

# Diplomarbeit

## Ansatz zur Rechnergestützten Entwicklungsmethodik von Stetigförderern in der Intralogistik



Erstellt von:

**Johannes Perfler**  
F 703  
0430845

Betreuung durch:

**Ass. Prof. Dipl.- Ing. Dr.techn. Christian Landschützer**

---

TECHNISCHE UNIVERSITÄT GRAZ  
Institut für technische Logistik  
Inffeldgasse 25e, A-8010-Graz  
Tel.: +43 (316) 873 7321, Fax: +43 (316) 873 107321  
E-Mail: office.itl@TUGraz.at

---

Graz, Oktober 2013

## EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am .....

.....  
(Unterschrift)

## STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

.....  
Date

.....  
(signature)

## **Kurzfassung**

Diese Arbeit befasst sich mit der Entwicklung eines Softwaretools im Bereich der Entwicklungsmethodik und Funktionsanalyse im eingeschränkten Raum der Stetigförderer der Intralogistik. Dazu wird zunächst die Theorie der Entwicklungsmethodik, der Funktionsanalyse und des Ansatzes von Knowledge-based Engineering beleuchtet. Des Weiteren wird das Themengebiet der Stetigförderer beschrieben. Um eine Softwarelösung zu generieren wird ein Konzept erarbeitet. Dies geschieht mit Hilfe von Use Case- und Aktivitätsdiagrammen, sowie von Entity-Relationship Modellen. Um eine konkrete Umsetzung erarbeiten zu können, werden die Lösungsmöglichkeiten in Excel und Access evaluiert. Anschließend werden die Konzepte, welche in den Diagrammen beschrieben werden in Microsoft Access implementiert und anhand eines Beispiels dargestellt.

## **Abstract**

This work deals with the development of a software tool in the development methodology and functional analysis in the restricted space of the continuous conveyor internal logistics. For this purpose, the theory of development method, the functional analysis and the approach of knowledge-based engineering is illuminated. Also the topic of continuous conveyors is described. To generate a software solution a concept is developed. This is done with the help of use case and activity diagrams, as well as entity-relationship models. To work out a concrete implementation, the solutions in Excel and Access are evaluated. Subsequently, these concepts which are described in diagrams are implemented in Microsoft Access and explained with an example.

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all jenen danken, die zum Gelingen dieser Diplomarbeit beigetragen haben.

Mein Dank gilt Hr. Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Jodin für die Möglichkeit am Institut für technische Logistik meine Diplomarbeit zu schreiben.

Besonders bedanken möchte ich mich bei meinem Betreuer Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Landschützer und Dipl.-Ing. Alexander Ortner-Pichler die mich bei meiner Diplomarbeit durch ihr fachliches Wissen, Hinweise und einer sehr gute Zusammenarbeit unterstützt haben.

Ein großer Dank gilt auch meinen Freunden die mir während des Studiums stets geholfen und mich inspiriert haben.

Des Weiteren möchte ich mich ganz besonders bei meiner Freundin bedanken, die mir während der Zeit des Studiums mit Geduld, Aufheiterung und Motivation stets zur Seite stand.

Abschließend bedanke ich mich herzlichst bei meinen Eltern und Geschwistern für ihr Vertrauen und die Unterstützung in meinen Entscheidungen.

# Inhaltsverzeichnis

1	Problemstellung der Entwicklungsmethodik .....	1
1.1	Zielsetzung .....	2
2	Grundlagen der Entwicklungsmethodik.....	4
2.1	Theorie zur Methodik von Neuentwicklungen .....	4
2.1.1	Systemtechnik .....	5
2.1.2	Wertanalyse .....	6
2.1.3	Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren .....	8
2.2	Theorie zur Funktionsanalyse .....	10
2.3	Allgemeines zur xKBE.....	18
2.3.1	Von KBE zu Extended- KBE (xKBE) .....	18
2.3.2	KBE Systeme .....	19
2.3.3	Augmented CAD-KBE.....	19
2.3.4	Full-KBE - die MOKA-Methode.....	19
2.3.5	Der KBx Ansatz und die xKBE-Methodik.....	21
2.4	Datenerfassung des Themengebietes.....	22
2.4.1	Aufgaben der Fördersysteme .....	22
2.4.2	Systematik der Fördermittel .....	23
2.4.3	Bandförderer.....	27
2.4.4	Berechnungsgrundlagen .....	29
3	Konzept.....	31
3.1	Struktur zur Datenspeicherung .....	31
3.2	Use Case Diagramme .....	32
3.2.1	Use Case Projekt anlegen .....	33
3.2.2	Use Case Segment anlegen .....	35
3.2.3	Use Case Fördertechnologie konfigurieren .....	37
3.2.4	Use Case Antriebstechnologie anlegen.....	39
3.2.5	Use Case Funktionsanalyse/ Projektierung .....	41
3.2.6	Use Case Segment Versionsvergleich.....	43
3.2.7	Use Case Berichtswesen .....	44
3.3	Aktivitätsdiagramme.....	45
3.3.1	Aktivitätsdiagramm Projekterstellung .....	45
3.3.2	Aktivitätsdiagramm Fördertechnologie konfigurieren.....	46
3.3.3	Aktivitätsdiagramm Antrieb.....	48
3.4	Technische Evaluierung .....	50
3.4.1	Lösungsansatz in Microsoft Excel .....	50
3.4.2	Lösung in Microsoft Access .....	52
3.4.3	Ergebnis der Evaluierung .....	54
4	Realisierung der Software .....	55
4.1	ER- Modell.....	55
4.1.1	Projektebene.....	55
4.1.2	ERM Fördertechnologie .....	57
4.1.3	ERM- Antrieb .....	59
4.2	Realisierung in Microsoft Access.....	61
4.2.1	Grundsätzliches.....	61
4.2.2	Berichtswesen.....	62
4.2.3	Projektebene .....	64

---

4.2.4	Segmentebene.....	64
4.2.5	Funktionsbaustein Fördertechnologie.....	65
4.2.6	Funktionsbaustein Antrieb.....	67
4.2.7	Funktionsbaustein Regelung.....	68
4.2.8	Funktionsbaustein Sensor.....	69
4.3	Fact-Sheet.....	70
5	Beispielprojekt.....	73
5.1	Definition Aufgabenstellung.....	73
5.2	Befüllung.....	73
5.2.1	Informationsberichte.....	79
6	Analyse der Ergebnisse.....	80
6.1	Interpretation der Berichte.....	80
6.2	Ausblick.....	83
6.3	Ausbauszenario Datenbank.....	83
7	Zusammenfassung.....	85
8	Verzeichnisse.....	86
8.1	Literaturverzeichnis.....	86
8.2	Abbildungsverzeichnis.....	87
8.3	Tabellenverzeichnis.....	89
8.4	Gleichungsverzeichnis.....	89

# 1 Problemstellung der Entwicklungsmethodik

In einem immer komplexer werdenden Lösungsraum von technischen Anforderungen und den daraus resultierenden interdisziplinären Überschneidungen wird das Individuum Techniker ständig vor neue Herausforderungen gestellt. Des Weiteren stützt sich der Ingenieur dabei auf natur- und ingenieurwissenschaftliche Erkenntnisse und hat stoffliche, technologische und wirtschaftliche Bedingungen sowie gesetzliche, umwelt- und menschenbezogene Einschränkungen zu berücksichtigen [1].

Das heißt, dass weder ein Einzelner komplexe Aufgabenstellungen alleine lösen kann, noch dass eine Problemstellung als Ganzes erfasst und bearbeitet werden kann. Daraus ergibt sich in organisatorischer Sichtweise ein völlig neues Anforderungsprofil für Entwickler und Firmen. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, ist wie unten zitiert, ein Ansatz für eine allgemein anwendbare Entwicklungsmethode unumgänglich. Dies setzt eine nicht immer beliebte Abstraktion von technischen Problemen voraus. Das bedeutet zum einen die Aufspaltung eines Problems in eine Vielzahl zu behandelnder Teilaufgaben und zum anderen die einzelnen Teilaufgaben so weit zu abstrahieren um diese Teilaufgaben möglichst allgemein beschreiben zu können. Damit soll ein möglichst breiter Lösungsraum zur Verfügung stehen. Derartige Prozesse in einer Entwicklung zu etablieren gestaltet sich oft schwierig, da der Faktor Mensch in Prozessen zwar berücksichtigt wird, jedoch die Umsetzung oft an selbigem scheitert.

Umso wichtiger ist es, das bereits Erdachte in eine akzeptable Form der Umsetzung zu bringen, um die erwähnten Anforderungen und Prozesse einfach und leicht zugänglich anbieten zu können.

„Die Wettbewerbsfähige Herstellung technischer Produkte wird entscheidend von der Leistungsfähigkeit des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses beeinflusst. Dieser Prozess ist geprägt durch eine große Vielfalt zu lösender Aufgaben, unternehmensspezifischer Bedingungen sowie marktseitiger und arbeits-technischer Entwicklungstrends. Eine allgemein anwendbare *Methodik zum Entwickeln und Konstruieren* technischer Systeme und Produkte muss diese Vielfalt berücksichtigen, um den Bedürfnissen der Praxis gerecht zu werden.“  
[1]

## 1.1 Zielsetzung

Zielsetzung dieser Arbeit ist es ein Softwaretool zum Zwecke der konzeptionellen Projektkonfiguration und Funktionsanalyse im eingeschränkten Bereich der Stetigförderer (Bandförderer) in der Intralogistik zu entwickeln. Als Grundlage hierfür soll das theoretische Wissen der Entwicklungsmethodik, der Funktionsanalyse und des Themengebietes umrissen, bzw. betrachtet werden. Als zusätzliche Grundlage dient das bereits am Institut für technische Logistik erarbeitete Wissen über „Knowledge- Based Engineering“.

Das in dieser Arbeit entwickelte System soll auf die Probleme im konstruktiven Alltag der Intralogistik eingehen. Dabei geht es vor Allem um die Phase des Konzeptionellen Layouts für Förderstrecken. Abbildung 1.1-1 stellt die auf den Entwickler einwirkende Arbeitsumgebung, bzw. Informationsfelder dar. Auffällig dabei ist, dass es eben verschiedene Informationsplattformen sind, welche unter Umständen nicht zu jedem Zeitpunkt im geforderten Umfang greifbar sind, bzw. dezentral im Unternehmen gelagert sind. Dieser Umstand ist vor allem für neue Entwickler nicht optimal. So ist es schwierig ohne die nötige Unterstützung von Arbeitskollegen spezifische Informationen zu finden und anzuwenden. Ein weiteres Problem besteht darin, dass Entwickler aufgrund ihrer Erfahrung von der Aufgabenstellung direkt in die Entwicklung der Detaillösung übergehen. Dadurch werden zu den jeweiligen Aufgabenstellungen viele Lösungsfelder jedoch nicht bedacht, was zwar grundsätzlich zu funktionierenden Lösungen führen kann, jedoch wahrscheinlich nicht zur Bestmöglichen.

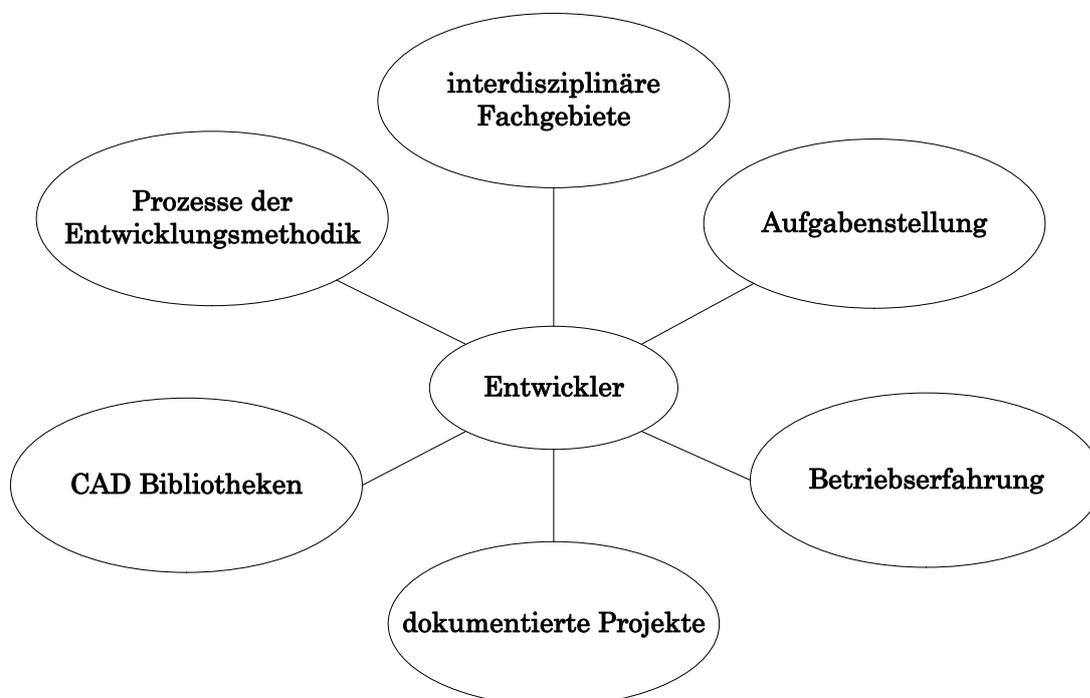
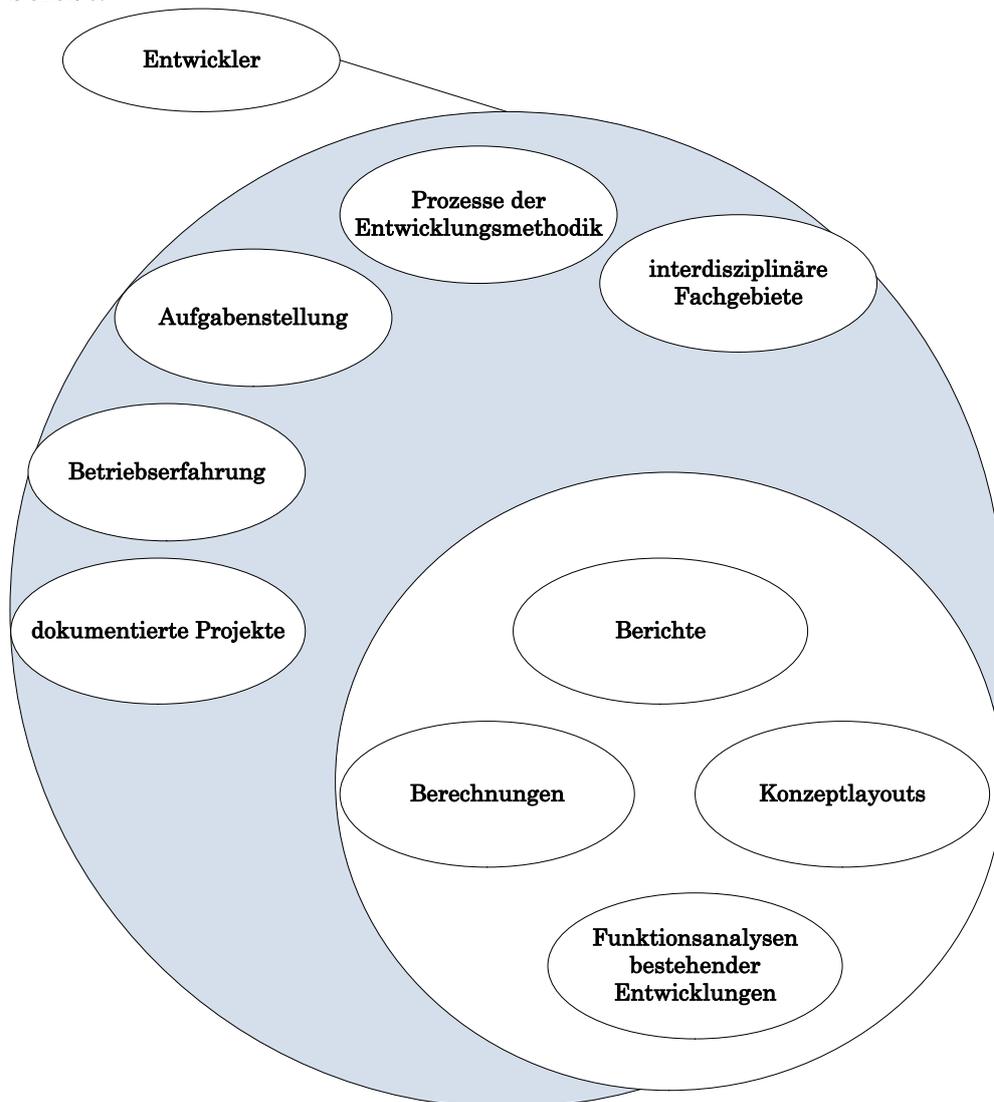


Abbildung 1.1-1: Entwicklungsumgebung

Wie bereits erwähnt, soll diesbezüglich durch ein Softwaretool Abhilfe geschafft werden. In Abbildung 1.1-2 ist die anzuwendende Informationsplattform für den Entwickler dargestellt. Das heißt, dass sämtliche dezentral gelagerten Informationsfelder in einem Softwaretool abgebildet werden (blau hinterlegt). Aus diesen Informationen sollen innerhalb der Software Konzeptlayouts, Berichte, Berechnungen und Funktionsanalysen erstellt werden. Dies ist so zu verstehen, dass der Entwickler nicht nur Informationen aus diesem Tool auslesen kann, sondern das Tool durch seine tägliche Arbeit mit zusätzlichen Informationen belebt.



**Abbildung 1.1-2: geforderte Arbeitsumgebung**

Um dies zu erreichen soll die Software als zentrale Informationsverwaltung die Form eines Konfigurators annehmen. Des Weiteren soll eine vorgefilterte Auswahl von Lösungsmöglichkeiten auf Basis der bereits gewählten Rahmenbedingungen eine zielgerichtete Einschränkung des noch zu verbleibenden Lösungsfeldes bieten. Außerdem sollen auch mehrere Entwicklungsstränge in Form von Versionen aufgebaut werden können, bzw. diese Versionen in einer Berichtsform dahingehend miteinander verglichen werden können, bis zu welcher Entwicklungsebene Gemeinsamkeiten und ab wann Unterschiede vorliegen. Die Software soll so aufgebaut sein, dass die Konfiguration der einzelnen Projekte, bzw. Funktionsanalysen den Regeln der Entwicklungsmethodik folgt.

## 2 Grundlagen der Entwicklungsmethodik

So wie in Kapitel 1.1 bereits erwähnt, sollen im nachfolgenden Kapitel die Theoretischen Grundlagen der Entwicklungsmethodik beschrieben werden. Diese Prozesse werden in der Entwicklung des angestrebten Softwaretools einfließen, da sie sich seit vielen Jahren in der Praxis bewährt haben um Problemstellungen in einzelne Probleme mit den damit verbundenen Lösungen darzustellen. Dies geschieht im Sinne der Abfolge: Synthese, Analyse, Bewertung und Entscheidung.

### 2.1 Theorie zur Methodik von Neuentwicklungen

Die Herangehensweise an Produktentwicklungen bzw. Neuentwicklungen bedarf aufgrund Ihrer Komplexität und Unterschiedlichkeit einen näheren Blick. In diesem Kapitel sollen verschiedene, bzw. sich ergänzende Methoden vorgestellt werden.

So beinhaltet die VDI 2221 [1] und Pahl Beitz [2] Vorschläge zur systematischen Konstruktionsmethodik die im folgendem dargestellt werden.

Für die Entwicklung eines Produktes ist ein planbares, flexibles, optimierbares und nachprüfbares Vorgehen notwendig. Dies setzt methodisch-systematisches Arbeiten, sowie organisatorische Maßnahmen voraus. Dabei wird zwischen Konstruktionswissenschaft und Konstruktionsmethodik unterschieden [2].

Die Konstruktionswissenschaft analysiert unter Verwendung wissenschaftlicher Methoden den Aufbau und Beziehungen technischer Systeme und leitet Regeln zur Entwicklung aus den Zusammenhängen und Systemkomponenten ab. Die Konstruktionsmethodik spiegelt konkrete Handlungsanweisungen zum Entwickeln von technischen Systemen wieder [2].

Eine Konstruktionsmethodik soll [2]:

- Problemorientiertes Vorgehen ermöglichen
- Erfindungs- und erkenntnisfördernd sein
- Mit Begriffen, Methoden und Erkenntnissen anderer Disziplinen verträglich sein
- Nicht nur zufallsbedingte Lösungen generieren
- Aufgabenverwandte Lösungen übertragen
- Für Rechnereinsatz geeignet sein
- Lehr- und erlernbar sein
- Der Denkpsychologie und Arbeitswissenschaft entsprechen
- Planung und Steuerung der Teamarbeit erleichtern
- Für den Projektleiter Anleitung und Richtschnur sein

Im nachfolgenden sollen drei der heute gängigen Methoden kurz betrachtet werden.

### 2.1.1 Systemtechnik

In der Systemtechnik werden technische Gebilde, welche aus einer Gesamtheit geordneter Elemente bestehen, miteinander verknüpft. Jedes System für sich wird wiederum von der Umgebung klar abgegrenzt und die Verbindungen zwischen den einzelnen Systemen werden durch Systemgrenzen geschnitten (Abbildung 2.1.1-1) [2].

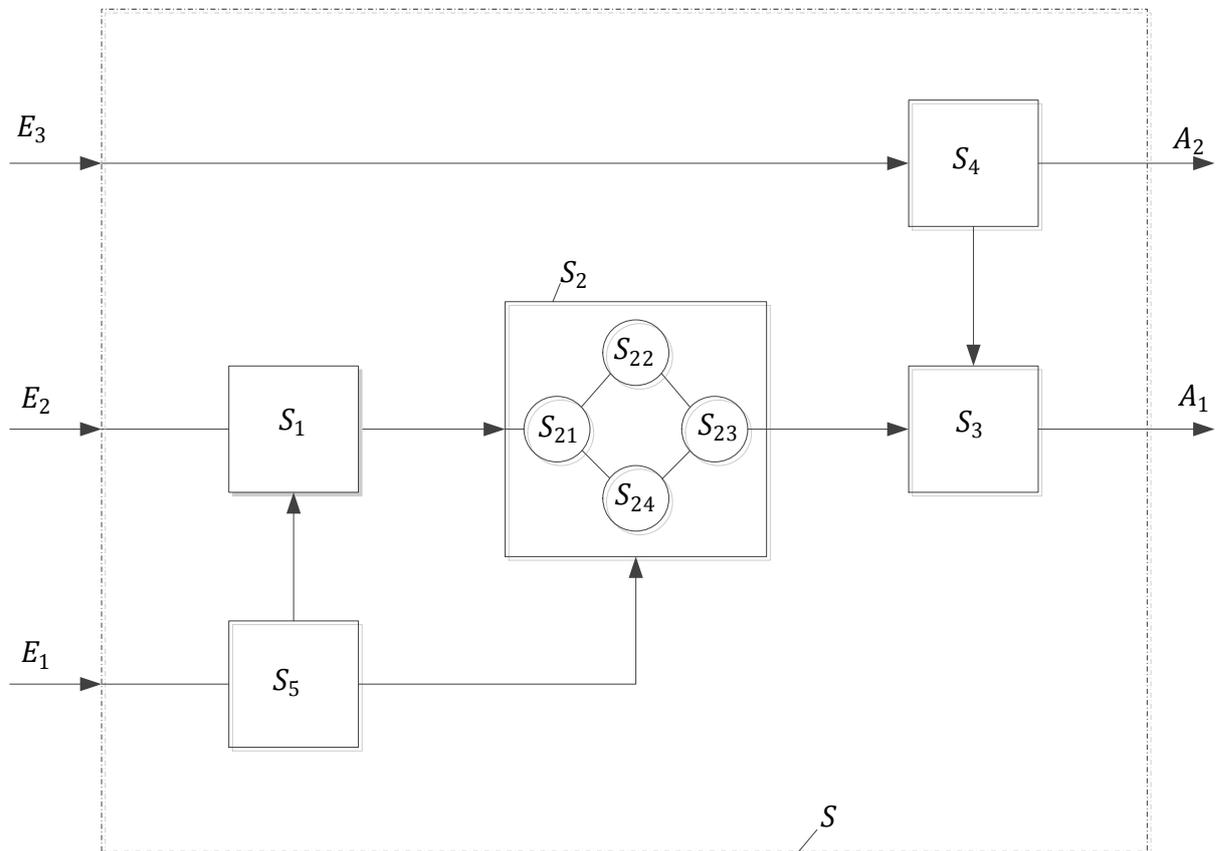


Abbildung 2.1.1-1: Aufbau eines Systems (nach Abb.1.5. [2])

S: Systemgrenze des Gesamtsystems;

S1 ÷ S5: Teilsysteme von S; S21 ÷ S24: Teilsysteme

bzw. Systemelemente von S2; E1 ÷ E3: Eingangsgrößen (Inputs); A1 ÷ A2: Ausgangsgrößen (Outputs)

In Abbildung 2.1.1-2 sind die Vorgehensschritte ersichtlich. Ausgehend von einer Systemstudie, welche die Problem-, bzw. Aufgabenstellung formuliert, wird für den zweiten Schritt ein Zielprogramm erstellt. Im Weiteren stellt die Systemsynthese die eigentliche Entwicklung von Lösungsvarianten aufgrund der bisher gewonnenen Informationen dar. Dabei sollen möglichst viele verschiedene Lösungs- und Gestaltungsvorschläge gewonnen werden. Diese Lösungsvarianten werden wiederum mit dem Zielprogramm verglichen. Voraussetzung hierfür ist die Kenntnis über die Eigenschaften der Lösungsvarianten welche in einer Systemanalyse als Grundlage für die anschließende Systembewertung ermittelt werden. Die Systembewertung ist Grundlage für eine folgende Systementscheidung. Anhand dieser Systementscheidung erfolgt dann die Phase der

Systemausführungsplanung. Dabei ist zum Erreichen des Entwicklungszieles iteratives Vorgehen notwendig [2].

