

**Entwicklung eines
methodischen Vorgehens zur Einführung von
Digital Mock-Up-Techniken in den
Produktentwicklungsprozess der
Automobilindustrie**

Von der Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik
der Technischen Universität Bergakademie Freiberg

genehmigte

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur

(Dr.-Ing.)

vorgelegt

von Diplom-Ingenieur, Diplom-Wirtschaftsingenieur Gerd Freund

geboren am 25. September 1971 in Winnenden

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Bertram Hentschel, Freiberg
Prof. Dr.-Ing. Ralph Stelzer, Dresden
Dr.-Ing. Stefan Kramer, Stuttgart

Tag der Verleihung: 24. Juni 2004

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Maschinenelemente, Konstruktion und Fertigung, Lehrstuhl für Konstruktions- und Fertigungstechnik der TU Bergakademie Freiberg.

An dieser Stelle möchte ich Herrn Professor Dr.-Ing. habil. Bertram Hentschel besonders dafür danken, daß er mir das Thema dieser Arbeit zur weitgehenden selbständigen Bearbeitung überlassen hat, sowie in zahlreichen Diskussionen und mit kritischen Anmerkungen beratend zur Seite stand.

Herrn Professor Dr.-Ing. habil. Ralph Stelzer und Herrn Dr. Stefan Kramer danke ich für die Übernahme der Begutachtung.

Besonderen Dank möchte ich den Herren Rainer Eißrich (DaimlerChrysler AG), Alfred Katzenbach (DaimlerChrysler AG), Hubert Köble (DaimlerChrysler AG), Dr. Stefan Kramer (DaimlerChrysler AG), Günter Hauf (DaimlerChrysler AG) und Gregor Kiefer (DaimlerChrysler AG) aussprechen, die es mir ermöglichten im Umfeld der DaimlerChrysler AG meine Arbeit anzufertigen und mit Praxisbeispielen zu belegen.

Desweiteren bedanke ich mich bei meinen Eltern, die mir während meiner Promotion jederzeit mit Rat und Tat hilfreich zur Seite standen und mir es erst ermöglichten diese Arbeit anzufertigen.

Nufringen, im März 2003

Gerd Freund

Inhaltsverzeichnis

Glossar	1
1 Einleitung	2
2 Stand der Technik	4
2.1 Der Produktentwicklungsprozess.....	4
2.1.1 Die herausragende Bedeutung der Produktentwicklung.....	4
2.1.2 Ansätze zur Steigerung der Effizienz innerhalb der Produktentwicklung.....	6
2.1.3 Der Produktentwicklungsprozess innerhalb der Automobilindustrie.....	10
2.2 Digital Mock-Up (DMU).....	11
2.2.1 Begriffsbestimmung und Ziele des DMU.....	11
2.2.2 Anwendungsgebiete des DMU.....	15
2.3 Situationsanalyse zur Einführung von DMU-Techniken in den Produktentwicklungsprozess.....	18
2.3.1 Charakteristik bei der Einführung von DMU-Techniken.....	18
2.3.2 Stand der Einführung bei der DaimlerChrysler AG.....	19
2.3.3 Defizite bei der Einführung von DMU-Techniken.....	22
3 Aufgabenstellung der Arbeit	23
4 Einführungsverfahren von CAx-Techniken und Anwendung von QM-Techniken in der Produktentwicklung	26
4.1 Stand der Einführungsverfahren von CAx-Techniken.....	26
4.2 Stand der Qualitäts-Management-Techniken in der Produktentwicklung.....	31
4.2.1 Einführung.....	31
4.2.2 Darstellung ausgewählter QM-Techniken.....	31
4.2.3 Nutzenspotentiale der QM-Techniken zur Verwendung in einem Verfahren zur Einführung von DMU-Techniken.....	42
5 Entwicklung eines Modells zur qualitätsgerechten Einführung von DMU-Techniken	44
5.1 Übersicht über das Einführungskonzept.....	44
5.2 Die strategische Ebene.....	46
5.2.1 Grundaufbau des strategischen HoQ.....	46
5.2.2 Prozess zur Erstellung des strategischen HoQ.....	48
5.3 Die taktische Ebene.....	62
5.3.1 Grundaufbau des taktischen HoQ.....	62
5.3.2 Prozess zur Erstellung der taktischen HoQ.....	64
5.4 Die operative Ebene.....	88

6	Exemplarische Anwendung des DMU-Technik-Einführungsverfahrens	90
6.1	Einführung.....	90
6.2	Anwendungsfall der „strategischen Ebene“	91
6.3	Anwendungsfall der „taktischen Ebene“: DMU-Technik „Visualisierung“	96
6.4	Erfahrungen beim Umsetzen des Einführungsverfahrens.....	105
7	Zusammenfassung und Ausblick	107
	Literaturverzeichnis	109

Anhang

Anhang A: Einführungsverfahren von CAX-Techniken.....	A1
Einführungsverfahren von Wildemann	A1
Einführungsverfahren von Eversheim/Dahl/Spenrath	A4
Einführungsverfahren von Eigner/Maier	A6
Einführungsverfahren von Schuler	A8
Einführungsverfahren von Schäfer	A10
Einführungsverfahren von Müller.....	A12
Einführungsverfahren von Erb.....	A13
Einführungsverfahren von Zimmermann	A14
Einführungsverfahren von Müller.....	A16
Anhang B: DMU-Technik-Ablaufdiagramm der DMU-Technik „Visualisierung“	B1
Anhang C: Auszug aus den HoQ der DMU-Technik „Visualisierung“	C1
Anhang D: Auszug aus den Vorgehensanweisungen (HoQ „Wissen“)	D1
Anhang E: Beschreibung des spezifischen DMU-Technik-Ablaufdiagramms der DMU-Technik „Visualisierung“	E1

Glossar

Abkürzung	Bedeutung
CA	Computer Aided
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAQ	Computer Aided Quality
CATIA	Computer Aided Three Dimensional Interactive Application
CIM	Computer Integrated Manufacturing
DC	DaimlerChrysler AG
DMU	Digital Mock-Up
DV	Datenverarbeitung
EDM	Engineering Data Management
GIS	Geometrie-Informations-System
HoQ	House of Quality
HW	Hardware
IT	Informationstechnologie
PMU	Physical Mock-Up
QE	Quality Engineering
QFD	Quality Function Deployment
QM	Qualitätsmanagement
SAF	Strukturaufbaufahrzeug
SW	Software
VR	Virtual Reality
VRC	Virtual Reality Center

1 Einleitung

Die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen wird in den globalen Märkten durch die Fähigkeit bestimmt, sich mit dem Wandel von Umweltbedingungen und Marktanforderungen zu ändern. Die Bereitschaft und die Eignung der Unternehmen zur ständigen Anpassung und Optimierung der eigenen Leistungen sind elementare Voraussetzungen für das Überleben auf den immer stärker umkämpften Märkten. Den einzelnen Unternehmen liegt ein mannigfaltiger Maßnahmenkatalog vor, um auf die neuen Herausforderungen zu reagieren (siehe **Abbildung 1.1**).

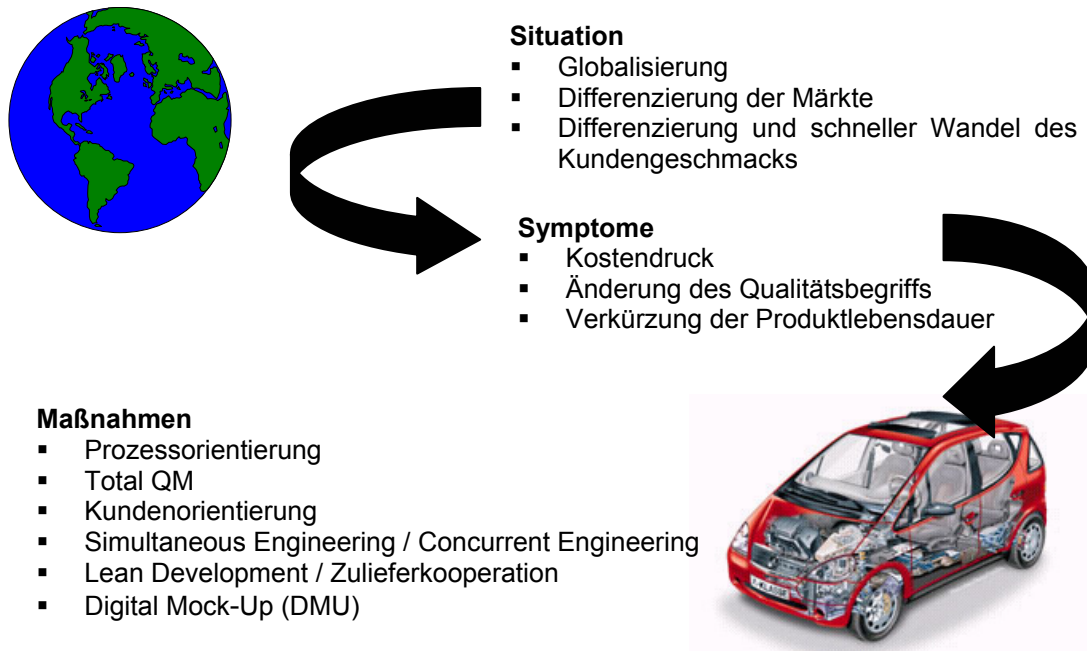


Abbildung 1.1: Situation der heutigen Unternehmen und Auszug aus einem möglichen Maßnahmenkatalog.

Aus dieser Situation resultierend kommt der Produktentwicklung in den Unternehmen einer besonderen Bedeutung zu. Über die Produktentwicklung besteht die Möglichkeit neue Märkte zu erschließen, auf geänderte Nachfragebedingungen zu reagieren und Wettbewerbsvorteile zu realisieren. Ziel sollte es somit sein den Produktentwicklungsprozess ständig zu verbessern. Zielgrößen sind in diesem Zusammenhang sowohl die Kostenminimierung, Qualitätsverbesserung als auch die Entwicklungszeitreduzierung. Der Einsatz von digitalen Produktentwicklungswerkzeugen ist ein Maßnahme, die Produktentwicklungsprozesse effizienter („Effizienz - die richtigen Dinge tun“) und effektiver („Effektivität - die Dinge richtig tun“) zu gestalten. Sie bieten das Potential, die drei Zielgrößen - Kosten, Qualität und Entwicklungszeit - in positiver Richtung zu beeinflussen.

Das Produkt, welches durch die Anwendung von digitalen Produktentwicklungswerkzeugen entsteht, bezeichnet man als Digital Mock-Up (DMU). Mock-

Up ist der englische Begriff für „Aufbau, Attrappe“. Digital Mock-Up bedeutet somit „digitaler Aufbau, digitale Attrappe“. DMU ist ein realitätsnahes Computermodell eines Produktes. Mit Hilfe des DMU lassen sich Untersuchungen durchführen wie z.B. Montageuntersuchen und Ergonomiebetrachtungen.

Bevor auf die Möglichkeiten eingegangen wird, wie die Produktentwicklung effektiv besser gestaltet werden kann, soll im nächsten Kapitel auf die herausragende Stellung der Produktentwicklung eingegangen werden.

2 Stand der Technik

2.1 Der Produktentwicklungsprozess

2.1.1 Die herausragende Bedeutung der Produktentwicklung

Der Produktentwicklungsablauf ist in jedem Unternehmen verschiedenartig gestaltet. Es steht völlig außer Zweifel, dass die Produktentwicklung innerhalb des Produktlebenszyklusses eine herausragende Stellung einnimmt. Die folgenden Argumente unterstreichen diese Behauptung:

- **Die Verantwortung des Produktentwicklungsbereichs für die Festlegung der Kosten:** Untersuchungen haben ergeben, dass die Entwicklungs- und Konstruktionsabteilungen nur geringe Kosten verursachen (ca. 10%) (siehe **Abbildung 2.1**).

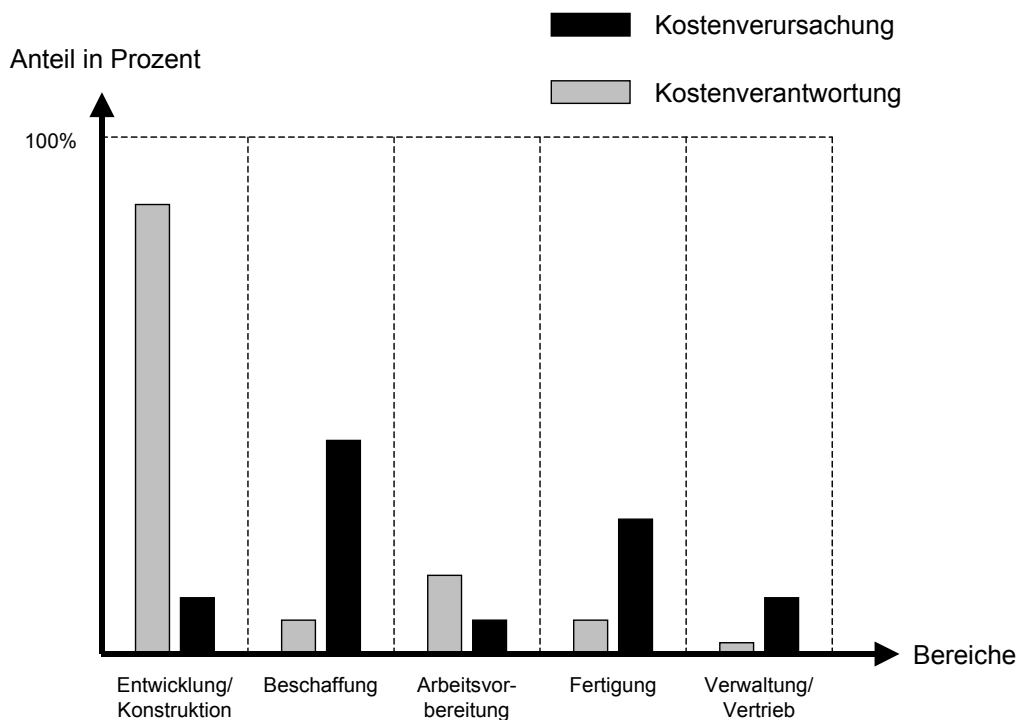


Abbildung 2.1: Zusammenhang zwischen Kostenverantwortung und Kostenverursachung [VDI 90].

Auf der anderen Seite werden durch die Produktentwicklung sehr viele kostenverursachende Entscheidungen getroffen, die erst später im Verlauf der nachgelagerten Phasen des Produktentstehungsprozesses ihre Kostenwirksamkeit zeigen. Empirische Forschungen haben ergeben, dass annähernd 75% der Kosten in den Phasen der Produktentwicklung definiert werden [VDI 90]. So werden z.B. in der Konstruktion häufig Montagevorgänge und Bearbeitungsverfahren festgelegt, die dann später in der Prozesskette Fertigung bzw. Montage nur noch geringfügig bzw. gar nicht mehr verändert werden können [EVE 89].

- **Die Verantwortung des Produktentwicklungsbereichs für die Auswirkung von Fehlern:** Welch enorm große monetäre Auswirkungen Fehler haben können, zeigt die so genannte „Zehnerregel“ auf (siehe **Abbildung 2.2**). Diese besagt, dass ein Fehler mit jeder Produktlebensphase, in der dieser später aufgedeckt wird, hinsichtlich seiner Kosten ungefähr jeweils um den Faktor 10 zunimmt [PFE 01]. Es ist somit ersichtlich, dass speziell in den frühen Phasen unternommene Handlungen, Fehler aufzudecken, sich sehr schnell auszahlen und somit die Bedeutung der Produktentwicklung unterstreicht. So kann ein Konstruktionsfehler beim Kunden durchaus millienschwere Klagen nach sich ziehen und den Ruf einer Unternehmung schwer schädigen.

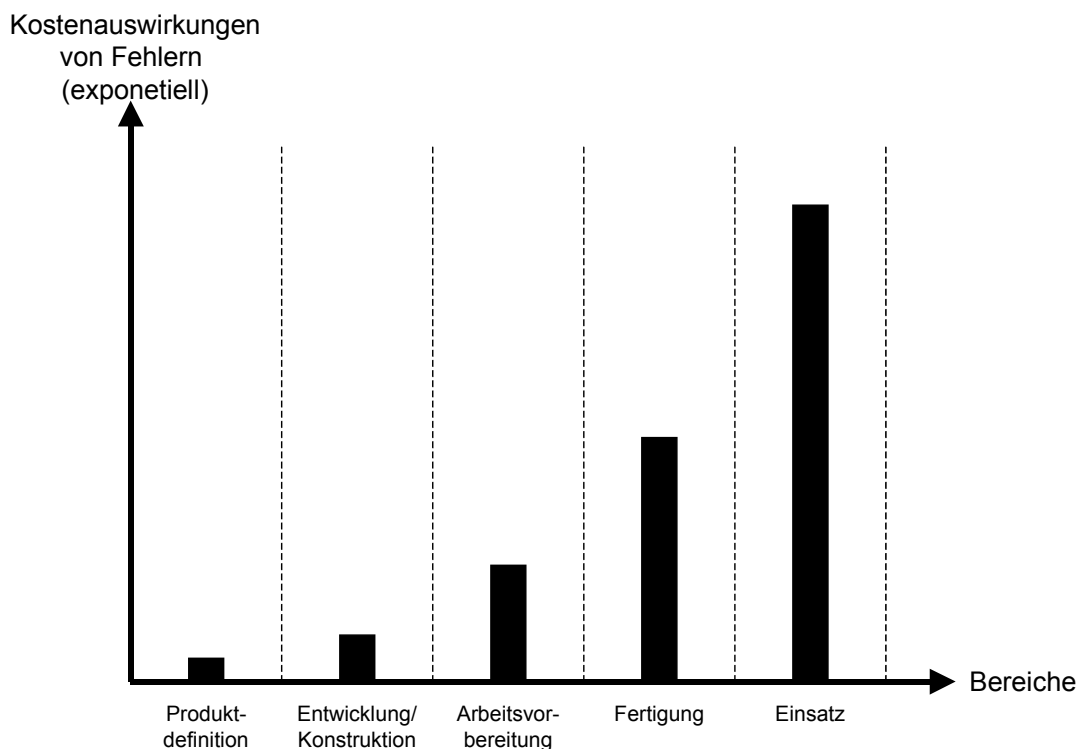


Abbildung 2.2: Zusammenhang zwischen Fehlerkosten und Unternehmensbereichen [EHR 95] [PFE 01].

Es besteht somit auch eine besondere monetäre Notwendigkeit, sich den frühen Phasen des Produktlebenszyklusses, der Produktentwicklung, zu widmen. Alle Maßnahmen, die eine Verbesserung der Konkurrenzfähigkeit der Unternehmungen zum Ziel haben, sind nur dann sinnvoll, wenn sie im Kern die Produktentwicklung betreffen [SPU 97].

2.1.2 Ansätze zur Steigerung der Effizienz innerhalb der Produktentwicklung

2.1.2.1 Überblick über die Maßnahmentypen

Ziel aller Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz der Produktentwicklungsprozesse ist die Wettbewerbssituation der Unternehmung auf den Märkten zu verbessern. Steigerung der Effizienz bedeutet, dass ein wettbewerbsentscheidendes Merkmal, also entweder die Produktentwicklungszeit (Time to Market), die Produktqualität oder die Produktkosten, positiv beeinflusst werden (siehe **Abbildung 2.3**).

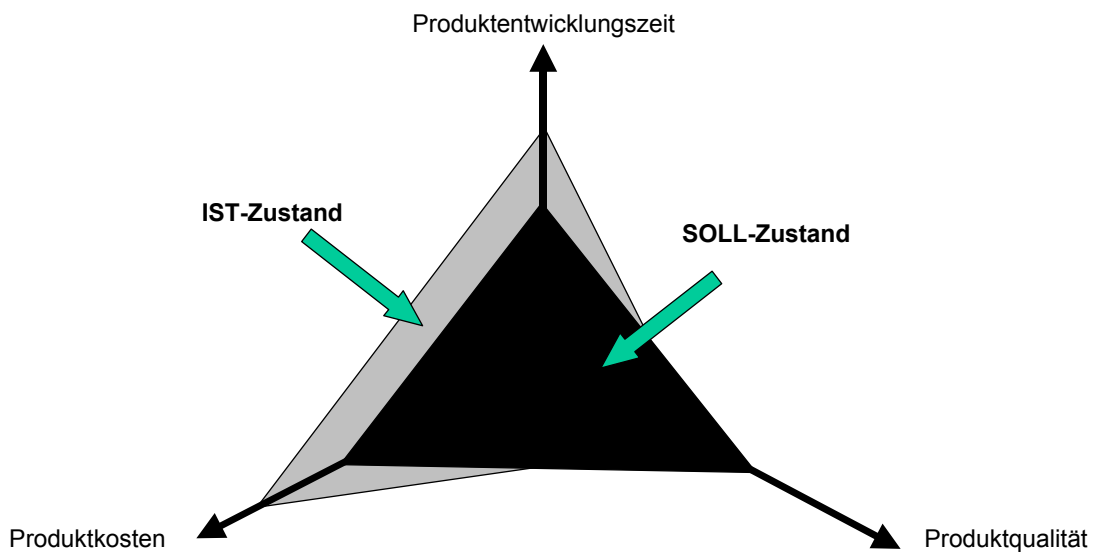


Abbildung 2.3: Ist-Zustand und Soll-Zustand der Produktentwicklungsprozesse.

Um die Entwicklungseffektivität zu steigern, sind in der Literatur vielfältige Ansätze beschrieben worden. **Abbildung 2.4** gibt einen Überblick über die verschiedenen Maßnahmentypen. Wichtig ist hierbei festzuhalten, dass zwischen den verschiedenen Ansätzen Wechselbeziehungen bestehen. So ist eine Realisierung des produktbezogenen Ansatzes teilweise nur durch eine Unterstützung auf der Basis der Informationstechnik zu erreichen. Alle Maßnahmen haben das Ziel die Produktentwicklungszeit, die Produktkosten und die Produktqualität positiv zu beeinflussen, wobei sie jeweils eine spezifische primäre Zielorientierung haben. So hat z.B. das Simultaneous Engineering als eine Methode der ablauforganisatorischen Maßnahmen das primäre Ziel die Produktentwicklungszeit zu verkürzen, jedoch sollen bei diesem Ansatz auch Produktqualität und Produktkosten positiv beeinflusst werden.



Abbildung 2.4: Maßnahmen zur Verbesserung der Produktentwicklungsleistung.

2.1.2.2 Produktbezogene Maßnahmen

Vergleichende Untersuchungen zwischen europäischen und japanischen Automobilhersteller haben ergeben, dass die höhere Entwicklungsproduktivität der japanischen Hersteller, insbesondere die kürzere Entwicklungszeiten, auf das verwendete Produktkonzept und die grundlegende Entwicklungsphilosophie zurückzuführen ist [CLA 92]. Folgende produktbezogenen Maßnahmen haben einen starken Einfluss auf Kosten, Qualität und Entwicklungszeit eines Produktes [SCHM 90] [BRO 88]:

- **Standardisierung:** Ziel dieser Strategie ist es möglichst viele gleiche Komponenten in die verschiedenen Produkte zu integrieren. Dies gilt sowohl für die Materialien als auch für die Bauteile bzw. die Baugruppen.
- **Modulstruktur bzw. Baukastenstruktur:** Der Einsatz dieser Strategien ermöglicht den Aufbau von Produkten aus Baukästen und Modulen, was den produktspezifischen Entwicklungsaufwand sehr stark reduziert. Die Verwendung macht es erst möglich, schnell und mit geringen Kosten auf neue Marktbewegungen zu reagieren.
- **Geeignete Auswahl der verwendeten Techniken und Materialien:** Insbesondere in der Serienentwicklung muss sichergestellt sein, dass allein Techniken und Materialien zum Einsatz kommen, die durch die Vorausbildung abgesichert sind. Wenn dies nicht der Fall ist, sind kostenerhöhende und zeitraubende Änderungsschleifen vorprogrammiert.
- **Geeignete Auswahl der Produkteigenschaften:** Mit der Festlegung der Gebrauchseigenschaften eines Produktes ist implizit der Entwicklungsaufwand festgelegt. Um nicht unnötig die Kosten, Qualitätsanforderungen und Entwicklungszeit in die Höhe zu schrauben, muss ganz am Anfang der Pro-

duktentwicklung festgelegt werde, welche Eigenschaften aus Kundensicht relevant sind.

2.1.2.3 Ablauforganisatorische Maßnahmen

In der Forschung und in der Praxis haben sich Methoden ergeben, die eine direkte Verbesserung der Ablauforganisation anstreben. Ziel dieser Strategien ist es, die Effektivität der Produktentwicklung zu verbessern. Der nun folgende Abschnitt soll exemplarisch einige bekannte Methodiken und Strategien erläutern, die direkt die zentralen Bausteine der Ablauforganisation, die Aktivitäten, positiv zu beeinflussen versuchen:

- **Simultaneous Engineering:** Der Begriff bezeichnet ein Vorgehen, bei dem die einzelnen Vorgänge innerhalb des Produktentwicklungsprozesses nicht mehr nur sequentiell ablaufen sollen. Stattdessen wird eine weitestgehende Parallelisierung der Prozesse angestrebt [FRI 97]. **Abbildung 2.5** zeigt, dass eine Parallelisierung von Tätigkeiten einen hohen Synchronisationsbedarf aufwirft. In der Praxis werden daher interdisziplinäre und funktionsübergreifende Projektteams eingesetzt [SPU 97]. Durch die Kommunikation innerhalb der Teams kann auch der Nachteil von unvollständigen bzw. unsicheren Informationen gemildert werden.

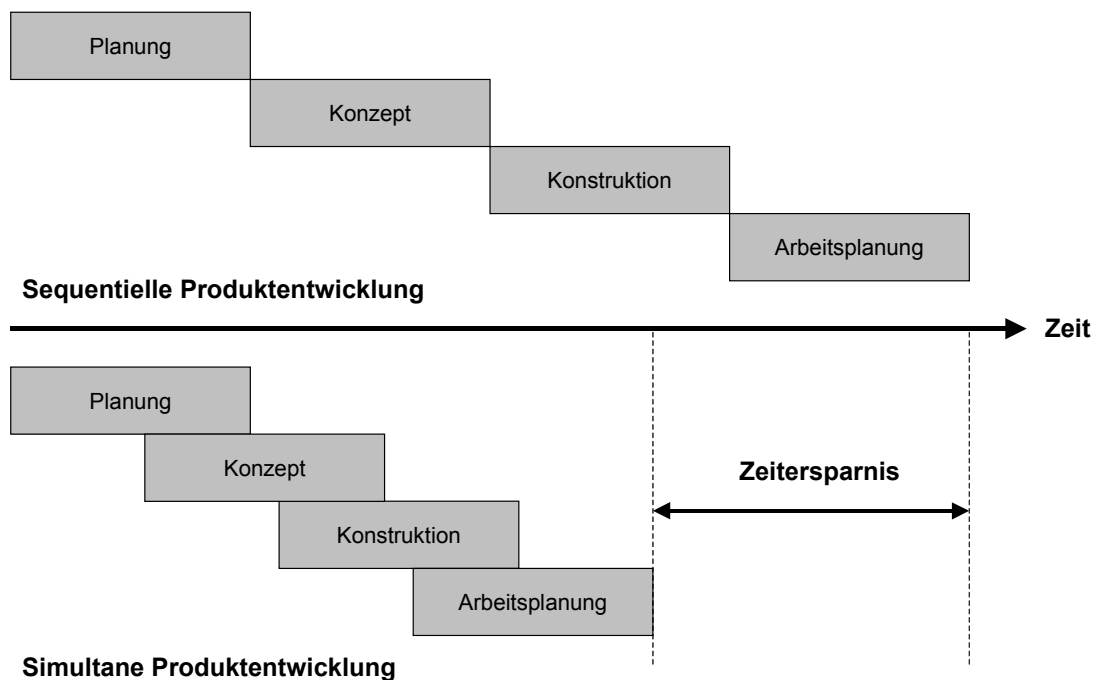


Abbildung 2.5: Gegenüberstellung von sequentieller und simultaner Vorgehensweise [SPU 97].

- **Prozess Reengineering:** Die Gründer der Methode, die Amerikaner Hammer und Champy, definieren Prozess Reengineering als ein fundamentales Überdenken und radikales Redesign von Unternehmen oder wesentlichen Unternehmensprozessen [HAM 93]. Der Ansatz hat die Zielsetzung, bestehende Unternehmensabläufe und -strukturen radikal zu überdenken und zu

verändern. Die Veränderung der Prozesse sehen die Autoren als ein Resultat der sich veränderten Randbedingungen, unter denen die Unternehmensabläufe entstanden sind. Eine besondere Bedeutung kommt bei diesem Ansatz der Informationstechnik zu, da nur ausgehend von dieser Technik eine radikale Veränderung der Prozesse möglich ist [HAM 93]. Das besondere an dem Ansatz ist, dass nicht versucht wird eine Abteilung oder einen Bereich zu optimieren. Die Methode geht von einer unternehmensumfassenden Optimierung der Prozesse aus. Die Orientierung auf die wesentlichen, wertschöpfenden Aktivitäten ist von großer Bedeutung für das Reengineering. Die Unternehmungen sollen sich auf ihre speziellen Fähigkeiten begrenzen (Kernkompetenzen) [HAM 93]. Prozesse, die keinen Kundennutzen aufweisen, sollen soweit als möglich reduziert werden.

2.1.2.4 Aufbauorganisatorische Maßnahmen

Die aufbauorganisatorischen Maßnahmen haben einen großen Einfluss auf die Effizienz der Produktentwicklung. Der Aufbau der Organisationsstruktur bildet den Organisationsrahmen, in dem die Produktentwicklung abläuft.

- **Projektmanagement:** Immer mehr Unternehmungen richten ihre Organisation nach den Gesichtspunkten des Projektmanagements aus [VOE 97]. Die Ziele, die hinter der Einführung des Projektmanagements stehen, sind vielfältiger Natur. Hierzu zählen die frühe Integration anderer Bereiche, ein durchgängiger Informationsfluss, klare Kompetenzzuteilung für Projekt und Linie etc. [VOE 97]. Ein Projekt wird definiert als ein Vorhaben, das im Wesentlichen durch die Einmaligkeit der Bedingungen in ihrer Gesamtheit gekennzeichnet wird [SPU 97].
- **Teamarbeit:** Bei der Teamarbeit arbeiten im Gegensatz zur Einzelarbeit die Mitglieder des Teams zusammen an der Lösung eines Problems. Es werden zwischen informellen Teams, die ohne Veranlassung des Unternehmens sich herausbilden, und formellen Teams, die sich auf Veranlassung der Führungskräfte bilden, unterschieden [VOE 97]. Die Vorteile, die in der Durchführung von Teamarbeit gesehen werden, sind [VOE 97]:
 - Es kommt sowohl qualitativ als auch quantitativ mehr Fachwissen als bei der Einzelarbeit zum Tragen.
 - Die Möglichkeit der Informationsübermittlung wird verbessert.
 - Die Lernfähigkeit eines Teams und die Akzeptanz von Maßnahmen ist höher.
 - Die Teamarbeit kommt den soziologischen Bedürfnissen der Mitarbeiter entgegen.

2.1.2.5 Qualitätsbezogene Maßnahmen

Qualität ist nach der Norm DIN 55350 folgendermaßen definiert [DIN 95]:

Qualität ist die Beschaffenheit einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen.

Unter qualitätsbezogenen Maßnahmen sind nun all die Maßnahmen zu verstehen, die in der Literatur als Quality Engineering-Methodiken bezeichnet werden [KAM 94]. Dies sind Verfahren wie das Quality Function Deployment (QFD), die

Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA), Design Reviews etc. Diese Verfahren haben jedoch nicht nur Auswirkungen auf die Produktqualität, sondern auch Auswirkungen auf die Parameter „Produktkosten“ bzw. „Produktentwicklungszeit“ (vgl. auch **Kapitel 4.2**).

2.1.2.6 Informationstechnische Maßnahmen

Der Einsatz von EDV-Techniken hat auch die Produktentwicklungsprozesse verändert. Ohne den Einsatz von EDV innerhalb der Entwicklungsprozesse ist heutzutage keine effektive Forschung und Entwicklung vorstellbar. So werden z.B. CAD-Systeme immer stärker in den Konstruktionsabteilungen der Industrieunternehmen eingesetzt (vgl. auch **Kapitel 2.2**).

2.1.3 Der Produktentwicklungsprozess innerhalb der Automobilindustrie

Die Entwicklung eines Automobils wird in vier Schritten untergliedert:

- In dem ersten Schritt (**Strategiephase**) werden die grundsätzlichen Vorgaben und Rahmenbedingungen festgelegt. So wird definiert, in welchem Marktsegment und gegen welche Konkurrenzfahrzeuge das zu entwickelnde Fahrzeug positioniert wird.
- In dem sich anschließenden Schritt (**Technikphase**) werden Innovationen, die für den Erfolg des Fahrzeuges am Markt wichtig sind, selektiert und serientauglich entwickelt.
- In dem dritten Schritt (**Fahrzeugphase**) werden die fahrzeugspezifischen Eigenschaften und Funktionalitäten erarbeitet und optimiert.
- Der vierte Schritt (**Anlaufphase**) ist als Test für die prozesssichere Produzierbarkeit des Fahrzeuges eingeplant und dient zur Erhöhung des Reifegrades des Fahrzeuges. Abschluss findet der Schritt mit dem ersten Kundenfahrzeug (Job Nr. 1).

Abbildung 2.6 zeigt exemplarisch den Ablauf des Produktentwicklungsprozesses eines Automobilherstellers mitsamt den definierten Meilensteinen.

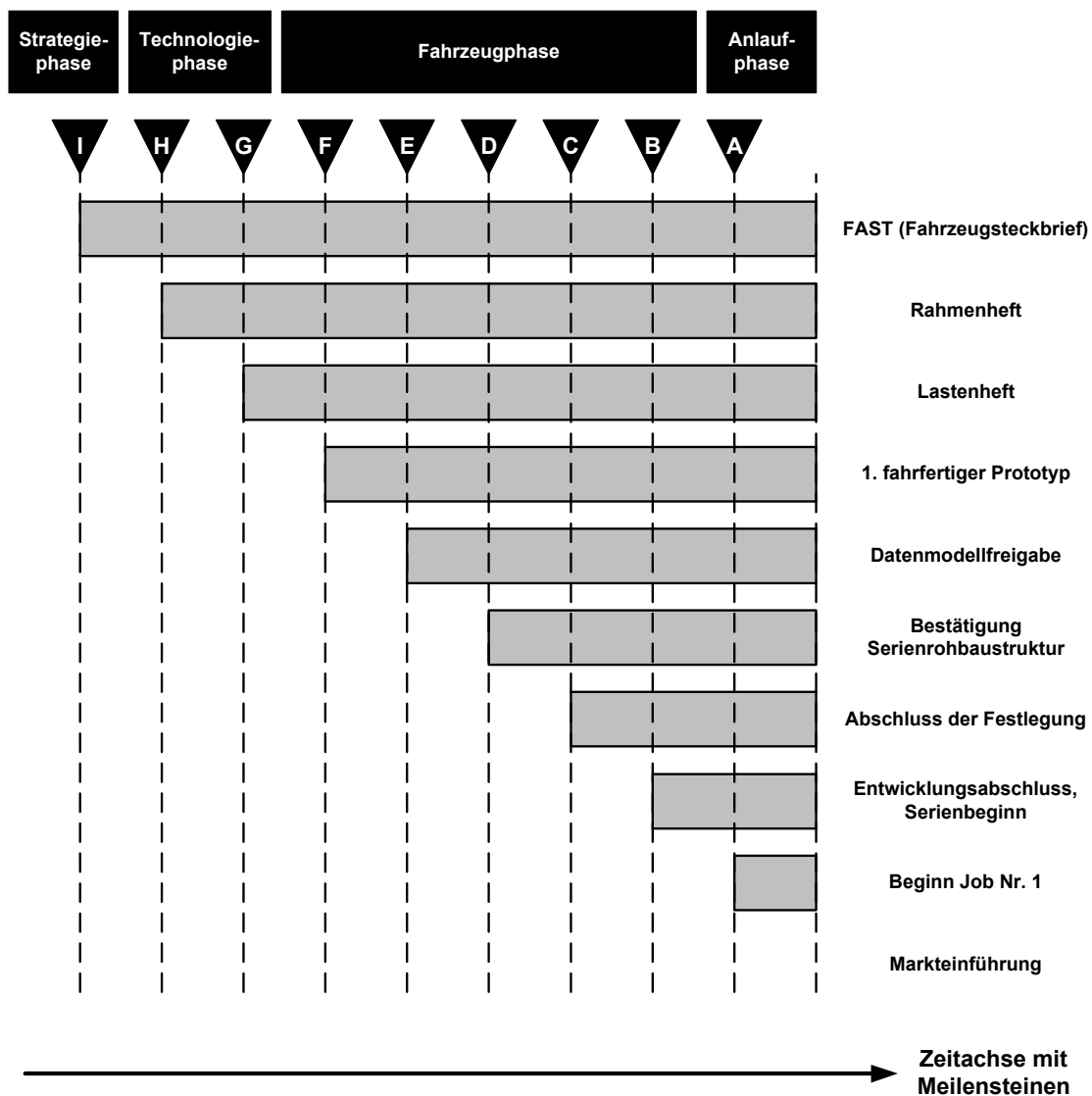


Abbildung 2.6: Der Produktentwicklungsprozess anhand des Beispiels der Marke Mercedes (Mercedes Development System-MDS) [HAR 02].

2.2 Digital Mock-Up (DMU)

2.2.1 Begriffsbestimmung und Ziele des DMU

Die digitale Produktentwicklung wird als die Schlüsseltechnik für die Produktentwicklung der Zukunft bezeichnet, denn sie vereinigt Strategien industrieller Produktentwicklung mit Innovationen der Informations- und Kommunikationsindustrie [SPU 97]. Aufgrund der sich verbessernden Hardware und Software und der sich durch externe Faktoren veränderten Anforderungen, hat sich der Konstruktionseinsatz in den letzten zwei Jahrzehnten sehr stark gewandelt [SPU 97] (siehe **Abbildung 2.7**).

So stand am Anfang der Entwicklung die rechnerunterstützte Konstruktion im Vordergrund. Ziel dieser Entwicklungsstufe war es, den geometrieezeugenden Konstruktionsprozess mit Hilfe von 2D-CAD-Systemen zu unterstützen, so dass sich hieraus der Begriff „digitales Reißbrett“ entwickelte. Zu den geometrischen Datenumfänge kamen später weitere Daten hinzu, wie beispielsweise Stücklisteninformationen, um eine Versorgung der aufkommenden Produktions- und Planungssystemen (PPS) sicherzustellen [SPU 97]. In der momentanen Entwicklungsstufe, welche mit „Virtuelle Produktentwicklung“ bezeichnet wird, geht es nun darum, alle relevanten Daten in einem so genannten Produktmodell zusammenzuführen, um sie den folgenden Gliedern der Prozessketten zur Verfügung zu stellen.

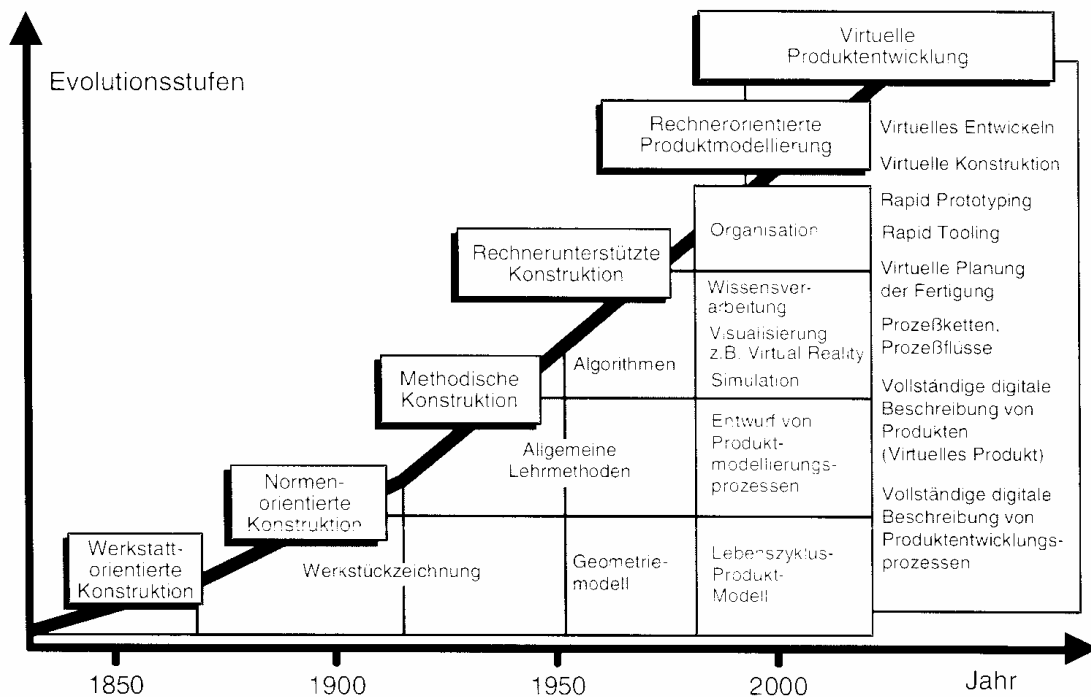


Abbildung 2.7: Evolutionsphasen der Produktentwicklung [SPU 97].

Der Begriff Digital Mock-Up bezeichnet das Ergebnis der digitalen Produktentwicklung, wobei in der Literatur als Synonyme zu DMU auch das virtuelle bzw. digitale Produkt genannt werden [SPU 97]. DMU ist die rechnerbasierte Darstellung eines Produkts und dient als zentraler Informationsträger einer computer-gestützten Produktentwicklung [SPU 97]. Mock-Up ist der englische Begriff für „Aufbau, Attrappe“. Digital Mock-Up bedeutet somit „digitaler Aufbau, digitale Attrappe“ [DMU 03]. Die Definition des Begriffes DMU lautet (offizielle Definition des EU-Projekts AIT) [AIT 96, Seite 4] (siehe auch **Abbildung 2.8**):

„Digital Mock-Up is a realistic computer simulation of a product with the capability of all required functionalities from design, manufacturing and product service environment which is used as a platform for product and

process development, for communication and decision, from a first conceptual layout up to maintenance and product recycling.“

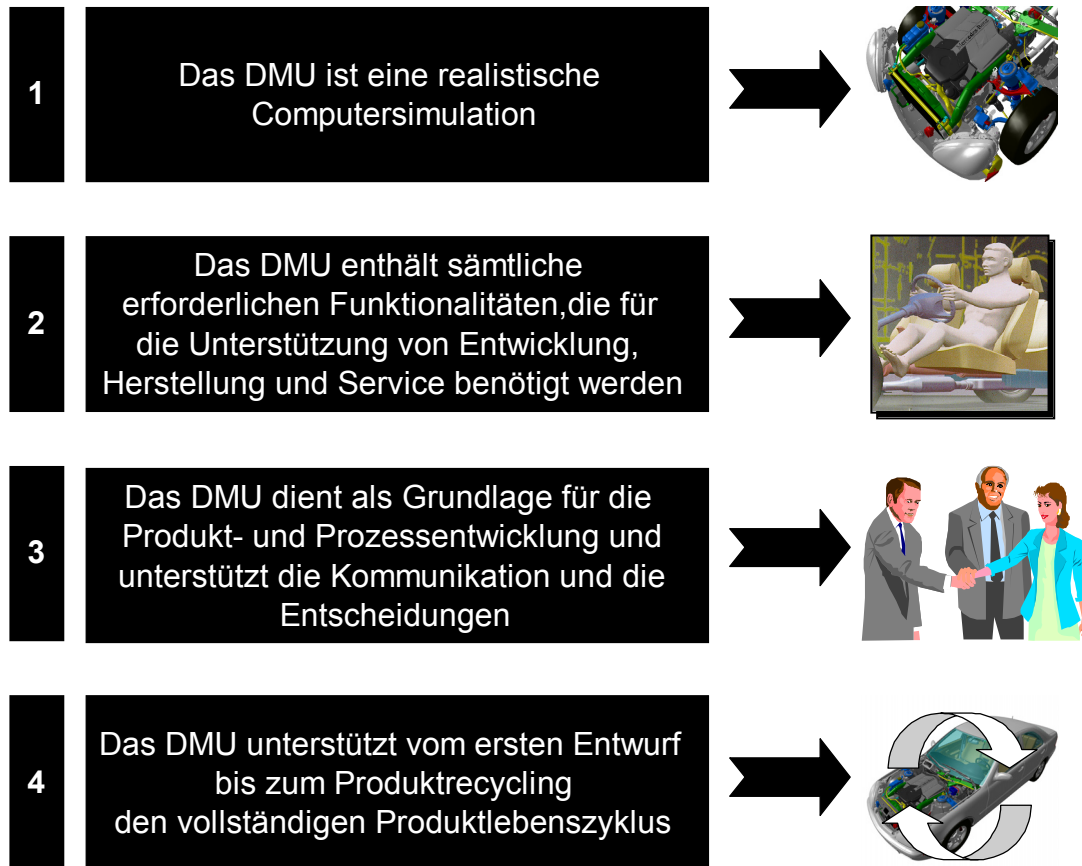


Abbildung 2.8: Definition des Begriffes Digital Mock-Up [AIT 96].

Die Überlegung, die hinter dem Begriff DMU steckt, ist, dass alle Versuche, die an physischen Mock-Up (PMU) durchgeführt werden können, nun virtuell am DMU durchgeführt werden können. Darüber hinaus sollen am DMU auch solche Untersuchungen durchgeführt werden, die an einem PMU in der Realität gar nicht durchgeführt werden können bzw. sich aus monetären Gründen der Realisierung entziehen (große Anzahl von Crashversuche, Montageuntersuchungen in der geplanten, noch nicht existenten Fabrik etc.). Beim Einsatz des DMU stehen im Einzelnen folgende Zielsetzungen im Vordergrund [KRA 96]:

- Möglichst vollständige Ablösung der zeit- und kostenintensiven Physical Mock-Up (PMU).
- Verringerung der Änderungskonstruktionsschleifen.
- Absicherung der Konstruktionsergebnisse aus fertigungstechnischer Sicht.
- Qualitätsverbesserung und hoher Reifegrad zu einem frühen Zeitpunkt.
- Verbesserung der Kommunikation aller an der Entwicklung beteiligten Personen.

- Frühzeitiges Sichtbarmachen von Entwicklungsergebnissen und deren Auswirkungen.

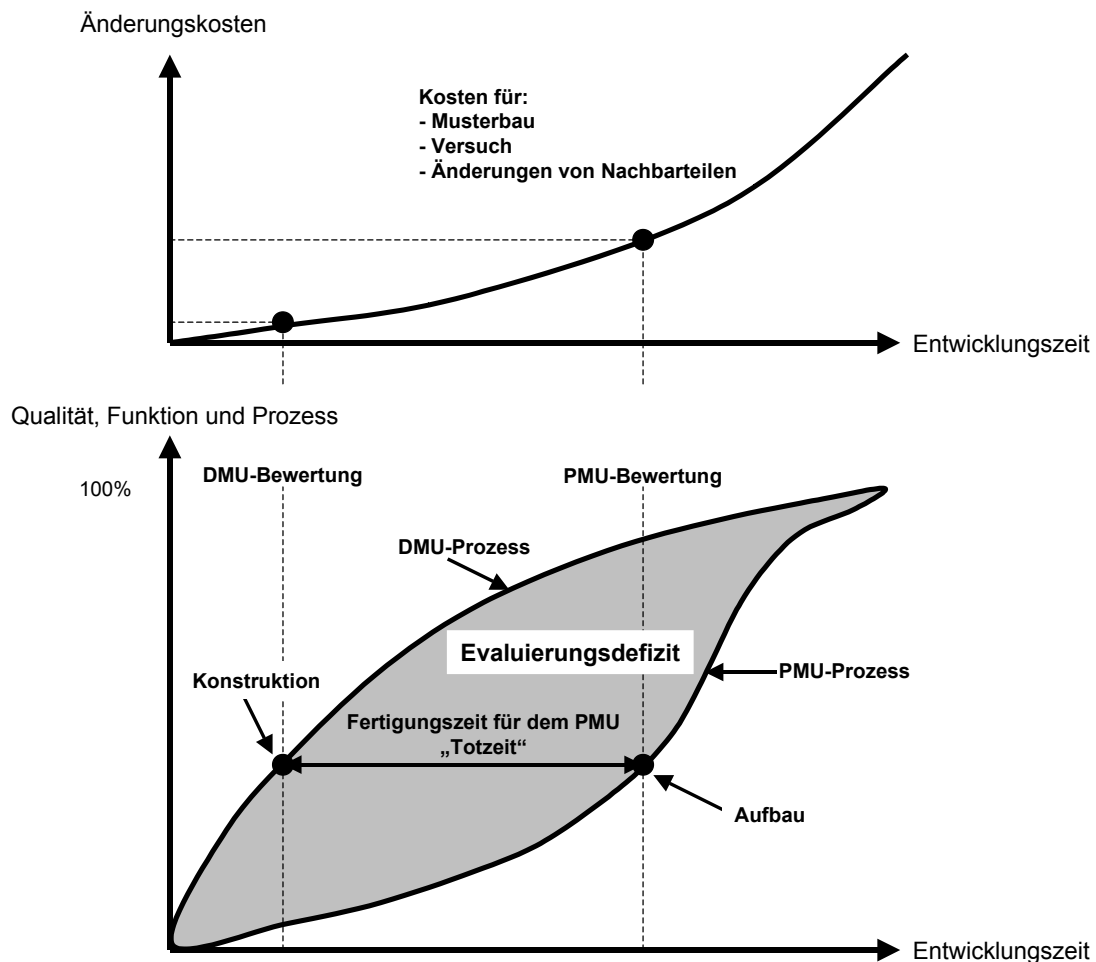


Abbildung 2.9: Frühzeitiges Sichtbarmachen von Auswirkungen [AIT 00].

Abbildung 2.9 stellt die Änderungskosten über die Entwicklungszeit dar. Die Änderungskosten steigen mit fortschreitender Entwicklung stark an. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, Bauteiländerungen mittels DMU zu bewerten. Die Bewertung des DMU kann wesentlich früher als die Bewertung des PMU erfolgen. Bei einem Abwarten auf die PMU-Ergebnisse entsteht durch die Fertigungszeit des Aufbaus eine Totzeit, welche die Entwicklungszeit verlängert. Die Fläche der Grafik gibt das Evaluierungsdefizit an. Das Evaluierungsdefizit entsteht durch die Totzeit zwischen Konstruktion des DMU und Aufbau des PMU [AIT 00]. Die Vision besteht darin, in weiter Zukunft alle Prototypen durch das DMU zu ersetzen. In der momentanen Situation ist man jedoch noch nicht soweit. Um vom PMU-gestützten Konstruktionsprozess zum DMU-gestützten Konstruktionsprozess zu gelangen, werden noch viele Anstrengungen unternommen werden müssen.

2.2.2 Anwendungsgebiete des DMU

Die wichtigsten Voraussetzungen für den Einsatz des DMU sind [KÖB 99]:

- Die geometrischen Daten müssen vollständig vorliegen.
- Die geometrischen Modelle müssen in 3D-CAD-System beschrieben sein. Für weitergehende DMU-Anwendungen müsse noch andere Parameter beschrieben werden (Kinematiken, Materialeigenschaften, etc.).
- Die geometrischen Modelle müssen richtig positioniert sein.
- Die Daten müssen strukturiert abgelegt werden.
- Auf die Daten muss jederzeit zurückgegriffen werden können.

Gemäß der Definition des Begriffs DMU gehen die DMU-Anwendungsfelder über den gesamten Produktlebenszyklus. **Abbildung 2.10** gibt einen Überblick über das Anwendungspotential am DMU.

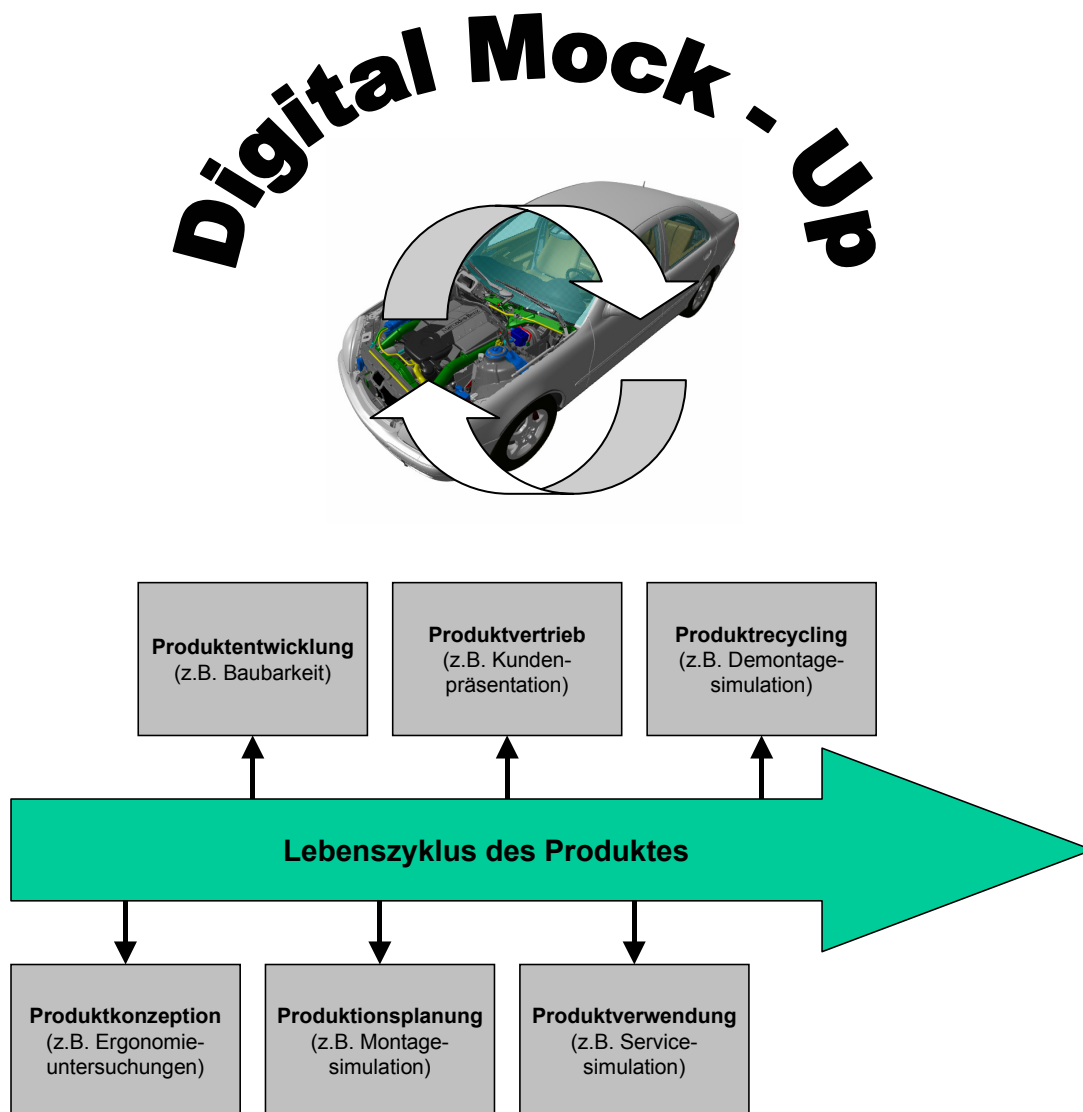


Abbildung 2.10: Anwendungspotentiale am DMU bezüglich des Produktlebenszyklus.

In der momentanen Praxis jedoch werden die Anwendungen, die am DMU durchgeführt werden, durch noch nicht vorhandene Software- und Hardware-Lösungen limitiert. Die wichtigsten Verwendungsgebiete zur Nutzung des DMU sind die folgenden Bereiche [KNO 00] [SPO 01] [HAR 02] [HEL 01]:

- **Ergonomieuntersuchungen:** Dabei geht es um Untersuchungen bezüglich der ergonomischen Eigenschaften des künftigen Produktes. Beispielsweise ist ein Ziel eine Sichtfeldkontrolle anhand des DMU durchzuführen.
- **Baubarkeitsuntersuchungen:** Bei dem auch als „statisches Packaging“ bezeichneter Vorgang werden die einzelnen Bauteile bzw. Komponenten innerhalb des Produktes auf räumliche Kollisionen untersucht. Problematisch ist zurzeit noch die Simulation von flexiblen Bauteilen. Ziel der Baubarkeitsuntersuchung ist es zukünftig auch, Toleranzberechnungsergebnisse mit in die Simulationen einzubeziehen (Fertigungsprozesssicherheit, Passfähigkeit).
- **Ein- und Ausbausimulation:** Mit Hilfe des DMU und von Softwareprogrammen werden bei dem sog. „dynamischen Packaging“ Untersuchungen durchgeführt, ob ein Bauteil bzw. Komponente überhaupt grundsätzlich montierbar bzw. demontierbar ist. Beispielsweise werden bei einem PKW Simulationen durchgeführt, ob die Batterie in den Motorraum montierbar ist, jedoch momentan ohne detailliert den Fertigungskontext zu beachten (z.B. keinerlei Beachtung der menschlichen Hand bei manueller Montage).
- **Simulation von Produktionsabläufen:** Damit ein Produkt prozesssicher produziert werden kann, ist es notwendig, das virtuelle Produkt nicht nur aus Entwicklungs- und Konstruktionssicht zu betrachten. Um mit einem aus Fertigungssicht prozesssicher herzustellendes Produkt in die Fertigung und Montage gehen zu können, muss der DMU des Produktes mit der virtuellen Produktionsumgebung kombiniert werden. Somit ist aus der Sicht der Arbeitsvorbereitung eine Verschmelzung des „DMU-Produkt“ und des „DMU-Fabrik“ notwendig. Untersuchungsziele sind z.B. die automatische Montage des Cockpits in das Automobil. Gegenüber dem dynamischen Packaging unterscheidet sich die Simulation von Montageprozessen, dass hier neben dem Produkt auch das Fertigungsumfeld (Roboter, Werkzeuge etc.) mit simuliert werden.
- **Simulation von Produktfunktionalitäten:** Bei der Simulation von Produktfunktionen stehen vor allen Dingen mechanische Produktfunktionen im Vordergrund. Die Simulation des Öffnungs- und Schließmechanismus eines Cabriolets kann hierbei z.B. durch eine Kinematiks simulation durchgeführt werden.
- **Visualisierung:** Um dem Konstrukteur und dem Management einen exakten Eindruck bezüglich einer möglichst realistischen Darstellung des Produktes liefern zu können, werden verschiedene Visualisierungstechniken und -prinzipien verwendet. So wird z.B. bei der Visualisierungstechnik „Level of Detail“ die Komplexität einer Szene in Abhängigkeit des Betrachters berechnet, so dass Ausschnitte am Rand nicht so genau dargestellt werden wie Szenen direkt vor dem Betrachter. Das Problem der großen Menge an Daten wird dadurch teilweise gelöst, indem die geometrischen Modelle in ein anderes Datenformat umgerechnet werden (so genannte Tessellierung).

- **Berechnungen:** Unter diesem Schlagwort sind Simulationen zu verstehen wie Crashuntersuchungen, Schwingungssimulationen, etc.

Abbildung 2.11 gibt einen Überblick über die momentan in der Praxis verwendeten Hauptanwendungsgebiete des DMU (Beispiel: Automobilindustrie).

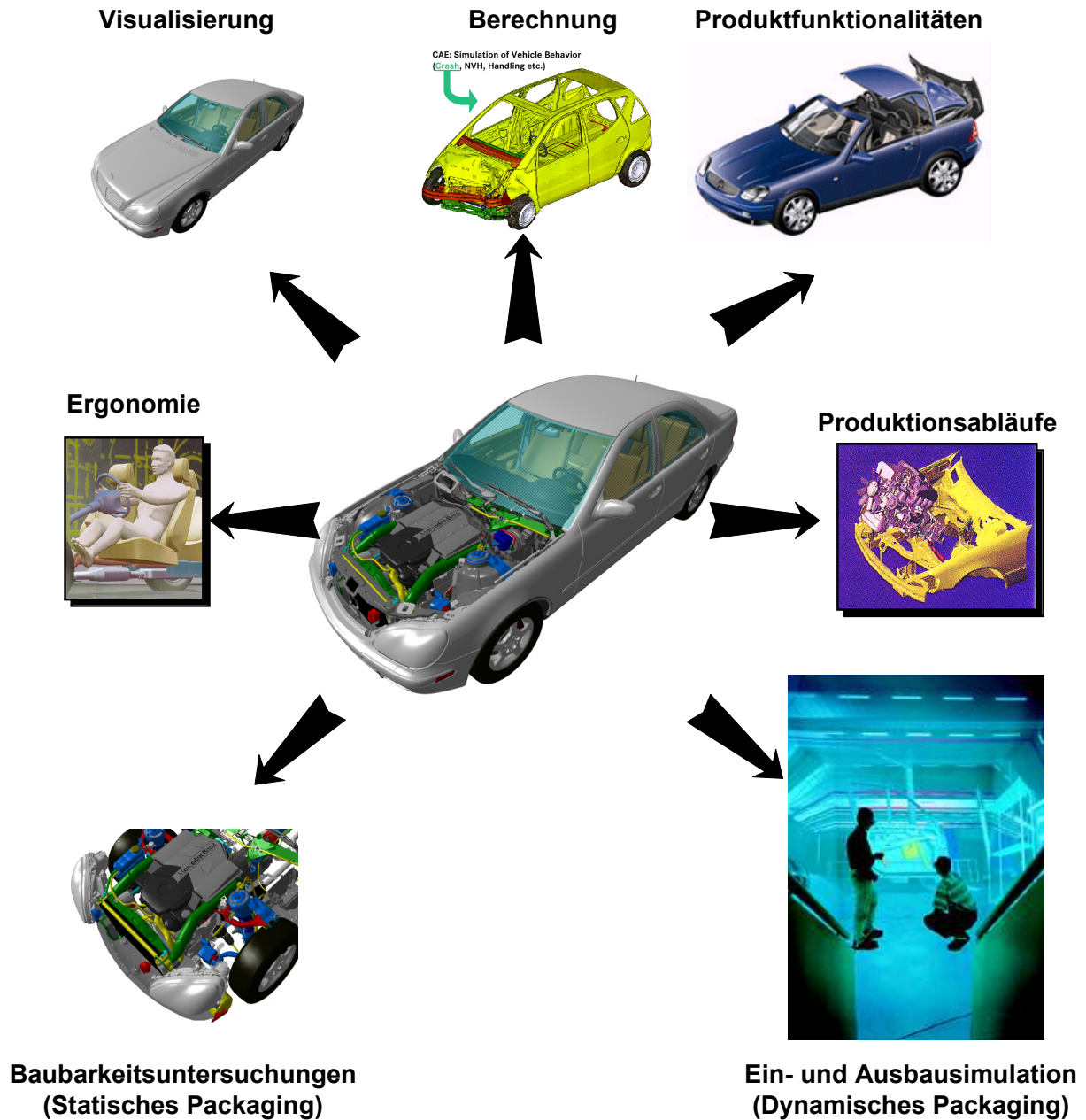


Abbildung 2.11: Praktizierte Anwendungen des DMU im Produktlebenszyklus am Beispiel der Automobilindustrie.

Hauptanwender der DMU-Technik sind im Moment hauptsächlich die kapitalkräftigen Großkonzerne der Automobilindustrie bzw. der Luft- und Raumfahrtindustrie [HAR 02] [KNO 00] [HEL 01] [SPO 01]. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass wie bei anderen innovativen Technik (CAD-Technik, etc.) ein Diffundieren in die anderen Industriezweige stattfinden wird, sobald die Techniken kostengünstig verfügbar sein werden. So gibt es die Anwendung von DMU bei einem Hersteller von Traktoren [CAD 02], als auch bei Ingenieursdienstleistern [HIL 02].

