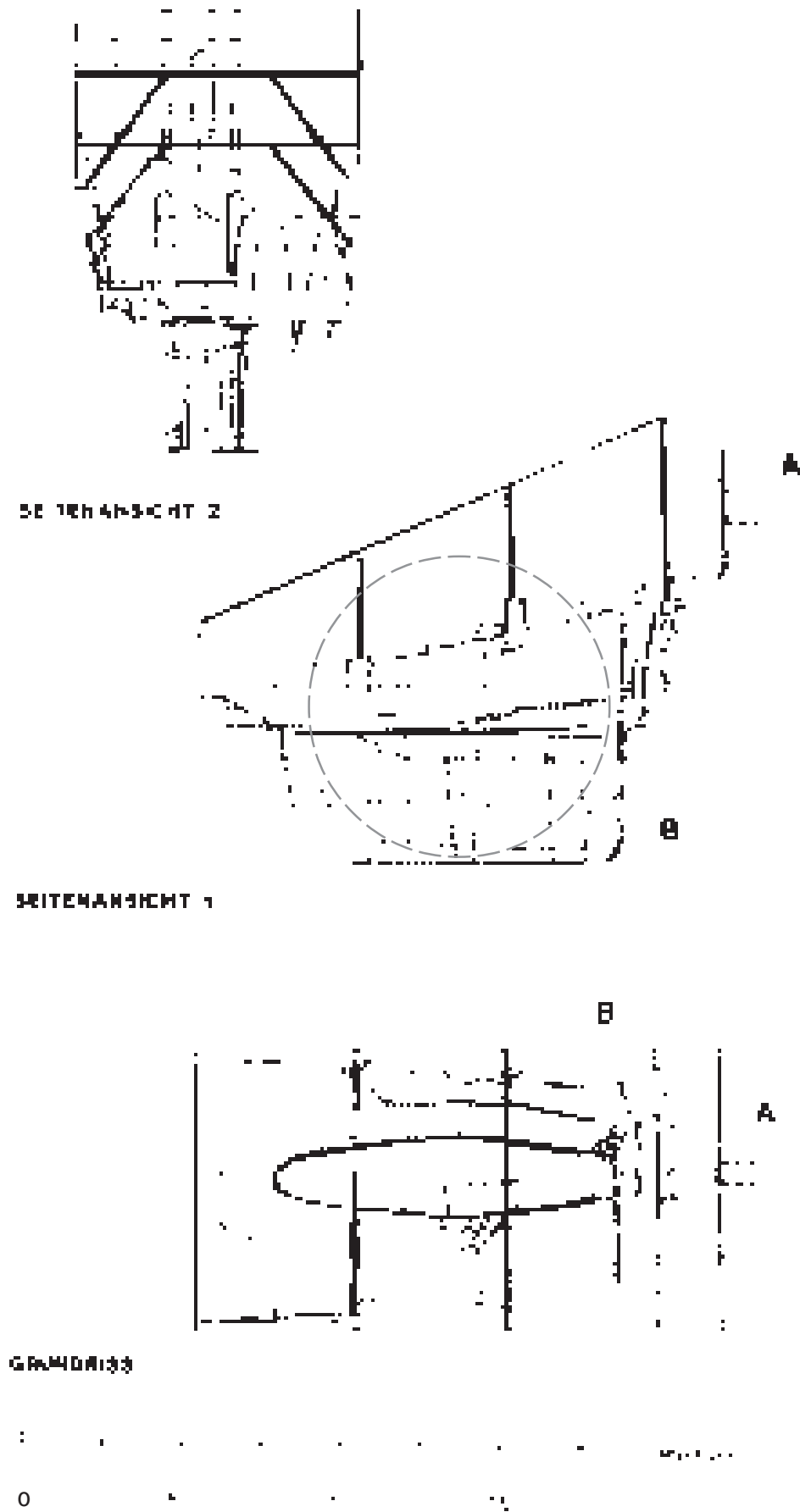


Abb. 66: Computergestützte Vermessung, durchsichtiges Drahtmodell. Geometrie der Radstube der Grube Glasebach sichtbare Kanten durchgezogen, Schnittlinien gestrichelt.



Abb. 67: Radstube der Grube Glasebach mit Eingang zum Besucherstollen im neuen Haus.

4.2.10 Radstuben am Schacht Herzog Georg Wilhelm, Clausthal, (Nr. 15)

In der Harzbibliothek liegt eine Planungszeichnung für die gemeinschaftliche Radstube für die Fahr- und Wasserkunst, **Abb. 68**, des Schachtes Herzog Georg Wilhelm.¹¹⁰

Ein großes Fahrkunstrad mit 11,4 m Durchmesser und ein kleineres Wasserkunstrad¹¹¹ mit 8,2 m sind in einer gemeinsamen Radstube so angeordnet, daß die Wasserzulaufe auf gleicher, die Abläufe aber auf unterschiedlicher Höhe liegen. Das Abwasser des kleineren Rades stand somit 3,2 m höher zur Verfügung und konnte noch das zugehörige Kehrrod des Schachtes antreiben. Aus dieser Anordnung

folgt zwangsläufig eine unterschiedliche Höhe der beiden Achsen. Beim kleineren Rad muß der Schleiftrog weniger tief ausgearbeitet werden, dagegen ist für den hohen Unterbau der Wellenlager eine stabile Holzkonstruktion erforderlich. Die Radstube hat zu beiden Seiten je eine Rösche für das Abfallwasser bzw. Zugang. Die gemauerten Stirnwände der Schleiftröge laufen nach unten mit etwa 60° zusammen. Die Kurbelzapfen für die Pleuel haben die Form einer Kreisscheibe mit eingesetztem Stift. Vom Boden des Schleiftroges bis zum First beträgt die Gesamthöhe 16,5 m.

4.2.11 Radstuben der Dorothea, Clausthal, (Nr. 16 Seite Nr. 18)

Am östlichen Teil des Burgstätter Gangzuges hatten die Gruben Dorothea (seit 1656) und Caroline über lange Zeit reiche Ausbeute. Um 1860 verlagerte man die Förderung zum dampfbetriebenen Marienschacht.¹¹²

Einige Zeichnungen sollen die Gebäude und Einrichtungen auf der Grube Dorothea veranschaulichen. So findet man bei Calvör, 1763, eine Ansicht, in der die Gebäude

der Grube auf einer Halde thronen (**Abb. 69**). 70 Jahre später, um 1834, gibt C. Zimmermann sein Buch [L217] über den Harz heraus mit einer Zeichnung von W. Saxesen, die sehr ausführlich das Gelände mit den Gebäuden und Einrichtungen darstellt (**Abb. 70**). Im Vordergrund kommt von links das Kunstgestänge und verläuft unterirdisch weiter in den Gaipel hinein. Die dahin-

¹¹⁰ Zum Lageplan vgl. H. J. Boyke [L57].

¹¹¹ A. Dumreicher [L79–Seite 52].

¹¹² C. Bartels [L37–Seite 559].

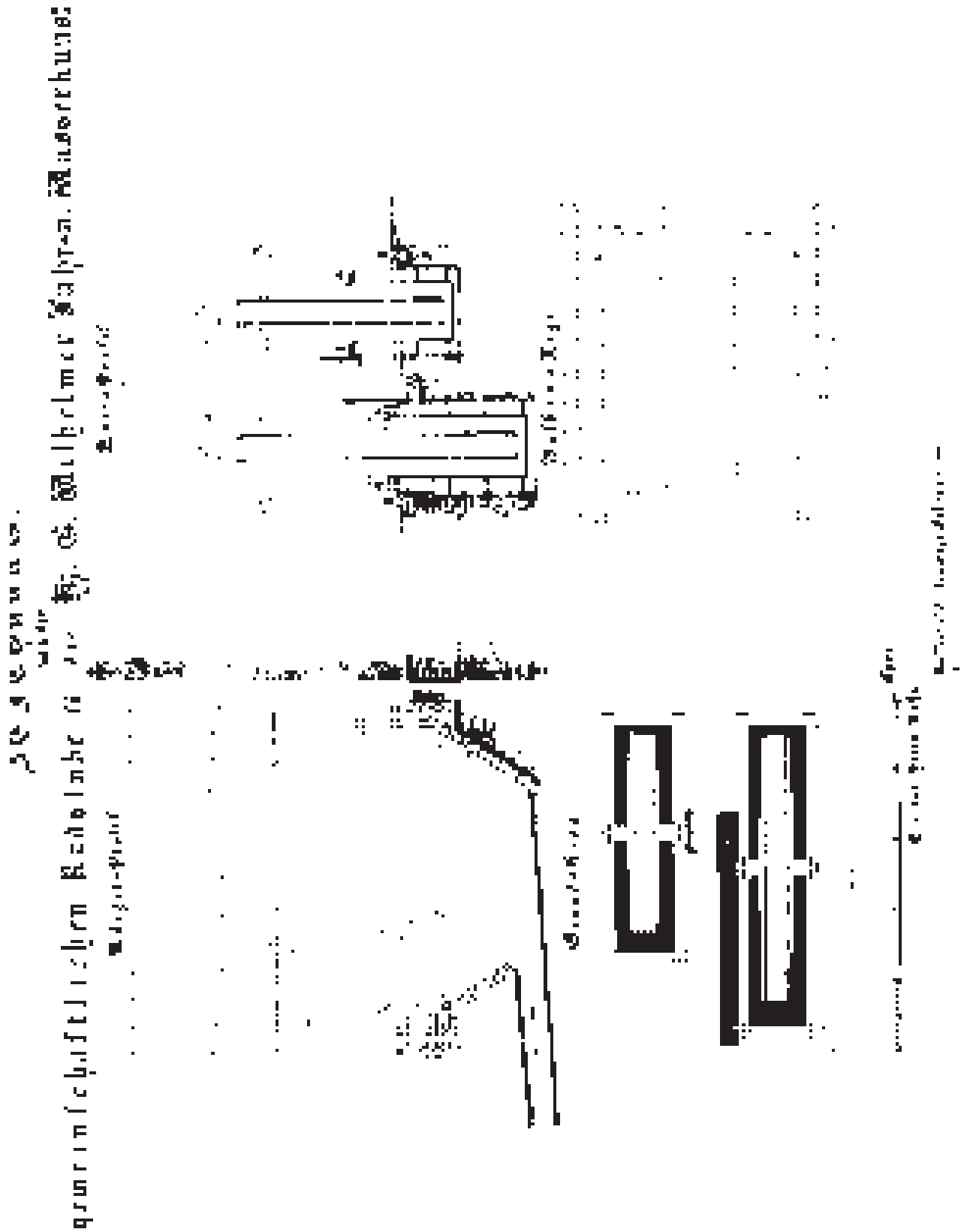


Abb. 68: Zeichnung der gemeinschaftlichen Radstube für die Herzog Georg Wilhelmer Fahr- und Wasserkunst, Entwurf 1861 [Z54] (Harzbibl.).

ter liegende Kehrradstube (B) ist über die schräge Seiltrift mit dem Gaipel (A) verbunden. Am rechten Bildrand ragt das Zechenhaus heraus. Vor dem Harzgebirge im Hinter-

grund auf der linken Bildseite steht die entsprechende Einrichtung der Grube Caroline.

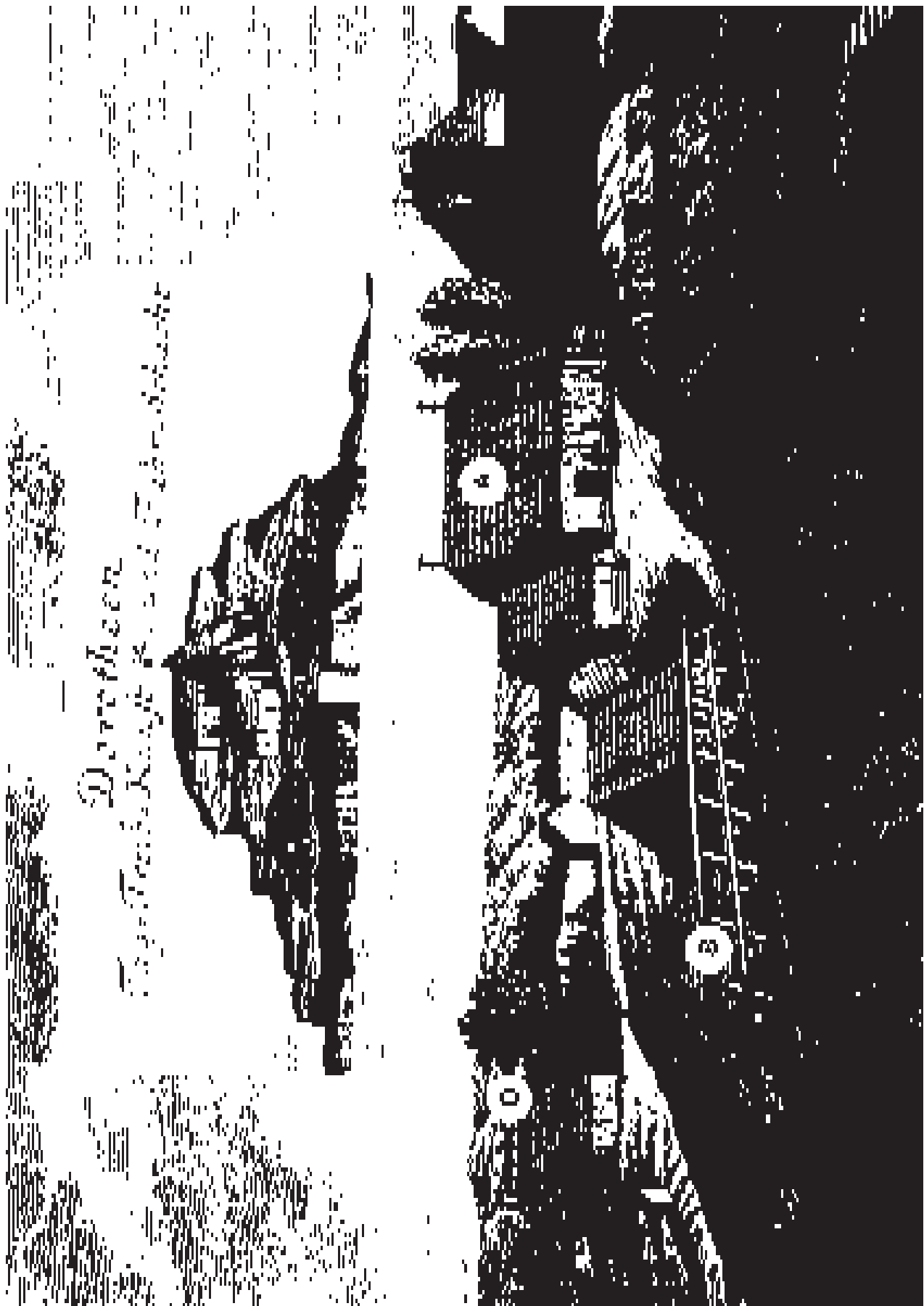


Abb. 69: Dorothea, 1763 (H. Calvör [L64], UB).

Abb. 70: Dorothea, um 1830 (W. Saxesen [Z68], aus Chr. Zimmermann [L217]).

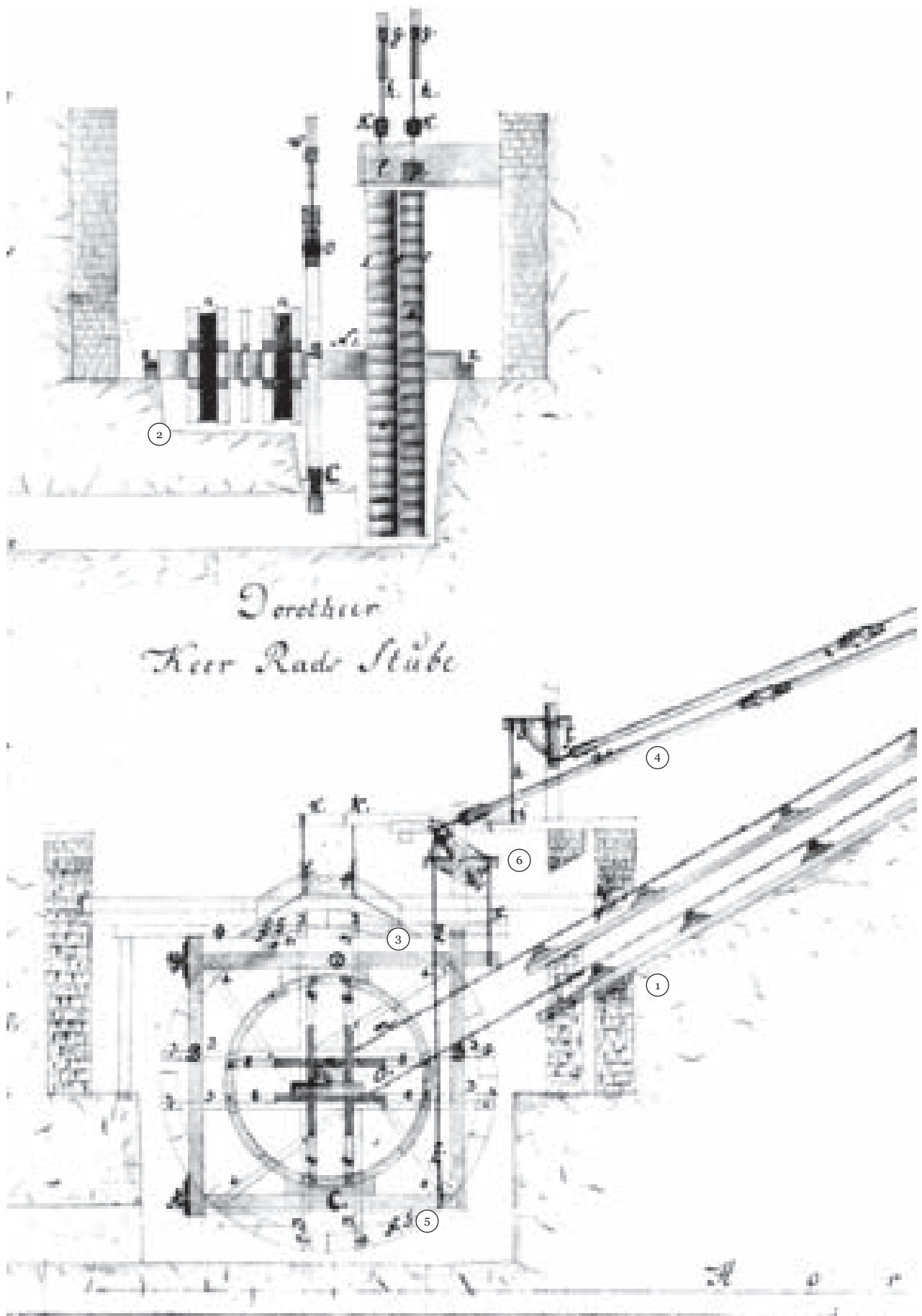


Abb. 71: Kehrrad der Grube Dorothea, 1771 (C. A. Rausch 1771 [Z67]).

Auf dem Riß von C. A. Rausch [Z67] (1771) wird der Standort und die Ausrichtung der Wasserkraftanlagen im Gelände deutlich. Während das Kehrrad (B) unmittelbar in der Nähe des Schachtes seine Arbeit verrichtet, benötigt das Kunstrad¹¹³ ein langes Gestänge. Es steht unterhalb des Dammes des unteren Pfauenteiches. Vom Gaipel aus gesehen schließen die Verbindungen zu den Radstuben einen Winkel von 40° ein.¹¹⁴

Eine entsprechend detailreichere Darstellung gibt Quensell [Z64], bei der auch der im Teich aufgeschüttete Damm für ein früheres Kunstgestänge zu erkennen ist.

Auf dem Plan von A. Dumreicher aus dem Jahre 1868 (wie Abb. 63) sind neben der Grube Dorothea, die Grube Caroline und der neu errichtete Schacht Königin Marie vermerkt. Nach Verlagerung der Förderung zum Marienschacht sind 35 Jahre später um 1895 die Wasserkraftanlagen der Grube Dorothea nicht mehr in Betrieb. Die nicht benötigten Wasser leisten auf dem Weg in Richtung Anna Eleonora aber noch an anderen Rädern ihre Arbeit und helfen bei der Erzwäsche. Im Laufe der Zeit wurde der Verlauf der Straße geändert, die Autos umfahren heute das Dorotheer Zechenhaus im Westen.

Dorothea, Kehrradstube (Nr. 16)

Für das Kehrrad und seine Radstube findet sich bei C. A. Rausch eine maßstabsgerechte Zeichnung (Abb. 71). Das Seil geht mit 30° vom Rad zum Gaipel. Dieser Winkel wurde auch in der Runden Radstube am Rosenhof von Schulz 1822 vorgefunden. Die Radstube steht teilweise im Gestein, im oberen Teil ist sie ausgemauert. Der Schleiftrog (2) ist wie in der Runden Radstube abgestuft. In der Seiltrift, oberhalb der auf Rollen laufenden Seile, (1) wird das Steuergestänge geführt.

Im Atlas von Vилlefosse¹¹⁵ ist die Technik dieses Gaipels schematisch abgebildet (Abb. 72). Sie zeigt bei (1) das vom Kunstrad angetriebene Kunstgestänge und bei (2) das Kehrrad. Die Richtungen vom Gaipel zu den Wasserrädern bilden, hier idealisiert, einen rechten Winkel, das rechts gezeichnete Kehrrad wurde in der Seitenansicht herausgeklappt, wie man aus den drei Ansichten der Seilscheiben (3) erkennen kann.

Auch im Modell im Maßstab 1:36 stehen Kunst- (2) und Kehrrad (1) im rechten Winkel zueinander (siehe Abb. 4). Die Form des Daches über dem Kunstrad ist vergleichbar mit der des Kehrrades bei Saxesen (Abb. 70) und in Abb. 9, das Dach besitzt geschwungen gebogene Balken. Das Kehrrad ist im Modell nicht überdacht.

Die Anordnung von Seilkörben, Bremsrad und Kehrrad auf der Welle stimmt mit der bei Vилlefosse sowie bei C.A. Rausch überein.

In den Jahren 1842–45 bekam der Schacht eine Fahrkunst und zu deren Antrieb ein unterirdisches Kunstrad.¹¹⁶

113 M. Schmidt [L181], vgl. Farbabb. 13.

114 Angaben zur Versorgung mit Aufschlagwasser und zu früherer Verwendung von Menschen und Pferdekraft beschreibt G. A. Stelzner in von Trebra [L52–Seite 109].

Dorothea, Kehrradstube (Nr. 17)

In einem kolorierten Riß zeigt sich die Grube Dorothea nach ihrem Umbau (Abb. 73–Ausschnitt von Abb. 1). Dieser Riß könnte als Nachfolger für das Modell gelten. Er bietet umfangreiche Einzelheiten zur Technik, zum Bergbau und zu den dort tätigen Menschen.

Auch diese Darstellung der Kehrradstube lädt zu einem Vergleich mit der von C. A. Rausch ein. Neben der hier gezeigten hochmodernen Fördermaschine mit Getriebe sind jedoch viele Details unverändert geblieben. Die Lage der Steuerstangen und der Seile in der Trift, die nach links abgehende Rösche und der Wasserkasten über dem Rad sind vergleichbar. Allerdings gibt es Unterschiede in der Darstellung des Überganges zwischen Gestein und Ausmauerung.

Dorothea, Kunstradstube (Nr. 18)

Das Kunstrad dieser Grube stellt eine Besonderheit bezüglich seiner Konstruktion dar. Neben der unsignierten Gesamtdarstellung (Abb. 1) bietet ein separater Riß (Abb. 74) mit der Signatur von A. Polle sehr detailreich Einblicke in die Technik dieses Kunstrades. Die Darstellungen, aus gleicher Hand wie auch Abb. 2, sind äußerst akkurat und mit sehr vielen technischen Einzelheiten ausgeführt, die häufig für die Betrachtung mit einem Vergrößerungsglas angelegt sind.

Erklärungen zu der ungewöhnlichen Konstruktion mit geteilten Hauptarmen finden sich bei A. Dumreicher im Jahre 1868:

»Die Verarmung ist durchweg um die Welle angebracht, und nur in einzelnen Fällen, z. B. Grube Dorothea, wo die Arme ihrer Länge wegen, 40 Fuß, nicht in die Grube hätten geschafft werden können, sind gußeiserne Armsterne auf die Welle gekeilt und in deren Taschen die Arme eingelegt und festgeschraubt. In anderen derartigen Fällen hat man auch wohl bei um die Welle gelegten Armen diese zwischen Welle und Kranz geteilt und die mit großer Sorgfalt gearbeiteten beiden Verbandstücke durch Verkämmung und darüber aufgekeilte schmiedeeiserne Ringe in der Grube sorgfältig zu einem Ganzen verbunden.«¹¹⁷

Daß der Schleiftrog der Radstube am rechten Rand abgerundet ist, deutet Polle mit den im Bild abnehmenden Fugenabständen an. Eine Aussage über die Form des gesamten Troges läßt sich daraus jedoch nicht ermitteln.

Heute ist die Ablaufrösche, genannt Dorotheer Rösche, dank der Initiative der Harzwasserwerke für Besucher zugänglich.

115 Vилlefosse [L203–Pl. 33].

116 C. Bartels [L37–Seite 559].

117 A. Dumreicher [L79–Seite 57].

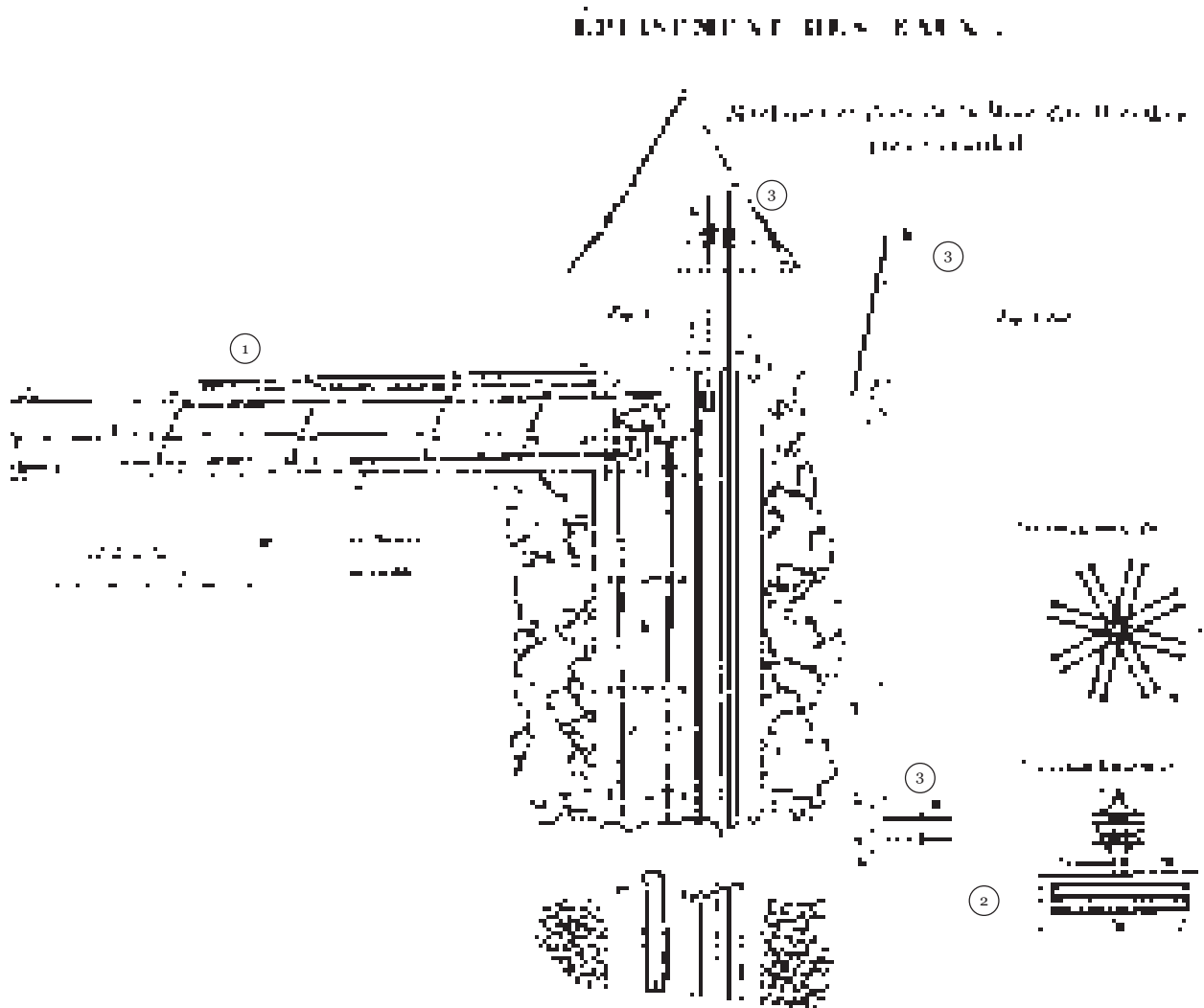


Abb. 72: Gaipel mit Kehrrad der Grube Dorothea, 1822 [Villefosse, Pl. 33 [L203]].

4.2.12 Ovale Radstube, Oberer Thurm Rosenhof, Clausthal, (Nr. 19)

In unmittelbarer Nähe der Runden Radstube am Thurm Rosenhof, ca. 80 m östlich, befindet sich die Ovale Radstube (OV)–Abb. 7. Eiserne Zaunpfähle mit Drahtseilen kennzeichnen heute das Gelände. Der zugehörige Oberer Thurm Rosenhöfer Schacht lag etwa 25 m weiter südlich.¹¹⁸ Er war bereits um 1819 seit mehreren Jahren nicht mehr in Betrieb.

Die Radstube ist bis heute noch erhalten und über die mit der Runden Radstube gemeinsamen Ablaufrösche zugänglich.

In einer Darstellung von Valentin Decker¹¹⁹ aus dem Jahre 1689 läßt sich die damalige Tiefe der noch offenen Radstube entnehmen. Ihr hölzerner Ausbau reicht etwas über das Rad hinaus. Zwei Gräben versorgen es über ein

gemeinsames Gefluder, der Sorger Graben (rechts im Bild) und ein anderer Graben (links).

Der Oberbergmeister Schulz beschreibt sie 1822:

»Die schönste Radstube am ganzen Harz, die leider jetzt unbenutzt stehet, ist die neben dem obern Thurmrosenhöfer Schachte.

Ein unterirdisches ovales Gemäuer 5 Lachter lang, 3 Lachter weit, 11 Lachter hoch, mit Kalk von lauter gestuften Steinen aufgeführt, die Firste sorgfältig gewölbt; daneben 2 eyrunde Gestängeschächte zu 6 Lachter tief und im kurzen Stoß einen runden Schacht zum Hängen der Welle und zum Bremszeuge. Wegen des ungeheuren Fleißes, welcher auf diese Mauerung angewandt ist, belaufen sich die Kosten der Radstube auf mehr als 6000 Rthlr.«¹²⁰

118 F. Balck [L27–bei (OR) in Abb. 37].

119 V. Decker [Z35].

120 Oberbergmeister Schulz [L186–Seite 108].

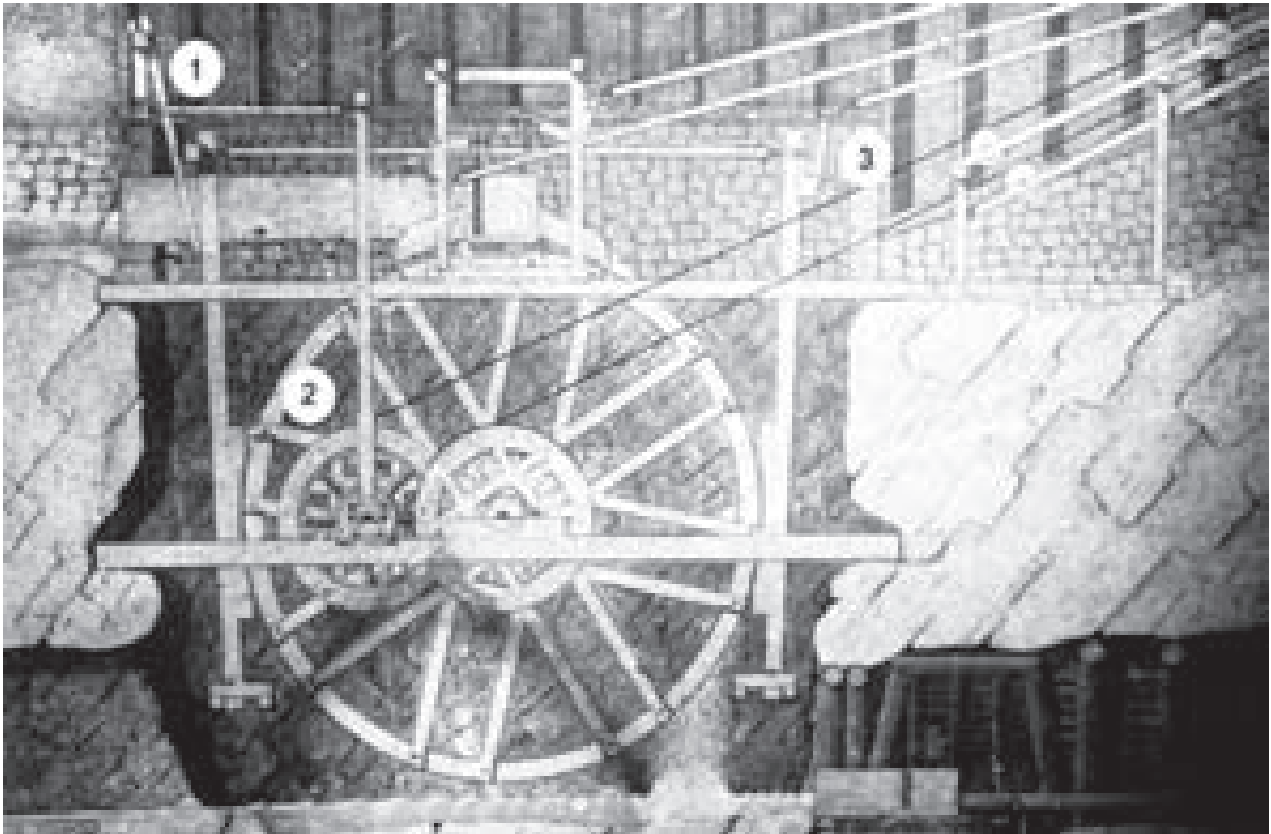


Abb. 73: Kehrrad der Grube Dorothea um 1860 (aus Abb. 1).

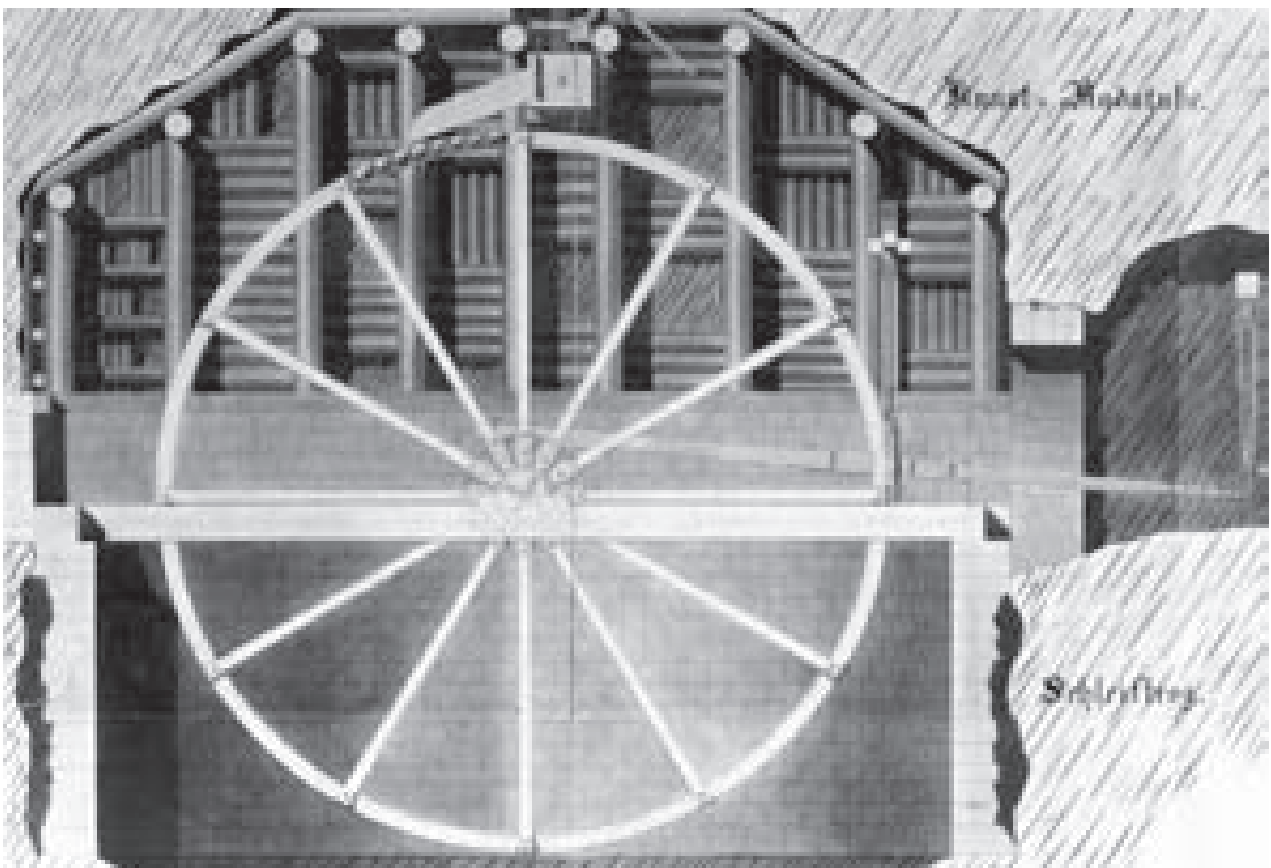


Abb. 74: Kunstradstube der Grube Dorothea um 1850 (A. Polle [Z62], UB: XVII C 46).

In einer Zeichnung von Villofosse¹²¹ mit Beschreibung (um 1819) kann man lesen:

»Die Fig. 6, 7 und 8 der Abth. I stellen die gemauerte Kehrradsstube des Thurmrosenhöfer Treibschachtes zu Clausthal dar.*

*Seit mehreren Jahren ist dieser Schacht nicht mehr in Gebrauch, und die Radstube ist vermauert.«

»Fig. 6, horizontaler Durchschnitt nach der Linie LM Fig. 8.

Fig. 7, senkrechter Durchschnitt nach der Linie CD Fig. 6.

Fig. 8, Profil der Maurung und der Förderungs-Maschine, nach einer durch die Linie AB Fig. 6 gehenden Ebene.

A, B, Radstube

C, D, Schächte, in welchen sich die stehenden Bläuel cg, ed bewegen.

E Bremsstangenschacht.

F Kehrrad, welches mittelst der Bremse LM aufgehalten werden kann.

G Korb, auf welchem sich das Treibseil windet.

H Korbstuhl und hölzerne Bogen des Bogendaches der Gaipel

a Bogenöffnungen zu beiden Seiten des Rades, in

welchen die Zapfenlager liegen, und wodurch das Rad stückweise in die Radstube gebracht worden.

b Wasserlauf und Gerenne, durch welche die Aufschlagewasser auf das Rad geführt werden.

c, g, e, d doppelte Krummzapfen und stehende Bläuel i Zapfenlager (Angewelle)

h Kreuz, mittelst welches die Bremse bewegt wird

y Bremsgestänge.«¹²²

Sehr viel ausführlicher und liebevoller stellte C. H. Schottelius die Ovale Radstube dar.¹²³ In einem Sonderdruck hat der Oberharzger Geschichts- und Museumsvereins 1998 diese farbige Zeichnung reproduziert und veröffentlicht, der Grundriß ist in **Abb. 75** wiedergegeben. Die übrigen Ansichten sind farblich wiedergegeben und ausführlich beschrieben und erläutert.¹²⁴

Wenn demnächst der Zugang über die Ablaufrösche freigeräumt ist, dürften sich die Besucher von den gewaltigen Ausmaße des Gewölbes und der Öffnungen beeindruckten lassen.

Als Ergänzung sei noch auf eine Prinzipskizze von Villofosse für Bockswiese verwiesen (**Abb. 76**), die die Verbindung zum Schacht skizziert und wie bei der Ovalen Radstube die Seilkörbe übertage und das Wasserrad untertage zeigt.

4.2.13 Radstube Dorothee, Freiberg, (Nr. 20)

Eine ähnlich geformte untertägige Radstube wie die am Oberen Thurm Rosenhof gehört zum Dorotheer Wassergöpel auf dem Himmelsfürst, Fundgrube zu Freiberg (**Abb. 77**). Die Gewölbekappe und der Querschnitt haben eine etwas andere Form als bei der Ovalen in Clausthal. Während am Thurm Rosenhof die unteren Gelenke der Bremsbäume von Balken gehalten werden, stehen sie hier auf schräg gemauerten Stirnwänden (3) des Schleiftroges. Schräg von der Seite (6) fließt das Antriebswasser auf einer Bühne über dem Rad. Die Stangen für die Maschinensteuerung laufen durch einen kleinen senkrechten Schacht (4) in der Mitte nach oben. Es gibt zwei quadratische

Öffnungen (1), (2) über den Doppelkrummzapfen an den Wellenenden. Dort bewegen sich jeweils zwei Stangen auf und ab zum Antrieb der Seilkörbe über der Radstube. Die seitlichen Öffnungen (5) für die Welle sind im Gegensatz zum Thurm Rosenhof keine Vollkreise, sondern nahezu Halbkreise mit flacher Grundfläche. Die Ablaufrösche (7) hat eine ovale Form.

Die Konstruktion von Rad und Mechanik ist mit der in der ovalen Radstube in Clausthal vergleichbar, wenn es auch einige Abweichungen gibt, wie beispielsweise die Winkelstellung der Radarme untereinander.

4.2.14 Radstuben im Rammelsberg, Goslar, (Nr. 21–24)

Seit den Reformen von Roeder¹²⁵ zu Anfang des 19. Jahrhunderts fließt das Wasser des Herzberger Teiches über eine Kaskade von vier Rädern durch den Berg und verläßt ihn wieder über den Raths-Tiefsten Stollen. Die schwierige Aufgabe, mit dem geringen Gefälle von etwa 36 m die Räder anzutreiben, hatte Roeder meisterlich gelöst. Wie die Rad-

stuben und Wasserläufe im Berg angeordnet sind, folgt aus **Abb. 78**. Drei der Räder sind noch heute in ihren Radstuben zu besichtigen. Hierzu gehören das Kehr- (2) und das Kunstrad (3) des Neuen Serenissimum-Schachtes sowie das Kehrrad (1) des Kanekuhler Schachtes. Die Radstube des unteren Kunstrades (4) enthält heute kein Rad

121 Vgl. F. Balck [L27–Abb. 115, H. Radday[L159–Abb. 66].

122 Villofosse [L203–Pl. 12].

123 F. Balck [L27–Abb. 117].

124 F. Balck [L25, L28–Abb. 37, 38, 39, 40].

125 R. Roseneck [L171–Seite 21], C. Bartels [L35–Seite 26], H. Spier [L193–Seite 22], H. Dennert [L71–Seite 176].

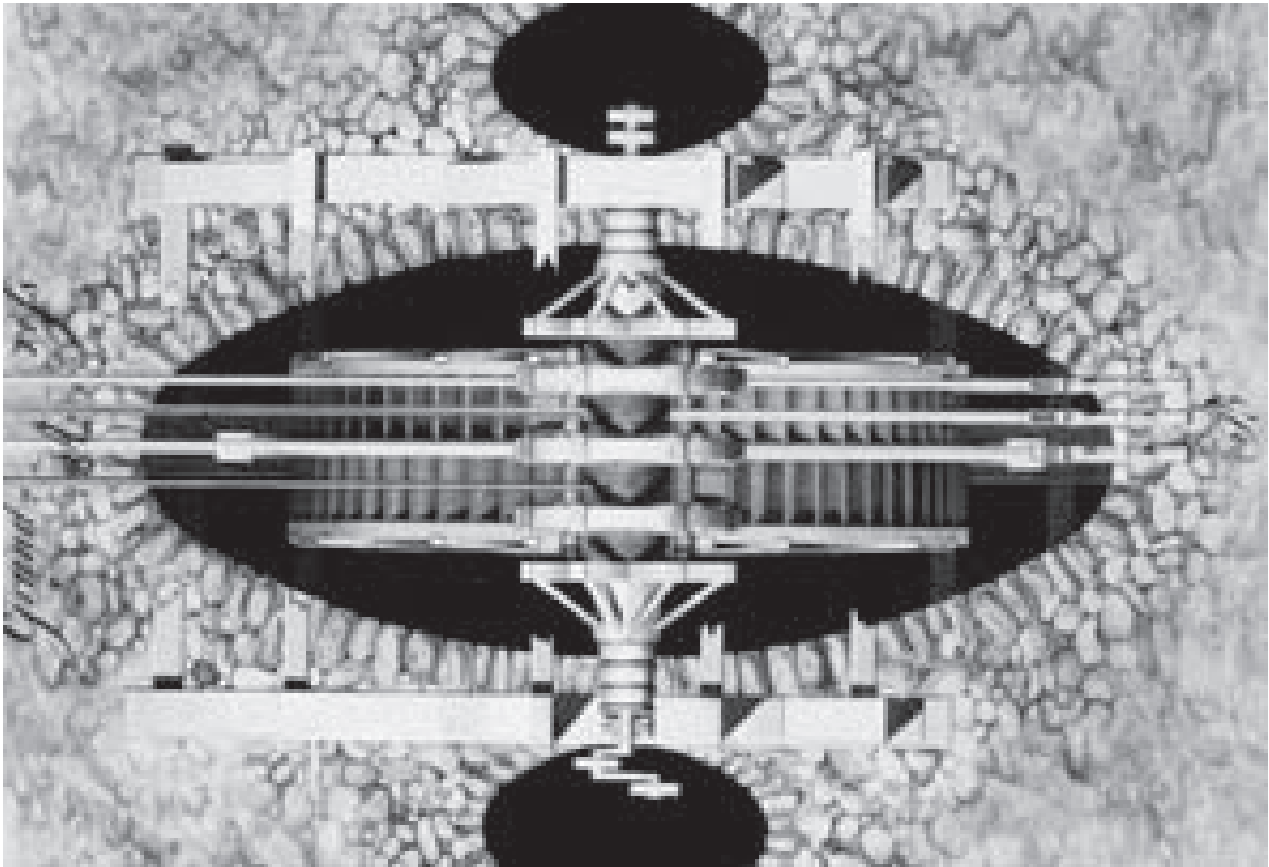


Abb. 75: Ovale Radstube, Oberer Thurm Rosenhof, 1816 (Schottelius [Z78], Deutsches Museum München, Plansammlung TZ 2529).

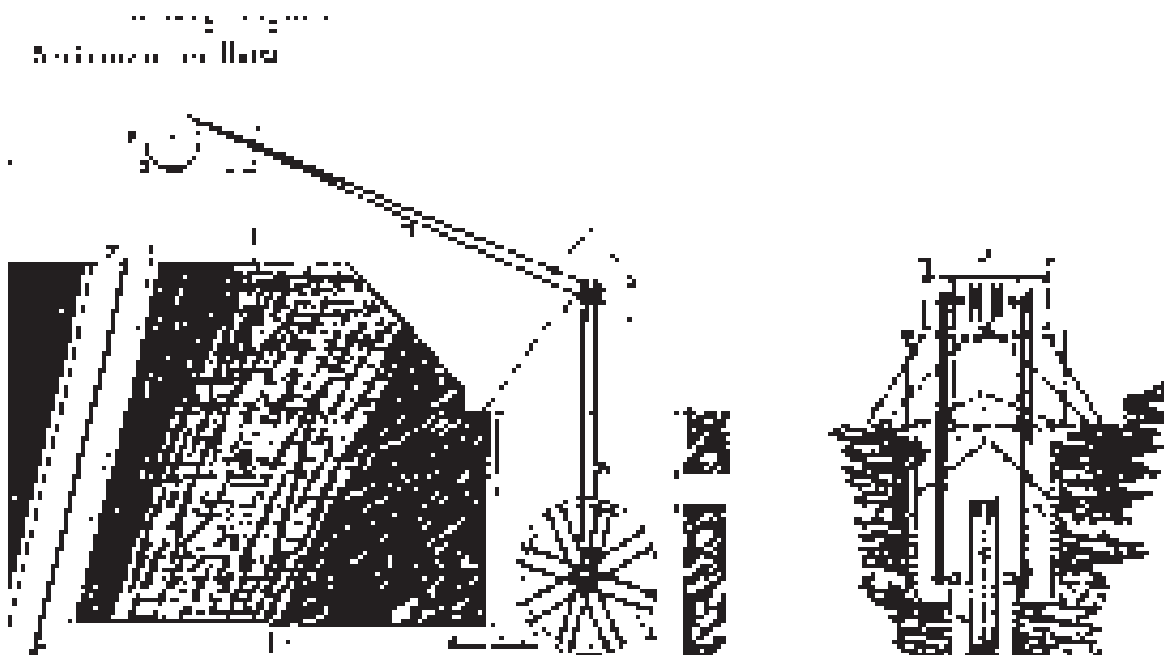


Abb. 76: Radstube Herzog August in Bockswiese. Kehrrad und Seilkorb sind über senkrechte Treibstangen gekoppelt, 1822 (Vilfosse [L203]).

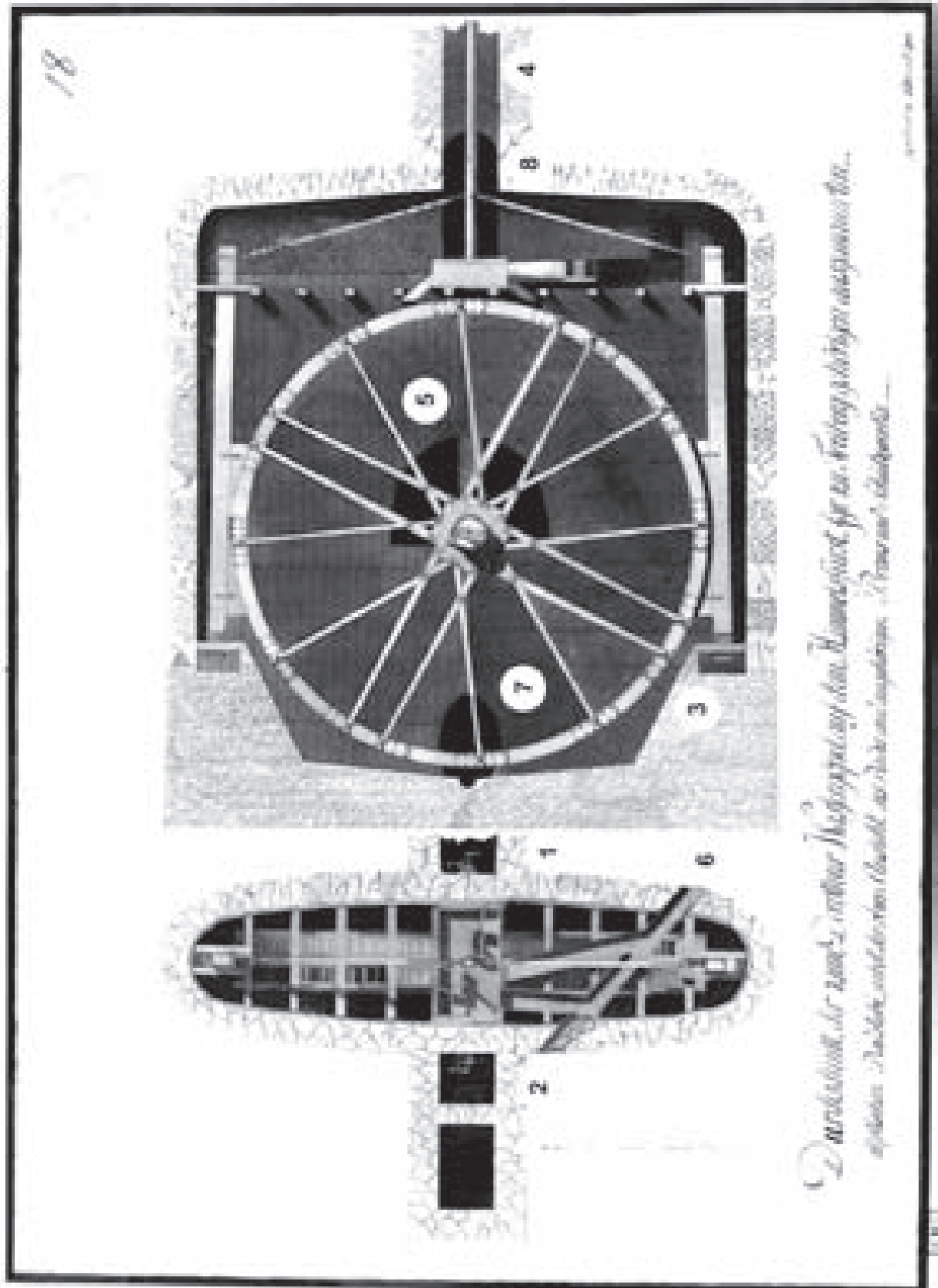


Abb. 77: Zeichnung der Radstube am Dorotheer Wassergöpel. Himmelsfürst Fundgrube Freiberg, 1790 (G. Steinert [Z81], Deutsches Museum München, Plansammlung TZ 2541).

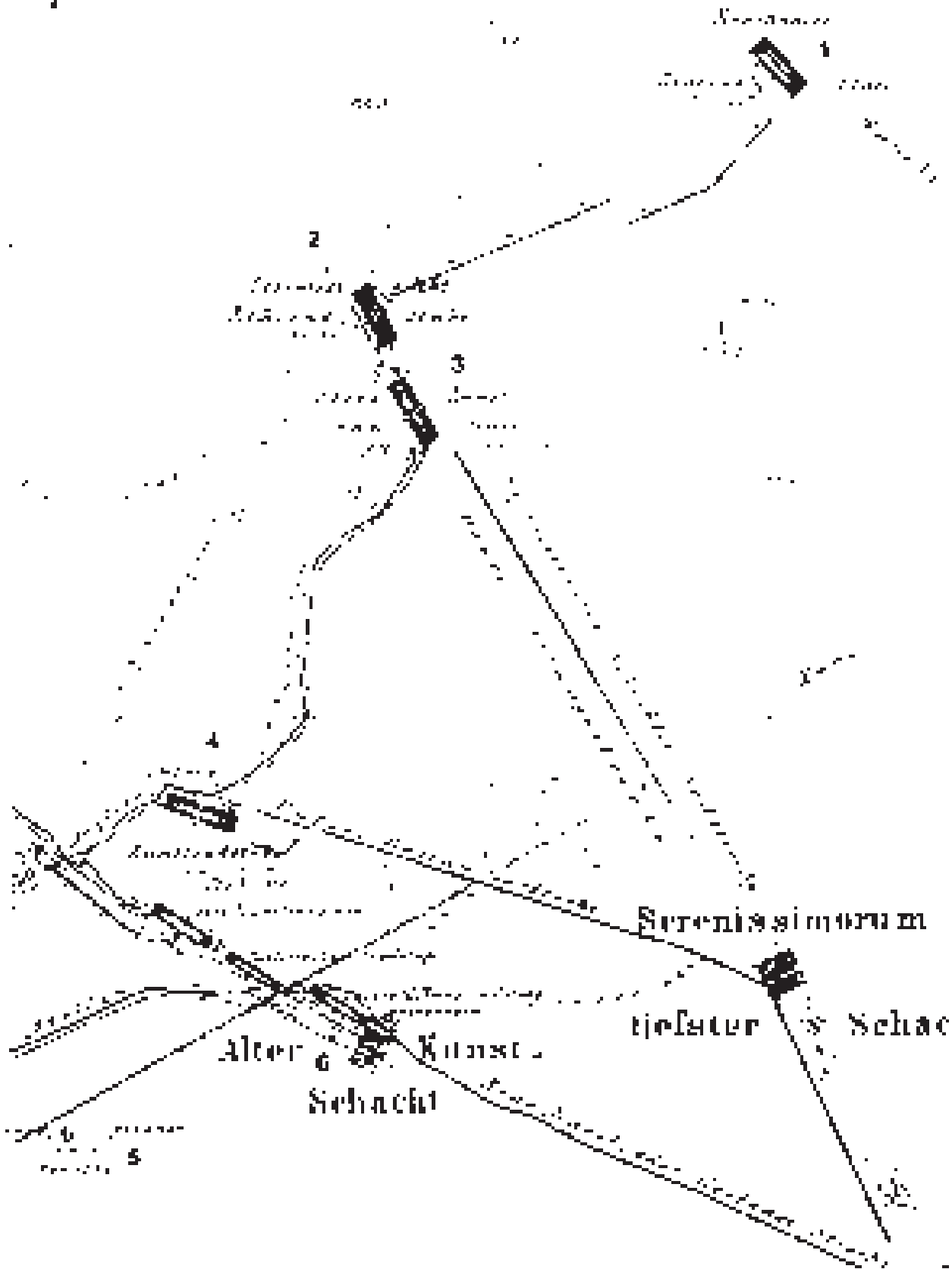


Abb. 78: Wasserwirtschaft im Erzbergwerk Rammelsberg um 1895 nach Durchführung der Roederschen Reformen (König [L121]).

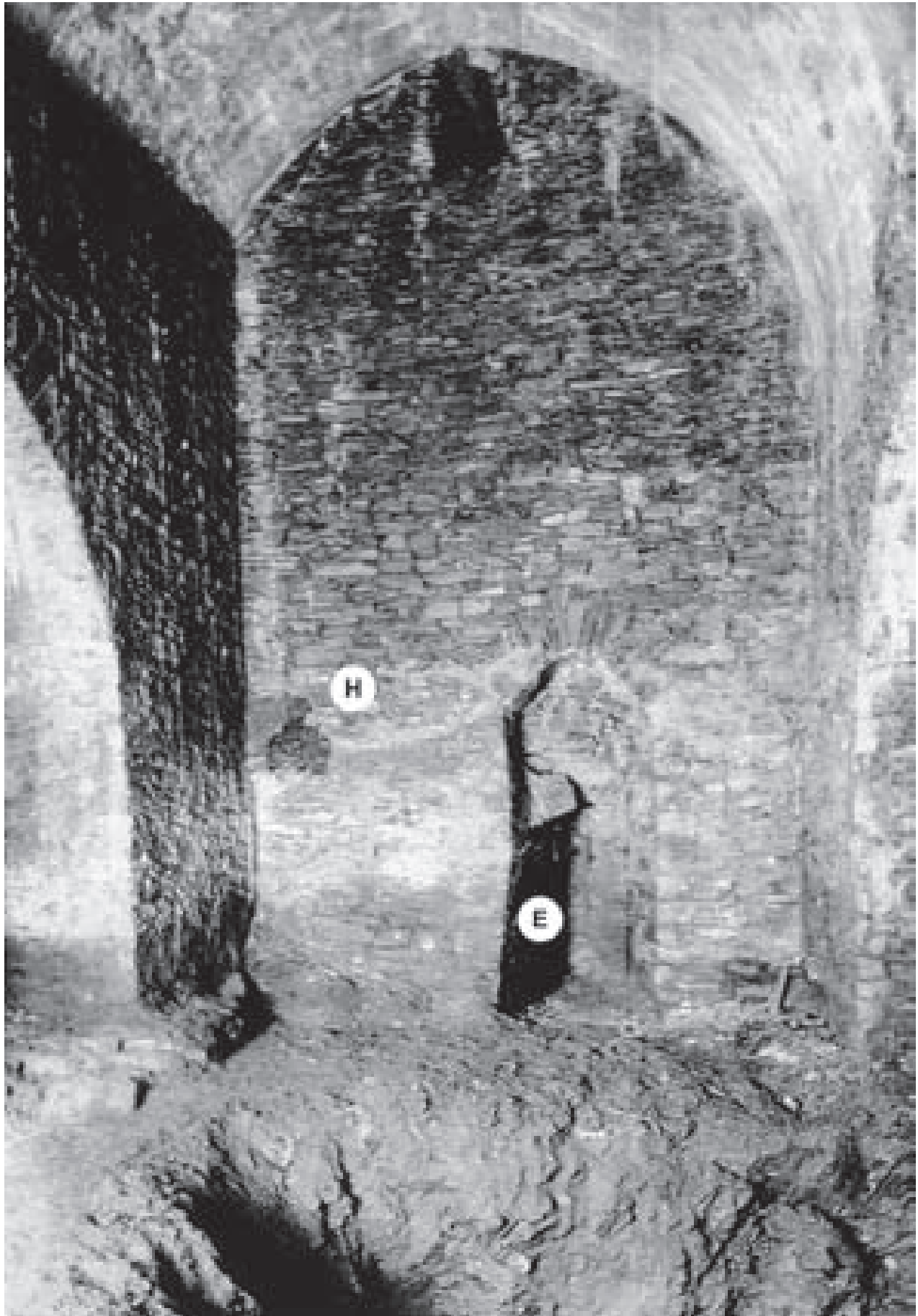


Abb. 79: Feuergezáher Gewölbe im Rammelsberg um 1900 (Harzbibliothek).

mehr. Manche Teile der Räder sind original erhalten, andere wurden vor einigen Jahren ergänzt. Das Kanekuhler Kehrrad ist eine Rekonstruktion aus dem Jahre 1995.

Etwa um 1910 bekam der Serenissimorum-Schacht zunächst eine elektrische Fördermaschine.¹²⁶ Durch den Bau eines Richtschachtes 1911 verloren die beiden Schächte an Bedeutung. Die Kehrräder benötigte man nicht mehr.

Im Bereich des alten Bergbaus gibt es noch eine weitere Radstube, das sogenannte Feuergezäher Gewölbe (5). Sie ist ausgemauert und stammt vermutlich aus dem 13. Jahrhundert.¹²⁷ Die im 21 m tiefen Schacht¹²⁸ installierte Pumpenkunst wurde im Jahre 1585 abgeworfen.¹²⁹

Der Plan von König (Abb. 78) zeigt auch die älteren drei Kunsträder (6) am Alten Kunst Schacht. Ihre Durchmesser waren:¹³⁰

| | | |
|------------|---------------|-------------|
| oberes Rad | 7,67 m | (1720) |
| mittleres | 7,20 m/6,28 m | (1730/1716) |
| unteres | 5,28 m | (1730) |

4.2.14.1 Feuergezäher Gewölbe im Rammelsberg, Goslar, (Nr. 21)

Eine Fotoplatte, vermutlich aus der Zeit um die Jahrhundertwende, gewährt einen Einblick in das Feuergezäher Gewölbe zu der Zeit, als der Schacht unter dem Gewölbe noch offen war (Abb. 79). Bei Wilhelm Bornhardt [L54] findet sich eine ausführliche Abhandlung dieser Radstube mit beschreibendem Text sowie fünf Ansichten und einem Grundriß von Regierungsbaurat Becker, signiert mit 1930¹³¹. Das Gebäude ist nahezu vollständig ausgemauert. An zwei verbliebenen Öffnungen in der Mauer (F), (H)–Abb. 81 steht noch der umgebende brüchige Schiefer, dessen Schichten unter 40° einfallen, an.

In Abb. 80 sind die Ergebnisse einer computergestützten geometrischen Vermessung von 1994 dargestellt. Es handelt sich um die Ansicht eines Drahtmodells⁹⁷. Alle gemessenen Linien sind gleichzeitig sichtbar. Für die Erfassung der Verformung wurden in nahezu regelmäßigen Abständen frei Hand Meßlinien auf die Wände gelegt, die hier gepunktet gezeichnet sind. Einen Ausschnitt mit steingerechtem Aufmaß gibt Abb. 81 wieder. Bei dieser Auflösung lassen sich die Maße und das Gefüge der Steine abgreifen. Einige der Steine im äußeren Bogen sind mehr als 70 cm lang. Die Seitenansicht 1 in Abb. 80 ist im Vergleich zu Abb. 81 und Abb. 82 seitenverkehrt, der Betrachter schaut durch eine »gläserne« SW-Wand.

Im Gegensatz zu der Zeichnung Beckers erlaubt der im Rechner gespeicherte Datensatz jederzeit die Abfrage von beispielsweise Differenzmaßen und Wandneigungen mit hoher Genauigkeit. Manche Idealisierungen, z. B. senkrechte Wände bei Becker, lassen sich mit den heutigen Daten vergleichen und anzweifeln.

126 R. Slotta [L190–Seite 26], H. Spier [L193–Seite 38].

127 R. Slotta [L190–Seite 55], R. Roseneck [L171–Seite 18].

128 P. Eichhorn [L81–Seite 177].

129 R. Slotta [L190–Seite 27].

Größere Veränderungen seit 1930, wie beispielsweise die eingebauten Stützkonstruktionen aus Holz und Eisen sowie der verschlossene Abgang in der SO-Stirnwand (E) fallen auf. Die ausgemauerte Nische in der SW-Wand mit den »Lampenöffnungen« (D) ist bei Becker noch nicht gemauert, er zeichnet dort natürliches Gestein. Kleinere Änderungen (Verformungen, Ribbildung) sind bei Becker nur mit Mühe zu erahnen.

Die reale Situation ergibt sich aus Abb. 82. Sie zeigt das »Gesicht« der Mauer mit unterschiedlichen Steinformen, Fugen und Füllmaterial sowie die Wand mit den Lampenöffnungen (D). Bei (C) tritt die starke Ribbildung im Gewölbebogen deutlich hervor. In der Nische (F) war nach Vorschlag von Bornhardt die Wasserradwelle gelagert. Er gibt den Durchmesser des Rades mit 6 m an. Diese Angabe kann stimmen, sie steht nicht im Widerspruch zur Geometrie des Raumes. Auch aus der Höhe der Nischen über dem Boden kann ein Radradius von 3 m abgeleitet werden. Da das Rad unsymmetrisch auf der dem Schacht abgewandten Seite (Richtung NO) der Welle steckte, brauchte man an der gegenüberliegenden SW-Längswand nicht soviel Freiraum zu schaffen. Somit wäre der trapezförmige Grundriß begründbar.

Neben der Aufnahme der exakten Geometrie wurden die Vermessungsarbeiten vor wenigen Jahren mit Schadensaufnahme¹³² und Beschreibung der Risse sowie kontinuierlichen Deformationsmessungen über einen längeren Zeitraum begleitet. Eine umfangreiche Fotodokumentation ist angelegt. Darüber hinaus wurden Präzisionsnivellierungen an speziell eingesetzten Meßbolzen durchgeführt, um Verformungen durch den Anstieg des Wassers in Grubengebäude nachzuweisen.

4.2.14.2 Kanekuhler Radstube im Rammelsberg, Goslar, (Nr. 22)

In der von Roeder geplanten Kette erhält zuerst das Kehrrad des Kanekuhler Schachtes sein Wasser aus dem Herzberger Teich. Die Technik der Maschinenanlage entspricht mit ihrer Konstruktion der in der Ovalen Radstube am Thurm Rosenhof. Die Seilkorbwelle ist von der Radwelle getrennt und wird an jedem Ende über zwei Treibstangen durch das Wasserrad bewegt (vgl. Abb. 76). Diese stehen nicht senkrecht, sondern sind etwa 45° geneigt (Abb. 83). Der Abstand der beiden Wellen beträgt ca. 8,5 m.

Im Rahmen der Aufwältigungsarbeiten im Schleiftrog und für den Einbau von Besuchertreppen wurde die Geometrie dieser Radstube computergestützt vermessen.¹³³ In Abb. 84 sind die Daten für eine gefälligere Darstellung per Hand umgezeichnet. Bei (A) fließt das Wasser über den Roeder-Stollen heran, bei (B) verläßt es die Radstube. Für die Lager der schweren Wellen (C) gibt es vier gemauerte

130 P. Eichhorn [L81–Seite 181].

131 R. Slotta [L190–Seite 52ff.].

132 F. Balck [L19], R. Wolf [L213].

133 F. Balck, [L22–Seite 23].

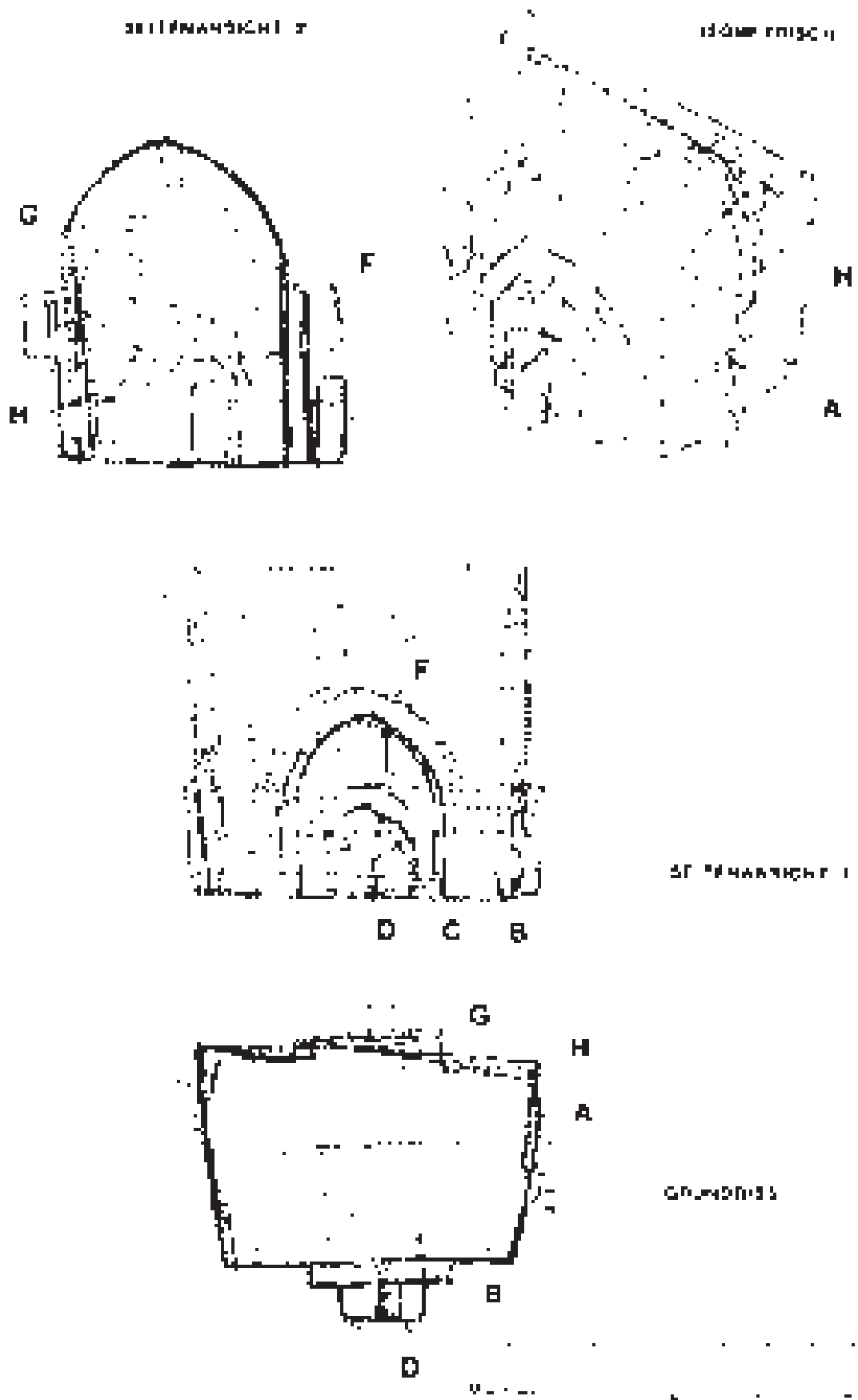


Abb. 80: Feuergezáher Gewólbe. Computergestútzte Vermessung. Verschiedene Ansichten als durchsichtiges Drahtmodell.



Abb. 81: Feuergesäher Gewölbe. Computergestützte Vermessung. Steingerechtes Aufmaß, große Nische für das Wellenlager.

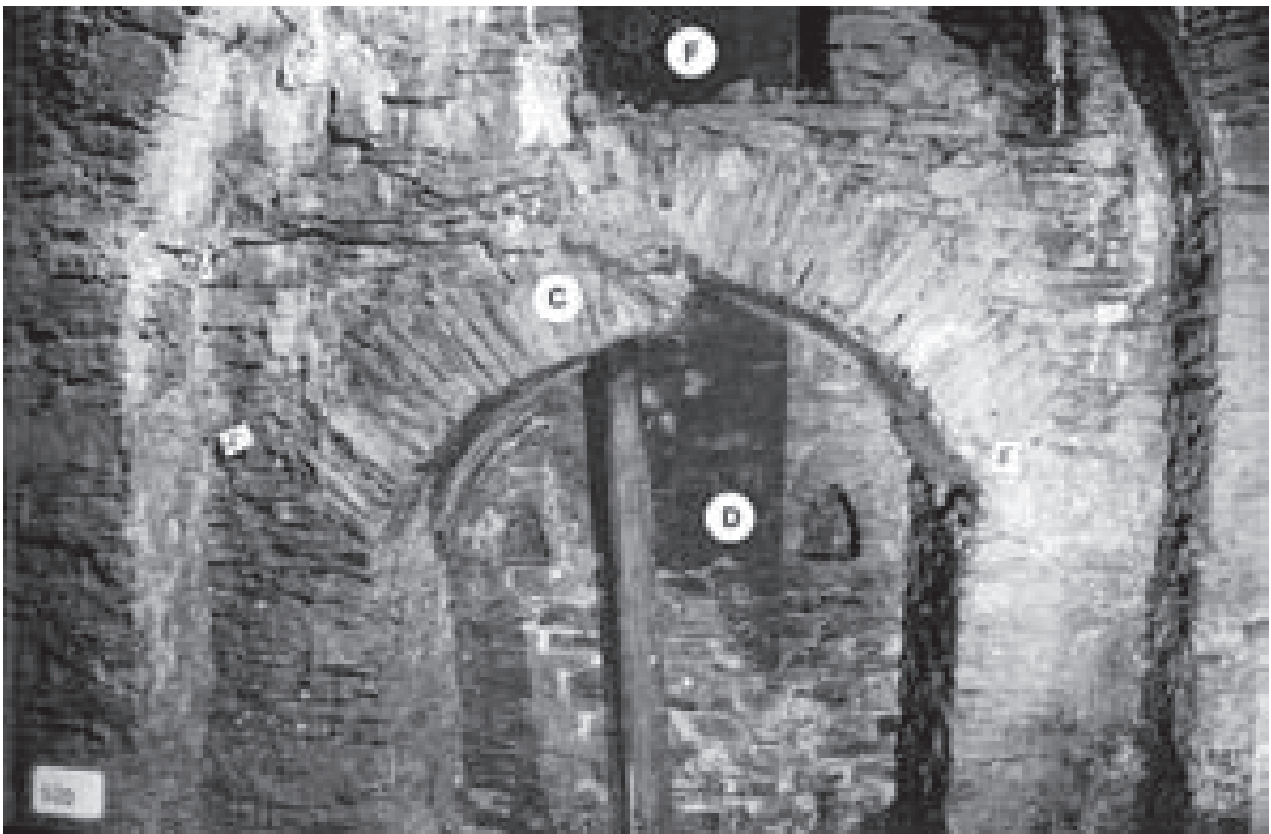


Abb. 82: Feuergesäher Gewölbe SW-Wand. Starke Verformung des Gewölbes, oben eine Nische für das Auflager der Wasserradwelle.

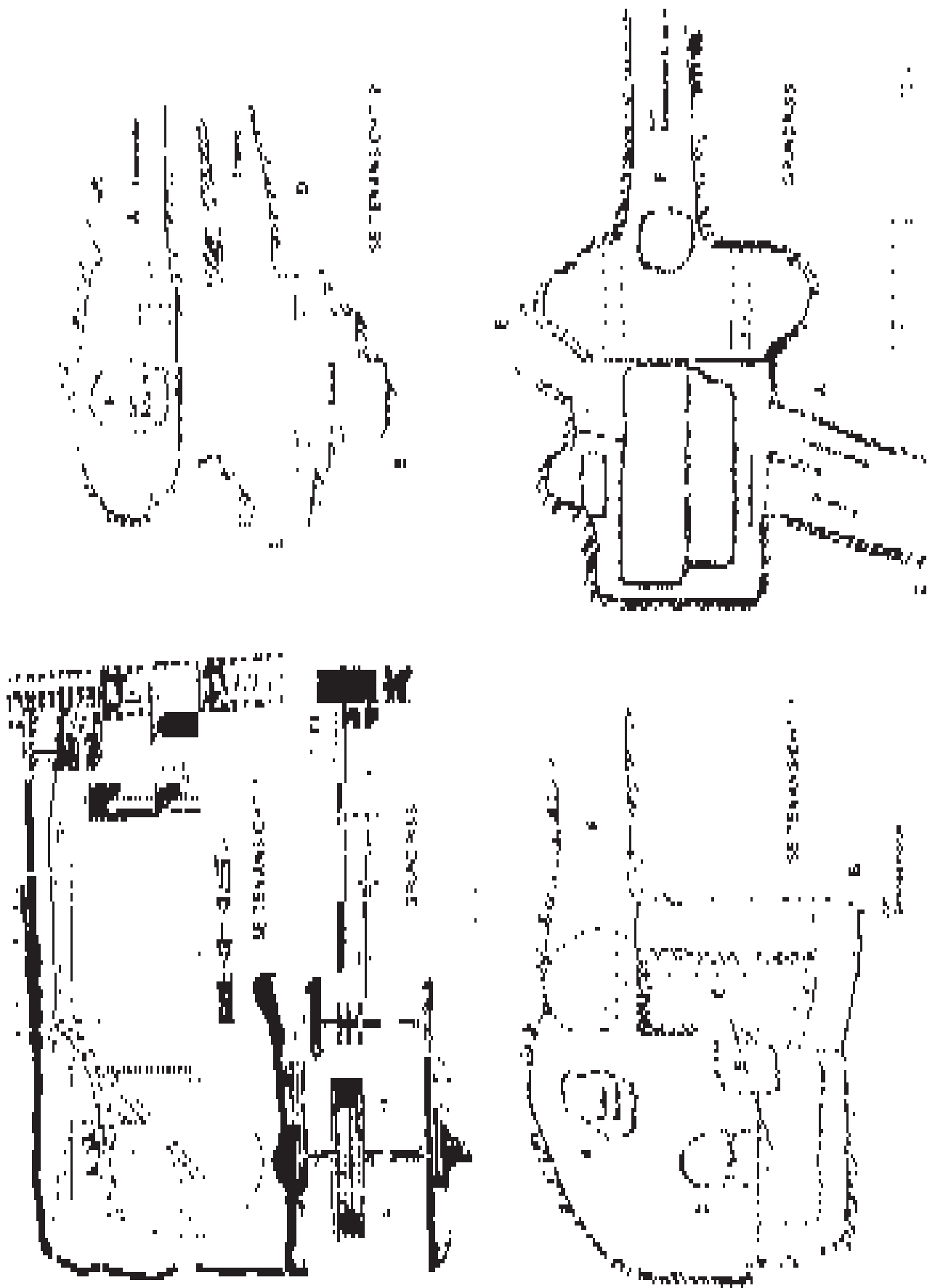


Abb. 83: Kanekuhler Kehrastube mit Kehrast und Seilkörben (A. Wurm [Z83], ergänzt durch Heinrich Stöcker).
Abb. 84: Kanekuhle. Nach computergestützter Vermessung gezeichnet, 1995.

Fundamente. Der Schleiftrog ist wie bei der Runden Radstube am Thurm Rosenhof abgestuft. Das Bremsrad neben dem Wasserrad hat einen kleineren Durchmesser. Zum Transport des Baumaterials und als Zugang für die Wartung führt ein Abzweig vom Roeder-Stollen bis zur Kehrradwelle (D). Über einen kleinen Durchschlag auf der gegenüberliegenden Seite (E) gelangt man heute bis zu einer gut befahrbaren Strecke. Hier transportierte man 1995 das Material für das rekonstruierte Wasserrad bis zur Radstube. Diese Querverbindung existierte noch nicht vor 1900, so daß man früher das gesamte Material über den mit Bohlen abgedeckten (Tretwerk) Roeder-Stollen hereinbringen mußte. Der Stollen bei (F) führt in Richtung Schacht.

Das erste Kehrrad wurde in dieser Radstube 1805 in Betrieb genommen. Bedingt durch den Verschleiß ersetzte man die Räder in größeren Zeitabständen (etwa 10–15 Jahre). Von einem Neubau 1882 existiert eine Aktennotiz [L4]:

»In der Woche vom 17.–24. Juni 1882 ist beim Kanekuhler Treibwerk ein neues, auf dem Werke von eigenen Leuten angefertigtes Kehrrad gehängt.«

Die entsprechende Angabe für das Jahr 1995 könnte etwa so lauten:

Nach einer Vorbereitung von etwa acht Wochen benötigen fünf Handwerker acht (lange) Arbeitstage, um die vorgefertigten Teile des rekonstruierten Kehrrades in die historische Radstube zu bringen und dort zusammenzubauen.

F. Balck und T. Ziegler [L23] haben über den Nachbau berichtet. Die Kosten für Material, Herstellung und Einbau (ohne Material für Doppelkrummzapfen) beliefen sich auf etwa 110.000 DM.

Eine weitere Aktennotiz spricht von einer Bremse an der Kanekuhler Fahrkunst:

»Eine Bremsvorrichtung für die Fahrkunst im Kanekuhler Schacht ist im laufenden Etatjahr eingebaut worden. 29. X. 01.«

In **Abb. 86** hängt das neue Kehrrad fast fertig auf der Welle. Es muß nur noch ausgerichtet und mit der Welle verkeilt werden. Über die angelehnte Leiter gelangt man vom neuen Grundrahmen aus verzinktem Stahl (1) hinunter auf den oberen Absatz im Schleiftrog. Die Welle trägt ein hölzerner Lagerklotz (2) mit einer Lagerschale aus Bronze. Über die Bohlen (D) führt ein Weg nach links leicht ansteigend bis zum Roeder-Stollen hinauf.

Die letzten Meter bis zum Rad floß das Wasser aus dem Roeder-Stollen über ein hölzernes Gefluder. Hier konnte es bis zu einer gewissen Höhe angestaut werden. Als Abdichtung zwischen Gestein und Holz fand man 1995 eine Schicht aus Lehm.

Schräg über dem Kehrrad mauerte man zwei für die Lager der Seilkorbwelle steinerne Fundamente. In Verlängerung der Welle bieten auf jeder Seite zwei große Hohlräume viel Platz für die Kurbelzapfen.

Abb. 85 zeigt zwei dicke Balken, die auf dem Absatz im Schleiftrog liegen. Der kleinere Balken (1) gehört zum Grundrahmen, der größere (2) bildet mit den Schlitten an jedem Ende die unteren Gelenke ((2)–Abb. 116) für die beiden senkrecht stehenden Bremsbäume¹³⁴. In der Ovalen Radstube ist der entsprechende Balken (N) geteilt). Zur Zeit der Aufnahme befand sich noch eine etwa 35 cm dicke Schlammschicht rechts neben den Balken mit Ablagerungen aus Zinksulfat (siehe Abschnitt Holzschutz 4.3.3.2.2.13).

4.2.14.3 Kehrrad Serenissimorum im Rammelsberg, Goslar, (Nr. 23)

Das zweite Rad in der Kette des Roederschen Gefälles ist das Kehrrad des Serenissimorum Schachtes. In mühevoller Arbeit haben die Bergleute die Radstube aus dem Schiefer herausgehauen. Der Aufbau der Maschine entspricht der in der Ovalen Radstube¹³⁵ (Abb. 75). Das Rad ist im Vergleich zum benachbarten Kanekuhler Kehrrad jedoch um einiges größer. Während der Radkranz noch im Original vorhanden ist, handelt es sich bei Radwelle, Bremsrad sowie Seilkörben mit Welle und Gestänge um einen Ersatz aus neuerer Zeit. Am Nachbau des Bremsrades in verkleinerter Form läßt sich die Funktion der Bremse ablesen.

Teile des bereits in Abb. 20 vorgestellten Grundrahmens und Details für die vordere Stütze zeigt **Abb. 87**. Auf dem gemauerten Rand des Schleiftroges (F) liegt ein Grundbalken (C), auf dem die beiden Pfeiler (A) und (B) leicht geneigt die obere Bühne abstützen. Ein Wellenende (D) mit einem eingesetzten Doppelkrummzapfen ruht in einer Lagerschale auf dem Grundbalken (C). Zwei Treibstangen (E) umschließen das äußere Ende des Krummzapfens (G) und führen senkrecht nach oben zu der etwa 17 m entfernten Seilkorbwelle.

Zwischen dem Rad und der senkrechten Wand des Schleiftroges bleibt noch ein schmaler Spalt von etwa 0,4 m.

Die **Abb. 88** zeigt die Bühne, auf der das Wasser, aus dem Wasserlauf (A) vom Kanekuhler Kehrrad kommend, über hölzerne Rinnen (D) zu den Schützen geleitet wird. Dort kann es nach Öffnen eines Schützes (E) über ein schräggestelltes Schußgerinne (B)–(C) auf die eine oder andere Schaufelreihe des Rades fließen. Bei gewolltem Stillstand des Rades gelangt das Wasser über einen Fehlschlag (F) weiter zum nachfolgenden Kunstrad.

Von den beiden Treibstangen in Abb. 87 schauen nur die verzahnten Enden bei (G) heraus. Die Verbindung nach oben zum Seilkorb endet hier.

In einem Riß (**Abb. 89**) ist die Fördermaschine in zwei Ansichten wiedergegeben. Der abgestufte Schleiftrog und die Mauern für die Wellenlager, sowohl beim Rad als auch

134 F. Balck [L28– (D) und (E) in Abb. 37].

135 F. Balck [L27–Abb. 117], und F. Balck [L28–Abb. 39].

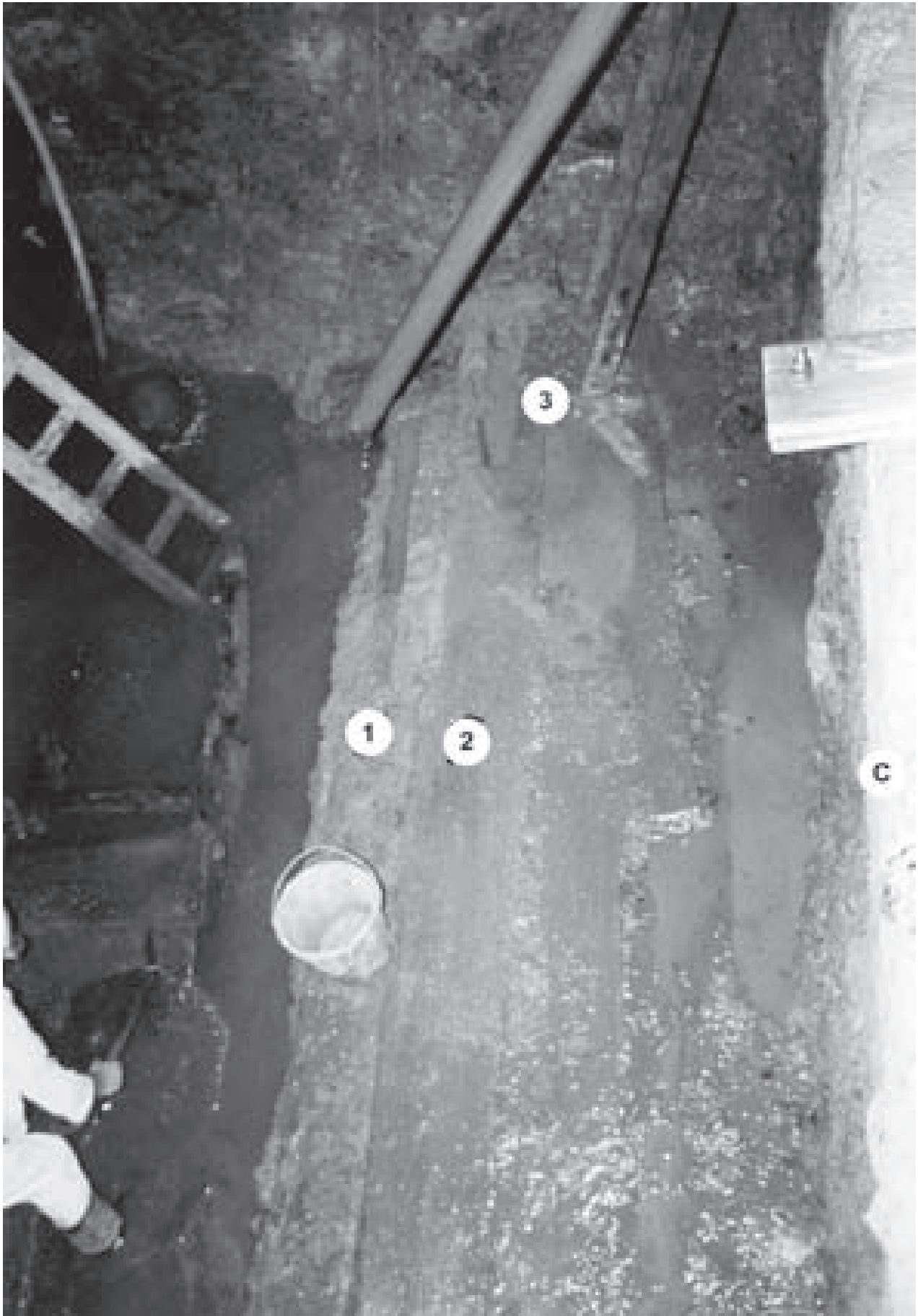


Abb. 85: Kanekuhler Kehrradstube. Blick in den abgestuften Schleiftrug, Holzbalken für Grundrahmen und Bremskonstruktion.

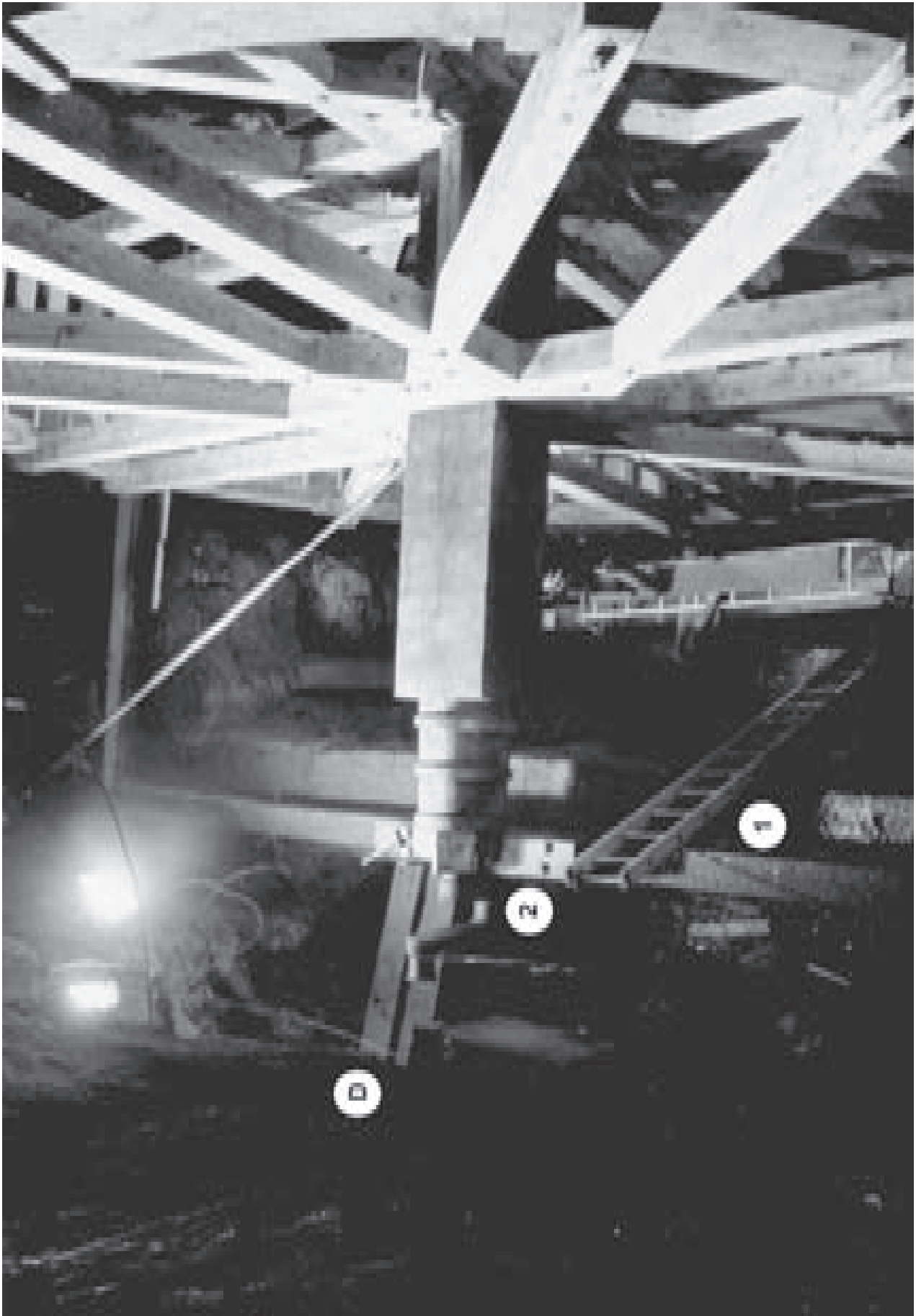


Abb. 86: Kanekuhler Kehrrad. Rekonstruktion im Bau.

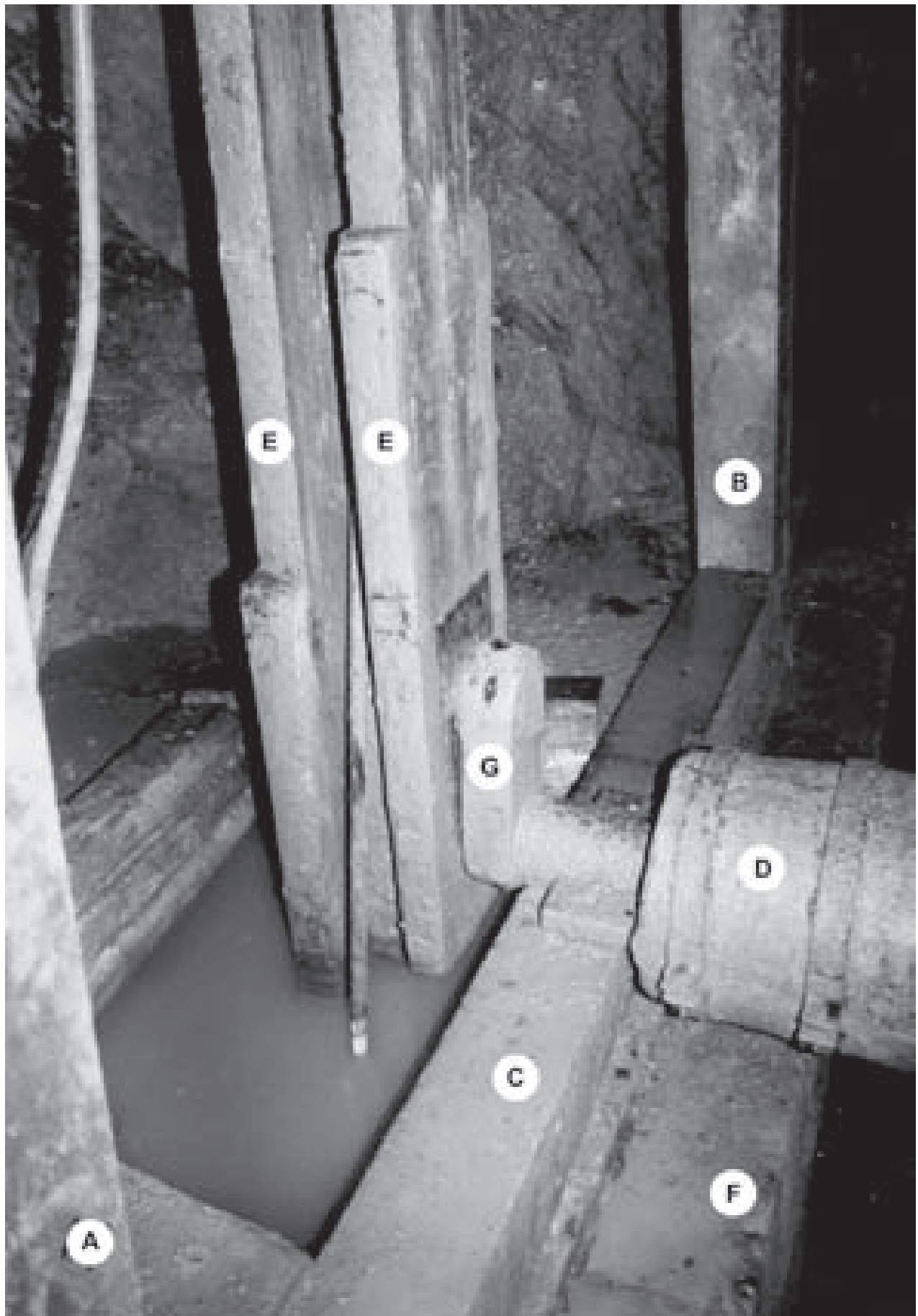


Abb. 87: Serenissimum Kehrrad. Doppelkurbelzapfen mit zwei Treibstangen.

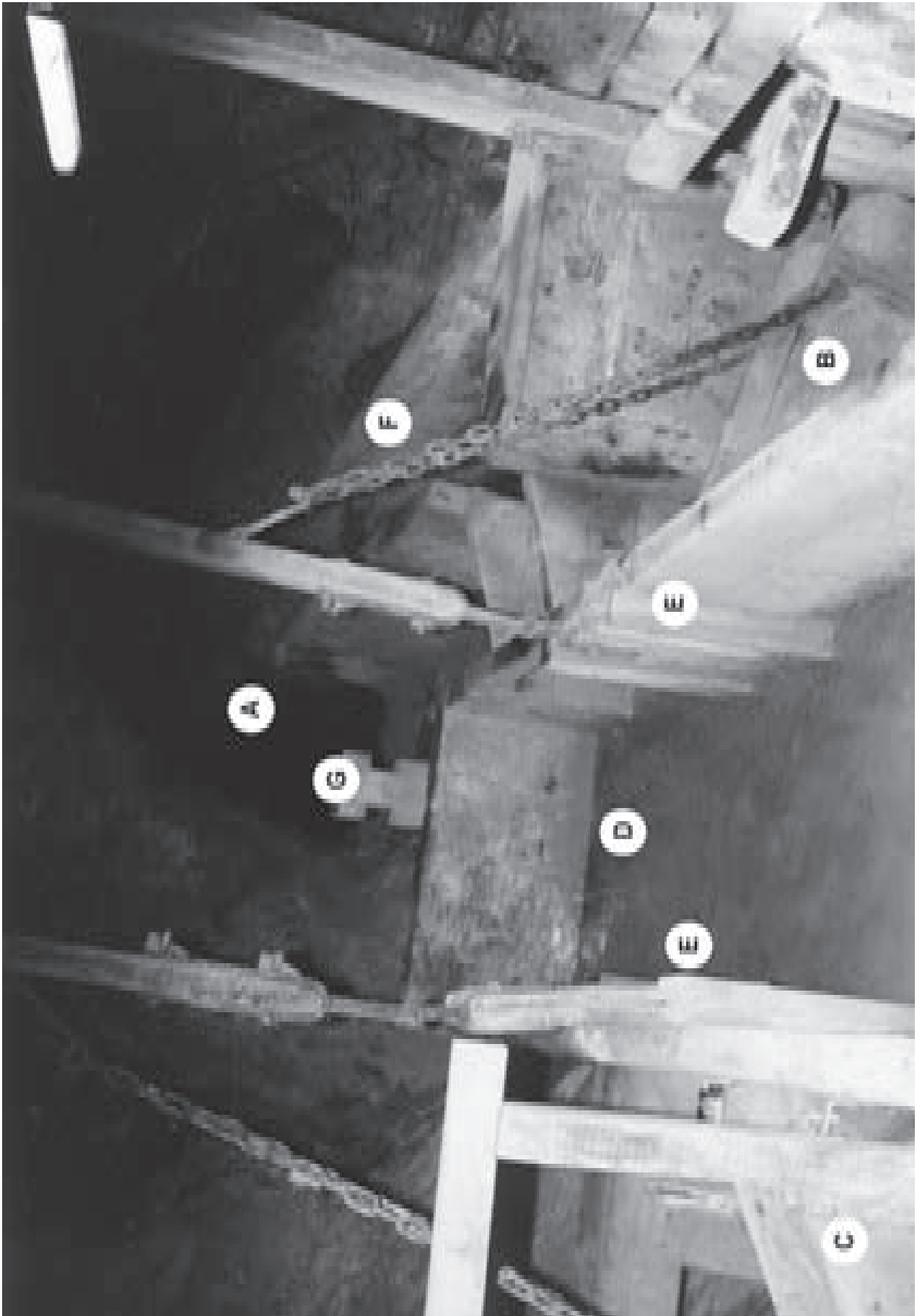


Abb. 88: Serenissimum Kehrrad. Gefluder und Schütze über dem Rad.

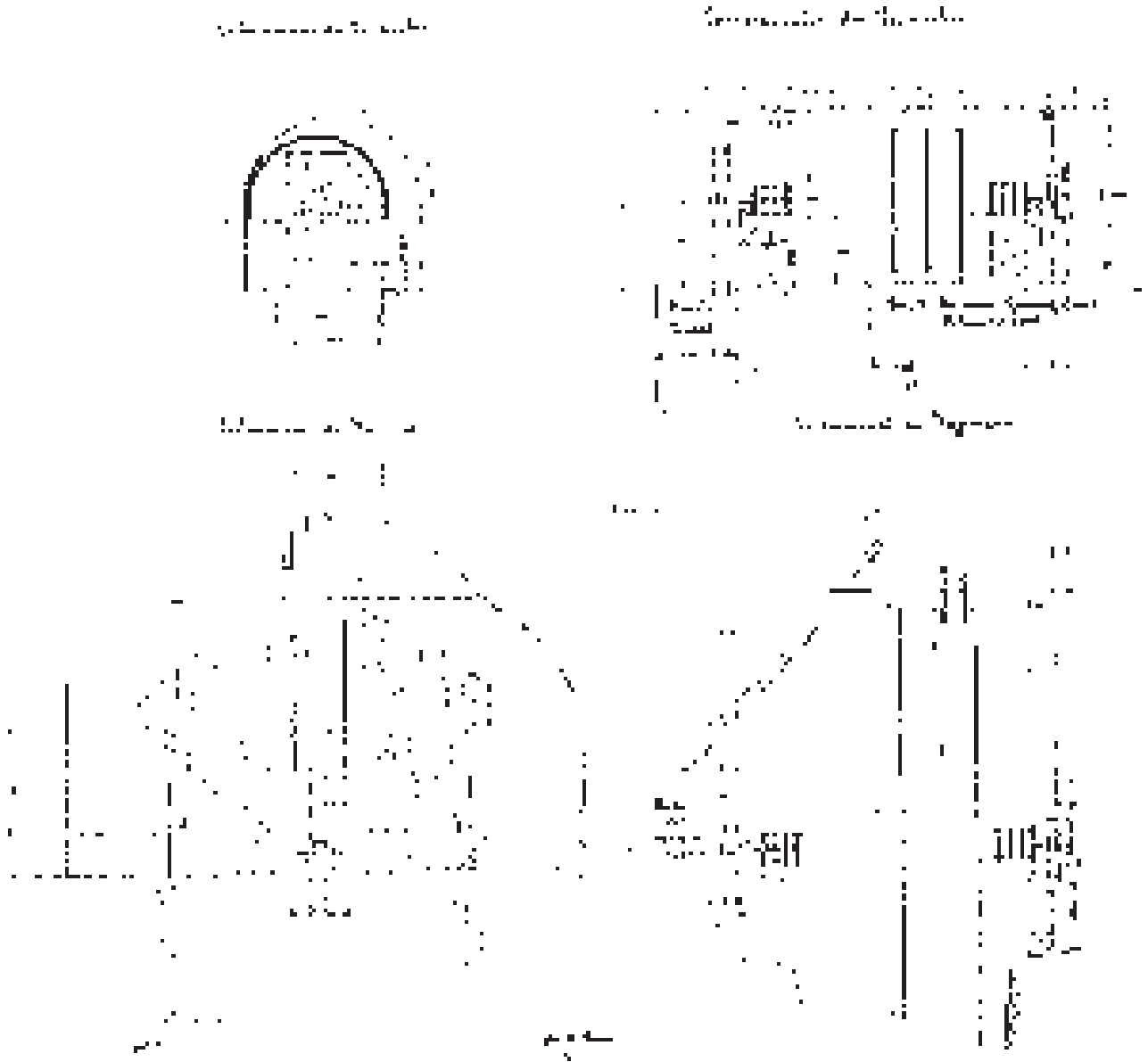


Abb. 89: Serenissimum Kehrrad, (N. N. [Z24]).

beim Seilkorb, sind deutlich sichtbar. In der Anzahl der Stützen weicht die Konstruktion des Grundrahmens allerdings von der heutigen ab (Abb. 20).