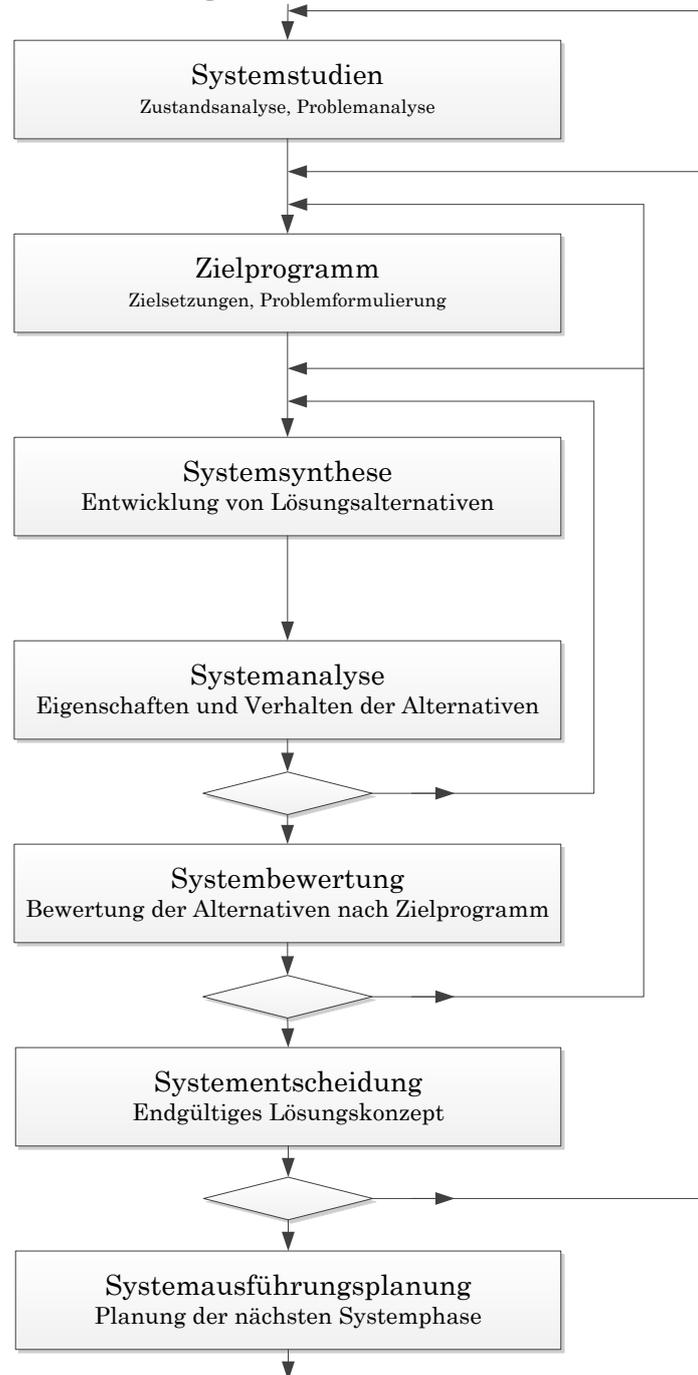


Abbildung 2.1.1-2: Vorgehensschritte der Systemtechnik ( nach Abb. 1.6. [2])

### 2.1.2 Wertanalyse

Von einer vorhandenen Konstruktion ausgehend beschäftigt sich die Wertanalyse nach DIN 69910 [3] mit dem Ziel, Kosten zu senken. Das methodische Vorgehen entspricht dem der Weiterentwicklung, indem Kosten und Funktionen analysiert werden um für neue Kostenziele Lösungen zu suchen. Als Beurteilungsgrundlage von Konzepten dienen die Funktionskosten, welche sich aus den Kosten zur Erfüllung der einzelnen Funktionen zusammensetzen. Abbildung 2.1.2-1 zeigt das systematische Vorgehensmodell, in dem sich die Vorgehensschritte in

Lebensphasen wiederholen. Dies geschieht, indem der zeitliche Werdegang eines Systems vom Abstrakten zum Konkreten verläuft [2].

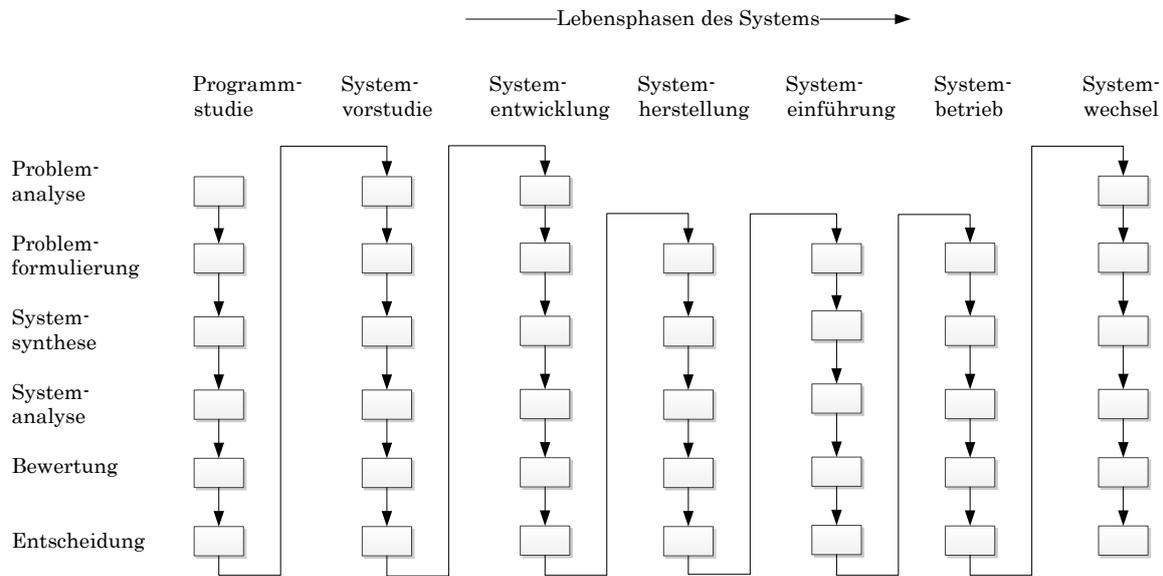


Abbildung 2.1.2-1: Systemtechnisches Vorgehensmodell in unterschiedlichen Lebensphasen (Konkreterisierungsphasen) nach Abb. 1.7. [2]

Abbildung 2.1.2-2 zeigt die wesentlichen Arbeitsabschnitte der Wertanalyse. Diese geht in der Regel von einer vorhandenen Konstruktion aus und wird hinsichtlich der zu erfüllenden Funktionen und Kosten analysiert. Dadurch können für neue Kostenziele anschließend neue Lösungsideen und Lösungen für die geforderten Soll- Funktionen gesucht werden. Die Wertanalyse hat durch funktionsorientiertes und schrittweises Suchen nach besseren Lösungen viele methodische Gemeinsamkeiten mit der allgemeinen Vorgehensmethodik (vgl. Abbildung 2.1.3-1) [2].

Projekt verwalten

- Team zusammenstellen
- Wertanalyse – Rahmen abgrenzen
- Organisation und Ablauf festlegen

Lösungsidee entwickeln

- Vorhandene Ideen sammeln
- Neue Ideen suchen

Objektanalyse (Istzustand)

- Funktionen erkennen
- Funktionskosten ermitteln

Lösungen festlegen

- Lösungsideen bewerten
- Ausgewählte Lösungsideen zu Lösungen ausarbeiten
- Lösungen bewerten und entscheiden

Soll- Zustand festlegen

- Soll- Funktionen festlegen
- Sonstige Anforderungen ermitteln
- Kostenziele Soll- Funktionen zuordnen

Lösungen verwirklichen

- Ausgewählte Lösungen im Detail ausarbeiten
- Realisierung planen

Abbildung 2.1.2-2: Generelles Vorgehen der Wertanalyse nach DIN 69910 [3]; nach Abb. 1.8 [2]

### 2.1.3 Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren

Die heute gängigen Konstruktionsmethoden folgen der VDI- Richtlinie 2221 [1] zum Entwickeln und Konstruieren technischer Produkte welche aus 7 Arbeitsschritten besteht. Hierbei handelt es sich um einen grob strukturierten Prozess, um eine allgemeine Anwendbarkeit, bzw. produkt- und unternehmensspezifische Vorgehensvarianten abzubilden. Dieser Prozess lebt vom iterativen Charakter, indem die einzelnen Arbeitsschritte nicht starr, sondern durch über-, bzw. zurückspringen einzelner Schritte erfolgen. In der Praxis werden oft einzelne Arbeitsabschnitte zu Entwicklungs- bzw. Konstruktionsphasen zusammengefasst, die je nach Branche und Unternehmen unterschiedlich erfolgen, auch hinsichtlich der verwendeten Begriffe (vgl. [2], [1]).

Im nachfolgenden sollen die einzelnen Arbeitsabschnitte aus Abbildung 2.1.3-1 nach VDI- 2221 [1] kurz beschrieben werden.

- **Arbeitsabschnitt 1:**  
Die vom Kunden oder der Produktplanung formulieren Anforderungen klären und präzisieren. Dazu gehört das Zusammentragen aller verfügbaren Informationen, die Überprüfung und Ergänzung der externen und internen Anforderungen, sowie das Formulieren der Aufgabenstellung aus Sicht des Konstrukteurs. Daraus resultiert die Anforderungsliste. Diese Anforderungsliste ist für alle folgenden Arbeitsabschnitte
- **Arbeitsabschnitt 2:**  
In diesem Schritt erfolgt das Ermitteln der Gesamtfunktion und der wesentlichen zu erfüllenden Teilfunktionen (Hauptfunktionen). Deren Gliederung und Kombination zu Strukturen bilden die Grundlage zur Suche nach Lösungen. Arbeitsergebnis sind eine oder mehrere Funktionsstrukturen.
- **Arbeitsabschnitt 3:**  
Hier werden für die vorher gebildete Funktionsstruktur Lösungsprinzipien gesucht. Dazu werden zuerst physikalische, chemische oder andere Effekte ausgewählt. Anschließend werden diese Effekte durch wirkstrukturelle Festlegungen realisiert (z.B. mechanische Systeme: Geometrie, Bewegung, Werkstoffart). Daraus ergeben sich eine oder mehrere prinzipielle Lösungen.
- **Arbeitsabschnitt 4:**  
Nun werden die prinzipiellen Lösungen in realisierbare Module gegliedert. Ergebnis dieses Schrittes ist eine modulare Struktur, die bereits die Gliederung der Lösung in wesentliche reale Gruppen und Elemente erkennen lässt. Bei diesem Schritt verzweigt sich eine Produktentwicklung oft in parallele Konstruktionslinien.
- **Arbeitsabschnitt 5:**  
In Arbeitsabschnitt 5 erfolgt ein wichtiger Konkretisierungssprung durch Gestalten der für die Produktoptimierung maßgebenden Module. In die-

sem Zusammenhang wird auch von Vor- oder Grobgestaltung gesprochen. Als Ergebnis erhält man einen Vorentwurf.

- **Arbeitsabschnitt 6:**  
Hierbei werden die Vorentwürfe durch weitere Detailangaben, durch Gestalten und Ergänzen, sowie durch Verknüpfen aller Gruppen und Teile endgültig festgelegt. Dieser Schritt kann auch als Endgestalten oder Feingestalten bezeichnet werden. Daraus resultiert ein Gesamtentwurf.
- **Arbeitsabschnitt 7:**  
Dieser Schritt dient zum Ausarbeiten der vom Entwicklungs- und Konstruktionsbereich zu verantwortenden Ausführungs- und Nutzungsangaben. Das Arbeitsergebnis ist die Produktdokumentation mit Nutzungsangaben z.B. in Form von Einzelteil-, Gruppen- und Gesamtzeichnungen.

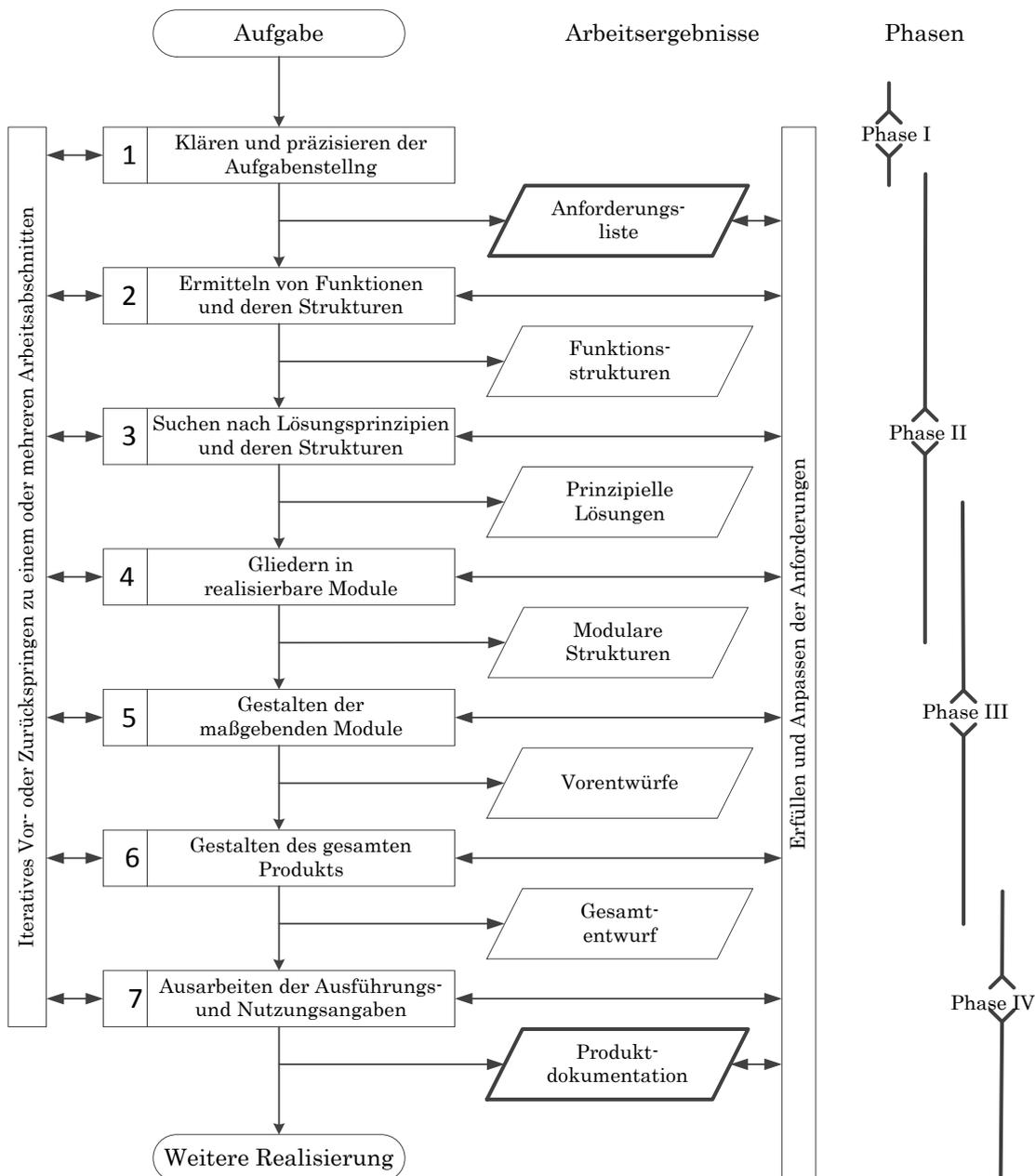


Abbildung 2.1.3-1: Generelles Vorgehen beim Einwickeln und Konstruieren nach Bild 3.3. [1]

Die in der Abbildung 2.1.1-2 und Abbildung 2.1.3-1 dargestellten Prozesse beschreiben die Grundlagen des methodischen Vorgehens bei der Produktentwicklung. Die Vorgehensweise der Systemtechnik lässt sich in jedem Entscheidungsprozess heranziehen. Das bedeutet, dass jede technische Entscheidung auf den Schritten der Systemsynthese, Systemanalyse, Systembewertung und Systementscheidung zurückzuführen ist. Genau diese Vorgangsweise lässt sich in das Generelle Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren einbinden. Das heißt, dass zwischen den Arbeitsabschnitten 2 und 6 in Abbildung 2.1.3-1 die Vorgehensweise der Systemtechnik für das Erreichen des jeweils nächsten Schrittes sinnvoll und notwendig ist. Die Wertanalyse ihrerseits bietet viele methodische Gemeinsamkeiten mit der allgemeinen Vorgehensmethodik, welche bereits in Kapitel 2.1.2 beschrieben wurde. Die Kostenanalyse selbst, um für neue Kostenziele Lösungen zu finden ist nicht Gegenstand dieser Arbeit. Diese angeführten Arbeitsabläufe sollen in der Konzeptionierung der Software auf diese Weise einfließen, um auf der einen Seite einen Leitfaden vom Groben zum Feinen zu geben, und auf der anderen Seite die einzelnen Entscheidungsprozesse, wie beschrieben, ermöglicht werden.

## 2.2 Theorie zur Funktionsanalyse

Wie in 1.1 beschrieben, sollen mit Hilfe der Software auch Funktionsanalysen durchgeführt werden. Funktionsanalysen sind prinzipiell auf die Analyse bereits existierender Stetigförderer, sowie auf Neuentwicklungen anwendbar. Nachfolgend sollen allgemein gültige Charakterisierungen zur Beschreibung von technischen Systemen betrachtet werden.

Weizsäcker [4] stellt dazu die Begriffe Energie, Materie und Information nebeneinander, welche sich in verschiedensten Literaturquellen als Energie, Stoff und Signal verstanden werden.

Energie:	Mechanische, thermische, elektrische, chemische, optische Energie, Kernenergie, Kraft, Strom, Wärme,... [2]
Stoff:	Gas, Flüssigkeit, feste Körper, Staub, Rohprodukt, Material, Prüfgegenstand, Behandlungsobjekt, Endprodukt, Bauteil,... [2]
Signal:	Messgröße, Anzeige, Steuerimpuls, Daten, Informationen,... [2]

In technischen Systemen werden diese drei Begriffe, wie in Abbildung 2.2-1 dargestellt, ausgehend von einem Anfangszustand in einen Endzustand umgesetzt, wobei der Zusammenhang zwischen Eingang und Ausgang um eine Aufgabe zu erfüllen, als Funktion verstanden wird [2].

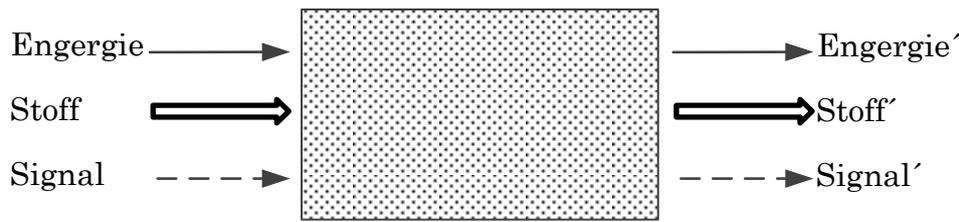


Abbildung 2.2-1: Umsatz von Energie, Stoff und Signal, Lösung noch unbekannt. Aufgabe bzw. Funktion aufgrund der Ein- und Ausgänge beschreibbar nach Abb. 2.2. [2]

Die Gesamtfunktion eines Systems lässt sich in verschiedene Teilfunktionen aufgliedern, deren sinnvolle Verknüpfung zur sogenannten Funktionsstruktur führt. Diese Verknüpfung von Teilfunktionen bietet weiters Raum für Variationsmöglichkeiten, bzw. Varianten (vgl. [5], [2]). In Abbildung 2.2-2 wird die Gesamtfunktion durch die Quaderkanten symbolisiert. Im Inneren sind die miteinander verknüpften Teilfunktionen bzw. mit höherem Detaillierungsgrad als verknüpfte Einzelfunktionen dargestellt.

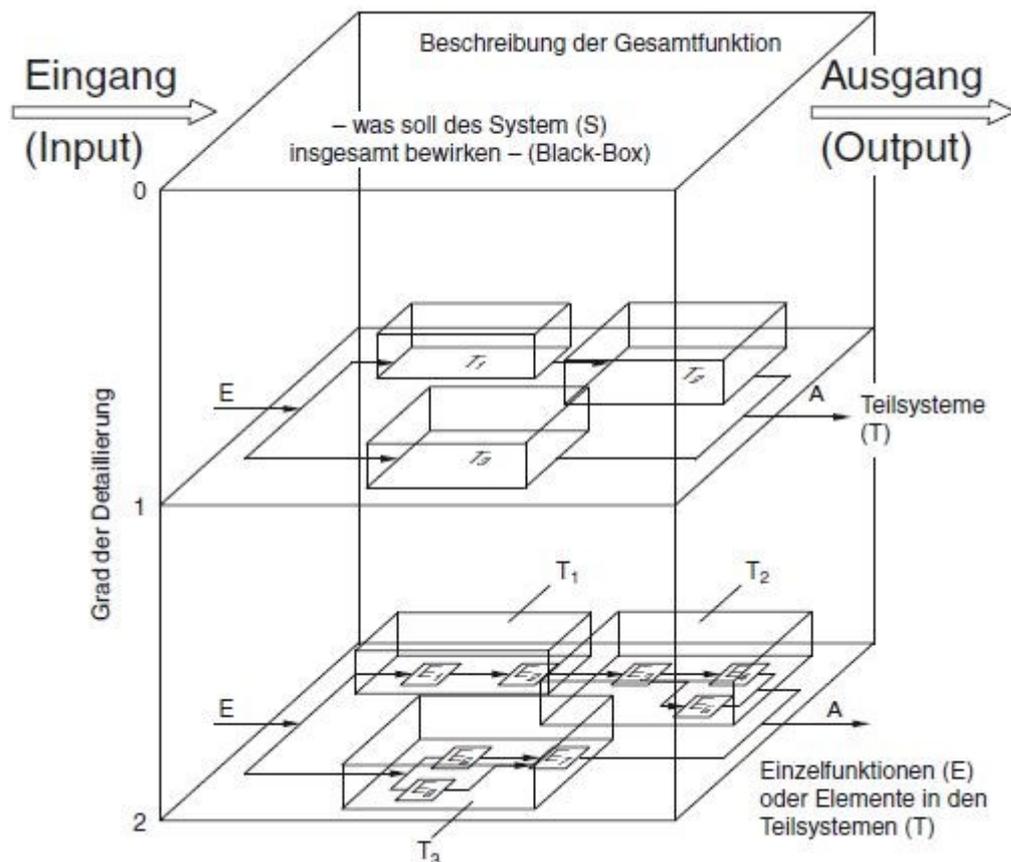


Abbildung 2.2-2: Die Struktur eines Systems in unterschiedlicher Detaillierung nach Abb. 2.13. [5] ; [6]

Beim Erstellen solcher Funktionsstrukturen ist es hilfreich zwischen Haupt- und Nebenfunktionen zu unterscheiden. Hauptfunktionen sind solche, welche

maßgeblich der Gesamtfunktion dienen. Unter Nebenfunktionen sind der Hauptfunktion unterstützende Hilfsfunktionen zu verstehen [2].

Theoretisch lassen sich einzelne Funktionen in der untersten Ebene der Funktionsstruktur durch allgemein anwendbare, nicht mehr unterteilbare Funktionen beschreiben. Krumhauer [7] hat wie in Abbildung 2.2-3 dargestellt, diese Funktionen in Hinblick auf Rechnerunterstützung folgendermaßen beschrieben [2].

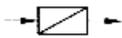
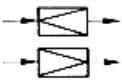
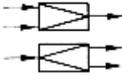
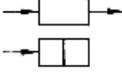
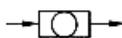
Merkmal Eingang $E$ / Ausgang $A$	Allgemein anwendbare Funktionen	Symbole	Erläuterungen
Art	Wandeln		Art und Erscheinungsform von $E$ und $A$ unterschiedlich
Größe	Ändern		$E < A$ $E > A$
Anzahl	Verknüpfen		Anzahl von $E > A$ Anzahl von $E < A$
Ort	Leiten		Ort von $E \neq A$ Ort von $E = A$
Zeit	Speichern		Zeitpunkt von $E \neq A$

Abbildung 2.2-3: Allgemein anwendbare Funktionen abgeleitet von den Merkmalen Art, Größe, Anzahl, Ort und Zeit in Bezug auf den Energie-, Stoff- und Signalumsatz nach Abb. 2.7 [2]

Wie in Abbildung 2.2-3 zu erkennen ist, sind die allgemein anwendbaren Funktionen einer sehr hohen Abstraktionsebene zuzuschreiben, weshalb eine praktische Anwendung schwierig erscheint [2].

In Abbildung 2.2-4 ist eine Matrix dargestellt, in deren Zeilen die einzelnen Teilfunktionen  $F_i$  und in den Spalten mögliche Lösungsprinzipien  $E_{ij}$  gegenübergestellt sind. Je nach Konkretisierungsgrad können dies physikalische Effekte oder Wirkprinzipien sein [2].

Funktionen \ Lösungen		Lösungen					
		1	2	...	j	...	m
1	$F_1$	$E_{11}$	$E_{12}$		$E_{1j}$		$E_{1n}$
2	$F_2$	$E_{21}$	$E_{22}$		$E_{2j}$		$E_{2n}$
⋮		⋮	⋮		⋮		⋮
i	$F_i$	$E_{i1}$	$E_{i2}$		$E_{ij}$		$E_{in}$
⋮		⋮	⋮		⋮		⋮
n	$F_n$	$E_{n1}$	$E_{n2}$		$E_{nj}$		$E_{nn}$

Abbildung 2.2-4: Prinzipieller Aufbau eines Ordnungsschemas mit Teilfunktionen einer Gesamtfunktion und zugeordneten Lösungen nach [2] Abb. 6.12

Um die Funktionsstruktur weiter verarbeiten zu können bedarf man einer daraus abgeleiteten Wirkstruktur. Unter Wirkstruktur versteht man den Zusammenhang von einzelnen aus physikalischen Effekten resultierenden Wirkprinzipien zur Erfüllung der geforderten Funktion. Ein Beispiel hierzu ist in Abbildung 2.2-5 und Abbildung 2.2-6 zu sehen (vgl. [2]).

Teilfunktionen	Physikal. Effekte (lösungsneutral)	Wirkprinzipien für eine Teilfunktion (Phys. Effekte sowie geometrische und stoffliche Merkmale)
	Reibungseffekt $F_R = \mu \cdot F_N$	
	Hebeleffekt $F_a \cdot a = F_b \cdot b$	
	Ausdehnungseffekt $\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta S$	

Abbildung 2.2-5: Erfüllen von Teilfunktionen durch Wirkprinzipien, die aus physikalischen Effekten sowie aus stofflichen Merkmalen aufgebaut werden nach Abb. 2.12 [2]

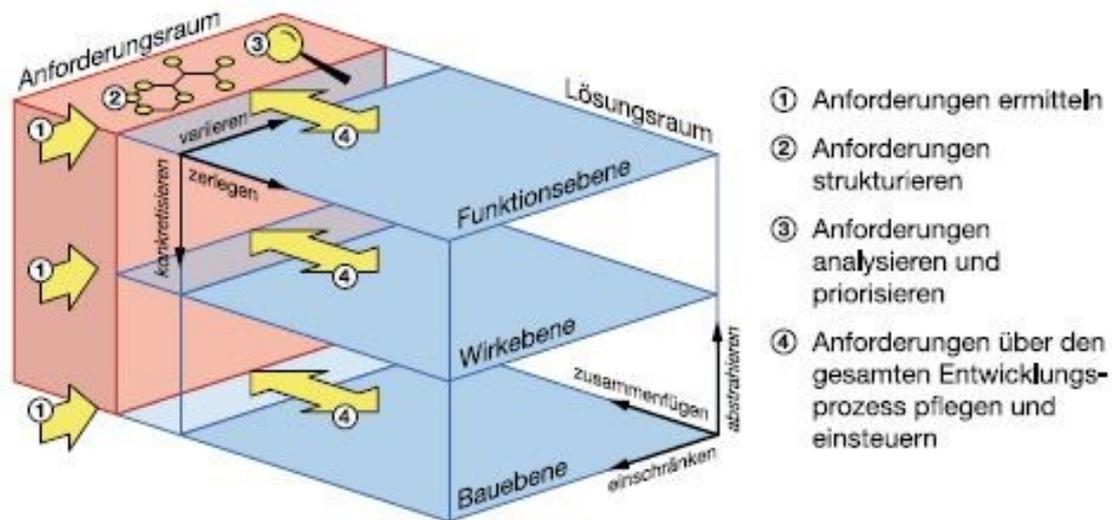
Im nächsten Schritt (Abbildung 2.2-6) werden diese Wirkzusammenhänge in Bauzusammenhänge übergeführt. Das heißt, dass Wirkprinzipien als Grundlage für weitere Konkretisierungen verwendet werden, um technische Bauteile, Baugruppen oder Maschinen mit ihren Verbindungen darzustellen. Im letzten Schritt entsteht der Systemzusammenhang. Der Systemzusammenhang beschreibt ein übergeordnetes System, indem die Umgebung, technische Gebilde

und der Mensch andere technische Systeme durch ihre Einwirkungen beeinflussen. [2].