2.3 Situationsanalyse zur Einführung von DMU-Techniken in den Produktentwicklungsprozess

2.3.1 Charakteristik bei der Einführung von DMU-Techniken

Die Einführung von DMU-Techniken hat einen anderen Charakter als die Einführung von gewöhnlichen Softwareprodukten, wie z.B. der Einführung von CAD-Systemen (vgl. **Kapitel 4**). Die Einführung von DMU-Techniken weist folgende Charakteristika auf:

- **Notwendigkeit eines Mindeststandes an CAD-Technik bei der Einführung von DMU-Techniken:** Keine DMU-Technik kann ohne das Vorhandensein von Basis-Techniken eingeführt werden. So ist es absolut notwendig, dass zur Einführung der DMU-Technik „Statisches Packaging“ die Daten als 3D-CAD-Daten vorliegen. Solche Daten können jedoch nur erzeugt werden, wenn in den Unternehmungen zuvor 3D-CAD-Systeme eingeführt worden sind. Somit besteht eine strenge Kausalität zwischen der Einführung von DMU-Techniken und den vorhandenen CAD-Systemen.
- **Notwendigkeit der Beachtung der vorhandenen IT-Systemumgebung bei der Einführung von DMU-Techniken:** Die Einführung der DMU-Tools ist stark abhängig von der vorhandenen IT-Umgebung. So können spezielle DMU-Software-Produkte für Unternehmungen mit einer spezifischen IT-Umgebung interessant sein und das gleiche Software-Produkt nicht eingeführt werden, weil die Schnittstellen zwischen der DMU-Technik und der restlichen IT-Umgebung inkompatibel bzw. ineffizient sind. Bei der Einführung von DMU-Techniken handelt es sich somit nicht um die Einführung von IT-Werkzeugen „auf der grünen Wiese“, sondern in eine schon vorhandene IT-Welt. Oder anders ausgedrückt: nicht der „Neubau“ einer IT-Umgebung, sondern der „Anbau“ an eine IT-Umgebung steht im Vordergrund.
- **Notwendigkeit der Beachtung und Veränderung der vorhandenen Prozesse bei der Einführung von DMU-Techniken:** Die Einführung von DMU-Techniken bedingt, dass die Prozesse innerhalb der Unternehmung teilweise neu definiert werden müssen. Es ist auch durchaus möglich, dass die Einführung der DMU-Technik eine Reorganisation von Teilen der Unternehmensstrukturen zur Folge hat. Somit sind die Auswirkungen der Einführung von DMU-Techniken auf die vorhandene Prozesslandschaft gravierend. Die erfolgreiche Implementierung der DMU-Techniken in die neue Prozesslandschaft stellt einen gewichtigen Faktor für das Gelingen des gesamten DMU-Einführungsprojektes dar.

- **Notwendigkeit der Beachtung der Kundenwünsche bei der Einführung von DMU-Techniken:** Die Akzeptanz der DMU-Techniken und ihre Einbettung in die Daten- und Prozesswelt sind wichtige Erfolgsfaktoren. Da die DMU-Techniken zudem in einer starken Konkurrenz zu den bestehenden PMU-Techniken stehen, ist es für den Erfolg der Einführung existentiell wichtig, dass alle Kundenanforderungen mit in das Einführungsprojekt einfließen und aus motivationstechnischen Gründen die Hauptvorteile der DMU-Anwendung gegenüber der PMU-Anwendung herausgearbeitet werden.

2.3.2 Stand der Einführung bei der DaimlerChrysler AG

Das Thema DMU ist momentan noch sehr stark auf die Bereiche Automobilwesen und Luft- und Raumfahrtwesen beschränkt. Dies rührt zum einen daher, dass die Software- und Hardwaresysteme noch relativ teuer sind, zum anderen aber auch, dass speziell in diesen Bereichen sowohl die Komplexität der Produkte als auch der Produktentwicklungsprozesse so hoch sind, dass sich die Anwendung von IT-Systemen als sehr nutzbringend herausgestellt hat.

In der Literatur wird zwar oftmals über das Thema „Digital Mock-Up“ berichtet, jedoch gibt es derzeit keine Quelle, in welcher über ein Verfahren zur Einführung von DMU-Techniken in den Produktentwicklungsprozess berichtet wird. So berichtet Audi von ihren DMU-Aktivitäten anhand des Automobilprojektes Audi A2 [KNO 00]. Hierbei wird über die Erfahrung mit der Nutzung von DMU-Techniken in den Entwicklungsabteilungen und den Prototypenwerkstätten berichtet. Eine weitere Quelle gibt die DMU-Aktivitäten der Volkswagen AG [SPO 01] wieder. Jedoch wird nie im Detail erläutert, wie die Einführung der DMU-Techniken geplant, durchgeführt und kontrolliert wurde.

Da die Einführung von DMU-Techniken heutzutage noch sehr stark auf bestimmte Bereiche der Industrie beschränkt ist, soll auf den nächsten Seiten aufgezeigt werden, wie DMU-Techniken in der Automobilindustrie eingeführt werden. Als Beispiel soll der Einführungsprozess von DMU-Techniken bei der DaimlerChrysler AG, Sparte Mercedes Entwicklung aufgezeigt werden.

Der Verfasser war jahrelang an der Einführung von DMU-Techniken innerhalb der DaimlerChrysler AG, Sparte Entwicklung PKW beteiligt. Innerhalb der Sparte Entwicklung PKW gibt es eine Querschnittorganisation, welche sich mit der Einführung von DMU-Software beschäftigt.

Die eigentliche Einführung der DMU-Software (Prozessintegration, Schulungsorganisation, etc.) findet in den verschiedenen Sparten der Baureihenentwicklung statt (A-Klasse, C-Klasse, E-Klasse, S-Klasse, M-Klasse, etc.). In den Baureihen gibt es Abteilungen mit der Bezeichnung „Gesamtfahrzeugkonstruktion“. Die Aufgaben der Abteilungen besteht darin, die Entwicklung eines Fahrzeuges gesamtheitlich zu betrachten. So sind die Abteilungen dafür zuständig, dass die Fahrzeuge später sowohl als Prototypen als auch als Serienfahrzeuge baubar sind. Dies beinhaltet sowohl die Sicherstellung der Baubarkeit des Autos (Beispiel: Kühler passt in den Vorbau) als auch die

Sicherstellung der Montagefähigkeit bzw. der Servicefähigkeit der einzelnen Komponenten des Autos (Beispiel: Kühler kann im Servicefall ausgebaut und wieder eingebaut werden). Weitere Aufgaben bestehen im Umfeld des Maßkonzeptes (Sicherstellung einer ausreichenden Kopffreiheit, Sichtfelduntersuchungen, Wischerfelduntersuchungen, Untersuchungen am Reifengebirge, etc.).

Da viele Aufgabenstellungen mit Hilfe von DMU-Techniken bearbeitet werden können, haben sich historisch bedingt die Gesamtfahrzeugkonstruktionsabteilungen zu den Keimzellen und zu den stärksten Nutzern der DMU-Techniken entwickelt. Organisatorisch wird diesem Sachverhalt dadurch Rechnung getragen, dass es in jeder Gesamtfahrzeugkonstruktion ein Team gibt, welches sich mit der DMU-Technik beschäftigt. Unter anderem obliegt es diesem Team die durch die Querschnittsorganisation bereitgestellten DMU-Softwaresysteme in die Prozesse der Baureihenentwicklung zu integrieren und die Einführung der DMU-Technik voranzutreiben (siehe **Abbildung 2.12**).

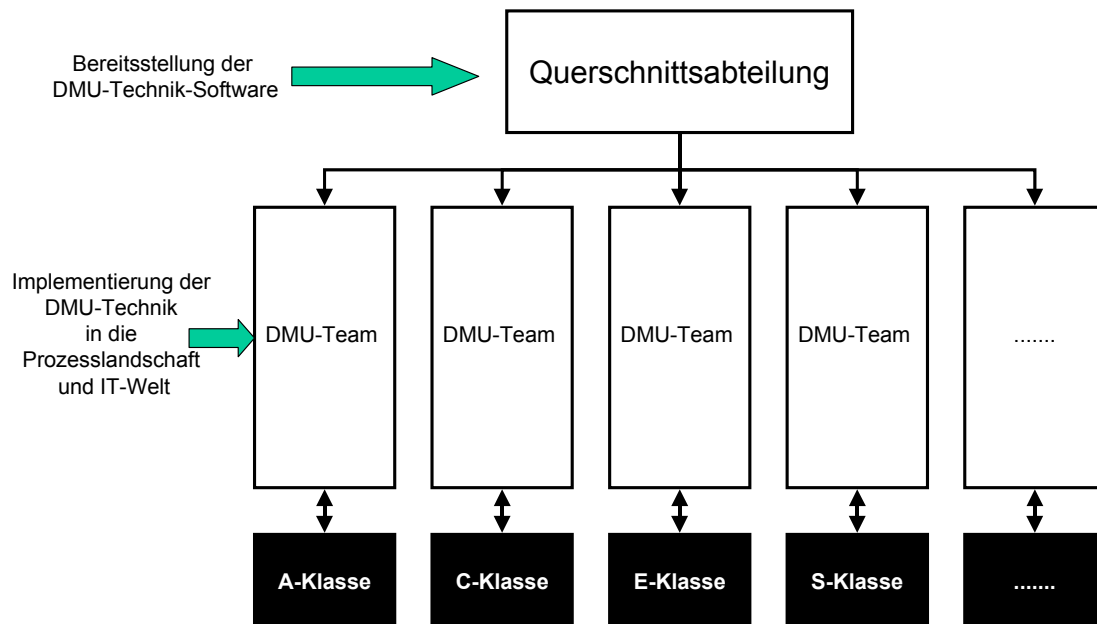


Abbildung 2.12: Organisatorische Struktur zur Einführung einer DMU-Technik in der Entwicklung Mercedes PKW.

Die verschiedenen Fahrzeugprojekte der Sparten haben unterschiedliche Startzeitpunkte (siehe **Abbildung 2.13**). Daher stehen den Fahrzeugprojekten unterschiedliche IT-Systeme zur Verfügung. So steht dem Fahrzeugprojekt A die DMU-Software 1 zur Verfügung, wohingegen Fahrzeugprojekt B mit einer neuen DMU-Software 2 starten kann. Wenn während des Fahrzeugprojektes neue Systeme auf dem Markt verfügbar sind (DMU-Technik 3), ist im Einzelfall zu prüfen, ob die Vorteile (erweiterte Funktionalitäten, etc.) die Nachteile (Schulungsmaßnahmen, etc.) aufwiegen. Diese Sachlage begründet, weswe-

gen die einzelnen Fahrzeugprojekte unterschiedliche IT-Systemwelten aufweisen und ein stetiges Erneuern dieser IT-Systemwelten notwendig ist.

Die Treiberrolle zur Einführung einer DMU-Technik wird sowohl von den Baureihenorganisationen als auch von der Querschnittsorganisation wahrgenommen. In einem nächsten Schritt werden Pilotprojekte durchgeführt. Zu erst in der Querschnittsorganisation, falls es sich bei der Software noch um eine völlig neue innerhalb der Entwicklung Mercedes PKW handelt, als auch später in den Fahrzeugprojekten der einzelnen Baureihen. Wenn das Pilotprojekt die Effektivität der DMU-Technik aufgezeigt hat, wird diese in allen Abteilungen eingeführt, die einen Nutzen aus der DMU-Technik erzielen können.

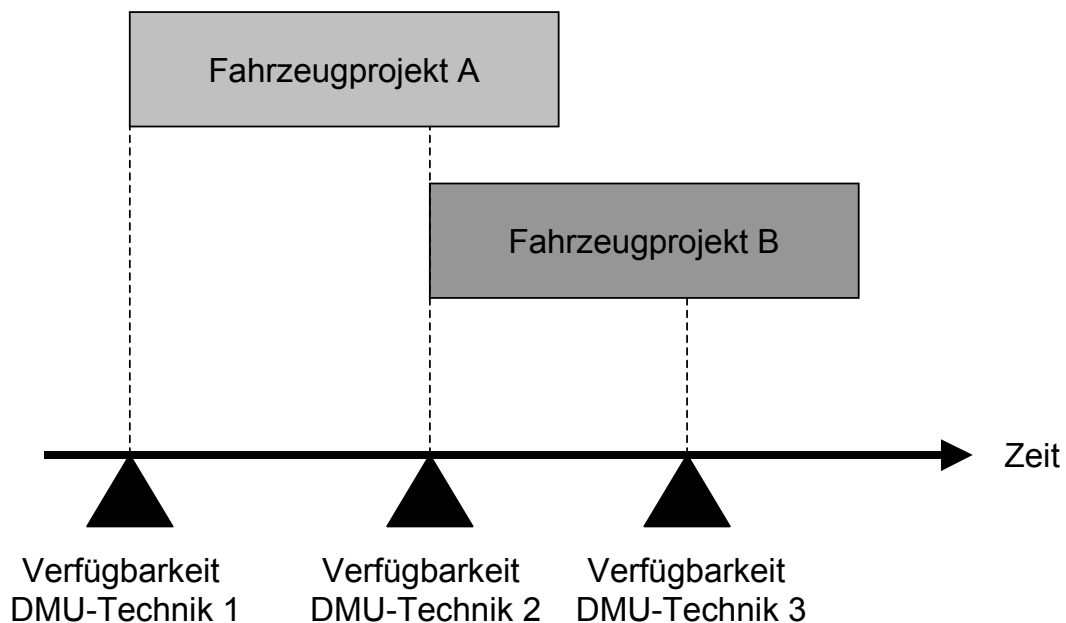


Abbildung 2.13: Zusammenhang zwischen der Verfügbarkeit von DMU-Techniken und den verschiedenen Fahrzeugprojekten.

Anwendungsstand innerhalb der Fahrzeugprojekte ist, die Baubarkeit und die Montagefähigkeit von Bauteilen des Automobils mit Hilfe von DMU-Techniken abzuprüfen und in die allgemeinen Entwicklungsprozesse zu implementieren. Die Visualisierung von größeren Umfängen der Fahrzeugprojekte in Sitzungen gehört zum Standard [EDM 01].

Die Speerspitze der Einführung von DMU-Techniken stellt das im April 2000 eingeweihte Virtual Reality Center (VRC) dar. Im VRC können große Datenmengen dreidimensional an einer speziellen Wand (sog. Powerwall) dargestellt werden. Des Weiteren ist es möglich interaktiv in einem speziellem Raum (sog. Cave) ergonomische Untersuchungen durchzuführen [BOR 01].

2.3.3 Defizite bei der Einführung von DMU-Techniken

Die heute angewendeten Verfahren zur Einführung von DMU-Techniken weisen folgende Defizite auf (siehe **Abbildung 2.14**):

- **Mangelnde Systematik, Standardisierung, Objektivität und Transparenz:** Je nach Mitarbeiter, welcher die Einführung koordiniert, werden verschiedene Methodiken angewendet. Hieraus ergibt sich das Defizit, dass keine Transparenz bei den Einführungsprozessen vorhanden ist. Um diese zu erreichen und einmal gewonnene Erfahrungen zu nutzen, wäre eine Standardisierung sinnvoll.
- **Mangelnde Beachtung aller DMU-Erfolgsparameter:** Bei der Einführung von neuen DMU-Techniken werden die hard- und softwaretechnischen Aspekte stark in den Vordergrund gestellt. Die Beachtung der vorhandenen Prozesse und deren Integration in später zu definierenden Prozesse wird zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Um die Wahrscheinlichkeit, dass die DMU-Technik in der Praxis ein Erfolg wird, zu steigern, muss das Einführungsverfahren weitere DMU-Erfolgsparameter in Betracht ziehen. So sind datentechnische Aspekte (Datenqualität, Verfügbarkeit an Daten, etc.) als auch wissenstechnische Aspekte (Schulungsmaßnahmen, praxisorientierte Kochrezepte, etc.) in die Betrachtung einzubeziehen. Eine gesamtheitliche Sichtweise auf die spätere Nutzung der DMU-Techniken ist notwendig
- **Mangelnde Integration der Kundenanforderungen:** Bei der derzeit in der Praxis angewandten Methode zur Einführung von DMU-Techniken werden die Kundenanforderungen nur unzureichend erfragt und in die DMU-Anwendung integriert. Die Beachtung der Kundenanforderungen ist jedoch der wichtigste Baustein zum Erfolg der DMU-Technik. Oftmals jedoch werden die Anwender mit einer DMU-Anwendung konfrontiert, welche ihren Anforderungen nicht genügen. Eine innere Verweigerungshaltung ist die Folge.
- **Mangelnde Beachtung der Ganzheitlichkeit:** Die Beachtung der strategischen Ebene, der taktischen Ebene und der operativen Ebene soll von den Einführungsverfahren sichergestellt werden (vgl. Ausführungen **Kapitel 5.1**).

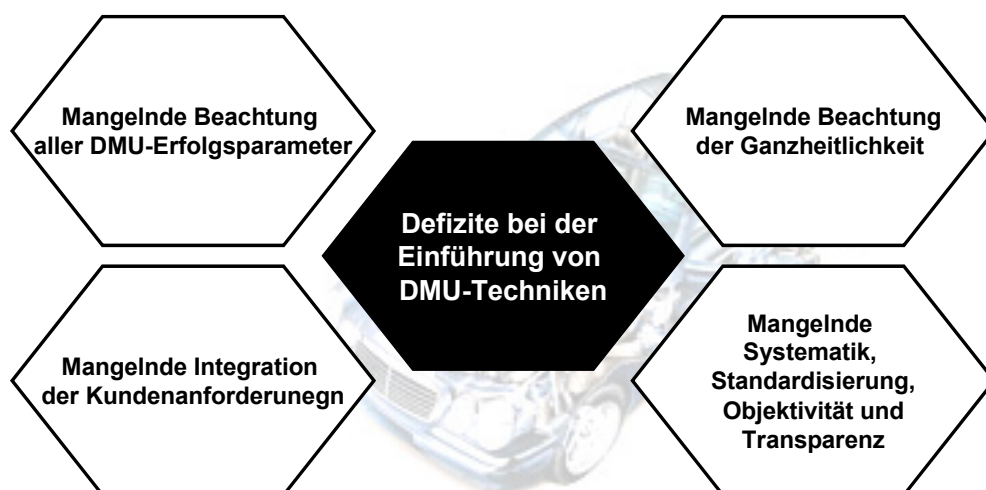


Abbildung 2.14: Defizite bei den heute eingesetzten Einführungsverfahren.

3 Aufgabenstellung der Arbeit

In **Kapitel 2** wurden die speziellen Anforderungen an die Einführung von DMU-Techniken aufgezeigt. Die Situationsanalyse der vorhandenen Einführungsverfahren ergab Defizite. Hieraus ergibt sich der Handlungsbedarf ein Verfahren zur Einführung von DMU-Techniken zu erarbeiten. **Abbildung 3.1** fasst die Argumentationskette, welcher dieser Arbeit zugrunde liegt, zusammen.

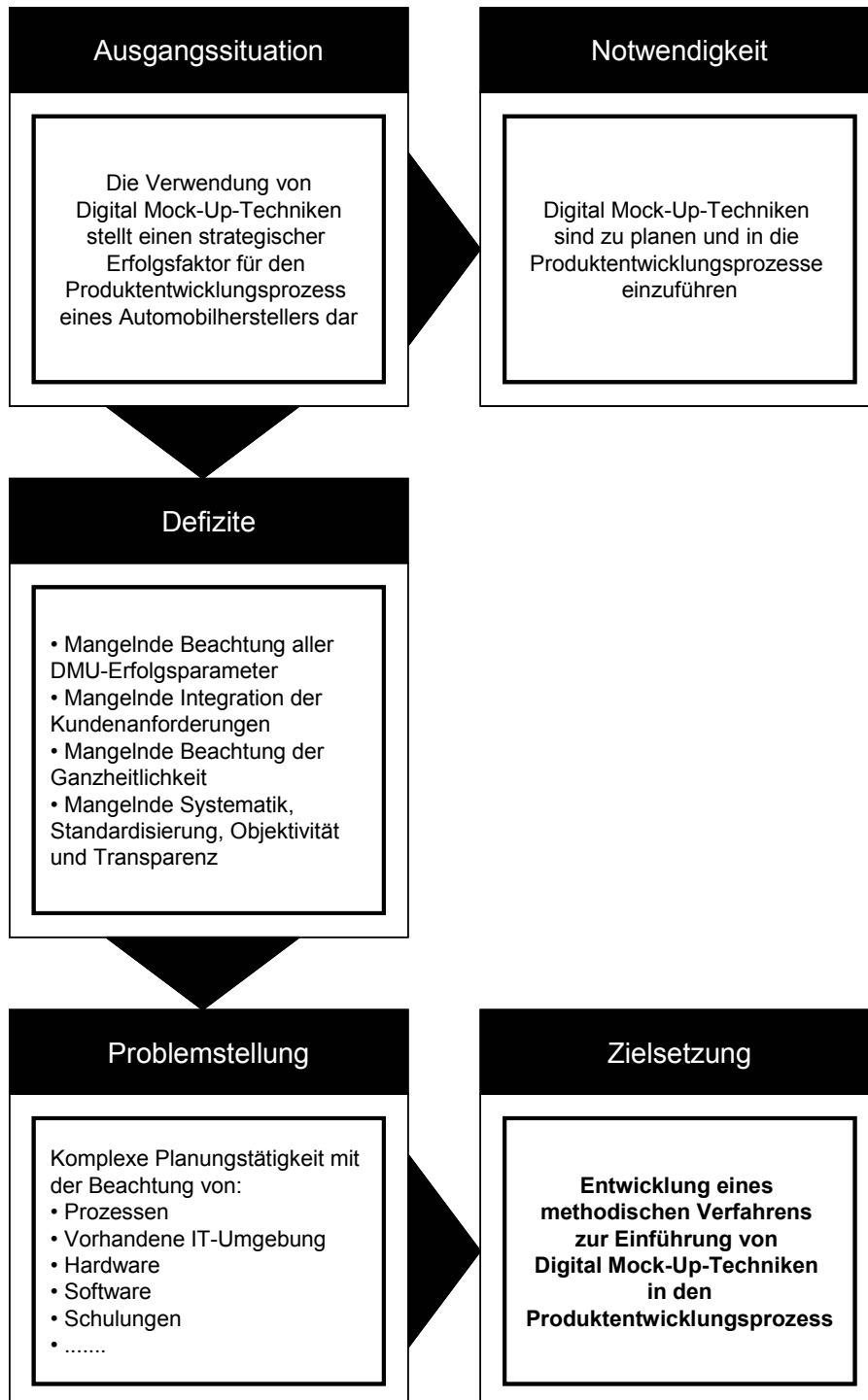


Abbildung 3.1: Zugrunde liegende Argumentationskette der Arbeit.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es ein methodisches Verfahren zu entwickeln, welches die Einführung von DMU-Techniken in die Produktentwicklungsprozesse von Automobilherstellern unterstützt. Entsprechend der Defizite ergeben sich folgende Anforderungen an das methodische Verfahren (siehe **Abbildung 3.2**):

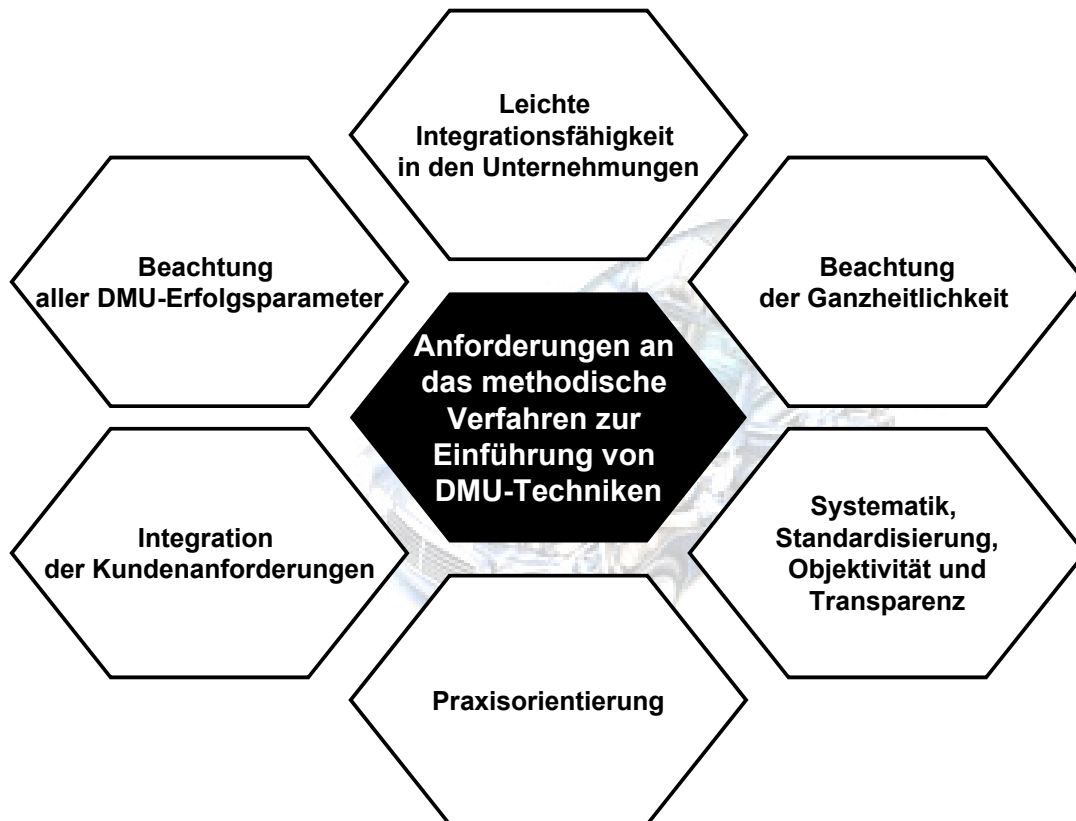


Abbildung 3.2: Anforderungen an das methodische Verfahren zur Einführung von DMU-Techniken.

- **Systematik, Standardisierung, Objektivität und Transparenz:** Das Einführungsverfahren soll systematisch aufgebaut sein. Eine hohe Standardisierung gewährleistet, dass später die Methode unabhängig vom Anwender effizient anzuwenden ist. Die Objektivität der Methode muss gewährleistet sein, da wegen der teilweise hohen finanziellen Risiken, welche die Einführung einer DMU-Anwendung mit sich bringt, die Ergebnisse reproduzierbar und nachprüfbar sein müssen.
- **Beachtung der Ganzheitlichkeit des Einführungsverfahrens:** Die Einführungsmethodik soll für den Anwender nicht nur Unterstützung liefern, inwiefern eine spezielle DMU-Technik in den Produktentwicklungsprozess eingeführt werden soll (taktische Ebene - Effektivität). Auch die primäre Fragestellung, welche DMU-Anwendungen überhaupt eingeführt werden sollten, muss beantwortet werden können (strategische Ebene - Effizienz). Die operative Ebene soll in dem Einführungsverfahren ebenfalls mit betrachtet werden.

- **Integration der Kundenanforderungen:** Gemäß der TQM-Philosophie stellt die Kundenorientierung ein wichtiger Maßstab für eine qualitätsorientierte Organisation dar [KAM 94]. Dieser Gedanke soll bei dem Einführungsverfahren aufgegriffen werden. Ziel muss es sein, zu gewährleisten, dass die Anforderungen der Kunden, also sowohl der Anwender (lokales Maximum) der DMU-Technik als auch das Gesamtunternehmen (globales Maximum), in die Einführungsplanungen der DMU-Technik einfließen.
- **Beachtung aller DMU-Erfolgsparameter:** Nicht allein die Soft- und Hardware sind für den Erfolg bzw. Misserfolg eines Einführungsprojektes entscheidend. Genauso entscheidend ist die Integration der DMU-Technik in die Abläufe des Produktentwicklungsprozesses und das eventuelle Reengineering dieser Prozesse. Ein weiterer DMU-Erfolgsparameter kann unter dem Begriff „Wissen“ zusammengefasst werden. Ohne die Planung von Prozessschulungen (Schulung der neuen Abläufe), Softwareschulungen, etc. wird die Einführung und der spätere operative Einsatz der DMU-Anwendung nicht von Erfolg sein (vgl. weitere Ausführungen **Kapitel 5**).
- **Leichte Integrationsfähigkeit in den Unternehmungen:** Um die Anwendung des methodischen Einführungsverfahrens zu erleichtern und somit die Integration in den Einführungsprozessen der Unternehmungen zu gewährleisten, soll das Verfahren leicht erlernbar sein („kochrezeptartig“). Weiterhin ist von Vorteil, wenn in die Methode Vorkenntnisse der Mitarbeiter integriert werden. Daher ist anzustreben, dass nur Methoden in das Einführungsverfahren einfließen dürfen, die eine gewisse Verbreitung in der Automobilindustrie aufweisen.
- **Praxisorientierung des Verfahrens:** Das Einführungsverfahren wird nur dann in der Praxis einzusetzen sein, wenn die Methode im Umfeld der neusten DMU-Techniken erarbeitet und verifiziert wird. Dies ist bei der vorliegenden Arbeit der Fall, da der Autor sowohl das Konzept als auch das Verifizierungsbeispiel innerhalb der Produktentwicklung der DaimlerChrysler AG, Marke Mercedes, erarbeitet hat, welches für seine innovative und progressive Anwendung von DMU-Techniken bekannt ist [BOE 00, WIR 00, etc.].

4 Einführungsverfahren von CAx-Techniken und Anwendung von QM-Techniken in der Produktentwicklung

4.1 Stand der Einführungsverfahren von CAx-Techniken

Zur Erarbeitung eines Verfahrens zur Einführung von DMU-Techniken ist es angebracht eine Bestandsaufnahme der bisher erarbeiteten Lösungskonzepte vorzunehmen. Es gibt in der Literatur kein Verfahren, das speziell für die Einführung von DMU-Techniken konzipiert worden ist (vgl. **Kapitel 2.3**). Daher werden auf den folgenden Seiten Einführungsverfahren diskutiert, die im Umfeld von DMU-Techniken eingesetzt werden. Alle in diesem Kapitel vorgestellten Verfahren befassen sich mit der Einführung von CAx-Techniken.

Ziel dieses Kapitels ist es, aus den Einführungsverfahren Wissen für eine Methode zur Einführung von DMU-Techniken zu sammeln. Um den Rahmen der Arbeit nicht zu sprengen, wird auf den folgenden Seiten exemplarisch nur ein Einführungsverfahren detailliert vorgestellt. Dieser Ansatz wurde ausgewählt, da er den Bewertungskriterien (siehe **Abbildung 4.3**) am besten Rechnung trägt. Bei den weiteren untersuchten Einführungsverfahren wird auf den Anhang (siehe **Anhang A**) verwiesen.

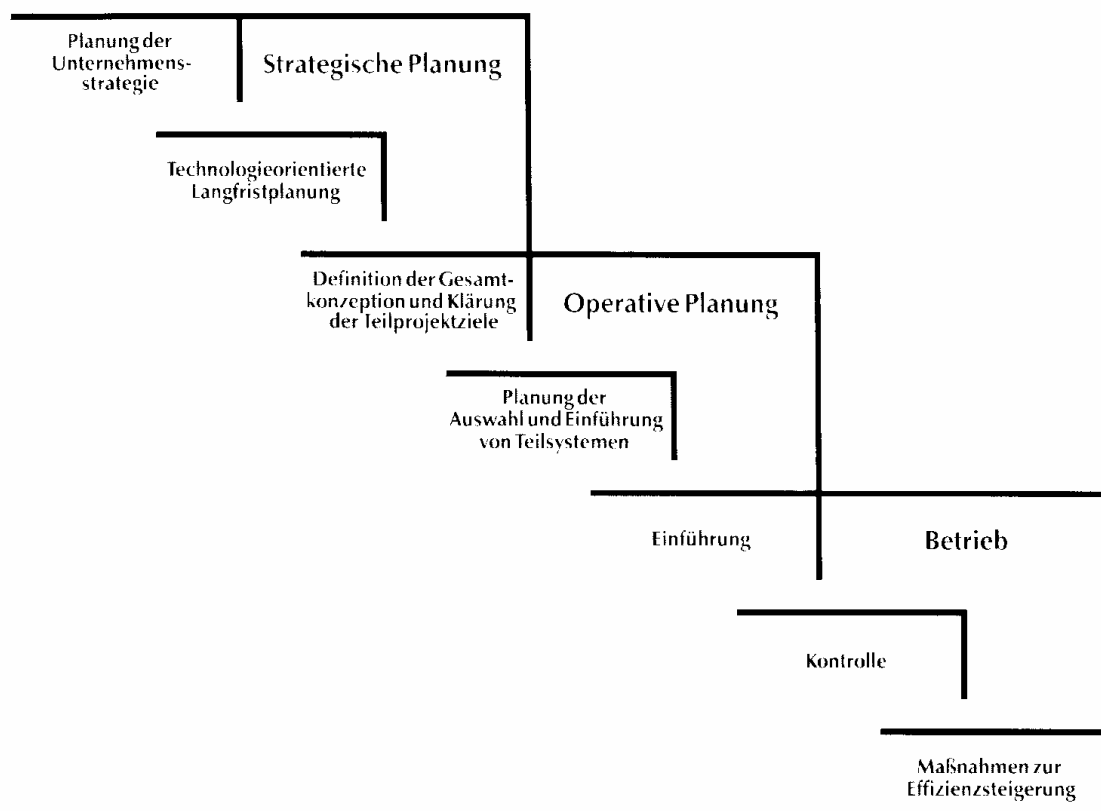


Abbildung 4.1: Überblick über das Einführungsverfahren von Spur/Krause [SPU 97].

Der Ansatz zur Einführung von Softwarewerkzeugen der virtuellen Produktentwicklung (CAx-Techniken), welcher hier exemplarisch vorgestellt wird, entstammt dem Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK) in Berlin. Die Autoren sehen die Notwendigkeit einer systematischen Planung eines Einführungskonzeptes in der langfristigen organisatorischen, technischen, personellen und finanziellen Festlegung der Unternehmungen [SPU 97]. **Abbildung 4.1** gibt einen Überblick über das Einführungsverfahren. Der Schwerpunkt des Einführungsleitfadens liegt im operativen Bereich, jedoch ist es sehr wichtig hierfür die strategischen Entscheidungen der Unternehmensführung mit einfließen zu lassen [SPU 97].

Innerhalb der strategischen Planung wird die generelle Unternehmensstrategie durchgeführt, die Überlegungen umfasst, welche Wettbewerbsstrategie (Kostenführerschaft, Leistungsdifferenzierung, Konzentration auf Marktsegmente) in den verschiedenen Produktsegmenten einzusetzen sind [SPU 97]. Innerhalb der technikorientierten Langfristplanung werden diese Unternehmensstrategien aufgenommen und in eine informationstechnische Strategie umgesetzt. In dieser Phase fallen dann auch die Beschlüsse, in welcher Reihenfolge welche Systeme in die Unternehmung eingeführt werden sollen [SPU 97].

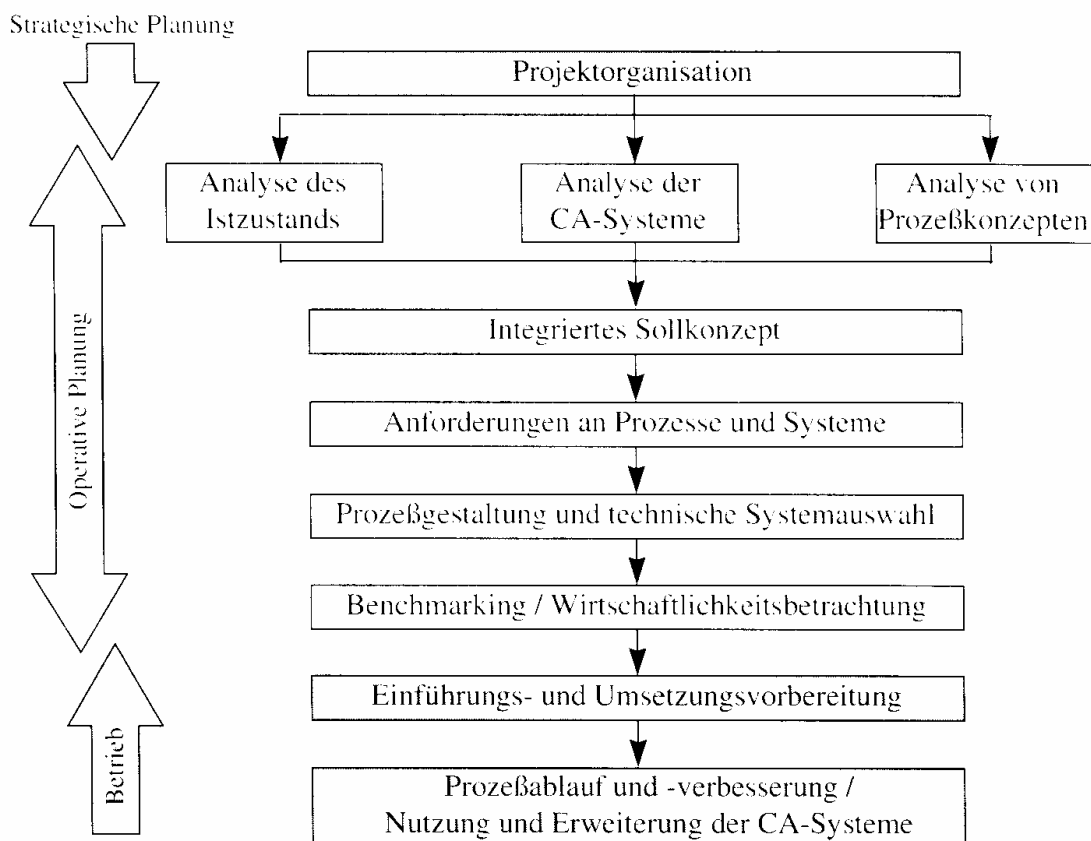


Abbildung 4.2: Detaillierter Ablauf der operativen Planung des Einführungsverfahrens von Spur/Krause [SPU 97].

Abbildung 4.2 gibt einen detaillierten Überblick über den Ablauf der operativen Planung des Einführungskonzeptes von Spur/Krause. Es unterscheidet folgende sieben verschiedene Phasen [SPU 97]:

- **Analyse des Ist-Zustandes:** Ziel der Analyse ist die Aufdeckung nicht erreichter Zielsetzungen und anderer daten- sowie organisatorischer Schwachstellen. Im einzelnen wird die Personalstruktur, der ablauforganisatorische Informationsfluss, die Tätigkeiten, die anfallenden Datenmengen, verwendete Hilfsmittel, das Teilespektrum und andere Randbedingungen (Rechnerkapazitäten, vorhandene Programme etc.) untersucht.
- **Analyse der CAx-Systeme:** In diesem Schritt wird eine grobe Analyse der am Markt verfügbaren CAx-Systeme durchgeführt. Es sollen keine detaillierten Informationen erarbeitet werden, jedoch sollen in dieser Phase so viele Informationen über Angebot und Leistungsfähigkeit erarbeitet werden, um für spätere Stufen realistische Planungsvoraussetzungen zu haben.
- **Analyse von Prozesskonzepten:** Es werden in diesem Schritt sowohl vorhandene als auch zukünftig anwendbare Prozesskonzepte analysiert, wobei die Prozesskette bzw. Teile der Prozessketten untersucht werden. Als Prozesskette wird die planerische Zusammenfassung einzelner Teilprozesse definiert.
- **Integriertes Sollkonzept:** Aufbauend auf den ersten drei Stufen wird die angestrebte Zielvorstellung definiert und innerhalb einer Zielhierarchie untergliedert.
- **Anforderungen an Prozesse und Systeme:** Das integrierte Sollkonzept stellt noch keine praktische Handlungsanweisung dar. Daher findet in der fünften Stufe eine Klärung der Anforderungen an die Prozesse und an die Systeme statt.
- **Prozessgestaltung und technische Systemauswahl:** In dieser Stufe werden die Prozesse an die neuen informationstechnischen Randbedingungen angeglichen und geplant. Zudem findet in dieser Phase die technische Systemauswahl (Hard- und Software) statt.
- **Benchmarking/Wirtschaftlichkeitsbetrachtung:** Anhand der technischen Anforderungsliste werden Vergleiche zwischen den verschiedenen CAx-Systemen durchgeführt. Um eine abschließende, auch monetär abgestützte, Entscheidung für ein CAx-System zu treffen, werden Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchgeführt.
- **Einführungs- und Umsetzungsvorbereitungen:** Das Ziel dieser Stufe besteht darin, einen störungsfreien Übergang zwischen der operativen Planung und der produktiven Nutzung der CAx-Systeme herzustellen [SPU 97]. Hierzu gehören personelle Maßnahmen (z.B. Personalplanung, Schulung), hardwarespezifische Maßnahmen (z.B. Planung der Standorte, Netzwerk-anbindung, Raumplanung) als auch softwarespezifische Maßnahmen (z.B. Integration in die bestehende Systemlandschaft).
- **Prozessablauf und Prozessverbesserung/Nutzung und Erweiterung der CAx-Systeme:** Nach der Einführung des CAx-Systems findet ein ständiger Verbesserungsprozess statt, um die Abläufe zu optimieren. Zudem werden in dieser Stufe die nächsten Schritte zur Erweiterung der CAx-Systeme geplant.

Einen Überblick über die Bewertung der untersuchten Einführungsverfahren bezüglich festgelegter Kriterien (vgl. **Kapitel 3**) gibt die **Abbildung 4.3**. Es muss hier betont werden, dass sich die Bewertung der Einführungskonzepte aus dem Blickwinkel und der Erfahrung des Verfassers mit der Einführung von DMU-Techniken ergaben. Aus der **Abbildung 4.3** ist ersichtlich, dass kein Einführungsverfahren alle Kriterien zur gänzlichen Zufriedenheit erreicht, welche notwendig sind, um ein Verfahren zur Einführung von DMU-Techniken definieren zu können.

Vorliegende Arbeit		●	●	●	●	●	●	
Müller [MÜL 93]		●	●	●	●	●	○	
Zimmermann [ZIM 85]		●	●	●	●	●	○	
Erb [ERB 96]		●	●	●	●	●	○	
Müller [MÜL 92]		●	●	●	●	●	○	
Schäfer [SCH 90]		○	●	●	●	○	○	
Schuler [SCH 92]		●	●	●	●	○	○	
Eigner/Maier [EIG 82]		●	○	●	●	●	○	
Eversheim/Dahl/ Spennath [EVE 89a]		●	●	●	●	●	○	
Wildemann [WILL 90]		●	●	●	●	●	○	
Spur/Krause [SPU 97]		●	●	●	●	●	●	
Einführungsverfahren	Bewertungskriterien	Systematik, Standardisierung, Objektivität und Transparenz	Beachtung der Ganzheitlichkeit	Integration der Kundenanforderungen	Beachtung aller DMU-Erfolgsparameter	Leichte Integrationsfähigkeit in den Unternehmungen	Praxisorientierung des Verfahrens (DMU-Umfeld)	●
								● integraler Bestandteil
								○ teilweiser integraler Bestandteil
								○ nicht integraler Bestandteil

Abbildung 4.3: Überblick über die Einführungsverfahren.

4.2 Stand der Qualitäts-Management-Techniken in der Produktentwicklung

4.2.1 Einführung

Um den methodischen Hintergrund des Verfahrens zur Einführung von DMU-Techniken zu erarbeiten und die in **Kapitel 3** aufgestellten Anforderungen an das Einführungsverfahren sicherzustellen, bieten sich die Qualitäts-Management-Techniken (QM-Techniken) an. QM-Techniken sind Werkzeuge, die Unternehmen in dem Prozess unterstützen sollen, die Unternehmenskultur TQM einzuführen und stetig zu verbessern [KAM 02]. TQM ist in der DIN ISO 8402 (Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung) definiert [KAM 94, Seite 1]:

Total Quality Management, in der deutschen Übersetzung Totales Qualitätsmanagement: Auf der Mitwirkung aller ihrer Mitglieder beruhende Führungsmethode einer Organisation, die Qualität in den Mittelpunkt stellt und durch Zufriedenheit der Kunden auf langfristigen Geschäftserfolg sowie auf Nutzen für die Mitglieder der Organisation und für die Gesellschaft zielt.

TQM geht hierbei von einer ganzheitlichen Betrachtung des Qualitätsbegriffes aus [BIN 02]. Man versteht dabei die Produktqualität als ein Resultat einer umfassenden Unternehmensqualität. Der Qualitätsbegriff bleibt somit nicht nur auf das Produkt beschränkt, sondern bezieht sich gleichermaßen auf die einzelnen Prozesse, die zum Entstehen des Produktes notwendig sind. Beide Qualitätsauffassungen, sowohl die Produktqualität als auch die Prozessqualität, sind für ein Überleben der Unternehmung am Markt unerlässlich. Die Prozessqualität ist jedoch der Produktqualität zeitlich vorgelagert. Die Prozessqualität entscheidet somit darüber, ob ein Unternehmen überhaupt in der Lage ist und die Voraussetzungen aufweist, den Markt mit Produkten zu bedienen, die der Konsument in den Kategorien Qualität, Zeit und Kosten als befriedigend auffasst [MAL 94].

In den letzten Jahren hat sich die Organisation EFQM (European Foundation for Quality Management) das Ziel gesetzt die Verbreitung von Total Quality Management in Europa auszuweiten, um somit die Stellung der europäischen Industrie auf dem Weltmarkt zu festigen und auszubauen. Das EFQM-Modell basiert ebenso wie TQM auf die gleichzeitige Betrachtung von Menschen, Prozessen und Ergebnissen [DEN 03]. Das EFQM-Modell findet insbesondere innerhalb der Automobilindustrie immer mehr Anwendung [ECK 02].

Insbesondere für die Anforderung, dass die Kundenanforderungen in der Einführungsmethodik durchgängig Beachtung finden sollen, bieten sich innerhalb der QM-Techniken geeignete Werkzeuge an. Auf den folgenden Seiten werden nur die QM-Techniken dargestellt, welche den Erfolg versprechen in den qualitätsorientierten Einführungsverfahren nutzbringend verwendet werden zu können.

4.2.2 Darstellung ausgewählter QM-Techniken

4.2.2.1 Quality Function Deployment

Um die Planung und die Entwicklung von Qualitätsmerkmalen eines Produktes entsprechend den vom Kunden geforderten Qualitätseigenschaften zu gewährleisten, entwickelte der Japaner Yoji Akao im Jahr 1966 die Methode QFD [AKA 92]. Die Qualitätsmethode wurde erstmals in einer Schiffswerft der Unternehmung Mitsubishi Heavy Industries eingesetzt und wurde wegen ihres Erfolges 1977 bei Toyota eingeführt. Erst seit Mitte der achtziger Jahre fand QFD auch in den westlichen Industriefirmen Verwendung, wobei hier die amerikanische Automobilindustrie der Vorreiter war [AKA 92].

Ziel der QFD-Methode ist, die „Stimme des Kunden“, also alle Kundenanforderungen, unter der Berücksichtigung der Bedürfnisse und Fähigkeiten der am Produktentstehungsprozess beteiligten Gruppen in beschreibbare und quantifizierbare Forderungen und Qualitätsmerkmale an ein Produkt bzw. dessen Herstellung umzusetzen [PFE 01].

QFD kann somit als Kommunikations- und Planungsinstrument aufgefasst werden, welches von der Produktentwicklung bis zur Anwendung der Produkte konsequent die Anforderungen des Kunden in dessen Sprache berücksichtigt und in mehreren Planungsstufen in die Sprache des Unternehmens übersetzt [KAM 94]. QFD ist somit ein Transformationswerkzeug, bei dem die Eingangsgröße „Stimme des Kunden“ in die Ausgangsgröße „marktgerechtes Produkt“ erzeugt. Der besondere Vorteil von QFD liegt in der systematischen Beseitigung von Schnittstellenproblemen und der Objektivierung des gesamten Planungsprozesses [KAM 94].

Zentrales Instrument der QFD-Technik ist das sog. House of Quality (HoQ) [HAU 88]. Im HoQ werden die Kundenanforderungen, also das „WAS?“, in die technische Spezifikation des Produktes, also das „WIE?“, umgesetzt [SCHU 92]. In der Literatur werden verschieden aussehende HoQ beschrieben, jedoch sind die Unterschiede marginal. Daher wird auf den folgenden Seiten ein exemplarischer Fall vorgestellt (siehe **Abbildung 4.4**) [HER 93]:

▪ **Schritt 1: Kundenanforderungen**

Beim ersten Schritt werden die Anforderungen der Kunden gesammelt und klassifiziert. Die Informationen können direkt vom Kunden eingeholt werden, von der Verkaufsabteilung erfragt werden, etc.

▪ **Schritt 2: Gewichten der Kundenanforderungen**

Nicht alle Kundenforderungen sind in ihrer Ausprägung gleich wichtig, d.h. es müssen Prioritäten gesetzt werden. Dazu wird im direkten Anschluss an Schritt 1 eine Gewichtung der einzelnen Punkte des Forderungskataloges durchgeführt, wobei eine Skala von 1 bis 10 eingesetzt wird.

▪ **Schritt 3: Schwerpunkt des Services bestimmen**

An dieser Stelle erhält der Kundendienst die Möglichkeit, seine Aktivitäten mit den Kundenforderungen zu vergleichen und eventuell bisherige Schwächen zu erkennen. Damit kann sich der Kundendienst für die bereits vorhandene Produktpalette neu ausrichten und seine Serviceschwerpunkte auf den Kunden abstimmen.

▪ **Schritt 4: Produktbewertung durch den Kunden**

An dieser Stelle werden die Produktmerkmale des eigenen Produktes mit den Produkten der Konkurrenz auf die in Schritt 1 ermittelten Kundenforderungen verglichen. Dieses Benchmarking ermöglicht eine schnelle Identifikation der Schwächen des eigenen Produktes und der Konkurrenzprodukte.

▪ **Schritt 5: Festlegen der Qualitätsmerkmale**

Die Forderungen an das Produkt sind jetzt definiert. Es geht nun um die Erfüllung dieser Forderungen, indem die so genannten Qualitätsmerkmale den einzelnen Punkten der Forderungstabelle zugeordnet werden. Auf die Frage „Was will der Kunde haben?“, erfolgt also die Antwort „Wie ist das Produkt technisch zu realisieren?“, damit der Kunde zufrieden gestellt werden kann. Zu jeder Kundenforderung sollte dabei mindestens ein Qualitätsmerkmal bereitgestellt werden.

▪ **Schritt 6: Messbare Zielwerte definieren**

An dieser Stelle werden zu den im vorherigen Schritt 5 festgelegten Qualitätsmerkmalen messbare Zielwerte zugeordnet, die als Richtwerte für den weiteren Verlauf der Produktentwicklung dienen.

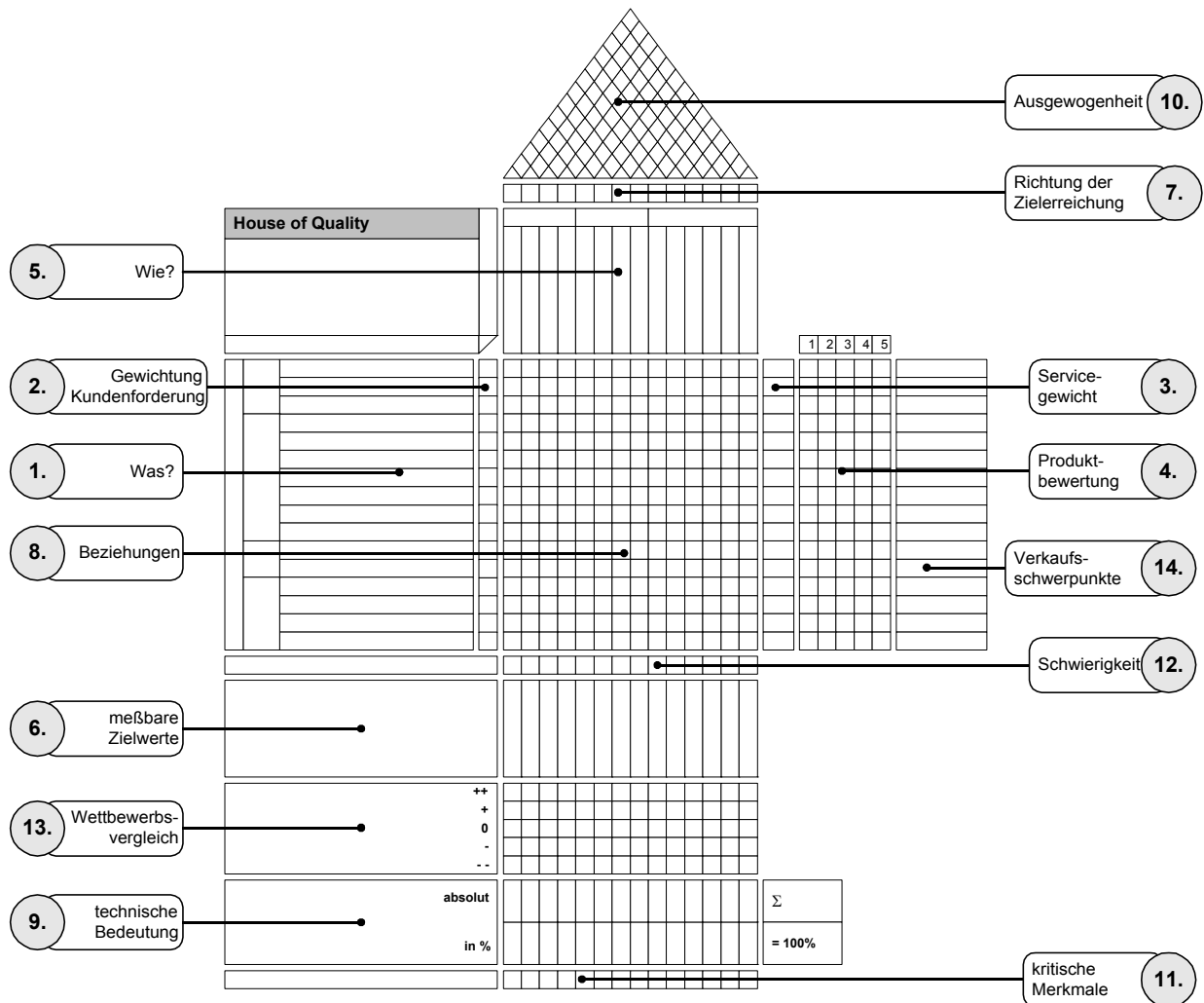


Abbildung 4.4: Aufbau des HoQ nach Hering [HER 93].

▪ **Schritt 7: Richtung der Zielerreichung**

Dieser Kontrollschritt verfolgt das Ziel, die getroffene Wahl des Zielwertes innerhalb der Planungsgruppe bewerten zu lassen. Die Planungsgruppe befindet darüber, ob ein Zielwert die geforderten Ansprüche hinreichend erfüllt, über das geforderte Maß hinaus erfüllt oder nicht vollständig erfüllt. Die Bewertung erfolgt mit Symbolen (siehe **Abbildung 4.5**).

Symbol	Bedeutung
↑	über Zielwert hinaus erfüllt
○	den Zielwert hinreichend erfüllt
↓	den Zielwert nicht vollständig erfüllt

Abbildung 4.5: Symbolbedeutung beim Zielerreichungsgrad [HER 93].

▪ **Schritt 8: Beziehungen aufstellen**

Einer der zentralen Räume des HoQ ist die Matrix, die sich aus der Korrelation zwischen den zeilenweise angeordneten Kundenforderungen und den spaltenweise angeordneten Qualitätsmerkmalen ergibt. In dieser Matrix werden nun die einzelnen Kundenforderungen auf ihre Beziehung zu jedem einzelnen Qualitätsmerkmal hin geprüft und bewertet. Die einzelnen Beziehungen werden mit Hilfe von Zahlen bewertet. 0 bedeutet keine Beziehung, 3 eine starke Beziehung, 1 und 2 sind Gewichtungen zwischen den Extrema.

▪ **Schritt 9: Technische Bedeutung berechnen**

Mit Hilfe dieses Schrittes wird die technischen Bedeutung bzw. die Wichtigkeit der Qualitätsmerkmale bestimmt. Die Berechnung erfolgt dadurch, indem die Gewichtungswerte aus Schritt 2 mit den Beziehungswerten aus Schritt 8 multipliziert werden. Die Produkte einer jeden Spalte werden addiert und die Summe in die Tabelle als Absolutwert eingetragen.

▪ **Schritt 10: Ausgewogenheit ermitteln**

Beim Ausfüllen des Dach vom HoQ handelt sich um den direkten bzw. paarweisen Vergleich auf die gegenseitige Beeinflussung der in Schritt 5 gewählten Qualitätsmerkmale und derer Zielwerte aus Schritt 6 (siehe **Abbildung 4.6**).

Symbol	Aussage
+	positive Beeinflussung
0	neutral (keine direkte Beeinflussung)
-	negative Beeinflussung

Abbildung 4.6: Beeinflussungssymbolik [HER 93].

▪ **Schritt 11: Bestimmende Merkmale bestimmen**

Den Abschluss der Arbeiten im HoQ bilden die Erfassung und Markierung der Merkmale, die für die erfolgreiche Realisierung des Produktes und dessen Markterfolg von entscheidender Bedeutung sind. Dazu werden die in Schritt 9 berechneten technischen Bedeutungen herangezogen. Die Qualitätsmerkmale

mit den höchsten Punkten in der technischen Bedeutung werden als kritische Merkmale klassifiziert.

▪ **Schritt 12: Schwierigkeitsgrad ermitteln**

Wurden in den vorherigen Schritten nur die rein technischen Notwendigkeiten betrachten, die zur Erfüllung der Kundenforderungen unerlässlich sind, so wird in Schritt 12 die Frage nach der technischen Realisierbarkeit der gewählten Qualitätsmerkmale und ihrer Zielwerte bearbeitet.

▪ **Schritt 13: Wettbewerbsvergleich aus technischer Sicht**

Wurden im letzten Schritt ein Vergleich des eigenen und des Konkurrenzproduktes aus der Sicht des Kunden vorgenommen, so wird in diesem Schritt wiederum ein Vergleich durchgeführt, allerdings unter technischen Gesichtspunkten. Die Produkte werden auf ihre Stärken und Schwächen in Bezug auf die in Schritt 5 gewählten Qualitätsmerkmale untersucht. Die Bewertung erfolgt durch Symbole (siehe **Abbildung 4.7**).

Symbol	Aussage
++	sehr gut gelöst
+	gut gelöst
0	befriedigend gelöst
-	schlecht gelöst
--	sehr schlecht gelöst

Abbildung 4.7: Bewertungsskala beim Wettbewerbsvergleich [HER 93].

▪ **Schritt 14: Verkaufsschwerpunkte bestimmen**

Dieser Punkt dient als Hilfestellung für den Vertrieb, um Argumente für die spätere Vermarktung liefern zu können. Die Verkaufsschwerpunkte orientieren sich besonders an den Stärken des Produktes.

In der Regel wird nicht nur ein HoQ aufgestellt, sondern um die Stärke der QFD-Konzeptes, die Durchgängigkeit, zur realisieren, werden für die zu entwickelnden Produkte bis zu vier verschiedene HoQ erarbeitet (siehe **Abbildung 4.8**) (es können allgemein eine Vielzahl von HoQ je Phase sein). Dabei unterscheidet man zwischen Qualitätsplänen auf der Produkt-, Teile-, Prozess- und Produktionsebene [KAM 94]. Es gilt der Grundsatz, dass die Ergebnisse eines Qualitätsplanes als Eingangsinformation für das nächste HoQ dienen.

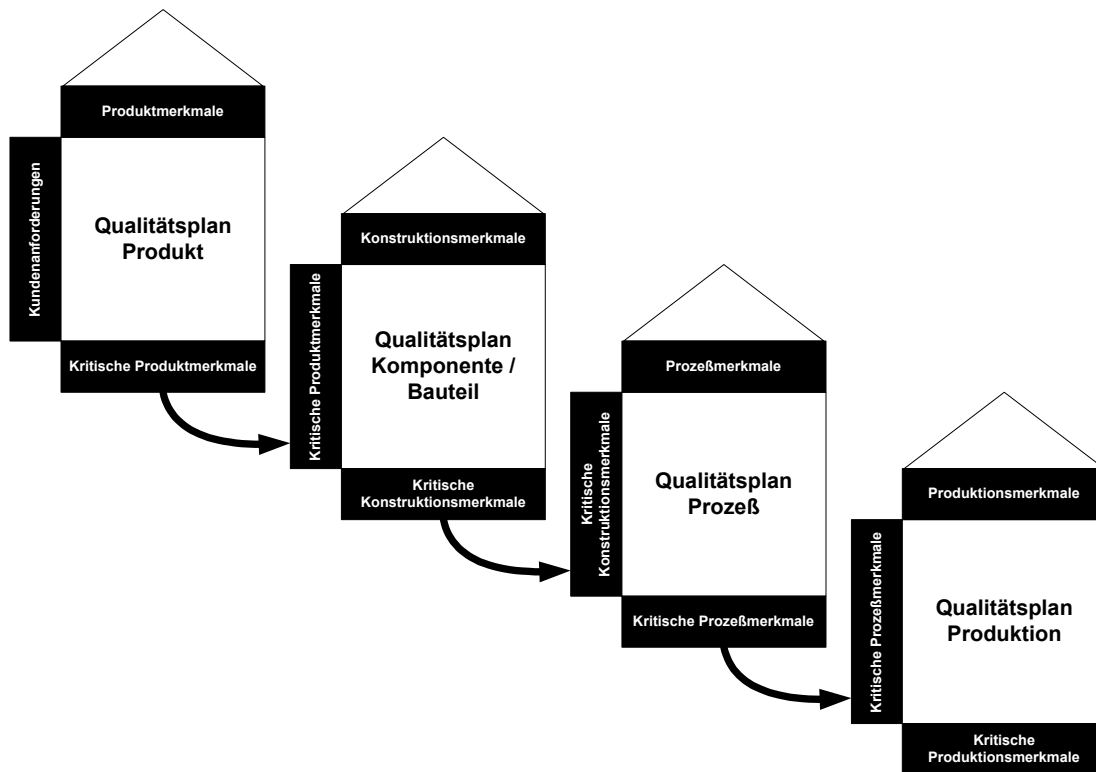


Abbildung 4.8: Die Phasen des QFD [KAM 94].

4.2.2.2 Die sieben elementaren Qualitätswerkzeuge (Q7)

Die sieben elementaren Werkzeuge wurden in Japan im Rahmen einer Gesamtqualitätsstrategie kultiviert und verwendet [KAM 94]. Es handelt sich hierbei um Methoden, welche sich universell in jeglichen Aufgabenstellungen verwenden lassen, um Probleme zu analysieren und zu abstrahieren (siehe **Abbildung 4.9**). Die sieben elementaren Werkzeuge haben auch Einzug in die DIN-Normung gefunden [DIN 00] und werden für Problemstellungen eingesetzt, in denen statistische Daten auszuwerten sind [IMA 93]. Sie sind auch unter der Bezeichnung „Seven Tools“ bekannt [Seg 96]. Im einzelnen bestehen die elementaren Werkzeuge aus folgenden Methoden [IMA 93]:

- **Datensammelformblatt:** Um klare Aussagen bezüglich Ursachen und Auswirkungen zu gewinnen, werden in Prüfformularen die zusammengetragenen Daten in Tabellenform dargestellt.
- **Korrelationsdiagramm:** Dabei werden miteinander in Beziehung stehende Faktoren und deren wertmäßige Ausprägungen dargestellt. Die Verteilung der Punkte ermöglicht Rückschlüsse auf die Beziehung zwischen den Faktoren.
- **Qualitätsregelkarte:** In die Qualitätsregelkarten werden laufend Stichprobenmessungen eingetragen. Aus dem Verlauf lassen sich Rückschlüsse auf abnormale Abweichungen und die statistische Signifikanz von Faktoren ziehen.

- **Ursache-Wirkungs-Diagramm:** Entsprechend ihrer Abhängigkeiten werden die Einflussfaktoren auf bestimmte Situationen bzw. Ursachen und ihre Wirkung graphisch angeordnet. Bekannt geworden ist diese Technik auch als Fischgräten- bzw. Ishikawa-Diagramm [ISH 85].