Die Verkettung zwischen Kehrrad und nachfolgendem Kunstrad sowie Form und Maße der beiden Radstuben ergeben sich aus den drei Ansichten in **Abb. 90**. Die Darstellung ist ähnlich wie beim Feuergezäher Gewölbe (Abb. 80): es handelt sich um ein durchsichtiges Drahtmodell⁹⁷, Schnittlinien sind gestrichelt, Teile der Hölzer durchgezogen. Die Anordnung der Treppen entspricht dem Zustand vor dem Umbau 1997/98. Das Wasser kommt vom Kanekuhler Kehrrad (A), fließt über das Kehrrad (B) zum Kunstrad (C) und dann über die Ablaufrösche (D) weiter zum unteren Kunstrad. Das Gestänge des Kehrrades führt in einem Schacht (E) nach oben zur Seilkorbwelle, das des Kunstrades (F) zum Schacht. Nicht parallel, sondern leicht verschwenkt zu seinem Grundrahmen liegt zur Zeit der Vermessung das teilrestaurierte Kunstrad.

4.2.14.4 Oberes Kunstrad Serenissimum im Rammelsberg, Goslar, (Nr. 24)

Für die Besucher heute führt der Weg, dem Lauf des Wassers folgend, vom Serenissimum-Kehrrad über eine Treppe bergab zum oberen Kunstrad (**Abb. 91**).

Das Kunstrad ist teilweise restauriert, die untere Hälfte sowie die Welle sind original, während es sich beim oberen Teil um einen Nachbau handelt.

Den Originalzustand vor der Reparatur zeigt ein Foto aus der Zeit um 1900 (**Abb. 92**). Wie man sieht, hat eine lange Betriebszeit des Rades für starken Verschleiß der Wassertaschen an den Vorderkanten (1) gesorgt. Konstruktiv unterscheidet sich das Original vom Nachbau unter anderem in den Verstärkungen der Laschen zur Befestigung der Radarme (P).

Im entfernt liegenden Schacht trieb das Wasserrad die Pumpen an, seine Kraft gelangte dorthin über zwei eiserne

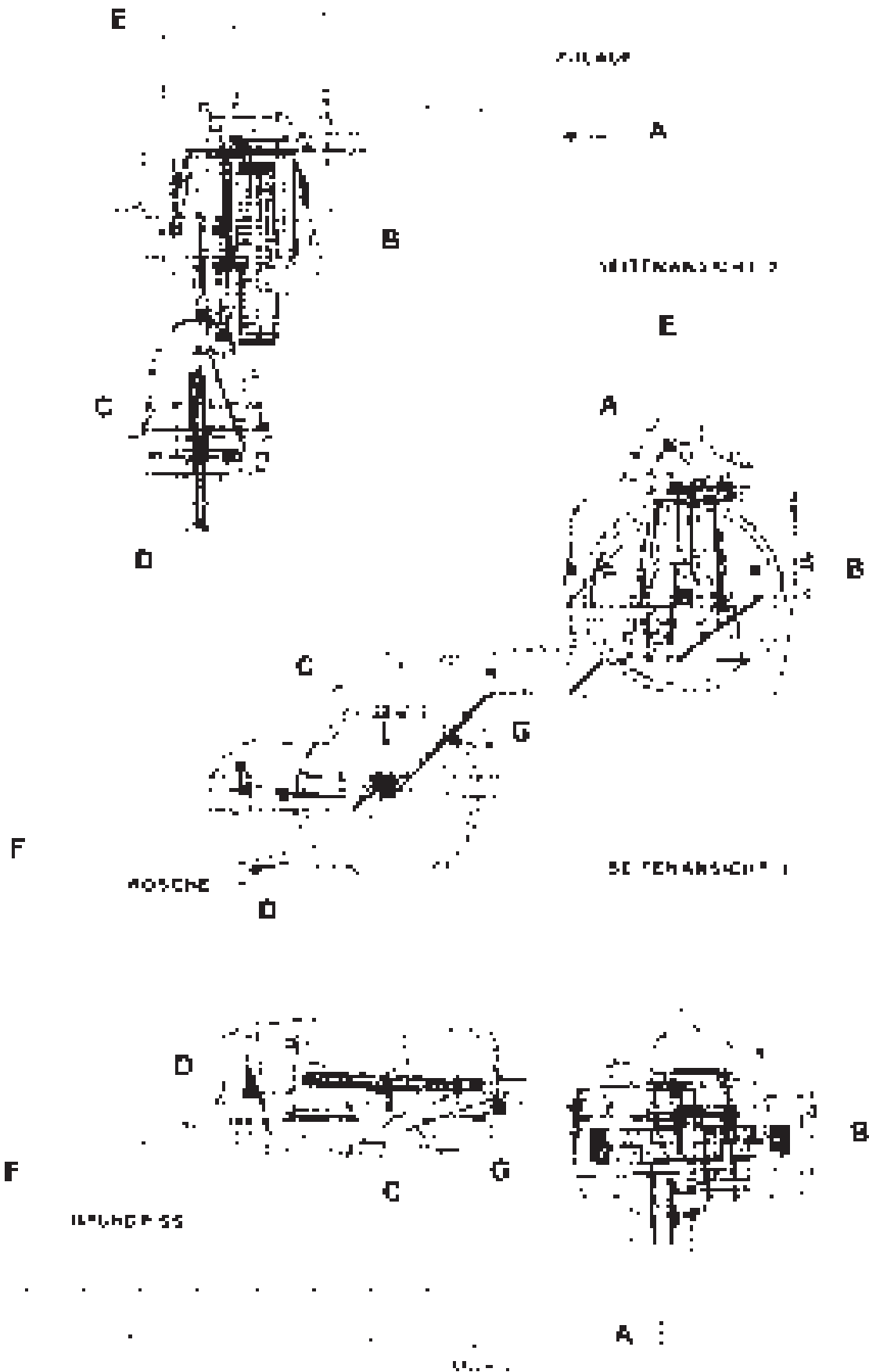


Abb. 90: Serenissimum Kehr- und Kunstradstuben. Computergestützte Vermessung, durchsichtiges Drahtmodell, ergänzt, Schnittlinien gestrichelt.



Abb. 91: Serenissimum Kunstrad mit Kurbelzapfen und Gestänge. Aufbau für computergestützte Vermessung.

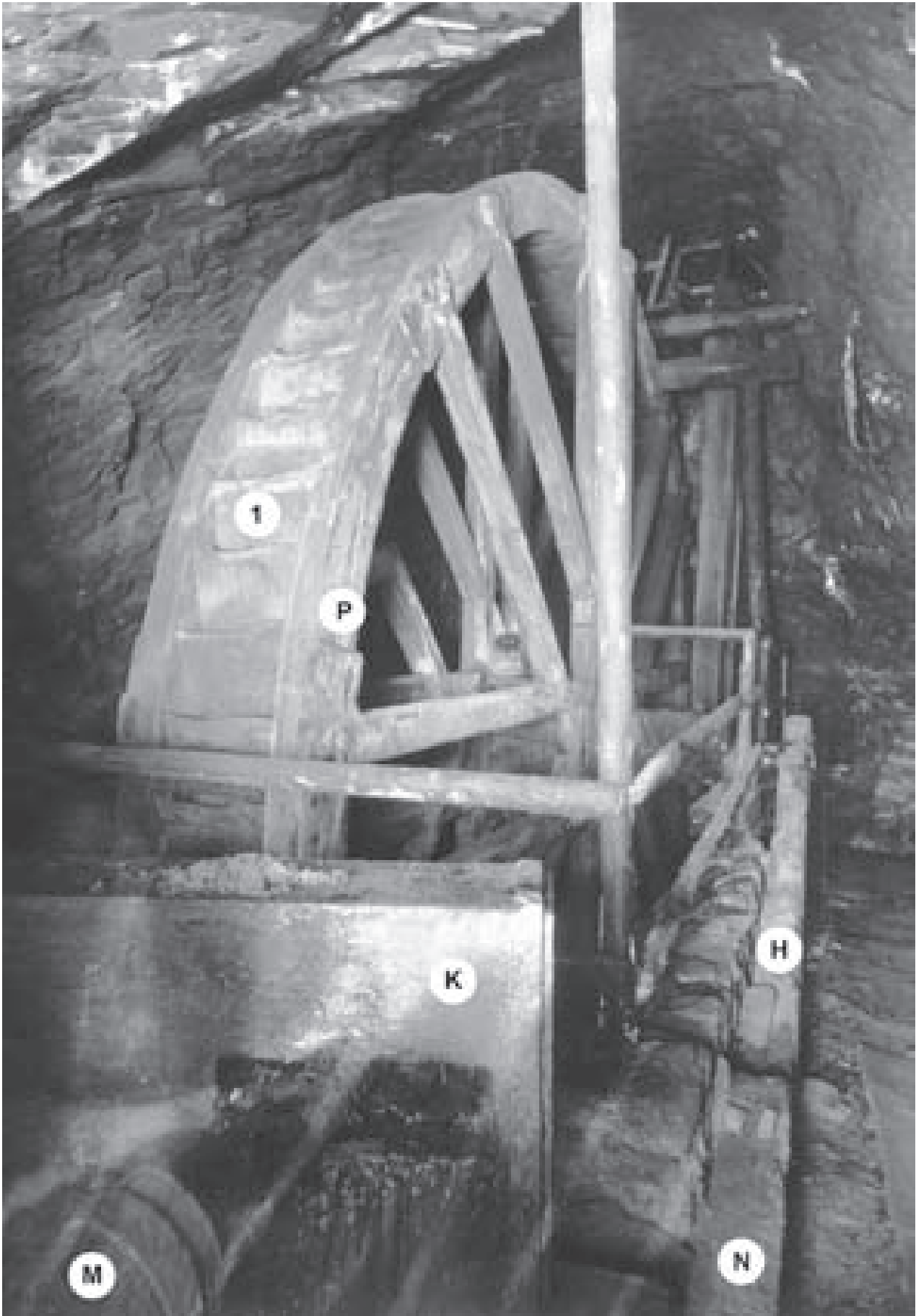


Abb. 92: Serenissimum Kunstrad mit Kurbelzapfen und Gestänge, um 1900 (Harzbibl.).

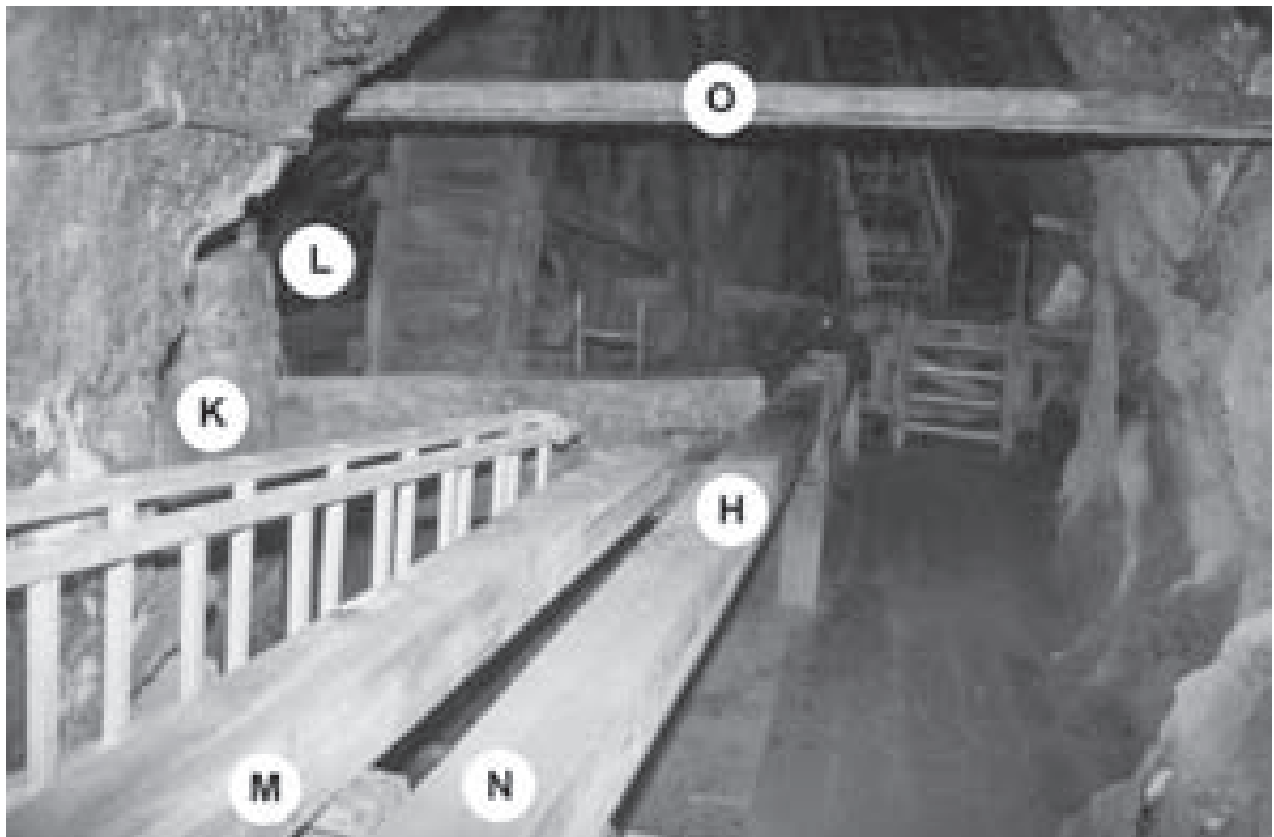


Abb. 93: Serenissimum Kunstrad. Wendedocke mit Kunstgestänge.

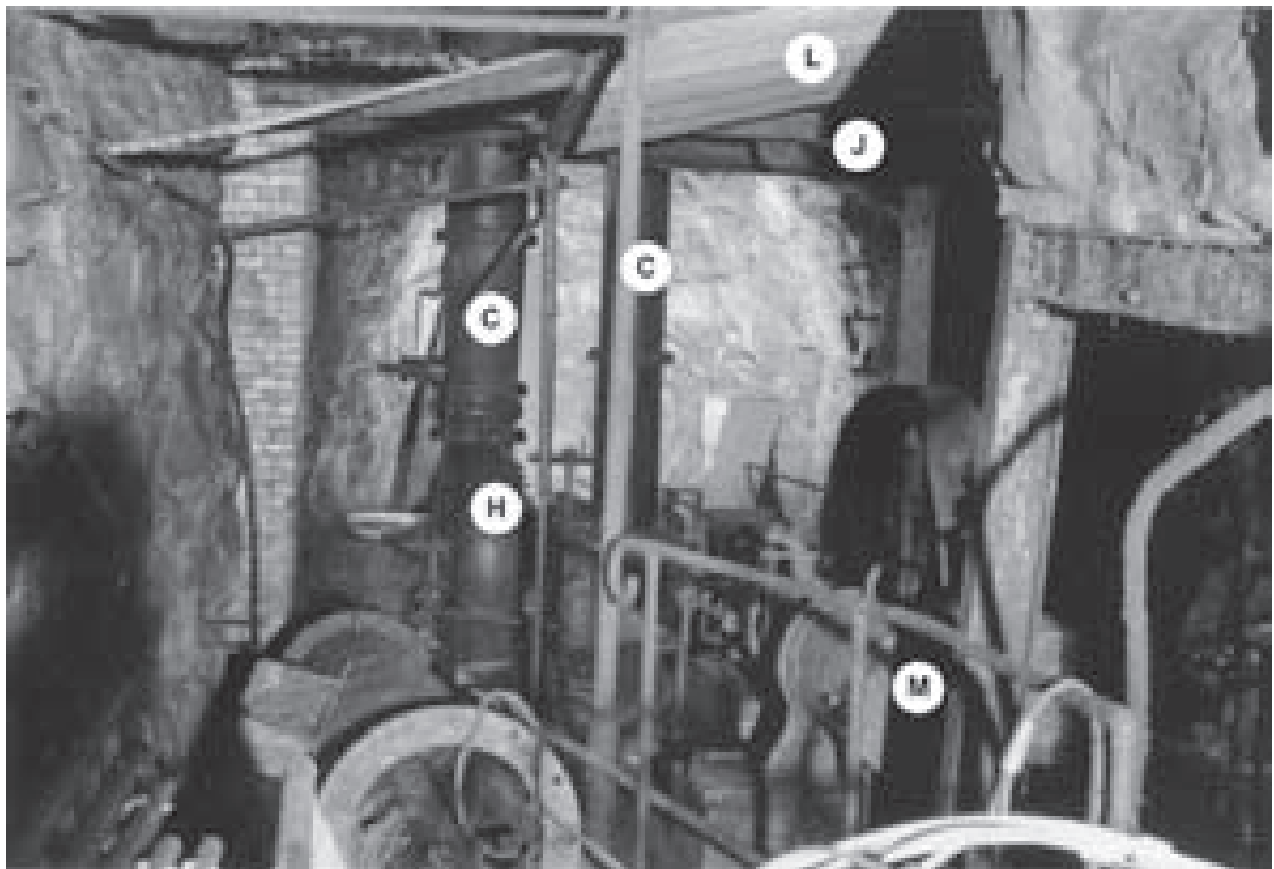


Abb. 94: Kompressor in der Kunstradstube am Ernst-August-Schacht, angetrieben durch Turbine, vor der Sanierung 1997.

Krummzapfen und hölzerne Stangen. Damit beide Stangen eng nebeneinander laufen konnten, das heißt um Platz für das Gestänge zu sparen, baute man eine *Wendedocke* (K) ein, die die Wirkung des hinteren Pleuels (L) zwei Mal umlenkt (**Abb. 93** – vgl. Abb. 27). Ohne diese Umlenkung wären in der Nähe des Rades zwei fast parallele Stollen im Abstand von 3 m für die Stangen erforderlich. Die Wendedocke ist am oberen Ende an einer schweren Eisenbahnschiene (O) gelagert, das untere Ende ruht in einem Lager am Boden.

Hinter der Kamera beginnt der Abstieg über eine Treppe zur *Bergesfahrt* und danach zur unteren Kunstradstube.

Im unteren Teil des Schleiftrogges steckte das Kunstrad lange Zeit tief im Schlamm. Seit den Umbaumaßnahmen im Jahre 1997 ist die Rösche wieder davon befreit. Die Schleiftrogwände zeigen den nackten Felsen, sie wurden nicht ausgemauert. Am oberen Rand trug früher eine Mauer aus Steinen das Wellenlager (Abb. 92). In der Zwischenzeit bis 1997 gab es hierfür einen umlaufenden hölzernen Grundbalken, der mittlerweile erneuert ist.

4.2.15 Radstube Ernst-August-Schacht, Wildemann (Nr. 25 und 26)

Schon in der Übersicht, Abb. 2, wurden die beiden Radstuben am Ernst-August-Schacht vorgestellt. Diese Maschinenanlage besteht laut Zeichnung von A. Polle aus einem Kehrrad (A) (mit Antrieb (C) für ein zusätzliches Pumpengestänge beim Abteufen des Schachtes) und aus einem Kunstrad (B) für die Pumpen und die Fahrkunst. Die beiden Ansichten der Zeichnung tragen das Datum Dezember 1848 bzw. Februar 1849. Auch in der Wand der Ablaufrösche des Kehrrades kann man die eingeschlagene Jahreszahl 1848 finden. Eine ausführliche Beschreibung zur Anlage hat H. H. Nietzel [L154, L151] angefertigt.

Die Radstuben können während der Besucherzeiten des Wildemänner Museums besichtigt werden.

Vor etwa 100 Jahren schrieben Banniza et al.:

»Die Wasser des 19-Lachter-Stollens, rund 5 cbm pro Minute, treiben am Schachte Ernst August unter Tage ein Kehrrad von 8,0 m [9 m – F. Balck] Durchmesser und auf dem II. Fall ein kombiniertes Wasser- und Fahrkunstrad von 11,54 m Durchmesser. Die Abfallwasser fließen auf dem 13-Lachter-Stollen ab und vereinigen sich mit den Innersten Wassern, welche das Wildemänner Pochwerk bereits passiert haben.«¹³⁶

Zur Beschreibung der Radstuben und der Anordnung der Maschinen um 1850 soll Abb. 2 dienen: Jedes der beiden Räder (A) und (B) besitzt einen Satz Treibstangen mit Kunstkreuzen (C) und (D) über dem Schacht, die die Kraft von einer horizontalen Bewegung in eine vertikale umlenken. Die den Schacht kreuzenden Stollen für die Treibstangen haben hinter dem Schacht einen kurzen Fortsatz, um auf der anderen Seite noch etwas Platz für das hintere Kunstkreuz zu schaffen, (E) und (F). Auf der gleichen Höhe wie die Ablaufrösche des unteren Rades hat der 13-Lachter-Stollen einen Zugang bei (G) zum Schacht. Eine etwa 0,5 m hohe, rote Ziegelmauer mit einem großen Eisenrohr zeugt heute von den Resten einer Turbinenanlage, dort wo früher laut Zeichnung das Wasser der Pumpen aus dem Schacht in den 13-Lachter-Stollen abfloß.

Nach dem Einbau einer elektrischen Fördermaschine und Stilllegung der Wasserräder baute man in die untere Radstube eine Turbine (H) und koppelte sie mit einem Druckluft-Kompressor (M). Hierzu vermauerte man den Wassertrog als Maschinenfundament, legte mächtige Eisenrohre (C) durch beide Radstuben und errichtete eine Stahlkonstruktion mit einem Laufkran (D) über den Maschinen. Ein Blechdach (L) schützte die Maschinen gegen das Tropfwasser von oben (**Abb. 94**).

Vor den Sanierungsmaßnahmen im Jahre 1997 befanden sich erhebliche Mengen von Holz und Gestein auf den noch im Schacht verbliebenen Bühnen. Die der Kunstradstube gegenüberliegende Kammer (F) hinter dem Schacht war mit Abraum verfüllt. Ein dickes Eisenrohr, ein Stück einer Turbinenleitung, lag quer vor dem Steinhaufen.

Im Rahmen von Planungsarbeiten für die Erweiterung der Besucherwege wurde 1997 der obere Teil des Schachtes vermessen. Hierzu wurde ein ferngesteuerter Meßkopf mit Laserentfernungsmesser und Videokamera die ersten 25 m des Schachtes unterhalb der Besucherbrücke an einer Stange herabgelassen und die Schachtoberfläche dreidimensional vermessen.¹³⁷ Die Länge der Stange reichte aus, um alle Öffnungen bis hinunter zum 13-Lachter-Stollen zu vermessen.

Die aktuellen Meßdaten bieten die Möglichkeit zum Vergleich mit dem Riß von A. Polle (Abb. 2). Im wesentlichen stimmen die Maße überein, lediglich bei der Form der Öffnungen am Schacht treten kleinere Abweichungen auf.

Jedoch, die Verbindung zum 13-Lachter Stollen (G) liegt bei Polle – wie zu erwarten – 13 Lachter tiefer als der Wasserzulauf, aber nach den Meßdaten sind es nur etwa $12 \frac{1}{6}$ Lachter ($1\frac{1}{2}$ m weniger).

Nach der Zeichnung sind die Durchmesser der Räder 9,1 m und 11,7 m ($\pm 0,2$ m Ableseunsicherheit). Die handschriftliche Bemaßung einer Skizze¹³⁸ lautet 31 Fuß (= 9,05 m) bzw. 40 Fuß (= 11,68 m). Vierzig Jahre später schreibt Banniza von 8,0 m und 11,54 m.

Durch Einbau einer Treppenanlage ist nun seit 1998 ein bequemer Zugang zur Kunstradstube geschaffen. Das

136 H. Banniza et al. [L31–Seite 184].

137 F. Balck [L24].

138 Rißarchiv OBA. Das Namensfeld ist verlorengegangen – dokumentiert bei H. H. Nietzel [L151–Seite 44].

Wasserkunst bei Kummels Glück in

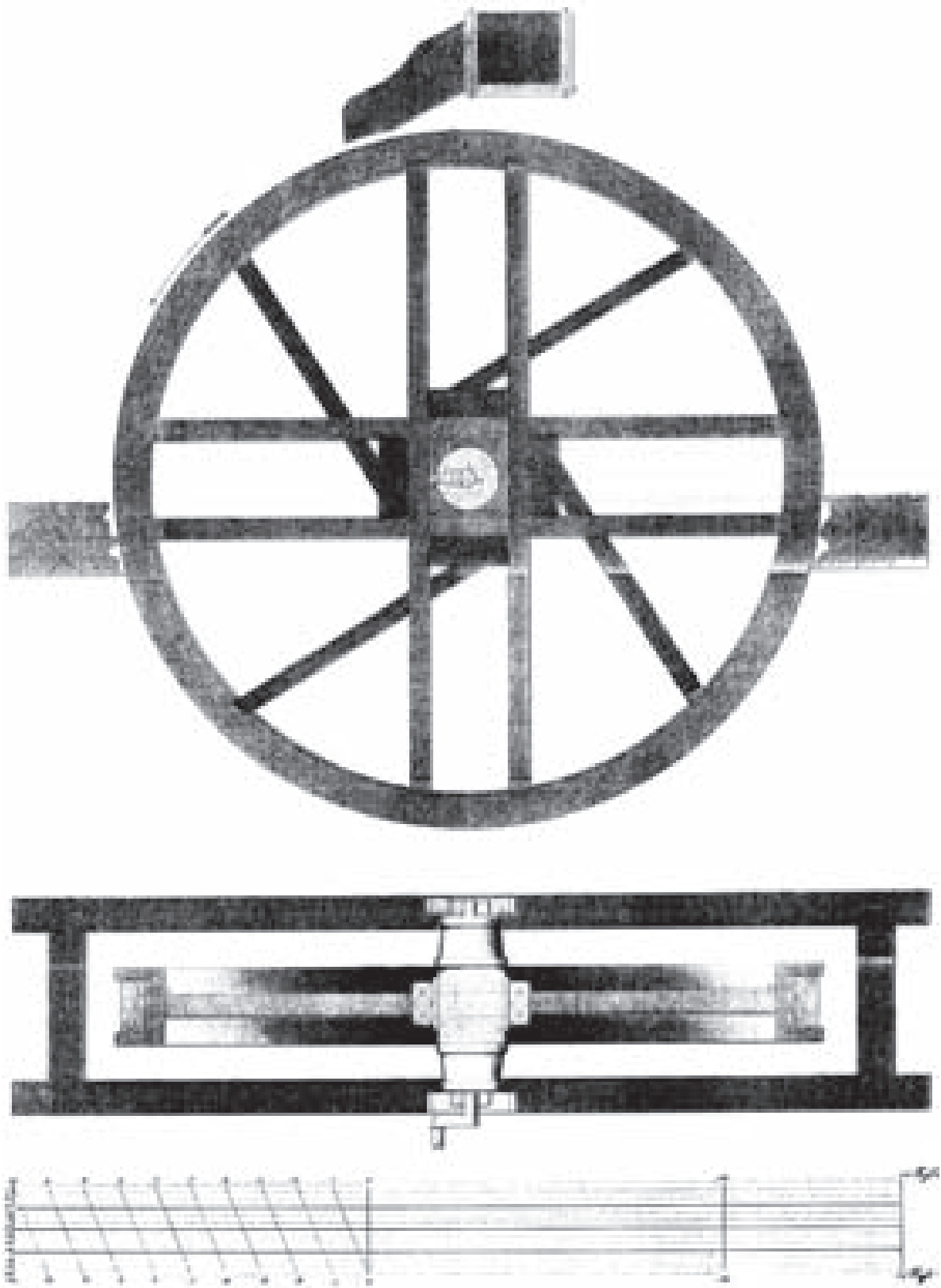


Abb. 95: Kummelsglück. Kunstradstube (N. N. [Z6], OBA Rißarchiv 365).

mühsame Herablassen auf einer wackeligen Strickleiter parallel zum dicken Rohr ist Vergangenheit.

Das ursprüngliche Kehrrad ist leider in einem sehr schlechten Zustand. Die Holzkonstruktion könnte jederzeit einstürzen. Das Rad ist zwar einer der Nachfolger

des von A. Polle 1848 gezeichneten und hat in der Konstruktion noch viele Gemeinsamkeiten mit ihm. Seilkörbe und Bremsenrichtung unterscheiden sich jedoch erheblich von dieser Vorlage (siehe unter Weiterentwicklung in Abschnitt 4.4.2.2).

4.2.16 Radstube Kummelsglück, Bad Lauterberg, (Nr. 27)

Eine Besonderheit stellt eine in den Felsen gehauene Kunstradstube in der Grube Kummelsglück bei Bad Lauterberg dar. Es handelt sich um ein kleines Rad von nur 5,8 m Durchmesser, dessen Kranz nicht wie üblich von den auf beiden Seiten angebrachten Armen getragen wird, sondern von nur einem Armsystem in der Mitte. Der tonn-lägige Schacht hat eine Neigung von 60°; daher bewegt sich das Kunstkreuz in einer ebenso geneigten Ebene. Statt der für die Bauzeit acht üblichen Hilfsarme besitzt das Rad nur halb so viele, die so angeordnet sind, daß sie auf Druck beansprucht werden, wenn Wasser in die Schaufeln fällt. Im Gegensatz zu der Calvörschen Konstruktion mit ähnlicher Anordnung (Abb. 71) tragen hier Viertelstöcke an der Welle ((2)–Abb. 99) die Hilfsarme.

Aus den zugehörigen Rissen **Abb. 95** und **Abb. 97** ergeben sich die Form des rechteckigen Schleiftroges sowie die Details des Rades bzw. die Geometrie der Radstube. Es sind noch Reste der Welle mit Kurbelzapfen erhalten (**Abb. 96**).

In den Akten gibt es einen Kostenvoranschlag mit einer Abrechnung, die das Datum von 1848 trägt.¹³⁹

»Kostenaufstellung zu einer neuen Kunstanlage für die Eisenerzgrube Kummelsglück in Lauterberg

- ▶ Das Kunstrad soll 20 Fuß hoch, 18 Zoll im Lichten weit von Gemein und Futterdielen angefertigt werden.
- ▶ Der Wasserkasten wird 80 Zoll lang, 30 Zoll breit und 28 Zoll hoch.
- ▶ Der Kranz von Fichtenholz erhält eine einheimische Normlänge von 36 Zoll; der Krummzapfen eine dergl. von 11 Zoll.

- ▶ *Der Bleuel wird 24 Fuß lang und soll in den oberen Kreuzkopf einwirken.*
- ▶ *Die Welle von Eichenholz wird 6 Fuß lang und 22 Zoll stark.*
- ▶ *Die Kunstradstube wird über die Stollensohle vom Schacht gegen Nordwest in festem Gestein gehauen. Die Aufschlagwasser erfolgen aus dem Kummelschacht/: in welchem letzteren 2 kleine Wasserreservoirs vor zurichten :/und werden dem Rade durch eine aufzumachende Tagesrösche von 15 Lachtern Länge in einer 50 Lachter langen 5 zölligen Röhrentour mit Fallen und Steigen zugeführt.*
- ▶ *Die Aufmachung dieser Rösche wird der Eigenlöhner der Grube größtenteils auf seine Kosten übernehmen und nur einer Beisteuer von 3 Thaler pro Lachter bedürfen.«*

Danach folgt eine exakte Kostenplanung mit Gesamtkosten von 800 Thalern. Wie auch heute üblich überschritten die tatsächlichen Kosten die Planung um einen erheblichen Satz, denn insgesamt kostete diese Einrichtung 1370 Thaler. Die Aufsummierung der Einzelposten für die Planung lautet (Thaler, Groschen und Pfennige):

| Art der Arbeit | Thaler | Gute Gr. ¹⁴⁰ | Pf. | Anteil |
|------------------|--------|-------------------------|-----|--------|
| Holzmaterial | 55 | 2 | 4 | 6,9 % |
| Eisenwerk | 47 | 2 | 3 | 5,9 % |
| Zimmerlohn | 36 | 12 | 4 | 4,5 % |
| bergmänn. Arbeit | 375 | – | – | 46,8 % |
| Teicharbeiten | 254 | 4 | – | 31,9 % |
| Fuhrlohn | 32 | 3 | – | 4,0 % |

4.2.17 Komplett-Anlage Neuer Morgenstern, Freiberg, (Nr. 28 und 29)

Eine Darstellung aus dem Freiburger Bergbaugbiet¹⁴¹ illustriert die erforderlichen Teile einer Bergwerksanlage (**Abb. 98**). Die Einrichtung besteht aus einem Kehrrad (A) zum Antrieb der Fördertonnen, einem Kunstrad (B) zum Antrieb der Wasserpumpen bzw. der Fahrkünste und aus einem Pochwerk (C) zum Zerkleinern der Erze. Die beiden Radstuben mit ihren Rädern liegen unmittelbar unter der Tagesoberfläche. Nur der Gaipel erhebt sich über das Gelände. Pleuel und andere Technikteile befinden sich in mit

Mauern abgetrennten Räumen. Der Schleiftrog des Kehrrades ist an den unteren Stirnwänden angeschrägt, die Gelenke für die Bremsbäume stehen etwa in der Höhe eines Viertel Raddurchmessers auf Mauervorsprüngen. Das Kehrrad wird am mittleren Kranz gebremst.

Der untere Ausschnitt zeigt den Grundriß der Kehr- und Kunstradstuben. Beide Radstube haben gerade Stirnflächen und nach außen gewölbte Seiten.

¹³⁹ N.N. [Z6].

¹⁴⁰ Aus den Überträgen der Rechnung ergibt sich: 24 Groschen

¹⁴¹ Vgl. F. Balck [L27–Abb. 35].



Abb. 96: Kummelsglück. Reste der Welle mit Kurbelzapfen (W. Lampe).

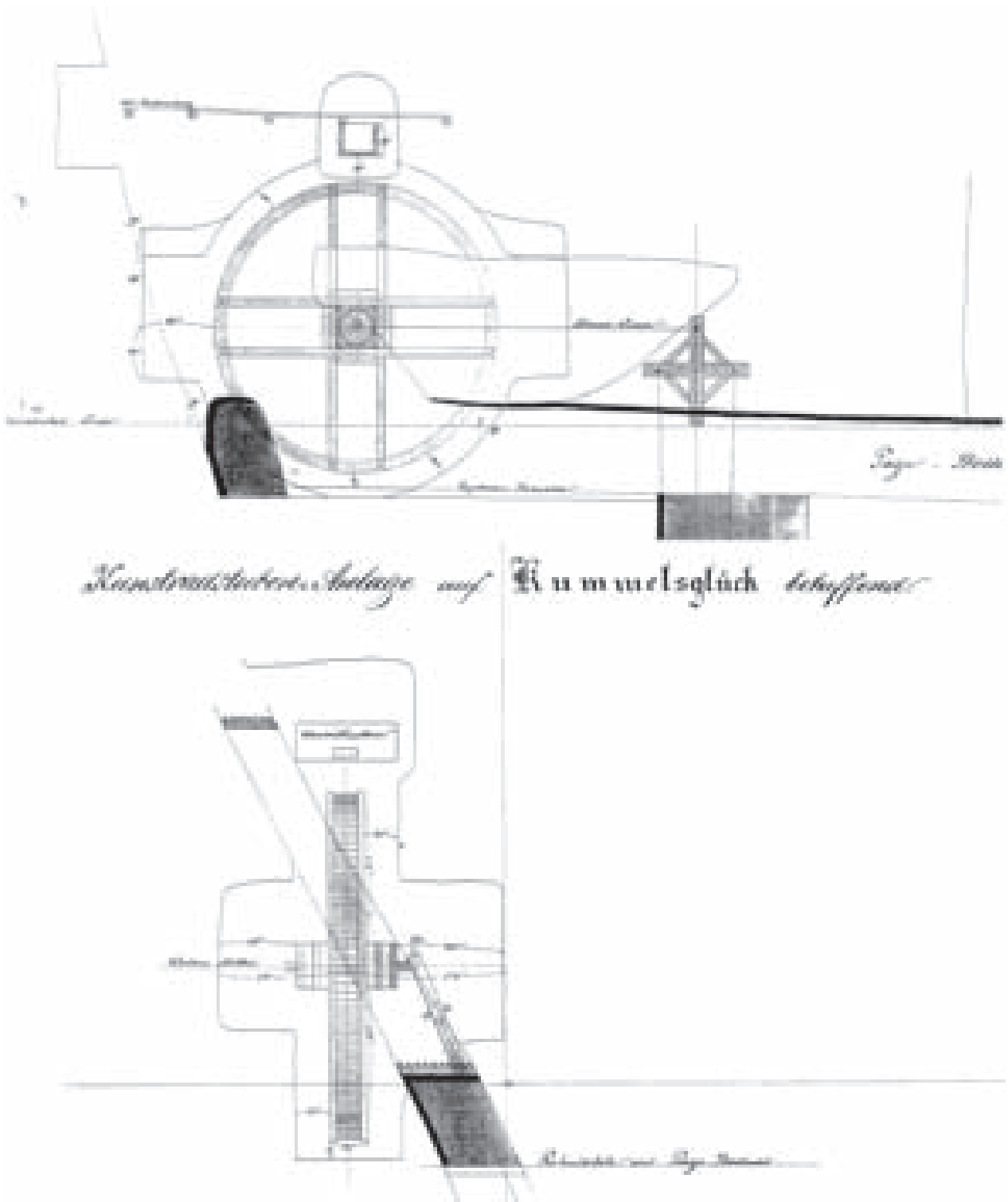


Abb. 97: Kummelsglück. Kunstradstube [N. N. [Z7], OBA Rißarchiv 366].

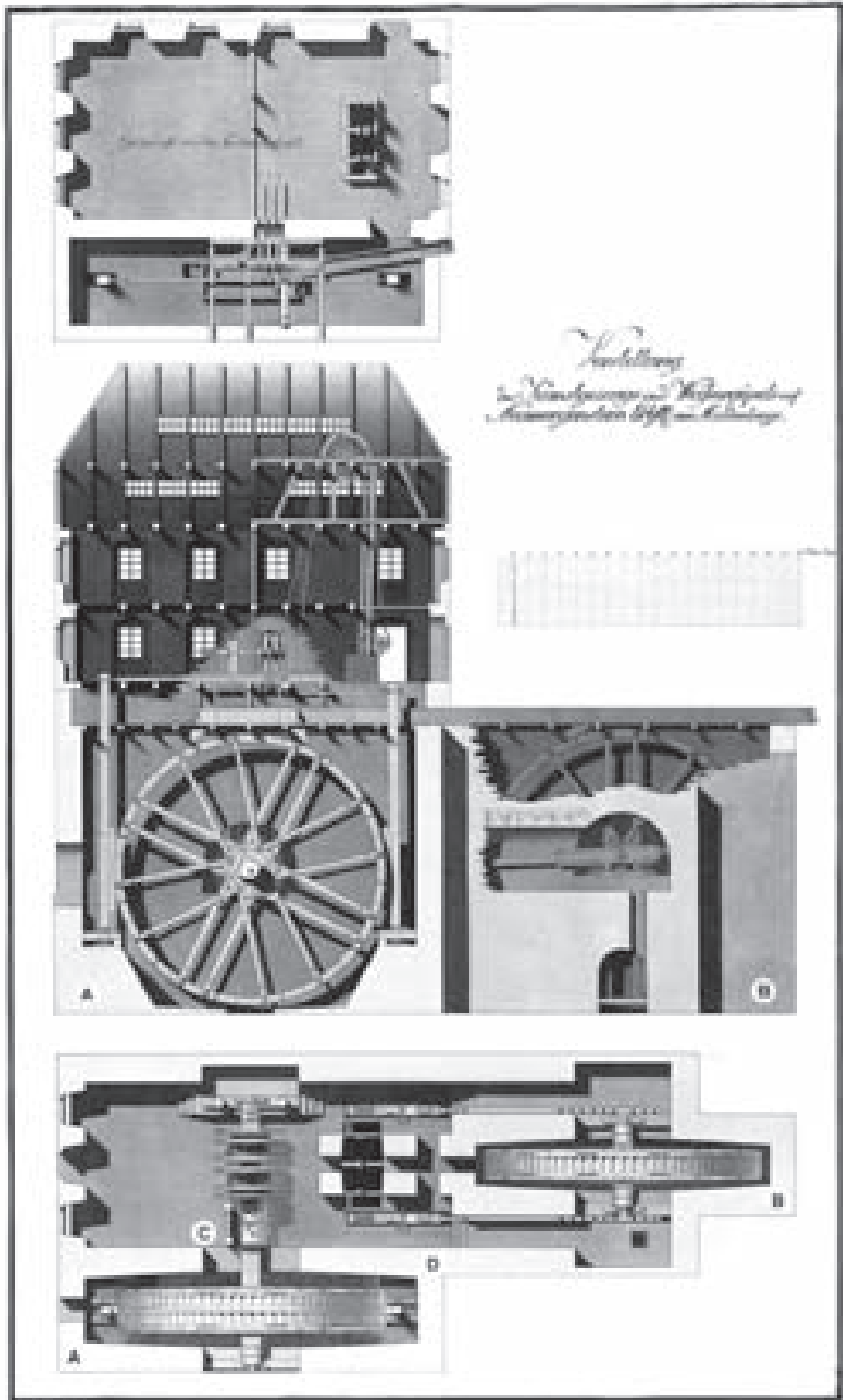


Abb. 98: Grube Morgenstern bei Freiberg (N. N. [Z12], Deutsches Museum München, Plansammlung TZ 2438).

4.3 Technik der Wasserkraftmaschinen

4.3.1 Allgemein

In den vorstehenden Abschnitten erfolgte die Vorstellung mehrerer Einrichtungen der Wasserwirtschaft im Bergbau aus unterschiedlichsten Regionen: aus dem Oberharz, dem Rammelsberg bei Goslar, aus Glasebach im Unterharz und aus dem Erzgebirge. Nun sollen deren Unterschiede und Gemeinsamkeiten sowie deren Technik und Funktion herausgearbeitet werden. Dabei ist nicht nur die Konstruktion der Maschinen, sondern auch der bis zur Stilllegung erreichte Endzustand der Entwicklung zu vergleichen.

Über mehrere Jahrhunderte wirkte die Wasserkraft im Oberharz. Dann wurde sie zunächst von der Dampfkraft und später von der Elektrizität abgelöst. Während andere Regionen die Möglichkeiten der beginnenden Industrialisierung schon früher nutzen konnten und teilweise auch mußten, weil es kein Wassergefälle gab, kamen diese wegen der Transportprobleme für die Kohle vergleichsweise spät in den Oberharz. Aber Erfindungen wie die des Drahtseils¹⁴², der Fahrkunst¹⁴³ sowie ausgefeilter Ortungstechnik mittels kompensierter Magnete unter Tage¹⁴⁴ und anderer Erfindungen¹⁴⁵ zeugten noch am Anfang des 19. Jahrhunderts von der führenden Stellung des Oberharzes bei technischen Neuentwicklungen. 1878 erleichterte endlich die Fertigstellung der Eisenbahnlinie nach Clausthal und Zellerfeld den Transport der Kohlen. Nun konnten Dampfmaschinen beispielsweise für die eiserne Fahrkunst am Schacht Königin Marien als Ersatz für mit Wasserkraft betriebene hölzerne Einrichtungen und für die Antriebe der neuen Schächte Ottiliae¹⁴⁶ und Kaiser Wilhelm mit Erzförderung und Personenführung eingesetzt werden.

»Das Verdienst des Harzes besteht nicht allein darin, daß er jede Anregung zu technischen Verbesserungen bereitwilligst aufgenommen hat, sondern auch darin, daß er unablässig selbst weitergearbeitet hat, daß seine Bergleu-

te, die Männer vom Leder und die von der Feder, weil sie tief an seinem Gedeihen beteiligt waren, stets auf Verbesserungen sann, um dem Bergbau weiterzuhelfen. Daher hat der Harz auf fast allen Gebieten der Bergbautechnik etwas geleistet.«¹⁴⁷

Im benachbarten Hettstedt, am Nordrand des Unterharzes, beginnt nach Süden das Mansfelder Kupferschiefer Revier. Dort lief die erste deutsche Dampfmaschine Wattscher Bauart ab 1785.¹⁴⁸ Nach einigen Verbesserungen bei gleicher Konstruktion aber mit stärkerer Dimensionierung ging 1794 eine zweite Anlage in Betrieb. Eine baugleiche dritte Maschine arbeitete von 1812 bis 1885 in Eisleben, sie steht heute im Deutschen Museum in München. Die Energie für die Feuerung stammte zum Teil von Braunkohle aus der Nachbarregion. So ließen sich mit Hilfe der Dampfkraft große Wasserpumpen antreiben, die die Gruben trocken hielten.¹⁴⁹

Im Oberharz war noch für lange Zeit die vorhandene Wasserkraftnutzung in den vielen kleineren Schachtanlagen der neuen Technik mit Kohle überlegen.¹⁵⁰ Erst zum Ende des 19. Jahrhunderts schafften die Zusammenlegung der Förderung an wenigen Betriebspunkten und die Errichtung der Eisenbahn die Voraussetzungen für die Umstellung auf Dampfkraft.

»Die Nutzung des Wassergefälles durch Turbinen, Hydrokompressoren (seit 1911), Überführung in elektrische Energie entspricht in ihrem neuesten Ausbau von 1924 den Fortschritten der heutigen Technik. Man kann so beispielsweise den elektrischen Strom in Clausthal billiger erzeugen, als es den auf Kohle eingestellten Werken im Harzvorland möglich ist, und speist daher jetzt fast alle Zweige des Gruben- und Hüttenbetriebes damit. (Betriebsbericht 1922). In Mansfeld benutzte man

142 W. A. J. Albert [L14].

143 G. L. W. Dörell [L74].

144 E. Borchers [L55], W. Kroker [L124–Seite 290]. Schon lange vorher nutzte man Kompaßnadeln, um die Richtung unter Tage zu bestimmen. Dies setzte allerdings die Kenntnis der zeitlichen Änderung der magnetischen Abweichung voraus, vgl. von Trebra [L52–Seite 127]. Den Verlauf zwischen 1650 und 1950 gibt K. Neubert [L149] in Abb. 21 für Freiberg (Maximum um 1810, etwa 20°) an.

Mit welchen Schwierigkeiten die Vermessung für den Bergbau behaftet waren, zeigt auch der Versuch von Villofosse [L202], den Harz über die Messung des Luftdrucks zu nivellieren. Auch hier war es erforderlich, die zeitliche Änderung des Luftdruck an Referenzorten zu registrieren.

Die zuletzt zum Ende des 19. Jahrhunderts eingesetzte

Technik für die Registrierung der magnetischen Abweichung stammte jedoch nicht aus Clausthal, sondern von einem Münchner Entwickler, vgl. Brathuhn [L58]. Das Gerät zeichnete die Änderungen des Erdfeldes automatisch auf.

145 A. Riechers et al. [L167].

146 Leuschner [L133], Schennen [L179].

147 K. Brüning [L61–Seite 71].

148 Versuche mit Dampfkraft im Bergbau gab es schon früher, vgl. J. Leupold [L132–Tab. XLIV]. Er zeichnet Teile der Maschine in Königsberg in Ungarn.

149 G. Boltz et al. [L51–Seite 148].

150 F. Schell [L176–Seite 105] berichtet von Überlegungen zur Einführung der Dampfkraft in (Bad) Grund. Die hohen Transportkosten für Steinkohle, Braunkohle oder Holz verhinderten den Einsatz der Dampfkraft und führten zum Bau zweier Wasserräder.

Wasserbalanciermaschinen, um die Menschenkraft am Haspel und die Pferdekraft am Göpel zu ersetzen. Seit 1845 verdrängte aber die Dampfkraft die Wassermaschinen vollständig. Mansfeld und der Westharz un-

terscheiden sich hierdurch grundsätzlich, indem für den Westharz, besonders den Oberharz, die Benutzung der Wasserkraft eine Lebensfrage geblieben ist, während Mansfeld getrost darauf verzichten kann.»¹⁵¹

4.3.2 Wasserzufluß, Pflege und Umbau der Einrichtungen

Die wichtigsten Größen für die Wasserkraftnutzung sind Durchfluß und Gefälle. Mengenverluste bei der Zuleitung oder nur teilweise ausgenutzte Höhenunterschiede wirken sich in gleicher Weise nachteilig aus.

Während beispielsweise bei einem Kehrrad die zeitweilige Halbierung des Durchflusses lediglich die Leistung (Fördergeschwindigkeit oder Last) bei gleichem Wirkungsgrad entsprechend verkleinert, ist bei Halbierung des Gefälles grundsätzlich eine andere Konstruktion für das Rad zu wählen, wenn der Wirkungsgrad erhalten bleiben soll.

Im Laufe der Zeit verfügten die Harzer Maschinenbauer über ein Baukastensystem von größeren und kleineren Rädern. Die größeren (Kehr und Kunsträder) waren in ihren Abmessungen durch Konstruktion, Werkstoff und Platz für die Radstuben begrenzt, für die kleineren (Sägewerks- und Pochwerkräder) gab das vorhandene Gefälle die Größe vor.

Anfänglich waren die Abmessungen der Kunst- und Kehrräder Hauptvorgaben für das Grabensystem und die Anordnung aufeinanderfolgender Räder im Gelände. Später, beim Ersatz verschlissener Räder, ergab sich umgekehrt der Durchmesser zwangsweise durch die vorhandenen Wasserwege. Diese wechselseitige Verkettung erschwerte große Änderungen am System der Gräben und Räder. Geänderte Raddurchmesser hätten unter Umständen Neubauten von Gräben und räumliche Verlagerungen der benachbarten Räder im vorhandenen Gefälle zur Folge gehabt (ähnlich wie beim Kunstrad der Grube Anna Eleonora).

Unterschiedliche Eigentumsverhältnisse (verschiedene Fürsten-, Herzogtümer und Gewerkschaften) sowie hohe Investitionskosten sorgten für lange Zeiträume bei der Optimierung der Wasserwirtschaftsanlagen.

Ein Beispiel hierfür ist die Kunstradstube der Grube Anna Eleonora, die nach 1746 vom heutigen Bauhof zum Schinderloch am unteren Klepperberg verlagert wurde. Hierdurch reduzierte sich die Länge des Gestänges von 1120 m zwischen Radstube und Schacht um etwa 300 m. Das neue Rad konnte wegen des nun geringeren Gefälles nur mit vergleichsweise kleinem Durchmesser von 8 m überschlächtig betrieben werden.¹⁵² Im Tal des Zellbachs bei den Spittelwiesen zeigt sich der Übergang zu einem anderen Planungs- oder Eigentumsbereich. Hier wird der Grundsatz »halte die Wasser hoch« verletzt. An der Wasserkreuzung haben Flutgraben (Zellbach) und Ablauf-

rösche noch 1,4 m Höhenunterschied, 200 m weiter fließen sie am Schinderloch zusammen.

Bei den Rädern am Polsterberger Hubhaus (Abb. 62) und am Knesebeck-Schacht (Abb. 40) konnte man Gefällehöhe verschenken, da diese Räder nicht in eine Abfolge mit anderen eingebunden waren. Man hatte sie als Neubauten an ein vorhandenes Grabensystem angeschlossen.

Ein Beispiel für eine Neuplanung von Grund auf stellt das Roedersche System im Rammelsberg dar, das die vorhandenen knappen 36 m Gefälle mit vier Rädern optimal ausnutzte (Abb. 78). Hier brachte der Neuanfang erhebliche Verbesserungen für den Bergbau mit sich.

Neben der Planung von Verbesserung im Wasserwirtschaftssystem ist auch die Pflege der noch im Betrieb befindlichen Anlagen eine wichtige Aufgabe. Regelmäßige Inspektionen auf Undichtigkeiten und Schäden durch die Witterung¹⁵³ sowie Säuberungen und Ausbesserungen sind Voraussetzung für das erfolgreiche Arbeiten in den Gruben.

Bei den im Jahre 1998 erfolgten Reparaturarbeiten am Damm des Unteren Eschenbacher Teiches konnten auf der luftseitigen Wiese mehrere Gräben freigelegt¹⁵⁴ werden, die zu Fragen anregten. Der untere dieser Gräben¹⁵⁵ ist mit einer 0,5 m dicken Lehmschicht zugesetzt, das heißt er ist in der Vergangenheit für einen längeren Zeitraum nicht gepflegt worden. Die Ursache hierfür war bisher noch nicht zu klären. Für die Auswertung liegen Vermessungsdaten und Bohrkerne vor. Bisher ist nur sicher, daß man im Rahmen der Verlegung des Kunstrades Anna Eleonora diesen Graben durch den nächst höher gelegenen ersetzt hat.

Man spricht heute von dem *Wasserwirtschaftssystem* im Oberharz. Dabei handelt es sich um eine kleinteilige in langen Zeiträumen mühsam zusammengewachsene Struktur. Deren Teile entstanden ursprünglich ohne übergreifendes Konzept. Über viele Generationen hin optimierte man das System mit hohem Aufwand und nur schwerfällig. Man baute Gräben, die man zum Teil wieder verlagerte, baute Teiche und erhöhte Dämme. Die Stilllegung von ausgeerzten Gruben, die Verlagerung der Förderung, der ständige Wechsel im Bergbau, nicht nur zuletzt durch die Stromerzeugung, forderten über Jahrhunderte immer neue Anpassungsfähigkeiten. Diese wurden bis zur endgültigen Verfüllung der Schächte vor einigen Jahren vielfältig gezeigt. So dienten sie dem Wohl des Bergbaus und zugleich dem der Bevölkerung.

151 K. Brüning [L61–Seite 74].

152 S. G. Rausch [L161], Meine [L139].

153 S. G. Rausch [L162], H. H. Nietzel [L155], Georg Andreas

Steltzner [L196–Seiten 9–13].

154 F. Balck, W. Lampe [L30].

155 Sohle 545 m ü. NN.

4.3.3 Wasserräder

4.3.3.1 Entwicklungsgeschichte der Wasserräder im Bergbau

Die Geschichte der Wasserräder geht weit zurück bis in das zweite Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung.¹⁵⁶ Zu dieser Zeit gab es im Nahen Osten schon kleine oberflächliche Wasserräder. Etwas später, in den ersten Jahrhunderten nach der Zeitwende, sind auch in Süd- und Mitteleuropa¹⁵⁷ Wasserrädern nachweisbar. Danach gilt dies auch im deutschen Raum, beispielsweise für die eisenverarbeitende Region um Siegen. Dort trieben ab 1311 einige Wasserräder¹⁵⁸ Schmiedehämmer an.

Auch eine Zeichnung im Sachsenspiegel¹⁵⁹ (1350) stellt ein oberflächliches Wasserrad dar. Im Bergbau nutzte man etwa seit dem 14. Jahrhundert die Wasserkraft¹⁶⁰, um die Gruben auszupumpen mit Hilfe von *Bulgen* (ledernen Eimern) oder Heinzenkünstern¹⁶¹ (gepolsterte lederne Bälle in einer Holzhöhle), die jeweils von einem umlaufenden Seil nach oben gezogen wurden. Nach der Erfindung des krummen Zapfens ließ sich die kontinuierliche Bewegung der Lederbälge durch die Hin- und Herbewegung eines Kolbens¹⁶² ersetzen, mehrere Pumpen hintereinanderschalten und somit das Wasser auch aus größeren Tiefen pumpen. Die Bulgen verursachten im Vergleich zu allen anderen die geringsten Reibungskräfte, erlaubten aber nur geringe Förderhöhen und keine geeigneten Schächte.

Im Vergleich zur anfallenden Menge an Erz und Gestein war das in die Gruben einsickernde Wasser das wichtigste Fördergut. Ohne ständiges Pumpen wäre der Bergbau zu manchen Jahreszeiten rasch zum Erliegen gekommen.¹⁶³ Dagegen konnte die Förderung des losgebrochenen Gesteins intermittierend erfolgen, beispielsweise auch mit Handhaspel oder Pferdegaipel.

Die weitere geschichtliche Entwicklung für den Einsatz von Wasserrädern im Harzer Bergbau hat Becker¹⁶⁴ zusammengefaßt. Nach der Mitte des 19. Jahrhunderts gab es im Oberharz noch viele Wasserräder, 50 über und 26 unter Tage, sowie drei Wassersäulenmaschinen¹⁶⁵.

Eine ausführliche Übersicht über die Entwicklung im Freiburger Bergbau einschließlich der nachfolgenden Maschinen wie Wassersäulenmaschinen und Turbinen gibt Wagenbreth.¹⁶⁶

Seit der Mitte des 16. Jahrhunderts haben sich die hölzernen Wasserräder über 350 Jahre als Antriebs-

maschinen für den Bergbau bewährt. Das Prinzip der Konstruktion hat sich innerhalb dieser langen Zeit nicht grundsätzlich geändert, es gab lediglich einige Verbesserungen in der Ausführung (Anzahl und Art der Verbindung einiger Konstruktionselemente) und im Material (z. B. eiserne Schrauben), die sich positiv auf die Lebensdauer ausgewirkt haben.¹⁶⁷

In den folgenden Abschnitten sollen die aus verschiedenen Zeiten und Regionen stammenden Beispiele verglichen sowie die Bedeutung der Unterschiede für Funktion und Konstruktion der Räder analysiert und systematisch gegenübergestellt werden.

Die Tabelle auf der nächsten Seite zeigt einige wichtige Quellen.

4.3.3.2 Kehr- und Kunsträder

4.3.3.2.1 Fördermaschine mit Gaipel und Kehrrad

Die bekannte Darstellung von Georg Agricola aus dem Jahre 1556¹⁶⁸, zeigt ein Kehrrad in seiner Radstube. Auch wenn der Stich in einigen Einzelheiten unvollkommen ist, zeigt er doch richtig, wie eine Förderkette mit einer angehängten großen *Bulge* (lederner Wasserbehälter) die Seiltrommel am Wellenende umschlingt. Was aus dieser Zeichnung aber wegen der angedeuteten Wolken am Himmel nicht unmittelbar hervorgeht, ist der Umstand, daß das Rad vermutlich unterhalb der Tagesoberfläche läuft – siehe Leiter – und somit die Last nicht bis ganz nach oben heben kann. Hierfür ist das Seil daneben erforderlich.¹⁶⁹

Um diesen Nachteil zu beseitigen, besitzen verbesserte Konstruktionen für das Seil (Kette) eine Umlenkrolle über dem Schacht. Das Kehrrad mit der Seiltrommel stellt man neben dem Schacht auf. In der Seiltrift, dem Bereich dazwischen, führen bei größerem Abstand Walzen das Seil (Abb. 71).

Sofern das Kehrrad in der unmittelbaren Nähe des Schachtes aufgestellt werden kann, sollte sich die Seiltrommel, wie hier, direkt auf der Welle befinden.¹⁷⁰ Bei starken Höhenunterschieden zwischen Umlenkrolle und Kehrrad oder größeren Entfernungen mit Seildurchhang können jedoch Probleme auftreten, wenn das Gewicht der leeren Tonne mit dem restlichen Seil leichter ist als das des Seiles

156 T. S. Reynolds [L166–Seite 14].

157 T. S. Reynolds [L166–Seite 40].

158 T. S. Reynolds [L166–Seite 85].

159 T. S. Reynolds [L166–Seite 100].

160 W. von Stromer [L197–Seite 54].

161 T. S. Reynolds [L166–Seiten 77, 94], G. Agricola [L12–Seite 168], O. Wagenbreth [L207–Seite 50], vgl. L. Suhling, Seite 151.

162 C. Bartels [L35–Seite 18], O. Wagenbreth [L207–Seite 50], Bornhardt [L53–Seite 36].

163 P. Eichhorn, [L81–Seite 173].

164 H. Becker [L45–Seiten 257–280], vgl. C. Bartels [L41–Seite 6], und C. Bartels [L34–Seite 180].

165 A. Dumreicher [L79–Seite 40], 1868.

166 O. Wagenbreth [L207–Seite 56f.].

167 Beispiele finden sich bei [Z9, Z14, Z15, Z17, Z18, Z19, Z20, Z22, Z37, Z69] mit Wendegetriebe für die Seilkörbe. Das Kehrrad läuft nur in einer Richtung, [Z76] mit Getriebe für die Seilkörbe.

168 G. Agricola [L12–6. Buch–Seite 170].

169 O. Wagenbreth [L207–Seite 39].

170 Vgl. G. Fleisch [L89–Seite 75 »Höhenausgleich«].

| | | |
|-------------------|--|---|
| 1536 | Hardanus Hake ¹⁷¹ | Text <i>Heintzenkunst</i> |
| 1556 | Agricola | Zeichnungen im sechsten Buch, Eimerkette ¹⁷² , Heinzenkunst ¹⁷³ , Kunstrad mit krummem Zapfen und Kolbenpumpen ¹⁷⁴ , Kehr ¹⁷⁵ |
| 1581 | Streitkarte ¹⁷⁶ | von Clausthal und Zellerfeld, überschlächtiges Rad bei der Heinrichsmühle, mehrere Radstuben mit hölzernem Gefluder am Gegentrum und südlich des Galgenberges |
| 1606 | Lindemeyer und Koch ¹⁷⁷ | Feldgestänge umit Rad und Kolbenpumpen ¹⁷⁸ |
| 1617 | Löhneyß ¹⁷⁹ | Kunstrad mit Feldgestänge und Pumpenkunst |
| 1650 | Matthäus Merian ¹⁸⁰ | Ansicht von Clausthal: Radstuben und Feldgestänge |
| 1654 | Caspar Merian ¹⁸¹ | Stich von Clausthal: Wasserrad am Sorger Teich mit Feldgestänge |
| 1661 | Daniel Flach ¹⁸² | Kunsträder mit Pumpensätzen |
| 1661 | Adam Illing ¹⁸³ | Kehr- und Kunstrad mit Pumpengestänge |
| 1680 | N. N. ¹⁸⁴ | Radstuben mit Feldgestänge |
| 1683 | Valentin Decker ¹⁸⁵ | Kehr- und Kunsträder mit Pumpengestänge |
| 1700 | Baltasar Rößlern ¹⁸⁶ | Kehrrad mit Bremsrad und Hebelmechanik zur Steuerung |
| um 1714 | Bernhard Ripking ¹⁸⁷ | Kunstrad mit radialen Armen |
| 1720 | Samuel Rausch ¹⁸⁸ | Kunst- und Kehrräder, schematisch |
| –1724, um 1750 | J. B. Homann ¹⁸⁹ oder Homanns Erben? | zwei Ansichten von Clausthal und Zellerfeld, Radstuben mit Feldgestänge |
| 1763 | H. Calvör ¹⁹⁰ | Kunst- und Kehrräder ... |
| 1764 | Samuel Gottlieb Rausch ¹⁹¹ | Kunstradstube mit Feldgestänge |
| 1771 | C. A. Rausch ¹⁹² | Kehrradstube mit Kehrrad, Kunstrad und Feldgestänge |
| 1772 | J. G. Kern ¹⁹³ | Kunst- und Kehrräder ... |
| 1772 | C. T. Delius ¹⁹⁴ | Kunst- und Kehrräder ... |
| 1773–91 | F. L. Cancrinus ¹⁹⁵ | Kunst- und Kehrräder ... |
| 1781 | Dannenberg ¹⁹⁶ | Kunstrad und Kehrrad |
| 1848 | A. Polle ¹⁹⁷ | technische Konstruktionszeichnungen, Dorothea, Ernst August |
| 1851 | J. Weisbach ¹⁹⁸ | Lehrbuch über Arbeitsmaschinen |

Tab. 4: Sammlung einiger wichtiger Quellen.

in der Seiltrift (Varianten mit Unterseil hat Johann Justo Bartelß 1709 berechnet und aufgeschrieben¹⁹⁹). Nur mit zusätzlicher Beladung läßt sich dann die Tonne in den Schacht bringen. Da die Bergleute in der Regel aber möglichst leere Tonnen nach unten fördern wollen, muß die

Seiltrift verkürzt werden, das heißt der Seilkorb muß dicht bei der Umlenkrolle bleiben und über ein zusätzliches Gestänge (Abb. 27) vom entfernten Rad angetrieben werden. Hierbei geht allerdings ein Teil der Energie des Kehrrades durch Reibung verloren.

171 Hardanus Hake [L102–Seite 42].

172 G. Agricola [L12–Seite 146].

173 G. Agricola [L12–Seiten 162, 165, 166, 167, 168].

174 G. Agricola [L12–Seiten 158, 159, 160].

175 G. Agricola [L12–Seite 170].

176 F. Bönisch et al. [L59–Seite 141 und Anm. 457, 458, 469], H. Brichzin [L50–Seite 282], H. Dennert [L68, L69], H. Dennert, H. Morich [L70–Seite 14], und Beilage 1, vgl. Jahresgabe des OGMV 1992.

177 Z. Koch und D. Lindemeyer [Z52].

178 Z. Koch und D. Lindemeyer [Z52], bei der Grube Sankt Lorenz.

179 G. E. Löhneyß [L137–Abb. ?].

180 Matthäus Merian [Z57].

181 Caspar Merian [Z59].

182 Daniel Flach [Z40], siehe M. Schmidt [L180–Bilder 1/8, 1/3], vgl. W. Haupt [L103–Seite 300].

183 Adam Illing [Z48], siehe M. Schmidt [L180–Abb. 1.15].

184 N. N. [L7], Riß der Gruben im Burgstätter Revier um 1680.

185 Valentin Decker [Z35] und [Z36].

186 Baltasar Rößlern [L172–Tafel 10], vgl. W. Haupt [L103–Seite 300].

187 B. Ripking, siehe M. Schmidt [L180–Abb. 1/16], war Maschinenbaumeister, Anhang H, Calvör [L64–Teil I–Seite 70], vgl. W. Haupt [L103–Seite 300].

188 F. Balck [L27–Abb. 19, 20].

189 J. B. Homann und Homanns Erben: Ebersperger und J. M. Franz [L111], vgl. R. Slotta, C. Bartels [L191].

190 S. G. Rausch [L162].

191 H. Calvör [L64].

192 C. A. Rausch [L163].

193 J. G. Kern [L117].

194 C. T. Delius [L67].

195 F. L. Cancrinus [L64].

196 E. C. H. Dannenberg [L66–zweiter Gesang].

197 A. Polle [Z61].

198 J. Weisbach [L211].

199 H. H. Nietzel [L156].

»Was zuerst die Wassergöpel betrifft, so werden bei einigen die Körbe oder Walzen, worauf das Seil aufwickelt, durch Tageskünste vermittelt Feldgestängen in Bewegung gesetzt, wie bei der Grube Herzog Wilhelm im clauenthaler oder bei der jungfrauer Schachte der Grube Regenbogen im zellerfelder Reviere. Diese Einrichtung ist alt, aber musterhaft am letzteren Punkte ausgeführt, und verdient dabei insbesondere die Wirkung höherer Schwingen in Erwägung gezogen zu werden. Es ist übrigens leicht einzusehen, daß solche Vorrichtungen nur zu wählen sind, wenn kein anderes, als ein entferntes Wassergefälle zu Gebot steht.

Eine andere Art der Anlage beruht darauf, daß ein tief gelegenes Gefälle in der Nähe des Schachts befindlich ist, oder doch leicht dahin verlegt werden kann. In diesem Falle werden die stehenden Bläuele angewendet, das heißt man läßt aus der Tiefe von 3 bis 4 Lachter von den Kurbeln eines Wasserrades eine senkrecht darüber stehende Rolle (Korb) in Bewegung setzen, auf welcher sich das Seil aufwickelt. In solchen Fällen dient der doppelte Krummzapfen an beiden Seiten der Wasseradwelle, so wie an der Korbwelle. Eine Treiberei dieser Art ist auf der Grube Lorenz im Gange. Man darf diese Einrichtung nur anwenden, wo die Umstände dazu veranlassen, deren wir schon erwähnten. An sich ist ihre Wirkung unvortheilhafter, als die der einfachen Treibereien, wobei der Korb unmittelbar auf der Welle des Wasserrades liegt.«²⁰⁰

Nicht nur bei der Grube Jungfrau in Zellerfeld (Abb. 29), der Ovalen Radstube in Clausthal²⁰¹ und in Bockswiese (Abb. 76), sondern auch im Rammelsberg treiben die Kehräder den Seilkorb über vier Kuppelstangen an. Diese Technik, Seilkörbe von der Kehr radwelle zu trennen, stammt aus dem Jahre 1700 von Christopher Polhem im Kupferbergwerk Falun/Schweden.²⁰²

»Das Gestänge auf Herzog Georg Wilhelm ist 110 Lachter lang und doppelt. Die Feldstangen greifen 2, vom Korbe noch 4 Lachter entfernte, stehende Wendetocken an, deren im rechten Kreuz angebrachte Aermle die Bewegung den 2 Korbstangen und dem Korbe mittheilen. Letztere gehet ohne Schwierigkeit und Hinderniß vor sich. Verbindungen der Art sind am Harz nicht neu. Auf dem Stoffenthäler Zuge sind ihrer mehrere änlicher Art. Allein wo man kann, vermeidet man die langen Gestänge gern, und auf den Hauptgruben am Harz, der Caroline, Dorothee und Samson zu Andreasberg sind Kehr rad und Korb an einer Welle.«²⁰³

Während bei der Grube Jungfrau mit rund 85 m Achsabstand auf jeder Seite einfache Kurbelzapfen ((14)–Abb. 124) und lange Pleuel zwischen den Stangen eingesetzt sind,

übertragen Kuppelstangen bei der Kanekuhle²⁰⁴ (Abb. 83) mit nur 8,5 m Achsabstand und etwa 45° Neigung die Kraft direkt zwischen den Doppelkurbelzapfen ((18)–Abb. 124). Beim Serenissimorum mit Achsabstand von 17 m und in der Ovalen Radstube mit etwa 9 m ist die Anordnung ähnlich (Abb. 89), nur hier stehen die Stangen senkrecht.

Bei allen drei Rädern ist der seitliche Abstand zwischen den Stangenpaaren durch die Länge der Welle vorgeben, während bei Abb. 27 zwei Wendedocken die Kräfte so umlenken, daß sich die Stangen direkt nebeneinander bewegen können und daher sich Platz und Zahl der Stützen für das Kunstgestänge reduziert.

Im Gegensatz zu diesen aufwendigeren Antrieben dreht sich bei den Schächten Silbersegen, Knesebeck, Anna Eleonora, Silberne Schreibfeder, Rheinischer Wein, Samson, Dorothea, Ernst August der Seilkorb direkt mit der Welle des Kehr rades.

Eine etwas abgewandelte Konstruktion mit zwei einzelnen schmalen Seilkörben links und rechts, dicht am Kehr rad, gab es beispielsweise in Clausthal in der Grube Königin Charlotte²⁰⁵ sowie beim großen Kehr rad in der Roten Grube zu Freiberg (siehe nächste Seite), bei der die beiden Seilkörbe nebeneinanderliegen.

Neben der größeren Reibung und der aufwendigeren Konstruktion bietet der Gestängeantrieb aber auch Vorteile. Kurze Wellen sind leichter zu beschaffen und zu transportieren.²⁰⁶ In einer untertägigen Radstube erlaubt dies kleinere Spannweiten für die Stützkonstruktion der Gewölbe.

4.3.3.2 Einzelheiten der Konstruktion eines Rades

4.3.3.2.1 Radwelle mit Zapfen für Lagerung und Kraftübertragung

Die Konstruktion der Wasserradwellen im 18. Jahrhundert beschreibt für den Harz Calvör und für die österreichisch-ungarischen Bergwerke Delius. Am Beginn der Entwicklung gibt es bei Delius noch eine Welle aus Tannenholz, während sich um 1900, am Ende der Entwicklung, hauptsächlich Wellen aus Eichenholz oder Eisen durchgesetzt haben.

»§ 524 Ein solches Rad nun bestehet aus der Welle, den Kreuzen, und dem Kranze, Die Welle ist von Tannenholz, 8. Schuh lang, 28. Zoll dick, in der Mitte viereckicht, an beyden Enden aber rund behauet.«²⁰⁷

Je größer die Räder wurden, um so wichtiger war die Stabilität und Haltbarkeit der Welle. Die spätere Herstel-

Standort eines Kehr rades außerhalb des Berges, hier als Abkürzung für Kanekuhler Kehr radstube genutzt.

205 Bis vor kurzer Zeit zugänglich über den Tiefen-Georg-Stollen. Es existieren Fotos aus unserer Zeit.

206 H. H. Nietzel [L152–Seite 769].

207 C. T. Delius [L67–Seite 342].

200 C. Zimmerman [L216–Seite 402].

201 F. Balck [L27–Abb. 116].

202 P. Eichhorn [L81–Seite 165].

203 Oberbergmeister Schulz [L186–bis Seite 136].

204 Kanekuhle = Kaninchenkuhle, vor dem Rammelsberg, war

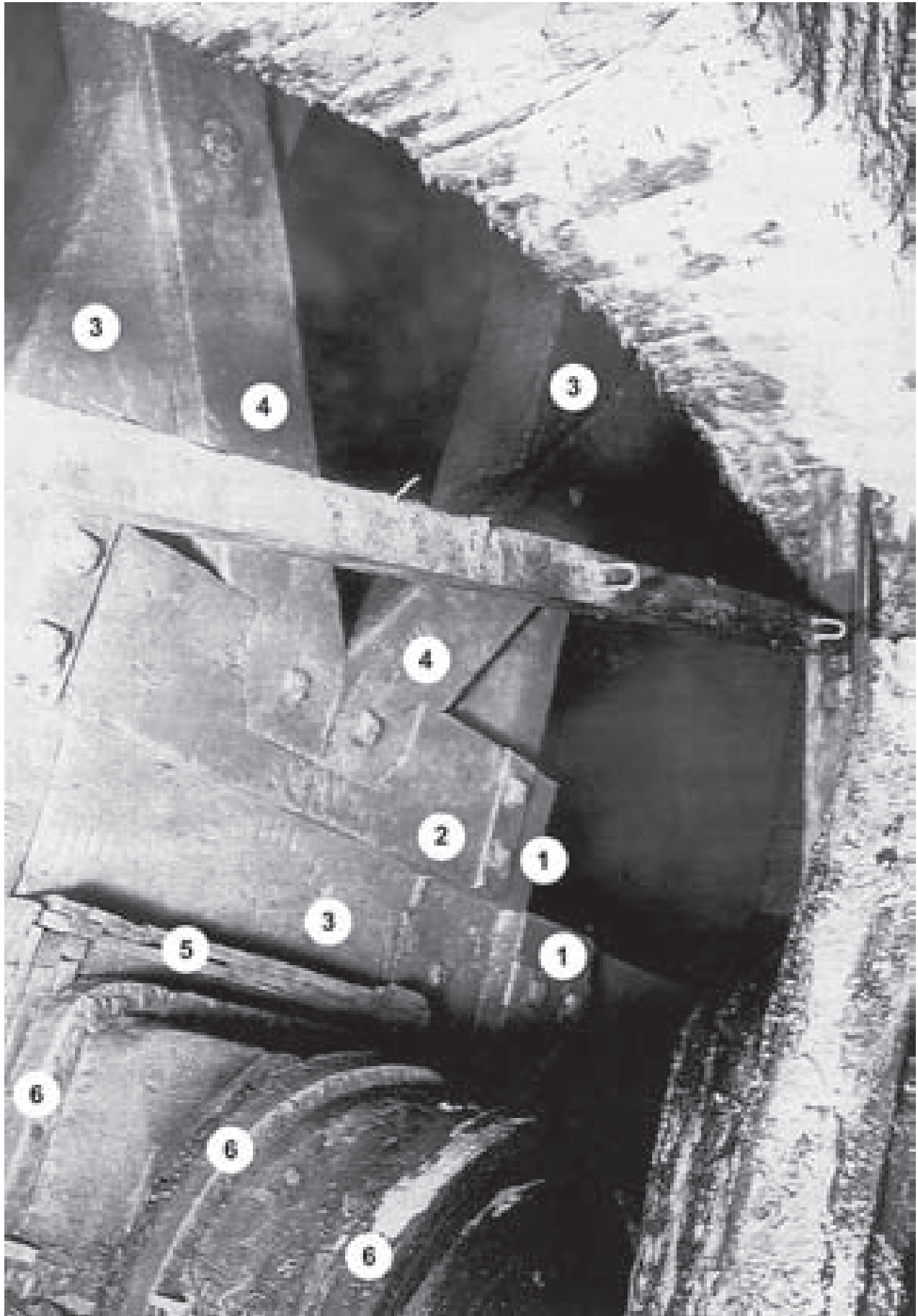


Abb. 99: Kunstrad, Thurmhof in Freiberg. Armverbund um die Welle, ältere Aufnahme (Harzbibliothek).

lung aus Gußeisen erforderte häufig die Trennung von Rad- und Seilkorbwelle aus Gewichts- und Fertigungsgründen. Bei der Grube Samson in Sankt Andreasberg ist noch eine eiserne Welle zu besichtigen. Sie ist über eine Kupplung mit der eigenständig gelagerten Seilkorbwelle verbunden. Eine entsprechende Konstruktion findet man auch in der Roten Grube bei Freiberg.²⁰⁸

»Die Achse des Rades ist eine durchgehende gußeiserne Welle mit vier Flügeln, an die sich die vier Teile des hölzernen Achsenkörpers anlegten [...]. Die Welle ist zweimal gelagert [...] Am nördlichen Ende sitzt die Kupplung zur Seilkorbwelle, die ebenfalls zweimal gelagert ist.«²⁰⁹

Am Samson füttern Hölzer die Welle so weit auf, daß dadurch der übliche Hohlraum mit rund 0,6 m Kantlänge für das Rad erreicht wird.

4.3.3. 2.2.2 Material und Form des Wellenzapfens, Kurbel

»Die krummen Zapfen sind übrigens entweder von gegossenem Metalle, welche die besten und dauerhaftesten sind; oder von geschmiedetem, oder gegossenen Eisen, welche letztern die schlechtesten, und dem Brechen mehr als die andern unterworfen sind.«²¹⁰

Eine Verbesserung bedeutete der Hülsenzapfen, bei dem die drei Aufgaben, Tragen des Rades, Übergabe des Drehmoments und Möglichkeit zur Justierung, unabhängig voneinander gelöst sind. Ein eiserner Ring (0,8 m Durchmesser) umschließt die Welle von außen, vier radiale Arme verbinden ihn konzentrisch mit dem angegossenen Zapfen (0,15–0,19 m) für die Lagerung (7), (6)–Abb. 100.²¹¹

Am Anfang der Entwicklung übernahm ein krummer Zapfen ((18)–Abb. 124), mit zwei Flügeln in einem Schlitz in der Welle verkeilt, die Funktion des Tragens und der Weitergabe des Drehmomentes. Der Einbau war besonders schwierig, da neben dem Befestigen durch die Keile, (5)–Abb. 99, auch noch der eiserne Wellenzapfen in Achsenrichtung auszurichten und mit großen geschmiedeten Eisenringen (6) auf dem konischen Wellenende von außen zu sichern war (vergleichbar mit den eisernen Reifen eines Fasses). Nach dieser Bauart sind die drei Räder im Rammelsberg, auch der Nachbau von 1995 (Abb. 86), gefertigt.

Im Freigelände des Zellerfelder Museums liegt noch ein vorbereitetes Wellenende aus Eiche mit schon vier für die Arme des Hülsenzapfens eingeschnittenen Schlitzten.

Hülsenzapfen sind zu finden

- ▶ am Kehrrad in der Runden Radstube am Rosenhof,
- ▶ am Kehrrad am Ernst-August-Schacht in Wildemann,

- ▶ am Kunstrad am Ernst-August-Schacht in Wildemann, zwei zerbrochene Hülsenzapfen liegen hinter der Kunstradstube,
- ▶ am Kunstrad Samson in Sankt Andreasberg, ausgebaute Welle,
- ▶ am Sägemühlenrad im Freigelände des Zellerfelder Museums und
- ▶ an den verschiedenen Modellen, auch Pochrädern im Zellerfelder Museum.

»Das Kehrrad und die Seilkörbe zum Aufwickeln der Förderseile, sowie eine Bremsscheibe, sind auf einer hölzernen Welle von 7 bis 8 m Länge und 0,7 m Durchmesser festgekeilt. An ihren Enden ist die Welle in Zapfen gelagert. Die hier gebräuchliche mit grosser Sorgfalt hergestellte Verbindung des gusseisernen Harzer Hülsenzapfens mit der hölzernen Welle, kann als eine vorzügliche empfohlen werden. Der Zapfen ist durch 4 dicke Arme von rechteckförmigem Querschnitte mit einem Ringe (der sog. Hülse) verbunden. Das so gebildete Armkreuz wird in die Stirn der hölzernen Welle sehr sorgfältig eingelassen und mit wuchtigen Schlägen gleichsam eingerammt, so dass es in allen Punkten dicht anliegt und trägt. Durch Schrauben, welche mit der Welle verankert sind, wird das Aufziehen des Zapfens auf die Welle unterstützt, und schliesslich noch der Zwischenraum zwischen Wellenumfang und Hülse mit hölzernen Keilen ausgefüllert. Auf das Tragen durch diese Keile, sowie durch die Schrauben wird jedoch kein grosser Werth gelegt.«²¹²

Zur Übertragung der Umdrehungen der Seilkorbwelle an den Tiefenanzeiger (Weiszeug)²¹³ können die Hülsenzapfen am Kopf die Form einer Sechskantmutter (am Rosenhof mit 0,15 m Schlüsselweite) haben, auf die dann die kleine Doppelkurbel für das Weiszeug geklemmt wird. Am Samson hat die Welle des Seilkorbes acht Flächen am Kopf.

Wenn der Hülsenzapfen Kraft auf ein Gestänge übertragen soll, wird eine Kurbel als separat gefertigtes Teil auf den Wellenzapfen²¹⁴ aufgesetzt und mit mehreren Keilen kraftschlüssig fixiert, **Abb. 100** ((4) Zeichnung Eisfelder [L82] und (5) Foto mit der alten Kunstradwelle vom Samson).

Für die Bestimmung der Abmessungen eines Kurbelzapfens alter Bauart kann das (verschlissene) Muster im Zellerfelder Museum und die Zeichnung von Schottelius ((18)–Abb. 124) dienen.

Die im Harz (Museum Zellerfeld und Rammelsberg) übliche Anordnung mit um 180° wechselnden Armen beim Doppelkurbelzapfen sind nicht die einzige mögliche Bauform. Es gibt auch Konstruktionen mit rechtem Winkel zwischen Kurbel und Flügel bzw. zwischen den Kurbeln (letztere Anordnung spart bei zug- und drucktauglichen Treibstangen das zweite Paar ein).²¹⁵

208 Eiserne Welle, vgl. [Z58].

209 O. Wagenbreth [L206–Rote Grube].

210 C. T. Delius [L67–Seite 345–§ 526].

211 Maße siehe Abschnitt 4.3.3.2.5.4.

212 O. Hoppe [L112–Seite 199].

213 Vgl. F. Balck [L27–Abb. 88], erfunden von G. A. Steltzner 1773, vgl. H. Dennert [L71–Seite 175].

214 N. N. [Z4].

215 F. Balck [L29], [Z25] Deutsches Museum TZ 2555, [Z26] Deutsches Museum TZ 2464.

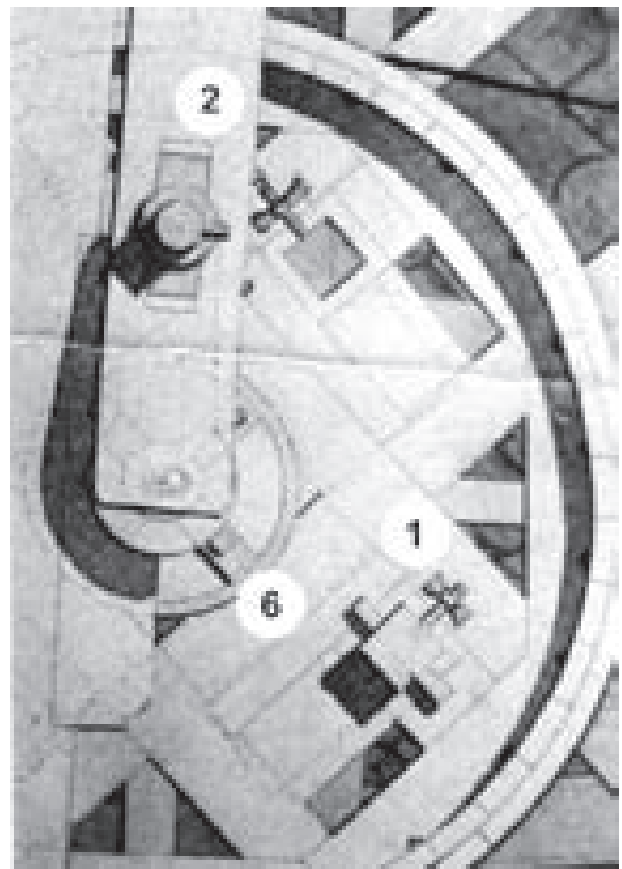
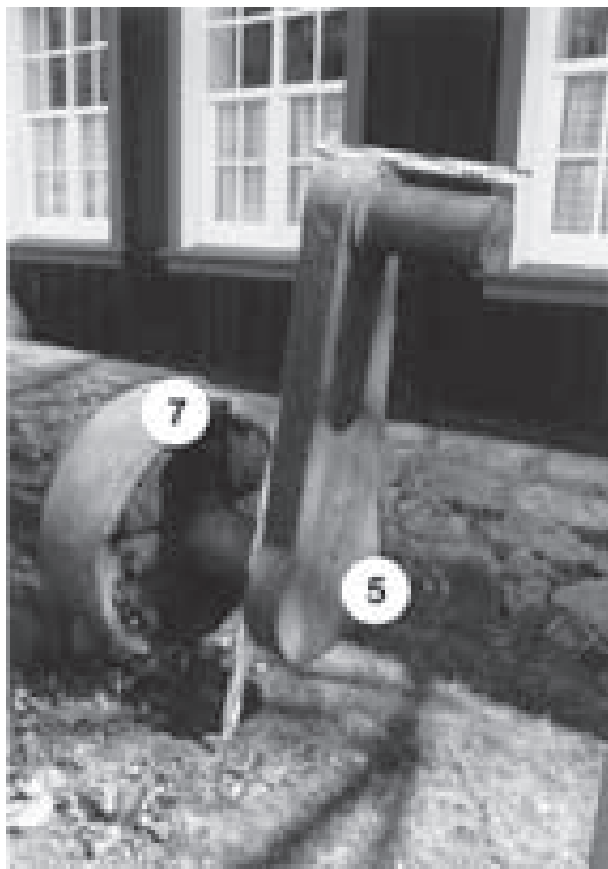
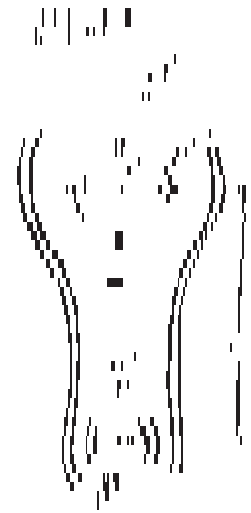
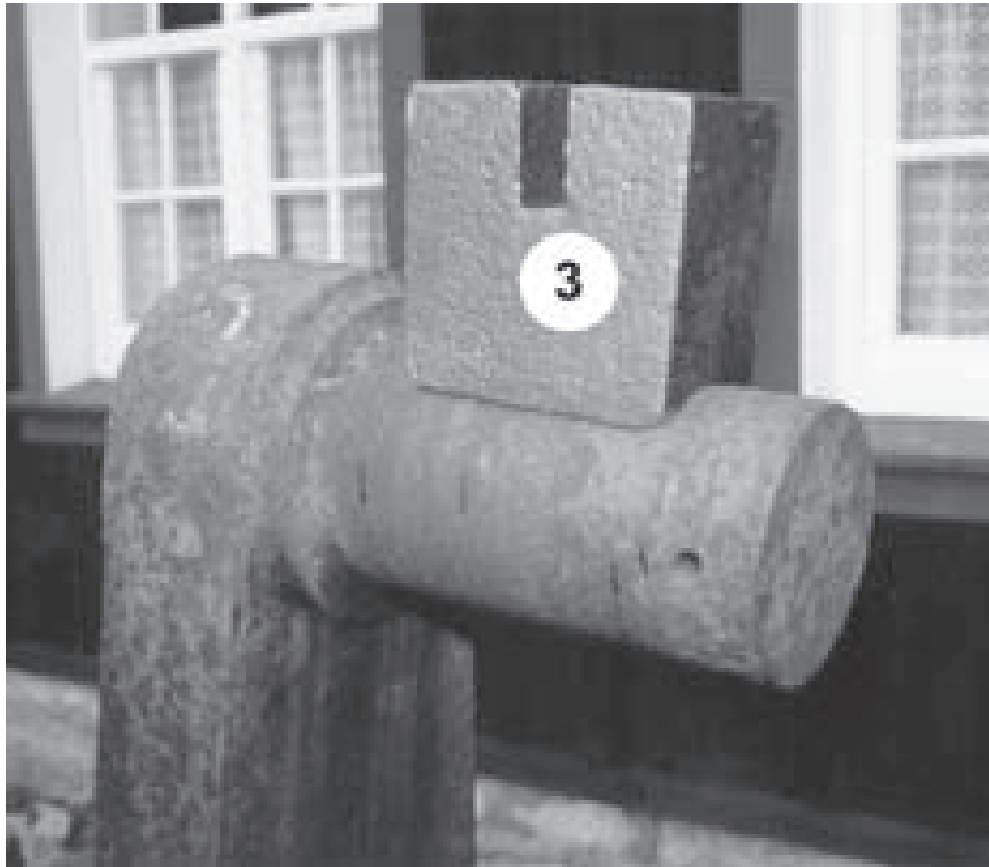


Abb. 100: Welle und Kurbelzapfen des Kunstrades der Grube Samson in Sankt Andreasberg mit Fundstück aus der Runden Radstube. Zeichnung des Kehrrades am Ernst-August-Schacht in Wildemann (aus Abb. 2, Skizze Eisfelder [L82]).

4.3.3. 2.2.3 Umsetzung der Kreisbewegung in eine lineare, Krummzapfen

Das Umsetzen einer Auf- und Abbewegung in eine Kreisbewegung ist uns bei den Pedalen eines Fahrrades geläufig. Für die Nutzung der Kraft eines Wasserrades ist die umgekehrte Reihenfolge erforderlich. Eine solche Kurbel ist unter dem Namen *Krummzapfen*²¹⁶ ((14)–Abb. 124) bekannt.

Neben dieser Technik gibt es auch andere Vorschläge, die weniger materialschonend arbeiten. Hierzu gehören die Lösungen bei Florencourt [L91], bei Calvör²¹⁷, oder bei Cancrinus²¹⁸, die nicht wie bei der Kurbel eine Bewegung mit sinusförmiger Geschwindigkeit, sondern eine mit gleichförmiger Geschwindigkeit, jedoch schlagartigem Richtungswechsel am Umkehrpunkt erzeugen. Sie haben sich aber wegen ihrer Nachteile nicht durchgesetzt.

4.3.3. 2.2.4 Radkranz, Versteifung der Holzverbindungen durch Verkämmung

Die Kränze eines Rades bestehen aus dicken hölzernen Brettern, die in zwei Schichten von je 16 Stück durch Holznägel zum Kreisring miteinander verbunden sind. Die Trennfugen der einzelnen Bretter in den einzelnen Schichten sind gegeneinander versetzt. Sollten sich die Holznägel nur eines Brettes lockern, besteht die Gefahr, daß sich der Ring öffnet.

Schon 1772 nutzte man die Verzahnung (Verkämmung) der Bretter, um dieses zu verhindern. (8)–Abb. 101.²¹⁹

»Bei der Zulage richtet man sich so ein, daß allemahl zwey Kranzstücken mit ihren Enden auf der Mitte des dritten, zusammen stosen. Wobey man um mehrerer Festigkeit willen, jedwedes Stück in der Mitten einen guten halben Zoll tief ausnimmt, wie die Figur D zeigt, und mit schrägen Fugen ausziehet, in welche Fugen zwey andere Kranzstücken neben einander eingeschoben werden.«²²⁰

Erst sehr viel später ist diese Technik durch Vorschrift der Bergbehörde für alle Räder zur Pflicht geworden, um höhere Gebrauchszeiten für die Anlagen zu erreichen.²²¹

»Die Construction der Räder, durchweg von Holz, bietet mit Ausnahme von wenigen keine besondere Verschiedenheit von der gewöhnlich für hölzerne Wasserräder angewandten Methode. Hierorts dürfte nur zu erwähnen sein, daß seit etwa 10 Jahren durch Bestimmung der obersten technischen Behörde sämtliche Räder mit verkämmten Laschen der Kränze angefertigt werden müssen, woge-

gen vorher solches nur ausnahmsweise geschah. Meistens wurden die Laschen flach aufeinander genagelt.«²²²

Die Verbesserung an den Laschen sowie der gleichfalls geforderte stärkere Armverbund ist von den Zimmerleuten im Rammelsberg nicht angenommen worden. Beide Kehrräder dort besitzen keine verkämmten Laschen.

Am Kehrrad der Runden Radstube sind die Laschen etwa 1½ m lang. Im Bereich der mittleren zwei Viertel sind sie rund 1 cm flacher (Stufen bei (1)–(5)) und bieten den äußeren Vierteln der Nachbarlaschen Halt für die Verzahnung untereinander (**Abb. 101**).

Auch die Arme sind mit dem Kranz verzahnt, nicht nur über den Schwalbenschwanz, sondern auch über eine Abstufung am Armende. In gleicher Bauweise ist das Sägemühlenrad im Zellerfelder Museum gefertigt.

Während zur Zeit Calvörs kaum eiserne Schrauben zum Verbinden der Hölzer hergestellt werden konnten²²³ und die Verbindungen auf Passung mit Schwalbenschwanz²²⁴ oder Holznägeln gebaut wurden, nutzte man später Schrauben und Muttern mit Gewinde aus, um beispielsweise die Wassertaschen in einfachen Nuten (1) zwischen den Kränzen fest einzuspannen (**Abb. 102**). Nuten ohne Schwalbenschwanz müssen nicht bis zum äußeren Rand (2) eingeschnitten werden und verhindern so das Herausfallen der Bretter. Für den Austausch eines verschlissenen Schaufelbrettes ist allerdings der stehengelassene Rand am Kranz herauszustemmen, (2) in **Abb. 103**.

Die Technik, Laschen des Kranzes mit Holznägeln zu verbinden, hat sich bis zum Ende des 19. Jahrhunderts gehalten. In der Runden Radstube sind diese Bretter mit vierkantigen Eichennägeln zusammengefügt, (6) und (7) in Abb. 101, Samson Abb. 109.

4.3.3. 2.2.5 Radarme und ihre Verbindung

Zwei Aufgaben haben die Arme eines Wasserrades: erstens den Kranz mit den Wassertaschen zu tragen und zweitens das Drehmoment des Wassers in den Schaufeln auf die Welle weiterzuleiten (**Abb. 104**). Hierbei werden sie sowohl in der Längsachse (Druck/Zug) als auch quer dazu (Biegung) beansprucht (1), während vergleichsweise am Hinterrad eines Fahrrades bei gleichen Aufgaben nur Zugkräfte in den dünnen Speichen auftreten.

Sofern der Radreifen als geschlossener Ring entsprechende Steifigkeit besitzt, reichen an der etwas ausgedehnten Nabenscheibe leicht tangential angreifende dünne Metallspeichen (2) aus, um Last und Drehmoment zu übernehmen. Selbst der Bruch einer Speiche führt noch nicht zum Versagen des ganzen Rades. Erst bei größere Ausfällen

216 C. Bartels [L35–Seite 18].

217 H. Calvör [L64, L65–Tab. VIII–XIII Fig. II].

218 F. L. Cancrinus [L63–Tab. XIII, XXI].

219 J. G. Kern [L117–Tafel 9].

220 J. G. Kern [L117–Seite 187].

221 Ausführlicher Text des Protokolls vom 31. Januar 1861 bei H.

H. Nietzel [L152–Seite 88], auszugsweise zitiert in Abschnitt 4.3.3.2.2.12, vgl. auch A. Dumreicher [L79–Seite 37].

222 A. Dumreicher [L79–Seite 57].

223 H. H. Nietzel [L152–Seite 56].

224 H. H. Nietzel [L152–Bild 14].

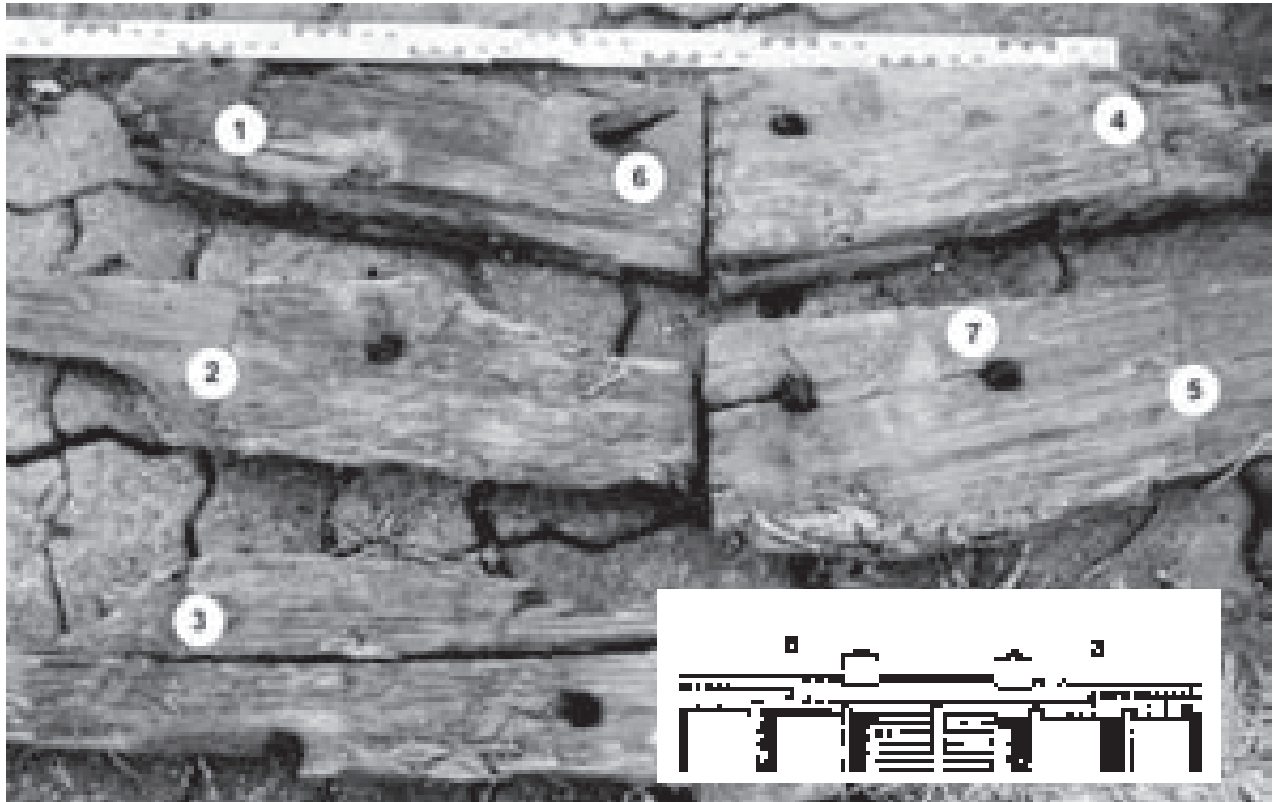


Abb. 101: Funde aus der Runden Radstube. Endstücke der Laschenbretter mit Holznägeln und Kanten für die Verzahnung (Verkämmung). Zeichnung für Verkämmung der Laschen (Kern [L117-Tafel 9]).

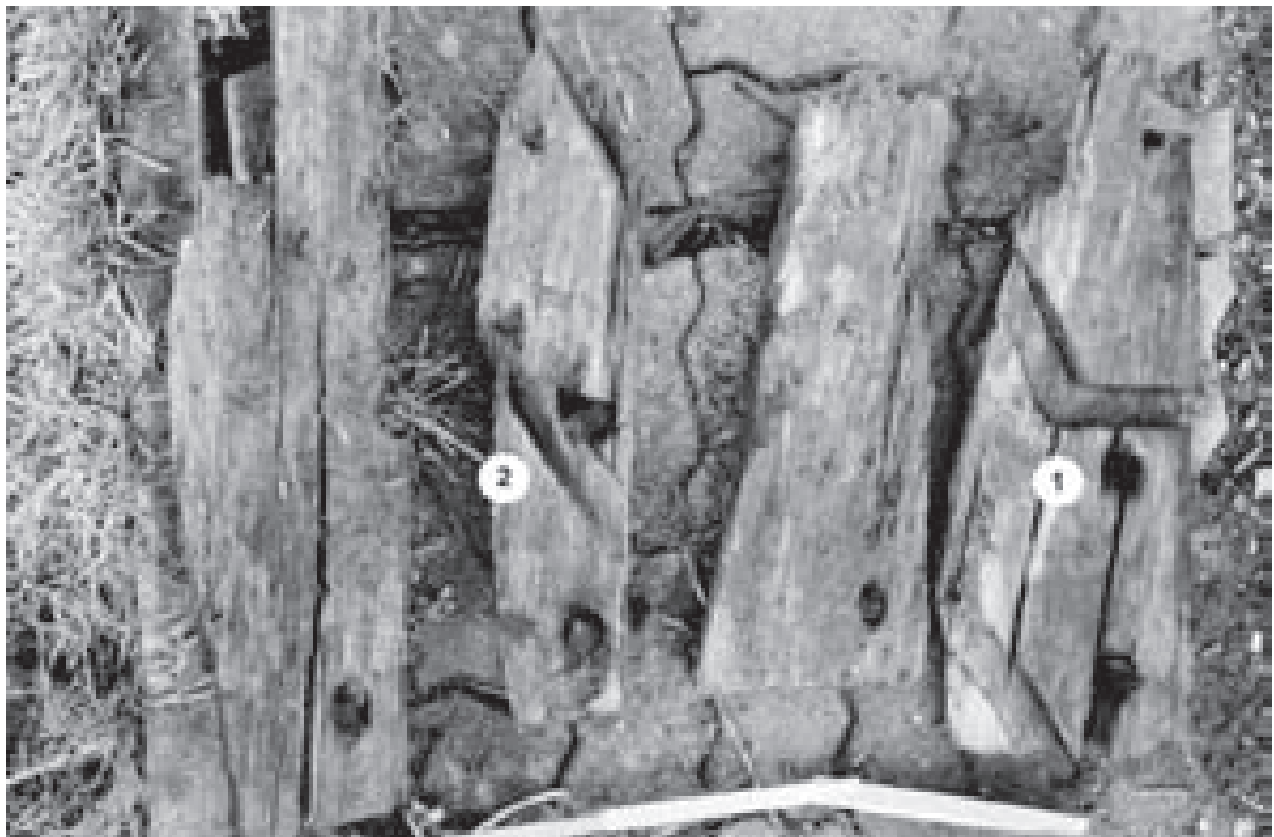


Abb. 102: Funde aus der Runden Radstube. Teile der Laschenbretter mit Holznägeln und Nuten für die Schaufelbretter.