Zusammenhänge	Elemente	Struktur	Beispiel
Funktions-zusammenhang	Funktionen	Funktions- struktur	<p>Drehmoment schalten</p> <p>Schaltkraft <math>F_S</math> in Normalkraft <math>F_N</math> ändern</p> <p><math>T_1</math> einleiten → <math>F_u</math> erzeugen → <math>T_2</math> austreten → <math>T_2</math></p> <p>zu entwickelndes techn. Gebilde</p>
Wirk-zusammenhang	Physikalische Effekte  sowie geometrische und stoffliche Merkmale  ↓ Wirkprinzipien	Wirk- struktur	<p>Hebeleffekt</p> <p><math>F_a \cdot a = F_b \cdot b</math></p> <p><math>F_a = F_N ; F_b = F_S</math></p> <p>Reibungseffekt</p> <p><math>R = F_u</math> <math>R = F_u = \mu \cdot F_N</math></p>
Bau-zusammenhang	Bauteile Verbindungen Baugruppen	Bau- struktur	
System-zusammenhang	Techn. Gebilde Mensch Umgebung	System- struktur	

Abbildung 2.2-6: Zusammenhänge in technischen Systemen nach Abb. 2.13 [2]

In Abbildung 2.2-7 ist das Münchner Produktkonkretisierungsmodell [8] zu sehen, welches im Wesentlichen die vorangegangenen Diagramme hinsichtlich der Aufspaltung in Funktions- Wirk- und Bauebene und deren jeweiligen Entwicklungsprozess zeigt. Grundsätzlich lässt sich so wie Eingangs beschrieben jeder technische Aufbau auf diese Art beschreiben.

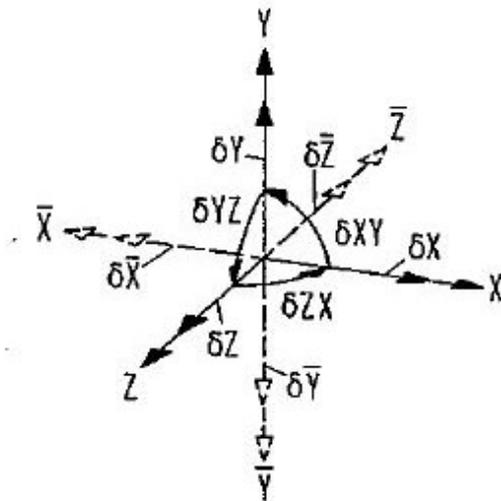


- ① Anforderungen ermitteln
- ② Anforderungen strukturieren
- ③ Anforderungen analysieren und priorisieren
- ④ Anforderungen über den gesamten Entwicklungsprozess pflegen und einsteuern

Abbildung 2.2-7: Einordnung in das Münchener Produktkonkretisierungsmodell (MKM) nach Abb. 2.2 [8]

Ein weiterer Aspekt ist die Kombination der einzelnen Wirkprinzipien. Die Darstellung, der Verbindungen zweier Körper um Wirkprinzipien beschreiben zu können wird unter anderem von Karlheinz Roth (Konstruieren mit Konstruktionskatalogen) (vgl. [9]) aufgegriffen. Roth führt in seiner Literatur die Betrachtung von Schlussmatrizen ins Feld (Abbildung 2.2-8). Darin geht es um eine logische Matrix, die Freiheiten und Sperrungen zweier Körper dem Rechner verständlich macht. Durch ihre Verknüpfung mit anderen Matrizen lassen sich Körperverbindungen voraussagen. Diese Verknüpfungen können mit Hilfe der booleschen Algebra definiert werden [9].

1 Koordinatensystem



$\delta X \cong$  Freiheit,  $\delta x \cong$  Sperrung  
in X- Richtung

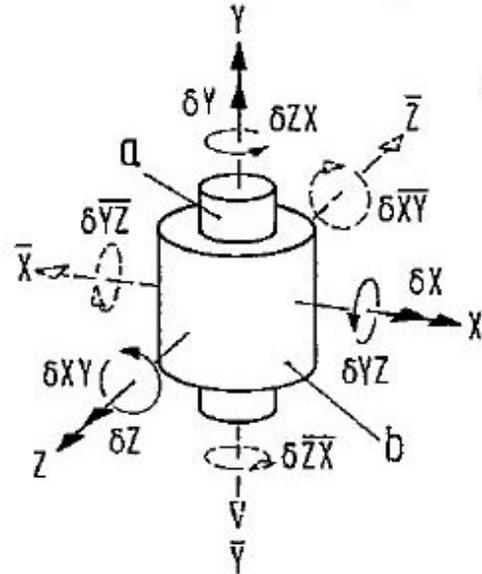
3 Schluß- Matrix, Platzbelegung

$$S_{a,b} = \begin{pmatrix} \delta x & \delta \bar{x} & \delta yz & \delta \bar{y}\bar{z} \\ \delta y & \delta \bar{y} & \delta zx & \delta \bar{z}\bar{x} \\ \delta z & \delta \bar{z} & \delta xy & \delta \bar{x}\bar{y} \end{pmatrix}$$

5 Freiheits-Matrix, Platzbelegung

$$F_{a,b} = \begin{pmatrix} \delta X & \delta \bar{X} & \delta YZ & \delta \bar{Y}\bar{Z} \\ \delta Y & \delta \bar{Y} & \delta ZX & \delta \bar{Z}\bar{X} \\ \delta Z & \delta \bar{Z} & \delta XY & \delta \bar{X}\bar{Y} \end{pmatrix}$$

2 Elementenpaarung a/b



Frei  $\delta Y = 1$ ;  $\delta y = 0$ ;  $\delta \bar{Y} = 1$ ;  $\delta \bar{y} = 0$   
Gesperrt  $\delta X = 0$ ;  $\delta x = 1$ ;  $\delta \bar{X} = 0$ ;  
 $\delta \bar{x} = 1$

4 Schluß- Matrix, Werte

$$S_{a,b} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & \dots \text{x- Richtung} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \text{y- Richtung} \\ 1 & 1 & 1 & 1 & \dots \text{z- Richtung} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \text{Translation} & \text{Rotation} & & & \end{pmatrix}$$

6 Freiheits- Matrix, Werte

$$F_{a,b} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Abbildung 2.2-8: Die logische Schluß- Matrix und die logische Freiheits- Matrix zur algebraischen Darstellung der Berührung von festen Körpern (Elementenpaaren) nach [9] Bild 9.1.

Beziehungen:  $F_{a,b} = \bar{S}_{a,b}$ ;  $S_{a,b} = \bar{F}_{a,b}$ ;  
 $\delta X = \delta \bar{X}$ ;  $\delta x = \delta \bar{x}$ ;  
Indizes: a bewegt, b ortsfest

Teilbild 1: Koordinatensystem mit den Richtungssinnen  $X, \bar{X} \dots \bar{Z}$  und den virtuellen Verschiebungen  $\delta X, \delta \bar{X} \dots \delta \bar{Z}$  sowie  $\delta YZ, \delta \bar{Y}\bar{Z} \dots \delta \bar{X}\bar{Y}$ .

Teilbild 2: Freiheit und Bewegungssperrung an einem Elementpaar.

Teilbild 3: Zuordnung der einzelnen Sperrsinne zu bestimmten Plätzen der Schluß- Matrix

Teilbild 4: In der Schluß- Matrix eingetragene Werte für Absperrung und Freiheiten für das Beispiel in Teilbild 2.

Teilbild 5: Zuordnung der einzelnen Bewegungssinne zu bestimmten Plätzen der Freiheits- Matrix

Teilbild 6: In der Freiheits- Matrix eingetragene Werte für Freiheiten und Sperrungen mit den Freiheitswerten für das Beispiel in Teilbild 2 (Erläuterungen der Teilbilder nach [9] Bild 9.1)

In Abbildung 2.2-9 ist ein Auszug aus einem Konstruktionskatalog abgebildet in dem die möglichen Paarungen zweier Teile dargestellt werden. Es ist leicht zu erkennen, dass eine allgemeine Herangehensweise im Sinne von Computer generierten Methoden zwar grundsätzlich möglich sind, die Umsetzung in eine dementsprechende Software jedoch sehr aufwendig ist. Außerdem ist ein hohes Maß an Abstraktionsfähigkeit eine absolute Voraussetzung um anhand solcher Kataloge eine Entwicklung voranzutreiben.

Da es sich wie Eingangs erwähnt in dieser Arbeit um das eingeschränkte Gebiet der Stetigförderer in der Intralogistik handelt, wurde ein weniger abstrakter Zugang zur Abbildung der Thematik gewählt. Dieser Zugang wird ab Kapitel 3 ausführlich behandelt.

Gliederungs- und Zugriffsteil	Rotatorische Berührungsschl.	Schluß-Matrix		1					
		Schlüß-Matrix	Rotation	1	2	3	4	5	
Mögliche Spannungsringe	Schlüß-Matrix (Rotation)			$\begin{pmatrix} - & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ - & 0 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} - & 0 & 0 \\ - & 0 & 0 \\ - & 0 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} - & 0 & 0 \\ - & 0 & 0 \\ - & 1 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} - & 0 & 0 \\ - & 0 & 1 \\ - & 0 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} - & 0 & 0 \\ - & 1 & 0 \\ - & 0 & 0 \end{pmatrix}$	
1	2	3	Nr.	1	2	3	4	5	
0	0	$\begin{pmatrix} 0 & 0 & - \\ 0 & 0 & - \\ 0 & 0 & - \end{pmatrix}$	1			rot <sub>xx</sub> (1,2)	rot <sub>z</sub> (1,2)	rot <sub>x</sub> (1,2)	
	1	$\begin{pmatrix} 0 & 0 & - \\ 0 & 1 & - \\ 0 & 0 & - \end{pmatrix}$	2		—	—	—	—	
	2	$\begin{pmatrix} 0 & 1 & - \\ 0 & 1 & - \\ 0 & 0 & - \end{pmatrix}$	3		—	—	—	—	—
	3	$\begin{pmatrix} 0 & 1 & - \\ 0 & 1 & - \\ 0 & 1 & - \end{pmatrix}$	4		—	—	—	—	—
1	2	$\begin{pmatrix} 1 & 1 & - \\ 0 & 0 & - \\ 0 & 0 & - \end{pmatrix}$	5			rot <sub>yy</sub> (5,2)	rot <sub>z</sub> (5,2)	rot <sub>x</sub> (5,2)	
	3	$\begin{pmatrix} 1 & 1 & - \\ 0 & 1 & - \\ 0 & 0 & - \end{pmatrix}$	6			rot <sub>yy</sub> (6,2)			
	4	$\begin{pmatrix} 1 & 1 & - \\ 0 & 1 & - \\ 0 & 1 & - \end{pmatrix}$	7			rot <sub>zzz</sub> (7,2)	rot <sub>yyy</sub> (7,3)	—	
	5	$\begin{pmatrix} 1 & 1 & - \\ 1 & 1 & - \\ 0 & 0 & - \end{pmatrix}$	8			rot <sub>yy</sub> (8,2)		rot <sub>xx</sub> (8,4)	
2	5	$\begin{pmatrix} 1 & 1 & - \\ 1 & 1 & - \\ 0 & 1 & - \end{pmatrix}$	9			rot <sub>zzz</sub> (9,2)	rot <sub>zzz</sub> (9,4)	—	
	3	$\begin{pmatrix} 1 & 1 & - \\ 1 & 1 & - \\ 1 & 1 & - \end{pmatrix}$	10			rot <sub>yy</sub> (10,2)	rot <sub>z</sub> (10,2)	rot <sub>x</sub> (10,2)	

Abbildung 2.2-9: Konstruktionskatalog der möglichen Elementenpaarung mit zwei Teilen, dargestellt durch die Schluß- Matrix und durch Skizzen für eine Realisierungsvariante nach [9] Bild 9.5

## 2.3 Allgemeines zur xKBE

So wie in Kapitel 1.1 beschrieben, soll das zu entwickelnde Softwaretool über einen wissensbasierten Ansatz zur Erstellung von Konzepten in der Intralogistik (Stetigförderer) verfügen. Auf diesem Gebiet des Knowledge-based Engineering existiert bereits ein breiter Informationsstand am Institut für technische Logistik, welcher in den folgenden Kapiteln beschrieben werden soll.

Knowledge-based Engineering (KBE) ist eine bewährte Methode in der Entwicklung von Komponenten und Maschinen. KBE verbindet den Computerunterstützten Design Prozess (CAD) unter zu Hilfenahme von Regeln, Formel und Datenbanken. So ist es möglich, einen automatisierten oder halb automatisierten Design-Prozess zu erstellen. KBE versucht, alle verfügbaren Informationen eines Produkt- Lebenszyklus wiederverwendbar zu sammeln. Es ist eine Technologie, die in der Lage ist, Fähigkeiten herkömmlicher Wissensbasierter Systeme mit Computerunterstütztem Design und Engineering zu verschmelzen. Daher muss es eine Mischung aus künstlicher Intelligenz, CAD, Maschinenbau-Know-how und Software-Engineering in seiner anspruchsvollsten Form sein [10].

Die bekannten Vorteile sind im Allgemeinen Zeit- und Kostenreduzierung und eine bessere Qualität. KBE ist für die Entwicklung von Varianten und für schnelle Detailänderungen einsetzbar. Dies sind typische Aufgaben in der Gestaltung im Bereich des Material handling Equipments. Der Fokus bewegt sich von den Komponenten hin zum Equipment. Nicht nur die Entwicklung, sondern das System-Design wird dadurch in den Vordergrund gestellt. Technische Lösungen in Logistik-Systemen sind das Ergebnis von Kombinationen der Transportvorrichtungen, Lagerung, Kennzeichnung und Handhabung [10].

Technische Systeme der Logistik werden vor allem von Kapazität und Durchsatz bestimmt, um falls notwendig, eine insgesamt optimale Dimensionierung zu erhalten. Zum Beispiel wird ein automatisiertes Storage-Retrieval-System (AS / RS oder Regalbediengerät) Design durch die Bedürfnisse der Kapazität und des Durchsatzes beeinflusst. Die Anzahl der Gänge, sowie die Größe des Racks und der Gänge, unterliegen nicht einem kreativen Design, sondern sind von Regeln und Formeln abhängig. Auch der prinzipielle Aufbau einer Sortieranlage, wie die Anzahl der Zusammenführungen, die Anzahl der Anschlüsse oder die Längen des Förderers, kann mit Hilfe eines Knowledge-based Systems voll- oder halbautomatisch entwickelt werden. In diesem Fall ist der Begriff Knowledge-based Layouting (KBL) zutreffender als KBE [10].

### 2.3.1 Von KBE zu Extended- KBE (xKBE)

In diesem Kapitel wird der KBx Ansatz auf eine neue Art und Weise, wie man Daten, Informationen und Wissen für ein automatisiertes Design sammelt und verwendet beschrieben. Dies geschieht vor dem Hintergrund einer Einführung in die xKBE- App [10].

### 2.3.2 KBE Systeme

Auf der einen Seite gibt es innerhalb der CAD- Umgebung integrierte KBE Systeme, auf der anderen Seite, aus der Raumfahrt- und Automobilindustrie, „full KBE“ Systeme (realisiert über objektorientierte spezielle Software-Tools). Verschiedene Methoden wurden entwickelt, um KBE-Technologien in der Entwicklung zu implementieren, aber wenige von ihnen waren erfolgreich. Der Einsatz und das Know-how von KBE-Entwicklungen ist ein empfindliches Thema, weshalb große Unternehmen ihre Strategien nicht veröffentlichen [10].

### 2.3.3 Augmented CAD-KBE

Augmented CAD-KBE wird in vielen verschiedenen CAD-Umgebungen verwendet und hat verschiedene Anwendungsbereiche. Bekannte Produkte sind Knowledge Ware innerhalb von CATIA und Knowledge Fusion innerhalb von NX. Dies bietet Vorteile im Bereich des halbautomatischen Designs. Dadurch gibt es keine komplexen Datenschnittstellen zwischen den verschiedenen Softwareumgebungen. Des Weiteren ist der Konstrukteur der Experte für KBE-Entwicklungen, da er ein besseres Verständnis hat und die Anforderungen an die KBE-Lösung besser als ein Software-Ingenieur kennt. Alle Ansätze haben einige teilweise negative Eigenschaften [10]:

- Keine vollständige generative Modellierung und daher aufwändige manuelle Einstellung.
- Kein Nutzen außerhalb der KBE Sprache und daher nicht Web-basierende Frameworks.
- Viel Mühe und Bearbeitung "unfreundlicher" Skriptsprachen.
- Sie bewerkstelligen nur eine bessere „Eselsarbeit“, sind aber für neue Technologien nicht reaktiv.

Neben all diesen einschränkenden Faktoren ist es immer eine Entscheidung unter Berücksichtigung des intellektuellen und monetären Aufwands, welche Funktionen „must haves“ und welche komplementär sind. Eine Investition in ein „full KBE System“ wird momentan nur noch im Automobil-und Luftfahrt-Sektor gesehen [10].

### 2.3.4 Full-KBE - die MOKA-Methode

„Full“-KBE-Systeme arbeiten, wie hoch entwickelte objektorientierte Software-Programme, die Wissen anwenden, um Prozesse durch den Einsatz verschiedener Visualisierungs-Tools zu entwerfen. Die Systeme müssen den Verlauf des Designs durch Einsatz verschiedener Prüffregeln automatisch finden. Um Abhängigkeiten und Beziehungen zu visualisieren wird eine hierarchische Baumstruktur verwendet [10].

Die Funktionalität des KBE-Entwicklungsprozesses und die wichtigsten Schritte, werden nach der Methodik und den Werkzeugen der KBE Anwendungen beschrieben. MOKA ist eine standardisierte Methode aus den späten 1990er Jahren, um Lieferzeiten und Kosten der KBE-Entwicklung zu reduzieren und bietet eine Methodik für die Entwicklung und Pflege von KBE-Systemen.

Es wird in sechs Phasen gegliedert [10]:

- Identifizieren:  
Definition von Umfang und Zweck der KBE mit Beurteilung der technischen Machbarkeit
- Begründung:  
Beurteilung des Risikos, Schätzung von Kosten und Ressourcen und Entwicklung von Business- Fällen
- Erfassung:  
Wissenserwerb von Experten um ein informelles Modell als strukturierte Darstellung von Formularen zu erstellen. Dieses informelle Modell kann verwendet werden, um ein Wissensmanagement (KM) zu schaffen und teilt sich in ein informelles Produkt-Modell und ein informelles Prozess-Modell, welches die Aktivitäten der Konstrukteure und alle Regeln der einzelnen Phasen erfasst.
- Formalisieren:  
Nutzt das informelle Modell aus dem Aufnahmeprozess. Um ein formales Modell zu erstellen, ist es notwendig, eine grafische, objektorientierte Darstellung des Ingenieurwissens eine Ebene über dem Anwendungs-Code zu verwenden. Das formale Produkt-Modell legt die Kenntnisse der Eingaben des informellen Modells mit unterschiedlichen Ansichten und Schwerpunkt auf Struktur, Funktion, Verhalten, Technologie und geometrischer Darstellung dar. Das Design-Prozess-Modell ist der Prozessablauf des KBE-Systems, unter Berücksichtigung der Einschränkungen des Betriebssystems und der verschiedenen Spezialisten die in den Prozess eingebunden sind.
- Paket:  
Darunter versteht man generieren, testen und debuggen des Codes der formalen Modelle.
- Aktivieren:  
Darunter versteht man die Verteilung des KBE- Systems an die End-User.

Ohne weitere Beschreibungen sollen neben MOKA noch andere Methoden erwähnt werden. Diese sind KOMPRESSA von der Coventry Universität, KNOMAD und DEE von der Technischen Universität Delft [10].

### 2.3.5 Der KBx Ansatz und die xKBE-Methodik

Um KBE erfolgreich einzusetzen, ist es notwendig zwischen den verschiedenen Graden der Automatisierung des Designs zu unterscheiden [10].

- Engineering (KBE)
- System Design (KBSD)
- Layouting (KBL)

<b>KBx</b>			
Knowledge-based engineering approaches at different detail design levels			
	<b>KBE</b> Knowledge Based Engineering	<b>KBSD</b> Knowledge Based System Design	<b>KBL</b> Knowledge Based Layouting
<b>scope of automated engineering</b>	components, parts, machines	machines and systems	systems
<b>functions</b>	full automated (detail) design of parts and subassemblies	full automated master and layout design of assemblies and systems, specification of machinery	full automated layouting of systems, specification of systems
<b>use for</b>	- customizing machinery - tailored products - product families	- dimensioning motors - defining interfaces - CAD top-down design - CAE models (structural, dyn.)	- space requirements - early cost estimation (bidding) - drafting bill of material
<b>CAD domain</b>	detail geometry models	reduced geometry for CAE	shrink wrap geometry for layout
<b>data, information and knowledge sources</b> <small>(beside employee know how and workflows)</small>	- standards, best practice - production facilities - manufacturer data <b>engineering theory</b>	- standards, best practice - supplier and engine data <b>eng. and mechanics theory</b>	- standards, best practice - manufacturer database - customer rel. management <b>logistics theory</b>
<b>practical applic.</b>	wire rope drum chapter 3.1	AS/RS chapter 3.2	HRL-tool chapter 3.3
<b>xKBE</b>	web services, online databases, knowledge management systems		
<b>2.0 knowledge sources</b>	wikis, semantics		
<b>2.0 technologies</b>	tagged standards and technical docs, relation matrices (chapter 4)		
<b>practical applic.</b>	tagged standards and technical docs, relation matrices (chapter 4)		

Abbildung 2.3.5-1:KBx-definitions nach [10] Table 1

## 2.4 Datenerfassung des Themengebietes

Da wie in Kapitel 1.1 die Intralogistik für diese Diplomarbeit auf das Gebiet der Stetigförderer eingeschränkt ist, soll nun im Folgenden diese Thematik näher beleuchtet werden.

Stetigförderer sind definiert als kontinuierlich, während eines längeren Zeitraumes arbeitende Förderer für Schütt- und Stückguttransport. Im Falle von getakteten bewegten Fördermitteln wie z.B. Montagebänder trifft diese Definition ebenfalls zu [11].

Stetigförderer stellen in vielen Fällen durch ihren einfachen Aufbau, die hohe Betriebsfestigkeit, den geringen Bedienungsaufwand und das Vermögen große Mengen zu befördern eine geeignete Lösung für Förderaufgaben dar. Darüber hinaus sind Stetigförderer mit relativ geringem Aufwand automatisierbar [12]. Eine grobe Einteilung der Stetigförderer liefert das Werk Fördertechnik 2 wie in Abb. 2.4-1 zu sehen ist.

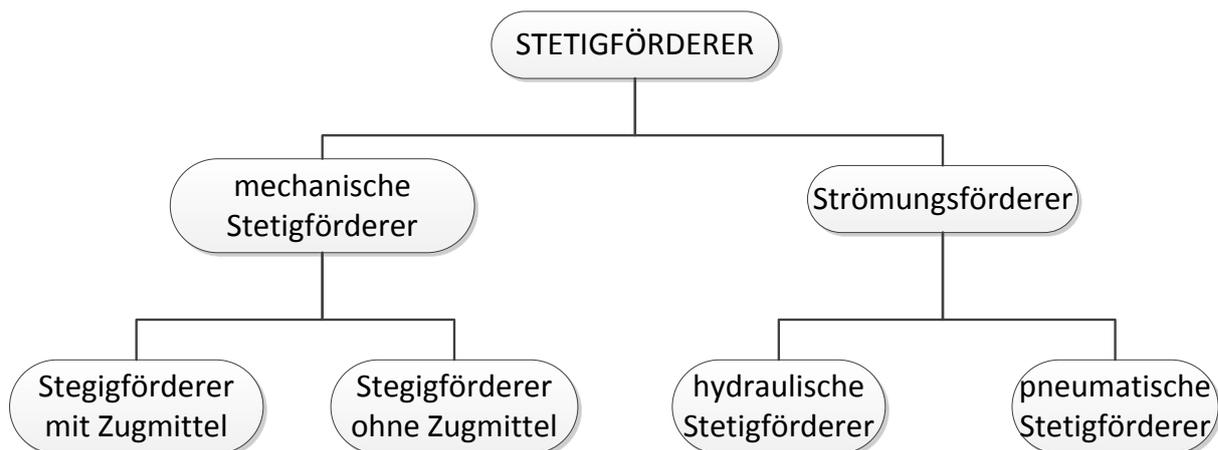


Abbildung 2.4-1: Einteilung der Stetigförderer nach funktionalen Gesichtspunkten nach Abb. 6.1 [20]

### 2.4.1 Aufgaben der Fördersysteme

Die Fortbewegung oder Ortsveränderung von Gütern mit technischen Mitteln in einem räumlich begrenzten Gebiet (z.B. innerhalb eines Betriebes oder Werkes) wird als Fördern bezeichnet. Weiters wird das Fördern von Gütern innerhalb von Materialflusssystemen als Intralogistik bezeichnet [12].

In der Fördertechnik sind einige wesentlichen Begriffe wie folgt festgelegt ([12], [13]):

- „Fördern: Fördern das Fortbewegen von Arbeitsgegenständen oder Personen in einem System“ [13]

- „Fördertechnik: Das Fortbewegen von Gütern in beliebiger Richtung über begrenzte Entfernungen durch technische Hilfsmittel sowie die Ortsveränderung von Personen, soweit diese nicht in den Bereich der Verkehrstechnik fällt, einschließlich der Lehre der Fördermittel selbst“ [13]
- „Fördermittel: Oberbegriff für alle mechanischen Hilfen für das Fördern“ [13]
- „Quelle: beschreibt den Aufkommensort eines Transportbedarfes, d.h. den Ursprung eines Fördervorgangs.“ [12]
- „Senke: Beschreibt den Zielort eines Transportes und damit das Ende eines Fördervorgangs.“ [12]
- „Förderanlagen: Fördermittel mit örtlich begrenztem Arbeitsbereich“ [13]
- „Fördergutstrom: Fördermenge, die eine bestimmte Station oder einen bestimmten Bereich in der Zeiteinheit durchläuft“ [13]

Förderprozesse werden durch die unterschiedlichen Fortbewegungen des Fördergutes charakterisiert. Die die Förderprozesse bewirkenden Fördermittel sind durch ihre Förderleistung gekennzeichnet wie etwa durch den Massen- oder Fördergutstrom. In Abhängigkeit von der Fortbewegung des Gutes unterscheidet man zwischen einem kontinuierlichen Fördergutstrom (Schüttgut auf Steigförderern), einem diskret kontinuierlichen Fördergutstrom (Stückgut auf Steigförderern) und einem unterbrochenen, diskreten Fördergutstrom (Schütt- oder Stückgut auf Unstetigförderern) [12].