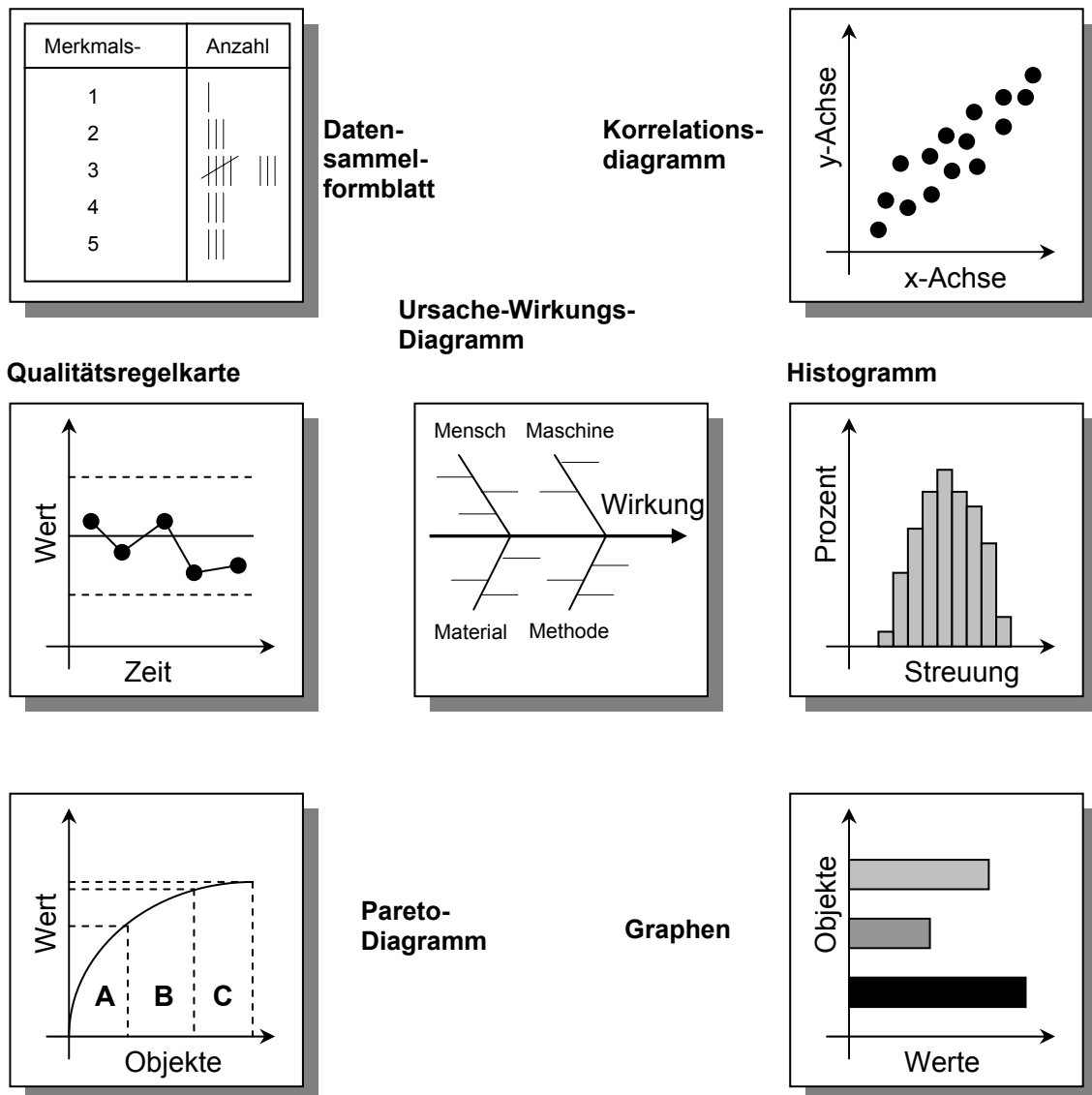


Abbildung 4.9: Die elementaren Werkzeuge der Qualität (Q7) [DIN 00].

- **Histogramm:** Die Häufigkeitsverteilungen von Daten werden visualisiert dargestellt.
- **Pareto-Diagramm:** Auch bekannt unter dem Begriff ABC-Analyse. Grundlage ist die empirisch festgestellte Tatsache, dass nur wenige Fehlerarten den größten Teil aller Fehler verursacht. Quantifiziert ausgedrückt: 20-30% der Fehlerarten (so genannte A-Fehler) sind für 70-80% aller Fehler verantwortlich [JUR 93].

- **Graphen:** Sie dienen zur bildlichen Darstellung von Daten zu Dokumentations- und Präsentationszwecken. Dabei kann es sich u.a. um Balken-, Kreis- oder Netzdiagrammen handeln.

4.2.2.3 Die sieben Managementwerkzeuge (M7)

Im Gegensatz zu den elementaren Werkzeugen der Qualitätssicherung (Q7), die vorwiegend zur Untersuchung numerischer Daten eingesetzt werden, sind die Management-Werkzeuge (M7) speziell zur Analyse von verbalen Sachverhalten entwickelt worden [KAM 94]. Es handelt sich hierbei gänzlich um Visualisierungstechniken, die zur Unterstützung von Problemlösungsprozessen in der Gruppe geeignet sind. Die Management-Werkzeuge wurden 1977 von der JUSE, einer japanischen Organisation, der Öffentlichkeit vorgestellt [KAM 94] und haben auch in die DIN ISO 9004 Teil 4 Eingang gefunden. Aus der Literatur sind sie auch als „Seven New Tools“ bekannt geworden [SEG 96]. Im Einzelnen werden nun die Werkzeuge vorgestellt (siehe **Abbildung 4.10**):

- **Affinitätsdiagramm:** Hierbei handelt es sich um ein Werkzeug, mit deren Hilfe die Strukturierung von Fakten, Ideen, Meinungen usw. unter passenden Oberbegriffen unterstützt werden kann. In Affinitätsdiagrammen werden die wichtigsten Ideen zu Clustern zusammengefasst, so dass die thematische Verwandtschaft zwischen den einzelnen Elementen veranschaulicht wird.
- **Relationendiagramm:** Das Relationendiagramm geht von einem zentralen Problem oder einer zentralen Idee aus und zeigt die Zusammenhänge mit anderen Faktoren auf. Vorteil der Methode ist, dass sich komplexe, nicht lineare Zusammenhänge oder Gedankengänge [KAM 94] darstellen lassen.
- **Baumdiagramm:** Ein Problem oder eine Idee wird mit Hilfe der Baumdiagrammtechnik systematisch über mehrere Ebenen analysiert. Dabei wird das Betrachtungselement in dem mehrere Schritte umfassenden Verfahren immer weiter detailliert.
- **Matrixdiagramm:** Die Wechselwirkungen von unterschiedlichen Aspekten eines Problems werden durch die Spalten und die Zeilen einer Matrix gebildeten Felder dargestellt und können für weitere Analysemethoden weiterverarbeitet werden. Es wird somit der Zusammenhang zwischen Eingangs (Input)- und Ausgangsgrößen (Output) hergestellt. Das Matrixdiagramm stellt auch den Kern des HoQ der QFD-Technik dar.
- **Matrix-Daten-Analyse:** Mit Hilfe dieser Methode können die im Matrixdiagramm erfassten Daten weiter untersucht und in einem Achsenkreuz gegenübergestellt werden. Die graphische Darstellung findet in Portfoliodiagrammen statt.
- **Problem-Entscheidungs-Plan:** Mit dem Plan werden präventiv mögliche Probleme bei der Realisierung von Maßnahmen untersucht. Als Ergebnis der Methode werden potentielle Gegenmaßnahmen und Alternativen ausgewählt. Die Technik hat in die Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse (FMEA) Einlass gefunden [KAM 94].
- **Netzplan:** Netzpläne werden verwendet, um komplexe Projekte durch graphische Aufbereitung leichter überschaubar zu machen. Hierbei werden die gegenseitigen, zeitlichen Abhängigkeiten von Ereignissen und Vorgän-

gen dargestellt. Es gibt verschiedene Arten von Netzplänen, jedoch ist die wichtigste und am stärksten verwendete Technik die CPM (Critical Path Method) [KAM 94].

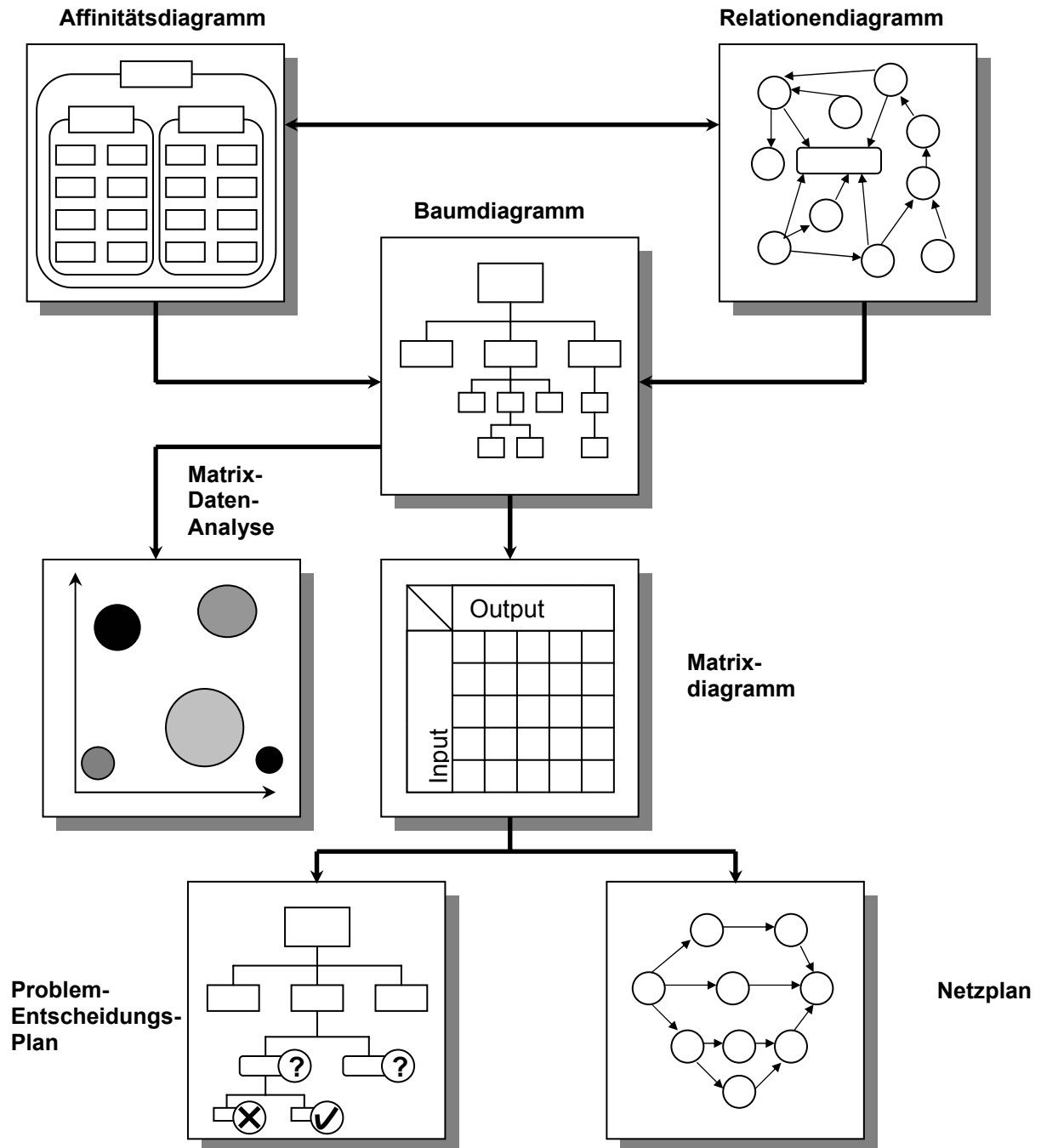


Abbildung 4.10: Die Management-Werkzeuge der Qualität (M7) und ihr Zusammenwirken [KAM 94].

4.2.2.4 Design-Review

Im Gegensatz zu den zuvor vorgestellten QM-Techniken handelt es sich beim Design-Review nicht um eine qualitätsplanende, sondern um eine qualitätsüberprüfende Methode. Ziel der Design-Reviews, auch Entwicklungsergebnisprüfungen genannt, ist es in den einzelnen Stadien der Produktentwicklung zu beurteilen, ob die in der Spezifikation vorgegebenen Qualitätsziele in allen Punkten erreicht sind [FRE 93]. Die Reviews sollen schon im Vorfeld Probleme und Defizite aufzeigen, um rechtzeitig Korrekturmaßnahmen einleiten zu können.

Nach DIN ISO 9004 ist das Design-Review definiert als „eine formelle, dokumentierte, systematische und kritische nochmalige Prüfung der Designergebnisse“ [DIN 00]. Die Design-Reviews werden zumeist am Ende bestimmter Entwicklungsphasen durchgeführt, wobei die vereinbarten Zielkriterien die sog. Meilensteine bilden. Diese Meilensteine werden dann oft mit Hilfe einer Checkliste ermittelt und dokumentiert [LEI 93]. Die verschiedenen Design-Reviews lassen sich den einzelnen Konstruktionsprozessphasen zuordnen [PFE 01] [BIR 85] (siehe **Abbildung 4.11**).

Konstruktionsphase	Design-Review-Typ	Design-Review-Objekt
Planungsphase / Konzeptionsphase	Konzept Design-Review (Preliminary Design-Review)	Anforderungsliste (Lastenheft, Pflichtenheft)
Entwurfsphase	System Design-Review	Baugruppen
Ausarbeitungsphase	Critical Design-Review	Prototyp

Abbildung 4.11: Zusammenhang zwischen den Design-Review-Typen und den Konstruktionsphasen [PFE 01] [BIR 85].

4.2.2.5 Benchmarking

Benchmarking ist ein bei der amerikanischen Firma Xerox entwickeltes Verfahren zur Ermittlung der eigenen Position zu den Wettbewerbern [KRE 95]. Der Erfinder der Methode, der Amerikaner R. Camp, definiert Benchmarking als die Suche nach besten Praktiken, die zu einer überlegenen Leistung führen [CAM 94]. **Abbildung 4.12** zeigt den Ablauf eines Benchmarking-Projektes nach Camp.

In der Literatur werden verschiedene Arten des Benchmarkings unterschieden [SAT 97]:

- Beim **internen Benchmarking** werden Produkte, Prozesse, etc. innerhalb des eignen Unternehmens verglichen. Vorteile sind, dass die Beschaffung der Daten zumeist kein Problem darstellt und die Ansprechpartner bekannt sind.
- Beim **wettbewerbsorientierten Benchmarking** erfolgt der Vergleich mit den Konkurrenten. Problem ist oft die Datenbeschaffung, vorteilig ist, dass ein klarer Vergleich mit den Mitwettbewerbern erfolgen kann.
- Das **funktionale Benchmarking** vergleicht Prozesse, Produkte und Dienstleistungen, die nicht unbedingt in einem direkten Wettbewerb stehen. Fragestellung ist, wer die besten Lösungen für ein Problem hat. So kann ein Maschinenbaubetrieb seine Logistikprozesse verbessern, indem er diese mit Unternehmen der Computerindustrie vergleicht. Vorteil dieser Art des Benchmarking ist, dass das Ideenspektrum sehr stark erweitert wird. Nachteilig ist die schwierige Transformation der „Best in Class“-Prozesse in die eigene Prozessumgebung.

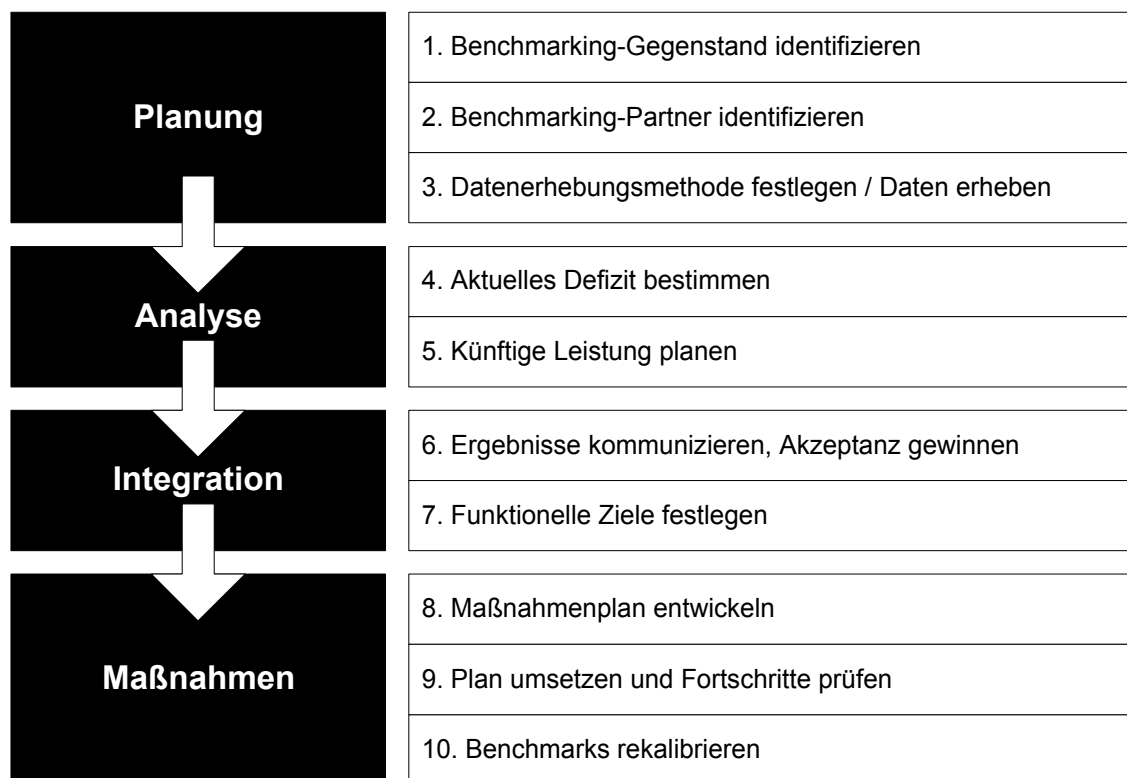


Abbildung 4.12: Ablaufes eines Benchmarking-Prozesses [CAM 94].

4.2.3 Nutzenspotentiale der QM-Techniken zur Verwendung in einem Verfahren zur Einführung von DMU-Techniken

In **Kapitel 4.2.2** wurden QM-Techniken vorgestellt, welche das Potential haben, die Anforderungen an das methodische Einführungsverfahren (vgl. **Kapitel 3**) von DMU-Techniken zu unterstützen. Die Unterstützungspotentiale der jeweiligen QM-Techniken sind in der **Abbildung 4.13** bewertet.

Hierbei wurden die Methodiken nach den in **Kapitel 3** festgelegten Kriterien bewertet. Diese Anforderungen wurden auf ihr Unterstützungspotential für das zu erarbeitende methodische Verfahren zur Einführung von DMU-Techniken untersucht. Es wurde eine Einteilung in „hohes Unterstützungspotential“, „teilweise Unterstützungspotential“ und „kein Unterstützungspotential“ durchgeführt. Da die Anforderungen an das Einführungsverfahren, welche in **Kapitel 3** formuliert wurden, „Beachtung der Ganzheitlichkeit“ und „Beachtung der DMU-Erfolgsparameter“ für die Bewertung nicht relevant sind, wurden diese in der Bewertungsmatrix ausgeklammert.

Wie die Zusammenfassung zeigt, wird eine Anforderung wenigstens von einer QM-Technik unterstützt. Insbesondere der Einsatz der präventiven Qualitätstechnik QFD kommt bei der Verwirklichung des Einführungskonzeptes eine Schlüsselrolle zu. Die Integration der Kundenanforderungen und ihre strukturierte, durchgängige Beachtung innerhalb des Einführungsprozesses kann durch die Verwendung von QFD unterstützt werden. QFD ist in den Produktentwicklungsprozessen noch nicht allzu stark implementiert, jedoch durch den Vorteil der guten Visualisierung (HoQ) schnell zu erlernen. Die weiteren QM-Techniken weisen einen hohen Bekanntheitsgrad in der Produktentwicklung auf, so dass die Integrationsfähigkeit gewährleistet sein sollte.

Auch außerhalb des technischen Bereiches kann QFD eingesetzt werden. So beschäftigt sich eine Arbeit mit der Verknüpfung von QFD und personalpolitischen Entscheidung (Auswahl von Mitarbeitern für bestimmte Stellenprofile, Auswahl von Schulungen, etc.) [BRE 97].

	QM-Methoik				
	Quality Function Deployment	Die sieben elementaren Werkzeuge (Q7)	Die sieben Managementwerkzeuge (M7)	Design-Review	Benchmarking
Anforderungen an das Einführungsverfahren für DMU-Technik					
Systematik, Standardisierung, Objektivität und Transparenz	●	●	●	◐	◐
Beachtung der Ganzheitlichkeit (Strategische, taktische, operative Ebene)	✘	✘	✘	✘	✘
Integration der Kundenanforderungen	●	○	○	○	●
Beachtung der DMU-Erfolgparameter	✘	✘	✘	✘	✘
Leichte Integrationsfähigkeit in den Unternehmungen	◐	●	●	●	●
Praxisorientierung des Verfahrens	●	●	●	●	●

●	hohes Unterstützungspotential
◐	teilweise Unterstützungspotential
○	kein Unterstützungspotential

✘	Bewertung nicht relevant
---	--------------------------

Abbildung 4.13: Zusammenhang zwischen den QM-Techniken und deren Unterstützungspotentiale zur Erfüllung der Anforderungen an das Einführungsverfahren.

5 Entwicklung eines Modells zur qualitätsgerechten Einführung von DMU-Techniken

5.1 Übersicht über das Einführungskonzept

Das Verfahren zur Einführung von DMU-Techniken ist in drei Ebenen unterteilt (siehe **Abbildung 5.1**). Die Definition der drei Ebenen wurde gewählt, da am Ende jeder Ebene eine Entscheidung gefällt wird, die eine direkte Auswirkung auf die planerische Ebene weiter unten hat. Jede Ebene stellt einen abgeschlossenen Planungsprozess dar.

- Die **strategische Ebene**, hat das Ziel die DMU-Technik-Strategie der Unternehmung festzusetzen. Aus dieser Strategie leiten sich spezielle DMU-Technik-Projekte ab. Als QM-Instrumente kommen hierbei z.B. QFD und Benchmarking zum Einsatz, wobei der QFD-Methode die höchste Wichtigkeit in dem Modell zukommt. Bei der strategischen Ebene ist das Ziel „die richtigen Dinge zu tun“, also die für den Gesamtprozess wichtigen DMU-Anwendungen zu identifizieren (Effizienzgedanke).
→ **Ergebnis** der strategischen Ebene: Portfolio der priorisierten DMU-Techniken.
- Diese in der strategischen Ebene definierten DMU-Technik-Projekte werden in der zweiten Ebene, der **taktischen Ebene**, umgesetzt. Verwendete QM-Techniken sind dabei QFD, M7-Elemente und das Design-Review. Bei der taktischen Ebene ist es das Ziel „die Dinge richtig zu tun“, also ein ausgesuchtes DMU-Technik-Projekt effektiv in den bestehenden Produktentwicklungsprozess zu implementieren (Effektivitätsgedanke).
→ **Ergebnis** der taktischen Ebene: Detaillierte Einführungspläne der einzelnen DMU-Technik-Projekte.
- Die **operative Ebene** folgt der taktischen Ebene. Zweck der operativen Ebene ist es, die in der taktischen Ebene geplante DMU-Anwendung in die täglichen Arbeitsprozesse zu integrieren und somit die DMU-Technik operativ einzuführen.
→ **Ergebnis** der operativen Ebene: In den Entwicklungsprozess integrierte DMU-Techniken.

Gemäß dem PDCA-Zyklus von Deming (Plan, Do, Check, Action) sind an den jeweiligen Phasenenden Kontrollen vorgesehen, so dass zwischen den einzelnen Ebenen zurückgesprungen werden kann, falls eine neue Sachkenntnis dies notwendig erscheinen lässt [EBE 00].

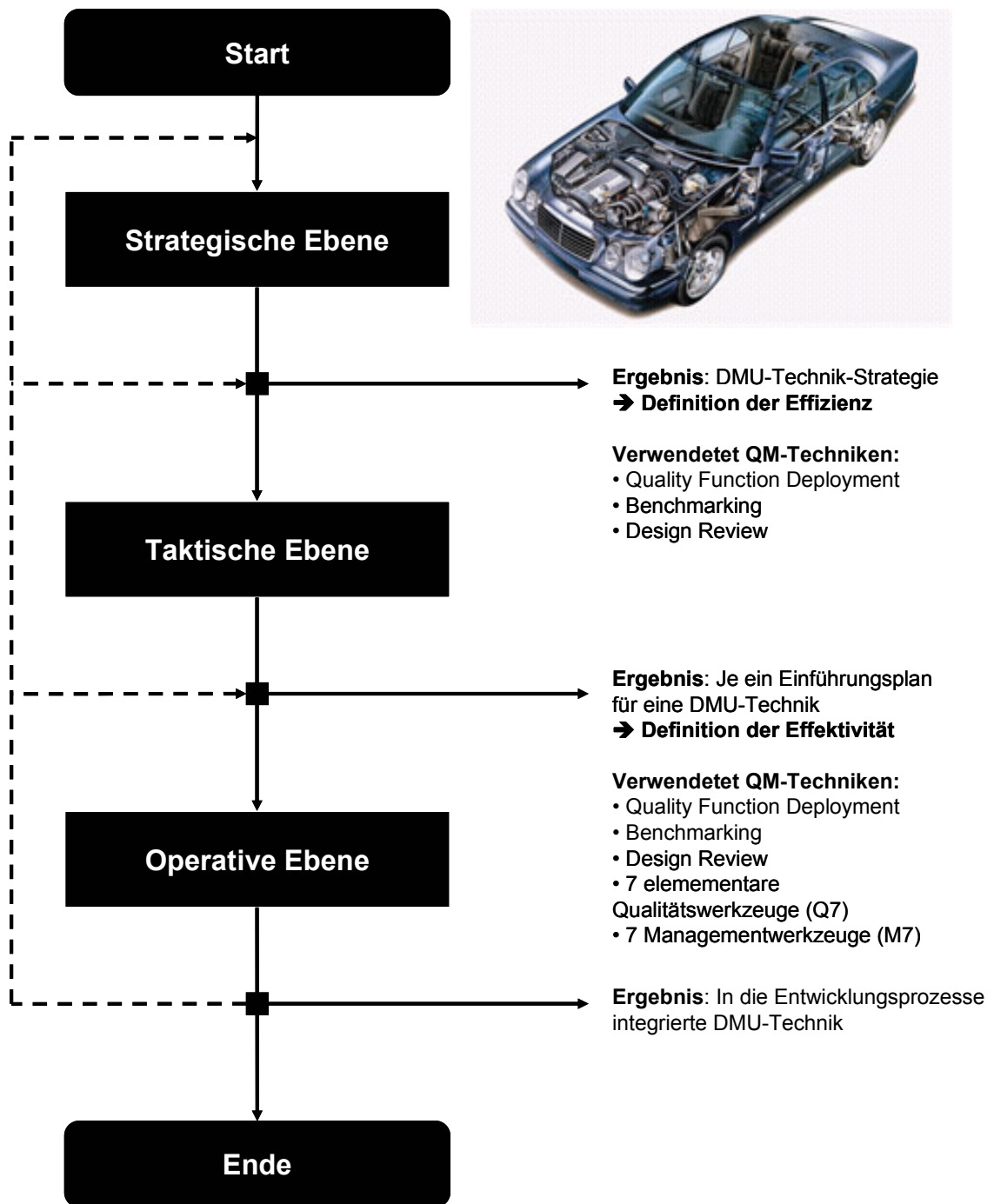


Abbildung 5.1: Übersicht über das methodische Einführungsverfahren.

5.2 Die strategische Ebene

5.2.1 Grundaufbau des strategischen HoQ

Ziel der strategischen Ebene ist es unter der Verwendung von QFD-Grundelementen die DMU-Technik-Strategie zu entwickeln. Dies bedeutet, dass am Ende der strategischen Ebene ein DMU-Technik-Portfolio aufgestellt wird, in dem übersichtlich und strukturiert die einzelnen Einführungsprojekte ersichtlich sind und eine Priorisierung der Einführungsprojekte stattfindet. Der Zusatznutzen bei dem methodischen Verfahren zur Einführung von DMU-Techniken besteht darin, dass alle Beteiligten in Form des HoQ eine gemeinsame Diskussion- und Entscheidungsgrundlage haben. Das HoQ stellt alle wichtigen Fakten dar, die notwendig sind, um im nächsten Schritt (taktische Ebene) die für den Gesamtprozess wichtigsten DMU-Anwendungen in den Produktentwicklungsprozess einzuführen. Das HoQ wird vom Projektteam in Zusammenarbeit mit den Kunden erarbeitet.

Die strategische Ebene gliedert sich in drei Phasen:

- **Phase 1** - Analyse des Produktentwicklungsprozesses:
 - In **Schritt A1** werden die Teilprozesse des Produktentwicklungsplans ermittelt.
 - In **Schritt A2** werden die ermittelten Teilprozesse nach ihrer Priorität gewichtet.
- **Phase 2** - Analyse der DMU-Techniken:
 - In **Schritt A3** werden die DMU-Techniken ermittelt, welche das Potential haben, die in **Schritt A2** ermittelten Teilprozesse zu unterstützen.
 - In **Schritt A4** werden den einzelnen DMU-Techniken quantifizierbare Zielwerte zugewiesen.
 - In **Schritt A5** wird die Beziehungsmatrix des HoQ aufgestellt. Somit wird eine Korrelation zwischen den DMU-Techniken und den Teilprozessen hergestellt.
 - In **Schritt A6** wird die Bedeutung der DMU-Techniken für den Gesamtentwicklungsprozess errechnet.
 - In **Schritt A7** werden die Beziehungen zwischen den einzelnen DMU-Techniken bestimmt.
 - In **Schritt A8** wird ein DMU-Technik-Benchmarking erarbeitet.
 - In **Schritt A9** wird das technische Risiko und der Aufwand ermittelt, die DMU-Technik in die Praxis einzuführen.
- **Phase 3** - Analyse der Ergebnisse des strategischen HoQ und deren Darstellung:
 - In **Schritt A10** wird das DMU-Technik-Portfolio aufgestellt.
 - In **Schritt A11** findet eine Überprüfung des strategischen HoQ statt.

Abbildung 5.2 zeigt das erarbeitete strategische HoQ. Die Schritte, welche zur Aufstellung des strategischen HoQ notwendig sind, werden auf den nächsten Seiten näher erläutert.

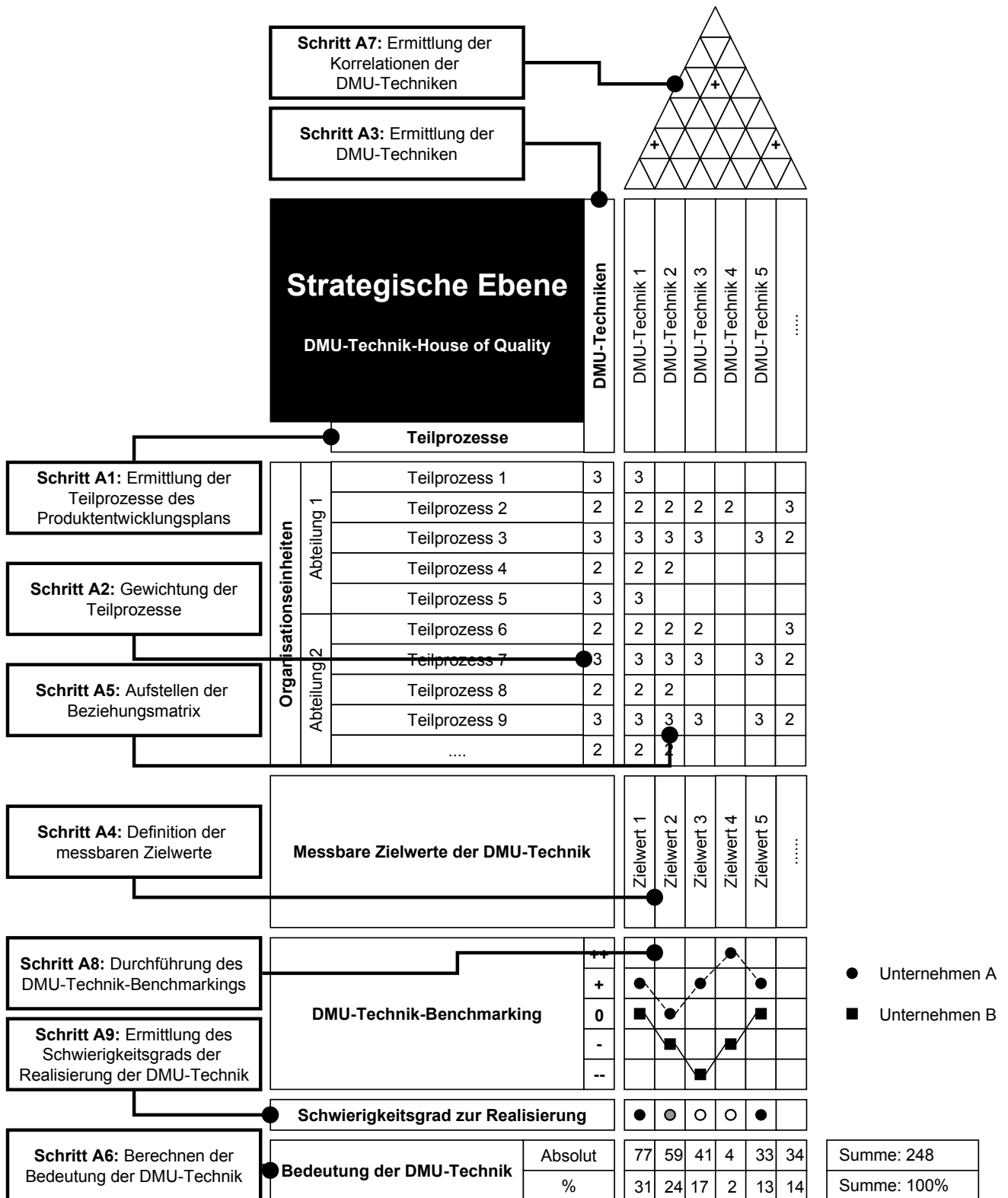


Abbildung 5.2: Aufbau des strategischen HoQ.

5.2.2 Prozess zur Erstellung des strategischen HoQ

Phase 1: Analyse des Produktentwicklungsprozesses

Schritt A1: Ermittlung der Teilprozesse des Produktentwicklungsplans

Der Produktentwicklungsprozess eines Automobilunternehmens ist komplex und greift auf die Ressourcen der verschiedenen Abteilungen zurück. Im **Schritt A1** wird die Komplexität des Produktentwicklungsplans vermindert, indem der Gesamtentwicklungsprozess in einzelne Teilentwicklungsprozesse eingeteilt wird. Ziel des Schrittes ist es den Produktentwicklungsplan in kleinere Unterprozesse aufzuteilen, die speziellen Organisationseinheiten (Abteilungen) zuzuordnen sind, um später diesen Teilprozessen in einer Matrix den DMU-Techniken zuzuordnen. So kann der Produktentwicklungsprozess in die Subprozesse „Konstruktion Prototypenrate 1“, „Erprobung Prototypenrate 1“, etc. unterteilt werden, die jeweils den Abteilungen zugewiesen werden können (siehe **Abbildung 5.3**). Die einzelnen Teilprozesse werden in das HoQ eingetragen (siehe **Abbildung 5.2**).

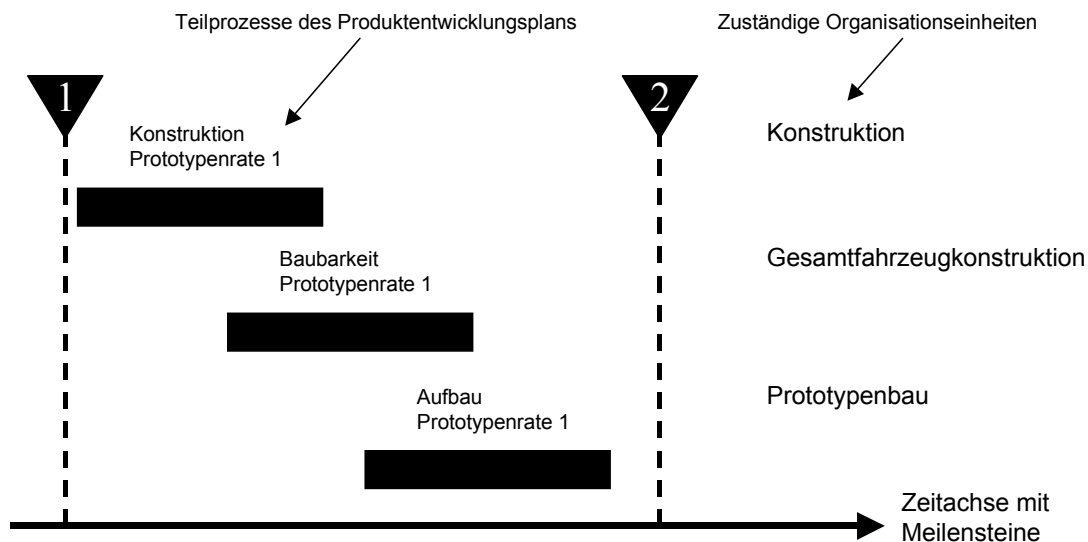


Abbildung 5.3: Unterteilung des Produktentwicklungsplans in die zuständigen Bereiche und Teilprozesse.

Je nach Einteilung des Produktentwicklungsplans ist es sinnvoll die Teilprozesse noch verfeinerter zu spezifizieren. So kann es sinnvoll sein, den Teilprozess „Konstruktion Prototypenrate 1“ in weitere Unterprozesse zu gliedern wie z.B. „Konstruktion Prototypenrate 1 Cockpit“, so dass diese Teilprozesse den später zu definierenden DMU-Techniken noch eindeutiger zugeordnet werden können. Die Granulierung des Produktentwicklungsprozesses muss soweit in die Tiefe erfolgen, bis ein eindeutig abgrenzbares Aufgabenpaket entsteht, so dass eine Zuordnung dieser Pakete zu den DMU-Techniken in den späteren Schritten eindeutig erfolgen kann.

In diesem Zusammenhang sind die „Kunden“ die jeweils folgende Organisation innerhalb des Produktentstehungsablaufs. So ist die Abteilung, welche die Prototypenfahrzeuge aufbauen, „Kunde“ des „Lieferanten“ Gesamtfahrzeug, welches die Bearbeitung des Teilprozesses „Packaging des Fahrzeuges“ gewährleistet.

Schritt A2: Gewichtung der Teilprozesse

Nicht alle Teilprozesse sind hinsichtlich des Gesamtprozesses gleich zu gewichten. Weiterhin können sich aus der Verfeinerung von **Schritt A1** verschiedene Verfeinerungsstufen ergeben. So kann ein Teilproduktentwicklungsprozess in sehr kleine Arbeitspakete unterteilt werden, andere Teilproduktentwicklungsprozesse nicht. Dieser Sachverhalt muss bei der Aufstellung des HoQ berücksichtigt werden.

Daher werden in dem **Schritt A2** den einzelnen Kundenanforderungen Gewichtungen von 1 (geringe Wichtigkeit) bis 3 (hohe Wichtigkeit) zugeordnet (siehe **Abbildung 5.4**). Die Gewichtung der Kundenanforderungen bildet später die Grundlage zur Berechnung der technischen Bedeutung einer DMU-Technik für den Gesamtprozess „Produktentwicklung“.

Dieser Schritt kann nur in enger Zusammenarbeit mit den Kunden erfolgen. Die Dokumentation in das HoQ erfolgt durch das Einführungsteam.

Bedeutung	Quantifizierung
Hohe Wichtigkeit für den gesamten Produktentwicklungsprozess	3
Mittlere Wichtigkeit für den gesamten Produktentwicklungsprozess	2
Geringe Wichtigkeit für den gesamten Produktentwicklungsprozess	1

Abbildung 5.4: Gewichtung der Teilprozesse und deren Bedeutung.

Phase 2: Analyse der DMU-Techniken

Schritt A3: Ermittlung der DMU-Techniken

Im nächsten Schritt sollen für die verschiedenen Teilprozesse des Produktentwicklungsplans DMU-Techniken gefunden werden, die imstande sind diese zu unterstützen. So muss z.B. die Frage gestellt werden, wie der Teilprozess „Baubarkeitsabsicherung Prototypenrate 1“, auf der Seite der DMU-Technik umgesetzt werden kann. Die „Sprache der Kunden“ muss somit in die „Sprache des DMU-Technik Know-How-Trägers“ transformiert werden (siehe **Abbildung 5.6**). Verantwortung und Ausführung dieses Schrittes liegt in der Hand des DMU-Technik-Einführungsteams.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, wie diese Fragestellungen über DMU-Techniken beantwortet werden können (siehe **Abbildung 5.5**):

- **Marktbeobachtungen/Marktanalysen:**
 - **Marktbeobachtungen:** Bei der Marktbeobachtung handelt es sich um einen ständig andauernden Prozess, bei dem sich die Experten der DMU-Technik laufend über die neuesten Entwicklungen auf dem DMU-Technik-Markt informieren.
 - **Marktanalysen:** Bei der Marktanalyse handelt es sich im Gegensatz zur Marktbeobachtung hingegen um ein klar definiertes Projekt, in dem es darum geht z.B. den Teilprozess „Packaging Prototypenrate 1“ zu untersuchen. In der Untersuchung muss festgestellt werden, ob es überhaupt Techniken gibt, die einsetzbar sind, und welche dies sind.
- **Interne Kundenanstöße:** Oftmals sind die Bereiche, welche die einzelnen Teilprozesse durchführen, in der Lage die unterstützenden DMU-Techniken zu benennen, jedoch aus Zeitgründen nicht in der Lage diese in die vorhandenen Prozesse zu implementieren. Diese internen Kundenanstöße können als weitere Möglichkeit verwendet werden, um verschiedene relevante DMU-Techniken zu definieren.
- **Berichte über innovative Techniken:** Innovative Techniken ermöglichen es erst, dass völlig neue DMU-Techniken entwickelt werden können. So hat z.B. die Entwicklung im Bereich der Hardware die Visualisierung von datenintensiven Objekten erst ermöglicht. Informationsquellen für Innovationen sind Messen, Fachzeitschriften, Fachtagungen, etc.

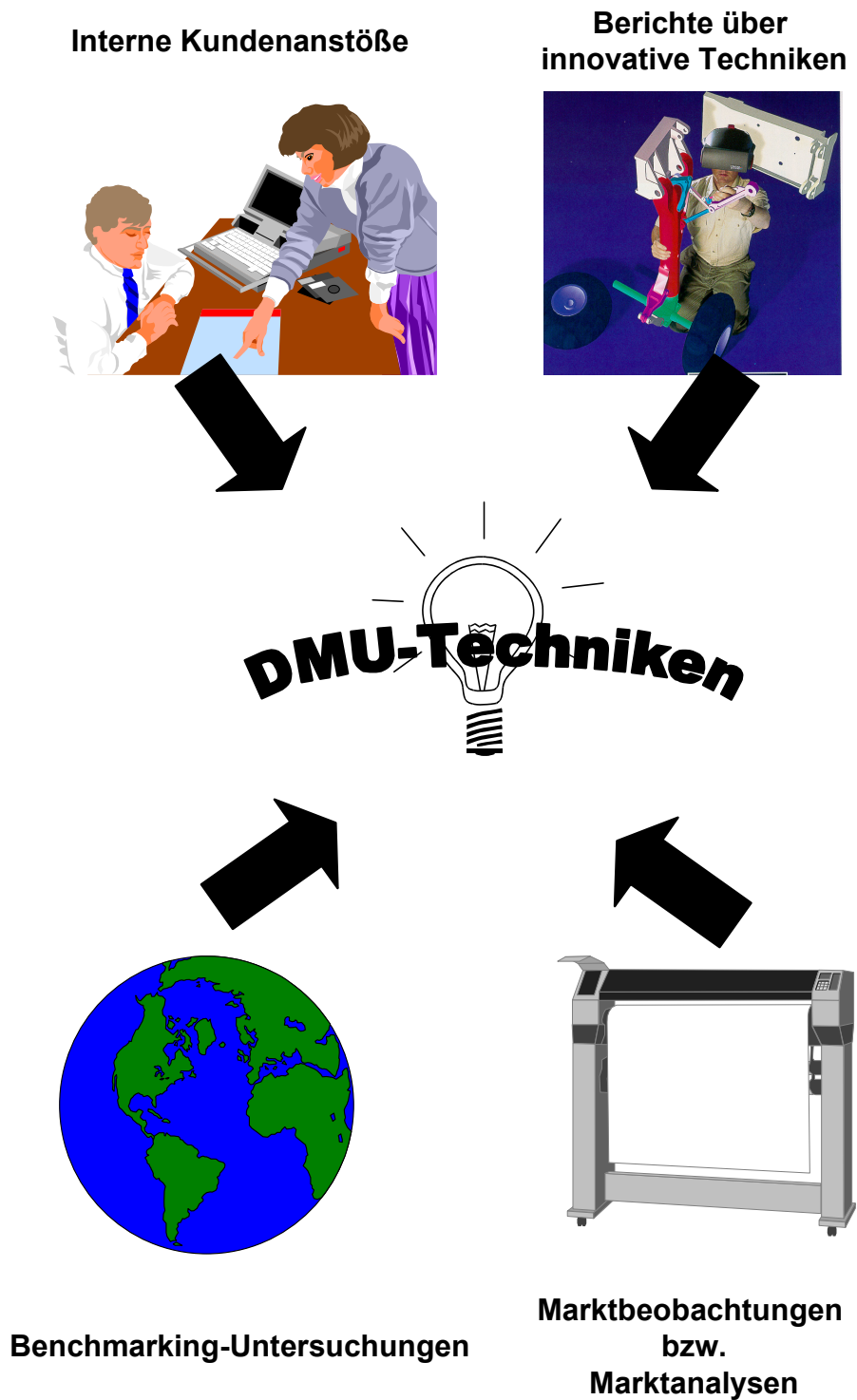


Abbildung 5.5: Möglichkeiten zum Auffinden von DMU-Techniken.

- **Benchmarking-Untersuchungen:** Eine weitere Quelle für Impulse zur Erarbeitung von DMU-Technik-Potentialen sind Untersuchungen, was andere Unternehmungen im Umfeld der DMU-Technologie für Lösungen erarbeitet haben. Bei den Unternehmungen muss es sich nicht allein um Mitwett-

bewerber handeln. So ist die Betrachtung von Unternehmen in anderem Industriebereichen durchaus lehrreich, da oft Lösungen aus anderen Industriezweigen für die eigenen Anwendungen adaptiert werden können (so genannte branchenübergreifende Benchmarkinguntersuchungen). So können z.B. DMU-Anwendungen, die in der Luft- und Raumfahrt entwickelt wurden, oftmals in der Automobilindustrie Verwendung finden.

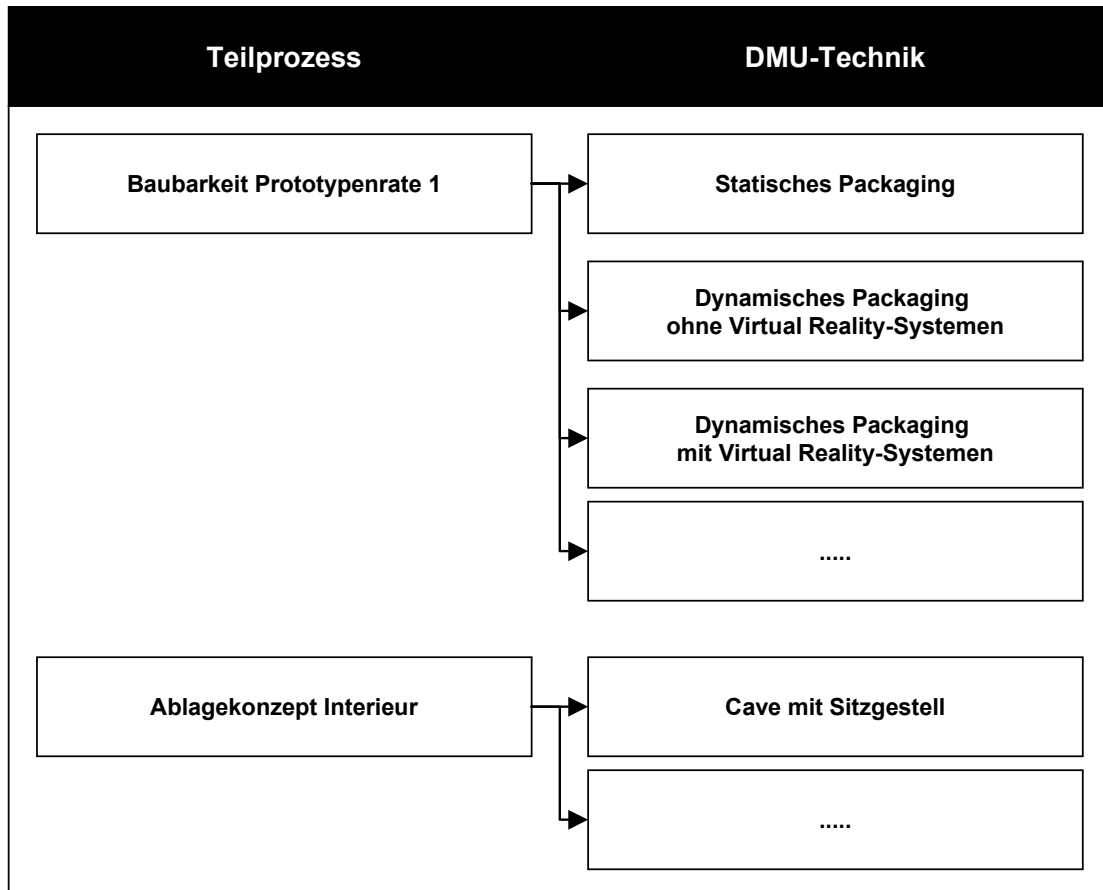


Abbildung 5.6: Beispiel der Beziehungen zwischen Produktentwicklungsteilprozessen und DMU-Techniken.

Schritt A4: Definition der messbaren Zielwerte

Um den Erfolg einer DMU-Technik zu bewerten, ist es wichtig quantifizierbare Zielwerte für die jeweiligen DMU-Techniken zu bestimmen. Die Festsetzung solcher Zielwerte wird in **Schritt A4** durchgeführt (siehe Beispiel in **Abbildung 5.7**). Später im Verlauf des Einführungsverfahrens wird auf diesen Wert zurückgegriffen, um eine Quantifizierung und somit Bewertung des Projektfortschritts vornehmen zu können. Die Festsetzung der Zielwerte erfolgt vom Einführungsteam in Abstimmung mit den Kunden.

Unter Zielwerte sind die messbare Merkmale zu verstehen, welche die Einführung von DMU-Techniken charakterisieren. So kann z.B. bei der DMU-Anwendung „Statisches Packaging“ das Zielszenario definiert werden, dass 100% aller ein- und ausbaurelevanten Bauteile an einem Fahrzeugprojekt mit Hilfe der DMU-Technik „statisches Packaging“ untersucht werden müssen, bevor die Bauteile gefertigt werden und in teure, physikalische Prototypen verbaut werden.

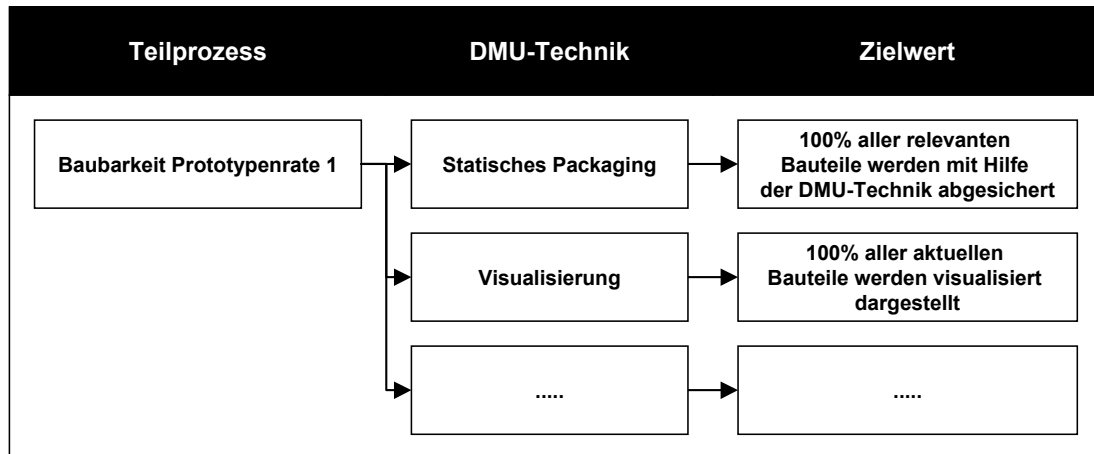


Abbildung 5.7: Beispiel zur Bestimmung von Zielwerten für die DMU-Techniken.

Schritt A5: Aufstellung der Beziehungsmatrix

Um die Korrelation zwischen den einzelnen Teilprozessen des Produktentwicklungsplans und den DMU-Technik zu bestimmen, wird die Matrix des HoQ ausgefüllt. Die Beziehungen werden mit Hilfe von Zahlen bewertet, wobei die Skala von einem leeren Feld (kein Zusammenhang) bis 3 (starke Korrelation) reicht (siehe **Abbildung 5.8**). Die Bestimmung der Korrelationswerte wird vom DMU-Technik-Einführungsteam in Zusammenarbeit mit den Kunden durchgeführt und im HoQ dokumentiert.

Bedeutung	Quantifizierung
Hohe Korrelation zwischen Teilprozess und DMU-Technik	3
Mittlere Korrelation zwischen Teilprozess und DMU-Technik	2
Geringe Korrelation zwischen Teilprozess und DMU-Technik	1
Keine Korrelation zwischen Teilprozess und DMU-Technik	0

Abbildung 5.8: Bewertungsskala der Beziehungen.

Ziel ist es innerhalb dieses Wertes die Unterstützung im Kontext einer groben wirtschaftlichen Bewertung der Nutzeneffekte der DMU-Techniken zu sehen. So ist zu untersuchen, inwiefern die Verwirklichung der DMU-Technik den Teilprozess hinsichtlich folgender Parameter positiv beeinflusst:

- **Entwicklungszeit → Zeitersparnis** (z.B. geringerer Zeitraum zum Aufbau von Prototypen, Zeitersparnis durch den vollständigen Ersatz von Prototypen)
- **Qualität → Fehlerreduktion** (z.B. höherer Entwicklungsreifegrad, so dass beim Aufbau der Prototypen weniger Nacharbeit notwendig ist)
- **Kosten → Kostenersparnis** (z.B. Kostenersparnis durch den vollständigen Ersatz von Prototypen, Kostenersparnis durch den erhöhten Reifegrad der Serienentwicklung und somit schnelleres Erreichen der Kammlinie)

Dabei ist die Verwendung eines Formblattes zur Formalisierung der Abschätzung einer Kosten/Nutzen-Analyse von Vorteil (siehe Beispiel in **Abbildung 5.9**). Hierbei besteht das Problem, dass die Nutzeneffekte durch den Einsatz von DMU-Techniken innerhalb der strategischen Ebene kaum zu quantifizieren sind. Erst bei der Verwirklichung und dem operativen Einsatz der DMU-Technik ist es weitestgehend möglich, einen monetären Nutzen zu bestimmen.


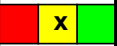
Teilprozess: Baubarkeitsabsicherung Prototypenrate 1	Organisation: Gesamtfahrzeugkonstruktion
DMU-Technik: Statisches Packaging	
Nutzen der DMU-Technik 	Kosten der DMU-Technik 
<p>Kostensparnis durch Anwendung der DMU-Technik:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Einsparung von Baubarkeitsattrappen •Einsparungen bei dem Aufbau der Prototypen durch den Wegfall von Änderungsvorfällen •..... <p>Qualitätserhöhung durch Anwendung der DMU-Technik: :</p> <ul style="list-style-type: none"> •Höherer Entwicklungsreifegrad, daher weisen die Prototypen einen höheren Reifegrad auf •..... <p>Entwicklungszeitreduktion durch Anwendung der DMU-Technik: :</p> <ul style="list-style-type: none"> •Geringere Zeitraum zum Aufbau von Prototypen •Schnelleres Reagieren der Abteilung auf Anfragen der Konstruktion •Änderungsschleifen werden kürzer •..... 	<ul style="list-style-type: none"> •Hardwarekosten: Anschaffung von performanten Workstations •Softwarekosten: Anschaffung der DMU-Software •Personalkosten: Kosten für Schulungspersonal, Personal zur operativen Umsetzung der DMU-Technik •Schulungskosten: 2 Tage pro Anwender Schulung an der DMU-Software, 1 Tag pro Anwender DMU-Prozesswissen •.....

Abbildung 5.9: Beispiel einer groben Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer DMU-Technik (Kosten/Nutzen-Analyse)

Schritt A6: Berechnen der Bedeutung der DMU-Techniken für den Gesamtentwicklungsprozess

Mit dem **Schritt A6** wird die Wichtigkeit der DMU-Technik bewertet. Die technische Bedeutung errechnet sich, indem die Werte für die Gewichtung der Teilprozesse mit den Matrixwerten miteinander multipliziert werden (siehe **Abbildung 5.10**). Die Werte einer jeden Spalte werden addiert in das HoQ eingetragen. Um eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den DMU-Techniken zu erhalten, wird die Bedeutung zusätzlich noch prozentual angegeben. Je höher die Zahl, desto bedeutender die DMU-Anwendung und somit desto

dringender die Notwendigkeit zur Einführung und Realisierung der DMU-Technik. Die Berechnung wird vom Einführungsteam durchgeführt.

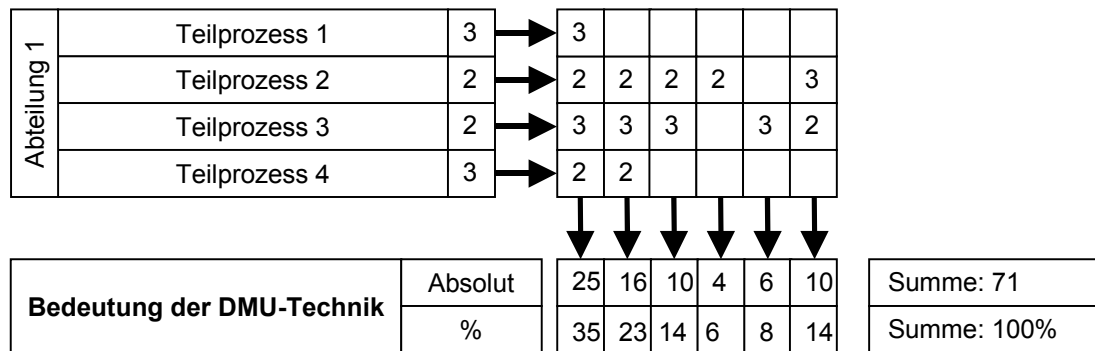


Abbildung 5.10: Berechnung der Bedeutung der DMU-Techniken.

Schritt A7: Ermittlung der Korrelationen der DMU-Techniken

Die Umsetzungen der verschiedenen DMU-Techniken können sich gegenseitig begünstigen. So steht z.B. die DMU-Technik „Visualisierung“, welches das Vorhandensein aller geometrischen Datenumfänge impliziert, in einer positiven Korrelation zur DMU-Technik „Statisches Packaging“, wo ebenfalls das Vorhandensein aller Geometrieumfänge notwendig ist. Dies hat später bei der Realisierung der DMU-Techniken zur Folge, dass die DMU-Anwendungen, welche eine positive Korrelation aufweisen, bevorzugt miteinander eingeführt werden sollten. Ein Plus (+) im Dach des HoQ (siehe **Abbildung 5.2**) gibt an, dass eine positive Korrelation zwischen den beiden DMU-Techniken besteht, ein Minus (-) gibt eine negative Korrelation an. Wenn weder Plus noch Minus angeben sind, bestehen zwischen den beiden DMU-Techniken keine Korrelationen. Die Korrelationswerte werden vom DMU-Technik-Einführungsteam erarbeitet.

Schritt A8: Durchführung des DMU-Technik-Benchmarkings

In diesem Schritt wird vom DMU-Technik-Einführungsteam untersucht, wie die momentane DMU-Technik-Strategie sich im Vergleich zu den Mitwettbewerbern verhält. Der Schritt gibt gute Anhaltspunkte, wo Nachholbedarf für die eigene Unternehmung besteht. Der **Schritt A8** zeigt auch auf, welche Mitwettbewerber führend sind in den verschiedenen DMU-Anwendung, so dass später diese Unternehmungen als Benchmarks für die eigene DMU-Technik-Strategie verwendet werden können. Die Ergebnisse werden in das strategische HoQ als eine Art „DMU-Technologie-Fieberkurve“ (siehe **Abbildung 5.11**) eingetragen.

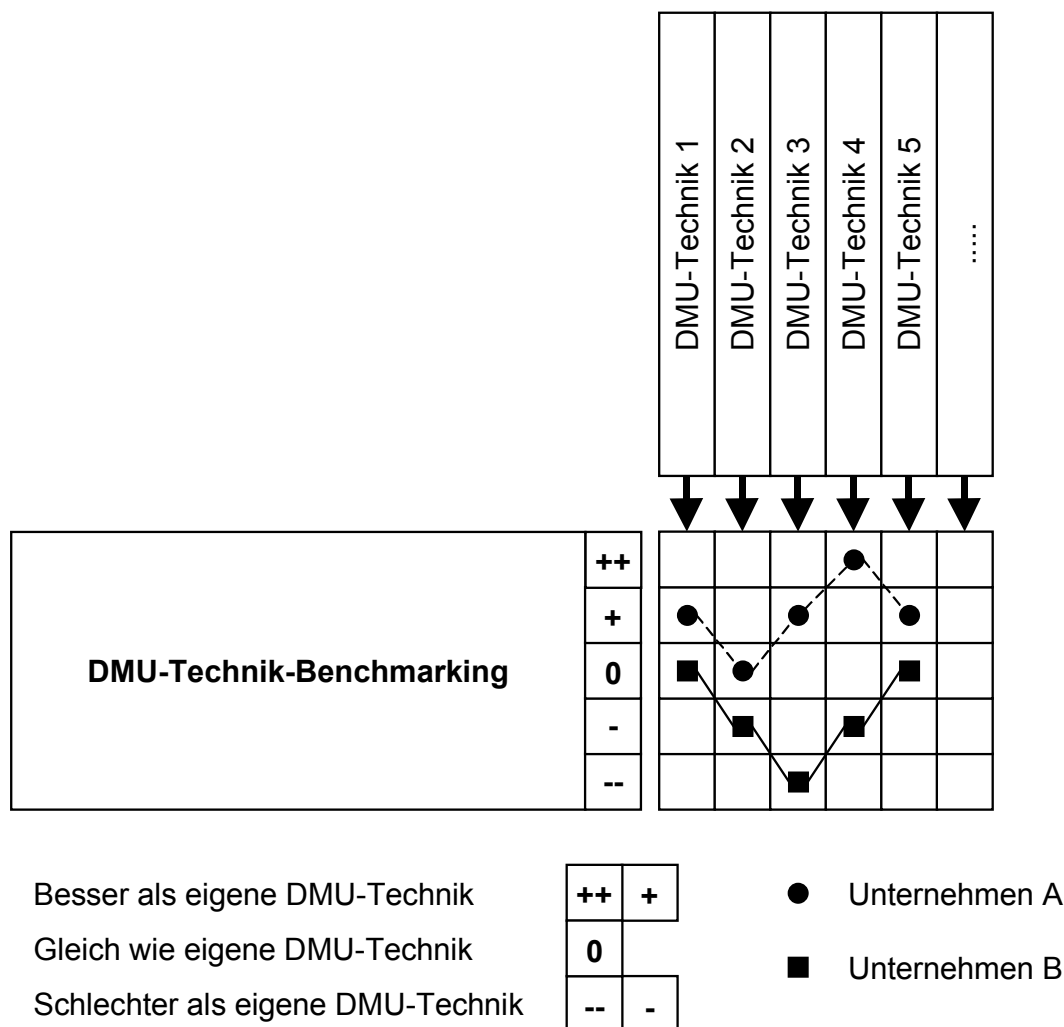


Abbildung 5.11: Beispiel eines Benchmarkings der DMU-Techniken.