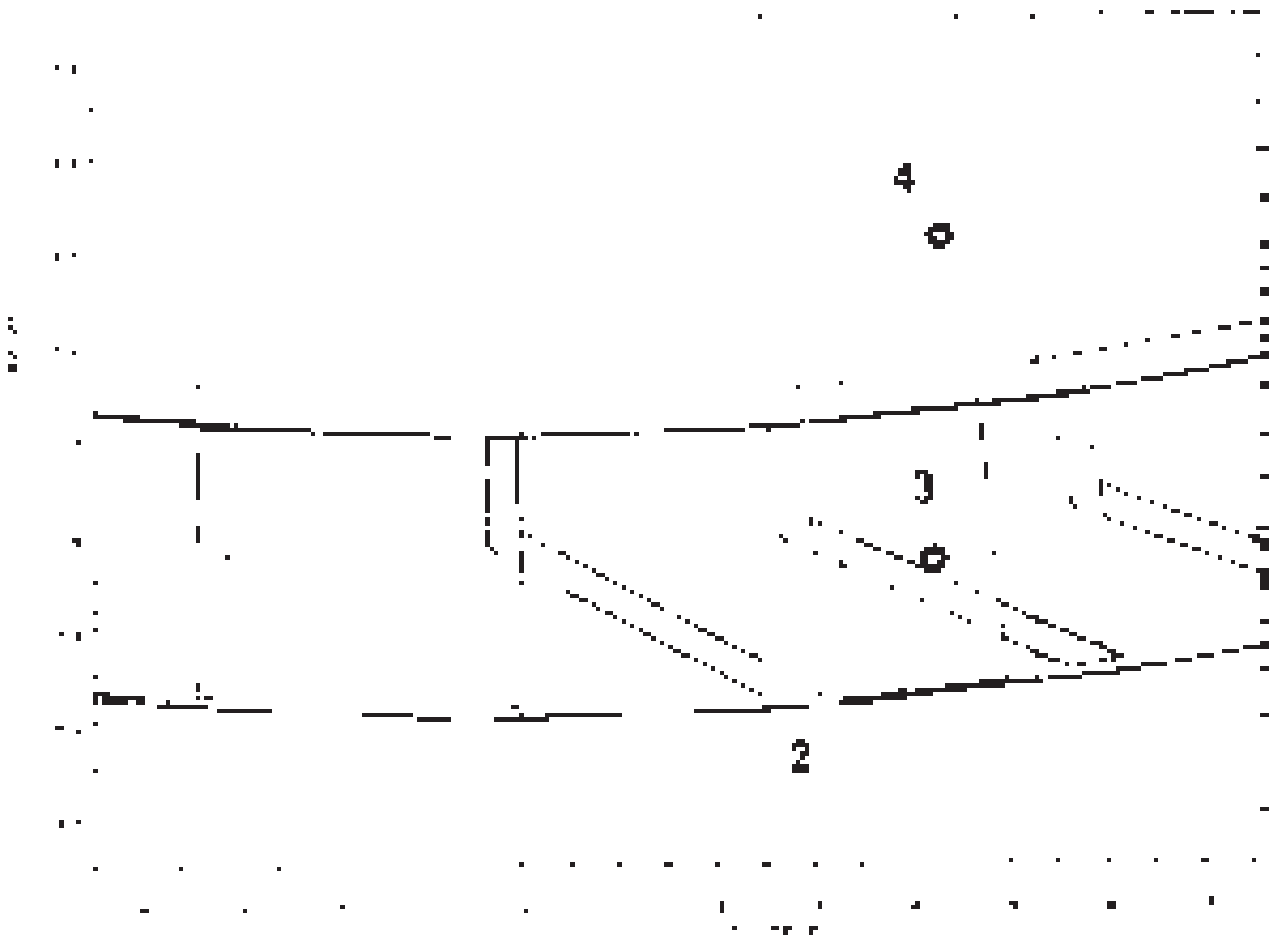


Abb. 103: Funde aus der Runden Radstube. Anordnung der Nuten im Kranz für die Schaufelbretter mit Bohrungen für Holznägel und Zuganker.

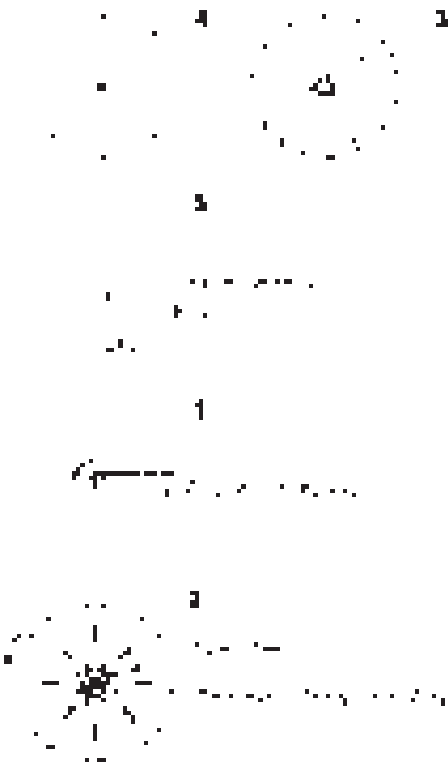


Abb. 104: Konstruktion und Belastung eines Speichenrades.

treten Schwierigkeiten auf. Es gibt auch Konstruktionen mit exakt radialen Speichen (3), bei denen der Wellenkörper aber entsprechend ausgedehnt sein muß, um ein Drehmoment übertragen zu können. Die Größe des übertragbaren Drehmomentes hängt von der Belastbarkeit der Arme und über das Hebelgesetz vom relativen Durchmesser der inneren Nabenscheibe ab (5)–Abb. 104. Während bei Ripking²²⁵ (1714), das Verhältnis für Rad- und Wellendurchmesser von rund 7,5 für eine Holzkonstruktion sehr ungünstig erscheint, bietet die Befestigung der Arme am eisernen Stern der Grube Dorothea (Abb. 74) um 1850 mit dem Radienverhältnis von 6,4 eine stabilere Verbindung.

Um aus dem natürlichen Werkstoff Holz, dessen Festigkeit im Laufe des Gebrauches nachläßt, eine dauerhafte Maschine bauen zu können, müssen entsprechende Reserven vorhanden sein. Beim Bruch einer Verbindung haben Elemente der Konstruktion die Kräfte zu übernehmen.

Wie sich in der Praxis beim Nachbau des Kehrrades in der Kanekuhle gezeigt hat, besitzt der Kranz für sich allein auch ohne unterstützende Arme schon ausreichende Stabilität, um die Schaufeln zu tragen. Daher ist die Frage, in welchem Abstand die Arme am Umfang zu verteilen sind, untergeordnet (siehe Seite 126).

225 M. Schmidt [L180–Bild 1/16].

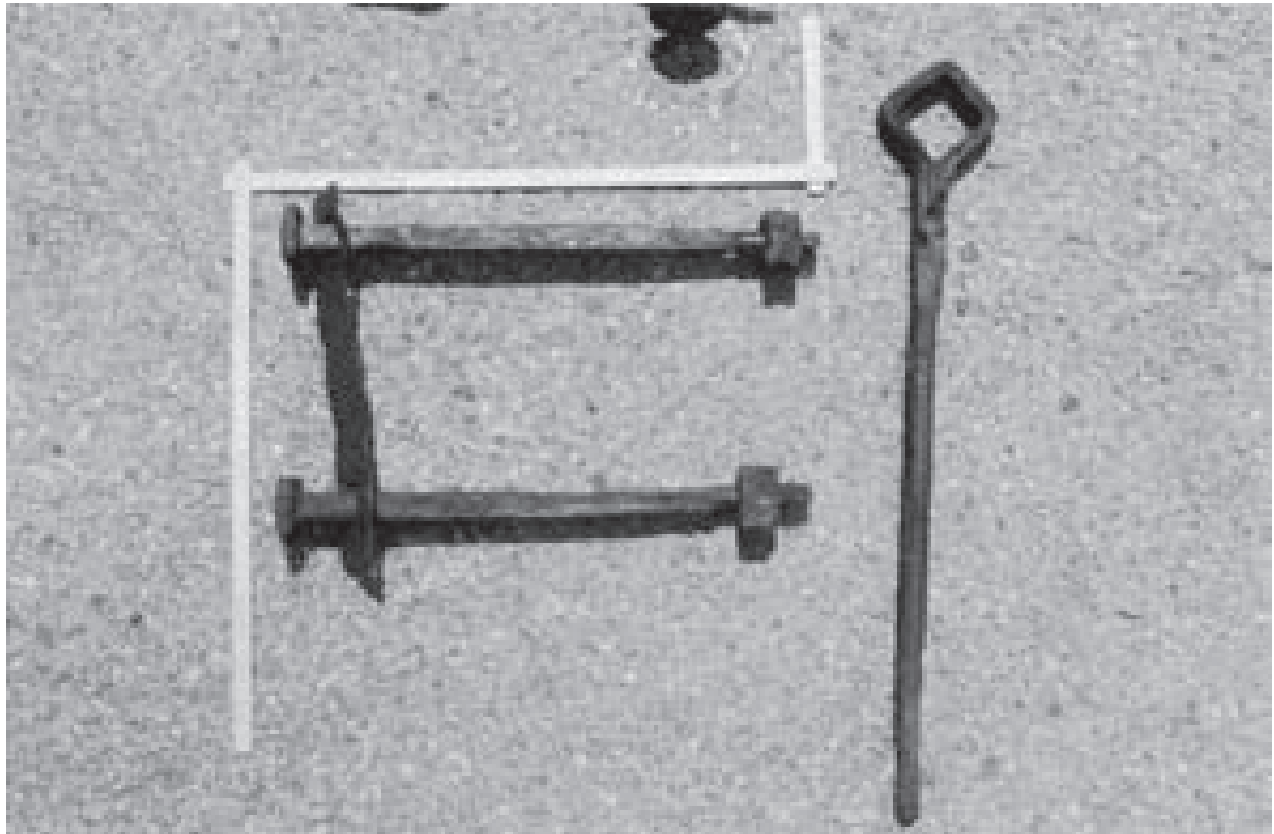


Abb. 105: Funde aus der Runden Radstube. Zuganker zur Verbindung von Hauptarmen, Hilfsarmen und Viertelstöcken mit durchgehendem Unterlegblech, Werkzeug zum Nachspannen.

Entscheidend ist aber, daß es nirgendwo Spiel in den Verbindungen geben darf. Die Wechselbeanspruchung bei der Rotation kann nämlich die Holzoberflächen in den Verbindungen verformen und das Spiel vergrößern. Sofern Metallverbindungen vorhanden sind, müssen sie regelmäßig überprüft und bei Bedarf nachgespannt werden. Der passende Schraubenschlüssel für die großen und kleinen Zuganker ((18)–Abb. 123) des Kehrrades gehört mit zu den geborgenen Fundstücken aus der Runden Radstube ((4)–Abb. 128, **Abb. 105**).

Unter diesen Voraussetzungen bleiben als lebensdauerbestimmende Größen bei einer guten Konstruktion allein der Verschleiß der Schaufeln durch Abrieb und die Schwächung des Holzes durch Pilzbefall, Schädlinge, UV-Strahlung und Schwindrisse bei wechselnder Durchfeuchtung übrig. Ständige Berieselung des Holzes kann einen Teil der Schädigung verhindern.

Überhaupt sollten die Änderungen der Holzfeuchtigkeit möglichst gering sein, da in allen Verbindungen mit senkrecht zueinander stehenden Fasern (Überblattungen, Schwalbenschwanz) die unterschiedliche Ausdehnung quer und längs zur Faser enorme Kräfte beim Quellen

hervorrufen, die beim Austrocknen wieder schwinden und zum Lockern führt.

Im Laufe der Zeit hat sich für die Verbindung zwischen Radarmen und Welle eine sehr stabile Konstruktion entwickelt, die die Welle mit einer doppelten, miteinander verzahnten Balkenlage umgibt. Die zweite Lage bilden vier Viertelstöcke, (2)–Abb. 99, die sowohl mit den Hauptarmen (3) als auch mit den Hilfsarmen (4) durch Schrauben (1) verbunden sind. Neben dieser stabilen Konstruktion (3)–**Abb. 106**, gibt es im Rammelsberg eine etwas einfachere Konstruktion (2), mit Hauptarmen (6), Hilfsarmen (7) und Viertelstöcken (5). Für besonders große Räder erweiterte man das Viereck um die Welle herum mit einem größeren Viereck (Fläche doppelt so groß), parallel zu den Diagonalen der Welle.²²⁶

Das Modell am Carler Teich und der Nachbau bei den Harzwasserwerken sind nach der früheren Bauart ((1)–Abb. 106, Calvör) noch ohne Viertelstöcke gebaut. Die stabilste Bauart haben die Räder am Ernst-August-Schacht in Wildemann,²²⁷ ferner das der Runden Radstube in Clausthal, das Sägemühlenrad im Zellerfelder Museum und noch einige Räder in Freiberg. Diese stabile Machart er-

226 P. Eichhorn: Mündliche Auskunft mit Bildmaterial über die Grube Idria in Slowenien (Ortsangabe vgl. W. Stromer [L197]).

227 Das Kehrrad steht seit rund 100 Jahren. Die Schaufeln sind schon lange zerfallen. Der Kranz war noch bis vor einigen Jahren geschlossen. Jetzt ist er gebrochen und der rapide Verfall nicht mehr aufzuhalten.

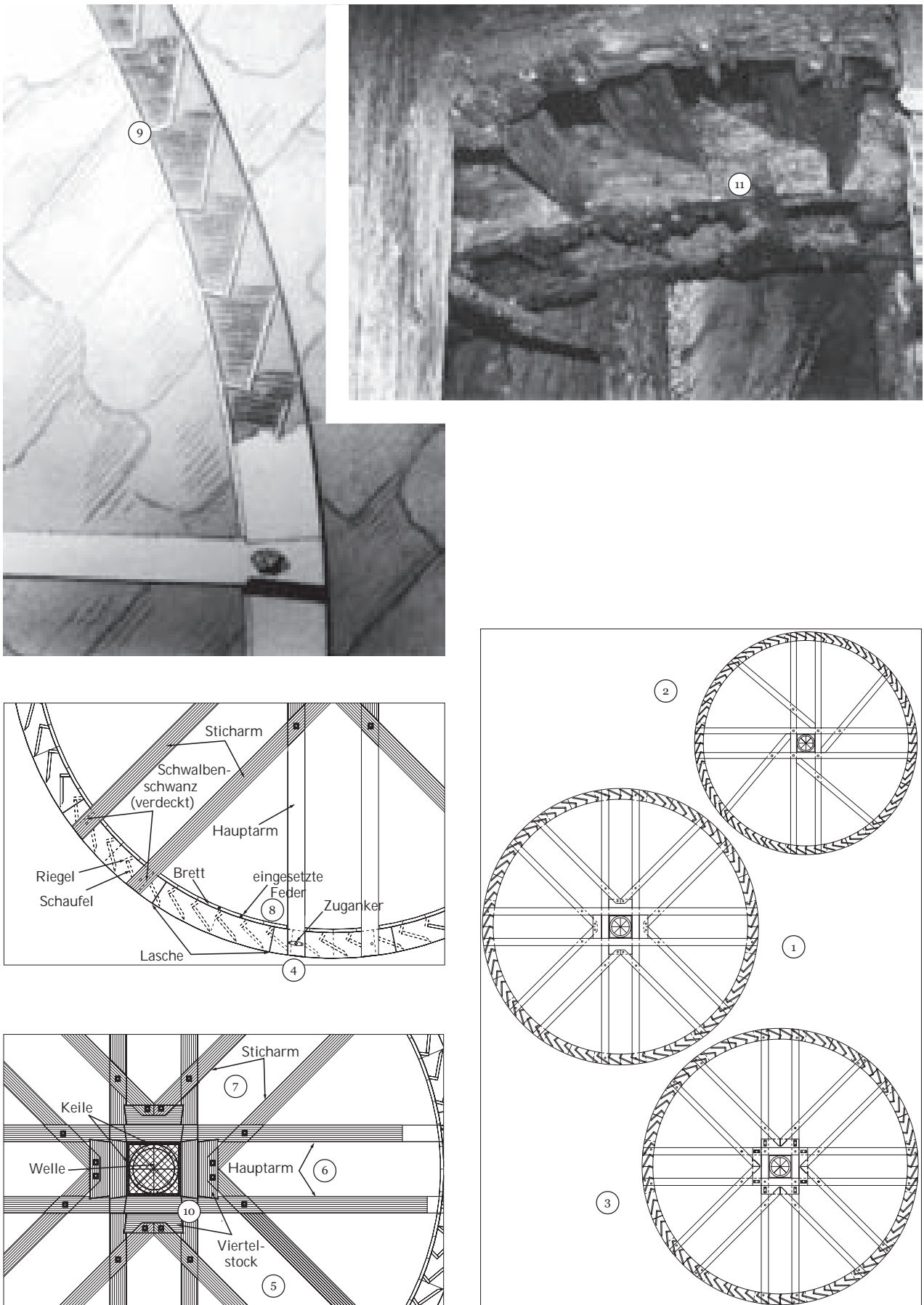


Abb. 106: Verbindung der Arme mit Welle und Kranz, Anordnung der Schaufeln. Konstruktion Kanekuhle. Wandel der Bauarten, Schaufelanordnung [aus Abb. 2].



Abb. 107: Kehrrad der Grube Samson in Sankt Andreasberg. Verspannung der Arme mit Ketten.

kennt man an den paarweise angeordneten eisernen Bolzen mit großem rechteckigem Unterlegblech (1)–Abb. 99, Abb. 105. In der Runden Radstube wurden viele dieser Elemente geborgen.

Die Anwendung dieser sogenannten »sächsischen« Bauart war neben der Verkämmung der Laschen eine weitere Bauvorschrift der Bergbehörde im Oberharz ab 1861.²²⁸

An der Grube Samson sorgt eine Umschlingung der Arme mit eisernen Ketten und entsprechender Verkeilung dafür, daß das Viereck um die Welle herum fest zusammenhält (Abb. 107).

Auch die Überblattung der Arme miteinander hat sich im Laufe der Zeit verändert. Während bei den ersten beiden Versionen alle Arme an den Verbindungen je zur Hälfte ausgekehlt sind, liegen bei der Endversion die Hilfsarme etwas vor den Hauptarmen (Abb. 99, (14)–Abb. 31). Dabei ist nur eine geringere Auskehlung von Nöten, und die bewirkt, daß der nutzbare Querschnitt weniger geschwächt wird.

Für die Winkelverteilung der Hilfsarme am Radkranz gibt es mehrere Möglichkeiten. Am Samson stützen die Hilfsarme den Kranz nahezu gleichförmig ab (Abb. 39). Dagegen liegen am Rad in der Kanekuhle (Abb. 106) unterschiedliche Spannweiten am Kranz vor. Diese letztere Ver-

sion erlaubt bequemere Fertigung mit zueinander parallelen Hilfsarmen.

»Auf jeder Seite besitzt das Rad 16 Speichen, von denen 8 durchgehende Speichen sind, welche den Wellenkörper des Rades in einem Geviert einschließen (Abb. 8a). Von den anderen 8 Speichen sind je 2 auf einer Seite des Wellengevierts aufgebaut und teilen den Raum zwischen je 2 durchgehenden Speichen in drei gleiche Teile.«²²⁹

Für ein durch Hauptarme begrenztes 90° Segment des Kranzes können je nach Anordnung der beiden Hilfsarme dazwischen ((2)–Abb. 2) die Spannweiten groß oder gemäßigt ausfallen. Hat das Rad einen Durchmesser von 12 m, dann sind ein Achtel des Umfanges ((4)–Abb. 104) 4,7 m.

Zieht man noch den Abstand der Mittellinien zweier Arme von rund 0,9 m ab, so bleiben für die maximale Spannweite übrig:

$$4,7 \text{ m} - 0,9 \text{ m} = \mathbf{3,8 \text{ m.}}$$

Beim Kehrrad mit nur 8 m Durchmesser sind es

$$3,1 \text{ m} - 0,9 \text{ m} = \mathbf{2,3 \text{ m.}}$$

Bei gleichwinkliger Verteilung (Abb. 36) der beiden Hilfsarme ergibt sich

$$(2 \cdot 4,7 \text{ m} - 0,9 \text{ m})/3 = \mathbf{2,8 \text{ m.}}$$

$$\text{bzw. } (2 \cdot 3,1 \text{ m} - 0,9 \text{ m})/3 = \mathbf{1,7 \text{ m.}}$$

228 Zitiert in Abschnitt 4.3.3. 2.2.4 und in Abschnitt 4.3.3. 2.2.12.

229 O. Wagenbreth [L206–Rote Grube].



Abb. 108: Mit Schwalbenschwänzen sind die Schaufelbretter im Kranz verankert (H. Calvör). Nachbau durch H. H. Nietzel auf dem Gelände der Harzwasserwerke.

Weil beide Kränze einer Schaufelreihe zusammen mit den Brettern der Wassertaschen einen stabilen Körper ergeben (Abb. 108), dürfte selbst beim großen Kunstrad eine Spannweite von fast 4 m nicht problematisch sein. Jede freistehende Holzterasse zwischen zwei Geschossen hat ähnliche Abmessungen und kann gleiche Lasten tragen.

4.3.3. 2.2.6 Radschaufeln

Drei hölzerne Bretter²³⁰ zwischen den seitlichen Kränzen bilden eine u-förmige Tasche, die das Wasser am Rad festhält, ((8), (9)–Abb. 106). Aus praktischen Gründen für das Füllen ist das größere Schaufelbrett nach außen nicht tangential, sondern zum Rand etwa um 30° gekippt²³¹ befestigt. Für die Winkelstellung des benachbarten kleineren Brettes, dem Riegel, haben sich zwei Möglichkeiten durchgesetzt mit Winkel von 90 oder 120° zum Schaufelbrett. Das Rad in der Runden Radstube (Abb. 103) hat den größeren Winkel, das in der Kanekuhle den kleineren ((8)–Abb. 106).

Bei der früheren Bauart, nach Calvör 1763, halten sich die Schaufelbretter durch Schwalbenschwänze am Kranz fest, **Abb. 108**, und sorgen somit gleichzeitig für den Zusammenhalt benachbarter Kränze.

²³⁰ Bei hölzernen Schaufeln – es gibt aber auch eiserne, vgl. [L3].

Holznägel verbinden beide Schichten der Laschenbretter am Kranz miteinander und sichern auch die Schaufelbretter, **Abb. 109**.

4.3.3. 2.2.7 Besonderheiten der Schaufeln

4.3.3. 2.2.7.1 Die Schaufeln des Kehrrades der Grube Samson haben Löcher

Bei dem Kehrrad am Samson in Sankt Andreasberg tritt eine Besonderheit auf. Die Riegel der Wassertaschen haben eine etwa 40 mm große Bohrung in der Mitte, die sonst bei keinem anderen Kehrrad zu finden war. Herr Klähn, der das Museum leitet, hält die Existenz der Löcher für den Richtungswechsel des Kehrrades für erforderlich. Das Öffnen des Schützes für die neue Richtung kann nur dann zu einem Wechsel in der Drehrichtung führen, wenn möglichst kein Wasser in der Schaufelreihe für die alte Richtung verbleibt.

Dieser Fall tritt aber nur ein, wenn das Kehrrad bis zum Stillstand mit vollem Wasser (100 %) beaufschlagt und dabei mit der Bremse angehalten wird. Die tatsächliche Füllung im normalen Betrieb ist lediglich 20–25 %, es wird

²³¹ W. Müller [L147–Seite 78].



Abb. 109: Bohrschema der Holznägel am Kranz. Kehrrad der Grube Samson in Sankt Andreasberg.

sparsam mit dem Wasser umgegangen, die Anlage mit hohem Wirkungsgrad betrieben (Abb. 141).

Sofern der Schützer den Schwung des Rades oder die ungleichen Kräfte am kurzen und langen Seil ausnutzt, muß das Rad nicht bei der letzten Umdrehung mit Wasser gefüllt sein. Somit sind die Bohrlöcher nicht erforderlich, und es wird verständlich, warum in keinem anderen Kehrrad Bohrlöcher zu finden sind. Hier handelt es sich offensichtlich um eine Vorsichtsmaßnahme für einen Betriebszustand, der in der Regel nie auftrat.

4.3.3. 2.2.7.2 *Startwinkel der Schaufelteilung am Kranz*

Da in die Laschen des Kranzes für jedes Brett der Schaufeln eine Nute gestemmt wird, gibt es je nach Schaufelzahl, 72, 80..., sich wiederholende Muster. Ist diese Zahl durch die Anzahl der Laschen (z. B. 16) ohne Rest teilbar, sind alle Laschen gleich, im anderen Fall gibt es mehrere Bauformen. Beim Kehrrad in der Kanekuhle (72 Schaufeln) müssen Laschen mit vier bzw. fünf Schaufeln aufeinander folgen ((8)–Abb. 106). Da bei jedem Kehrrad neben linken und rechten Seiten auch noch linke und rechte Schaufelreihen vorkommen, erhöht sich die Zahl der Bauformen weiterhin. Unter der Voraussetzung, daß die Zuganker an allen 16 Armen ((3)–Abb. 103) nicht durch die Schaufelmitten gehen sollen (Hindernis für das einströmende Wasser) und am Ende der Laschen möglichst keine leicht ab-

brechenden Holzteile sein sollen, ist die Festlegung des Startwinkels am Kranz für die Schaufelteilung eine nicht ganz leichte Aufgabe.

4.3.3. 2.2.7.3 *Wechselnder Schaufelwinkel bei Trennfuge der Räder in Wildemann*

Auf der Zeichnung von A. Polle (Abb. 2) sind Teile der Kränze angeschnitten und geben einen Blick in die Wassertaschen. Sowohl beim Kehrrad als auch beim Kunstrad sind »Unregelmäßigkeiten« zu entdecken. Dort wo Polle eine Trennfuge der Laschen am Kranz zeichnet, steht das Riegelbrett parallel zu dieser, während es überall sonst um 30° gedreht ist. Da nicht nur auf der Zeichnung (9)–Abb. 106, sondern auch noch an den Resten des Rades (11)–Abb. 106 diese Besonderheit zu entdecken ist, muß es sich hierbei um die Absicht des Konstrukteurs handeln, der das kleine, leicht abbrechende Dreieck am Kranz zwischen Riegel und Trennfuge vermeiden wollte ((8)–Abb. 106).

4.3.3. 2.2.8 *Eiserne Zuganker am Rad*

Für den seitlichen Zusammenhalt der Radkränze und der überblatteten Arme sorgen eiserne Stangen von etwa 2 cm Dicke, die an den Enden mit Stecknägeln²³² oder mit Schraubenkopf und Gewindemuttern nachstellbar sind.

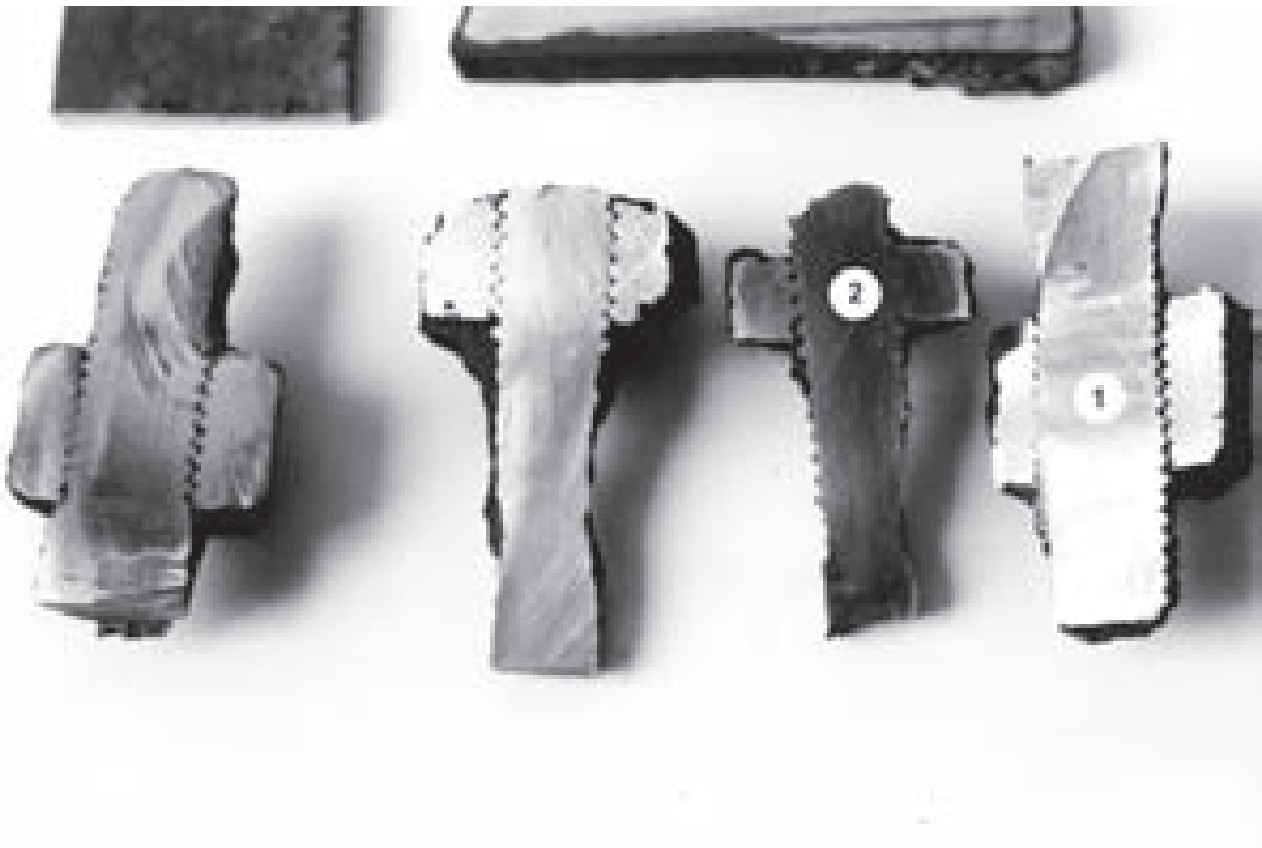


Abb. 110: Verschiedene Gewinde aus der Runden Radstube.

Bei der Bauart nach Calvör gibt es nur Zuganker für die Überblattung der Arme. Für den seitliche Zusammenhalt der Kränze sorgen dort die Schwalbenschwänze der Schaufelbretter (Abb. 108).

Sowohl in der Kanekuhle als auch in der Runden Radstube wurden für die damalige Zeit »moderne« Whitworth-Gewinde verwendet²³³, auf die sich heutige Schneideisen bequem drehen lassen. Die Gewinde der Zuganker (1) am Kehrrad in der Runden Radstube hatten die Maße 1 Zoll, Zuganker vom hölzernen Gerenne $\frac{3}{4}$ Zoll und Bolzen am Seilkorb $\frac{1}{2}$ Zoll (Abb. 110). Zum Teil waren die Gewinde stark verschlissen und trugen nur noch auf den Spitzen (2).

Typisch für die Konstruktion in Sachsen ist die Verwendung von Flügelmuttern²³⁴, die sich mit einfacheren Werkzeugen, z. B. Hammer, nachzuspannen lassen. Eiserne Radschaufeln erforderten dort mehr Sorgfalt beim Nachspannen als bei den eingesteckten Holzschaufeln im Harz.

Doppelte Zuganker, der eine durch den Kranz und der andere unterhalb der Bodenbretter durchgeführt, gibt es bei den Rädern in Wildemann (1)–Abb. 115, in der Runden Radstube (4)–Abb. 103 und im Samson Abb. 38 (5).

4.3.3.2.2.9 Seiltrommel, Verstellung, »Verstecken«

Das Vorbild für das Kehrrad auf dem Gelände der Harzwasserwerke stammt aus der Zeit, als das Drahtseil noch nicht erfunden war und man Erztonnen mit Ketten oder Hanfseilen förderte.²³⁵ Zum Aufwickeln auf der Welle gab es noch keine hölzernen Trommeln, stattdessen benutzte man ein System von blechbeschlagenen Holzarmen zur Aufnahme der eisernen Ketten.

Im Jahre 1814 fördert das Kehrrad am Oberen Thurm Rosenhof mit zwei Hanfseilen, die auf die Welle in tief

232 H. H. Nietzel [L152], Konstruktion nach Calvör, Freigelände Harzwasserwerke.

233 H. H. Nietzel [L157].

234 Flügelmuttern finden sich auch am Kunstgestänge Abb. 53 am Knesebeck-Schacht.

235 Einführung des Drahtgeflechtes, Versuch mit Drahtseilen B. von Reden (1769–91).

»Es sei hier noch darauf hingewiesen, dass die Harzer Bergschmiede, denen durch Einführung der Hanfseile we-

sentlicher Schaden erwuchs, auf den Gedanken kamen, verjüngte, das heißt nach unten hin dünner werdende Ketten herzustellen. Solche Verjüngung ist aus demselben Grunde auch bei den Drahtseilen empfohlen.

Trotz der Herabminderung des Eigengewichtes blieben die Ketten zerbrechlich. Damals liess der um den Harzer Bergbau verdiente Berghauptmann von Reden, dem die Zähigkeit des gezogenen Drahtes bekannt war, aus solchem Draht durch blosses Flechten, wodurch man das

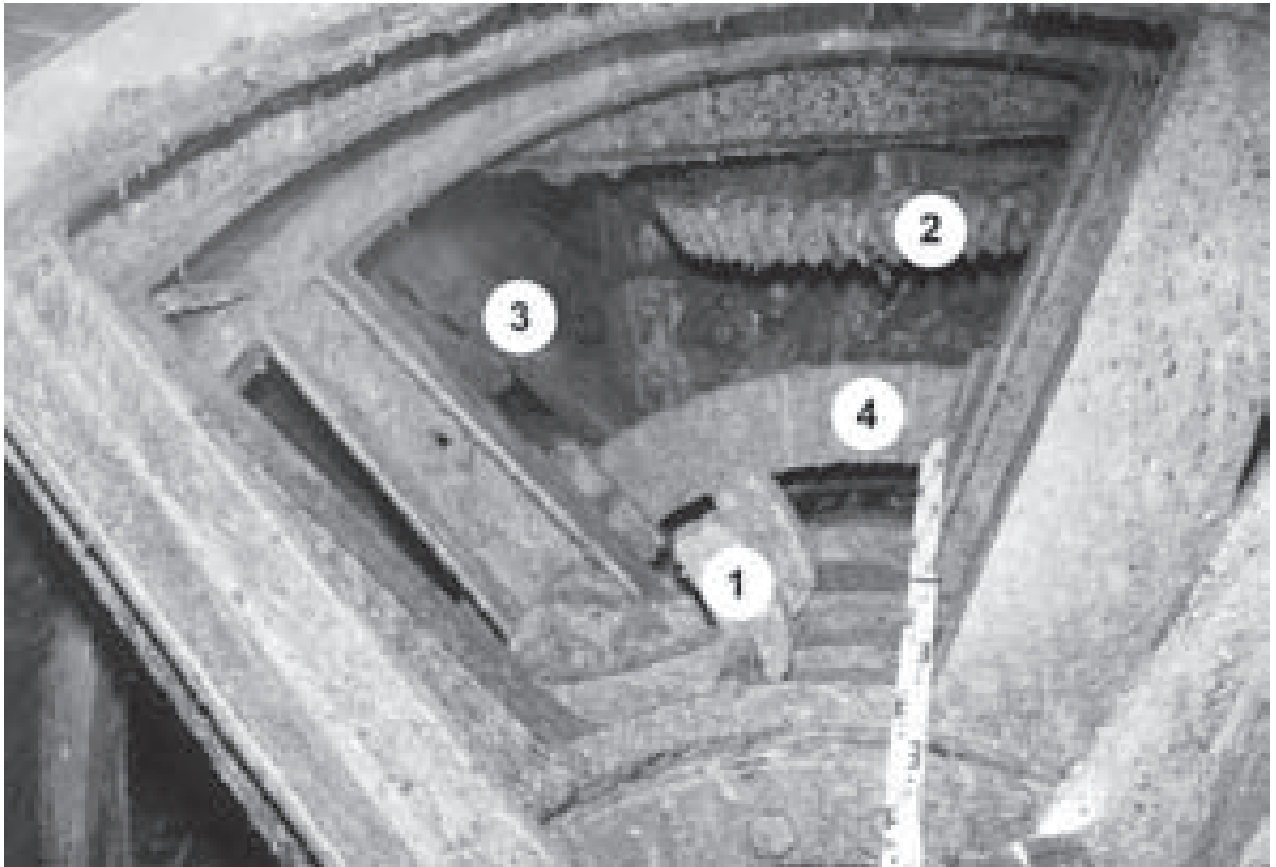


Abb. 111: Blick durch das Innere der eisernen Seilkörbe des Kehrrades am Ernst-August-Schacht in Wildemann. Klemmvorrichtung, Kegelrad für Steuerung, Verbindung der Hauptarme.



Abb. 112: Runde Radstube. Reste des eisernen Seilkörbes auf der Welle während der Bergung.

eingeschnittenen Kammern mit je einer Reservekammer gewickelt werden²³⁶ (Abb. 75). Auch der Bergbaufilm von Herwig²³⁷ (1923) zeigt einen Korb mit Reservekammer. Das Seil läuft in einem Schlitz schräg über die Trennwand von einer Kammer zur anderen (Kehrrad der Grube Silbersegen).

Oberbergmeister Schulz beschreibt Bauart und Funktion der Seilkörbe:

»Die Triebkörbe sind ins Kreuz gefügte Aerme, welche auf die vierkantige Korbwelle fest aufgekeilt werden, so viele male als Seiltrummer vorhanden sind, nebst einer Abtheilung für ein Reserveseil. Das sie sehr kurz sind, so ist die Zahl der Umschläge unendlich groß und nicht selten 40 auch 50 mal übereinander, und sind die Umschläge deshalb sehr ungleich und wo hanfene Seile gebraucht werden, letztere dem Stocken sehr ausgesetzt. Mechanisch stimmt diese Vorrichtung mit den vormals mehr gebräuchlichen Spiralkörben überein, wo die Entfernung der Last bei jedem Umschlage zunimmt, bis die Gegenlast im größten Werthe stehet. Allein bei hinreichenden Wasserkraften sind Körbe, welche durchgängig den Durchmesser des letzten Seilumschlages haben, besser und vorzüglicher, weil sie die Förderung nach Verhältnis der beständigen größeren Umschläge beschleunigen und die Seile auf den durchbrochenen Körben um so weniger stocken. Fünfzig Umschläge übereinander, und wenigstens 6 nebeneinander, erfordern 300 Umdrehungen der Korbwelle und des Kehrrades auf etwa 250 Lachter Teufe. Bei sächsischen Treibwerken nur 100 Umdrehungen auf 300 Lachter Teufe.«²³⁸

Die Seile oder Ketten umschlingen die Welle gegenständig. Während man die eine Tonne oben entleert, kann man die andere unten füllen. Damit die Arbeiten gleichzeitig erfolgen können, müssen die Seillängen so eingestellt sein, daß beide Tonnen zugleich auf der richtigen Höhe hängen. Eine geringfügige Verstellung kann bei Verwen-

Schweissen und die damit verbundenen Gefahren vermied, ein Stück Seil anfertigen. Dasselbe zeigte bei geringerem Gewicht eine grosse Zugfestigkeit und wurde auch einige Wochen in der Grube benutzt. Weil man jedoch befürchtete, die dünnen Drähte würden sich bald durchschleifen, verfolgte man damals diese Neuerung nicht weiter und behalf sich mit Hanfseilen oder mit Ketten, welche aus dem vorzüglichsten sehnigen Seilfrischeisen der Communion-Eisenhütte Gittelde und (von 1780 an) der Königshütte hergestellt waren.«

O. Hoppe [L112–Seite 193].

»Die Treibseile sind Theils von Eisen, Theils von ungeläutertem Hanf. Ersteres in dem Falle wenn die Teufe, aus welcher auf einer Grube getrieben wird, 150 Lachter nicht übersteigt, indem sie nachher zu schwer ausfallen. Es sind gerade und glatte 1½–2 Zoll lange Glieder von 1/6zölligen Drahtseisen, deren lange Seiten starke Reibung leiden, weshalb, bei etwa 8 Treiben in der Woche, ein solches Seil in 2–3 Jahren abgeworfen werden muß. Die hanfene Seile wer-

dung von Ketten am Seilende durch einfaches Umhängen geschehen. Bei größeren Änderungen, z. B. beim Wechseln der Fördertiefe (anderer Füllort), muß die freie Seillänge einer Trommel verkürzt oder verlängert werden, während sie auf der anderen so zu bleiben hat, wie sie ist.

Bei moderneren Fördermaschinen (Ottillae-Schacht, Kaiser-Wilhelm-Schacht) verfügt jeder Korb über eine eigene Bremse und eine lösbare Kupplung zur Antriebswelle.²³⁹ Unter Ausnutzung dieser Einrichtungen läßt sich mit Hilfe des Antriebes jedes Förderseil separat auf die korrekte Länge einstellen. Mit kleiner Einschränkung trifft dies auch auf Maschinen zu, die Bremse und Kupplung nur für einen Seilkorb besitzen.

»Die Seilkörbe, meist 2½–3½ m hoch und 50–70 cm weit, haben bei dem Hilfe-Gotteser-Rade 4,4 m Durchmesser und 50 cm Weite. Ein Seilkorb ist regelmässig verstellbar.«²⁴⁰

Die eisernen Seilkörbe der Fördermaschinen vom Samson, Ernst-August-Schacht und stückweise auch vom Rosenhof sind noch vorhanden und demonstrieren, daß man auch nur mit einer Verstellung (Versteck-Mechanismus) arbeiten konnte.²⁴¹ Während in Wildemann eine eiserne Klemmvorrichtung den Korb auf die Welle kuppelt, (1) in **Abb. 111**, besorgt dies am Samson und am Rosenhof jeweils eine große Stiftschraube in jedem Flansch, ((1)–Abb. 128). Der frühere hölzerne Seilkorb in Wildemann besaß mit Vierkanthölzern gekuppelte Seilkörbe. Ein Querholz und die Schraube zur Sicherung (1) sind auf **Abb. 100** gut zu sehen.

Auch am Knesebeck-Schacht hatte der innere Seilkorb einen Verstellmechanismus, der in **Abb. 54** an der größeren Breite des Korbes zu erkennen ist.²⁴²

An der Grube Dorothea erfolgte die Verstellung raffiniert durch Auskuppeln der großen Getriebezahnräder ((1), (2)–**Abb. 73** und **Abb. 132**).

den in Zellerfeld gemacht, wiegen 100 Lachter etwa 9 Centner, und kosten das Pf. 6 Mariengroschen; sie nutzen sich sehr ab und nicht selten bedarf eine Grube wie die Caroline jährlich 900 Lachter Seil, woran die Beschaffenheit des Schachts größtentheils Schuld ist. Die Seile werden getheert, allein nicht in Fäden wie sonst Gebrauch ist, sondern sie werden in Theer, Pech und Oel gekocht.

Wo aus 250 Lachter Teufe getrieben wird, beträgt die ganze Länge des Treibeseils mit der Reserve 700 Lachter.« Oberbergmeister Schulz (1822), bis Seite 136.

236 F. Balck [L28–Abb. 39].

237 F. Herwig [L106], vgl. F. Balck [L27–(D) in **Abb. 115**].

238 Oberbergmeister Schulz [L186–bis Seite 136].

239 J. Weisbach [L211–Seite 548].

240 H. Banniza et al. [L31–Seite 192].

241 O. Wagenbreth [L205–Bild 9 »Festkorb und Loskorb«].

242 [Z77]. Für den Silbersegen existiert eine ähnliche Konstruktionszeichnung, vgl. auch [Z21], mit kleinem Zahnradgetriebe und Sperrklinke für Handverstellung, vgl. ferner [Z75].

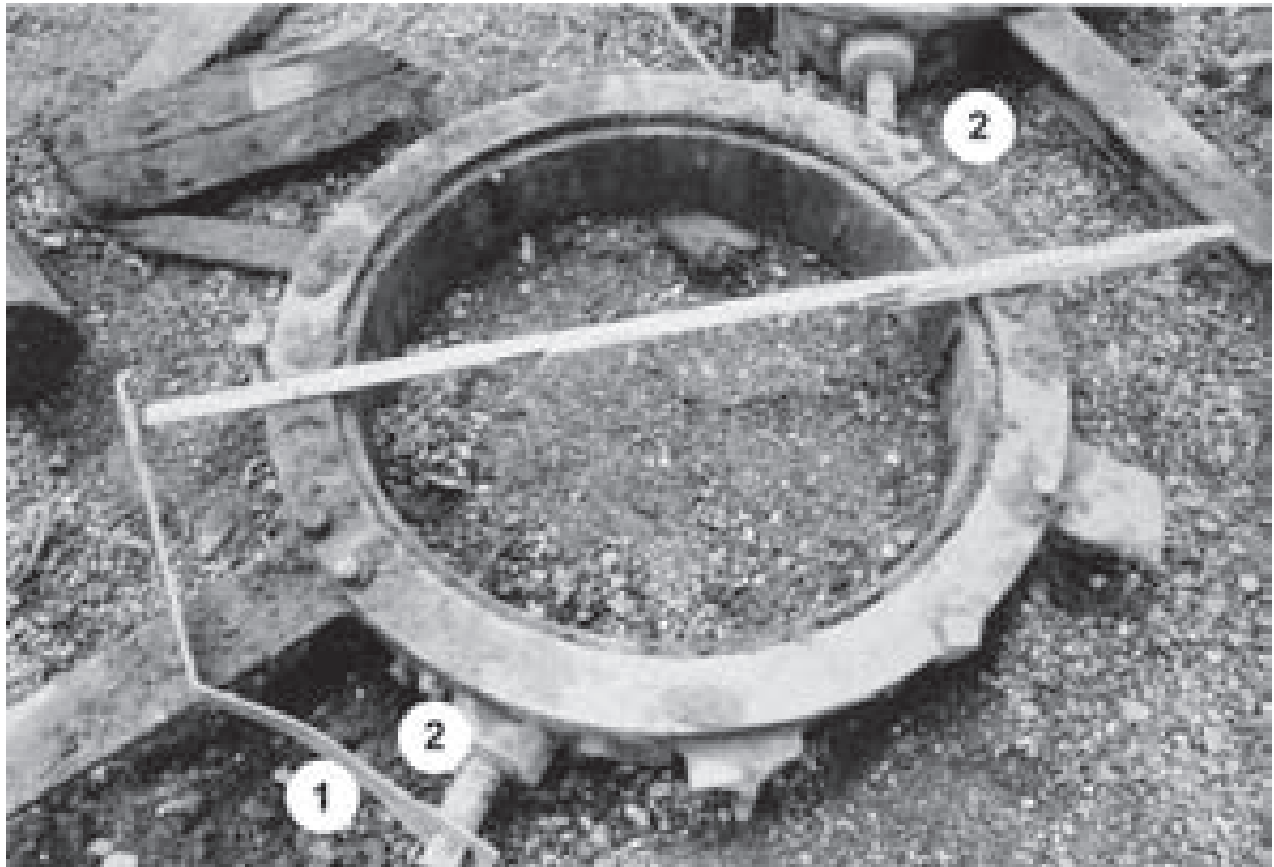


Abb. 113: Ein Flansch des verstellbaren Seilkorbes aus der Runden Radstube mit Stiftschrauben und Sicherungs-/Stellschlüssel-Blech.

Bei der Runden Radstube hängen in **Abb. 112** noch zwei Flansche des inneren Seilkorbes auf der Welle. Dieser Korb war verstellbar. Das querstehende Eisenblech (1) sicherte beide Stiftschrauben, (2) in **Abb. 113**, gegen Verdrehung. Nach Lösen an einer Schraube war es als Ringschlüssel zum Verdrehen der anderen Schraube zu nutzen.

Die Stiftschrauben besitzen ein maschinell gefertigtes Gewinde mit scharfen Flanken, (1) in **Abb. 114**.

4.3.3. 2.2.10 Bremse – verschiedene Konstruktionen

Jedes Kehrrad braucht eine Bremse, um die Fördertonnen exakt positionieren zu können. Auch Kunsträder sollten eine Bremse haben, einerseits eine beim Fahren gegen den zusätzlichen Antrieb durch abwärtsfahrende Bergleute auf der Fahrkunst und andererseits eine zum Feststellen bei Montage- und Reparaturarbeiten an den Kunststangen.

Bei gebräuchlichen Fahrzeugkonstruktionen wird ein Bremsklotz (oder mehrere) gegen das drehende Rad gedrückt, wodurch an der Berührungsfläche Reibungswärme entsteht, die dem Rad Energie entzieht. Je größer der Durchmesser des Rades ist, desto mehr Wirkung kann die Bremse bei gleicher Anpreßkraft zeigen.

Verbesserte Konstruktionen nehmen das Rad mit zwei Bremsklötzen »in die Zange«, damit keine zusätzlichen Kräfte die Radwelle belasten. Wenn die Zange senkrecht zur Bremsrichtung beweglich, das heißt »schwimmend«,

gehalten wird, kann mögliches Taumeln des Rades nicht zu ungleichem Bremsen führen.

Als Zwischenlage zwischen Rad und Bremsklotz sorgt ein auswechselbarer »Bremsbelag« dafür, daß der zwangsläufige Verschleiß beim Bremsen das Rad möglichst schonet.²⁴³ Derartige Techniken sind heute Standard im Fahrzeugbau.

Nässe oder Fett auf den Bremsflächen setzt die nötige Reibung herab und schwächt somit den Bremseffekt bei gleicher Anpreßkraft.

In **Abb. 71** drücken die beiden horizontalen Hölzer, die »Bremsbäume« (3) und (5), ihre Bremsklötze von oben und unten gegen das Bremsrad. Über einen Hebelmechanismus (6) verteilt sich die Armkraft des Bedieners (4) so auf beide, daß sie das Rad in die Zange nehmen. Bei richtiger Einstellung kompensieren sich die Gewichte der Bremsbäume, so daß lediglich die Kraft zum Anpressen aufzubringen ist. Dieser Mechanismus ist nicht schwimmend.

»Der Schützer b drückt den Bremsschwengel t nieder, und zieht mit diesem Hebel das Kreuz u das Bremsgestänge v und das Kreuz w an sich. Hierdurch wird das Bremseisen x mit der obern Brems Schwelle, welche bey z um einen

²⁴³ Bei der wenig benutzten Feststellbremse am Fahr- und Pumpenkunstrad im Ernst-August-Schacht in Wildemann hat man auf einen auswechselbaren Bremsklotz verzichtet.

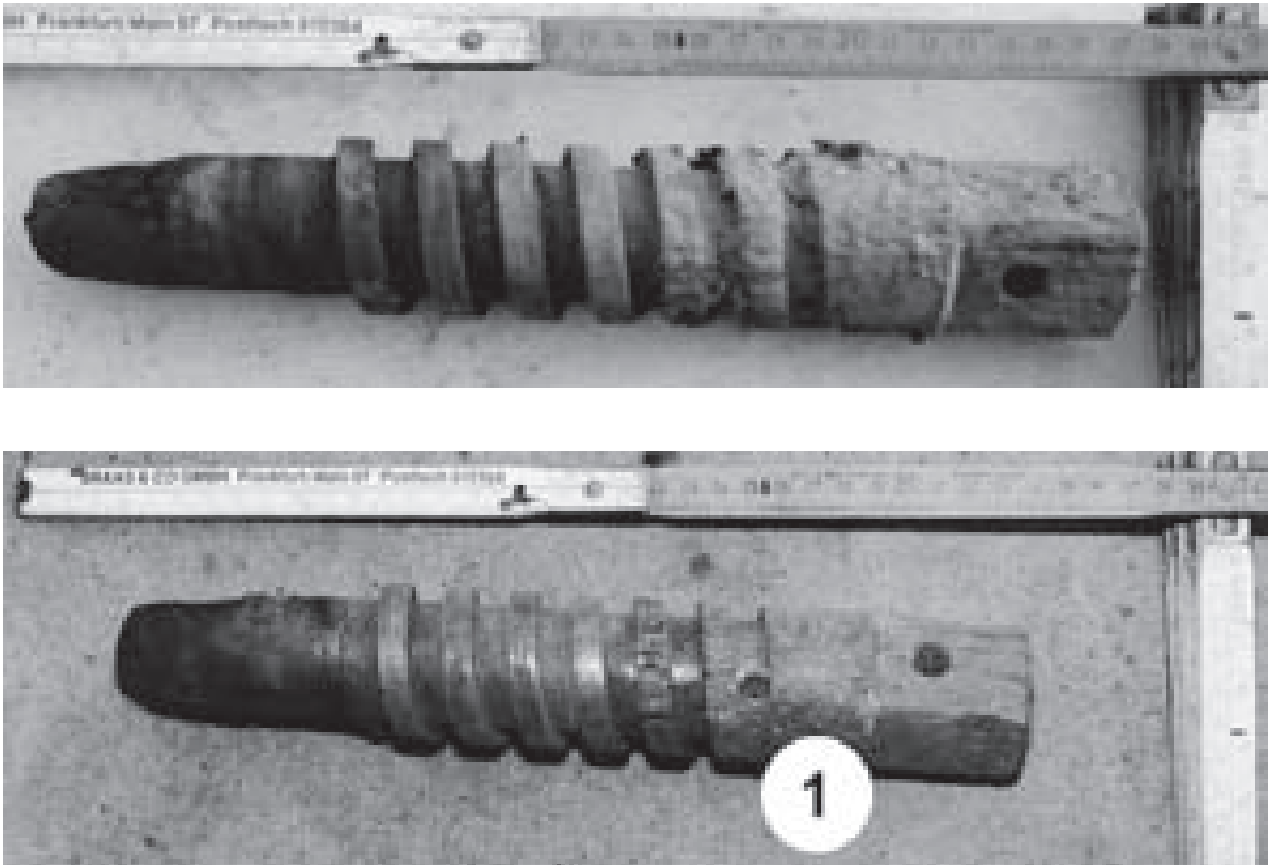


Abb. 114: Stiftschraube zur Seilkorbverstellung, roh/geputzt.

*Stecknagel beweglich ist nieder, und der Brems Schwert y oder Eisenteil y mit der oberen Stange den untern Brems Schwelle welche gleichfalls um einen Stecknagel beweglich ist, in die Höhe gezogen. Diese beyden Schwellen werden also gegen einander and das Brems Rad welches an der Keer Rads Welle bevestiget ist angezogen, und hierdurch wird der gar zu schnelle Umlauf des Keer Rades gemäßiget oder nach Gefallen zum Stille stehen gebracht.*²⁴⁴

Ähnliche Konstruktion beschreiben 1772 Kern²⁴⁵ (mit Gegengewicht aus Stein), 1772 Delius²⁴⁶ und 1763 Calvör²⁴⁷.

*»Weil auch die untere Zunge bey Nachlassung des Bremses vor sich nicht geschwinde genug sinket, so sezet man bey x ein Gewichte, oder leget Steine darauf, damit sie hinlängliche Kraft zum Niederziehen bekomme.«*²⁴⁸

In späteren Konstruktionen (Abb. 73) haben sich senkrechte Bremsbäume durchgesetzt. Der Hebelmechanismus für schwimmende Betätigung befindet sich bei (3). Eine andere mechanische Variante zeigt (8) in Abb. 77. Sofern die Einleitung der Kraft am Mechanismus senk-

recht von oben erfolgt, drücken beide Backen mit gleicher Kraft gegen das Rad. In diesem Falle, bei nahezu waagerechter Anlenkung, hat der linke Bremsbaum zusätzlich die Bedienkraft zu übernehmen, die je nach Hebelübersetzung nur einen Bruchteil der Anpreßkraft ausmacht. Sogar am Modell der Dorothea (Abb. 4) gibt es einen kleinen Umlenkhebel wie auch am Rad des Oberen Thurm Rosenhofs²⁴⁹, der die schwimmende Aufhängung bestätigt.

Ob ein Wasserrad nun am Kranz oder mit einem zusätzlichen Rad gebremst wird, entscheidet der Konstrukteur. Einerseits läßt sich bei der ersten Konstruktion das Hilfsrad einsparen, andererseits hat ein nasses Holzrad Anpreßkräfte nötig, die stark von der Feuchtigkeit abhängen. Darüber hinaus führt Verschleiß am Kranz eines Kehrrades zu höheren Kosten als bei einem Hilfsrad. Auch die höhere statische Beanspruchung des Kranzes beim Bremsen kann die Lebensdauer verkürzen, (wenn das Rad *»in den Armen verruckt wird«*). Allerdings bietet den größtmöglichen Durchmesser für ein Bremsrad natürlicherweise das Rad selber.

»15) Will man statt des Bremsrades, das Kehrrad selbst bremsen, weil bei ienem das leztere Rad allemal sehr

244 C. A. Rausch [Z67] 1771.

245 J. G. Kern [L117–Tafel 13].

246 C. T. Delius [L67–Tab. IX].

247 H. Calvör [L64–T. VII].

248 J. G. Kern [L117–Seite 250].

249 F. Balck [L27–Abb. 117].



Abb. 115: Kehrrad am Ernst-August-Schacht in Wildemann, Kranz mit zusätzlichen Laschen des Bremsrades.

erschüttert, und in den Armen verrückt wird; So maure man in die Radstube zwei, 15 Zoll dicke eichene Balken ab, Tab. XXIII, fig 99, quer vor dem Rade über ein, so, daß die Punkten a und c von dem mittleren Kranz des Kehrrades in einer seigern Linie liegen, man schraube in eben diesen Punkten a und b Augeisen ab, Tab. XXIII, fig. 100, die an dem Auge aus 2 Zoll dicken Eisen bestehen, durch die Lappen c d fest auf, in das Stangeisen f aber mache man einen seiger stehenden Bremsbaum b d, Tab. XXIII, fig 99, und schiebe durch das Auge und Kapeisen einen 1½ Zoll dicken Steknagel, eben einen solchen Bremsbaum a e mache man aber auch auf die andere Seite des Kehrrades, dessen mittlerer Kranz um 2 Zoll höher ist, als die beiden Seitenkränze, und schneide die 1 Fus dicke Bremsbäume nach dem Diameter des Kehrrades etwas aus.«²⁵⁰

»Zum Anbremsen des Göpels sind fast bei sämtlichen Treibwerken besondere Bremsräder vorhanden, von 2/3 des Kehrraddurchmessers, allein, man schafft sie (z. B. bei dem neuen Samsoner Treibwerk zu Sankt Andreasberg) zum Theil wieder ab, und bremst das Kehrrad an den beiden mittlern Radkränzen fest, wie bei den meisten sächsischen Treibegöpeln Gebrauch ist.«²⁵¹

Viele dieser Möglichkeiten sind noch heute im Original oder in Zeichnungen zu finden.

250 F. L. Cancrinus [L63–Band 7 »andere Abteilung« bis S. 97].

251 Oberbergmeister Schulz [L186–Seite 133].

Das Kehrrad in Wildemann besitzt zwei Bremsräder in Form von Verstärkungen (2) der Radkränze (3) jeweils an der Außenseite, die (heute) durch Aufdoppelungen an den üblichen Armen sowie durch zusätzliche Hilfsarme zwischen den üblichen abgestützt werden (Abb. 115). Auf der Zeichnung von A. Polle (Abb. 2) aus dem Jahre 1848 sind diese Verstärkungen noch nicht vorhanden, es ist lediglich der im Durchmesser etwas verbreiterte Kranz des Kehrrades im Vergleich zum Kunstrad zu beobachten.

Die Räder in Freiberg bremsen in der Regel auf dem mittleren Kranz. Hierzu wird, um die Stabilität bei sehr breiten Kehrrädern zu erhöhen, der nicht durch Arme nach innen abgestützte mittlere Kranz mit zusätzlichen Querhölzern, »Achselhölzern«, unter den Wassertaschen verbunden. Weil die Achselhölzer an beiden Enden an den Radarmen befestigt sind, halten sie somit auch beide Hälften des Rades besser zusammen.²⁵²

Während die Kehrräder am Oberen Thurm Rosenhof²⁵³ und am Silbersegen, (Abb. 24), auf dem mittleren Kranz bremsen, hat das Kehrrad in der Runden Radstube am Ende seiner Betriebszeit ein separates Bremsrad von rund 5 m Durchmesser gehabt.²⁵⁴

Die Bremsräder sind, wie die Radkränze, aus miteinander verlaschten Holzbrettern gefertigt und am äußeren Umfang abgerundet (2)–Abb. 38. Bei einer metallenen Bremsscheibe ist die Oberfläche homogen, dagegen über-

252 [Z46], Kehrrad bei Segen Gottes und Herzog August Fdgr.

253 F. Balck [L27–Abb. 117].

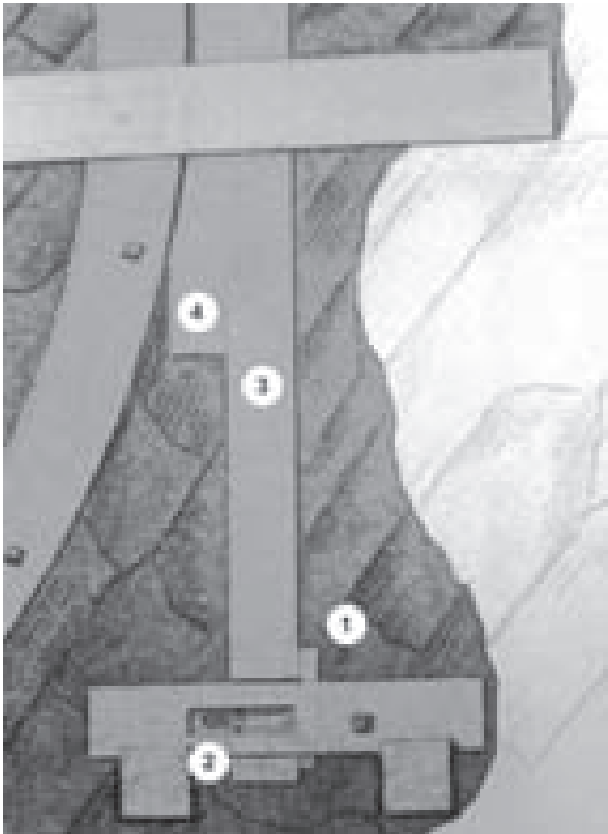


Abb. 116: Bremsbaum mit Bremsklotz und einstellbarem Gelenk, Ernst-August-Schacht (aus Abb. 2).

streicht der Bremsklotz bei einem Holzrad ständig wechselnde Faserrichtungen. Selbst wenn der Klotz mindestens so lang ist wie eine Lasche, wird ein schonendes gleichmäßiges Bremsen nicht immer die Regel sein.

Für konstante Feuchtebedingungen am extrem großen Kehrrad der Roten Grube in Freiberg sorgte eine Berieselungseinrichtung.

»Das Kehrrad ist 12 m hoch und etwa 2 m breit. [...] Zur Konservierung der Bremssäulen und der Bremsklötzer waren schmale Gerinne vom Schachte her nach den beiden Bremssäulen verlegt, aus denen das Wasser wie aus einem Strohalm auf die Bremssäulen floß und an diesen hinunter rann.«²⁵⁵

Auch in der Runden Radstube in Clausthal gab es Versuche zur Verbesserung des Bremsverhaltens. Ungewöhnlich ist hier die Verwendung von eisernen Bremsbelägen, die zwar den Verschleiß des Holzrades nicht verhindert haben, aber möglicherweise gleichmäßigeres Bremsen erlaubten und damit die Verbindung zwischen der Welle und den Rädern schonten.

An jeder Bremse ist der Abstand zwischen Bremsklotz

und Bremsfläche justierbar, um die Änderungen durch Verschleiß auszugleichen. Während es beim Auto heute selbstnachstellende Bremsen gibt, brauchten die Wasserräder noch mechanische Einstellmöglichkeiten. Kleinere Änderungen an der Einstellung der Hebelmechanik konnte der Bediener in seinem Bereich selber vornehmen (Abb. 135, Splint zur Sicherung aus Blechstreifen!). Größere Stellmöglichkeiten gab es an den unteren Lagern der Bremsbäume. Die Hölzer (3) (Abb. 116 – Ausschnitt aus Abb. 2) ließen sich in ihrer Halterung (2) seitlich verschieben, so daß die Bremsklötze (4) den richtigen Abstand zum Rad bekamen. Dabei begrenzten Keile (1) die Bewegungsmöglichkeit nach hinten. Für die Gelenkigkeit dieser Halterung sorgte ein eiserner Querbolzen in einer Führung aus geschmiedeten Eisenblechen mit großen Langlöchern. Diese Metallteile gehören auch zur Konstruktion in der Runden Radstube.²⁵⁶ Sofern die tangentielle Bremskraft größer war als die Gewichtskraft der Bremsbäume, traten bei einer Drehrichtung des Rades am Querbolzen Kräfte nach oben auf.

Bei der Ausgrabung des Rades in der Kanekuhle fand sich ein ähnlicher Aufbau ((3)–Abb. 85), allerdings fehlten die seitlichen Eisenbleche. Statt dessen sollten horizontal eingefügte Keile in den Langlöchern die Aufwärtsbewegung des Querbolzens beim Bremsen verhindern. Der Verschleiß an den Langlöchern war in der Kanekuhle schon sehr fortgeschritten.

Auch am oberen Ende der Bremsbäume muß eine Einstellmöglichkeit vorhanden sein. Die Eisenteile dieser Mechanik, sogar mit Schraubenschlüssel ((5)–Abb. 128), konnten in der Runden Radstube geborgen werden.²⁵⁷

Im Freiburger Revier hat man auf eine derartige Nachstellung am unteren Ende des Baumes verzichtet und gußeiserne Gelenke eingebaut.²⁵⁸

4.3.3.2.2.11 Wellenlager und andere Metallteile

Die Ausgrabung in der Runden Radstube brachte eine große Menge an Guß- und Schmiedeteilen hervor. Während die Gußteile hauptsächlich für die Lagerung von Wellen entworfen sind, dienen die Schmiedeteile zur Befestigung.

In der Sonderausstellung »vom Wasserrad zur elektrisch angetriebenen Fördermaschine« sind seit Juli 1998 Teile der Funde im Gebäude mit der Fördermaschine im Ottilliae-Schacht zu besichtigen (Abb. 117, 118).

Erste metallografische Schlibbilder zeigen ein breites Qualitätsspektrum, das bei beiden Sorten von minderwertig bis gut reicht.²⁵⁹ Anhand der Form einiger Gußteile läßt sich deren Herstellungsdatum vor 1830 vermuten. Die beste Qualität besitzen das westliche Hauptlager ((9)–Abb. 123) aus Stahlguß, eingebaut nach 1894,²⁶⁰ und eine

254 F. Balck [L28–Abb. 36].

255 O. Wagenbreth [L206].

256 F. Balck [L28–Abb. 36].

257 F. Balck [L28–Abb. 36].

258 Thurmhof in Freiberg (für Besucher zugänglich) und Zeich-

nung der Kröner Fundgrube, Deutsches Museum München TZ 2464 [Z26], Heyne [Z47], Kilug [Z49].

259 Vgl. E. Schürmann [L85], Verhoeven [L201–Zur Problematik der Eisenherstellung und Qualität in früheren Zeiten].

260 Kistendeckel von ADB als Unterlegbrett [L11].



Abb. 117: Funde aus der Runden Radstube. Gußteile.

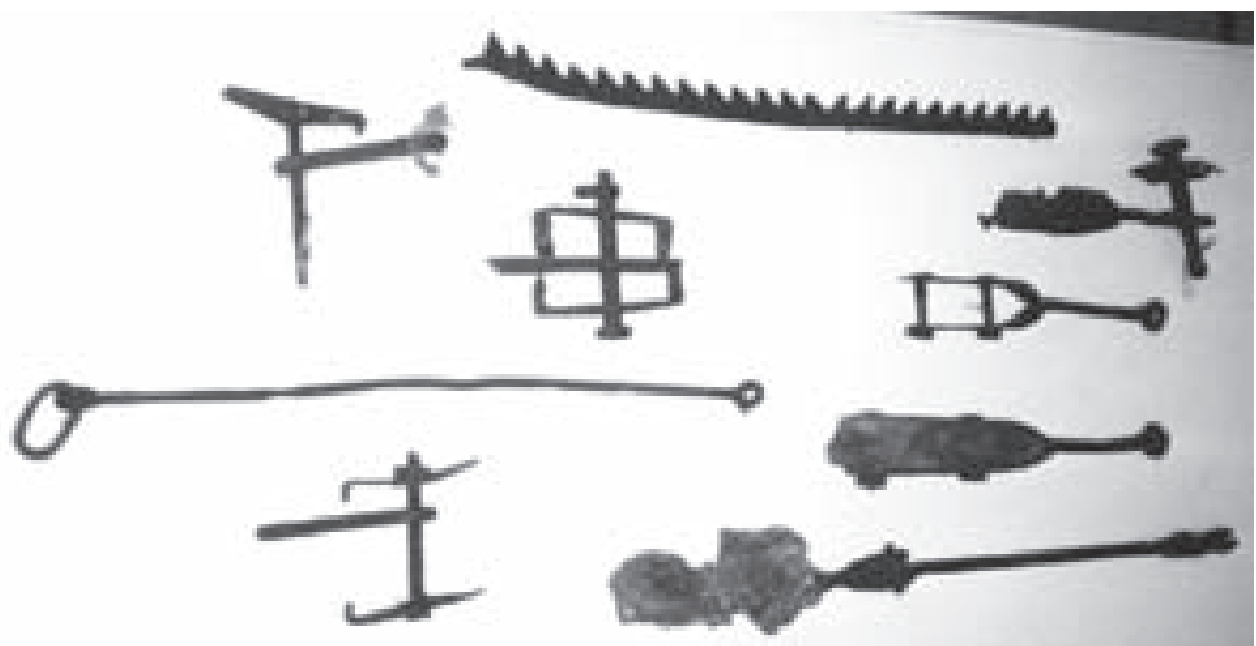


Abb. 118: Funde aus der Runden Radstube. Schmiedeteile.

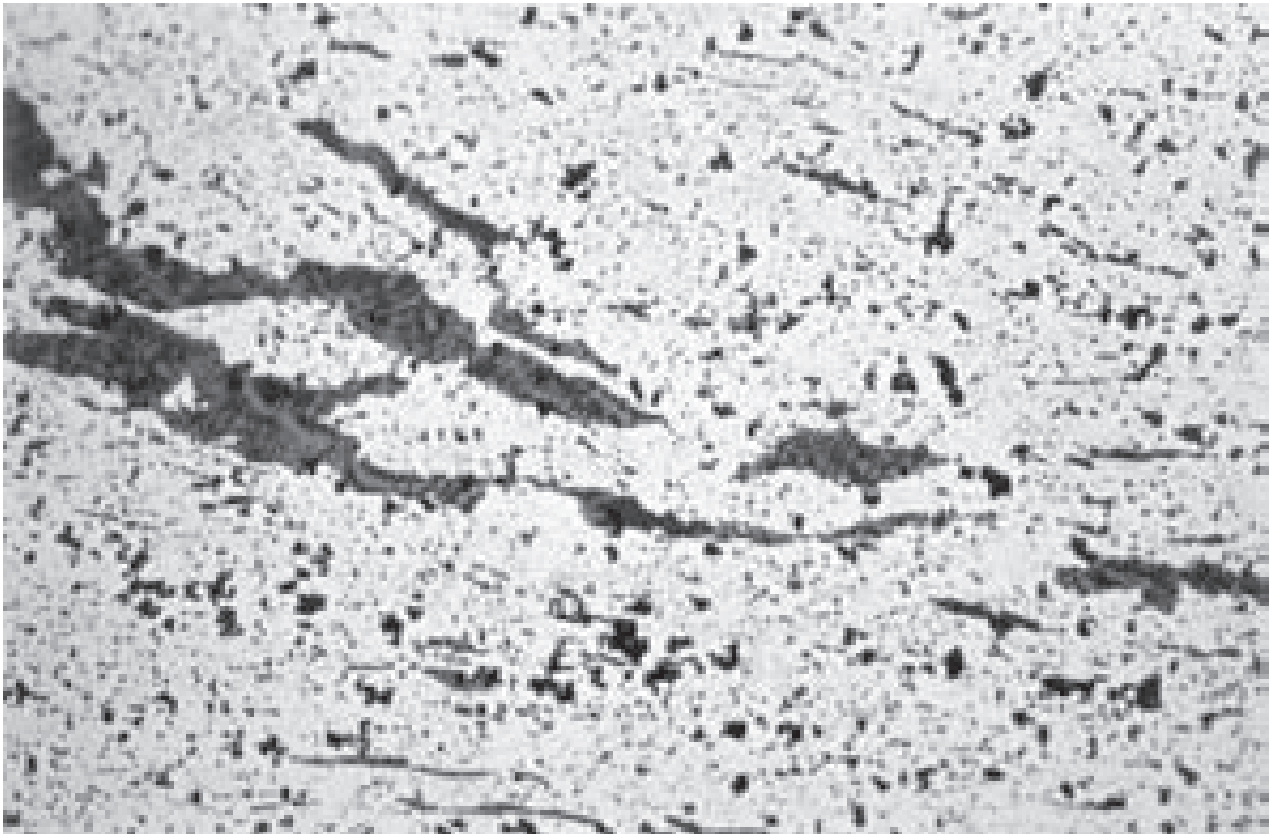


Abb. 119: Querschliff. Gefügaufnahme von Schmiedeeisen. Lang ausgeschmiedete Silikatschlacken (Dölling + Neubert).

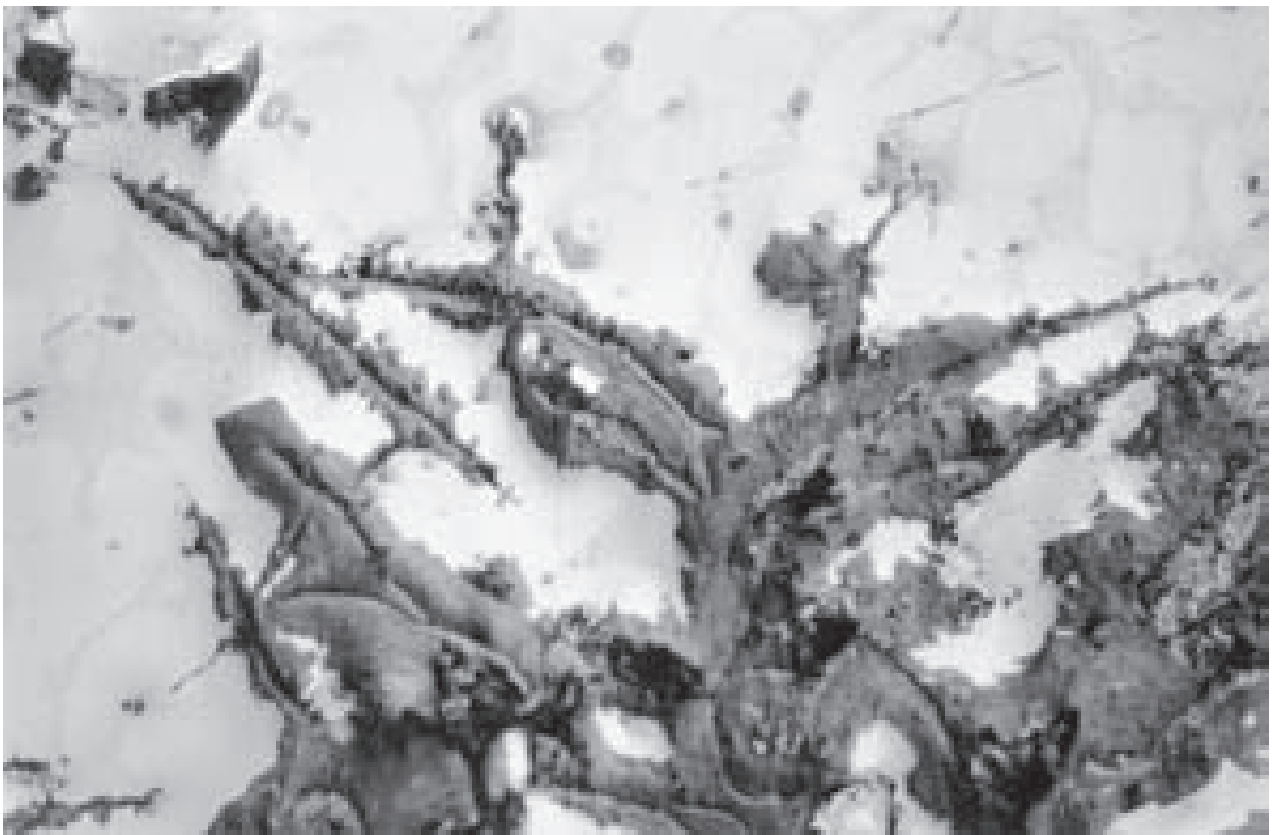


Abb. 120: Gefügaufnahme. Gußeisen mit lamellar ausgeschiedenem Graphit, interdendritisch ausgeschiedenem Ledeburit und Mangansulfiden. Selektive Korrosion entlang der Graphitlamellen (Dölling + Neubert).

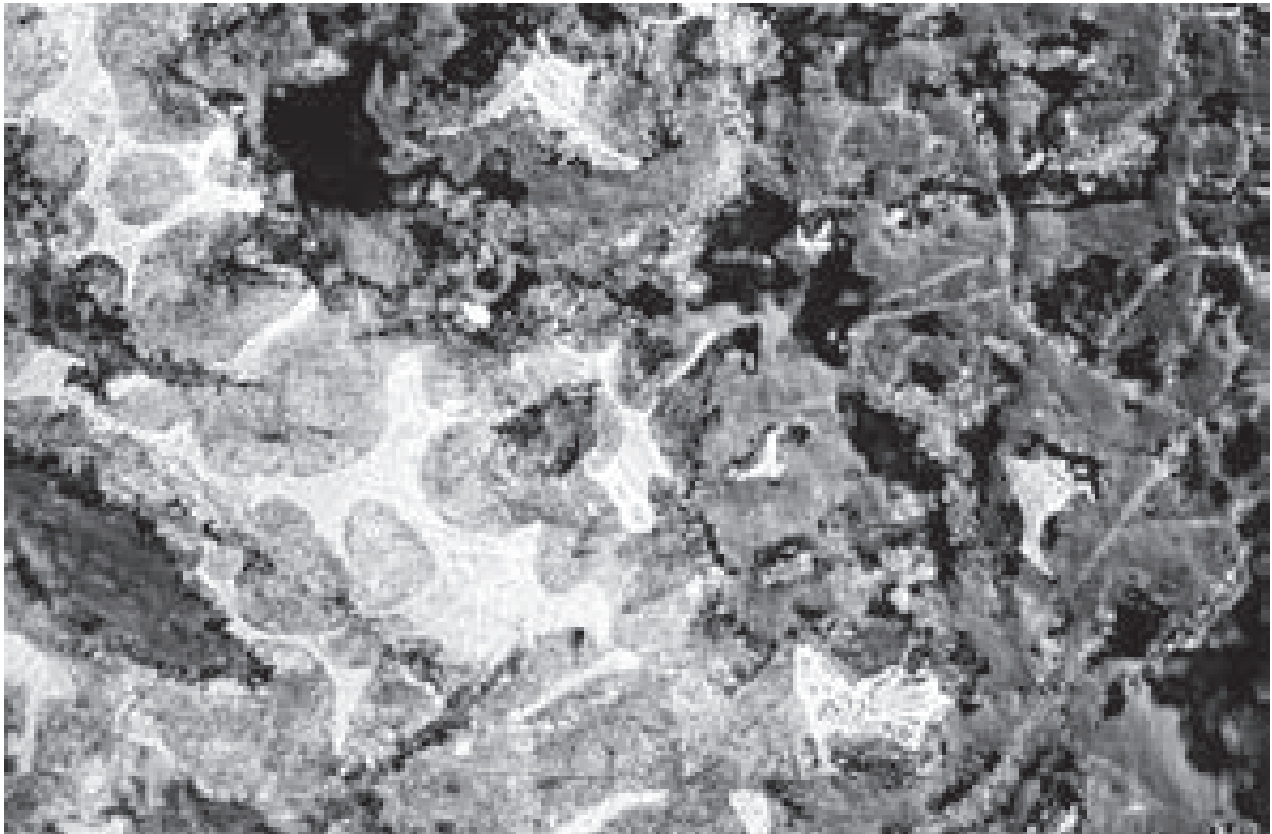


Abb. 121: Gefügeaufnahme. Gußeisen mit lamellar ausgeschiedenem Graphit, interdendritisch ausgeschiedenem Ledeburit in perlitischer Matrix. Gußfehler in Form interdendritischer Mikrolunker (Dölling + Neubert).

geschmiedete Zugstange mit Rechteckgewinde (Spindel, mit noch nicht identifizierter Funktion, möglicherweise Teil der benachbarten Dampfmaschine).

Der Schlackengehalt einiger Proben geht bis über 20 % (Abb. 119). Die Gußproben zeigen lamellar ausgeschiedenen Graphit, Perlit, Einschlüsse von Schlacken und interdendritisch ausgeschiedenen Ledeburit²⁶¹, (Abb. 120, 121).

Auf Grund des elektrochemischen Potentials fließen bei Anwesenheit von Elektrolyten (Wasser) zwischen den Graphitlamellen und dem Eisen Korrosionsströme, die die Festigkeit des Materials im Laufe der Zeit bis in große Eindringtiefen hinein herabsetzen. Das Gefüge verändert sich, das Material verliert an Härte, so daß bei der Reinigung durch Sandstrahlen bei einigen Gußteilen ein Materialabtrag von mehreren Zentimetern zu verzeichnen war.

Beim östlichen Hauptlager, Abb. 122, ähnlich wie (11)–Abb. 124 aus der Ovalen Radstube, Herstellung etwa um die Mitte des 19. Jahrhunderts, ist der auswechselbare Lagerstein an der Unterseite geschädigt. Neben den von der Fertigung stammenden Lunkern ist auch zu beobachten, daß sich dieser Lagerstein im Laufe des Betriebes mit

seiner Oberfläche mehrere Millimeter in die Unterlage »hineingearbeitet« hat. Mechanische Erschütterung und Korrosion werden diese Anpassung besorgt haben.

Viele der geborgenen Gußteile, Abb. 123, ließen sich identifizieren, da sie einerseits noch am Ort ihrer Funktion lagen, andererseits im gedruckten Musterkatalog von 1843 der Hannoverschen Eisenhütten [L10] beschrieben sind (Abb. 124), sowie bei Vilefosse [L203] und Schottelius [Z80] (Abb. 125) und in anderen Zeichnungen (Abb. 126, Abb. 2, Abb. 127).

In der Region Harz haben Nachfrage der Bergwerke einerseits und katalogisiertes Angebot der Eisenhütten²⁶² in Rothehütte (Königshütte bei Elbingerode), Königshütte (Bad Lauterberg), Altenau und Lerbach andererseits für einheitliche Konstruktionen und Verbreitung von technischen Neuerungen gesorgt. So paßt der Lagerstein aus der Runden Radstube auf den Kurbelzapfen des alten Kunstrades der Grube Samson ((3)–Abb. 100).

Zu den Funden gehören:

- ▶ Östliches Hauptlager (zweiteilig) (8), (15), (17)–Abb. 123/Abb. 124.

261 A. Ledebur [L129], H. Weiland [L210], F. Roll [L170–Seiten 40–42].

262 Literatur über Eisenhütten und deren Bedeutung: J. G. Stünkel [L198], R. Slotta [L188], H. J. Gerhard [L95] und

[L96], M. Mende [L140], H. Hillegeist [L107], J. Fr. L. Hausmann [L104–T. XIV].

263 In Lautenthal am Maaßer Gaipel wurden ähnliche Lagersteine am Bauplatz für das neue Kunstrad ausgegraben.

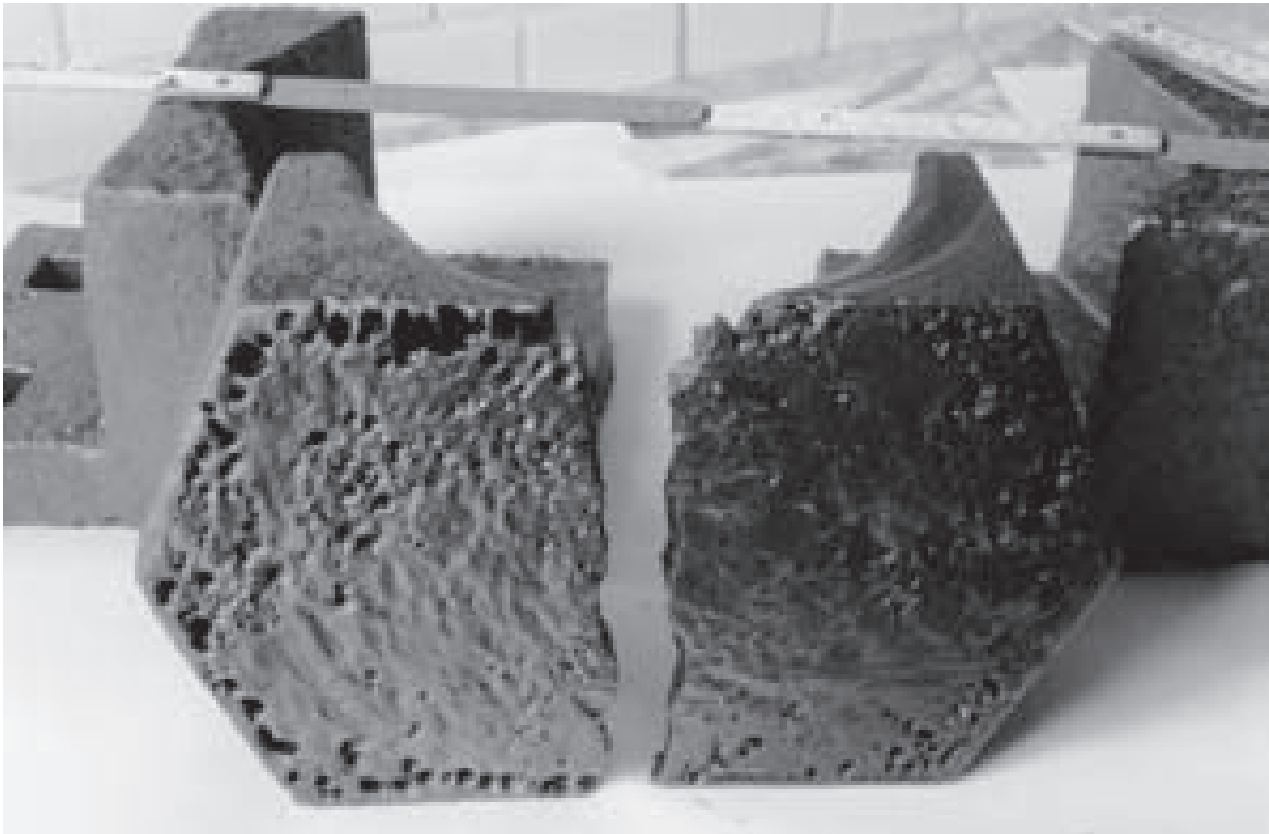


Abb. 122: Zweiteiliger Eisenguß, östliches Hauptlager, Lunker und Korrosion an der Unterseite.

- ▶ Westliches Hauptlager²⁶³ (9)–Abb. 123.
- ▶ Lager mit Deckel für eine Kunstschwinge (7), (21), (22), (23)–Abb. 123/Abb. 125, Abb. 2.
- ▶ Doppeltes Lager für Achsen eine Hunds (Erzwagen) (3), (13)–Abb. 123/Abb. 124.
- ▶ Lager für Seilscheibenwelle (4), (12)–Abb. 123, Abb. 2.
- ▶ Lagerstein für Treibstangen am Kurbelzapfen (6)–Abb. 123, (2), (3)–Abb. 100.
- ▶ Lager für Walzen an den Kunstgestängen (2)–Abb. 123, (1), (2), (3)–Abb. 126, (1)–Abb. 127.
- ▶ Sonstige kleinere geschlossene (1), (19) und größere offene Lager (5), (20)–Abb. 123/Abb. 124.

Für das Bauteil (3)–Abb. 123 gibt es eine weitere Nutzung im Gaipel des Zellerfelder Museums, wo statt der üblichen paarweisen Steckachsen beim Hund kleine Kunstkreuze für Steuerstangen gelagert werden.

Als größte Gußteile mit 3 m Durchmesser (Abb. 128 und 112), waren die vier seitlichen Flansche der beiden Seilkörbe eine technische Herausforderung für Konstruktion, Guß und Montage. Da die Gießtechnik damals noch nicht mit der heutigen Perfektion arbeiten konnte, waren die Teile so dimensioniert, daß kleinere Gießfehler wie Lunker und Risse im Gefüge die Funktion des Teiles nicht gefährdeten.

Sollten dennoch schon nach dem Guß oder später im Gebrauch größere Schäden auftreten, wußte man sich zu helfen. Beispielsweise halten zusätzliche Eisenbänder den

westlichen Hülsenzapfen (2)–Abb. 112 am Umfang zusammen. Eine gebrochene Speiche des Seilkorbes aus der Runden Radstube ((8)–Abb. 128) ist durch Holzbandagen, (8) in **Abb. 129**, gesichert.

Als Vorsichtsmaßnahme gegen zu große Spannungen beim Abkühlen ist der äußere Rand der Flansche geteilt, er besitzt mehrere Trennfugen (2), die nach dem Gießen mit je einem aufgenieteten Blech sowie einem Einlagestück verbunden werden (**Abb. 130**). Die **Abb. 131** zeigt eine geschmiedete Einlage und zwei Abschnitte der äußeren Randes mit Gießfehler. Hier war das Material beim Nachgießen nicht mehr richtig flüssig, so daß Teile des Kragens sich nicht verbinden konnten.

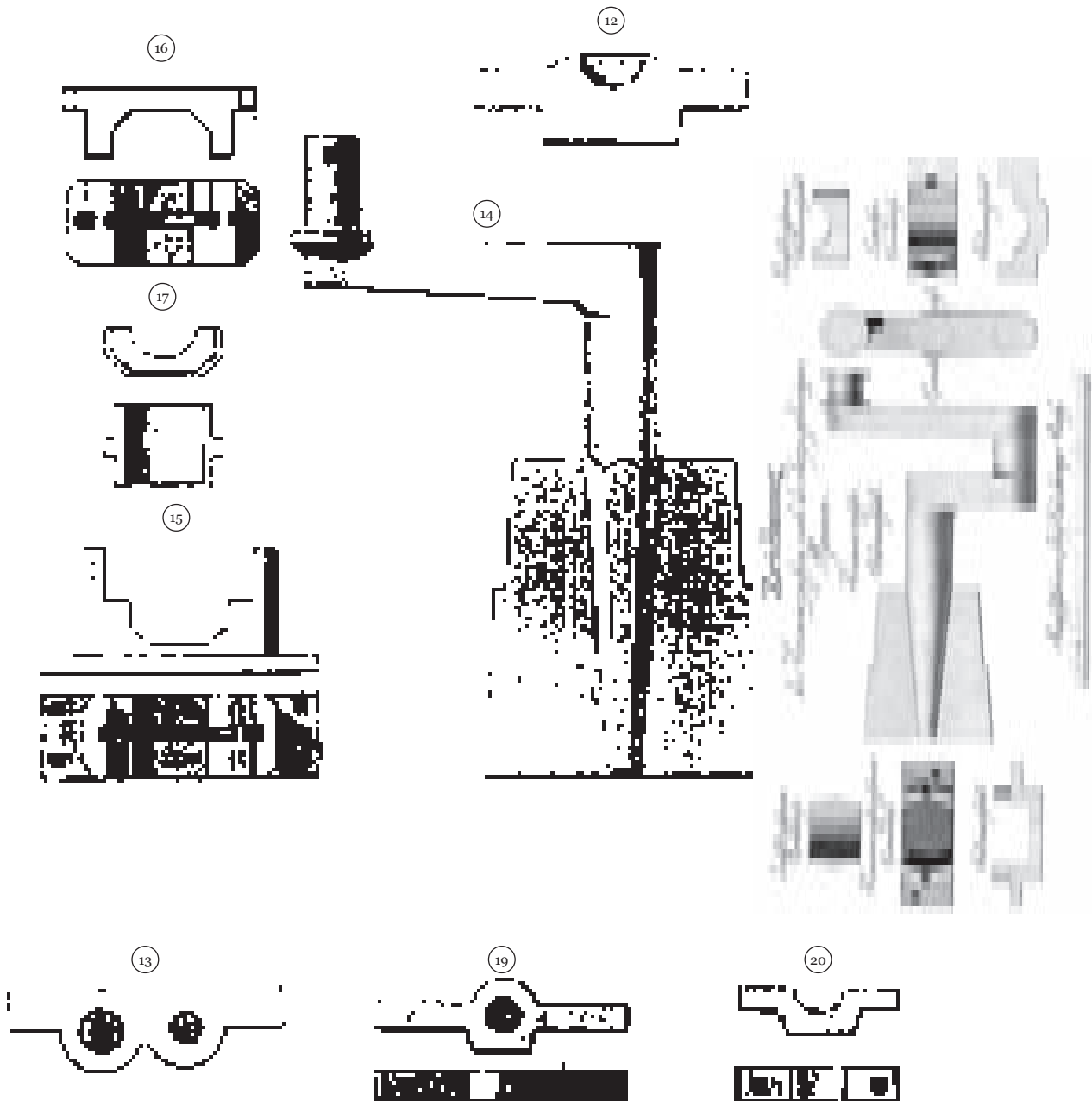
Moderne Gleitlager, wie beispielsweise das Hauptlager des rekonstruierten Kanekuhler Kehrrades, werden für bessere Laufeigenschaften und weniger Verschleiß aus unterschiedlichen Materialien konstruiert, die Welle ist aus Eisen und das Lager aus Bronze.

Dagegen lief das Kehrrad der Runden Radstube mit Wellenzapfen und Lagerschalen aus Eisen. Das östliche Hauptlager (Abb. 122) besaß einen auswechselbaren Einsatz, der durch seine Formgebung fest im Grundkörper verankert war. Wie an den Verschleißspuren (11) in Abb. 123 ersichtlich, haben Grundkörper und Hülsenzapfen die seitliche Führung des Rades übernommen.

Bei einem anderen Teil mit auswechselbarem Einsatz (10)–Abb. 123 hat ein hölzerner Klotz die Funktion der Lagerschale.



Abb. 123: Zeichnung nach computergestützter Vermessung der metallenen Funde aus der Runden Radstube.



Maschinentheile.

Nr 11. Lagersäule (Horn).

Nr 12. Zapfen (von der Lagersäule nach unten).

Nr 13. Zapfen (von der Lagersäule nach oben).

Quelle: *Der Maschinenbau*, Nr. 1, S. 102 (1874).

Verlagsgesellschaft, Leipzig, Nr. 1, S. 102 (1874). *Der Maschinenbau*, Nr. 1, S. 102 (1874).

Abb. 124: Konstruktionszeichnungen einiger Gußteile (Musterkatalog der Hannoverschen Eisenhütten [L10], Zeichnung Schottelius – wie Abb. 75).

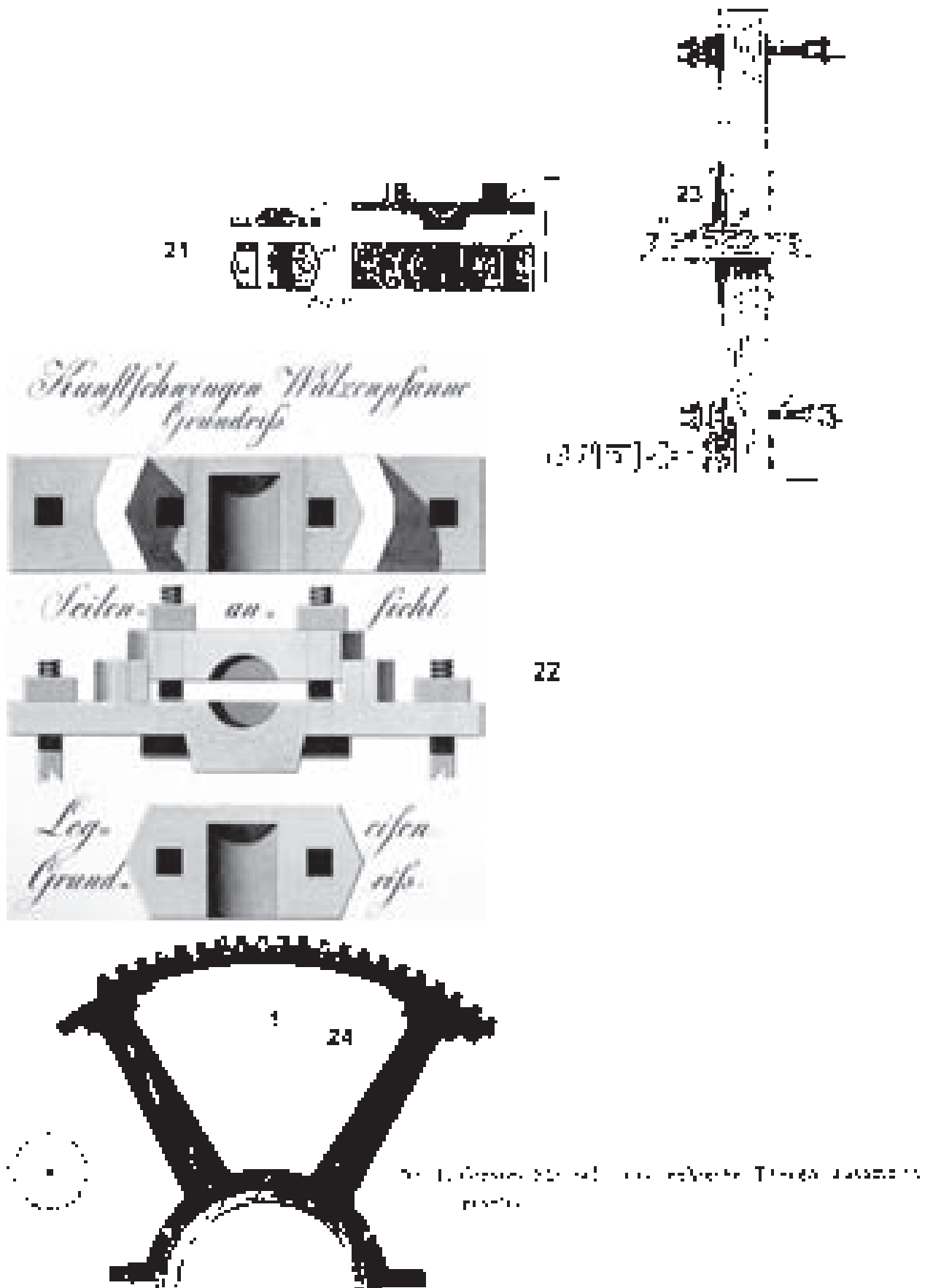


Abb. 125: Verschiedene Metallteile. Zeichnungen von Schottelius [Z80] (Deutsches Museum München, Plansammlung TZ 2536), Villefosse [L203] und aus den Hannoverschen Eisenhütten [L10].

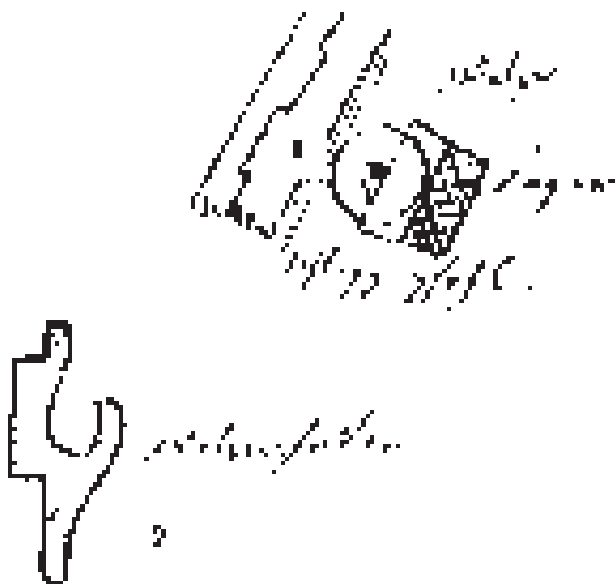
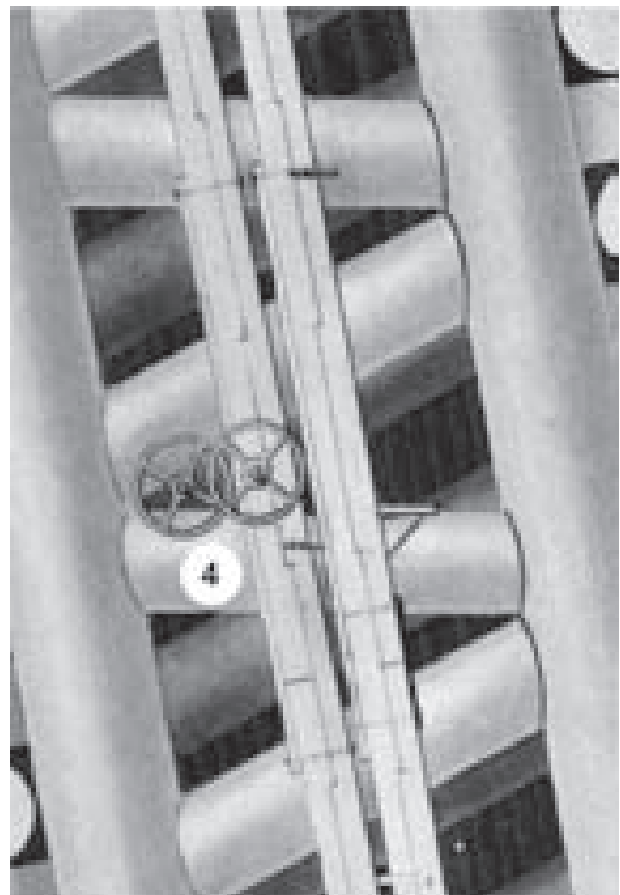
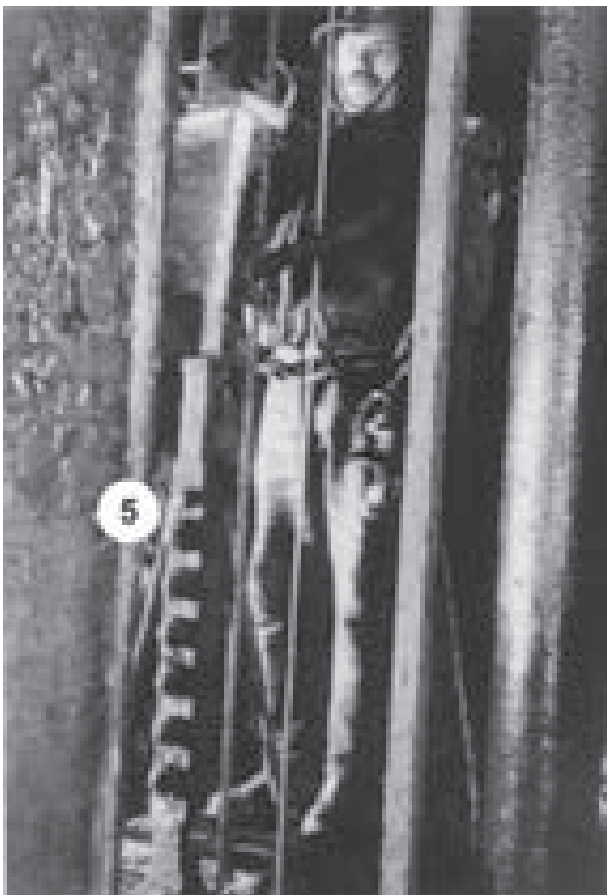


Abb. 126: Elemente zur Führung und Verbindung der Kunststangen (4) Dorothea (wie Abb. 74), (3) Rosenhof (A. Borrmann), (1) Skizze (Eisfelder [L82] 1883) sowie (5) Verschraubungen der eisernen Stangen am Marienschacht. (Padmore, aus B. Ansohn [L15])



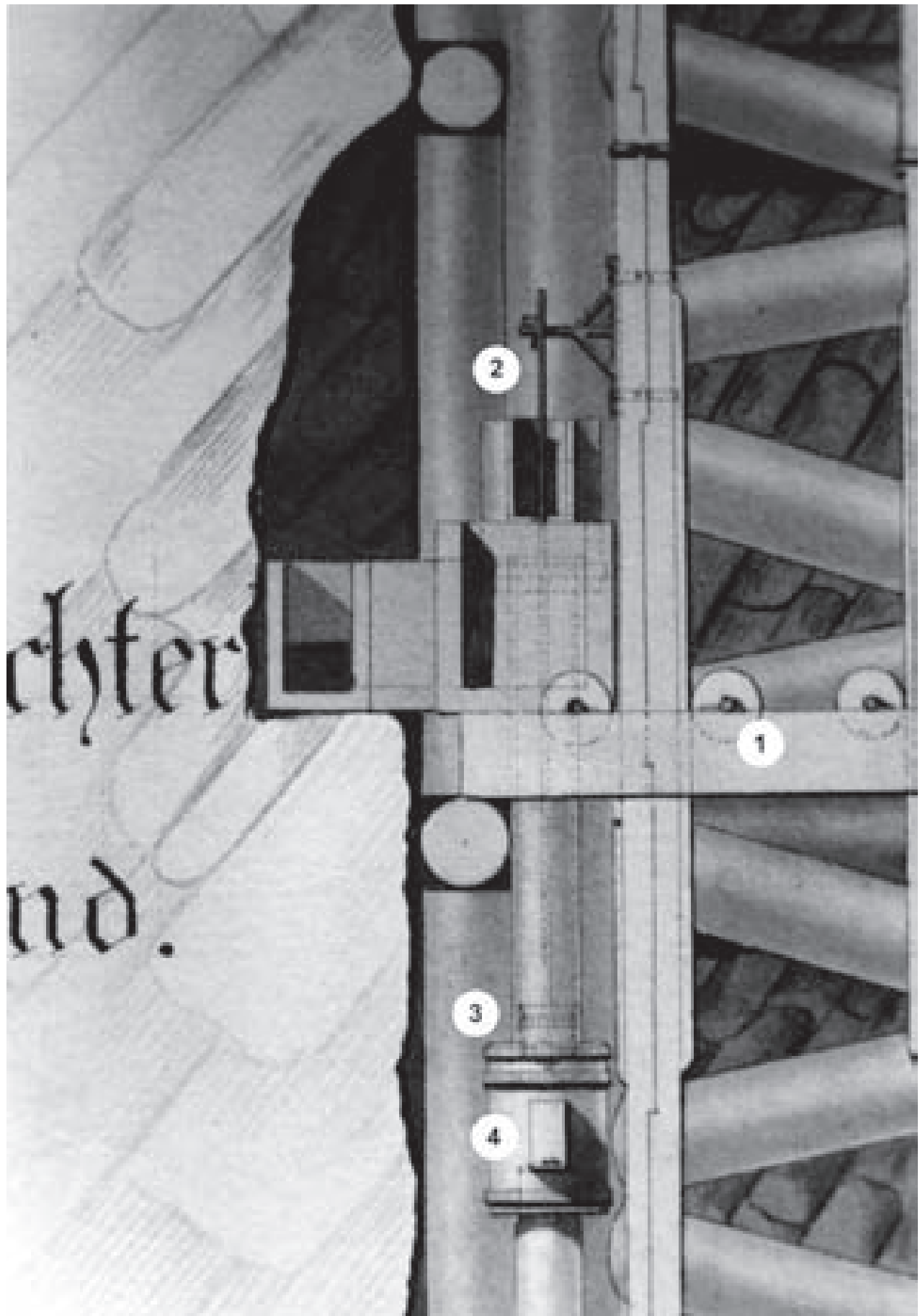


Abb. 127: Elemente zur Führung der Kunststangen mit einem Pumpensatz (aus Abb. 2).