In dieser Arbeit werden lediglich diskret kontinuierliche Fördergutströme betrachtet.

„In vielen Bereichen der Materialflusstechnik kommen zusammengesetzte Systeme zum Einsatz, in denen die Fördertechnik verschiedene Aufgaben erfüllt. Sie kann Teil eines Verpackungs-, Lager-, Handhabungs-, Umschlags-, Kommissionier Systems, eines Produktionssystems oder eines anderen technologischen Prozesses sein. Gleichzeitig werden beispielsweise Handhabungs- oder Umschlagsfunktionen in Fördersysteme integriert. Eine klare Abgrenzung zwischen diesen Bereichen ist aufgrund des stark integrativen Charakters der Teilaufgaben eines Fördersystems nicht immer möglich“ [12].

## 2.4.2 Systematik der Fördermittel

Um ein Softwaretool zum Zwecke der Entwicklungsmethodik in der Intralogistik (Stetigförderer) aufbauen zu können, muss das Themengebiet nach ordnenen Gesichtspunkten aufgeschlüsselt werden.

Um Fördermittel zu klassifizieren werden meist Bauformen (technischer Aufbau des jeweiligen Gerätes) berücksichtigt. Eine andere Möglichkeit besteht in der Gliederung nach Leistungsmerkmalen wie Förderstromcharakteristika und Förderleistungen. Wesentlicher Nachteil dieser Darstellungen ist das eingeschränkte Sichtfeld. Mehr- Ebenen- Modelle im Sinne der klassischen Konstruk-

tionssystematik können diesbezüglich Entscheidungspfade zur Auswahl adäquater Fördermittel einsichtig aufschlüsseln (Abbildung 2.4.2-1) [12].

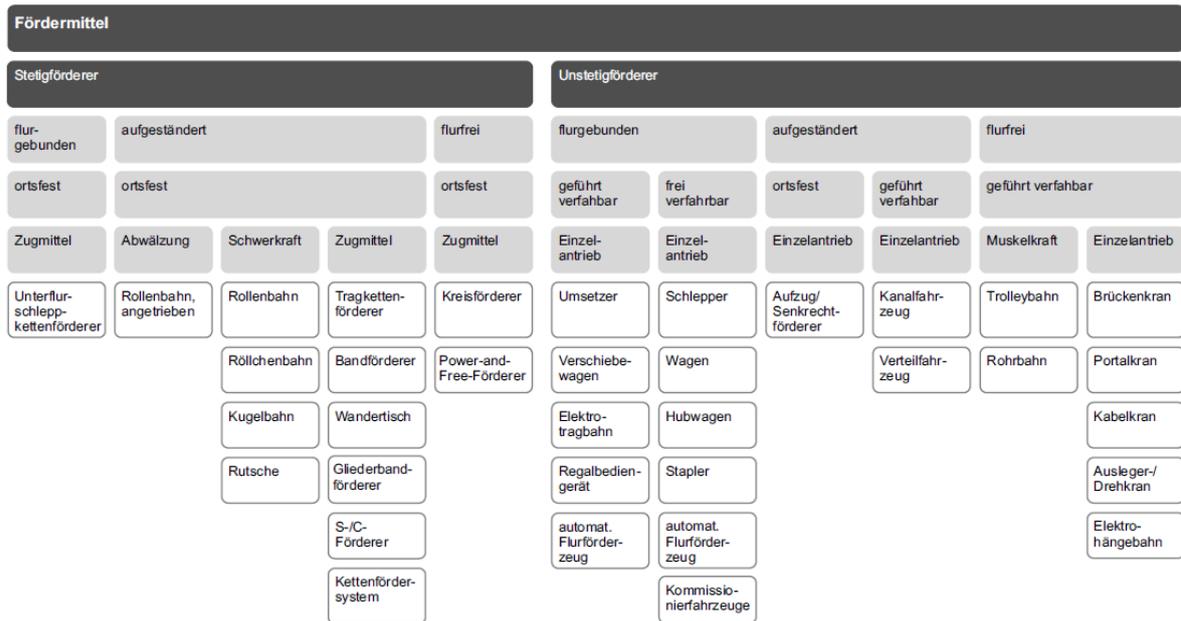


Abbildung 2.4.2-1: Systematik der Fördermittel für die Stückgutförderung nach [12] Abbildung 4.3

Grundlegende Unterscheidungsmerkmale [12]:

- **Kontinuität:**
  - Kontinuierlicher Förderergutstrom (Schüttgut auf Stetigförderern)
  - Diskret kontinuierlicher Förderergutstrom (Stückgut auf Stetiförderern)
  - Unterbrochener, diskreter Förderergutstrom (Schütt- oder Stückgut auf Unstetigförderern)
  
- **Arbeitsebene:**
  - **Flurgebunden:**  
Die Verkehrswege werden am Boden genutzt oder über Einrichtungen verfahren, die im Boden eingelassen sind. (z.B. Unterflur-Schleppkettenförderer). Der Boden ist dabei sowohl Verfahrebene als auch Förderebene. Im Normalfall gibt es keine Hindernisse für andere Fördermittel.
  - **Aufgeständert**  
Damit bezeichnet man Fördermittel, welche sich in definierter Höhe über dem Boden befinden. Die Abstützung erfolgt zum Boden. Das Fördergut befindet sich in der Regel oberhalb des Fördermittels (z.B. Bandförderer). Dabei handelt es sich um ortsfeste Einrichtungen welche ein Hindernis für andere Fördermittel und Personen darstellen.
  - **Flurfrei**  
Diese Fördermittel sind an der Hallendecke befestigt (z.B. Kreisförderer, Schleppkreisförderer). Dabei liegt die Förderebene oberhalb der eigentlichen Arbeitsebene. Flurfreie Fördermittel sind zwar ortsfest, stellen jedoch in der Regel keine Hindernisse dar.

- **Bedienraum**  
Der Bedienraum wird durch die möglichen und nicht gesperrten Bewegungsachsen der Fördermittel beschrieben. Der Grad der Beweglichkeit ist ein Kriterium zur Beurteilung der Fördermittel hinsichtlich ihrer Flexibilität und Hindernisbildung.
  - Ortsfest (z.B. Bandförderer)
  - Geführt verfahrbar (z.B. Regalbediengeräte)
  - Frei verfahrbar (z.B. Schlepper, Stapler)
  
- **Antriebsart**  
Stetigförderer werden im Allgemeinen mit Motorischem Antrieb (meistens Elektromotoren) angetrieben. Nachfolgend sollen die grundsätzlichen Antriebsarten aufgelistet werden.
  - Motorischer Antrieb
  - Schwerkraftantrieb (z.B. kurze Verbindungsbahnen, parallele Stichbahnen zur Pufferung)
  - Muskelkraftantrieb
  
- **Kraftübertragung**  
Darunter versteht man das die Bewegung erzeugende Wirkprinzip als Kriterium mit den folgenden Arten
  - Abwälzung
  - Oszillation (nur für Schüttgut von Bedeutung)
  - Schwerkraft
  - Fördermedium
  - Zugmittel
  
- **Verhalten Fördermittel**  
Dies ist bei der Lastübergabe und bei Umschlagvorgängen von Bedeutung und wird gegliedert in
  - Aktiv  
Ein Fördermittel ist aktiv, wenn es mit seiner integrierten Lasttragfunktion einen eigenständigen Lastwechsel durchführen kann. Eine stetige Arbeitsfunktion kann für eine aktive Übergabe genutzt werden.
  - Passiv  
Für automatisierte Lastübergaben werden zusätzliche Einrichtungen wie Greifvorrichtungen oder Ausschleuser benötigt.

Aus den oben erwähnten Unterscheidungsmerkmalen ist es sinnvoll eine begrenzte Auswahl so zu treffen, um einerseits das Softwaretool nicht zu überladen und andererseits das Tool zielgebunden zu gestalten. Das bedeutet, dass Unterscheidungsmerkmale wie Kontinuität, Antriebsart und die Art der Kraftübertragung als ordnende Gesichtspunkte herangezogen werden können. Das Unterscheidungsmerkmal Arbeitsebene kann in die Bezeichnung der einzelnen

Stetigförderer als Teil des Namens (z.B. Hänge-Schleppkreisförderer, Unterflur-Schleppkettenförderer) direkt einfließen. Das Verhalten der Fördermittel wird in dieser Arbeit jedoch nicht behandelt.

Weiters werden die Stetigförderer laut VDI Richtlinie 4440 Blatt 1-6 folgendermaßen untergliedert.

- Bandförderer [14]
  - Gurtförderer
  - Kurvengurtförderer
  - Teleskopgurtförderer
  - Stahlbandförderer
  - Kunststoff-Gliederbandförderer
  - Drahtgurtförderer
  - Riemenförderer
- Kettenförderer [15]
  - Plattenbandförderer
  - Schuppenbandförderer
  - Kippschalensortierförderer
  - Quergurtsortierförderer
  - Schuhsortierförderer
  - Schleppkettenförderer
  - Tragkettenförderer
  - Staukettenförderer
  - Schaukel/ Pendelförderer
- Rollen- und Kugelbahnen [16]
  - Rollenbahn- angetrieben
  - Rollenbahn- nicht angetrieben
  - Röllchenbahn
  - Schlepprollenförderer
  - Staurollenförderer (Stauröllchenförderer)
  - Kugelbahn und Allseitenrollen
- Plattformträger [17]
  - Schubplattform (SPF)
  - Elektropaletten-/ Elektrotragbahn (EPB/ ETB)
  - Spurgeführtes Transportsystem (STS)
  - Inverted Power & Free (IPF)
- Hängeförderer [18]
  - Kreisförderer
  - Schleppkreisförderer P&F- Förderer
  - Schleppzugförderer
  - Schleppgurtförderer
  - Seilhängebahn
  - Elektrohängebahn (EHB)

- Vertikalförderer [19]
  - Etagenförderer
  - Umlauf- S- Förderer
  - Rutschen

### 2.4.3 Bandförderer

In Kapitel 4 wird ein Datenbankbeispiel anhand eines Bandförderers exerziert. Aus diesem Grund wird auf die Grundlagen der Bandförderer laut VDI- Richtlinie 4440 [14] eingegangen. Die Methodik der Konzepterstellung mit Hilfe des Softwaretools kann selbstverständlich auf alle in der Intralogistik verwendeten Förderarten umgelegt werden.

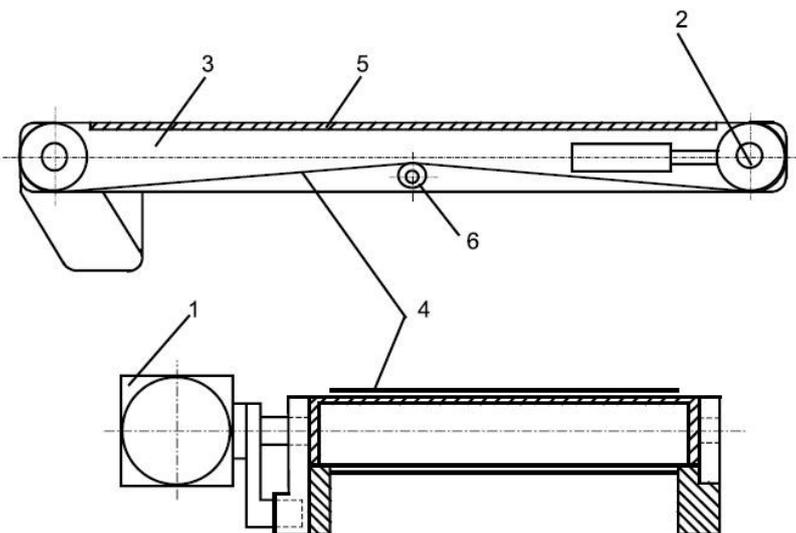


Bild 2. Prinzipdarstellung Gurtförderer

- |                       |                  |
|-----------------------|------------------|
| 1 Antriebsstation     | 4 Fördergut      |
| 2 Umlenk-Spannstation | 5 Gleitunterlage |
| 3 Bandkörper          | 6 Stützrolle     |

Abbildung 2.4.3-1: Prinzipdarstellung Gurtförderer nach [15]



Abbildung 2.4.3-2: Gurtbandförderer Fa. ALFOTEC GmbH



Abbildung 2.4.3-3: Gurtförderer TSUBAKI\_KABELSCHLEPP GmbH

Gurtförderer werden für den Transport auf waagrechten und geneigten Ebenen verwendet. Dabei wird der Fördergurt, der als Tragmittel und Zugorgan dient, über Trommeln geleitet. Beim Transport auf einer schiefen Ebene, soll im Allgemeinen ein Steigungswinkel von  $30^\circ$  nicht überschritten werden. Wie in Abbildung 2.4.3-1 ersichtlich, besteht ein Gurtförderer prinzipiell aus Antriebsstation, Umlenk- Spannstation, Bandkörper, Fördergurt, Gleitunterlage bzw. Rollen, Stützrollen, Schutzverkleidungen, elektrischer Installation, eventuell Abstreifer und Gurtreinigungsvorrichtung. Mit einer oder mehreren Antriebstrommeln wird die Antriebskraft durch Reibung zwischen Gurt und Trommel übertragen. Der Antrieb besteht meistens aus Elektromotoren welche in vielen Fällen mit einem Untersetzungsgetriebe angeordnet werden. Bei steigender, bzw. fallender Förderung wird der Antrieb selbsthemmend mit Rücklaufsperre oder mit Bremse ausgeführt. Die Spannstation dient dazu, um dem Gurt vorzuspannen. Dies kann entweder mittels Gewichtsbelastung oder durch Spindelspannung erfolgen. Bei langen Gurtförderern wird das Leertrum zur Gurtspannung über eine Einschnürrolle geführt bzw. über zwei zusätzliche Rollen schleifenförmig umgelenkt [14].

Voraussetzungen für den Geradlauf des Transportbandes sind [14]:

- richtige Gurtspannung
- eine fluchtende Gurtverbindung an der Klebestelle
- rechtwinklig zur Förderrichtung angeordnete Umlenk- Spann- und Einschnürtrommeln sowie Stützrollen im Ober- bzw. Untertrum
- saubere Stützrollen bzw. Gleitunterlagen

Ein besserer Geradlauf des Gurtes wird durch leicht ballige oder trapezförmig ausgeführte Antriebstrommeln erzielt. Tragrollen bestehend aus Stahl- oder Kunststoffrohr mit beidseitig eingepressten Böden zur Aufnahme der Wälz- oder Gleitlager [14].

### 2.4.4 Berechnungsgrundlagen

Da lt. Kapitel 1.1 das Softwaretool auch über die Möglichkeit einfacher Berechnungsgrundlagen verfügen soll, werden diese in diesem Kapitel behandelt. Die im Folgenden verwendeten Berechnungsgrundlagen stützen sich auf die Fachliteratur Martin-Römisch-Weidlich [11]. Es werden die Berechnungen für Stückgut herangezogen.

$$\dot{m}_{St} = \frac{v}{l_a} \quad (1)$$

$$\dot{m} = \frac{m}{l_a} v \quad (2)$$

$\dot{m}_{St}$	Stückstrom (z.B. in Stück/h)
$\dot{m}$	Massenstrom
$m$	Masse eines zu fördernden Einzelstückes
$l_a$	Abstand (Teilung) der Einzelstücke im Förderstrom
$v$	Band- bzw. Kettengeschwindigkeit

$$F_{WH} = m_{lG} g h \quad (3)$$

$$m_{lG} = \frac{\dot{m}}{v} \quad (4)$$

$F_{WH}$	Hubwiderstand
$m_{lG}$	auf die Längeneinheit bezogene Gutlast (z.B. in kg/m)
$\dot{m}$	Massenstrom
$g$	Fallbeschleunigung
$h$	Förderhöhe (Höhendifferenz zwischen Gutaufnahme und -abgabe)

$$F_{WR} = \mu_{ges} l g (m_{lF} + m_{lG}) \quad (5)$$

$F_{WR}$	Reibungswiderstand
$l$	Horizontalprojektion der Förderlänge
$m_{lF}$	Auf die Längeneinheit bezogene Eigenlast der Bauteile des Förderers, die Reibungskräfte erzeugt (z.B. in kg/m)
$\mu_{ges}$	Gesamtreibungszahl
$g$	Fallbeschleunigung
$m_{lG}$	auf die Längeneinheit bezogene Gutlast (z.B. in kg/m)

$$F_W \hat{=} F_U = \mu_{ges} l g (m_{lF} + m_{lG}) \pm m_{lG} g h \quad (6)$$

$F_W$	Gesamtwiderstand
$F_U$	Umfangskraft im Zugmittel
„+“	Bei Aufwärtsförderung
„-“	Bei Abwärtsförderung
$\mu_{ges}, l, g, h, m_{lF}, m_{lG}$	siehe Gleichungen 1 bis 5

$$P_N \hat{=} P_V = \frac{F_U v}{\eta} \quad (7)$$

- $P_N$  Nennleistung
- $P_V$  Vollastbeharrungsleistung
- $v$  Band- bzw. Kettengeschwindigkeit
- $\eta$  Wirkungsgrad des Antriebs

## 3 Konzept

Wie schon in den Kapiteln 2.1 und 2.2 beschrieben, existiert eine allgemeine Herangehensweise in der Entwicklungsmethodik. Ein Problem in der Umsetzung von Entwicklungsprozessen ist die Akzeptanz der jeweiligen Entwickler nach einem gewissen Schema vorzugehen. Daher rührt die Idee, ein Softwaretool aufzubauen, um die allgemeinen Entwicklungsrichtlinien zu beachten, ohne dass die jeweiligen Entwickler bewusst einem derartigen Prozess Folge leisten. Um grundsätzlich zu definieren welche Anwendungen in einem derartigen Tool wichtig sind, werden in einem ersten konzeptionellen Schritt Use-Cases definiert. Diese sollen im Anschluss mit Hilfe von Aktivitätsdiagrammen konkretisiert werden. Im letzten konzeptionellen Schritt soll eine Auswahl über das zu verwendende Software-Entwicklungstool getroffen werden.

### 3.1 Struktur zur Datenspeicherung

In Abbildung 3.1-1 ist die Konzeptstruktur des Softwaretools dargestellt. Diese wird herangezogen, um die nachfolgenden ER-Modelle in Kapitel 4.1 zu erstellen. Gefordert wird eine Struktur, in der ein Projekt mehrere Segmente mit den jeweiligen Versionen beinhalten kann. Die Segmente stellen einzelne modulare Abschnitte einer Förderstrecke dar und werden durch die Funktionsbausteine Fördertechnik, Antrieb, Regelung und Sensorik definiert. Die Regelung soll darin ein Unterfunktionsbaustein des Antriebes und die Sensorik ihrerseits ein Unterfunktionsbaustein der Regelung sein. Alle Funktionsbausteine sollen zusätzlich mit Informationen und Parametersätzen versehen werden.

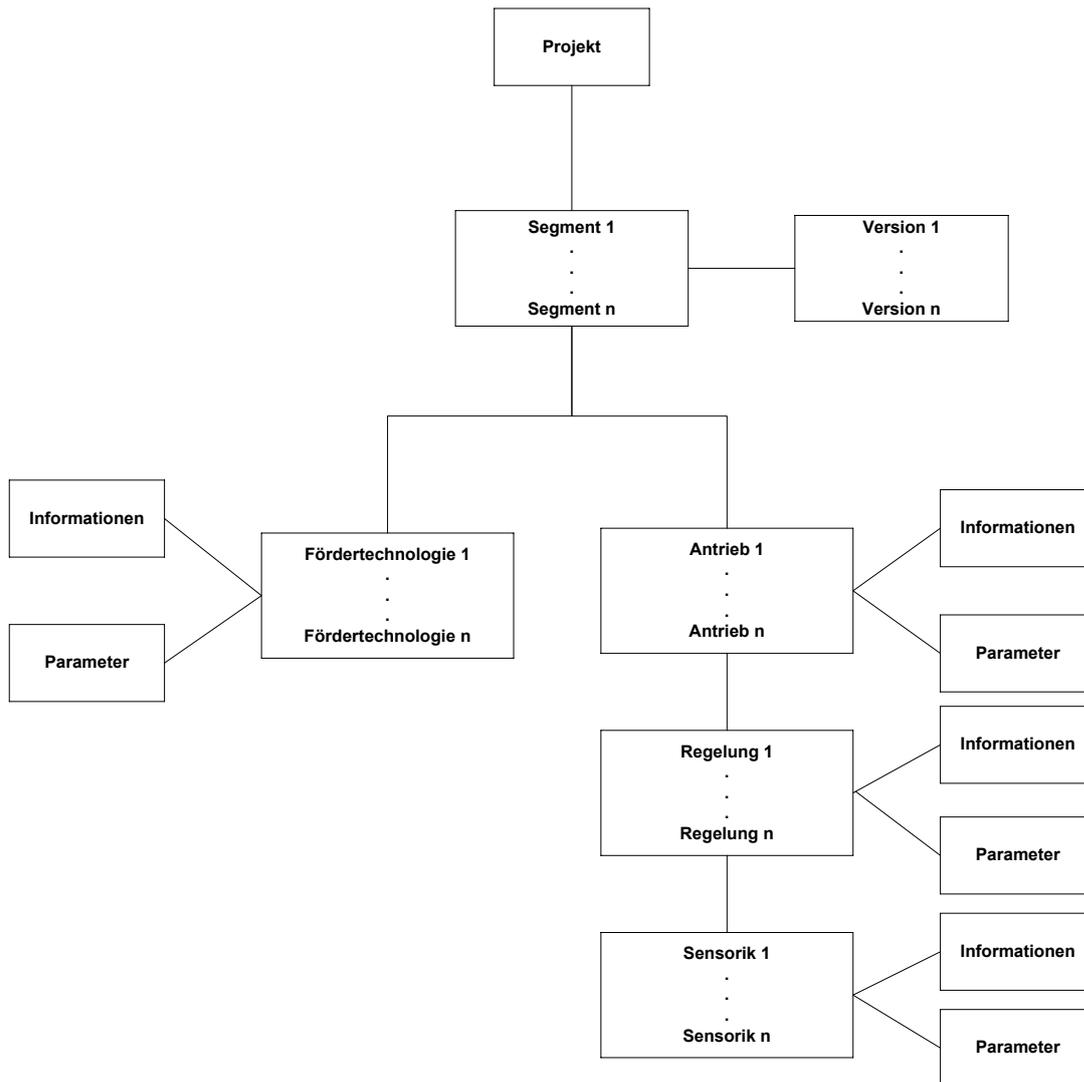


Abbildung 3.1-1: Struktur zur Datenspeicherung

## 3.2 Use Case Diagramme

Wie in 1.1 soll dieses Softwaretool dazu dienen um Entwicklungskonzepte im Bereich der Stetigförderer auf einem wissensbasierten Ansatz zu konfigurieren. Dazu ist es nötig bestehende Förderstrecken zu analysieren, in der Software abzulegen um diese Informationen für weitere Neuentwicklungen bereit zu stellen. Darüber hinaus sollen einfache Grundberechnungen, Entwicklungsvarianten und dementsprechende Berichte zur Entscheidungsfindung enthalten sein. Die Auswahl der einzelnen Punkte in der Konfiguration geschieht dabei über voneinander abhängige Kombinationen, um die Lösungsmöglichkeiten anhand der vorher getroffenen Entscheidungen auf ein sinnvolles Maß zu beschränken. Das bedeutet, dass nicht jeder beliebige Förderer konfiguriert werden kann. Die einzelnen Abschnitte zur Erstellung der Förderstrecke (nachfolgend als Segment bezeichnet) können dann im Weiteren zu einem Projekt zusammengefügt werden.

Im Folgenden sollen verschiedene Anwendungsfälle, in Form von Use Cases beschrieben werden. Dies erfolgt schrittweise in einer tabellarischen Darstellung zur Beschreibung des Anwendungsfalles mit anschließender Darstellung in

UML (Universal Modeling Language) Notation. Zum Abschluss wird jedes Use Case mit einer möglichen Darstellung eines Userinterfaces unterstützt.

### 3.2.1 Use Case Projekt anlegen

Die Software soll ja wie Eingangs in Kapitel 1.1 beschrieben über die Fähigkeit verfügen Projekte im Sinne von Stetigförderern in der Intralogistik anzulegen. Dieser Schritt ist administrativer Natur und schafft die datentechnische Infrastruktur um bereits existierende Fördermittel eindeutig einem bestimmten Projekt zuzuordnen. Das soll nur möglich sein, wenn bereits die benötigten Segmente zur Erstellung der Förderstrecke in einer geeigneten Datenstruktur vorliegen. Sollten diese Segmente noch nicht in geeigneter Form existieren, müssen sie erst angelegt werden.