Zum Zweck des Benchmarkings kann nicht nur auf direkte Konkurrenten zurückgegriffen werden. Ebenfalls von Interesse sind interne Benchmarkinguntersuchungen, bei denen innerhalb der eigenen Unternehmung Analysen durchgeführt werden, aber auch funktionale Benchmarkinguntersuchungen. Bei diesen Untersuchungen werden nicht direkt im Wettbewerb stehende Unternehmen in die Untersuchung mit einbezogen, um die „Best Practice“ herauszufinden und von ihnen zu lernen. So kann es z.B. im Bereich der DMU-Technologie durchaus sinnvoll sein, die großen Flugzeughersteller mit in die Betrachtung einzubeziehen. Ziel des Schrittes ist es die eigene Situation in Relation zu anderen Unternehmungen zu setzen. Aus den Benchmarkinguntersuchungen können verschiedene Schlüsse gezogen werden. So können die Untersuchungen Impulse auslösen um Techniken, die schon prozesssicher in anderen Unternehmen implementiert worden sind, in dieser Art und Weise auch bei sich einzuführen.

Schritt A9: Ermittlung des Schwierigkeitsgrads der Realisierung der DMU-Technik

Damit später das DMU-Technik-Portfolio aufgestellt werden kann, ist es notwendig, die Schwierigkeit zu bestimmen und zu quantifizieren, die sich in der Einführung und Realisierung der DMU-Technik unter Berücksichtigung des messbaren Zielwertes (**Schritt A9**) verbirgt. So kann ein hoher Schwierigkeitsgrad der Realisierung darin bestehen, dass noch keinerlei Erfahrungen im Hause bezüglich dieser Techniken bestehen oder noch keine ausgereifte Software auf dem Markt zu finden ist, etc. (technische Risiken). Weiterhin wird mit Hilfe dieses Schrittes der Aufwand zur Einführung der DMU-Technik abgebildet. **Schritt A9** wird vom Einführungsteam in Zusammenarbeit mit dem Kunden erarbeitet und im HoQ dokumentiert.

Bei dem Einführungskonzept wird eine Skala von 1 (geringer Schwierigkeitsgrad in Bezug auf Risiko und Aufwand) bis 3 (hoher Schwierigkeitsgrad in Bezug auf Risiko und Aufwand) verwendet und in das HoQ eingetragen. Um die Visualisierung innerhalb des HoQ einsichtiger zu machen, werden anstatt der Zahlen Symbole verwendet (siehe **Abbildung 5.12**). Ziel dieses Schrittes ist, die zur Verfügung stehenden monetären und humanen Ressourcen optimal zu verwenden.

Symbol	Bedeutung	Quantifizierung
●	Hohe Schwierigkeitsstufe	3
●	Mittlere Schwierigkeitsstufe	2
○	Geringe Schwierigkeitsstufe	1

Abbildung 5.12: Bewertungsskala des Schwierigkeitsgrades zur Realisierung der DMU-Technik.

Phase 3: Analyse der Ergebnisse des strategischen HoQ und deren Darstellung

Schritt A10: Aufstellen des DMU-Technik-Portfolios

Nur mittels des **Schritts A6** „Bedeutung der DMU-Technik für den Gesamtentwicklungsprozess“ lässt sich noch kein Projektplan erstellen. So kann der Fall auftreten, dass die Bedeutung einer DMU-Technik sehr hoch ist, jedoch sehr hohe Barrieren bestehen diese in der Realität auch zu verwirklichen. So kann es sein, dass noch keine ausgereifte Software auf dem Markt zu erhalten ist

oder die Beschaffung der Hardware zu kostintensiv ist. Erst in Kombination mit dem Schwierigkeitsgrad der Realisierung der DMU-Technik kann eine Priorisierung der Projekte festgelegt werden. Zur visuellen Darstellung des Sachverhalts ist die Verwendung eines Portfoliodiagramms zu empfehlen (siehe **Abbildung 5.13**).

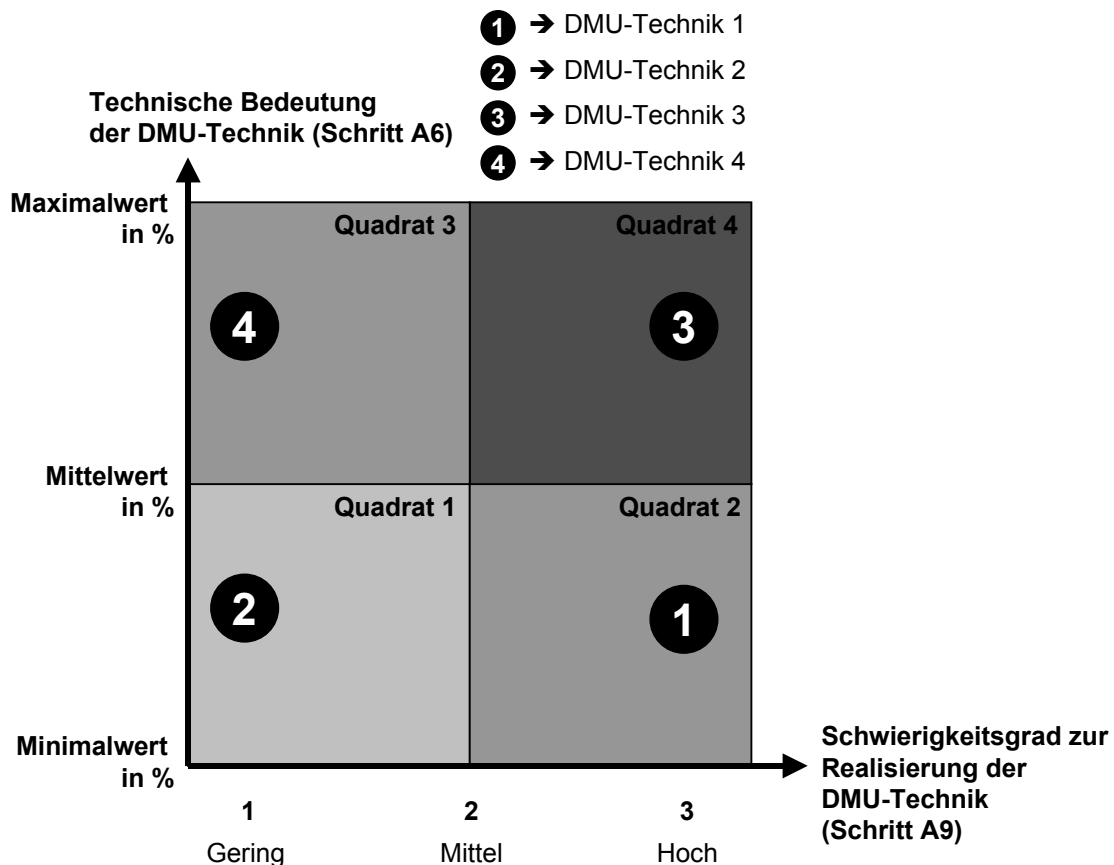


Abbildung 5.13: DMU-Technik-Portfolio.

Anhand der Eingliederung der einzelnen DMU-Techniken in das Portfolio-Diagramm lassen sich Rückschlüsse auf eine Priorisierung der Einführungsprojekte ziehen. Die DMU-Techniken, welche in Quadrat 3 eingruppiert sind (als Beispiel in **Abbildung 5.13** „DMU-Technik 4“), sind in der Realisierung zu priorisieren, da diese eine geringe Schwierigkeit zur Realisierung aufweisen und wichtig für den Gesamtprozess sind, welches durch die hohe technische Bedeutung zum Ausdruck kommt. Die DMU-Anwendungen, die hingegen in Quadrat 2 eingezeichnet sind, haben den geringsten Priorisierungsgrad. Verantwortung für den **Schritt A10** trägt das Einführungsteam der DMU-Technik.

Aus Gründen der Effizienz sind diejenigen DMU-Techniken zuerst zu implementieren, welche folgenden zwei Bedingungen erfüllen:

- **Geringer Schwierigkeitsgrad zur Realisierung:** Um die begrenzten Geld- bzw. Personalkapazitäten zielgerichtet einzusetzen, sind diejenigen DMU-Techniken zu präferieren, welche mit hoher Wahrscheinlichkeit schnell einzuführen sind und somit ein geringes technisches Risiko und einen geringen Einführungsaufwand aufweisen.
- **Hohe technische Bedeutung:** Für den Gesamtentwicklungsprozess sind die DMU-Anwendungen besonders wichtig, die eine hohe technische Bedeutung aufweisen und somit am stärksten vermögen die Fahrzeugproduktentwicklung hinsichtlich der Parameter Kosten, Qualität und Zeit positiv zu beeinflussen.

Schritt A11: Überprüfung des strategischen HoQ (Design Review)

Der letzte Schritt der strategischen Ebene dient zur Absicherung des Gesamtergebnisses und erfolgt als Design Review des bereits erarbeiteten strategischen HoQ. Das Design Review hat die Aufgabe der systematischen Überprüfung der Ergebnisse des HoQ zur frühzeitigen Erkennung von Planungsfehlern und zur allgemeinen Analyse der DMU-Technik-Strategie des Unternehmens. Durchgeführt wird der Design Review durch das Einführungsteam in Zusammenarbeit mit den Kunden.

Das Aufstellen einer Checkliste ist hierbei notwendig (siehe **Abbildung 5.14**). So ist ein schnelles und effektives Überprüfen des strategischen HoQ möglich. Das Durcharbeiten der Checkliste verhindert, dass wichtige Aspekte unbeachtet bleiben. Aus dem Analysieren der Checkliste können neue Aktivitäten entstehen, die das Überarbeiten des HoQ notwendig machen, so dass ein Regelkreis zwischen strategischem HoQ und der Design Review-Checkliste entsteht (gemäß PDCA-Zyklus).

Die wichtigsten Ergebnisse der strategischen HoQ bestehen somit aus folgenden Punkten:

- Der Gesamtentwicklungsprozess ist analysiert und in seine gewichteten Teilprozesse untergliedert.
- Die DMU-Techniken zur Unterstützung der Teilprozesse sind erarbeitet.
- Die Bedeutung der DMU-Techniken in Relation zum Gesamtentwicklungsprozess ist errechnet und als DMU-Technik-Portfolio visualisiert.
- Die DMU-Technik-Strategie der Unternehmung ist in Form des HoQ definiert und für alle Beteiligten transparent dokumentiert.

Design Review „Strategisches House of Quality“
Phase 1: Analyse der Teilprozesse des Produktentwicklungsplans
Sind alle relevanten Teilprozesse des Produktentwicklungsplans ermittelt worden?
Sind alle Gewichtungen der Teilprozesse definiert worden?
Sind den Teilprozessen des Produktentwicklungsplans die Abteilungen zugewiesen worden?
....
Phase 2: Analyse der DMU-Techniken
Sind allen Teilprozessen DMU-Techniken zuzuordnen oder bestehen Unterstützungslücken (Entwicklung von Software notwendig)?
Bestehen große Unterschiede bei dem Einsatz der DMU-Techniken zwischen den Wettbewerbern und wenn ja warum?
Sind allen DMU-Techniken messbare Zielwerte zugewiesen?
....

Abbildung 5.14: Auszug aus einer Checkliste zur Überprüfung des strategischen HoQ (Design Review).

5.3 Die taktische Ebene

5.3.1 Grundaufbau des taktischen HoQ

In dem strategischen HoQ wurden vom Projektteam aus den einzelnen Teilprozessen des Produktentwicklungsprozesses und den einzelnen DMU-Techniken Beziehungen erarbeitet, mit deren Hilfe das Management Entscheidungen treffen können. Die Entscheidungen sind der Natur, dass klar diejenigen DMU-Techniken selektiert werden können, welche den Gesamtentwicklungsprozess am Stärksten zu unterstützen imstande sind. Diese DMU-Techniken müssen nun zur Realisierung gebracht werden und in die bestehenden Prozess- und IT-Landschaften integriert werden. Die Implementierung der DMU-Technik wird innerhalb der taktischen Ebene geplant.



Abbildung 5.15: Phasen zur Erarbeitung der taktischen Ebene.

Abbildung 5.15 gibt einen ersten Überblick über den Prozess zur Erstellung der HoQ der taktischen Ebene. Die taktische Ebene gliedert sich in fünf verschiedene Phasen:

- **Phase 1** - Analyse der Kundenanforderungen an die zu implementierende DMU-Technik:
 - In **Schritt B1** werden die Kunden für die einzuführende DMU-Technik ermittelt.
 - In **Schritt B2** werden die Kundenanforderungen bestimmt und strukturiert in Affinitätsdiagrammen dargestellt.
 - In **Schritt B3** werden die Kundenanforderungen gewichtet.
 - In **Schritt B4** werden die Kunden zu Kundengruppen segmentiert, um die Planung und Implementierung effizienter gestalten zu können.

- **Phase 2** - Analyse des Ist-Zustandes:
 - In **Schritt B5** wird der Ist-Zustand des aktuellen Teilprozesses beschrieben. Visualisiert wird der aktuelle Prozess mithilfe von Ablaufdiagrammen.
 - In **Schritt B6** wird das Ist-Ablaufdiagramm analysiert und auf Schwachstellen und Stärken untersucht.
- **Phase 3** - Erstellung des Master-HoQ der DMU-Technik:
 - In **Schritt B7** werden aus den Kundenanforderungen die DMU-Technik-Qualitätskriterien erarbeitet und im Master-HoQ dargestellt.
 - In **Schritt B8** werden die Korrelationen zwischen den Kundenanforderungen und den DMU-Technik-Qualitätskriterien analysiert und im Master-HoQ als Matrix dargestellt.
 - In **Schritt B9** wird das Master-HoQ anhand von Kriterien auf Vollständigkeit untersucht.
- **Phase 4** - Erstellung der HoQ der einzelnen DMU-Technik-Qualitätsgruppen:
 - In **Schritt B10** wird das prinzipielle DMU-Technik-Ablaufdiagramm erarbeitet. Dies bedeutet, dass der neue Prozess, welcher zur Realisierung der DMU-Technik notwendig ist, mit der Hilfe von Ablaufdiagrammen visualisiert wird.
 - In **Schritt B11** werden die neuen DMU-Technik-Qualitätskriterien in die HoQ „IT-Technik, Daten und Prozess“ eingearbeitet (nähere Erläuterungen siehe **Abbildung 5.31**).
 - In **Schritt B12** wird die Beziehungsmatrix zwischen den Kundenanforderungen und den DMU-Technik-Qualitätskriterien erarbeitet.
 - In **Schritt B13** wird die Bedeutung der jeweiligen DMU-Technik-Qualitätsmerkmale für die DMU-Technik errechnet.
 - In **Schritt B14** werden die quantitativen Zielwerte der DMU-Technik-Qualitätskriterien bestimmt.
 - In **Schritt B15** werden die Korrelationen der DMU-Technik-Qualitätsmerkmale analysiert.
 - In **Schritt B16** wird ein Benchmarking durchgeführt, mit deren Hilfe für die DMU-Technik-Qualitätsmerkmale Best-Practice-Ansätze erarbeitet werden können.
 - In **Schritt B17** wird der Schwierigkeitsgrad zur Realisierung der einzelnen DMU-Technik-Qualitätsmerkmale errechnet.
 - In **Schritt B18** wird das DMU-Technik-Qualitätsmerkmale-Portfolio aufgestellt.
 - In **Schritt B19** werden die Sub-HoQ aufgestellt.
 - In **Schritt B20** wird das HoQ „Wissen“ aufgestellt.
 - In **Schritt B21** wird das spezifische DMU-Technik-Ablaufdiagramm erarbeitet.
- **Phase 5** - Analyse der Ergebnisse der taktischen HoQ:
 - In **Schritt B22** findet eine Überprüfung (Design Review) der erarbeiteten Lösung statt. Dabei wird eine Checkliste verwendet.

5.3.2 Prozess zur Erstellung der taktischen HoQ

Phase 1: Analyse der Kundenanforderungen der DMU-Technik

Schritt B1: Bestimmung der Kunden für die DMU-Technik

Für die am Ende der strategischen Ebene im DMU-Technik-Portfolio definierten DMU-Techniken wird in der taktischen Ebene jeweils ein Einführungsplan erarbeitet. Erster Schritt ist es der einzuführenden DMU-Technik die Kunden (Nutzer) zuzuordnen (siehe **Abbildung 5.16**).

Strategische Ebene DMU-Technik-House of Quality		DMU-Techniken					
		DMU-Technik 1	DMU-Technik 2	DMU-Technik 3	DMU-Technik 4	DMU-Technik 5
Teilprozesse							
Organisationseinheiten Abteilung 1 Abteilung 2	Teilprozess 1	3	3				
	Teilprozess 2	2	2	2	2		3
	Teilprozess 3	3	3	3		3	2
	Teilprozess 4	2	2				
	Teilprozess 5	3					
	Teilprozess 6	2	2	2			3
	Teilprozess 7	3	3	3		3	2
	Teilprozess 8	2	2				
	Teilprozess 9	3		3		3	2
	2	2				

Kunden der DMU-Technik 1

Abbildung 5.16: Kunden der DMU-Technik ersichtlich aus dem strategischem HoQ.

Schritt B2: Bestimmung und Strukturierung der Kundenanforderungen

Nachdem im letzten Schritt die verschiedenen Kunden der DMU-Technik bestimmt wurden, müssen nun in **Schritt B2** die Kundenanforderungen der

einzelnen Kunden bestimmt werden. Um die Kundenanforderungen zu ermitteln, ist ein intensiver Kundenkontakt zwingend notwendig, da ansonsten die Gefahr besteht, dass allein die Interessen und aus der Warte des Know-How-Trägers der DMU-Technik die neue DMU-Anwendung eingeführt wird.

Bei der Aufnahme der Kundenanforderungen ist zu beachten, dass der spätere Nutzer der DMU-Technik noch nicht alle relevanten Forderungen stellen kann. Beschrieben wird dieses durch das Kano-Modell. Im dem von Kano aufgestellten Modell wird eine Aufteilung der Kundenanforderungen vorgestellt, die hier aufgegriffen werden soll und bei der Aufnahme der Kundenanforderungen durch die Know-How-Träger der DMU-Technik stets in Betracht gezogen werden sollte [KAN 84].

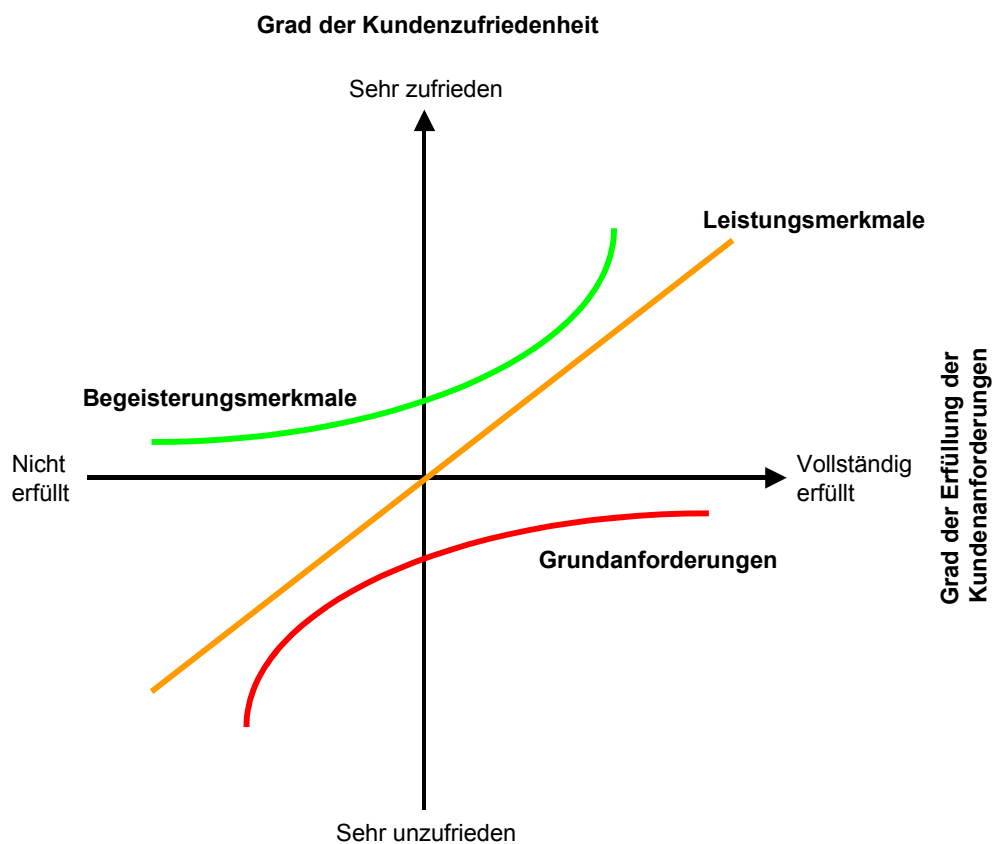


Abbildung 5.17: Darstellung des Kano-Modells [KAN 84].

Innerhalb des Modells wird zwischen drei verschiedenen Kundenanforderungen unterschieden (siehe **Abbildung 5.17**):

- **Grundanforderungen:** Diese Kategorie von Forderungen werden **nicht explizit** von den Kunden **ausgesprochen**. Es wird stillschweigend davon ausgegangen, dass diese Forderungen erfüllt werden. Wenn dies nicht der Fall ist, sinkt die Kundenzufriedenheit rapide ab (Beispiel: Ausreichende

Leistungsfähigkeit der Datennetzwerke zur Durchführung der DMU-Anwendungen).

- **Leistungsanforderungen:** Die Leistungsanforderungen werden **explizit** vom Kunden **ausgesprochen**. Das Kano-Modell geht von einer Proportionalität zwischen dem Erfüllungsgrad des Kundenwunsches und der Kundenzufriedenheit aus (Beispiel: Software muss eine Funktionalität zur Abstandsmessung von Bauteilen enthalten).
- **Begeisterungsmerkmale:** Bei diesen Produktmerkmalen handelt es sich um Anforderungen, die der Kunde **nicht explizit stellt bzw. stellen kann**, da diese für ihn völlig neuartig sind. Das Kano-Modell geht davon aus, dass der Kunde von der Existenz dieser Produktmerkmale positiv überrascht ist und sich begeistert zeigt. Speziell bei diesen Merkmalen ist das Know-how des DMU-Technik-Spezialisten gefragt, da nur er das Wissen über die potentiellen Möglichkeiten der DMU-Technologie besitzt (Beispiel: Software bietet die Möglichkeit eines 3D-Schnittes an).

Aus den oben dargelegten Gründen ist es für den Projekterfolg zwingend, dass der Mitarbeiter, welcher die DMU-Anwendung einführt, in Gesprächen mit den späteren Anwendern der DMU-Technik alle Anforderungen, also auch die Grundanforderungen herausarbeitet, da ansonsten die Gefahr besteht, dass allein Leistungsanforderungen Eingang finden in das HoQ. Das Einbringen von Begeisterungsmerkmalen ist ebenfalls eine Aufgabe, die dem Know-How-Träger zufällt. Eine ständige Absprache mit den potentiellen Kunden der DMU-Anwendung ist jedoch bei den Begeisterungsmerkmalen sehr wichtig, da ansonsten die Gefahr eines Over-Engineerings besteht.

Es gibt zwei verschiedene Möglichkeiten die Kundenanforderungen zu ermitteln:

- **1. Schriftliche Kundenbefragungen:**



Die Vorteile der schriftlichen Kundenbefragungen bestehen darin, dass diese relativ günstig und ein größerer Anteil der Kunden befragt werden kann. Auch die gute Vergleichbarkeit und die schnelle Auswertbarkeit sind als Vorteile zu nennen. Schriftliche Kundenbefragungen haben jedoch den Nachteil, dass durch die Standardisierung der Fragen Missverständnisse auftreten können. Der schwerwiegendste Nachteil ist jedoch, dass kein flexibles Eingehen auf den jeweiligen Kunden und dessen Ideen möglich ist. Dies ist jedoch insbesondere dann wichtig, um entsprechend dem Kano-Modell die Begeisterungsmerkmale der DMU-Technik zu erarbeiten.

- **2. Mündliche Kundenbefragungen:**

In den verschiedenen Projekten hat sich herausgestellt, dass die Anwendung von mündlichen Kundenbefragungen zielorientierter für den Einführungsprozess ist, da sehr viel intensiver und flexibler auf die Anwender der DMU-Technik eingegangen werden kann. So hat sich gezeigt, dass insbesondere zu Beginn des Projektes auf ausgewählte Schlüsselanwender, welche schon Verständnis in der Anwendung von spezifischer Software aufweisen, zurückgegriffen werden sollte. Zu einem späteren Zeitpunkt ist das Hinzuziehen einer größeren

Anzahl von Anwendern der DMU-Technik ratsam, um eine Verifikation der zuvor erarbeiteten Kundenwünsche zu erzielen (Optimierungsschleife).

Um die Kundenanforderungen systematisiert zu erfassen, ist eine Dokumentation in Form einer Liste notwendig (siehe **Abbildung 5.18**). In den Listen sind Kundeninformationen einzutragen, auf welche später zur Erarbeitung der verschiedenen taktischen HoQ zurückgegriffen werden müssen. Das Aufstellen der Kundenanforderungslisten stellt kein einmaliger Schritt dar. Im Laufe des Einführungsprozesses können sich Änderungen der Kundenanforderungen ergeben, so dass die Kundenliste innerhalb eines dynamischen Prozesses ständig im Kundendialog überarbeitet werden muss.

				
<h2 style="margin: 0;">Liste der Kundenanforderungen</h2>				
DMU-Technik-Projekt: Visualisierung				
DMU-Technik-Kunde: Gesamtfahrzeugkonstruktion (EP/RMK)				
Tangierte Produktentwicklungsprozesse: <ul style="list-style-type: none"> • Baubarkeit SAF I • Baubarkeit SAF II • Baubarkeit Entwicklungsfahrzeug • Baubarkeit Bestätigungsfahrzeug 				
Nr.	Kundenanforderungen	G	K	Bemerkungen
1	Geringer Schulungsaufwand	1	G	Maximal ein Tag Schulung
2	Performante Visualisierung der Geometriedaten	2	G	
3	Geometriedaten des aktuellen Serienstands vom Fahrzeug visualisieren	3	L	
4	Geometriedaten des aktuellen Stands der Prototypenrate vom Fahrzeug visualisieren	3	L	

Legende:
 G - Gewichtung
 K - Einteilung nach dem Kano-Modell (G - Grundanforderung, L - Leistungsmerkmal, B - Begeisterungsmerkmal)

Abbildung 5.18: Auszug aus einem Formblatt zur Dokumentation der Kundenanforderungen.

Bei der Aufnahme der Kundenanforderungen ist zu beachten, dass nur die wichtigsten Punkte in den Listen dokumentiert werden dürfen. Es ist leicht ersichtlich, dass je mehr Kundenanforderungen eingetragen werden, die Anzahl Matrixpunkte sehr stark ansteigt (Matrixpunkte = Kundenanforderungen mal

DMU-Technik-Qualitätsmerkmale). Es ist irgendwann ein Punkt erreicht, in dem das HoQ nicht mehr die angestrebte Transparenz zulässt, sondern unübersichtlich und nicht mehr handhabbar wird.

Damit die Kundenanforderungen für den weiteren Einführungsprozess strukturiert vorliegen, werden die einzelnen Kundenwünsche in einem Affinitätsdiagramm unter Oberbegriffen zusammengefasst. **Abbildung 5.19** zeigt das Beispiel eines Affinitätsdiagramms. Am Ende von **Schritt B2** liegen somit die Kundenanforderungen der jeweiligen Kunden der DMU-Technik in strukturierter Form vor.

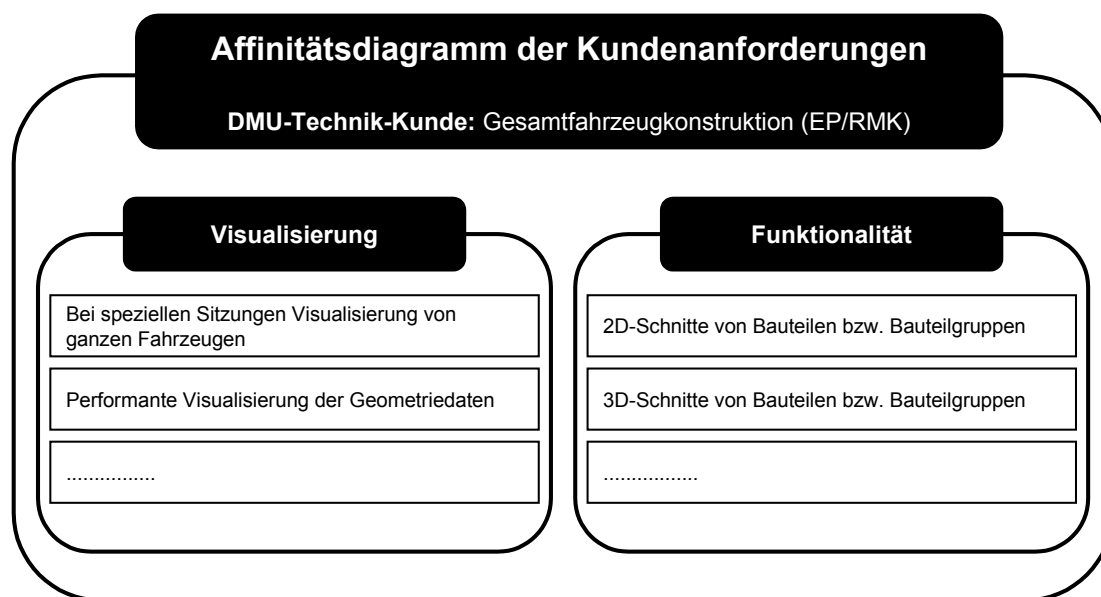


Abbildung 5.19: Beispiel der Strukturierung von Kundenanforderungen mittels eines Affinitätsdiagramms (M7).

Schritt B3: Gewichtung der Kundenanforderungen

Die einzelnen Kundenanforderungen sind in Relation zueinander verschieden wichtig. Dieser Umstand wird dadurch Rechnung getragen, dass in **Schritt B3** den einzelnen Kundenanforderungen Gewichte zugewiesen werden. Ziel der Gewichtung ist es somit, besonders wichtige Anforderungen für den Erfolg der DMU-Technik mit einer höheren Priorität zu versehen.

Die Gewichtung der Kundenanforderungen sind zusammen mit dem Kunden abzusprechen. Die Bewertungen gehen von 1 (geringste Priorität) bis 3 (höchste Priorität). Die Gewichtung der Kundenanforderungen bildet die Grundlage zur Berechnung der technischen Bedeutung.

Schritt B4: Segmentierung der Kunden

Oftmals haben die verschiedenen Kunden der DMU-Technik gleiche oder ähnliche Kundenanforderungen. Um bei der Planung und bei der Implementierung der DMU-Technik effizienter vorgehen zu können, ist es notwendig die Kunden zu gruppieren und somit Kundensegmente zu bilden (Beispiel in **Abbildung 5.20**).

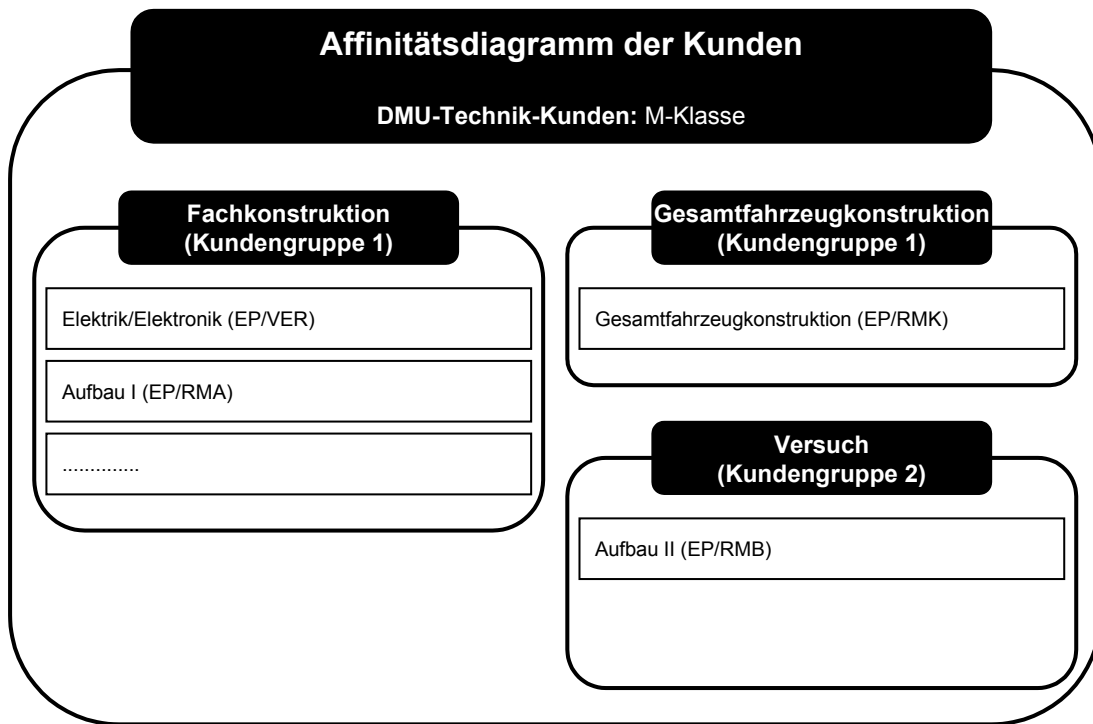


Abbildung 5.20: Beispiel der Kundensegmentierung einer DMU-Technik.

Später können hieraus Kosten- und Effizienzeffekte erzielt werden (gemeinsame kostensparende Hardware- und Softwarebeschaffung, gemeinsame Softwareprogrammierung, gemeinsame Implementierungsstrategien, etc.).

Abbildung 5.21 zeigt in welcher Art und Weise die in der ersten Phase der taktischen Ebene erarbeiteten Ergebnisse in das taktische HoQ eingetragen werden.

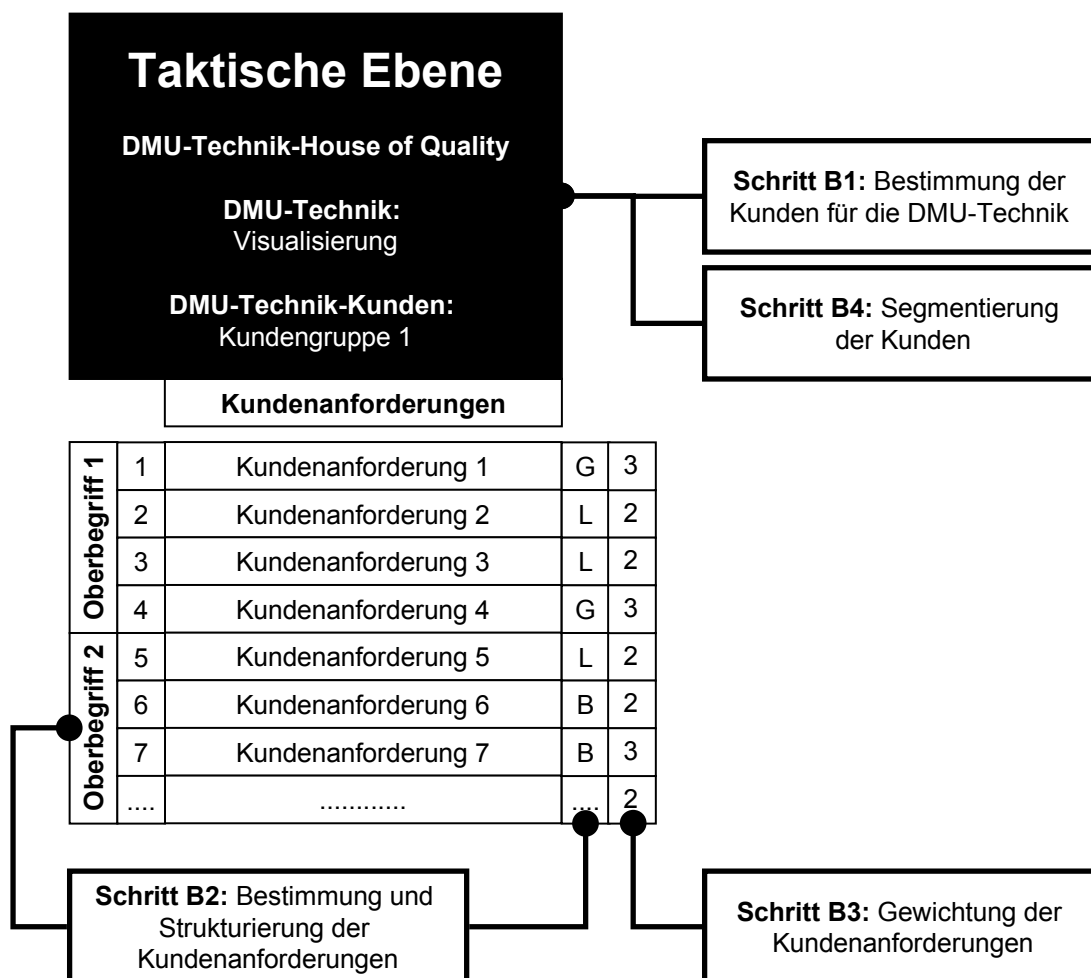


Abbildung 5.21: Dokumentation der Ergebnisse der ersten Phase in das taktische HoQ.

Phase 2: Analyse des Ist-Zustandes

Schritt B5: Ermittlung des Ist-Zustandes

Nachdem nun die Kundenanforderungen für die DMU-Anwendung bekannt sind, muss, bevor der neue DMU-Technik-Ablaufplan mit Hilfe der QFD-Technik erstellt wird, der momentane Ist-Zustand dargestellt werden. Dieser Schritt ermöglicht es, dass sich alle Beteiligten über den aktuellen Stand des Ist-Prozesses klar werden. Zur Darstellung des Ist-Zustandes wird auf die Beschreibungsmethodik der Ablaufdiagramme zurückgegriffen, welche in der DIN 66001 definiert sind (siehe **Abbildung 5.22**) [DIN 83]. Das zeitlich Vorziehen der Definition der Kundenanforderungen ist für eine effektive Gestaltung des DMU-Einführungsprozesses wichtig, da unabhängig vom Ist-Prozess die

Chance gegeben ist, einen völlig neuen Prozess zu definieren (Ansatz der Prozessorganisation). Bei einer Umkehrung des Einführungsprozesses (zuerst Ermittlung des Ist-Prozesses, erst dann die Aufstellung der Kundenanforderungen) besteht immer die Gefahr, dass das Einführungsteam sich zu stark an dem Ist-Prozess orientiert und sich nur eine Optimierung des aktuellen Ist-Prozesses nach der Einführung der DMU-Technik ergibt.

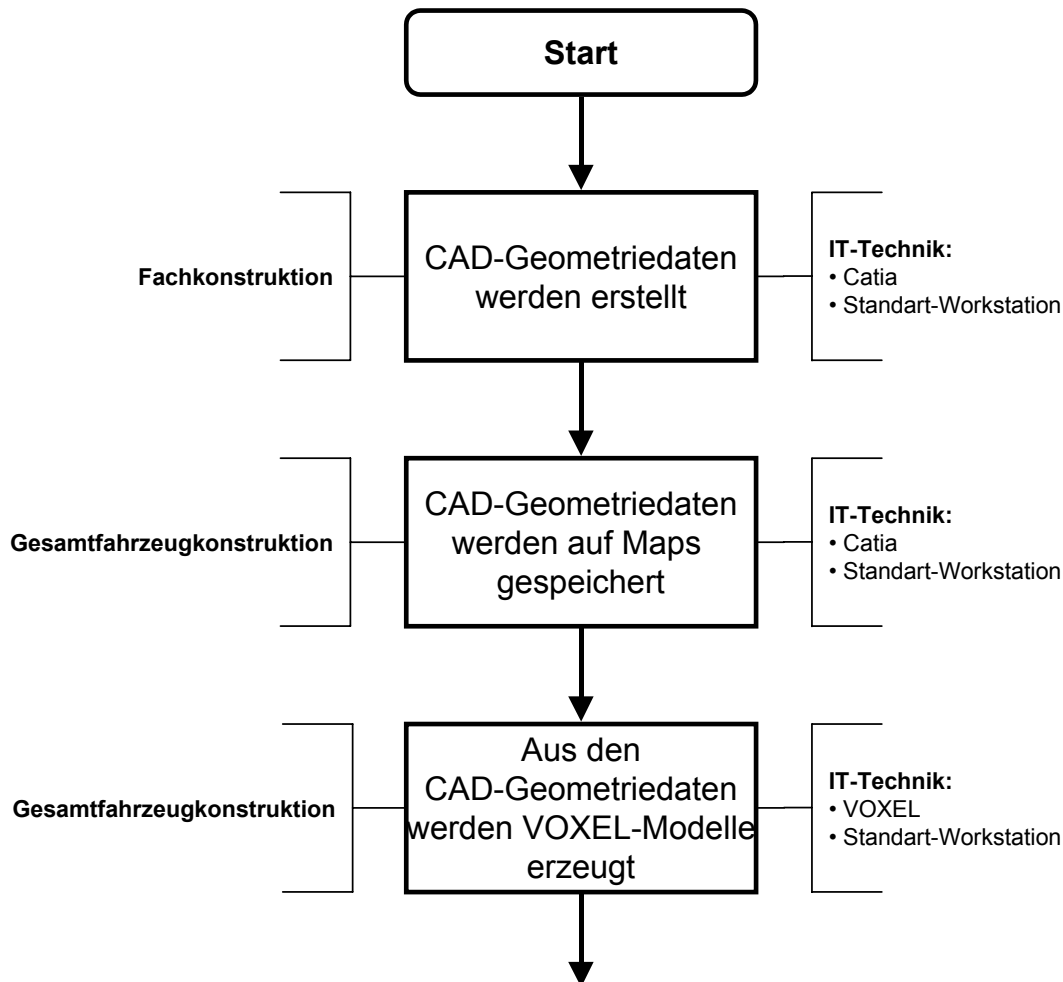


Abbildung 5.22: Beispiel für die Beschreibung des Ist-Zustandes.

Schritt B6: Analyse des Ist-Ablaufdiagramms

Nachdem durch das Aufstellen des Ist-Ablaufdiagramms Transparenz in die momentanen Arbeitsabläufe erreicht wurde, muss nun dieser Zustand analysiert werden. Hierbei ist es wichtig sich im DMU-Technik-Einführungsteam zusammen mit den Prozessbeteiligten klar zu werden, wo die Schwachstellen des momentanen Ist-Prozesses sind und wie die einzuführende DMU-Technik hierbei helfen kann die Schwachstellen auszumerzen.

Phase 3: Erstellung des Master-HoQ der DMU-Technik

Schritt B7: Ermittlung der DMU-Technik-Qualitätskriterien

Nachdem in den letzten Schritten die Kundenspezifikation erarbeitet wurde, alle Belange des Kunden in das HoQ eingeflossen sind und Transparenz über den aktuellen Ist-Zustand erlangt wurde, müssen nun Lösungen der Kundenanforderungen erarbeitet werden. In **Schritt B7** wird diese Tätigkeit durchgeführt. Innerhalb der Qualitätsspezifikation werden die Kundenanforderungen in die Merkmale der DMU-Technik-Lösung transformiert (siehe **Abbildung 5.23**).

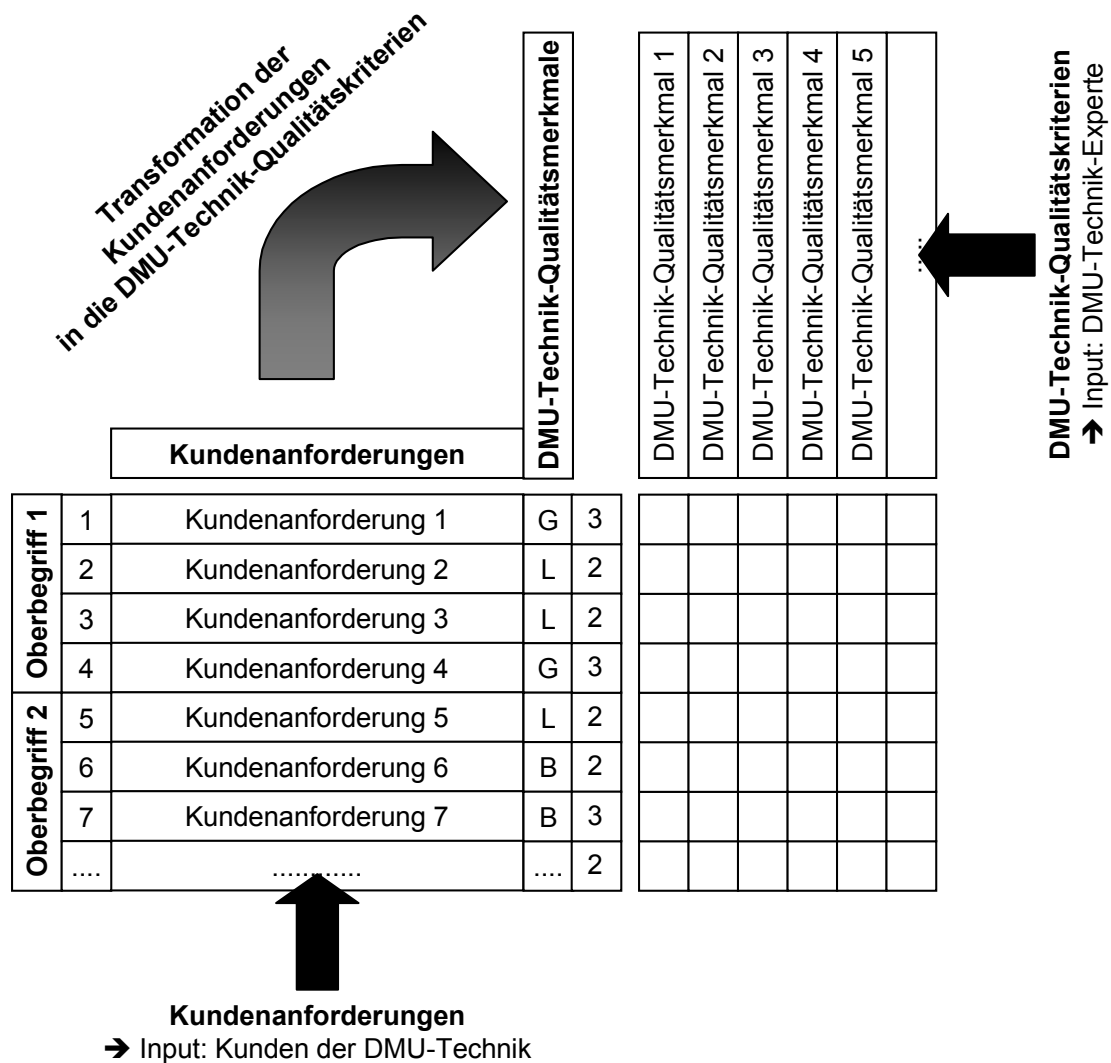


Abbildung 5.23: Transformation der Kundenanforderungen in die DMU-Technik-Qualitätsmerkmale.

Die Merkmale der DMU-Techniken können in vier verschiedene Kategorien (Qualitätsgruppen) eingeteilt werden (siehe **Abbildung 5.24**). Aus diesen vier Säulen setzt sich jede Lösung einer DMU-Technik zusammen:

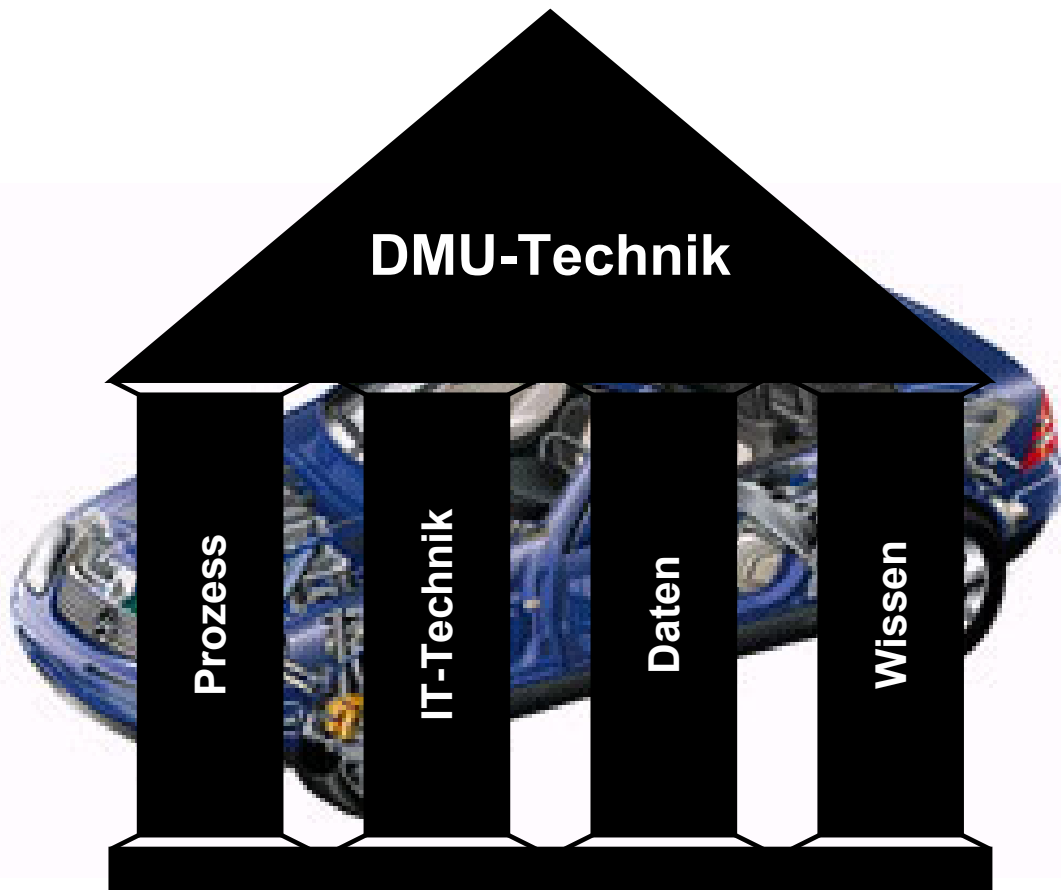


Abbildung 5.24: Kategorien bei der Einführung von DMU-Techniken.

- **Säule 1 → Prozess:** Damit die DMU-Techniken ihre positiven Wirkungen bezüglich der Parameter Qualität, Kosten und Zeit voll entfalten können, ist es oft notwendig die Produktentwicklungsprozesse auf die DMU-Anwendung abzustimmen und zu verändern. Es genügt oftmals nicht die alte Vorgehensweise durch DMU-Techniken zu substituieren. Daher ist es notwendig einen Soll-Prozess zu definieren und somit gegebenenfalls die Ablauforganisation den neuen Gegebenheiten anzupassen.
- **Säule 2 → IT-Technik:** Unter IT-Technik ist die Summe der DMU-Ausstattungsumfänge zu verstehen, welche benötigt werden, um die IT-gestützten DMU-Anwendung technisch umzusetzen. Hierzu gehören Hardware und Software, jedoch auch alle Belange um das Thema Netzwerke, Einrichtungen für Räumlichkeiten, Präsentationsausstattungen, etc. Im HoQ ist die IT-Technik in die Untergruppen „Hardware“, „Software“ und „Sonstiges“ weiter unterteilt.
- **Säule 3 → Daten:** Die besten Softwarelösungen sind ineffizient, wenn die Datenproblematik nicht ausreichend gelöst ist. So ist es z.B. für die Visuali-

sierung wichtig, dass alle Daten zur Verfügung stehen (Datenverfügbarkeit). Weiterhin ist es wichtig, dass nicht nur alle Daten zur Verfügung stehen, sondern, dass diese Daten auch gewissen Datenqualitätsansprüchen genügen müssen, etc. In diesem Zusammenhang kann von einer Datenlogistik gesprochen werden. So wie bei der Anlieferung von materiellen Gütern zur Produktion, so werden auch bei der Versorgung der DMU-Technik die gleichen Fragestellungen aufgeworfen (mit der richtigen Qualität, mit der richtigen Quantität, am richtigen Ort und zum richtigen Termin).

- **Säule 4 → Wissen:** Die Qualitätsgruppe „Wissen“ umfasst all die Maßnahmen, die notwendig sind, um die Anwender der DMU-Technik mit dem Wissen auszustatten, damit diese das ihnen zur Verfügung gestellte Instrument auch effizient und effektiv einsetzen können. Dies beinhaltet Schulungsmaßnahmen für die Verwendung der Hardware, die Bedienung der Software, aber auch die Beherrschung der neuen Prozesse.

Ziel des Master-HoQ ist es nun, alle Kundenanforderungen in die DMU-Technik-Qualitätskriterien (Prozess, IT-Technik, Daten, Wissen) umzusetzen. Da die DMU-Technik-Qualitätskriteriumgruppe „Wissen“ die Definition der anderen Qualitätskriterien „Technik“, „Daten“ und „Prozess“ bedingt, werden erst in späteren Schritten das HoQ „Wissen“ definiert.

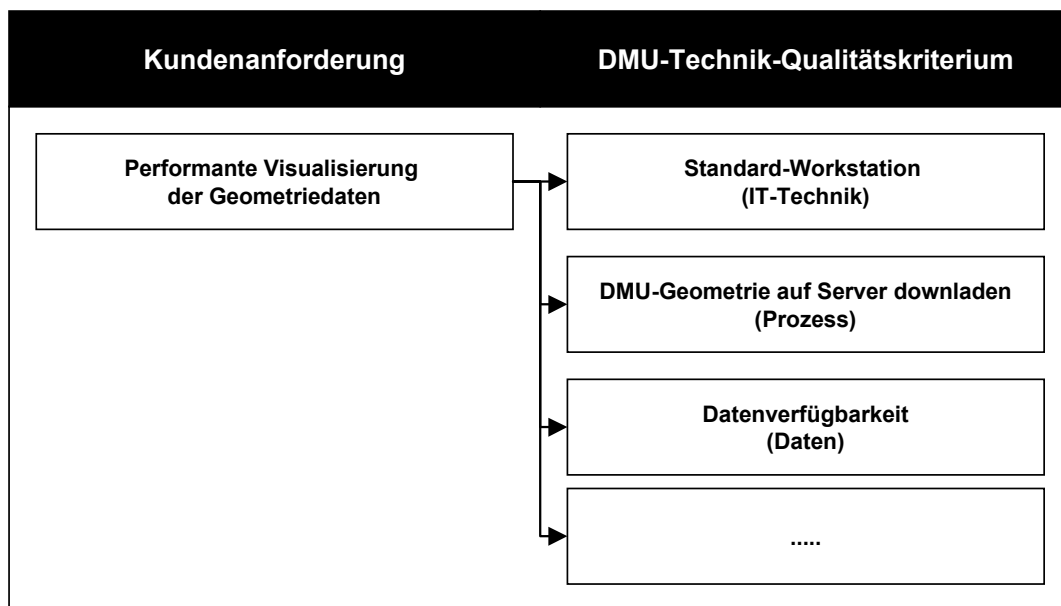


Abbildung 5.25: Beispiel der Transformation der Kundenanforderungen in die DMU-Technik-Qualitätskriterien.

Das Master-HoQ ist als ein Art „Start-HoQ“ zu verstehen. Hierzu ist besonders wichtig, dass für jeden Kundenwunsch mindestens ein Qualitätskriterium gegenübersteht (siehe **Abbildung 5.25**). Um die DMU-Technik-Lösung unabhängig von bestimmten Software- und Hardware-Produkten zu gestalten, wird

das Master-House allgemein gehalten. Dies hat den Vorteil, dass z.B. einer zu starken Fixierung auf spezielle Software-Lösungen erst gar nicht eintreten kann. Ziel ist es die DMU-Technik-Lösung zuerst allgemein zu definieren und später die Produkte in einem Produkt-Benchmark zu definieren und in die DMU-Technik-Lösung einzuarbeiten.

Schritt B8: Aufstellung der Beziehungsmatrix

Um die Korrelation zwischen den einzelnen Kundenanforderungen und den DMU-Technik-Qualitätskriterien zu bestimmen, wird die Matrix des HoQ ausgefüllt. Die Beziehungen werden mit Hilfe von Zahlen bewertet, wobei die Skala von 0 (kein Zusammenhang) bis 3 (starke Korrelation) reicht.

Schritt B9: Sicherstellung der vollständigen Kundenerfüllung

Im letzten Schritt der Phase 3 wird anhand des Master-HoQ überprüft, ob bzw. inwieweit alle Kundenanforderungen durch mindestens ein Qualitätskriterium erfüllt wird. Das Ergebnis wird zur Erhöhung der Transparenz in dem HoQ visualisiert dargestellt (siehe **Abbildung 5.26**). Dies geschieht, indem die Zeile jeder Kundenanforderung nach Korrelationen aus **Schritt B8** durchsucht wird. Es ist hierbei wichtig, dass alle Kundenanforderungen durch mindestens ein Qualitätskriterium mit hoher Korrelation unterstützt werden. Ist dies nicht der Fall, dann stehen folgende Fragen zur Klärung:

- Ist die Kundenanforderung wichtig? Kann diese in Absprache mit dem DMU-Technik-Kunden geändert bzw. ersatzlos gestrichen werden?
- Besteht eine zumindest mittlere bzw. geringe Korrelation zwischen Kundenanforderung und Qualitätskriterium? Ist diese Lösung in Absprache mit den DMU-Technik-Kunden tragbar?




Symbol	Bedeutung
	Erfüllung der Kundenanforderung durch mindestens eine hohe Korrelation
	Erfüllung der Kundenanforderung durch mindestens eine mittlere Korrelation → Handlungsbedarf
	Erfüllung der Kundenanforderung durch mindestens eine niedrige Korrelation → Handlungsbedarf
Leeres Feld	Erfüllung der Kundenanforderung durch keine Korrelation → Handlungsbedarf

Abbildung 5.26: Visualisierung der Kundenerfüllung im Master-HoQ.

Abbildung 5.27 zeigt als Zusammenfassung der dritten Phase der taktischen Ebene den Grundaufbau des Master-HoQ.

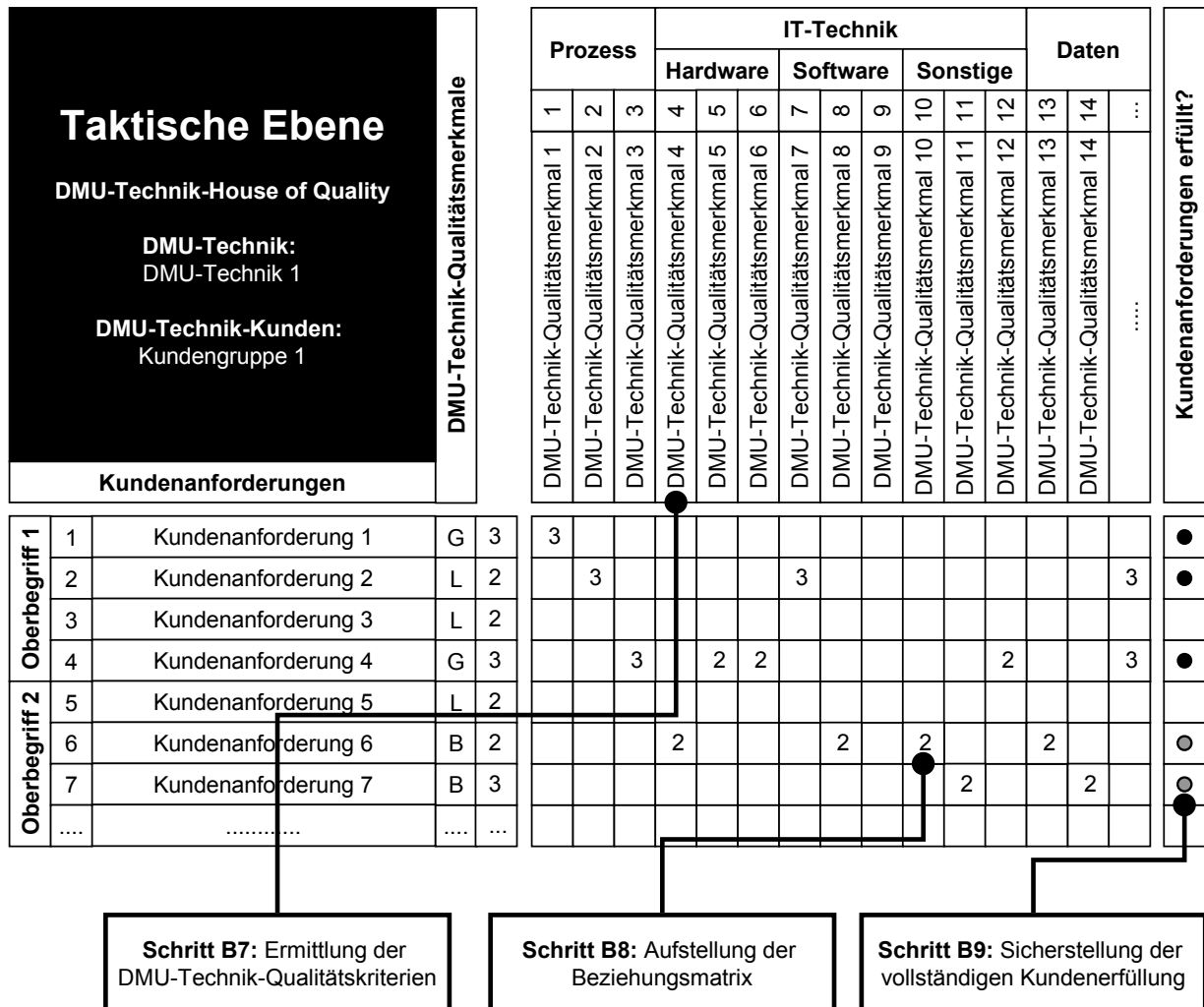


Abbildung 5.27: Aufbau des Master-HoQ.

Aus Gründen der Akzeptanz der Methode wird bei dem Aufstellen des Master-HoQ darauf verzichtet, alle möglichen Elemente der Aufstellung eines HoQ aus **Kapitel 4.2.2** zu verwenden. Auch hier gilt der Grundsatz, nur so wenige Schritte wie notwendig dem Einführungsteam zuzumuten, da ansonsten die Motivation der Teammitglieder sinkt.

Phase 4: Erstellung der HoQ der einzelnen DMU-Technik-Qualitätsgruppen

Schritt B10: Erarbeitung des prinzipiellen DMU-Technik-Ablaufdiagramms

Im nächsten Schritt werden die im Master-HoQ erarbeiteten DMU-Technik-Qualitätsmerkmale dazu herangezogen den neuen Prozessablauf, der zur Realisierung der DMU-Technik notwendig ist, zu erarbeiten. Ziel des Schrittes ist es sowohl den neuen Prozessablauf zu erarbeiten, als auch die fehlenden, aber zwingend notwendige DMU-Technik-Qualitätsmerkmale zu definieren. Zur Darstellung des Prozesses wird auf die Beschreibungsmethodik der Ablaufdiagramme zurückgegriffen, welche in der DIN 66001 definiert sind, und diese werden um die DMU-Technik-spezifischen Attribute erweitert (siehe **Abbildung 5.28**) [DIN 83].