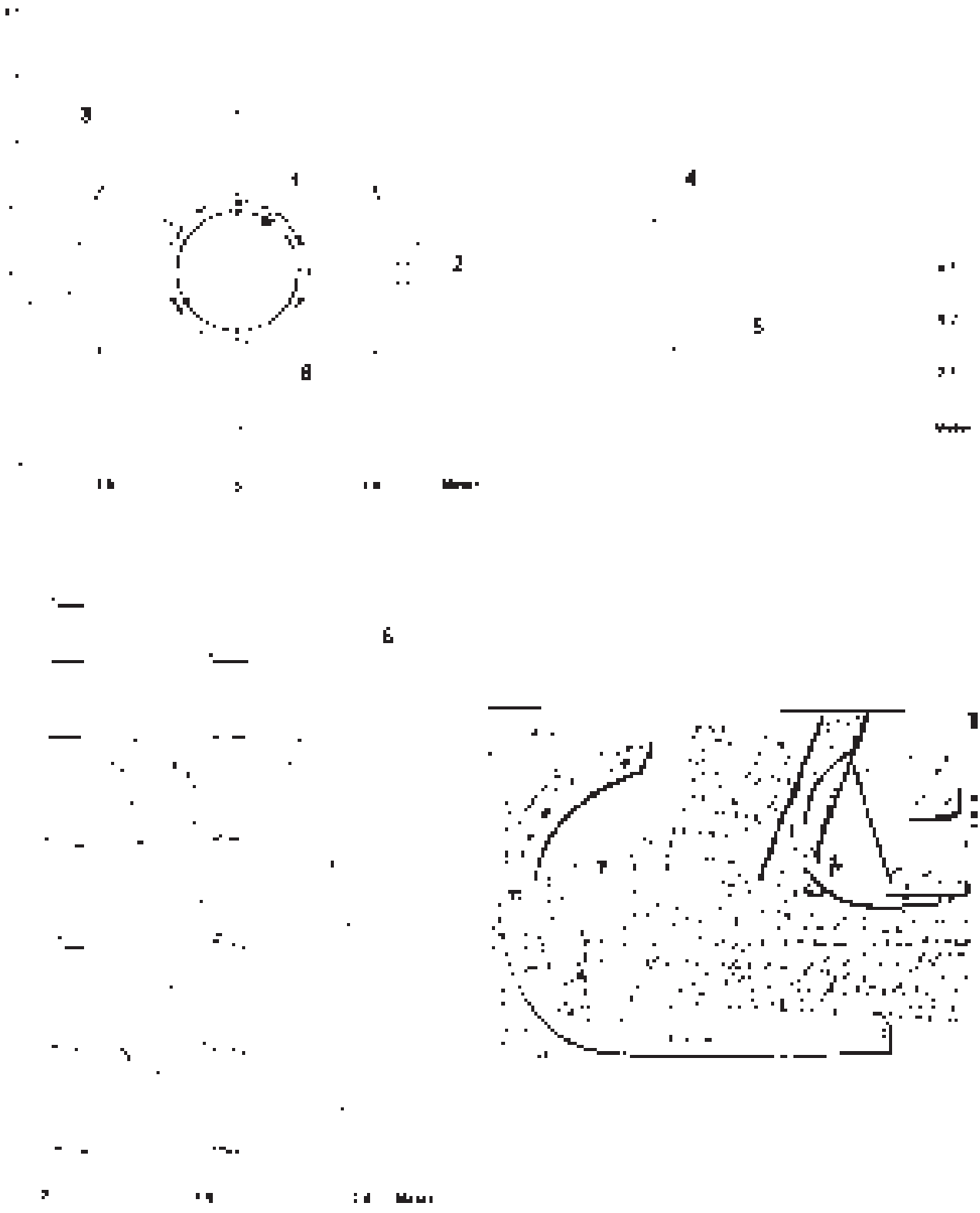


Abb. 128: Funde aus der Runden Radstube, computergestützte Vermessung, Seilkorb, Werkzeuge und Tritteisen der Fahrkunst, Skizzen mit Text (O. Dörell [L75]).

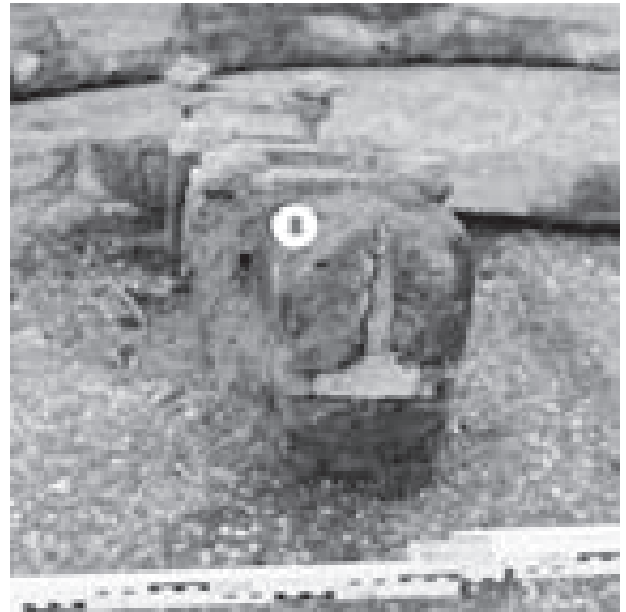
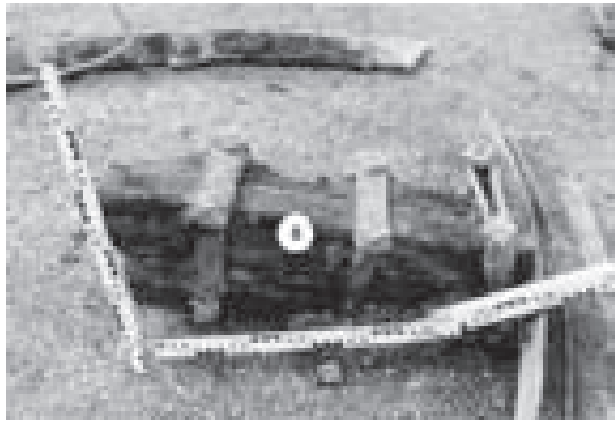


Abb. 129: Mit Hölzern bandagierter Seilkorb.

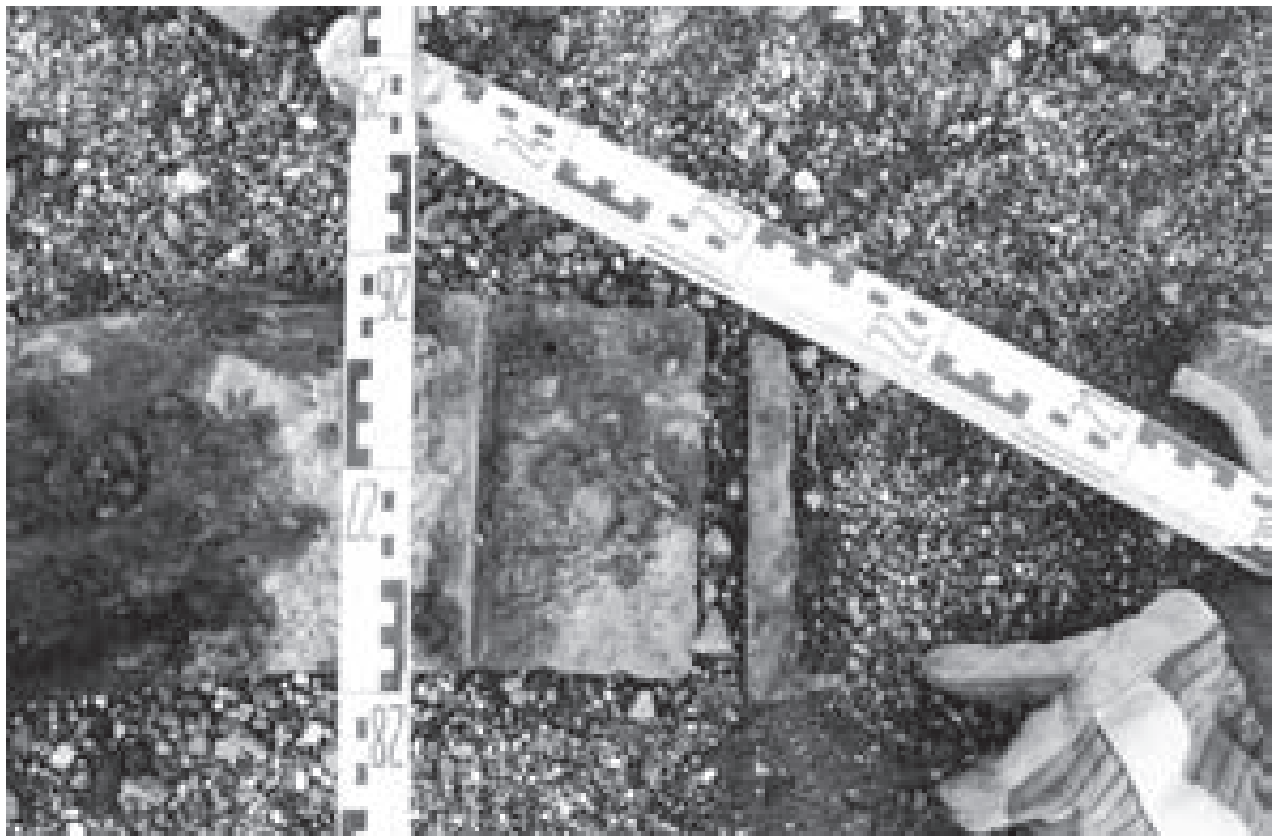


Abb. 130: Seilkorb. Aufgenietetes Verbindungsstück aus Eisenblech und Einlegestück.

Das Getriebezahnrad (24)–Abb. 125 (vgl. Abb. 53 und Abb. 130), es gehört zum Katalog der Hannoverschen Eisenhütten von 1843, steht als Symbol für den Beginn der Industrialisierung. Mit der Möglichkeit zur Fertigung komplizierter Teile aus Gußeisen in brauchbarer Qualität setzte ein rascher Wandel in der Technik ein.

Auch wenn es noch rund fünfzig Jahre dauerte, bis man in der Runden Radstube einen präzisen Stahlguß wie (9)–

Abb. 123 einbauen und neben der Radstube eine Dampfmaschine aufstellen kann, begann hier schon mit dem Getrieberad der Werkstoff Eisen das Holz bei den Wasserkraftmaschinen zu verdrängen.

Für hölzerne Fördermaschinen, wie beispielsweise die der Gruben Dorothea (Abb. 1) und Anna Eleonora (Abb. 23) sowie am Knesebeck-Schacht (Abb. 53), entwirft man ein eisernes Getriebe, das die Drehzahl des Seil-



Abb. 131: Zwei Abschnitte aus dem gußeisernen Kranz des Seilkorbes mit Bruchstelle am Kragen, oben geschmiedetes Einlagestück.

korbes um 30 % (Anna Eleonora) bzw. um 50 % (Knesebeck) heraufsetzt.²⁶⁴ Die zusätzliche Reibung verkleinert aber den Wirkungsgrad und damit auch die Fördergeschwindigkeit.

Bei der Grube Dorothea änderte sich nicht die Drehzahl durch das Getriebe, es erlaubte aber ein einfaches Auskupeln (vgl. Abschnitt 4.3.3. 2.2.9) und die Aufteilung (Verkürzung) der Welle (**Abb. 132**).

4.3.3. 2.2.12 Lebensdauer eines Wasserrades

Die Lebensdauer eines Wasserrades hängt einerseits vom verwendeten Material, das heißt der Qualität des Holzes sowie der metallenen Beschläge, ab. Andererseits beeinflussen Konstruktion, Verarbeitung bei der Herstellung

(Akkord oder Stundenlohn), Beanspruchung und Pflege die maximale Zeit für die mögliche Nutzung des Rades.²⁶⁵

Aus dem Rammelsberg sind einige Zahlen über die Lebensdauer veröffentlicht.²⁶⁶

| | | |
|----------------------|----------------|-------------------------------|
| <i>oberes Rad</i> | 13, 16 Jahre | vor 1720 |
| <i>mittleres Rad</i> | 10, 8, 9 Jahre | in der Zeit von 1673 bis 1767 |
| <i>unteres Rad</i> | 12 Jahre | |

Eine Anordnung des königlichen Hannoverschen Berg- und Forstamtes in Clausthal vom 31. Januar 1861 berichtet, daß ein Rad in Lautenthal, nach der sächsischen Bauart hergestellt, schon seit 1843 (18 Jahre) in Betrieb sei und wohl noch längere Zeit halten werde. Die bessere Haltbarkeit wird wie folgt begründet (Art der Ausführung, Verkämmen der Laschen, verstärkter Armverbund):

thal mit schnell laufendem Schleifwerk und langsam laufender Hobelmaschine.

²⁶⁵ Vgl. Abschnitt 4.3.3. 2.2.5.

²⁶⁶ P. Eichhorn [L81–Seiten 180–182].

²⁶⁴ In Getreide- und Sägemühlen gab es schon sehr lange Getriebe, vgl. E. Mühlenpfortdt, E. [L146]. Die Zellbacher Sägemühle und die Herrschaftliche Schindelmühle bei Claus-



Abb. 132: Seilkörbe mit Getriebe. Grube Dorothea [aus Abb. 1].

»Dieser Absicht entspricht die bei den erzgebirgischen Bergbau in Sachsen übliche und sonst wol bekannte Anfertigungsmethode, wie solche zuerst schon im Jahre 1843 bei einem 32 Fuß hohen Kunstrade des Güte des Herrener Schachtes, zu Lautenthal, versuchsweise angewendet und daselbst mit der Aussicht auf eine noch längere Zeitdauer bewährt gefunden ist.

Im Wesentlichen bedingt dieselbe eine solidere Verbindung der gedoppelten Radkränze durch's Zusammenkämmer der Laschenstücke und für den Wellsitz einen verstärkten Armverbund in den Viertelstöcken-allgemein aber eine sorgfältigere und genauere Arbeitsverrichtung, als diese in bisheriger Weise üblich und selbstverständlich für die taxenmäßig bestehenden geringen Accordlöhne nicht zu verlangen war.«²⁶⁷

4.3.3. 2.2.13 Chemischer Holzschutz

Bei der Aufwältigung des Wasserrades in der Kanekuhle wurde im Bereich der Bremsbäume, das heißt unter den Bremsbacken, auf dem Boden eine große Menge weißen Schlammes gefunden. Die Analyse ergab Zinksulfat. In Meyers Lexikon ist diese Substanz als Holzkonservierungsmittel beschrieben.

267 H. H. Nietzel [L152–Seite 88], nach Akten des OBA, vgl. A. Dumreicher [L79–Seite 37], zitiert in Abschnitt 4.3.3.2.2.4.

»Zinkvitriol findet sich ebenfalls als Zersetzungsprodukt von Zinkblende in Bergwerken (Goslarit) und gelöst in Grubenwässern. [...]

Man benutzt ihn zur Darstellung von Zinkfarben und -präparaten, in der Kattundruckerei, zum Konservieren von Holz und Häuten, als Flammenschutzmittel, [...].«²⁶⁸

Auch im Sumpf des Wassertroges des Knesebecker Kunstrades fand sich stark sulfathaltiger Schlamm.

4.3.3.2.3 Beschreibung der Mechanik am Beispiel der Kehrradstube der Grube Jungfrau

Von Schottelius sind aus der Zeit um 1815 bisher zwei Zeichnungen mit Oberharzer Kehrradstuben bekannt, die der Gruben Jungfrau (Abb. 31) und Oberer Thurm Rosenhof. Glücklicherweise gibt es für die Grube Jungfrau noch eine weitere Zeichnung von Osterwald mit gleichem Inhalt (Abb. 30), so daß durch Vergleich beider Darstellungen die Präzision der Zeichner zu ermitteln ist.²⁶⁹ Ohne Zweifel überzeugen alle drei Zeichnungen mit ihrer künstlerischen Schönheit.

Wie in der Kanekuhle im Rammelsberg benötigte das Kehrrad der Grube Jungfrau (Durchmesser 29½ Fuß =

268 Meyers Lexikon [L138–Band 12–Seite 1810] (1930).

269 Vgl. F. Balck [L27–Seite 123].

8,6 m) nur eine kurze Welle, da sich der Seilkorb mit einer eigenen Welle in der Nähe des Schachtes drehte. Das Rad trieb ihn über ein längeres Gestänge an. In die konischen Wellenenden hineingearbeitet wurden zwei einfache Kurbelzapfen, deren 3 Fuß (0,9 m) lange Kurbelarme um 90° gegeneinander verdreht sind. Zwei etwa 12 m lange hölzerne Pleuel (1) übertrugen die Kraft auf die Kopfschwingen (2). Um das Gewicht der Pleuel (Holz mit 8 und 10 Zoll Querschnitt) auszugleichen, liefen die Hölzer über eine Rollenkonstruktion mit Kette und Gegengewicht (3), vergleichbar mit der Einrichtung am Modell im Maßstab 1:7 im Zellerfelder Museum.

$$\text{Pleuelgewicht: } 120 \text{ dm} \cdot 2 \text{ dm} \cdot 2,5 \text{ dm} \cdot 0,8 \text{ kg/dm}^3 = \mathbf{480 \text{ kg.}}$$

Ein ähnliches Pleuel ist heute am Nachbau des Kunstrasdes bei der Grube Samson in Sankt Andreasberg in Bewegung zu besichtigen (Anhang B, Nr. 8). Die Durchbiegung durch das Eigengewicht ist nicht unerheblich.

Das Kehrrohr hat neben den Hauptarmen die gleiche Anzahl von Hilfsarmen, die bei dieser Konstruktion nicht paarweise parallel zueinander, sondern gleichmäßig am Kranz verteilt sind. Alle Arme sind mit dem Kranz mit Schwalbenschwanz und Zuganker verbunden. Schottelius richtet die Schwalbenschwänze symmetrisch zu den Armen aus, während Osterwald sie zur Mitte der Achse hin orientiert.

Die Viertelstöcke sind bei Schottelius seitlich in die Hauptarme eingelassen, entsprechend der Konstruktion in der Kanekuhle (Abb. 106). Die Form der Überblattung der Hauptarme untereinander ist auf keiner der beiden Zeichnungen zu erkennen, da sie durch das Bremsrad verdeckt wird. Allerdings zeigt Osterwald für die entsprechende Stelle am Bremsrad schräg verlaufende Trennfugen ((10)–Abb. 106).

Die länglichen Unterlegbleche für die Zuganker stehen bei Schottelius um 45° gedreht, während Osterwald keine gezeichnet hat (vgl. (4)–Abb. 105).

Bremse

Das Bremsrad (Durchmesser 17 Fuß = 5 m) ist neben dem Kehrrohr auf der Welle angebracht. Die Konstruktion der Zange mit den beiden Bremsklötzen ist ähnlich wie am Oberen Thurm Rosenhof angelegt. Ein eiserner Gelenkhebel (7) sorgt beim Bremsen für ein schwimmendes Anpressen der Klötze. Bei Osterwald hat das Bremsrad auf jeder Seite vier durchgehende Arme, bei Schottelius zusätzlich noch einzelne Hilfsarme dazwischen. Die Bremsklötze sind mit Schwalbenschwänzen in die Bremsbäume eingelassen und bei Osterwald zusätzlich mit Eisenklammern gesichert. Schottelius zeichnet die Schwalbenschwänze so tief, daß die Bäume fast bis zur Hälfte im Querschnitt geschwächt sind. Die Zangeneisen (5) für die Zugstange über dem Bremsrad sind bei Schottelius gedreht, während sie bei Osterwald in der üblichen Weise angebracht sind. Die unteren Gelenke der Bremsbäume sind bei beiden Zeichnungen ohne Verstellmöglichkeit dargestellt.

Osterwald zeichnet in der Schützerbucht abgerundete Bedienerhebel, dagegen stellt Schottelius den Bremshebel

als ungehobelten Balken dar. Beide Zeichnungen bringen auch die eiserne Leiste zum Einrasten der Bremse (Abb. 134), die bei Schottelius hier aber nur einseitig zum Festziehen der Bremse zu nutzen ist.

Schütze

Für den Wasserzulauf ist ein hölzernes Gerinne quer über dem Rad angebracht. Die zugehörige Hebelmechanik führt in die benachbarte Schützerbucht (8). Zum Schließen der Schütze sind am Ende der Hebel Gegengewichte (9) (Holzkästen für Steine) angebracht. In der Form der Kästen und Schußgerinne unterscheiden sich beide Darstellungen erheblich, bei Osterwald entsprechen die Formen handwerklichen Vorstellungen, bei Schottelius dagegen künstlerischen.

Klopfzeug

Zum Steuern des Kehrrodes bekommt der Schützer seine Aufträge über ein Klopfzeug. Dies ist ein Hammer in der Schützerstube, der sich von der Gaipelstube (GJ)–Abb. 29 aus über ein Gestänge anheben läßt und beim Niederfallen mit einem lauten Geräusch auf eine eiserne Unterlage am Boden aufschlägt, (10)–Abb. 31.

Für die Verständigung zwischen den Bergarbeitern tief unten im Schacht und denen oben an der Hängebank wird ein weiteres Klopfzeug existiert haben.

Weiszeug

Die Stellung der Fördertonnen im Schacht kann der Schützer an einem Zeigerinstrument ablesen. Vor der steinernen Rückwand sind die Mechanik und Zahnräder dieses Weiszeuges zu erkennen (11)–Abb. 30. Ein Ausschnitt auf Blatt 2 dieser Zeichnung von Schottelius zeigt die Namen der einzelnen Haltepositionen an.

Beschriftung der Kreisscheibe *360°-Kreisteilung*
(nicht Lachter)

| | |
|--------------------------------|-----|
| Gesenks Füllort | 235 |
| Baumgarten Suchort | 220 |
| Tiefe Wasser Strecke | 210 |
| Tiefe Georg Stolln | 160 |
| Wasser Strecke | 140 |
| 100 Lachter Strecke | 100 |
| 13-Lachter Strecke | 85 |
| 19-Lachter Strecke | 75 |
| Schohsbahn Strecke | 50 |
| Frankensch. Stolln | 38 |

Ofen

Die Schützerbucht ist heizbar. Hierzu gehört ein Schornstein (in der Ansicht bei Osterwald) und ein Ofen (im Querschnitt bei Schottelius). Der Schornstein ist noch heute an seinem Platz (Abb. 26).

Seilkorb mit Korbstube (Osterwald)

In der Korbstube wiederholt sich der Aufbau wie in der Radstube, auch hier sitzt ein Bremsrad vorne auf der Seilkorbwelle.²⁷⁰ Es handelt sich nach der Beschriftung um das »Notbremszeug«. In der »Gaipel-Bucht« am Schacht

hängt von der Decke herunter ein eiserner Griff, von dem aus über ein hölzernes Gestänge die Notbremse in der Korbstube gezogen werden kann, falls die über das »Klopfgestaenge« gegebenen Signale nicht ihre Wirkung zeigen.

Während in der Radstube das Pleuel den großen Kurbelzapfen und auch das Hauptlager verdeckt, zeigt diese Ansicht aus der Korbstube sowohl die Kurbel als auch das eiserne Lager mit aufgeschraubtem Deckel.

Anmerkungen zu den beiden Zeichnungen

Beide Arbeiten sehen fotorealistisch aus, wobei Schottelius kräftigere Effekte und feinere Strukturen benutzt als Osterwald. Dennoch bringt der Vergleich auch mit anderen Quellen manche Übertreibungen und Erfindungen von Schottelius ans Licht. Daß er die verdeckten Radschaufeln mit gestrichelten Linien auf dem Kranz andeutet, ist in Ordnung. Es macht aber wenig Sinn, auch solche zu zeichnen, wo der Kranz zusätzlich noch durch zwei weitere Balken verdeckt ist. Hier stellen die Zeichnungen von A. Polle (Abb. 2, Abb. 74) und Fr. Reddewig (Abb. 3) mit teilweise aufgeschnittenen Kränzen die bessere Alternative dar. Osterwald schneidet Deckenbalken und Radwelle exakt und verzichtet auf gestrichelte Linien bei den Holzkonstruktionen. Lediglich den eisernen Gelenkebel der Bremse zeichnet er dort gestrichelt, wo er durch die Hälfte des Bremsbaumes verdeckt ist.

Die von Osterwald gezeichneten zwei Fenster, zu beiden Seiten des linken Anbaus mit der Schützerbucht, fehlen bei Schottelius. Das vordere Fenster ist noch heute zu sehen (Abb. 28).

Die Mauern und ihre Fundamente sind bei Schottelius steingerecht und bei Osterwald ohne Strukturen wiedergegeben. Welcher von beiden mit der Wandneigung unten im Wassertrog der Wahrheit näher ist, ließ sich wegen einer nachträglich vorgesetzten Verkleidung nicht erkennen.

4.3.3.2.4 Arbeiten am Kehrrad

4.3.3.2.4.1 Bedienung

Im Vergleich der Kehrräder untereinander findet man vorwiegend die gleiche Technik für deren Bedienung, wie die Funde aus der Runden Radstube, die Zeichnungen Ernst-August-Schacht (A. Polle, Abb. 2), Grube Dorothea (N. N., Abb. 1), das Skizzenbuch von Georg Eisfelder [L82] (1883) und die Einrichtungen in der Schützerbucht im Museum Zellerfeld sollen dies im folgenden Abschnitt belegen.

Die Bedienung eines Kehrrades mag auf den ersten Eindruck einfach erscheinen, es sind nur drei Hebel²⁷¹ für »Wasser links«, »Wasser rechts« und »Bremsen« zu bedienen (Abb. 133: (1) Grube Dorothea, (2) Skizze Eisfelder und (3) Funde aus der Runden Radstube). Über das Weiszeug kann der Schützer die Position der beiden Tonnen im Schacht ablesen und über die drei Hebel die Geschwindigkeit und Richtung des Rades regulieren.²⁷² Darüber hinaus erhält er über die Klopfzeichen seine Fahraufträge.²⁷³

An zwei wechselseitig aufgewickelten Förderseilen hängt jeweils eine Tonne, so daß bei jeder Drehrichtung eine davon nach oben gelangt und darüber hinaus ein teilweiser Gewichtsausgleich für die Tonnen stattfindet.²⁷⁴

Komplizierter wird die Bedienung aber dadurch, daß die Belastung des Kehrrades nicht nur von der zu hebenden Last, sondern auch von der unterschiedlichen Länge der beiden in den Schacht führenden Seilenden abhängt. Bei tiefen Schächten kann das Gewicht des Förderseils vergleichbar mit dem der Last werden.²⁷⁵ Eine leere Tonne am langen Seil kann mehr Kraft erfordern als eine volle Tonne am kurzen Seil.

Folglich besteht für die volle Tonne oben die Gefahr des *Übertreibens*, das heißt ohne weiteres Wasser und ohne zu bremsen würde sie durch das andere Seil weiter hochgezogen und oben anschlagen.

Bei senkrechten Schächten nutzt man heute als Gewichtsausgleich ein frei hängendes Unterseil zwischen den beiden Fördergefäßen. Somit ist die Last für die Fördermaschine nur durch das Gewicht des Transportgutes und die Reibung bestimmt. Bei den tonnlägigen früheren Schächten versagte aber diese Methode, da das Unterseil nicht frei hängen konnte, sondern an der Schachtwand auflag.

Zum Entleeren der nach oben gebrachten Tonnen gehörte auch noch das Umhängen (Anbringen einer Kette am Boden der Tonne²⁷⁶) und das Stürzen; dazu mußte gleich nach dem Erreichen der höchsten Position die Drehrichtung gewechselt werden und das Kehrrad für eine kurze Zeit umgekehrt laufen.

Wenn die Seillängen darüber hinaus nicht so abgestimmt sind, daß die obere und die untere Tonne gleichzeitig ent- und beladen werden können, dann ist das Kehrrad ein weiteres Mal ein Stück zu drehen, bevor die Hauptförderung beginnen kann.

Nach Erreichen der Zielposition mußte das Rad mit der Bremse sicher festgestellt werden.²⁷⁷ Die Konstruktion der Hebelmechanik und deren Übersetzung war so auszurichten (große Stellkraft bedeutet geringer Stellweg), daß der Schützer mit maximal seinem Körpergewicht den Brems-

270 Einen ähnlichen Seilkorb mit Bremse hat Dörell [L75] skizziert und mit Maßen versehen.

271 August Ey [L84–Seite 155].

272 Die drei Steuerstangen für die Übertragung der Stellkräfte bis zum Rad sind noch im Samson (Nr. 7) und Serenissimum (Nr. 23) im Original erhalten, für die Gruben Silbersegen und Thurm Rosenhof existieren Fotos F. Balck [27–(1)–Abb. 85, (A)–Abb. 86 und (4)–Abb. 104].

273 F. Balck [L27], vgl. Abb. 83.

274 Bei Pferdegöpeln versuchte man den Gewichtsausgleich durch Ballastwasser:

»Die leere Tonne wird nämlich, so wie sie in den Schacht tritt, mit Wasser gefüllt und das Gewicht des Wassers hilft demnach die mit Gestein gefüllte Tonne heraufziehen.«

C. Zimmermann [L217–Seite 414].

Oder durch Bleigewichte, vgl. P. Eichhorn [L81–Seite 167].

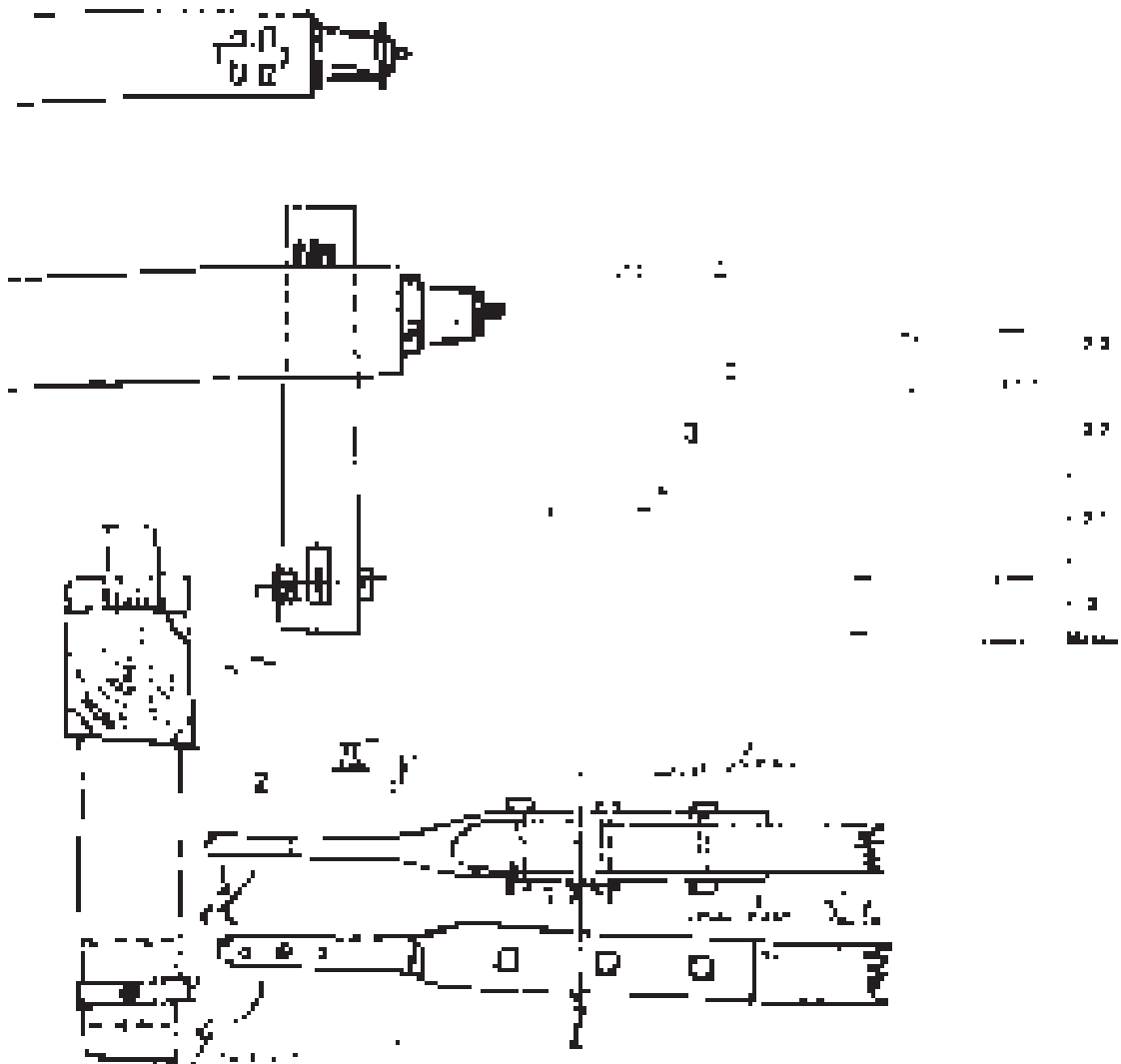
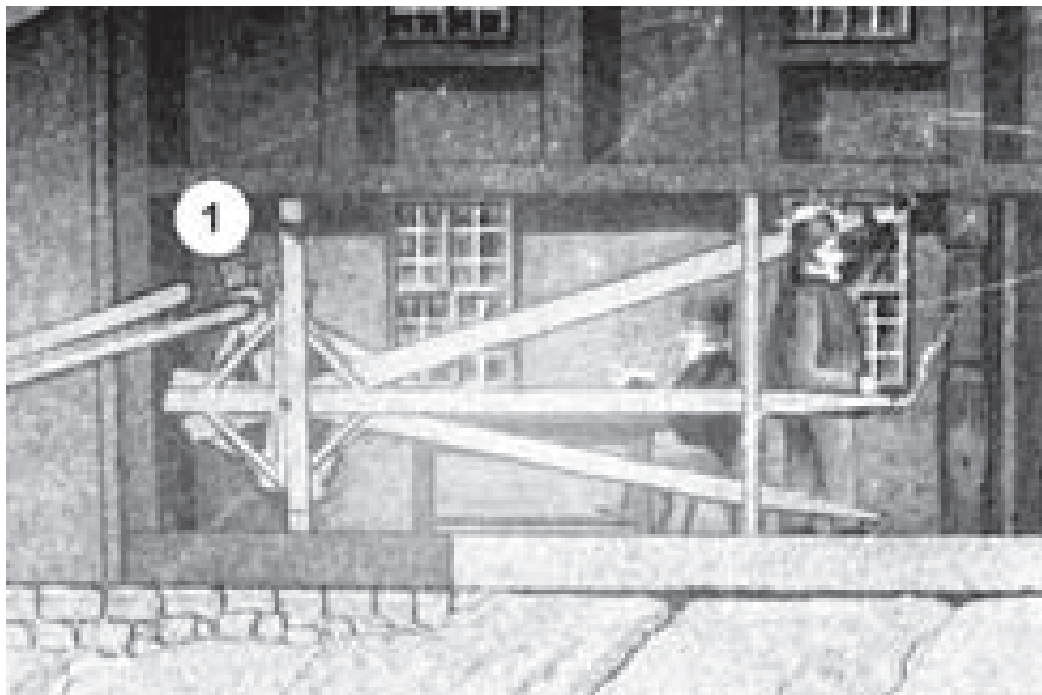


Abb. 133: Hebelmechanik für Bremse und Aufschlagwasser. Computergestützte Vermessung zweier Zangeneisen aus der Runden Radstube. Zeichnung der Grube Dorothea (aus Abb. 1), Skizzen [Eisfelder [L82]].

hebel²⁷⁸ herunterdrücken und einrasten konnte. Der Stellweg sollte jedoch so groß sein, daß er die Bremse genügend geöffnet in einer anderen Position einrasten konnte. Darüber hinaus mußte die Hebelmechanik entsprechend dem Verschleiß der Bremsklötze nachstellbar sein.²⁷⁹ Teile der Mechanik für die Bedienung zeigen die **Abb. 134** und **135**. ((2) Ernst-August-Schacht (Abb. 2), (3) Eisfelder, (1), (5) Museum Zellerfeld sowie (4), (6) Maße der Funde aus der Runden Radstube).

Die Mechanik für die Regulierung des Aufschlagwassers, das Schützbrett mit Anlenkung, läßt sich durch **Abb. 136** beschreiben. Das Teilbild (1) gehört zur Darstellung der Grube Dorothea (Abb. 2), (2) und (3) stammen aus dem Skizzenbuch von Eisfelder, (4) zeigt die Abmessungen des Fundes aus der Runden Radstube.

Neben der Reibungsbremse kann ein Kehrpad auch mit *Gegenwasser* gebremst werden (wie der Umkehrschub beim Flugzeug). Da aber bei einem normalen Schußgerinne das Wasser nur in die oberen Schaufeln (mit kleinem Drehmoment) eingefüllt wird, kommt kaum Bremswirkung zustande. Jedoch bringt *Gegenwasser* in die Schaufeln auf halber Höhe einen größeren Bremsseffekt, sofern die Konstruktion des Schußgerinnes eine Verstellung des Ausflußwinkels erlaubt. Die auf Abb. 88 gezeigten Schußgerinne (B) und (C) sind über eine Kette jeweils mit der Steuerstange zum Öffnen der Schütze verbunden, die beim Ziehen die Neigung der Schußgerinne und damit die Wurfweite für das Wasser automatisch verändert (viel Wasser = weiter Wurf).

Zum Anfahren benötigt jedes Rad bis zum Erreichen der gewünschten Drehzahl mehrere Sekunden (Anhang F.2). Es muß nämlich einerseits die Massenträgheit überwunden werden, und es müssen sich andererseits auch die Wassertaschen durch Überlauf von den oberen zu den unteren füllen. Hier liegt es in der Hand des Schützers, wie weit er das Schützbrett zunächst öffnet, um die Schaufeln zu füllen. Bevor er jedoch die Bremse löst, muß er sicherstellen, daß das Rad schon genügend Kraft besitzt, um in der richtigen Richtung zu starten. Nach Erreichen der Endgeschwindigkeit des Rades sollte er auf etwa ¼ Füllung jeder Tasche zurückgehen, um den Wirkungsgrad hochzuhalten und Wasser zu sparen (Abb. 141).

Wenn sich in den Betriebspausen das Wasser im Geflüder über dem Rad etwas angestaut hat, bevor es zwangsweise über einen Fehlschlag zum nächsten Verbraucher fließt, steht folglich beim Anfahren kurzzeitig eine größere Einlaufgeschwindigkeit zur Verfügung und beschleunigt so das Anfahren.

Neben dem Film von Herwig [L106] 1923 gibt es einen

handschriftlichen Bericht von Obersteiger Moschner, der als wohl letzter Kehrpadmaschinist den Bau und die Betriebsweise des bis 1944 betriebenen Kehrpades in der Roten Grube bei Freiberg geschildert hat. Das Rad befindet sich 90 m unterhalb der Hängebank und wurde von oben mechanisch ferngesteuert.

»Nun wurde eine geringe Menge Aufschlagwasser auf das Kehrpad gegeben, der nördliche Schützenhebel wurde durch Seitwärtsdrücken aus der Zahnstange genommen und nach unten gedrückt. Dadurch wurde am Oberteil des Kehrpades der nördliche Schützen ein wenig geöffnet, es floß Wasser in die Schaufeln des Rades. Nach kurzer Zeit konnte der Bremshebel betätigt, das heißt aus seiner Zahnstange genommen und nach oben gedrückt werden. Das Rad wurde frei, folgte der Belastung des Aufschlagwassers und machte das Treibeseil straff. Nun konnte die Unterlegschiene unter der Tonne entfernt werden. Währendem wurde das Aufschlagwasser weggenommen, der nördliche Schützen also geschlossen und der Brems wieder eingelegt. Der Treibemeister hatte während dieser Handhabung das Straffwerden des Treibeseiles an der angeleuchteten Stelle genau verfolgt.

Nun konnte das eigentliche Treiben beginnen. Es wurde erst einmal umgetrieben, das heißt, die Tonne wurde ohne Belastung bis auf Rotschönberger Stolln gegangen und wieder aufgeholt. Für das Hängen wurde der südliche Schützen betätigt und nach kurzer Zeit die Bremse gelüftet. Zum Hängen benötigte man nur wenig Wasser, und wenn die Tonne ungefähr den Fürstenstolln erreicht hatte, konnte das Aufschlagwasser überhaupt weggenommen werden.

Das Bremsen erforderte eine gewisse Erfahrung, denn das schwere Rad konnte nicht so schnell zum Stillstand gebracht werden. Es wurde also schon bei 2. Gezeugestrecke, das ist 60 m über Rotschönberger Stolln, angefangen leicht zu bremsen, am Rotschönberger Stolln selbst aber die Tonne durch kräftiges Einschlagen des Bremshebels zum Stillstand gebracht. Wenn die Tonne nun wieder aufgeholt werden soll, muß der nördliche Schützen voll geöffnet werden, um die Schaufeln des Rades zu füllen. Dann wird der Bremshebel angehoben, um das Rad freizugeben. Dabei sieht der Treibemeister nach dem beleuchteten Treibeseil, um festzustellen, ob sich das Seil nach oben in Bewegung setzt.

Das Aufschlagwasser kann voll wirken, bis die Tonne ungefähr den Alten Tiefen Fürstenstolln erreicht hat, dann muß das Wasser etwas zurückgenommen werden.

275 H. H. Nietzel [L152–Seite 81].

276 F. Balck [L27–Abb. 42].

277 *»Um die Maschine in Ruhe zu versetzen, nachdem die volle Tonne über Tage angekommen ist, wird nicht allein durch Niederlassen der einen Schütze der Aufschlag abgeschnitten, sondern auch der Brems angezogen; welcher den die Scheidewand zwischen beiden Abtheilungen des Kehrpades bildenden Rad- oder Bremskranz umgibt. Die Einrichtung*

dieser Bremsvorrichtung weicht von der eines Pferdewagens nicht ab; der hierzu nöthige Bremsdrückel befindet sich neben dem Schützendrückel und neben Drückeln zum Auf- und Niederlassen der Stürzhaken.«

J. Weisbach [L211–Seite 541].

278 F. Balck [L27–(C) in Abb. 83].

279 F. Balck [L28–Abb. 36].

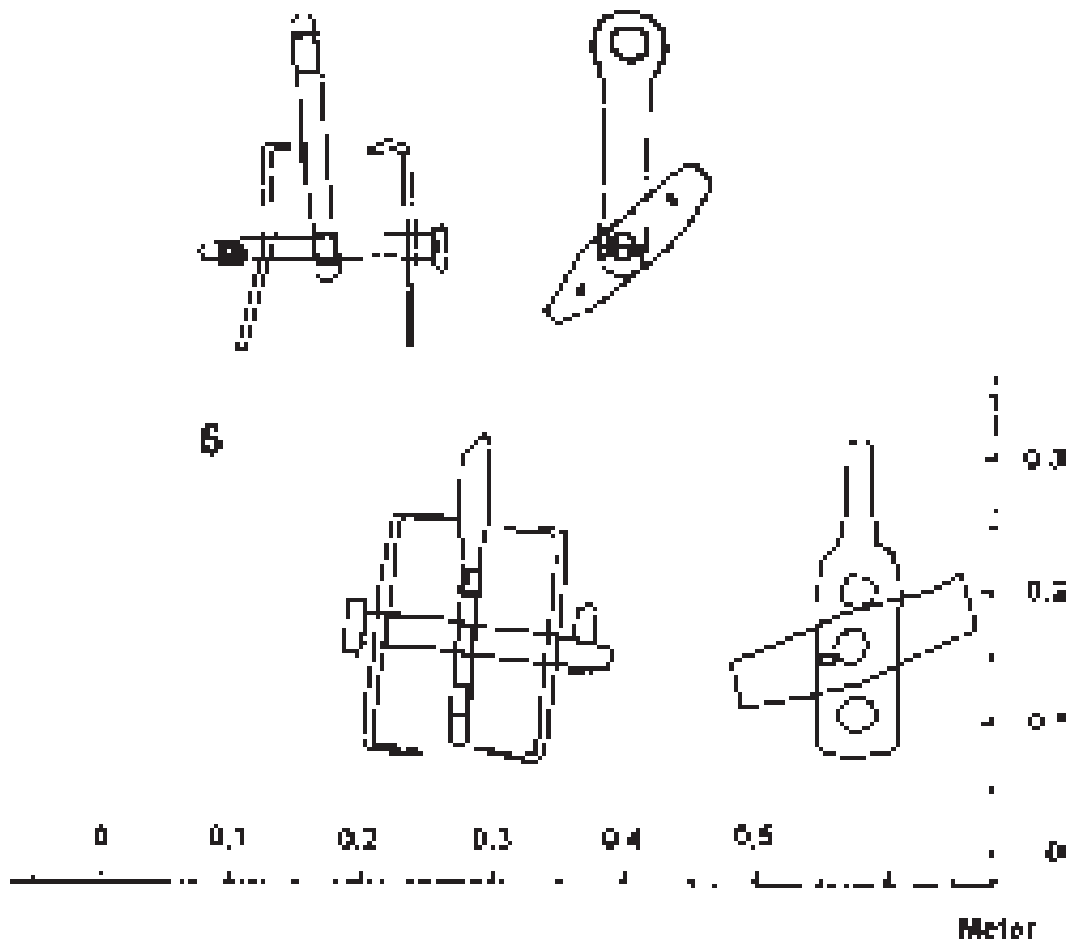


Abb. 135: Hebelmechanik für die Bremse, einstellbare Verbindung. Computergestützte Vermessung zweier Funde aus der Runden Radstube. Schützerbucht im Museum Zellerfeld.

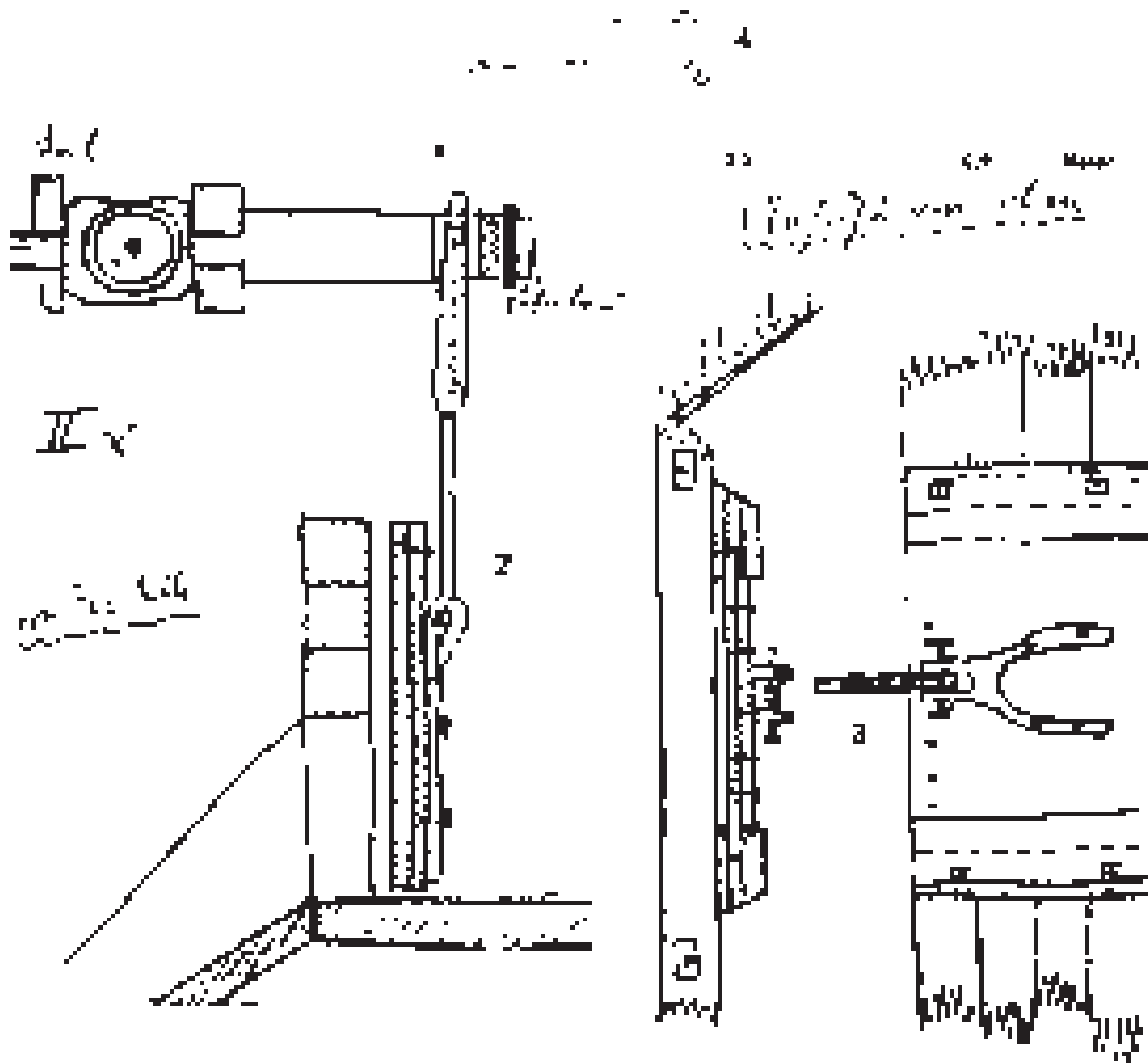
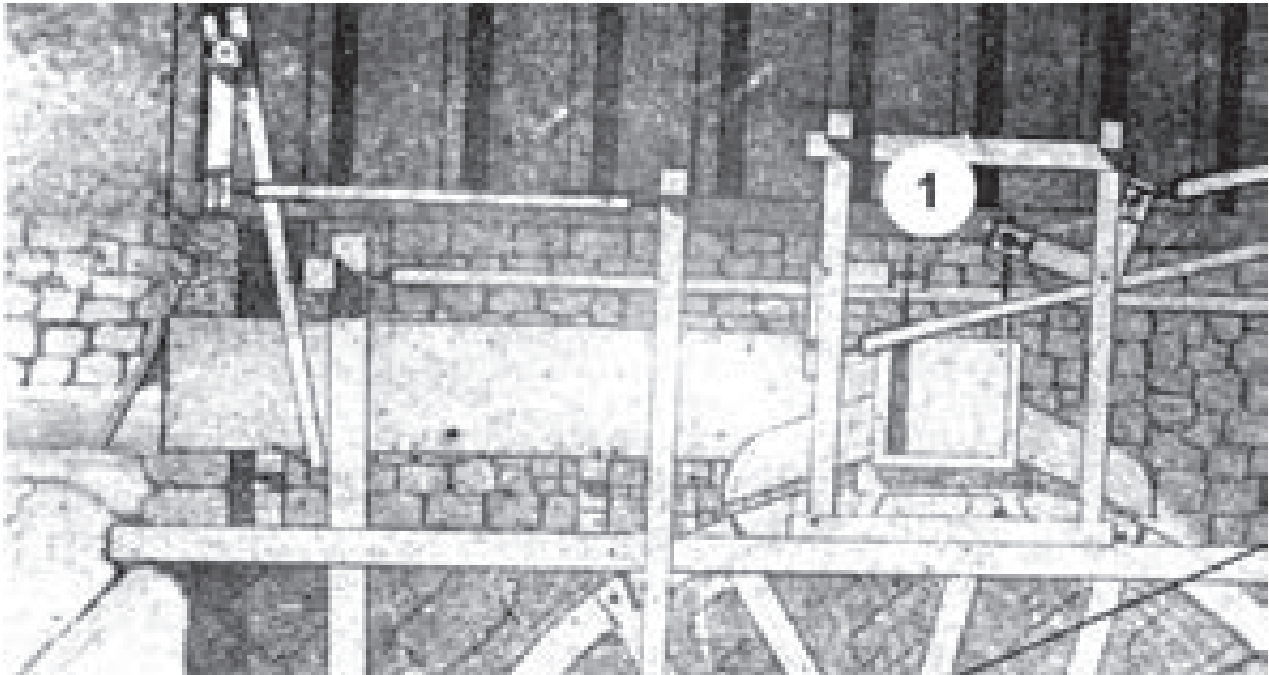


Abb. 136: Hebelmechanik für den Wasserzulauf mit Schütz. Computergestützte Vermessung eines Fundes aus der Runden Radstube Grube Dorothea (aus Abb. 1), Skizzen [Eisfelder [L82]].

Kurz vor Erreichen der Hängebank wird der Schützer geschlossen und der Bremshebel kräftig nach unten gedrückt, das Rad steht, die Tonne ist hängebankgleich. Für das Treiben war es wichtig, das Aufhol- oder Hänge-Wasser erst eine Weile laufen zu lassen, um die Schaufeln zu füllen, damit sich das Rad nach dem Lüften der Bremse sofort in Bewegung setzte.»²⁸⁰

4.3.3.2.4.2 Arbeitsplatz

Im Gaipel arbeiten²⁸¹ der Gaipelaufseher, die Stürzer und der Schützer. Der Schützer hat eine verantwortungsvolle Tätigkeit, die allerdings nur geringe körperliche Kraft benötigt.

Der Schützer

»Dies ist der Mann, welcher die Treibmaschine in der Art zu regieren hat, daß mittelst dieser das Heraufwindes des Gesteins beschafft wird. Wenn nun die Arbeit keine anstrengende ist, so erfordert sie doch die unausgesetzteste Aufmerksamkeit, weil durch die Nachlässigkeit dieser Leute Brüche im Treibseil entstehen, die große Verheerungen anrichten können. Sie haben mit dem Ausrichter gleiche Schichten, stehen aber in allem Uebrigen wie Bohrhäuer und Gedinghäuer und sind auch aus dieser Classe hervorgegangen. Diese Stellen werden besonders beschädigten Arbeitern gegeben, welchen das Einfahren in die Grube nicht mehr möglich ist.»²⁸²

Aus der Sicht des Bergarztes 1851:

»Zu Tage gelangt, wird die Treibtonne von dem im Gaipel beobachtenden Schützer signalisirt und dirigirt und von dem Stürzer ausgestürzt. Der erstere hat ein keine grosse Körperkraft erforderndes Geschäft, welches mit Recht schwächeren Bergleuten überlassen zu werden pflegt. Der letztere muss einen bedeutenderen Kraftaufwand machen.»²⁸³

Der Stürzer

»Sie leeren die heraufgewundene gefüllte Tonne und bringen mittels Hunden auf Schienenwegen oder Karren das Gestein auf die Halde. Sie haben die Schichten mit Ausrichter und Schützer gemein und stehen in der Classe der Ledigschichter.»²⁸⁴

Je nach Bauart des Schachtes, Tages- oder Blindschacht, ist die Schützerstube über- oder untertage einge-

richtet. Während sie übertage den wechselnden Temperaturen der Jahreszeiten ausgesetzt ist, gibt es am Schacht (z. B. Serenissimum, Kanekuhle) zwar gemäßigte Temperaturschwankungen, aber einen ständigen Wetterstrom.

Zwei Szenen aus dem Film von Herwig²⁸⁵ 1923 und die Bilder (1)–Abb. 133, (2)–Abb. 134, Abb. 98 (Grundriß oben), sowie Abb. 30 bzw. Abb. 31, Modell Abb. 4, und die im Original erhaltene Schützerstube im Oberharzer Bergwerksmuseums (OBM) zeigen die Tätigkeit und das Umfeld dieses Arbeitsplatzes:

- ▶ Die Arbeit erfolgt im Stehen, bei Arbeitspausen im Schacht besteht Möglichkeit zum Sitzen (Stuhl mit hoher Rückenlehne, vgl. OBM wie auch im Film).
- ▶ Bei der Förderung ist ständige Wachsamkeit und Bereitschaft nötig, um sofort auf die Klopfschläge zu reagieren.
- ▶ In der Regel gibt es kaum Sichtkontakt zur Maschine, sondern nur zum Schacht mit der Hängebank.

Beim Rad der Grube Dorothea (Modell im OBM Abb. 1 und 4) liegt die lange Seiltrift dazwischen, bei der Grube Morgenstern (Abb. 98) ist der Raum abgetrennt vom kalten, feuchten Rad. Nur bei der Grube Jungfrau mit der entfernt liegenden Korbstube (Abb. 31) und dem Rad am Ernst-August Schacht steht der Schützer in der Nähe des Rades und kann etwaige Unregelmäßigkeiten beim Lauf des Rades akustisch wahrnehmen. Bei der Schützerstube im OBM schaut der Schützer durch ein Fenster zum Schacht, allerdings nicht zur Hängebank, da sich die Stube in diesem Ausstellungsgebäude eine Ebene unter der Hängebank befindet.

- ▶ Die Arbeit erfordert kaum körperliche Bewegung, abgesehen von gelegentlichen Hebelbewegungen mit den Armen. Hierbei wird die größte Kraft für das Hinunterdrücken und Einrasten des Bremshebels benötigt, das vollständigen Lösen der Bremse ist nur im Stehen mit fast ausgestreckter Arm möglich ((1)–Abb. 133, (2)–Abb. 134, Film). Bei einer Fördergeschwindigkeit von 1,5 m/s dauert die Förderung für 450 m fünf Minuten.
- ▶ Der Arbeitsplatz erlaubt zusätzliche Beschäftigung. Der Film zeigt einen Schleifstein im Wasserkasten zum Schärfen von Messern oder anderen Eisen, so wie er auch im Pferdegäpel im OBM ausgestellt ist.
- ▶ Bei Unterbrechung der Förderung kann sich der Schützer mit den Stürzern oder dem Gaipelaufseher ((1)–Abb. 133) unterhalten.
- ▶ Die Schützerstube ist heizbar, wie an der Lage des Schornsteins zu erkennen ist (Jungfrau Abb. 30, Rheinischer Wein Abb. 26, Thurm Rosenhof²⁸⁶ und OBM²⁸⁷). Im Film sind zwei Stiefel zum Trocknen umgekehrt aufgestellt. Der hölzerne Stiefelknecht hängt an

²⁸⁰ O. Wagenbreth [L206].

²⁸¹ Vgl. F. Balck [27]: (4)–Abb. 73 (Aufseher) und (2)–Abb. 42 (Stürzer).

²⁸² F. W. Schell [L177–Seite 12].

²⁸³ C. H. Brockmann, [L60–Seite 38].

²⁸⁴ F. Schell [L177–Seite 12].

²⁸⁵ F. Balck [L27–Abb. 83, 84].

²⁸⁶ F. Balck [L27–Abb. 101].

²⁸⁷ Die Schützerstube ist mit einem Fenster zum Schacht hin abgetrennt, allerdings ist sie in dieser musealen Aufstellung nicht auf gleicher Höhe wie die Hängebank.

der Wand. Die Heizung war nicht nur für den Schützer, sondern auch für den Gaipelaufseher nötig, der wie in (2)–Abb. 133 die geförderten Mengen protokolliert.

- ▶ Während die Bergleute bei der Arbeit eng anliegende Jacken mit Arschleder tragen, ist die Jacke des Schützers in den Darstellungen von A. Polle (2)–Abb. 134 und (1)–Abb. 133 weit. Auch in der Szene im Film trägt er kein Leder. Ob allerdings alle Schützer während der Arbeit Pfeife geraucht haben wie in Abb. 134, ist fraglich. Zur Kleidung gehören in den Darstellungen von Polle auch Gamaschen, so wie sie bei Riepe und bei Dörell²⁸⁸ zu finden sind.

4.3.3.2.4.3 Beleuchtung

Der Brennstoff für die Beleuchtung am Arbeitsplatz war zugeteilt.²⁸⁹ Für die Arbeit an der Hängebank einschließlich Schützerstube galt:²⁹⁰

»Behuf Speisung eines Reflektors der Stürzer und eines Lichtes bei der Weismaschine kommen in den 6 Wintermonaten pro Nacht 5 Loth 5 Quäntchen und in den 6 Sommermonaten pro Nacht 3 Loth zum Absatz, wobei die Abende und Morgen mit begriffen sind, laut Verfügung vom 22. November 1855, No 11985.«²⁹¹

Im Vergleich dazu gilt für die Hauer unter Tage:

»Zu einer achtstündigen Arbeitsschicht erhalten 2 Arbeiter 14 Loth Oel, wovon etwa 2 Loth vor Ort verbrennen.«²⁹²

Die in Loth angegebene Menge entspricht der Anzahl von heute gebräuchlichen Teelichtern.²⁹³ Die Teelichter brennen in ruhiger Luft bei einer Flammhöhe von 40 mm rund drei Stunden. Eine lange Winternacht hat 16 Stunden, somit lassen sich mit 5 Loth und 5 Quäntchen (6¼ Loth (3 Stunden/Loth = 19¾ Stunden) gut eine mit Teelichtern bestückte Lampe oder bei sparsamerer Flamme auch zwei Lampen betreiben. In den kürzeren Winternächten mit 12 Stunden war es etwas günstiger.

Die Lampen brannten mit Rüböl oder Unschlitt.²⁹⁴ Zum Ende der Bergbauperiode haben Carbid-Lampen mit ihrem sehr viel hellerem Licht die Beleuchtung entscheidend verbessert.

288 Balck [L27–Abb. 42 rechter Rand], Albert [L74–Bild VII].

289 F. Schell [L177–Seite 13], schreibt 1850, daß Kunstknechte, Holzarbeiter, Hauer, Maurer und Schiffer das Geleucht in der Grube unentgeltlich erhalten, alle übrigen aber dafür selbst zu sorgen hätten. Vgl. Fußnote 79.

290 Vgl. das Bild vom Rosenhof: Es gibt hier zwei Lampen mit Reflektor. Balck [27–(11) und (12) in Abb. 73].

291 O. Dörell [L76].

292 C. H. Brockmann [L60–Seite 27].

293 Sie wiegen rund ein Loth (14 g), haben 38 mm Durchmesser und 16 mm Höhe.

294 *»Talg,(Unschlitt, Insekt), das Fett der Rinder, Schafe, Zie-*

gen, Hirsche, enthält durchschnittlich 75 v. H. Stearin und Palmitin und 25 v. H. Olein. [...] Durch teilweises Erstarrenlassen der Schmelze (premier jus) bei 35° und Abpressen der Masse gewinnt man Preßtalg als Rückstand, der vorzugsweise zur Kerzen- und Oleomagarin, das zur Margarineherstellung dient. Preßt man bei niedriger Temperatur, so erhält man als flüssigen Anteil Talgöl (Schmiermittel).«

4.3.3.2.4.4 Tiefenanzeiger, Weiszeug

Zunächst sollen zwei Zitate vom Beginn und vom Ende des 19. Jahrhunderts den Tiefenanzeiger kurz vorstellen:

»Sämtliche Wassergöpel sind mit Anzeigern versehen. In der Göpelstube ist an der Wand ein Kasten angebracht, dessen Außenseite ein nach der Schachtteufe nummerirtes Ziffernblatt enthält. Der darauf umgehende Zeiger stehet mittelst eines kleinen Krummzapfens und Kreuzes und leichten Gestänges mit dem an der Korbwelle angebrachten Krummzapfen in Verbindung und zeigt zu allen Zeiten die Teufe an, wo die Tonne sich aufhält.«²⁹⁵

»Ausserdem giebt dem Schützer ein Zeigerwerk (kleines Räderwerk, welches mit der Seilkorbwelle in Verbindung steht), auf einem Zifferblatte stets genau an, an welcher Stelle des Schachtes die Tonnen sich befinden. Ein derartiges Zeigerwerk, welches 1773 von Stelzner erfunden und bei der Treiberei der Grube Caroline bei Clausthal zuerst eingerichtet wurde, fehlt bei keiner rationellen Fördereinrichtung der Neuzeit.«²⁹⁷

Um die Position der Tonne im Schacht anzuzeigen, hatte Stelzner ein mechanisches Räderwerk mit Getriebe konstruiert, das die Anzahl der Umdrehungen der Seilkorbwelle über ein Zeigerwerk ablesen ließ. Wegen der großen Entfernung zwischen Seilkorb und Weiszeug mußte die Information des Drehwinkels über viele Meter übertragen werden. Die einfachste Lösung, nämlich die Verbindung über eine lange Welle, scheiterte aus Platzgründen. Kleine Ketten etwa wie die beim Fahrrad oder Zahnriemen gab es damals noch nicht (modernere Maschinen, wie die am Medingschacht im Bergbaumuseum Museum Bochum oder am Ottiliae-Schacht, verbinden den Tiefenanzeiger auf diese Weise mit dem Seilkorb). Das Auf- und Abwickeln bzw. Umlaufen eines Hilfsseiles zwischen Seilkorb und

gen, Hirsche, enthält durchschnittlich 75 v. H. Stearin und Palmitin und 25 v. H. Olein. [...] Durch teilweises Erstarrenlassen der Schmelze (premier jus) bei 35° und Abpressen der Masse gewinnt man Preßtalg als Rückstand, der vorzugsweise zur Kerzen- und Oleomagarin, das zur Margarineherstellung dient. Preßt man bei niedriger Temperatur, so erhält man als flüssigen Anteil Talgöl (Schmiermittel).«

Meyers Lexikon [L138].

295 Bruno Baumgärtel [L44–Seite 29].

296 Oberbergmeister Schulz [L186–Seite 137] (1822).

297 O. Hoppe [L112–Seite 202] (1883).

Weiszeug hatte nur schlecht reproduzierbare Informationen gebracht, wie Moschner von der Roten Grube berichtet:

»Am Teufenanzeiger wurde das Tonnel (die die Teufe anzeigende kleine Fördertonne) auf die Marke ›Hängebank‹ eingestellt, denn die Antriebsübertragung des Teufenzeigers, welche von einem Wirtel auf der Achse der Seilscheiben kam, war eine Hanfschnur und veränderte deshalb nach der Feuchtigkeit der Luft ihre Länge.«²⁹⁸

Dagegen bot das von Stelzner verwendete doppelte Stangensystem die Lösung. Es gleicht in der Funktion einem Kunstgestänge. Auf der Seilkorbwelle bzw. am Weiszeug wurden zwei um 90° versetzte Kurbeln angebracht und mit einem Doppelgestänge verbunden.²⁹⁹ Mußte das Gestänge seitlich versetzt oder um die Ecke geführt werden, so ließen sich fertige Lösungen wie beispielsweise Kunstkreuze und Bruchschwingen beim Kunstgestänge übernehmen. Bei dieser Anordnung gab es keinen Totpunkt, das Weiszeug konnte in jeder Position angehalten und wieder gestartet werden. Das Uhrwerk zeigte immer die exakte Anzahl der Umdrehungen des Seilkorbes an. Allerdings gab es bei mehrlagigen Wicklungen auf dem Korb nur dann eine exakte Anzeige für die genaue Position der Tonne, wenn sich das Seil immer in der gleichen Weise auf den Korb wickelte.³⁰⁰ Dies konnte bei wechselnden Wickeldurchmessern oder sporadisch „klettern dem“ Seil nicht immer der Fall sein.

Da bei einer Fördereinrichtung mit zwei Seilkörben die eine Tonne immer die entgegengesetzte Position der anderen besaß, konnte die Anzeige nur für eine der beiden Tonnen, z. B. die westliche gelten. Für die zweite Tonne ließ sich die Position zwar aus der Stellung der ersten grob ableiten, sie war aber bei wechselnden Wickeldurchmessern auch hier nur durch Probieren herauszufinden.

Zwei Weiszeuge, an denen sich die Technik studieren

läßt, sind im OBM erhalten. Das eine steht in der Schützerbucht und das andere im Pferdegaipel. Ein drittes ist von Schottelius für die Grube Jungfrau ausführlich dokumentiert.

Die ersten beiden Geräte ähneln einer Uhr mit zwei Zeigern und zwei Zifferblättern. Um jeden Zeiger herum sind auf einem Kreis gleichmäßig Bohrlöcher gesetzt, in die Holzstifte zur Markierung gesteckt werden können.

1. Bei dem Weiszeug in der Schützerbucht im OBM hat der Kreis des direkt mit dem Gestänge gekoppelten kleinen Zeigers 33 Stiftlöcher, der des großen 63 Stiftlöcher. Die Übersetzung ist über mehrere Zahnradpaare so eingerichtet, daß 64 Umdrehungen des kleinen einer Umdrehung des großen entsprechen. Bei einem Seilkorb von angenommen 33 Fuß Umfang (rund 3 m Durchmesser), wie beispielsweise am Thurm Rosenhof, entspricht am kleinen Kreis der Stiftabstand einem Fuß, am großen rund 10 Lachtern.

Für die Aufbewahrung der Markierungsstifte ist neben dem Weiszeug im OBM ein Steckbrett zu erkennen.

2. Das Weiszeug im Pferdegaipel in Zellerfelder Museum hat auf dem kleinen Kreis 27 Stiftlöcher und auf dem großen Kreis 122. Die Übersetzung mit zwei Zahnradpaaren beträgt: 1:120.³⁰¹ Am Außenrand sind teilweise noch die Zahlen 5, 10, 15, ... zu lesen. In einigen Löchern stecken hölzerne Nägel mit Zahlen auf der Kappe, z. B. 20. Der Schacht Hilfe Gottes in Grund, wo dieser Gaipel von 1831 bis 1838 in Betrieb war³⁰², hatte zunächst eine Teufe von 68 m, später mehr als 125 m. Bei einem Seilkorbumfang von 4,34 m ergibt sich folgende Abstufung für den kleinen und großen Lochkreis:

Lochabstand kleiner Kreis: 0,16 m (1/12 Lachter)

Lochabstand großer Kreis: 4,43 m (2¼ Lachter)

Dies läßt in der jetzigen Anordnung im OBM einige Fragen offen.³⁰³

von mehreren Stellen zusammengetragen wurden. Da dieser Gaipel lange nach seiner Außerbetriebnahme noch als Lager genutzt und erst später in das Museum gebracht wurde, ist es möglich, daß Weiszeug und Trommel nicht zusammengehören.

Bei 120 Löchern würde das Weiszeug bis zu einer Teufe von (120 × 4,34 m) 600 m reichen. Diese Tiefe konnte aber mit der vorhandenen Mechanik aus folgenden Gründen keinesfalls erreicht werden: Das umlaufende Förderseil aus Hanf ist mehrfach um die vertikal stehende, rauhe Holztrommel geschlungen, vgl. H. Radday [L159–Abb. 115, 63]. Beim rechteckigen Querschnitt des Seiles von rund 40 mm Kantenlänge und einer Trommelbreite von 0,9 m passen höchstens 22 Lagen nebeneinander, so daß selbst bei einfacher Umschlingung das Seil nach spätestens 22 × 4,34 = 95 m gegen den Rand der Trommel klettert. Bis zu der von F. Schell [L176] genannten Tiefe von 68 m (1. Strecke, vgl. Seiger-Riß von A. Kutscher 1840 OBA Rißarchiv 998) hat man fördern können, sehr viel tiefer aber nicht (2. Strecke: 84 m, 3. Strecke 104 m, 4. Strecke 119 m, Schachtsumpf

298 O. Wagenbreth [L206–Seite 52].

299 Vgl. Ausführung der Doppelkurbel am Seilkorb Foto Silbersegen, Balck [27–Abb. 88]. Am westlichen Wellenende der Runden Radstube existiert noch die Doppelkurbel.

300 Oberbergmeister Schulz [L186–Seite 135], schreibt von einer Anordnung von 6 × 50 Windungen auf einem Korb »Funzig Umschläge übereinander, und wenigstens 6 neben einander, erfordern 300 Umdrehungen der Korbwelle und des Kehrades auf etwa 250 Lachter Teufe. Bei sächsischen Treibwerken nur 100 Umdrehungen auf 300 Lachter Teufe«.

301 Die Übersetzung entspricht bei beiden Weiszeugen der Anzahl der Teilungen am großen Kreis (ein kleiner Zählfehler ist möglich). Pro Umdrehung des kleinen Zeigers läuft der große Zeiger von einer Markierung zur nächsten. (Die Bohrungen am großen Kreis sind somit leicht zu fertigen.)

302 F. Schell [L176–Seite 104f.], Radday [L159–Seite 208] und C. Bartels [L36–Seiten 51f.].

303 Bei Freilichtmuseen ist es möglich, daß die ausgestellten Stücke nicht unbedingt von einer Anlage stammen, sondern

3. Bei dem Weiszeug der Grube Jungfrau wird in der Darstellung von Schottelius die Stellung der Seilkörbe über Eisenstangen direkt von den Kopfschwingen abgenommen. Da das Seil aber in bis zu sieben Lagen aufgewickelt ist, ändert sich der Wickeldurchmesser auf der Trommel bei dem dicken Hanfseile von rund 40" bis 70". Die gleichmäßige Kreisteilung von 360° kann auf dem Instrument nur annähernd eine Tiefenskala sein. Nach Schottelius hat dieses Weiszeug, wie auch im Zitat von Schulz, nur einen Zeiger gehabt. Er wird über ein Getriebe mit vier Zahnradpaaren mit der Übersetzung 1:100 angetrieben. Bei einem mittleren Wickeldurchmesser von 55" (4,2 m Umfang) entspräche ein voller Zeigerumlauf somit 420 m und folglich jede Differenz zwischen zwei der bezifferten 36 Striche einem Abstand von 11,6 m, das heißt rund 6 Lachtern.

4.3.3. 2.4.5 Signalvorrichtung, Klopffzeug

Zur Übermittlung von Aufträgen an den Schützer bediente man sich eines langen im Schacht hängenden Seiles oder Gestänges und brachte es so an, daß es an jedem abgehenden Stollen zugänglich war.³⁰⁴

»Noch eine andere höchst einfache Signalvorrichtung ist das sog. Klopffzeug, ein in der Schützerbucht angebrachter Hammer oder Stempel, welcher mit einem im Schachte hinabhängenden, sowie auch einem nach der Wasserradstube hin ausgespannten Drahtseile mittelst Hebeln und Stangen so in Verbindung stehet, dass man von jeder Stelle des Schachtes und von der Radstube aus sich dem Schützer durch Klopfen bemerklich machen kann.«³⁰⁵

Die Bedeutung der Signale war für Kehr- und Kunstrad unterschiedlich. Eine Tafel im Gaipel des OBM an der Hängebank listet die Anweisungen für die Fördermaschine auf:³⁰⁶

| | |
|-----------------------------------|---------|
| Treibwerks-Zeichen | Schläge |
| Zum Stillstand | 1 |
| " Einhängen der hohen Tonne | 2 |
| " Aufholen der hohen Tonne | 3 |
| " Schluß der Hängeschicht | 2 und 1 |
| " Ruf des Ausrichters | 2 und 5 |
| Bei Beschädigungen | 2 und 6 |
| " Todesfällen | 2 und 7 |

1840: 144 m). Im Rammelsberg hat man bis 174 m gefördert (P. Eichhorn [L81–Seite 167]).

Denkbar wäre, daß das Weiszeug von einem anderen Schacht mit größerer Seiltrommel und größerer Tiefe stammt, beispielsweise Thurm Rosenhof.

Zwischen Trommel und Weiszeug besteht keine starre Verbindung, es ist ein Riemenantrieb mit zwei Holzscheiben vorgesehen. Falls dies auch im Originalzustand so war, dürfte erheblicher Schlupf die Genauigkeit vermindert haben.

304 Auch in heutigen Bergwerken gibt es noch diese zentrale Signalleitung, die allerdings durch eine Sprechanlage er-

Während für den Anschläger unten im Schacht sich die beiden Tonnen in ihrer Funktion kaum unterschieden, mußte der Schützer an der Hängebank sehr wohl darauf achten, welche Drehrichtung des Rades gerade zu der »hohen« Tonne gehörte. Die Klopffzeichen signalisierten ihm nicht den Unterschied, sie bezogen sich immer auf die hohe Tonne und nicht etwa auf die östliche oder westliche.³⁰⁷

Eine andere Tafel daneben nennt die Signale für die Fahrkunst:

| | | |
|-----------------------------------|------------------------|-------------------------|
| <i>Signale für die Fahrkünste</i> | | |
| <i>zum Abschützen</i> | <i>Zum Wasser nehm</i> | <i>Zum Wasser geben</i> |
| <i>Schläge 4 und 1</i> | <i>4 und 2</i> | <i>4 und 3</i> |

4.3.3. 2.4.6 Wartung, Schmierung

Um einen Betrieb der Räder und ihrer Einrichtungen mit geringem Verschleiß und nur wenig Reibung gewährleisten zu können, waren die Lager regelmäßig mit »Zapfenschmiere« zu versehen. Auch für die ledernen Dichtungen und Ventile an den Pumpenkolben benötigte man entsprechendes Fett, »Kunstschmiere oder Kunstfett«, um sie abzudichten und geschmeidig zu halten. Für die Durchführung dieser Arbeiten waren die Kunstknechte oder Maschinenwärter verantwortlich.

»Kunstknechte, Arbeiter bei den Maschinen zur Gewaltigung der Grundwasser. Sie haben, da diese Maschinen einer ununterbrochenen Wartung bedürfen, 7 Schichten à 12 Stunden. Der Schichtenlohn dieser Arbeiter beträgt 6 Gr. Dafür liegt ihnen die Wartung der Maschinen ab, das Schmieren derselben, Instandhaltung der Pumpensätze etc. Ausbesserungen an den Künsten werden in Nebenschichten vorgenommen. Für solche Nebenschichten werden 3 Gr. 8 Pfg. gezahlt.«³⁰⁸

Über das verwendete Fett ist zu lesen:

»§ 450 [...] Es wird daher Unschlit, dem auch ein wenig Wachs mit Vortheil zugesetzt werden kan, bey gelinder Hize zerlassen; in selbiges etwas Oehl, oder an dessen

gänzt wird. Früher benutzte man Sprachrohre (F. Balck [L27–(1)–Abb. 89]), heute Telefone.

305 O. Hoppe [L112–Seite 202].

306 In manchen Darstellungen steht statt »und« das Wort »mal«, vgl. O. Hoppe [L112–Seite 202], und das Schild in der Schützerbuch im OBM.

307 Bei den Schächten Ottiliae und Kaiser Wilhelm galten die Signale laut Auskunft des Fördermaschinisten Franz Steinwendel, *1925, für den östlichen Korb. Eine Tafel im Maschinenraum am Ottiliae-Schacht ist mit einem entsprechenden Hinweis beschriftet. Nach der *Verordnung für Schacht- und Schrägförderung*, Piepersche Druckerei 1997, Clausthal Zellerfeld, beziehen sich heute die Signale auf das tiefer stehende Fördermittel (§ 41), Ausnahme Rammelsberg.

308 F. Schell [L177–Seite 7].

Stelle mehr Fischtran, gegossen und wohl umgerührt; und auf dies Art wird eine Kunstschmiere zubereitet [...].

§ 451 Diese Kunstschmiere ist von der eigentlichen Zapfenschmiere unterschieden, als mit welcher die Zapfen und Zapfenlager, so wohl bey Pochwerken als Kunstzeu- gen, eingeschieret werden, und welche aus Baumharz oder Theerpech, mit Oehl angesotten, und zuge- mengten Unschlit, oder lediglich aus trüben Leinöhl-Satze besteht.«³⁰⁹

»Zur leichtern Gängigkeit der Künste wurden sie mit ei- nem aus Harz und Öl angefertigtem Kunstfett geschmiert. Das Harz gewann man von Bäumen, wodurch diese sehr geschädigt wurden. Besserung gab es erst 1748, als Andre- as Herzner ein anderes Kunstfett ohne Harzzusatz erfand. Dieses Fett wurde aus Unschlitt und Öl hergestellt.«³¹⁰

Drei der schon zitierten Abbildungen zeigen einen Kunstknecht mit Ledereimer. Dies sind Abb. 1, (in der Seiltrift), Abb. 2 (zwischen Kehrrad und Schützer), und das Bild von W. Ripe an der Hangebank am Alten Segen³¹¹ (rechts auf der Leiter). Ähnliche Ledereimer stehen im OBM im Raum vor der Schützerstube. Die noch heute dort aufbewahrte dunkle Schmiere riecht charakteristisch, sie erinnert etwas an Baumharz oder an ein spezielles Ski- wachs (Klister). Ähnliche Schmiere sowie die zugehörigen hölzernen Messer oder Spatel zum Auftragen fanden sich auch im Kanekuhler Schleiftrog unter der Bremse. Die Werkzeuge hatten sich durch das Fett dunkel gefärbt.

4.3.3.2.5 Berechnung der Wasserräder

4.3.3. 2.5.1 Funktionsweise von Wasserkraftmaschinen, Optimierung der Wasserräder, Konstruktion, Nutzeffekt

Um Energie zum Antrieb von Maschinen aus dem Gefälle fließenden Wassers entnehmen zu können, bedarf es technischer Einrichtungen wie zum Beispiel der Wasserräder. Zwischen einfachen Konstruktionen, die zwar mit geringem Wirkungsgrad aber nahezu wartungsfrei über einen langen Zeitraum laufen können, und komplizierten Ein- richtungen, die höchst effizient die Energie ausnutzen aber wartungsintensiv sind, gibt es viele Variationsmöglichkei- ten für die Realisierung einer solchen Anlage.

Zwei Möglichkeiten als Beispiel zum Heben einer Last sollen nun die Extremfälle erläutern.

Aufzug mit Ballastwasser

Eine Last in einem Behälter wird über ein Seil mit Umlen- rolle durch das Gegengewicht eines zweiten, mit Wasser gefüllten Behälters nach oben gezogen. Nach Entfernen der Last und Entleerung des anderen Behälters kann die Beladung des unteren mit einer neuen Last und die Füllung des oberen mit Wasser wiederholt werden. Diese Kon- struktion nutzt die potentielle Energie des Wassers optimal aus, sofern der Behälter sehr flach ist, für das Füllen und Entleeren viel Zeit vorhanden ist und kein Wasser beim Füllen und Transport verloren geht.

Turbine mit Generator und Elektromotor

Das Wasser fließt durch eine Rohrleitung nach unten. Hierbei wandelt sich seine potentielle Energie in kinetische um, überträgt sich auf die Schaufeln einer Turbine und erzeugt beispielsweise in einem Generator Strom zum An- trieb einer Fördermaschine. Die untenstehende **Tab. 5** zeigt die große Bandbreite von alternativen Konstruktion- en zwischen diesen Grenzfällen.

Im Bergbau liefen über viele Jahrhunderte oberflächliche Wasserräder, die man im Laufe der Zeit durch Wasser- säulenmaschinen (Winterschmidt 1765³¹², Jordan³¹³) ab- gelöste, sofern man sie als Antrieb für eine Kette hinterein- andergeschalteter Pumpen nutzen konnte.³¹⁴

Bei einem oberflächlichen Rad sind nur höchstens 75 % der Gefällehöhe zu nutzen, da das Wasser während des Weges nach unten schon vor Erreichen des tiefsten Punktes vollständige aus den Schaufeln herausgeflossen ist (**Abb. 137**). Bei starren Schaufeln helfen auch keine Ände- rungen der Schaufelform, um diesen Verlust zu verringern.

Damit beim Einfließen in die Schaufeln möglichst nichts vom Gefälle verloren geht, sind bei der Füllung der Wassertaschen einige Parameter zu optimieren. Inwie- weit das zuströmende Wasser das Rad lediglich über sei- ne potentielle Energie (das einfließende Wasser hat glei- che Geschwindigkeit wie das Rad am Umfang) oder auch zusätzlich durch kinetische antreibt (das Wasser fließt schneller, bringt einen Impuls mit), entscheidet der Kon- strukteur.

Eine gelungene Konstruktion läßt sich durch Beobach- tung nachprüfen. Verschwindet das Wasser ohne Verluste

Tab. 5: Konstruktionsalternativen.

| | | |
|---------------------------------------|-------------------------|----------------|
| unterschlächtiges Wasserrad | geringer Wirkungsgrad | einfach |
| oberflächliches Wasserrad | geringer Wirkungsgrad | einfach |
| Eimerkette (Calvör Tab. XI Fig. III) | hoher Wirkungsgrad | aufwendig |
| Wassersäulenmaschine (Hydraulikmotor) | sehr hoher Wirkungsgrad | sehr aufwendig |
| Schwamkrug-Turbine (Langsamläufer) | mittlerer Wirkungsgrad | aufwendig |
| Turbine (Schnellläufer), optimiert | hoher Wirkungsgrad | aufwendig |

309 J. G. Kern [L117–Seite 209].

310 Katalog zu Calvör [L65–Seite 59].

311 F. Balck [L27–Abb. 42].

312 Katalog zu Calvör [L65–Seite 79].

313 Jordan [L114], Grube Silbersegen um 1837.

314 O. Wagenbreth [L207–Zeichnung Seite 57].

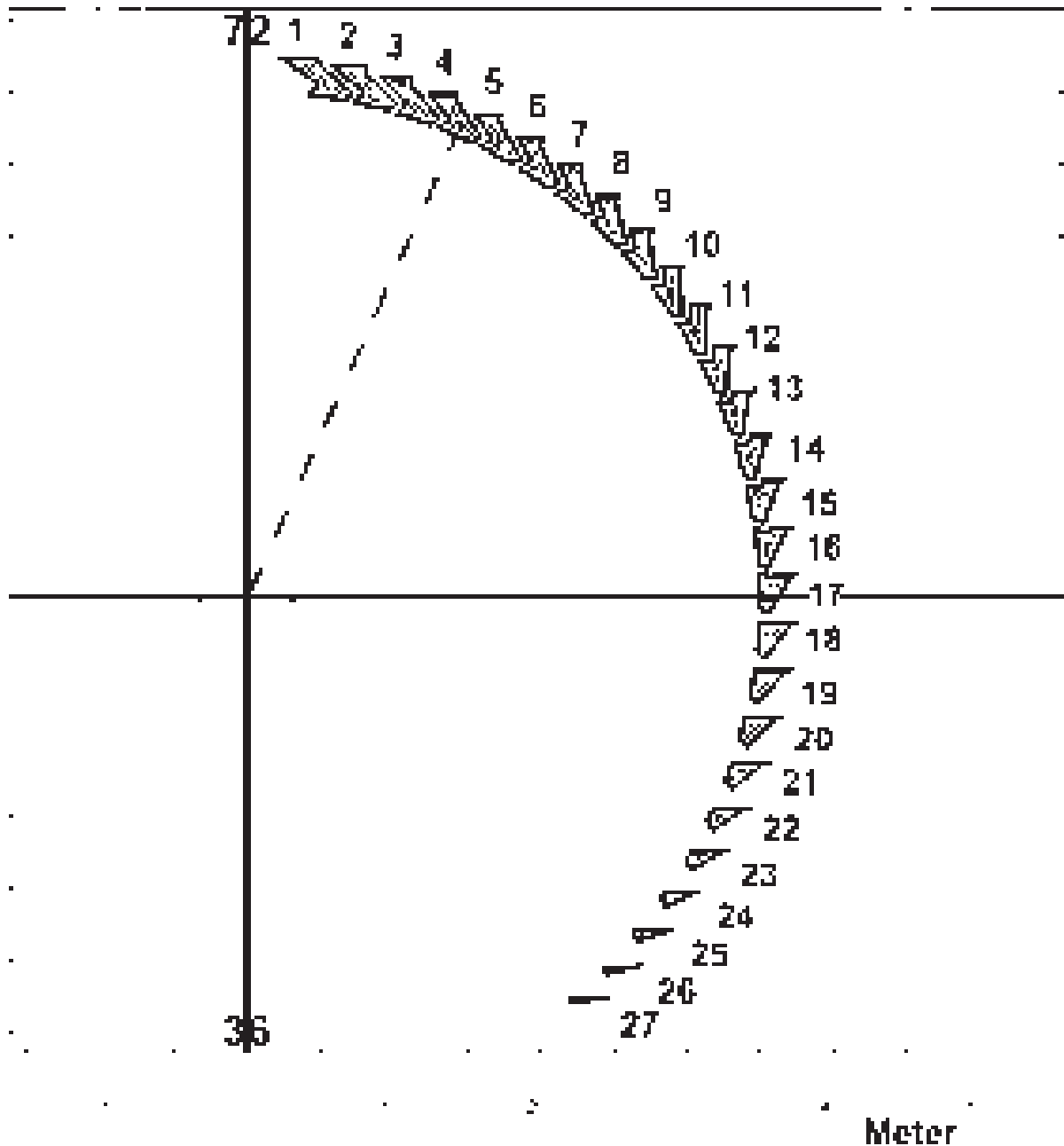


Abb. 137: Wasserinhalt der Schaufeln in Abhängigkeit vom Drehwinkel. Geometrie wie bei der Kanekuhle.

in den Wassertaschen oder schäumt und spritzt es beim Auftreffen auf die Schaufeln? Bei Wasserverlusten ist die geometrische Form der Wassertaschen, der Winkel des Schußgerinnes, seine Breite und seine Höhe über dem Rad zu verändern. Schon das Anfassen der Vorderkante des Schaufelbrettes hilft hierbei. Ein Beispiel für eine gute Wasseraufnahme zeigt die Vogelmühle in Ilsenburg, die mit ihren eisernen Schaufeln das Wasser ohne Spritzer aufnimmt (schluckt).

Der Bergbaufilm von Herwig [L106] 1923 hat das Anfahren eines Kehrades dokumentiert und macht deutlich, wie stark das Wasser zunächst beim noch stehenden Rad überschießt und dabei die weit entfernten Schaufeln mit dem günstigsten Hebelarm (Drehmoment) füllt, bis sich nach einiger Zeit das Rad unter Last langsam in Bewegung

setzt. Danach fließt es ohne zu spritzen in die vorbeiziehenden Schaufeln (Abb. 138).

Hölzerne Wasserräder gibt es seit mehreren Jahrhunderten. In dieser langen Zeit hat sich durch Probieren eine stabile Konstruktion entwickelt, an der eigentlich kaum noch etwas zu optimieren ist. Wenn eine Anlage aus dem individuellen Werkstoff Holz auch noch nach mehr als zehn Jahren in feuchter Umgebung ohne Holzschutzmittel³¹⁵ funktionieren soll, dann muß die Konstruktion sehr solide sein. Es wird wenig Sinn haben, über Materialeinsparungen, wie Reduzierung des Gewichtes nachzuden-

315 Das Holzschutzmittel Zinksulfat wurde in der Kanekuhler Kehrrostube gefunden, auch in der Kunstradstube am Knesebeck-Schacht gab es sulfathaltiger Schlamm.

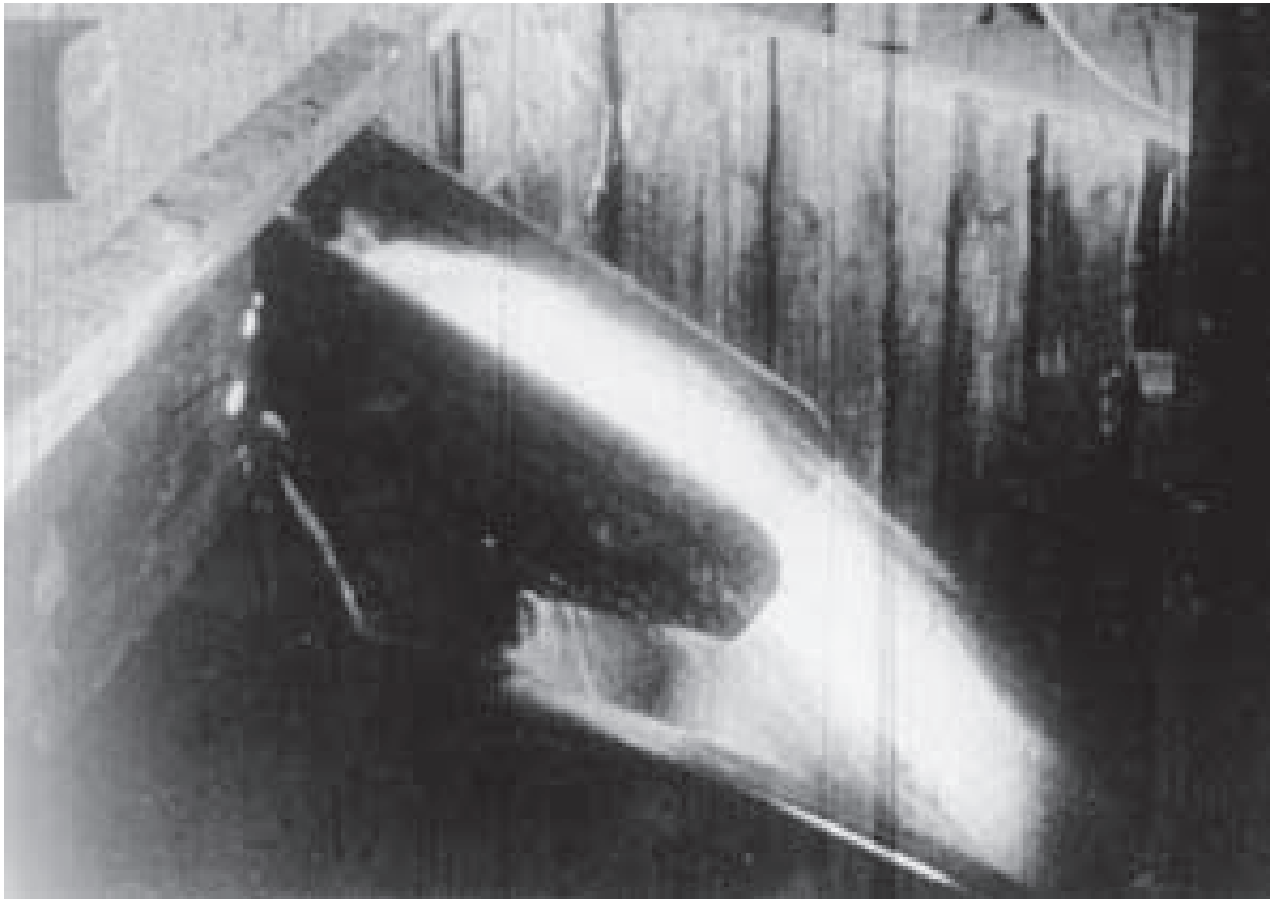


Abb. 138: Gute Wasseraufnahme bei voller Drehzahl. Das Wasser fließt aus dem Schußgerinne ohne zu spritzen in die Schaufeln, die durch die Bewegung des Rades hier unscharf erscheinen (Film Herwig 1920).

ken, sofern gewachsenes Holz als Werkstoff verwendet und die Räder individuell für jeden Schacht gebaut werden.

Die Vorfahren probierten die Kraft (Drehmoment) ihrer Räder aus. Calvör³¹⁶ beschreibt 1763 hierzu einen Versuchsaufbau mit einem Wasserrad, bei dem man für Wasser den Zusammenhang zwischen zwei Volumenmaßen Cubikzoll und Quartier sowie dem Gewicht in Pfund Cöllnisch experimentell ermittelt hat.³¹⁷ Die aus den Gewichten errechneten Drehmomente sind in Abb. 139 und Abb. 140 zusammen mit heutigen mathematischen Berechnungen dargestellt. Etwa zur gleichen Zeit, 1758, errechnete ein »Mechanicus« aus Clausthal [L8] die Drehmomente entsprechend. Auch aus Freiberg gibt es eine Zeichnung ohne Datum mit rechnerisch ermittelten Drehmomenten.³¹⁸

Sofern die Wassertaschen aus drei Brettern (Schaufel, Riegel und Boden) bestehen, läßt sich bei vorgegebenem Abstand zur nächsten Tasche allenfalls der Winkel zwischen den Brettern verändern (Abb. 106).

Seit Einführung anderer Materialien für die Wassertaschen und Verbesserung der mathematischen Möglich-

keiten im 19. Jahrhundert gibt es mehrere Versuche, die Räder zu optimieren und die Vorgänge beim Betrieb mathematisch zu beschreiben.³¹⁹

Die Berechnung des einströmenden Wassers und die Ausfüllung der Wassertaschen bei der Abwärtsbewegung unter Einfluß der Fliehkraft ist sehr komplex. Um eine optimale Schaufelform bauen zu können, ist der Wechsel vom Werkstoff Holz zu einem formbaren nötig, beispielsweise Eisenblech oder Eisenguß [L3]. Darüber hinaus steigt das nutzbare Kammervolumen bei dünnen Blechen um einige Prozent an. Während im Erzgebirge im Freiburger Revier eiserne Schaufeln, auch aus Gründen der Haltbarkeit (kein Verschleiß durch Feststoffe im Wasser), verwendet wurden und heute noch zu sehen sind (Thurmhof-Schacht, Abraham-Schacht)³²⁰, sind im Harzer Bergbau nur Räder mit hölzernen Schaufeln bekannt. Ein aus der Runden Radstube geborgenes Schaufelbrett zeigte in der Mitte deutliche Verschleißspuren, Auswaschungen von etwa 2 mm Tiefe, während das in den Nuten im Kranz verbliebene Holz geschützt war. Verschleiß am Rand, an der Anfasung zeigt die untere Hälfte des Kunstrades aus

316 H. Calvör [L63–Teil 1–Seite 71].

317 F. Balck [L29] und Anhang G.

318 N.N. [Z2].

319 J. Weisbach [L211], Bach [L17], W. Rebber [L164],

F. Redtenbacher [L165].

320 O. Wagenbreth [L205–Seite 105], auch das Rad im Rothgrübner Richtschacht um 1855 hat eiserne Schaufeln, die Kosten des 12 m Rades betragen fast 12.000 Thaler.

dem Rammelsberg ((1)–Abb. 92). Neben den geschilderten Vorteilen bieten eiserne Schaufeln aber wegen ihres höheren Gewichtes erhebliche Nachteile für die Konstruktion. Auch das höhere Trägheitsmoment bewirkt bei einem eisernen Kehr- oder Förderrad höhere Anfahr- und Bremszeiten. Bei ständig umlaufenden Kunsträdern ist dieser Faktor allerdings ohne Bedeutung.

Im Folgenden werden einige Grundsätze für die Berechnung von Wasserrädern – mehrfach auch als kommentiertes Zitat – zusammengestellt.

Welchen Umfang und Schwierigkeiten die Optimierung der Schaufelform mit mathematischen Berechnungen besitzt, schreibt Redtenbacher:

»Zu diesem Abwägen reicht aber der unbewaffnete Verstand nicht mehr aus; man muss es daher entweder ganz unterlassen, oder muss sich mit dem Brecheisen der Analysis bewaffnen, was in den zwei nächstfolgenden Abschnitten geschehen soll. Vorläufig bitte ich aber die Praktiker, welche mir etwa die Ehre erweisen, diese Zeilen zu lesen, über die obigen Aeusserungen nicht zu erschrecken, denn ich kann ihnen zwar nicht erlassen, die mathematischen Schlachten und Grossthaten, welche jene Abschnitte enthalten, mit in den Kauf zu nehmen, versichere sie jedoch, dass es nicht unumgänglich nothwendig ist, sie persönlich mitzumachen, um auf der minder gefährlichen praktischen Laufbahn, welche vom vierten Abschnitt an verfolgt wird, Nutzen ziehen zu können.«³²¹

Im Rahmen der Rechnungen und unter Einbeziehung weiterer Verluste kommt Redtenbacher auf einen Wirkungsgrad (Nutzeffekt) von 60–70 %.

»Verhältnis zwischen dem Nutzeffekt und dem absoluten Effekt der Wasserkraft für das oberflächliche Rad [...] 0.6–0.7.«³²²

Für die maximale Leistung gibt er eine Faustformel an:

$$\text{Faktor} \cdot (\text{Leistung } Nn \text{ in PS} / \text{Gefällhöhe } H \text{ in m})$$

»Die Wassermenge, welche bei einem Rad in 1 Sekunde nothwendig ist, um einen Nutzeffekt von Nn Pferdekraft à 75 Kil. M. zu erhalten, ist demnach für das oberflächliche Rad

$$Q = 0.107 Nn/H \text{ bis } 0.125 Nn/H \text{«}^{323}$$

Bei 10 m Gefälle ergeben sich folglich 10 PS, wenn die Wassermenge 0,107–0,125 m³/s beträgt (etwas mehr als 1 Rad Wasser = 0,083 m³/s).

Die von A. Dumreicher angegebene mittlere Leistung von 18 PS erscheint etwas zu hoch, obwohl er den Wirkungsgrad nur mit 75 % angibt. Möglicherweise verwendete er eine andere Definition für die Pferdestärke.

321 F. Redtenbacher [L165–Seite 24].

322 F. Redtenbacher [L165–Seite 130].

323 F. Redtenbacher [L165–Seite 130].

324 A. Dumreicher [L79–Seite 38].

»Für jedes Rad ist aus Höhe, lichter Breite, der wasserhaltenden Kranzhöhe und bei $\frac{1}{4}$ Füllungsgrad, unter Berücksichtigung der Peripheralgeschwindigkeit wie solche durchschnittlich im normalen Betriebe angenommen werden kann, das Wasserquantum, welches dasselbe consumirt, berechnet, und hieraus mit Hinzuziehung der Abstände des oberen und unteren Radpunktes vom Ober- und Unterwasserspiegel, die im Verein mit der Radhöhe also das Totalgefälle ergeben, die Bruttokraft ermittelt.

[...]

Für sämtliche Grubenräder, zwischen 28 und 40 Fuß Höhe, sind 75 % der Rohkraft angenommen.«³²⁴

»Für die Kehr- oder Förderräder, welche zwischen 11 und 23 Pferdekraft variieren, kann durchschnittlich der Mehrzahl gemäß die Zahl 18 angenommen werden.«³²⁵

[28 Fuß = 8,1 m, 40 Fuß = 11,6 m]

Eine vorgegebene Umfangsgeschwindigkeit beeinflusst nicht nur die zur Verfügung stehende Leistung, sondern bestimmt auch die Art der Konstruktion des Wasserrades.

»Für das oberflächliche Rad ist die für den Nutzeffekt vortheilhafteste Umfangsgeschwindigkeit äusserst klein; aber gleichwohl ist es auch hier wiederum zweckmässiger, sie grösser anzunehmen, weil dadurch der Effekt nicht merklich, die Kosten des Rades aber bedeutend vermindert werden; denn wenn das Rad sehr langsam geht, muss es breit und tief gemacht werden, um die Wassermenge fassen zu können. Die numerischen Rechnungen zeigen, dass die Nutzeffekte oberflächlicher Räder immer noch ganz günstig ausfallen, wenn man nimmt bei oberflächlichen Rädern für kleinere Gefälle $v = 1.3$ bis 1.5 m bei grösseren Gefällen $v = 1.5$ m.«³²⁶

Entscheidend für die Wasseraufnahme der Schaufeln ist die Forderung, daß das Wasser nicht an den Schaufeln vorbeifliesst. Hierzu muß neben dem einfließenden Wasserstrahl genügend Platz für entweichende Luft sein. Folglich ist das Schußgerinne schmäler als die Schaufelbreite zu bauen.

»§ 529 Die Schußrinne, durch welche das Wasser auf das Rad läuft, muß nicht breiter gemacht werden, als die inwendige Lichte des Rades zwischen den zwey Kränzen ist, damit das Wasser nicht an den Seiten vergeblich herunterlaufe. [...] Damit aber von dem auffallenden Wasser um so weniger seitwärts sich was versprudeln kann, so wird auf beyden Seiten des Kranzes ein Vorschuß von Bretern aufgenagelt, der bey drey Zoll über den Kranz herausstehet.«³²⁷

»Die Schutzweite ist etwa 4 Zoll geringer als die Kehr- radsweite.«³²⁸

325 A. Dumreicher [L79–Seite 41].

326 F. Redtenbacher [L165–Seite 135].

327 C. T. Delius [L67–Seite 346].

328 Oberbergmeister Schulz [L186–Seite 133].

Auch der Schaufelabstand spielt eine gewisse Rolle, wie Redtenbacher ausführt.