Name Use Case	Neues Projekt erstellen
Zielbeschreibung	Ein User möchte ein neues Projekt anlegen
Akteure	User, Datenbank, Kunde
Esenzielle Schritte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. User öffnet Datenbank</li> <li>2. User erstellt ein neues Projekt (Projektnummer, Bezeichnung)</li> <li>3. User erstellt Zielbeschreibung</li> <li>4. User weist ein oder mehrere Segmente hinzu</li> <li>5. User weist Anzahl der einzelnen Segmente zu</li> <li>6. User weist den Segmenten Positionsnummern zu</li> </ol>
Erweiterung	<ol style="list-style-type: none"> <li>2a. User stellt fest, dass das benötigte Projekt bereits besteht</li> <li>2b. User kann bestehendes Projekt einsehen oder editieren</li> <li>3a. User stellt fest, dass das benötigte Segment nicht zur Verfügung steht</li> <li>4a. User legt neues Segment an</li> <li>5a. Anzahl wird manuell festgelegt</li> <li>6a. Positionsnummern werden manuell festgelegt und editiert z.B.: Position 1 und 3</li> </ol>

Tabelle 3.2.1-1: Use Case Projekt anlegen

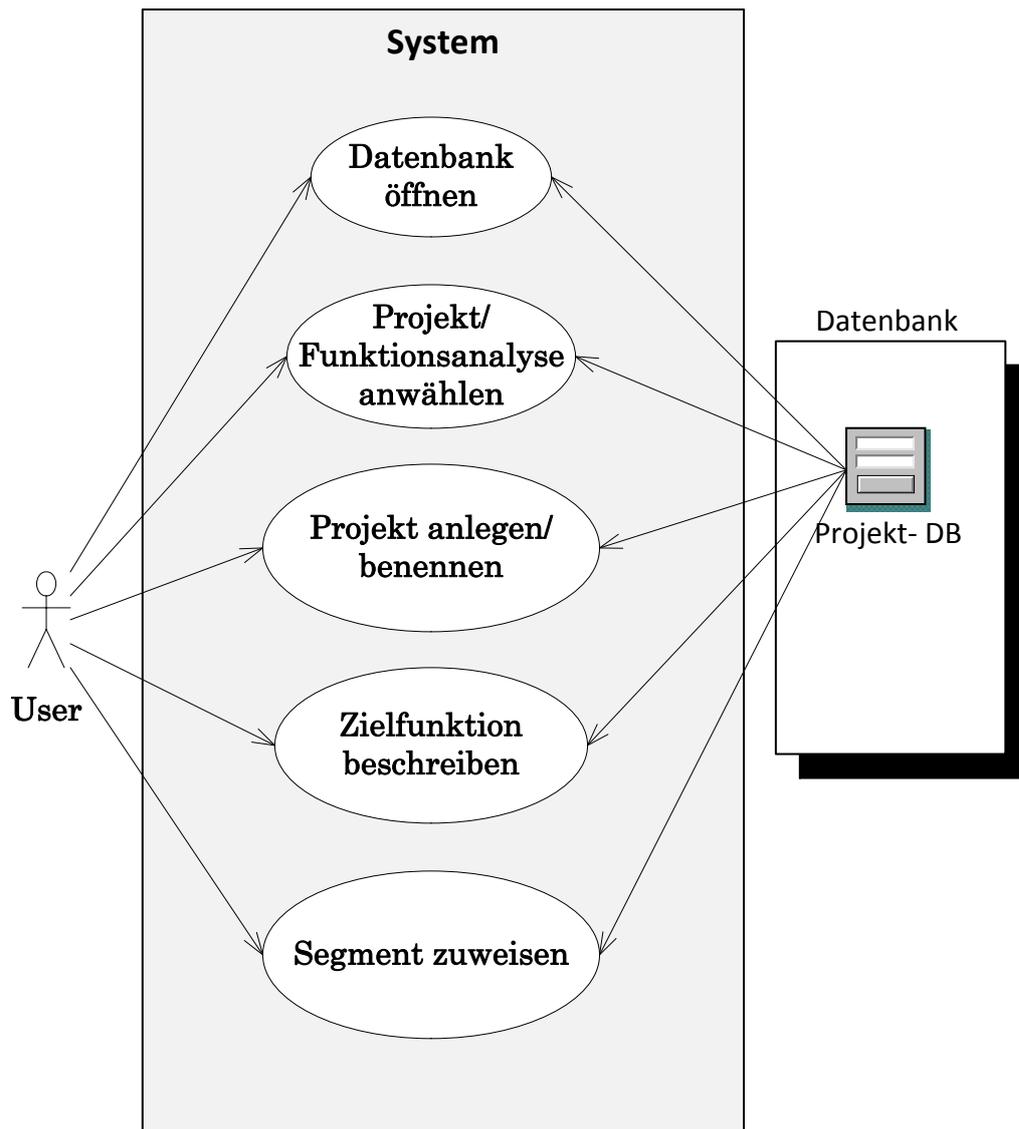


Abbildung 3.2.1-1: Use Case Projekt anlegen

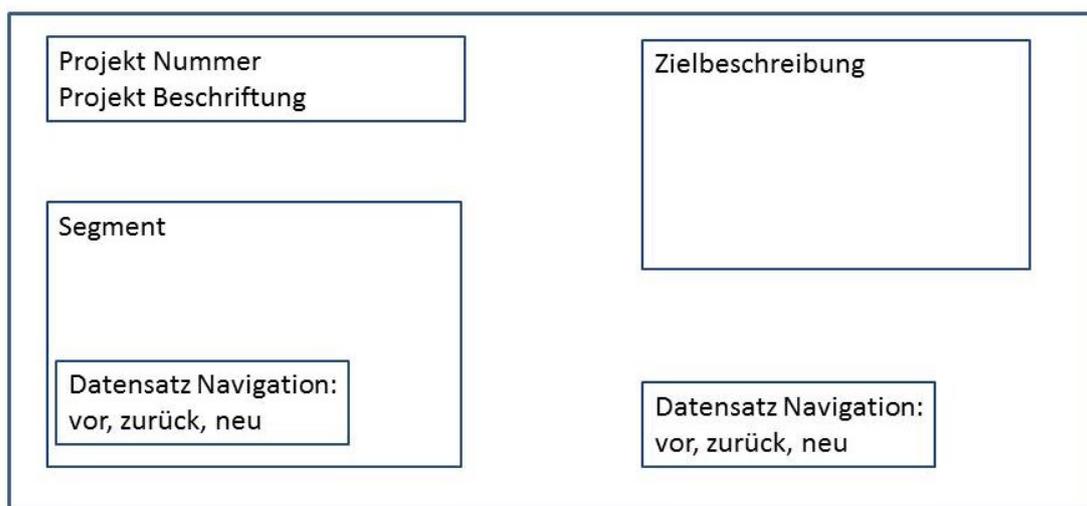


Abbildung 3.2.1-2: Maske Projekt

### 3.2.2 Use Case Segment anlegen

Unter Segment versteht man, wie bereits erwähnt, einzelne Abschnitte einer Förderstrecke. Die Segmente ihrerseits bestehen aus den Hauptfunktionsbausteinen Fördertechnologie und Antrieb. Analog zu Kapitel 3.2.1 kann man bestehende Datensätze der Funktionsbausteine entweder dem gewünschten Segment zuordnen oder gegebenenfalls neu erstellen. Wie man derartige Segmente anlegt soll im folgendem Use-Case gezeigt werden.

Name Use Case	Neues Segment erstellen
Zielbeschreibung	Ein User möchte ein neues Segment anlegen
Akteure	User, Datenbank
Esenzielle Schritte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. User öffnet Datenbank</li> <li>2. User erstellt neues Segment (Segmentnummer)</li> <li>3. User erstellt Segmentnamen (kann auch ausgewählt werden)</li> <li>4. User weist Version zu</li> <li>5. User erstellt Funktionsbeschreibung</li> <li>6. User weist Fördertechnologie zu</li> <li>7. User weist Antriebstechnologie zu</li> </ol>
Erweiterung	<ol style="list-style-type: none"> <li>2a. User stellt fest, dass das benötigte Segment bereits besteht</li> <li>2b. User kann bestehendes Segment einsehen oder editieren</li> <li>6a. User stellt fest, dass das benötigte Fördertechnologie nicht zur Verfügung steht.</li> <li>6b. User konfiguriert neue Fördertechnologie</li> <li>7a. User stellt fest, dass die benötigte Antriebstechnologie nicht zur Verfügung steht</li> <li>7b. Antriebstechnologie wird konfiguriert</li> </ol>

Tabelle 3.2.2-1: Use Case Segment anlegen

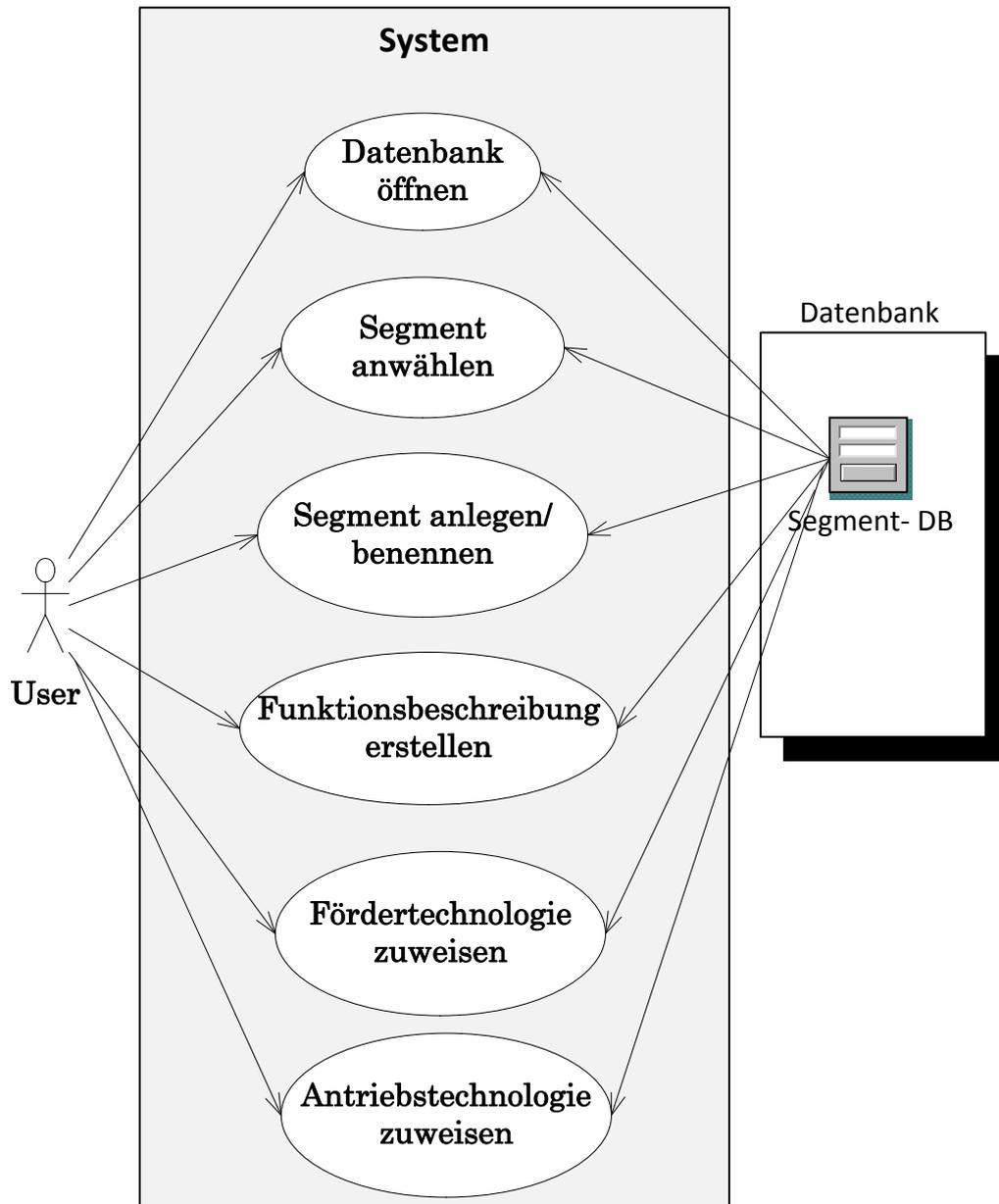


Abbildung 3.2.2-1: Use Case Segment anlegen

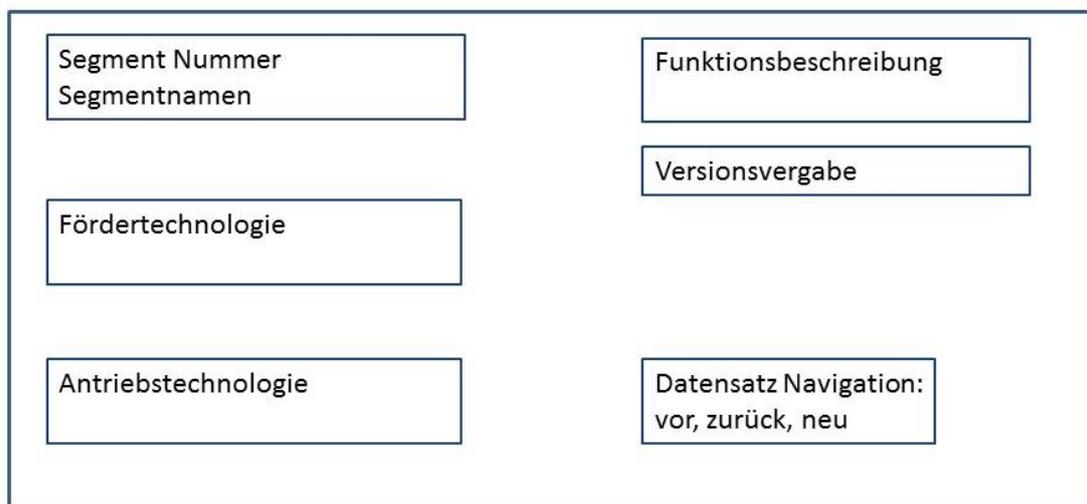


Abbildung 3.2.2-2: Maske Segment

### 3.2.3 Use Case Fördertechnologie konfigurieren

Die Fördertechnologie ist als Funktionsbaustein wie in Kapitel 2.2 zu verstehen. In diesem Baustein werden ausgehend von allgemeinen Forderungen wie zum Beispiel der Kontinuität (stetig, unstetig) Wirkprinzipien konfiguriert. Anhand dieser Wirkprinzipien sollen in einem weiteren Schritt die zu verwendenden Baugruppen konfiguriert werden. Der erstellte Datensatz Fördertechnologie kann dann dem zuvor behandelten Segment wie in Kapitel 3.2.2 beschrieben zugewiesen werden.

Name Use Case	Fördertechnologie erstellen
Zielbeschreibung	Ein User will mittels des Softwaretools eine Fördertechnologie konfigurieren
Akteure	User, Datenbank
Esenzielle Schritte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. User öffnet Datenbank</li> <li>2. User wählt Maske Fördertechnologie</li> <li>3. User erstellt neuen Datensatz</li> <li>4. User vergibt eine Bezeichnung für den Datensatz</li> <li>5. User wählt Förderguteigenschaft, Krafteinleitung, Kontinuität, Förderfamilie, Förderbezeichnung, aus.</li> <li>6. User wählt Parametersatz der Fördertechnologie und der Geometrie</li> </ol>
Erweiterung	<ol style="list-style-type: none"> <li>3a. User kann Datensätze mit Hilfe von Schaltflächen navigieren</li> <li>5a. User erstellt neue Auswahlmöglichkeiten</li> <li>5b. Die jeweiligen Auswahlen schränken das übrigbleibende Lösungsfeld ein.</li> <li>6a. User erstellt neue Parametersätze</li> <li>6b. verschiedenen Fördertechnologien können gleiche Parametersätze zugeordnet werden</li> </ol>

Tabelle 3.2.3-1: Use Case Fördertechnologie konfigurieren

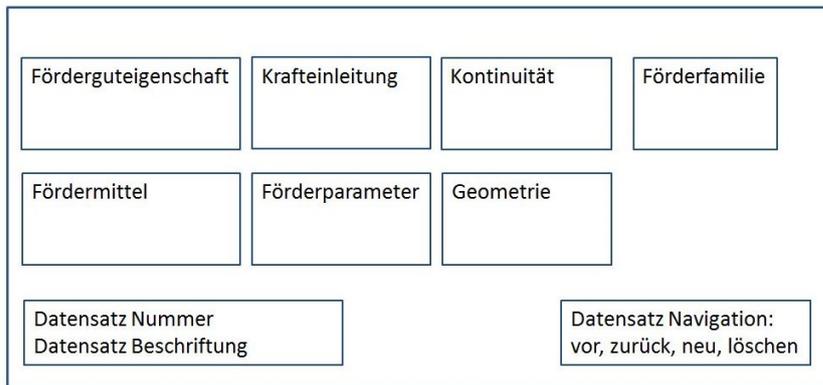


Abbildung 3.2.3-1: Maske Fördertechnologie

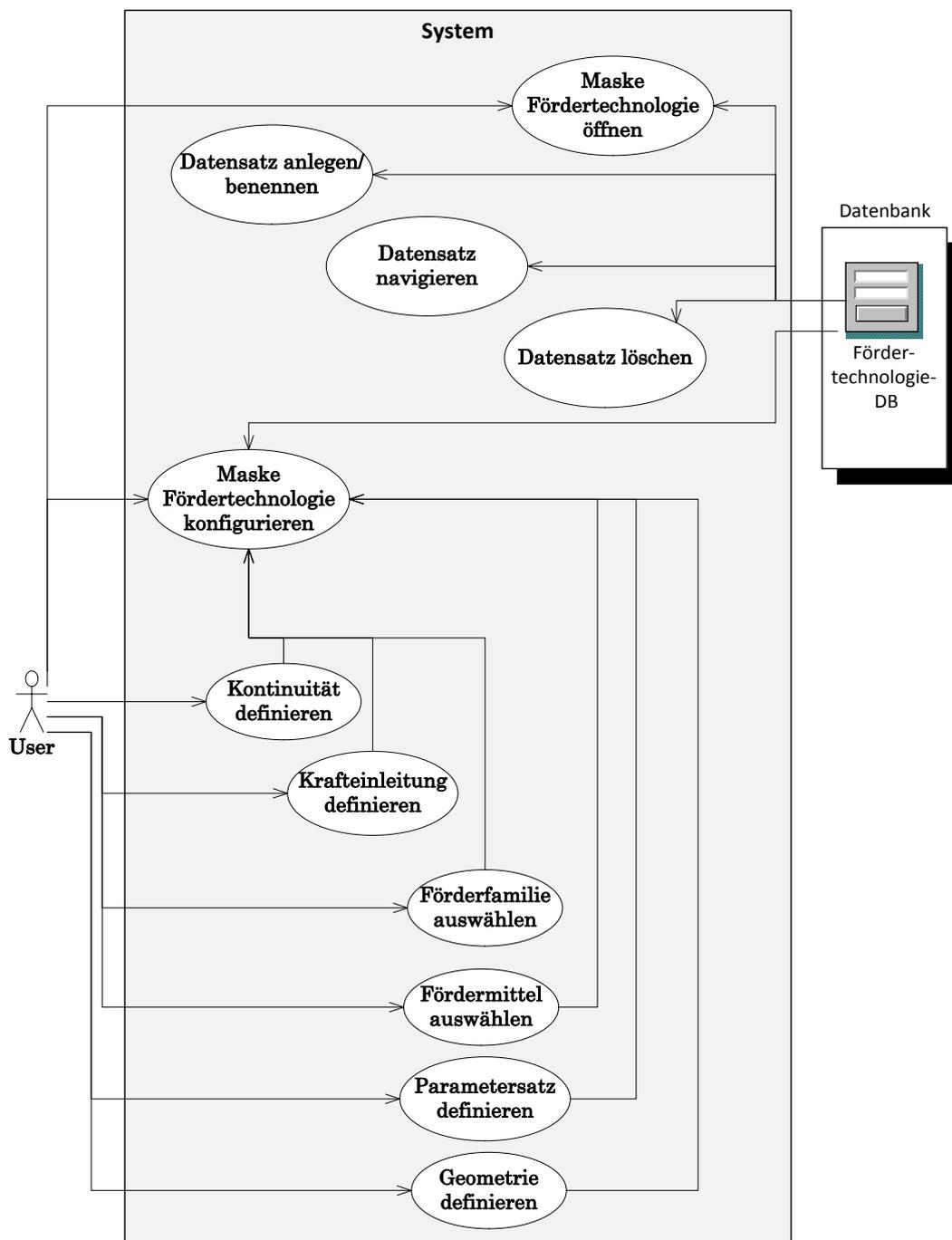


Abbildung 3.2.3-2: Use Case Fördertechnologie konfigurieren

### 3.2.4 Use Case Antriebstechnologie anlegen

Analog zu Kapitel 3.2.3 ist auch die Antriebstechnologie ein weiterer Funktionsbaustein. Auch hier wird von Wirkprinzipien (z.B. Bewegungsart) ausgehend die Antriebseinheit als Baugruppe definiert um schließlich dem zuvor besprochenem Segment einen Antrieb zuzuweisen.

Name Use Case	Antriebstechnologie anlegen
Zielbeschreibung	Ein User will eine Antriebstechnologie konfigurieren
Akteure	User, Datenbank
Esenzielle Schritte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. User öffnet Datenbank</li> <li>2. User öffnet Antriebstechnologie</li> <li>3. User legt neuen Datensatz an.</li> <li>4. User vergibt eine Bezeichnung für den Datensatz</li> <li>5. User wählt Bewegungsart, Antriebstechnologie, Motoren, Regelung und</li> <li>6. User wählt Antriebsparametersatz aus</li> </ol>
Erweiterung	<ol style="list-style-type: none"> <li>3a. User kann Datensätze mit Hilfe von Schaltflächen navigieren</li> <li>5a. User erstellt neue Auswahlmöglichkeiten</li> <li>6a. User erstellt neue Auswahlmöglichkeiten</li> </ol>

Tabelle 3.2.4-1: Use Case Antriebstechnologie

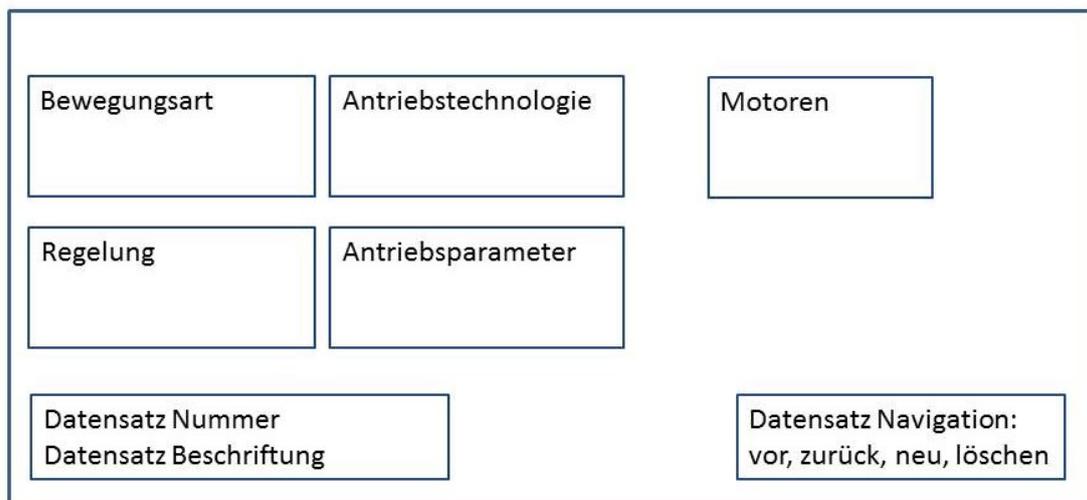


Abbildung 3.2.4-1: Maske Antrieb

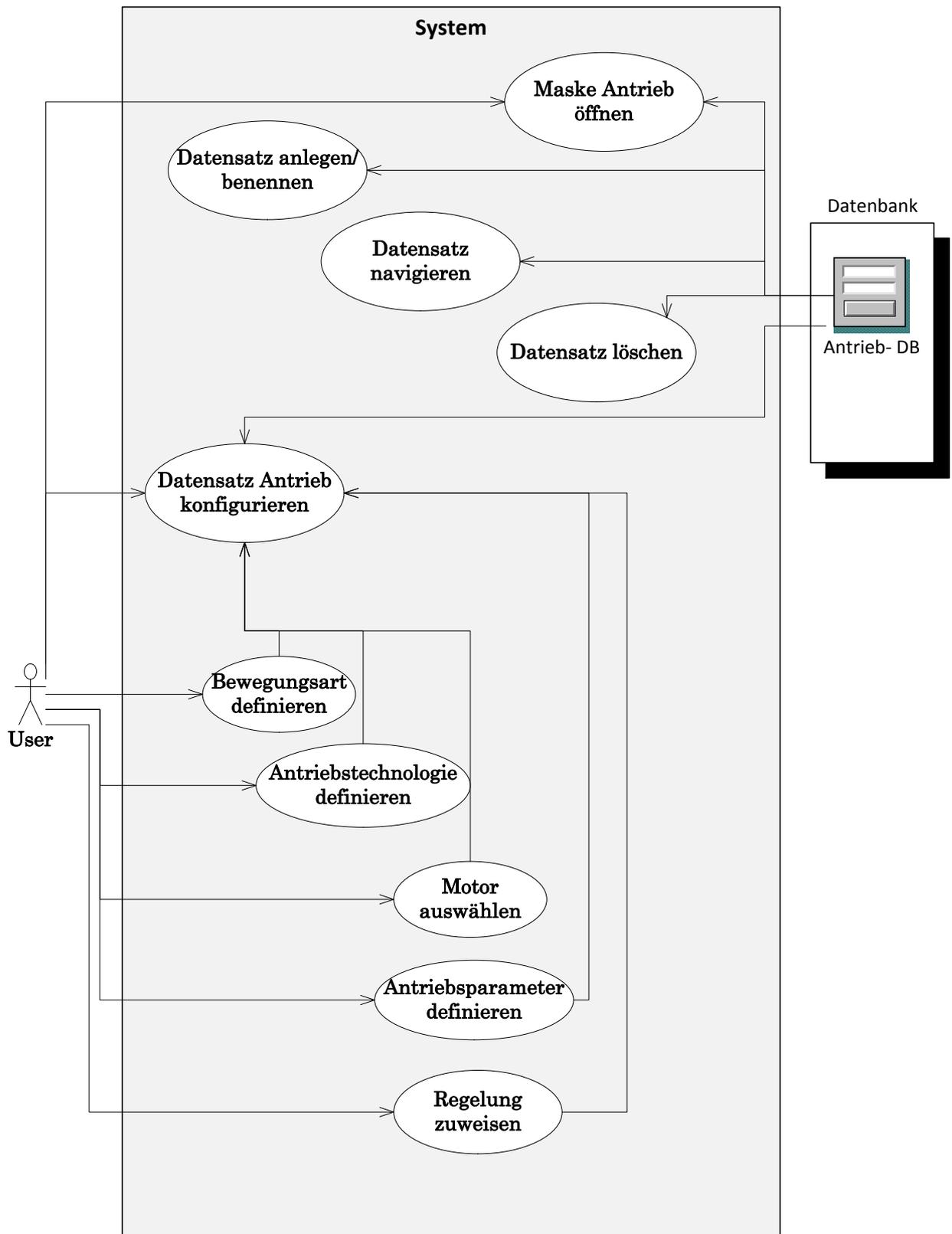


Abbildung 3.2.4-2: Use Case Antriebstechnologie anlegen

### 3.2.5 Use Case Funktionsanalyse/ Projektierung

In diesem Use Case soll eine bestehende Konstruktion mit Hilfe der Software im Sinne der Funktionsbausteine und den damit verbundenen Wirk- und Baugruppenebene in der Software konfiguriert und für weitere Verwendungen hinterlegt werden.