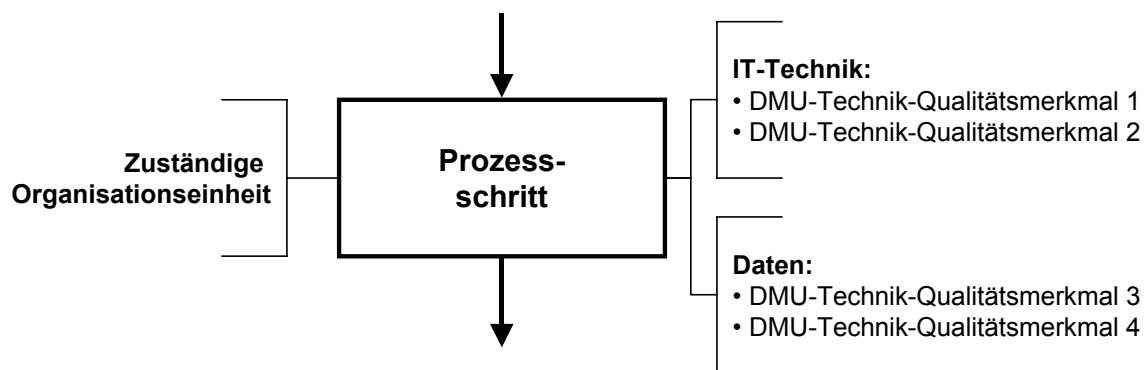
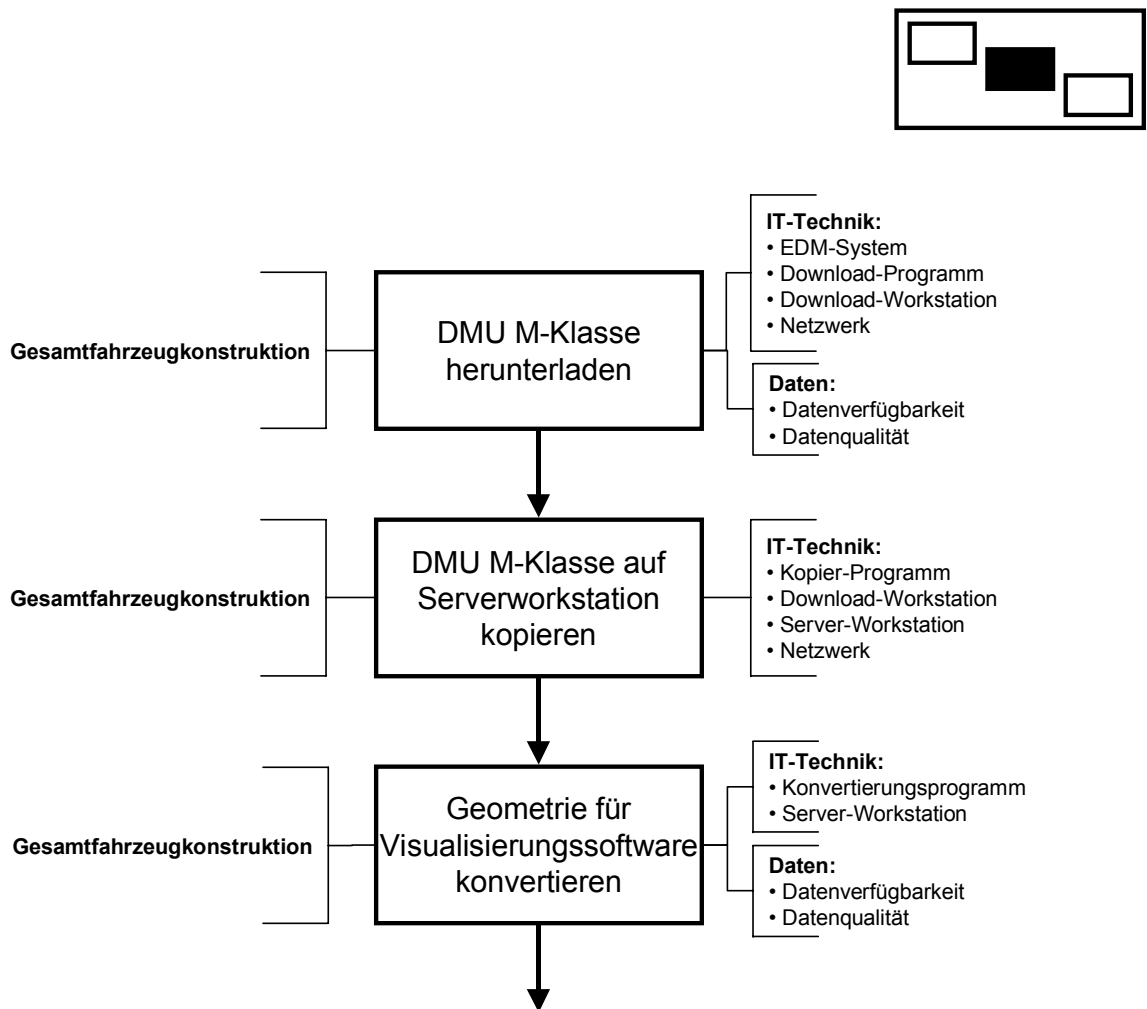


Abbildung 5.28: Verankerung der DMU-Technik-Qualitätsmerkmale in der Beschreibungsmethodik.

Abbildung 5.29 zeigt als Beispiel einen Auszug aus einem DMU-Technik-Ablaufdiagramm.



DMU-Technik „Visualisierung“



Gerd Freund, EP/RMK
M-Class

Abbildung 5.29: Auszug aus einem DMU-Technik-Ablaufdiagramm.

Schritt B11: Einarbeiten der neuen DMU-Technik-Qualitätsmerkmale in die HoQ

Durch das Aufstellen des DMU-Technik-Ablaufdiagramms sind neue DMU-Technik-Merkmale erarbeitet worden. Zusammen mit den DMU-Technik-Merkmalen des Master-HoQ werden diese in die jeweiligen HoQ eingearbeitet (siehe **Abbildung 5.30**).

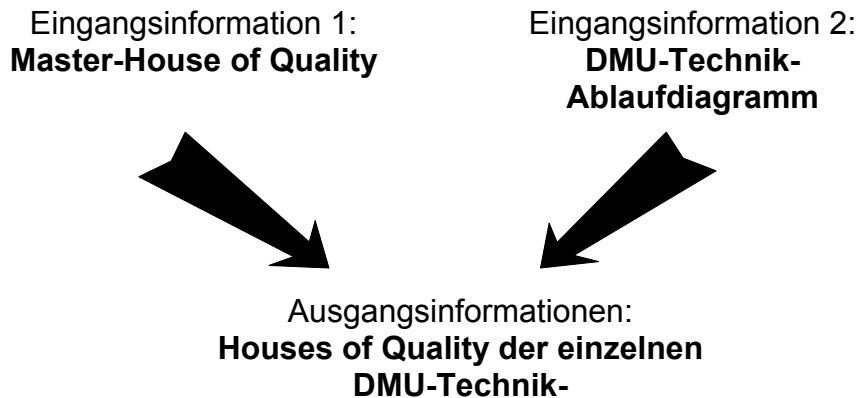


Abbildung 5.30: Einarbeiten der neuen DMU-Technik-Qualitätsmerkmale in die verschiedenen HoQ.

Dies bedeutet, dass insgesamt drei HoQ aufgestellt werden. Dies sind im Einzelnen:

- HoQ „Prozess“
- HoQ „IT-Technik“
- HoQ „Daten“

Aus den Informationen, welche aus den drei HoQ hervorgehen, wird in einem späteren Schritt das HoQ „Wissen“ erarbeitet. Für die drei HoQ werden die **Schritte B12 bis B17** durchgeführt.

Zusammenfassend zeigt **Abbildung 5.31** noch einmal den Ablauf der verschiedenen HoQ, beginnend bei dem Master-HoQ und abschließend mit dem HoQ „Wissen“. Bei der Abbildung wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit auf die Darstellung der jeweiligen Sub-HoQ verzichtet.

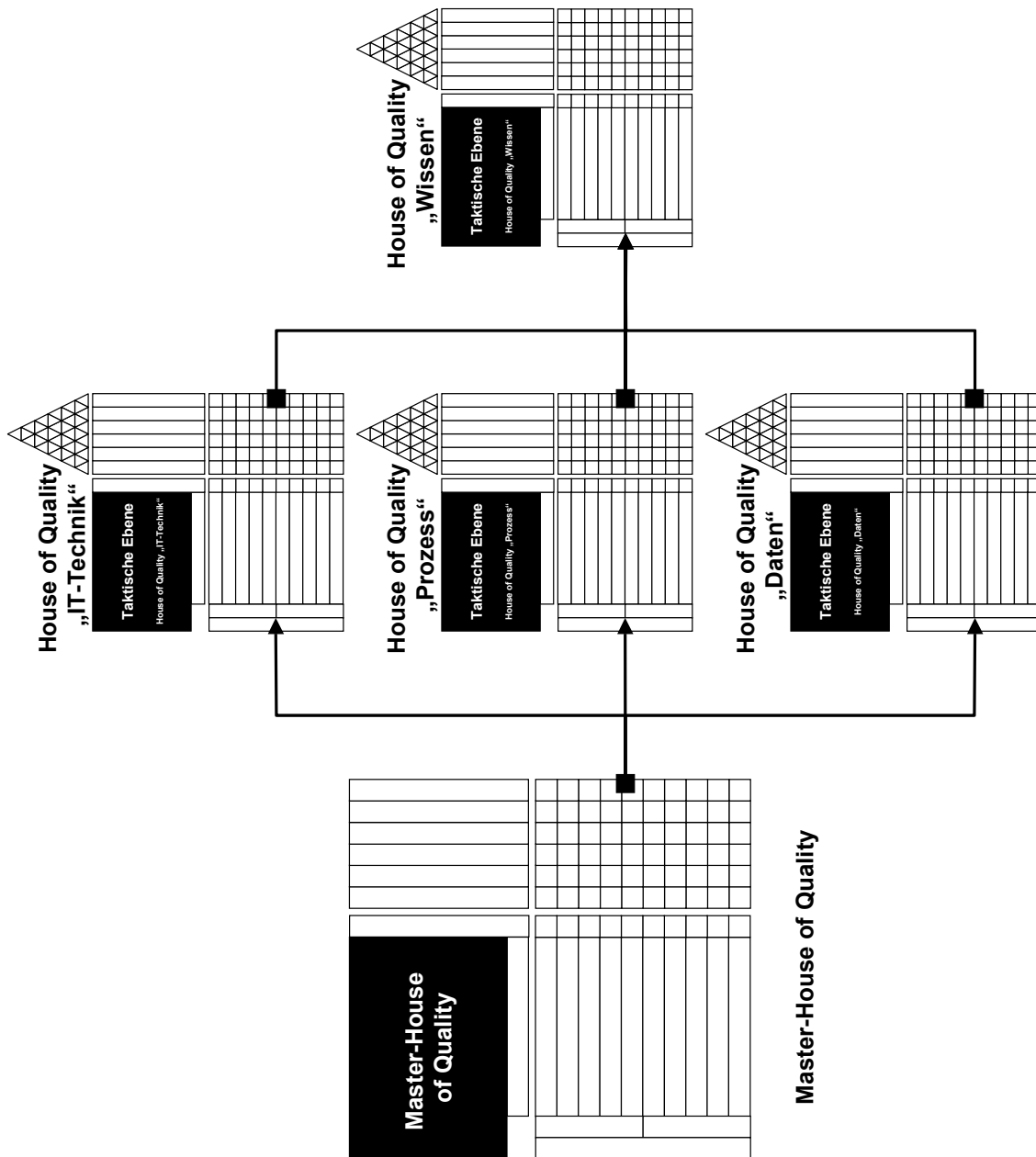


Abbildung 5.31: Ablauf der verschiedenen HoQ.

Schritt B12: Aufstellen der Beziehungsmatrix

Durch das Ausfüllen der Matrix des HoQ (vgl. **Schritt B11**) wird ersichtlich, wie stark die Kundenanforderungen und die DMU-Technik-Qualitätsmerkmale miteinander korrelieren. Die Beziehungen werden mit Hilfe von Zahlen bewertet, wobei die Skala von einem leeren Feld (kein Zusammenhang) bis 3 (starke Korrelation) reicht

Schritt B13: Berechnen der Bedeutung der DMU-Technik-Qualitätsmerkmale für die DMU-Technik

Mit dem **Schritt B13** werden die Wichtigkeiten der einzelnen Qualitätsmerkmale bewertet. Die technische Bedeutung errechnet sich, indem die Werte für die Gewichtung der Kundenanforderungen mit den Matrixwerten miteinander multipliziert werden (siehe **Abbildung 5.32**). Die Werte einer jeden Spalte werden addiert in das HoQ eingetragen. Um eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den Qualitätsmerkmalen zu erhalten, wird die Bedeutung zusätzlich noch prozentual angegeben. Je höher die Zahl, desto bedeutender das Qualitätsmerkmal.

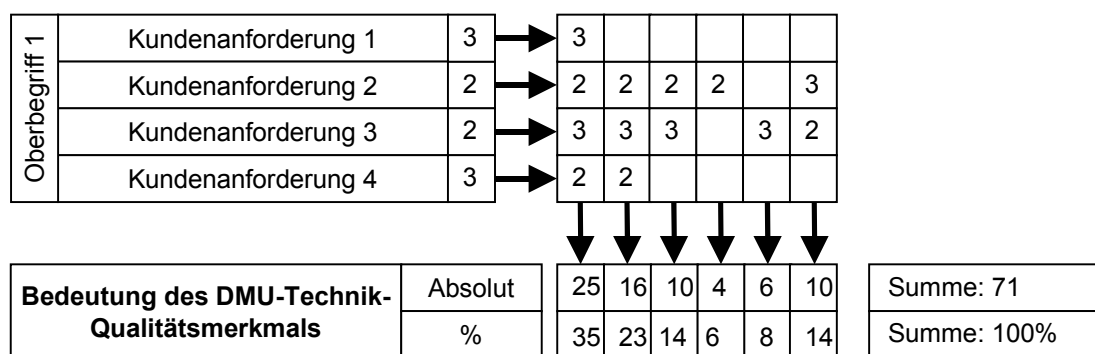


Abbildung 5.32: Berechnung der Bedeutung der DMU-Techniken.

Schritt B14: Definition der messbaren Zielwerte

Die Definition von quantitativen Zielwerten ist wichtig, um die DMU-Technik-Qualitätsmerkmale kontrollieren zu können. In **Schritt B14** werden diese definiert. Um die Komplexität der HoQ nicht zu stark zu erhöhen und somit die Übersichtlichkeit einzuschränken, kann es jedoch notwendig sein, notwendige Spezifikationen (z.B. bei Softwaresystemen) außerhalb des HoQ niederzulegen. Im Verlauf des Einführungsverfahrens wird auf diese Werte zurückgegriffen, um eine Quantifizierung und somit Bewertung des Projektfortschritts vornehmen zu können.

Abbildung 5.33 zeigt als Beispiel die Quantifizierung eines DMU-Technik-Qualitätsmerkmals.

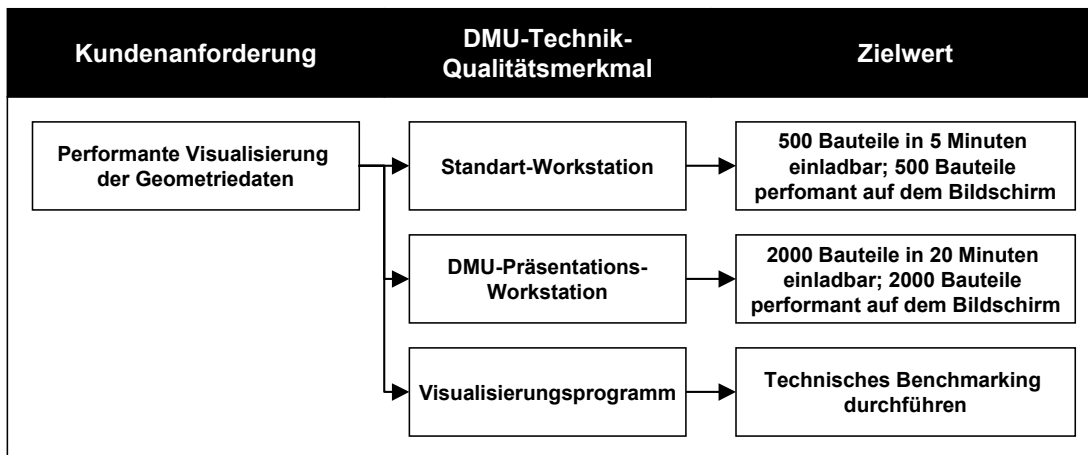


Abbildung 5.33: Beispiel zur Bestimmung von Zielwerten für die DMU-Technik-Qualitätsmerkmale.

Schritt B15: Ermittlung der Korrelationen der DMU-Technik-Qualitätsmerkmale

Die Umsetzungen der verschiedenen DMU-Technik-Qualitätsmerkmale können sich gegenseitig begünstigen. Ein Plus (+) im Dach des HoQ gibt an, dass eine positive Korrelation zwischen den beiden DMU-Technik-Qualitätsmerkmalen besteht, ein Minus (-) gibt eine negative Korrelation an. Wenn weder Plus noch Minus angegeben sind, bestehen zwischen den beiden DMU-Technik-Qualitätsmerkmalen keine Korrelation.

Schritt B16: Durchführung des DMU-Technik-Qualitätsmerkmale-Benchmarkings

Um die Wertigkeit der erarbeiteten Lösung einschätzen zu können, wird in **Schritt B16** ein Benchmarking durchgeführt. Aus dem Benchmarking ist ersichtlich, ob die DMU-Technik-Qualitätsmerkmale auch in anderen Unternehmen zur Lösung einer DMU-Technik angewandt werden. Problematisch bei der Durchführung des Benchmarkings ist es, an die notwendigen Informationen zu gelangen. Die Durchführung eines internen Benchmarkings ist die einfachste Methode um an Informationen zu gelangen.

Schritt B17: Ermittlung des Schwierigkeitsgrads zur Realisierung der DMU-Technik-Qualitätsmerkmale

In **Schritt B17** wird der Schwierigkeitsgrad zur Realisierung des DMU-Technik-Qualitätsmerkmals ermittelt. Dieser Schritt stellt einen unabdingbaren Schritt dar, um später das DMU-Technik-Qualitätsmerkmal-Portfolio aufstellen zu können. Die Quantifizierung gibt das technische Risiko und den Aufwand wider. Bei dem Einführungskonzept wird eine Skala von 1 (geringer Schwierigkeitsgrad in Bezug auf Risiko und Aufwand) bis 3 (hohe Schwierigkeit in Bezug auf Risiko und Aufwand) verwendet und in das HoQ eingetragen.

Schritt B18: Aufstellen des DMU-Technik-Qualitätsmerkmale-Portfolios

Um die kritischen DMU-Technik-Qualitätsmerkmale innerhalb des Einführungsprojektes transparent vor Augen zu haben, ist es notwendig die ermittelten Werte für die technische Bedeutung im Kontext mit dem Schwierigkeitsgrad zur Realisierung des DMU-Technik-Qualitätsmerkmals zu betrachten (siehe **Abbildung 5.34**).

Die **Abbildung 5.34** zeigt Beispiele, wie die DMU-Technik-Qualitätsmerkmale hinsichtlich ihres kritischen Charakters zu beurteilen sind. Das Qualitätsmerkmal 2 ist völlig unkritisch, da sowohl die technische Bedeutung gering ist als auch der Realisierungsschwierigkeitsgrad als gering angesehen wird. Hingegen ist das DMU-Technik-Qualitätsmerkmal 3 als sehr kritisch einzustufen, da beide Faktoren die kritischsten Ausprägungen zeigen. Speziell auf die Realisierung dieser DMU-Technik-Qualitätsmerkmale ist zu achten, da hier die größten Unsicherheitsfaktoren vorhanden sind.

Das Portfolio ermöglicht es für das Projektteam die optimale Zeit- und Geldressourcenkombination aufzustellen. Die nach dem Pareto-Prinzip zu titulierenden A-Probleme (hoher Schwierigkeitsgrad zu Realisierung und hohe technische Bedeutung) sind dementsprechend der größte Anteil an Zeit- und Geldmitteln zuzuweisen.

Schritt B18 ist mit dem **Schritt A10** aus der strategischen Ebene vergleichbar (vgl. **Kapitel 5.2**). Der Unterschied ist jedoch, dass in **Schritt A10** die DMU-Techniken in dem Portfolio miteinander verglichen werden, in **Schritt B18** hingegen werden die DMU-Technik-Qualitätsmerkmale einer DMU-Technik miteinander verglichen.

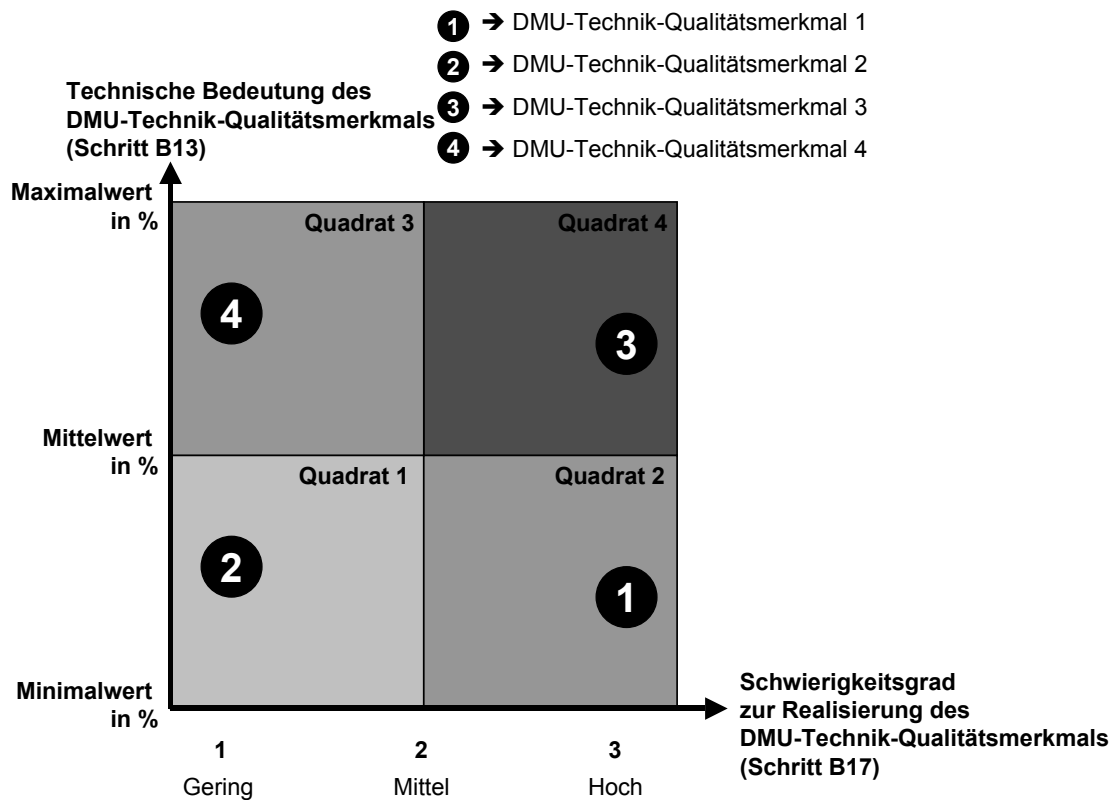


Abbildung 5.34: Analyse der kritischen DMU-Technik-Qualitätsmerkmale mittels eines Portfolio-Diagramms (M7).

Schritt B19: Aufstellen der Sub-HoQ

Falls eine weitere Detaillierung der verschiedenen HoQ notwendig ist, werden aus den verschiedenen HoQ Sub-House aufgestellt. Hierbei werden die wichtigsten DMU-Technik-Qualitätsmerkmale zu den Anforderungen in dem Sub-HoQ (siehe **Abbildung 5.35**).

Auch bei diesen HoQ werden die **Schritte B12 bis B18** durchgeführt. Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen, wird auf die Ausführungen der **Schritte B12 bis B18** verwiesen.

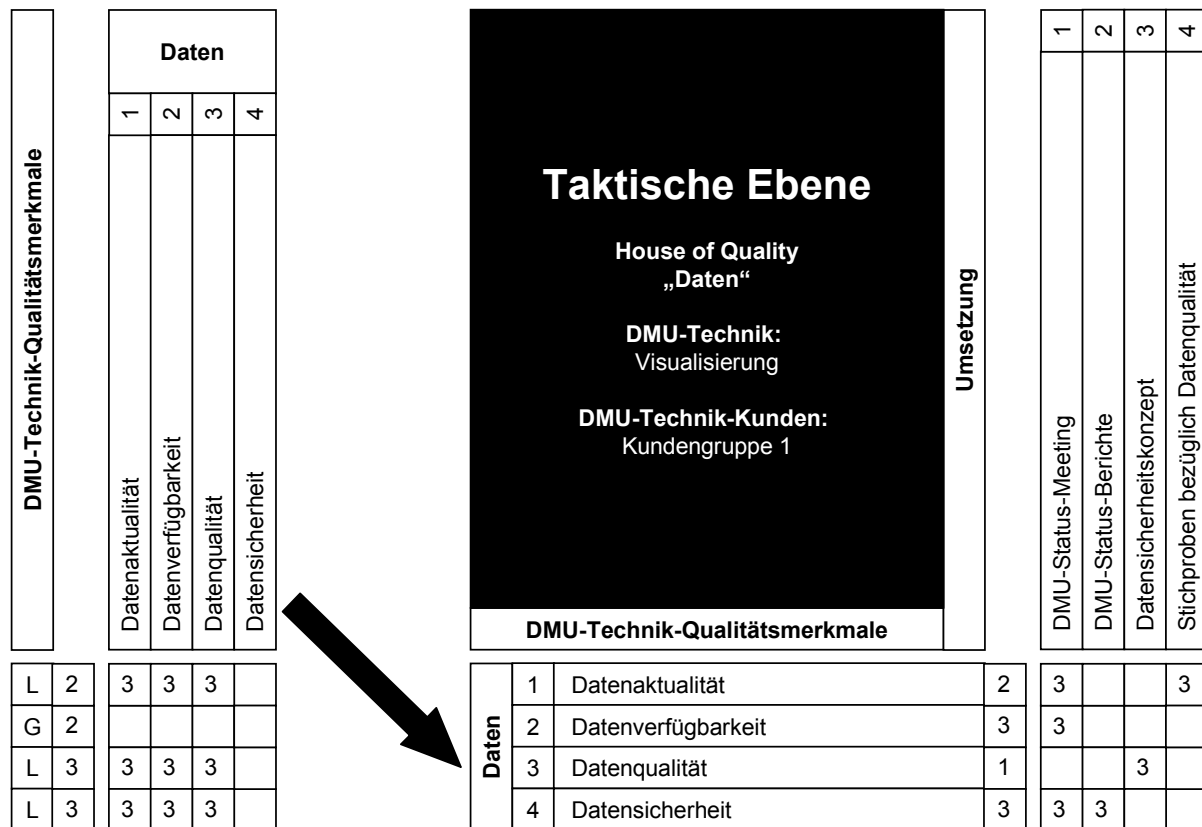


Abbildung 5.35: Beispiel für das Aufstellen eines Sub-Houses.

Schritt B20: Aufstellen des HoQ „Wissen“

Zur Planung der Maßnahmen, welche wichtig sind, um die Anwender der DMU-Technik aber auch der Unterstützer der DMU-Technik mit dem notwendigen Wissen auszustatten, wird das HoQ „Wissen“ aufgestellt. Eingangsinformationen sind die drei HoQ (IT-Technik, Prozess, Daten) (siehe **Abbildung 5.31**).

Im HoQ „Wissen“ werden diesen Eingangsinformationen Wissensmerkmale gegenübergestellt. So kann das DMU-Technik-Qualitätsmerkmal „Visualisierungssoftware“ dem Wissens-Merkmal „Schulung der Software“ mit dem messbaren Zielwert „Schulung aller Mitarbeiter der Direktion über 2 Tage“ zugeordnet werden.

Die **Abbildung 5.36** zeigt den Aufbau des HoQ „Wissen“. Auf eine detaillierte Darstellung der einzelnen Schritte wird an dieser Stelle verzichtet und auf die **Schritte B12 bis B17** verwiesen.

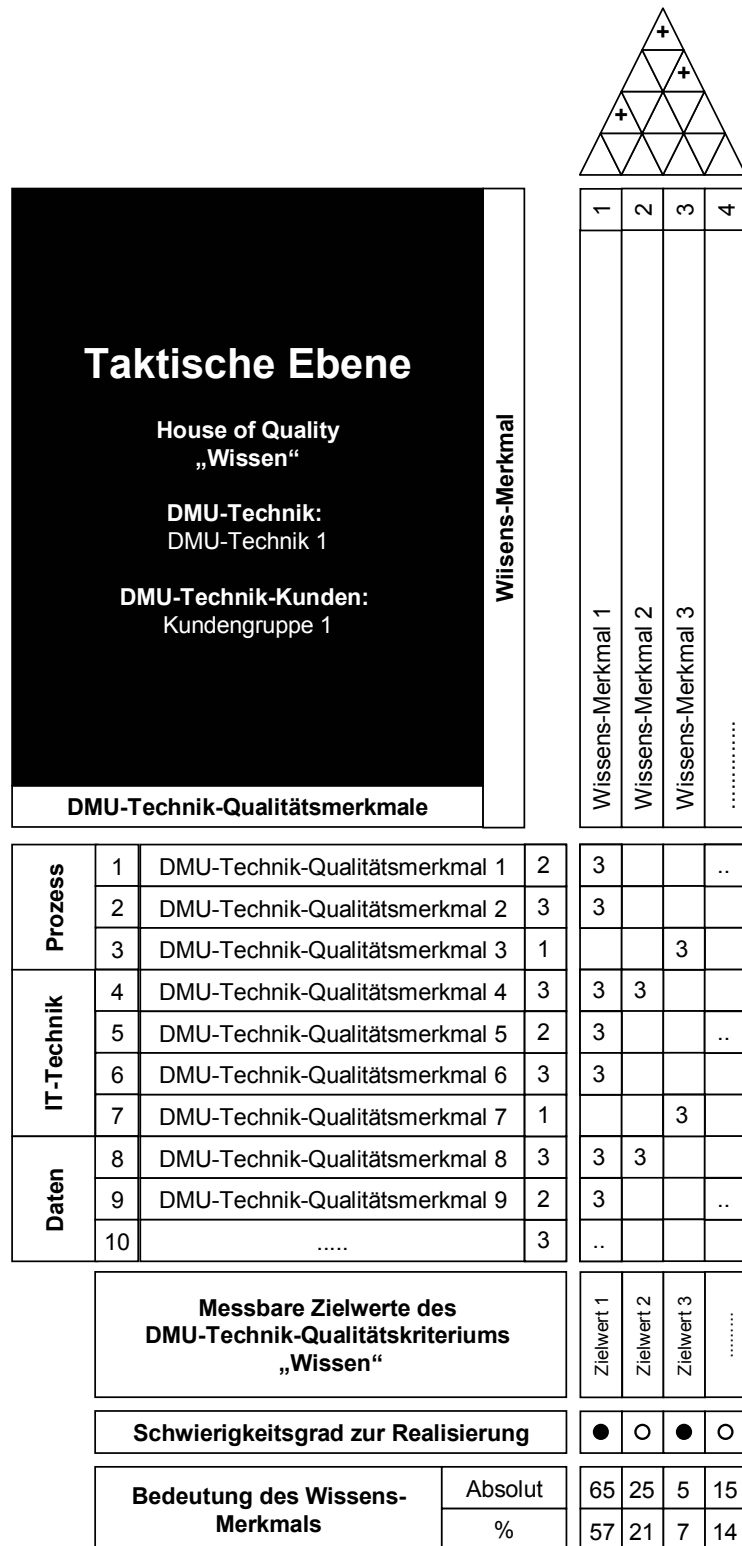


Abbildung 5.36: Aufbau des HoQ „Wissen“.

Schritt B21: Erarbeitung des spezifischen DMU-Technik-Ablaufdiagramms mit detaillierter Beschreibung

In **Schritt B10** wurde ein prinzipielles DMU-Technik-Ablaufdiagramm entworfen. In den weiteren Schritten wurden die einzelnen Komponenten des Ablaufdiagramms spezifiziert. So wurden z.B. den IT-Techniken spezielle Softwareprogramme zugewiesen. Um die Transparenz des Ablaufdiagramms für alle Beteiligten zu erhöhen, werden in **Schritt B21** diese Spezifizierungen in das DMU-Technik-Ablaufdiagramm eingearbeitet. Hieraus ergibt sich das spezifische DMU-Technik-Ablaufdiagramm, welches alle relevanten DMU-Technik-Qualitätskriterien enthält (siehe **Abbildung 5.37**).

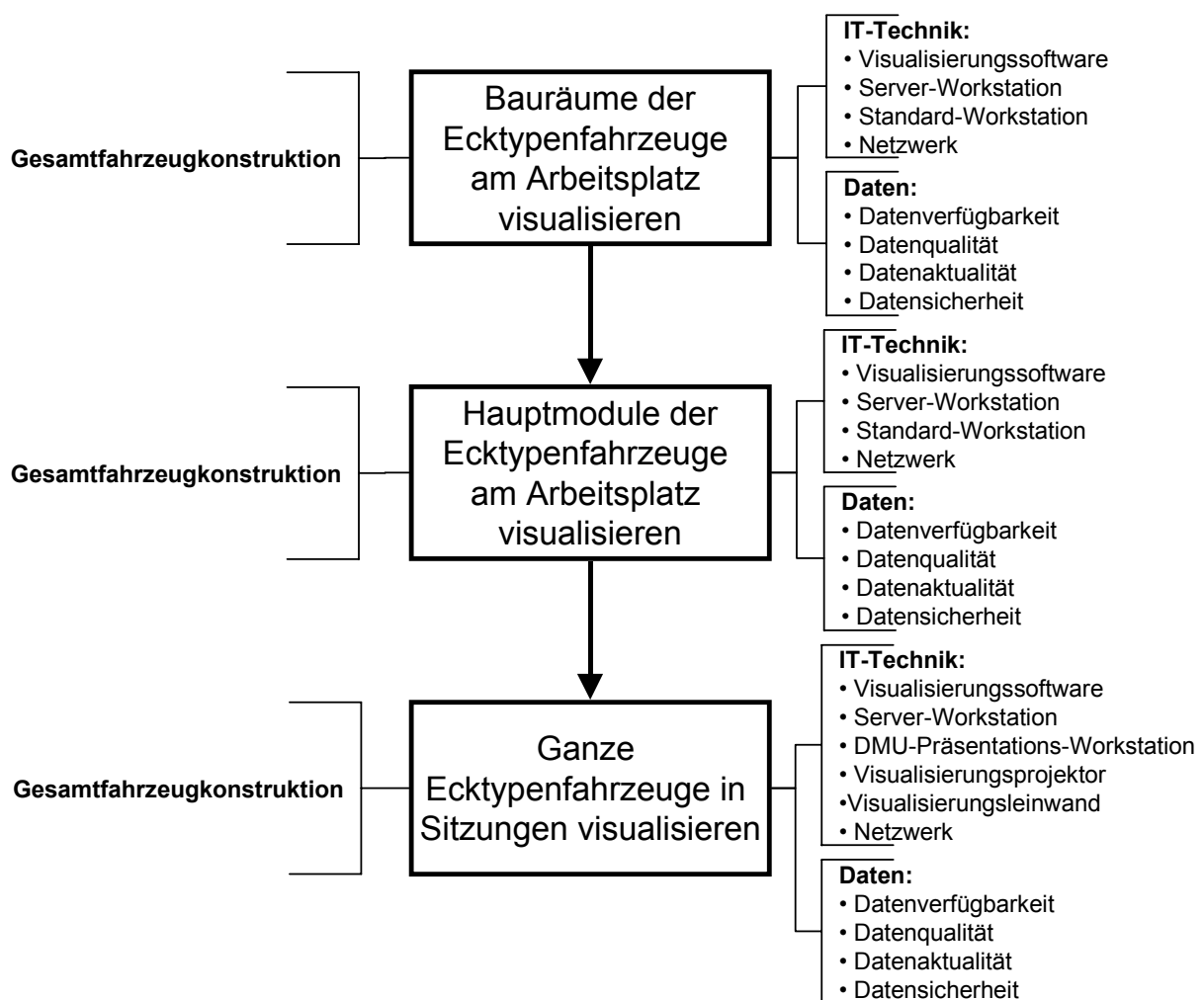


Abbildung 5.37: Auszug aus einem spezifischen DMU-Technik-Ablaufdiagramm.

Phase 5: Analyse der Ergebnisse der taktischen HoQ

Schritt B22: Überprüfung der taktischen HoQ (Design Review)

Innerhalb dieser Funktion wird noch einmal geprüft, ob die Planung der DMU-Technik und die somit erarbeitete Lösung, die während der taktischen Ebene definiert wurden, den Kundenwünschen entspricht (Kunden sind hierbei sowohl die späteren Nutzer der DMU-Technik als auch das Gesamtunternehmen). Hierbei werden die verschiedenen HoQ als Grundlage des Design-Reviews zur Hand genommen und zusammen mit den Kundengruppen diskutiert. Auch hier ist das Heranziehen einer Checkliste von Vorteil (vgl. **Abbildung 5.14**).

Das Design-Review sollte jedoch nicht nur aus einem kritischen Hinterfragen und nochmaligen Prüfen des Planungsvorganges bestehen. Weiterhin wird in dieser Funktion betrachtet, ob die Einführung der DMU-Technik auch aus betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten ein Erfolg wird. Insofern wird in diesem Schritt die grobe Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aus **Kapitel 5.2** (vgl. **Abbildung 5.9**) verfeinert, da in der taktischen Ebene Informationen erarbeitet wurden, welche eine Verfeinerung zulassen (Einsatz von Software, Hardware, Schulungsaufwand, etc.).

Innerhalb einer solchen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden die Kosten, die durch die Einführung der neuen DMU-Technik entstehen, dem Nutzen, der durch den Einsatz erzielt wird, gegen gerechnet (siehe **Abbildung 5.38**). Jedoch können selbst bei einer monetär negativ ausfallenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Gründe für die Einführung der DMU-Technik sprechen. So kann z.B. aus der Überlegung heraus, dass aus strategischen Gesichtspunkten der Einstieg in die diese DMU-Technik notwendig erscheint, eine Begründung für die Einführung sein.

Kosten, die durch die Einführung von DMU-Techniken verursacht werden, sind z.B. Aufwände, die durch die Schulung der DMU-Technik-Anwender entstehen. Des Weiteren werden durch die Beschaffung der notwendigen Software und Hardware Kosten verursacht. Auch durch die Umstellung des Produktentwicklungsprozesses entstehen Kosten.

Dem Aufwand muss nun der Nutzen gegen gerechnet werden. Dies muss in zwei Schritten durchgeführt werden. Im ersten Schritt wird untersucht, inwiefern die Einführung der DMU-Technik die betriebswirtschaftlichen Parameter „Produktentwicklungszeit“, „Produktkosten“ und „Produktqualität“ beeinflussen. In einem zweiten Schritt wird versucht, die beiden noch nicht monetarisierten Parameter (Produktentwicklungszeit und Produktqualität) zu monetarisieren. Dies ist jedoch teilweise schwierig bzw. praktisch nicht durchführbar, da der Aufwand zur Ermittlung genauer Daten sehr hoch ist. So ist z.B. die Verkürzung der Produktentwicklungszeit durch das frühe Bewerten von Produktentwicklungsständen nur grob zu monetarisieren.

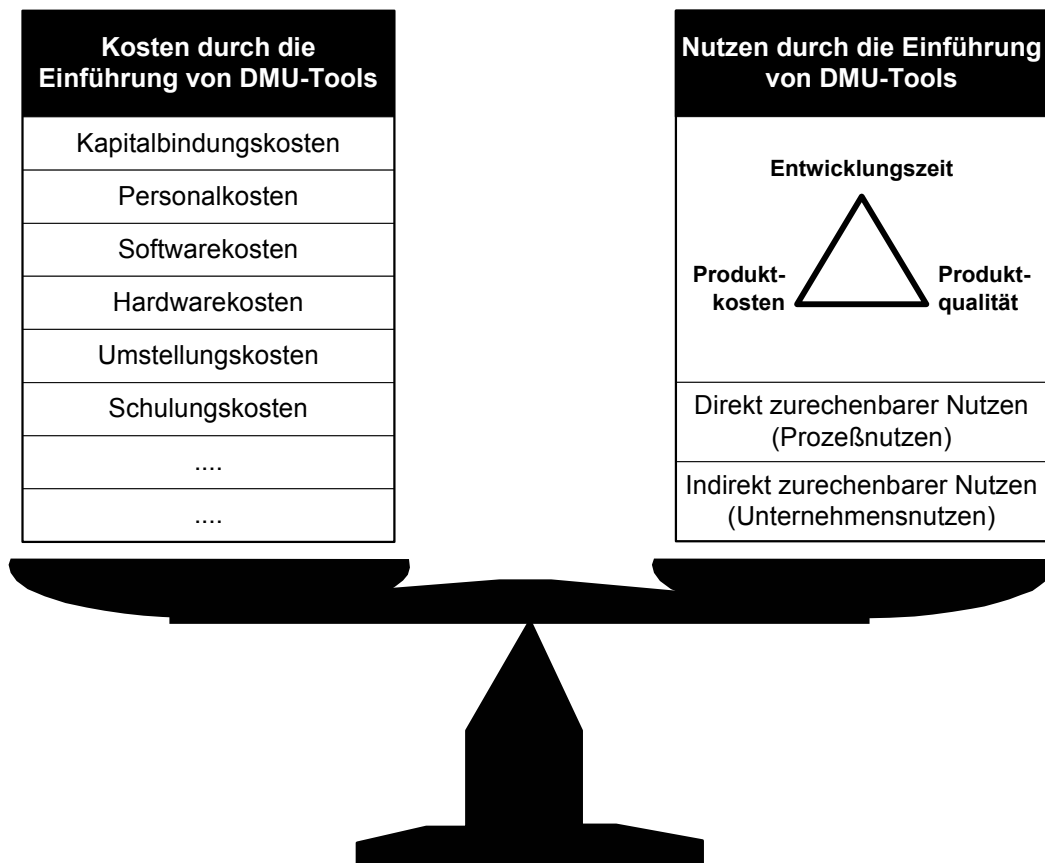


Abbildung 5.38: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei der Einführung von DMU-Techniken.

5.4 Die operative Ebene

Nachdem im letzten Kapitel Planungstätigkeiten für die Einführung der DMU-Technik erarbeitet wurden, soll nun erreicht werden, dass die DMU-Technik für die Anwender einsetzbar und somit verwendbar gemacht wird. Die Tätigkeiten, welche die Einsatzfähigkeit erreichen soll, werden innerhalb der operativen Ebene durchgeführt. Da insbesondere in dieser Phase des Projektes die Literatur ausreichend Einführungskonzepte liefert (siehe **Kapitel 4.1** und **Anhang A**), wird nur kurz auf die operative Ebene eingegangen. Die in **Kapitel 5.4** dargelegten Schritte basieren auf dem Einführungskonzept von Spur/Krause [SPU 97].

Schritt C1: Beschaffung/Installation der DMU-Technik in einer Testumgebung

Bevor die DMU-Technik beim Kunden verwendet wird, ist es angebracht, insbesondere die Software innerhalb einer Testumgebung zu installieren und zu

testen. Damit wird gewährleistet, dass die Software fehlerfrei ist und den Kundenanforderungen losgelöst von der restlichen IT-Umgebung gerecht wird. Weiterhin werden in diesem Schritt die Softwareprogramme implementiert, welche nicht standardmäßig zur Verfügung stehen. Grundlage für **Schritt C1** sind die Ergebnisse des HoQ „IT-Technik“

Schritt C2: Installation der DMU-Technik beim Kunden der DMU-Technik

Die innerhalb der taktischen Ebene geplanten und ausgesuchten Software- und Hardwarekomponenten sind zu beschaffen und zu installieren. Sodann sind auch die weiteren DMU-Technik-Komponenten (Projektor, Räumlichkeiten, etc.) zu besorgen und bereitzustellen. Die DMU-Software wird beim Anwendungskunden innerhalb der Systemwelt installiert. Im Gegensatz zum **Schritt C1** ist die DMU-Technik nun der IT-Umgebung (Softwareumgebung, Hardwareumgebung, Netzwerkumgebung, etc.) ausgesetzt.

Schritt C3: Durchführung der notwendigen Schulungsmaßnahmen

Basis für die Durchführung der Schulungsmaßnahmen ist das aus **Kapitel 5.3** bekannte HoQ „Wissen“. In diesem wird definiert, welche Maßnahmen durchgeführt werden müssen, damit in **Schritt C4** ein reibungsloser Beginn des regulären Betriebes der DMU-Technik möglich ist.

Schritt C4: Aufnahme des regulären Betriebs

Nach der Durchführung des Pilotprojektes und der notwendigen Schulungsmaßnahmen findet in **Schritt C4** die Ausweitung der Nutzung der DMU-Technik durch horizontale Integration statt. Dabei muss sehr darauf geachtet werden, dass die Aufnahme des regulären Betriebes durch eine starke Unterstützung vor Ort durch Experten der DMU-Technik stattfindet, da ansonsten die Motivation der Nutzer schwindet.

Schritt C5: Durchführung von Optimierungsmaßnahmen

Der Einführungsprozess darf nach der Planung, Installation und des Betriebs noch nicht als abgeschlossen angesehen werden. Durch den täglichen Betrieb und Nutzung der DMU-Technik werden im Laufe der Zeit Schwachstellen zu erkennen sein, die anfangs nicht planbar bzw. vorhersehbar waren. Die Schwachstellen sind zu dokumentieren und entsprechend zu beheben. Dies kann alle Kategorien der DMU-Technik betreffen (Daten, IT-Technik, Prozess, Wissen).

6 Exemplarische Anwendung des DMU-Technik-Einführungsverfahrens

6.1 Einführung

Die Verifizierung des Einführungskonzeptes fand innerhalb eines großen deutsch-amerikanischen Automobilunternehmens statt (DaimlerChrysler AG, Marke Mercedes). Innerhalb dieser Unternehmung wurde ein neues Projekt definiert, mit dem Ziel den Nachfolger einer bestehenden Baureihe zu entwickeln (siehe **Abbildung 6.1**).



Abbildung 6.1: Bestehende Baureihe „M-Klasse“ der DaimlerChrysler AG, Marke Mercedes.

Um die Entwicklungsarbeiten effizienter und effektiver zu gestalten, wurde beschlossen, DMU-Techniken in die Produktentwicklungsprozesse zu implementieren.

Die DMU-Techniken wurden in verschiedene Abteilungen eingeführt. **Abbildung 6.2** zeigt das Organigramm der an der Entwicklung des Fahrzeugs beteiligten Abteilungen auf. Zum einen existierten Abteilungen, die sich mit der Konstruktion von speziellen Bauteilen bzw. Baugruppen (Sitze, Cockpit, etc.) beschäftigten (Fachkonstruktionsabteilungen). Des Weiteren gab es Abteilungen, die mit der Aufgabe vertraut waren, einzelne Baugruppen bzw. das Gesamtfahrzeug zu erproben (Versuchsabteilungen). Eine weitere Abteilung hatte die Aufgabe die Bauteile bzw. Baugruppen zu einem Gesamtfahrzeug zu konzipieren und die Baubarkeit des Fahrzeuges zu gewährleisten (Gesamtfahrzeugkonstruktion).

Zur Einführung der DMU-Techniken wurde ein Projektteam mit mehreren Mitarbeitern, bestehend aus Mitarbeitern des Hauses und externen IT-Fachleuten, zusammengestellt. Ziel war es innerhalb eines Zeitraums von ca. 12 Monaten die Entwicklungsabläufe mit DMU-Techniken auszustatten, so dass

alle Mitarbeiter des Fahrzeugprojektes einen maximalen Nutzen hinsichtlich der Parameter Entwicklungszeit, Qualität und Kosten ziehen konnten. Ziel war es die DMU-Techniken so kundenorientiert zu realisieren, um so motivierte Mitarbeiter zu erhalten, die begeistert die Möglichkeiten der neuen DMU-Techniken nutzen würden.

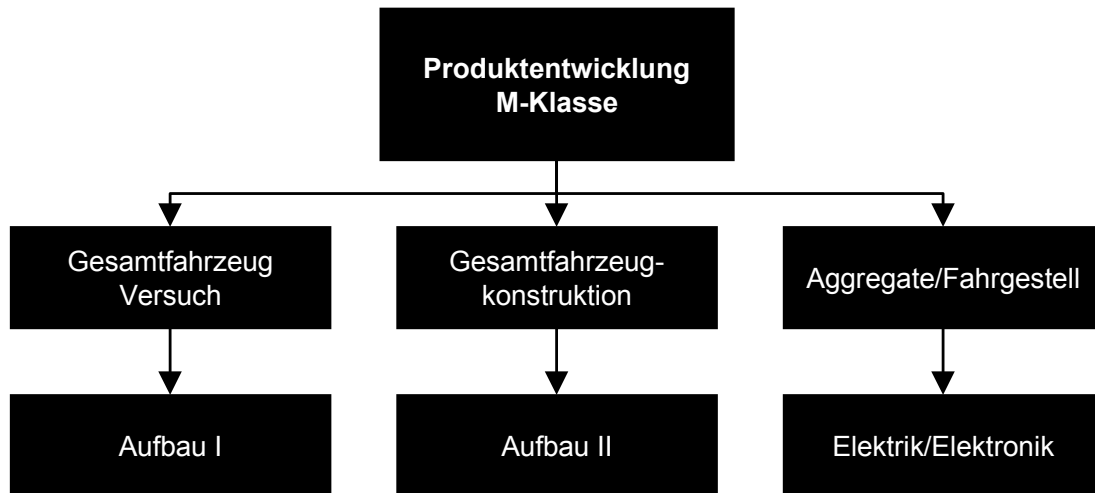


Abbildung 6.2: Organigramm des Bereichs.

6.2 Anwendungsfall der „strategischen Ebene“

Bei der Erarbeitung des DMU-Technik-Portfolios innerhalb der Produktentwicklung der M-Klasse wurde nicht der gesamte Produktentwicklungsprozess untersucht. Durch die Organisation des Projektes wurden Arbeiten in den Arbeitsfeldern Design, Berechnung, etc. außerhalb des Bereiches ausgeführt. Daher beschränkte sich die Projektgruppe die DMU-Techniken in den aus **Abbildung 6.2** erkennbare Abteilungen einzuführen. Zur Verifikation der strategischen Ebene ist jedoch dieser Ausschnitt des Produktentwicklungsprozesses absolut ausreichend, zumal der Großteil der relevanten Produktentwicklungsprozesse mit diesen Abteilungen abgedeckt wurde.

Phase 1: Analyse der Teilprozesse des Produktentwicklungsplans

Die erste Phase der strategischen Ebene war durch die Analyse des Produktentwicklungsprozesses gekennzeichnet. In **Schritt A1** wurden die Teilprozesse des Produktentwicklungsplans erarbeitet. Hierbei wurde der so genannte MDS (Mercedes Development System)-Plan herangezogen (vgl. **Abbildung 2.6**). Dieser Ablaufplan definiert die einzelnen Aufgaben und deren zeitliche Abläufe der verschiedenen Abteilungen. Die Teilprozesse wurden in das strategische HoQ eingetragen (siehe **Abbildung 6.3**). Da bei den einzelnen Teilentwicklungsprozessen immer die gleiche Granularitätsstufe angewandt wurde und die Teilprozesse für den Gesamtprozess als gleich wichtig eingeschätzt wurden, ist die Gewichtung für alle Teilprozesse gleich (**Schritt A2**).

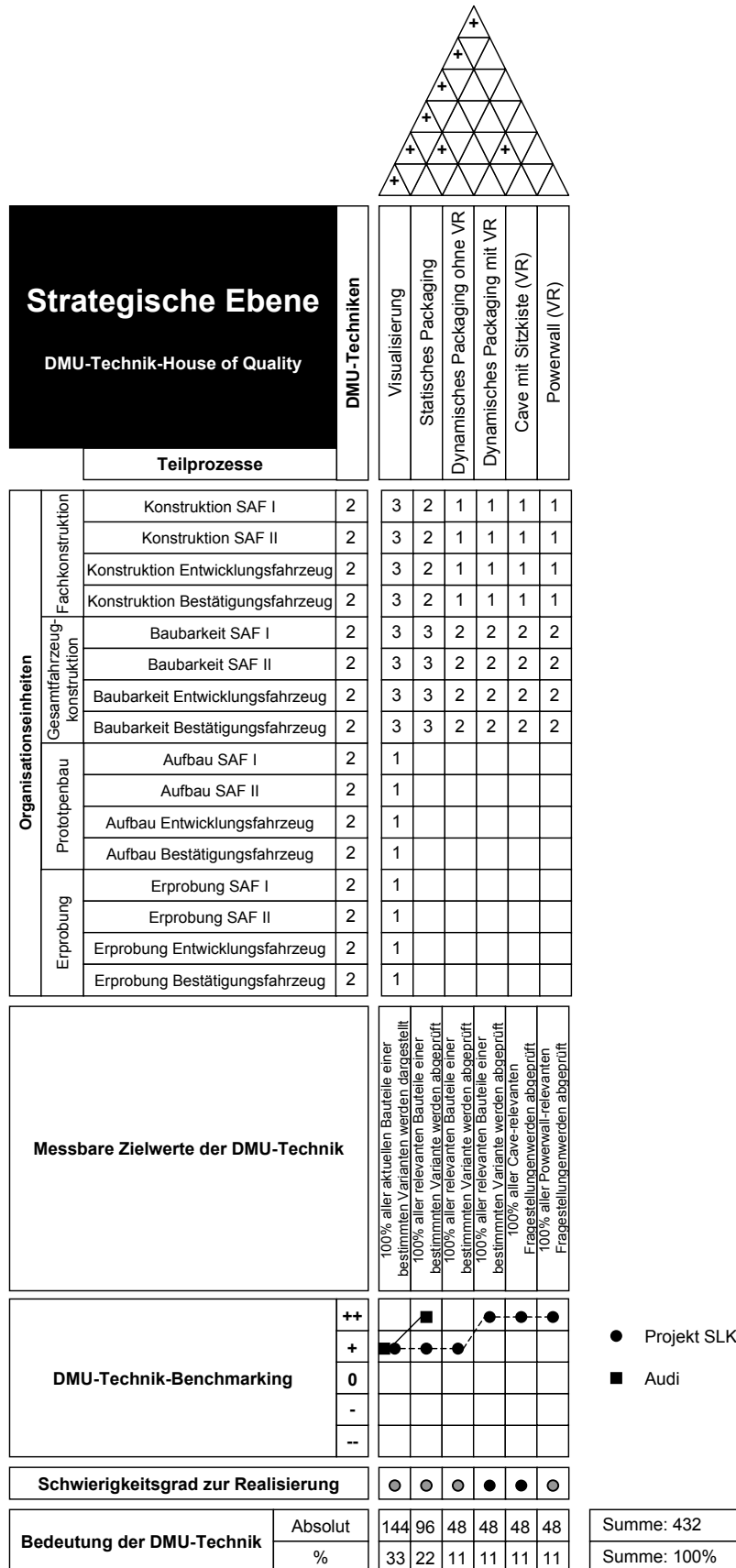


Abbildung 6.3: Das strategische HoQ der M-Klasse.

Phase 2: Analyse der DMU-Techniken

Die Anforderungen aus den Produktentwicklungsprozessen in Form der Teilentwicklungsprozesse wurden in Phase 1 erarbeitet. In Phase 2 mussten nun diese Anforderungen dahingehend untersucht werden, wie diese mit Hilfe von DMU-Techniken bezüglich der Parameter Kosten, Qualität, Zeit unterstützt werden könnten (**Schritt A3**). **Abbildung 6.4** zeigt als Beispiel, wie der Teilprozess „Baubarkeit Entwicklungsfahrzeug“, welches sich als ein Aufgabenpaket der Gesamtfahrzeugkonstruktion darstellt, mit der Hilfe von DMU-Techniken unterstützt werden könnte.

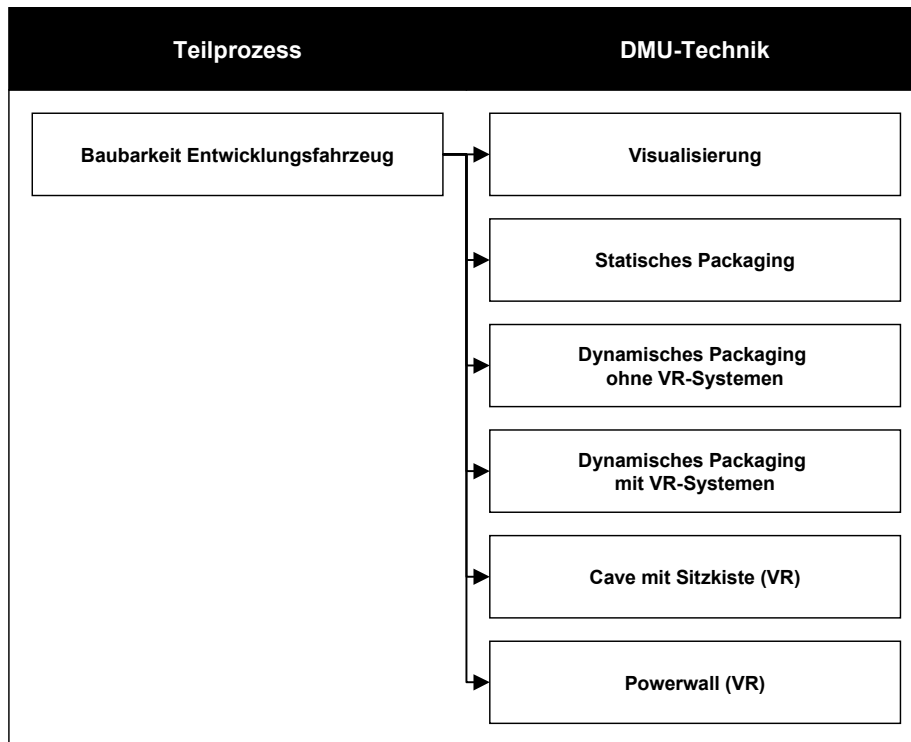


Abbildung 6.4: Zuordnung des Teilproduktentwicklungsprozesses „Baubarkeit Entwicklungsfahrzeug“ zu den DMU-Techniken.

Im darauf folgenden **Schritt A4** wurden die Korrelationen der Produktentwicklungsprozesse und der DMU-Techniken erarbeitet. Bei der Kosten/Nutzen-Analyse konnte zu solch einem frühen Zeitpunkt nur eine grobe Abschätzung stattfinden. Eine solche grobe Einschätzung stellte sich jedoch bei der Aufstellung des DMU-Technik-Portfolios als ausreichend heraus. In **Schritt A5** wurde die Relevanz bzw. Wichtigkeit der jeweiligen DMU-Techniken für den Gesamtprozess errechnet. Der **Schritt A6** definierte für die einzelnen DMU-Techniken quantifizierte Zielwerte, um später eine Kontrolle des Projekterfolges zu ermöglichen. In **Schritt A7** wurden die Korrelationen der verschiedenen DMU-Techniken erarbeitet und in das HoQ eingetragen. Insbesondere stellte sich heraus, dass die DMU-Technik „Visualisierung“ mit allen anderen DMU-Techniken in starken positiven Korrelationen steht. Dies ist dadurch begründet, da bei der Visualisierung die vollständige Existenz aller 3D-CAD-Geometriedaten Grundvoraussetzung ist. Bei den anderen DMU-Techniken ist

dies ebenfalls der Fall. Um die eigene Situation bezüglich der DMU-Technik mit der von anderen einordnen zu können, wurde in **Schritt A8** sowohl ein internes Benchmarking (Baureihe SLK) als auch ein externes Benchmarking (Audi) durchgeführt. Informationsquellen beim internen Benchmarking waren Gespräche mit den dort Verantwortlichen, beim externen Benchmarking Zeitschriftenberichte. In **Schritt A9** wurden die DMU-Techniken bezüglich ihrer technischen Realisierbarkeit untersucht. Abschließend konnte aus den Werten, welche in den vorherigen Schritten erarbeitet wurden, die Bedeutung der DMU-Technik für den Gesamtentwicklungsprozess errechnet werden. Mit diesem Schritt war das Aufstellen des strategischen HoQ komplettiert und stellte sich gemäß **Abbildung 6.3** dar.

Phase 3: Analyse der Ergebnisse des strategischen HoQ

Um den Projektplan aufzustellen, wurde gemäß des methodischen Einführungsverfahrens (**Schritt A10**) das DMU-Technik-Portfolio aufgestellt (siehe **Abbildung 6.5**).

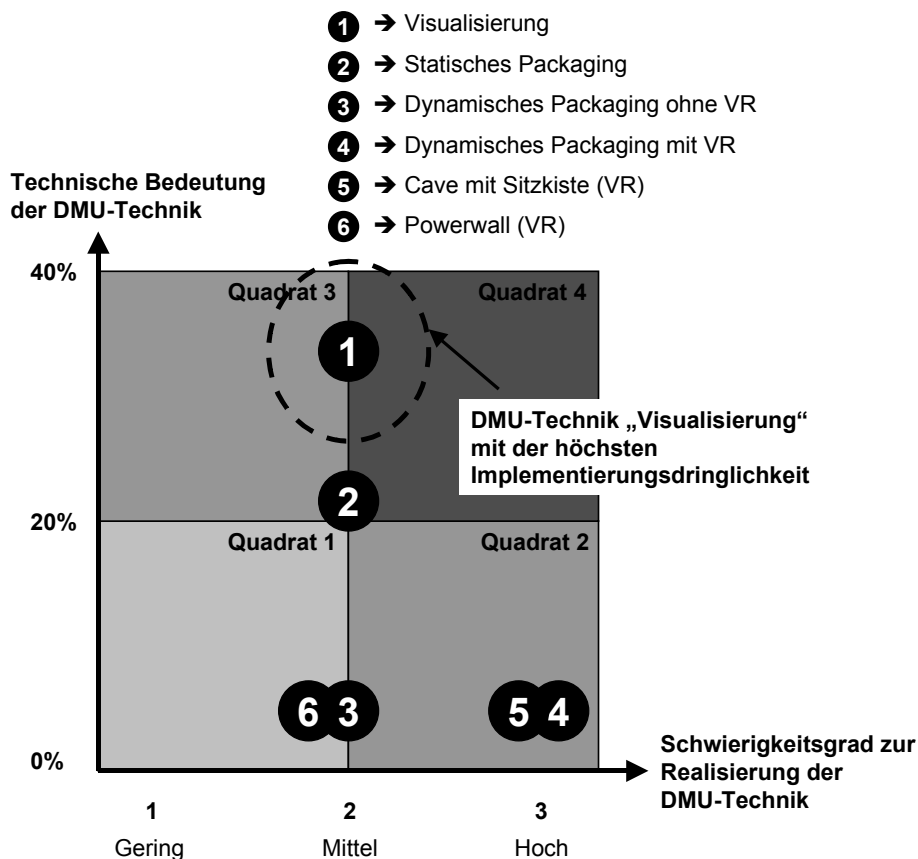


Abbildung 6.5: Das DMU-Technik-Portfolio der Entwicklung M-Klasse.

Aus dem Portfolio konnten die Rückschlüsse auf die Priorisierung der DMU-Technik-Einführungsprojekte gezogen werden. So wurde aus der Portfolio-Darstellung ersichtlich, dass die beiden DMU-Techniken „Visualisierung“ und

„Statisches Packaging“ für den Gesamtentwicklungsprozess die wichtigsten DMU-Anwendungen sind und damit in einem Gesamteinführungsszenario zu priorisieren sind (siehe **Abbildung 6.6**).