»Bei dem oberflächigen Rade hat zwar die Schaufeltheilung nur einen sehr geringen Einfluss auf den Effekterlust, welcher bei dem Eintritt des Wassers in das Rad entsteht (es ist sogar in dieser Hinsicht eine grössere Theilung gut, weil dann der Schluck weit wird, so dass die Luft leicht entweichen kann), allein wenn die Theilung gross ist, beginnt die Entleerung der Zellen viel früher, als wenn sie klein ist, es ist also auch bei diesem Rade eine enge Theilung für einen guten Effekt nothwendig.«³²⁹

Auch Oscar Hoppe stellt 1883 fest:

»Man darf noch hinzufügen, dass die wichtigsten Constructionsregeln für den Bau eines Wasserrades:

das Wasser möglichst ohne Verluste und ohne Stoss in das Rad gelangen, dann möglichst unten im Rade wieder austreten zu lassen, im allgemeinen bei den neueren Harzer Wasserrädern berücksichtigt sind. Der Nachtheil, welcher aus der verhältnissmässig grossen Umfangsgeschwindigkeit (2–3 m) einiger Wasserräder erwächst, wird andererseits durch den Vortheil compensirt, dass die Kehrräder direct auf der Seilkorbwelle sitzen und dass so jegliches Zwischenräderwerk umgangen wird.«³³⁰

Hier noch einige Überlegungen zur Form der Schaufeln und zum Einfluß der Einlaufgeschwindigkeit, das heißt zur Höhe des Schußgerinnes über dem Rad, Abb. 49.

»Bei diesem Rade kann das Wasser ohne Schwierigkeit fast tangierend in das Rad geleitet werden, es ist daher hier möglich, den Winkel beta, unter welchem die Zellenwände dem äusseren Umfang des Rades begegnen, kleiner zu machen, als bei dem rückschlächtigen Rade, und desshalb kann bei dem oberflächigen Rade das kostspielige Kreisgerinne weggelassen werden. Denn wenn die Zellen nicht mehr als $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ gefüllt, wenn ferner die Zellen hinreichend tief gemacht werden, und wenn endlich der Winkel beta hinreichend klein angenommen wird, beginnt die Entleerung des Rades erst sehr tief unten, so dass durch die Anwendung eines Kreisgerinnes kein merklicher Vortheil hinsichtlich des Nutzeffektes erzielt werden kann. [...]

Eine Ventilation der Zellen ist bei dem oberflächigen Rade nicht möglich, aber auch nicht nothwendig, weil durch die Regeln, welche für die Breite des Rades und für die Schaufeltheilungen aufgestellt wurden, die Dicke des Wasserstrahles immer nur ungefähr halb so gross ausfällt, als die Schluckweite, so dass also neben dem in die Zellen eintretenden Wasserstrahl jederzeit freier Raum für das Entweichen der Luft vorhanden ist.«³³¹

Maschinendirektor Chr. F. Brendel³³² beschreibt für das Kunstrad im Richtschacht Beschert Glück ein

»Spannschütz«, das unmittelbar über dem Rad aus einem wassergefüllten Geflüder einen schmalen Wasserstrahl wie aus einer Düse direkt in die oberste Wassertasche hineinleitet. Diese Konstruktion, Aufschlag am höchsten Punkt des Rades, macht nur dort einen Sinn, wo das Rad permanent in Umdrehung ist. Für den Anlauf von Kehrrädern ist es erforderlich, daß sich durch Überlauf von einer Wassertasche in die andere oder Direkteinfüllung die Schaufeln mit dem größten Hebelarm genügend füllen können.

Erfahrene Konstrukteure achten sogar darauf, daß die wenigen quer durch das Rad reichenden Zuganker dem einströmenden Wasser nicht im Wege sind (3)–Abb. 103.

»Soll der Effekt möglichst günstig ausfallen, so nehme man die Umfangsgeschwindigkeit des Rades nicht grösser als 1,5 m und die Geschwindigkeit des am Scheitel eintretenden Wassers nicht grösser als 3 m an [...].

Wenn wir aber annehmen, dass das Wasser mit einer Geschwindigkeit v ankommen soll, die doppelt so gross ist als die Umfangsgeschwindigkeit des Rades, eine Annahme, die desshalb zweckmässig ist, weil dann die Dicke des Strahles ungefähr halb so gross ausfällt, als die Schluckweite.«³³³

Weniger wissenschaftlich hat Delius 1772 versucht, die Verhältnisse am Wasserrad zu beschreiben und die maximale Füllmenge eines Rades zu bestimmen. Zu beachten ist die doppelte Verwendung des Wortes Füllmenge:

- *In diesem Zusammenhang:* Das Kanekuhler Kehrrad hat (letzte Zeilen in Tab. 6 und 7) 72 Taschen zu 38,6 l = 2779 l Gesamtvolumen, es kann 650 l halten. Die maximale Füllmenge, die das stillstehende Rad in den nach oben offenen Taschen fassen kann, bezogen auf das Gesamtvolumen aller Wassertaschen, beträgt also 650/2779 = rund $\frac{1}{4}$.
- *Bei der Berechnung:* Die Menge, die bei laufendem Rad in jede Schaufel gefüllt wird, bezogen auf ein Schaufelvolumen, beim Kanekuhler Kehrrad (Zeile 7, Tab. 6 und 38,6 l) entspricht eine Füllung von 9,7 l pro Schaufel einem Füllungsgrad von $\frac{1}{4}$.

»Indessen kann man diese weitläufige Rechnung auf eine kürzere Art verrichten, die zwar nicht mit der allergenauesten, doch aber mit einer solchen Richtigkeit zutrifft, daß man sich ihr ohne einen zu befürchtenden Nachtheil allemal bedienen kann. Wenn man nämlich die vierte Schaufel zur ersten Einflußschaufel nimmt, so zeigt sich durch die Berechnung, daß das in der halben Peripherie des Rades in sämtlichen Schaufeln bis zur letzten Ausgußschaufel liegende Wasser eben so viel in Kubikinhalte ausmacht, als wenn der 4te Theil von allen Schaufeln des Rades gänzlich, und eben so wie die erste Einflußschaufel mit Wasser angefüllt wäre.«³³⁴

329 F. Redtenbacher [L165–Seite 139].

330 O. Hoppe [L112–Seite 203].

331 F. Redtenbacher [L165–Seite 144].

332 [Z11, Z32] Deutsches Museum, Plansammlung TZ 2546.

| Füllung | Volumen pro Schaufel [l] | Rate [l/s] | Leistung des Wassers [kW] |
|-------------|--------------------------|------------|---------------------------|
| 1/10 gering | 3,8 | 23,2 | 1,7 |
| 1/9 | 4,3 | 25,7 | 1,9 |
| 1/8 | 4,8 | 28,9 | 2,2 |
| 1/7 | 5,5 | 33,0 | 2,5 |
| 1/6 | 6,4 | 38,6 | 2,8 |
| 1/5 normal | 7,7 | 46,2 | 3,4 |
| 1/4 normal | 9,7 | 57,9 | 4,3 |
| 1/3 | 12,8 | 77,2 | 5,7 |
| 1/2 | 19,3 | 115,8 | 8,6 |
| 1/1 maximal | 38,6 | 231,6 | 17,3 |

Tab. 6: Vom Wasser angebotene Leistung (Fallhöhe 7,6 m).

Trotz aller Optimierungsversuche finden sich im Harz viele Räder mit einer einheitlichen Kranzbreite von einem Fuß und Schaufelabstand von etwa einem Fuß (variiert etwas, da die Schaufelzahl durch 8 teilbar sein sollte). Hier hat offensichtlich das Grundmaß Fuß einen wichtigen Einfluß gehabt.³³⁵ Ausnahme bildet das Rad der Grube Glasebach, dessen Schaufelzahl mit 112 bei 9,5 m Durchmesser vergleichsweise hoch ist (Anhang B, Nr.14).

4.3.3.2.5.2 Kraft, Drehmoment und Leistung eines Wasserrades

Experimentelle Erfahrungen lassen sich mit dem Modellrad (Maßstab 1:2) am Carler Teich in Zellerfeld gewinnen und die bei unterschiedlichen Belastungen auftretenden Kräfte studieren. Obwohl das Rad von einer elektrischen Pumpe mit nur einer kleinen Menge von etwa 1 l/s betrieben wird, können große Kräfte entstehen.

Beobachtungen

- ▶ Wegen des großen Trägheitsmomentes ist es fast unmöglich, durch spontanes Eingreifen mit den Händen, das laufende Rad am Kranz auf einmal abzubremesen.
- ▶ Lediglich durch Arbeiten gegen die Bewegung der Kurbelstange kann man dem Rad per Hand soviel Energie entziehen, daß es zum Stillstand kommt.
- ▶ Sofort nach dem Stillstand läßt sich der Radkranz mit der Hand festhalten. Für einige Zeit entsteht der Eindruck, daß der Mensch stärker als das Rad sei. Doch während die oberste Schaufel überläuft und sich allmählich auf diese Weise alle darunter liegenden Schaufeln mit Wasser füllen, steigt das Drehmoment immer weiter an, bis man das Rad nicht mehr halten kann.

Diese Erfahrungen haben auch die früheren Konstruk-

333 F. Redtenbacher [L165–Seite 152].

334 C. T. Delius [L67–Seite 347].

| Füllung | gesamte Füllmenge [m ³] | Drehmoment M [kNm] | Radleistung P [kW] | Wirkungsgrad η [%] |
|-------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1/10 gering | 0,10 | 2,7 | 1,35 | 79 |
| 1/9 | 0,12 | 3,0 | 1,5 | 79 |
| 1/8 | 0,13 | 3,4 | 1,7 | 78 |
| 1/7 | 0,15 | 3,9 | 1,95 | 78 |
| 1/6 | 0,17 | 4,5 | 2,25 | 78 |
| 1/5 normal | 0,20 | 5,4 | 2,7 | 76 |
| 1/4 normal | 0,25 | 6,6 | 3,3 | 76 |
| 1/3 | 0,32 | 8,6 | 4,3 | 75 |
| 1/2 | 0,46 | 12,0 | 6,0 | 69 |
| 1/1 maximal | 0,65 | 16,1 | 8,05 | 46 |

Tab. 7: Drehmoment, Leistung und Wirkungsgrad.

teure berücksichtigen und die Konstruktion für eine mögliche Blockierung des Rades im Betrieb (siehe Anhang F.3) auslegen müssen. Im Gegensatz zu einem Elektromotor oder einem Verbrennungsmotor im Fahrzeug entwickelt ein Wasserrad bei Blockierung sehr viel größere Kräfte als im laufenden Betrieb.

Am Beispiel des Kanekuhler Kehrrades in Goslar werden Drehmoment und Leistung abgeschätzt. (Dieses Rad mit einer lichten Schaufelbreite von 0,54 m und 7,6 m Durchmesser ist im Vergleich zum Kehrrad in der Runden Radstube mit entsprechenden Maßen von 0,84 m und 8 m klein.)

- Schaufeln 72 Stück
- Radius 3,80 m
- Drehzahl 5 U/Min.
- Winkelgeschwindigkeit 0,5 1/s
- Zentrifugalbeschleunigung 0,95 m/s²,
(9,5 % der Erdbeschleunigung)

(100 % der Erdbeschleunigung werden bei 16 U/Min. erreicht, das heißt, der Wasserspiegel in den Schaufeln steht dann im Winkel von 45° zur Horizontalen. Die Fliehkraft sorgt für eine natürliche Drehzahlbegrenzung, weil sie den Wasserinhalt der Taschen und damit die Antriebskraft verringert.)

Bei Maximalfüllung gehen oben in die erste Schaufel 38 l. Die Wassermenge nimmt jedoch von Schaufel zu Schaufel ständig von oben nach unten ab, nach ungefähr 27 Schaufeln steht das Schaufelbrett nahezu waagrecht (Abb. 137), so daß kein Wasser mehr in der Schaufel verbleiben kann (Zentrifugalkraft nicht berücksichtigt!).

Beispiel für die Berechnung:

$$72 \cdot 5 \text{ Schaufeln pro Minute und } 1/5 \text{ Füllung} = 7,7 \text{ Liter pro Schaufel}$$

$$\text{ergibt eine Wassermenge pro Sekunde:}$$

$$72 \cdot 5 \cdot 7,7/60 = 46,2$$

335 F. Balck [L29].

Bei einer Fallhöhe von 7,6 m ist die Leistung des Wassers dann:

$$P = (m/t) g h = 46,2 \text{ l/s} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 7,6 \text{ m} = \mathbf{3,4 \text{ kW}}$$

Drehmoment, Leistung und Wirkungsgrad als Funktion des Schaufelinhalts

Nach der Geometrie in Abb. 137 wurden per Rechner einige Daten für das Kanekuhler Kehrrod numerisch ermittelt. Zunächst sind die Wasserinhalte in jeder Schaufel und deren Summe gegen die Nummer der Schaufel aufgetragen (Abb. 139). Parameter ist der Füllungsgrad. In Abb. 140 folgen die Drehmomente und deren Summe ebenfalls als Funktion der Nummer der Schaufel und des Füllungsgrades. Die linke gestrichelte Linie markiert die vierte Wassertasche. Hier beginnt die Füllung bei einem Schußgerinne wie in Abb. 138. Es gibt aber auch Kunsträder mit Spannschütz (siehe Seite 164) und Aufschlag des Wassers in die erste Schaufel. Im folgenden wird ab der ersten Schaufel gerechnet. Für diese Darstellung wurde eine mittlere Geschwindigkeit gewählt, bei größeren Drehzahlen und gleicher Wassermenge erniedrigt sich der Füllungsgrad entsprechend.

Die Leistung des Rades P ergibt sich aus dem Drehmoment M und der Winkelgeschwindigkeit $\omega = 0,5 \text{ 1/s}$ als $P = \omega \cdot M$ und der Wirkungsgrad η als Verhältnis aus Rad-Leistung zu Wasser-Leistung (Abb. 141).

Für statische Berechnungen kann in (2)–Abb. 139 die zusätzliche Last durch das Wasser verfolgt werden. Selbst bei $1/1$ Füllung hat das Wasser maximal ein Gewicht von 0,65 t und somit nur rund 15 % des Gesamtgewichtes (Anhang F – Ergänzende Berechnungen – Abschnitt F.5) des hölzernen Kranzes mit seinen Schaufeln. Da sich das Wasser etwa nur in einem Viertel des Rades aufhält, erhöht sich dort der Gewichtsanteil auf $4 \cdot 15 \% = 60 \%$.

Der rechte Rand des »Berges« (1) in Abb. 140 zeigt das frühzeitige Auslehren der Schaufeln an, wenn man sie zu voll macht. Bei Einbau von Gewichten anstatt der wassergefüllten Taschen in den Kranz reicht der Berg nach rechts bis zur Zahl $72/2 = 36$, der Wirkungsgrad ist dann 100 % (Kurvenverlauf: $\sin \pi \cdot n/36$).

Aus (2)–Abb. 140 läßt sich am rechten Rand ablesen, daß die Erhöhung von $1/5$ Füllung auf $1/1$ Füllung im Drehmoment nur den Faktor 3 bringt. Auch die Meßdaten des bei Calvör³³⁶ geschilderten Experimentes führt zu ähnlichen Kurven. Damit die Daten dieses Rades mit 64 Schaufeln mit denen des Kanekuhler Rades vergleichbar sind, ist die Abszisse um den Faktor $72/64$ gestreckt.

Starke Lastwechsel mit Bedeutung für die Auslegung der Maschine

Die Kräfte am Kurbelzapfen hängen stark vom Füllungsgrad ab. Zwischen Normalbetrieb mit $1/5$ Füllung und An-

fahren mit $1/1$ ändert sich das Drehmoment um den Faktor 3.

| | | | |
|--|-----|------|--------|
| Füllung | 1/9 | 1/5 | 1/1 |
| Drehmoment | 3 | 5,4 | 16 kNm |
| Kraft am Kurbelzapfen, $r = 1/3 \text{ m}$ | 9 | 16,2 | 48 kN |

Große Kräfte in den Stangen zum Antrieb der Seilkorbwelle

Bei einer Länge des Kurbelarmes von $1/3 \text{ m}$ entstehen Kräfte am Kurbelzapfen von **9 bis 48 kN**. Nimmt man einen Holzstab mit Querschnitt von $0,2 \text{ m} \cdot 0,2 \text{ m}$ zur Übertragung, dann beträgt die Zug/Druckspannung

$$48.000 \text{ N}/40.000 \text{ mm}^2 = \mathbf{1,5 \text{ N/mm}^2}$$

Beim Kanekuhler Kehrrod ist die Seilkorbwelle etwa 10 m von der Kehrrodwelle entfernt. Bei Belastung unter Druck errechnet sich die Eulersche Knicklast für einen Stab von $0,2 \text{ m} \cdot 0,2 \text{ m}$ Querschnitt und 10 m Länge aus Fichtenholz mit E -Modul = 10.000 N/mm^2 (verwendete Formel³³⁷ $F = \pi^2 E I/L^2$, mit Flächenträgheitsmoment $I = a^3b/12$, Länge L , Höhe a , Breite b).

$$9,8 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2 \cdot 0,23 \text{ m}^3 \cdot 0,2 \text{ m}/(12 \cdot 100 \text{ m}^2) = \mathbf{130 \text{ kN}}$$

Es wird deutlich, daß bei diesem Stangenquerschnitt sowohl Zug als auch Druck zulässig sind.³³⁸ Allerdings ist die Stange bei Druck gerade nur mit zweieinhalbfacher Sicherheit belastbar. Abnahme der Festigkeit im Material oder Stöße durch ruckartige Bewegungen können leicht zum Überschreiten der zulässigen Werte führen.

Die mittlere Dauerleistung des Kehrrodes der Runden Radstube am Schacht Thurm Rosenhof – Pausen und Haltezeiten beim Umhängen der Tonnen inbegriffen – ergibt sich aus der Fördermenge mit

»rund 15 tkm in 10 Arbeitsstunden bei 280 m Förderhöhe«³³⁹

$$15000 \text{ kg km} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2/(10 \text{ h} \cdot 3600 \text{ s}) = \mathbf{4,1 \text{ kW}}$$

Bei einem Durchmesser der Seiltrommel von 3 m, und 6 U/Min. beträgt die Fördergeschwindigkeit rund 1 m/s, womit es $300 \text{ s} = 5 \text{ Minuten}$ dauert, um aus 300 m Teufe zu fördern.

4.3.3.2.5.3 Statik eines Rades

Wie schon in einem vorherigen Abschnitt 4.3.3.2.2.5 Die Arme und ihre Verbindung ausgeführt, hängt die Lebensdauer eines Rades wesentlich von der Dauerhaftig-

dem krummen Zapfen und Geldgestänge, [...] Schleppwerck kann nur ziehen.«

339 H. Banniza et al. [L31–Seite 200].

336 H. Calvör [L64–Teil I–Seite 71].

337 Dubbel [L77–Band I–Seite 413].

338 J. Leupold, [L132–Tab. XXVI–Fig. IV]: »Eine Kunst mit

keit der Verbindungen und nur in geringerem Maße von der Stärke der Hölzer ab. Die Konstruktion eines in sich geschlossenen Ringes mit radialen Speichen ((4)–Abb. 104) ist ideal. Dies läßt sich heute mit Statikprogrammen leicht nachrechnen.³⁴⁰ Die in den Armen und im Kranz auftretenden Spannungen betragen lediglich wenige Prozent der zulässigen Festigkeitswerte (siehe Anhang F). Im ungestörten Fall **Abb. 142** übernehmen beispielsweise die Laschen (1) und (2) kaum Kräfte, da die obere und die untere Hälfte des Rades für sich selbsttragend sind. Sogar die Entfernung einer Lasche (4) am Kranz führt nicht zu übermäßigen Kräften bei statischer Belastung. Statt bisher 0,075 N/mm² in der Lasche (3) wächst die Spannung bei (5) in Faserrichtung nun auf nur 0,13 N/mm² an.

Diese Werte reichen bei weitem nicht an die zulässigen Werte für Nadelholz heran (8 N/mm² in Faserrichtung bzw. 2 N/mm² quer dazu³⁴¹), dagegen dürften die dynamischen Belastungen an diesem geöffneten Kranz in kurzer Zeit zu Zerstörungen führen.

Jahrhundertealte Erfahrungswerte oder die durch Fuß und Lachter vorgegebene Normung der Hölzer (z. B. 2/3 Fuß Hauptarme) bestimmten die Materialstärken.

Während heute Unterscheidungsmerkmale des Naturstoffes Holz nach DIN es ermöglichen, die Statik mit »exakteren« Zahlen zu berechnen, mußten frühere Konstruktionen tolerant gegen Qualitätsunterschiede im Material sein.

Ganz sicher lohnt es sich, für ein aus wasserfestem Leimholz gefertigtes Holzrad mit dauerhaftem Holzschutz nach Möglichkeiten zur Material- und Gewichtseinsparung zu suchen oder das Rad gleich aus korrosionsgeschütztem Leichtmetall mit dünnen Speichen zu bauen. Es wird aber immer ein »Ungetüm« bleiben, das im Vergleich zu schnellaufenden Turbinen erheblich mehr Raum benötigt.³⁴²

4.3.3.2.5.4 Typische Kenndaten einiger Wasserräder, Drehzahl, Abmessungen

In den folgenden vier Beispielen sind Drehzahl und Durchmesser der Räder genannt.

| | | | | |
|------|------|-----|---|--|
| 3 | 4,5 | 5,4 | 8 | n , Drehzahl, $\sim \omega$ [U/Min.] |
| 12,8 | 10,1 | 7,8 | – | $2r$, Durchmesser [m] |

Die Produkte aus jeweils beiden Zahlen sind ähnlich,

| | | | | |
|------|------|------|---|--------------|
| 38,4 | 45,5 | 42,1 | – | $n \cdot 2r$ |
|------|------|------|---|--------------|

das läßt auf vergleichbare Umfangsgeschwindigkeit v des Rades und somit auf gleiche Strömungsgeschwindigkeit des Aufschlagwassers schließen ($v = \omega \cdot r$, Winkelgeschwindigkeit (Radius, $\sim n \cdot 2r$).

Bei einem Seilkorb-Durchmesser von 3,5 m beträgt die Fördergeschwindigkeit bei 5,4 U/Min **1 m/s**.

»Die Kehrräder machen bis 8 Umgänge in der Minute.«³⁴³

In den folgenden Längenangaben steckt häufig ein aus dem Lachter abgeleitetes Grundmaß.³⁴⁴

Das **Kehrrad am Schacht Königin Marie** hat eine Leistung von

$$0,12 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 7,8 \text{ m} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,75 = \mathbf{6,9 \text{ kW}}$$

»Die Grösse der Wasserräder richtet sich begreiflicher Weise nach den gegebenen Verhältnissen; z. B. ist bei dem Kehrrade des über 650 m tiefen Königin Marien-Schachtes bei Clausthal, dessen Besichtigung empfohlen werden kann, weil es gut zugänglich, übersichtlich und gut beleuchtet ist:

Das Gefälle $H = 8,75 \text{ m}$;

die Aufschlag-Wassermenge

$$Q = 0,07\text{--}0,12 \text{ cbm p. 1 Sekunde};$$

der Wasserraddurchmesser $D = 7,8 \text{ m}$;

die Kranztiefe (radiale Dimension) $a = 0,288 \text{ m}$;

die Radbreite zwischen den Kränzen

$$b = 1,0 \text{ m für jede Hälfte};$$

die Füllung etwa $1/5$;

die Zellenzahl $i=72$;

die Armzahl = 16;

die Umfangsgeschwindigkeit $v = 2,2 \text{ m p. 1 Sec}$;

die **Umdrehungszahl $n = 5,45 \text{ p 1 Minute}$** ;

der absolute Effect der Wasserkraft

$$\text{etwa } 12 \text{ Pferde.}$$

Der Durchmesser der Seilkörbe $D = 3,5 \text{ m}$;

die Breite jedes Korbes $b = 0,8 \text{ m im Lichten}$;

der Durchmesser des Bremsrades = 5,8 m.

Der Hülsenzapfen hat 0,192 m Dicke,

0,264 m Länge.

Der äussere Durchmesser der Hülse beträgt

0,8 m.«³⁴⁵

Das **Kunstrad des Güte-des-Herrn-Richtschachtes** hat eine Leistung von

$$0,1 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 12,8 \text{ m} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,75 = \mathbf{9,4 \text{ kW}}$$

Die Zentrifugalkraft beträgt hier für

$$v = 3 \text{ m/s}, d = 12,8 \text{ m}, F = v^2/2d,$$

$$F = 1,4 \text{ m/s}^2 \text{ (14 \% der Erdbeschleunigung)}$$

344 1 Lachter = 1,92 m = 80 Lachterzoll (0,024 m)

1 Lachtermaß = 12 Lachterzoll = 0,288 m

0,192 m = 1/10 Lachter

0,288 m = 1 Lachtermaß

0,624 m = 26 Lachterzoll

0,864 m = 3 Lachtermaß

345 O. Hoppe[L112–Seite 203].

340 Programm Stab2D, TU Hannover, Institut für Statik, Berechnung durch Henning Balck.

341 DIN 1052 1–5, Wendehorst, Bautechnische Zahlentafeln, 25. Auflage, Seite 557.

342 Vgl. eisernes Kunstrad [Z8].

343 Oberbergmeister Schulz [L186–Seite 107].

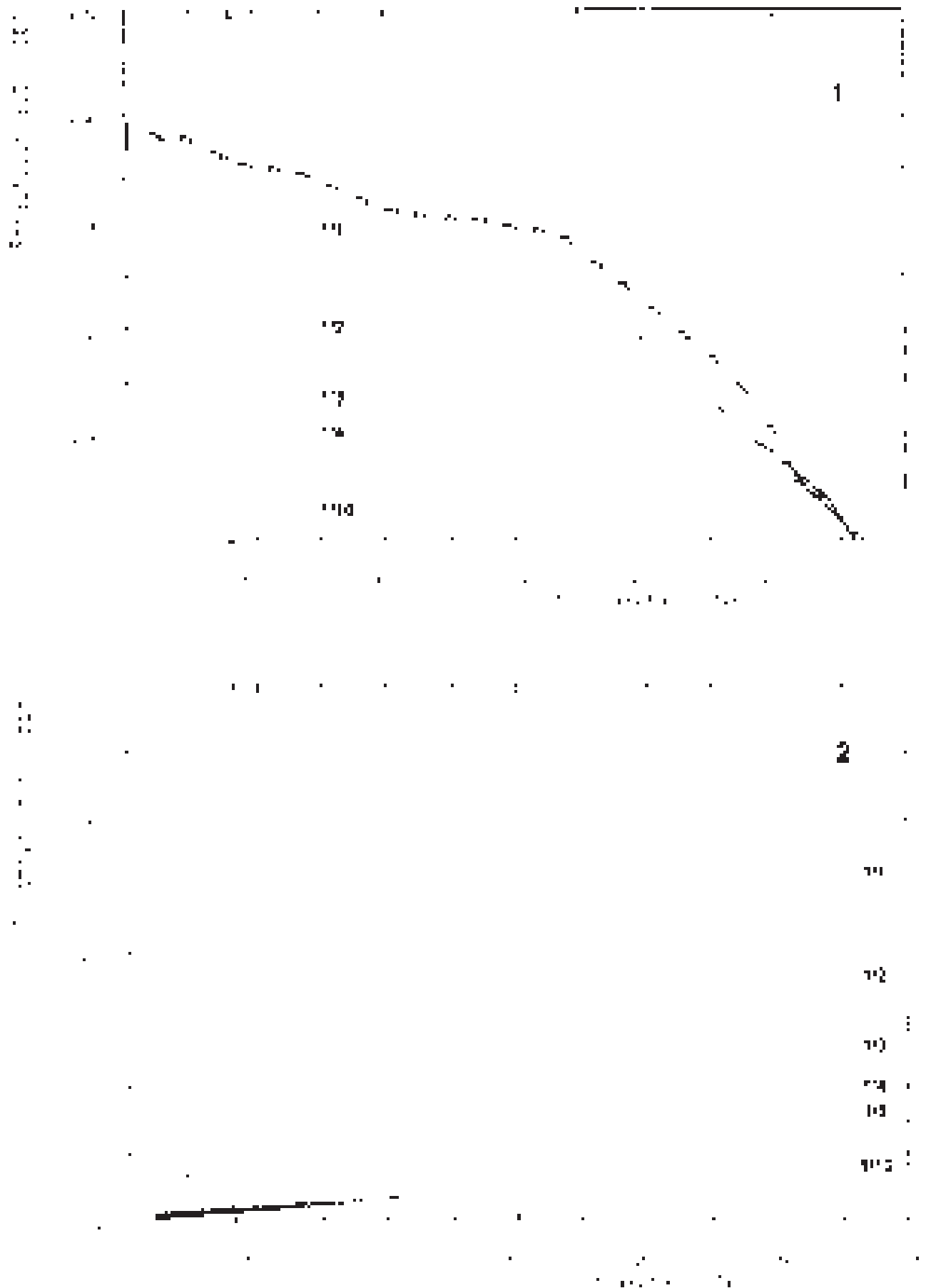


Abb. 139: Wasserinhalt der Schaufeln in Abhängigkeit vom Drehwinkel und Füllungsgrad als Parameter. Einzeln für jede Schaufel und über alle Schaufeln summiert, gerechnet für Kanekuhler Kehrrad. Vergleich mit den Meßdaten bei Calvör (Rechtecke).

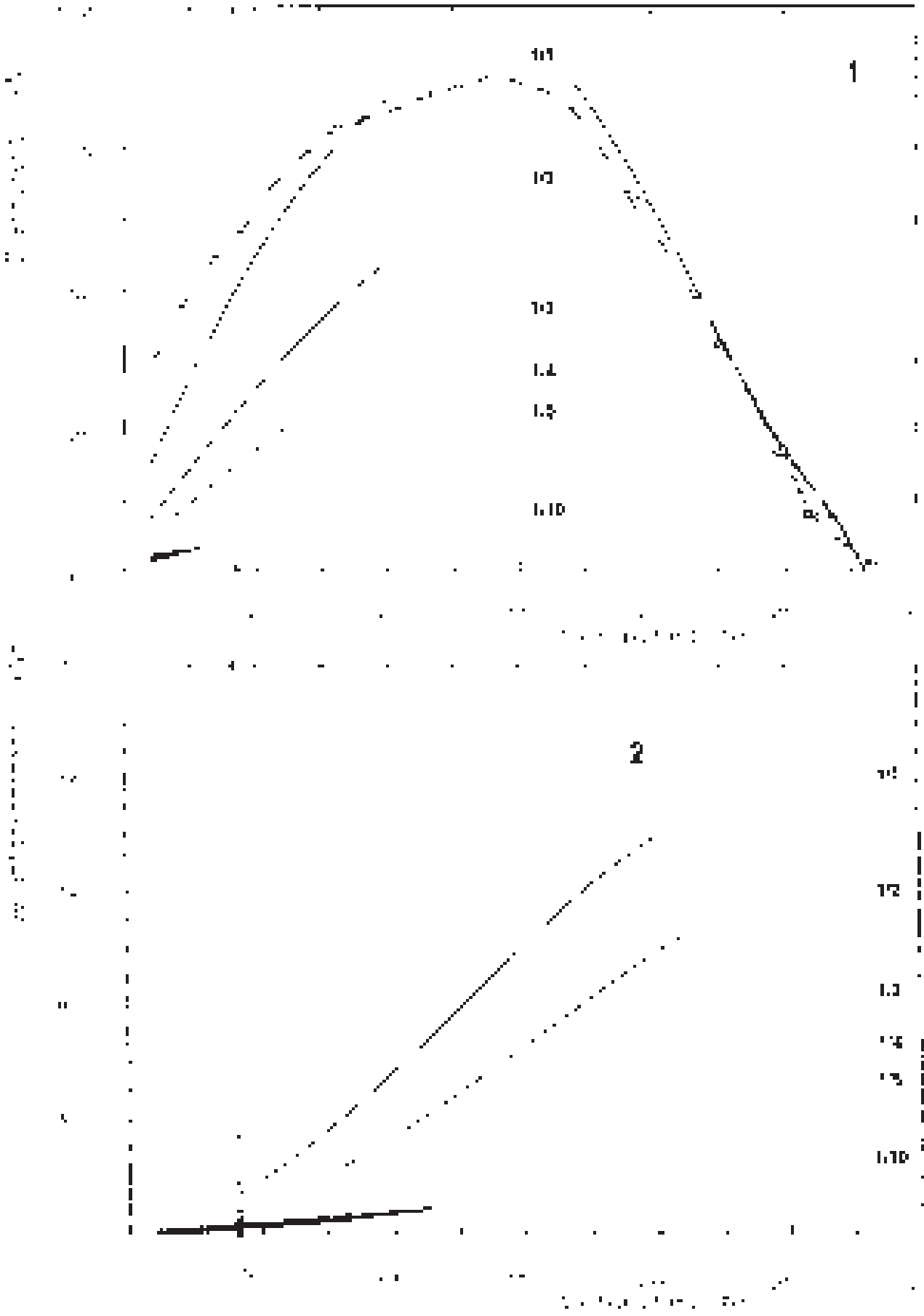


Abb. 140: Drehmoment in Abhängigkeit vom Drehwinkel der Schaufeln und Füllungsgrad als Parameter. Einzeln für jede Schaufel und über alle Schaufeln summiert, gerechnet für Kanekuhler Kehrrad. Vergleich mit den Meßdaten bei Calvör (Rechtecke).

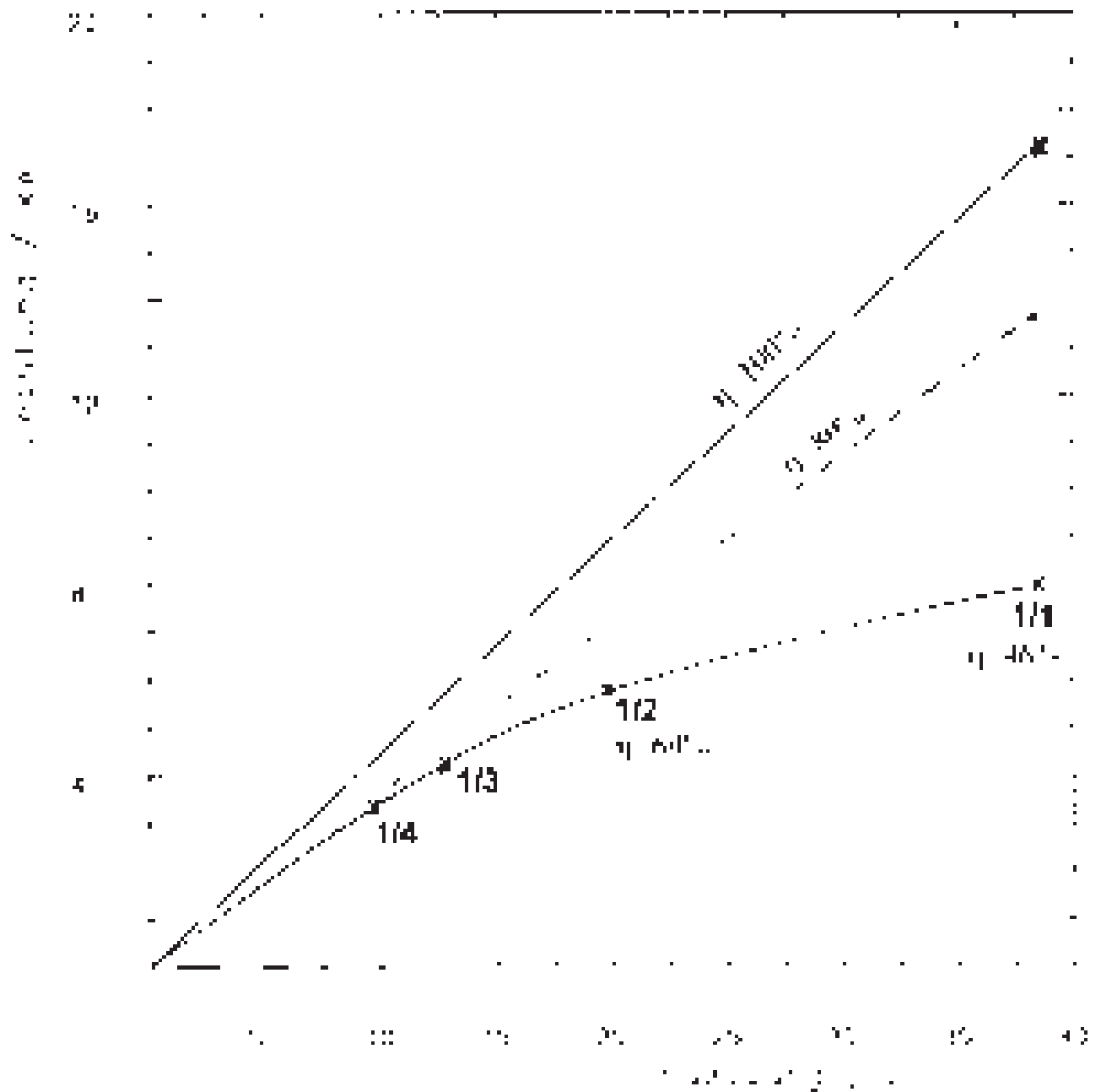


Abb. 141: Maximale Leistung des Wassers und des Rades in Abhängigkeit des Füllungsgrades. Wirkungsgrad, gerechnet für Kanekuhler Kehrrad.

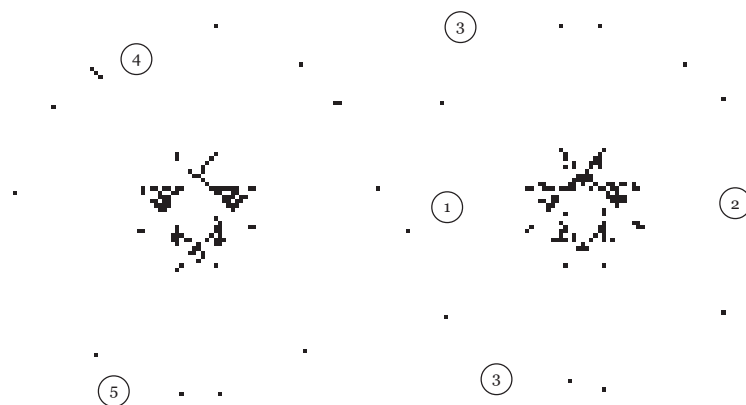


Abb. 142: Statik eines Wasserrades (Programm Stab2D) für zwei Fälle. Die Größe der Normalkräfte ergibt sich aus der Breite der Linien.

»Zu den größten und ausserdem neueren Wasserrädern zählt das auf dem »Güte des Herrn Richtschacht« bei Lautenthal, welches mittelst Drahtseiltransmission die Gesteinswalzwerke pp. der benachbarten Aufbereitungsanstalt betreibt.

Bei diesem Rade ist

$Q = 0,1 \text{ cbm p. 1. Sec.};$

$H = 14 \text{ m};$

$D = 12,8 \text{ m};$

$a = 0,25 \text{ m};$

$b = 1,0 \text{ m};$

$m = \frac{1}{4} \text{ Füllung};$

$i = 112 \text{ Zellen};$

$N = 16 \text{ Arme},$

$v = 2,0 \text{ m};$

$n = 3, \text{ Umdrehungszahl p. Minute};$

der absolute Effect der Wasserkraft beträgt demnach nahezu 20 Pferde und der Nutzeffect des Wasserrades $N = 15$ Pferde,

bei einem Wirkungsgrade $g = 0,75$.³⁴⁶

Polsterberger Hubkunst

»Bei den beiden Wasserrad-Künsten auf dem Polsterberge [...]

[...] hat das Wasserrad

$10,128 \text{ m Durchmesser},$

$0,288 \text{ m Kranztiefe},$

$0,624 \text{ m Breite},$

$2,59 \text{ m Umfangsgeschwindigkeit},$

$\frac{1}{5} \text{ Füllung},$

$88 \text{ Schaufeln und führt}$

$4,5 \text{ Umdrehungen pro 1 Minute aus.}$

Die Aufschlagwassermenge beträgt $6,45 \text{ cbm}$

bei $11 \text{ m Gefälle}.$

Der absolute Effect der Wasserkraft ist demnach $15,7$ Pferde.³⁴⁷

Das Kunstrad der Grube Sankt Elisabeth

»Die Kunsträder haben im Durchschnitt einen grösseren Durchmesser als die Kehrräder. Zu den grössten zählen, ausser dem ursprünglich als Kunstrad dienenden oben behandelten Rade auf dem Güte des Herrn-Richtschacht, das Wasserkunst- (und Fahrkunst-) Rad der Grube Dorothee mit $11,5 \text{ m}$ Durchmesser bei $0,72 \text{ m}$ Breite zwischen den Radkränzen; und das etwas schmälere Wasserkunst-Rad der Grube St. Elisabeth von gleichem Durchmesser. Aus einer sehr bedeutenden Tiefe, nämlich aus dem Gesenk des Herzog Georg-Wilhelm-Schacht bis auf den Ernst-August-Stollen hat das Wasserrad von

$8,35 \text{ m Durchmesser},$

$0,864 \text{ m Breite},$

bei $0,288 \text{ m Kranztiefe (radial gemessen) und}$

$0,192 \text{ Zapfendurchmesser},$

zu wälzigen.

$(1-1 \text{ Lachtermaas} = 0,288 \text{ m})$ ³⁴⁸

4.3.4 Wassersäulenmaschinen

Während heute jeder Hydraulikbagger seine Arme und Werkzeuge mit sichtbaren, polierten Edelstahlzylindern bewegt bei Drücken von einigen hundert Bar, waren in der Mitte des 18. Jahrhundert größte Schwierigkeiten zu überwinden, um die Kolben der Wasserpumpen hydraulisch anzutreiben. Durch Anstauen von Wasser in einem hohen Rohr ließ sich eine *Wassersäule* aufbauen, deren Druck am unteren Ende, über Ventile selbsttätig gesteuert, einen Kolben periodisch hin und her bewegt, um damit wiederum die Kolben von Wasserpumpen anzutreiben.

Große zu überwindende Schwierigkeiten waren durch wenig geeignetes Material und ungenügende Bearbeitungsmöglichkeiten begründet. Es gab keinen geeigneten Stahl, den man oberflächlich bearbeiten und vergüten konnte.

Will man das Gefälle mehrerer hintereinander geschalteter Kunsträder in einer Maschine zusammenfassen, dann treten beispielsweise bei acht Rädern, das heißt etwa 100 m Gefälle, Drücke von 10 bar bei ruhendem Wasser

auf. Bei fließendem Wasser und schlagartigem Verschluss der Leitung durch ein Ventil bilden sich sehr viel höhere Druckspitzen, die Rohrleitungen, Ventile und Zylinder noch stärker beanspruchen.³⁴⁹ Rein rechnerisch sollte diese gedachte Maschine bei gleicher Ausnutzung von Wasser und Gefälle etwa so stark sein können wie alle Kunsträder zusammen und damit über eine Leistung von beispielsweise $8 \cdot 4 \text{ kW} = 32 \text{ kW}$ verfügen. Hydraulikzylinder entsprechender Auslegung sind heutzutage Standard.

Im Harz sind die Anfänge dieser Technik als Modell im Zellerfelder Museum zu besichtigen. Dort steht ein Modell der Wassersäulenmaschine von Winterschmidt aus dem Jahr 1765. Zeichnungen und ihre Technik (komplizierte Ventilmechanik) sind bei Calvör beschrieben.³⁵⁰ Technik und Entwicklung in anderen Regionen, Maschinen von Reichenbach in Berchtesgaden, Mende in Freiberg, Höll in Schemnitz (Österreich-Ungarn) sind ausführlich dokumentiert.³⁵¹

346 O. Hoppe [L112–Seite 203].

347 O. Hoppe [L112–Seite 228].

348 O. Hoppe [L112–Seite 227].

349 W. Weber, [L209–Seite 94], O. Hoppe [116–Seite 236].

350 H. Calvör [L64–Tab. XVII–XX], vgl. O. Wagenbreth [L208–

Seite 65], Bergwerksmuseum Zellerfeld, H. Radday [L159–Abb. 60].

351 Katalog zu Calvör [L65–Seiten 79–81], O. Wagenbreth [L207–Seite 58], O. Wagenbreth, E. Wächtler [L208–Seite 281].

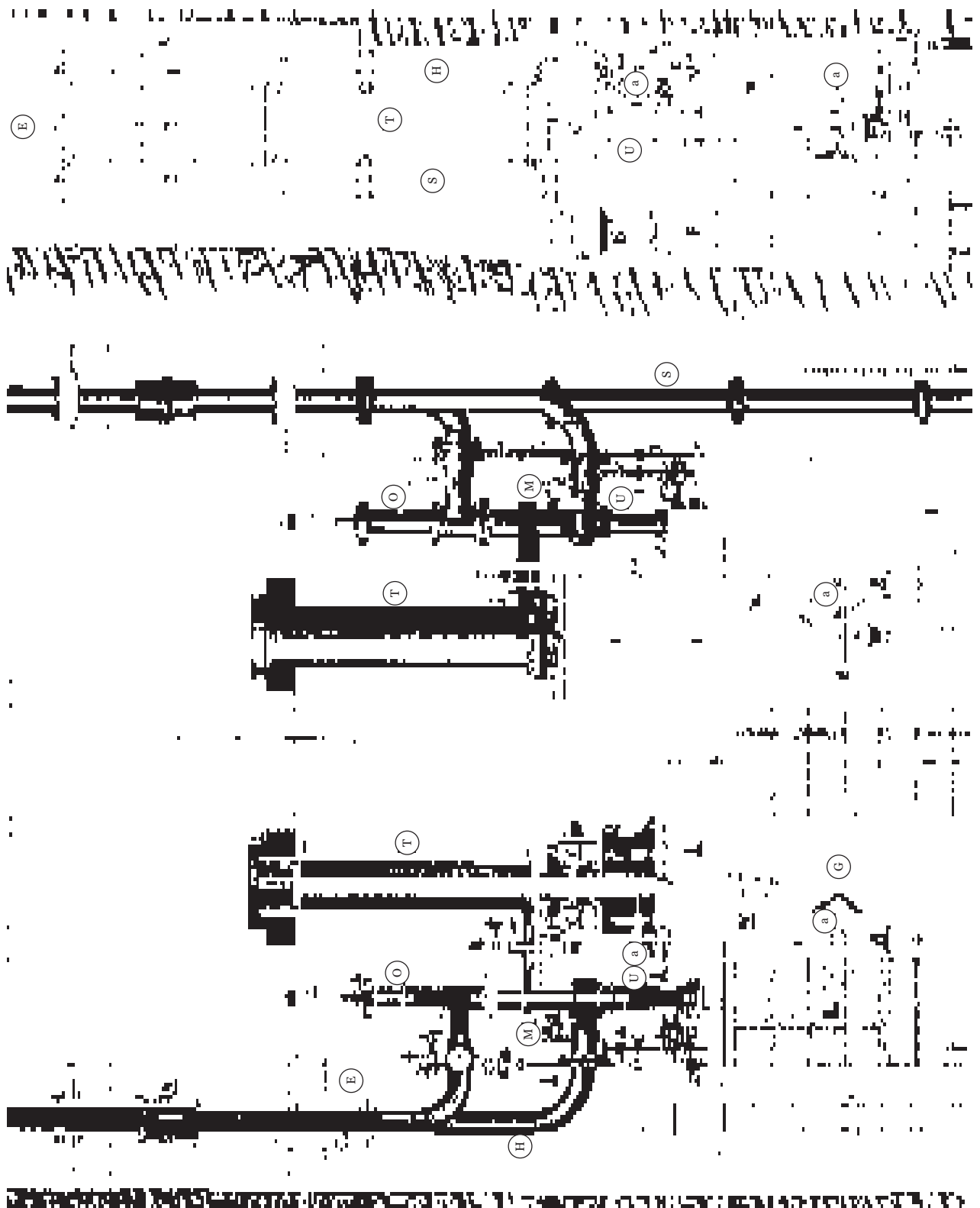


Abb. 143: Wassersäulenmaschine in der Grube Silbersegen, Zeichnung von Jordan [L114].

Die im Silbersegener Richtschacht gebauten Maschinen beschreibt der Maschinenbaudirektor J. K. Jordan [L114] im Jahre 1837 mit Einzelheiten seiner Konstruktion und Berechnungen (**Abb. 143**).

Die Maschine liefert die Kraft, um eine Wasserpumpe unten im Schacht anzutreiben. Hierzu ist der Hauptkolben (T) der Maschine über ein Gestänge (G) mit dem Pumpenkolben im Schachtumpf gekoppelt. Bei jeder Aufwärtsbewegung des Gestänges drückt der Pumpenkolben das Wasser in einer Rohrleitung (S) nach oben, während es beim Niedergang ansaugt.

Die Maschine besitzt einen hydraulischen Hilfsantrieb, (O), (M) und (U), der das unter Druck stehende Wasser im Rohr (E) zum Hauptkolben strömen läßt oder für dessen Abfluß durch das Rohr (H) sorgt. Kurz vor Erreichen der beiden Endlagen des Hauptkolbens bewirken mechanische Hebel (a) die Umstellung des Druckwassers auf die Hilfszylinder und somit auch auf den Hauptkolben, wodurch sie einen ununterbrochenen periodischen Betrieb gewährleisten.

Eine Reihe von weiteren Ventilen und Hilfseinrichtungen zum Einstellen der Geschwindigkeit, zum Anhalten der Anlage und zum Absperrn oder Entlüften verdeutlichen die ausgereifte Konstruktion dieser Maschine. Auch für beginnende Undichtigkeiten an den Stopfbuchsen oder Kolbendichtungen gab es Vorkehrungen, Fehler rechtzeitig zu erkennen und ihren schädlichen Einfluß zunächst zu begrenzen. Beispielsweise stehen beide Seiten des Pumpenkolbens ständig mit Wasser in Verbindung, so daß keine Luft an die Kolbendichtung dringen und dadurch die Pumpleistung verringern kann. Für gedämpften Aufschlag und Begrenzung der Bewegung des Pumpengestänges im Fehlerfall sorgen verformbare Ringe aus Blei in der Maschine bzw. aus Eichenholz in der Pumpe.

Ein im Abflußrohr (H) stehende »Hinterwassersäule« von rund 20 m wirkt als Gegengewicht für das Pumpengestänge, wodurch ein sonst übliches Balancier entfallen kann.

Aus den Angaben läßt sich die aufgenommene Leistung abschätzen:

| | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| <i>Höhe der Wassersäule</i> | 688 Fuß (200 m), |
| <i>Zylinderdurchmesser</i> | 16 Zoll (0,12 m ²), |
| <i>Hublänge</i> | 6 Fuß (1,75 m), |
| | 4 Doppelhübe/Minute |

$$P = h g m/t =$$

$$200 \text{ m} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,12 \text{ m}^2 \cdot 1,75 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 / 7,5 \text{ s}$$

$$P = 54.960 \text{ W (ca. 55 kW)}$$

Eine weitere Wassersäulenmaschine zum Antrieb der Fahrkunst befand sich etwa auf halber Höhe im Schacht Kaiser Wilhelm II in Clausthal.³⁵² Eine andere Maschine arbeitete im Schacht Königin Marie mit einer Leistung von 200 PS als Wasserpumpe, im Zellerfelder Museum steht ein Modell im Maßstab 1: 10.

Im Deutschen Bergbaumuseum in Bochum gibt es seit einigen Jahren ein Funktionsmodell der Reichenbachschen Wassersäulenmaschine, die ab 1809 in Berchtesgaden Sole gepumpt hat. Es handelt sich um einen verkleinerten Nachbau, Maßstab 1:7, aus Messing mit Mineralglas.³⁵³

Einige an ihrem Einsatzort erhaltene originale Maschinen gibt es noch im Freiburger Revier. Fotos aus unserer Zeit dokumentieren die Technik der Anlagen, beispielsweise die Brendelsche Wassersäulenmaschine in der alten Mordgrube Fundgrube im Mendenschacht bei Freiberg.³⁵⁴

(Im Anhang H befindet sich eine Auflistung der Maschinendirektoren.)

4.3.5 Turbinen

Während bei den oberflächigen Wasserrädern und den Wassersäulenmaschinen das Gewicht des Wassers, in Form von potentieller Energie die entscheidende Rolle spielt, nutzt eine Turbine den Stoß des bewegten Wassers (Impuls), beziehungsweise seine kinetische Energie, aus.

Es gibt verschiedene Bauformen, mit denen sich eine an Durchfluß und Gefällhöhe gut angepaßte Turbine bauen läßt. Ob beispielsweise ein wenig angestauter Fluß mit großer Wassermenge (Propellerrad, Kaplan turbine), Staudamm mit mäßigem Höhenunterschied (Schaufelrad, Francis turbine) oder wie am Ottiliae-Schacht wenig Wasser mit hohem Gefälle (Tangentialrad, Pelton turbine) zur Stromerzeugung genutzt wird, jede Turbine erreicht nur

beim richtigen Wasserzufluß ihren optimalen Wirkungsgrad.

Beim oberflächigen Wasserrad greift das Wasser bei rund einem Viertel der Schaufeln gleichzeitig an, bei der Pelton turbine sind es noch weniger: Hier strömt ein starker Wasserstrahl tangential an den Schaufelkranz.³⁵⁵ Bei den anderen Bauformen der Turbinen wird das Wasser im Gehäuse so gelenkt, daß alle Schaufeln oder Flügel gleichzeitig angeströmt werden können. Die Turbine am Ernst-August-Schacht ((H)–Abb. 94) ist eine Francis-Spiral turbine³⁵⁶, sie ist an dem schneckenförmig um die Welle gewundenen Wassergehäuse zu erkennen.

Bei optimaler Anpassung und Einstellung lassen sich

352 Ideal-Riß, vgl. Ansohn [L15–Seite 42 Nr. 18, Fotos Seite 155], sowie Lengemann, Meinicke [L131–Seite 235, Tafel XX].

353 Deutsches Bergbau-Museum [L72–Seiten 19–23].

354 J. Kugler, H. Lauch [L127], aktuelles Foto der Mordgrübnere Wassersäulenmaschine und Zeichnung von Hechler, O. Wagenbreth [L207–Seite 223].

355 Meyers Lexikon [L138–12. Band–Seite 1073]. In der Ausstellung am Ottiliae-Schacht sind Düsenkörper für die Regulierung des Wassers zu sehen.

356 Meyers Lexikon [L138–12. Band–Seite 1072], R. Slotta [L189–Seite 224]. Bei den Aggregaten V und VI gab es zwei Düsen.

für Turbinen Wirkungsgrade von bis zu 90 % erreichen, während beim Wasserrad höchstens 75 % möglich sind. Dort ist die Kraft allerdings wegen der geringen Drehzahl unmittelbar ohne Umwandlung von einer Fördermaschine oder Kolbenpumpe zu nutzen.

Die zunächst im Freiburger Revier gebauten Turbinen waren dem Wasserrad ähnlich, sie hatten eiserne Schaufeln an einem großen Rad (Durchmesser >1,5 m, Bauart Schwamkrug³⁵⁷) und liefen bei geringer Gefällehöhe langsam. Ein einfaches Getriebe setzte die Drehzahl soweit herab, daß sie mit den Wasserrädern konkurrieren konnten. Bei bestimmten Wassermengen pro Zeit und Gefällhöhen waren sie den Wasserrädern und Wassersäulenmaschinen überlegen. In Freiberg ist noch ein Turbinenrad mit Getriebe untertage vorhanden und war

noch vor einigen Jahren zugänglich. Spätere (modernere Konstruktionen aus besserem Material sind bei gleicher Leistung erheblich kleiner. Die auf dem Gelände der Harzwasserwerke in Clausthal lagernden Teile, zwei eiserne Schaufelräder von Francisturbinen, aus dem Wasserkraftwerk an der Sösetalsperre, sind mit rund 1 m Durchmesser um mehr als eine Größenordnung kleiner als das daneben stehende hölzerne Kunstrad mit 11,5 m. Bei der Leistung, rund 1500 PS zu 11,5 PS, verhält es sich dagegen umgekehrt.

Die neue kleine Turbine am Rosenhof (vgl. Anhang D.4, Gefälle 30 m, rund 5 m³/Minute) läßt sich im Betrieb automatisch an die Wassermenge anpassen. Für die anderen der Turbinen der ehemaligen Wasserkraftwerke sind die Daten in Anhang D.3 zusammengestellt.

4.3.6 Arbeitsmaschinen, Fahrkunst und Hubkunst

4.3.6.1 Fahrkunst, zunächst von Wasserkraft, später von Dampfkraft angetrieben

In einem Bericht beschreibt Georg Ludwig Wilhelm Dörell 1837 [L74] seine Erfindung, die Fahrkunst, nennt ihre Einsatzmöglichkeiten und versucht mit einer gefälligen Grafik mit elegant gekleideten Personen, noch zweifelnde Bergleute von der Ungefährlichkeit dieser Einrichtung zu überzeugen. Diese nutzbringende Einrichtung verkürzte nicht nur die Ausfahrzeiten der Bergleute am Ende der Schicht, sondern sie beschleunigte auch das Einfahren.³⁵⁸ Wie sich für Dörell überraschend durch Versuche im Betrieb herausgestellt hat, reicht das Gewicht hinabfahrender Bergleute unter Umständen sogar aus, das Gestänge auch ohne Wasserkraft anzutreiben.

»Wenn gleich diese Maschine hauptsächlich auf Erleichterung beim Ausfahren berechnet war, so wird sie gegenwärtig in diesem Schacht dennoch auch zum Einfahren benutzt und braucht dann wenig oder gar keinen Aufschlag, je nachdem sie im Niedergange belastet ist.

Unter solchen Umständen liesse sich dieselbe auch bei nur geringen Wasser-Quantitäten anwenden, wenn durch die einfahrende Mannschaft die ausfahrende abgewogen und nur Friktion und übrige Lastmomente durch eine geringe Ueberkraft zu überwinden seyn würden.«³⁵⁹

Was sich zunächst nur als zusätzliche Verwendung der hölzernen Stangen für die Pumpenkunst herausgestellt hatte, entwickelte sich bald zu einer selbständigen Einrich-

tung mit eigenem Antrieb (Thurm Rosenhof hatte zwei Kunsträder³⁶⁰, ein eigenes für die Fahrkunst) und erhielt in der späteren Zeit Stangen aus Drahtseilen oder Schmiedeeisen zur Anbringung der Trittstufen (Samson, (2)–Abb. 145).

Im Oberharzener Bergwerksmuseum und im Deutschen Museum in München ist der Aufbau mit hölzernen Stangen ausgestellt. Während in Zellerfeld die Stangen in einem tonnlägigen Schacht zu sehen sind, stammt die andere Mechanik aus dem senkrechten Serenissimum Schacht im Rammelsberg. Bei beiden Exponaten sind die Halter für die Holzbretter der Trittstufen aus dünnem Schmiedeeisen gefertigt.

Bedingt durch die Führung der Stangen über seitliche Walzen und zusätzlich aufgebraachte Abrollflächen ((1), (3) und (4)–Abb. 126), lassen sich die Trittstufen an den Stangen nicht immer an der gleichen Seite anbringen, sondern haben manchmal nur an der Rückseite Platz. Bei senkrechten Schächten bedeutet dieser Wechsel keine Probleme, dagegen ist bei schrägen Schächten der Abstand zwischen Tritt und Stange zu vergrößern, damit die Bergleute nahezu senkrecht stehen können.

»Die hölzernen ¼ m im Quadrat grossen Trittflächen sind meist an der Vorderseite, zuweilen an der Rückseite der Gestänge (>verkehrte Stücke<) befestigt.«³⁶¹

Zu den Funden aus der Runden Radstube gehören mehrere Sätze eiserner Halter für die Trittstufen ((6)–Abb. 128). Nach Form und Abmessung handelt es sich hier

dass eine Verlängerung des bei dem bisherigen Verfahren auf die kurze Spanne von 55 Jahren beschränkten bergmännischen Lebens daraus hervorgehen dürfte: darüber muss der Folgezeit das Urtheil verbleiben.«

357 Friedrich Wilhelm Schwamkrug 1808–80, O. Wagenbreth [L207–Seite 59], und O. Wagenbreth, E. Wächtler [L208–Seite 68].

358 H. Heindorf [L105]. Über die Auswirkungen auf die Gesundheit schreibt C. H. Brockmann [L60]:
»Ob die Einflüsse dieser in der Hygiene der Bergtechnik Epoche machenden Erfindung so bedeutend seyn werden,

359 G. L. W. Dörell [L74–Seite 205].

360 F. Balck [L27–Seite 75].

361 H. Banniza et al. [L31–Seite 202].

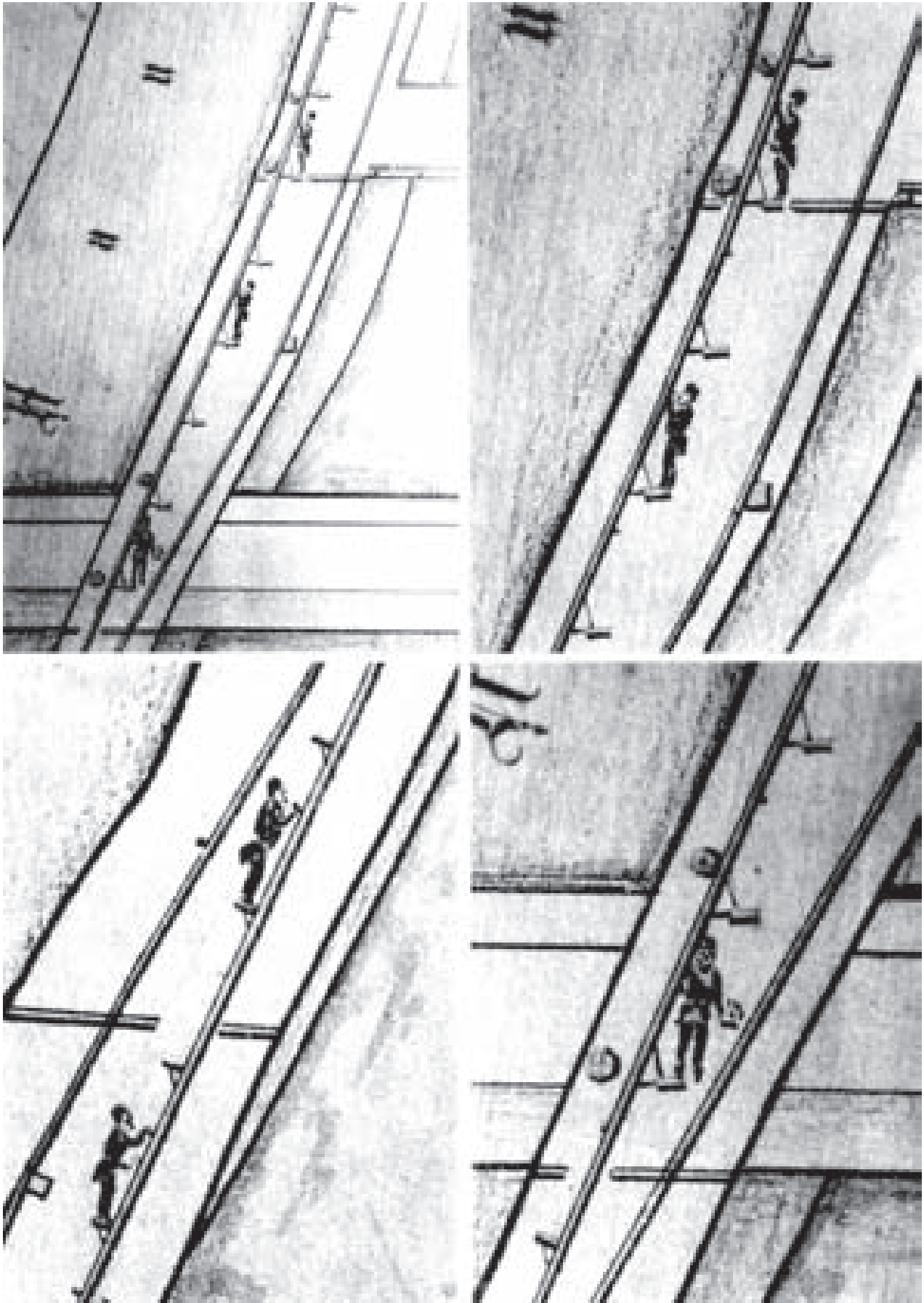


Abb. 144: Fahrkunst im Herzog Georg Wilhelm Schacht. An dieser Stelle fahren die Bergleute auf der »verkehrten« Seite (OBA [Z10]).

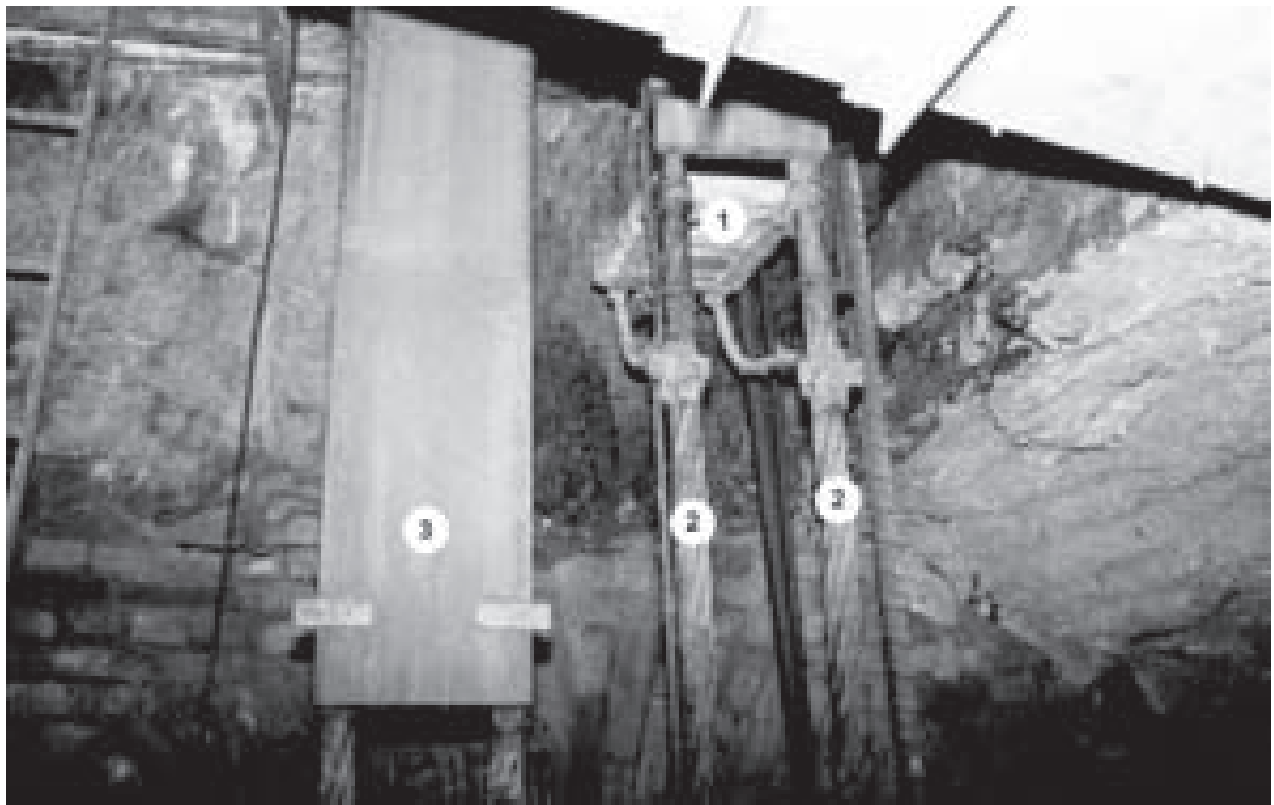


Abb. 145: Trittstufen der Drahtseilfahrkunst in der Grube Samson, Sankt Andreasberg.

um verkehrte Stücke, wie auch aus den Skizzen des späteren geheimen Bergrates Otto Dörell³⁶² ((7)–Abb. 128) hervorgeht sowie aus einem Riß im Oberbergamt über den Schacht Herzog Georg Wilhelm, **Abb. 144** (auf der vorigen Seite).

»Trittstufen zur Fahrkunst, für solche Tritte, welche am Liegenden der Gestänge angebracht sind, um auf denselben in aufrechter Haltung stehen und fahren zu können. (angewandt bei den Fahrkünsten im Herzog Georg Wilhelm und Auguster Schacht zu Bockswiese).«³⁶³

Der auf der Skizze genannte Schacht Herzog Georg Wilhelm besitzt wie beispielsweise auch der »schwierige« Neue Rosenhöfer Schacht³⁶⁴ wechselnde Einfallswinkel, denn beide folgen auf dem Weg nach unten den Erzgängen.

Obwohl die Stangen zunächst aus Holz bestanden, kam aufgrund der Länge oft ein großes Gewicht zustande, das erhebliche Ansprüche an Material und Verbindungstechnik stellte.

1 m Stange hat ein Volumen

$$1,7 \text{ dm} \cdot 1,45 \text{ dm} \cdot 10 \text{ dm} = 24,7 \text{ dm}^3$$

bei einer Holzdichte von $0,8 \text{ kg/dm}^3 \Rightarrow$ rund 20 kg/m

174 m wiegen rund **3,5 t**,
354 m wiegen rund **7 t**

»Der Gestängequerschnitt ist ganz oder nahezu quadratisch, in der Stärke verschieden, oft nach der Tiefe verjüngt; so besitzt die Hilfe Gotteser Kunst zwei 122 und 174 m lange Stücke von 17 und 14,5 qcm Querschnitt; die Julianer Sophier Künste haben auf eine Länge von 354 m 6 gleichmässig verjüngte Stücke zwischen 16×18 und $13 \times 15 \text{ cm}$ Stärke.«³⁶⁵

Wegen der Gewichtsprobleme bei tiefen Schächten und der Unfallgefahr bei Stangenbrüchen³⁶⁶, gab es sehr bald Verbesserungen, Fangeinrichtungen und Konstruktionsänderungen unter Einbeziehung von eisernen Teilen. Schon 1837 beschreibt G. L. W. Dörell auch Versuche einer Konstruktion für die Fahrkunst im Samson. Wegen des hohen Gewichtes sollte sie nicht mit Holz, sondern mit Drahtseilen gebaut werden. Das Ergebnis dieser Anstrengungen ist noch heute in Sankt Andreasberg als einzige hier noch genutzte Fahrkunst zu besichtigen³⁶⁷. In einer Aufnahme schräg von unten sind eine Trittstufe (1) und beide Drahtseile (2) in **Abb. 145** dargestellt. Der benachbarte Tritt am anderen Gestänge verbirgt sich hin-

362 Sohn von G. L. W. Dörell, *1827.

363 O. Dörell [L75], Handskizzen Harzbibl.

364 G. Voigt [L204–Seite 40].

365 H. Banniza et al. [L31–Seite 202].

366 W. Ließmann [L134–Seite 44], W. Böttcher [L56–Seite 53].

367 Vgl. [Z3]. Die vollständige Zeichnung mit allen Elementen dieser Fahrkunst im Schacht (Fangzeuge, Rollen, Führungen) ist eine einige Meter lange Papierrolle, sie befindet sich im Rißarchiv des OBA, Signatur 1795.

ter dem bei jeder Stufe zur Versteifung eingesetzten Holzbrett (3).

Neben den wassergetriebenen hölzernen hat es bis zur Einstellung des Bergbaus auch noch eiserne Fahrkünste gegeben, die mit Wassersäulen – oder Dampfmaschinen liefen. Hierzu zählen die Künste in den Schächten Kaiser Wilhelm³⁶⁸ und Königin Marie³⁶⁹.

Während bei der Grube Dorothea ((4)–Abb. 126) die Holzstangen miteinander verkämmt sind, halten im Marienschacht sechs große eiserne Schrauben die schweren Schmiedestangen zusammen, Foto von Padmore ((5)–Abb. 126, (vgl. Beißner³⁷⁰). Der Antrieb erfolgt dort über eine Dampfmaschine.³⁷¹

Das Gesamtgewicht einer Stange von 620 m Länge läßt sich mit den Angaben von Hoppe abschätzen:

$$\begin{aligned} 0,38 \text{ dm} \cdot 0,95 \text{ dm} \cdot 10 \text{ dm} &= 3,6 \text{ Liter} \\ \text{Gewicht/Länge } 8 \cdot 3,6 &= 28 \text{ kg/m} \\ 620 \cdot 28 \text{ kg} &= \text{rund } \mathbf{18 \text{ t}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,18 \text{ dm} \cdot 0,45 \text{ dm} \cdot 10 \text{ dm} &= 0,8 \text{ Liter} \\ \text{Gewicht/Länge } 8 \cdot 0,8 &= 6,4 \text{ kg/m} \\ 620 \cdot 6,4 \text{ kg} &= \text{rund } \mathbf{4 \text{ t}} \end{aligned}$$

bei 50% Aufteilung $(18 + 4)/2 =$
11 t Gesamtgewicht

»Gegenwärtig sind nur 81 Tritte an jedem Gestänge vorhanden. Zum Betriebe dienen 2 Dampfkessel [...]. Die Anzahl der Doppelhübe der Maschine beträgt 48, die der Gestänge 4 per 1 Minute.

Es beträgt die ganze Länge des Fahrgestänges 620 m; die Baulänge der einzelnen stumpf aneinanderliegenden durch Laschen verbundenen schmiedeeisernen Gestängestücke 7,86 m;

die Dicke 0,038 m,

die Breite 0,095 m der Gestängestücke oben an den Kunstkreuzen;

die Dicke 0,018 m,

die Breite 0,045 m unten im Gesenk;

der Hub der Gestänge 3,84 m;

die Anzahl der Fangzeuge auf der ganzen Länge beträgt 10.«³⁷²

Anhand dieser Zahlen läßt sich die Kapazität für den Personentransport abschätzen und mit der für die Seilfahrt vergleichen.

Fahrkunst. Bei 80 Trittstufen und acht halben Trittwechseln pro Minute dauert eine Fahrt $80/2 = 20$ Minu-

ten. Wenn der erste Bergmann unten angekommen ist, steigt oben der achtzigste ein und erreicht nach spätestens weiteren 20 Minuten die Sohle. Es können somit in $2 \cdot 20 = 40$ Minuten 80 Bergleute befördert werden, also im Mittel 2 Personen/Min.³⁷³

Seilfahrt. Bei der Seilfahrt mit 6 m/s, 4 Personen/Korb und 600 m Teufe beträgt die Fahrzeit 100 Sekunden + 20 Sekunden Umsteigezeit = 120 Sekunden, das sind im Mittel auch 2 Personen/Minute. Bei gleichem Platzbedarf wie für die Fahrkunst im Schacht können im Korb nur zwei Personen fahren und somit reduziert sich die Kapazität auf die Hälfte.

»Die Fahrzeit von Tage hinein bis ins Gesenk, also für 620 m Teufe, beträgt im Mittel 20 bis 30 Minuten. Es sei übrigens beiläufig erwähnt, dass im allgemeinen durch die Fahrkünste aus grösseren Teufen in derselben Zeit eine grössere Zahl von Bergleuten befördert wird, als durch das Fahren am Seil, die Fahrkünste sich also auch in dieser Beziehung auszeichnen.«³⁷⁴

4.3.6.2 Hubkunst

Seit der Erfindung des krummen Zapfens haben hintereinander geschaltete Kolbenpumpen³⁷⁵ das Wasser aus den Gruben gefördert. Diese Technik benutzte man sogar auch nach der Einführung der Dampfmaschinen weiter. Erforderliche Kraft, Wirkungsgrad und Fördermengen einer derartigen Hubkunst hat H. H. Nietzel³⁷⁶ exemplarisch berechnet. Die errechneten Werte für die Kraft sind von der Größe her bei tiefen Schächten vergleichbar mit den oben abgeschätzten Gewichtskräften der Stangen. (Ein ähnliches Verhältnis besteht auch zwischen Nutzlast und Seilgewicht bei der Seilförderung.)

Während die Konstruktion der von H. H. Nietzel berechneten Pumpensätze bei Calvör (1763) beschrieben ist, zeigt Abb. 127 eine Bauart von 1848. Es handelt sich um einen Ausschnitt von Abb. 2 von A. Polle. Im Deutschen Bergbaumuseum in Bochum ist ein originaler Pumpensatz dieser Bauart zu besichtigen (**Abb. 146**), der zugehörige Pumpenkolben hängt rechts daneben. Um ein Verklemmen des Kolbens (3) durch Verkanten in der Röhre zu verhindern, ist die gekröpfte Verbindung zum Kunstgestänge (2) und (2)–Abb. 127 weit ausladend und beweglich.³⁷⁷

368 Lengemann, Meinicke [L131–Seite 235].

369 O. Hoppe [L112–Seite 240].

370 K. Beißner [L46–Bild 3], vgl. [Z51] und außerhalb des Harzes [Z13].

371 F. Balck [L28–Abb. 45].

372 O. Hoppe [L112–Seite 221].

373 Die Leistung ist: $200 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 620 \text{ m}/60 \text{ s} = 20 \text{ kW}$

374 O. Hoppe [L112–Seite 221].

375 O. Wagenbreth [L208–Seite 50].

376 H. H. Nietzel [L152–Seite 46].

377 Vgl. J. G. Kern [L117–Tafel 10], vgl. modernere Versionen [Z69, Z76] (außerhalb des Harzes).

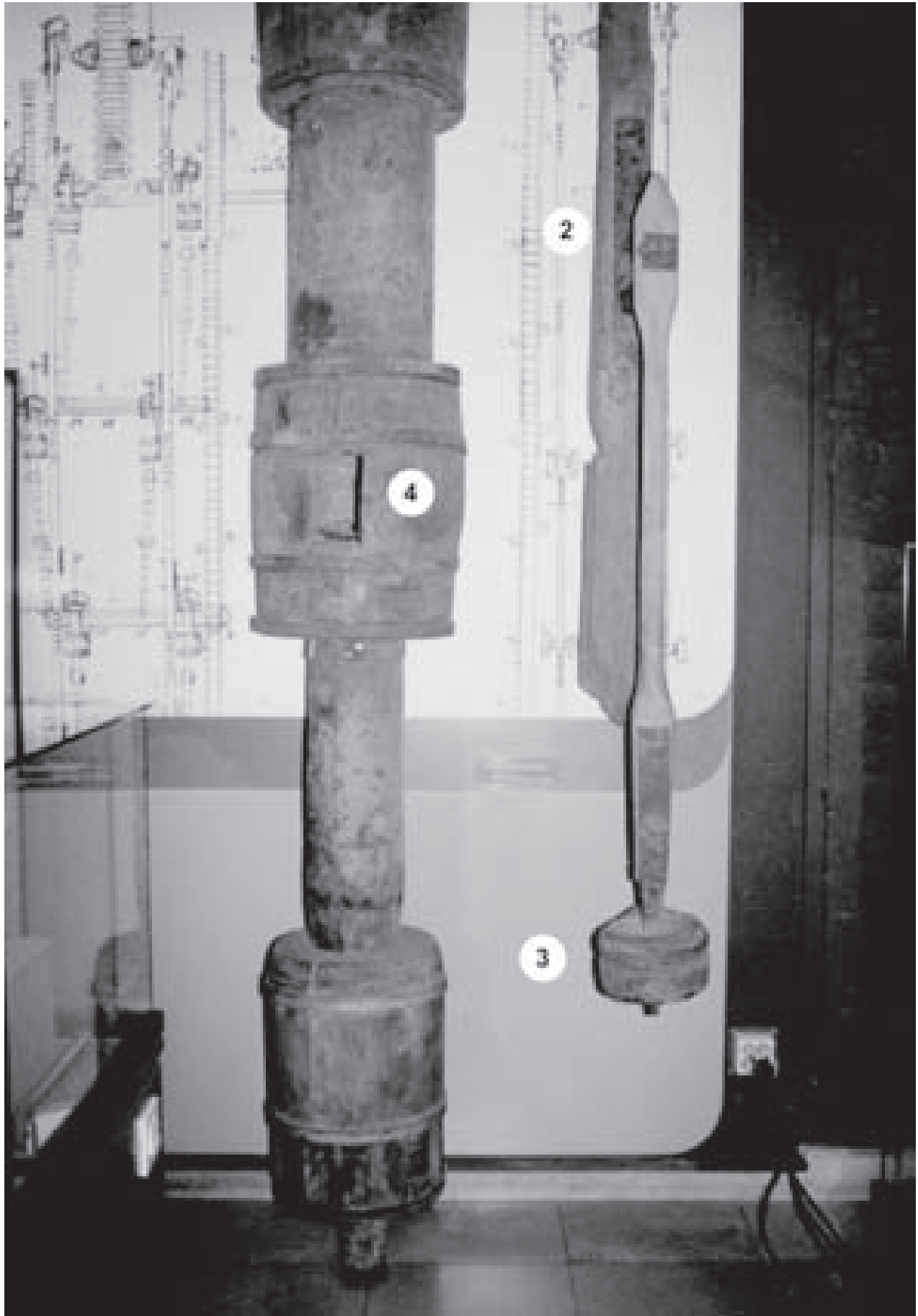


Abb. 146: Pumpensatz mit Kolben (rechts) aus dem Oberharz, Deutsches Bergbaumuseum Bochum.

4.4.1 Analyse der Formen und Konstruktionen der Radstuben

Nach den vorliegenden Daten gibt es für die Radstuben ein breites Spektrum von Formen und verwendeten Materialien. Keine Anlage gleicht einer anderen. Ob über- oder untertage, die Form des Geländes sowie Richtung und Größe des Gefälles bestimmten die Bauweise der Radstuben. Die Wände der Radstuben können als Trockenmauerwerk, mit Mörtel gemauert, als Holzaustrau oder auch ohne Ausbau bereits die nötige Festigkeit besitzen. Bei den übertägigen ist der Trog in der Regel ausgemauert und das Rad durch ein darüber gebautes Holzhaus geschützt.

Zum Anfang des 17. Jahrhunderts³⁷⁸ und zum Ende des 19. Jahrhunderts kamen einfache Satteldächer vor (Abb. 26, 22). Dagegen gab es in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts auch ausgefallenerere Formen mit Bogendach; wie bei der Grube Dorothea ((2)–Abb. 4, (B)–Abb. 70), auf dem Gemälde mit den Anlagen am Rosenhof (Abb. 9) und beim Oberen Thurm Rosenhof³⁷⁹. Die Dachsparren bestanden ähnlich wie die Laschen am Radkranz nicht aus einem Stück, sondern aus mehreren dicken Brettstücken, seitlich gegeneinander versetzt und von Holznägeln gehalten. Diese Dächer mit den vier gebogenen Dachflächen erforderten einen höheren Aufwand bei der Herstellung, boten aber seitlich mehr Raum bei gleicher Dachhöhe als ein normales Satteldach.

In der Grube Dorothea (Abb. 74) besteht der obere Teil aus einer Holzkonstruktion, während der Wassertrog solide aus Steinen gemauert ist. Nach der Darstellung von A. Polle ist die Mauer sehr regelmäßig mit glatten Steinoberflächen ausgeführt. Nur auf der Rückseite der Mauer – an den Seiten im Querschnitt sichtbar – sind die Steine unbehauen.

Im Feuergezäher Gewölbe (Abb. 80) ist nahezu die gesamte Radstube ausgemauert. In der Kanekuhle bestehen lediglich die Auflager für die beiden Wellen (Abb. 84) aus Sandstein, im Gewölbe (heute mit Gebirgsankern gesichert) ist noch der gewachsene Schiefer zu sehen. Das Gestein im Rammelsberg eignet sich nicht gut als Auflager für die Wellen der Kehräder ((F)–Abb. 87, (C)–Abb. 84). Bei der Seilkorbwelle in der Kanekuhle ist die Jahreszahl 1855 in die Stirnfläche der Mauer eingeschlagen.

Je nachdem, welches Material und welche Werkzeuge zur Bearbeitung verfügbar waren, verwendeten die Radstubenbauer Bruchsteine, ohne sie zu verändern, oder bearbeiteten einzelne Flächen vor dem Einbau. Die Wand der Runden Radstube, die im Laufe der Zeit mehrmals aufgestockt wurde, hat (Abb. 11, 14) verschiedene Gesichter. Erst in späterer Zeit hat man die harten Grauwackesteine paßgerecht zusammengefügt, während im unteren Teil die

Steine ungeordnet vermauert sind. Eine mustergültige Ausmauerung mit behauenen Grauwackesteinen zeigen auch die Radstuben am Knesebeck-Schacht (Abb. 50, 45). Die gerade erneuerte Wellenschutzmauer am Damm des Unteren Eschenbacher Teiches erreicht nicht die Qualität wie bei den Radstuben.

Recht kunstvoll wirken die gemauerten Gewölbebögen im Feuergezäher Gewölbe (Abb. 81) mit seinen bis zu 70 cm langen und 10 cm flachen Natursteinen. Dies gilt auch für die schweren Bögen in der Runden Radstube³⁸⁰, die große Lasten tragen müssen.

Neben den behauenen Natursteinen gibt es geschnittene oder geformte Steine in den Radstuben. Die untere Kunstradstube im Polstertal enthält zum Teil dunkle Schlackensteine, ein Nebenprodukt der Hütten.³⁸¹

Aus Kostengründen sollte ein neu zu schaffender Hohlraum für ein Kehr- oder Kunstrad sich mit seiner Form möglichst an die des Rades anpassen. Aus statischen Gründen verhält sich aber ein Hohlraum mit dem gleichen rechteckigen Horizontalschnitt wie das Rad ungünstig, wenn er seitliche Kräfte bekommt. Um diese abzufangen, wäre ein ovaler, besser sogar runder Querschnitt dem einfachen Rechteck vorzuziehen.

In der Praxis gelten diese Überlegungen nur für die schlanken Kunsträder, weil die Kehräder ohnehin schon breiter sind und mit einem Seilkorb auf der Welle nahezu eine quadratische Grundfläche benötigen, wie sich für die Räder in der Runden Radstube und am Silbersegen (Abb. 24) zeigen läßt.

Bei der Grube Jungfrau (Abb. 31) hat man einen rechteckigen Querschnitt bauen können, weil das Gebäude nicht tief im Boden steht und kaum Verformung durch Bodendruck zu erwarten war.

Dagegen hat sich die Kunstradstube am Knesebeck-Schacht im Laufe der Zeit kräftig verformt (Abb. 44). Trotz großer Wandstärke von 1,5 m sind die Wände um mehrere Zentimeter nach innen gebeult. Auch für die Außenwand der Kunstradstube (Abb. 51) trifft diese Feststellung zu.

Besser dagegen ist die obere Kunstradstube am Polsterberg (Abb. 59) gebaut mit ihren leicht ovalen großen Seitenwänden. Hier ist keine Verformung festzustellen. Die geraden Stirnflächen treffen nahezu rechtwinklig auf die Seitenflächen. Auch die Radstuben (D)–Abb. 98 (Grube Morgenstern) besitzen diese Form.

Ähnliche Bedingungen liegen in der Radstube am Zellerfelder Hoffnungsschacht vor (Abb. 65). Es sieht so aus, als ob sich die Reste der Mauer an den Längsseiten wie ein flaches Dreieck gegen das seitliche Erdreich gestützt haben.

378 Z. Koch und D. Lindemeyer [Z52], 1606.

379 H. Villefosse, siehe H. Radday [L159–Abb. 66].

380 F. Balck [L28–Abb. 14].

381 H. Kulke [L25–Seite 116].

Die Radstube der Grube Anna Eleonora (Abb. 23) ist im Querschnitt zwar viereckig, doch wölben sich alle vier Seitenflächen bogenförmig nach außen.

Bei der Grube Glasebach gibt es in der Ausmauerung der Kunstradstube keine senkrechten scharfen Kanten, sondern im Grundriß ein gleichmäßig geformtes, längliches Oval (Abb. 66).

Auch in der Ovalen Radstube in Clausthal können die Wände das Kehrrad in geringem Abstand umschließen, denn die Kurbelzapfen mit ihren Treibstangen sind in zwei

abgetrennte Schächte verlagert (Abb. 75).

Sehr viel schlanker erscheint die Radstube für das Kehr- rad der Grube Dorothea zu Freiberg (Abb. 77), bei der sich ebenfalls die Treibstangen außerhalb des Ovals in besonde- ren Schächten bewegen.

In Anhang B sind die Maße der Radstuben tabellarisch zusammengestellt. Für die Schleiftröge der aufgelisteten Kunstradstuben ergibt sich ein Breite-zu-Länge-Verhält- nis von etwa 1:6 bis 1:4. Für die Kehr radstuben beträgt dieses Verhältnis rund 1:5 bis 1:1,2.

4.4.2 Entwicklung und Systematik der Bauformen der Räder

4.4.2.1 Neue Techniken für die Wasserräder

Für den Bau der beiden großen Wasserlösungsstollen, Tie- fer Georg³⁸² (1799) und Ernst August³⁸³ (1864), legte man in regelmäßigen Abständen Lichtlöcher an, von denen aus der Vortrieb zu beiden Seiten in Richtung der nächsten Lichtlöcher oder Schächte erfolgte.

Zwei dieser neu abgeteuften Schächte sind Knesebeck in Bad Grund und Ernst August in Wildemann, die man beide für den Ernst-August-Stollen um die Mitte des 19. Jahrhunderts anlegte.

Während sich Reparaturen und Neubauten der Kunst- und Kehräder bestehender Schächte immer an die Gege- benheiten früherer Konstruktionen halten mußten, läßt sich an diesen neuen Schächten der damalige Stand der Technik ermitteln. In den Neubauten spiegeln sich Wis- sen und Erfahrung früherer Konstrukteure und Betreiber wieder. Glücklicherweise existieren einerseits Konstruktionszeichnungen aus der Bauzeit, Abb. 3 von Fr. Reddewig und Abb. 2 von A. Polle, und andererseits Reste der Gebäu- de und Maschinen, die noch Spuren der Nutzung – wenn auch mit anderer Technik – bis nach 1900 erkennen lassen. Wo zunächst die Förderung mit Wasserrädern begann, kamen später Turbinen und elektrische Fördermaschinen und übernahmen deren Aufgaben.

Sowohl Reddewig als auch Polle (nicht nur hier, son- dern auch in Abb. 74), zeichneten mit höchster Genauig- keit und Detailtreue ihre Maschinen und dokumentieren dadurch, wie der Werkstoff Eisen immer mehr Anteile der Konstruktion übernommen hat.

Während man früher das Eisen nur für Lagerung und zur Befestigung benutzte, ersetzt es hier allmählich kom- plette Bauteile wie beispielsweise die eisernen Kunstkreuze (1) mit der unteren Verbindung (2) und den Aufhängungen der Kunststangen (3) (Abb. 147–149). Bei Villedosse um 1820 bestanden die Kunstkreuze mit Ausnahme der Gelen- ke noch komplett aus Holz (Abb. 72).

Die am weitesten fortgeschrittene Version mit eisernen Halbkreuzen, ist wie bei der dampfbetriebenen Fahrkunst am Marienschacht³⁸⁴ auch auf dem Ideal-Riß am Schacht Thurm Rosenhof dokumentiert.³⁸⁵

Auch die Getriebe am Knesebeck-Schacht und im Schacht Dorothea (Abb. 73) deuten auf den technologi- schen Fortschritt hin. In Bad Grund sind die eisernen Lager in der Mauer ((K)–Abb. 54) noch heute zu sehen, mit denen sich der Abstand der Zahnräder einstellen ließ.

Der Einbau von Eisenguß als Material für stark bean- spruchte Teile wie diese zeugt von Verbesserungen in der Gieß- und Fertigungstechnik, die am Anfang des nachfol- genden 20. Jahrhunderts zur endgültigen Ablösung der hölzernen Wasserräder geführt hat.

Seit der Erfindung des Drahtseils im Jahre 1836 durch Albert [L13] ließen sich größere Lasten aus tieferen Schächten heben, wo früher leicht brechende, schwere eiserne Ketten oder kurzlebige dicke Hanfseile³⁸⁶ ihren Dienst taten. Nicht nur bei der Förderung, sondern auch bei der Kraftübertragung fanden sich Verwendungsmög- lichkeiten für die neuen Seile, wie beispielsweise bei der Drahtseiltransmission (Abb. 57), die erst durch den Einbau von Getrieben an den Endpunkten der Übertragung Vor- teile brachte (möglicherweise aber mit Nachteilen für den Wirkungsgrad).

Am Ernst-August-Schacht in Wildemann, für die Museumsbesucher noch sichtbar, zeugen eine lange Gewindespindel (4)–Abb. 115 und zwei Kegelräder (2), (4)–Abb. 111 von den Versuchen, das Aufschlagwasser au- tomatisch zu steuern.³⁸⁷

Neben dem Kegelrad auf der Welle sind noch die Reste der früheren hölzernen Seilkorbverstellung, ((1)– Abb. 100), in Form eines dicken Ringes zu sehen, während unmittelbar daneben eine eiserne Konstruktion die Funk- tionen übernommen hat.

das für deren Verlagerung erforderliche Eisenmaterial- Angewäge, Querträger – infolge der Überhäufung der Ei- senwerke mit Aufträgen und der dadurch bedingten langen Lieferungsfristen noch nicht zur Anlieferung gelangt ist.»

382 J. Ch. Gotthard [L97].

383 K. Fieke [L87–Seite 30].

384 F. Balck [L28] –Abb. 45].

385 F. Balck [L27–(KK) in Abb. 33]. OBA (Archiv Preussag Gos- lar) IX f 13 Vol. 1, 16. Juni 1899: »Der Einbau der neuen eisernen Kunstkreuze hat noch nicht erfolgen können, weil

386 J. Fr.L. Hausmann [L104–Seite 102].

387 H. H. Nietzel [L151, L154] und H. Dirks [L73].

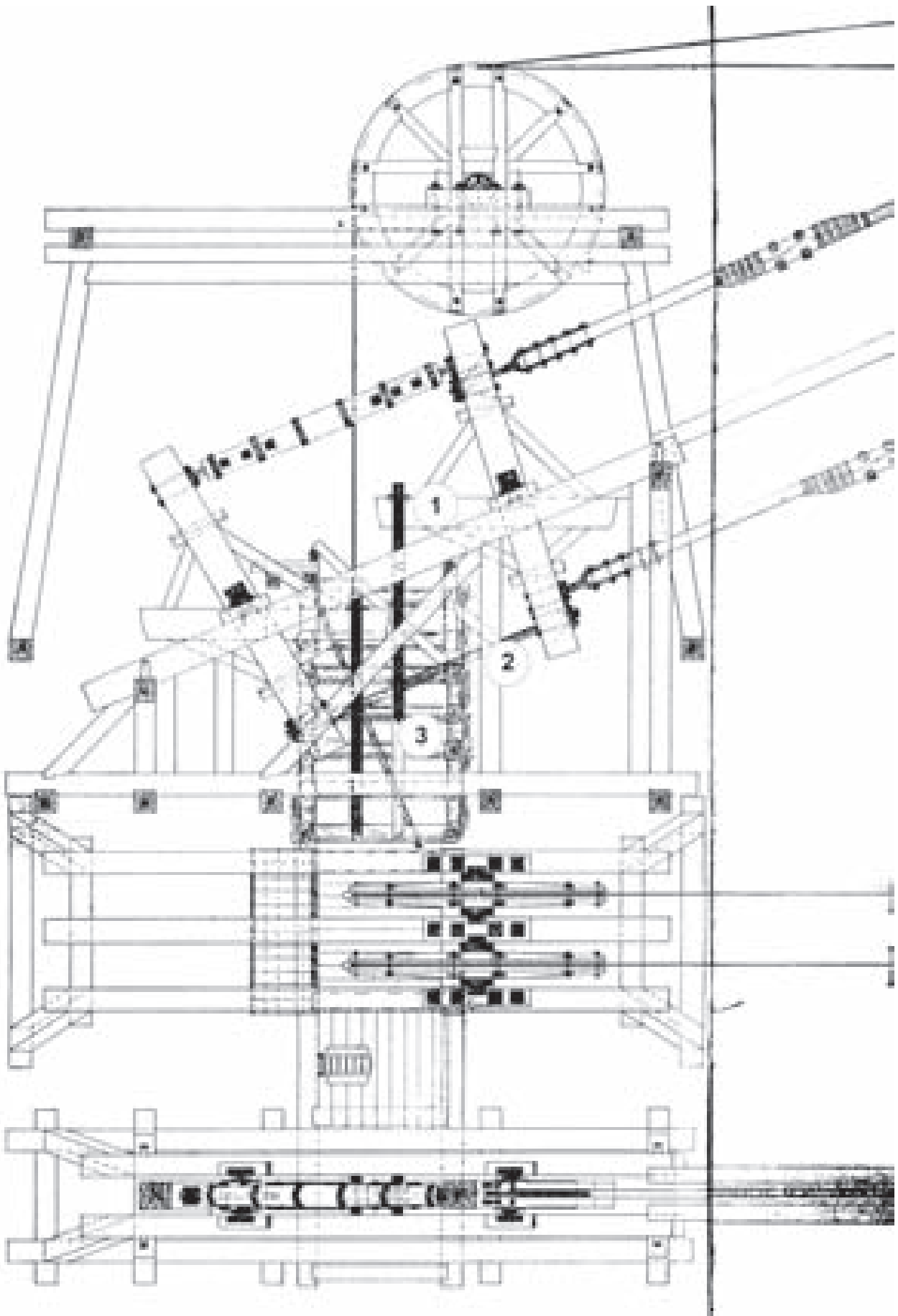


Abb. 147: Kunstkreuze über dem Knesebeck-Schacht (aus Abb. 3).

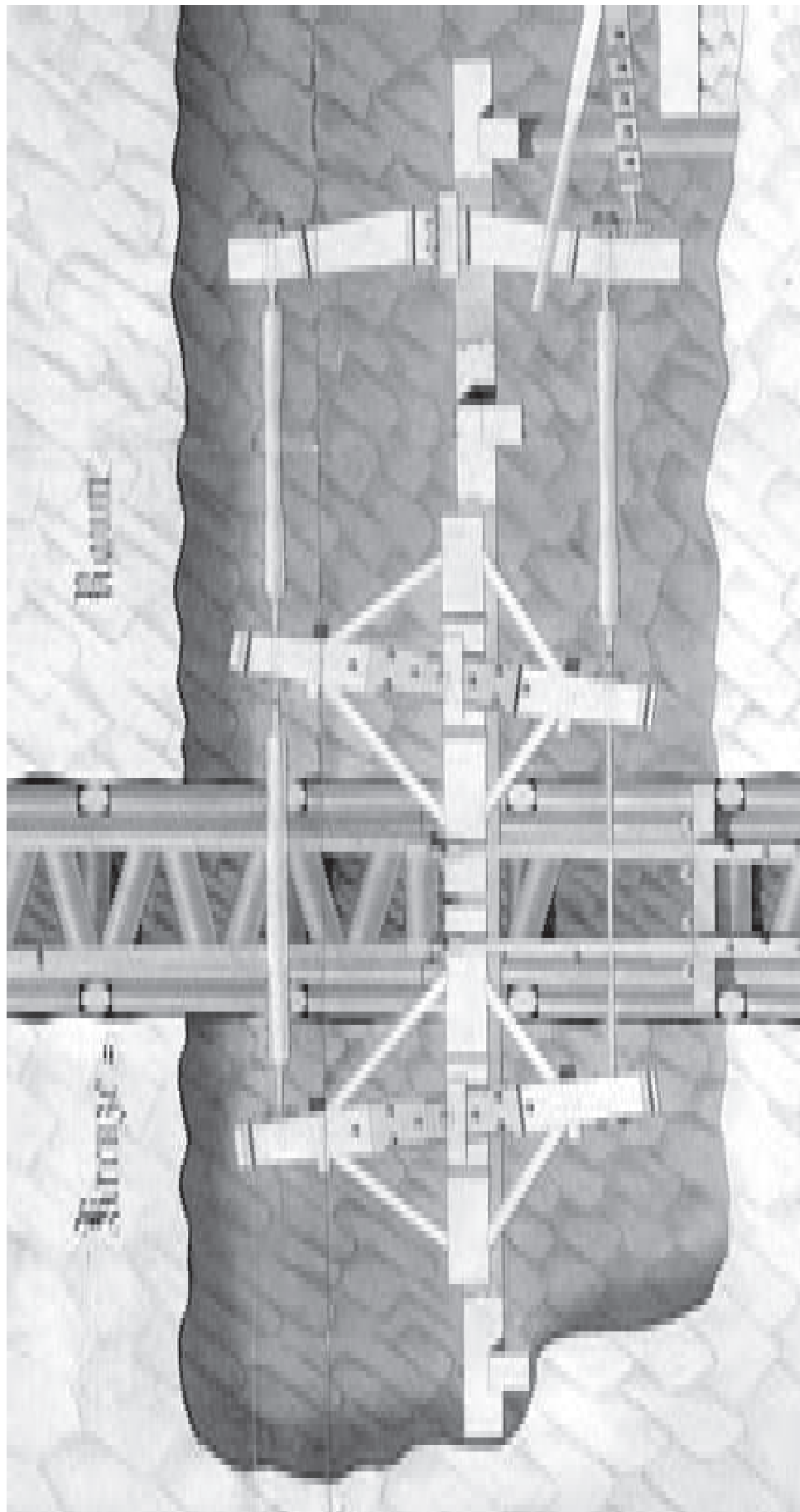


Abb. 148: Kunstkreuze über dem Ernst-August-Schacht (aus Abb. 2).

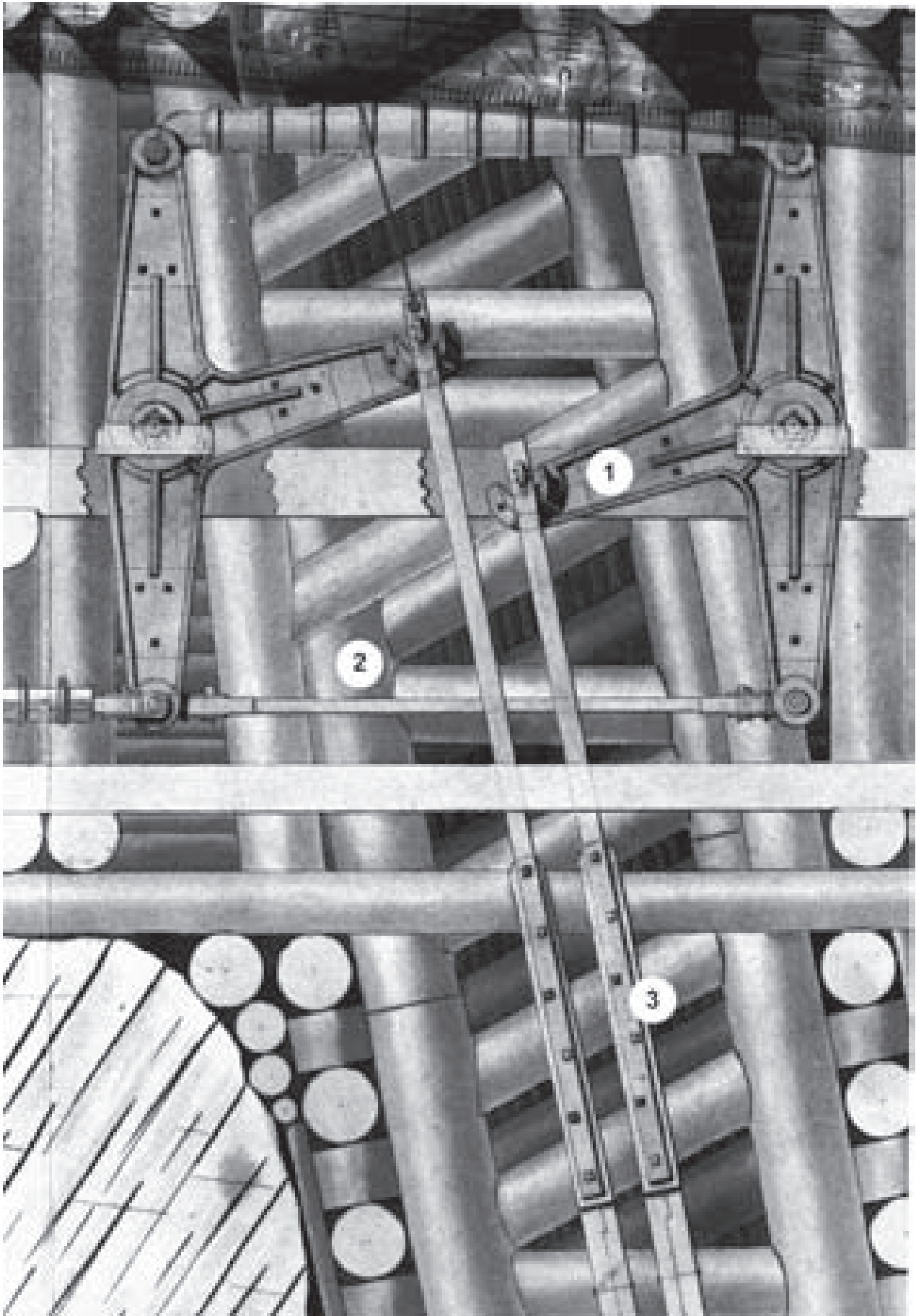


Abb. 149: Kunstkreuze über dem Dorothea Schacht (wie Abb. 74).