Name Use Case	Funktionsanalyse/ neues Projekt erstellen
Zielbeschreibung	Ein User will mittels der Konfigurationsdatenbank die Funktionen bzw. den Aufbau einer bestehenden Konstruktion analysieren und für weitere Verwendungen in der Datenbank speichern.
Akteure	User, Datenbank, vorhandene Fördereinrichtung
Esenzielle Schritte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. User öffnet Datenbank</li> <li>2. User wählt Schaltfläche Projekt/Funktionsanalyse</li> <li>3. User definiert Fördertechnologie</li> <li>4. User definiert Antriebstechnologie</li> <li>5. User definiert neues Segment</li> <li>6. User weist Fördertechnologie und Antrieb dem neu angelegten Segment zu</li> <li>7. User weist Segment einem Projekt mit entsprechender Anzahl der Segmente zu. Position wird manuell vergeben</li> </ol>
Erweiterung	<ol style="list-style-type: none"> <li>3a. User stellt fest, dass benötigte Auswahlen nicht vorhanden sind</li> <li>3b. User erstellt neue Auswahlmöglichkeiten</li> <li>4a. User stellt fest, dass benötigte Auswahlen nicht vorhanden sind</li> <li>4b. User erstellt neue Auswahlmöglichkeiten</li> <li>7a. Falls Projekt neu anlegen falls nicht vorhanden</li> </ol>

Tabelle 3.2.5-1 : Use Case Funktionsanalyse/ Projektierung

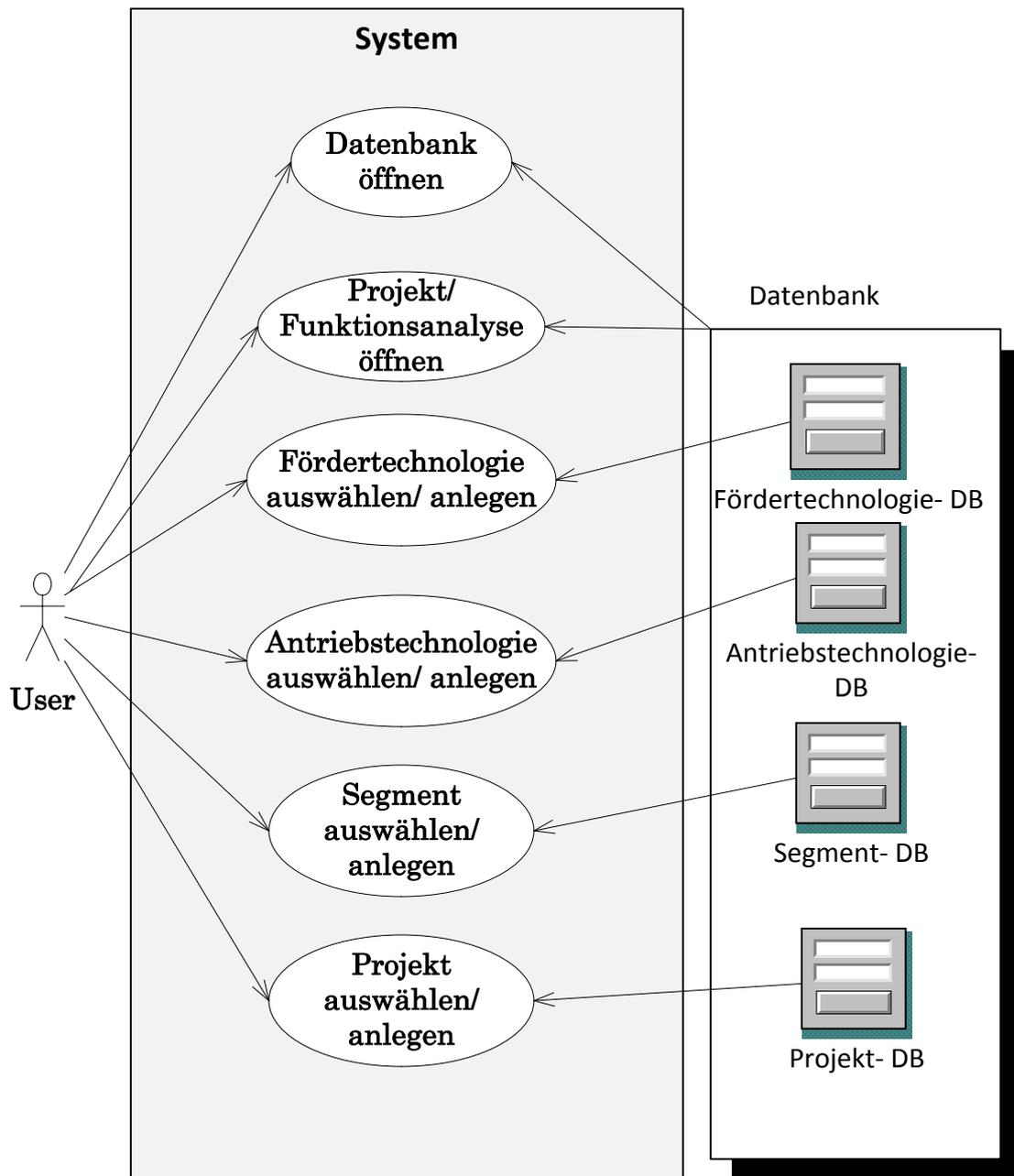


Abbildung 3.2.5-1: Use Case Funktionsanalyse/ Projektierung

### 3.2.6 Use Case Segment Versionsvergleich

Der Versionsvergleich dient dazu, um unterschiedlich konfigurierte Segmentversionen dahin gehend miteinander zu vergleichen, um feststellen zu können, ab welcher Ebene die ersten Unterschiede auftreten. Dies geschieht weil eine Entwicklung meist mehrere Entwicklungsstränge aufweist. Dieser Vergleich soll als Entscheidungsgrundlage dienen, welches konfigurierte Segment schlussendlich einem bestimmten Projekt zugewiesen wird.

Name Use Case	Versionsvergleich
Zielbeschreibung	Ein User will die unterschiedlichen Versionen eines Segmentes miteinander vergleichen. Ziel ist ein visueller Vergleich, bis zu welcher Ebene die Konfigurationen einander entsprechen.
Akteure	User, Datenbank
Esenzielle Schritte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. User öffnet Datenbank</li> <li>2. User wählt Bericht</li> <li>3. Mittels Dropdown Menü Versionsvergleich wählt der User einen Eintrag aus (Abb. 3.1.7-2)</li> <li>4. User klickt auf Button "nur ausgewählte anzeigen"</li> <li>5. Visueller Vergleich wird von User vorgenommen</li> </ol>
Erweiterung	

Tabelle 3.2.6-1: Use Case Versionsvergleich

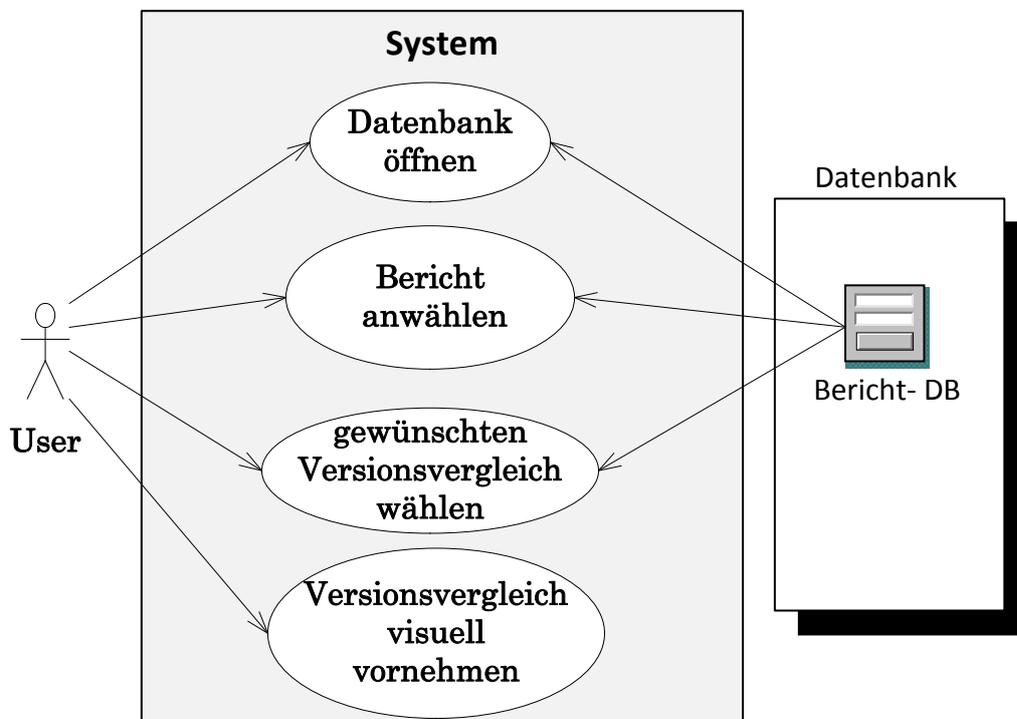


Abbildung 3.2.6-1: Use Case Versionsvergleich

### 3.2.7 Use Case Berichtswesen

Im Berichtswesen sollen die Konfigurationen der einzelnen Projekte, Segmente und Funktionsbausteine hierarchisch dargestellt werden.

Name Use Case	Berichtswesen
Zielbeschreibung	Ein User will einzelne Projekt, Segmente, Fördertechnologien und Antriebe gefiltert als Bericht ausgeben und interaktiv die hierarchisch detaillierteren Informationien durchforsten und ebenfalls als Bericht ausgeben.
Akteure	User, Datenbank
Esenzielle Schritte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. User öffnet Datenbank (frm Start)</li> <li>2. User wählt Berichtswesen</li> <li>3. Mittels Dropdown Menü wählt der User ein gewünschtes Projekt, Segment, Fördertechnologie oder Antrieb</li> <li>4. User klickt auf Button nur ausgewählte anzeigen</li> <li>5. Bericht wird geöffnet</li> <li>6. Bei klicken auf einzelne Begriffe wird detaillierte Information in Form eines weiteren Begriffs aufgerufen</li> </ol>
Erweiterung	

Tabelle 3.2.7-1: Berichtswesen

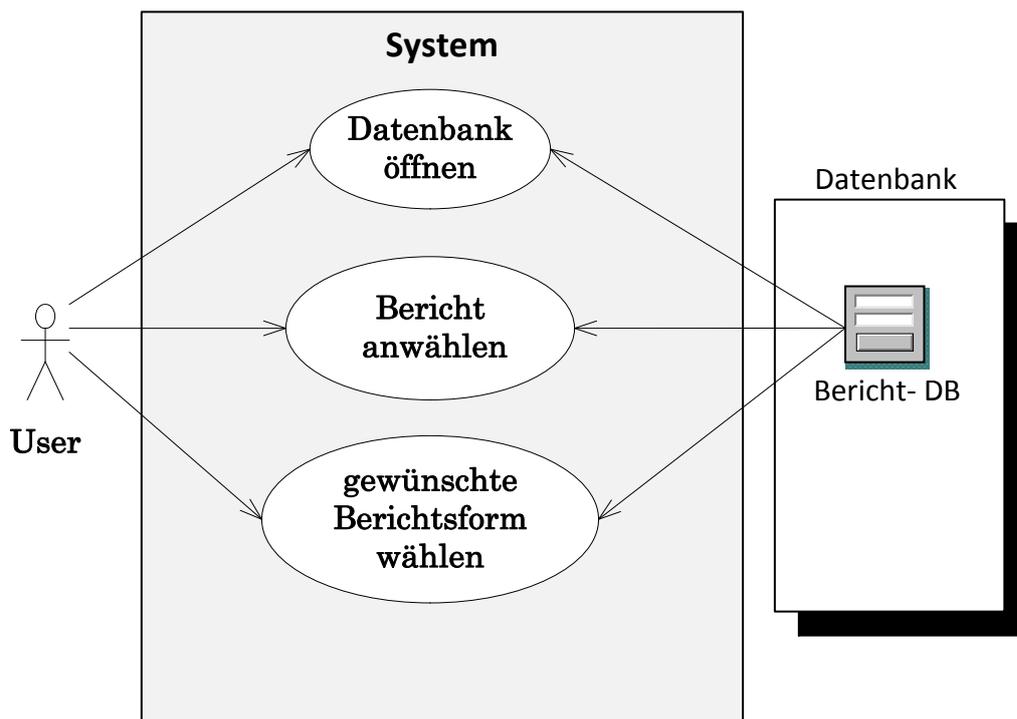


Abbildung 3.2.7-1: Use Case Berichtswesen



Abbildung 3.2.7-2: Maske Berichtswesen

### 3.3 Aktivitätsdiagramme

Um das Softwaretool im Sinne von Aktivitätsdiagrammen darzustellen, werden die Diagramme in „Administratives“, „Fördertechnologie“ und „Antrieb“ unterschieden. Die Aktivitätsdiagramme sollen die beschriebenen Use-Cases weiter präzisieren.

#### 3.3.1 Aktivitätsdiagramm Projekterstellung

Um ein Projekt zu eröffnen, daran zu arbeiten oder Informationen auszulesen, soll die grundsätzliche Struktur, welche in Kapitel 4.1 architektonisch weiter erläutert wird, auch im Sinne eines Projekterstellungs- Aktivitätsdiagrammes beschrieben werden.

Wie in Abbildung 3.3.1-1 dargestellt, wird im ersten Schritt die Datenbank geöffnet um ein Projekt auswählen zu können. Dies geschieht für den Fall einer Bearbeitung eines konkreten Projektes, bzw. für den Fall einer projektspezifischen Informationsbeschaffung. Ist kein gewünschtes Projekt vorhanden wird eine Projektneuerstellung angeboten. Ein Projekt besteht immer aus mindestens einem Segment und mindestens einer dazugehörigen Version. Die Anzahl der Segmente selbst ist nicht beschränkt. Im idealen Fall weist man dem neu zu erstellenden Projekt ein bereits existierendes Segment zu. Ansonsten wird die Möglichkeit ein Segment inklusive den daraus resultierenden Versionen zu erstellen geboten. Im letzten Schritt dieser administrativen Tätigkeit werden die Anzahl und Positionen der einzelnen Segmente definiert (siehe Kap. 4.2).



ne neue Technologie zu konfigurieren. Letzteres soll in diesem Aktivitätsdiagramm gezeigt werden.

So wie in Abb. 3.3.2-1 dargestellt, wird beginnend mit der Auswahl der Krafteinleitung über die Art der Kontinuität bis hin zur Förderfamilie die Wirkebene symbolisiert. Die Auswahl der Fördermittel bezieht sich dann weiter auf die Baugruppenebene. Die Datenbank bietet die Möglichkeit nicht existierende Datensätze zu erstellen. Weiters ist die Beschreibung des Fördergutes ein wichtiger Bestandteil zur grundsätzlichen Dimensionierung der Fördertechnologie. Dies geschieht in den Auswahlkategorien Förderguteigenschaft und Geometrie des Fördergutes, welche ihrerseits ebenfalls neu eingebracht werden können. Als letzter Bestandteil dieser Funktionsmaske sind die Förderparameter zur wählen, bzw. anzulegen. In den Förderparametern werden die grundsätzlichen Abmaße, Durchsätze und geforderten Antriebsleistungen definiert, bzw. berechnet.

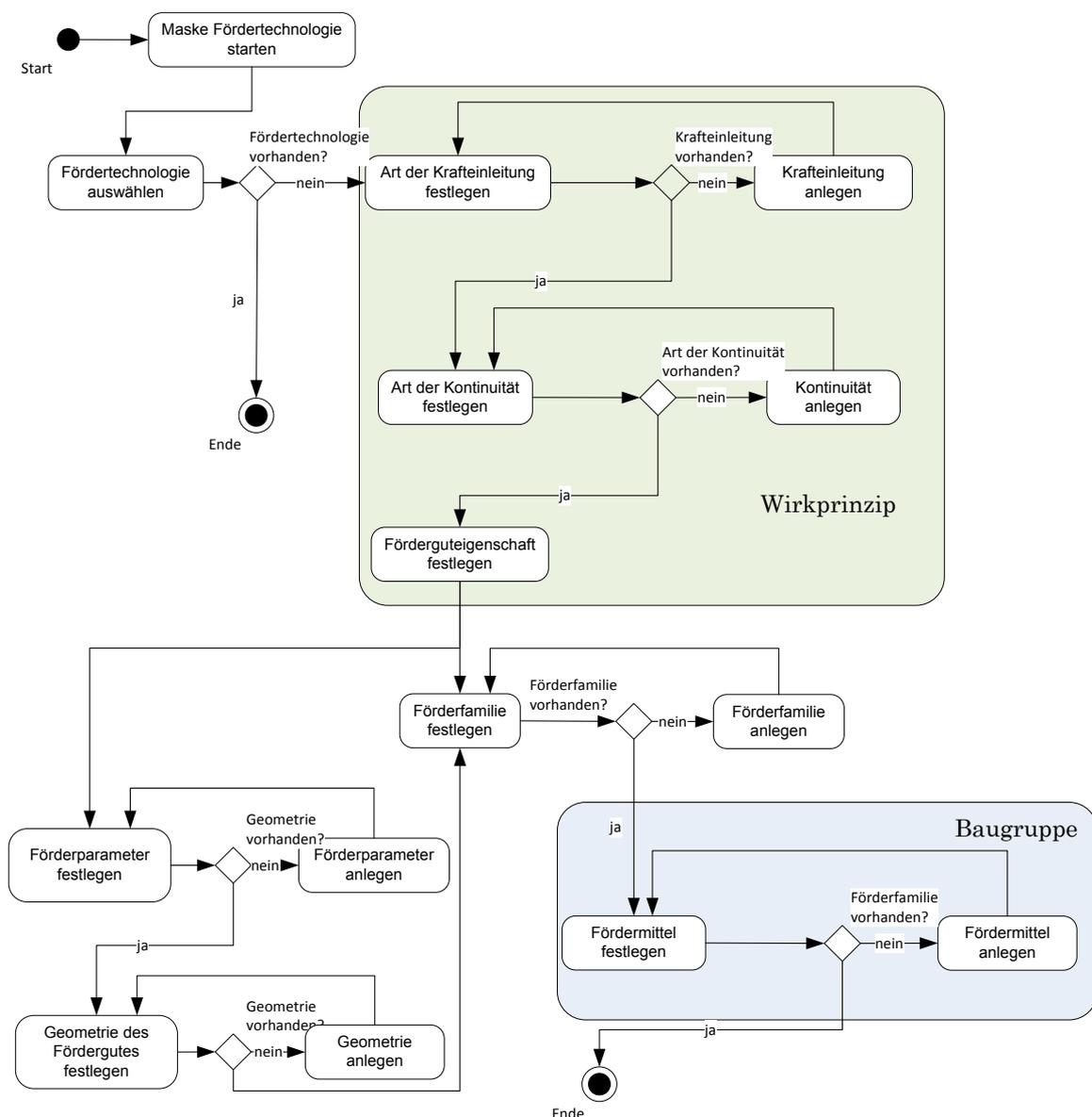


Abbildung 3.3.2-1: Aktivitätsdiagramm Fördertechnologie

### 3.3.3 Aktivitätsdiagramm Antrieb

Analog wie in Kapitel 3.2.2 wird die „Funktionsmaske“ Antrieb geöffnet. Wie der Abb. 3.3.3-1 zu entnehmen ist, kann ein bereits existierender Datensatz entweder ausgewählt oder neu erstellt werden. Um die Wirkebene zu definieren, wird eine Bewegungsart und Antriebstechnologie definiert. Die Antriebsbaugruppenebene wird anschließend durch die Auswahl des Motors dargestellt. Die Datenbank ist so konzipiert, dass dem Antrieb eine Regelung und Sensorik zugewiesen werden muss. In diesem Fall sind die Bausteine Regelung und Sensorik ihrerseits wieder Teil der Funktionsebene die durch ihre Bezeichnung beschrieben werden. Es können ebenfalls wieder neue Datensätze zur Regelung und Sensorik erstellt werden. Dazu werden dementsprechend die genannten „Funktionsmasken“ geöffnet und die Wirk- und Baugruppenebene mittels der Auswahlfelder konfiguriert. Die Aufschlüsselung dieser Auswahlfelder ist nicht mehr Teil dieser Arbeit. Analog zur Maske Fördertechnologie besteht auch hier die Möglichkeit einen Parametersatz zum konfigurierten Antrieb zu wählen, bzw. zu erstellen.

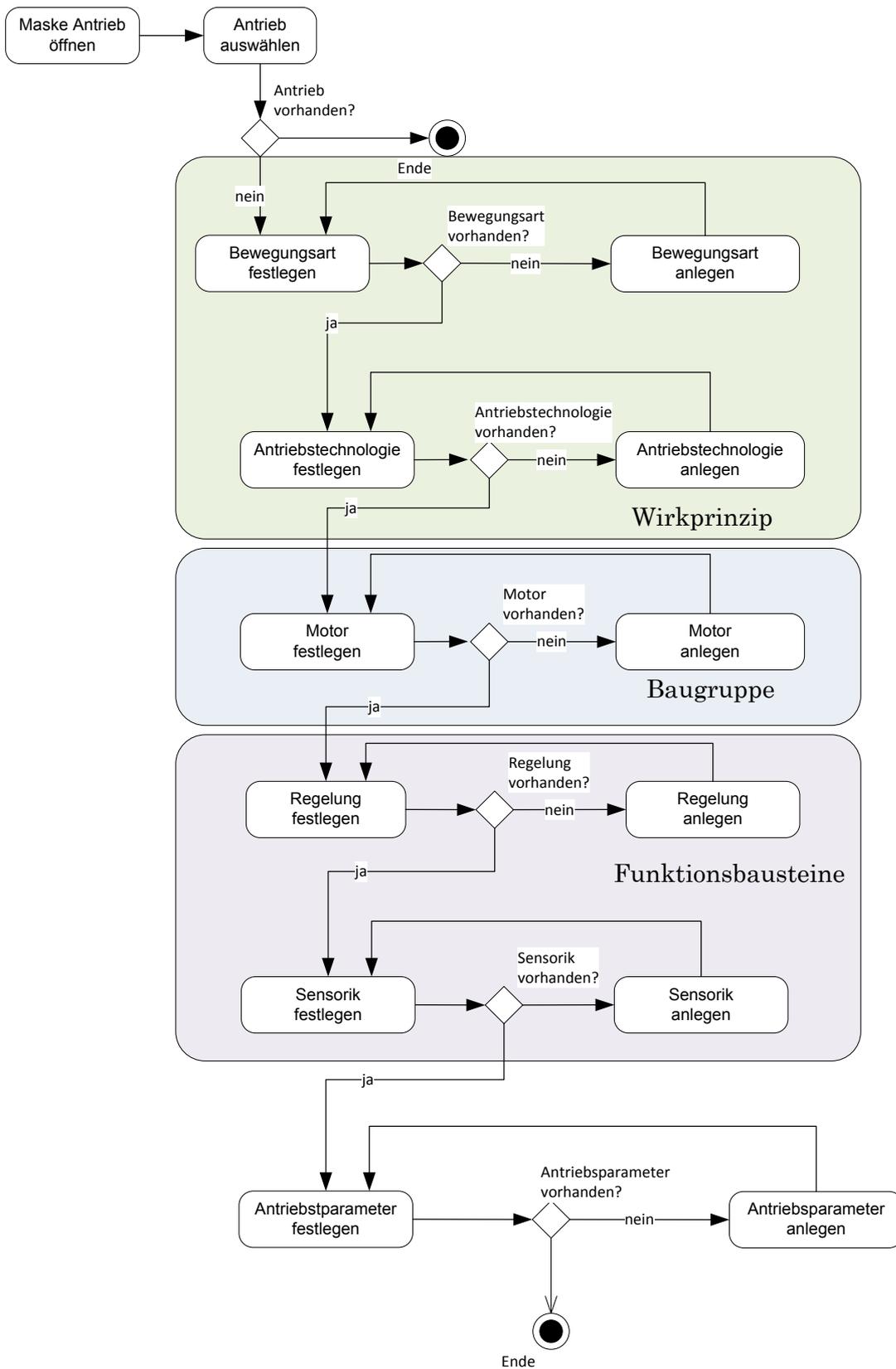


Abbildung 3.3.3-1: Aktivitätsdiagramm Antrieb

### 3.4 Technische Evaluierung

Aufgrund der in den vorigen Kapiteln beschriebenen geforderten Funktionen eines Softwaretools wird in diesem Kapitel eine Evaluierung zwischen einer Ausführung in Microsoft Excel und Microsoft Access durchgeführt.

#### 3.4.1 Lösungsansatz in Microsoft Excel

In einem ersten Schritt entstand die Konzeptvariante einer Konfigurationsmaske welche zur Auslegung mittels Microsoft Excel auch im Stande ist einfache Berechnungen durchzuführen (Abbildung 3.4.1-1). Dabei werden sämtliche Daten mittels Spread-Sheets erfasst. Daraus ergeben sich mehrere Arbeitsblätter in denen die einzelnen Daten abgelegt werden. In einer ersten Konzeptphase waren dies die Arbeitsblätter Fördertechnik, Parameter, Antrieb und Bandförderer. Wie man in Abbildung 3.4.1-1 erkennen kann, ist das Arbeitsblatt Bandförderer eine Unterkategorie des Arbeitsblattes Fördertechnik.

7	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
7		6	10	3				1,66666667	5	
8	2) Grobauslegung									
9	2.1) Kräfte	i: Horizontalprojektion der Förderlänge	g: Fallbeschleunigung	bezogene Eigenlast [kg/m]	muesH. Hauptwiderstände	Nebenwiderstände		bezogene Gutlast [kg/m]		
10		2	3	4	0,9	0,8		0,5		
11										
12		h: Förderhöhe [m] (+) aufwärts (-) abwärts						muesges: Gesamtwiderstand	FWR: Reibwiderstandskraft [N]	FWH: Hubwiderstand [N]
13		4						0,72	74,88	18
14										
15										
16	Funktionsebene							FU: Umfangkraft+h		
17								32,88		
18	Variante/Segment	Art der Fördertechnik	Dimension der Bewegung	Art des Förderergutes	Anzahl der Segmente	Automatisierungsgr	Umwelt			
19	1	stetig	2	Jackgut	3	vollautomatisch	Halle			
20	2	--	--	--	--	--	--			
21	3	--	--	--	--	--	--			
22										
23										
24	Wirkebene									
25	Variante	Art der Krafteinleitung	Art des Antriebes	Art der Kraftübertragung	Regelkreis					
26	1	mit_Zugmittel	elektrisch	formschlüssige Übertragung	offen					
27										
28										
29										
30										
31	Baugruppenebene									
32	Variante	Hauptbaugruppe								
33	1	Fördertechnik	Bandförderer	Gutbandförderer	Eintrommelantrieb ansteigend	Kopftrieb				
34										
35										
36										
37										
38										
39	1	Antrieb	Gleichstrommaschine	DC Nebenschlussmotor			η: Wirkungsgrad Motor	PN: Nennleistung		
40	2	Antrieb	Asynchronmaschine				0,98	347,755102		
41										
42										
43	1	Regeltechnik								
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										
54										
55										
56										

Abbildung 3.4.1-1: Eingabemaske Excel

Im Arbeitsblatt Deckblatt erfolgt die Konfiguration über W-Verweise in den einzelnen Arbeitsblättern, damit wie in Kapitel 1.1 gefordert bei fortschreitender Konfiguration nur noch die verbleibenden möglichen Lösungen möglich sind. Dadurch werden schon die ersten Probleme dieses Lösungsansatzes ersichtlich. Zum einen leidet dieser Lösungsansatz unter der Übersichtlichkeit bei einem wachsenden System, zum anderen sind die einzelnen Verweise und Berechnungsformeln nur in den Einzelnen Feldern hinterlegt. Dies erschwert die Systempflege, bzw. die Systemerweiterung erheblich.