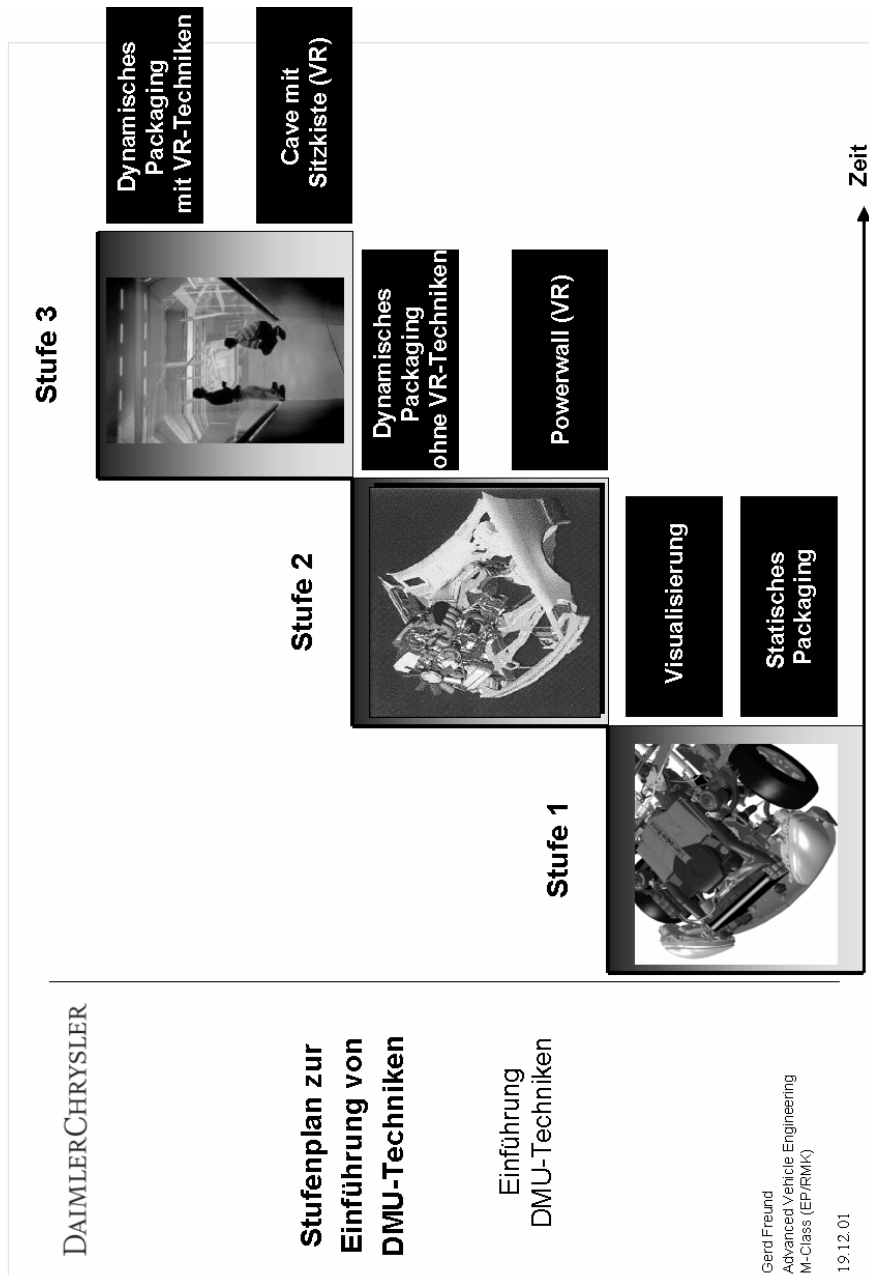


Abbildung 6.6: Stufenplan zur Einführung der DMU-Techniken resultierend aus dem DMU-Technik-Portfolio.

Die Einführung der DMU-Techniken im Umfeld der M-Klasse-Produktentwicklung darf hierbei nicht als eine einmalige Aktion verstanden werden. Vielmehr werden neue DMU-Technologien bzw. neue DMU-Techniken ein ständigen Einführungs- bzw. Veränderungsprozess fordern und fördern.

6.3 Anwendungsfall der „taktischen Ebene“: DMU-Technik „Visualisierung“

Um das methodische Einführungsverfahren im Bereich der taktischen Ebenen durch die Praxis zu verifizieren, wird auf den nächsten Seiten auf die DMU-Technik „Visualisierung“ detailliert eingegangen. Weitere DMU-Techniken wurden mit Hilfe des Einführungsverfahrens eingeführt, jedoch würde die Darstellung den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

Phase 1: Analyse der Kundenanforderungen der DMU-Technik

Durch die Definition des strategischen HoQ und durch die Visualisierung dessen Ergebnisse in Form des DMU-Technik-Portfolios, wurde ersichtlich, dass der DMU-Technik „Visualisierung“ eine gewichtige Rolle zur Unterstützung des Gesamtentwicklungsprozesse zufällt. Die hohe technische Bedeutung als Gradmesser für die Wichtigkeit für den Gesamtentwicklungsprozess als auch der mittlere Schwierigkeitsgrad zur Realisierung zeigt deutlich auf, dass die DMU-Technik „Visualisierung“ unter den DMU-Techniken die höchste Implementierungsdringlichkeit aufweist (siehe **Abbildung 6.5**). Daher entschied man sich für die Einführung der DMU-Technik „Visualisierung“.

Gemäß des strategischen HoQ werden alle Organisationseinheiten der M-Klasse (Fachkonstruktion, Gesamtfahrzeugkonstruktion, Versuch, Prototypenbau) durch die DMU-Technik unterstützt. Somit sind alle diese aufgezählten Organisationseinheiten als Kunden zu verstehen (**Schritt B1**).

Im nächsten Schritt wurden die Kundenanforderungen bestimmt und strukturiert (**Schritt B2**). Dabei wurden in den Abteilungen mündliche Kundenbefragungen von potentiellen Anwendern der DMU-Technik durchgeführt. **Abbildung 6.7** zeigt als Beispiel das ausgefüllte Formblatt, welches aus den mündlichen Interviews innerhalb der Gesamtfahrzeugkonstruktion entstand.




Liste der Kundenanforderungen

DMU-Technik-Projekt: Visualisierung

DMU-Technik-Kunde: Gesamtfahrzeugkonstruktion (EP/RMK)

- Tangierte Produktentwicklungsprozesse:**
- Baubarkeit SAF I
 - Baubarkeit SAF II
 - Baubarkeit Entwicklungsfahrzeug
 - Baubarkeit Bestätigungsfahrzeug

Nr.	Kundenanforderungen	G	K	Bemerkungen
1	Geringer Schulungsaufwand	1	G	Maximal ein Tag Schulung
2	Performante Visualisierung der Geometriedaten	2	G	
3	Schnelles Aufrufen der Geometriedaten	2	G	
4	Geometriedaten des aktuellen Entwicklungsstandes vom Fahrzeug visualisieren	3	L	
5	Geometriedaten der aktuellen Prototypenrate vom Fahrzeug visualisieren	3	L	
6	Fahrzeuge in praktikable Bauräume einteilen	2	L	
7	Fahrzeuge in Hauptmodule einteilen	2	L	
8	Ein- und Ausblenden von Bauteilen bzw. Baugruppen	2	L	
9	2D-Schnitte von Bauteilen bzw. Bauteilgruppen	2	L	
10	3D-Schnitte von Bauteilen bzw. Bauteilgruppen	1	B	
11	Abstandsuntersuchungen zwischen Bauteilen	2	L	
12	Schnelles Verschieben von Bauteilen bzw. Baugruppen	1	B	
13	Bei speziellen Sitzungen Visualisierung von ganzen Fahrzeugen	2	L	
14	Geometriedaten dürfen für projektfremde Personen nicht sichtbar sein	3	L	
15	Einfache Bedienbarkeit	2	L	
16	Standard-Software verwenden	2	G	

Legende:

G - Gewichtung

K - Einteilung nach dem Kano-Modell (G - Grundanforderung, L - Leistungsmerkmal, B - Begeisterungsmerkmal)

Abbildung 6.7: Beispiel einer ausgefüllten Kundenanforderungsliste.

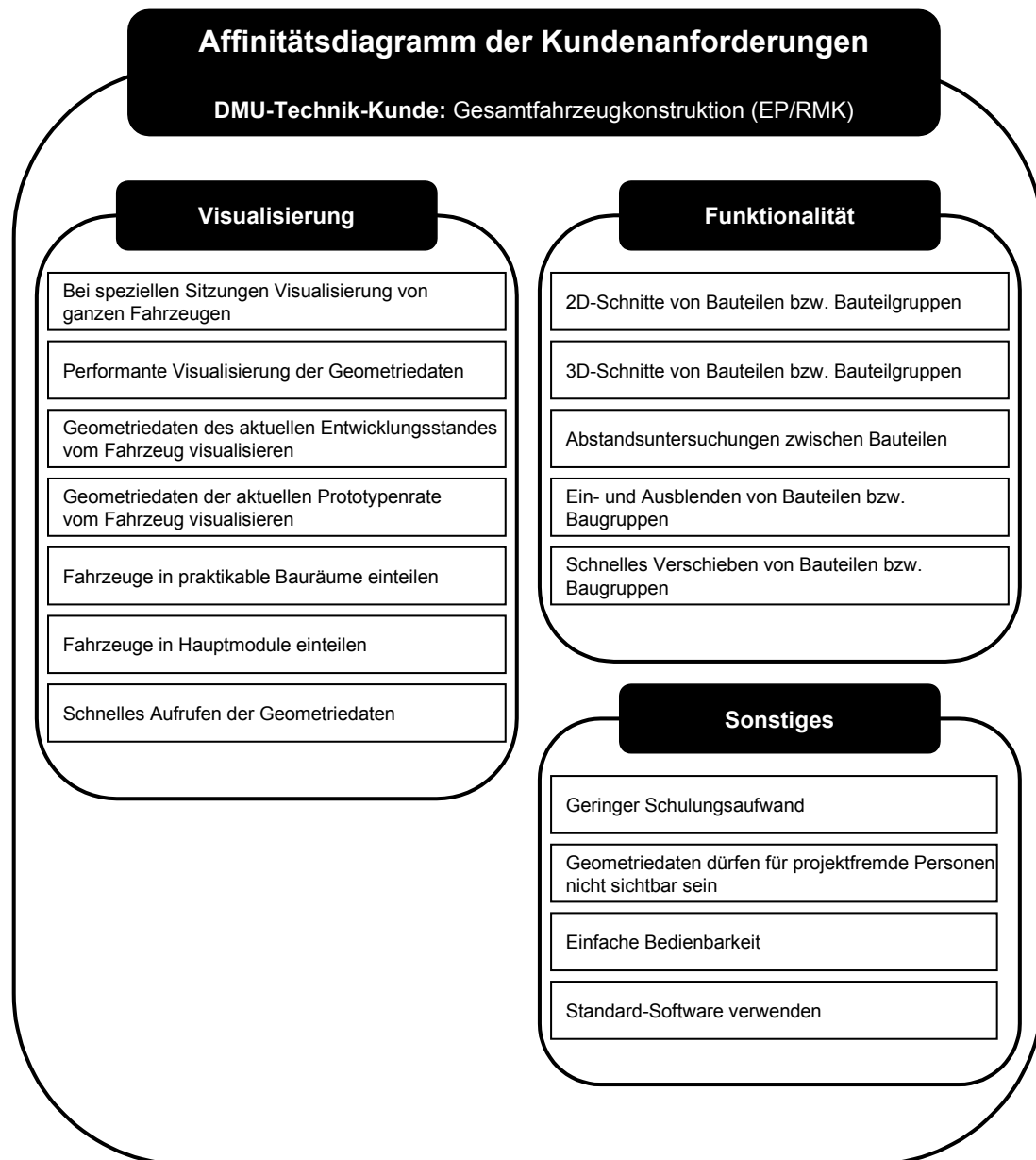


Abbildung 6.8: Strukturierung der Kundenanforderungen mittels eines Affinitätsdiagramms.

Diese Kundenanforderungen wurden daraufhin mit der Hilfe der QM-Technik des Affinitätsdiagramms strukturiert (siehe **Abbildung 6.8**). Nach der Gewichtung der Kundenanforderungen (**Schritt B3**) wurden die einzelnen Kunden der DMU-Technik segmentiert (**Schritt B4**).

Die Kundenbefragungen ergaben, dass die Anforderungen einerseits der Gesamtfahrzeugkonstruktion und Fachkonstruktion und andererseits des Versuchs und des Prototypenbaus sich nicht marginal unterschieden. Daher

wurden aus diesen vier Organisationseinheiten zwei Kundensegmente bzw. Kundengruppen gebildet (siehe **Abbildung 6.9**). Daher konnten ab diesem Zeitpunkt innerhalb dieser Kundengruppen gemeinsame Implementierungspläne verfolgt werden.

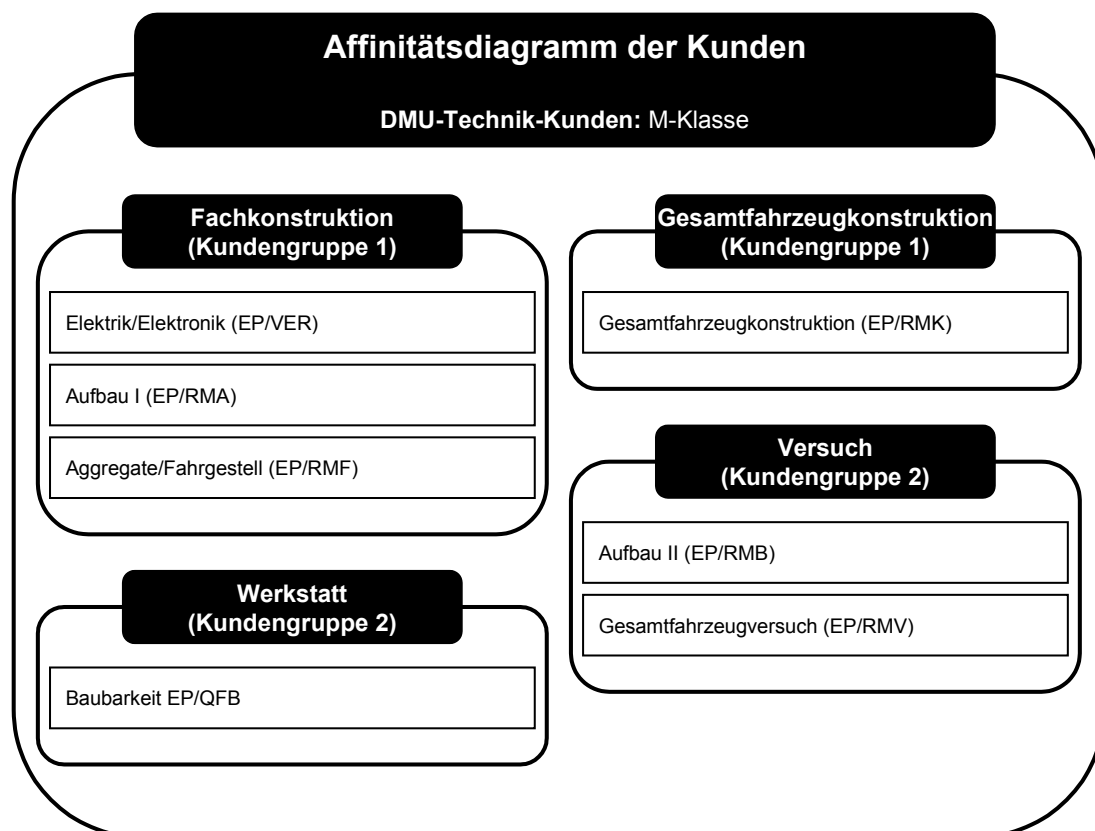


Abbildung 6.9: Segmentierung der Kunden mittels eines Affinitätsdiagramms.

Phase 2: Analyse des Ist-Zustandes

Die Definition der Kundenanforderungen war der erste Schritt zur Einführung der DMU-Technik „Visualisierung“. In der nächsten Phase wurde der Ist-Zustand des aktuellen Ablaufprozesses erarbeitet (**Schritt B5**). Hierfür wurden die einzelnen Schritte des Ist-Prozesses mit Hilfe von Ablaufdiagrammen niedergeschrieben (siehe **Abbildung 6.10**). In das Ablaufdiagramm wurden Informationen wie die involvierten Abteilungen, die verwendeten Werkzeuge, etc. aufgenommen.

In **Schritt B6** wurde der niedergeschriebene Prozess analysiert. Insbesondere wurde Wert darauf gelegt, die Schwachstellen des Ist-Prozesses herauszufiltern und für den später zu definierenden Soll-Prozess zu vermeiden.

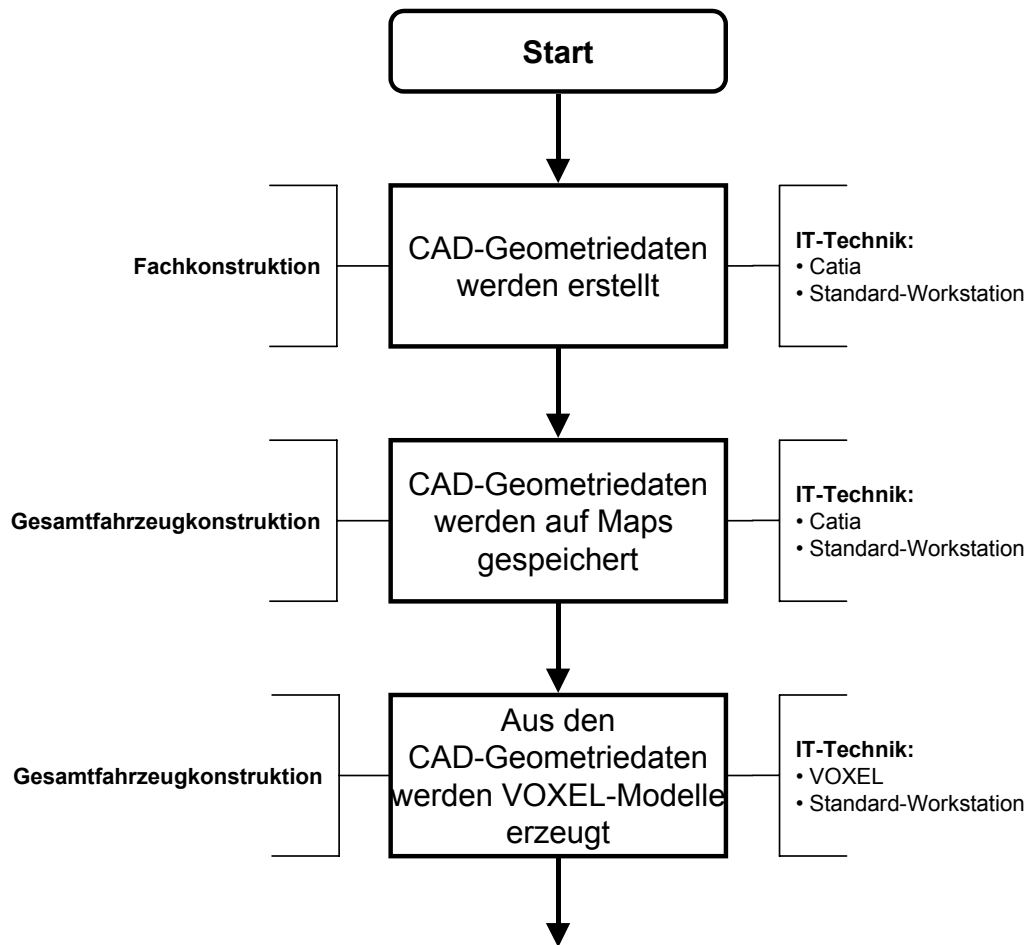


Abbildung 6.10: Ist-Zustand des aktuellen Prozesses (Ausschnitt).

Phase 3: Erstellung des Master-HoQ der DMU-Technik „Visualisierung“

Die Definition der Kundenanforderungen war der erste Schritt zur Einführung der DMU-Technik „Visualisierung“. In der dritten Phase wurde das „Master-HoQ“ aufgestellt (siehe **Abbildung 6.11**). Hierzu wurden in **Schritt B7** aus den Kundenanforderungen die DMU-Technik-Qualitätsmerkmale ermittelt. Dabei wurden die Anforderungen der Kunden herangezogen (resultierend aus den Kundenanforderungslisten aus **Schritt B2**) und daraufhin untersucht, wie diese mit Hilfe der DMU-Technik-Qualitätsmerkmale (Prozess, IT-Technik, Daten) umgesetzt werden könnten.

In den weiteren Schritten wurden die Beziehungen zwischen den Kundenanforderungen und den DMU-Technik-Qualitätsmerkmalen erarbeitet (**Schritt B8**) und in **Schritt B9** wurde sichergestellt, dass alle Kundenanforderungen zumindest von einem DMU-Technik-Qualitätsmerkmal erfüllt wurden. Speziell das Erarbeiten des Master-HoQ ergab dem Einführungsteam die Gelegenheit eine absolute Transparenz über das Einführungsprojekt sicherzustellen. Aus dem Analysieren des Master-House ergaben sich immer wieder neue Denkansätze.

Phase 4: Erstellung der HoQ der einzelnen DMU-Technik-Qualitätskriterien
 In Phase 4 wurden die Ergebnisse des Master-HoQ dazu herangezogen, den neuen Prozessablauf, der nach der Einführung der DMU-Technik „Visualisierung“ gelten sollte, zu definieren. Dabei wurden die DMU-Technik-Qualitätsmerkmale, welcher der Kategorie „Prozess“ zuzuordnen waren, genommen und zu einer Prozesskette verarbeitet (**Schritt B10**). Wo logische Prozessschritte fehlten, wurden diese ergänzt, so dass am Ende des Festlegungsprozesses ein vollständig beschriebener Prozess vorhanden war (siehe **Abbildung 6.12**).

DAIMLERCHRYSLER



DMU-Technik „Visualisierung“

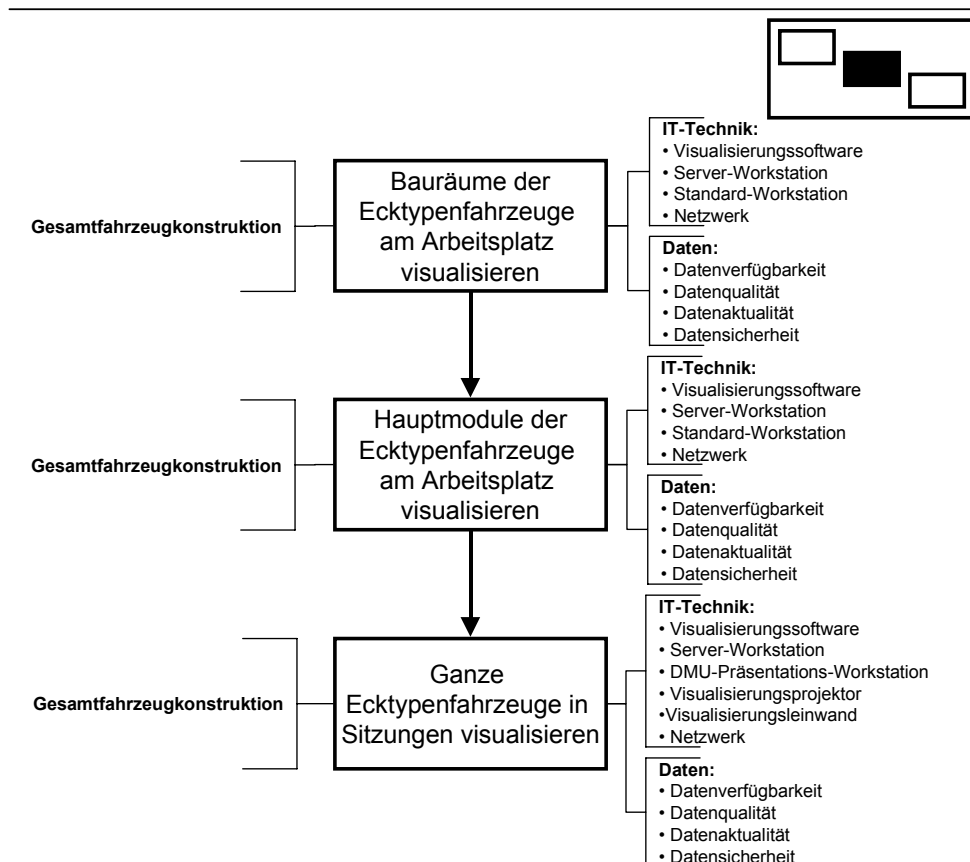


Abbildung 6.12: Auszug aus dem DMU-Technik-Ablaufdiagramm.

Durch das Aufstellen des DMU-Technik-Ablaufdiagramms wurden durch das Einführungsteam neue DMU-Technik-Qualitätsmerkmale bestimmt (siehe auch **Anhang B**). Zusammen mit diesen Informationen und mit dem Master-HoQ wurden daraufhin die drei relevanten HoQ (Prozess, IT-Technik und Daten) aufgestellt (**Schritt B11**). **Abbildung 6.13** zeigt exemplarisch das HoQ „IT-Technik“. Die weiteren HoQ sind dem **Anhang C** zu entnehmen. Das HoQ „IT-Technik“ differenziert die Qualitätskriterien noch in die Bereiche „Hardware“, „Software“ und „Sonstiges“. In den weiteren Schritten wurde für das HoQ „IT-Technik“ innerhalb des Projektteams die weiteren Schritte erarbeitet. So wurde in **Schritt B12** die Beziehungsmatrix aufgestellt, also die Korrelation zwischen Kundenanforderungen auf der einen Seite und den DMU-Technik-Qualitätskriterien auf der anderen Seite. In **Schritt B13** wurde die Bedeutung des jeweiligen DMU-Technik-Qualitätskriterien für die DMU-Technik „Visualisierung“ errechnet. In einem nächsten Schritt wurden die DMU-Technik-Qualitätsmerkmale quantifiziert (**Schritt B14**). Dieser Schritt war sehr wichtig, da alleine durch eine Quantifizierung es später möglich war, das Einführungsprojekt mit seinen vielen Qualitätskriterien zu kontrollieren. So hat die Umsetzung des Kundenwunsches „Performante Visualisierung der Geometriedaten“ durch das Qualitätskriterium „Standard-Workstation“ noch keinen Aussagewert. Erst durch eine Quantifizierung des Qualitätskriteriums „Standard-Workstation“ durch den Zielwert „500 Bauteile performant auf dem Bildschirm darstellbar“ wurde die Aussage für das Projekt fassbar und somit kontrollierbar. Die weiteren Schritte waren das Ermitteln der Korrelationen der DMU-Technik-Qualitätsmerkmale (**Schritt B15**), das Durchführen von Benchmarkinguntersuchungen (**Schritt B16**) und die Ermittlung des Schwierigkeitsgrads zur Realisierung der jeweiligen DMU-Technik-Qualitätsmerkmale (**Schritt B17**). Zu den verschiedenen HoQ wurden dann die DMU-Technik-Qualitätsmerkmale-Portfolios aufgestellt (**Schritt B18**).

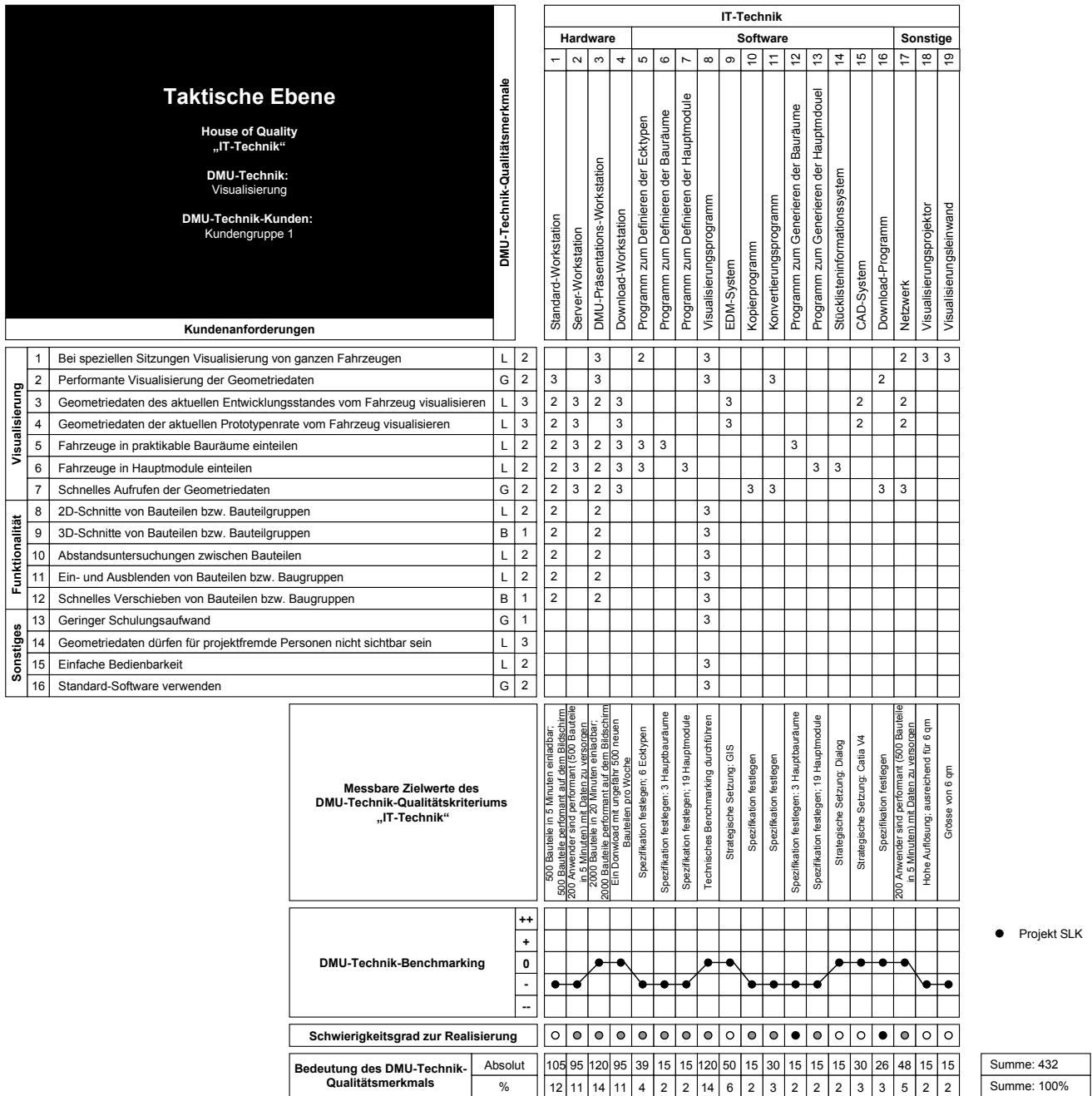


Abbildung 6.13: HoQ „IT-Technik“.

In **Schritt B19** wurden, wo es innerhalb des Einführungsteams notwendig erschien, die Sub-HoQ aufgestellt (siehe **Anhang C**). Es wurde sehr darauf geachtet, dass der erhöhte Aufwand und die erhöhte Komplexität, der für das Aufstellen der Sub-HoQ notwendig war, durch den Nutzen gerechtfertigt war.

Nach dem Aufstellen der drei HoQ „IT-Technik“, „Prozess“ und „Daten“ und den zugehörigen Sub-Houses wurde gemäß **Schritt B20** das HoQ „Wissen“ aufgestellt. Hierzu waren die Eingangsgrößen die Qualitätskriterien der drei zuvor erarbeiteten HoQ. In dem HoQ „Wissen“ wurden alle Maßnahmen erarbeitet, die sicherstellen sollten, dass die DMU-Anwendung „Visualisierung“ reibungslos in den Arbeitsalltag integriert werden konnte. Ein Ausschnitt aus den konzipierten Schulungsunterlagen, kochrezeptartigen Vorgehensweisen ist dem **Anhang D** zu entnehmen. Als abschließender **Schritt B21** wurde aus den vorgehenden Schritten das spezifische DMU-Technik-Ablaufdiagramm aufgestellt und mit einer detaillierten Beschreibung versehen (siehe **Anhang E**).

6.4 Erfahrungen beim Umsetzen des Einführungsverfahrens

Die Anwendung des in dieser Arbeit vorgestellten Ansatzes bedingt einen erhöhten Planungsaufwand. In den Einführungsprojekten hat sich immer wieder die Diskussion über Sinn und Zweck dieses erhöhten Planungsaufwandes ergeben. Nach Beendigung des Projektes ergibt sich jedoch das Bild, dass einem erhöhten Planungsaufwand einem sehr viel geringeren Zeitaufwand zur operativen Einführung der DMU-Technik gegenübersteht (siehe **Abbildung 6.14**). Auch ist der Zeitaufwand für die notwendigen Änderungsschleifen bei dem vorgestellten Einführungsverfahren geringer als bei den konventionellen Einführungsverfahren (Re-Design).

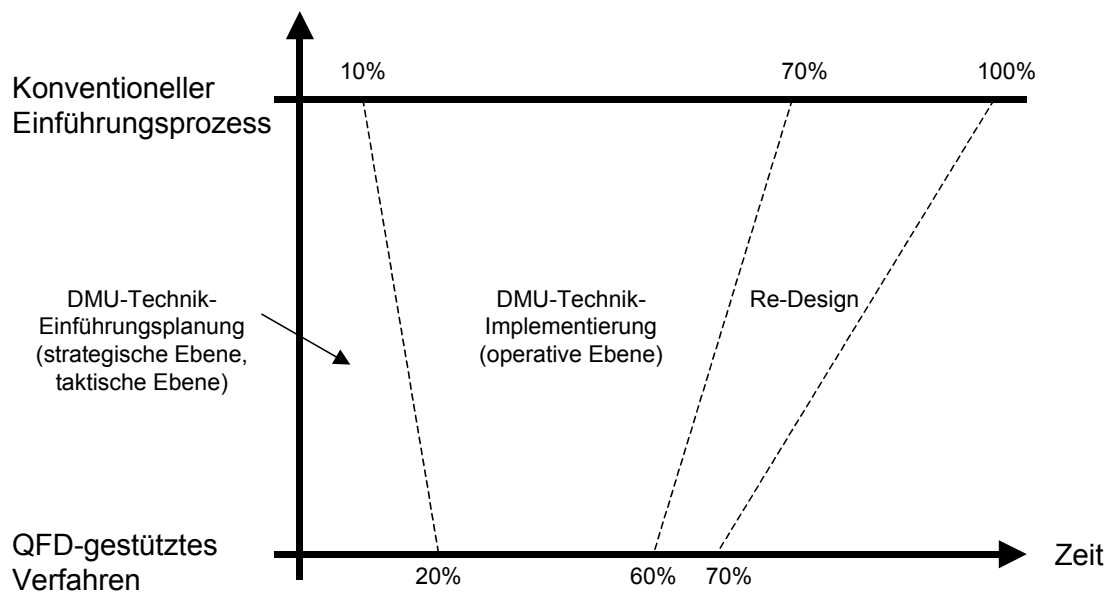


Abbildung 6.14: Zeitlicher Vergleich zwischen dem konventionellen Einführungsprozess und dem QFD-gestützten methodischen Verfahren.

Der Autor war im Hause DaimlerChrysler an mehreren Einführungsprojekten beteiligt. So wurde bzw. werden die DMU-Techniken aus **Abbildung 6.6** eingeführt. Die Erfahrung aus den Einführungsprojekten zeigt, dass sich der

Aufwand (Zeit, Mitarbeiterkapazität) in Relation zu den konventionellen Einführungsverfahren um ca. 30 % reduziert. Weiterhin ist bezüglich der Einführung der DMU-Techniken eine höhere Kundenzufriedenheit festzustellen. Die Vorteile der Anwendung des methodischen Einführungsverfahrens besteht zudem in der Erhöhung der Transparenz.

Aus der Anwendung des methodischen Einführungsverfahrens haben sich zusammenfassend folgende, positive Erfahrungen ergeben:

- Die Kundenanforderungen konnten strukturiert und nachvollziehbar umgesetzt werden (Integration der Kundenanforderungen). Das Einführungsverfahren half aus den verbalen Kundenwünschen klare technische Spezifikationen zu erstellen. Hierdurch wurde eine hohe Kundenzufriedenheit erzielt.
- Es wurde eine Verkürzung der Einführungszeiten erreicht, da die Ziele und die Maßnahmen klar definiert waren und somit zeit- und kostenaufwändige Änderungsschleifen entfallen konnten. Die kürzeren Einführungszeiten für die neuen DMU-Tools wiederum hatten den positiven Effekt, dass die Entwicklung der Fahrzeugprojekte effektiver und effizienter durchgeführt werden konnten.
- Es wurde eine gemeinsame, abgestimmte Sicht (DMU-Technik-Einführungsteam, Kunden, Führungskräfte) auf die DMU-Technik erzielt. Speziell für die Führungskräfte war es aufgrund eines begrenzten finanziellen Budgets wichtig, dass vor der Einführung der DMU-Techniken zuerst die strategische Ebene im Vordergrund stand (Fragestellung: welche DMU-Techniken sollen aus der Sicht des Gesamtprozesses priorisiert eingeführt werden?).
- Die abgestimmten, priorisierten und messbaren Ziele ermöglichten eine zielgenaue Konzentration auf die für den Kunden wichtigen Eigenschaften der DMU-Technik. Es wurde somit ein Over-Engineering der DMU-Technik vermieden.
- Das DMU-Technik-Einführungsteam konnte sich schnell in die Systematik des Einführungsverfahrens einarbeiten und auch den weiteren, beteiligten Gruppen konnte die Systematik schnell verständlich gemacht werden. Somit stellte das Einführungsverfahren seine leichte Integrationsfähigkeit und Praxisorientierung unter Beweis.
- Es zeigte sich, dass die Betrachtung aller DMU-Erfolgsparameter essentiell für das Gelingen des Einführungsprojektes war. Speziell die Planung und Durchführung jeglicher Art von Schulungen (Prozess-Schulungen, Software-Schulungen, etc.) stellte sich immer wieder als wichtig für das erfolgreiche Einführen einer DMU-Technik heraus.
- Es lag eine nachvollziehbare und verständliche Dokumentation des DMU-Technik-Einführungsprojektes vor. Das Expertenwissen konzentrierte sich in den verschiedenen HoQ.
- Die Übersichtlichkeit der Darstellung innerhalb des Einführungsverfahrens ermöglichte es jederzeit Verbesserungspotentiale zu erkennen.

Aus den Erfahrungen der Einführungsprojekte wurden somit die Anforderungen, welche in **Kapitel 3** aufgestellt wurden, in der Praxis erfüllt (siehe **Abbildung 3.1**).

7 Zusammenfassung und Ausblick

Der härter werdende Wettbewerb der global aufgestellten Automobilhersteller verlangt ein ständiges Überprüfen der vorhandenen Prozesse. Insbesondere der Produktentwicklungsprozess ist prädestiniert dazu Veränderungen effektiv und effizient zu gestalten. Die Wichtigkeit der Produktentwicklung ist daran zu erkennen, dass innerhalb dieser Organisationseinheit der Großteil der Produktkosten festgelegt wird.

Das hohe Gewicht der Produktentwicklung innerhalb der Gesamtprozesskette macht es notwendig, sich über Effizienz- und Effektivitätssteigerungen innerhalb dieses Bereiches Gedanken zu machen. Die Erhöhung der Anzahl an Fahrzeugderivaten und Ausstattungsvarianten macht es zusätzlich notwendig, sich verstärkt diesem Thema zu widmen.

Der Einsatz von DMU-Techniken ermöglicht es die Produktentwicklung effizienter und effektiver zu gestalten. DMU-Techniken sind realistische Computersimulationen, welche vielfältige Anwendungen umfassen. So werden mit Hilfe der DMU-Techniken Ergonomieuntersuchungen, Baubarkeitsuntersuchungen, Ein- und Ausbauuntersuchen, etc. durchgeführt.

Die Einführung von DMU-Techniken sind komplexe Projekte. So ist bei der Einführung von DMU-Techniken die vorhandene IT-Welt zu beachten, weiterhin müssen aus Motivationsgründen den Kundenwünschen sehr starke Beachtung geschenkt werden. Das gewichtigste Kriterium, welches über Erfolg- und Misserfolg eines DMU-Technik-Einführungsprojektes entscheidet, ist die Beachtung der vorhandenen Prozesslandschaft und die Abänderung der Ablaufprozesse nach Beendigung des Einführungsprojektes.

Die Einführung von DMU-Techniken wird jedoch sowohl in der Praxis als auch in der Literatur methodisch zu wenig unterstützt. Daher hat sich die vorliegende Arbeit die Aufgabe gestellt, ein neuartiges, methodisches Verfahren zum Einführen von DMU-Techniken zu entwickeln. Anforderungen an das Verfahren waren die Integration der Kundenanforderungen, Beachtung aller DMU-Technik-Erfolgsparameter (Prozess, IT-Technik, Daten, Wissen), Beachtung der Ganzheitlichkeit des Verfahrens, Systematik, Objektivität und Transparenz des Verfahrens. Eine weitere Forderung war die Gewährleistung einer leichten Integrationsfähigkeit in den Unternehmungen.

Das Einführungsverfahren verwendet zur Erfüllung der Anforderungen QM-Techniken. So basiert das Verfahren zu großen Teilen auf dem QFD-Ansatz, verwendet zusätzlich QM-Methodiken wie „Design Review“, „Benchmarking“, „Q7-Werkzeuge“ und „M7-Werkzeuge“. Neuartig an der vorliegenden Arbeit ist, dass für das Einführungsverfahren gezielt QM-Techniken Verwendung finden sollten. Insbesondere die stringente Verwendung der Kundenanforderungen mithilfe der QFD-Technik stellt eine neue Methodik bei der Einführung von DMU-Techniken dar.

Das methodische Einführungsverfahren ist in drei Ebenen unterteilt. Die erste Ebene (strategische Ebene) hat das Ziel die DMU-Technik-Strategie des Unternehmens zu definieren. Aus dieser Strategie leiten sich spezielle DMU-Technik-Projekte ab. Diese in der strategischen Ebene definierten DMU-Technik-Projekte werden in der zweiten Ebene, der taktischen Ebene, umgesetzt. Bei der taktischen Ebene ist es das Ziel die ausgesuchten DMU-Technik-Projekte effektiv in den bestehenden Produktentwicklungsprozess zu implementieren. Die operative Ebene folgt der taktischen Ebene. Ziel der operativen Ebene ist es, die in der taktischen Ebene geplante DMU-Anwendung in die täglichen Arbeitsprozesse zu integrieren und somit die DMU-Technik einsatzfähig zu gestalten.

Das methodische Verfahren wurde innerhalb eines großen deutsch-amerikanischen Automobilunternehmens entwickelt und anschließend an verschiedenen DMU-Technik-Einführungsprojekten exemplarisch verifiziert. Hierbei hat sich herausgestellt, dass dem Nachteil des erhöhten Zeitaufwandes innerhalb der Planungsphase der Vorteil des geringeren Zeit- und Kostenaufwandes in den Implementierung- und den Re-Design-Phasen (Änderungsschleifen) gegenübersteht. Weitere Vorteile des Einführungsverfahrens sind die strukturierte Dokumentation des Einführungsprozesses, die stringente Verwendung der Kundenanforderungen, die Konzentration des Expertenwissens auf einige, wenige Visualisierungstechniken (HoQ), etc.

Eine Möglichkeit zur Effektivitätssteigerung des Einführungsverfahrens besteht in der Rechnerunterstützung. Bislang wird die Methode manuell eingesetzt, durch die Implementierung der einzelnen Schritte der Methode innerhalb eines Softwareprogramms (rechnerunterstützte Verwaltung von Formblättern, etc.) ist zu erwarten, dass der Planungsaufwand noch deutlich geringer werden kann. Dies könnte die Integration des Einführungsverfahrens in den Unternehmen forcieren.

Literaturverzeichnis

AIT 96	AIT Autorenkollektiv AIT-Advanced Information Technology in Design and Manufacturing (Digital Mock-Up for product conception and downstream business processes, Abschlussdokumentations-CD-ROM, Brüssel, 1996.
AIT 00	AIT Autorenkollektiv EU-Projekt Advanced Information Technology, Digital Mock-Up Process Simulation (AIT-DMU-PS), Abschlussbericht; Paris, März 2000.
AKA 92	Akao, Y. QFD Quality Function Deployment: Wie die Japaner Kundenwünsche in Qualitätsprodukte umsetzen. Landsberg/Lech: Moderne Industrie, 1992.
BAR 97	Bartscher, Porscha, Thielmann Projektauftrag: Arbeitspaket "Workflow/Prozesse/Abläufe" in GIS-Neu, unveröffentlichte interne Unterlagen der Daimler-Benz AG, 1997.
BIN 02	Binner, H. Prozessorientierte TQM-Umsetzung. 2. Auflage, Hanser-Verlag, München, Wien, 2002.
BIR 85	Birolini, A. Qualität und Zuverlässigkeit technischer Systeme-Theorie, Praxis, Management. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokio, 1985.
BMW 93	BMW AG (Herausgeber) FMEA Fehler-Möglichkeiten- und Einfluß-Analyse. München: Firmenschrift, 1993.
BOE 00	Boeckh, Martin Beim Crash am Powerwall geht nichts mehr zu Bruch. In: VDI Nachrichten, Nr. 20, Seite 14, 2000.

BOR 01	Borchert, Hans Die Traumfabrik. In: Mercedes-Magazin, Ausgabe 1/2001, Seite 44-50, Stuttgart, 2001.
BOS 92	Bossel, H. Modellbildung und Simulation: Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme. Braunschweig: Vieweg-Verlag, 1992.
BRA 98	Brandner, Stefan Funktionen und Nutzen der EDM-Technik. In: Engineering Data Management (EDM): Erfahrungsberichte und Trends. Herbert Utz Verlag Wissenschaft, Augsburg, 1998.
BRE 97	Breitkopf, Daniela Qualität in der Mitarbeiterführung. Quality Function Deployment als Kommunikations- und Verbesserungsinstrument, Passau, Universität, Dissertation, 1996.
BRO 88	Brockhoff, K.; Urban, C. Die Beeinflussung der Entwicklungsdauer. In: Brockhoff, K.; Urban C. (Herausgeber): Zeitmanagement in Forschung und Entwicklung, Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, Sonderheft 23, Seite 1-42, 1988.
BUL 97	Bullinger, Hans-Jörg Im Wettlauf gegen die Zeit. In: Automobil-Industrie Nr. 4, Seite 140-142, Würzburg, 1997.
CAD 02	N.N. John Deere entwickelt DMU-Konzept mit Trivit. In: CAD-CAM Report, Band 21 (2002) Heft 6, Seite 24-27, Heidelberg, 2002.
CAM 94	Camp, R. Benchmarking. Hanser-Verlag, München, 1994.
CIS 99	N.N. Produktinformationen auf der Internet-Seite der Firma Cisco Systems, www.cisco.com, München, 1999.

CLA 92	Clark, K. B.; Fujimoto, T. Automobilentwicklung mit System. Frankfurt, New York: Campus-Verlag, 1992.
DAI 96	Dai, F.; Felger, W.; Frühauf, T.; Göbel, M.; Reiners, D.; Zachmann, G. Virtual Prototyping Examples for Automotive Industries. In: Proceedings of the Conference Documentation „Virtual Reality World '96“, CD-Rom Edition, München, 1996.
DEN 03	N.N. Informationen der Internet-Seite: Deming – EFQM - Management in Germany http://www.deming.de/efqm/modellgrund-1.html , 2003
DGQ 93	N.N. Begriffe zum Qualitätsmanagement; DQG-Schrift 11-04, Herausgeber: Deutsche Gesellschaft für Qualität e.V., 5. Auflage, Beuth-Verlag Berlin, 1993.
DIN 83	Deutsches Institut für Normung (Herausgeber) Informationsverarbeitung; Sinnbilder und ihre Anwendung, DIN 66001, Beuth-Verlag, Berlin 1983.
DIN 90	Deutsches Institut für Normung (Herausgeber) Ausfalleffektanalyse. Fehler-Möglichkeiten- und Einfluß-Analyse, DIN 25448, Beuth-Verlag, Berlin 1990.
DIN 95	Deutsches Institut für Normung (Herausgeber) Begriffe zu Qualitätsmanagement und Statistik, Grundbegriffe des Qualitätsmanagement, DIN 55350 Teil 11, Beuth-Verlag, Berlin, 1995.
DIN 00	Deutsches Institut für Normung (Herausgeber) Qualitätsmanagement und Elemente eines Qualitätssicherungssystems, Leitfaden für Qualitätsverbesserungen, DIN ISO 9000 ff., Berlin: Beuth-Verlag, 2000.

DMU 03	N.N. Informationen der Internet-Seite: DMU-Solutions. http://www.dmu-solutions.de , 2003.
DÖL 97	Döllner, Gernot Konzipierung und Anwendung von Maßnahmen zur Verkürzung der Produktentwicklungszeit am Beispiel der Aggregateentwicklung, Dissertation TU Braunschweig, 1997.
EBE 00	Ebeling, Jürgen Die elementaren Qualitätswerkzeuge. In: Qualitätsmanagement. Herausgeber: W. Hansen, G. F. Kamiske. Digitale Fachbibliothek auf CD-ROM, 2000.
ECK 02	Eckel, G. Ein starkes Signal. Autoindustrie setzt auf 'Automotive Excellence'. In: Management und Qualität, Band 37 (2002) Heft Spezialausgabe ESPRIX 2002, Seite 6-7,9-10, Bern, 2002.
EDM 01	Autorenkollektiv EDM-Forum 2001, Schwabenlandhalle, CD-ROM, Fellbach , 2001.
EIG 82	Eigner, M.; Maier, H. Einführung und Verwendung von CAD-Systemen-Leitfaden für die Praxis, Carl Hanser Verlag, München, 1982.
ERB 96	Erb, M. Methode zur modellgestützten Planung von CAQ-Investitionen, Shaker Verlag, Aachen, 1996.
EVE 89	Eversheim, Walter Organisation in der Produktionstechnik, Band 4, 2. Auflage, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1989.

EVE 89a	Eversheim, W.; Dahl, B.; Spenrath, K. CAD/CAM Einführung-Leitfaden mit den Arbeitsmitteln für den Maschinenbau, Verlag TÜV Rheinland Köln, 1989.
EHR 95	Ehrlenspiel, K. Integrierte Produktentwicklung-Methoden für die Prozessorganisation, Produkterstellung und Konstruktion, Hanser Verlag, München, 1994.
FRE 93	Frehr, Hans-Ulrich Total QM-Unternehmensweite Qualitätsverbesserung. Carl Hanser Verlag, München, 1993.
FRI 97	Fricke, G.; Lohse, G. Entwicklungsmanagement: Mit methodischer Produktentwicklung zum Unternehmenserfolg, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1997.
GAS 97	Gassmann, Oliver Internationales F&E-Management: Potentiale und Gestaltungskonzepte internationaler F&E-Projekte. Oldenbourg Verlag. München, Wien, 1997.
GAU 94	Gausemeier, J; Frank, T.; Schneider, W. Architekturprinzipien zukünftiger, integrierter CAD-Systeme. VDI-Berichte Nr. 1148, S. 603-621, 1994.
GEB 96	Gebhardt, Andreas Rapid Prototyping: Werkzeuge für schnelle Produktentwicklung. München, Wien: Hanser-Verlag, 1996.
GEU 96	Geuer, Axel Einsatzpotential des Rapid Prototyping in der Produktentwicklung. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1996.
GRA 97	Grabowski, Hans; Geiger, Kerstin Neue Wege zur Produktentwicklung, Stuttgart, Berlin, Bonn: Raabe, 1997.

HAM 93	Hammer, M.; Champy, J. Business Reengineering. Frankfurt, New York. Campus Verlag 1993.
HAI 89	Haist, F.; Fromm, H. Qualität im Unternehmen, Prinzipien-Methoden-Techniken. Carl-Hanser Verlag. München, Wien, 1989.
HAR 97	Hartel, Marko Kennzahlenbasiertes Bewertungssystem zur Beurteilung der Demontage- und Recyclingeignung von Produkten, Dissertation TH Karlsruhe, 1997.
HAR 02	Harloff, B.; Frosch, O.; Rindfleisch, O. Von der Wertewelt zum innovativen Produkt. Herausforderungen an das Konzept der neuen E-Klasse. In: Motortechnische Zeitschrift, Band 63 (2002) Heft Sonderausgabe: Die neue Mercedes-Benz E-Klasse, Seite 18-20,22,24,26-28,30-34; Wiesbaden, 2002.
HAU 88	Hauser, J. R.; Clausing, D. Wenn die Stimme des Kunden bis in die Produktion vordringen soll. Harvard Manager 4, Seite 57 ff., Hamburg, 1988.
HER 93	Hering, E.; Triemel, J.; Blank, H. P. Qualitätssicherung für Ingenieure, VDI Verlag, Düsseldorf, 1993.
HEL 01	Hellmuth, T-W.; Altmann, C. Der virtuelle LKW. In: Industrielle Informationstechnik, (2001) Heft6/7, Seite 22-24, München, 2001.
HIL 02	Hillebrecht, M.; Müller, U. Konferenz-Einzelbericht: Leichtbau durch innovativen Werkstoffeinsatz, 3. Industriekolloquium, Clausthal-Zellerfeld, 6.-7. Feb, 2002, (2002) Seite 203-214: Verkürzte Entwicklungszeiten im Karosseriebau - Veränderungstreiber für Prozesse und Technologie; 2002.

IMA 93	Imai, M. Kaizen-der Schlüssel zum Erfolg der Japaner im Wettbewerb, 10. Auflage, München: Langen Müller/Herbig, 1993.
ISH 85	Ishikawa, K. What is the Total Quality Control? The Japanese Way, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1985.
JUR 93	Juran, J.M. Der neue Juran - Qualität von Anfang an. Landsberg/Lech: Moderne Industrie, 1993.
KAM 94	Kamiske, Gerd Die Hohe Schule des Total QMs, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1994.
KAM 95	Kamiske, Gerd; Theden, Ph. Einsatzpotentiale von Qualitätstechniken. In: Qualität und Zuverlässigkeit (QZ), 39. Jr., Nr. 11 (1995), Seite 530-532, München, 1995.
KAM 02	Kamiske, Gerd; Brauer, Jörg-Peter ABC des Qualitätsmanagements. Hanser-Verlag, 2. Auflage, München, Wien, 2002.
KAT 97	Katzenbach, A.; Kreutz, M.; Müller, F.: Digital Mock-Up in der PKW-Entwicklung. In: Veranstaltungsdokumentation des 3.CAD/CAM Forum der Daimler-Benz AG, Fellbach, 1997.
KER 94	Kersten, G. Fehler-Möglichkeiten- und Einfluß-Analyse (FMEA). In: Masing, W. (Herausgeber): Handbuch Qualitätsmanagement. 3. Überarbeitete und erweiterte Auflage. München: Hanser, 1994.
KÖB 99	Köble, Hubert Informationsunterlagen für den Betriebsrat. Unveröffentlichte Ausgabe der Daimler-Chrysler AG, 1999.

KIN 89	King, B. Better Design In Half The Time. 3. Auflage, Methuen, MA. GOAL/QPC 1989.
KNO 00	Knott, Thomas; Hopf, Michael; Henning, Heiko Der Audi A2-Wegbereiter des virtuellen Prototypenbaus. In: Sonderausgabe von ATZ und MTZ-Audi A2, Seite 36-40, 2000.
KRE 95	Kreutz, Werner Mit Benchmarking zur Weltspitze aufsteigen. Landsberg/Lech: Verlag Modernen Industrie, 1995.
KRA 96	Krause, F.-L.; Lüddemann, J.; Neumann, J.: Digital Mock-Up. Überblick und Entwicklungsschwerpunkte. Unveröffentlichte Ausgabe der Daimler-Benz AG, 1996.
KRÜ 93	Krüger, W. Virtual Reality-Anwendungen in Wissenschaft, Technik und Medizin. In: Informationstechnik und Technische Informatik 35, Seite 31-37, München, 1993.
LEI 93	Leist, R.; Sharnagl, A. Qualitätsmanagement: Methoden und Werkzeuge zur Planung und Umsetzung der Qualität. WEKA-Fachverlag, Augsburg 1993.
MAL 94	Malorny, Ch.; Kassebohm, K. Brennpunkt TQM. Stuttgart: Poerschel Verlag, 1994.
MER 90	Mercedes-Benz AG (Herausgeber) FMEA Fehler-Möglichkeiten- und Einfluß-Analyse. Leitfaden zur Anwendung. Unveröffentlichte Firmenschrift, 1990.
MER 93	Mertens, P. Integrierte Informationsverarbeitung. 9. Auflage, Band 1, Schäffer-Poeschel Verlag Stuttgart, 1993.

MÜL 92	Müller, G. Entwicklung einer Systematik zur Analyse und Optimierung des EDV-Einsatzes im planenden Bereich, Shaker Verlag, Aachen, 1992.
PAT 82	Patzak, G. Planung komplexer innovativer Systeme: Grundlagen, Methoden, Techniken. Berlin: Springer-Verlag, 1982.
PFE 01	Pfeifer, T. Qualitätsmanagement: Strategien, Methoden, Techniken. 3. Auflage, Hanser Verlag, München, Wien, 2001.
POR 92	Porter, M. Wettbewerbsstrategie. Campus Verlag, Frankfurt, New York, 1992.
SAT 97	Saatweber, Jutta Kundenorientierung durch Quality Function Deployment. Hanser-Verlag, München, Wien, 1997.
SCH 90	Schäfer, H. CAD-CAM-Planung langfristiger Gesamtkonzeptionen, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1990.
SCH 99	Scharf, Achim Simulation braucht 3D-CAD. In: VID-Nachrichten, Nr. 22, S. 13, Düsseldorf, 1999.
SCH 96	Schloske, A. Fehler-Möglichkeiten- und Einfluß-Analyse (FMEA): Methode, Durchführung und Entwicklungstendenzen der FMEA. In: Handbuch Qualitätstechnik: Methoden und Geräte zur effizienten Qualitätssicherung. Warnecke, H.-J.; Melchior, K.; Kring, J. (Herausgeber). Landsberg: Verlag Moderne Industrie, Seite 4.1/1-4.9/1, 1996.

SCHM 90	Schmelzer, H. J. Der Einfluß der Entwicklungszeit auf die Entwicklungsproduktivität. In: Integrierte Produktentwicklung, 2. F&E Management-Forum, Seite 121-137, Frankfurt , November 1990.
SCH 92	Schuler, J. Konzept für ein rechnerunterstütztes Simulationsmodell zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Lösungsalternativen bei der Planung einer integrierten technischen Informationsverarbeitung, Fortschritt-Berichte, VDI Reihe 20 Nr. 58, VDI Verlag, Düsseldorf, 1992.
SCHU 92	Schuler, W. Das große Was-Wie-Spiel-Teil 1. Qualität und Zuverlässigkeit 12, Seite 715-719, München, 1992.
SEG 93	Seghezzi, H., Hansen, J.R. Qualitätsstrategien: Anforderungen an das Management der Zukunft, Carl Hanser Verlag, München, 1993.
SEG 96	Seghezzi, H. Integriertes Qualitätsmanagement, Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1996.
SGI 99	N.N. Produktinformationen auf der Internet-Seite der Firma Silicon Graphics, www.sgi.com, München, 1999.
SPO 01	Spors, K. Digitale Informationen für den Prototypenbau. In: Der virtuelle Produktentstehungsprozess im Automobil- und Motorenbau: Konferenz 5, 2001, Wiesbaden; Volkswagen AG, Forschung und Entwicklung, 2001.
SPU 97	Spur, Günter; Krause, Frank-Lothar Das virtuelle Produkt, München: Carl Hanser-Verlag, 1997.

SUL 88	Sullivan, L.P. Policy management through Quality Function Deployment. In: Quality Progress, 21. Jahrgang, June, Seite 18-20, 1988.
SUN 99	N. N. Produktinformationen auf der Internet-Seite der Firma SUN, www.sun.com, München, 1999.
SÜS 91	Süssenguth, W Methoden zur Planung und Einführung rechnerintegrierter Produktionsprozesse. Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1991.
TÖP 93	Töpfer, A.; Mehdorn, H. Total QM. Hermann Luchterhand Verlag, Neuwied, Berlin, 1993.
VDI 90	N.N. VDI-Richtlinie 2234: Wirtschaftliche Grundlage für den Konstrukteur. VDI-Gesellschaft Konstruktion, Vertrieb. Beuth-Verlag, Berlin, 1990.
VDI 90a	N.N. VDI-Richtlinie 2225: Konstruktionsmethodik. VDI-Gesellschaft Konstruktion, Vertrieb. Beuth-Verlag, Berlin, 1990.
VOE 97	Voegele, Arno (Hrsg.) Das große Handbuch Konstruktions- und Entwicklungsmanagement. Landsberg/Lech: mi, Verlag Moderne Industrie, 1997.
VOL 98	Vollrath, Klaus Der schnelle Weg zum Prototyp bringt die besten Marktchancen. In: VDI Nachrichten, Nr. 50, Seite 15, Düsseldorf, 1998.
VÖL 97	Völker, Rainer Erfolg durch innovative Produkte: Bausteine des Innovationsmanagements, München, Wien: Hanser-Verlag, 1997.

WIL 90	Wildemann, H. Einführungsstrategien für die computerintegrierte Produktion, Gesellschaft für Management und Technik, München, 1990
WIR 00	N.N. Autos aus dem Computer. In: Wirtschaftswoche, Nr. 17, Seite 168, Düsseldorf, 2000.
WOM 91	Womack, J. P. Die zweite Revolution in der Automobilindustrie- Konsequenzen aus der weltweiten Studie des MIT. Campus Verlag, Frankfurt, 1991.
ZIM 85	Zimmermann, R. Ein dynamisches Modell zur strategischen Einführungsplanung von CAD-Technik, Carl Hanser-Verlag, München Wien, 1985
ZIM 98	Zimmermann, P. Virtuelle Realität verkürzt Entwicklungszeit. In: Tagungsband zur Veranstaltung „Digitale Prototypen: Neue Werkzeuge für die innovative Produktentwicklung“, IGD, Darmstadt, 1998.
ZIN 92	Zink, Klaus J.; Schildknecht, Ralf Total QM: Bausteine einer umfassenden Qualitätsförderung. In: Qualität und Zuverlässigkeit (QZ) 37, Heft 12/1992, Seite 720-724, München, 1992.
ZOS 96	Zoschke, Manfred Verbesserung der Planung von Produktionsprozessen im Werkzeugbau durch Qualitätsplanung mittels Quality Function Development (QFD), Berlin, Technische Universität, Dissertation, 1996.

Anhang A: Einführungsverfahren von CAX-Techniken

Einführungsverfahren von Wildemann

In seinem Buch beschreibt Wildemann mögliche Konzepte für die Einführung von CIM-Techniken für ein produzierendes Unternehmen [WIL 90]. Zu Beginn der Konzeptphase müssen die Grenzen des Handlungsspielraumes ausgelotet werden (siehe **Abbildung A.1**). Die Grenzen werden nach oben hin von der technischen Realisierbarkeit und nach unten hin von der Erfüllung der qualitativen und quantitativen Anforderung gebildet. Den Startpunkt bildet die Analyse der Ist-Zustandes und endet im geplanten Soll-Zustand, wobei der Wandlungsprozess von der Zeit abhängt.

Bei der empirischen Analyse des Einführungserfolges von neuen und komplexen Techniken ergeben sich zwangsläufig fünf Anfangsprobleme (Lücken), die aus der Analyse des Ist-Zustandes gewonnen werden. Diese müssen daher in der frühesten Phase der Einführung bedacht und durch eine rationale Einführungsstrategie überwunden werden:

- Die (zeitliche und technologische) Erwartungslücke seitens der Unternehmensführung und der späteren Anwender.
- Die Techniklücke, bedingt durch noch nicht vorhandener oder veralteter Komponenten.
- Die Organisationslücke, die im Vorfeld den neuen Techniken angepasst werden muß.
- Die Qualifikationslücke durch verstärkte Anforderungen an die Kenntnisse der Mitarbeiter.
- Die Argumentationslücke, die aus Zweifel an der Notwendigkeit und den Rationalisierungseffekten neuer Techniken entsteht.

Aus diesen Problemen ergeben sich die kritischen Variablen, die über den Erfolg einer Implementierung neuer Technik entscheiden. Für den Erfolg ist daher eine Unterstützung seitens der Unternehmensführung, die Verfügbarkeit von geeigneten Planern und Anwendern sowie notwendiger Mitarbeiterschulung und eine klare Zielsetzungen unabdingbar.

Nach der Definition des Soll-Zustandes und der Analyse des Ist -Zustandes bzw. der Techniklücke erfolgt im nächsten Schritt die Festlegung des Integrationsgrades. Ausgehend von einem in seine vereinfachten Funktionen zerlegtes Idealmodell für die Realisierung des festgelegten Ziels können die Informations- und Materialflüsse transparent aufgeschlüsselt und der Integrationsgrad beurteilt werden.