4.4.2.2 Vereinheitlichungen oder konstruktive Neuerungen, Planung und Bau eines Rades

Trotz der räumlichen Nähe der einzelnen Gruben im Harz zeigt diese Untersuchung ein breites Spektrum der Bauarten sowohl für die Radstuben als auch für die eingebaute Technik.

Als Beispiel für ein angepaßtes, maßgeschneidertes Rad mag das »einbeinige« Kunstrad der Grube Kummelsglück gelten (Abb. 95). Der kleinere Durchmesser, die Halbierung der Anzahl der Arme sowie das Weglassen einiger Hilfsarme zeichnet das Rad als Sonderanfertigung aus. Obwohl es auf den ersten Blick wie ein Rad nach Calvör ((1)–Abb. 105) aussieht, gehört es durch Einbau der Viertelstöcke und Befestigung der Hilfsarme zur Bauart (2)–Abb. 105. Eine andere »einbeinige« Konstruktion mit radialen Speichen findet man untertage in der Grube Büchenberg bei Elbingerode.

Wurde eine neue Radstube geplant, richtete man sich bei der Größe nach dem zur Verfügung stehenden Gefälle oder nach den technischen Möglichkeiten für den Bau des Rades zur Zeit der Planung (statische Probleme, Transportmöglichkeiten, Materialfragen). Handelte es sich um einen Ersatz, dann war die Größe meist vorgegeben.

Wo es möglich und erlaubt war, probierte man technische Verbesserungen aus, die zum Teil nur in kleinen Veränderungen bestanden. Hierin lassen sich die Handschriften der Konstrukteure oder Handwerker ablesen.

Ob die Anfasung einer Wassertasche von innen oder von außen vorzunehmen ist, bringt für das Schluckverhalten eines Rades nur kleinste Änderungen. Tatsächlich hatten beide Kehräder im Rammelsberg im Originalzustand unterschiedliche Anfasungen bis 1995.

Sicherlich war der Unterschied beabsichtigt und mit Argumenten zu begründen. Für die Rekonstruktion nach dem alten Vorbild hat ein Zufall den kleinen Unterschied wieder beseitigt. Durch einen Übertragungsfehler zwischen Autor und Architekt sind seit 1995 beide Räder wieder ähnlich, obwohl dem Autor die Pläne zur Korrektur vorgelegen haben.

Auch bei der Anbringung der länglichen Unterlegbleche an der Rekonstruktion ist ein (harmloses) Mißgeschick passiert. Die neuen sind nur an den Hauptarmen wie beim Vorbild parallel zum Kranz montiert, für die etwas schmalere Hilfsarme waren sie zu lang und sind deshalb jetzt um 90° gedreht. (Diese Tatsache sei hier erwähnt, damit der nächste Konstrukteur keine Probleme mit der Deutung bekommt.)

Diese selberfahrenen kleinen Beispiele stehen stellvertretend für den Informationsaustausch zwischen den Konstrukteuren und Handwerkern der verschiedenen Gruben in der Nähe wie in der Ferne.

388 M. Mende [L141–Seite 120]. Die Leistungsfähigkeit der Zentralschmiede, Bau des stählernen Fördergerüsts am Ottiliaeschacht, beschreibt Lengemann [L130–Seite 36].

389 Goslar unterstand zwar nicht dem Bergamt Clausthal, die Information, wie man gute Räder baut, sollte aber über den

Der Besuch eines Oberharzer Konstrukteurs oder Handwerkers im weit entfernten Erzgebirge (Anhang H) oder im näher gelegenen Goslar konnte ihm Eindrücke der dort vorgefundenen Technik vermitteln. Jener Reisende hat dabei sicherlich nicht alle Einzelheiten erforscht und wahrgenommen. Manche Neuigkeiten, die ihm einleuchtend erschienen, hat er sich nicht eingepägt oder zu Papier gebracht. Wieder zu Hause angekommen, mußte er sich mit seinen Fachkollegen oder Vorgesetzten auseinandersetzen und sie von der Durchführbarkeit und dem Nutzen etwaiger Änderungen überzeugen oder lediglich über die gesehene rückschrittliche Technik berichten. Daß hierbei nur Varianten und keine exakten Kopien der besichtigten Anlagen entstehen konnten, liegt auf der Hand.

So ähnlich wird es 1995 dem Mühlenbauer aus Sachsen gegangen sein, als er den Auftrag für das Kanekuhler Kehrrad erhielt. Er und seine Leute hatten bisher gut konstruierte sächsische Räder mit vorgesetzten Hilfsarmen und Viertelstöcken hergestellt. Nun sollten sie das neue Rad in einer überholten Technik nach den Plänen eines Architekten bauen. Das trug sicherlich zu manchem Kopfschütteln bei.

Daß sich so manche wichtigen Verbesserungen verbreiten konnte, dafür sorgten Reisekontakte sowie die Verwendung von einheitlichen Fertigteilen der Eisenhütten und Zentralschmieden.³⁸⁸ Auch staatliche Anordnungen förderten den Fortschritt.

Allerdings vergingen bei guten Rädern bis zum Ersatzbau häufig viele Jahre, so daß Inseln, wie beispielsweise Goslar, möglicherweise unbemerkt von der Obrigkeit eine Generation hinter den Oberharzer Rädern zurückbleiben konnten. Die Anordnung des Bergamtes Clausthal für die Verkämmung der Laschen stammt aus dem Jahre 1861, der letzte Neubau in der Kanekuhle dagegen von 1882.³⁸⁹ Auch die Konstruktion einer schwimmenden Bremszange ist nicht bis nach Goslar gedungen.

Um 1868³⁹⁰ gab es rund 193 Räder im Oberharz, davon entfielen auf den Bergbau 76 Stück, der Rest gehörte zu Aufbereitung, Hütten, Schmieden und Mühlen. Bei einer geschätzten Lebensdauer von zehn Jahren waren im Mittel jedes Jahr für 19 Räder entsprechendes Material vorzuhalten, Zimmerleute dafür abzustellen und Transport und Bau zu organisieren.

Jede Betriebsunterbrechung war nach Möglichkeit zu vermeiden, da der Ausfall eines Kunstrades und der Wasserpumpen zum Absaufen der Gruben führte. Beim plötzlichen Zusammenbruch eines alten Rades oder bei starker Beschädigung an einem intakten Rad während des Betriebes mußte sofort ein Ersatzrad gebaut werden können. Im Rammelsberg hatte man um 1678 zwei Reserveräder bereitliegen.³⁹¹

Nach den heutigen Erfahrungen mit dem Neubau in der Kanekuhle von 1995 sind für Materialbeschaffung,

»Dienstweg« auch bis Goslar gelangt sein oder über die Lektüre von A. Dumreicher (1868) [L79–Seite 37–Zitat in Abschnitt 4.3.3. 2.2.4].

390 A. Dumreicher [L79–Seite 39].

391 P. Eichhorn [L81–Seite 180].

Vorfertigung, Transport und Zusammenbau mit heutigen Maschinen etwa acht Wochen nötig, wovon allein acht Arbeitstage zu fünf Personen und zwölf Stunden für die Montage in der Radstube anzusetzen sind. Hierbei gab es keine langen Transportwege, da Grubenlastwagen die Teile direkt bis vor die Radstube bringen konnten.

Im 19. Jahrhundert dagegen waren alle Teile (14 t mit der schweren Eichenwelle) durch den Roederschen Wasserlauf über 400 m weit zu bringen (schwimmend im angestauten Wasser oder auf Rollen über dem Tretwerk). Bei den beiden ungünstiger liegenden Serenissimum Rädern (Abb. 90) muß sich der Transport noch schwieriger gestaltet und die Bauzeit vergrößert haben.

Nur durch Vorratshaltung von Baumaterial und Vorfertigung genormter Teile (Radkränze mit bereits ausgestemmt Nuten, Viertelstöcke, Bretter für Wasserfaschen, Rohlingen für Radwellen usw.) und Radmaßen in Baukastenform ließen sich die Ausfallzeiten begrenzen. Diese Normung trug sicherlich zur Vereinheitlichung der Räder bei. Das erforderliche schnelle Auswechseln von verschlissenen oder gebrochenen Rädern bedeutete aber auch die Bereitstellung von ausgebildeten Handwerkern, die diese Ersatzmaschinen bauen konnten. Bei einem Gebiet wie dem Oberharz mit seinen vielen Rädern sorgte der häufige Bedarf für ständiges Training der Handwerker und möglicherweise auch für Gelegenheiten, »Probier-versionen« bauen zu können. Dagegen war am Rammelsberg mit der geringen Anzahl an Rädern ein Wechsel etwas Besonderes, deshalb hatte man dort Reserveräder auf Lager liegen.

Es gibt ein Foto³⁹², das den Gaipel der Grube Thurm Rosenhof zeigt mit Zimmerleuten davor, die vermutlich Welle und Arme für ein neues Rad herrichten.

In der Grube Dorothea stellte die Neukonstruktion des Rades mit dem eisernen Stern (Abb. 74) etwas Besonderes dar. Hier zwangen die engen Transportwege zu einer Abweichung vom bisherigen Schema. Es war die Entscheidung zu treffen, entweder ein kleineres Rad zu bauen und auf den gewünschten großen Durchmesser zu verzichten oder von der bewährten Konstruktion mit durchgehenden Hauptarmen abzuweichen und einen eisernen Stern mit geteilten Armen einzusetzen. Man entschied sich für die neue Konstruktion.

4.4.2.3 Systematisierung der Bauformen

Für eine statistische gesicherte Auswertung reicht die Zahl der untersuchten Objekte nicht aus. Da aber kaum noch weitere Radstuben zugänglich oder entsprechend aufwendig dokumentiert sind wie beispielsweise die der Grube Jungfrau (Nr. 4), kann nur das vorhandene Material für die Analyse dienen.

In den vergangenen Jahrhunderten läßt sich eine Weiterentwicklung des oberflächigen Wasserrades nachweisen, die zu einer dauerhaften, stabilen Bauform geführt hat. Ständige kleine Verbesserungen haben – wie bei einer Evolution – für eine größere Lebensdauer der Räder gesorgt.

Als einerseits in der Mitte des 19. Jahrhunderts wissenschaftliche Berechnungen der Geometrie der Wasserfaschen oder anderer Teile möglich wurden³⁹³, mit denen man beispielsweise die Form der Schaufeln oder die Statik der Räder hätte optimieren können, existierte bereits eine gut ausgefeilte Konstruktion. Andererseits sorgte die Verbesserung bei der Fertigung von Schmiede- und Gußeisen dafür, sich immer mehr von dem Werkstoff Holz abzuwenden und aus dem neuen Material Teile oder sogar ganze Räder zu bauen. Folglich führten die neuen wissenschaftlichen Methoden kaum zu Änderungen an der bewährten Konstruktion der Holzräder. (Ausnahme: eiserne Schaufeln im Erzgebirge)

Manchmal spielten auch nicht belegbare Prinzipien eine Rolle (»Glaubensfragen«) für die Konstruktion: Die Hilfsarme der Calvörschen Bauart (Abb. 71) sollten so angebracht werden, daß sie dem aufschlagenden Wasser entgegenstehen³⁹⁴, die Arme werden dann auf Druck belastet. Dies ist eine plausible Forderung, die bei Kunsträdern eingehalten werden kann. Doch wie verhält es sich bei den Kehrädern? In der Hälfte ihrer Betriebszeit erzeugt das Aufschlagwasser keinen Druck, sondern einen zusätzlichen Zug in den Hilfsarmen. Der Vergleich der Gewichte von Kranz und Wasserinhalt zeigt deutlich (Kanekuhler Kehrard, Tab. 7 und Anhang G.5), daß das Gewicht des Wassers kleiner ist als das des Kranzes. Folglich kann die Ausrichtung der Hilfsarme bezüglich der Drehrichtung des Rades nicht von Bedeutung gewesen sein.

Ausgehend von der Konstruktion bei Agricola³⁹⁵, 1556, mit etwa 64 Schaufeln und 36 Fuß (11 m) Durchmesser oder der kleineren mit nur 40 Schaufeln³⁹⁶, benötigte man lediglich kleinere Änderungen, um zu einer stabileren Bauart zu kommen. Die bei Agricola beschriebenen Maße der Welle (vierkantig, 2 Fuß hoch) finden sich auch beispielsweise noch bei der Kanekuhle und in der Runden Radstube. Allerdings sorgten später nachstellbare Verbindungsmittel, eiserne Stecknägels³⁹⁷ und Schrauben oder lange Zuganker mit Gewinde, für haltbarere Verbindungen.

Die Form der Welle mit quadratischem Querschnitt hat sich bis zum Ende der Entwicklung im Bergbau gehalten, obwohl es auch Konstruktionen mit sechseckigen Wellen gegeben hat.³⁹⁸ Vom Ausgangsmaterial her (runder Eichenstamm) bietet ein Sechseck mit seinem größeren Querschnitt mehr Festigkeit als ein Quadrat, allerdings sind dort die Winkel der bearbeiteten Außenflächen ungünstiger, um ein Drehmoment zu übertragen.

392 F. Balck [L27–Abb. 101–103].

393 J. Weisbach [L211], Redtenbacher [L165].

394 Geführte Diskussion mit einem Erbauer des Rades am Carler Teich.

395 G. Agricola [L12–Abb. auf Seite 170].

396 G. Agricola [L12–Abb. auf Seite 162].

397 H. H. Nietzel [L152–Bild 15].

398 W. Rebber [L164–Tafel II–Fig. 7], vgl. Balck [L29–Bild 7].

Interessant ist bei Agricola die Anordnung der Arme. Während die vier Hauptarme die »übliche« Lage haben, bilden die Hilfsarme ein geschlossenes Viereck in größerem Abstand um die Welle herum. Diese Konstruktion erscheint stabiler als die später bei Calvör beschriebene mit einzelnen Hilfsarmen. Sie hat sich aber weder im Erzgebirge noch im Harz durchgesetzt.

4.4.2.3.1 Unterschiede in der Konstruktion

In den folgenden Tabellen sind die vorher diskutierten Merkmale systematisch zusammengefaßt. Hierbei wird getrennt zwischen wichtigen und nicht ganz so wichtigen Unterschieden. Während die **Tab. 8** Einzelheiten enthält, die sich auf die Haltbarkeit des Rades auswirken, stehen in **Tab. 9** überwiegend »unwichtige« Kleinigkeiten, die aber erkennen lassen, daß der Konstrukteur sich etwas dabei gedacht hat. Die unterschiedlichen Möglichkeiten sind mit Beispielen und Verweisen auf die vorstehenden Abbildungen erläutert.

Tab. 8: Wichtige Unterschiede.

| Unterschied | Beispiel | | |
|--|--|---|------------------------------------|
| Anzahl der Hilfsarme | 4 (1)–Abb. 106 | 8 (2)–Abb. 10 | |
| Befestigung der Zuganker | gesteckt: Kunstrad HWW | geschraubt: Kanekuhle | |
| Anzahl der langen Zuganker | 1 einfach: Kanekuhle | 2 pro Halbarm doppelt: Runde Radstube (4)–Abb. 103, (5)–Abb. 38 | |
| Befestigung der Viertelstücke | keine (1)–Abb.106 | eingesetzt (2)–Abb. 106 | vorgeschaubt (3)–Abb. 99 |
| Überblattung der Hauptarme an der Welle | Auskehlung quadratisch Abb. 107 | winklig (10)–Abb. 106 | |
| Material für die Schaufeln | Eisenguß, Eisenblech Freiberg ³⁹⁹ | Holz Clausthal | |
| Verkämmung der Laschen | mit (8), (2)–Abb. 101 | ohne Abb. 48 | |
| Verkämmung der Arme mit den Laschen | mit Runde Radstube | ohne Kanekuhle | |
| Wellenzapfen | Hülsenzapfen Runde Radstube und (6), (7)–Abb. 100, Abb. 49 | Zapfen mit Blatt eingesetzt Abb. 99, Abb. 86, Abb. 91 | |
| Nuten für die Wassertaschenbretter | mit Kunstrad HWW Abb. 108 | ohne Schwalbenschwanz Abb. 109 | |
| Verkeilung der Arme um die Welle herum durch äußere Eisenkette | Samson Abb. 107 | | |
| Wasserrad und Seilkorb | auf einer Welle – Kehrrad HWW, Abb. 71, Abb. 28 geteilt mit Kupplung Abb. 38 geteilt mit Getriebe, Abb. 54, Abb. 73 extra Welle mit Treibstangen zur Übertragung Abb. 29, Abb. 83 | | |
| Bremse | Kranzmitte Abb. 24 | beide Kranzränder Abb. 2 | extra Bremsrad Abb. 38, Abb. 31 |
| Bremsmechanik | schwimmend Abb. 31, Abb.77 ⁴⁰⁰ | starr (1)–Abb.89, Abb.83 | |
| Verstärkung der Radkränze durch Achselhölzer | Freiberg | | |

399 N. N. [L3].

400 F. Balck [L28–Abb. 36].

Tab. 9: Weniger wichtige Unterschiede.

| Unterschied | Beispiel | | |
|--|---------------------------------|---|--------------------------|
| <i>Winkel zwischen den drei Einzelteilen einer Wassertasche</i> | 90°, 120° Abb. 106 | 120°, 90° Abb. 103 | andere – |
| <i>Winkel zwischen den Hilfsarmen</i> | parallel (2)–Abb. 106 | aufgeweitet Abb. 39 | |
| <i>Winkelverstellung des Schußgerinnes</i> | (B)–Abb. 88 | | |
| <i>Ablaufbohrungen im Schaufelboden</i> | Samson | | |
| <i>Schaufelzahl</i> | 72 Kanekuhle | 80 Runde Radstube | |
| <i>Startwinkel der Wassertaschen auf einer Lasche</i> | (8)–Abb. 106 | | |
| <i>Abweichung vom üblichen Schaufelwinkel bei den Trennfugen</i> | (9)–Abb. 106 | | |
| <i>Verjüngung der Arme nach außen hin</i> | Abb. 77 | | |
| <i>Zuganker</i> | mit Vierkantmutter Abb. 105 | Sechskantmutter – | Flügelmutter Freiberg |
| <i>Ausrichtung der länglichen Unterlegbleche an den Enden der Arme</i> | (4)–Abb. 106 | 45° (abwechselnd bei Kanekuhle Nachbau), Abb. 31 | 0°, 90° |
| <i>Reihenfolge beim Verflechten von Haupt- und Hilfsarmen</i> | Abb. 4, Abb. 99, Abb. 106 | | |
| <i>Bohrschema der Holznägel in den Laschenbrettern</i> | Abb. 101, Abb. 109 | | |
| <i>Größe des seitlichen Überstandes am Kranz vor den Schaufelbrettern</i> | Harzer Räder | Kunstradnachbau im Deutschen Museum | |
| <i>Schwalbenschwanz zwischen Arm und Kranz</i> | offen Abb. 38 | verdeckt (4)–Abb. 106, Abb. 86 | |
| <i>Ausrichtung der Flanken am Schwalbenschwanz</i> | in Richtung der Arme Abb. 38 | senkrecht zum Kranz Abb. 106 | |
| <i>Schrägstellung der Arme, größere Radbreite auf der Welle als am Kranz</i> | Abb. 98, Abb. 31 | | |

4.4.2.3.2 Statistik der Radgrößen

Bei der Besichtigung der beiden Nachbauten auf dem Betriebsgelände der Harzwasserwerke (Kehrrad mit 9,5 m, Kunstrad mit 11,5 m Durchmesser) mag der Eindruck entstehen, daß Kehrräder grundsätzlich um etwa den Faktor 0,8 kleiner seien als Kunsträder. Dies ist zu prüfen.

Nach A. Dumreicher [L79] ergibt sich für die Radgrößen aller über- und untertägigen Kunst- und Kehrräder folgende Verteilung⁴⁰¹, **Tab. 10**. Trotz der geringen Anzahl von Daten soll ein Vergleich versucht werden, die Häufigkeit einiger Größen zu ermitteln:

Während bei den übertägigen Räder die Kunsträder deutlich größer sind als die Kehrräder, ist der Vergleich mit den untertägigen nicht möglich, da es nur zwei Kehrräder in den Tabelle gibt. Ein deutlicher Unterschied tritt dagegen zwischen unter- und übertägigen Kunsträdern auf, letztere sind erheblich kleiner. Bei den bisher vorgestellten Anlagen gibt es paarweise Kehr- und Kunstrad nebeneinander, so daß ein direkter Vergleich der Größen möglich ist.

Die Aussage, Kehrräder seien grundsätzlich kleiner als Kunsträder, stimmt nicht, wie **Tab. 11** zeigt. Mal sind sie größer, mal sind sie kleiner als das zugehörige Kunstrad.

| Anlage | Nummer | | Durchmesser [m] | | Verhältnis |
|-----------------------------|--------|----|-----------------|------|------------|
| <i>Ernst-August-Schacht</i> | 25 | 26 | 9 | 11,2 | 0,80 |
| <i>Knesebeck-Schacht</i> | 9 | 10 | 9, | 12 | 0,76 |
| <i>Runde Radstube</i> | 1 | | 8 | 9,3 | 0,86 |
| <i>Rheinischer Wein</i> | 6 | | 8,8 | 7,6 | 1,15 |
| <i>Serenissimum</i> | 23 | 24 | 8,6 | 8,0 | 1,08 |
| <i>Dorothea</i> | 17 | 18 | 7,7 | 11,8 | 0,65 |
| <i>Morgenstern</i> | 28 | 29 | 9,6 | 9,6 | 1,00 |
| <i>Freigelände HWW</i> | | | 9,5 | 11,5 | 0,83 |

Tab. 11: Vergleich der Kehr- und Kunstradgrößen.

Für die Größe der Kunsträder ergibt sich aber eine Beobachtung in Tab. 10, nach der häufiger übertägige Kunsträder größere Durchmesser als die untertägigen haben.

Die maximale Größe eines Kunstrades gibt Zimmermann⁴⁰² mit 50 Fuß (rund 14,5 m) an.

| Durchmesser [Fuß] | 10 | | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
|--------------------|----|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Durchmesser [m] | | | | 7 | | | 8 | | | | 9 | | | 10 | | | | 11 | | |
| Kehrrad übertage | | | 1 | 1 | | 5 | 5 | 3 | 2 | 5 | | 2 | 1 | | 1 | | | | | |
| Kunstrad übertage | | | | | | | 1 | 2 | | 4 | 5 | 1 | 2 | | 1 | 1 | | | | 3 |
| Kehrrad untertage | 1 | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| Kunstrad untertage | | | | | | 2 | | 3 | 1 | | 1 | 2 | | 2 | | 3 | 1 | 1 | 2 | 5 |
| Summe Kehrrad | 1 | | 1 | 1 | | 5 | 5 | 6 | 2 | 6 | 1 | 2 | 1 | | | 1 | | | | |
| Summe Kunstrad | | | | | | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 | 6 | 3 | 2 | 2 | 1 | 4 | 1 | 1 | 5 | 5 |
| gesamt | 1 | | 1 | 1 | | 7 | 6 | 8 | 3 | 10 | 7 | 5 | 3 | 2 | 1 | 5 | 1 | 1 | 5 | 5 |

Tab. 10: Verteilung der Raddurchmesser.

401 Dumreicher [L79–Tabellen]. Offensichtlich enthalten die Tabellen aber nicht alle Räder, weil die Gesamtzahl mit 46 über Tage und 20 unter Tage etwas geringer herauskommt als vom ihm mit 50 und 26 angegeben.

402 C. Zimmermann [L217–Seite 377–Lorenzer Schacht].

403 In ihrer Blütezeit, als Kaiserstadt im 12.–15. Jahrhundert, hatte Goslar mit dem Bergbau im Rammelsberg eine führende Rolle gespielt.

4.4.2.3.3 Probiertube Harz – Direktionsprinzip oder Freiheit des Erfinders

Die kleinteilige Region im Oberharz mit ihren Bergbaustädten Altenau, Clausthal, Lautenthal, Sankt Andreasberg, Wildemann, Zellerfeld lebte überwiegend vom Bergbau, während der alten Kaiserstadt Goslar am Harzrand auch noch andere Erwerbsmöglichkeiten neben dem Bergbau offen blieben. Im Vergleich zu Goslar war der Oberharz zu seiner Zeit in der Bergbautechnik führend.⁴⁰³ Der Harz mit seinen Erfindungen und Entwicklungen war eine Probiertube:

- ▶ Weiszeug.
- ▶ Fahrkunst.
- ▶ Drahtseil.
- ▶ Fahrkunst aus Drahtseil.
- ▶ Wassersäulenmaschine im Schacht Silbersegen.
- ▶ Einsatz von eisernen Konstruktionen, z. B. eiserner Stern Grube Dorothea.
- ▶ Selbststeuerndes Kehrpad am Ernst-August-Schacht.
- ▶ Hydrokompressor am Knesebeck-Schacht.

Diese Erfindungen entstanden hier, und somit gewinnt das in Abschnitt 4.3.1 bereits vorgestellte Zitat von Brüning mehr an Bedeutung:

»[...] daß seine Bergleute, die Männer vom Leder und die von der Feder, weil sie tief an seinem Gedeihen beteiligt waren, stets auf Verbesserungen sann, um dem Bergbau weiterzuhelfen.«⁴⁰⁴

Trotz der kurzen Entfernungen zwischen den verschiedenen Bergbaugebieten im und am Oberharz gab es Möglichkeiten für unterschiedliche Techniken und Entwicklungen an dicht benachbarten Orten, wie die Analyse gezeigt hat. So hat J. C. Roeder aus Clausthal ab 1767 sein Wissen mit nach Goslar genommen und die Wasserwirtschaft im Rammelsberg neu geplant und mit einer Kette aus vier aufeinander abgestimmten Rädern das vorhandene geringe Gefälle optimal ausgenutzt.

Der regelmäßige technische Austausch mit anderen Bergbaugebieten, beispielsweise mit dem Erzgebirge, sei es durch Studienreisen einiger hochgestellter Personen oder Einstellung von zugereisten Fachleuten (vgl. Anhang H) sorgte für Weiterentwicklung. Man probierte technische Neuerungen aus, die sich zunächst nur auf wenige Anlagen beschränkten. Erst als sich die Technik bewährt hatte, gab man sie allmählich weiter oder ordnete sie per Verfügung von oben an.

Die im Vergleich zum Wirken eines Maschinenbau-meisters und seiner Zimmerleute jedoch nicht geringe Lebensdauer der Wasserräder verlieh dem System eine gewisse Trägheit und Eigendynamik, die dafür sorgte, daß sich technische Änderungen von großer Tragweite im Gesamtsystem nur langsam vollziehen konnten. Erst nach einer Gebrauchszeit von über zehn Jahren ließ sich feststellen, ob sich beispielsweise die Verkämmung der Laschen vorteilhaft auf die Lebensdauer eines Rades ausgewirkt hat.

Die Technik der Wasserkraftmaschinen, der Kehr- und Kunsträder, hatte sich grundsätzlich bewährt und – nur wenig verändert – fast vier Jahrhunderte ihren Dienst getan, bevor sie Dampfkraft und Elektrizität für kurze Zeit vor der Stilllegung des Bergbaus ablösten.

Wahrscheinlich hat man, wie vermutlich das Beispiel aus Goslar zeigt, in dringenden Fällen so manche von der Obrigkeit angeordnete neue Konstruktionsvorschrift ignoriert, wenn sicher war, daß auch ohne die Neuerung die Förderung weiter zufriedenstellend lief. Beim plötzlichen Zusammenbruch eines betagten Rades war sofort zu handeln, weil Pumpen oder Förderung nicht ruhen durften. Ob auch immer die Fachleute für die technischen Neuerungen sofort zur Verfügung standen, oder vielmehr die Handwerker am Ort mit ihren Erfahrungen das Rad in altbewährter Technik reparierten oder bauten, ist heute nicht zu entscheiden. Ein strenges Direktionsprinzip hätte nicht nur rasches Handeln verhindert, sondern auch dem technischen Fortschritt der Wasserräder geschadet.

4.5 Wasserkraftmaschinen in Konkurrenz zu Dampfmaschine und Elektromotor

Vom Zeitraum der Bergfreiheiten Mitte des 16. Jahrhunderts bis zur Stilllegung des Bergbaus in Clausthal-Zellerfeld im Jahre 1930 war die Maschinentechnik in den letzten sechzig Jahren von großen technologischen Umstrukturierungen betroffen. Eine Zusammenstellung der Techniken und Daten folgt in den **Tab. 12** und **13**.

Energieverbraucher und -erzeuger sind aufgelistet:

- ▶ *Große Schächte:* Otiliae, Kaiser Wilhelm, Königin Marie.
- ▶ *Kleinere Gruben:* Thurm Rosenhof, Juliane Sophie, Ernst August.
- ▶ *Energielieferanten:* Einersberger und Rosenhöfer Zentrale.
- ▶ *Eine Pumpe:* Polsterberger Hubanlage.

Sehr spät, ungefähr 100 Jahre nach der Einführung dieser Technik im Bergbau, kam die Dampfkraft in den Oberharzer Bergbau, und kurz danach liefen bereits die Fördermaschinen und Pumpen mit elektrischem Antrieb. Die erste Dampffördermaschine arbeitete am Otiliae-Schacht schon im Jahre 1872 Jahre. Sie hatte eine Leistung von 8 PS.⁴⁰⁵ Die Hauptfördermaschine, eine 150 PS starke Dampfmaschine⁴⁰⁶, ging 1878 in Betrieb.

Zur gleichen Zeit drehten sich noch an den alten Schächten wie Rheinischer Wein und Thurm Rosenhof die Kehräder. Doch auch hier blieb die Entwicklung nicht stehen. Am Beispiel des Schachtes Thurm Rosenhof läßt sich ein Nebeneinander von Kehrrad und Dampffördermaschine beobachten. Etwa 15 Jahre später um 1894 errichtete man auch hier eine dampfbetriebene Fördermaschine⁴⁰⁷, die in der Anfangsphase parallel zum Kehrrad genutzt werden konnte. Die logische Folgerung jedoch, daß nun das Kehrrad allmählich außer Betrieb gehen würde, traf in diesem Fall nicht zu. Denn drei Jahre später 1897 baute man ein neues Kehrrad, das bis zur Verfüllung des Schachtes im Jahre 1909 noch zwölf Jahre neben der Dampfmaschine existiert hat. Fotos belegen das Nebeneinander beider Anlagen⁴⁰⁸ aus der Zeit bis 1906, als man sich schon Gedanken über die Stilllegung des »schwerkösti-

gen«⁴⁰⁹ (teuren) Schachtes machte. Für das Jahr 1902 soll der Dampfkessel 300 Tage⁴¹⁰ im Jahr unter Dampf gestanden haben. Dieser Kessel hat neben der Fördermaschine auch eine Zentrifugalpumpe⁴¹¹ angetrieben, die das Aufschlagwasser für das Wasserkunstrad in sehr wasserarmen Zeiten im Kreislauf förderte, wie eine Eintragung in das Dampfmaschinenkataster zeigt:

»11. 3. 1905 muß die Bemerkung entfallen: Der Kessel wird jetzt nur in sehr wasserarmen Zeiten zum Heben der Kraftwasser für das Wasserkunstrad am Rosenhof benutzt.«⁴¹²

Auch im benachbarten Revier, Silbernaal und Grund, standen Dampfmaschinen nur zur Reserve und arbeiteten hauptsächlich nur in wasserarmen Zeiten.⁴¹³ Die Dampfmaschinen konnten sich nur schwer gegen die altbewährte Technik durchsetzen.

Während sich übertage eine Dampf- oder Elektrofördermaschine neben einem Kehrrad aufstellen ließ, erforderte ein Austausch der vielen Kolbenpumpen im Schacht durch eine Druckpumpe unter Tage größeren Aufwand. Heutige Elektropumpen sind kompakt, dagegen hätte der Bau einer dampfbetriebenen Pumpe im Schachtsumpf größeren Aufwand bedeutet.⁴¹⁴

Dennoch ließ sich die Dampfkraft zum Antrieb der vorhandenen Kunsträder nutzen. Das geschah entweder durch Umpumpen des Aufschlagwassers, dies ist ohne Änderungen an der vorhandenen Technik der Wasserkunstmachine möglich, oder durch direktes Antreiben des Kunstrades über einen Transmissionsriemen. Man konnte so beispielsweise bei einer kompakten fahrbaren Dampfmaschine (Lokomobile) die Drehbewegung an einer Welle nutzen. Die Ausnutzung einer Schubbewegung, Koppelung der Dampfzylinder an die Pumpenstangen, hätte dagegen eine spezielle maßgeschneiderte Anlage erfordert und nicht den Einsatz der flexiblen Lokomobile erlaubt.

Im Schacht Königin Marie gab es ähnliche Entwicklungen beim Wechsel von Dampf- zu Elektrobetrieb. Die Wassersäulenmaschine zur Wasserhaltung bekam »Kon-

Rechte Seite – Tab. 12: Entwicklung von Wasserkraft, Dampfkraft und Elektrizität im Oberharz I.

404 K. Brüning [L61–Seite 71].

405 O. Hoppe [L112–Seite 208], vgl. F. Balck [L28–Abb. 44], oder Kutscher [L126–Tafel VI].

406 O. Hoppe [L112–Seite 204], gebaut in der Maschinenfabrik Ilsenburg.

407 OBA Archiv Preussag Goslar XXIII A 7 Vol. 1, 7. März 1894.

408 F. Balck [L27–Abb. 73, 74, 71].

409 OBA Archiv Preussag Goslar VIII h 4 Vol. 1, 29. August 1907.

410 OBA Archiv Preussag Goslar XXIII A 7 Vol. 1, 10. März 1902.

411 OBA Archiv Preussag Goslar XXIII A 7 Vol. 1, 13. März 1894 (Juliane Sophie), 10. Februar 1902 und 10. März 1903, (Rosenhof, Pumpen abgestellt), vgl. Banniza [L31–Seite 196].

412 OBA Archiv Preussag Goslar, XXIII A 7 Vol. 1, 11. März 1905.

413 R. Slotta [L190–Seite 115].

414 L. Suhling [L199–Seite 184–Abb. 70].

Wasserkraftmaschinen in Konkurrenz zu Dampfkraft und Elektromotor

| Jahr | Schacht Kaiser Wilhelm seit 1882 | Ottilliae-Schacht/Aufbereitung | Grube Thurm Rosenhof | Einersberger Zentrale seit 1905 |
|------|--|---|--|---|
| 1868 | 1870 PS liefern Wasserräder und Wassersäulenmaschinen zusammen ⁴¹⁷ | | | |
| 1872 | | 8 PS Dampf-Neben-Fördermaschine ⁴¹⁸ | | |
| 1878 | | 150 PS Dampf-Haupt-Fördermaschine ⁴¹⁹ | | |
| 1878 | Bau der Eisenbahn bis Clausthal/Zellerfeld | | | |
| 1882 | 50 PS Dampfmaschine ⁴²⁰ | | | |
| 1892 | 22/44 kW Wassersäulen-Fördermaschine ⁴²¹ | | | |
| 1894 | Wassersäulen Fahrkunstmaschine ⁴²² | | Verbund-Dampfmaschine, Anmeldung fehlt; ⁴²³ Anmeldung nachgereicht | |
| 1894 | | | Lokomobile C4 zur Grube Juliane Sophie ⁴²⁴ | |
| 1895 | 4,8 PS dynamoelektrische Lichtmaschine ⁴²⁵ | | 35 PS Verbund Dampffördermaschine. mit Zentrifugalpumpe ⁴²⁶ | |
| 1897 | | | neues Kehrrohr ⁴²⁷ | |
| 1898 | | | Dampffördermaschine Anmeldung fehlt ⁴²⁸ | |
| 1898 | erste Pelton turbine, Gleichstrom 330 V, 100 A ⁴²⁹ | | | |
| 1902 | | Dampfmaschinen: ⁴³⁰ 3,4 PS Dynamo 8 PS Fördermaschine 150 PS Fördermaschine 12 PS Luftkompressor 56 PS Steinbrecher | 35 PS Dampf-Fördermaschine ⁴³⁰ B13 | |
| 1905 | | | Thekla-Blindschacht, 47 PS Elektromotor ⁴³¹ | 600 PS, 4 Kohlegasmotoren Gleichstrom 280 PS _e , 3 Wasserturbinen ⁴³² |
| 1907 | | 150 kW Elektrofördermotor ⁴³³ | | |
| 1909 | | | 35 PS Dampfmaschine und Kessel nicht mehr in Betrieb, Stilllegung ⁴³⁴ | |
| 1912 | Dampfmaschine zur Stromerzeugung ⁴³⁵ | | | |
| 1913 | 408 kW Aggregat II | | | |
| 1914 | 408 kW Aggregat IV Wasserturbinen ⁴³⁶ | | | |
| 1916 | | | | 1000 kW Dampfturbine und 800 PS Dampfmaschine ⁴³⁷ |
| 1918 | | | | |
| 1917 | 3000 Volt Kabel im Tiefen-Georg-Stollen? ⁴³⁸ | | | |
| 1922 | | | | 1000 PS Dieselmotor ⁴³⁹ |
| 1922 | 11 Räder, 1 Wassersäulenmaschine, 28 Turbinen und 6 Hydrokompressoren ⁴⁴⁰ | | | |
| 1924 | Umbau auf elektrische Förderung ⁴⁴¹ | | | |
| 1925 | 680 kW Aggregat I | | | |
| 1926 | Ringleitung 3000 Volt, Wechselstrom ⁴⁴² | | | |
| 1930 | Stilllegung des Bergbaus | | | |
| 1940 | 1280 kW Aggregat V | kleine Fördermaschine eingebaut | | |
| 1941 | 500 kW Aggregat III | 750 kW Aggregat I ⁴⁴³ | | |
| 1951 | 1280 kW Aggregat VI | | | |
| 1952 | | 750 kW Aggregat II | | |
| 1980 | Ende der Oberharzer Wasserkraftwerke | | | |

kurrenz« durch eine elektrische Anlage. Den Strom hierfür erzeugte eine kompakte fahrbare Dampfmaschine, eine Lokomobile.

Bei der Hubkunst am Polsterberg haben bis 1909 die Kunsträder gearbeitet, danach haben elektrische Pumpen⁴¹⁵ die Aufgaben der Wasserräder übernommen.

Der Ideal-Riß⁴¹⁶ stellt das Nebeneinander dar:

- ▶ Wasserräder (Ziffern 42 und 43 am Thurm Rosenhof).
- ▶ Wassersäulenmaschinen für Fahrkunst (Ziffer 46 im Schacht Kaiser-Wilhelm-II).
- ▶ Wasserhaltungsmaschine (Ziffer 47 am Thurm Rosenhof).
- ▶ Wassersäulenfördermaschine (Ziffer 49 im Schacht Kaiser Wilhelm II).
- ▶ Wasserbetrieber Kompressor (Ziffer 50 im Schacht Kaiser Wilhelm II.).
- ▶ Dampfmaschine am Ottiliae-Schacht.
- ▶ Elektromotor (Ziffer 40 im Thekla-Blindschacht).

415 H. Haase [L101–Seite 33]. OBA I ? ? (Kopie H. H. Nietzel) 1. Oktober 1909 (gegen den Abbruch der Hubkunst bestehen keine Bedenken). OBA Preussag Archiv Goslar (Kopie bei H. H. Nietzel) – zwei Angebote für elektrische Pumpen aus den Jahre 1906 und 1922, das zweite mit 1000 PS Dieselmotor und Freileitung.

416 B. Baumgärtel [L47], vgl. F. Balck [L27–Abb. 27–29] (Zuordnung der Schächte mit Abb. 27). Gute Qualität hat die Kopie in B. Ansohn [L15–Seite 42].

417 A. Dumreicher [L79–Seite 39] berücksichtigt die Gefällhöhe und nimmt für die Berechnung der Kraft einen Wirkungsgrad an
75 % für 28–40 Fuß (Grubnräder),
66 % für die Hütten und Bauhofräder,
50 % für Privat- und Mühlenräder,
50 % für 13–18 Fuß (Aufbereitung),
66 % für die Wassersäulenmaschinen.

Somit erhält er eine Gesamtleistung von 1870 PS zu 516 hannoversche Fußfund pro Sekunde (vgl. Anhang G).

418 O. Hoppe [L112–Seite 208]: »Auf dem Ottiliae Schachte ist noch eine zweite, 1872 in Betrieb gesetzte, [...] 8 Pferde Kohlenförderung, Tiefe 36,5 m.«

419 O. Hoppe [L112–Seite 204]. OBA Archiv Preussag Goslar XXIII A 7 Vol. 1, 8. Oktober 1879: »Betriebszeit der Dampfkessel Kataster A 8–14 [...] dieselbe beträgt bei den Kesseln 8–11 225 Tage, bei den Kesseln 12–14 100 Tage.«

Das Kataster mußte geführt werden, (Berlin, 12. Januar 1877, Ottiliae): »Bestimmungen über die statistische Aufnahme der Dampfkessel und Dampfmaschinen, sowie der Dampfkessel-Explosionen.« Einteilung: A feststehende Kessel. B feststehende Dampfmaschinen. C Lokomobile.

420 R. Slotta [L190–Seite 169–Kgl. Hüttenwerk Gleiwitz], Banniza et al. [L31–Seite 198].

421 C. Falland [L86], Banniza et al. [L31–Seite 195]. 750 kg Last und 3 m/s bzw. 6 m/s Fördergeschwindigkeit ergeben 22 kW bzw. 44 kW.

422 C. Falland [L86].

Sofern das mühsam in Jahrhunderten errichtete, wetterabhängige und pflegeintensive Verbundnetz, das Oberharzer Wasserregal, zur Lieferung imstande war, hatten die Wasserräder einen entscheidenden Vorteil gegenüber den anderen Techniken. Hier erzeugte der vorbeifließende »Brennstoff« direkt die Antriebskraft ohne Umwandlungsverluste, man brauchte kein kräftezehrendes Getriebe, um die Drehzahl an die Pumpen anzupassen.

Die neue Technik mit elektrischen Generatoren und Motoren hatte zu einer Umstellung der Wasserkraftnutzung geführt. Nicht mehr das Wasser, sondern der von ihm erzeugte Strom trieb die Maschinen in den Gruben an.

Mit der Verlegung eines 3000 kV Stromkabels im Tiefen Georgstollen und der Einrichtung der späteren Oberharzer Ringleitung hatte man mit der Elektrizität die besten Voraussetzungen für einen zuverlässigen Energielieferanten geschaffen. Das Grabensystem mit seinen Teichen lieferte bis 1980 das Wasser für die Turbinen.

423 OBA Preussag Archiv Goslar XXIII A 7 Vol. 1, 7. März 1894: »Das anliegende Kataster B für die auf der Grube Rosenhof aufgestellte Verbund-Dampfmaschine gefälligst unten ausfüllen zu wollen [...]« Anmeldung nachgereicht 13. März 1894.

424 OBA Preussag Archiv Goslar XXIII A 7 Vol. 1, 13. März 1894: »Lokomobile Nr. C 4 von der Grube Rosenhof nach Grube Juliane Sophie geschafft, und treibt in wasserarmen Zeiten die Wasserkunsträder und eine Luftkompressionsmaschine«.

425 Banniza et al [L31–Seite 196].

426 Banniza et al [L31–Seite 198]: »[...] ferner eine 35 pferdige schnellaufende Verbundmaschine zum Betrieb einer Centrifugalpumpe, bestimmt in wasserarmen Zeiten die Abfallwasser der Radkunst wieder zurückzuschlagen.«

427 OBA Preussag Archiv Goslar VIII.h 4 Vol. 1, 5. März 1897.

428 OBA Preussag Archiv Goslar XXIII.A 7 Vol. 1, 14. März 1898.

429 C. Falland [L86–Seite 2], für E-Loks, Tiefste Wasserstrecke.

430 OBA Preussag Archiv Goslar XXIII A 7 Vol. 1, 19. März 1902:

»Der Dampfkessel Nr. 1306 auf der Grube Rosenhof dient z. Z. lediglich zur Dampfförderung im Schachte Rosenhof und sind für diesen Kessel 300 Arbeitstage anzunehmen.«

431 Schennen [L179–Seite 660]. OBA Archiv Preussag Goslar VIII h 4a Vol. 1, 15. Januar 1904: »Übersendung der Förderkörbe«. 1. Mai 1904: »Dispositionszeichnung der Fördermaschine«. 10. Mai 1905: »Fertigstellung des Umkehranlassers für Förderhaspel« verzögert sich.

432 Schennen [L179–Seite 671]: Einersberger Zentrale – 4 Gasmotoren zu je 150 PS_e und 3 Turbinen: (PS_e = PS elektrisch/effektiv?), 83 l/s, 58 m Gefälle, 48 PS_e, Hochdruckturbine, 333 l/s, 50 m Gefälle, 170 PS_e, Simplex Spiralturbine, 200 l/s, 29 m Gefälle, 60 PS_e, Simplex Spiralturbine.

433 Schennen [L179–Seite 662]. 1500 kg Last mit 10 m/s Fördergeschwindigkeit ergeben 150 kW.

434 OBA Preussag Archiv Goslar XXIII A 7 Vol. 1, 6. März 1909: »[...] daß die 35 PS Dampfmaschine [...] und der Dampfkes-

| Jahr | Grube Juliane Sophie | Rosenhöfer Zentrale | Schacht Königin Marie | Ernst-August-Schacht | Polsterberger Hubhaus |
|-----------|---|---|--|--|--|
| 1876/1877 | | | zwei Wassersäulenmaschinen ⁴⁴⁴ | | |
| | | | Dampfmaschine für Fahrkunst ⁴⁴⁵ | | |
| 1894 | Lokomobile C4 vom Rosenhof treibt in wasserarmen Zeiten Wasserräder und Luftkompressor ⁴⁴⁶ | | | | |
| 1895 | 25 PS Lokomobile ⁴⁴⁷ | | | | |
| 1907 | | 25,5 PS Turbine 16,5 PS Turbine ⁴⁴⁸ | | | |
| 1909 | | | | | Absicht, Pumpenschacht zu verfüllen, Planung für elektrische Pumpen ⁴¹⁵ |
| 1912 | | | Lokomobile erzeugt Strom für elektrische Wasserhaltungsmaschine ⁴⁴⁹ | | |
| 1912 | | | Stilllegung als Förderschacht, danach Wetterschacht ⁴⁵⁰ | | |
| 1913 | | | | Personenfahrt mit Kehrrad ⁴⁵¹ | |
| 1914 | | | | elektrische Fördermaschine, Turbine und Kompressor (H), (M)–[Bd.92] ⁴⁵² | |
| 1922 | | | | | elektrische Pumpen sind in Bau |

Tab. 13: Entwicklung von Wasserkraft, Dampfkraft und Elektrizität im Oberharz II.

sel Nr. 1306 wegen Abwurf des Rosenhöfer Schachtes seit dem Monat März d. J. nicht mehr in Betriebe gebracht worden ist.«

435 OBA Preussag Archiv Goslar XXIII A 7 Vol. 1, 23. März 1912: »neu aufgestellt wurde am Kaiser-Wilhelm-Schacht die unter Ordnungsnummer V 33 eingetragene Dampfmaschine zur elektrischen Stromerzeugung«.

436 Vgl. Anhang D.3.

437 OBA Preussag Archiv Goslar XXIII A 7 Vol. 1, 7. August 1918, und C. Falland [L85–Seite 9]: Insgesamt 1800 kW, entspricht 450 Rädern zu 4 kW, mehr als doppelt soviel wie die 193 Räder bei Dumreicher.

438 C. Falland [L86, L85–Seite 9], R. Slotta [L190] 118.

439 C. Falland [L85–Seite 9].

440 E. Natermann [L148–Seite 32].

441 Slotta [L190–Seite 169]: »umgebaut auf elektrische Fördermaschine von Siemens Schuckert Werken«. 3000 V, 38,5 A, 160 kW?. C. Falland, [L86–Seite 2–Datum 1924].

442 C. Falland [L85–Seite 9], R. Slotta [L190–Seite 118].

443 C. Falland [L85–Seite 10].

444 Banniza et al [L31–Seite 195].

445 Banniza et al. [L31–Seite 197].

446 OBA Preussag Archiv Goslar XXIII A 7 Vol. 1, 13. März 1894, und Banniza 1895: »25 pferdige Lokomobile auf Grube Juliane Sophie als Reserve zum Betriebe des Luftkompressors und der Fahrkunst«.

447 Banniza et al. [L31–Seite 198].

448 Schennen [L179–Seite 671].

Gefälle 20,7 m, 77 % Nutzeffekt, 25,5 PSe.

Gefälle 18,5 m, 77 % Nutzeffekt, 16,5 PSe.

Zu Lage und Niveaus der Anlagen vgl. Beyersdorf 1912 [Z29].

449 OBA Preussag Archiv Goslar XXIII A 7 Vol. 1, 23. März 1912: »Königin-Marien-Schacht eine Locomobile zur Stromerzeugung für die elektrisch betriebene Wasserhaltungsanlage«.

450 R. Slotta [L190–Seite 180].

451 H. Dirks [L73–Seite 18] sowie H. H. Nietzel [L151, L154].

452 H. Dirks [L73–Seite 20].

Kapitel

5

**Zusammenfassung
und Ausblick**

5.1 Zusammenfassung

In einem Zeitabschnitt von fast 400 Jahren arbeiteten im Harz Maschinen unterschiedlichster Art wie Kunst- und Kehrrod, Wassersäulenmaschine, Turbine und Hydrokompressor mit Wasserkraft, man entwickelte sie weiter und setzte sie zum Wasserpumpen, Erzfördern, Personentransport, zur Druckluft- und Elektrizitätserzeugung ein.

Nicht nur die Gräben des Oberharzer Wasserregals und die vielen kleinen Teiche dokumentieren den Einfallsreichtum und Fleiß der Berg- und Maschinenleute, sondern auch die in den Museen zu besichtigenden Originale und Modelle sowie Fotos und Zeichnungen aus vergangenen Zeiten. Sie erlauben einen Blick zurück in die Zeit, als der Oberharz als vorindustrielles Gebiet – mit der Bedeutung wie eine heutige Industrieregion - durch seine Silbergewinnung in hohem Ansehen stand. Ohne den Bergbau im Harz wären Städte wie Braunschweig und Hannover nicht so einflußreich geworden.

Durch die Stilllegung des Bergbaus und durch die aufkommenden Dampf- und Elektromaschinen wurde der Endzustand der technischen Entwicklung der Wasserräder eingefroren. Übertägige Anlagen sind in der Regel abgerissen, und Öffnungen im Boden verfüllt oder verfallen. Die aus Sicherheitsgründen notwendige dauerhafte Schließung der Schächte und Stollen verhindert leider eine Bestandsaufnahme der untertägigen Anlagen, so daß von den bei A. Dumreicher über- und untertägig gezählten 193 Wasserrädern nur ein ganz kleiner Teil, beispielsweise die Räder der Schächte Ernst August, Thurm Rosenhof und Samson – zum Teil nur noch in Resten –, zu besichtigen ist. Die Zahl der übertage zugänglichen Wasserradstuben hat wieder zugenommen, weil dank des unermüdlichen Einsatzes der Harzwasserwerke unter Führung von Martin Schmidt nun mehrere Radstuben freigelegt und für die Besucher mit Hinweisen versehen wurden.

Der Harz stand mit seinen technischen Maschinen nicht allein, ständiger Wissensaustausch mit anderen Bergbauregionen hat über mehrere Jahrhunderte zu ähnlichen Entwicklungsschritten geführt. Auf diese Weise entstand

eine vielfältige Maschinenwelt, deren Bauformen und einzelne Bauelemente sich grob systematisieren lassen. Im Detail zeigen sich aber an vielen Stellen kleinste Unterschiede, die vielen Maschinen ihr besonderes Kennzeichen geben. Häufig war dieses Merkmal nicht wichtig für die Funktion der Anlage, obwohl es aus der Sicht des beteiligten Konstrukteurs oder Handwerkers große Bedeutung hatte. Hierin zeigt sich, daß man für den Maschinenbau im Harzer Bergbau nicht streng nach einem Direktionsprinzip vorging, sondern Gelegenheit zur Weiterentwicklung der Maschinen einräumte.

Die Wasserkraft und ihre Nutzung hatte mehrere Jahrhunderte große Bedeutung für den Bergbau im Harz:

- ▶ Selbst nach der Einführung von Dampfkraft und Elektrizität drehten sich Wasserräder als Antriebsmaschinen noch ein halbes Jahrhundert.
- ▶ Auch nach der Stilllegung des Bergbaus nutzt man das vorhandene Aufschlagwassers über weitere 50 Jahre zur Stromerzeugung in Turbinen.

Die Spuren des Bergbaus und der Wasserkraftnutzung sind noch nicht verwischt, zu ihnen gehören:

- ▶ **Die übertägigen Gräben und Radstuben.** Sofern das Oberharzer Wasserregal als Kulturdenkmal besteht und gepflegt wird, bleiben viele Spuren der Wasserkraftnutzung erhalten. Die Errichtung eines »Freilichtmuseums« mit Wasser-Wander-Wegen durch die Harzwasserwerke¹ lädt publikumswirksam zur Besichtigung ein.
- ▶ **Die untertägigen Anlagen.** Leider gibt es nur noch an wenigen Orten Schächte, Stollen und unterirdische Wasserradstuben, die zur Besichtigung freigegeben sind. Die Ausgrabung der Runden Radstube in Clausthal ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg, die Spuren der enormen Anstrengungen und Leistungen der Bergleute für die Nachwelt zu erhalten und begreifbar zu machen.
- ▶ **Die Exponate.** Nachbauten einiger Räder im Freigelände sowie Ausstellungen in Museen helfen, die Spuren der Technik zu verstehen.

5.2 Ausblick

Als vor knapp 225 Jahren die Bergschule in Clausthal als Vorläufer der heutigen Technischen Universität mit der Ausbildung begann, schuf man eine solide Grundlage für die Weitergabe von Wissen und Erfahrungen an zukünftige Techniker und Ingenieure.

Die TU Clausthal hat sich schon vor vielen Jahren auf andere Fachrichtungen umorientiert und beispielsweise

Mathematik, Physik und Chemie als Hauptstudiengang eingerichtet. Dagegen mußte die »Schwester« der TU, die Berg- und Hüttenschule in Clausthal, im letzten Jahr auf Grund des Rückganges der Schülerzahlen wegen nachlassender finanzieller Förderung durch die Bergbauindustrie schließen.

Somit ist nicht nur der Bergbau, sondern auch ein Teil

1 M. Schmidt [L182].

der zugehörigen Ausbildung im Harz nach langem erfolgreichen Wirken beendet.

Für uns als nachfolgende Generation besteht die Verpflichtung, das Wissen über den Bergbau und seine Technik nicht nur zu sammeln und aufzuschreiben, sondern auch zu bewahren und zu interpretieren, um es für die Nachwelt zu erhalten.

Nicht immer ist großer Aufwand wie bei der Ausgrabung der Runden Radstube in Clausthal oder beim Lehrbergwerk Roter Bär in Sankt Andreasberg² nötig. Oftmals reicht auch aufmerksames Beobachten bei Bauarbeiten, um bisher verborgene Spuren zu entdecken, wie beispielsweise bei der Sanierung des Unteren Eschenbacher Teichdammes im Jahre 1998.

Sollten die Bemühungen erfolgreich sein, das Oberharzer Wasserregal als Weltkulturerbe anerkennen zu lassen, besteht die Verpflichtung zu besonderer Sorgfalt bei zukünftigen Erhaltungsmaßnahmen.

Denkbar wäre eine wissenschaftliche Begleitung bei Bau- oder Sanierungsmaßnahmen, die im Gegensatz zu speziellen Ausgrabungen (Runde Radstube) nur mit geringen Zusatzkosten verbunden sind. Wie bei den Maßnahmen am Eschenbacher Teich könnten die am Ort vorhandenen Baumaschinen zusätzliche Arbeiten (Anlegen von Suchgräben usw.) erledigen.

Es ist wichtig, zum Erhalt des Wissens um die Technik des Bergbaus jetzt zu handeln und jede sich bietende Möglichkeit zu nutzen, bevor die Spuren verwischen.

Unabhängig von der Ernennung zum Weltkulturerbe ist es das Anliegen des Autors, mit der vorliegenden Arbeit den hohen historischen Quellenwert der Relikte frühneuzeitlicher Wasserwirtschaft deutlich zu machen. Es reicht nicht aus, die noch gut sichtbaren Überbleibsel und Musteranlagen zu pflegen. Man muß auch gedankenlose Zerstörung verhindern, denn jede Zerstörung bedeutet einen Verlust von Urkundenmaterial. Diese Zeugnisse, vergleichbar mit schriftlichen Quellen, müssen fachgerecht dokumentiert und mit ausgereiften archäologischen Methoden gesichert und untersucht werden. Hierzu ist das Zusammenspiel der verschiedenen, im Harz bereits vorhandenen Fachkenntnisse zu koordinieren und zu nutzen.

Kristallisationspunkt für einen solchen interdisziplinären Synergieeffekt wäre naturgemäß die TU Clausthal, an der man ein eigenes Fach Technikgeschichte einrichten sollte.

Nicht nur zukünftige Techniken sind den Studenten zu zeigen, sondern auch Einblicke in die Schwierigkeiten und Problemlösungen vergangener Jahrhunderte.

*»Wie können wir wissen, wer wir sind,
wenn wir unsere Vergangenheit nicht kennen.«*

J. Steinbeck

² W. Ließmann [L134–Seite 196].

Anhang

A Verweise, Bedeutung der Bildmarken

Anhang

B Form und Abmessungen der Radstuben

Kehrradstube am Thurm Rosenhof (Nr. 1)

Quelle: Vermessung durch den Verfasser F. B., Abb. 6, Abb. 19.¹

Form rund, innen exakter Zylinder
Wandstärke 2–0,8 m, nach oben hin abnehmend
Steine unten unregelmäßig geformt, oben mit bearbeiteten Kanten
Fugen Mörtel aus Gips, auch mit Zuschlag aus gebrochenen roten Ziegeln

Durchmesser 10,7 m, exakt auf 0,2 m
Tiefe bis Oberkante Schleiftrog 20 m + Aufsatz im Haus
Tiefe bis zum Ablauf 23,5 m
Gesamthöhe bis First ca. 30 m
Breite Schleiftrog (gesamt/am Rad) 7,2 m/4,2 m
Länge Schleiftrog (min./max.) 8,3 m/10,7 m
Tiefe Schleiftrog (Rad/Seilkorb) 3,5 m/1,9 m
Abstand Schacht-Korb 41 m
Neigungswinkel der Seile 0°/90° mit Umlenkung

Abstand der Tragbalken

Schicht IX L–M, N–K: 3,75 m
. Breite der Balken: 0,4 m

Schicht VIII G–H, C–D, I–H, B–C: 2,5 m
. G–F, D–E, I–J, A–B: 1,8 m

Konstruktion hölzerne Welle mit Kehrrad + Bremsrad + Seilkorb + verstellbarer Seilkorb
Kehrrad Durchmesser 8 m (über die Verkämmung der Laschen aus den Funden ermittelt)
Bauart Hilfsarme ? (noch auszugraben), Viertelstock vorgesetzt Riegelbrett radial, Anfassung tangential
Bremse Bremsrad mit ca. 5,6 m Durchmesser, schwimmende Hebelmechanik
Zustand einige Reste des Rades sind noch erhalten, Ringmauer intakt
Datum bis Anfang des 20. Jahrhunderts in Betrieb

weitere Angaben:²

Kehrrad³ $D = 27\frac{3}{4}'$ $B = 2' 6''$. (8,1 m/0,73 m)
Fahrkunstrad³ $D = 33'$ $B = 2' 6''$. (9,3 m/0,73 m)
Wasserkunstrad³ $D = 33'$ $B = 2' 6''$. (9,3 m/0,73 m)
Kehrrad⁴ $D = 7,94$ m

Kehrradstube der Grube Anna Eleonora (Nr. 2)

Quelle: Bemaßung⁵ in der Zeichnung Abb. 23.

(Maßstab mit »Fss. Ltr. M.«)

Form: viereckige Mauer, aus Kreissegmenten zusammengesetzt, $R = 13,5$ m, Schleiftrog mit schrägen Stirnwänden, unter dem Bremsrad abgestuft

Außenmaß:

Länge 7 Lachter 2" 13,5 m
Breite 6 Lachter 5' 8" 13,1 m

1 F. Balck [L28–Abb. 21].
2 Abkürzung für Fuß ', für Zoll ".
3 A. Dumreicher [L79–tabellarische Übersicht].
4 H. Banniza et al. [L31–Seite 178].

5 Verwendete Umrechnung:
1 Lachter = 1,92 m.
1 Fuß = 0,292 m.
1 Zoll = 1/12 Fuß.
1 Leipziger Elle = 0,571 m.

Anhang B – Form und Abmessungen der Radstuben

Innenmaß:

| | | |
|--------------|-----------|------------|
| Länge oben | ca. 40' | ca. 11,7 m |
| Breite oben | ca. 40' | ca. 11,7 m |
| Länge unten | ca. 31,2' | ca. 9,1 m |
| Breite unten | ca. 18' | ca. 5,7 m |

Tiefe

| | | |
|-----------------------------|------------|-----------|
| von Schleiftrog bis First | ca. 68' | ca. 20 m |
| von Rand bis Sohle | ca. 11,8' | ca. 3,4 m |
| von Rand bis Bremsebene | ca. 7,6' | ca. 2,2 m |
| horiz. Abstand Schacht-Korb | 14 Lachter | ca. 27 m |
| Neigungswinkel der Seile | 35° | |

| | | |
|-----------------------------------|--------|---------|
| Rad-Durchmesser | 27' | 7,88 m |
| Bremsrad-Durchmesser | 18' | 5,25 m |
| Seilkorb-Durchmesser | 9' | 2,62 m |
| Getriebeübersetzung | | |
| (nach Zeichnung/Räderdurchmesser) | | 1,3/1,5 |
| großes Rad | 8' 11" | 2,6 m |
| kleines Rad | 5' 11" | 1,7 m |

Konstruktion: .. Welle mit Kehrrad + Bremsrad

- ▶ Getriebe mit Übersetzungsverhältnis 1,5
- ▶ Welle mit 2 Seilkörben

Kehrrad Durchmesser 7,88 m

Bremse Bremsrad mit Durchmesser 5,25 m, Mechanik –

Zustand Schacht verfüllt, Gelände überbaut

Datum Planungszeichnung 1865, bis Anfang des 20. Jahrhunderts in Betrieb

weitere Angaben:

Kehrrad³ $D = 28 \frac{1}{2}'$, $B = 2' 6''$ (8,32 m/0,73m)

..... $D = 7,7 \text{ m}^6$

Volumen der Tonne⁶ 1/3 Raummeter

Fördergeschwindigkeit⁶ 1 m/s

Kehrradstube am Schacht Silbersegen (Nr. 3)

Quelle: Bemaßung⁵ der Zeichnung Abb. 24.

(Maßstab mit »Clausthaler B. A. Maass«)

Form runder Zylinder, gemauert

(Angaben auf der Zeichnung)

| | | |
|-----------------------------------|---------|-------------|
| Durchmesser | 37' | 10,8 m |
| Tiefe | 28' 8" | 8,4 m |
| Breite Schleiftrog oben/unten | | 7,2 m/3,6 m |
| Tiefe Schleiftrog links/rechts | | 4,3 m/1,4 m |
| Wandstärke | 4' | 1,2 m |
| Raddurchmesser | 27' | 7,88 m |
| Schaufelbreite | | 0,7 m |
| Kurbelarm, Radius | 2' | 0,6 m |
| horizontaler Abstand Schacht-Korb | 140' | 41 m |
| Neigungswinkel der Seile | | ca. 25° |
| vorhandenes Gefälle | 31' 10" | 9,3 m |

6 Lengemann, Meinicke [L131–Seite 229].

saigere Höhe von Scheiben- bis Wellenmittel 58' 5" 17,1 m
 Hängebank über Wellenmittel 34' 7" 10,1 m
 Schachtquerschnitt, Angabe auf der Zeichnung 4 Lachter, 1½ Lachter

Konstruktion ... hölzerne Welle mit Kehrrad + 2 Seilkörbe + Kunstgestänge
 Kehrrad $D = 7,88$ m
 Bauart Hilfsarme nicht parallel, Viertelstock eingesetzt
 Bremse am mittleren Kranz, schwimmende Hebelmechanik
 Zustand Schacht verfüllt, Ablaufrösche zugänglich
 Datum Planungszeichnung von 1819, Schacht bis Anfang des 20. Jahrhunderts in Betrieb

weitere Angaben:

Kehrrad³ $D = 26 \frac{3}{4}'$ $B = 2' 6''$. (7,8 m/0,73 m)
 Wasserkunstrad³ (Alter Segen) ... $D = 28'$ $B = 2' 6''$. (8,2 m/0,73 m)
 Hubkunstrad³ (Alter Segen) $D = 27 \frac{1}{2}'$, $B = 2' 6''$. (8,0 m/0,73 m)
 Kehrrad⁴ (Alter Segen) $D = 8,71$ m
 Zeichnung des Seilkorbes⁷

Kehrradstube der Grube Jungfrau (Nr. 4)

Quelle: Bemaßung⁵ und Maße in den Zeichnungen abgelesen und umgerechnet Abb. 29, Abb. 30, Abb. 31
 (Maßstab »Fuß Clausthaler Bergamts Maass«)

Form Rechteck Querschnitt, senkrechte Wände
 im Fundamentbereich leicht
 konisch

Steine unregelmäßig geformt
 Fugen mit Mörtel

(Maße nach Schottelius ± 5 %):

Länge Schleiftrog innen 11,8 m
 Breite Schleiftrog innen 5,7 m/4,2 m
 Tiefe Schleiftrog 8,4 m/6,8 m
 Höhe bis Dach 13,8 m
 Wandstärke 0,9/0,7 m
 Gesamtlänge mit Vorbau, außen 17,8 m
 Breite Vorbau 6,0 m/5,7 m (1998 am Haus nachgemessen)

Maße des Kehrrades:

Durchmesser^{8, 9, 10} 29' 6" 8,6 m
 8,7 m
 8,5 m
 Breite (Kranz)^{9,10} 2,0 m
 2,2 m
 Bremsrad Durchmesser⁸ 17' 5 m
 Kurbelarm Radius⁸ 3' 0,87 m
 am Rad⁹ 36" 0,87 m
 am Korb⁹
 (36/35-Umsetzung im Gestänge) . 35" 0,85 m
 Schaufelbreite⁹ 0,73 m
 Pleuel-Querschnitt⁹ $B = 8''$, $H = 10''$, $B = 0,2$ m, $H = 0,25$ m

7 C. Schmidt [Z77].
 8 Osterwald [Z60].

9 Schottelius [Z79].
 10 Beyersdorf [Z28].

Anhang B – Form und Abmessungen der Radstuben

Maße des Pochrades:

| | |
|--|-------|
| Durchmesser ¹⁰ | 5,0 m |
| Breite ¹⁰ | 1,3 m |
| horizontaler Abstand Schacht-Korb ⁸ . ca. 80' | 23 m |
| Neigungswinkel der Seile | 20° |

Konstruktion hölzerne Welle mit Kehrrad + Bremsrad

- ▶ Kunstgestänge
- ▶ hölzerne Welle mit 2 Seilkörben + Notbremsrad

Kehrrad $D = 8,7$ m

Bauart Hilfsarme nicht parallel, Viertelstock eingesetzt

Bremse Bremsrad mit Durchmesser 5 m, schwimmende Hebelmechanik

Zustand Schacht verfüllt, Kehrradstube zum Wohnhaus umgebaut

Datum Zeichnungen von 1812, 1816, Betrieb in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts

weitere Angaben:

Kehrrad³

| | | |
|----------------------------|----------------|----------------|
| $D = 27\frac{1}{2}'$ | $B = 2' 3''$. | (8,0 m/0,65 m) |
|----------------------------|----------------|----------------|

Kunstrad³

| | | |
|-----------------|-----------------|---------------|
| $D = 34'$ | $B = 2' 4''$.. | (10 m/0,68 m) |
|-----------------|-----------------|---------------|

Kehrradstube der Grube Silberne Schreibfeder (Nr. 5)

Quelle: Maße⁵ aus der Zeichnung abgenommen, Abb. 25 (Riß von Beyersdorf¹⁰ 1:1000, ±0,2 m)

Länge

| |
|---------------|
| 10,3 m/14,0 m |
|---------------|

Breite

| |
|--------|
| 10,3 m |
|--------|

Kehrrad:

Durchmesser

| |
|-------|
| 8,2 m |
|-------|

Breite

| |
|-------|
| 2,5 m |
|-------|

Abstand Schacht-Korb

| |
|------|
| 33 m |
|------|

Niveau der Hängebank

| |
|----------|
| -47,86 m |
|----------|

Konstruktion –

Kehrrad $D = 8,2$ m

Bremse –

Zustand Schacht verfüllt, Gelände planiert, Zulaufrösche zugänglich

Datum bis Anfang des 20. Jahrhunderts in Betrieb

weitere Angaben:

Kehrrad³

| | | |
|-----------------|----------------|----------------|
| $D = 27'$ | $B = 2' 4''$. | (7,9 m/0,68 m) |
|-----------------|----------------|----------------|

Kunstrad³

| | |
|-----------------|------------------------------|
| $D = 36'$ | $B = 2' 4''$ (10,5 m/0,68 m) |
|-----------------|------------------------------|

Kehrradstube der Grube Rheinischer Wein (Nr. 6)

Quelle: Maße⁵ aus der Zeichnung abgenommen, Abb. 25 (Riß von Beyersdorf¹⁰ 1:1000, ±0,2 m)

Radstube:

Länge

| |
|-------------|
| 13,5/17,0 m |
|-------------|

Breite

| |
|--------|
| 12,5 m |
|--------|

Kehrrad:

Durchmesser

| |
|-------|
| 8,5 m |
|-------|

Breite

| |
|-------|
| 2,5 m |
|-------|

Radstube:

Länge 13,3 m
Breite 4,6 m

Kunstrad:

Durchmesser¹⁰ 10,8 m
Breite¹⁰ 0,8 m

Niveau der Hängebank¹⁰ -64,6 m

Konstruktion -

Kehrrad $D = 8,5$ m

Bremse -

Zustand Schacht verfüllt, Gelände planiert, hangseitige Mauer der Radstube ist noch vorhanden sowie der Zulaufgraben

Datum bis Anfang des 20. Jahrhunderts in Betrieb

weitere Angaben:

Kehrrad³ $D = 30'$, $B = 2' 4''$. (8,8 m/0,68 m)

Kunstrad 1³ $D = 26'$, $B = 2' 3''$. (7,6 m/0,65 m)

Kunstrad 2³ $D = 26'$, $B = 2' 3''$. (7,6 m/0,65 m)

Kehrradstube der Grube Samson (Nr. 7)

Quelle: Vermessung durch den Verfasser F. B., Abb. 36, Abb. 38.

Gebäude:

Länge (Innenmaß) 12,6 m

Breite (Innenmaß) 10,5 m

Höhe von Schleiftrog unten bis First 15,7 m

Höhe von Schleiftrog unten bis Balkenlage/Traufe .. 10,0 m

Schleiftrog:

Form abgestuftes Rechteck

Länge 11,8 m

Breite, gesamt 7,3 m

Breite, tiefste Stelle 4,0 m

Tiefe Schleiftrog (Rad/Seilkorb) 4,2 m/1,8 m

Konstruktion ... eiserne Welle mit Kehrrad + Bremsrad

- ▶ Kupplung
- ▶ eiserne Welle mit Seilkorb + verstellbarem Seilkorb die eisernen Wellen sind mit Hölzern aufgefüttert

Kehrrad $D = 9$ m

Bauart Hilfsarme nicht parallel, Viertelstock eingesetzt Riegelbrett schräg, Anfasung radial

Schaufelbreite .. ca. 0,72

Bremse Bremsrad mit Durchmesser 7 m , hölzerner Nachbau der Hebelmechanik, nicht schwimmend früher war die Hebelmechanik schwimmend, ein eiserner Gelenkhebel ist als Fundstück noch vorhanden

Zustand Schacht zugänglich, Museum, Fahrkunst betriebsbereit

Datum bis Anfang des 20. Jahrhunderts in Betrieb (Stilllegung 1910¹¹)

weitere Angaben

Seildurchmesser 14 mm

11 G. Gebhard [L94–Seite 44].

Kunstradstube der Grube Samson (Nr. 8)

Kunstrad $D = 11,5 \text{ m}$, $B = 0,62 \text{ m}$
 Bauart wie Kehrstrad
 Kurbelarm $R = 4'$. 1,2 m (Abb. 74)
 Pleuel Länge 15,6 m,
 Querschnitt rechteckig,
 Höhe konisch 0,4–0,18 m,
 Breite 0,2 m
 Datum bis 1922 in Betrieb, Kunstrad rekonstruiert 1997

Kunstradstube am Knesebeck-Schacht (Nr. 9)

Quelle: Vermessung durch F. B. Abb. 3, Abb. 47, Abb. 48, Abb. 49.

Form Quader, leicht verformt,
 senkrechte Wände, außer Teil der Stirnwand,
 am Hang mit 60° ,
 Stirnwand zum Tal leicht konisch

Steine bearbeitete Flächen

Länge Schleiftrog (Oberkante) 13,0 m
 Breite Schleiftrog 2,3 m
 Tiefe von Oberkante bis Bretterboden 5,6 m
 Wandstärke Längswand 1,3/1,4 m
 Wandstärke Stirnwand Tal, konisch min. 1,0 m, max. 2,5 m
 Rösche (innen) Breite 0,9 m

Konstruktion ... hölzerne Welle mit Kunstrad
 ▶ Kunstgestänge

Kunstrad Durchmesser (von Abb. 3) 12 m

Kurbelarm 0,8 m

Bauart Hilfsarme parallel, Viertelstock eingesetzt Riegelbrett schräg, Anfasung tangential

Schaufelbreite .. 0,6 m

Bremse –

Zustand Mauern der Kunstradstube saniert, Museum

Datum bis Anfang des 20. Jahrhunderts in Betrieb

weitere Angaben:

Kunstrad³ $D = 39\frac{1}{2}'$, $B = 2' 6''$. (11,5 m/0,73 m)
 $D = 40'$, $B = 0,6$

Kehrstradstube am Knesebeck-Schacht (Nr. 10)

Quelle: Vermessung durch F. B. Abb. 3, Abb. 52, Abb. 53, Abb. 54.

Form Quader, senkrechte Wände
 Teil der Stirnwand am Hang
 60° , Stirnwand am Tal
 leicht konisch,
 äußere Längswand 5 cm eingebeult

Steine bearbeitete Flächen

Länge Schleiftrog (Oberkante) 11,2 m
 Breite Schleiftrog bis zur Verjüngung 2,7 m
 Breite Radstube mit Seilkorb 8,7 m
 Tiefe 4,8 m
 Wandstärke Längswand 1,1 m
 Wandstärke Stirnwand (konisch) 0,8–1,3 m

Konstruktion hölzerne Welle mit Kehrrod + Bremsrad
 ▶ Getriebe mit Übersetzungsverhältnis 1,5
 ▶ hölzerne Welle mit Seilkorb + verstellbarem Seilkorb

Kehrrod Durchmesser ca. 9,3 m (Abb. 53)
 Bauart Hilfsarme parallel, Viertelstock eingesetzt Riegelbrett schräg, Anfasung tangential
 Schaufelbreite 0,73 m
 Bremse Bremsrad mit Durchmesser ca. 6,2 m (Abb. 53) schwimmende Hebelmechanik
 Zustand Mauern der Kehrrodstube saniert, Museum
 Datum bis Anfang des 20. Jahrhunderts in Betrieb

weitere Angaben:

Kehrrod³ $D = 33'$, $B = 2'$. . . (9,6 m/0,6 m)

Obere Kunstradstube im Polstertal (Nr. 11)

Quelle: Vermessung durch F. B. Abb. 58, Abb. 59

Form Quader, an den Längsseiten in der Mitte
 gleichmäßig aufgeweitet, senkrechte Wände

Steine bearbeitete Flächen

Länge 11,30 m
 Breite 2,45 m/2,10 m
 Tiefe (unsicherer Boden?) 3,8 m
 in der Mitte ein Holzbalken 3,0 m × 0,5 m
 Rösche, Breite 0,95 m
 Rösche, Tiefe 1,6 m

Konstruktion hölzerne Welle mit Kunstrad
 ▶ zunächst Kunstgestänge, später (1872) Drahtseiltransmission

Kunstrad³ $D = 10,2$ m
 Bremse –
 Zustand Mauer gut erhalten, Trog teilweise freigeräumt, zugänglich
 Datum bis Anfang des 20. Jahrhunderts in Betrieb

weitere Angaben:

ob. Kunstrad³ $D = 35'$, $B = 2' 6''$ (10,22 m/0,73 m)

Text und Foto¹²

12 M. Schmidt [L182–Abb. 18/4].

Untere Kunstradstube im Polstertal (Nr. 12)

Quelle: Vermessung durch F. B. Abb. 60.

Form Quader, an den Längsseiten in der Mitte aufgeweitet, mit Ausbuchtung in der Mitte

Steine unregelmäßig geformt, Grauwacke, Schlackensteine

Fugen mit Mörtel

Länge 9,8 m

Breite 1,8 m 2,65 m

Tiefe (max-min sichtbare Steine) 1,5 m

Ausbuchtung östliche Seite 3,3 m 2,9 m 3,6 m

Abstand der Eisenklammern 1,56 m

Konstruktion ... hölzerne Welle mit Kunstrad

▶ zunächst Kunstgestänge später Drahtseiltransmission

Kunstrad Durchmesser 9,3 m (A. Dumreicher)

Bremse –

Zustand die oberen Teile der Mauern liegen frei

Datum bis Anfang des 20. Jahrhunderts in Betrieb

weitere Angaben:

unteres Kunstrad³ $D = 32'$, $B = 2' 6''$ (9,34 m/0,73 m)

Kunstradstube am Zellerfelder Hoffnungsschacht (Nr. 13)

Quelle: Vermessung durch F. B. Abb. 65, Abb. 63.

Form (nur zwei Wände sichtbar) im Querschnitt Rechteck mit dachförmig nach außen geknickten Längsseiten, senkrechte Wände

Steine unregelmäßig geformt

Länge 12,8 m

Breite ca. 3,4 m, am Knick zusätzlich 1,6 m breiter

Tiefe –

Höhe der Rösche 2 m

Konstruktion ... –

Kunstrad Durchmesser 10,5 m, Breite 0,73 m

Bremse –

Zustand der obere Rand von zwei der vier Mauern des Troges sowie die Ablaufrösche sind zugänglich

Datum um 1830 gebaut

weitere Angaben:

Kunstrad³ $D = 36'$, $B = 2' 6''$ (10,5 m/0,73 m)

Kehrrad³ $D = 36'$, $B = 2' 6''$ (10,5 m/0,73 m)

Kunstradstube der Grube Glasebach (Nr. 14)

Quelle: Vermessung durch F. B. Abb. 67, Abb. 66.

Form oval, ohne Ecken

Länge oben (Neubau) 19 m
 Breite oben (Neubau) 9 m
 Höhle Sohle bis Dach (Neubau) 14 m

Mauerwerk Natursteine
 Länge (max.) 11,0 m
 Breite (max.) 2,5 m
 Tiefe 4,2 m

Konstruktion ... Kunstrad mit Kunstgestänge
 Kunstrad Durchmesser¹³ 9,52 m (33') (auch der Nachbau)
 Bauart Riegelbrett schräg, Anfasung tangential (Fundstück)
 Schaufelbreite .. 0,8 m
 Bremse –
 Zustand Radstube 1996 saniert, Kunstrad rekonstruiert 1998, Museum
 Datum 1813–54/1876¹³

weitere Angaben:

vergleichsweise geringer Schaufelabstand, große Schaufelzahl (112).

Kunstradstube am Schacht Herzog Georg Wilhelm (Nr. 15)

Quelle: Maße⁵ in der Zeichnung abgelesen und umgerechnet, Abb. 68.
 (Maßstab »Fuß«)

Form Quader mit schrägen Stirnflächen

Länge oben, außen/innen 49,5'/48' . 14,45 m/14,0 m
 Breite oben, außen/innen 35'/33,5' .. 10,22 m/9,8 m
 Höhe der Mauer 21' 6 m

Schleiftrog (1)

Länge 9,4 m
 Breite 2,4 m
 Tiefe 2,7 m
 Höhe der Achse 4,7 m

Schleiftrog (2)

Länge 12,4 m
 Breite 2,4 m
 Tiefe 5,2 m
 Höhe der Achse 6,3 m

Gebäudehöhe innen 16,5 m

Konstruktion ... hölzerne Welle mit Kunstrad
 Kunstrad Rad 1 Durchmesser (38') 11 m
 Rad 2 Durchmesser (29') 8,5 m

13 Mündliche Auskunft durch Siegfried Lorenz, Grube Glasebach.

Anhang B – Form und Abmessungen der Radstuben

| | | |
|-----------------|--|-------|
| Kurbel 1 Radius | 4' | 1,2 m |
| Kurbel 2 Radius | 3' | 0,9 m |
| Bremse | – | |
| Zustand | Schacht verfüllt, Gelände überbaut | |
| Datum | bis Ende des 19. Jahrhunderts in Betrieb | |

weitere Angaben:

| | | |
|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Kehrrad ³ | $D = 26\frac{1}{2}'$, | $B = 2' 4''$. (7,7 m/0,67 m) |
| Fahrkunstrad ³ | $D = 39'$, | $B = 3'$.. (11,4 m/0,9 m) |
| Wasserkunstrad ³ | $D = 28\frac{1}{2}'$, | $B = 2' 4''$. (8,3 m/0,67 m) |

Kehrradstube der Grube Dorothea (Nr. 16 und Nr. 17)

Quelle: Maße⁵ in der Zeichnung von C. A. Rausch (Abb. 71) ermittelt und umgerechnet, Abb. 1, Konstruktion 2 aus Abb. 1.

Außenmaße

| | | |
|--------|------------------------------|---------|
| Länge | $7\frac{2}{8}$ L | 13,92 m |
| Breite | $5\frac{6}{8}$ L | 1,04 m |

Innenmaße

| | | |
|--------|------------------------------|--------|
| Länge | $6\frac{1}{8}$ L | 12 m |
| Breite | $4\frac{6}{8}$ L | 9,1 m |
| Tiefe | $5\frac{3}{8}$ L | 10,3 m |

Schleiftrog

| | | |
|-------------------------------|------------------------------|-------|
| Breite | $3\frac{6}{8}$ L | 7,2 m |
| Breite hoher Absatz | $1\frac{4}{8}$ L | 2,9 m |
| Breite hoher + mittlerer Abs. | $2\frac{3}{8}$ L | 4,6 m |
| Tiefe hoch | $\frac{5}{8}$ L | 1,2 m |
| Tiefe mittel | $1\frac{2}{8}$ L | 2,4 m |
| Tiefe gesamt | $2\frac{1}{8}$ L | 4,1 m |

| | | |
|----------------------|------------------------------|-------|
| Kehrrad-Durchmesser | $4\frac{1}{8}$ L | 7,9 m |
| Bremsrad-Durchmesser | $2\frac{5}{8}$ L | 5,0 m |
| Seilkorb-Durchmesser | $1\frac{3}{8}$ L | 2,6 m |
| Rad-Breite | $\frac{6}{8}$ L | 1,4 m |

| | | |
|---------------------------------|-------------------------------|--------|
| Höhe der Rösche | $\frac{6}{8}$ L | 1,4 m |
| Länge der Seiltrift Welle-Welle | $24\frac{6}{8}$ L | 47,5 m |
| nach Grundriß | ca. 25 L | 48 m |

| | | |
|---|-----------------------|---------|
| Winkel zwischen Kunstgestänge und Seiltrift | | 40° |
| Länge des Kunstgestänges | ca. 273 L | (524 m) |

Konstruktion 1 (Nr. 16)

| | | |
|---------|--|--------------------------------------|
| | hölzerne Welle mit Kehrrad + Bremsrad + Seilkorb + Seilkorb | |
| Kehrrad | Durchmesser | 7,9 m |
| Bauart | Hilfsarme einzeln, ohne Viertelstock | |
| Bremse | Bremsrad mit Durchmesser | 5 m, nicht schwimmende Hebelmechanik |
| Zustand | Schacht verfüllt, Rösche zugänglich | HWW |
| Datum | bis Mitte des 19. Jahrhunderts in Betrieb, danach Neubau | |

Konstruktion 2 (Nr. 17)

- hölzerne Welle mit Kehrrad + Seilkorb
 - ▶ Getriebe
 - ▶ hölzerne Welle + Seilkorb

Länge der Radstube 10,3 m
 Tiefe ab ob. Balken 7,2 m
 Kehrrad Durchmesser 7,7 m
 Bauart Hilfsarme parallel, Viertelstock –
 Bremse am Kranz, schwimmende Hebelmechanik
 Zustand Schacht verfüllt
 Datum um 1850

weitere Angaben:

Kehrrad³ $D = 26 \frac{1}{2}'$, $B = 2' 6''$ (7,74 m/0,68 m)

Kunstradstube der Grube Dorothea (Nr. 18)

Quelle: Maße⁵ aus der Zeichnung von A. Polle entnommen, Abb. 74.
 (Maßstab Fuß)

Form teilweise oval
 Höhe 13,9 m
 Tiefe ab Grundrahmen 6 m
 Länge oben 15,5 m
 Länge im Trog 13,6 m

Konstruktion ... hölzerne Welle mit eisernem Stern ▶ Pleuel
 Kunstrad Durchmesser 11,8 m
 Kurbelarm 1 m
 Bauart radiale Arme, Riegelbrett schräg, Anfasung tangential

weitere Angaben:

Kunstrad³ $D = 40'$ $B = 2' 6''$. (11,7 m/0,73 m)

Kehrradstube am oberen Thurm Rosenhof (Nr. 19)

Quelle: Bemaßung⁵ in der Zeichnung Abb. 75 und ¹⁴.
 (Maße ±5 %, da unterschiedliche Angaben in den verschiedenen Ansichten, Maßstab Fuß Calenberger Maaß)

Form oval, senkrechte Wände, mit Kappe
 Wandstärke in den Durchbrüchen 1 m

Steine:

Länge, große Halbachse 11,5 m
 Breite, kleine Halbachse 4,8 m
 in der Kappe ca. 15 cm am ganzen Rand größer
 Höhe der Kappe 3 m

Tiefe bis zum Schleiftrog 9,5 + 3 m
 Tiefe bis zur Geländeoberkante 19,5 m
 Breite Schleiftrog nicht abgestuft, wie Breite
 Länge Schleiftrog nicht abgestuft, wie Länge
 Tiefe Schleiftrog (Wellenmitte) 4,5 m

¹⁴ F. Balck [L28–Abb. 37].

Anhang B – Form und Abmessungen der Radstuben

| | |
|---------------------|--|
| Konstruktion . . . | hölzerne Welle mit Kehrrad |
| | ▶ 4 Treibstangen |
| | ▶ hölzerne Welle mit 2 Seilkörben |
| Kehrrad | Durchmesser 8 m |
| Bauart | Hilfsarme parallel, Viertelstock eingesetzt |
| Kurbelarm | 0,35 m |
| Schaufelbreite . . | 0,75 m |
| Bremse | am mittleren Kranz, schwimmende Hebelmechanik |
| Zustand | Radstube noch erhalten, zugänglich über Ablaufrösche |
| Datum | bis Anfang des 19. Jahrhunderts in Betrieb |

Kehrradstube der Grube Dorothea in Freiberg (Nr. 20)

Quelle: Maße¹⁵ in der Zeichnung abgelesen Abb. 77.
(Maßstab Ellen)

Form oval, senkrechte Wände
Wandstärke in den Durchbrüchen 0,7 m

Auskleidung behauene Steine/Holz

Länge, große Halbachse 13 m
Breite, kleine Halbachse 2,9 m

Höhe der Kappe 1,44 m
Breite Schleiftrog wie Breite
Länge Schleiftrog abgeschrägt 10,5 m auf 7,7 m
Tiefe Schleiftrog (Wellenmitte) 5,75 m

| | |
|---------------------|--|
| Konstruktion . . . | hölzerne Welle mit Kehrrad |
| | ▶ 4 Treibstangen ▶ Seilkorb |
| Kehrrad | Durchmesser 11 m |
| Bauart | Hilfsarme nicht parallel, Viertelstock vorgesetzt |
| Kurbelarm | 0,35 m |
| Schaufelbreite . . | 0,4 m |
| Bremse | am mittleren Kranz, Kniehebel, schwimmende Hebelmechanik |
| Zustand | – |
| Datum | – |

Feuergezäher Gewölbes (Nr. 21)

Quelle: Vermessung durch F. B., Abb. 80, Abb. 79.

Länge Seite 1 (max.) 8,0 m
Länge Seite 2 (max.) 4,8 m
Länge Seite 3 (max.) 6,7 m
Länge Seite 4 (max.) 5,2 m

Länge der Firstlinie 7,7 m
Höhe Sohle bis zum First 7,7 m

Höhe der beiden seitlichen Bögen (innen) 4,2 m
Höhe kleiner Bogen mit »Lampenöffnungen« 2,1 m

15 Verwendete Umrechnung 1 Leipziger Elle = 0,571 m.

| | |
|---|---|
| Höhe der Auflager in den seitlichen Nischen | 2,7 m |
| Höhe Wasserzulauf 1 | 6,5 m |
| Höhe Wasserzulauf 2 | 6,2 m |
| möglicher Raddurchmesser | 6 m |
| Konstruktion | – |
| Kunstrad | $D = \text{ca. } 6 \text{ m}$ |
| Bremse | – |
| Zustand | Gewölbe wird nach Sanierung zugänglich sein, Museum |
| Datum ¹⁶ | um etwa 1350 gebaut |

weitere Angaben:
Beschreibung der Risse¹⁷, Deformationsmessungen¹⁸

Kanekuhler Kehrradstube (Nr. 22)

Quelle: Vermessung durch F. B., Abb. 84, Abb. 86.

Hohlraum:

| | |
|--|--------|
| Länge (max.) | 14 m |
| Länge (bis Betonwand) | 8,9 m |
| Breite (max.) | 8,5 m |
| Höhe von Schleiftrog unten bis First | 11,5 m |

Schleiftrog:

| | |
|----------------------------------|--|
| Form | Quader, abgestuft, leicht schräge Stirnwände |
| Länge | 8,1 m |
| Breite, gesamt | 4,0 m |
| Breite, tiefste Stelle | 2,4 m |
| Tiefe Schleiftrog (Rad) | 3,5 m |
| Tiefe Schleiftrog (Bremse) | 2,5 m |

Rad-Durchmesser 26' 7,6 m

Gefälle¹⁹ 8,2 m

Konstruktion ... hölzerne Welle mit Kehrrad + Bremsrad

▶ 4 Treibstangen ▶ Seilkörbe

Kehrrad $D = 7,6 \text{ m}$ (nach den Funden ermittelt)

Bauart Hilfsarme parallel, Viertelstock eingesetzt

Riegelbrett schräg

Anfasung Original radial/ Rekonstruktion tangential

Schaufelbreite
 0,54 m |

Seilkorb-Durchmesser
 2 m (Abb. 83) |

Bremse Bremsrad mit Durchmesser ca. 5 m, nicht schwimmende Hebelmechanik

Zustand zugänglich, Museum

Datum bis Anfang des 20. Jahrhunderts in Betrieb

weitere Angaben:

Bericht über die Rekonstruktion²⁰.

¹⁶ R. Slotta [L190–Seite 55].

¹⁷ R. Wolf [L213].

¹⁸ F. Balck [L19].

¹⁹ König [L121].

²⁰ F. Balck, Tilo Ziegler [L23].

Serenissimorum Kehrradstube (Nr. 23)

Quelle: Vermessung durch F. B., Abb. 90, Abb. 87.

Hohlraum:

| | |
|--|--------|
| Länge (max.) | 10,8 m |
| Breite (max.) | 9,2 m |
| Höhe von Boden Schleiftrog bis First | 10,8 m |

Schleiftrog:

Form Quader, abgestuft

| | |
|---|-------|
| Länge | 9,7 m |
| Breite, gesamt | 4,2 m |
| Breite, tiefste Stelle | 2,5 m |
| Tiefe Schleiftrog (Rad) | 4,5 m |
| Tiefe Schleiftrog (Bremse/Betonweg) | 2,9 m |

| | | |
|---|-------------------|---------------------------|
| Rad-Durchmesser | 4,5 Lachter | 8,6 m |
| Schaufelbreite | | 0,54 m |
| Kurbelarm Radius | | 0,335 m .. (Text Abb. 89) |
| Bremsrad-Durchmesser | | |
| (verkleinerter Nachbau) | | 3,0 m |
| Bremsrad-Durchmesser ⁹ | | ca. 5,8 m |
| Seiltrommel ²¹ | 9' | 2,6 m |

Gefälle⁹ 9,15 m

Konstruktion ... hölzerne Welle mit Kehrrad + Bremsrad

- ▶ 4 Treibstangen ▶ hölzerne Welle mit Seilkörben

Kehrrad Durchmesser 8,6 m

Bauart Hilfsarme parallel, Viertelstock eingesetzt Riegelbrett schräg, Anfasung tangential

Bremse Bremsrad Original 5,5 m Durchmesser (Abb. 89), Nachbau hat ca. 3 m, nicht schwimmende Hebelmechanik

Zustand das Rad ist noch erhalten, jedoch sind einige Bodenbretter schon herausgefallen, Bremse und Seilkorbwelle rekonstruiert

Datum bis Anfang des 20. Jahrhunderts in Betrieb

Serenissimorum Kunstradstube (Nr. 24)

Quelle: Vermessung durch F. B., Abb. 90, Abb. 91.

Hohlraum:

| | |
|--|--------|
| Länge (max.) | 12,7 m |
| Breite (max.) | 6,5 m |
| Höhe vom Boden Schleiftrog bis First | 10,0 m |

Schleiftrog:

Form Quader, leicht schräge Stirnwände

| | |
|--|-------|
| Länge | 8,5 m |
| Breite, gesamt | 1,8 m |
| Breite, tiefste Stelle | 1,8 m |
| Tiefe Schleiftrog ab Gestein | 3,0 m |
| Tiefe Schleiftrog ab Grundrahmen | 3,7 m |

²¹ H. Spier v, Seite 39.

| | |
|-----------------------------|---|
| Höhe der Rösche | 1,8 m |
| Durchmesser des Rades | 8 m |
| Gefälle ⁹ | 8,4 m |
| Konstruktion ... | hölzerne Welle mit Kunstrad |
| | ▶ Wendedocke + Kunstgestänge |
| Kunstrad | $D = 8$ m, obere Hälfte rekonstruiert |
| Bauart | Hilfsarme parallel, Viertelstock eingesetzt Riegelbrett schräg, Anfasung tangential |
| Schaufelbreite .. | 0,61 m |
| Kurbel Radius .. | 0,64 m |
| Bremse | – |
| Zustand | zugänglich, Museum |
| Datum | bis Anfang des 20. Jahrhunderts in Betrieb |

weitere Angaben:

| | |
|-----------------------------------|--------|
| Untere Kunstradstube (Abb. 78) | |
| Gefälle ⁹ | 9,45 m |
| Raddurchmesser ⁹ | 8,1 m |

Radstuben am Schacht Ernst August (Nr. 25 und Nr. 26)

Quelle: Bemaßung⁵ in den Zeichnungen sowie bei H .H. Nietzel²² abgelesen und umgerechnet (Abb. 2).

Kehrrad (Nr. 25):

| | |
|-------------------------------|--|
| Radstube | |
| Höhe | 42'..... 12,3 m |
| Länge | 42'..... 12,3 m |
| Breite gesamt | 30'..... 8,8 m |
| Höhe gesamt | – |
| Länge Schleiftrog | 38'..... 11,1 m |
| Breite Schleiftrog unten..... | 11'..... 3,2 m |
| Breite Schleiftrog oben | 22'..... 6,4 m |
| Rad-Durchmesser | 31'... 9,05 m (8 m) |
| Seilkorb-Durchmesser | 10'..... 2,9 |
| Konstruktion ... | hölzerne Welle mit Kehrrad + Seilkorb + verstellbarem Seilkorb |
| Kehrrad | Durchmesser 9 m |
| Bauart | Hilfsarme parallel, Viertelstock eingesetzt, später vorgesetzt Riegelbrett schräg, Anfasung tangential |
| Kurbel Radius .. | 2' 8" = 0,8 m |
| Bremse | am mittleren Kranz, schwimmende Hebelmechanik |
| Zustand | Rad noch vorhanden, sehr zerbrechlich, einsturzgefährdet, Museum |
| Datum | bis Anfang des 20. Jahrhunderts in Betrieb |

22 H. H. Nietzel [L151] und [L154], [L6], Riß im OBA.

Kunstrad (Nr. 26):

Radstube

| | | |
|--------------------|------|--------|
| Höhe | 50' | 14,6 m |
| Länge | 54' | 15,8 m |
| Breite | 17' | 5,0 m |
| Länge Schleiftrog | 47' | 13,7 m |
| Breite Schleiftrog | 7,4' | 8,15 m |
| Höhe Schleiftrog | – | |

Rad-Durchmesser 40'11,70 m (11,54 m)²

Konstruktion ... hölzerne Welle mit Kunstrad

Kunstrad Durchmesser ca. 11,6 m

Bauart Hilfsarme parallel, Viertelstock eingesetzt Riegelbrett schräg, Anfasung tangential

Kurbel Radius .. 2' 8" = 0,8 m

Bremse am Kranz, Hebelmechanik mit Kniehebel

Zustand nicht mehr vorhanden

Datum bis Anfang des 20. Jahrhunderts in Betrieb

weitere Angaben:

Kehrrad³ $D = 31'$, $B = 2' 6''$. (9,0 m/0,73 m)

Kunstrad³ $D = 38'$, $B = 2' 6''$. (11,1 m/0,73 m)

Vermessungsdaten durch F. B.²³

Kunstradstube der Grube Kummelsglück (Nr. 27)

Quelle: Maße⁵ im Text und Bemaßung in der Zeichnung Abb. 95, Abb. 97.

Form: eckig, in den Felsen gehauen, unter dem Rad ausgerundet

Länge Raddurchmesser + 120 " 10 m

Breite 2 Lachter 4' 5 m

Höhe 10 m

Schleiftrog, Holzrahmen

Länge 6,3 m

Breite 1,2 m

Breite im Gestein 74" 1,85 m

Raddurchmesser 20' 5,8 m

Freiraum zwischen Rad und Abfallwasser 12" 0,3 m

Freiraum zwischen Rad und unterem Schleiftrog 20" 0,5 m

Freiraum zwischen Rad und Wasserkasten 22" 0,55 m

Höhe des Wasserkastens 28" 0,7 m

Konstruktion ... hölzerne Welle mit Kunstrad + Pleuel

Kunstrad $D = 5,8$ m

Bauart einzelne Hilfsarme, Viertelstock eingesetzt

Schaufelbreite 20" 0,66 m

Kurbelarm 1' 0,3 m

²³ F. Balck [L24].

Bremse –
 Zustand einige Reste der Welle sind noch vorhanden, Zugang über Privatgelände
 Datum bis Anfang des 20. Jahrhunderts in Betrieb

Radstuben der Grube Morgenstern in Freiberg (Nr. 28 und Nr. 29)

Quelle: Alle Maße⁵ sind in der Zeichnung abgelesen und mit der angegebenen Skala umgerechnet (Fehler $\pm 0,2$ m), Abb. 98. (Maßstab Ellen Leipzig)

Gebäude:

Länge übertage 14,0 m
 Länge untertage 23,9 m
 Breite 11,4 m
 Länge oben 10,4 m
 Breite oben 7 m

Kehrradstube (Nr. 28)

Länge 11,8 m
 Breite, Rechteck mit ovalen Seitenwänden Form wie im Polstertal
 2,6 m/2,2 m
 Höhe Boden des Schleiftroges bis Bühne 10,1 m
 Boden bis Firstunterkante 22,9 m
 Kehrrad Durchmesser 9,6 m

Kunstradstube (Nr. 29)

Länge 10,4 m
 Breite, Rechteck mit ovalen Seitenwänden 1,9 m/1,4 m

Kunstrad $D = 9,9$ m

Konstruktion ... hölzerne Welle mit Kehrrad + 2 Seilkörben
 Kehrrad $D = 9,6$ m
 Bauart Hilfsarme nicht parallel, Viertelstock vorgesetzt
 Schaufelbreite .. Kehrrad ca. 0,4 m
 Schaufelbreite .. Kunstrad ca. 0,6 m
 Bremse am mittleren Kranz, nicht schwimmende Hebelmechanik
 Seilkorb Durchmesser 2,7 m
 Zustand –
 Datum –

Anhang

C **Tabellarische Zusammenfassung der Radstubendaten**

Anhang

D

**Arbeitskraft
von Mensch und Wasser**

D.1 Abschätzung der Arbeitskraft

In der Grube Thurm Rosenhof arbeiteten nach A. Dumreicher [L79] (1868) drei Wasserräder. Um den Segen dieser Einrichtungen für den Bergbau abschätzen zu können, wird hier eine sehr pauschale Rechnung vorgestellt. Diese Abschätzung arbeitet mit runden Zahlen als Eingangsgrößen und soll lediglich die Größenordnung der verwendeten Arbeitskraft vermitteln. Sie soll einen Vergleich zwischen der Zeit vor 1900 und unserem Zeitalter mit Benzin und Elektrizität aus der Steckdose ermöglichen.

Die menschliche Arbeitskraft, physikalisch die Leistung, beträgt rund 100 Watt. Ein Mensch kann über längere Zeit diese Leistung vollbringen. Kurzzeitig sind auch höhere Werte erreichbar. Jedoch, wenn die Bergleute eine 10–12stündige Tätigkeit verrichten, dann sind 100 Watt als Dauerleistung Schwerarbeit. Ein Pferd leistet etwa das Siebenfache (1 PS = 735 Watt).

Wenn ein Auto eine Leistung von 100 kW (136 PS) liefern kann, dann entspricht das der Leistung von 1000 Menschen mit 100 Watt. Im normalen Alltag kommt uns der Vergleich zwischen dem Kraftpaket unter der Motorhaube und der menschlichen Arbeitskraft nicht in den Sinn. Jedoch, wenn wir das Auto bei leerer Batterie anschieben müssen, merken wir unsere Ohnmacht. Um diese Leistung (Vollast) zu erzeugen, benötigt das Auto ca. 20 Liter Benzin pro Stunde. Die Kosten für den Treibstoff entsprechen etwa denen für eine Arbeitskraft. Somit erhält man für das gleiche Geld einerseits 1000 × 100 Watt andererseits 1 × 100 Watt.

Doch zurück zum 18. Jahrhundert. Es gab keine Verbrennungsmotoren. Das in die Gruben sickende Wasser verhinderte den Erzabbau, es mußte gehoben werden. Auch für die Förderung des tauben Gesteins und der Erze brauchte man Antriebswasser.

Die Oberharzer Wasserwirtschaft hatte im Jahr über 36 Mio. m³ Wasser zur Verfügung, das sind im Durchschnitt 1,2 m³ in jeder Sekunde oder etwa 70 m³ pro Minute. (Eine grobe Abschätzung hierzu: Bei einer ange-

nommen Niederschlagshöhe von rund 1000 mm/Jahr ist dazu eine theoretische Auffangfläche von 6 × 6 km² (36 Mio. m²) nötig, dies entspricht der weiteren Umgebung von Clausthal-Zellerfeld.²⁾

Rechnet man nun, daß dieses Wasser bei seinem Weg in den Vorharz beispielsweise über vier Wasserrad-Gefälle von jeweils 10 m fließt und dabei mit 70 % Wirkungsgrad Arbeit verrichtet, dann ergibt sich pro Jahr eine Arbeit von

$$36.000.000 \text{ m}^3 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 4 \cdot 10 \text{ m} \cdot 0,7 =$$

$$1 \cdot 10^{13} \text{ Ws}$$

$$\text{Das Jahr hat } 365 \text{ d/a} \cdot 24 \text{ h/d} \cdot 3600 \text{ s/h} =$$

$$3 \cdot 10^7 \text{ Sekunden pro Jahr,}$$

so beträgt die mittlere Leistung $(1 \cdot 10^{13}) / (3 \cdot 10^7)$ rund

$$333.300 \text{ W,}$$

das heißt 3.333×100 Watt.