In Abbildung 3.4.1-2 ist ein erstes Konzept zur Abbildung der Fördertechnik zu sehen. So bekommt man schnell einen Eindruck über die Unübersichtlichkeit und der eben erwähnten Erschwernis hinsichtlich der Systempflege. In den Abbildungen 3.4.1-3, 3.4.1-4 und 3.4.1-5 sind die eingangs erwähnten Arbeitsblätter Bandförderer, Antrieb und Parameter dargestellt.

	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	S
1	Anzahl der Segmente	Automatisierungsgrad	Umwelt	stetig	unstetig	mit Zugmittel	ohne Zugmittel	Art des Antriebes	Regelkreis	Bandförderer	Gliederförderer	Hauptbaugruppe	ohne Zugmittel	
2		1 manuell	Halle	mit_Zugmittel		Bandförderer	Gravitation	mechanisch	offen	Gurtbandförderer	Gliederbandförderer	Fördertechnik	Rollenantrieb	
3		2 teilautomatisch	Überdacht	ohne_Zugmittel		Gliederförderer	Enrolenriebe	elektrisch	geschlossen	Stahlbandförderer	Trogbandförderer	Donnab		
4		3 vollautomatisch	im Freien				Rollenanriebe	hydraulisch		Drahtbandförderer	Kriechförderer	Rahmen		
5		4 ..						pneumatisch		Kurvengutförderer	Kriechförderer	Regeltechnik		
6		5									Becherwerke			
7		6												
8		7												
9		8												
10		9												
11		..												
12														
13														
14											Kreislörderer			
15											Einbahnsystem			
16											Zweibahnsystem			
17														
18														
19														
20														
21												Becherwerke		
22												Senkrechbecherwerk		
23												Pendelbecherwerk		
24														
25														

Abbildung 3.4.1-2: Foerdertechnik

	A	B	C	D	E
1	Gurtbandförderer	Eintrommelantrieb	waagrecht	ansteigend	Förderrichtung_ändern
2	Eintrommelantrieb	waagrecht	Kopfantrieb	Kopfantrieb	Kopfantrieb
3	Mehrtrommelantrieb	ansteigend	Heckantrieb	Heckantrieb	Heckantrieb
4	...	Förderrichtung_ändern	...	...	...
5		...			

Abbildung 3.4.1-3:Bandfoerderer

	A	B	C	D
1	Antrieb	elektrisch	Gleichstrommaschine	
2	elektrisch	Gleichstrommaschine	DC Nebenschlussmotor	
3	mechanisch	Synchronmaschine	DC Reihenschlussmotor	
4	hydraulisch	Asynchronmaschine	DC Doppelschlussmotor	
5	pneumatisch		Brushless DC	

Abbildung 3.4.1-4:Antrieb

Ein weiteres Problem ergibt sich hinsichtlich einer eindeutigen Zuordenbarkeit der einzelnen Konfigurationen zu eigenständigen Projekten. Das in Kapitel 1.1 erwähnte Ziel eines wissensbasierenden Systems, indem Hintergrundinformationen abgespeichert, bzw. abrufbar sind, lässt sich nur erschwert umsetzen. Ein auf Excel basierendes System zu schaffen ist zwar grundsätzlich möglich, jedoch nur unter der Voraussetzung ein eigenes System zu programmieren und die in Spread- Sheets vorhandenen Informationen diesem zu hinterlegen.

	A	B	C	D	E	F	G
1	mpSt: Stückstrom [St/s]	mp: Massenstrom [kg/s]	eeee	fff			
2	1,666666667	5	60	3,6			
3							
10	stetig	unstetig					
11	ls: Abstand (Teilung) Stückgut [m]	1					
12	v: Bandgeschwindigkeit [m/s]	2					
13	m: Masse Einzelstück [kg]	3					
14	mpSt: Stückstrom [St/s]						
15	mp: Massenstrom [kg/s]						
16							
17							
18							
19	FwR: Reibwiderstandskraft [N]	muehges: Gesamtwiderstand	Fw/H: Hubwiderstand [N]	mIG: Längeneinheit bezogene Gutlast [kg/m]	FU: Umfangskraft	FU: Umfangskraft+h	
20	74,88	0,72	18	0,5	14,88	32,88	
21							
22							
23							
24	Bandförderer	Gliederförderer	ansteigend h: Förderhöhe [m] (+) aufwärts (-) abwärts	wsagerecht	Förderrichtung_ändern		
25	l: Horizontalprojektion der Förderlänge mIG: Längeneinheit bezogene Gutlast [kg/m]	l: Horizontalprojektion der Förderlänge mIG: Längeneinheit bezogene Gutlast [kg/m]	Fw/H: Hubwiderstand [N] FU: Umfangskraft+h	FU: Umfangskraft	FU: Umfangskraft+h		
26	g: Fallbeschleunigung mF: Längeneinheit bezogene Eigenlast [kg/m]	g: Fallbeschleunigung mF: Längeneinheit bezogene Eigenlast [kg/m]					
27	mueH: Hauptwiderstände mueN: Nebenwiderstände	mueH: Hauptwiderstände mueN: Nebenwiderstände					
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39				FU: Umfangskraft (aufsteigend) Fw/H: Hubwiderstand [N]			
40	muehges: Gesamtwiderstand	muehges: Gesamtwiderstand					
41	FwR: Reibwiderstandskraft [N]	FwR: Reibwiderstandskraft [N]					
42							
43							
50	PN: Nennleistung						
51	947,755102						
52							
53							
54							
55	elektrisch						
56	η: Wirkungsgrad Motor						
57	PN: Nennleistung						
58							
59							

Abbildung 3.4.1-5: Foerderparameter

### 3.4.2 Lösung in Microsoft Access

Microsoft Access bietet bessere Möglichkeiten, um komplexe Themen im Sinne einer Datenbank zu erfassen. Die Grundlage für eine Datenbank sind zwar nach wie vor im Hintergrund befindliche Tabellen, jedoch können diese über Beziehungen zueinander in Relation gesetzt werden. Das bedeutet, dass jeder Eintrag in einer Tabelle über eine automatisch fortlaufende Nummer (ID oder primary key) exakt identifiziert werden kann. Bei einer Abhängigkeit zwischen zwei Tabellen werden zwei ID Nummern so in Kontext gesetzt, dass die Kombination dieser Nummern wiederum eindeutig zuordenbar ist. In Kapitel 4.1 werden Entity Relationship Models im Sinne dieser Tabellen und Relationen genauer beschrieben. Auf diese Weise können Datensätze von beliebiger Komplexität erfasst und gespeichert werden.

Wie in Abbildung 3.4.2-1 dargestellt, besteht die Oberfläche aus zwei wesentlichen Bestandteilen. Zum einen sind dies das Beziehungsfenster und zum anderen die Objektübersicht (Abbildung 3.4.2-2). Im Beziehungsfenster werden wie bereits erwähnt die einzelnen Tabellen in Relation gebracht. Die Access Objekte ihrerseits bestehen im Wesentlichen aus Tabellen, Abfragen, Formularen und Berichten.

Mit Hilfe der Abfragen können einzelne Informationen aus verschiedenen Tabellen in einer Übersicht dargestellt werden. Um den ganzen Aufbau eines Systems für den User ansprechend gestalten zu können werden Formulare im Sinne eines User Interfaces verwendet. Diese Formulare beziehen sich auf den Aufbau der Grundstruktur, den Abfragen im Hintergrund und die Informationen der einzelnen Tabellen. Die vierte Gruppe Berichte wird dazu verwendet, um gezielt Informationen aus dem System zu extrahieren und in druckbarer Form bereitzustellen.

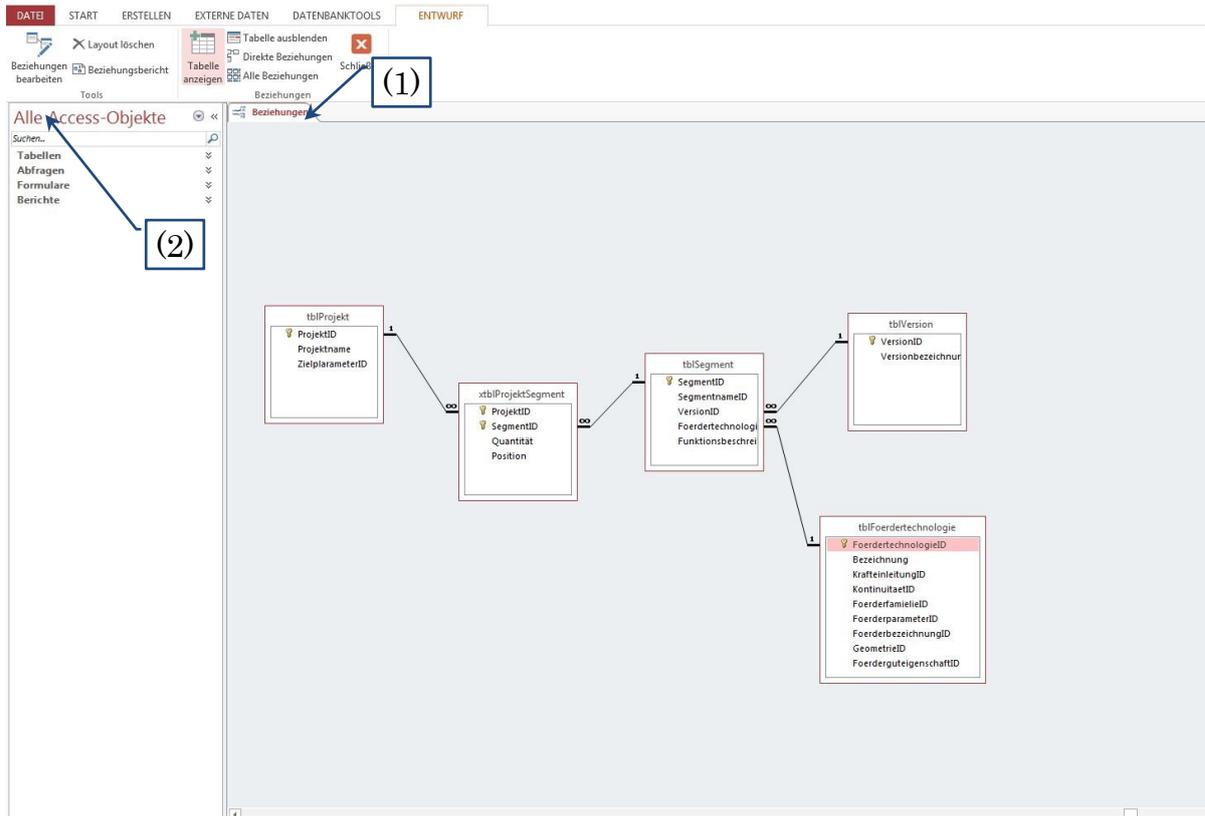


Abbildung 3.4.2-1: Oberfläche Microsoft Access

- (1) Beziehungsfenster
- (2) Access Objekte



Abbildung 3.4.2-2: Access Objekte

In Microsoft Access kann die Programmierung sowohl eigenständig als auch über die von Access angebotenen Editoren erfolgen. Das Benutzen der Editoren wirft Probleme hinsichtlich der Selbstgenerierung des Codes auf. Das bedeutet, dass bei komplexer werdenden Systemen, bzw. Abfragen das System durchaus an Grenzen stößt. Auch die grafische Aufarbeitung im Sinne von Formularen stößt an ihre Grenzen. Das bedeutet, dass sich komplexe Zuordnungen von Daten in einer Eingabemaske oft nicht Userfreundlich verwirklichen lassen.

### **3.4.3 Ergebnis der Evaluierung**

Trotz einiger Nachteile in der visuellen Aufbereitung der Access Lösung, ist diese trotzdem zu bevorzugen. Grund hierfür ist die generelle Möglichkeit des strukturierten Vorgehens und der Wartung, bzw. die Ausbaufähigkeit der Datenbank. Das bedeutet, dass Access einen erheblichen Vorteil gegenüber Excel besitzt Daten in einer sehr guten Übersicht zu manipulieren, und nicht wie bei Excel nur einzelne Felder innerhalb eines Spread- Sheets bearbeiten zu können. Darüber hinaus bietet Access aufgrund seiner Editoren eine einfache Möglichkeit User Interfaces zu gestalten und Daten im Sinne von eigenständigen Berichten auslesen zu können.

## 4 Realisierung der Software

Um die in Kapitel 3.4 angeführten Aufgaben zu lösen, wird in diesem Kapitel ein Weg beschrieben die Zielsetzung laut Kapitel 1.1 im Sinne einer relationalen Datenbank umzusetzen. Dafür wird in dieser Arbeit das Datenbanktool Microsoft Access 2013 verwendet.

### 4.1 ER- Modell

Ein ERM (Entity Relationship Model) dient dazu, eine übersichtliche Struktur zu schaffen, um die benötigten Tabellen bzw. Entitäten so in Relation zu setzen, damit die Zielvorgaben abgebildet werden können. Grundsätzlich beinhalten alle Entitäten Attribute, welche die einzelnen Entitäten spezifizieren. Das in dieser Arbeit verwendete ERM kann im Wesentlichen in 3 Hauptstrukturen betrachtet werden, welche in den folgenden 3 Unterkapiteln beschrieben werden.

#### 4.1.1 Pojektebene

Im Abbildung 4.1.1-1 sind die grundsätzlichen Bausteine der Datenbank zu sehen. Diese sind die Entitäten Projekt, Segment, Fördertechnologie und Antrieb. Die Entität Projekt beinhaltet alle Informationen der vorher genannten Entitäten sowie das Attribut Zielparameter, in dem die groben Ziele, bzw. Anforderungen des Projekt Layouts artikuliert werden können.

Die Entität Segment kann als eigenständiger modularer Baustein verstanden werden und wird durch die Attribute Segmentbezeichnung, Version und Förder-technologie beschrieben. Diese Attribute sind ihrerseits als Fremdschlüssel der gleichnamigen Entitäten zu verstehen und werden in Form von ID Nummern in der Entität Segment hinterlegt. Dadurch ist es möglich, einer automatisch generierten Segment ID darunterliegende ID Nummern zuzuweisen.

Ein Projekt wird durch mindestens ein oder mehrere Segmente aufgebaut, bzw. ein konfiguriertes Segment kann in mehreren Projekten vorkommen. Mittels einer „Crosstable“ lässt sich diese „n : m“ Verbindung darstellen. Außer den beiden Fremdschlüsseln beinhaltet die Crosstable Projekt- Segment auch Informationen über die Anzahl (Quantität) und Position der einzelnen Segmente in einem Projekt.

Die Datenbank ist so aufgebaut, dass ein Segment nur eine Fördertechnologie haben kann, jedoch eine Fördertechnologie kann in mehreren Segmenten vorkommen. Eine Derartige Beziehung wird in den folgenden Abbildungen mit 1...\* gekennzeichnet. Zu dem Baustein Fördertechnologie folgt noch ein eigenes ERM- Modell mit detaillierteren Informationen (siehe Kapitel 4.1.2)

Des Weiteren können in einem Segment mehrere Antriebe verbaut werden und im Umkehrschluss kann ein Antrieb in mehreren Segmenten vorkommen. Daraus resultiert die Crosstable Segment- Antrieb um diesen Aufbau gewährleisten zu können. Zu der Tabelle Antrieb gibt es im Folgendem ebenfalls ein weiteres ERM- Modell (siehe Kapitel 4.1.3).

Die Tabelle Segment verfügt im Weiteren noch über die Möglichkeit einem Segmentnamen mehrere Versionen zuordnen zu können. Dies eröffnet die Möglichkeit in einem folgendem Berichtswesen verschiedene Versionen zu einem Segmentnamen beurteilen zu können.

Die Tabelle Segmentbezeichnung ist ebenfalls der Tabelle Segment zugewiesen, mit dem Hintergrund standardisierte Bezeichnungen zu verwenden um evtl. Suchfunktionen innerhalb der Datenbank effektiver zu gestalten.

Die Entitäten Version und Segmentbezeichnung werden nur durch ihre Bezeichnung attribuiert.

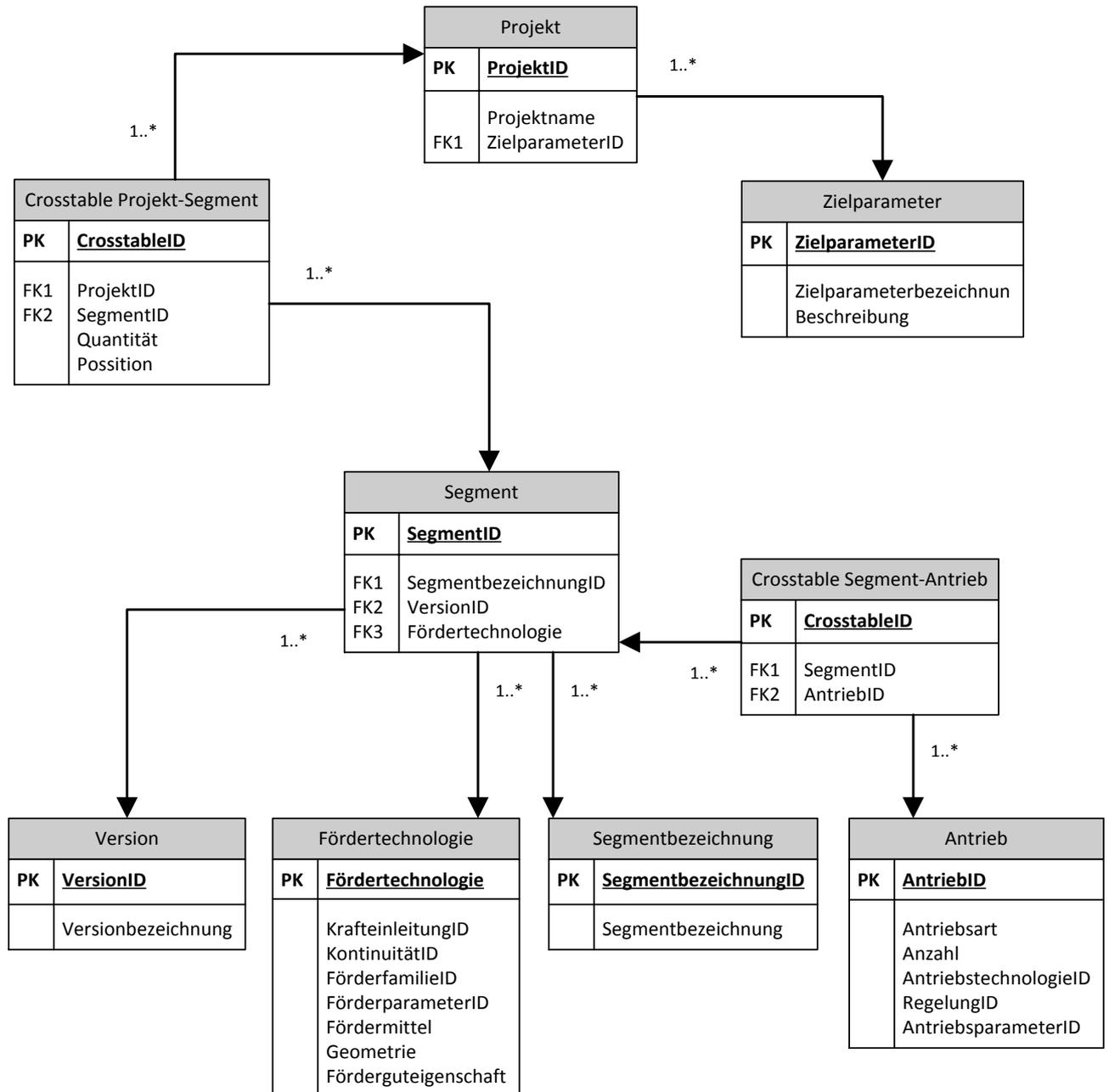


Abbildung 4.1.1-1: ERM Grundstruktur

## 4.1.2 ERM Fördertechnologie

Die Entität Fördertechnologie besteht im Wesentlichen aus sieben Untertabellen, welche jeweils mit einer „1...“ Beziehung die Informationen der Tabelle Fördertechnologie zuweisen. Die „1...“ Beziehung bedeutet, dass zum Beispiel einer Fördertechnologie nur eine Förderfamilie zugewiesen sein kann, aber andererseits die Information einer Förderfamilie in mehreren Fördertechnologien vorkommen kann.

So besteht die Entität Fördertechnologie aus den Fremdschlüsseln bzw. Attributen und damit verbundenen Tabellen: Krafteinleitung, Kontinuität, Förderfamilie, Förderparameter, Geometrie, Fördermittel, und Förderguteigenschaft. Die mit „Farbcode“ in den einzelnen Entitäten bezeichneten Attribute, bieten die Möglichkeit durch Zuweisung einer bestimmten Farbe, eine visuelle Übersicht im nachgeschalteten Berichtswesen zu gewährleisten. Des Weiteren besitzen die Entitäten Förderfamilie und Fördermittel noch einen zusätzlichen Fremdschlüssel. Das bedeutet, dass der Entität Förderfamilie eine Kontinuität und der Entität Fördermittel eine Förderfamilie zugewiesen wird. Daraus resultiert eine vorgefilterte Auswahl der angebotenen Lösungsprinzipien in einem späteren User Interface. Die Entität Förderparameter weist eine Vielzahl von Attributen auf. Diese Attribute wurden in Kapitel 2.4.4 definiert und sollen einer grundlegenden Berechnung dienen. Somit errechnen sich aus den eingegebenen Parametern die Attribute Fördergeschwindigkeit, Hubwiderstand, Horizontaler Förderwiderstand, Umfangskraft (FU) sowie die Antriebsleistung. Die Entität Geometrische Parameter verfügt über die geometrischen Attribute des zu befördernden Stückgutes sowie den Fremdschlüssel Förderguteigenschaft. Das heißt, dass jedem geometrischen Parametersatz eine Förderguteigenschaft zugewiesen wird.

Um eine wissensbasierte Vorgangsweise und Entscheidungsgrundlage zur erhalten, gibt es zu jeder vorher genannten Entität einen Informationsdatensatz. In diesem Datensatz können Informationen in Form von Hyperlinks, Bildern und selbstverfassten Texten gespeichert und den jeweiligen übergeordneten Tabellen zugeordnet werden. Weiters können Bewertungen während bzw. nach der Konfiguration auf Ebene der Fördertechnologie eingebracht werden. Diese sollen in einem anschließenden Versionsvergleich herangezogen werden.

Aufschlüsselung der Entitäten nach Abbildung 4.1.2-1:

- Krafteinleitung z.B.:
  - Mit Zugmittel
  - Ohne Zugmittel
- Kontinuität:
  - Stetig
  - Unstetig
- Förderfamilie z.B.:
  - Bandförderer
  - Gliederförderer

- Fördermittel z.B.:
  - Stahlbandförderer
  - Gurtbandförderer...

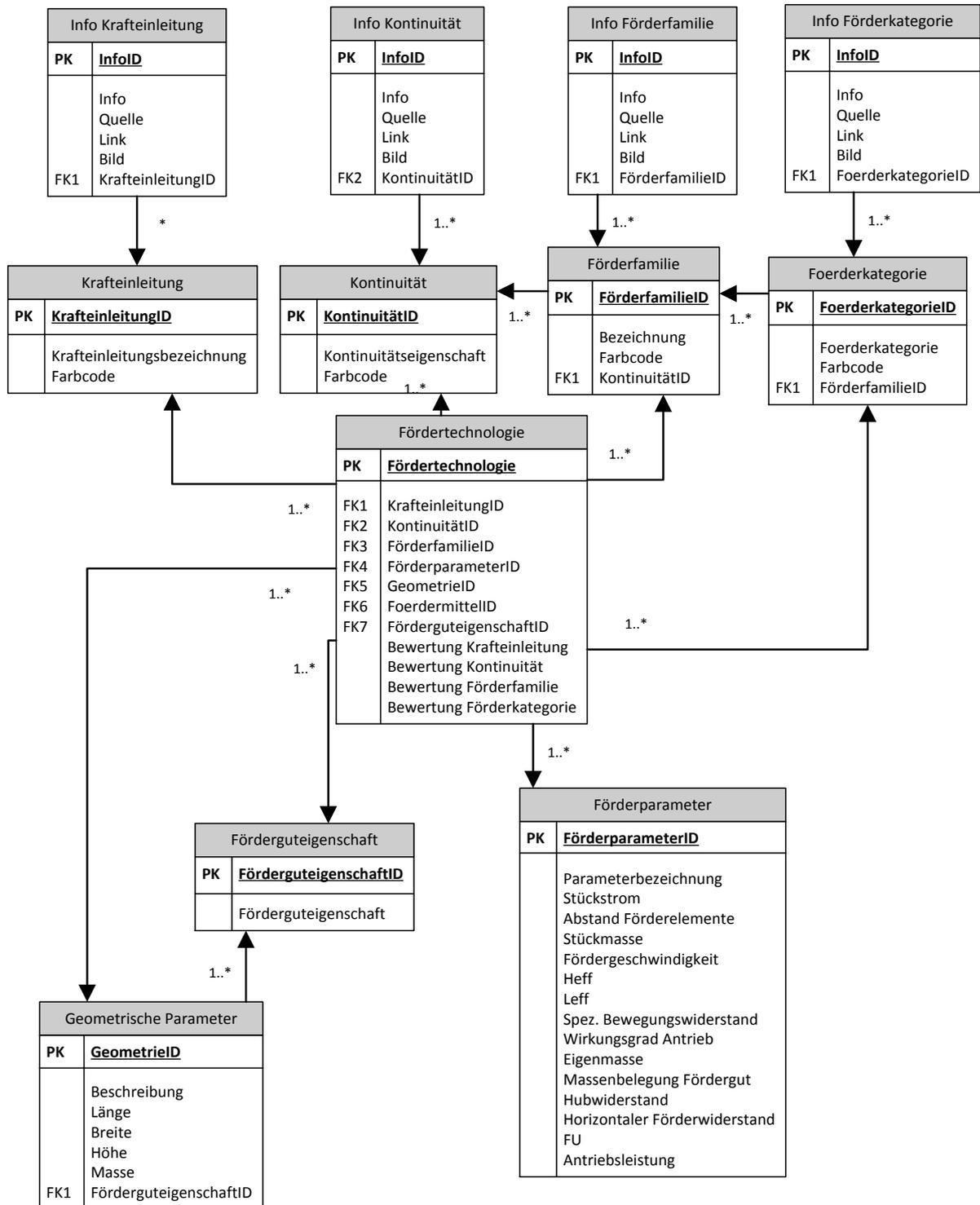


Abbildung 4.1.2-1: ERM Fördertechnologie

### 4.1.3 ERM- Antrieb

Wie schon in Kapitel 4.1.1 beschrieben, ist die Entität Antrieb über die Crossstable Segment- Antrieb mit der Entität Segment verbunden.