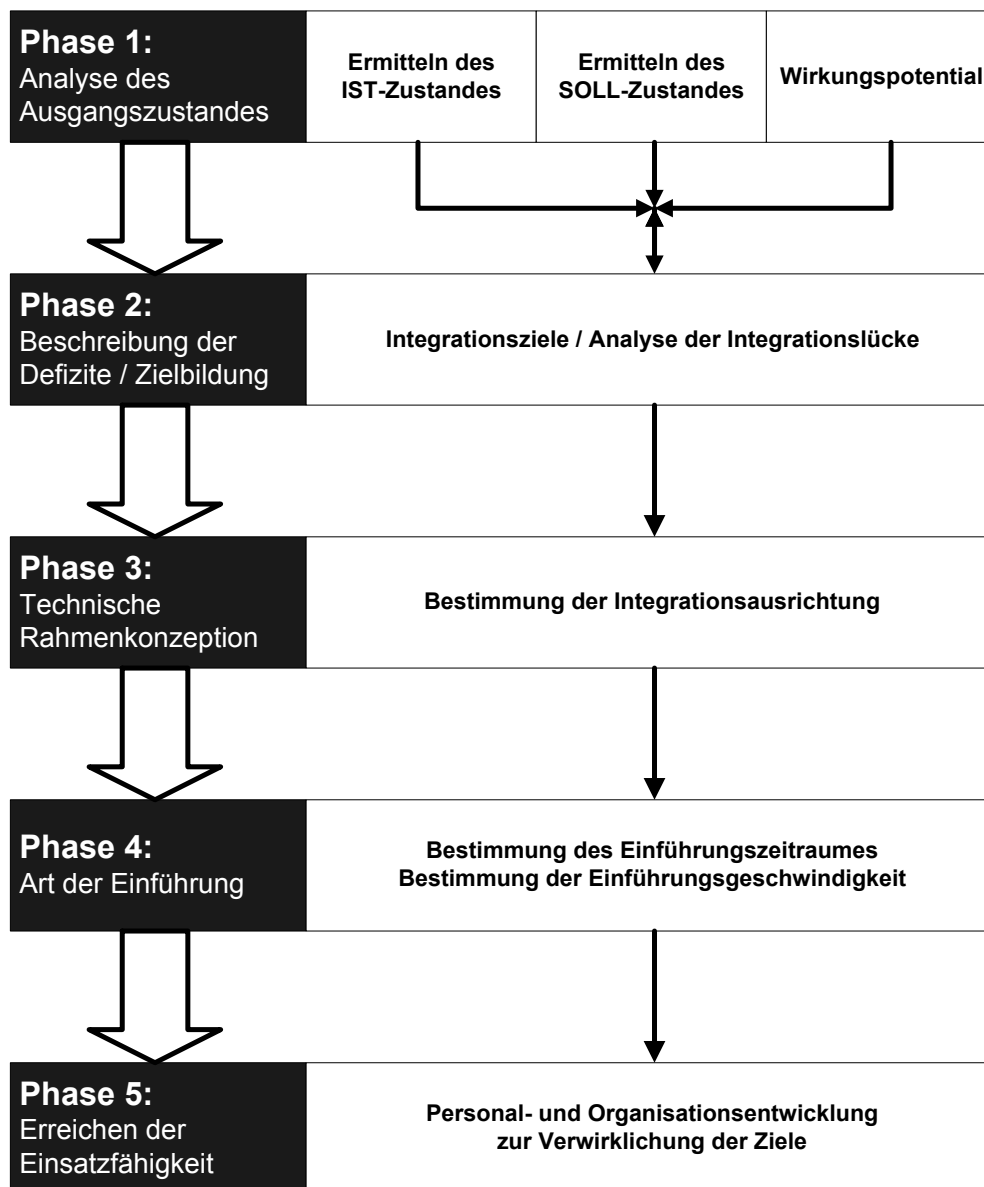


Abbildung A.1: Einführungsmodell nach Wildemann [WIL 90].

Bei der Einführungsstrategie kann zwischen drei Verfahren unterschieden werden. Beim ersten Verfahren wird der Einführungsprozess kontinuierlich vollzogen, beim zweiten Verfahren dagegen wird die Integration in Stufen aufgeteilt. Die letzte Variante vollzieht die Integration in einem großen Schritt.

Das Einführungsverfahren besteht aus fünf Phasen. Die erste Phase besteht aus der Analyse des Ist-Zustandes und der Definition des Soll-Zustandes. In der zweiten Phase werden exakt die Techniklücken und das Maß der Integration bestimmt. Hierbei gilt es aber auch die anderen Lücken zu erkennen und zu schließen. Die dritte Phase beinhaltet das technische Rahmenkonzept, innerhalb dessen die Technikkomponenten ausgewählt werden. Die vierte Phase umfasst den Einführungstermin und die Einführungsgeschwindigkeit. Die fünfte

und letzte Phase setzt sich mit den personellen und organisatorischen Notwendigkeiten zum Erreichen der gesetzten Ziele auseinander.

Einführungsverfahren von Eversheim/Dahl/Spenrath

In diesem Werk beschreiben die drei Autoren lediglich den instrumentierten Einführungsprozess eines CAD-Systems ohne näher auf die Unternehmensstruktur, die Umgebungsbedingungen oder die möglichen Randerscheinungen einzugehen [EVE 89a]. Die einzelnen Vorgänge sind dafür sehr detailliert ausgearbeitet und komplett auf ein Anwendungsbeispiel zugeschnitten. Die Autoren schlagen in ihrem Werk ein fünfphasiges Konzept für den Einführungsprozess vor (siehe **Abbildung A.2**):

- **Analyse des Ist-Zustandes**
 - Organisationsanalyse
 - Produktspektrum der Firma
 - Tätigkeitsverteilung
 - Hilfsmiteinsatz
 - Zeichnungsspektrum
 - NC-Programmierung
- **Erstellen eines Systemkonzeptes**
 - Erstellen eines Anforderungsprofils
 - Erstellen eines Rechnerkonzeptes
 - Erstellen eines Organisationskonzeptes
- **Grobauswahl**
 - Bewertung der CAD/CAM-Systeme bezüglich Anforderungen
 - Wirtschaftlichkeitsberechnungen
- **Feinauswahl**
 - Erstellen einer System-Checkliste
 - Technische Bewertung
 - Wirtschaftliche Bewertung
 - Systemauswahl
- **Einführungs- und Nutzungsorganisation**
 - Organisatorische Eingliederung
 - Schulungen
 - Makro- und Variantenprogrammierung
 - Standardisierungsmaßnahmen, Systemanpassung

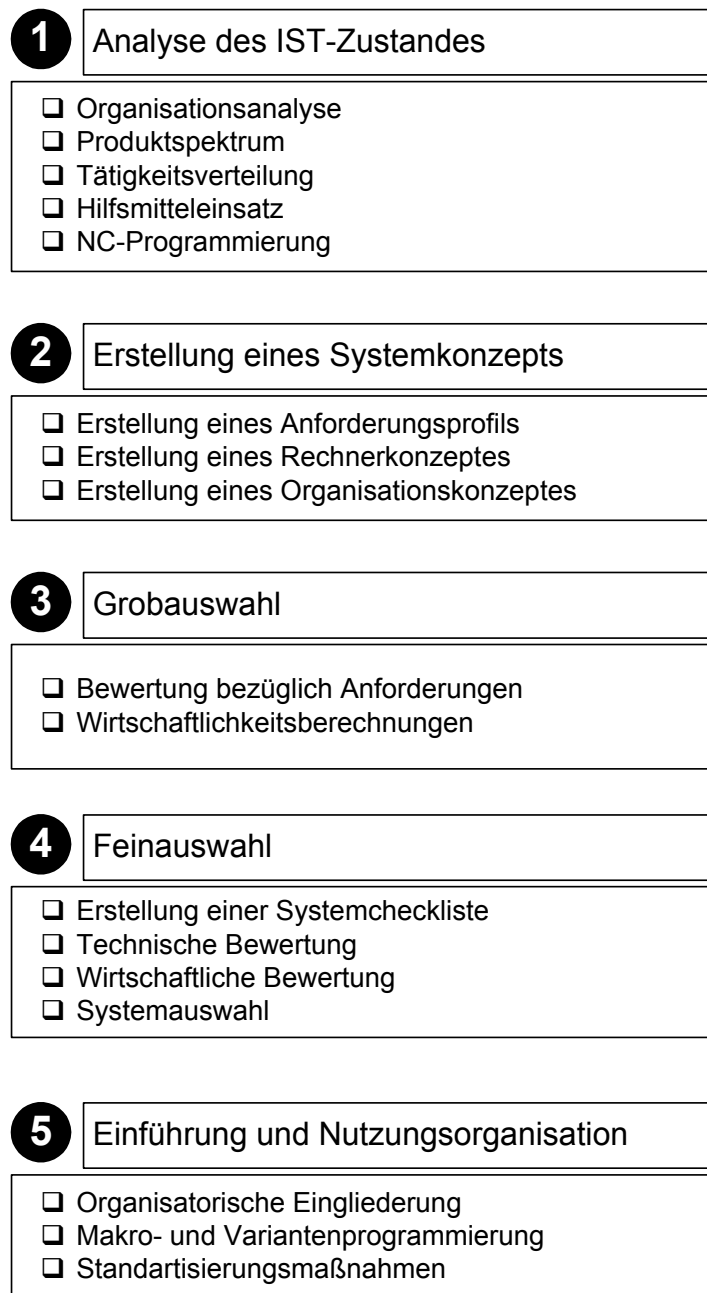


Abbildung A.2: Einführungsmodell nach Eversheim/Dahl/Spenrath [EVE 89a].

Einführungsverfahren von Eigner/Maier

In ihrem Werk gehen die beiden Autoren ausführlich auf die Verwendungsmöglichkeiten sowie den Aufbau und die rechnerinterne Prozesskette von CAD-Systemen ein [EIG 82]. Weiterhin gehen sie in ihrem Planungskonzept vom Einsatz schlüsselfertiger CAD-Systeme aus. Das Planungsmodell besteht in seinen Ansätzen aus vier Hauptphasen, denen je nach Umfang eine Voruntersuchungsphase vorgeschaltet werden kann, in der die Unternehmenszielsetzung und eine Realisierungschance grob analysiert werden kann (siehe **Abbildung A.3**). Diese vier Phasen setzen sich zusammen aus:

- **Voruntersuchung (Machbarkeitsuntersuchung)**
- **Systemanalyse**
 - Betriebliche Parameter über Produkte, Ablaufvorgänge und Organisationsstrukturen
 - Marktanalyse der CAD-System-Hersteller
 - Anforderungsprofil an das zu installierende CAD-System
- **Systembewertung und Auswahl**
 - Fachliche Bewertung
 - Wirtschaftliche Bewertung
 - Systementscheidung
- **Systemvorbereitung**
 - Systemanpassung
 - Betriebliche Integration
 - Standort- und Raumplanung
 - Schulungsvorbereitung
 - Personalplanung
- **Systemeinführung und Systemeinsatz**
 - Installation
 - Systemtest und Freigabe
 - Schulung
 - Wartung
 - Weiterentwicklung

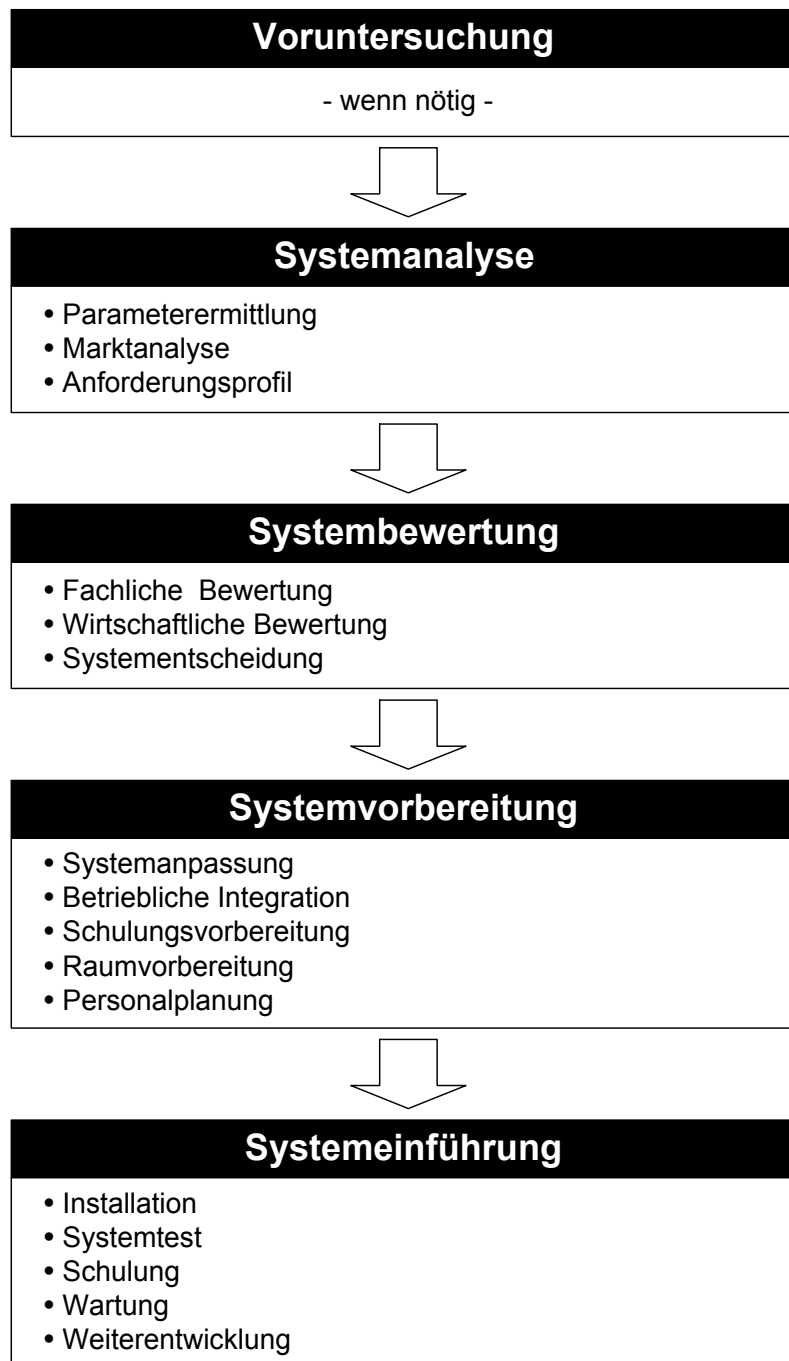


Abbildung A.3: Einführungsmodell nach Eigner / Maier [EIG 82].

Einführungsverfahren von Schuler

Diese Quelle widmet sich komplett dem Thema Planungsmethoden, Simulationsmethoden und Bewertungsmethoden für die Einführung von Datenverarbeitungssystemen [SCH 92]. Im Kapitel Hilfsmittel zur Modellbildung beschreibt der Autor die Modellierungsmethoden „Structured Analysis (SA)“, „Structured Analysis and Design Technique (SADT)“, „Nijsen Information Analysis Methode (NIAM)“ und „Petri-Netze“. Der Autor beschreibt methodische Grundlagen und ihre dazugehörigen Hilfsmittel (siehe **Abbildung A.4**). Der das Einführungsverfahren besteht aus folgenden der Ebenen:

- **Strategische Planungsebene**
 - Festlegung der Unternehmensziele
- **Gesamtplanungsebene**
 - Ist-Analyse
 - Sollkonzeption mit Spezifikation von technischen und personellen Ressourcen
 - Realisierungskonzeption, Integration von Teilsystemen zu Gesamtsystem
- **Operative Planungsebene**
 - Auswahl und Einführung des Realisierungskonzepts

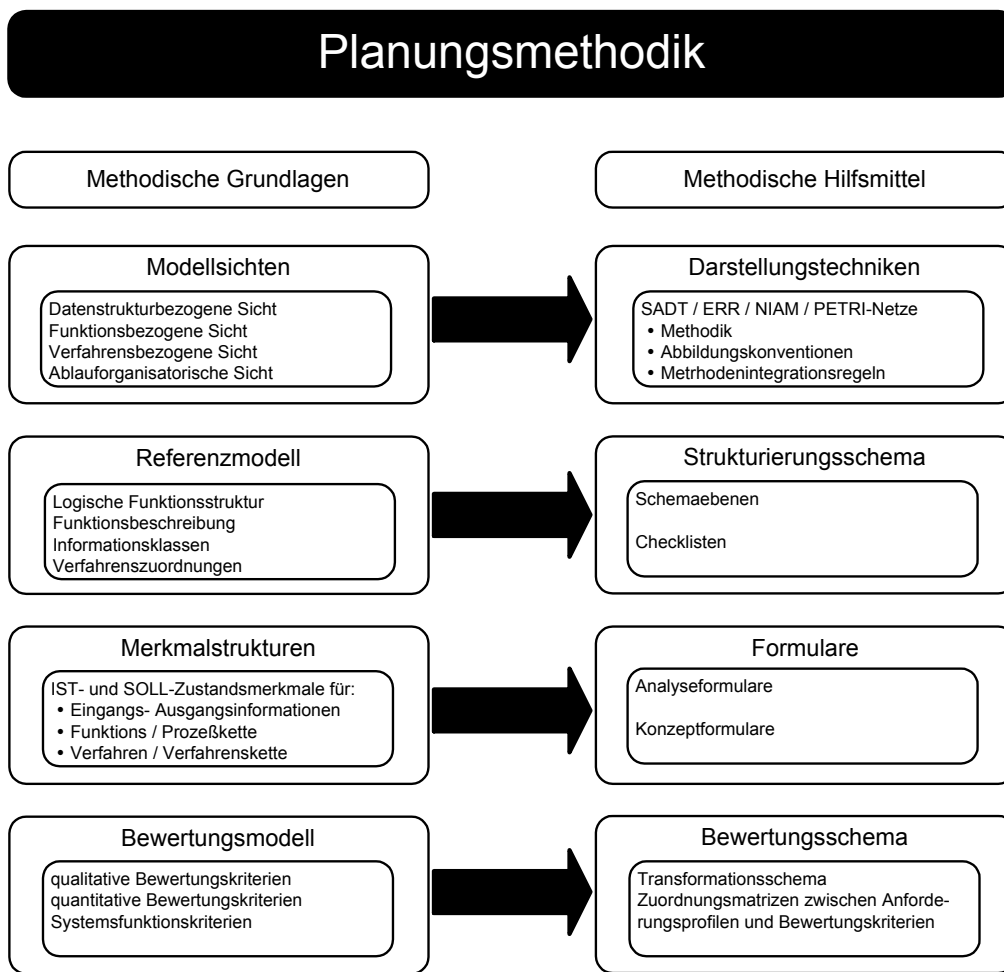


Abbildung A.4: Planungsmethodiken nach Schuler [SCH 92].

Einführungsverfahren von Schäfer

In dieser Arbeit beschreibt der Autor den allgemeingültigen Planungsablauf als Problemlösungszyklus, der aus den drei Hauptteilen Zielsuche, Lösungssuche und Auswahl besteht [SCH 90]. Den drei Hauptteilen ist jeweils eine Untergruppe zugeordnet:

- **Zielsuche**
 - Situationsanalyse
 - Zielformulierung
- **Lösungssuche**
 - Synthese
 - Analyse
- **Auswahl**
 - Bewertung
 - Entscheidung

Bei der Planung von Rechnerunterstützung in technischen Bereichen unterteilt der Autor in die drei Planungsebenen strategische, gesamtkonzeptionelle und operative Planungsebene (siehe **Abbildung A.5**). Diesen Planungsebenen sind weitere Planungsblöcke untergeordnet. Zur Erfassung und Darstellung von informationsverarbeitenden Prozessen schlägt der Autor die SADT-Methode vor, weil sie lösungsneutral die Prozessabläufe beschreibt. Die SADT-Methode unterscheidet dabei vollständig zwischen der Funktion und den verantwortlichen Funktionsträgern.

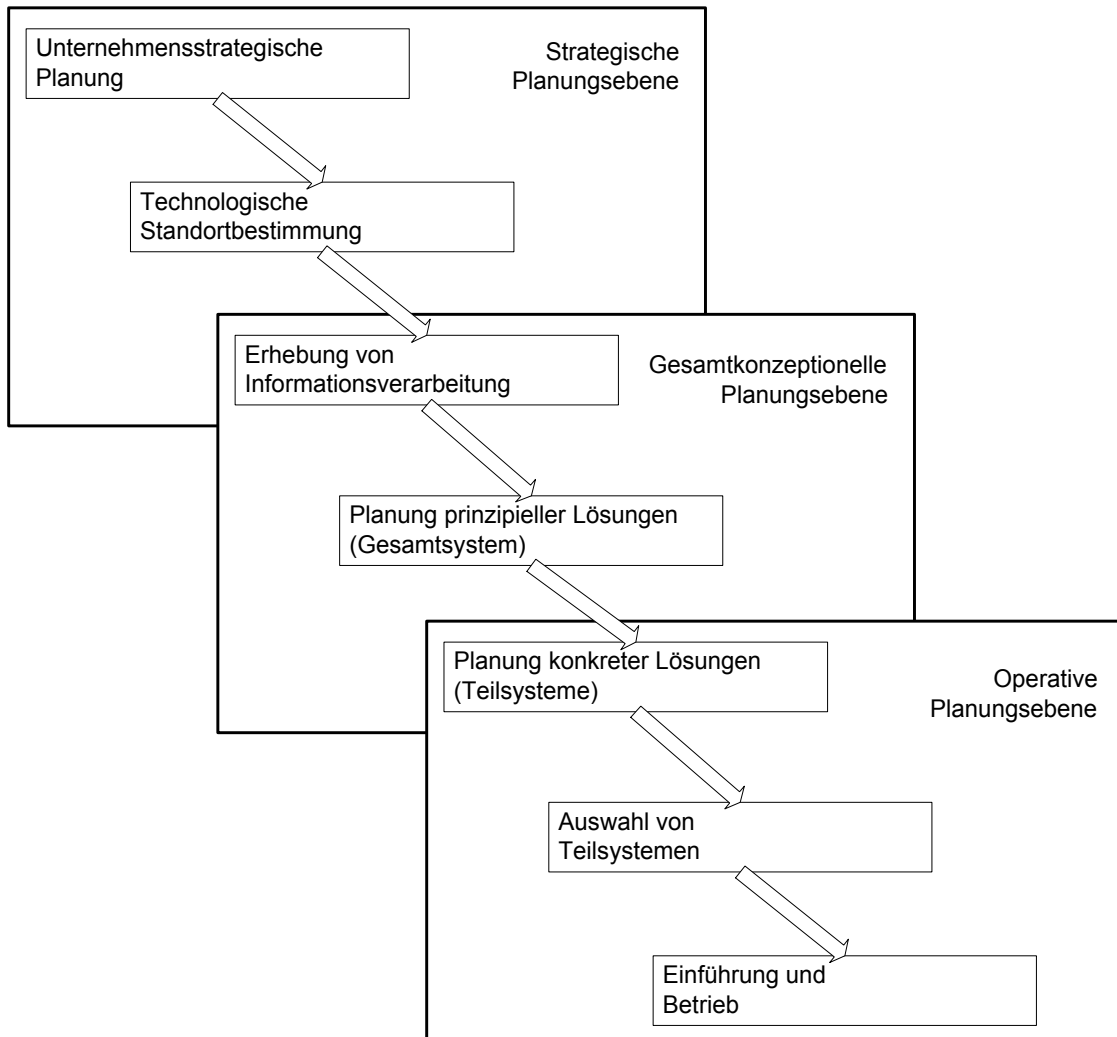


Abbildung A.5: Einführungsmodell von Schäfer [SCH 90].

Einführungsverfahren von Müller

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der allgemeinen Planung und Einführung eines EDV-Systems [MÜL 92]. Zur Vorgehensweise der Planung unterteilt der Autor die notwendigen Schritte in drei Phasen (siehe **Abbildung A.6**):

- Definitionsphase
- Planungsphase
- Realisationsphase

Zur allgemeinen Modellbeschreibung werden hierbei die Methodiken SADT, IDEF, GRAI, Petri-Netze und Entity Relationship Attribute (ERA) genannt und im Grundkonzept vorgestellt.

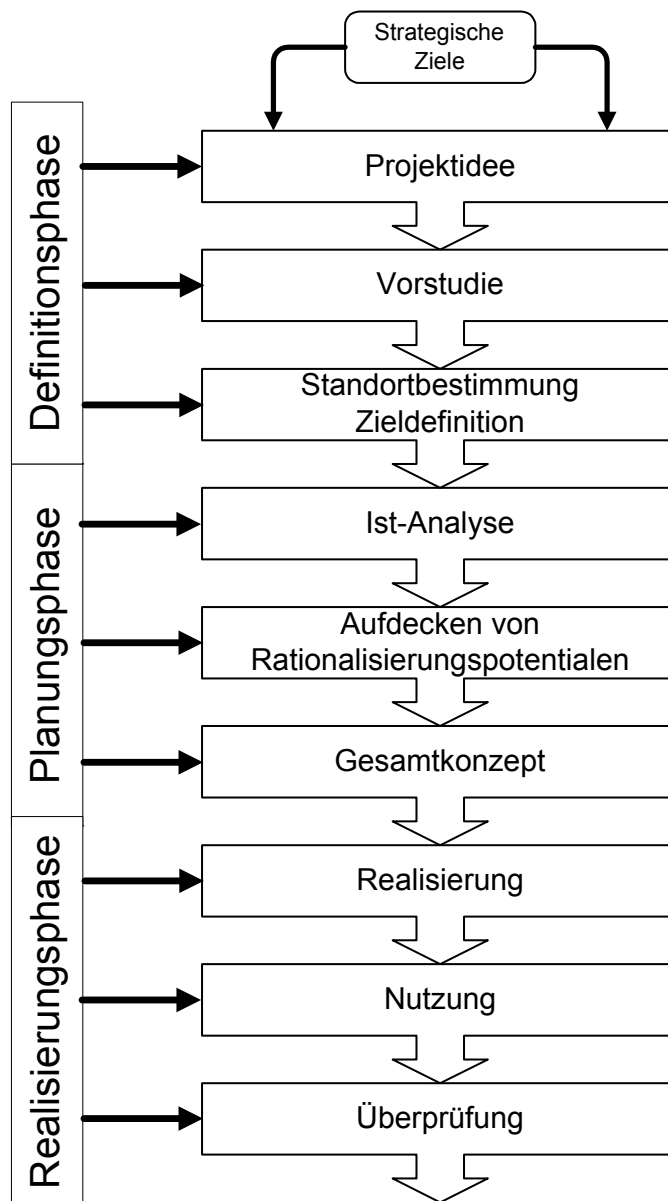


Abbildung A.6: Einführungsverfahren von Müller [MÜL 92].

Einführungsverfahren von Erb

Dieser Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung einer methodischen Planung von CAQ-Konfigurationen bezogen auf die Orientierung eines Prozesses [ERB 96]. Zur Lösung von Aufgaben in allgemeiner Form orientiert sich der Autor an die von der REFA entwickelte Methode (siehe **Abbildung A.7**):

- Zielsetzung
- Abgrenzung der Aufgabe
- Entwickeln einer idealen Lösung
- Ermittlung praktischer Lösungen
- Auswahl optimierter Lösungen
- Einführung der optimalen Lösung

Im Rahmen der Definitionsbestimmung kommt der Autor auch auf Methoden der TQM-Verwirklichung zu sprechen. Als präventive Maßnahmen zur Produktfehlervermeidung werden QFD und FMEA als praktische Hilfsmittel zur Realisierung des TQM-Gedankens genannt. Im Kapitel „Entwicklung von Methodiken“ kommen die Modellierungsmethoden SADT und ihre Weiterentwicklung IDEF-0 sowie Petri-Netze und die Entity-Relationship-Methode zur Sprache. Mit diesen Methoden und Hilfsmitteln entwickelt der Autor ein Konzept zur Erhöhung der Produktqualität innerhalb des Produktionsprozesses.

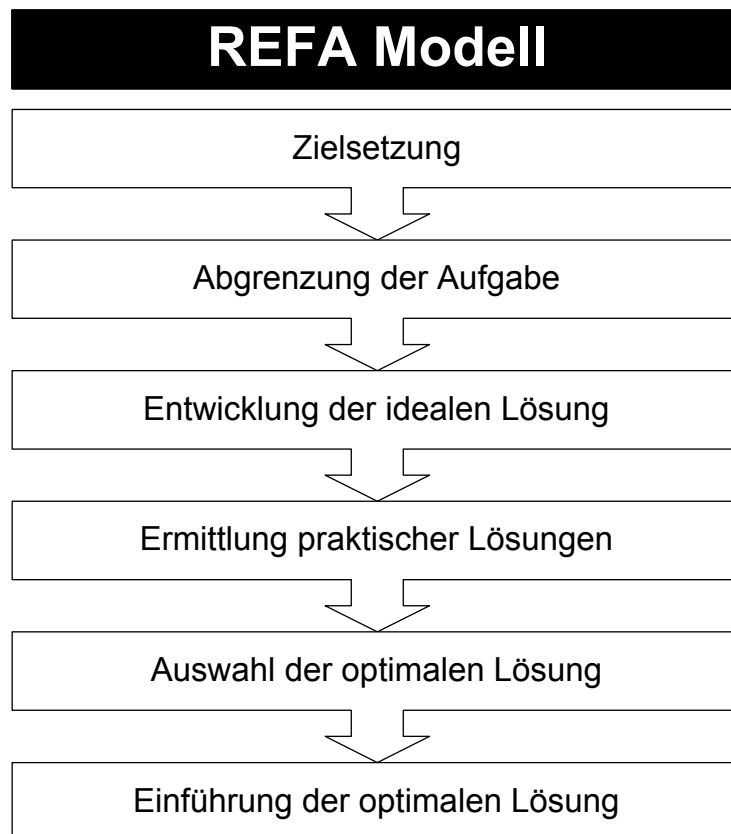


Abbildung A.7: Einführungsmodell nach Erb [ERB 96].

Einführungsverfahren von Zimmermann

Diese Arbeit hat die Integration von CAD-Anwendungen in ein Unternehmen zum Inhalt und beschreibt dabei Planungsmethoden, um diesen Integrationsprozess reibungslos zu absolvieren [ZIM 85] (siehe **Abbildung A.8**). Auch hier stimmt der Autor der allgemeinen Aufteilung der Unternehmensziele in strategische, operative und ausführende Planungsebene zu. Die Planungsschwerpunkte innerhalb der operativen Planungsebene werden durch die Zielsetzung der strategischen Planungsebene vorbestimmt.

Auch in der systematischen Vorgehensweise zur Einführung von CAD-Systemen geht der Autor den konventionellen Weg, wobei er in seinem Organigramm die Ist-Analyse zur Schwachstellenermittlung nicht explizit aufführt, sondern sie nur im begleitenden Text als Grundvoraussetzung erwähnt. Als Unterschied zur klassischen Darstellungsweise fügt der Autor ein regelungstechnisches Glied in den sonst streng hierarchischen Ablauf ein. Dieses Glied fragt als vorletztes Element nach der Endgültigkeit der Integration, bevor der Einführungsprozess als abgeschlossen definiert wird.

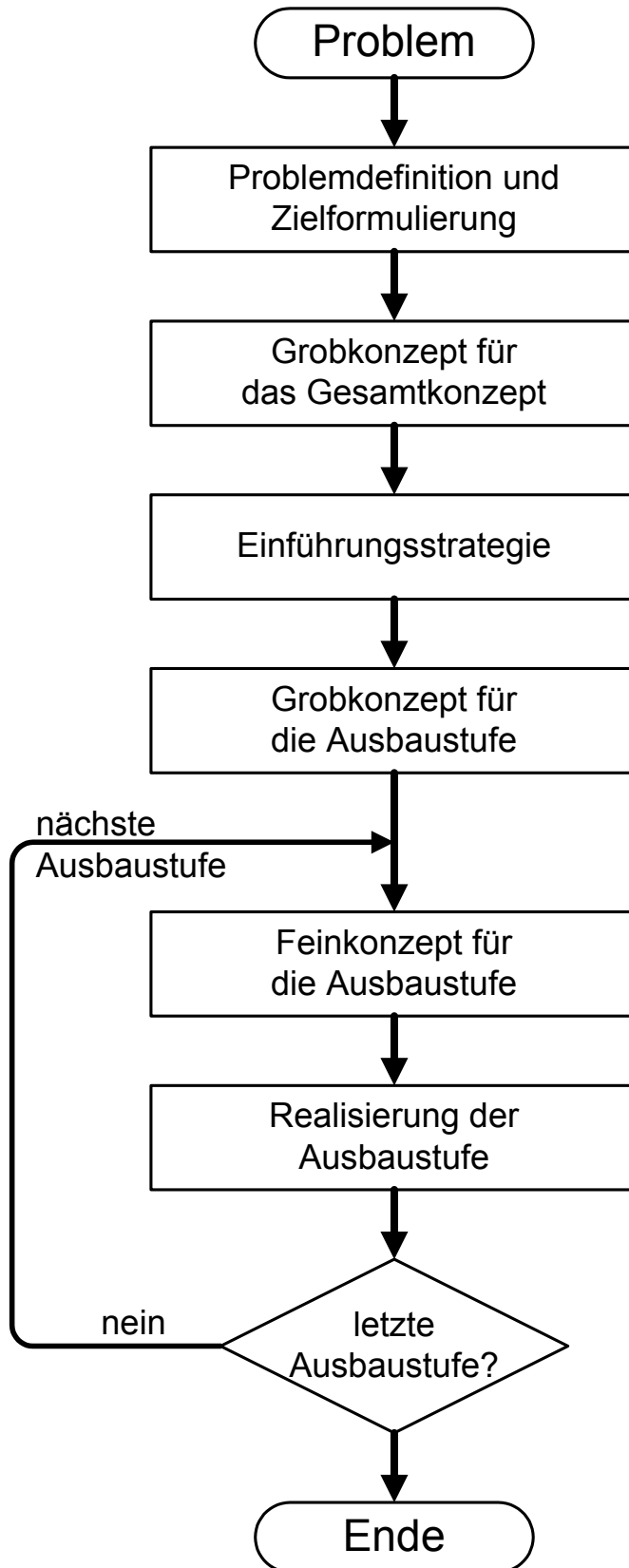


Abbildung A.8: Einführungsmodell nach Zimmermann [ZIM 85].

Einführungsverfahren von Müller

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der methodischen Planung von CAD-Systemen mit Schwerpunkt auf die Investitionsentscheidung eines Unternehmens [MÜL 93]. Die Investitionsplanung umfasst dabei folgende Planungsmerkmale (siehe **Abbildung A.9**):

- **Planungsebenen**
 - Strategische Planung
 - Operative Planung
- **Planungsphasen**
 - Analysephase
 - Gestaltungsphase
 - Entscheidungsphase
 - Realisierungsphase
 - Kontrollphase
- **Planungsinstrumente**

Der Autor sieht die Planungsphasen zur Einführung einer CAD-Technik aus der Sicht des Investitionsvorhaben eines Unternehmens und nicht aus technischen Gesichtspunkten. Als Planungsinstrumente nennt der Autor die schon bekannten Verfahren der ablauforientierten Methoden Netzplan, Graphentheorie, SA, SADT, IDEF-0 und GRAI. Aus der Reihe der datenorientierten Beschreibungsmethoden werden ERM, OTM und NIAM genannt. In einer Gegenüberstellung vergleicht und bewertet der Autor die Eigenschaften aller genannter Planungsinstrumente.

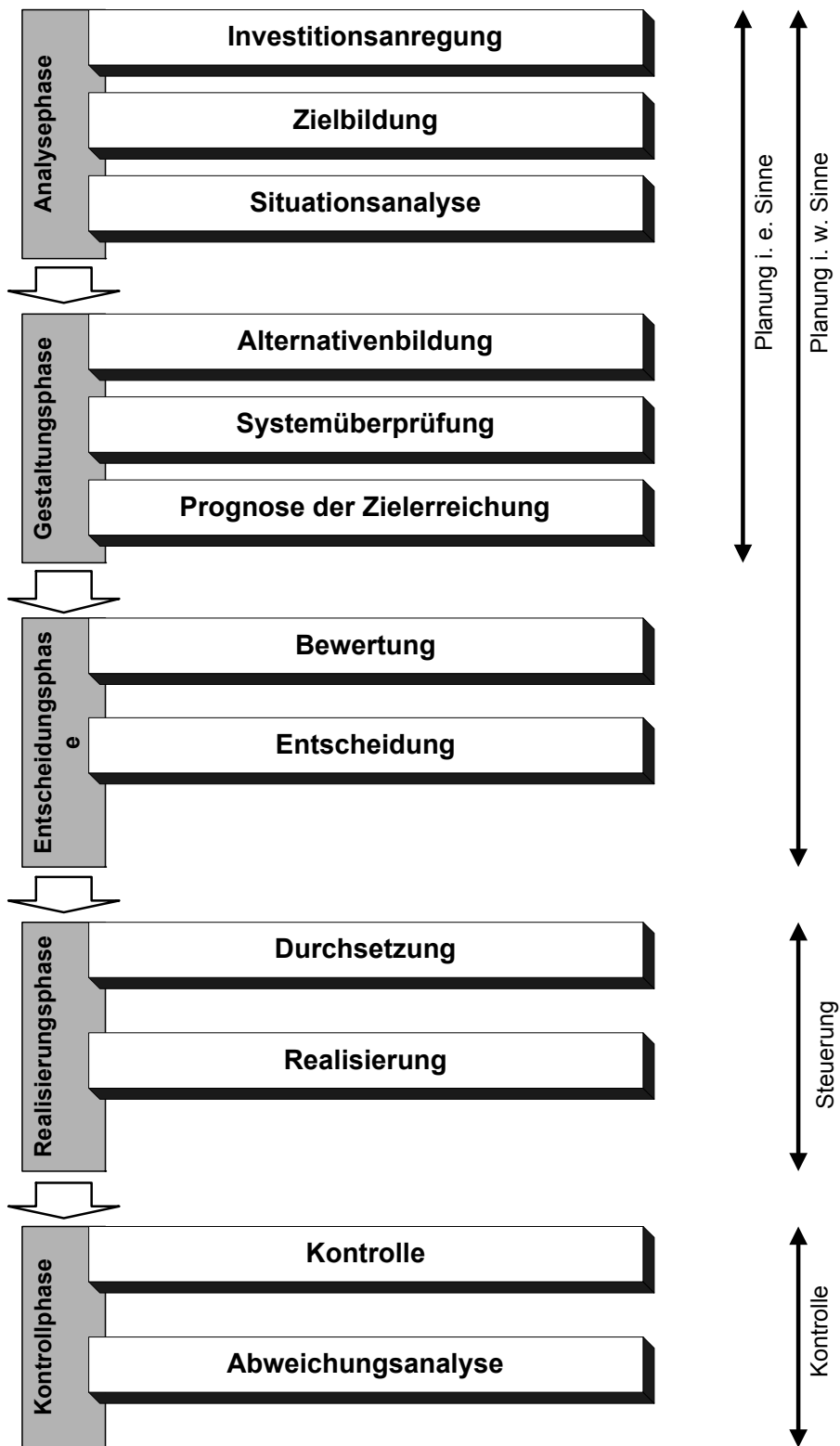


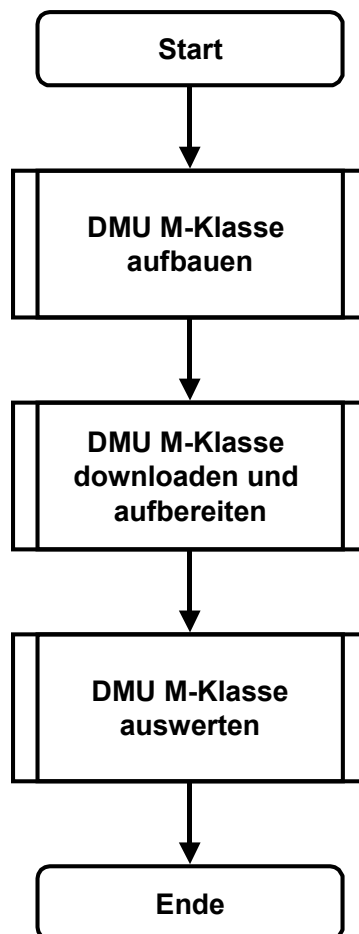
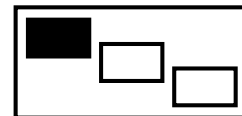
Abbildung A.9: Einführungsmodell nach Müller [MÜL 93].

Anhang B: DMU-Technik-Ablaufdiagramm der DMU-Technik „Visualisierung“

DAIMLERCHRYSLER



DMU-Technik „Visualisierung“



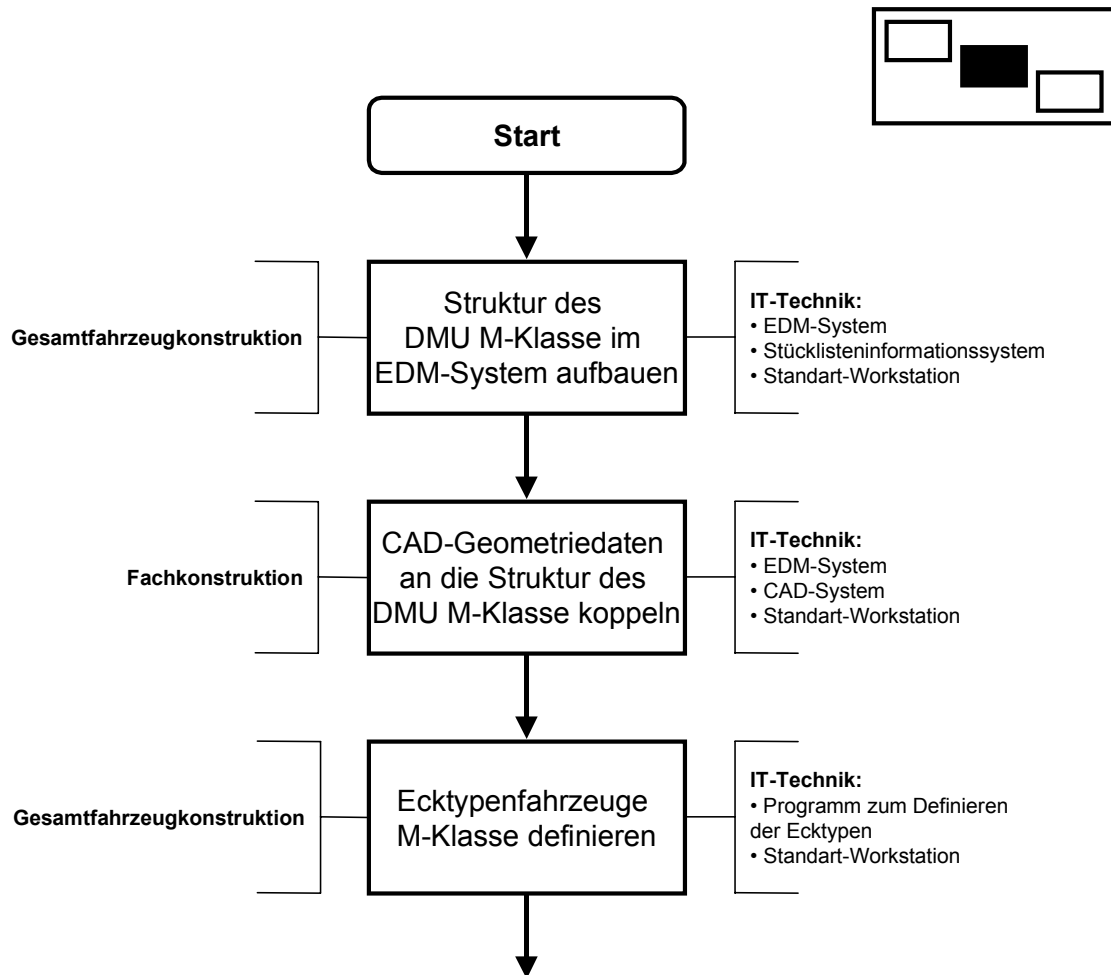
Gerd Freund, EP/RMK
M-Class

Abbildung B.1: DMU-Technik-Ablaufdiagramm.

DAIMLERCHRYSLER



DMU-Technik „Visualisierung“

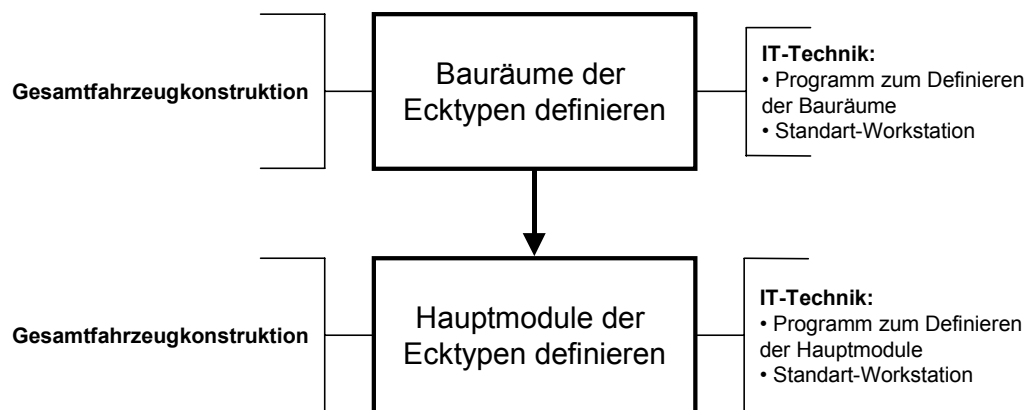
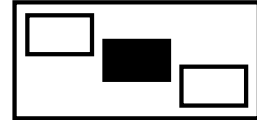


Gerd Freund, EP/RMK
M-Class

DAIMLERCHRYSLER



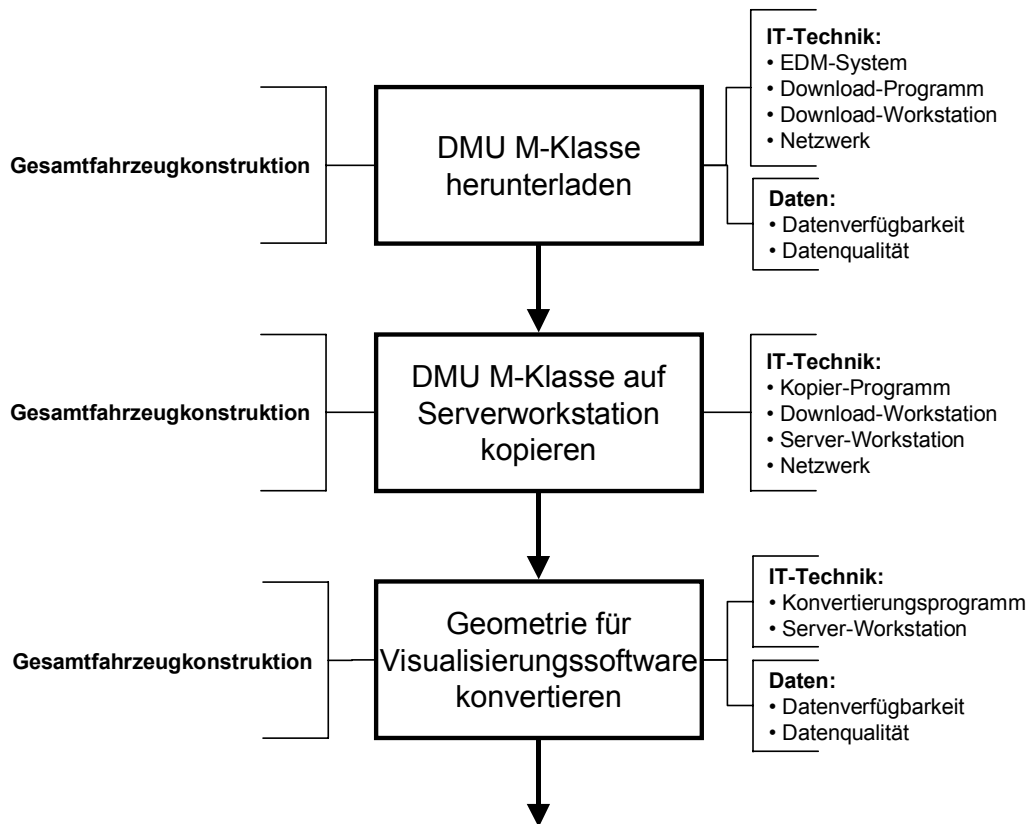
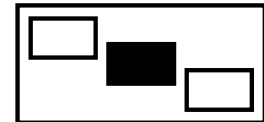
DMU-Technik „Visualisierung“



Gerd Freund, EP/RMK
M-Class



DMU-Technik „Visualisierung“

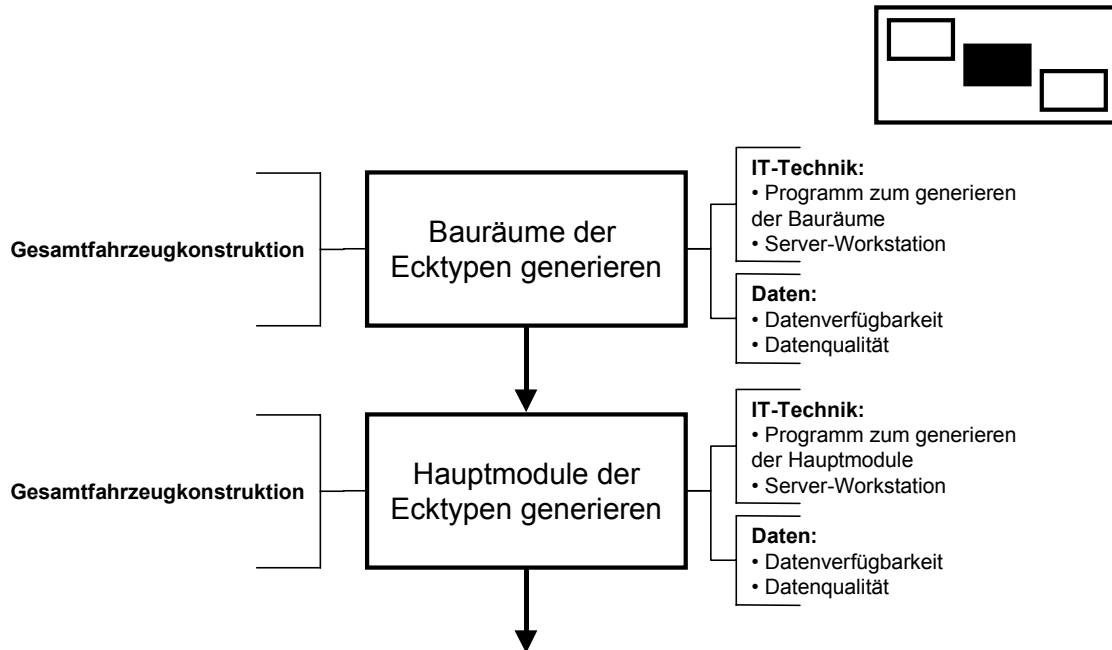


Gerd Freund, EP/RMK
M-Class

DAIMLERCHRYSLER



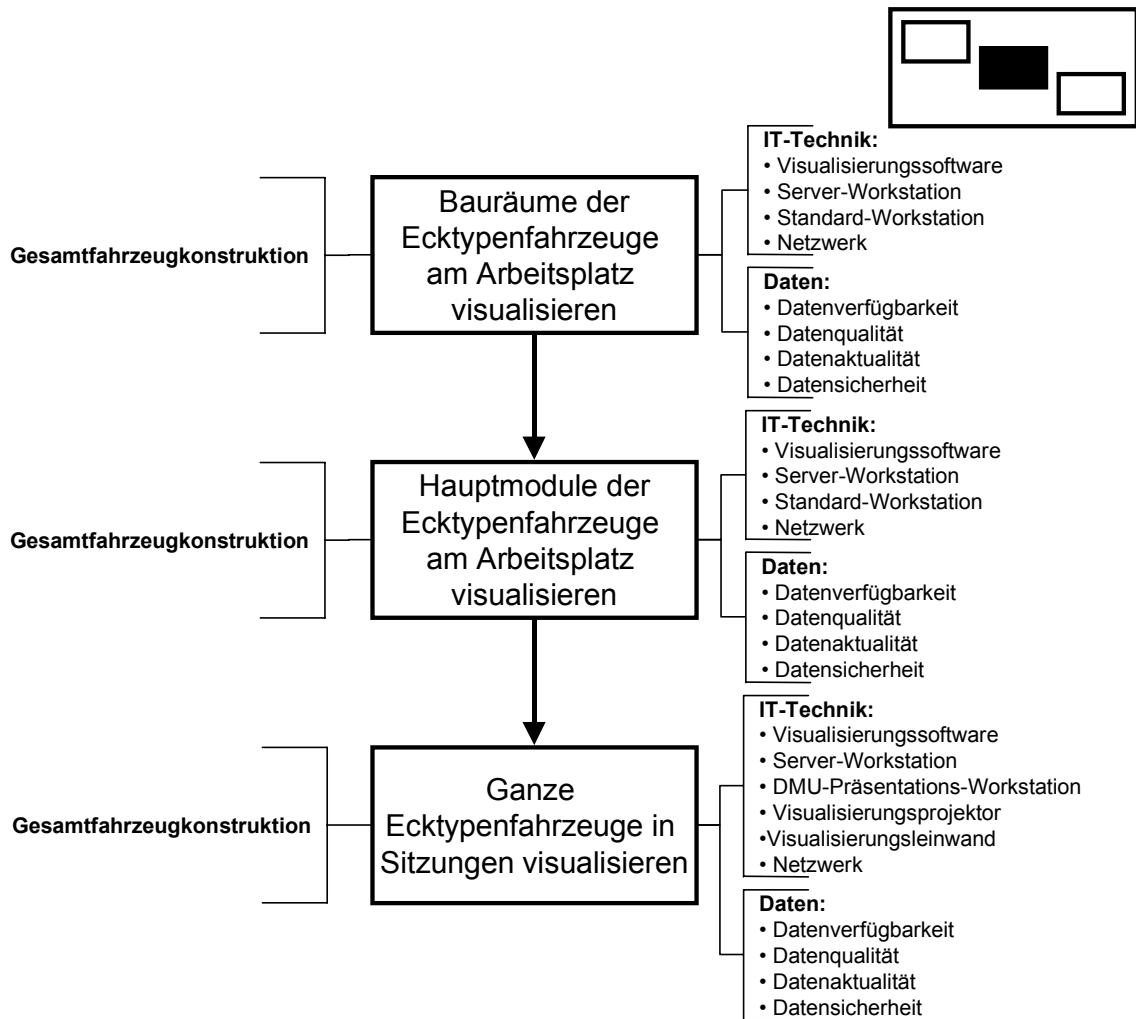
DMU-Technik „Visualisierung“



Gerd Freund, EP/RMK
M-Class



DMU-Technik „Visualisierung“



Gerd Freund, EP/RMK
M-Class

Anhang C: Auszug aus den HoQ der DMU-Technik „Visualisierung“

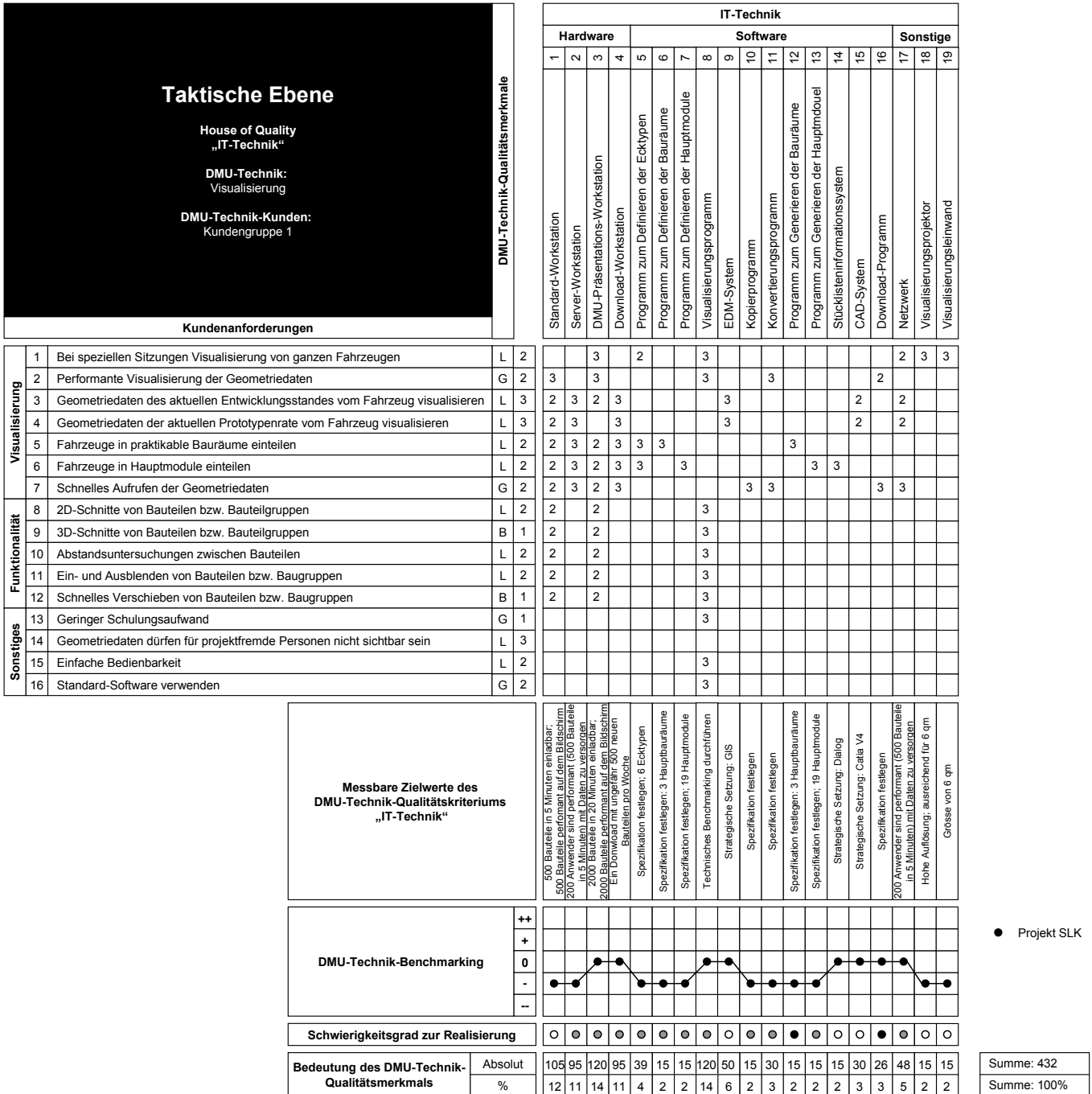


Abbildung C.1: HoQ „IT-Technik“.

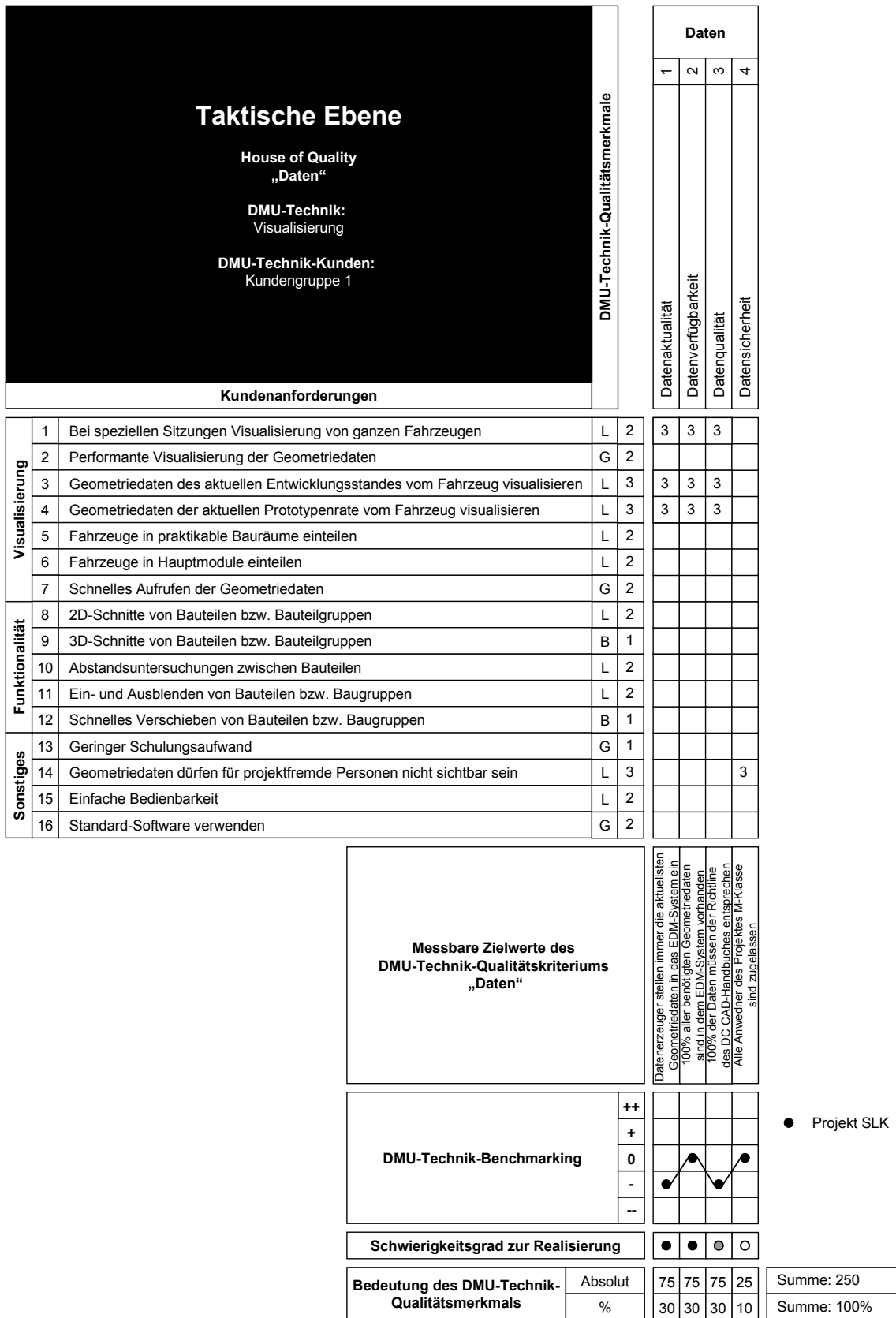


Abbildung C.2: HoQ „Daten“.

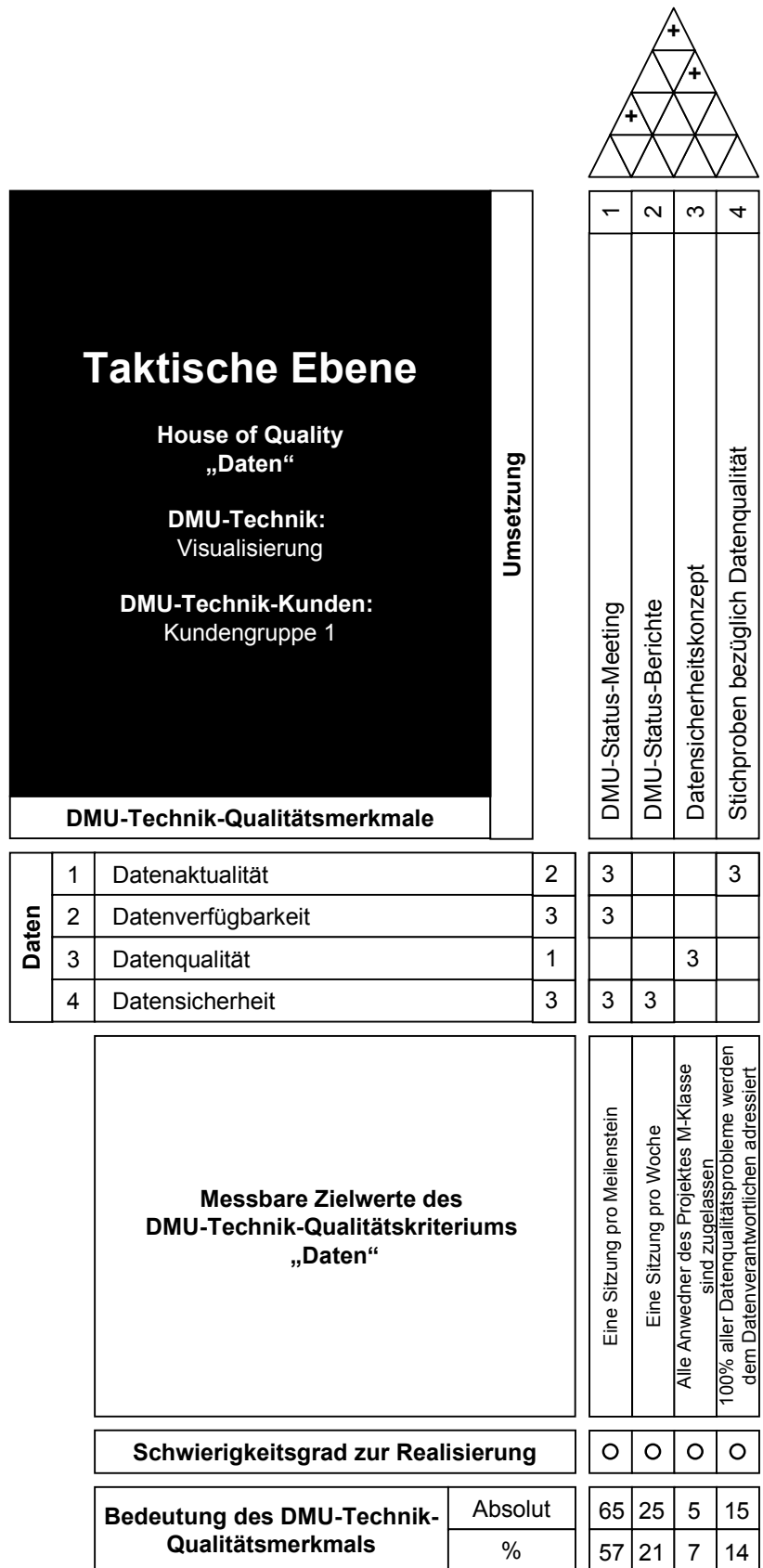


Abbildung C.3: HoQ „Daten“ (Sub-House).