Würde diese Arbeit von Menschen, z. B. Wasserknechten³, erledigt, so bräuchte man bei zwei Schichten von zwölf Stunden pro Tag

6.666 Arbeiter mit 100 Watt

bzw. bei drei Schichten von acht Stunden pro Tag

10.000 Arbeiter mit 100 Watt.

Diese Zahl übersteigt bei weitem die Zahl der damals vorhandenen Bergarbeiter.⁴ Selbst beim Einsatz von Pferden (zwölf Stunden am Tag) hätte man etwa 1000 Pferde nötig, um diese Arbeit aufzubringen. Die gleiche Arbeit kann man heute mit etwa vier Pkw-Verbrennungsmotoren mit 100 kW oder einem großen Lkw-Motor mit 400 kW erledigen. Der erforderliche Treibstoff von etwa 80 l/h ließe sich beispielsweise alle 14 Tage mit einem Tankwagen zu 30 m³ heranschaffen.

D.2 Wert der Stromerzeugung bei einem Gefälle von 360 m

Rechnet man diese mittlere Menge von 1,2 m³/s auf das Gefälle des Schachtes Kaiser Wilhelm II von ca. 360 m, so ergibt sich eine mittlere Leistung

$$1200 \text{ kg/s} \cdot 360 \text{ m} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \text{ von rund } \mathbf{4.200 \text{ kW.}}$$

Bei 8760 Stunden im Jahr sind dies **36.800 kWh** und bei

einem Kilowattstundenpreis von 0,25 DM entspräche dies einem Betrag von

$$36.800 \text{ kWh} \cdot 0,25 \text{ DM/kWh} =$$

$$\mathbf{9,3 \text{ Mio. DM/Jahr.}}$$

Dieses pauschale Ergebnis darf natürlich nicht ohne Kommentar stehen bleiben.⁵ Es gibt neben dem Gewinn natürlich auch erhebliche Kosten für die Unterhaltung der

1 C. Bartels [L39–Seite 163], G. Fleisch [Seite 29]. Diese Menge floß durch den Tiefen-Georg-Stollen nach 1800 ab.
2 G. Fleisch, [L89–Seite 155], Einzugsgebiete: Ottiliaeschachtgefälle: 1300–1350 mm/Jahr, 24 km². Wilhelmschachtgefälle: 1350–1450 mm/Jahr, 34 km².
3 M. Schmidt [L180–Seite 17].

4 K. Fieke [L88–Seite 15].

5 Nur ein Bruchteil des Wassers, etwa ein Viertel, konnte mit großem Gefälle genutzt werden, vgl. E. Weise [L212–Seite 15]. In den Jahren 1927 bis 1931 konnten im Schacht Kaiser Wilhelm mit einer geringeren Anzahl von Turbinen im Mittel 7800 MWh erzeugt werden.

Stollen und Gräben, die letztendlich die Einstellung der Stromerzeugung vor mehreren Jahren bewirkten:

Das Grabensystem muß ständig gepflegt und unterhalten werden und auch im Winter und bei Wolkenbrüchen funktionieren.

»Die Wasserkraftnutzung hat der Preussag auch in den Jahren nach 1975, nachdem der Dammgraben nicht mehr genutzt werden durfte, einen nennenswerten Nettodeckungsbeitrag von mehreren Mio. DM geliefert. Die Einstellung ging ausschließlich auf die steten Interventionen der Harzwasserwerke nach Nutzung des Wassers für die Trinkwassererzeugung zurück.«⁶

Der Querschnitt und der Abflußwiderstand des Ernst-August-Stollens müssen so bemessen sein, daß nicht nur die mittlere Wassermenge abfließt, es müssen auch für Spitzenzeiten entsprechende Reserven existieren.

»Der Stollen war beim Bau ausreichend bemessen auch für die Abführung der bei maximaler Stromerzeugung

anfallenden Wassermenge. Das Wasser konnte jedoch nicht mehr ausreichend abgeführt werden, weil im Bereich des Neuen Johanneser Schachtes auf dem Zellerfelder Hauptzug auf einer längeren Erstreckung und verteilt auf die Stollenlänge das Gebirge nachgebrochen war und den Querschnitt verkleinert hat. Die Kraftwerke im Kaiser Wilhelm und Ottiliae Schacht sind erst in den 1950er Jahren bzw. im 2. Weltkrieg auf ihre Endgröße ausgebaut worden. Die Aufwältigung des Stollens in den nachgebrochenen Bereichen erledigte die Preussag dennoch nur halbherzig. Es wurde zwar eigens dafür der Neue Johanneser Schacht wieder hergerichtet, die nachgebrochenen Massen wurden aber nicht zu Tage gebracht, sondern im Stollen verteilt. Der Stollen erreichte deshalb nicht wieder seine ehemalige Leistungsfähigkeit. Deshalb mußten die Turbinen in den 1960er Jahren und später gedrosselt gefahren werden.«⁷

So konnte die maximale Leistung immer nur zeitweise erzeugt werden. Wenn der Wasserspiegel angestiegen war, mußten die Turbinen abgeschaltet werden.⁸

D.3 Baujahr und Leistung der Wasserkraftwerke

| Maschine | Baujahr | Turbine [kW] | Generator [kW] | Spannung [V] | Strom [A] |
|---------------------------------------|-----------------------|--------------|----------------|--------------|-----------|
| Schacht Kaiser Wilhelm II | | | | | |
| Aggregat I | 1925 | 1000 | 680 | 3300 | 149 |
| Aggregat II | 1913 | 600 | 408 | 3300 | 89,2 |
| Aggregat III | 1941 | 730 | 500 | 3150 | 113 |
| Aggregat IV | 1914 | 600 | 408 | 3300 | 89,2 |
| Aggregat V | 1940 | 1836 | 1280 | 3150 | 294 |
| Aggregat VI | 1951 | 1836 | 1280 | 3150 | 293 |
| Fallhöhe: | 364 | | | | |
| maximal einziehbare Wassermenge/Zeit | 1,9 m ³ /s | | | | |
| Peltonturbinen mit Drehstromgenerator | | | | | |
| Gesamtleistung | 4,5 MW | | | | |

| Maschine | Baujahr | Turbine [kW] | Generator [kW] | |
|---------------------------------------|------------------------|--------------|----------------|--|
| Ottiliae-Schacht | | | | |
| Aggregat I | 1952 | 1090 | 750 | |
| Aggregat II | 1941 | 1090 | 750 | |
| Fallhöhe | 332 m | | | |
| maximal einziehbare Wassermenge/Zeit | 0,63 m ³ /s | | | |
| Peltonturbinen mit Drehstromgenerator | | | | |
| Gesamtleistung | 1,5 MW | | | |

Quellen: W. Lampe⁹, G. Fleisch¹⁰, (R. Slotta¹¹).

6 Wolfgang Lampe, OBA, mündliche Auskunft. A. Hoffmann [L108–Seite 27] gibt 1972 die durchschnittliche Jahresarbeit an: Kaiser-Wilhelm-Schacht 11 MWh (2,75 MDM/a), Ottiliaeschacht 6,5 MWh (1,6 MDM/a).

7 Wolfgang Lampe, OBA, mündliche Auskunft.

8 Vgl. E. Weise [L212–Seite 9], auch beim Zulauf des Wassers

in den Kaiser-Wilhelm-Schacht gab es Probleme mit dem Einsaugen von Luft bei zu großer Wassermenge.

9 Wolfgang Lampe, OBA, mündliche Auskunft, nach dem Betriebsplan der Preussag vom 31. 12. 1963.

10 G. Fleisch [L89–Seiten 153–156].

11 R. Slotta [L190–Seite 169] und [L189–Seite 224].

D.4 Ausnutzung der Wasserkraft im Rosenhöfer Gefälle heute

Mittlerweile treiben die Wasser des Bremerhöher Grabens und des oberen Klein Clausthaler Falls wieder eine Turbine an. Über eine Rohrleitung fließt das Wasser von der südlichen Talseite auf die nördliche Seite und vereinigt sich am Absperrgitter des Bremerhöher Wasserlaufes mit dem Wasser vom Bahnhof.¹² Bei einem Gefälle von 31 m und etwa einem Rad Wasser (5 m³/Minute) stehen

$$31 \text{ m} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 5000 \text{ kg/60 s} = \mathbf{25,3 \text{ kW}}$$

mechanische Arbeit zur Verfügung.

Turbine System Ossberger – SH35IG 34 kW
Synchron Generator 30 kVA
Länge des Rohres 530 m
Gefälle 31 m
Durchfluß 81 l/s (1 Rad Wasser)

Jahresproduktion in den vergangenen Jahren¹³
 1996 32600 kWh
 1997 37400 kWh
 1998 71300 kWh

¹² Kipp [Z16], vgl. Balck [L27–Abb. 58].

¹³ Mündliche Auskunft Stadtwerke Clausthal-Zellerfeld.

Anhang

E

Geländedaten

E.1 Mächtigkeit der Halde am Rosenhof

Eine sehr grobe überschlagsmäßige Berechnung des Haldenvolumens am Rosenhof nach den bei Bartels¹ angegebenen Fördermengen (Treiben) ergibt eine Masse von ungefähr 800.000 t

(200 Jahre · 80 t/Woche · 50 Wochen/Jahr)
für die Zeit von 1700–1900. Bei einem mittleren Schüttge-

wicht von 2,0 t/m³ sind das 400.000 m³. Die Halde am Thurm Rosenhof² hat eine Fläche von ca. 200 m · 50 m, d. h. 10.000 m². Wenn die Hälfte des geförderten Materials hier deponiert ist, dann ergibt sich eine rechnerische Mächtigkeit von 20 m, eine Angabe, die durchaus mit der Tiefe der Runden Radstube vergleichbar ist.

E.2 Wichtige Höhen im Gelände

Zur Vervollständigung sind hier noch einige Höhen mit Angaben zu den Gräben und Wasserläufen zusammengefaßt, die für die Versorgung der Runden Radstube wichtig sind.

Zulauf für die Runde Radstube am Thurm Rosenhof 535,5 m über NN.

Sorger Teich

| | |
|---|-------|
| Grundablaß | ? |
| Dammhöhe | 547,6 |
| Sondierungsbohrung hinter dem Damm –8,8 m | 538,8 |

Klein-Clausthaler Wasserläufe und Gräben:

(Zahlen: Preussag, von Harzwasserwerken übernommen, J. Alich, hierzu³.

| | <i>unterer Fall/Graben</i> | <i>oberer Fall/Graben</i> |
|--|----------------------------|---------------------------|
| Unterer Flambacher Teich | 538,16 | 549,22 |
| Johannistal | 537,93 | 548,87 |
| | 538,15 | 548,95 |
| Klein-Clausthal | 537,77 | 548,46 |
| | 537,36 | |
| Mundloch am Rosenhof südlich der B 242 | 535,61 | 549,2 Scheitel, F. B. |
| | | 547,6 Sohle, F. B. |
| Bremerhöher Wasserlauf, Nähe Braune Lilie | 537,88 | |
| Beginn des Bremerhöher Wasserlaufes am Schinderloch-Wehr, Anstau auf | 540,6 Wasser, F. B. | |
| Zellbach hinter dem Wehr am Schinderloch | 539,0 Sohle, F. B. | |

Weitere wichtige Höhenangaben von Clausthal-Zellerfeld (bei den Markscheidern war eine auf 600 m Höhe bezogene Angabe üblich⁴.)

(Quelle: Karte 1:25000. Samtgemeinde Oberharz SG, Harzwasserwerke HWW, Oberbergamt OBA, der Autor F. B.)

| | <i>m über NN</i> | <i>m über 600</i> | <i>Quelle</i> |
|---|------------------|-------------------|---------------|
| Bremerhöhe | 596 | –4 | Karte |
| Mühlenberg (südlicher Johann Friedrich Teich) | 601 | 1 | Karte |
| Schützenplatz Clausthal | ca. 600 | 0 | Karte |
| Bockswieser Höhe | 609,8 | 9,8 | Karte |
| Abzw. Altenauer Straße/Braunlage | 563,8 | –36,2 | Karte |
| Kreuzung Robert-Koch-Straße/Altenauer Straße | 547,06 | –52,94 | SG (S11) |
| Kreuzung Altenauer Straße/Klepperberg | 541,55 | –58,45 | SG (S3) |
| Fratzenapotheke Zellerfeld | 559 | –41 | Karte |
| Abzweig Goslar/Schulenberg, Wolfs Hotel | 585,5 | –14,5 | Karte |
| Kreuzung am Rathaus/B 242 | 565 | –35 | Karte |
| Bahnhof Clausthal-Zellerfeld | 535,5 | –64,5 | Karte |

¹ C. Bartels [L37–Seiten 540ff.] und C. Bartels [L32, L33].

² F. Balck [L27–(HZ), (H1), (H2) in Abb.36], gestrichelt eingezeichnet.

³ F. Balck [L27–Abb. 24].

⁴ F. Balck [L27–Seite 22].

Anhang E – Geländedaten

| | | | |
|--|--------|--------|-------|
| Bahnhof Frankenscharrnhütte | 482,7 | -117,3 | Karte |
| Bahnhof Wildemann | 408,4 | -191,6 | Karte |
| Hängebank Turm Rosenhof | 550,4 | -49,6 | OBA |
| Hängebank Alter Segen | 543,1 | -56,9 | OBA |
| Hängebank Ottiliae-Schacht | 538,57 | -61,43 | OBA |
| Hängebank Schacht Kaiser Wilhelm II | 561,2 | -38,8 | OBA |
| Hängebank Schacht Herzog Georg Wilhelm | 555,2 | -44,8 | OBA |
| Einersberger Zentrale, Zellerfelder Tal | 489 | -111 | Karte |
| Überlauf oberer Eschenbacher Teich | 562,9 | -37,1 | HWW |
| Überlauf unterer Eschenbacher Teich | 551,0 | -49,0 | F. B. |
| Höhenbolzen im Überlauf | 551,45 | -48,55 | HWW |
| Grundablaß, Luftseite | 540,2 | -59,8 | F. B. |
| oberer Fall, Luftseite | 546,3 | -53,7 | F. B. |
| Betongraben Altenauer Straße 1 | 547,2 | -52,8 | F. B. |
| Sohle | 546,3 | -53,7 | F. B. |
| Bremerhöher Graben dort | 540,1 | -59,1 | F. B. |
| Tiefer-Georg-Stollen | 311 | -289 | |
| Ernst-August-Stollen/Tiefe Wasserstrecke | 191 | -409 | |
| Tiefste Wasserstrecke | -9 | -609 | |

Anhang

F Ergänzende Berechnungen

Die folgenden Berechnungen sind Abschätzungen, sie gelten nicht für ein spezielles Rad. Vielmehr soll mit einfachen (runden) Zahlen die Größenordnung für Wasserverbrauch, Energie und Kraft bei einem »mittleren« Rad abgeschätzt werden.

F.1 Wasserverbrauch, ein Rad Wasser

Der Begriff »1 Rad Wasser« ist die zum Betrieb des Rades nötige Menge pro Zeiteinheit. Sie läßt sich aus einem Zitat abschätzen:

»Denselben Teich wegen eines Reservoirs 2 Lachter hoch aufzutragen, darin noch nach genauer Kalkulation auf 7 bis 8 Wochen 1 Rad Wasser laufen kann.«¹

Nach der Tabelle hat der hier gemeinte Jägersbleker Teich eine Fläche von 9,5 ha ², womit sich der schon früher genannte Wert von 5 m³/Minute bestätigen läßt.

$$\begin{aligned} &7 \text{ Wochen} \cdot 7 \text{ Tage/Woche} \cdot 24 \text{ Stunden/Tag} \\ &\quad \cdot 60 \text{ Minute/Stunde} = 70.560 \text{ Minuten} \\ &\text{Fläche } 9,5 \text{ ha} \cdot 2 \text{ Lachter } [4 \text{ m}] = 365.000 \text{ m}^3 \\ &365.000 \text{ m}^3 / 70.560 \text{ Minuten} = 5,2 \text{ m}^3/\text{Minute} \\ &\quad \mathbf{5 \text{ m}^3/\text{Minute} = 83 \text{ Liter /Sekunde}} \end{aligned}$$

Im Gegensatz dazu spricht A. Dumreicher 1868 von einer größeren Menge:

»Der Ausdruck ›Rad Wasser‹ ist ein am Oberharze alt hergebrachter, und rührt vermuthlich aus jener ältesten Zeit des Bergbaues, in welcher nur Kunst- und Kehrräder von ziemlich gleichen und nach jetzigen Verhältnissen geringen Dimensionen bei durchschnittlich gleicher Leistung auch gleiche Betriebswasser erforderten. Bis auf den heutigen Tag geschieht die Schätzung des Wasserverbrauchs aus den Teichen nach Rädern Wasser, ohne daß jedoch eine bestimmte Quelle aufzufinden ist, für Angabe einer absoluten Größenzahl. Da wo solche erforderlich, setzt man 160 Cubikfuß pro Minute gleich einem Rade Wasser, eine Zahl, die wohl dem Ausdrucke entsprechend in alter Zeit richtig gewesen sein mag, für die Neuzeit aber nicht mehr zutreffend ist. [...] Jetzt wird ein Kunstrad mittlerer Verhältnisse bei normalem Betriebe meiner Ansicht nach nicht unter 360 Cubikfuß pro Minute verbrauchen [...].«³

(1 Han. Cubikfuß = 0,0249 m³, 160 Cbfuß. = ca. 4 m³, 360 Cubikfuß = ca. 9 m³. In Freiberg rechnete man mit einem willkürlich festgesetzten Wert um 2,27 m³/Min. für ein Rad Wasser⁴.)

F.2 Beschleunigung des Rades/ kinetische Energie

Bei einer Drehzahl von 6 U/Min. gilt bei einem Rad wie in Anhang F.5 für den mittleren Umfang des Kranzes von 23 m

$$v = 6 \cdot 23 \text{ m}/60 \text{ s} = 2,3 \text{ m/s}$$

die kinetische Energie des Kranzes mit Schaufeln ist bei Dichte $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

$$\frac{1}{2} m v^2 = (3450 + 2185) \text{ kg}/2 \cdot (2,3)^2 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 14.905 \text{ Js}$$

die kinetische Energie eines Halbarms $L = 3,8 \text{ m}$ ist bei Dichte $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ und

$$\text{Querschnitt } A = 0,2 \text{ m} \cdot 0,2 \text{ m} = 0,04 \text{ m}^2$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 6/60, \text{ Trägheitsmoment } \Theta = A r L^3/3$$

$$\frac{1}{2} \Theta \omega^2 = \frac{1}{2} A r L^3/3 \omega^2 =$$

$$0,04 \text{ m}^2 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot (3,8)^3 \text{ m}^3 / 3 \cdot 0,39/\text{s}^2 = 288 \text{ Js}$$

$$\text{bei } 32 \text{ Halbarmen} = 9.240 \text{ Js}$$

$$\text{Bremsrad geschätzt rund} = 3.000 \text{ Js}$$

$$\text{Seilkorb geschätzt rund} = 1.000 \text{ Js}$$

$$\text{Gesamtenergie rund} = \mathbf{28.000 \text{ Js}}$$

Diese Energie reicht einerseits aus, um das Gesamtgewicht des Rades von 14 t um 0,2 m anzuheben, und entspricht andererseits der Arbeit des Aufschlagwassers (1 Rad-Wasser = 5 m³/Min. = 5000 kg/60 s) während 4,2 s aus einer Fallhöhe von 8 m.

$$28.000 \text{ Js} = 5000 \text{ kg}/60 \text{ s} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 8 \text{ m} \cdot 4,28 \text{ s}$$

$$\begin{aligned} &\text{bzw. bei } 75\% \text{ Ausnutzung} \\ &= 5000 \text{ kg} / 60 \text{ s} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,75 \cdot 9 \text{ m} \cdot 5 \text{ s} \end{aligned}$$

oder mit etwas Freiraum über und unter dem Rad, also bei einer Fallhöhe von 9 m, wäre ein Wasserzufluß über eine Zeit von rund 5 s für die Beschleunigung nötig (Anfahrzeit).

F.3 Berechnung der Spitzenkräfte bei einem Krummzapfen

Bei beispielsweise üblichen Annahmen für ein Kunstrad

Drehzahl $n = 6/\text{Min.}$,
Leistung $P = 7,5 \text{ kW}$,
Kurbellänge $r = 0,7 \text{ m}$

ergibt sich für die Geschwindigkeit

$$v = 2 \cdot \pi \cdot 0,7 \text{ m}/60 \cdot 6 \text{ s} = 0,44 \text{ m/s.}$$

1 M. Schmidt [L180–Seite 213, OBA 1183/1].

2 M. Schmidt [L180–Seite 326].

3 A. Dumreicher [L79–Seite 14].

4 Private Mitteilung durch O. Wagenbreth.

Anhang F – Ergänzende Berechnungen

Die permanente Kraft tangential an der Kurbel beträgt

$$\text{Kraft } F = P/v.$$

Der Spitzenwert bei sinusförmiger Abnahme ist

$$\text{Spitzenkraft } F = P/v \cdot 2 = 7500/0,44 \cdot 1,414 = 48,2 \text{ kN.}$$

Damit ist ein Gewicht von über 2 t zu heben.

Beim Kehrrad mit Doppelkrummszapfen ist der Kurbelarm nur halb so lang, und damit die Kraft doppelt so groß. Für das Kanekuhler Kehrrad mit weniger breiten Schaufeln und somit kleiner Leistung ist das Ergebnis ähnlich

$$r = 0,35 \text{ m, } n = 6 \text{ U/min, } P = 4 \text{ kW,} \\ F = 4 \text{ kW}/(0,22 \cdot 2) = 51,2 \text{ kN.}$$

Sollten Hindernisse im Schacht die Tonne und damit das Rad beispielsweise innerhalb 1 s gleichförmig abbremsen, dann wird die im Rad gespeicherte Bewegungsenergie von 28 kW, (entspricht dem Anheben einer Last von 14 t bei einer Gewichtskraft von 140 kN um 1/5 m, siehe nachfolgende Berechnung für Kehrrad) plötzlich frei und reicht aus, das schwere Rad komplett aus der Lagerung zu heben.

Da der äußere Kurbelarm während 1 s gerade

$$2 \cdot \pi \cdot 0,35/10 \text{ s} = 0,22 \text{ m} = \text{etwa } 1/5 \text{ m}$$

zurücklegt, ergibt sich die mittlere Kraft an der Kurbel

mit **140 kN**.

(Nach einem Weg von rund 1/5 m wird eine Energie von 28 kW übertragen, wenn eine Kraft von $5 \cdot 28 \text{ kN} = 140 \text{ kN}$ wirkt.)

F.4 Energie einer vollen Tonne mit Seil

Bewegungsenergie: Bei einem Seil mit 20 mm Durchmesser beträgt der Querschnitt

$$A = \pi d^2/4 = 315 \text{ mm}^2,$$

davon sind etwa 50 % Eisen = 150 mm^2 ,
es wiegt $0,015 \text{ dm}^2 \cdot 10 \text{ dm} \cdot 7,8 \text{ kg/dm}^3$
rund 1,2 kg pro Meter.

Mit einer Erztonne von 1000 kg in einer Tiefe von 800 m ziehen oben am Seilkorb

| | |
|---|----------------|
| 800 m Seil: $800 \text{ m} \cdot 1,2 \text{ kg/m} = \text{ca.}$ | 1000 kg |
| Erztonne (200 kg + 800 kg Beladung): | 1000 kg |
| Gesamtlast: | 2000 kg |

Die Zugspannung im Seil beträgt

$$2000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2/150 \text{ mm}^2 = 130 \text{ N/mm}^2$$

(Die zulässige Spannung bei einfachem Baustahl beträgt 370 N/mm^2 , da aber erfahrungsgemäß die Qualität der damaligen handgeschmiedeten und gezogenen Drähte geringer war, dürfte die Zugfestigkeit gerade ausgereicht haben.)

Bei einer Fördergeschwindigkeit von 1 m/s ist die Bewegungsenergie W von Seil und Tonne:

$$W = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 2000 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 1000 \text{ Ws}$$

Für das zweite Seil mit der leeren Tonne (200 kg) beträgt die Energie 60 % davon.

Insgesamt sind also beim bewegten Rad 1600 Ws in den Seilen und Tonnen als Bewegungsenergie gespeichert, im Vergleich zur Energie des Rades mit 28000 Ws sind es etwa 6 % davon.

Potentielle Energie:

$$W = m g h = 800 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 800 \text{ m} = 6,3 \text{ MWs}$$

hieraus ergibt sich eine Förderzeit für 800 kg Erz bei 7,9 kW Antriebsleistung, ohne Reibung, zeitweilige Kompensation durch beide Seile nicht gerechnet:

$$t = W/P = 6300 \text{ kW}/7,9 \text{ kW} = 800 \text{ s} = 13,3 \text{ Minuten}$$

die Fördergeschwindigkeit beträgt somit:

$$800 \text{ m} / 800 \text{ s} = 1 \text{ m/s}$$

F.5 Volumen (Masse) der Holzteile des Kanekuhler Kehrrades

(Rechnung mit gerundeten Werten, Verluste durch Holzbearbeitung nicht berücksichtigt.)

Kehrrad

Kranz Querschnitt 1 Fuß $\cdot (1,1 \text{ dm} + 0,7 \text{ dm} + 0,7 \text{ dm} + 0,7 \text{ dm} + 0,7 \text{ dm} + 1,1 \text{ dm}) = 3 \text{ dm} \cdot 5 \text{ dm} = 15 \text{ dm}^2$
 Schaufeln Querschnitt $\dots\dots\dots 15 \text{ dm} \cdot (0,3 \text{ dm} + 0,4 \text{ dm}) = 9,5 \text{ dm}^2$
 Bodenbrett, Riegel und Schaufel aus 0,3 dm starkem Holz, Schrägstellung von Riegel
 und Schaufel mit $\frac{1}{3}$ Dickenaufschlag berücksichtigt $(0,3 \cdot 1 \frac{1}{3} = 0,4)$

Außendurchmesser 76 dm
 mittlerer Radius am Kranz $= (76 \text{ dm} - 3 \text{ dm})/2 = \dots\dots\dots 36,5 \text{ dm}$
 mittlerer Umfang des Kranzes $= (76 \text{ dm} - 3 \text{ dm}) \cdot \pi = \dots\dots\dots 230 \text{ dm}$
 Volumen Kranz $15 \text{ dm}^2 \cdot 230 \text{ dm} = \dots\dots\dots 3.450 \text{ dm}^3$
 Volumen Schaufeln (mittlerer Umfang) $9,5 \text{ dm}^2 \cdot 230 \text{ dm} = \dots\dots\dots 2.185 \text{ dm}^3$
 Volumen Welle $6 \text{ dm} \cdot 6 \text{ dm} \cdot 40 \text{ dm} = \dots\dots\dots 1.440 \text{ dm}^3$
 Hauptarm Volumen $2 \text{ dm} \cdot 2 \text{ dm} \cdot 76 \text{ dm} = \dots\dots\dots 304 \text{ dm}^3$
 Gesamtvolumen der Arme $16 \cdot 304 \text{ dm}^3 = \dots\dots\dots 4.864 \text{ dm}^3$
 $\dots\dots\dots$ **12.243 dm³**
 $\dots\dots\dots$ **rund 12 m³**
 dies ergibt für nasses Fichtenholz mit Dichte $= 0,8 \text{ kg/dm}^3$
 ein Gewicht von etwa $\dots\dots\dots 10 \text{ t}$
 bei einer Welle aus Eiche rund 500 kg mehr $\dots\dots\dots 0,5 \text{ t}$

Bremsrad

Holzring $2 \text{ dm} \cdot 3 \text{ dm}$, mit Durchmesser 50 dm
 Volumen $50 \text{ dm} \cdot \pi \cdot 2 \text{ dm} \cdot 3 \text{ dm} = \dots\dots\dots 942 \text{ dm}^3$
 $2 \cdot 6$ Arme zu $2 \text{ dm} \cdot 2 \text{ dm} \cdot 50 \text{ dm} = \dots\dots\dots 2.400 \text{ dm}^3$
 $\dots\dots\dots$ **3.342 dm³**
 aus nassem Holz mit $\rho = 0,8 \text{ kg/dm}^3 \dots\dots\dots 2,7 \text{ t}$
 zwei Doppelkurbelzapfen mit rund 400 kg/Stück $\dots\dots\dots 0,8 \text{ t}$
 Gesamtgewicht Kehrrad mit Kurbelzapfen und Bremsrad $\dots\dots\dots$ **14,0 t**

F.6 Auflagekraft auf der Welle

Die Last von 10 t des Kanekuhler Kehrrades überträgt sich auf die Welle über zwei kleine Flächen von je $0,6 \text{ m} \cdot 0,2 \text{ m} = 0,12 \text{ m}^2$ (Orientierung: Hauptarme waagrecht/senkrecht). Ähnliche Verhältnisse treten auf, wenn das Gewicht von 10 Autos auf einer Stuhlfläche ruht!

Der Druck errechnet sich hieraus mit

$$10.000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 / (2 \cdot 0,12 \text{ m}^2) = 0,41 \text{ MN/m}^2 = 0,41 \text{ N/mm}^2.$$

Zur Justierung und zur Befestigung des Rades auf der Welle treibt man in den Spalt dazwischen Holzkeile, die das Rad aus Sicherheitsgründen für die Verbindung etwa mit der doppelten Kraft nach außen drücken sollten (Abb. 99). (Bei Spiel innerhalb der Verbindung würde sich das Rad bei jeder Umdrehung schnell zerstören.) Somit erhöht sich

die Flächenbelastung auf rund 1 N/mm^2 . Abgenommen und auf den Radkranz übertragen wird die Kraft durch die beiden senkrecht stehenden Hauptarme und die im Viertelstock sich abstützenden Hilfsarme. (Abb. 105) Die Querschnittsflächen der vier Hauptarme von jeweils $0,2 \text{ m} \cdot 0,2 \text{ m}$ sowie die (reduzierten) Querschnitte der Hilfsarme ergeben zusammen ebenfalls rund $0,24 \text{ m}^2$, so daß auch in den Armen keine höheren Drücke als an der Welle auftreten.

Die zulässige Belastung⁵ von Nadelholz ist höher, sie beträgt in Faserrichtung 8 N/mm^2 , quer dazu 2 N/mm^2

Sofern durch dynamische Einflüsse keine höheren Kräfte auftreten, wird die Konstruktion nicht Schaden nehmen. Jedoch können Schläge am Förderseil beispielsweise durch eine im Schacht blockierende Tonne oder Vibrationen vom Bremsrad bei nicht gleichmäßiger Reibung zu höheren Belastungen und damit zu Beschädigungen führen, die die Lebensdauer verringern.

5 Dubbel [L77–Band I, Seite 610].

Anhang

G Maße, Gewichte und Kosten

Elle, Fuß, Zoll und Linie, Maßstab aus Messing:

Eine in Clausthal gefertigte Hannoversche Elle aus Messing, Oberharzer Bergwerksmuseum, Inventar Nr. X1994/185, hat zusätzlich Fuß-, Zoll- und Linienteilung. Sie ist gekennzeichnet mit »A-Schlägel&Eisen-C« (Aichamt Clausthal) am Griff der Elle, Zitat zur Herkunft: H. Homann¹, Kletke².

Mit dem elektronischen Lineal an einer Fräsbank (Auflösung 2/100 mm) wurden die einzelnen Teilungen ausgemessen, sie ergeben für beide Fußlängen: 0,2919 m.

Angaben aus der Literatur:

Maße und Gewichte waren nicht einheitlich. Ihre Definition galt nur regional und änderte sich im Laufe der Zeit. Einige Werte sind mit Geltungsbereich und Datum zusammengestellt. Auch wenn manche Nachkommastellen unsinnig erscheinen, sind sie hier aufgelistet.

Chr. Zimmermann, 1834 [L217]:

Braunschweiger Fuß = 0,2853 m

Calenberger Fuß = 0,2921 m

G. M. Kletke², 1870

Hannover:

1 Fuß = 12 Zoll = 12 · 12 Linien

1 Fuß = 0,29209 m = ... 11,5 Zoll englisch

1 Zoll = 0,02434 m

1 Elle = 0,58419 = 2 Fuß

1 Quartier = 0,97349 Liter

1 Pfund = 0,5 kg

1 Neuloth = 50 g

1 Quint = 5 g

1 Oberharzer Lachter = 6 Fuß 6 Zoll 10,5 Linien = $78 \frac{7}{8}$ Zoll

(umgerechnet mit Calenberger Fuß): $(78,875 \text{ Zoll} \cdot 0,2921 \text{ m/Fuß}) / (12 \text{ Zoll/Fuß}) = 1,919 \text{ m}$

1 Fußpfund/Sekunde = $0,292 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 1,43 \text{ W}$, 514 Fußpfund/Sekunde = 735 W = 1 PS

Bruno Kerl³, 1860

1 **Harzer Lachter** = 1,9198 m

1 Quartier = 0,97349 Liter

1 Himten = 31,15 Liter

1 Treiben (Erz) = 40 Tonnen = 40 Förderspiele

zu 4 Kübel oder 7,4 Kubikfuß oder 6 Himten oder 186,9 Liter

Berg und Hüttenkalender 1867 [L5]

1 **preußischer Lachter** = 2,0924 m

1 preußischer Fuß = 0,3139 m

1 preußischer Zoll = $1/80$ Lachter

Unterschied zwischen **Zoll** und **Lachterzoll** für Braunschweig 1869⁴:

1 Lachter = 80 Zoll 8 1/2 Linien = 80,708 Zoll .. = 80 Lachterzoll = 1,91926 m

1 Lachterzoll = 0,9912 Zoll

1 Fuß = 0,288 m

1 Sonderausstellung Maße und Gewichte im Museum Fallersleben Oktober 1997 (Sammlung Homann).

2 G. Kletke [L120–Seiten 48–50].

3 B. Kerl [L116–Seiten 133].

Gewicht und Volumen⁴

1 Pfund (kölnisch) = 467,711g
 1 Quentchen = 1/32 Pfund = 3,654 g
 1 Lot = 4 Quentchen = 14,616 g⁵
 1 Quartier 0,937 Liter (gilt für Braunschweig 1837–71⁶)

Zusammenfassung

| | <i>Zoll</i> | <i>Fuß</i> | <i>Lachter</i> | |
|--------------|-------------|------------|----------------|--------------------|
| Preußen | 0,026154 m | 0,3139 m | 2,0924 m | Lachterzoll = Zoll |
| England | 0,0254 m | 0,3048 m | – | |
| Calenberg | 0,0243 m | 0,2921 m | 1,9198 m | |
| Hannover | 0,02434 m | 0,29209 m | 1,9198 m | |
| Braunschweig | 0,02377 m | 0,2853 m | 1,91926 m | |

1 Pfund (kölnisch) entspricht dem Gewicht von 1/2 Quartier Wasser (Versuchsreihe bei Calvör⁷) = 467,111 g⁸.

Kosten für ein Wasserrad

| <i>Neubau eines Rades, Typ und Ortsangabe</i> | <i>Nummer der Radstube</i> | <i>Durchmesser</i> | <i>Baujahr</i> | <i>Kosten für das Rad</i> |
|---|--------------------------------|--------------------|----------------|--|
| Kunstrad Kummelsglück | Nr. 27 | 5 m | 1848 | 291 Thaler (21,3% von 1370 Thalern) |
| Kehrrad Thurm Rosenhof | Nr. 1 | 8 m | 1897 | 1150 Mark, ohne Lager |
| Kehrrad Kanekuhle | Nr. 22 | 7,6 m | 1995 | rund 110.000 DM, ohne Seilkorbwelle, ohne Kurbelzapfen |
| Kunstrad Glasebach | Nr. 14 | 9,5 m | 1998 | rund 150.000 DM |

Umrechnung Thaler-Groschen-Pfennige⁹

1 Thaler 24 Gute Groschen (ggr) zu 12 Pfennige
 1 Thaler 30 neue Groschen (Ngr) zu 10 Pfennige
 1 Thaler 36 Mariengroschen (mgr) zu 8 Pfennige
 1 Thaler 72 Grot zu 4 Pfennige

4 H. Ziegler [L214–Seite 95] und [L215].

5 Ein heute gebräuchliches Teelicht (Paraffin, 38 mm Durchmesser, 16 mm hoch) wiegt 1 Lot.

6 H. Ziegler [L215–Seite 33].

7 H. Calvör [L64–Teil I, Seite 71].

8 C. F. Flörke [L90–Seite 13].

9 C. F. Flörke [L90–Seiten 1–5].

Anhang

H

Persönlichkeiten prägen die Technik

Jedes Bergbauggebiet hatte »seinen« Maschinenbaumeister, der mit seinen Ideen die Technik der Maschinen mehr oder weniger prägte. In dem Aufsatz von D. Hoffmann¹ lassen sich die Reihe der Personen im Oberharz, ihre Herkunft sowie deren Studienreisen verfolgen.

- ▶ Der Markscheider Christian Zacharias **Koch** wurde 1708 nach Sachsen und Böhmen geschickt, um u. a. die Bergwerksmaschinen zu studieren
- ▶ Johann Justus **Bartels** (1660–1721) war erster Maschinendirektor im Oberharz im Jahre 1712.²
- ▶ Maschinendirektor Bernhard **Ripking** (1682–1719), von Haus aus Markscheider, studierte bis 1717 zweieinhalb Jahre bei C. Polhem in Schweden.
- ▶ Maschinendirektor Karl **Hansen**, bei Polhem 1721–27 ausgebildet, wirkte fünfzig Jahre im Harz. In seine Amtszeit fallen die Versuche von Georg Winterschmidt (1722–70) mit der Wassersäulenmaschine.
- ▶ Johann Konrad **Friedrich** (1757–1814) lernte 1787 bei einer Reise nach England die Dampfmaschinen kennen und arbeitete später in Tarnowitz in Schlesien an der Aufstellung von Dampfmaschinen, bevor er nach Clausthal zurückkam und man ihn 1792 zum Maschinendirektor ernannte.
- ▶ Ludwig Christoph Barthold **Mühlenpfordt** (1775–1864), zunächst Architekt, besuchte die Bergakademie in Freiberg und war seit 1818 Maschinendirektor.³
- ▶ Johann Karl **Jordan** (1789–1861) erhielt eine planmäßige Ausbildung im Bergbau. Er konstruierte die beiden 1830 und 1835 vollendeten Wassersäulenmaschinen im Silbersegener Schacht.⁴ Auf einer Studienreise nach Freiberg hat sich bei Brendel über die Technik informiert.

- ▶ Adolf **Jordan** (1821–94), Ausbildung zunächst an der Bergschule, danach im Polytechnischen Institut in Wien.
- ▶ Karl **Meinicke** (1839–1920) studierte in Berlin und Zürich und arbeitete später als ingenieurmäßig ausgebildeter Maschinendirektor.

Alle oben genannten Personen, mit Ausnahme von J. K. Friedrich stammten nicht aus dem Oberharz.

Georg Ludwig Wilhelm **Dörell** (1793–1854), der Erfinder der Fahrkunst, gehört nicht zu den Maschinenbaumeistern. Nach seiner Ausbildung an der Bergschule arbeitete er einige Zeit in Freiberg und kehrte dann wieder nach Clausthal zurück.⁵

Bedeutende Fachleute wie der Maschinenbaudirektor Ch. Fr. **Brendel** aus Freiberg⁶ (1776–1861) und Georg **Reichenbach** (*1771), beides Konstrukteure von Wassersäulenmaschinen, sollen in dieser Liste nicht fehlen. Auch Reichenbach hatte als 20jähriger die Möglichkeit, bei einem Aufenthalt⁷ bei Boulton & Watt in England die Technik der Dampfmaschinen aus nächster Nähe kennenzulernen, um sich für den Betrieb und die Wartung einer Wasserpumpenanlage der Stadt Mannheim ausbilden zu lassen.

Neben den Maschinenleuten haben sich aber auch Personen aus der Bergverwaltung für technische Abläufe, Hilfsmittel und Maschinen interessiert. Neben Oberberg-rat Wilhelm August Julius **Albert** (1787–1846), dem Erfinder des Drahtseils, gehörten beispielsweise der weit gereiste Berghauptmann Friedrich Anton **von Heynitz** (1725–1802) und der Oberbergmeister Georg Andreas **Steltzner** (1766–97) mit zu den technisch interessierten Beamten.⁸

1 D. Hoffmann [L109–Seite 142].

2 Vgl. H. H. Nietzel [L156].

3 Vater von Eduard Mühlenpfordt [L145].

4 Vgl. K. Jordan, [L114], Reise zu Brendel vgl. Seite 249.

5 Vgl. G. L. W. Dörell [L74], sein Sohn ist Otto Dörell [L76].

6 Vgl. Brendel, [Z32, Z33], sowie Wagenbreth [L207, L208].

7 Vgl. I. Schneider, [L183–Seite 10].

8 W. Weber, [L209–Seiten 53, 90], H. Dennert, [L71–Seite 179].

Anhang



Glossar

In dieser Arbeit wurde für den allgemeinen Leser bewußt auf spezielle bergbautypische Ausdrücke verzichtet, soweit es ging. Für einige verbliebene Ausdrücke hier die Übertragung in den allgemeinen Sprachgebrauch.¹

| | |
|-------------------------|---|
| Abbau | Hier wird Erz oder Gestein losgebrochen und abtransportiert. |
| Ablaufrösche | Öffnung oder Graben für abfließendes Wasser. |
| Anfasung | Fase = abgeschrägte Kante. |
| Aufbereitung | Anlage zur Trennung von Erz und Gestein. |
| Aufschlagwasser | treibt ein Wasserrad an. |
| Aufwältigen | Wiederherstellen (Freiräumen) eines unterirdischen Hohlraumes. |
| ausziehend | Bezug auf den Abluftstrom. |
| Blindschacht | Unterirdischer Förderschacht, der nicht von der Erdoberfläche niedergebracht wurde. |
| Bock | Gerüst über dem Schacht zur Aufnahme der Umlenkrollen für das Seil. |
| Bremsbaum | Teil der Bremse, der Arm mit den Bremsbacken. |
| Bruchschwinge | verbindet zwei Feldgestänge unterschiedlicher Richtung. |
| Bulge | Ledersack zum Fördern von Wasser. |
| Einfallen | Neigungswinkel der Erzgänge gegen die Horizontale. |
| Erzhund, Hunt Fahren | Lore, Transportwagen für das Erz Jede Art der Fortbewegung unter Tage. |
| Fahrkunst | Einrichtung zum Ein- und Ausfahren der Bergleute in einem Schacht. |
| Fehlschlag | Möglichkeit zur kontrollierten Ableitung von Wasser aus einem Graben oder Wasserlauf. |
| Feldgestänge | Kraftübertragung mit Stangen. |
| Füllort | Hier werden am Schacht die Fördergefäße beladen. |
| Gaipel | Man führt Tiere im Kreis herum und nutzt ihre Kraft für Antriebszwecke (ursprünglich), Haus mit Fördereinrichtung über einem Schacht. |
| Gefluder | Rinne für Wasser. |
| Gegenwasser | Aufschlagwasser gegen die Bewegung des Rades, zum Bremsen. |
| Gerinne | Rinne für Wasser. |
| Gestängestrecke | Anlage zur Kraftübertragung mit Stangen über große Entfernungen. |
| Halbkreuz | Kunstkreuz mit nur drei Armen. |
| Halde | In größeren Mengen abgelagertes Material. |
| Hängebank | Hier hängt die Tonne am oberen Schachtende. |

| | |
|----------------|---|
| Hangende | Das unmittelbar über einer Lagerstätte, einem Stollen [...] befindliche Gestein. |
| Heinzenkunst | Wasserpumpe, Lederbälle an einem Seil in einem Holzrohr. |
| Hubkunst | Einrichtung zum Wasserpumpen. |
| Hund, Hunt | Lore, Transportwagen. |
| Hundslauf | Weg der Erzwagen. |
| Kämpfer | Oberer Stein einer Säule, die ein Gewölbe trägt. |
| Kehrrad | Für Förderung genutztes Wasserrad mit zwei entgegengesetzten Schaukelkränzen, erlaubt unterschiedliche Drehrichtungen. |
| Klopfschwingel | Akustischer Signalgeber, z. B. Glocke mit Seilzug. |
| Kopfschwinge | Das Endstück einer Gestängestrecke, verbindet beide Stangen miteinander und übernimmt z. B. die Kraft des Pleuels eines Kunstrades. |
| Köthe | Kegelförmige Schutzhütte. |
| krummer Zapfen | Kurbel. |
| Kunst | Jede größere maschinelle Einrichtung zur Förderung oder Wasserhaltung (z. B. Fahrkunst). |
| Kunstgestänge | Kraftübertragung mit Stangen. |
| Kunstkreuz | Element für die Kraftübertragung »um die Ecke«. |
| Kunstrad | Wasserrad, es treibt die »Kunst« an. |
| Lachter | Längeneinheit im Bergbau, ca. 2 m. |
| Lachterzoll | Achtzigster Teil eines Lachters. |
| Legeisen | Unterlegeisen, Lager für Welle. |
| Lichtloch | Zusätzliche Verbindung eines Stollens mit der Tagesoberfläche (Belüftung, Zugang, Materialtransport beim Stollenbau [...]). |
| Liegende | Das unmittelbar unter einer Lagerstätte, Stollen [...]. befindliche Gestein. |
| Markscheider | Vermesser im Bergbau. |
| Mundloch | Öffnung eines Stollens. |
| Pferdegaipel | Haus mit Erzförderung durch Pferde. |
| Pfette | Längsverbandholz eines Dachstuhles, trägt die Sparren. |
| Pochwerk | Hier wird erzhaltiges Gestein zerkleinert. |
| Pulverhaus | Zentrales Lager für Sprengstoff. |
| Quartier | Volumen-Maß, knapp ein Liter. |
| Radstube | Haus oder unterirdisches Gewölbe für Wasserrad. |
| Richtschacht | Senkrechter Schacht. |
| Riegel | Hinteres Brett einer Wasserradtasche. |

¹ Die Übersetzung einiger wichtiger Begriffe in der Sprache seiner Zeit (1866) bietet J. G. Kohl [L122–Seiten 77–82].

| | | | |
|------------------|---|---------------|---|
| Riß | Karte oder Plan der Vermesser. | Treibstangen | zur Kraftübertragung. |
| Röhrentour | Hintereinander geschaltete Röhren. | Tretwerk | Hölzerner »Fußboden« über dem Wasser eines Grabens, Wasserlaufes oder Tunnels. |
| Schleiftrog | Hohlraum, in dem sich die untere Hälfte eines Wasserrades bewegt. | Überblattung | Verlaschung zweier Holzbalken. |
| Schußgerinne | leitet Wasser vom Gefluder auf ein Wasserrad. | Umlaufgraben | führt das zufließende Wasser eines Teiches auf hohem Niveau um den Teich herum, so daß dieser trocken bleiben kann bei Reparaturarbeiten am Damm. |
| Schütz | Wasserventil für Wasserrad. | Unschlitt | Tierisches Fett, für Beleuchtung oder Schmierung. |
| Schützbrett | Brett zum Absperrn. | Unschlithaus | Zentrales Lager für Lampen- oder Schmierfett. |
| Schützer | Bediener für ein Wasserrad. | Unterseil | verbindet beide Fördergefäße an der Unterseite, hängt frei im Schacht, dient zum Gewichtsausgleich für die Förderseile. |
| Schützerbucht | Arbeitsplatz des Schützers, hier befinden sich Bedienhebel, Klopfzeug und Weiszeug zum Steuern eines Wasserrades. | Verstecken | Möglichkeit zum Verdrehen der Seiltrommel auf der Welle, zur Anpassung der Seillänge an die Fördertiefe. |
| Schützerstube | Arbeitsraum des Schützers. | Viertelstock | Holz zur Verstärkung der Verbindung der Arme eines Wasserrades. |
| Schwalbenschwanz | Spezielle Verzahnung für Holzverbindungen. | Vorlegeisen | Unterlegblech. |
| seiger | senkrecht. | Wasserhaltung | Die Gruben werden trocken gehalten. |
| Seilkorb | Trommel zum Auf- und Abwickeln des Förderseils. | Wasserlauf | Unterirdisch geführter Graben. |
| Seilscheibe | Umlenkrolle für Förderseile, großer Durchmesser. | Wasserlösung | Entfernung des in eine Grube zulauenden Wassers. |
| Seiltrift | Verbindung zwischen Schacht und Seilkorb. | Weiszeug | Tiefenanzeiger. |
| Spannschütz | Einrichtung zum Führen und Regulieren des Wasserzulaufes für ein Wasserrad. | Wendedocke | In der Mitte gelagerter Hebel, kehrt die Phase einer Hin- und Herbewegung um. |
| Stecknagel | Verbindungselement für Hölzer, eiserner Bolzen mit Kopf und Querschlitz am anderen Ende zum Durchlagern eines Keiles. | Widerwaage | Wasserbecken mit Zu- und Abflüssen, dient zum Einstellen von Stauhöhen in Gräben und Wasserläufen. |
| Steinbrecher | Maschine zum Zerkleinern von Gestein oder Erz. | Zangeneisen | Eiserner Schuh mit Öse für eine hölzerne Stange zur Kraftübertragung. |
| steingerecht | Detailgetreu und maßstabsgerecht (bei Darstellung einer Steinmauer). | Zulaufrösche | Öffnung oder Graben für zufließendes Wasser. |
| Steuerstange | Mechanik zum Bewegen der Wasserventile, Bremse und Tiefenzeiger. | | |
| Stürzer | entleert die Tonnen an der Hängebank. | | |
| taubes Gestein | wertloses Gestein. | | |
| tonnläufig | geneigt, »die Tonne liegt an«. | | |
| Traufenseite | Hier läuft bei einem Dach das Regenwasser ab. | | |

Anhang

J

Abbildungsverzeichnis

Herkunft der Bilder:

In der runden Klammer ist die Quelle für die Abbildung angegeben.

OBA Oberbergamt.

UB Universitätsbibliothek Clausthal.

Harzbibl. Bibliothek des Oberharzer.

► Bergwerksmuseums Clausthal-Zellerfeld.

► Deutsches Museum München.

► Dr. Dölling + Dr. Neubert GmbH, Clausthal-Zellerfeld.

► Wolfgang Lampe, Clausthal-Zellerfeld.

► Frau Kühle, Clausthal-Zellerfeld.

► Jochen Klähn, Sankt Andreasberg.

► Ohne Angabe: der Autor (F. B.).

Abb. 1: Fotorealistische Zeichnung einer Bergbauanlage mit sehr vielen technischen Einzelheiten – Dorothea bei Clausthal (unbekannt [Z53]).

Abb. 2: Fotorealistische Zeichnung der Wasserkraftmaschinen mit Details im Schacht Ernst August bei Wildemann, 1848 (A. Polle, UB [Z61]).

Abb. 3: Maschinenanlage am Knesebeck-Schacht, Bad Grund. Rechts Kunstrad (fotorealistisch), Mitte Kehrrad, links Schacht. (Fr. Reddewig (1859), Harzbibl. [Z65]).

Abb. 4: Modell einer Bergwerksanlage – Dorothea, Clausthal. Maßstab etwa 1:36. Linke Seite: Rechts Kunstrad, links Kehrrad. Rechte Seite: Kunstrad, Bogendach über dem Kunstrad, Steuerstangen, Kehrrad, Bremsrad, Wasserzulauf für das Kehrrad. 1820, Umbau 1850 (Thiele/Degenhardt, Museum Zellerfeld).

Abb. 5: Blick auf Zellerfeld. Gaipel und Korbstube der Grube Jungfrau stehen oben auf der Halde (Saxesen [Z69], OBA).

Abb. 6: Die übertägigen Gebäude der Grube Thurm Rosenhof. Ursprünglicher Verlauf des Geländes gestrichelt (Beyersdorf (1908), aus Ideal-Riß [Z27]).

Abb. 7: Das Gelände südlich des Thurm Rosenhofes. Gemessene Gelände-Profile gestrichelt (Luftbild freigegeben, Landesvermessungsamt Hannover).

Abb. 8: Profile durch das Tal am Rosenhof. Daten vom Modell abgenommen (gestrichelt) und Vermessungsdaten von 1997.

Abb. 9: Grube Thurm Rosenhof von Südosten, Gemälde, Anfang des 19. Jahrhunderts von J. H. Bleuler (kolorierter Kupferstich bei Frau Kühle, Clausthal).

Abb. 10: Runde Radstube 1996. Freigelegter Mauerkranz Wandstärke 0,8 m.

Abb. 11: Runde Radstube 1996. Der Seilbagger steht hinter dem Ringanker und hebt mit seinem Greifer Material heraus.

Abb. 12: Runde Radstube. Beim Aufwältigen werden die Reste des hölzernen Kastens für den Wasserzulauf (Geflüder) sichtbar.

Abb. 13: Runde Radstube. Einzelheiten der Öffnung A mit Unterlegstein.

Abb. 14: Runde Radstube. Übergang vom feinen zum groben Mauerwerk. Ring mit vorstehenden Steinen.

Abb. 15: Runde Radstube. Kleine Öffnung im unteren Teil.

Abb. 16: Runde Radstube. Daten der Vermessung. Abwicklung der Innenwand.

Abb. 17: Schornsteinfuß der alten Aufbereitung. Sorgfältig gesetzte Steine mit kleinen Fugen, senkrechte Laufrichtung.

Abb. 18: Runde Radstube, Ostseite. Kunstvoll gesetzte Steine mit kleinen Fugen, senkrechte Laufrichtung. Im Foto links oben leicht gestaucht durch den Blick schräg nach oben. Zeichnung maßstäblich nach der Entzerrung des Fotos.

Abb. 19: Runde Radstube. Modell aus Lochblech 1:50.

Abb. 20: Serenissimum im Rammelsberg. Anordnung der Balken am Grundrahmen des Kehrrades.

Abb. 21: Anna Eleonora. Fördergerüst mit Radstube (Beyersdorf 1908, aus Ideal-Riß [Z27]).

Abb. 22: Anna Eleonora. Fördergerüst mit Radstube, Ansicht von Osten (Harzbibl.).

Abb. 23: Planungskizze für ein Kehrrad mit Getriebe für die Seilkorbwelle, Anna Eleonora, 1865 (OBA, Fach 1708/22 [Z5]).

Abb. 24: Planungszeichnung für die Fördermaschine der Grube Silbersegen, 1819 (Deutsches Museum München, Plansammlung TZ 2540 [Z23]).

Abb. 25: Gelände, Teiche und Gräben mit Kehrradstuben der Gruben Rheinischer Wein, Silberne Schreibfeder, Jungfrau (Beyersdorf 1889/90 [Z28], OBA Rißarchiv).

Abb. 26: Blick von Zellerfeld auf die Halde mit den Häusern der Gruben Rheinischer Wein, Silberne Schreibfeder und der Radstube der Grube Jungfrau. Ältere Aufnahme (Harzbibl.).

Abb. 27: Prinzip einer Treibmaschine. Der Seilkorb wird über ein doppeltes Feldgestänge angetrieben. (Villemosse, Pl. 34 [Z82], Harzbibliothek)

Abb. 28: Kehrradstube der Grube Jungfrau, heutiger Zustand. Der weiße Sockel ist die Mauer der ehemaligen Radstube.

Abb. 29: Treibmaschine der Grube Jungfrau bei Zellerfeld 1817 (Osterwald, Deutsches Museum München, Plansammlung TZ 2539 [Z60]).

Abb. 30: Kehrradstube der Grube Jungfrau. Darstellung der Technik eines Kehrrades (aus Abb. 29).

Abb. 31: Kehrradstube der Grube Jungfrau. Darstellung der Technik eines Kehrrades, 1816 (Schottelius, Deutsches Museum München, Plansammlung Foto 10379 [Z79]).

Abb. 32: Mittlerer Zechenteich mit Striegelhaus und Kehrradstube sowie Halde der Grube Jungfrau.

- Abb. 33: Schacht Rheinischer Wein. Gaipel und Radstube mit Seil und Gestänge zwischen den Gebäuden, Fenster, Tür offen. Ältere Aufnahme (aus Abb. 26).
- Abb. 34: Schacht Rheinischer Wein. Gaipel und Radstube, Ringer Zechenhaus (aus Abb. 25).
- Abb. 35: Ringer Zechenhaus mit Wasserzulauf. Im Vordergrund die Mauer mit der Zulaufrösche für das Kehrrod des Schachtes Rheinischer Wein.
- Abb. 36: Grube Samson in Sankt Andreasberg mit Kehrrodstube. Computergestützte Vermessung, maßstabgerechte Skizze.
- Abb. 37: Grube Samson in Sankt Andreasberg mit Kehrrodstube Seiltrift und Gaipel, stillgelegt (Harzbibl.).
- Abb. 38: Grube Samson in Sankt Andreasberg. Kehrrod mit Bremsrad (Postkarte, Museum).
- Abb. 39: Grube Samson in Sankt Andreasberg. Kunstrad, 1837 (W. Lehmann [Z56], UB: XVII C 46).
- Abb. 40: Anordnung der Wasserräder am Knesebeck-Schacht, 1895 (Sandkuhl [Z71], OBA Rißarchiv).
- Abb. 41: Kunst- und Kehrrodstuben am Hang, Knesebeck-Schacht, rechts der Hydrokompressor.
- Abb. 42: Kunstradstube am Knesebeck-Schacht. Der Trog hebt sich an der Talseite aus dem Gelände heraus.
- Abb. 43: Hangseitige Stützmauer an der Kunstradstube Knesebeck-Schacht vor der Sanierung.
- Abb. 44: Kunst- und Kehrrodstuben am Knesebeck-Schacht nach der Sanierung.
- Abb. 45: Kunstradstube am Knesebeck-Schacht nach der Sanierung.
- Abb. 46: Computergestützte Vermessung. Steingerechtes Aufmaß der Mauern an der Kunstradstube am Knesebeck-Schacht.
- Abb. 47: Computergestützte Vermessung. Durchsichtiges Drahtmodell, Grundriß und zwei Ansichten der Kunstradstube am Knesebeck-Schacht.
- Abb. 48: Kunstradstube am Knesebeck-Schacht. Grundriß, 1859 (aus Abb. 3).
- Abb. 49: Kunstradstube am Knesebeck-Schacht. Seitenansicht, 1859 (aus Abb. 3).
- Abb. 50: Blick nach Norden. Kehrrodstube am Knesebeck-Schacht.
- Abb. 51: Blick nach Norden. Kehrrodstube am Fördermaschinenhaus, im Hintergrund der Knesebeck-Schacht.
- Abb. 52: Computergestützte Vermessung, durchsichtiges Drahtmodell. Kehrrodstube am Knesebeck-Schacht. Grundriß und zwei Ansichten.
- Abb. 53: Kehrrodstube mit Wasserrad und Seilkörben, Knesebeck-Schacht. Seitenansicht, 1859 (aus Abb. 3).
- Abb. 54: Kehrrodstube mit Wasserrad und Seilkörben, Knesebeck-Schacht. Grundriß, 1859 (aus Abb. 3).
- Abb. 55: Computergestützte Vermessung. Steingerechtes Aufmaß der Nordwand der Kehrrodstube am Knesebeck-Schacht.
- Abb. 56: Wasserwirtschaftskarte. Gelände am Polsterberger Hubhaus, 1868 (A. Dumreicher, Harzbibl. [L79]).
- Abb. 57: Drahtseiltransmission zwischen Kunstrad und den Pumpen im Hubhaus (Sammlung H. H. Nietzel).
- Abb. 58: Obere Kunstradstube am Polsterberg. Talseitige Stirnwand mit kunstvoll gemauerter Ablaufrösche.
- Abb. 59: Computergestützte Vermessung, durchsichtiges Drahtmodell. Geometrie der oberen Kunstradstube, ergänzt durch ein Wasserrad mit 10 m Durchmesser.
- Abb. 60: Computergestützte Vermessung, durchsichtiges Drahtmodell. Geometrie der unteren Kunstradstube im Polstertal.
- Abb. 61: Polsterlocher Zechenhaus Teil. Links am Rand die Kunstradstube mit Drahtseiltransmission quer durch das Bild (A. Humm III, Seite 62).
- Abb. 62: Schematische Anordnung der Gräben und Wasserräder am Polsterberger Hubhaus (Vermessungsdaten Harzwasserwerke).
- Abb. 63: Wasserwirtschaftskarte von 1868, Gebiet östlich Bockswiese (A. Dumreicher [L79], Harzbibl.).
- Abb. 64: Ablaufrösche der Kunstradstube am Zellerfelder Hoffnungsschacht.
- Abb. 65: Computergestützte Vermessung, durchsichtiges Drahtmodell mit Ergänzungen. Geometrie der Kunstradstube am Zellerfelder Hoffnungsschacht mit Andeutung eines Wasserrad von 10,5 m.
- Abb. 66: Computergestützte Vermessung, durchsichtiges Drahtmodell. Geometrie der Radstube der Grube Glasebach sichtbare Kanten durchgezogen, Schnittlinien gestrichelt.
- Abb. 67: Radstube der Grube Glasebach mit Eingang zum Besucherstollen im neuen Haus.
- Abb. 68: Zeichnung der gemeinschaftlichen Radstube für die Herzog Georg Wilhelmer Fahr- und Wasserkunst, Entwurf 1861 [Z54] (Harzbibliothek).
- Abb. 69: Dorothea, 1763 (H. Calvör [L64], UB).
- Abb. 70: Dorothea, um 1830 (W. Saxesen [Z68], aus Chr. Zimmermann [L217]).
- Abb. 71: Kehrrod der Grube Dorothea, 1771 (C. A. Rausch 1771 [Z67]).
- Abb. 72: Gaipel mit Kehrrod der Grube Dorothea, 1822 (Villemosse, Pl. 33 [L203]).
- Abb. 73: Kehrrod der Grube Dorothea um 1860 (aus Abb. 1).
- Abb. 74: Kunstradstube der Grube Dorothea um 1850 (A. Polle [Z62], UB: XVII C 46).
- Abb. 75: Ovale Radstube, Oberer Thurm Rosenhof, 1816 (Schottelius [Z78], Deutsches Museum München, Plansammlung TZ 2529).

- Abb. 76: Radstube Herzog August in Bockswiese. Kehr-
rad und Seilkorb sind über senkrechte Treib-
stangen gekoppelt, 1822 (Villemosse [L203]).
- Abb. 77: Zeichnung der Radstube am Dorotheer
Wassergöpel. Himmelsfürst Fundgrube Frei-
berg, 1790 (G. Steinert [Z81], Deutsches Muse-
um München, Plansammlung TZ 2541).
- Abb. 78: Wasserwirtschaft im Erzbergwerk Rammels-
berg um 1895 nach Durchführung der Roeder-
schen Reformen (König [L121]).
- Abb. 79: Feuerzähler Gewölbe im Rammelsberg um
1900 (Harzbibl.).
- Abb. 80: Feuerzähler Gewölbe. Computergestützte
Vermessung. Verschiedene Ansichten als
durchsichtiges Drahtmodell.
- Abb. 81: Feuerzähler Gewölbe. Computergestützte
Vermessung. Steingerechtes Aufmaß, große
Nische für das Wellenlager.
- Abb. 82: Feuerzähler Gewölbe SW-Wand. Oben eine
Nische, Auflager der Wasserradwelle, starke
Verformung des Gewölbes, oben eine Nische
für das Auflager der Wasserradwelle.
- Abb. 83: Kanekuhler Kehrradstube mit Kehr-
rad und Seilkörben (A. Wurm [Z83], ergänzt durch
Heinrich Stöcker).
- Abb. 84: Kanekuhle. Nach computergestützter Ver-
messung gezeichnet, 1995.
- Abb. 85: Kanekuhler Kehrradstube. Blick in den abge-
stufen Schleiftrog, Holzbalken für Grund-
rahmen und Bremskonstruktion.
- Abb. 86: Kanekuhler Kehr-
rad. Rekonstruktion im Bau.
- Abb. 87: Serenissimorum Kehr-
rad. Doppelkurbel-
zapfen mit zwei Treibstangen.
- Abb. 88: Serenissimorum Kehr-
rad. Gefluder und
Schütze über dem Rad.
- Abb. 89: Serenissimorum Kehr-
rad, (N. N. [Z24]).
- Abb. 90: Serenissimorum Kehr-
und Kunstradstuben.
Computergestützte Vermessung, durchsichti-
ges Drahtmodell, ergänzt, Schnittlinien gestri-
chelt.
- Abb. 91: Serenissimorum Kunstrad mit Kurbelzapfen
und Gestänge. Aufbau für computergestützte
Vermessung.
- Abb. 92: Serenissimorum Kunstrad mit Kurbelzapfen
und Gestänge, um 1900 (Harzbibl.).
- Abb. 93: Serenissimorum Kunstrad. Wendedocke mit
Kunstgestänge.
- Abb. 94: Kompressor in der Kunstradstube am Ernst-
August-Schacht, angetrieben durch Turbine,
vor der Sanierung 1997.
- Abb. 95: Kummelsglück. Kunstradstube (N. N. [Z6],
OBA RiBarchiv 365).
- Abb. 96: Kummelsglück. Reste der Welle mit Kurbel-
zapfen (W. Lampe).
- Abb. 97: Kummelsglück. Kunstradstube (N. N. [Z7],
OBA RiBarchiv 366).
- Abb. 98: Grube Morgenstern bei Freiberg (N. N. [Z12],
Deutsches Museum München, Plansammlung
TZ 2438).
- Abb. 99: Kunstrad, Thurmhof in Freiberg. Armverbund
um die Welle, ältere Aufnahme (Harzbibl.).
- Abb. 100: Welle und Kurbelzapfen des Kunstrades der
Grube Samson in Sankt Andreasberg mit
Fundstück aus der Runden Radstube. Zeich-
nung des Kehr-
rades am Ernst-August-
Schacht in Wildemann (aus Abb. 2, Skizze Eis-
felder [L82]).
- Abb. 101: Funde aus der Runden Radstube. Endstücke
der Laschenbretter mit Holznägeln und Kan-
ten für die Verzahnung (Verkämmung). Zeich-
nung für Verkämmung der Laschen (Kern
[L121–Tafel 9]).
- Abb. 102: Funde aus der Runden Radstube. Teile der
Laschenbretter mit Holznägeln und Nuten für
die Schaufelbretter.
- Abb. 103: Funde aus der Runden Radstube. Anordnung
der Nuten im Kranz für die Schaufelbretter mit
Bohrungen für Holznägel und Zuganker.
- Abb. 104: Konstruktion und Belastung eines Speichen-
rades.
- Abb. 105: Funde aus der Runden Radstube. Zuganker
zur Verbindung von Hauptarmen, Hilfsarmen
und Viertelstöcken mit durchgehendem
Unterlegblech, Werkzeug zum Abspannen.
- Abb. 106: Verbindung der Arme mit Welle und Kranz,
Anordnung der Schaufeln. Konstruktion
Kanekuhle. Wandel der Bauarten, Schaufelan-
ordnung (aus Abb. 2).
- Abb. 107: Kehr-
rad der Grube Samson in Sankt Andreas-
berg. Verspannung der Arme mit Ketten.
- Abb. 108: Mit Schwalbenschwänzen sind die Schaufel-
bretter im Kranz verankert (H. Calvör). Nach-
bau durch H. H. Nietzel auf dem Gelände der
Harzwasserwerke.
- Abb. 109: Bohrschema der Holznägel am Kranz. Kehr-
rad der Grube Samson in Sankt Andreasberg.
- Abb. 110: Verschiedene Gewinde aus der Runden Rad-
stube.
- Abb. 111: Blick durch das Innere der eisernen Seilkörbe
des Kehr-
rades am Ernst-August-Schacht in
Wildemann. Klemmvorrichtung, Kegelrad für
Steuerung, Verbindung der Hauptarme.
- Abb. 112: Runde Radstube. Reste des eisernen Seil-
korbes auf der Welle während der Bergung.
- Abb. 113: Ein Flansch des verstellbaren Seilkorbes aus
der Runden Radstube mit Stiftschrauben und
Sicherungs-/Stellschlüssel-Blech.
- Abb. 114: Stiftschraube zur Seilkorbverstellung, roh/ge-
putzt.
- Abb. 115: Kehr-
rad am Ernst-August-Schacht in Wilde-
mann, Kranz mit zusätzlichen Laschen des
Bremsrades.
- Abb. 116: Bremsbaum mit Bremsklotz und einstellba-
rem Gelenk, Ernst-August-Schacht (aus
Abb. 2).
- Abb. 117: Funde aus der Runden Radstube. Gußteile.
- Abb. 118: Funde aus der Runden Radstube. Schmiede-
teile.

- Abb. 119: Querschliff. Gefügeaufnahme von Schmiedeeisen. Lang ausgeschmiedete Silikatschlacken (Dölling + Neubert).
- Abb. 120: Gefügeaufnahme. Gußeisen mit lamellar ausgeschiedenem Graphit, interdendritisch ausgeschiedenem Ledeburit und Mangansulfiden. Selektive Korrosion entlang der Graphitlamellen (Dölling + Neubert).
- Abb. 121: Gefügeaufnahme. Gußeisen mit lamellar ausgeschiedenem Graphit, interdendritisch ausgeschiedenem Ledeburit in perlitischer Matrix. Gußfehler in Form interdendritischer Mikrolunker (Dölling + Neubert).
- Abb. 122: Zweiteiliger Eisenguß, östliches Hauptlager, Lunker und Korrosion an der Unterseite.
- Abb. 123: Zeichnung nach computergestützter Vermessung der metallenen Funde aus der Runden Radstube.
- Abb. 124: Konstruktionszeichnungen einiger Gußteile (Musterkatalog der Hannoverschen Eisenhütten [L10], Zeichnung Schottelius – wie Abb. 75).
- Abb. 125: Verschiedene Metallteile. Zeichnungen von Schottelius [Z80] (Deutsches Museum München, Plansammlung TZ 2536), de Villefosse [L203] und aus den Hannoverschen Eisenhütten [L10].
- Abb. 126: Elemente zur Führung und Verbindung der Kunststangen Dorothea (wie Abb. 74), Rosenhof (A. Borrmann), Skizze (Eisfelder [L82] 1883) sowie Verschraubungen der eisernen Stangen am Marienschacht. (Padmore, aus B. Ansohn [L15])
- Abb. 127: Elemente zur Führung der Kunststangen mit einem Pumpensatz (aus Abb. 2).
- Abb. 128: Funde aus der Runden Radstube, computergestützte Vermessung, Seilkorb, Werkzeuge und Tritteisen der Fahrkunst, Skizzen mit Text (O. Dörell [L75]).
- Abb. 129: Mit Hölzern bandagierter Seilkorb.
- Abb. 130: Seilkorb. Aufgenietetes Verbindungsstück aus Eisenblech und Einlegestück.
- Abb. 131: Zwei Abschnitte aus dem gußeisernen Kranz des Seilkorbes mit Bruchstelle am Kragen, geschmiedetes Einlegestück.
- Abb. 132: Seilkörbe mit Getriebe. Grube Dorothea (aus Abb. 1).
- Abb. 133: Hebelmechanik für Bremse und Aufschlagwasser. Computergestützte Vermessung zweier Zangeneisen aus der Runden Radstube. Zeichnung der Grube Dorothea (aus Abb. 1), Skizzen (Eisfelder [L82]).
- Abb. 134: Hebelmechanik für die Bremse. Computergestützte Vermessung eines Fundstückes aus der Runden Radstube. Schützerbucht im Museum Zellerfeld, Kehrrad am Ernst-August-Schacht (wie Abb. 2) (Eisfelder [L82]).
- Abb. 135: Hebelmechanik für die Bremse, einstellbare Verbindung. Computergestützte Vermessung zweier Funde aus der Runden Radstube. Schützerbucht im Museum Zellerfeld.
- Abb. 136: Hebelmechanik für den Wasserzulauf mit Schütz. Computergestützte Vermessung eines Fundes aus der Runden Radstube Grube Dorothea (aus Abb. 1), Skizzen (Eisfelder [L82]).
- Abb. 137: Wasserinhalt der Schaufeln in Abhängigkeit vom Drehwinkel. Geometrie wie bei der Kanekuhle.
- Abb. 138: Gute Wasseraufnahme bei voller Drehzahl. Das Wasser fließt aus dem Schußgerinne ohne zu spritzen in die Schaufeln, die durch die Bewegung des Rades hier unscharf erscheinen (Film Herwig 1920).
- Abb. 139: Wasserinhalt der Schaufeln in Abhängigkeit vom Drehwinkel und Füllungsgrad. Einzeln für jede Schaufel und über alle Schaufeln summiert, gerechnet für Kanekuhler Kehrrad. Vergleich mit den Meßdaten bei Calvör (Rechtecke).
- Abb. 140: Drehmoment in Abhängigkeit vom Drehwinkel der Schaufeln und Füllungsgrad. Einzeln für jede Schaufel und über alle Schaufeln summiert, gerechnet für Kanekuhler Kehrrad. Vergleich mit den Meßdaten bei Calvör (Rechtecke).
- Abb. 141: Maximale Leistung des Wassers und des Rades in Abhängigkeit des Füllungsgrades. Wirkungsgrad, gerechnet für Kanekuhler Kehrrad.
- Abb. 142: Statik eines Wasserrades (Programm Stab2D) für zwei Fälle. Die Größe der Normalkräfte ergibt sich aus der Breite der Linien.
- Abb. 143: Wassersäulenmaschine in der Grube Silbersegen, Zeichnung von Jordan [L114].
- Abb. 144: Fahrkunst im Herzog Georg Wilhelm Schacht. An dieser Stelle fahren die Bergleute auf der »verkehrten« Seite (OBA [Z10]).
- Abb. 145: Trittstufen der Drahtseilfahrkunst in der Grube Samson, Sankt Andreasberg.
- Abb. 146: Pumpensatz mit Kolben (rechts) aus dem Oberharz, Deutsches Bergbaumuseum Bochum.
- Abb. 147: Kunstkreuze über dem Knesebeck-Schacht (aus Abb. 3).
- Abb. 148: Kunstkreuze über dem Ernst-August-Schacht (aus Abb. 2).
- Abb. 149: Kunstkreuze über dem Dorothea Schacht (wie Abb. 74).

Anhang

K

Quellenverzeichnis

Quellen:

OBA Oberbergamt Clausthal
 Achenbach Oberbergamt Clausthal Bibliothek Achenbach
 UB Universitätsbibliothek Clausthal
 Harzbibl. Harzbibliothek des Oberharzer Bergwerks-
 museums Clausthal-Zellerfeld
 OGMV Oberharzer Geschichts- und Museumsverein
 e. V.
 HWW Betriebshof der Harzwasserwerke
 F. B. der Autor

- [L1] *Verzeichniß der auf Herrschaftlichen Forsten zu unterhaltenden Gebäude und Bauwerke in der Forst Inspection Clausthal, Mühlenpfordt.* Aufgenommen im Jahre 1839. (Harzbibl. Drm/Ver)
- [L2] *Skiwandern und Wintersport im Harz (Westharz) 1:50.000.* Niedersächsisches Landesverwaltungsamt Landesvermessung, zugleich Karte des Niedersächsischen Skiverbandes.
- [L3] *Kalender für den sächsischen Berg- und Hüttenmann 1841* (1839).
- [L4] Handschriftliche Aktennotiz vom Rammelsberg Goslar 1882.
- [L5] Berg- und Hüttenkalender 1867. Seiten 96–112. (OBA: II E 16).
- [L6] *Bauplan zur inwendigen Anlage eines Treibwerkes mit angehängtem Kunstgezeuge auf dem oberen und einer Radkunst auf dem unteren Gefälle über dem Dreizehnlachter Stollen in dem Ernst-August-Richtschacht bei Wildemann.* (OBA Rißarchiv 2155).
- [L7] *Riß der Gruben im Burgstätter Revier. Geschätzt auf die Zeit um 1680.* (OBA Rißarchiv, Schrank 14.04.03, Riß 1085).
- [L8] *Ausrechnung des Hartzischen Kunst- oder Kehrrades Nr. 11, item Der mechanicus.* In: Acta betr. mit gl. Namen anno 1758. (OBA Fach 770 Acta 1/4).
- [L9] N. N.: *Tabellen enthaltend die Verhältniszahlen für die Umrechnung der in Preußen bisher gültigen Landesmaße und Gewichte in die durch die Maaß- und Gewichts-Ordnung für den Norddeutschen Bund festgestellten neuen Maße und Gewichte.* Berlin 1869. (OBA Rißarchiv). Vgl. Kletke [L120].
- [L10] *Die Anfertigung und Musterbücher, Guss und Verkauf von Maschinenteilen vorzugsweise zu Rothehütte, Königshütte, Altenauer- und Lerbacher Hütte.* Acta Communis, 1836–1843, No. 5. (OBA: Fach 1548).
- [L11] *Vom kapitalistischen Rüstungsunternehmen zum »Volkseigenen Betrieb«.* In: *Kleine Chronik des Schwefelsäure- und Superphosphatwerkes Coswig/Anhalt.* ADB GmbH, Antonienhüttenweg 16, 06869 Coswig.
- [L12] Agricola, Georg, (1494–1555): *De re metallica libri XII.* Deutscher Taschenbuch Verlag 9809, 1977.
- [L13] Albert, Wilhelm August Julius: *Die Bergwerks-Verwaltung des Hannoverschen Oberharzes in*

den Jahren 1831–1836. Berlin, 1837. (Harzbibl. Dhm/Alb). Identisch mit Karstens Archiv Band 10 [L115], aber mit Zeichnungen.

- [L14] Albert, Oberbergat Wilhelm August Julius: *Über Treibseile im Harz.* In: Karstens Archiv für Mineralogie, Geognosie, Bergbau und Hüttenkunde. Zehnter Band. Berlin, 1837. (Harzbibl.).
- [L15] Ansohn, Berthold, et al.: *Photographieren im Bergwerk um 1900, Bergwerksphotographie im Oberharz 1890–1910.* Katalog zur gleichnamigen Ausstellung vom 6. November 1998 bis 7. April 1999. OGMV Clausthal-Zellerfeld, 1998.
- [L16] Ansohn, Bertold: *Photographieren im Bergwerk um 1900.* Symposium 29.–31. 10. 1997 in Clausthal-Zellerfeld, veranstaltet vom OGMV, gefördert durch die Stiftung Niedersachsen, Reader für die Symposiumsteilnehmer. (Harzbibl.).
- [L17] Bach: *Die Wasserräder mit einem Atlas von 25 Tafeln.* Stuttgart, 1886. (UB: VIC 2 17).
- [L18] Balck, Friedrich, und Lothar Klappauf: *Ein universelles Vermessungssystem für die zeichnerische Dokumentation in der Denkmalpflege Trigomat.* Zeitschrift für Vermessungswesen, Heft 5 (1993). Seiten 205–217.
- [L19] Balck, Friedrich: *Bericht über Verformungsmessungen im Feuergezäher Gewölbe im Rammelsberg bei Goslar vom Mai bis November 1995.* Institut für Angewandte Physik der TU Clausthal (30. 11. 1995).
- [L20] Balck, Friedrich: *Computergestützte Vermessung von Objekten in Archäologie und Denkmalpflege.* In: Ordo et Mensura III, Sachüberlieferung und Geschichte, Siegener Abhandlungen zur Entwicklung der materiellen Kultur, Band 15. Hg. Dieter Ahrens und Rolf C. A. Rottländer. Sankt Katharinen: Scripta Mercaturae Verlag, 1995.
- [L21] Balck, Friedrich: *Computergestützte Vermessung und zeichnerische Dokumentation, Gebäudeinformationssysteme.* Abschlußbericht des DVW-Arbeitskreises 6 Ingenieurvermessung und FIG Symposium 5.–7. April 1995 an der Technischen Universität Braunschweig. Red. Bodo Schrader. Schriftenreihe des DVW.
- [L22] Balck, Friedrich: *Bogensschlag mit elektronischen Maßbändern, eine effektive rechnergestützte Methode zur Kartierung und Vermessung.* Vermessungswesen und Raumordnung, Heft 1 (1996). Seiten 13–24.
- [L23] Balck, Friedrich, und Thilo Ziegler: *Aufwältigung und Rekonstruktion eines Wasserrades im Rammelsberg.* Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen, Heft 2 (1997). Seiten 111–115.
- [L24] Balck, Friedrich: *Vermessung am Ernst-August-Schacht in Wildemann am 12. Februar 1997.* Ergebnisbericht. Institut für Angewandte Physik der TU Clausthal (26. 2. 1997).
- [L25] Balck, Friedrich: *Schätze aus dem Oberharz – Die Kehrradstube des Oberen Thurm Rosenhöfer Treibschachtes in Clausthal.* Herausgegeben vom

- OGMV Clausthal-Zellerfeld und den Harzwasserwerken GmbH. Jahrgabe 1998.
- [L26] Balck, Friedrich: *Computergestützte Vermessung der Domvorhalle in Goslar*. In: Ordo et Mensura V, Sachüberlieferung und Geschichte, Siegener Abhandlungen zur Entwicklung der materiellen Kultur, Band 25. Hg. Dieter Ahrens und Rolf C. A. Rottländer. Sankt Katharinen: Scripta Mercaturæ Verlag, 1998.
- [L27] Balck, Friedrich: *Thurm Rosenhof – Die Vergangenheit wird lebendig – Neue Erkenntnisse über ein altes Grubenfeld, Keimzelle des Clausthaler Bergbaus*. OGMV Clausthal-Zellerfeld, 1999. 153 Seiten und 117 Abbildungen.
- [L28] Balck, Friedrich: *Vom Wasserrad zum elektrischen Antrieb – Entwicklung der Fördermaschinen im Rosenhöfer Revier bei Clausthal*. OGMV Clausthal-Zellerfeld, 1999.
- [L29] Balck, Friedrich: *Acta Historiæ V. 7*. Internationaler Kongreß des Internationalen Komitees für Historische Metrologie (CIMH) 25.–27. September 1997 Siegen. Sachüberlieferung und Geschichte. Siegener Abhandlungen zur Entwicklung der materiellen Kultur, Band 28. Hg. Harald Witthöft unter Mitarbeit von Karl Jürgen Roth. Sankt Katharinen: Scripta Mercaturæ Verlag, 1999.
- [L30] Balck, Friedrich, und Wolfgang Lampe: *Die Wasserwirtschaft im unteren Burgstätter Revier mit Ergebnissen einer Ausgrabung am Unteren Eschenbacher Teich*. (in Vorbereitung).
- [L31] Banniza, H., F. Klockmann, A. Lengemann und A. Sympher: *Das Berg- und Hüttenwesen des Oberharzes*. Stuttgart, 1895. (UB: IVB 1 b 4).
- [L32] Bartels, Christoph: *Zur Problematik der Berechnung von Förder- und Arbeitsleistungen des historischen Bergbaus vom 16. bis zum 19. Jahrhundert*. Der Anschnitt, Heft 5–6 (1987). Seiten 219–231.
- [L33] Bartels, Christoph: *Die Entwicklung der Erzgrube Thurm-Rosenhof bei Clausthal vom 16. bis zum frühen 19. Jahrhundert*. Der Anschnitt, Heft 2–3 (1987). Seiten 65–85.
- [L34] Bartels, Christoph: *Das Wasserkraft-Netz des historischen Erzbergbaus im Oberharz – Seine Schaffung und Verdichtung zu großtechnischen Systemen als Voraussetzung der Industrialisierung*. Technikgeschichte, Band 56. 1988. Nr. 3, Seiten 177–192.
- [L35] Bartels, Christoph: *Das Erzbergwerk Rammelsberg – Die Betriebsgeschichte von 1924 bis 1988 mit einer lagerstättenkundlichen Einführung sowie einem Abriß der älteren Bergbaugeschichte*. Hg. und Red. Preussag AG Metall, Goslar 1988. Deutsches Bergbau-Museum Bochum.
- [L36] Bartels, Christoph: *Das Erzbergwerk Grund – Die Betriebsgeschichte des Werkes und seiner Vorläufergruben Hilfe Gottes und Bergwerkswohlfahrt von den Anfängen im 16. Jahrhundert bis zur Einstellung 1992*. Hg. und Red. Preussag AG Metall, Goslar 1992. Deutsches Bergbau-Museum Bochum.
- [L37] Bartels, Christoph: *Vom frühneuzeitlichen Montangewerbe zur Bergbauindustrie, Erzbergbau im Oberharz 1635–1866*. Deutsches Bergbau-Museum Bochum, 1992. (F. B.)
- [L38] Bartels, Christoph, und Erika Lorenz: *Die Grube Glasebach – ein Denkmal des Erz- und Fluoritbergbaus im Osthartz*. Der Anschnitt, Heft 4 (1993).
- [L39] Bartels, Christoph: *Umschwünge in der Entwicklung des Oberharzer Bergbaureviere von 1630, 1760 und 1820 im Vergleich*. Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, Beiheft 115. Hg. Ekkehard Westermann. Stuttgart (1995). (HAB Wolfenbüttel 10 328 939)
- [L40] Bartels, Christoph: *Mittelalterlicher und frühneuzeitlicher Bergbau im Harz und seine Einflüsse auf die Umwelt*. Naturwissenschaften 83 (1996), Seiten 483–491.
- [L41] Bartels, Christoph: *Krisen und Innovationen im Erzbergbau des Harzes zwischen ausgehendem Mittelalter und beginnender Neuzeit*. Technikgeschichte Band 63. 1996. Nr. 1, Seiten 1–19.
- [L42] Bartels, Christoph: *Montani und Silvani im Harz – Bergbau, Verhüttung und Waldnutzung im Mittelalter, Auswirkungen auf Mensch und Umwelt*. Vierteljahrschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, Beiheft 121. Stuttgart (1996).
- [L43] Bauer, Hans: *Die älteste Karte des nördlichen Harzes bei Goslar*. Harz-Zeitschrift. Harz-Verein für Geschichte und Altertumskunde (1981). Seiten 44–77.
- [L44] Baumgärtel, Bruno: *Der Oberharzer Erzbergbau in Wort und Bild dargestellt*. Clausthal: 1912. (UB: X 1159)
- [L45] Becker, Hubert: *Geschichte der älteren Bergtechnik im Harz. Zur Zweihundertjahrfeier der Technischen Universität Clausthal 1775–1975*, Band 1. Clausthal-Zellerfeld: 1975.
- [L46] Beißner, Kurt: *Die landesherrschaftliche Bergverwaltung im Oberharz und ihr Einfluß auf die Lebensumstände der Bevölkerung*. Der Anschnitt, Heft 1 (1974). Seiten 3–11.
- [L47] Beyersdorf, Georg, (Riß) und Bruno Baumgärtel (Text): *Der Mensch und die Erde – Die Entstehung, Gewinnung und Verwertung der Schätze der Erde als Grundlagen der Kultur, Der Ideal-Riß – Durchschnitt durch ein Erzbergwerk (Gangbergbau)*. 5. Band. Wien, Stuttgart: Deutsches Verlagshaus Bong & Co., 1908. (Ch. Falland)
- [L48] Bleßmann, Walter: *Die Hebung der Samsoner Grubenwasser*. Allgemeiner Harz-Berg-Kalender 1994. Seite 51.
- [L49] Blömeke, Conrad: *Über die Erzlagerstätten des Harzes und die Geschichte des auf demselben geführten Bergbaues*. Wien, 1885, und Haltern, 1986. (UB 87 A 104)

- [L50] Bönisch, Fritz, Hans Brichzin, Klaus Schillinger: *Kursächsische Kartographie bis zum Dreißigjährigen Krieg I – Die Anfänge des Kartenwesens*. Veröffentlichungen des Staatlichen Mathematisch-Physikalischen Salons – Forschungsstelle – Dresden-Zwinger. Berlin, 1990. Seite 141ff. (HAB Wolfenbüttel 40.3238:1)
- [L51] Jankowski, Günter: *Zur Geschichte des Mansfelder Kupferschiefer-Bergbaus*. Clausthal-Zellerfeld: GDMB, 1995.
- [L52] von Born, Ignaz, und Friedrich Wilhelm von Trebra: *Bergbaukunde*. Band 1. 1789. (Harzbibl.)
- [L53] Bornhardt, Wilhelm: *Geschichte des Harzer Bergbaus*. Harz-Berg-Kalender 1928. Seite 36. (Harzbibl.)
- [L54] Bornhardt, Wilhelm: *Geschichte des Rammelsberger Bergbaues von den Anfängen bis zur Neuzeit*. Archiv für Lagerstättenforschung, Heft 52 (1931). Berlin.
- [L55] Borchers, E.: *Anwendung eines kräftigen Magneten zur Ermittlung der Durchschlagsrichtung zweier Gegenörter – Eine Aufgabe zur Markscheidkunst*. Clausthal, 1846. (OBA: II E 19)
- [L56] Böttcher, Wilhelm: *Das Unglücksjahr 1878 im Oberharzer Erzbergbau*. Allgemeiner Harz-Berg-Kalender 1978. Seiten 53–58.
- [L57] Boyke, Hans Jürgen: *Darstellung der Teiche und Gräben des Burgstätter Reviers in Clausthal um 1771 nach dem Riß des Markscheiders C. A. Rausch*. Hg. Harzwasserwerke. Clausthal-Zellerfeld, 1996.
- [L58] Brathuhn, Otto: *Das selbstschreibende Declinatorium in Clausthal*. Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen (1890). Seiten B 223–237. (UB: 1 E 12)
- [L59] Brichzin, Hans: *Der silberne Boden: Kunst und Bergbau in Sachsen*. Hg. Manfred Bachmann, Harald Marx, Eberhard Wächtler. Leipzig: 1990, Seite 281f. (UB:91 B 281)
- [L60] Brockmann, Carl Heinrich: *Die metallurgischen Krankheiten des Oberharzes*. Osterode: 1851. (UB: IV F 17)
- [L61] Brüning, Kurt: *Der Bergbau im Harze und im Mansfeldischen*. Braunschweig: Westermann, 1926.
- [L62] Buff: *Was man vor 300 Jahren schon erdacht – Richtfest historischer Wasserräder als Industriedenkmal*. Heimatblätter für den südwestlichen Harzrand (1993). Seiten 43–45.
- [L63] Cancrinus, Franz Ludwig: *Erste Gründe der Berg- und Salzwerkskunde, Zeichnungen Schmelzöfen, Zubehör*. Band 7 – erste, andere und dritte Abteilung. Frankfurt: 1773–91. (UB: IV 29, auch in der Harzbibl., aber Band über Bergbau fehlt dort)
- [L64] Calvör, Henning: *Historisch-chronologische Nachricht [...] des Maschinenwesens*. 1763. (UB: IVC 1 37, UB: 90 B 623)
- [L65] Calvör, Henning: *Der Oberharzer Bergbau zur Zeit Henning Calvörs*. Ausstellung anlässlich des 300. Geburtstages von Henning Calvör (1686–1766) im Oberbergamt Clausthal-Zellerfeld 25.–31. 10. 1986. Clausthal: Technische Universität Clausthal et al., Clausthal, 1986.
- [L66] Dannenberg, E. C. H.: *Der Harz, ein Gedicht in sieben Gesängen*. Göttingen: 1781. (UB: XVI E 16)
- [L67] Delius, Christoph Traugott: *Anleitung in der Bergbaukunst nach ihrer Theorie und Ausübung, nebst einer Abhandlung von den Grundsätzen der Berg-Kammeralwissenschaft, für die Kaiserl. Königl. Schemnitzer Bergakademie*. Wien: 1772. (Harzbibl.: Wdk/Del)
- [L68] Dennert, Herbert: *Die erste erhalten gebliebene Darstellung vom Stande des Oberharzer Bergbaus im Jahre 1606*. Harz-Zeitung (1969). Seite 165.
- [L69] Dennert, Herbert: *Die älteste erhalten gebliebene Darstellung der beiden Oberharzer Bergstädte Clausthal und Zellerfeld im Stadium ihrer Entstehung*. Harz-Zeitschrift des Harz-Vereins für Geschichte und Altertumskunde (1980). Seiten 137f.
- [L70] Dennert, Herbert, und Heinrich Morich: *Kleine Chronik der Oberharzer Bergstädte bis zur Einstellung des Erzbergbaus*. Clausthal-Zellerfeld: GDMB, 1993.
- [L71] Dennert, Herbert: *Bergbau und Hüttenwesen im Harz – Vom 16. bis zum 19. Jahrhundert in Lebensbildern führender Persönlichkeiten*. Clausthal-Zellerfeld: Piepersche Druckerei, 1986.
- [L72] Jahresbericht 1995. Bochum: Deutsches Bergbaumuseum.
- [L73] Dirks, Hans G.: *Der 19-Lachter-Stollen und die Grube Ernst August in Wildemann*. Clausthal-Zellerfeld: 1989.
- [L74] Dörell, Georg Ludwig Wilhelm: *Ueber die seit dem Jahre 1833 beim Oberharzischen Bergbau angewendeten Fahrmaschinen*. Karstens Archiv für Mineralogie, Geognosie, Bergbau und Hüttenkunde. Zehnter Band [L115]. Berlin: 1837. (Harzbibl., UB: I E 37) Vgl. Albert [L13].
- [L75] Dörell, Otto: *Aufnahmen gesammelt von O. Dörell, Handskizzen, Text und Zeichnungen*, [Z38]. (Harzbibl.: Wfm3/Doer)
- [L76] Dörell, Otto: *Principien für den Zellerfelder Bergwerksbezirk*. Handschriftliche Notizen, alphabetisch sortiert (1858). (Harzbibl.: Dhk/Doer)
- [L77] Dubbel: *Taschenbuch für den Maschinenbau*. 13. Auflage. Berlin: Springer Verlag, 1970.
- [L78] Dumreicher, A.: *Gesamtüberblick über die Wasserwirtschaft des nordwestlichen Oberharzes und Grundriss, Blatt II*. Profiliriß. Clausthal (1866). Vervollständigt durch O. B. A. Sandkuhl (Markscheider) 1895, auch 1893 (an der Wand im Museum, Original OBA Rißarchiv, Lithographien in der Harzbibl.)
- [L79] Dumreicher, A.: *Gesamtüberblick über die Wasserwirtschaft des nordwestlichen Oberharzes*. Clausthal (1868). (UB: IV B 1618)

- [L80] Ebeling (Bergreferendar, Waldenburg): *Entwicklung der horizontalen Förderung auf den Gruben der Königlichen Berginspektion zu Clausthal*. Glückauf, Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift (1905). Seiten 1530–1536.
- [L81] Eichhorn, Peter: *Vertiefende Erkenntnisse zum Bergbau im Rammelsberg an der Wende vom 17. zum 18. Jahrhundert*. Dissertation Clausthal (1999).
- [L82] Eisfelder: *Skizzenbuch Nr. 1., Oberharzer Gangbergbau*. Clausthal, 1864. (Harzbibl.: Dhm/Eis)
- [L83] Ey, Hermann: *Drei Merkzeichen aus der Geschichte der Unfälle im Oberharzer Bergbau*. (Harzbibl.)
- [L84] Ey, August: *Harzbuch – Der Geleitsmann durch den Harz*. Mit 24 Stahlstichen und 1 Harzkarte. Goslar: Verlag von Ed. Brückners Kunsthandlung, 1854.
- [L85] Falland, Christian: *Dokumentation – Einersberger Zentrale, Clausthal-Zellerfeld 1905–1980*. Manuskript anlässlich eines Vortrages beim Harzclub Zweigverein Clausthal-Zellerfeld im Oktober 1997. (F. B.)
- [L86] Falland, Christian: *Der Schacht Kaiser-Wilhelm II*. Clausthal-Zellerfeld (1994/1998). (»LITEXKWS«, private Kopie)
- [L87] Fieke, Karl: *Die Wasserwältigung der Gruben des Oberharzes und Ihre Tages-Wasserwirtschaft*. Wernigerode: 1909. (UB: 78 A 1132)
- [L88] Fieke, Karl: *Zur Wirtschaftlichen Notlage im Oberharz*. Wernigerode: 1912. (UB: 78 A 1131)
- [L89] Fleisch, Gerhard: *Die Oberharzer Wasserwirtschaft in Vergangenheit und Gegenwart*. Dissertation Clausthal, 1982. (UB: 83 A 77)
- [L90] Flörke, C. F., und J. Kniep: *Münz- und Gewichts-Vergleichstabellen nach Maßgabe der Staaten-Verträge vom 24. Januar 1857 und bezw. vom 7. November 1856, so wie der desfallsigen Gesetzgebung*. Hannover: Schmorl und von Seefeld, 1857. (Harzbibl.: Schrank E9)
- [L91] de Florencourt, Carl Chassot: *Bergwerke der Alten – eine Schrift, welche über die von der Königlichen Societät der Wissenschaften in Göttingen auf 1783 aufgegebene Frage den halben Preis erhalten hat*. In: Mein Wissen ist Stückwerk. Göttingen: 1785. (Harzbibl.: B159)
- [L92] Gärtner, Friedrich: *Ein Blick in die Annalen der ehemaligen Bergstadt Zellerfeld*. In: Aus dem Werdegang und der Geschichte der Bergstadt Clausthal-Zellerfeld – 450 Jahre Clausthal-Zellerfeld. Piepersche Druckerei, 1982. Seiten 39–46.
- [L93] Gärtner, Friedrich: *Alt-Zellerfeld in Wort und Bild*. 37 Textabbildungen und 1 Faltblatt. Clausthal-Zellerfeld: Piepersche Druckerei, 1978.
- [L94] Gebhard, Georg: *Harzer Bergbau und Minerale*. Sankt Andreasberg: Reichshof, 1988. (UB)
- [L95] Gerhard, Hans Jürgen: *Eisenmarkt und Eisenpreise im Kurfürstentum Braunschweig-Lüneburg 1733–1807*. Festschrift für Wilhelm Abel zum 80. Geburtstag: Theorie und Empirie in Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsgeschichte, Band 11. Hg. K. H. Kaufhold. Göttingen: Verlag Otto Schartz, 1984.
- [L96] Gerhard, Hans Jürgen: *Die Entwicklung der Input-Output-Relationen in Harzer Eisenhütten 1747–1806*. Der Anschnitt (1987), Heft 2–3. Seiten 106–118.
- [L97] Gotthard, Johann Christian: *Authentische Beschreibung von dem merkwürdigen Bau des Tiefen-Georg-Stollens am Oberharz*. Wernigerode: 1801. Nachdruck Clausthal-Zellerfeld: 1998. (UB: IV B 1b12).
- [L98] von Groddeck: *Geognostische Durchschnitte durch den Oberharz mit zwei Tafeln*. Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen (1873). Seiten B 1–11. (UB: 1 E 12)
- [L99] Grosjean, Georges, und Rudolf Kinauer: *Kartenkunst und Kartentechnik vom Altertum bis zum Barock*. Bern und Stuttgart: Verlag Hallwag, 1970.
- [L100] Günther: *Die Besiedelung des Oberharzes*. Vortrag 29. Juli 1884 zu Clausthal. Clausthal: Grossesche Buchhandlung, 1884.
- [L101] Haase, Hugo: *Kunstabauten alter Wasserwirtschaft im Oberharz*. Clausthal-Zellerfeld: 1966.
- [L102] Hake, Hardanus: *Die Bergchronik des Hardanus Hake, Pastors zu Wildemann*. Mit einem Glossar von Dr. H. Denker. Hg. Harzverein für Geschichte und Altertumskunde. Wiesbaden: 1972.
- [L103] Haupt, Walter, und Heinz Pollmann: *Die Entwicklung des Markscheidewesens im Oberharz*. In: Technische Universität Clausthal – Zur Zweihundertjahrfeier 1775–1975, Band 1. Clausthal-Zellerfeld: 1975.
- [L104] Hausmann, J. Fr. L.: *Ueber den gegenwärtigen Zustand und die Wichtigkeit des Hannoverschen Harzes*. Göttingen: 1832. (UB: IV B 1b14)
- [L105] Heindorf, Werner: *Die Fahrkunst – Eine Erfindung des Oberharzer Bergbaus*. Allgemeiner Harz-Berg-Kalender 1993. Seiten 36–40.
- [L106] Herwig, Friedrich: *Oberharzer Bergbau*. 16-mm-Film. 1923. (Harzbibl., IWF Göttingen)
- [L107] Hillegeist, Hans-Heinrich: *250 Jahre Königshütte in Lauterberg-Harz*. Bad Lauterberg: Kohlmann, 1993.
- [L108] Hoffmann, Albrecht: *Der Harz – Land der Teiche und Talsperren*. 1. Teil: *Ein Streifzug durch die Geschichte der Oberharzer Wasserwirtschaft von den Anfängen im Mittelalter über die Teichwirtschaft des Bergbaus zu den heutigen Grubenkraftwerken*. Clausthal: 1972. (UB: Ra 23(6))
- [L109] Hoffmann, Dietrich: *Die Verwaltung des Harzes unter den hannoverschen Kurfürsten und Königen und in der preußischen Zeit*. In: Technische Universität Clausthal – Zur Zweihundertjahrfeier 1775–1975. Band I Die Bergakademie und ihre Vorgeschichte. Clausthal-Zellerfeld: 1975. Seiten 133–148.
- [L110] Hoffmann, Dietrich: *Der Tiefe-Georg-Stollen*. Der Anschnitt (1975), Heft 3. Seiten 21–29.