Anhang D: Auszug aus den Vorgehensanweisungen (HoQ „Wissen“)

DAIMLERCHRYSLER	Autor:
	Gerd Freund, EP/RMK Telefon: UT - 58642
Übersicht	<u>Inhaltsangabe:</u>
	1. Voraussetzungen Seite 2
	2. Arbeitsschritte Seite 3
Arbeitsanweisung 4D-Navigator-Prozess	3. Struktur der 4D-Navigator - Szenen Seite 12
	4. Definition der Ecktypen Seite 13
	5. Hauptmodule Seite 14
	6. Mögliche Problemfälle Seite 17
	Gerd Freund Advanced Vehicle Engineering M-Class (EP/RMK) 19.12.01

DAIMLERCHRYSLER

Voraussetzungen:

Load-Settings richtig setzen

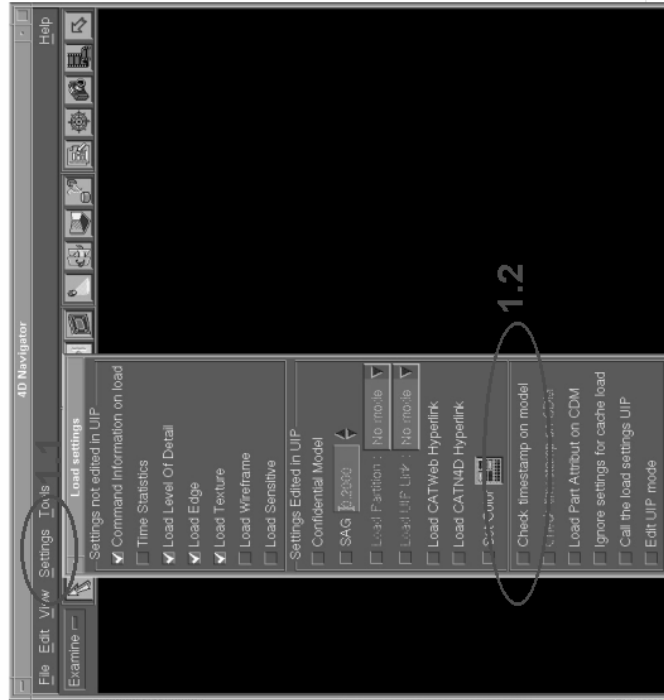
- Settings (1.1)
- Load Setting wie unten zu sehen setzen - insbesondere den „**Check timestamp on model**“ **ausschalten!!!** (1.2)
- Damit die Settings aktiviert werden, den 4D-Navigator neu starten

Voraussetzungen

Arbeitsanweisung 4D-Navigator-Prozess

Gerd Freund
Advanced Vehicle Engineering
M-Class (EP/RMK)

19.12.01



DAIMLERCHRYSLER

Arbeitsschritte

Arbeitsanweisung 4D-Navigator-Prozess

Gerd Freund
Advanced Vehicle Engineering
M-Class (EP/RMK)

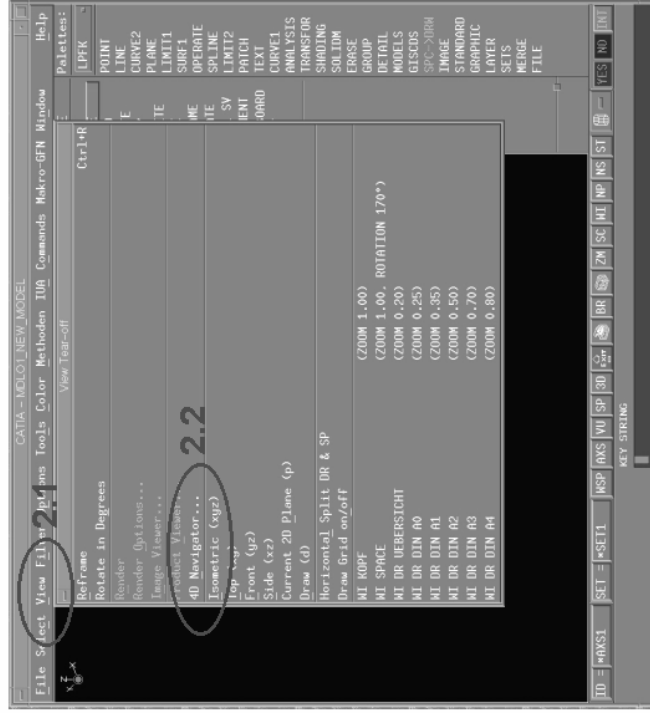
19.12.01

Arbeitsschritte zum Umgang mit 4D-Navigator:

1. Schritt: Catia starten

2. Schritt: 4D-Navigator starten

- View (2.1)
- 4D-Navigator (2.2)



DAIMLERCHRYSLER

Arbeitsschritte

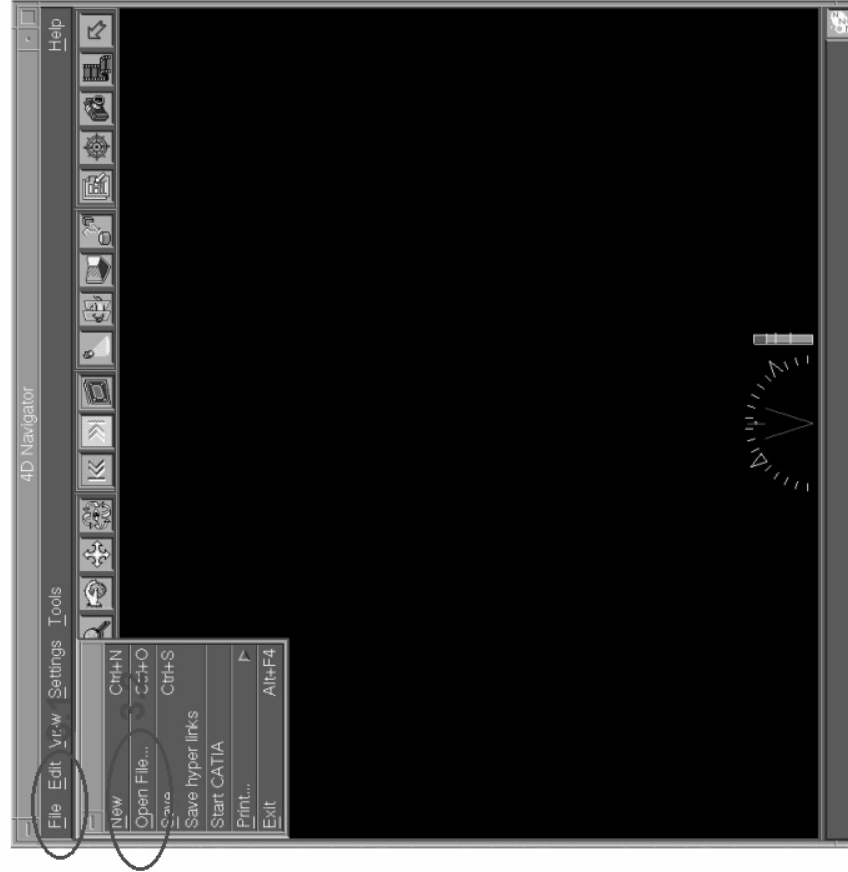
Arbeitsanweisung
4D-Navigator-Prozess

Gerd Freund
Advanced Vehicle Engineering
M-Class (EP/RMK)

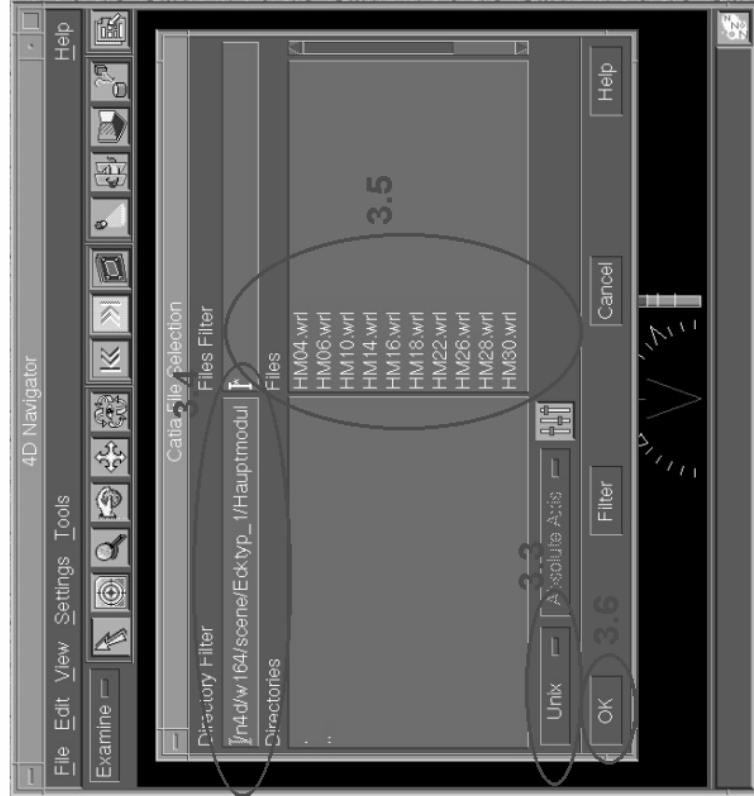
19.12.01

3. Schritt: Scene bzw. Szenen einladen

- File (3.1)
- Open File (3.2)



- Unix als File-Art auswählen (3.3)
- In der Struktur das richtige Directory auswählen (siehe Seite 13) (Bemerkung: der 4D-Navigator merkt sich das zuletzt eingestellte Directory) (3.4)
- Scene bzw. Szenen (Strg-Taste) auswählen (3.5)
- O.K. (3.6)



DAIMLERCHRYSLER

Arbeitsschritte

Arbeitsanweisung
4D-Navigator-Prozess

Gerd Freund
Advanced Vehicle Engineering
M-Class (EP/RMK)

19.12.01

DAIMLERCHRYSLER

Arbeitsschritte

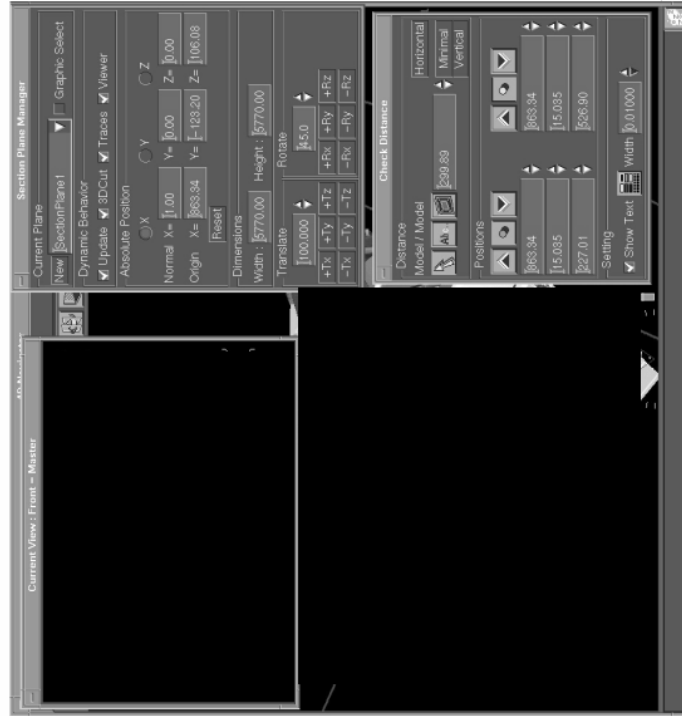
Arbeitsanweisung 4D-Navigator-Prozess

Gerd Freund
Advanced Vehicle Engineering
M-Class (EP/RMK)

19.12.01

4. Schritt: Scene im 4D-Navigator betrachten bzw. untersuchen

- Navigieren, Schnitte setzen, Abstandsuntersuchungen durchführen etc.
- Bemerkung: für weitere Informationen siehe Schulungen EP/QD bzw. Handbücher 4D-Navigator im Intranet: http://intra.woerth.daimler-benz.com/od_csn/anwendungen/cta/4dn/4d_mf.htm



DAIMLERCHRYSLER

Variante A:

**Bauteile sind in Fahrzeuglage konstruiert bzw.
abgespeichert**

Arbeitsschritte

Arbeitsanweisung
4D-Navigator-Prozess

Gerd Freund
Advanced Vehicle Engineering
M-Class (EP/RMK)

19.12.01

DAIMLERCHRYSLER

Arbeitsschritte

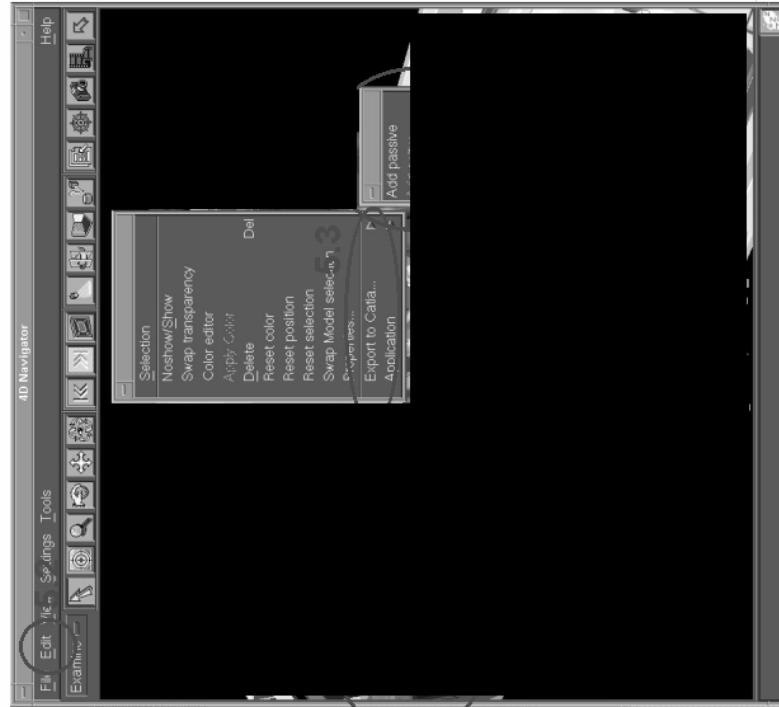
Arbeitsanweisung 4D-Navigator-Prozess

Gerd Freund
Advanced Vehicle Engineering
M-Class (EP/RMK)

19.12.01

5. Schritt: Modelle in Catia exportieren

- Ein Modell bzw. mehrere Modelle (Strg-Taste) mit der linken Maustaste markieren - Modelle färben sich orange (5.1)
- Edit (5.2)
- Export to Catia (5.3) und Art auswählen (5.4)



5.1

DAIMLERCHRYSLER

Arbeitsschritte

Arbeitsanweisung
4D-Navigator-Prozess

Gerd Freund
Advanced Vehicle Engineering
M-Class (EP/RMK)

19.12.01

6. Schritt: Modelle in Catia bearbeiten

- Bemerkung: für weitere Informationen siehe Schulungen EP/QD



DAIMLERCHRYSLER

Arbeitsschritte

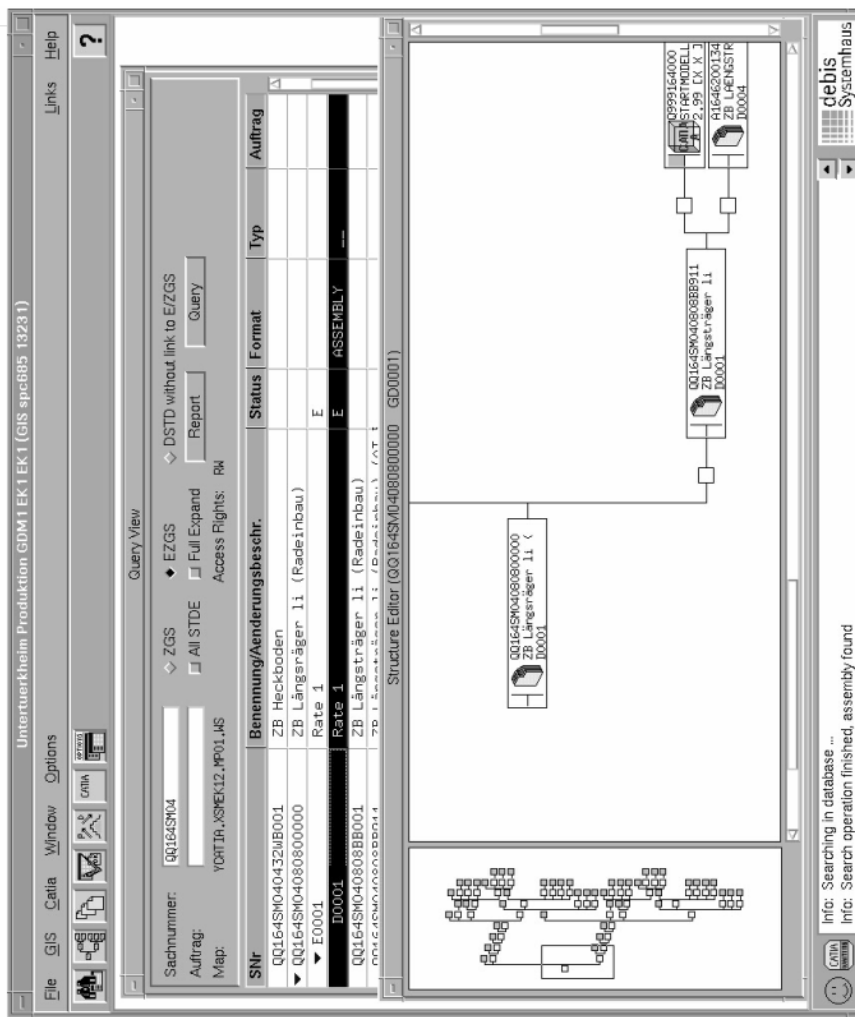
Arbeitsanweisung
4D-Navigator-Prozess

Gerold Freund
Advanced Vehicle Engineering
M-Class (EP/RMK)

19.12.01

7. Schritt: Modelle in GIS archivieren

- Bemerkung: für weitere Informationen siehe Schulungen EP/QD bzw. Arbeitsanweisung **DMU GIS Master** unter: **T:\DMU-GIS-Master_W164\Arbeitsanleitungen**



DAIMLERCHRYSLER

Arbeitsschritte

Arbeitsanweisung
4D-Navigator-Prozess

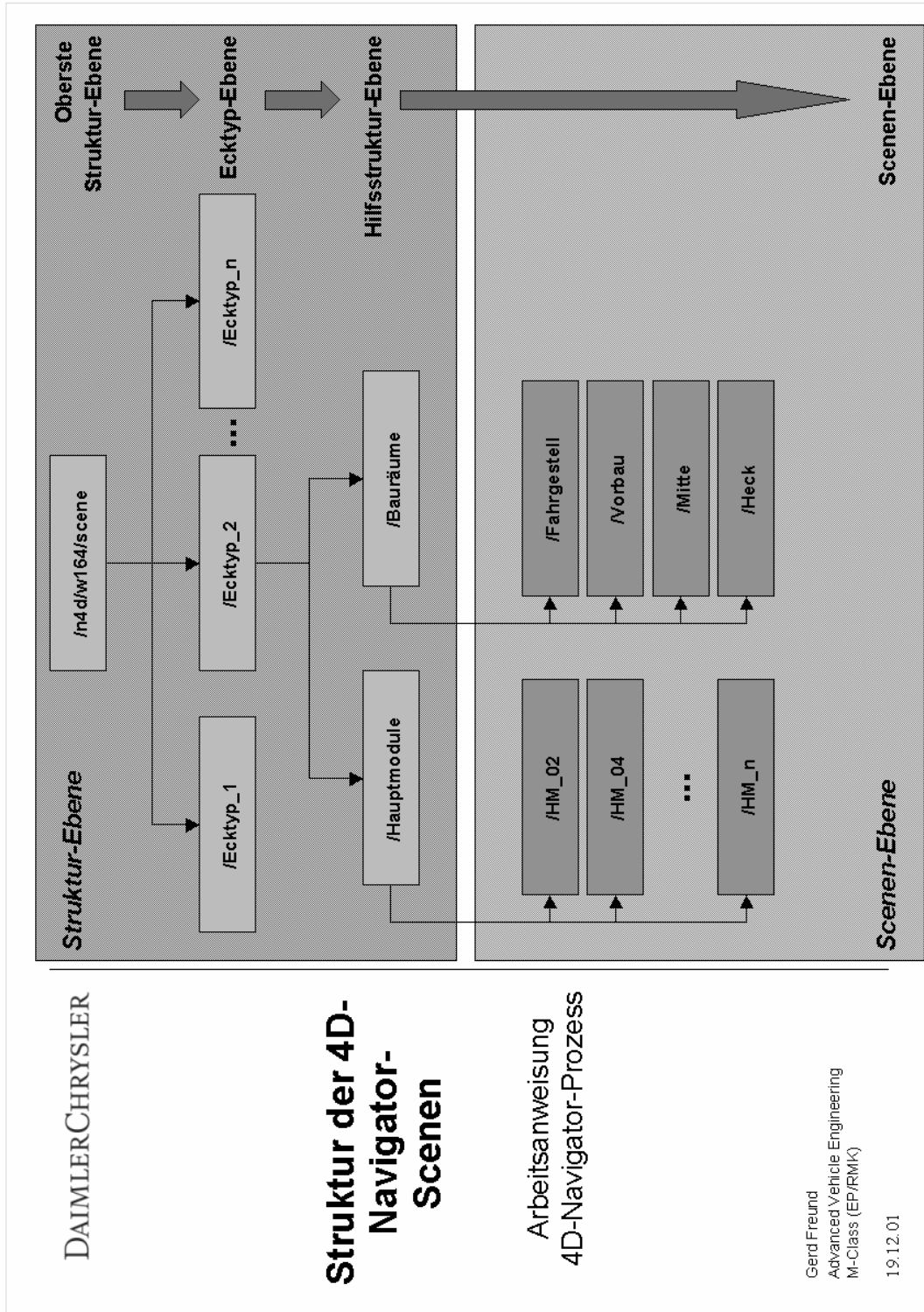
Variante B:

**Bauteile sind nicht in Fahrzeuglage konstruiert
bzw. abgespeichert**

➔ Bauteile in Catia via GIS-REM/GIS-CDS
einladen, verändern und archivieren (siehe
GIS-Schulungen bzw. DMU-Schulungen)

Gerd Freund
Advanced Vehicle Engineering
M-Class (EP/RMK)

19.12.01



DAIMLERCHRYSLER

Struktur der 4D- Navigator- Scenen

Arbeitsanweisung
4D-Navigator-Prozess

Gerd Freund
Advanced Vehicle Engineering
M-Class (EP/RMK)

19.12.01

DAIMLERCHRYSLER

Hauptmodule

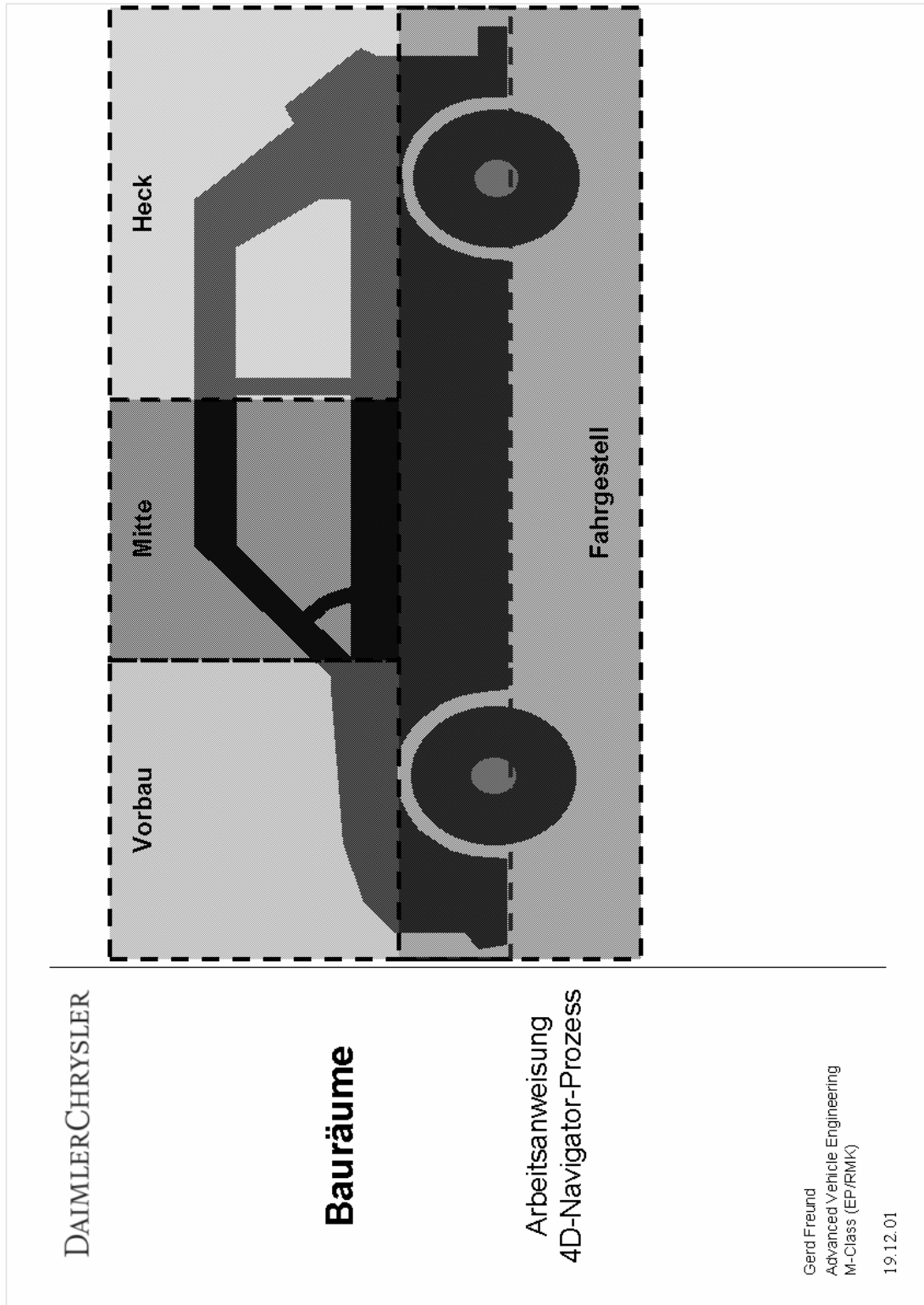
Arbeitsanweisung
4D-Navigator-Prozess

Gerd Freund
Advanced Vehicle Engineering
M-Class (EP/RMK)

19.12.01

Hauptmodule:

Hauptmodul 02: Fahrzeug-Gesamt
Hauptmodul 04: Rohbau
Hauptmodul 06: Klappen/Kotflügel
Hauptmodul 08: Türen
Hauptmodul 10: Cockpit
Hauptmodul 12: Fahrzeug-Anbauteile außen
Hauptmodul 14: Fahrzeug-Anbauteile innen
Hauptmodul 16: Sitzanlage
Hauptmodul 18: Elektrik / Elektronik
Hauptmodul 22: Triebstrang
Hauptmodul 24: Bereifung
Hauptmodul 26: Fahrzeug-Bedienung
Hauptmodul 28: Kraftstoffanlage
Hauptmodul 30: Hydraulik
Hauptmodul 49: Motor-/Getriebeperipherie
Hauptmodul 50: Motor
Hauptmodul 60: Getriebe mechanisch
Hauptmodul 63: Getriebe automatisch
Hauptmodul 80: Vorderachse
Hauptmodul 90: Hinterachse



DAIMLERCHRYSLER

Mögliche Problemfälle

Arbeitsanweisung
4D-Navigator-Prozess

Gerd Freund
Advanced Vehicle Engineering
M-Class (EP/PMK)

19.12.01

Mögliche Problemfälle:

Problem: Sie können das Szenen-Directory nicht auf ihrer Workstation finden.

Lösung: Der sog. Automounter hat ihre Workstation nicht freigeschaltet. Bitte rufen Sie die CAD-Hotline an und lassen sich das Directory mounten (Telefon: UT-25050).

Bei sonstigen Problemen wenden Sie sich bitte an den Autor (siehe Seite 1).

DAIMLERCHRYSLER

Mögliche Problemfälle

Arbeitsanweisung
4D-Navigator-Prozess

Gerd Freund
Advanced Vehicle Engineering
M-Class (EP/RMK)

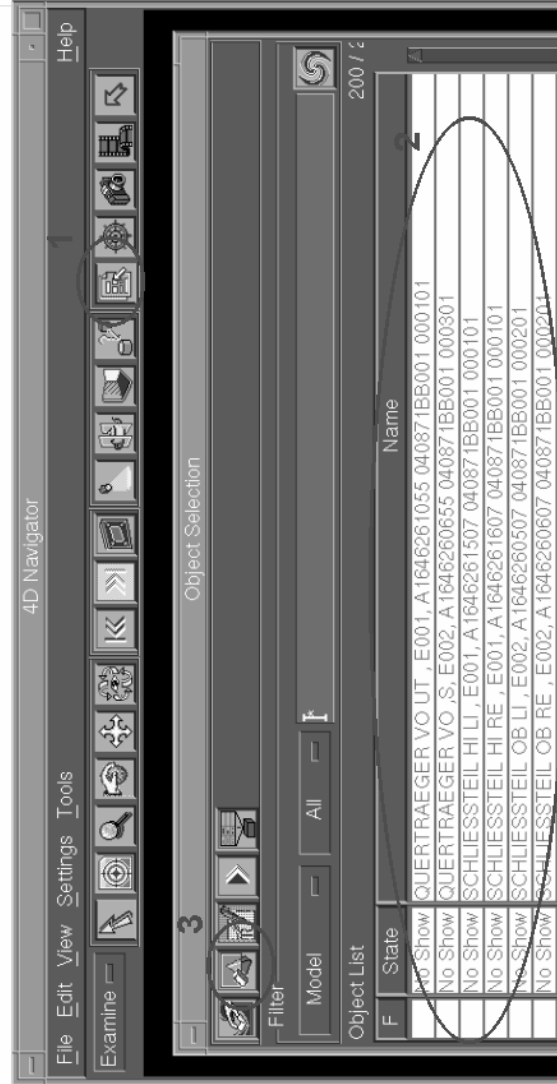
19.12.01

Mögliche Problemfälle:

Problem: Sie können keine Modelle sehen, obwohl Sie Szenen eingeladen haben.

Lösung: Bei einigen Workstations tritt das Phänomen auf, dass die Modelle in das „No-Show“ eingeladen werden. Folgende Schritte sind durchzuführen, um die eingeladenen Modelle in das „Show“ zu holen:

- „Object Selection“-Fenster öffnen (1)
- Alle Modelle selektieren (rechte Maustaste - „Select All“) (2)
- Modelle ins „Show“ setzen (3)



Anhang E: Beschreibung des spezifischen DMU-Technik-Ablaufdiagramms der DMU-Technik „Visualisierung“

Auf den nächsten Seiten wird gemäß **Schritt B21** eine detaillierte Beschreibung des spezifischen DMU-Technik-Ablaufdiagramms des Einführungsprojektes „Visualisierung“ durchgeführt.

A11: Struktur des DMU M-Klasse in GIS aufbauen

Um die Geometriedaten für die DMU-Visualisierung nutzbar machen zu können, ist es notwendig, daß die Geometriedaten in dem EDM-System GIS strukturiert abgelegt werden können. Als Strukturierungsgrundlage wird das hauseigene Stücklisteninformationssystem DIALOG herangezogen. **Abbildung E.1** zeigt einen Ausschnitt der Einteilung der M-Klasse in dem Stücklisteninformationssystem. Dabei wird das Fahrzeug in folgende Hauptmodule unterteilt:

- Hauptmodul 02: Fahrzeug-Gesamt
- Hauptmodul 04: Rohbau
- Hauptmodul 06: Klappen/Kotflügel
- Hauptmodul 08: Türen
- Hauptmodul 10: Cockpit
- Hauptmodul 12: Fahrzeug-Anbauteile außen
- Hauptmodul 14: Fahrzeug-Anbauteile innen
- Hauptmodul 16: Sitzanlage
- Hauptmodul 18: Elektrik / Elektronik
- Hauptmodul 22: Triebstrang
- Hauptmodul 24: Bereifung
- Hauptmodul 26: Fahrzeug-Bedienung
- Hauptmodul 28: Kraftstoffanlage
- Hauptmodul 30: Hydraulik
- Hauptmodul 49: Motor-/Getriebepерipherie
- Hauptmodul 50: Motor
- Hauptmodul 60: Getriebe mechanisch
- Hauptmodul 63: Getriebe automatisch
- Hauptmodul 80: Vorderachse
- Hauptmodul 90: Hinterachse

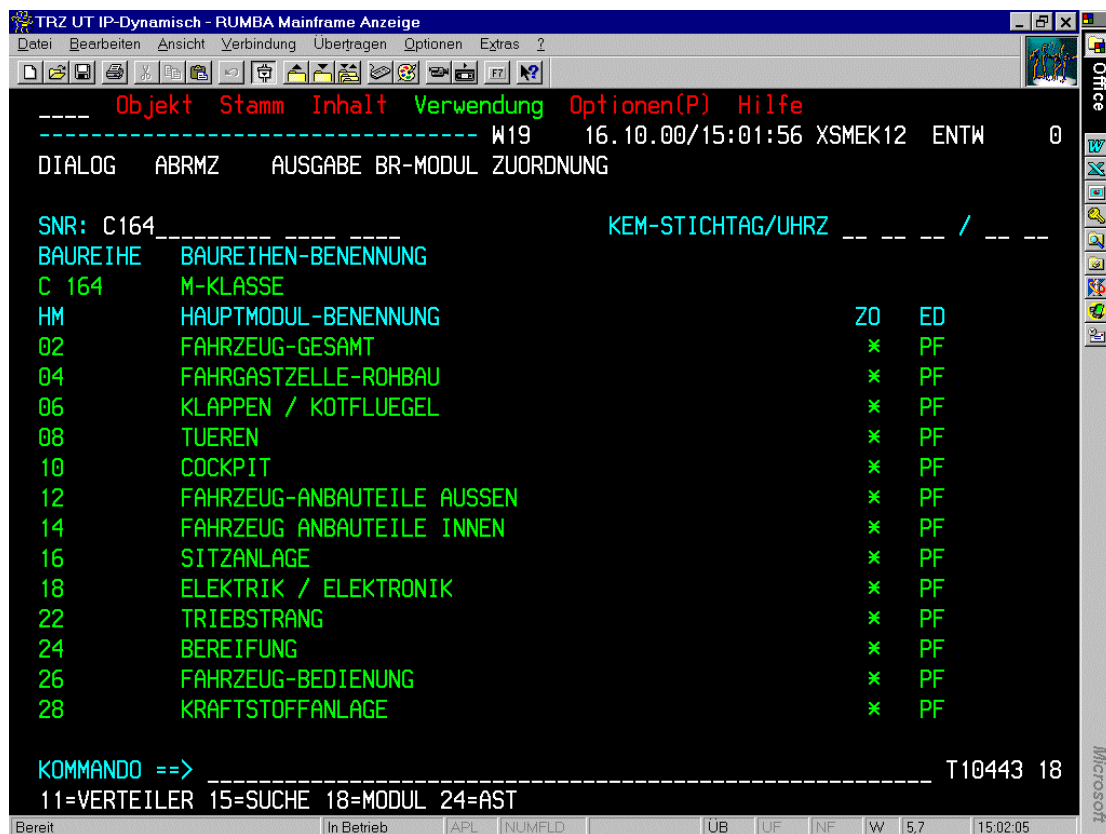


Abbildung E.1: Die Einteilung des Fahrzeugs im Stücklisteninformationssystem DIALOG.

Die Hauptmodule sind wiederum in kleinere Struktureinheiten (Module) unterteilt, die Module in Submodule. Damit die verschiedenen Varianten des neuen Fahrzeugs im EDM-System abgebildet werden können, sind zwischen den Modulen und den Submodulen verschiedene Hilfsstrukturen angelegt. **Abbildung E.2** zeigt als Beispiel das Hauptmodul 10 (Cockpit) für die Strukturierung innerhalb des EDM-System.

Da die Gesamtfahrzeugkonstruktion nicht die Verantwortung über die Einzelteile hat, müssen die einzelnen Fachkonstruktionen in Abstimmung mit der Gesamtfahrzeugkonstruktion das Anlegen der einzelnen Submodule beantragen. Das operative Anlegen der Strukturen ist jedoch durch Mitarbeiter der Gesamtfahrzeugkonstruktion auszuführen.

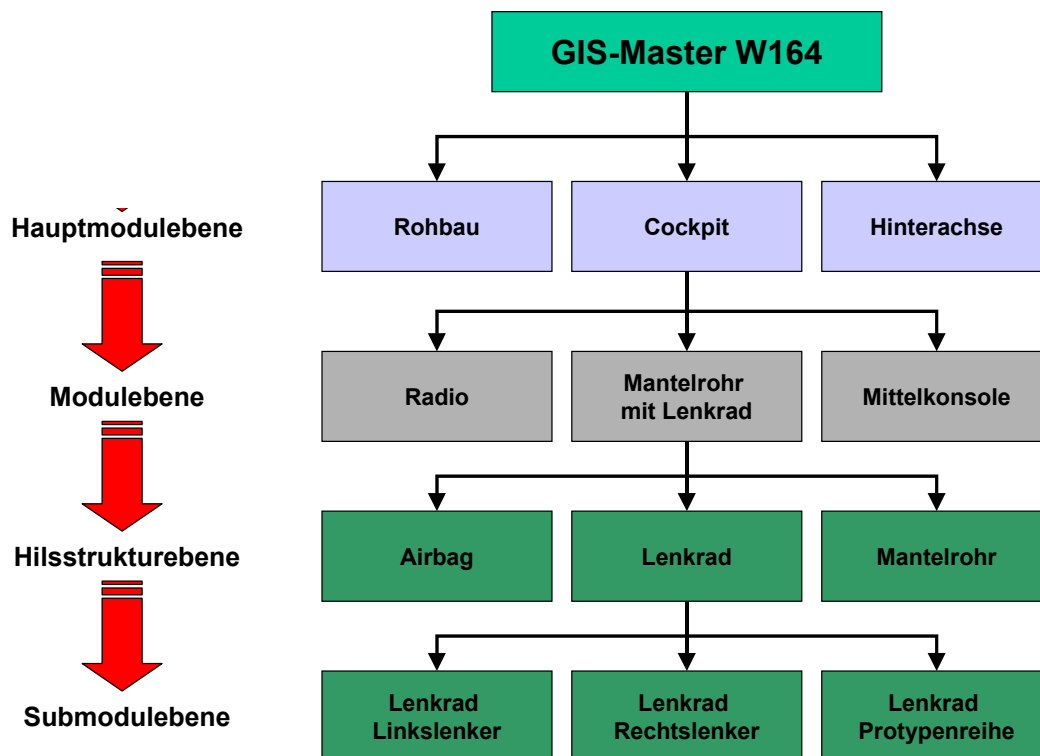


Abbildung E.2: Beispiel zur Strukturierung des GIS-Masters (Hauptmodul 10).

A12: CAD-Geometriedaten an die Struktur des DMU M-Klasse in GIS koppeln

Durch A11 wird allein die Struktur des Fahrzeuges und seiner Varianten aufgebaut. Die Struktur muß nun durch die Ingenieure der Fachkonstruktionsabteilungen gefüllt werden. Dies geschieht durch die in dem CAD-System Catia konstruierten Bauteile.

Am Anfang des Projektes sind für die Bauteile (mit Ausnahme der Übernahmeteile von anderen Fahrzeugprojekten) noch keine Geometrieinformationen vorhanden. Um jedoch der Abteilungen ein Arbeiten mit den Visualisierungsdaten zu ermöglichen, müssen für die einzelnen Modelle der Submodule entweder alte Konstruktionsbauteile (z.B. vom Vorgängerfahrzeug) oder Bauräume in den GIS-Master eingestellt werden. Im Laufes des Projektes werden die fehlenden Bauteile entwickelt und müssen dem Gesamtprojekt zur Verfügung gestellt werden, indem die Bauteile in den GIS-Master gehängt werden. Wichtig ist in diesem Kontext, daß die 3D-Geometrie der Bauteile nicht nur zu bestimmten Meilensteinen des Projektes in das EDM-System eingestellt werden, sondern auch zwischen diesen Meilensteinen die andere Projektteilnehmer Kenntnis

bekommen über den aktuellen Stand der Entwicklung. Hierbei ist es wichtig, daß die 3D-Geometriedaten den Anforderungen der Folgeprozesse gerecht werden und somit einer gewissen Datenqualität entsprechen. Die Datenqualität wird im Hause DaimlerChrysler innerhalb des CAD-Handbuches definiert, wobei je nach Stand des Projekte verschieden hohe Anforderungen bestehen. **Abbildung E.3** zeigt einen Auszug aus dem EDM-System GIS, welches exemplarisch das Archivieren von 3D-Geometrie in den DMU-Master M-Klasse darstellt.

Um die Konstrukteure in ihrer Arbeit zu unterstützen und somit den DMU-Prozess effizienter zu gestalten, ist es notwendig, daß alle Projektbeteiligten eine intensive Schulung in den neuen DMU-Werkzeugen und den neuen Prozessen durchlaufen. Um die Konstrukteure auch nach der Schulung zu unterstützen, sollen Arbeitsverfahren entwickelt werden. Weiterhin wird eine Unterstützung direkt vor Ort angestrebt.

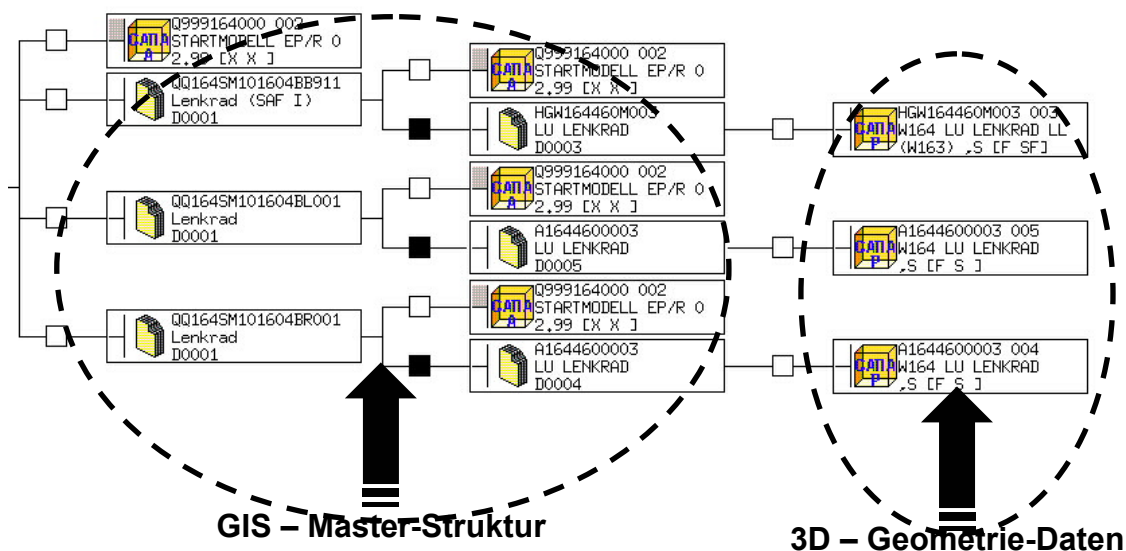


Abbildung E.3: Beispiel zur Kopplung der 3D-Geometrie-Daten in die GIS-Master-Struktur.

A13: Ecktypenfahrzeuge M-Klasse definieren

Im der GIS-Master-Struktur sollen alle Bauteile abgespeichert werden, die später in den verschiedensten Varianten der neuen M-Klasse verbaut werden können. Für die tägliche Arbeit ist es jedoch notwendig, spezielle Fahrzeugecktypen zu definieren. Hierunter kann man sich Fahrzeuge mit einer bestimmten Ausstattung vorstellen, die real auch gebaut werden können.

Daher wurden in der Gesamtfahrzeugkonstruktion verschiedene Ecktypen definiert (z.B. verschiedene Motorausstattungen, Linkslenker- bzw. Rechts-

lenkervarianten). Ziel war es eine kleine endliche Anzahl an real baubaren Fahrzeugen zu definieren, mit deren Hilfe die später nahezu unendliche Vielfalt an Fahrzeugvariationen abgedeckt werden kann.

Um dieses Ziel zu realisieren, wurden die einzelnen Fahrzeuge mit Vollausrüstung gewählt. Es kann davon ausgegangen werden, daß alle Fahrzeugvarianten gebaut werden können, wenn diese spezielle Ecktypen baubar sind. Diese Tätigkeit ist von der Gesamtfahrzeugkonstruktion vorzunehmen. Die Anzahl der Ecktypen kann je nach Stand des Projektes unterschiedlich sein.

A14 bzw. A15: Bauräume M-Klasse und Hauptmodule M-Klasse definieren

Den Kundenwunsch „Fahrzeuge in praktikable Bauräume und Hauptmodule aufteilen“ wird dadurch Rechnung getragen, dass in den weiteren Prozessschritten definierte Bauräume und Hauptmodule automatisch den DMU-Technologie-Kunden zur Verfügung gestellt werden. Im Vorfeld müssen jedoch hierzu die Hauptmodule bzw. Bauräume definiert werden.

- **Hauptmodule:** Bei der Definition der Hauptmodule wird auf das Stücklisteninformationssystem Dialog zurückgegriffen und die dortige Definition übernommen (Definition siehe Schritt A11). Vorteil ist hierbei, daß der Konstrukteur die Sichtweise des Stücklisteninformationssystems hat und somit das „Transfer-Denken“ zwischen den verschiedenen Systemen unterstützt werden kann.
- **Bauräume:** Ein Fahrzeug kann in verschiedene Bauräume eingeteilt werden. Ein Bauraum ist hierbei ein räumlich zusammengefasster Bereich (z.B. alle Bauteile innerhalb des Vorbaus eines Fahrzeugs). **Abbildung E.4** zeigt die geplante Einteilung eines Ecktypenfahrzeuges in verschiedene Bauräume. Die großen Bauräume „Vorbau“, „Mitte“, „Heck“ und „Fahrgestell“ untergliedern sich noch einmal in kleiner Subbauräume. Vorteil ist, daß der Konstrukteur alle Bauteile eines Bauraums vor sich auf dem Bildschirm hat, somit keine Bauteile vergessen kann. Des Weiteren ist die Möglichkeit geschaffen, daß alle Konstrukteure ihr Bauteil im Fahrzeugkontext sehen können.

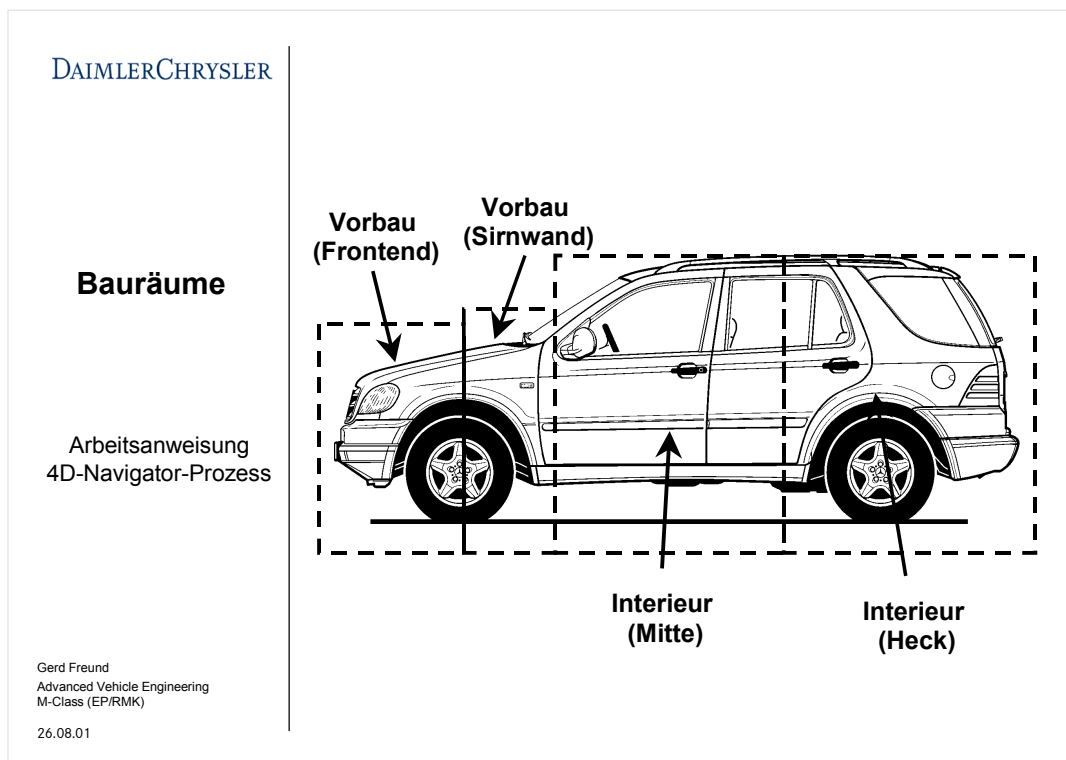


Abbildung E.4: Beispiel für die Einteilung der Ecktypenfahrzeuge in Bauräume.

A2: DMU M-Klasse downloaden und aufbereiten

A21 bzw. A22: DMU M-Klasse von GIS heruntergeladen und DMU M-Klasse auf Serverworkstation kopieren

Damit den Projektbeteiligten der aktuelle Stand des GIS-Master bzw. der definierten Ecktypen erhalten können, müssen die 3D-CAD-Daten von dem EDM-System heruntergeladen werden und auf schnelle, performante File-Server kopiert werden. Um eine hohe Aktualität der Daten zu erhalten, wird innerhalb des Projektes das Ziel definiert, innerhalb einer Woche jeweils einen Download (Aktualisierung der Daten) durchzuführen. Durchzuführen hat den GIS-Download die Gesamtfahrzeugkonstruktion.

Bei der Software, die den Download durchführt, konnte hierbei auf eine hausinterne Standardsoftware zugegriffen werden, die für die speziellen Anforderungen noch angepasst werden musste. Das Herunterladen des GIS-Masters wird in verschiedenen Schritte durchgeführt (siehe **Abbildung E.5**). Auf die wichtigsten Schritte wird folgend eingegangen.

In einem ersten Schritt wird durch den sogenannten Testdownload herausgefunden, welche Bauteile neu in dem DMU-GIS-Master archiviert worden sind. Wenn das Programm das erste Mal gestartet wird, werden alle Bauteile gefunden. Später, wenn schon mehrere Downloads durchgeführt wurden, werden nur noch die neu hinzugekommenen Bauteile heruntergeladen. Vorteil des Verfahrens ist die immense Zeitersparnis.

Beim nächsten Schritt werden die Bauteile, die durch den Testdownload gefunden wurden, von dem EDM-System GIS heruntergeladen. Dabei werden mehrfachverbaute Bauteile nur einmal heruntergeladen. Unter mehrfachverbauten Teilen versteht man z.B. Felgen, die zwar nur ein einziges Mal in den EDM-System abgelegt sind, aber insgesamt vielmals in einem Fahrzeug verbaut werden. Weiterhin sind die Lageinformationen noch nicht in dem 3D-Geometrie-Datensatz vorhanden.

Im nächsten Schritt werden die Lagematrizen, die ebenfalls in dem EDM-System archiviert werden, in dem 3D-Modell berechnet und in ein speziell strukturiertes File-System (sogenannte Maps) abgespeichert. Man spricht in diesem Zusammenhang vom Mergen der 3D-Modelle mit den sogenannten Startmodellen. In diesem Schritt werden auch die mehrfachverbauten Bauteile mit der korrekten Anzahl an Verbauungen mitsamt der korrekten Lagematrix in die entsprechenden Maps abgespeichert.

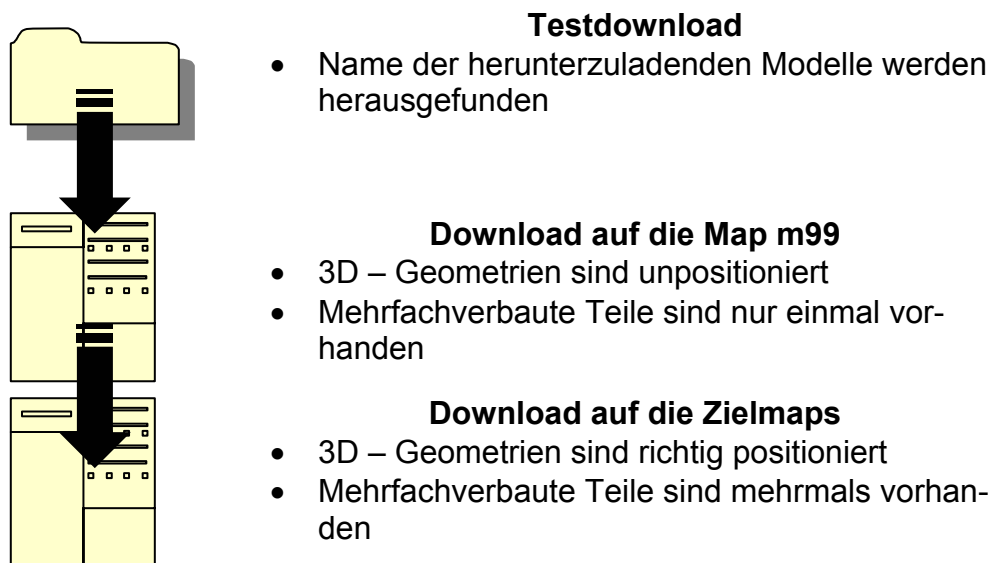


Abbildung E.1: Ablauf der Download-Methode.

A23: Geometrie für 4D-Navigator konvertieren

Um die Kundenanforderung „performante Visualisierung von Fahrzeugen“ erfüllen zu können, wird das Softwaretool „4D-Navigator“ eingeplant. Dessen Vorteil ist, große Datenmengen schnell darstellen zu können. Hierzu ist es jedoch notwendig, das Datenformat zu ändern. So wird in dem Schritt A23 ein

Prozess-Modul eingeplant, in dem die Catia-Native-Daten in das Format des 4D-Navigators gebracht wird (sogenannte „Tesselierung“).

A24: Ecktypenfahrzeuge generieren

Innerhalb von Schritt A24 werden die Ecktypenfahrzeuge per Software generiert. Ecktypenfahrzeuge sind speziell definierte Fahrzeuge, die innerhalb der Entwicklung gewisse Bandbreiten an Komplexität abdecken. So wird z.B. ein Ecktyp generiert, der den größten Dieselmotor abdeckt.

A25: Bauräume generieren

In Schritt A25 werden die Bauräume der einzelnen Ecktypenfahrzeuge generiert.

A26: Hauptmodule generieren

In Schritt A26 werden die Hauptmodule der einzelnen Ecktypenfahrzeuge generiert.

Teil A3: DMU M-Klasse visualisieren

A31: Ecktypenfahrzeuge mit Bauräumen/Hauptmodulen am Arbeitsplatz visualisieren

In Schritt A31 werden die Bauräume bzw. die Hauptmodule an den Arbeitsplätzen der Konstrukteure bzw. Packaging-Mitarbeiter visualisiert. Dies geschieht mit Standard-Workstations, da meistens nur eine begrenzte Bauteilmenge dargestellt wird.

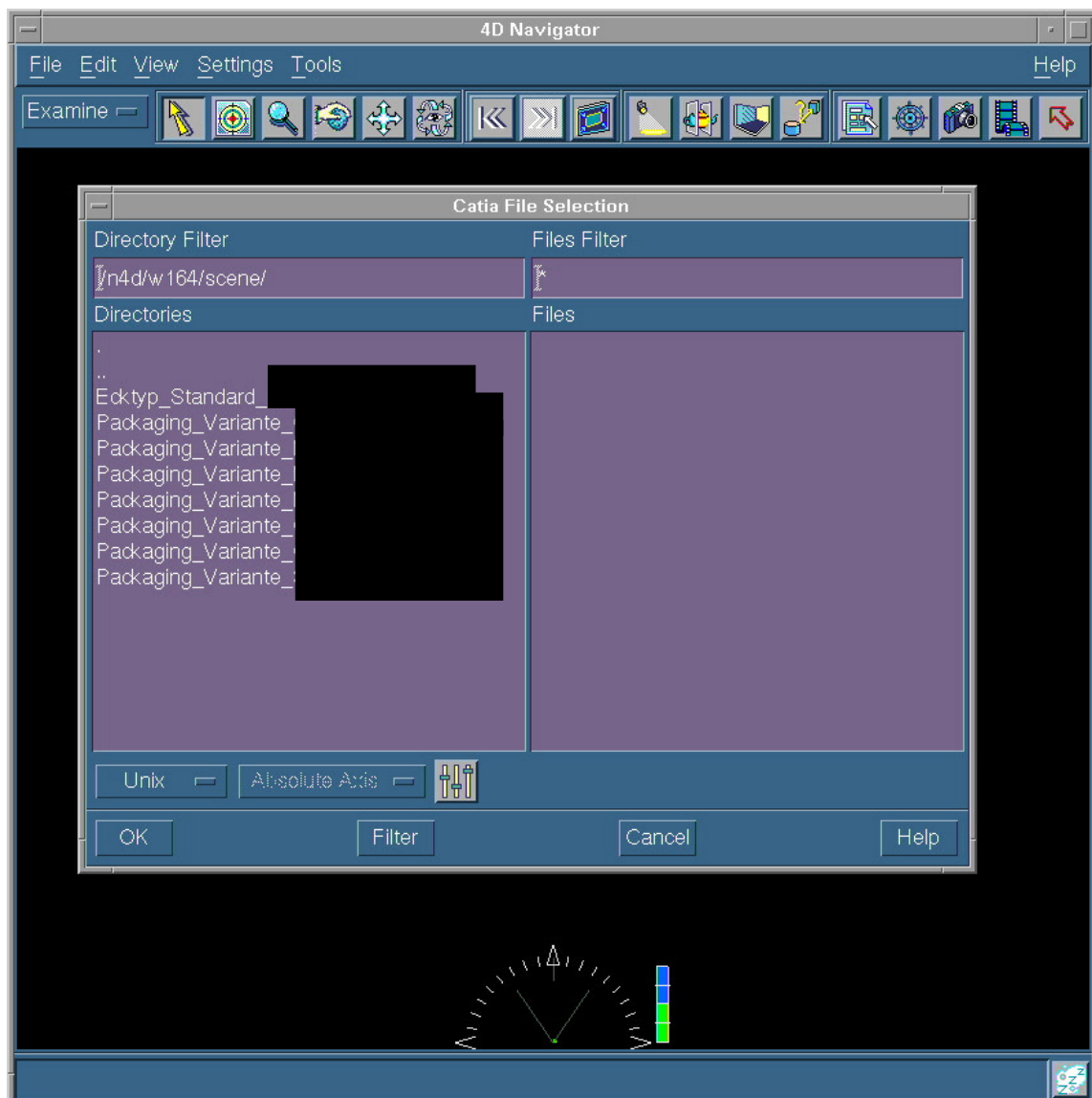


Abbildung E.2: Auswahl der Ecktypen in der Visualisierungssoftware 4D-Navigator.

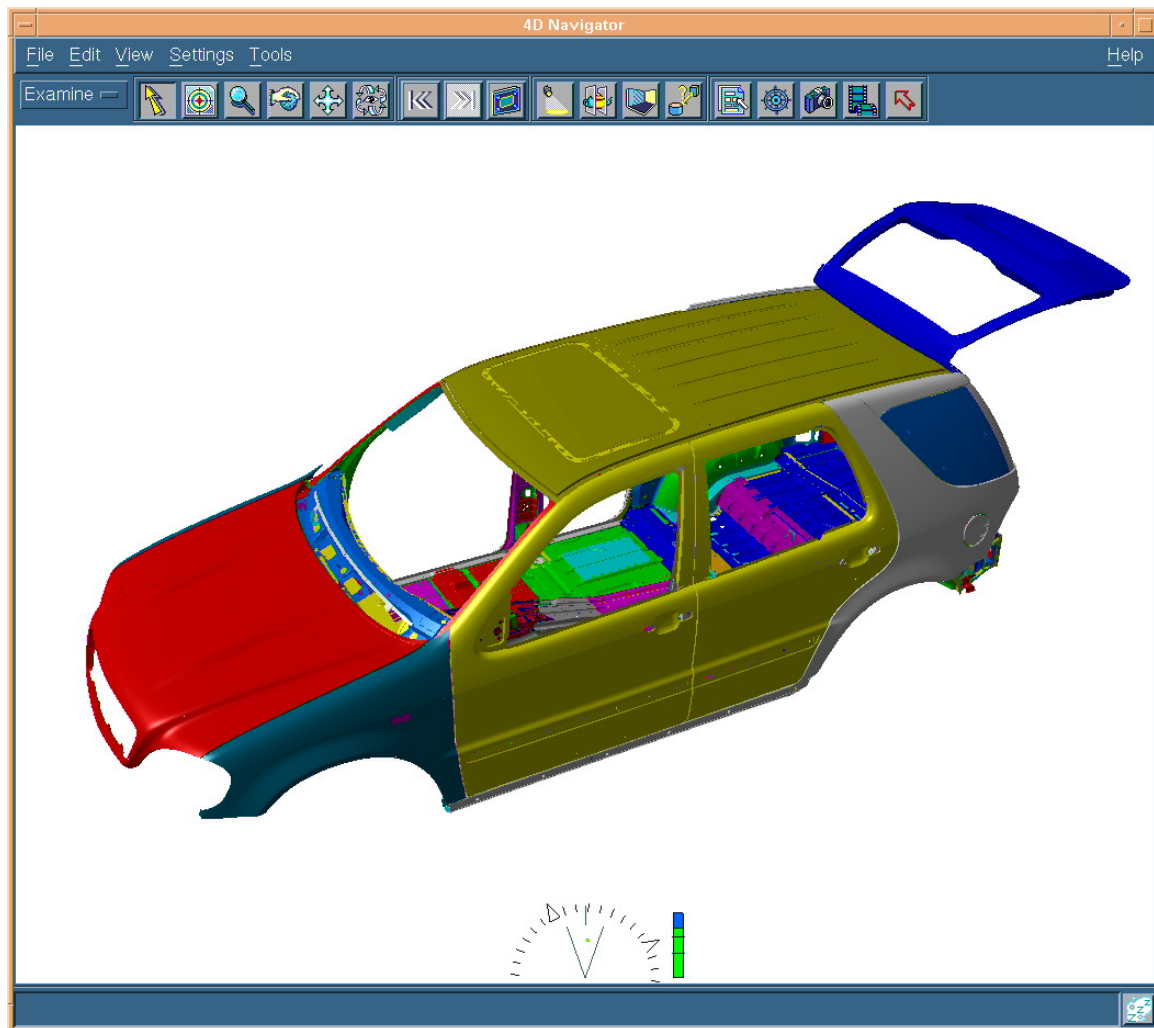


Abbildung E.3: Beispiel der Visualisierung von Hauptmodulen in der Visualisierungssoftware 4D-Navigator (aus Gründen der Geheimhaltung wird die aktuelle M-Klasse gezeigt).

A32: Ganze Ecktypenfahrzeuge in Sitzungen visualisieren

In größeren Sitzungen (Packaging-Sitzungen, Management-Sitzungen zur aktuellen Darstellung der Daten- bzw. Packging-Situation) genügt nicht mehr die Anwendung von Standard-Workstations. Bei Schritt A32 werden teurere, schnellere Rechner eingesetzt.