- [L111] Homann, Johann Baptist (1664–1724): Homanns Erben. Ebersperger und J. M. Franz.
- [L112] Hoppe, Oscar: *Die Bergwerke, Aufbereitungs-Anstalten und Hütten sowie die technisch- wissenschaftlichen Anstalten Wohlfahrts-Einrichtungen pp. im Ober- und Unter-Harz*. Clausthal: 1883. (UB: X 1156)
- [L113] Humm, Albert: *Aus längst vergangenen Tagen, Heimatgeschichte des Oberharzes in Wort und Bild*. Bände 1–3. Clausthal: 1978–81.
- [L51] Jankowski, Günter: *Zur Geschichte des Mansfelder Kupferschiefer-Bergbaus*. Clausthal-Zellerfeld: GDMB, 1995.
- [L114] Jordan: *Die Wassersäulen-Maschinen im Silberseeger Richtschacht bei Clausthal*. In: Karstens Archiv für Mineralogie, Geognosie, Bergbau und Hüttenkunde, 10. Band. Seite 235. (UB: I E 37) Vgl. Albert.
- [L115] Karsten: *Archiv für Mineralogie, Geognosie, Bergbau und Hüttenkunde*, Zehnter Band. Berlin: 1837. (Harzbibl.)
- [L116] Kerl, Bruno: *Der Oberharz – Ein Wegweiser beim Besuche der Oberharzer Gruben, Pochwerke, Silberhütten und sonstigen damit in Verbindung stehenden Anstalten, so wie auch ein Leitfaden auf geognostischen Excursionen*. Clausthal: 1852. UB: X 1138)
- [L117] Kern, Johann Gottlieb: *Bericht vom Bergbau*. Hg. F. W. von Oppeln, Bergakademie Freiberg. Leipzig: Siegfried Leberecht Crusius, 1772. (Harzbibl.)
- [L118] Kielgast, Klaus: *Der Bau des Huttaler Wasserlaufs im Rahmen der Huttaler Wasserwirtschaft*. In: Beiträge zur Geschichte der berg- und hüttenmännischen Wasserwirtschaft des Harzes, Band 1. Hg. Arbeitsgemeinschaft Harzer Montangeschichte im Harzverein für Geschichte und Altertumskunde e. V. Clausthal-Zellerfeld: 1996.
- [L119] Klappauf, Lothar: *Bergbau, Verhüttung und Waldnutzung im Mittelalter, Auswirkungen auf Mensch und Umwelt*. Hg. Albrecht Jockenhövel. Jahresschrift für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte (1996).
- [L120] Kletke, G. M.: *Maß und Gewichts-Ordnung für den Norddeutschen Bund, 1879*. Deutsche Maß-, Gewichts- und Aichordnung. Berlin: 1871. (OBA: XIC5 50) Vgl. [L9]
- [L121] König, [Z50], Markscheider: *Wasserwirtschaftsriß vom Communionbergwerk am Rammelsberg*. Maßstab 1:600. 1895. (OBA Rißarchiv 2911)
- [L122] Kohl, J. G.: *Deutsche Volksbilder und Natursichten aus dem Harze*. Hannover: 1866. (OBA: XIVD4 36)
- [L123] Knappe, Hartmut, Horst Scheffler: *Im Harz Über-tage Untertage*. Haltern: Bode-Verlag, 1990.
- [L124] Kroker, Werner: *Aspekte der Entwicklung des Markscheidewesens am Oberharz*. In: Technikgeschichte Band 39 Nr. 4. 1972. Seiten 280–301.
- [L125] Kulke, Holger: *Historisches Harzer Bauen, vom Lehmweller zur Schlackensteinwand*. OGMV, 1999.
- [L126] Kutscher: *Die neue Aufbereitungsanstalt bei Clausthal*. Mit Tafeln VI–XV und 4 Texttafeln. Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen (1873). Seiten B 85–102. (UB: 1E12)
- [L127] Kugler, J., und H. Lauch: *Bergbau in Sachsen, Freiberg*. Kalender 1999. Blatt Juni.
- [L128] Langer, Oskar, und Koppen: Nach den Katasterkarten vervollständigt und Parzellennummern eingetragen Zellerfeld im November 1911, Koppen, Clausthal 1:1000. Nach den Katasterkarten gefertigt O. Langer, 1889, nachgetragen und ergänzt 1911 von demselben.
- [L129] Ledebur, A.: *Handbuch der Eisenhüttenkunde – Für den Gebrauch in der Praxis wie zur Benutzung beim Unterrichte geeignet*. Leipzig: 1884. (UB: X1424)
- [L130] Lengemann, A.: *Der historische Oberharzer Bergbau, wortgetreue Wiedergabe eines Vortrages*. In: Der historische Oberharzer Bergbau und seine Wasserwirtschaft – ein Überblick. OGMV, 1990. Seiten 13–26.
- [L131] Lengemann, A., und Meinicke: *Der Schacht Kaiser Wilhelm II*. Zeitschrift für das Berg-, Hütten und Salinenwesen (1895). Seiten 227–244 mit Tafeln XV–XXII.
- [L132] Leupold, Jacob: *Theatrum Machinarium Generale, Schauplatz des Grundes Mechanischer Wissenschaften, Künste und Maschinen, womit die Wasser aus der Tiefe zu erheben oder in die Höhe zu treiben*. Leipzig: 1724–26. (UB: VI A 1)
- [L133] Leuschner: *Der Ottiliae-Schacht auf der Bremerhöhe zu Clausthal*. In: Mittheilungen des naturwissenschaftlichen Vereins MAJA zu Clausthal. Band 1. Clausthal: 1879. Seiten 12–19 mit 2 Tafeln. (UB: IB22)
- [L134] Ließmann, Wilfried: *Historischer Bergbau im Harz – Ein Kurzführer*. Berlin: 1997. (F. B.)
- [L135] Lommatzsch, Herbert: Die bergstädtische Gesellschaftsstruktur in Clausthal zwischen 1750 und 1800. In: Harz-Zeitschrift (1972). (UB: 75 A 1145)
- [L136] Lommatzsch, Herbert: *Der Harz – Land der Erze und Metalle*. In: Der Harz und sein Vorland (1967) Heft 1. (UB: Ra 23)
- [L137] Löhneyß, G. E.: *Bericht vom Bergwerck*. Zellerfeld: 1617. (Harzbibl., UB: IVA 23)
- [L138] *Meyers Lexikon*. 7. Auflage. Leipzig: Bibliographisches Institut, 1924.
- [L139] Meine: *Grundriß von denen jetzigen und alten abgegangenen Graben Touren von der Herzog Georg Wilhelmer Kehrtradtstube bis an St. Lorenzer Schacht. Die Anlegung eines neuen Pochwerks unterhalb der Eleonorer Kunstradtstube betreffend*. Clausthal, 22. Juli 1806.
- [L140] Mende, Michael: *Aus der Blüte ein Sturz in die relative Bedeutungslosigkeit: Die Eisenhütten des Harzes und Weserberglandes im 19. Jd*. In: Bergbau und Hüttenwesen im und am Harz. Hg. Karl Heinrich Kaufhold. Hannover: 1992. Seiten 56–96. (IFAP AD 32)

- [L141] Mende, Michael: *Bergmaschinenbau am Ausgang seines »Holzzeitalters«*. Der Anschnitt (1987), Heft 2–3. Seiten 119–123.
- [L142] Mende, Michael: Historische Maschinenmodelle aus der Bergschule Clausthal. Der Anschnitt (1987), Heft 2–3. Seiten 129f.
- [L143] Meyer, Georg: *In der Freiheit der Berge – Goethes Reisen auf den Harz*. Goslar: Thuhoff, 1987. (Harzbibl.)
- [L144] Morich: *Die Gruben und Schächte rings um Clausthal-Zellerfeld*. Harz-Berg-Kalender 1933. Seite 38.
- [L145] Mühlenpford, Eduard, (*1801): *Harz-Panorama – Ein Cyklus der schönsten und interessantesten Harzansichten in Stahlstich nach Originalzeichnungen von W. Saxesen*. Mit Erläuterungen von Eduard Mühlenpford (ca. 1846, laut Katalog OBA). Clausthal: Schweigerschen Buchhandlung (gegr. 1829, abgegeben 1854 an Grossesche Buchhandlung/Piepersche Druckerei). (OBA: XIVD4 146)
- [L146] Mühlenpford: *Verzeichnis der auf herrschaftliche Kosten zu unterhaltenden Gebäude und Bauwerke in der Forstl. Inspektion Clausthal, aufgenommen im Jahre 1830*. (Harzbibl.: Drm/Ver)
- [L147] Müller, Wilhelm: *Die Wasserräder, Berechnung, Konstruktion und Wirkungsgrad*. Leipzig: Verlag Moritz Schäfer, 1929.
- [L148] Natermann, E.: *Auszug aus seiner Dissertation vom 3. Mai 1922 – Die wasserwirtschaftlichen Anlagen des Oberharzer Bergbaus und ihre wasserwirtschaftlichen Grundlagen*. Die Wasserkraft, Jg. 17, Heft 19. Seite 372.
- [L149] Neubert, Karl, und Walter Stein: *Plan- und Rißkunde*. Band 1. Bergakademie Freiberg, Fernstudium 1958. (Harzbibl.: Wdk/Neub)
- [L150] Nietzel, Hans Hugo: *Der Otiliae-Schacht in Clausthal, Übertageanlagen und Fördergerüst, ein Baudenkmal besonderer nationaler kultureller Bedeutung*. Clausthal: 1988. (UB)
- [L151] Nietzel, Hans Hugo: *Treibwerks- und Kunstanlage im Ernst-Auguster Richtschacht in Wildemann*. Allgemeiner Harz-Berg-Kalender 1993. Seiten 41–47.
- [L152] Nietzel, Hans Hugo: *Historisches Kunst- und Kehrrad – Historischer Hubsatz Rekonstruktionen*. Clausthal: 1993.
- [L153] Nietzel, Hans Hugo: *Kehr- und Kunstrad, Bemalung und Baubeschreibung*. Allgemeiner Harz-Berg-Kalender 1994. Seiten 44–49.
- [L154] Nietzel, Hans Hugo: *Nachtrag zu Treibwerks- und Kunstanlage im Ernst-Auguster Richtschacht in Wildemann*. Allgemeiner Harz-Berg-Kalender 1994. Seite 50.
- [L155] Nietzel, Hans Hugo: *Die Wasserleitungen und Gefälle des Burgstättler Reviers im 18. und 19. Jahrhundert*. Clausthal: 1994. (F. B.)
- [L156] Nietzel, Hans Hugo: *Johann Justo Bartelß und sein Treibwerk am vierten Lichtschacht des Laubhütter Stollens*. Mitteilungsblatt der TU Clausthal (1996) 81.
- [L157] Nietzel, Hans Hugo: *Historische Gewinde dargestellt am Beispiel einer Schraube und eines Zugankers, beides vom Kanekuhler Kehrrad, Baujahr 1882*. Clausthal-Zellerfeld: 1997. (F. B.)
- [L158] Pape, Till, und Uli Reiff: *Die Kehrradstube des oberen Rosenhöfer Schachtes und die Altensegener tiefe Rösche – Recherchen von August/September 1990*. Clausthal: 1990.
- [L159] Radday, Helmut: *Das Oberharzer Bergwerksmuseum in Clausthal-Zellerfeld, Führer durch das Museum mit einem Abriß zur Kultur- und Technikgeschichte des Oberharzes*. Clausthal: 1996.
- [L59] Rausch, S. G.: *Universal Charta von den Clausthalischen, Altenauer, Camschlacken Riefensbeecker und Polsterthaler Gruben, Wie auch denen dazu gehörigen, und dabeybelegenen Teichen Gräben Kunst Keer-, Puch-, Hütten- und Mühlen-Fällen*. Riß 180 cm × 150 cm, Maßstab 600 Lachter = 155 mm [ca. 1:7432]. (OBA Rißarchiv 129)
- [L161] Rausch, S. G.: *Grund und Profilrisse von einer behuf des Anna Eleonorer Tage Schachtes neu an zu legenden Kunst*. Clausthal (1. Sept. 1746). (OBA Rißarchiv 757/2)
- [L162] Rausch, S. G.: *Grund und Profil-Risse von zweyen vor dem Hertzog-Georg Wilhelm entworfenen Vorschläge zu einer neuen Wasser-Kunst*. Clausthal (1764). (OBA Rißarchiv 757/2)
- [L163] Rausch, C. A.: *Grund-Riß von denen Wasserleitungen des Burgstedter Zugs, und denen aus denselben angelegten Kunst und Keer Rads Wasserfällen*. Maßstab 110 Ruten = 120 mm. Text und Zeichnungen [Z67] (1771). (Original Preussag Archiv Hannover, Kopie OBA Rißarchiv 802)
- [L164] Rebber, Wilhelm: *Konstruktion und Berechnung der Wasserräder*. Mittweida: 1891. (UB:VIC2 19)
- [L165] Redtenbacher: *Theorie und Bau der Wasserräder*. Mit Atlas. Mannheim: 1858. (UB:VIC2 10)
- [L166] Reynolds, Terry S.: *Stronger than a hundred men – A History of the Vertical Water Wheel*. London: 1983. (B Wolfenbüttel 34.2809 NT)
- [L167] Riechers, Albert, Herbert Lommatzsch und Werner Hildebrandt: *Erfindungen im Harzer Bergbau*. Schriftenreihe Der Harz und Südniedersachsen, Heft 3. Clausthal: Piepersche Druckerei.
- [L168] Rohbock, Ludwig: *Der Harz, Sammlung von 43 Ansichten, nach der Natur aufgenommen, in Stahlstichen*. Darmstadt: Verlag von Gustav Georg Lange, 1857. (OBA: XIVD4 26)
- [L169] von Rohr, Julii Bernhards: *Geographische und Historische Merckwürdigkeiten des Ober-Hartzes*. Frankfurt und Leipzig: Michael Blochberger, 1739. (Achenbach XIV D4.43)
- [L170] Roll: *Handbuch der Gießerei-Technik*. Band 1. Berlin: 1959. (UB)
- [L171] Roseneck, Reinhard: *Der Rammelsberg – Ein Dokument der Bergbaugeschichte*. Arbeitshefte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 9 (1992).
- [L172] Rößlern, Balthasar: *Speculum Metallurgiæ Politis-*

- simum – Hell polierter Berg-Bau-Spiegel*. Dresden: 1700. (Harzbibl.)
- [L173] Rubach: *Bau- und Betriebserfahrungen mit Hydrokompressoren im Harz*. Glückauf, Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift 16 (1921). Seiten 361–367.
- [L174] Saxesen: *Erste Grundlage für den Unterricht im freien Handzeichnen zum Gebrauch in den verschiedenen Unterrichts-Anstalten, an welchen freies Handzeichnen gelehrt wird*. Erstes Heft. Clausthal: Schweiger'sche Buchhandlung (siehe L145), 1839. (Harzbibl.: Rdm1/Sax)
- [L175] Schell, Friedrich: *Der Bergbau am nordwestlichen Oberharz*. Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen Band 30 (1882).
- [L176] Schell, Friedrich: *Die Grube »Hülfe Gottes« in Grund*. Mittheilungen des naturwissenschaftlichen Vereins MAJA zu Clausthal. Band 2. Clausthal (1880). Seiten 96–118 mit 2 Tafeln. (UB: IB22)
- [L177] Schell, Friedrich: *Die Verhältnisse des Bergarbeiters am hannoverschen Oberharz – Ein Beitrag zur Arbeitsfrage*. Leipzig: 1850. (Harzbibl.: Dhm/Sche)
- [L178] Schell, Friedrich: *Die Unglücksfälle in den oberharzischen Bergwerken – Historische Darstellungen*. Clausthal: 1864. (UB: 88 A 944)
- [L179] Schennen (Bergrat): *Die Neuanlagen der Königlichen Berginspektion zu Clausthal*. Glückauf, Berg- und Hüttenmännische Zeitschrift 43 (1907). Seiten 657–674.
- [L180] Schmidt, Martin: *Die Wasserwirtschaft des Oberharzer Bergbaues*. Schriftreihe der Frontinus-Gesellschaft e. V., Heft 13. Bergisch Gladbach: 1989.
- [L181] Schmidt, Martin: *Wasserkraftwerke für den Westharzer Bergbau im 13. bis 19. Jahrhundert*. Kasseler Wasserbau-Mitteilungen 7/1996. Kassel: Herkules Verlag, 1996.
- [L182] Schmidt, Martin: *WasserWanderWege – Ein Führer durch das Freilichtmuseum Kulturdenkmal Oberharzer Wasserregal*. Clausthal-Zellerfeld: Piepersche Druckerei, 1997.
- [L183] Schneider, Ivo: *Kultur&Technik*. Zeitschrift des Deutschen Museums, Heft 2 (1996). Verlag C. H. Beck. Seiten 10–18.
- [L184] Schober und I. Reutscher: *Optische Täuschungen in Wissenschaft und Kunst*. Frankfurt: Zweitausendeins-Verlag, 1972.
- [L185] Schürmann, Eberhard: *Die Reduktion des Eisens im Rennfeuer*. Stahl und Eisen, Heft 19 (1958). Seiten 1297–1307.
- [L186] Schulz (Bergrath und Ober-Bergmeister). In: *Archiv für Bergbauwesen und Hüttenkunde*. Fünfter Band. Berlin: C. J. B. Karsten, 1837. Seiten 95–157. (Harzbibl., UB: I E 29)
- [L187] Schweingruber, Fritz Hans: *Tree rings: basics and applications of dendrochronology*. (UB: Geol E7)
- [L188] Slotta, Rainer: *Der Neubau der Königshütte in Bad Lauterberg*. Der Anschnitt, Heft 2 (1976). Seiten 64–80.
- [L189] Slotta, Rainer: *Technische Denkmäler in der Bundesrepublik Deutschland*. Band 2: *Elektrizität-, Gas- und Wasser-versorgung, -entsorgung*. Bochum: 1977.
- [L190] Slotta, Rainer: *Technische Denkmäler in der Bundesrepublik Deutschland*. Band 4: *Der Metall-erzbergbau*. Bochum: 1983.
- [L191] Slotta, Rainer, und Christoph Bartels: *Meisterwerke Bergbaulicher Kunst vom 13. bis 19. Jahrhundert*. Katalog zur Ausstellung des Deutschen Bergbau-Museums. Bochum: 1990. (UB)
- [L192] Sperling, Herbert, und Dieter Stoppel: *Monographien der deutschen Blei-Zink-Erzlagerstätten 3*. Lieferung 4: *Die Blei-Zink-Erzgänge des Oberharzes*. Geologisches Jahrbuch, Reihe D, Heft 46, Gangkarte des Oberharzes mit Erläuterungen. Hannover: 1981.
- [L193] Spier, Heinfried: *Historischer Rammelsberg*. Wieda: 1988. (UB)
- [L194] ST: *Der zur Verfertigung schöner Risse getreulich anweisende Ingenieur, welcher nicht allein die in denen Feldmeß-, Civil- und Militar-Bau-Kunst [...] deutlichen Unterricht giebet*. Nürnberg: 1750. (Harzbibl.: WBO/ZUR (H12))
- [L195] Steltzner, Georg Andreas: *Beschreibung der sämtlichen Teiche-, Gräben und Wasserläufe*. Handschrift. (OBA Fach 1160/1)
- [L196] Steltzner, Georg Andreas: *Aufzeichnungen zur Oberharzer Wasserwirtschaft mit technischen Einzelheiten, Erfassungszeitraum bis etwa 1794*. Transliteration Elisabeth Nietzel und Jürgen Krieghoff. Clausthal-Zellerfeld (1997/1998). (OBA Fach 1871, Akte 2)
- [L197] von Stromer, Wolfgang: *Wassersnot und Wasserkünste im Bergbau des Mittelalters und der frühen Neuzeit, Montanwirtschaft Mitteleuropas 12.–17. Jahrhundert*. Sonderdruck Der Anschnitt, (1984).
- [L198] Stünkel, Johann Georg: *Beschreibung der Eisenbergwerke und Eisenhütten am Harz, zum Gebrauch für reisende und zur Durchsicht für nicht-reisende Freunde des Berg- und Hüttenwesens*. Göttingen, 1803. (UB: X1145)
- [L199] Suhling, Lothar: *Aufschließen, Gewinnen und Fördern, Geschichte des Bergbaus*. Hamburg: Deutsches Museum, 1983. UB: 83 A 612)
- [L200] von Trebra, Friedrich Wilhelm Heinrich: *Erfahrungen vom Innern der Gebirge, Beobachtungen gesammelt und herausgegeben*. 1785. (Harzbibl.: Dhm/Tre)
- [L201] Verhoeven: *Damascus Steel*. Teil 1: *Indian Wootz Steel*. Teil 2: *Origin of the Damask Pattern*. Metallography 20 (1987). Seiten 145–180.
- [L202] de Villefosse, Heron. Deutsch von Prof. Gilbert: *Nivellement des Harzgebirges mit dem Barometer*. Halle: 1808. (Harzbibl.: B438)
- [L203] de Villefosse, Heron: *De la richesse minérale*. Paris: Division technique, 1819. Plan 33, Plan 34, Plan 12. Deutsch von Carl Hartmann: *Über den*

- Mineralreichtum*. Band 3. Sondershausen: 1822/23. (Harzbibl.)
- [L204] Voigt, Gottlieb, und Johann Friedrich Sprengel: *Beschreibung der harzischen Bergwerke*. Berlin: 1753. (UB: IV B1 b7)
- [L205] Wagenbreth, Otfried: *Bergbauliche Denkmale im Lichte der Bergbautechnik Agricolas*. In: Freiburger Forschungshefte, D18, Kultur und Technik. Berlin: Akademie-Verlag, 1957. Seiten 101–108.
- [L206] Wagenbreth, Otfried: *Vom Betrieb des Kehrrades der roten Grube in Freiberg. Mit einem Bericht des letzten Kehrrad-Fördermaschinenisten Georg Moschner, Zug bei Freiburg*. Aus dem handschriftlichen Bericht von Obersteiger Moschner, der als wohl letzter Kehrrad-Maschinist den Bau und die Betriebsweise des bis 1944 betriebenen Kehrrades in der Roten Grube bei Freiberg geschildert hat. Sächsische Heimatblätter, Heft 2 (1983). Seite 52.
- [L207] Wagenbreth, Otfried, und Eberhard Wächtler: *Der Freiburger Bergbau*. In: Technische Denkmale und Geschichte. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1988. (UB)
- [L208] Wagenbreth, Otfried, und Eberhard Wächtler: *Der Freiburger Bergbau*. In: Technische Denkmale und Geschichte. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1989. (UB)
- [L209] Weber, Wolfhard: *Innovation im frühindustriellen deutschen Bergbau und Hüttenwesen*. Friedrich Anton von Heynitz: *Studien zu Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft im Neunzehnten Jahrhundert*. Band 6. Hg. Wilhelm Treue. Göttingen: 1976.
- [L210] Weiland: *Archäometrische Untersuchungen am Institut für Metallkunde der TUC*. Studienarbeit (Dezember 1987).
- [L211] Weisbach, Julius: *Die Mechanik der Zwischen- und Arbeitsmaschinen. Ohne Anwendung des höhern Calculs für den Unterricht an technischen Lehranstalten sowie zum Gebrauche für Techniker bearbeitet von Dr. Julius Weisbach, Bergakademie Freiberg*. Zweite Abteilung. Die Arbeitsmaschinen. Braunschweig: 1851–60. (UB: VIB19)
- [L212] Weise, Eberhard: *Die Wasserkraftwirtschaft des Oberharzes unter besonderer Berücksichtigung der Elektrizitätsversorgung*. Dissertation Clausthal (1934), Leipzig (1937). (UB: Db2755a)
- [L213] Wolf, Rainer: *Schadensanalyse des historischen Feuergzäher Gewölbes im Rammelsberg*. Diplomarbeit TU Clausthal (31. Juli 1995).
- [L214] Ziegler, Heinz: *Nochmals die altbraunschweigischen Maße und Gewichte*. Braunschweigische Heimat – Zeitschrift für Natur- und Heimatpflege, Heft 3 (1969). Seite 95.
- [L215] Ziegler, Heinz: *Alte Maße und Gewichte im Lande*. Braunschweigisches Jahrbuch 50 (1969). Seiten 128–163. Abgedruckt in: Studien zum Umgang mit Zahl, Maß und Gewicht in Nordeuropa seit dem Hohen Mittelalter. Heinz Ziegler zum 65. Geburtstag – Sachüberlieferungen und Geschichte, Siegerner Abhandlungen zur Entwicklung der materiellen Kultur, Band 23. Hg. Harald Witthöft, Ulf Dirlmeier, Rainer S. Elkar und Jürgen Reulecke. Sankt Katharinen: Scripta Mercaturæ Verlag, 1997.
- [L216] Zimmermann, Carl Friedrich: *Ober-Sächsische Berg-Akademie in welcher die Bergwerks-Wissenschaften nach ihren Grund-Wahrheiten untersucht, und nach ihrem Zusammenhange entworfen werden*. Dresden: 1746. (Titelblatt im Calvör-Katalog [L65], Seite 109)
- [L217] Zimmermann, Christian: *Das Harzgebirge in besonderer Beziehung auf Natur- und Gewerbskunde geschildert*. Darmstadt: 1834. (UB: XIVD4 5)

Anhang

L

Zeichnungsverzeichnis

- [Z1] Gemälde. Clausthal mit Thurm Rosenhof, vor 1844. (Frau Kühle, Clausthal Zellerfeld) Vgl. mit [L143–Abb. Seite 19], aber dort fehlt das kleine Häuschen bei (OV).
- [Z2] Zeichnung. Statik der Momente des Wassers in jeder einzelnen Zelle eines Kunstrades, (Universitätsbibliothek Freiberg, Sig. II–I–93)
- [Z3] Zeichnung der Samsoner Fahrkunst nebst Wasserrad und Feldgestänge. (Harzbibl.)
- [Z4] Zeichnung eines gußeisernen Kurbelzapfens, verbunden mit einem Hülsenzapfen. (Harzbibl.)
- [Z5] Rißlicher Entwurf behufs Herstellung eines neuen Gaipels nebst Kehrroststube und Treibwerk für den neuen Schacht der Grube Anna Eleonora. Schrönn im Septbr. 1865. (OBA Fach 1708/22)
- [Z6] Zeichnung. Kummelsglück, Bad Lauterberg, Kunstrad, zwei Ansichten. (OBA, Rißarchiv 365)
- [Z7] Zeichnung. Kummelsglück, Bad Lauterberg, Kunstrad, Gestänge Schnitt. (OBA, Rißarchiv 366)
- [Z8] Zeichnung eines eisernen Kunstrades nebst Hubwerk und Förder Maschine. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2547)
- [Z9] Zeichnung des Kunstrades auf Kröner Fundgrube bei Freiberg. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2429)
- [Z10] Der Schacht Kaiser Wilhelm II bei Clausthal. (Original im OBA Rißarchiv Clausthal, Erdgeschoß rechts – Kopie eines farbigen Seigerrisses der Schachanlage mit Darstellung der Bergleute auf der Fahrkunst im Schacht Herzog Georg Wilhelm, Jahregabe des OGMV 1989)
- [Z11] Konstruktion der Spannschütze, Kunstzeug im Richtschacht von Beschert Glück. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2546)
- [Z12] Darstellung eines Kunstzeuges mit Wassergöpels, Neuer Morgenstern Erbstollen Fundgrube. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2438)
- [Z13] Fahrkunst auf der Grube Furth (eiserne Kunstkreuze, Rad mit eisernem Stern). (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2531)
- [Z14] Zeichnung von dem Wassergöpel auf Neue Hoffnung Gottes zu Braunsdorf Grundriß, Anliegende Radestube des mittelschlägigen Kunstrades, Tafel 1. 1820. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2553)
- [Z15] Zeichnung von dem Wassergöpel auf Neue Hoffnung Gottes zu Braunsdorf, Grundriß, Durchschnitt nach der Linie [...] Tafel 1, 1820. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2556)
- [Z16] A. Kipp, 1907, nachgetragen durch Beyersdorf, 1919: Lageplan vom Rosenhöfer Revier 1:1000, Schacht Silbersegen bis Rosenhof Bl. I.
- [Z17] Durchschnitts-Zeichnung des Richtschacht Wassergöpels auf Himmelsfürst, Fdgr. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2465)
- [Z18] Zeichnung vom Wassergaipel auf Junge Hohe Birke. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2543)
- [Z19] Zeichnung verschiedener Theile des Jungen Hohe Birkner Wassergöpel. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2452)
- [Z20] Zeichnung des Wassergöpels aufm Richtschacht zur Beschert-Glück Fundgrube hintern 3 Kreuzen., aufgenommen und gezeichnet im Monat März 1803. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2455)
- [Z21] Seilkorb zum Wachendorfer Treibwerk. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2844)
- [Z22] Zeichnung eines überschlägigen Radgöpels nebst zugehörigen Schützen und Bremszeuge. (Sächsisches Bergarchiv Freiberg)
- [Z23] Projekt zur Anlage einer Treibmaschine und interimistischen Wasserkunst für den Silbersegener Richtschacht auf dem Rosenhöfer Zuge. Mai 1819. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2540)
- [Z24] Zeichnung eines Treibwerkes des Serenissimum-Tiefsten-Schachtes im Communion Bergwerke Rammelsberg bei Goslar.
- [Z25] Zeichnung einiger Theile des Tagekunstzeuges auf Neue Hoffnung Gottes, Erbgd zu Braunsdorf. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 02555)
- [Z26] Gehört zur Vorstellung des Kunstzeuges und Wassergöpels auf Kröner Fundgrube. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2464)
- [Z27] Der Idealriß, Gangerzbergbau – Der Mensch und die Erde, aus [L47] Beyersdorf.
- [Z28] G. Beyersdorf: Wasserwirtschaft-Karte vom Zellerfelder Grubenrevier 1:1000, angefertigt nach eigener Aufnahme und unter Mitbenutzung alter Risse Clausthal 1889/90. (OBA Rißarchiv)
- [Z29] G. Beyersdorf, Clausthal 1912: Lageplan und Profil der Wasserwirtschaft im Rosenhöfer Revier 1:2000, Profil 1:2000 mit Höhe 1:500.
- [Z30] Georg Beyersdorf, 1911: Lageplan vom unteren Burgstädter Revier, 1:500. Clausthal 1911. (OBA Rißarchiv)
- [Z31] Lageplan von den Tagesanlagen zwischen den Schächten Ottiliae u. Alter Segen im Rosenhöfer Revier 1:1000. (Rißarchiv OBA)
- [Z32] Ch. Fr. Brendel (Maschinendirektor): Zeichnung von der über dem Richtschachter Kunstrade bei der Grube Beschert Glück angewendeten Spannschütze. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2546)
- [Z33] Ch. Fr. Brendel (Maschinendirektor): Zeichnung eines überschlägigen Wasserrades mit Spannschütz. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2546)
- [Z34] E. Brüning: Profilriß der Oberharzer Gruben und Stollen um 1900, Der Histor. Oberharzer Bergbau und seine Wasserwirtschaft. (OGMV 1990)

- [Z35] Valentin Decker: Die Schächte St. Johannes, Alter und Neuer Rosenhof und ihre Wasserkraftanlagen, 1683. In: R. Slotta und C. Bartels [L191–Katalog Nr. 55].
- [Z36] Valentin Decker: Seigere Darstellung der serenissimi proper Gruben des Rosenhofs, 1689. In: Bartels [L33–Seiten 68f.].
- [Z37] A. Deppe: Construction eines oberflächigen Wasserrades. 1877. (Harzbibl.)
- [Z38] Otto Dörell, siehe [L75].
- [Z39] Johann Heinrich Eggers: Grundt Riß der Königlichen Groß Britannischen auch Chur und Hoch Fürstlichen Braunschweigischen Lüneburgischen Freijen Communion Bergstadt Zellerfeldt sambt denen dahin geleiteten Rohr Waßern, Anno 1719. (Harzbibl.)
- [Z40] Daniel Flach: Gründliche Abbildung des Uhralten Fürstl. Braunsch. Lüneburg. Löbl. Communion: Zellerfeldisch. Bergwercks [...] im Quartal Trinitis Ao 1661.
- [Z41] H. Flachsbar (Markscheider): Lageplan von den Tagesanlagen im Zellerfelder Revier 1:1000. Clausthal Mai 1909. (OBA Rißarchiv)
- [Z42] H. Flachsbar (Markscheider), nachgetragen und vervollständigt 1911, 1915, 1918 durch Beyersdorf: Lageplan zur Anlage einer electr. Grubenbahn, 1:1000. Clausthal 1898. (OBA Rißarchiv)
- [Z43] H. Flachsbar (Markscheider): Lageplan von den Aufschlag- und Abfallröschchen sowie von den Kunst- und Kehrradstuben der Schächte Rosenhof und Alter Segen nebst Tagesanlagen, 1:500. Clausthal November 1897. (OBA Rißarchiv)
- [Z44] H. Flachsbar (Markscheider): Lageplan, Anlage einer proj. Grubenbahn vom Schachte Kaiser Wilhelm II. bis Schacht Ottiliae, 1:1000. Clausthal 1895. (OBA Rißarchiv)
- [Z45] H. Flachsbar (Markscheider): Lageplan von den Tagesanlagen im III. Burgstädter Revier bei Clausthal, 1:1000. Clausthal 1894. (OBA Rißarchiv)
- [Z46] L. von Heyne: Zeichnung des Kehrrades bei Segen Gottes und Herzog August Fdgr. [...] Achselhölzer beim neuen Rad [...], beim alten Rad [...]. 28. May 1846. (Genehmigung zur Veröffentlichung 41/95, Sächsisches Bergarchiv Freiberg, Generalriß L 27)
- [Z47] Heyne: Zeichnung des Brems- und Schützenwerkes bei Segen Gottes und Herzog August Fdgr. 1846. (Sächsisches Bergarchiv Freiberg, Generalriß L 47)
- [Z48] Adam Illing: Eigentliche Vorstell: und Abbildung K.B.L. u. Alt: löblich und Gott sey Dank reichlich gesegneten Clausthalischen Berwercks Fürstenthums Grubenhagen [...], beschrieben im Quartal Crucis 1661. (OBA Rißarchiv)
- [Z49] Kilug: Kehrrad nebst Brems und Schützen Vorrichtung auf Mathias Fundgrube. (Sächsisches Bergarchiv Freiberg, Generalriß O.9)
- [Z50] König, siehe [L121].
- [Z51] H. Kutscher: Maschine für die Fahrkunst im Schachte Königin Marie bei Clausthal (Dampfmaschine). Clausthal im März 1876?. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2072)
- [Z52] Zacharias Koch und Daniel Lindemeyer: Der Bergbau bei Wildemann, Zellerfeld und Clausthal im Jahre 1606. Kupferstich. (OBA)
- [Z53] N. N. (vermutlich A. Polle): Berühmte Oberharzer Gruben. In: H. Kolb und W. Schütze: *Die Grube Dorothea bei Clausthal in einer zeitgenössischen Darstellung*. (Original Harzbibl., Jahresgabe des OGMV 1987)
- [Z54] Herrm. Kühn: Gemeinschaftliche Radstube Herzog Georg Wilhelmer Fahr und Wasserkunst. 17. 2. 1861. (Harzbibl.)
- [Z55] Oskar Langer: Die freien Bergstädte Clausthal und Zellerfeld in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts, Maßstab 1:2000, Geländehöhen doppelt. Nach den bei dem Oberbergamte und der Berginspektion in Clausthal vorhandenen Bildern, Rissen und Plänen angefertigt von Bergvermessungsinspektor Oskar Langer 1928. Geschenk des Herrn Generaldirektors Bergrat Dr.-Ing. E. h. Heinrich Zirkler in Aschersleben (geb. in Clausthal am 2. 10. 1864) für das Oberharzer Museum. (Oberharzer Bergwerksmuseum Clausthal-Zellerfeld)
- [Z56] W. Lehmann: Zeichnung, Kunstrad Samson. 1837. (UB: XVII C 46)
- [Z57] Matthäus Merian: Stich von Clausthal, Holzkirche mit einfachem Turm. 1650. Handschriftlicher Zusatz im Wappen 1654. (OBA: XVII A 37)
- [Z58] C. G. Matthes: Zeichnung der gusseisernen Seilkorbwellen mit hölzernen Seilkörben und Kehrradwelle auf dem Richtschacht bei Beschertglück Fdgr. aufgenommen und gezeichnet im Jahre 1846–47. (Sächsisches Bergarchiv Freiberg, Generalriß L 1)
- [Z59] Caspar Merian: Stich von Clausthal. 1654. Marktkirche mit zwei Türmen. (Original bei Frau Ursula Dehring aus dem Nachlaß von W. Bornhardt)
- [Z60] Osterwald: Profil von der auf der Grube Jungfrau zu Zellerfeld auf dem Oberharz im Jahre 1811 erbauten Treibmaschine aufgenommen i. J. 1812 und gezeichnet im Novbr. 1817. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2539)
- [Z61] A. Polle: Zeichnung des Treibwerkes im Ernst-August Schacht. Dezember 1848, Februar 1849. (UB: XVII C 58, Kopie bei HWW)
- [Z62] A. Polle: Zeichnung, Kunstrad Dorothea. Um 1850. (UB: XVII C 46)
- [Z63] H. Polle: Grubenriß, Rosenhof, 1:3200. 1896 (OBA und Archiv der TU 6/77)
- [Z64] Joh. Andr. Fr. Quensell: Situations Carte von denen im Clausthalischen Bergamts Revier befindlichen Teiche, Wasser-Leitungen und Wasser-Fällen. 1800. 180 cm × 130 cm, 600 Lachter = 147 mm, ca. 1:7836. (OBA Rißarchiv)
- [Z65] Fr. Reddewig: Zeichnung der Maschinen am Knesebeck-Schachte, Kunst- und Kehrrad am Knesebeck in Bad Grund, Kunstrad, von der Seite. 1859. (Harzbibl.)

- [Z66] H. A. Rausch: Grunt Ris von deren Turm Rosenhofer Teich und Gräben Katalog Meisterwerke [...] Nr. 61. 22. Aug. 1709. (Archiv Preussag Hannover)
- [Z67] C. A. Rausch. 1771. Siehe [L163].
- [Z68] Samuel Rausch: Vorstellung derer auf den Th. Roßenhöfer Zuge befindlichen Kunst- und Kehräder wie auch einiger in dem Thale befundenen Puchrädern. 22. Juni 1720. (Archiv Preussag Hannover, Kopie von C. Bartels)
- [Z69] Louis Reuter: Förderung und Wasserhaltung auf der Grube Kunst bei Herdorf. 1862. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2396)
- [Z70] W. Ripe: Das Innere des Gaipels auf der Grube Alter Segen bei Clausthal. Lithographie. (Oberharzer Bergwerksmuseum)
- [Z71] Sandkuhl: Zeichnung, rev. Version 1895. [L78] (Original Rißarchiv OBA, Knesebeck)
- [Z72] J. S. Sartorius: Orthographische Vorstellung der Wasserfälle auffem Thurm-Rosenhöfer Zug zu Clausthal. 1684. (Jahresgabe 1983 Oberharzer Geschichts- und Museumsverein e.V., OBA)
- [Z73] W. Saxesen: Stich der Grube Dorothea. (aus Zimmermann [L217])
- [Z74] W. Saxesen: Zellerfeld mit Grube Jungfrau. Stich. (Aus Mühlenpfordt [L145], OBA: XIV D4 146)
- [Z75] F. A. Schellenberger: Gusseiserner Seilkorb auf Beschert Glück Fdgr. hinter den drei Kreuzen. 29. August 1840. (Sächsisches Bergarchiv Freiberg, Generalriß L 14)
- [Z76] F. Schmidt: Förderung und Wasserhaltung auf Grube Bau auf Gott bei Eiserfeld. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2399)
- [Z77] C. Schmidt: Silbersegener Treibkorb, Seilkorb Silberseggen, ohne Antrieb. Juni 1863. (Harzbibl.)
- [Z78] C. H. Schottelius: Zeichnung der auf der Grube Thurm Rosenhof bei Clausthal im Jahr 1804 [beser 1808, F. B.] erbauten Fördermaschine, aufgenommen im Jahr 1814 und ausgearbeitet zu Berlin im Februar 1816. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 02529)
- [Z79] C. H. Schottelius: Zeichnung der auf der Grube Jungfrau im Zellerfelder Revier befindlichen Fördermaschine, erstes Blatt, welches die Kehrroststube betrifft, zweites und drittes Blatt zur Jungfrauer Fördermaschine. 1816. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung Foto 10379)
- [Z80] C. H. Schottelius: Zeichnung einer Kunstschwinge wie solche bei den meisten oberharzischen Künsten eingerichtet ist. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2536)
- [Z81] G. Steinert: Durchschnitt der zum Dorotheer Wassergöpel auf dem Himmelsfürst Fgr. zu Freiberg gehörigen ausgemauerten elliptischen Radsstube, nebst der oberen Ansicht des Rades und angehörigen Brems- und Schützwerks. 1790. (Deutsches Museum München, Archiv, Plansammlung TZ 2541)
- [Z82] H. de Villefosse: Zeichnung. Seilkorb mit Gestänge angetrieben. (Aus [L203])
- [Z83] A. Wurm, ergänzt und berichtigt 1988 durch H. Stöcker: Zeichnung von dem inwendigen Kanekuhler Treibwerke im Rammelsberg.
- [Z84] Weiß (Markscheider): Lageplan von den Betriebsanlagen im Rosenhöfer Revier, 1:1000. Clausthal 1916.
- [Z85] Weiß (Markscheider): Lageplan von den Tagesanlagen im III. Burgstädter Revier, 1:1000. Clausthal 1915. (OBA Rißarchiv)
- [Z86] F. Wegener: Übersichtsriß vom Rosenhöfer Grubenzug darstellend den Tiefen-Georg-Stollen und die Strecken vom Ernst-August-Stollen an bis zur Tiefsten Wasserstrecke, 1:1000. Clausthal 1898. (OBA Rißarchiv)

Anhang

M

Stichwortverzeichnis

A

Abbau 13, 14
Abdichtung 97
Abdichtungston 63
Abfallwasser 3, 39, 63, 71, 72, 77, 81, 107, 192, 218
Abflußwiderstand 224
ablagern 22
Ablaufrösche 28, 30, 63, 72, 73, 77, 78, 85, 86, 88, 102, 107, 114, 205, 210, 214
Abraum 14, 22, 107
Abrechnung 109
Abrieb 124
Abriß 39, 53
absaufen 184
abteufen 107
Abwicklung 28, 32, 33
Achselhölzer 134
Aggregat 191, 224
Agricola 9, 115, 116, 185, 186
Akkord 147
Albert 113, 157, 180, 239
Altenau 4, 13, 69, 138, 189
Altenauer Straße 4
Alter Kunst Schacht 93
Alter Segen 14, 22, 73, 205, 228
Alter Tränkegraben 69
anfahen 152, 161, 163, 166
anfasen 161
Anfasung 162, 184, 203, 207, 208, 209, 211, 213, 215, 216, 217, 218, 221
Anlauf 164
Anlenkung 133, 152
Anna Eleonora 27, 37, 38, 85, 114, 117, 146, 147, 180, 203, 221
Anpreßkraft 132, 133
Ansohn 143, 173, 192
Antrieb 21, 26, 37, 39, 56, 69, 71, 85, 88, 107, 109, 132, 160, 166, 173, 174, 177, 190
Antriebsenergie 17
Antriebsleistung 71, 232
Antriebswasser 17, 18, 21, 30, 36, 69, 71, 88, 223
anwachsen 28, 45
Arbeiter 156, 157, 159, 223
Arbeitslohn 36
Arbeitsmaschine 56, 116, 174
Arbeitsplatz 13, 156, 157
Armverbund 118, 121, 147, 148
Aufbereitung 34, 184, 191, 192
aufgenietet 139
Auflagekraft 233
Auflager 21, 30, 95, 179, 215
Aufschlagwasser 21, 22, 23, 37, 39, 47, 50, 53, 69, 71, 72, 85, 109, 151, 152, 167, 180, 185, 190, 195, 231
Aufwältigung 4, 31, 34, 93, 148, 224
Aufzug 160
Ausbesserung 114, 159
ausgemauert 23, 28, 30, 63, 93
Ausgrabung 3, 4, 9, 28, 30, 32, 135, 195, 196
Auskehlung 126, 186

Auskleidung 32, 214
auskuppeln 131, 147
Ausmauerung 28, 77, 85, 179, 180
Ausschachtungsarbeit 28
Außenanlage 39
Außenmauer 50, 63
Austausch 121, 189, 190
Auswaschung 162
auswechselbar 139

B

Bach 162
Bad Grund 4, 8, 13, 18, 27, 56, 180, 221
Bad Lauterberg 27, 109, 138
Bagger 3, 30
Balck 13, 14, 17, 21, 22, 23, 26, 28, 30, 32, 34, 37, 38, 39, 47, 48, 50, 53, 63, 73, 86, 88, 93, 97, 107, 109, 114, 116, 117, 119, 131, 133, 134, 135, 148, 150, 152, 156, 157, 158, 159, 160, 162, 165, 167, 174, 177, 179, 180, 185, 186, 190, 192, 203, 213, 215, 218, 225, 227
Balken 32, 34, 36, 63, 69, 85, 88, 97, 134, 149, 150, 203, 213
Balkenlage 56, 63, 124, 207
Banniza 14, 28, 107, 131, 166, 174, 176, 190, 192, 193, 203
Bartels 13, 21, 38, 39, 77, 81, 85, 88, 115, 116, 121, 158, 223, 227, 239
Bastelbogen 63
Bauhof 114
Baukastensystem 114
Baum 39, 47, 48, 50, 149
Baumgürtel 5, 53, 157, 192
Baumwurzel 77
Bauvorschrift 126
Bauzeit 14, 109, 180, 185
Beanspruchung 133, 147
Bearbeitungsmöglichkeit 171
Becker 93, 115
Bedeckung 37
Bedienerhebel 149
Bedienkraft 133
behauen 30, 32, 56, 72, 77, 179
Beißner 177
Belastbarkeit 123
Benzin 223
bepflanzt 47
Bergakademie 9, 28, 239
Bergbaufilm 131, 161
Bergesfahrt 107
Berghang 17, 22, 50, 73
Bergwerksanlage 5, 9, 11, 22, 53, 56, 109
Bergwerkmuseum 22, 171, 174, 235
Berieselung 124, 135
Berlin 3, 72, 192, 239
Beschädigung 184
Besonderheit 56, 85, 109, 127, 128
Besucher 3, 4, 53, 56, 63, 85, 88, 102, 107, 135, 195
Beton 28, 36, 37, 228
Betriebsunterbrechung 184
Betriebszeit 22, 23, 28, 102, 134, 185, 192

Betriebszustand 128
 Bewegungsenergie 232
 Bewuchs 63
 Beyersdorf 23, 37, 39, 42, 47, 193, 205
 Bildquelle 5
 blechbeschlagen 129
 Blei 13, 173
 Blindschacht 156
 blockierende Tonne 233
 Blockierung 165
 Blömeke 13
 Bock 36
 Bockswiese 27, 45, 77, 78, 88, 89, 117, 176, 221, 227
 Bogendach 11, 45, 88, 179
 Bohle 36, 97
 Bohrloch 56, 128, 158
 Bohrung 127
 Bönisch 116
 Bornhardt 93
 Böttcher 176
 Boyke 18, 37, 81
 Brand 23
 Brathuhn 113
 Braune Lilie 227
 Bremerhöher Graben 17, 225, 228
 Bremsbaum 56, 88, 109, 132, 133, 134, 135, 148, 149, 150
 Bremsbelag 132
 Bremse 36, 88, 97, 127, 131, 132, 135, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 156, 160, 186, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219
 Bremseinrichtung 109
 Bremshebel 149, 152, 156
 Bremsklotz 132, 135, 149
 Bremsrad 11, 30, 34, 53, 56, 57, 85, 97, 116, 132, 133, 134, 149, 186, 203, 204, 205, 206, 207, 209, 212, 215, 216, 221, 231, 233
 Bremsscheibe 119, 134
 Bremszeit 163
 Brendel 173, 239
 Brett 63, 69, 121, 127, 128, 162
 Brichzin 17, 116
 Brocken 17, 27, 69
 Brockmann 156, 157, 174
 Bronze 97, 139
 Bruch 121, 123
 Bruchschwinge 158
 Bruchstein 28, 179
 Brückenkopf 26
 Brüning 14, 113, 114, 189
 Bühne 88, 97, 219
 Bulge 115
 Buntenbock 17
 Burgstätter Gangzug 17, 81
 Burgstätter Revier 37, 116

C

Calenberg 213, 235
 Calvör 9, 81, 83, 116, 117, 121, 124, 127, 129, 133, 160,

162, 166, 168, 169, 171, 177, 184, 186, 236
 Cancrinus 9, 116, 121, 134
 Carler Teich 9, 39, 124, 165, 185
 Caroline 69, 81, 82, 85, 117, 131, 157
 Clausthal 3, 4, 6, 11, 13, 17, 21, 23, 25, 27, 28, 36, 37, 39, 69, 81, 86, 88, 113, 116, 117, 124, 135, 147, 157, 159, 162, 167, 174, 180, 184, 186, 189, 191, 195, 196, 221, 227, 235, 239

D

Damm 22, 39, 85, 114, 179, 227
 Dammgraben 69, 71, 224
 dampfbetrieben 81, 180, 190
 Dampffördermaschine 190, 191
 Dampfkessel 177, 190, 192
 Dampfkraft 4, 21, 113, 114, 174, 189, 190, 191, 193, 195
 Dannenberg 116
 Dauerleistung 166, 223
 Decker 86, 116
 Deformationsmessung 93
 Delius 9, 116, 117, 119, 133, 163, 164, 165
 Dennert 13, 17, 88, 116, 119, 239
 Detail 7, 37, 63, 85, 97, 109, 195
 Detailtreue 180
 Deutsches Bergbaumuseum 9, 173, 177
 Deutsches Museum 9, 47, 113, 174, 187
 Dicke 28, 34, 77, 128, 164, 167, 177
 Diele 36
 Digitalisierung 32
 Direktionsprinzip 189, 195
 Dirks 180, 193
 Doppelkrummszapfen 88, 97, 221, 232
 Doppelkurbelzapfen 100, 117, 119, 233
 doppelte Zuganker 129
 Dörell 47, 113, 145, 157, 174, 176, 239
 Dorothea 6, 9, 11, 26, 27, 69, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 116, 117, 123, 131, 133, 143, 146, 147, 148, 150, 151, 152, 155, 156, 177, 179, 180, 183, 185, 188, 189, 212, 213, 214, 221
 Dorothee 88, 117, 171
 Draht 129, 131, 232
 Drahteisen 131
 Drahtmodell 63, 64, 67, 74, 75, 79, 80, 94, 103
 Drahtseil 14, 86, 129, 174, 176, 180, 189, 239
 Drehmoment 119, 121, 123, 152, 161, 162, 165, 166, 169, 185
 Drehrichtung 127, 135, 150, 159, 185
 Drehzahl 146, 147, 152, 162, 165, 167, 174, 192, 231
 Drehzahlbegrenzung 165
 Drei Brüder 13
 Drei Könige 22, 23
 Druckluft-Kompressor 107
 Dumreicher 17, 37, 38, 39, 70, 77, 78, 81, 85, 115, 121, 148, 163, 184, 188, 192, 193, 195, 203, 210, 223, 231
 Düna 13
 Durchfluß 114, 173, 225
 Durchführbarkeit 184
 Düse 164

E

Ebeling 21
 Eggers 47
 Eichelberger Wasserlauf 56
 eichen 9
 Eichenholz 3, 77, 109, 117, 173
 Eichennägel 121
 Eichhorn 93, 115, 117, 124, 147, 150, 159, 184
 Eigendynamik 189
 Eigengewicht 149
 Eigentumsbereich 114
 Eigentumsverhältnis 114
 Einbau 4, 36, 63, 93, 97, 107, 119, 166, 179, 180, 184
 Einbeulung 63
 Einersberger Teich 39
 Einersberger Zentrale 191, 192, 228
 Einfallen 13
 Einhausung 39, 77
 Einlaufgeschwindigkeit 152, 164
 Einrasten 149, 156
 Einschnitt 47
 Einstellung 18, 47, 53, 132, 135, 173, 176, 189, 224
 Einstellung des Bergbaus 18, 176
 Einzugsgebiet 69
 Eisen 3, 14, 28, 53, 77, 93, 117, 119, 131, 134, 138, 139, 146, 156, 180, 232
 Eisenbahn 14, 21, 113, 191
 Eisenbahnschiene 107
 Eisenband 139
 Eisenblech 132, 146, 162, 186
 Eisenguß 139, 162, 180, 186
 Eisenhütte 138, 184
 Eisenklammer 77, 149, 210
 Eisenring 119
 Eisenrohr 56, 107
 Eisenträger 63
 eisenverarbeitende Region 115
 eisern 3, 36, 53, 71, 119, 123, 126, 129, 130, 131, 135, 143, 146, 150, 161, 163, 167, 176, 180, 185, 189, 207
 eiserne Fahrkunst 53, 113, 177
 eiserne Schaufeln 162, 163, 174, 185
 eiserne Schrauben 115, 121, 177
 eiserne Seilkörbe 53
 eiserne Welle 119, 207, 221
 eiserner Stern 123, 185
 Eisfelder 119, 120, 143, 150, 151, 152, 153, 155
 Eisleben 113
 elegant 174
 elektrische Fördermaschine 56, 93, 180, 193
 Elektrizität 4, 21, 113, 189, 191, 192, 193, 195, 223
 Elektromotor 5, 53, 160, 165, 190, 191, 192
 Endgeschwindigkeit 152
 Endzustand 4, 113, 195
 Englische Treue 37
 entleeren 150, 160
 Entzerrung 32, 35
 Erdgeschoß 47
 Erfahrung 152, 180
 Erfindung 113, 150, 189

Erhaltungsmaßnahme 196
 Erneuerung 22
 Ernst August 7, 107, 116, 117, 180, 190, 195, 217
 Ernst-August-Schacht 27, 106, 107, 119, 120, 124, 130, 131, 132, 134, 135, 150, 152, 153, 173, 180, 182, 189, 193, 221
 Ernst-August-Stollen 14, 21, 171, 180, 228
 Erprobung 56
 Ersatzrad 184
 Erschütterung 138
 Erz-Aufbereitung 14
 Erzförderung 17, 113
 Erzgang 13, 17, 21, 39
 Erzgebirge 17, 27, 113, 162, 184, 185, 186, 189
 Erztonne 129, 232
 Erzwäsche 85
 Eulenspiegler Teich 17
 Evolution 185
 Ey 23, 150

F

Fachwerkhaus 39
 Fahrkunst 14, 85, 97, 107, 132, 145, 159, 171, 173, 174, 175, 176, 177, 180, 189, 192, 193, 207, 239
 Fahrkunstrad 81, 107, 203, 212
 Falland 21, 192, 193
 Fallhöhe 165, 166, 224, 231
 Fangeinrichtung 176
 Fehlschlag 72, 97, 152
 Feldgestänge 9, 17, 23, 45, 47, 69, 71, 72, 116, 117
 Felsen 23, 30, 53, 63, 107, 109, 218
 Fenster 3, 38, 45, 47, 48, 50, 51, 56, 150, 156
 Fertigteil 184
 Fertigung 126, 138, 146, 185
 Feststoff 162
 Festveranstaltung 47
 festziehen 149
 Feuchtebedingung 135
 Feuergezhäher Gewölbe 4, 21, 27, 92, 93, 94, 95, 102, 179, 214, 221
 Fieke 180, 223
 First 53, 56, 81, 203, 204, 207, 214, 215, 216
 Flach 116
 Flächenbelastung 233
 Flansch 132, 139
 Fleisch 18, 21, 115, 223, 224
 Fliehkraft 162, 165
 Flügelmutter 129
 Flußspat 77
 Fördergerüst 37, 56, 63
 Fördergeschwindigkeit 114, 147, 156, 166, 167, 192, 232
 Förderhöhe 115
 Fördermaschine 4, 13, 21, 38, 39, 40, 47, 56, 63, 85, 97, 107, 115, 131, 135, 146, 150, 159, 160, 174, 190, 191, 192
 Fördermaschinenhaus 56, 63, 66
 Fördermenge 71, 166
 Förderseil 5, 13, 131, 158, 233
 Fördertiefe 131

Förderzeit 232
 Fortuner Graben 71, 72
 Fotograf 48
 fotorealistisch 8, 47, 69, 150
 Francisturbine 173
 Freiberg 9, 27, 88, 90, 109, 112, 113, 117, 118, 119, 124,
 134, 135, 152, 162, 171, 173, 174, 180, 186, 187, 214,
 219, 221, 239
 Freilegung 77
 Freilichtmuseum 18, 195
 Freiraum 34, 72, 93, 218, 231
 Frost 17, 21
 frühere Technik 56
 Fuge 28, 32, 34, 35, 56, 63, 69, 93, 121, 203, 205, 210
 Füllmaterial 93
 Füllmenge 164, 165
 Füllung 127, 152, 160, 164, 165, 166, 167, 171
 Fundament 32, 34, 56, 63
 Fundstück 30
 Funktionsmodell 173

G

Gaipel 14, 21, 22, 23, 26, 36, 38, 39, 45, 47, 48, 50, 51,
 52, 53, 55, 81, 82, 85, 86, 109, 115, 138, 139, 156,
 158, 159, 185
 Galgensberg 17, 116
 Gamasche 157
 Gärtner 50
 Gebhard 207
 Gebrauchszeit 121
 Gefälle 5, 18, 21, 47, 56, 71, 72, 88, 114, 117, 160, 163, 167,
 171, 173, 174, 184, 189, 192, 193, 204, 223, 225
 Gefällhöhe 163, 173, 192
 Gefluder 17, 30, 31, 56, 63, 72, 73, 77, 86, 97, 101, 116,
 152, 164
 Gefüge 93, 138, 139
 Gegengewicht 149
 Gegenwasser 152
 Gelenk 88, 97, 109, 149, 180
 Gelenkhebel 149, 150, 207
 Genauigkeit 93, 159, 180
 Generator 160, 224, 225
 genormte Teile 185
 Geometrie 3, 4, 28, 53, 63, 74, 75, 77, 79, 80, 93, 109,
 161, 166, 185
 Gerhard 138
 Gerinne 135, 149
 Gesamtanlage 47, 63
 Gesamtgewicht 177, 231, 233
 Gesamtvolumen 164, 233
 Gesamtwirkungsgrad 72
 geschmiedete Einlage 139
 Geschoß 47
 Gestänge 22, 23, 37, 39, 45, 51, 71, 85, 97, 102, 104, 105,
 107, 116, 117, 119, 149, 150, 158, 173, 174, 176, 177,
 205, 221
 Gestein 3, 13, 21, 22, 30, 34, 36, 47, 77, 85, 93, 97, 107,
 109, 115, 150, 156, 179, 216, 218
 geteilter Hauptarm 85

Getriebe 38, 56, 72, 85, 115, 146, 147, 148, 157, 159, 174,
 180, 186, 192, 204, 209, 212
 Getrieberad 146
 Gewichtsausgleich 150
 Gewinde 121, 129, 132, 185
 Gewindemutter 128
 Gewindespindel 180
 Gewölbe 30, 88, 93, 95, 117, 179, 215
 Gewölbebogen 93
 Giebel 47
 Gießtechnik 139, 180
 Gipsmörtel 32
 Gittelde 14, 131
 Glasebach 27, 77, 80, 81, 113, 165, 180, 211, 221, 236
 Glaubensfrage 185
 gleichmäßige Verteilung 56
 Gleichstrom 191
 Gleitlager 139
 Glockenstuhl 36
 Göpel 114
 Goslar 4, 13, 21, 27, 36, 88, 93, 97, 102, 113, 165, 180,
 184, 188, 189, 190, 192, 193, 221, 227
 Gotthard 14, 180
 Grabenrand 50
 Grabensystem 114, 192, 224
 Graphit 138
 Graphitlamelle 138
 Grauwacke 34, 77, 179, 210
 Grosjean 17
 Größenordnung 174, 223, 231
 Grubenwasser 77
 Grubenwetter 47
 Grund 3, 13, 18, 22, 72, 113, 114, 138, 158, 190, 195
 Grundablaß 227, 228
 Grundfläche 47, 88, 179
 Grundkarte 72
 Grundmaß 165, 167
 Grundrahmen 34, 36, 97, 98, 102, 213, 216
 Grundriß 13, 45, 63, 64, 65, 67, 69, 77, 88, 93, 109, 156,
 180, 212
 Günther 17
 Gußeisen 119, 135, 137, 138, 146, 185
 gußeiserne Gelenke 135
 Gußprobe 138

H

Haase 72, 192
 Hake 13, 116
 Halbkreuz 180
 Halde 4, 21, 22, 23, 26, 28, 39, 44, 45, 47, 48, 50, 81, 156,
 227
 Haldenmaterial 22, 26
 Haldenvolumen 227
 Haltbarkeit 32, 72, 117, 147, 162, 186
 halte die Wasser hoch 114
 handgeschmiedet 232
 Handhaspel 115
 Handwerker 97, 184, 185, 189
 Hanf 131, 158

Hanfschnur 158
 Hanfseil 129, 131, 159
 Hang 39, 56, 59, 69, 77, 208
 Hängebank 13, 22, 23, 149, 152, 156, 157, 158, 159, 205, 206, 228
 Hangende 13
 Hannoversche Eisenhütten 138, 141, 142, 146
 Härte 138
 Harzwasserwerke 9, 56, 71, 72, 76, 85, 127, 129, 174, 188, 195, 224, 227
 Haspel 114
 Hauptarm 56, 124, 125, 126, 149, 184, 185
 Hauptlager 36, 135, 138, 139, 150
 Hausmann 138, 180
 Hebelgesetz 123
 Hebelmechanik 116, 135, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 203, 205, 206, 207, 209, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219
 Hebelmechanismus 132, 133
 Hebelübersetzung 133
 Hebezug 34
 Heindorf 174
 Heinrichsmühle 17, 116
 Heinzenkunst 116
 heizbar 149, 156
 Hellerthaler Graben 71
 Herausforderung 139
 Herwig 131, 152, 161, 162
 Herzberger Teich 88, 93
 Herzog Georg Wilhelm 27, 37, 81, 82, 117, 175, 176, 211, 228
 Hettstedt 113
 Heyne 135
 Hilfe Gottes 13, 18, 158, 176
 Hilfsarm 56, 109, 124, 125, 126, 134, 149, 184, 185, 186, 187, 203, 205, 206, 207, 208, 209, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 221, 233
 Hillegeist 138
 Himmelsfürst 88, 90
 Himten 235
 Hintereinanderschaltung 71
 Hoffmann 14, 224, 239
 Höhenunterschied 71, 114, 173
 Hohlraum 21, 97
 Holz 30, 36, 102, 119, 121, 132, 135, 149, 167
 Holzausbau 179
 Holzbalken 30, 98, 209
 Holzbandage 139
 Holzbrett 174, 177
 Holzfeuchtigkeit 124
 Holzhaus 179
 Holzkeil 233
 Holzkonstruktion 30, 32, 36, 81, 109, 123, 150, 179
 Holznagel 121, 123, 127, 128, 187
 Holzröhre 115
 Holzschaufel 129
 Holzschutz 63, 97, 148, 167
 Holzstange 177
 Holzterrasse 127

Holzwand 30
 Homann 116, 235
 Hoppe 71, 72, 119, 131, 157, 159, 164, 167, 171, 177, 190, 192
 Hubhaus 69, 70, 71, 72, 73, 76, 114, 193
 Hubkunst 171, 174, 177, 192, 205
 Hülsenzapfen 9, 119, 139, 167, 186, 221
 Humm 39, 72, 76
 Hund 139
 Hundslauf 47
 Hütte 184, 192
 Hydrokompressor 56, 59, 63, 189, 195

I

Idealisierung 93
 Ideal-Riß 23, 26, 37, 173, 180
 Illing 21, 116
 Impuls 160, 173
 Industrialisierung 113, 146
 Industrielandschaft 13
 Industrieregion 195
 Informationsaustausch 184
 Innenausstattung 47
 Inspektion 114
 Investitionskosten 114

J

Jägersbleker Teich 231
 Johannistal 227
 Jordan 160, 172, 173, 239
 Jungfrau 22, 26, 27, 39, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 117, 148, 156, 158, 159, 179, 185, 205, 221
 justierbar 135
 Justierung 119, 233

K

Kalk 28, 86
 Kamera 39, 48, 107
 Kammervolumen 162
 Kämpfer 50
 Kanekuhle 27, 96, 117, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 135, 148, 149, 156, 161, 179, 184, 185, 186, 187, 236
 Kanekuhler Schacht 88, 93
 Kaplanmaschine 173
 Kaskade 88
 katalogisiertes Angebot 138
 Kegelrad 180
 Kehrpad 4, 21, 93, 114, 116, 117, 121, 134, 150, 164, 167, 171, 179, 180, 184, 188, 190, 231
 Kehrpadstube 22, 27, 28, 39, 45, 47, 48, 49, 50, 53, 54, 55, 56, 63, 66, 67, 68, 69, 70, 82, 85, 96, 98, 116, 117, 148, 161, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 212, 213, 214, 215, 216, 219, 221
 Kenndaten 167
 Kerl 235
 Kern 9, 116, 121, 122, 133, 160, 177
 Kesselhaus 21
 Kette 21, 56, 126, 129, 131, 157, 180
 Kielgast 18

- Kilug 135
 kinetische Energie 173, 231
 Kippstelle 22, 47, 48
 Klappauf 13, 63
 Klein-Clausthal 22, 23, 73, 227
 Klemmvorrichtung 130, 131
 Klepperberg 4, 114, 227
 Kletke 28, 235
 Klopzeichen 150, 156, 159
 Kloster Cella 17
 Knappe 50
 Knesebeck 27, 34, 56, 63, 117, 147, 180, 221
 Koch 13, 116, 179, 239
 Kohle 21, 113
 Kohlenschuppen 21
 Kolben 171, 178
 Kolbenpumpe 21, 116, 174, 190
 kolorierter Riß 85
 Kompressor 63
 Kompressorenhalle 56
 König 91, 93, 215
 Königin Charlotte 117
 Königin Marie 85, 113, 167, 173, 177, 190, 193
 Königshütte 131, 138
 Königshütte bei Elbingerode 138
 Konstrukteur 164, 165, 180, 184, 239
 Kopfschwinge 149, 159
 Korbhaus 39, 47
 Korbstube 22, 149, 150, 156
 Körpergewicht 150
 Korrosionsstrom 138
 Kosten 3, 86, 97, 109, 133, 162, 163, 223, 234, 236
 Kostenvoranschlag 109
 Köthe 32
 Kraft 17, 47, 102, 107, 117, 119, 121, 132, 133, 149, 150, 152, 156, 162, 165, 174, 177, 192, 231, 232, 233
 Kraftübertragung 21
 Kranz 9, 56, 85, 109, 121, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 133, 134, 147, 149, 150, 162, 163, 165, 166, 167, 184, 185, 187, 205, 213, 218, 221, 231, 233
 Kranzbreite 165
 Kreisbewegung 121
 Kreisscheibe 81, 149
 Kreuzeck 77
 Kroker 113
 Krummzapfen 88, 97, 107, 109, 115, 117, 121, 157, 177, 221, 231
 Kugler 173
 Kulturdenkmal 18, 195
 Kummelglück 27, 108, 109, 110, 111, 184, 218, 221, 236
 Kunst 4, 17, 21, 59, 61, 71, 85, 114, 116, 160, 176, 177, 180, 188, 195, 231
 Kunstgestänge 21, 26, 72, 81, 85, 106, 117, 129, 139, 158, 177, 205, 206, 208, 209, 210, 211, 212, 217
 Kunstkreuz 107, 109, 139, 158, 177, 180, 181, 182, 183
 Kunstrad 8, 9, 11, 27, 37, 47, 53, 56, 58, 63, 71, 72, 73, 77, 85, 88, 93, 97, 102, 104, 105, 106, 107, 109, 114, 115, 116, 118, 119, 127, 128, 132, 134, 138, 159, 164, 166, 167, 171, 174, 179, 184, 186, 188, 189, 190, 192, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 213, 215, 217, 218, 219, 221, 231, 236
 Kunstradstube 22, 26, 27, 34, 36, 56, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 69, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 85, 87, 106, 107, 108, 109, 111, 114, 116, 119, 161, 179, 180, 208, 209, 210, 211, 213, 216, 217, 218, 219
 Kunststange 132, 143, 144, 180
 kunstvoll 63
 Kuppelstange 117
 Kupplung 119, 131, 186, 207, 221
 Kurbelzapfen 47, 81, 97, 104, 105, 109, 110, 117, 120, 138, 139, 149, 150, 166, 180, 233, 236
 Kutscher 32, 158, 190
- L**
- Lachterzoll 167, 235, 236
 Lager 36, 93, 97, 107, 135, 139, 150, 158, 159, 180, 185, 236
 Lagerschale 36, 97, 139
 Lagerstein 138, 139
 Lampenöffnung 93, 214
 Langer 13, 22, 23
 Langloch 135
 Lasche 9, 102, 121, 122, 126, 128, 134, 147, 167, 177, 179, 184, 186, 189, 203, 221
 Laserentfernungsmesser 53, 107
 Last 13, 34, 36, 114, 115, 121, 131, 150, 160, 161, 166, 192, 232, 233
 Laufeigenschaft 139
 Laufhorizont 36
 Lautenthal 13, 36, 138, 147, 148, 171, 189, 221
 Lebensdauer 115, 133, 147, 166, 184, 185, 189, 233
 Ledebur 138
 Legeisen 36
 Lehm 97, 114
 Lehmann 58
 Leistung 21, 71, 72, 114, 163, 165, 166, 167, 170, 171, 173, 174, 177, 190, 223, 224, 231, 232
 Leiter 97, 115, 160
 Lengemann 173, 177, 184, 204
 Lerbach 138
 Leupold 113, 166
 Leuschner 21, 113
 Lichtloch 56
 Lichtmaschine 191
 Lichtung 47
 Ließmann 53, 56, 176, 196
 Lindemeyer 13, 116, 179
 Löhneyß 9, 116
 Lokomobile 190, 191, 192, 193
 lösbare Kupplung 131
 Luftkompressor 191, 193
 Lunker 138, 139
- M**
- Mächtigkeit 22, 23, 227
 Magnet 113
 Mansfelder Kupferschiefer 113
 Marienschacht 81, 85, 143, 177

Markscheider 4, 239
 Markscheiderzeichen 30
 maschinell 132
 Maschinenanlage 47
 Maschinenfundament 107
 Maschinenhaus 63
 Maschinensteuerung 88
 Massenträgheit 152
 Materialbeschaffung 184
 Materialeinsparung 161
 mathematische Berechnung 162, 163
 Mauer 22, 28, 30, 32, 34, 36, 39, 45, 48, 53, 63, 69, 93,
 107, 179, 180, 203, 207, 209, 211
 Mauerdurchbruch 30
 Mauerstärke 30
 Mauerwerk 26, 28, 30, 32, 33, 72, 77, 211
 Maximalfüllung 165
 Mechanicus 162
 mechanisch ferngesteuert 152
 Meine 26, 114
 Mende 138, 171, 184
 Mengenverlust 114
 Mensch 85, 223
 menschliche Arbeitskraft 223
 Merian 116
 Metallverbindung 124
 mittlerer Kranz 109, 134, 205, 214, 217, 219
 Mittlerer Zechenteich 39
 Modell 9, 195
 Montage 30, 34, 132, 139, 185
 Mordgrube Fundgrube 173
 Morich 13, 17, 116
 Mörtel 30, 34, 56, 179, 203, 205, 210
 Mühle 184
 Mühlenpfordt 77, 239
 Müller 127
 Mundloch 23
 Museum 9, 11, 40, 46, 49, 53, 56, 57, 77, 89, 90, 112, 119,
 121, 124, 127, 135, 142, 149, 150, 152, 153, 154, 157,
 158, 164, 171, 173, 195, 207, 208, 209, 211, 215, 217,
 235
 Mutter 121

N

Nabenscheibe 121, 123
 Nachbau 9, 27, 36, 77, 97, 102, 119, 123, 124, 127, 149,
 173, 187, 188, 195, 207, 211, 216, 221
 Nachfrage 138
 Nachgießen 139
 Nachsacken 37
 nachspannen 124, 129
 Namensschild 38
 Natermann 193
 Naturstein 179
 Neuanfang 21, 114
 Neubert 17, 113, 137, 138
 Neuentwicklung 113
 Neuer Morgenstern 27, 109, 112, 156, 179, 188, 219, 221
 Neuplanung 114

Niederschlag 17
 Nietzel 21, 73, 77, 107, 114, 116, 117, 121, 127, 129, 148,
 152, 177, 180, 185, 192, 193, 217, 239
 Normung 167, 185
 Nute 121, 122, 123, 128, 162, 185, 186
 Nutzen 14, 163, 184
 Nutzlast 177

O

oberer Fall 23, 227, 228
 Oberer Thurm Rosenhof 14, 26, 86, 89, 148, 221
 Oberer Zechenteich 39
 Oberharzer Lachter 235
 Oberharzer Wasserregal 195
 Oberharzer Wasserwirtschaftssystem 21
 Oderteich 53
 Ofen 149
 Öffnung 23, 28, 30, 32, 34, 36, 45, 48, 77, 88, 93, 107
 Optimierung 114, 160, 163, 165
 Original 195
 Osterwald 46, 47, 148, 149, 150, 205
 Ostharz 77
 Ottiliae 14, 190, 192, 224
 Ottiliae-Schacht 5, 21, 131, 135, 157, 173, 190, 191, 192,
 224, 228
 Ovale Radstube 3, 14, 26, 27, 86, 88, 89, 93, 97, 117, 138,
 180

P

Pape 3
 Passung 121
 Pelton turbine 173, 191, 224
 Perlit 138
 Person mit Hut 48
 Personenfahrgang 113
 Pfauenteich 17, 85
 Pferd 71, 167, 171, 192, 223
 Pferdegaipel 115, 156, 158
 Pferdekraft 85, 114, 163
 Pfette 47
 Pflege 26, 114, 147
 Pilzbefall 124
 Pissstal 77
 Planungsskizze 38
 Planungszeichnung 39, 40, 81, 204, 205
 Plateau 4, 22, 47
 Pleuel 81, 109, 117, 149, 150, 208, 213, 218, 221
 Pochrad 119
 Pochwerk 47, 107, 109, 160
 Pochwerksrad 114
 Polhem 13, 117, 239
 Polle 5, 7, 13, 85, 87, 107, 109, 116, 128, 134, 150, 157,
 177, 179, 180, 213
 Polsterlocher Zechenhaus 73, 76
 Polstertal 27, 69, 72, 73, 75, 77, 179, 209, 210, 219, 221
 Portal 63
 potentielle Energie 160
 Praktiker 47, 163
 präziser Stahlguß 146

Probierversion 185
 Pulverhaus 23, 26
 Pumpe 4, 13, 18, 21, 69, 71, 72, 73, 77, 102, 107, 115, 160,
 189, 190, 192, 193
 Pumpenkunst 93, 116, 174, 221
 Pumpensatz 144, 177, 178
 Pumpwerk 69

Q

Qualitätsspektrum 135
 Qualitätsunterschied 167
 Quartier 162, 235, 236
 Quensell 85

R

Rad Wasser 71, 163, 225, 231
 Radday 13, 88, 158, 171, 179
 Raddurchmesser 72, 114, 188, 204, 215, 218
 Radgröße 188
 Radienverhältnis 123
 Radkranz 97, 121, 126, 165, 179, 233
 Radreifen 121
 Radschaufel 127, 129, 150
 Radstube 3, 4, 5, 9, 14, 17, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 30,
 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 44, 45, 47, 48, 50, 51,
 52, 53, 56, 63, 69, 72, 73, 77, 80, 81, 82, 85, 86, 88,
 89, 90, 93, 97, 102, 107, 109, 114, 115, 116, 117, 119,
 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 129, 130, 132,
 134, 135, 136, 138, 139, 140, 145, 146, 149, 150, 151,
 152, 153, 154, 155, 158, 159, 162, 165, 166, 174, 179,
 180, 184, 185, 186, 187, 188, 195, 196, 202, 206,
 207, 209, 211, 213, 214, 217, 218, 219, 221, 227, 236
 Rammelsberg 4, 27, 36, 88, 91, 92, 93, 97, 102, 113, 114,
 117, 119, 121, 124, 147, 148, 159, 163, 174, 179, 184,
 185, 188, 189
 Raths-Tiefster Stollen 88
 Rauchabzug 32
 Rauchgas 32
 Rausch 17, 21, 22, 26, 73, 84, 85, 114, 116, 133, 212
 Rebber 162, 185
 Reddewig 5, 8, 63, 69, 150, 180
 Redtenbacher 162, 163, 164, 165, 185
 Reduzierung 161
 Rehberger Graben 53
 Reibung 116, 117, 131, 132, 147, 150, 159, 232, 233
 Reibungskraft 115
 Reichenbach 171, 239
 Reifen 119
 Reiff 3
 Reisekontakt 184
 Rekonstruktion 4, 53, 93, 97, 99, 139, 184, 215
 Rekultivierung 4
 Reparatur 72, 102, 114, 132
 Reservekammer 131
 Reserverad 184, 185
 Reynolds 115
 Rheinischer Wein 27, 39, 42, 44, 47, 51, 52, 53, 117, 156,
 188, 190, 206, 221
 Richtschacht 93, 162, 164, 171, 173

Richtungswechsel 121, 127
 Riechers 113
 Riegel 127, 128, 162, 203, 207, 208, 209, 211, 213, 215,
 216, 217, 218, 233
 Ringanker 28, 29, 32
 Ringer Zechenhaus 39, 47, 48, 50, 52, 53
 Ringleitung 191, 192
 Ringschlüssel 132
 Rinne 72, 97
 Ripe 13, 160
 Riß 21, 28, 39, 47, 73, 85, 97, 107, 116, 176, 206, 217
 Ribbildung 93
 Roeder 88, 91, 93, 97, 114, 185, 189
 Rohbock 26
 Röhrentour 50, 109
 Rohrleitung 50, 160, 173, 225
 Roll 138
 Rolle 85, 176, 185
 Rösche 30, 39, 50, 56, 63, 71, 77, 81, 85, 107, 109, 208,
 209, 210, 212, 217
 Roseneck 88, 93
 Rosenhof 3, 13, 14, 17, 18, 21, 22, 25, 26, 28, 36, 37, 85,
 88, 119, 131, 143, 157, 174, 179, 190, 192, 193, 227,
 228
 Rosenhöfer Gangzug 13, 17
 Rosenhöfer Zentrale 190, 193
 Rößlern 116
 Rotation 124
 Rote Grube 117, 119, 135, 152, 158
 Roter Bär 196
 Rothehütte 138
 Rubach 56
 rückschrittliche Technik 184
 Rückwand 30
 Rundbogen 47
 Rundholz 30
 Rundmauer 30

S

Sachsen 129, 148, 184, 239
 sächsisch 126, 131, 134, 147, 158, 184
 Sägemühle 147
 Sägemühlenrad 9, 119, 121, 124
 Sägewerk 4, 114
 Sammelgraben 17
 Samson 27, 53, 54, 55, 57, 58, 117, 119, 120, 121, 126, 127,
 128, 129, 131, 138, 149, 150, 174, 176, 186, 187, 195,
 207, 208, 221
 Sandkuhl 37, 39, 56, 59
 Sandstein 179
 Sanierung 56, 60, 61, 63, 106, 196, 215
 Sanierungsmaßnahme 107, 196
 Sankt Andreasberg 13, 27, 53, 54, 55, 57, 58, 119, 120,
 126, 127, 128, 134, 149, 176, 189, 196, 221
 Sartorius 21
 Satteldach 28, 179
 Säuberung 114
 Saxesen 22, 26, 45, 81, 83, 85
 Schacht 23, 77, 117, 150, 174, 176, 177, 180, 190

- Schachtgerüst 63
 Schachthaus 37, 39, 45, 53
 Schaden 114, 139
 Schädigung 124
 Schaufel 3, 30, 72, 109, 121, 123, 124, 127, 128, 152, 156, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 168, 169, 171, 173, 185, 186, 231, 232, 233
 Schaufelabstand 164, 165, 211
 Schaufelbrett 127, 162, 165, 221
 Schaufelkranz 56
 Schaufelmitte 128
 Schaufelrad 174
 Schaufelreihe 128
 Schaufelteilung 128
 Schaufelzahl 128, 165, 211
 Scheitelhöhe 23
 Schell 23, 56, 113, 156, 157, 158, 159
 Schennen 21, 113, 192, 193
 Schiebefenster 50
 Schiefer 93, 97, 179
 Schinderloch 114, 227
 Schlacken Gehalt 138
 Schlackenstein 77, 179, 210
 Schlägel 53
 Schlamm 97, 107, 148, 161
 Schleiftrog 3, 26, 28, 30, 34, 36, 53, 56, 63, 73, 77, 81, 85, 88, 93, 97, 98, 107, 109, 160, 203, 204, 205, 207, 208, 209, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 221
 Schleppdach 28
 schließen der Schütze 149
 Schliffbild 135
 Schlosserei 23
 Schluckverhalten 184
 Schlüsselweite 119
 Schmidt 17, 18, 50, 53, 56, 72, 77, 85, 116, 123, 195, 205, 209, 223, 231
 Schmiede 47, 71, 184, 185
 Schmiedeeisen 137, 174
 Schmiedehammer 115
 Schmiedeteile 135
 Schneider 239
 Schnittlinie 80, 102, 103
 Schober 17
 Schornstein 32, 48, 149
 Schottelius 47, 49, 88, 89, 119, 138, 141, 142, 148, 149, 150, 158, 159, 205
 Schraube 34, 36, 119, 121, 124, 185
 Schraubenschlüssel 124, 135
 Schreibfeder 4, 27, 39, 42, 44, 47, 117, 206, 221
 Schulz 3, 26, 28, 71, 72, 85, 86, 117, 131, 134, 157, 158, 159, 163, 167
 Schürmann 135
 Schußgerinne 97, 149, 152, 161, 162, 163, 164, 166, 187
 Schütz 97, 101, 127, 149, 152, 155, 156
 Schützbrett 152
 Schützerbucht 149, 150, 153, 154, 158, 159
 Schützerstube 149, 156, 157, 160
 Schutzmauer 23
 Schwächung 124
 Schwalbenschwanz 121, 124, 127, 129, 149, 186, 187, 221
 Schwamkrug 160, 174
 Schweingruber 36
 schwimmend 132, 185, 186, 207
 Schwindriß 124
 Schwingung 34
 Sechseck 185
 Sechskantmutter 119, 187
 seiger 134
 Seil 13, 21, 37, 72, 73, 85, 131, 180, 203, 204, 206, 232
 Seildurchhang 115
 Seilgeschwindigkeit 72
 Seilgewicht 177
 Seilkorb 30, 36, 38, 45, 47, 56, 63, 88, 89, 93, 97, 102, 109, 115, 116, 117, 119, 129, 130, 131, 139, 145, 146, 148, 149, 150, 157, 158, 159, 164, 166, 167, 179, 186, 203, 205, 207, 209, 212, 214, 215, 216, 217, 219, 221, 231, 232, 236
 Seilkorbverstellung 133, 180
 Seilscheibe 36, 72, 85, 158
 Seiltrift 21
 Seiltrommel 115, 129, 159, 166
 Seitenansicht 63, 65, 68, 85, 93
 selbstnachstellend 135
 Serenissimorum 27, 36, 97, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 117, 150, 156, 174, 185, 188, 216, 221
 Siegen 115
 Signal 150, 159
 Silber 13
 Silbersegen 5, 14, 27, 39, 40, 117, 131, 134, 150, 158, 160, 172, 179, 189, 204, 221
 Slotta 21, 93, 116, 138, 173, 190, 192, 193, 215, 224
 Sockel 45
 Sohle 30, 56, 69, 114, 177, 204, 211, 214, 227, 228
 Sondierungsbohrung 227
 Sorger Teich 22, 116, 227
 Spannschütz 164, 166
 Spannweite 117, 126
 Speiche 121, 123, 126, 139, 167, 184
 Speicherteich 17
 Sperberhaier Damm 17, 69
 Sperling 13, 39, 53
 Spiel 124, 233
 Spier 88, 93, 216
 Spittelwiesen 17, 114
 Spitzenkraft 231
 Spur 4, 5, 9, 14, 22, 26, 63, 72, 77, 180, 195, 196
 ST 21
 Stabilität 117, 123, 134
 Stadtbrand 23
 Stadtplan 47
 Stadtweger Teich 39
 Stahlguß 135
 Stahlkonstruktion 107
 Stahlrohr 63
 Stangenpaar 117
 Startwinkel 128
 Statik 166, 167, 170, 185

Steckachse 139
Stecknagel 133
Steigung 71, 72
Steinbrecher 191
steinerne 39, 45, 97
Steinert 90
Steingefüge 63
steingerecht 3, 4, 28, 93, 150
Steingewölbe 63
Steinhaufen 107
Steinmauer 50
Stellkraft 150
Stellmöglichkeit 135
Stelzner 114, 119, 239
Steuergestänge 48, 85
Steuerstange 11, 85, 139, 150, 152
Steuerung 36, 116, 130
Steuerungselement 39
Stiefel 156
Stiftschraube 131, 133
Stillegung 3, 14, 53, 107, 113, 114, 189, 190, 191, 193, 195, 207
Stillstand 97, 127, 152, 159, 165
Stirnfläche 63, 109, 179, 211
Stollen 3, 30, 69, 77, 97, 107, 159, 195, 224
Stollenmundloch 26, 77
Stoß 86, 173
Straßberg 27, 77, 221
Streitkarte 17, 116
Strickleiter 109
Striegelhaus 39, 47, 50
Stromerzeugung 18, 114, 173, 191, 193, 195, 223, 224
Strömungsgeschwindigkeit 167
Studienreise 189, 239
Stufe 30, 176
Stundenlohn 147
Stünkel 138
Stürzen 150
Stürzer 156, 157
Stützkonstruktion 93, 117
Stützmauer 56, 60, 63
Suhling 115, 190
Systematisierung 185

T

Tabakspfeife 77
Tagesoberfläche 38, 109, 115
Talboden 22
Talüberquerung 26
Tangentialrad 173
Tankwagen 223
Tannenholz 117
taubes Gestein 39
taumeln 132
technische Zeichnung 5
technologischer Fortschritt 180
Teichdamm 45, 47, 48
Teichreparatur 17
Thekla-Blindschacht 191, 192

Theodolit 53
Thurm Rosenhof 4, 5, 13, 14, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 38, 45, 47, 50, 56, 63, 86, 88, 93, 97, 129, 133, 134, 149, 150, 156, 158, 159, 166, 174, 179, 180, 185, 190, 191, 192, 195, 203, 213, 223, 227, 236
Tiefenanzeiger 119, 157
Tonabdichtung 36
Tonne 21, 22, 116, 131, 150, 157, 158, 159, 166, 232, 235
tonnläufig 109, 150, 174
Tonschiefer Pochwerk 47
Trägheit 189
Trägheitsmoment 163, 231
Transmission 71, 72, 73
Transmissionsriemen 190
Transport 97, 113, 160, 184, 185
Transportproblem 34, 113
Traufe 28, 207
Traufenseite 50, 77
Treiben 131, 152, 156, 227, 235
Treibstange 89, 93, 97, 100, 107, 119, 139, 180, 186, 214, 215, 216, 221
Treibstoff 223
Treibwerk 13, 97
Trennfuge 56, 121, 128, 139, 149, 187
Trennwand 63, 131
Treppenanlage 107
Tretwerk 30, 97, 185
Trichter 37, 72
Trift 85
Trittstufe 174, 176, 177
Trockenmauerwerk 179
Trockenzeit 17, 71
Trog 36, 60, 63, 72, 77, 179, 209, 213
Tropfwasser 107
Trübe 30
Tunnel 22, 23
Tür 38, 47, 51
Turbine 5, 18, 21, 27, 63, 106, 107, 113, 115, 160, 167, 173, 174, 180, 191, 192, 193, 195, 221, 223, 224, 225
Turbinenanlage 56, 107
Turbinenleitung 107
Turbinenrad 174
Turm 28, 228

U

Überblattung 124, 126, 129, 149, 186
übergreifendes Konzept 114
Überlauf 152, 164, 228
Übertragungsfehler 184
Übertreiben 150
Umbau 9, 11, 13, 26, 38, 47, 85, 102, 114, 191
Umfangsgeschwindigkeit 163, 164, 167, 171
umhängen 131, 150, 166
Umkehrpunkt 121
Umlaufgraben 17
Umlenkhebel 133
Umlenkrolle 115, 116, 160
Umlenkung 107, 203
Umschließung 56

Umschlingung 126, 158
 Undichtigkeit 114, 173
 Ungefährlichkeit 174
 Unregelmäßigkeit 128, 156
 Unschlitt 157, 160
 Unschlitthaus 47
 Unterer Flambacher 227
 Unterlegblech 149, 184, 187
 Unterlegstein 30, 31
 Unterscheidungsmerkmal 4, 56, 167
 Unterschiede in der Konstruktion 186
 Unterseil 116, 150
 ursprünglich 22, 45, 47, 69
 Ursprungszustand 23
 UV-Strahlung 124

V

Variante 116, 184
 Ventil 159, 171
 Verarbeitung 147
 Verbrauch 71
 Verbundnetz 192
 Verbundsystem 17
 Verdrehung 132
 Vereinheitlichung 185
 Vererzung 77
 verformt 63, 179, 208
 Verfüllung 5, 22, 23, 32, 34, 37, 39, 114, 190
 Vergrößerungsglas 5, 85
 Verhoeven 135
 Verkämmung 9, 85, 121, 122, 126, 184, 186, 189, 203, 221
 verkanten 177
 verkehrte Stücke 174
 Verkeilung 126, 186
 verklemmen 177
 Verkürzung 147
 Verlagerung 26, 34, 85, 114, 180
 Vermessung 4, 33, 53, 54, 62, 63, 64, 67, 70, 72, 74, 75, 79, 80, 93, 94, 95, 96, 102, 103, 104, 113, 140, 145, 151, 153, 154, 155, 203, 207, 208, 209, 210, 211, 214, 215, 216
 Vermessungsprofil 23
 versagen 121
 Versatz 63
 Verschleiß 22, 97, 102, 124, 132, 133, 135, 139, 152, 159, 162
 verschlissen 114
 Verstärkung 102, 134
 Verstecken 129
 Versteifung 121, 176
 Verstellmöglichkeit 149
 Verstellung 129, 131, 152
 Vertiefung 30
 Verzahnung 121, 122
 verzinkt 97
 Verzweigung 63
 Vibration 233
 Videokamera 107
 Viereck 124, 126, 186

Viertelstock 56, 109, 124, 149, 184, 185, 186, 203, 205, 206, 207, 208, 209, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 233
 Villedosse 3, 26, 45, 85, 86, 88, 89, 113, 138, 142, 179, 180
 Vogelmühle 161
 Voigt 13, 176
 Volumen 22, 30, 165, 176, 204, 233
 von Born 93
 von Rohr 13
 von Stromer 115
 von Trebra 18, 85, 113
 Vordergrund 48, 53, 77, 81
 Vorfertigung 185
 Vorgesetzter 184
 Vorlegeisen 36
 Vorratshaltung 185
 Vorratshaus 47, 48
 Vorschrift 121
 Vorsichtsmaßnahme 128, 139

W

Wachstumsphase 23
 Wagenbreth 115, 119, 126, 131, 135, 156, 158, 160, 162, 171, 173, 174, 177, 239
 Walze 115, 117, 139, 174
 Wandstärke 29, 32, 34, 179, 203, 204, 205, 208, 209, 213, 214
 Wartung 53, 97, 159, 239
 wasserarme Zeit 190, 192, 193
 Wasseraufnahme 161, 162, 163
 Wasserbalanciermaschinen 114
 Wassergefälle 113, 117
 Wasserhaltung 190
 Wasserhäuschen 48, 50
 Wasserinhalt 166
 Wasserkasten 85, 109, 156, 218
 Wasserkraft 4, 5, 17, 21, 56, 71, 113, 114, 163, 167, 171, 174, 191, 193, 195, 225
 Wasserkraftnutzung 4, 113, 114, 192, 195, 224
 Wasserkraftwerk 174, 191, 224
 Wasserkreuzung 114
 Wasserkunstrad 190, 203, 205, 212
 Wasserlauf 17, 56, 88, 97, 185, 225, 227
 Wasserläufer Teich 39, 47
 Wasserlösung 13, 17
 Wasserlösungsstollen 14, 180
 Wassermenge 17, 21, 71, 152, 163, 165, 166, 173, 174, 224
 Wasserrad 4, 5, 17, 21, 22, 23, 59, 69, 71, 72, 76, 77, 85, 107, 113, 115, 121, 135, 160, 161, 163, 164, 167, 171, 173, 174, 180, 189, 191, 192, 193, 195, 223
 Wasserradwelle 28, 30, 63, 93, 95
 Wasserrohr 63
 Wassersäulenmaschine 17, 21, 115, 160, 171, 173, 174, 191, 192, 193, 239
 Wasserscheide 17, 77
 Wasserspiegel 165, 224
 Wassertasche 102, 121, 127, 128, 134, 152, 160, 161, 162, 164, 185, 187
 Wasserturbine 191

Anhang M – Stichwortverzeichnis

Wasserzulauf 11, 30, 31, 36, 37, 38, 53, 72, 107, 149, 155,
215
Wechselbeanspruchung 124
wechselnde Durchfeuchtung 124
Weger 171, 239
Weiland 138
Weisbach 116, 131, 152, 162, 185
Weise 23, 27, 71, 114, 148, 149, 157, 158, 165, 167, 195,
223, 224
Weiszeug 119, 149, 150, 157, 158, 159, 189
Weiterentwicklung 109, 185, 189, 195
Welle 9, 30, 93, 117, 135, 139, 179, 186, 207, 221
Wellenende 34, 47, 97, 115, 119, 158
Wellenlager 36, 81, 95, 97, 107, 135
Wellenschutzmauer 179
Wellenzapfen 30, 139, 186, 221
Weltkulturerbe 196
Wendedocke 106, 107, 217, 221
Wendegetriebe 115
Werkstoff 114, 123, 146, 161, 162, 180, 185
Wetterschacht 38, 193
Whitworth-Gewinde 129
Widerlager 30
Widerwaage 17
Wiemannsbuchter Schacht 56
Wildemann 4, 7, 13, 27, 107, 119, 120, 124, 128, 129, 130,
131, 132, 134, 180, 189, 221, 228
Windenergie 18
Winkelstellung 88, 127
Winkelverteilung 126
Winter 47, 224
Winterschmidt 160, 171, 239
Winterwieser Wasserlauf 39
Wirkungsgrad 71, 72, 114, 128, 147, 152, 160, 163, 165,
166, 170, 173, 177, 180, 192, 223
wissenschaftliche Begleitung 196
Wohnhaus 14, 45, 206
Wolf 93, 215
Wolken 115

Wolkenbruch 224
Wurm 96

Z

Zahnrad 149, 180
Zangeneisen 149, 151
Zechenhaus 26, 47, 82, 85
Zechenteich 22, 47
Zeichnung 4, 5, 9, 13, 81, 116, 134, 138, 142, 148, 149,
150, 171, 195, 205, 206, 217
Zellbach 17
Zellerfeld 4, 9, 11, 13, 17, 22, 23, 27, 39, 44, 46, 47, 50,
69, 77, 113, 116, 117, 119, 131, 150, 152, 153, 154, 159,
165, 171, 174, 189, 191, 221, 227
Zellerfelder Hoffnungsschacht 27, 77, 78, 79, 179, 210,
221
Zellerfelder Kunstgraben 39
Zentrifugalpumpe 191
Ziegel 28, 37, 77, 203
Ziegelmauer 107
Ziegler 97, 215, 236
Zimmerei 14
Zimmerleute 184, 189
Zimmermann 81, 83, 150, 188, 235
Zinksulfat 97, 148, 161
Zuganker 123, 124, 125, 128, 129, 149, 164, 185, 186, 187,
221
Zugkraft 72, 121
Zugspannung 232
Zugstange 138, 149
Zulauf 50, 72, 224, 227
Zulaufgraben 47, 207
Zulaufrösche 53, 206
Zusammenbau 185
Zusammenbruch 184, 189
Zusammenhalt 73, 127, 128, 129
Zuschlag 32, 203
Zylinder 28

Anhang M – Stichwortverzeichnis

Abbildungsnummer
Seite der Bildbeschreibung
Seite der Abbildung
Seiten mit weiterer Erwähnung

| | | | |
|----|----|------|---|
| 1 | 5 | 6 | 85, 87, 146, 148, 150, 151, 155, 156, 160, 212 |
| 2 | 5 | 7 | 85, 107, 120, 124, 126, 128, 134, 135, 138, 144, 150, 152, 153, 160, 177, 179, 180, 182, 217, 220 |
| 3 | 5 | 8 | 36, 63, 65, 68, 69, 150, 180, 181, 208 |
| 4 | 9 | 10f. | 85, 133, 156, 179, 187 |
| 5 | 22 | 22 | 23, 45 |
| 6 | 22 | 23 | 26, 28, 203, 220 |
| 7 | 23 | 24 | 14, 86 |
| 8 | 23 | 25 | |
| 9 | 23 | 25 | 85, 179 |
| 10 | 28 | 29 | 220 |
| 11 | 28 | 29 | 179 |
| 12 | 30 | 31 | |
| 13 | 30 | 31 | 186 |
| 14 | 32 | 32 | 179, 213 |
| 15 | 32 | 33 | 34 |
| 16 | 32 | 33 | 28, 30 |
| 17 | 32 | 34 | 63 |
| 18 | 32 | 35 | 63 |
| 19 | 34 | 35 | 36, 203 |
| 20 | 36 | 36 | 97, 102 |
| 21 | 37 | 37 | 38 |
| 22 | 37 | 37 | 179 |
| 23 | 38 | 38 | 146, 180, 203, 220 |
| 24 | 39 | 40f. | 37, 134, 179, 186, 204, 220 |
| 25 | 39 | 42f. | 45, 47, 50, 52, 206, 220 |
| 26 | 39 | 44 | 22, 47, 51, 149, 156, 179 |
| 27 | 45 | 45 | 107, 116, 117 |
| 28 | 45 | 45 | 47, 150 |
| 29 | 47 | 46 | 48, 117, 149, 186, 205 |
| 30 | 47 | 48 | 9, 148, 149, 156, 205 |
| 31 | 47 | 49 | 9, 126, 148, 156, 179, 187, 205, 220 |
| 32 | 47 | 50 | 4 |
| 33 | 47 | 51 | 77 |
| 34 | 50 | 52 | 47, 220 |
| 35 | 50 | 53 | |
| 36 | 53 | 54 | 126, 207 |

Abbildungsnummer
Seite der Bildbeschreibung
Seite der Abbildung
Seiten mit weiterer Erwähnung

| | | | |
|----|----|----|--|
| 37 | 53 | 55 | |
| 38 | 56 | 57 | 129, 134, 186, 187, 207, 220 |
| 39 | 56 | 58 | 126, 187, 220 |
| 40 | 56 | 59 | 114 |
| 41 | 56 | 59 | 63 |
| 42 | 56 | 60 | 63 |
| 43 | 34 | 56 | 60 |
| 44 | 63 | 61 | 179 |
| 45 | 63 | 61 | 179 |
| 46 | 63 | 62 | |
| 47 | 63 | 64 | 208 |
| 48 | 63 | 65 | 186 |
| 49 | 63 | 65 | 36, 164, 186, 208, 220 |
| 50 | 63 | 66 | 179 |
| 51 | 63 | 66 | 56, 179 |
| 52 | 63 | 67 | 208 |
| 53 | 69 | 68 | 129, 146, 208, 209, 220 |
| 54 | 69 | 69 | 131, 180, 186, 208 |
| 55 | 69 | 70 | |
| 56 | 69 | 70 | 73 |
| 57 | 72 | 73 | 9, 180 |
| 58 | 72 | 73 | 209, 225 |
| 59 | 72 | 74 | 179, 209, 220 |
| 60 | 77 | 75 | 210, 220 |
| 61 | 73 | 76 | |
| 62 | 77 | 76 | 114 |
| 63 | 77 | 78 | 210 |
| 64 | 77 | 78 | |
| 65 | 77 | 79 | 179, 210, 220 |
| 66 | 77 | 80 | 180, 211, 220 |
| 67 | 77 | 81 | 211 |
| 68 | 81 | 82 | 211, 220 |
| 69 | 81 | 83 | |
| 70 | 81 | 83 | 26, 85, 179 |
| 71 | 85 | 84 | 9, 109, 115, 132, 185, 186, 212 |
| 72 | 85 | 86 | 180 |
| 73 | 85 | 87 | 131, 133, 180, 186, 220 |
| 74 | 85 | 87 | 123, 143, 150, 179, 180, 183, 185, 208, 213, 220 |

| <i>Abbildungsnummer</i> | <i>Seite der Bildbeschreibung</i> | <i>Seite der Abbildung</i> | <i>Seiten mit weiterer Erwähnung</i> |
|-------------------------|-----------------------------------|----------------------------|--|
| 75 | 88 | 89 | 97, 131, 141, 180, 213, 220 |
| 76 | 88 | 89 | 93, 117 |
| 77 | 88 | 90 | 133, 180, 186, 187, 214, 220 |
| 78 | 88 | 91 | 93, 114, 217 |
| 79 | 93 | 92 | 21, 214 |
| 80 | 93 | 94 | 102, 179, 214, 220 |
| 81 | 93 | 95 | 179 |
| 82 | 93 | 95 | |
| 83 | 93 | 96 | 117, 186, 215 |
| 84 | 93 | 96 | 179, 215, 220 |
| 85 | 97 | 98 | 135 |
| 86 | 97 | 99 | 119, 186, 187, 215 |
| 87 | 97 | 100 | 179, 216 |
| 88 | 97 | 101 | 152, 187 |
| 89 | 97 | 102 | 117, 186, 216, 220 |
| 90 | 102 | 103 | 185, 216, 220 |
| 91 | 102 | 104 | 53, 186, 216 |
| 92 | 102 | 105 | 107, 163 |
| 93 | 107 | 106 | |
| 94 | 107 | 106 | 173 |
| 95 | 109 | 108 | 184, 218, 220 |
| 96 | 109 | 110 | |
| 97 | 109 | 111 | 218 |
| 98 | 109 | 112 | 21, 156, 179, 187, 219, 220 |
| 99 | 119 | 118 | 109, 124, 126, 186, 187, 233 |
| 100 | 119 | 120 | 131, 138, 139, 180, 186 |
| 101 | 121 | 122 | 186, 187 |
| 102 | 121 | 122 | |
| 103 | 121 | 123 | 127, 128, 129, 164, 187 |
| 104 | 121 | 123 | 126, 167 |
| 105 | 124 | 124 | 126, 127, 128, 149, 162, 184, 186, 187, 233 |
| 106 | 125 | 124 | 126, 187 |
| 107 | 126 | 126 | 186 |
| 108 | 127 | 127 | 129, 186 |
| 109 | 127 | 128 | 121, 186, 187 |
| 110 | 129 | 129 | |
| 111 | 131 | 130 | 180 |

| <i>Abbildungsnummer</i> | <i>Seite der Bildbeschreibung</i> | <i>Seite der Abbildung</i> | <i>Seiten mit weiterer Erwähnung</i> |
|-------------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| 112 | 132 | 130 | 139 |
| 113 | 132 | 132 | |
| 114 | 132 | 133 | |
| 115 | 129 | 134 | 180 |
| 116 | 97 | 135 | |
| 117 | 135 | 136 | |
| 118 | 135 | 136 | |
| 119 | 138 | 137 | |
| 120 | 138 | 137 | |
| 121 | 138 | 138 | |
| 122 | 138 | 139 | |
| 123 | 138 | 140 | 36, 124, 135, 139, 146 |
| 124 | 138 | 141 | 117, 119, 121, 139 |
| 125 | 138 | 142 | 139, 146 |
| 126 | 138 | 143 | 139, 174, 177 |
| 127 | 138 | 144 | 139, 177 |
| 128 | 139 | 145 | 124, 131, 135, 174 |
| 129 | 139 | 146 | |
| 130 | 139 | 146 | |
| 131 | 139 | 147 | |
| 132 | 147 | 148 | 131 |
| 133 | 150 | 151 | 156, 157 |
| 134 | 149 | 152f. | 156, 157 |
| 135 | 152 | 154 | 135 |
| 136 | 152 | 155 | |
| 137 | 160 | 161 | 165, 166 |
| 138 | 161 | 162 | 166 |
| 139 | 166 | 168 | 162 |
| 140 | | 166 | 169 162 |
| 141 | 166 | 170 | 128, 152 |
| 142 | 167 | 170 | |
| 143 | 173 | 172 | |
| 144 | 174 | 175 | |
| 145 | 174 | 176 | |
| 146 | 177 | 178 | |
| 147 | 180 | 181 | |
| 148 | 180 | 182 | |
| 149 | 180 | 183 | 5 |

Herzlich danken möchte ich:

- ▶ Jürgen Alich, Harzwasserwerke, für die gute Zusammenarbeit.
- ▶ Dr. Christoph Bartels vom Deutschen Bergbaumuseum für die Gelegenheit zur Diskussion und die Bereitstellung von Literatur und Abbildungen.
- ▶ Prof. Walter Bischoff für das Korrekturlesen.
- ▶ Prof. Dr. Wolfgang Brockner für viele wertvolle Ratschläge.
- ▶ Brigitte Bühler für die geduldige Unterstützung bei der Bearbeitung der Abbildungen und des Textes.
- ▶ Dr. Klaus Buschau für die Unterstützung bei der Beschaffung der weiterführender Literatur sowie einiger entscheidender Abbildungen.
- ▶ Dr. Dr. Peter Eichhorn für die fruchtbare Diskussion und die Durchsicht des Manuskriptes.
- ▶ Christian Falland für die Bereitstellung wichtiger Fakten über die Einersberger Zentrale und die Mithilfe bei der Ausgrabung.
- ▶ Dr. Rudolf Dölling + Prof. Dr. Volkmar Neubert, Institut für Materialprüfung und Werkstofftechnik, für die Anfertigung der metallurgischen Schliffe.
- ▶ Dr. Lothar Klappauf, für die gute Zusammenarbeit, aus der die Keimzelle für dieses Arbeitsgebiet gewachsen ist.
- ▶ Prof. Dr. Walter Knissel für seine Hilfe und Unterstützung.
- ▶ Karl Heinz Leucht aus dem Oberbergamt für die Mithilfe beim Heraussuchen und Reproduzieren einiger Risse aus der Markscheiderei.
- ▶ Wolfgang Lampe aus dem Oberbergamt für seine wertvolle Hilfe, er hat die Untersuchungen mit wichtigen Quellen und Diskussionsbeiträgen bereichert und den Text bei der Korrektur mit kritischen Anregungen versehen.
- ▶ Prof. Dr. Reiner Labusch, dem Direktor des Instituts für Angewandte Physik, für seine Unterstützung beim Abfassen dieser Arbeit.
- ▶ Prof. Dr. Claus Marx, seine Unterstützung und seine Ratschläge waren mir besonders wertvoll.
- ▶ Hans Hugo Nietzel, für seine Geduld und Ausdauer, er ist mir stets ein guter Zuhörer und Ratgeber .
- ▶ Dem Institut für den Wissenschaftlichen Film gemeinnützige Gmbh, Göttingen, für das Kopieren einzelner Filmszenen.
- ▶ Meinen Kollegen Dr. Hans-Hermann Roscher und Dr. Heinz Vollmer für die Unterstützung und ihr Verständnis.
- ▶ Den Mitarbeitern der Werkstatt für so manche Hilfe bei der Präparation der Funde.
- ▶ Dem Niedersächsischen Landesamt für Denkmalpflege für Unterstützung und gute Zusammenarbeit.
- ▶ Allen Archiven, besonders dem Oberbergamt in Clausthal, sowie dem Deutschen Bergbaumuseum in Bochum, dem Deutschen Museum in München, dem Archiv der Preussag und der TU Clausthal für die Einsicht in ihre Unterlagen und die freundliche Genehmigung zur Veröffentlichung.
- ▶ Meiner lieben Frau Heidrun für die Toleranz und die unermüdliche Geduld, sie hat mir während der Anfertigung dieser Arbeit viele Sorgen und Probleme ferngehalten.