Des Weiteren enthält jeder Datensatz in der Entität Antrieb die Attribute Bewegungsart, Antriebstechnologie, Motoren, Antriebsparameter und Regelung. Analog zum Kapitel 4.1.2 sind diese Entitäten außer der Entität Regelung über eine „1...\*“ Verbindung mit der Entität Antrieb verbunden. Außerdem ist jede dieser Tabellen über eine „1...\*“ Beziehung mit den zugehörigen Informationstabellen verbunden. Die Entität Antriebsparameter verfügt über zahlreiche Attribute um einen Motor beschreiben zu können. Diese sind der Abbildung 4.1.3-1 zu entnehmen.

Aufgrund der Gegebenheit, dass einer Regelung mehrere Sensoren zugeordnet sein können, bzw. ein Sensor in mehreren Regelungen vorkommen kann, ist als Verbindung zwischen den Tabellen Regelung und Sensorik eine weitere Crossstable notwendig.

Die Entität Sensorik ihrerseits, ist mit den Tabellen Sensorparametern und Informationen verknüpft. Dieses ER Modell dient nur als Grundlage und wird in dieser Arbeit nicht weiter fokussiert.

Aufschlüsselung der Entitäten nach Abbildung 4.1.3-1

- Bewegungsart z.B.:
  - Rotatorisch
  - Translatorisch
- Antriebstechnologie z.B.:
  - Elektrisch
  - Hydraulisch
- Motoren z.B.:
  - Asynchronmaschine
  - Gleichstrommaschine
- Regelung z.B.:
  - Wegregelung
  - Kraftregelung
- Sensorik z.B.:
  - Potentiometer
  - Kraftaufnehmer

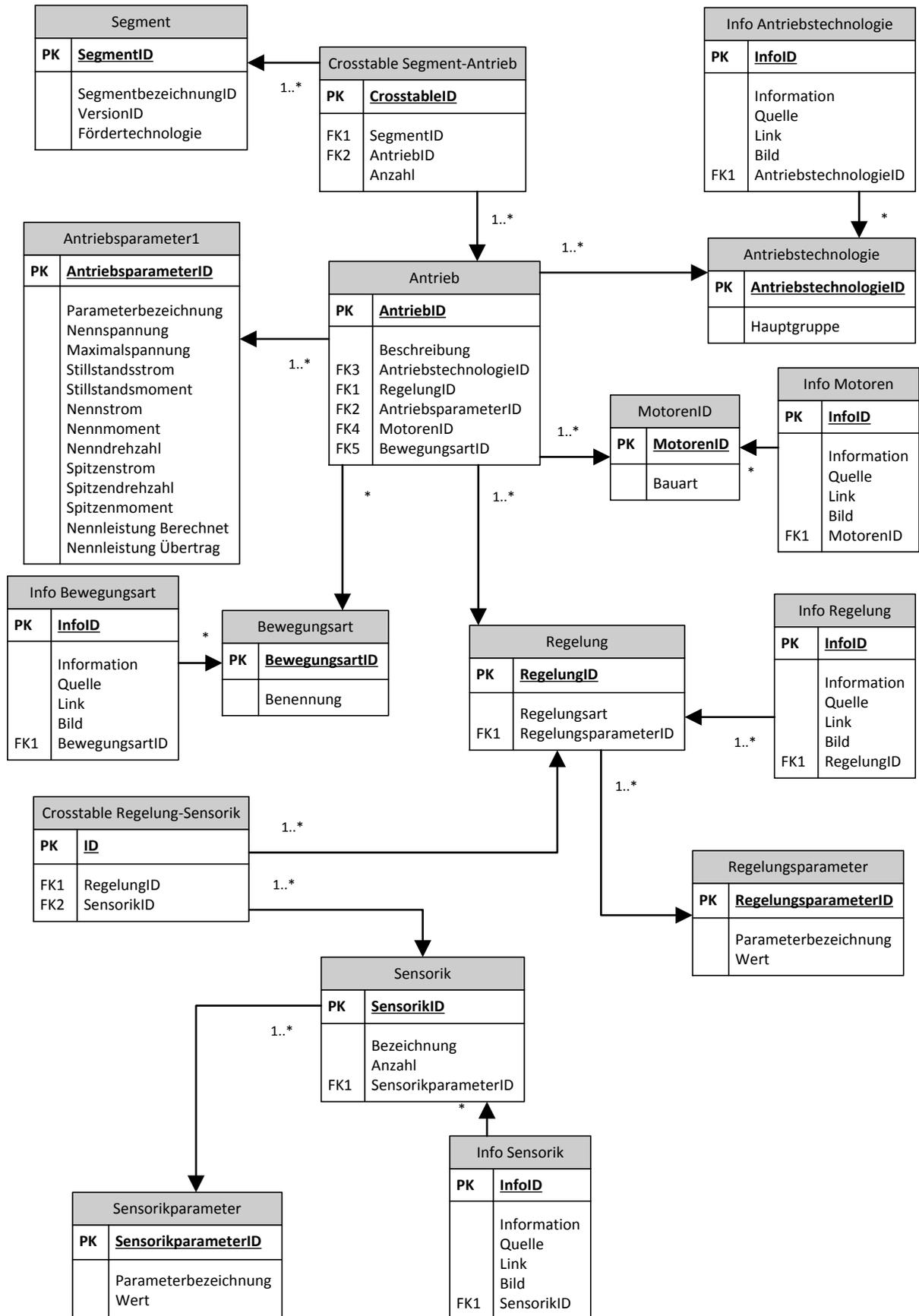


Abbildung 4.1.3-1: ERM Antrieb

## 4.2 Realisierung in Microsoft Access

Microsoft Access ermöglicht es, wie bereits beschrieben, Datenkontainer im Sinne von Tabellen in Relation zueinander zu setzen, die ihrerseits einfach und flexibel zu pflegen, bzw. auszubauen sind. Die Grundstruktur dazu liefern die Kapitel 4.1.1 bis 4.1.3 im Sinne von Entity Relationship Models. Um dem Ziel einer wissensbasierenden Plattform gerecht zu werden, lassen sich auch sämtliche Informationen in eigenen Tabellen übersichtlich speichern.

Um eine Datenbank zu erstellen, ist nicht nur die Theorie hinsichtlich der Methodik (Kap. 2.1, Kap 2.2) und des Themengebietes von Nöten, sondern auch die Art und Weise wie Use Cases (Kap. 3.1), Aktivitätsdiagramme (Kap. 3.2) sowie ER Modelle (Kap.4.1) in Kombination eine funktionale Benutzeroberfläche bieten.

### 4.2.1 Grundsätzliches

Wie in Kapitel 3.2.1 (Aktivitätsdiagramm Projekterstellung) beschrieben, in dem ein Top-down Ansatz gewählt wurde, soll als erstes nach öffnen der Datenbank eine Auswahl zwischen dem Erstellen oder Abrufen von Projekten bzw. Funktionsanalysen und Berichten getroffen werden (Abbildung 4.2.1-1). Im Nachfolgenden wird die Abkürzung „frm“ als ein Formular in Access betrachtet.

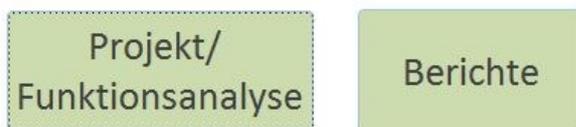


Abbildung 4.2.1-1: frm Start

Die in Abbildung 4.2.1-2 dargestellte Auswahlmaske bietet einen Überblick der einzelnen Funktionen. Zusätzlich soll wie schon in Kapitel 2.2 erwähnt, auf diese Weise die Funktionsebene dargestellt werden.

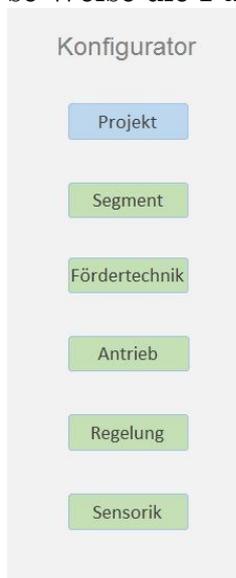


Abbildung 4.2.1-2: frm Funktionsebene

### 4.2.2 Berichtswesen

Die Auswahlmaske Berichtswesen setzt sich aus den in Kapitel 3.2.6 und 3.2.7 beschriebenen Use Cases zusammen. In Abbildung 4.2.2-2 wird mit Hilfe von farbig hinterlegten Feldern ein Visueller Überblick über die Unterschiede der jeweiligen Segmente, bzw. Versionen ermöglicht. In der Abbildung 4.2.2-1 handelt es sich um ungebundene Formulare. Diese Formulare sind nur der Navigation dienlich. Das heißt, die Schaltflächen sind lediglich mit anderen Formularen, bzw. Berichten verlinkt ohne auf die im Hintergrund befindlichen Datensätze Einfluss nehmen zu können.

#### Berichte

Segment Versionsvergleich	<input type="text"/>	<input type="button" value="nur ausgewählte anzeigen"/>	<input type="button" value="alle anzeigen"/>
Segment	<input type="text"/>	<input type="button" value="nur ausgewählte anzeigen"/>	<input type="button" value="alle anzeigen"/>
Fördertechnologie	<input type="text"/>	<input type="button" value="nur ausgewählte anzeigen"/>	<input type="button" value="alle anzeigen"/>
Antrieb	<input type="text"/>	<input type="button" value="nur ausgewählte anzeigen"/>	<input type="button" value="alle anzeigen"/>

Abbildung 4.2.2-1: Berichtswesen

Der in Abbildung 4.2.2-2 dargestellte Versionsvergleich, verfolgt das Ziel visuell zu erkennen, bis zu welcher Wirk- oder Baugruppenebene sich die einzelnen Konfigurationen gleichen, bzw. ab wann sie sich voneinander unterscheiden. Des Weiteren bietet dieser Bericht Bewertungen und Leistungsdaten (Durchsatz, Motorleistung). Aufgrund dessen können die Ergebnisse mit der Aufgabenstellung verglichen und bewertet werden. Dies soll die in Kapitel 2.1.3 angeführte Konstruktionsmethodik ermöglichen, indem man sich in iterativen Schleifen dem Ergebnis der Lösung nähert.

Versionsvergleich				
Segmentname	SegmentID	Versionbezeichnung	Foerdertechnologie	
Segment Beförderung von Paketen	152	Version1	Beförderung von Paketen	
Foerderguteigenschaft	Krafteinleitung	Kontinuitaetseigenschaft	Foerdertfamilie	Foerderbezeichnung
Stückgut	mit Zugmittel Aufgrund gleichbleibenden Niveaus realistische einsetzbar, kann auch als Traggmittel verwendet werden	stetig Da es sich um ein geometrisch bestimmtes Fördergut handelt.	Bandfoerderer Trag- und Zugfunktioin, geringe Geräuschentwicklung, in Gurtkurven können Güter	Gurtfoerderer ruhiger und geräuscharmer Lauf, Vielzahl ovn Zusatzeinrichtungen anbaubar, hervorragend für
Parameterbezeichnung	Stueckstrom [Stk/s]	Foerdergeschwindigkeit [m/s]	Antriebsleistung [W]	
Paketparameter1	3,00	3,00	2.060,10	
Segment Beförderung von Paketen	153	Version2	Beförderung von Paketen	
Foerderguteigenschaft	Krafteinleitung	Kontinuitaetseigenschaft	Foerdertfamilie	Foerderbezeichnung
Stückgut	mit Zugmittel Aufgrund gleichbleibenden Niveaus realistische einsetzbar, kann auch als Traggmittel verwendet werden	stetig Da es sich um ein geometrisch bestimmtes Fördergut handelt.	Bandfoerderer Trag- und Zugfunktioin, geringe Geräuschentwicklung, in Gurtkurven können Güter	Stahlbandfoerderer breiter Arbeitstemperaturbereich und besondere hygienische Vorteile werden aufgrund
Parameterbezeichnung	Stueckstrom [Stk/s]	Foerdergeschwindigkeit [m/s]	Antriebsleistung [W]	
Paketparameter1	3,00	3,00	2.060,10	
Segment Beförderung von Paketen	158	Version3	Beförderung von Paketen	
Foerderguteigenschaft	Krafteinleitung	Kontinuitaetseigenschaft	Foerdertfamilie	Foerderbezeichnung
Stückgut	mit Zugmittel Aufgrund gleichbleibenden Niveaus realistische einsetzbar, kann auch als Traggmittel verwendet werden	stetig Da es sich um ein geometrisch bestimmtes Fördergut handelt.	Bandfoerderer Trag- und Zugfunktioin, geringe Geräuschentwicklung, in Gurtkurven können Güter	Gurtfoerderer leichte Bauweise, Ersatz beschädigter Kunststoffglieder möglich, geringer Reibwert zwischen

Abbildung 4.2.2-2: Versionsvergleich

In Abbildung 4.2.2-3 bis Abbildung 4.2.2-5 sind die in Kapitel Use Case Berichtswesen 3.2.7 beschriebenen Use Cases in hierarchisch strukturierter Berichtsform abgebildet. Diese Berichte sind untereinander verlinkt, dass man zum Beispiel ausgehend von der Übersicht Projekt in die darunterliegenden Übersichten per Mausklick navigieren kann.

Übersicht Projekt	
ProjektID	48
Projektname	Fa. Ecotec Beförderung von Paketen
Ziel ist es, Pakete von der Grösse 300[mm]x400[mm]x200[mm] mit einem Maximalgewicht von 10 kg vo Punkt A zu Punkt B zu befördern. Eine direkte Beförderung ist aufgrund des Hallengrundrisses möglich. Die Anlage soll eine Förderleistung von 300 Paketen pro Stunde nicht unterschreiten.	
Segmentname	Segment Beförderung von Paketen
Versionbezeichnung	Version1
FoerdertechnologieID	39
BezeichnungFoerdertech	Beförderung von Paketen
AntrieblID	Beschreibung
1	Antrieb Gurtfoerderer

Abbildung 4.2.2-3: Übersicht Projekt

Übersicht Fördertechnologie	
FoerdertechnologieID	39
Bezeichnung Fördertechnologie	Beförderung von Paketen
Krafteinleitungsbezeichnung	mit Zugmittel
Kontinuitaetseigenschaft	stetig
Bezeichnung Foerderfamilie	Bandfoerderer
Foerderbezeichnung	Gurtförderer
Fördergutbezeichnung	Paket
Parameterbezeichnung	Paketparameter1

Abbildung 4.2.2-4: Übersicht Fördertechnologie

Übersicht Antrieb	
AntrieblID	1
Beschreibung	Antrieb Gurtfoerderer
Bewegungsart	rotatorisch
Hauptgruppe	elektrisch
Bauart	Asynchronmaschine
Regelungsart	Wegregelung
Sensorbezeichnung	
Sensor2	
Sensor1	

Abbildung 4.2.2-5: Übersicht Antrieb

### 4.2.3 Projektebene

Wie in Abbildung 3.3.1-1 bereits gezeigt und beschrieben, ist in Abbildung 4.2.3-1 die dazugehörige Oberfläche dargestellt. Dabei dient der obere Abschnitt dem Anlegen von Projekten. Im unteren Abschnitt werden den einzelnen Projekten beliebig viele Segmente zugewiesen. Das heißt, dass durch Zuweisung mehrerer Segmente zu einem Projekt eine Förderstrecke dargestellt werden kann. Mit den grün hinterlegten Schaltflächen können die Oberflächen der einzelnen Entitäten aufgerufen werden, um entweder neue Einträge zu speichern, oder bestehende Einträge zu ändern bzw. einzusehen.

The screenshot displays a software interface for project management. The top part is a form for project details with fields for 'ProjektID' (48), 'Projektname' (Fa. Ecotec Beförderung von Paketen), and 'ZielparameterID' (1). Below these fields are navigation buttons (back, forward, search) and a green button labeled 'neue Zielparameter'. The bottom part of the interface is a form for segment details, showing 'ProjektID' (48), 'SegmentID' (152), 'Quantität' (1), and 'Position' (1). It also includes fields for 'Segmentname' (Segment Beförderung von Pake), 'VersionID' (84), and 'Versionbezeichnung' (Version1), with green buttons for 'neues Segment' and 'neue Version'.

Abbildung 4.2.3-1: Projektebene

### 4.2.4 Segmentebene

Unter Segment versteht man wie in Abbildung 4.1.1-1 dargestellt, die Gesamtheit der zusammenhängenden Technologien, dass ein Modul eine geforderte Funktion abbilden kann. In Abbildung 4.2.4-1 ist ersichtlich, dass Segmente ohne Projektzugehörigkeit erstellt werden. Wie in Abbildung 4.2.4-1 gezeigt, wird im oberen Bereich der Eingabemaske ein Segment erstellt und wie in Kapitel 3.3.1 beschrieben, mit einer Version und Fördertechnologie versehen. Im unteren Bereich werden den jeweiligen Segmenten beliebig viele Antriebe zugewiesen. Die grün hinterlegten Schaltflächen dienen ebenfalls zur Neuerstellung der jeweiligen Entitäten.

Abbildung 4.2.4-1: Segmentebene

Wie in Abbildung 4.2.4-2 und Abbildung 4.2.4-3 ersichtlich, können standardisierte Segmentnamen und Versionsbezeichnungen angelegt werden (Kapitel 4.1.1). Grund hierfür ist Doppelgleisigkeiten bei ähnlichen Benennungen zu vermeiden.

Abbildung 4.2.4-2: frm Segmentnamen

Abbildung 4.2.4-3: frm Version

## 4.2.5 Funktionsbaustein Fördertechnologie

Das in Abbildung 4.2.5-1 dargestellte Formular zeigt die Wirk- und Baugruppenebene der Funktion Fördertechnologie. Ziel dieser Oberfläche ist es die anhand der Wirkebene getroffenen Auswahlen als gefilterte Lösungsmöglichkeiten auf Baugruppenebene anzubieten. Um den Funktionsbaustein Fördertechnologie besser erfassen zu können, werden auch die dafür notwendigen Parametersätze zur Beschreibung des Fördergutes und der grundsätzlichen Auslegung der Fördertechnologie zur Auswahl und Übersicht dargestellt. Die einzelnen Einträge der Parametersätze stammen aus den Formeln in Kapitel 2.4.4. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um geometrische Abmessungen und um die geforderten Durchsätze um grundlegende Berechnungen bezüglich der Antriebsleistung automatisch in der Software durchführen zu können. Hier können auch Bewertungen zu den einzelnen Auswahlen der Konfiguration gespeichert werden welche in einem späteren Versionsvergleich als Entscheidungshilfe herangezogen werden können. Die Zuordnung zweier Segmente unterschiedlicher Durchsatzleistungen zu einem Projekt ist grundsätzlich möglich, da es durchaus vorkommen kann, dass mehrere Förderstrecken sich zu einer verzüngen.

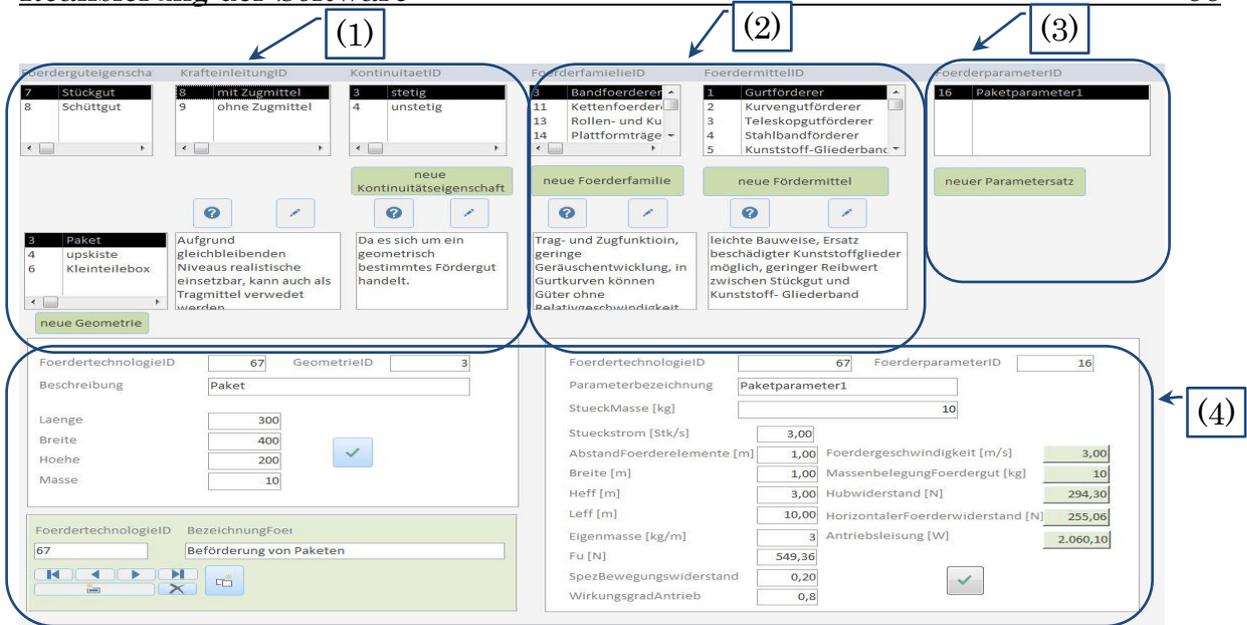


Abbildung 4.2.5-1: frm Fördertechnologie

- (1) Wirkebene
- (2) Baugruppenebene
- (3) Parameterauswahl
- (4) Parameterübersicht

Die auf dieser Oberfläche getroffenen Eingaben werden so wie in Abbildung 4.1.2-1 dargestellt, immer einer bestimmten ID Nummer im Datensatz Fördertechnologie zugewiesen.

In den Abbildung 4.2.5-2 bis Abbildung 4.2.5-4 gezeigt, können die einzelnen beschriebenen Entitäten erstellt werden. Das Feld Farbcode ist hinsichtlich einer Visuellen Unterscheidung wie in Abbildung 4.2.2-2 bereits gezeigt und beschrieben, den jeweiligen Einträgen zuzuweisen.



Abbildung 4.2.5-2: frm Kontinuität



Abbildung 4.2.5-3: frm Foerderfamilie



Abbildung 4.2.5-4: frm Fördermittel

Die Datenbank ist so aufgebaut, dass aufgrund von selektierten Einträgen in der Wirkebene eine eingeschränkte Auswahl auf Baugruppenebene zur Verfügung steht. Aus diesem Grund wird in Abbildung 4.2.5-4 der Fördermittel eine Förderfamilie zugewiesen.

## 4.2.6 Funktionsbaustein Antrieb

In Abbildung 4.2.6-1 ist die Oberfläche des Funktionsbausteins Antrieb dargestellt. Analog zur Oberfläche Fördertechnologie wird auch hier die Unterscheidung zwischen Wirk- und Baugruppenebene getroffen. Ein Parametersatz zur Charakterisierung des Antriebes ist ebenfalls vorhanden. Wie in Kapitel 4.1.3 beschrieben und in Abbildung 4.1.3-1 dargestellt, ist der Funktionsbaustein Regelung ebenfalls auf der Oberfläche Antrieb angeordnet. Um dem Anspruch des wissensbasierten Arbeitens gerecht zu werden, verfügt auch diese Oberfläche analog zur Oberfläche Fördertechnologie über die Möglichkeit jedem Eintrag Zusatzinformationen zuzuweisen und gegebenenfalls in Berichtsform auszugeben.

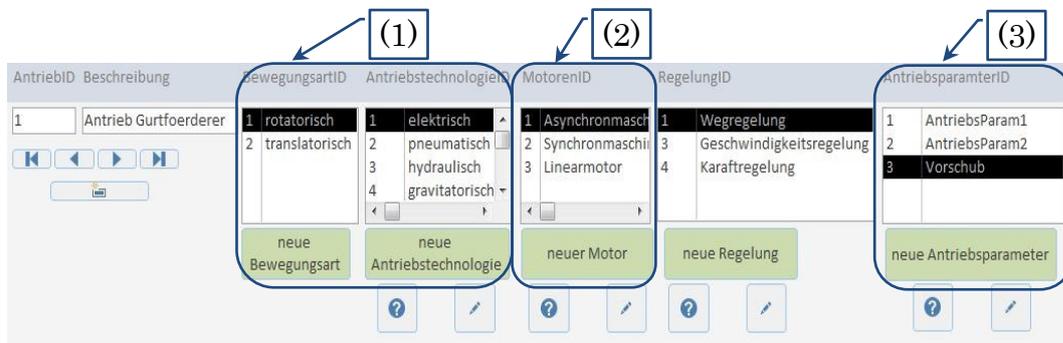


Abbildung 4.2.6-1: Funktionsbaustein Antrieb

- (1) Wirkebene
- (2) Baugruppenebene
- (3) Parameterauswahl

In den Abbildung 4.2.6-2 bis Abbildung 4.2.6-4 sind die einzelnen Erstellungsmasken für die jeweiligen Antriebsattribute angeführt.

Abbildung 4.2.6-2: frm Bewegungsart

Abbildung 4.2.6-3: frm Antriebstechnologie

Abbildung 4.2.6-4: frm Motoren

## 4.2.7 Funktionsbaustein Regelung

In Abbildung 4.2.7-1 ist die Eingabemaske Regelung dargestellt. Grundsätzlich ist diese Maske analog zu den vorher beschriebenen Funktionsbausteinen zu verstehen. Wie in Kapitel 4.1.3 beschrieben können dieser Regelung wiederum beliebig viele Sensoren zugeordnet werden. Des Weiteren wird jede RegelungsID mit einem Parametersatz verknüpft. Die Definition der Regelungsparameter ist nicht mehr Gegenstand dieser Arbeit.

RegelungID	SensorikID
1	2

RegelungsparameterID	Parameter
1	0
2	0

Abbildung 4.2.7-1: frm Regelung

## 4.2.8 Funktionsbaustein Sensor

Abbildung 4.2.8-1 zeigt den Aufbau der Maske zur Erfassung von Sensoren (vgl. Kapitel 3.3.3). Es können Sensoren neu erstellt und mit eigenen Sensorparametersätzen verknüpft werden. Die genaue Aufschlüsselung der Sensorparameter ist nicht mehr Teil dieser Arbeit.

The screenshot displays a software interface for managing sensors. It features a main form with three input fields: 'SensorikID' (containing '2'), 'Bezeichnung' (containing 'Sensor1'), and 'Anzahl' (containing '3'). Below these fields are navigation buttons (back, forward, search) and a 'neue Sensorikparameter' button. To the right, a table lists sensor parameters:

SensorikparameterID	Bezeichnung
1	SensorParameter1
2	SensorParameter2

The table has a scrollable area and a 'neue Sensorikparameter' button below it.

Abbildung 4.2.8-1: frm Sensor

### 4.3 Fact- Sheet

#### Brainstorming für Grundaussagen

- Einfaches Erstellen von Projektkonfigurationen
- Darstellung der Eckdaten auf einen Blick

- Vergleich und Bewertung der erstellten Konfigurationen
- Entscheidungsgrundlage für weiteres Vorgehen

#### Informationsplattform

- Informationen von Projektordnern können strukturiert abgebildet werden
- Fachwissen von Mitarbeitern wird für alle zugänglich gemacht

- Informationsstamm zu jedem Zeitpunkt erweiter- und editierbar
- Interaktives System zur Informationsbeschaffung

#### Individuell angepasste Erweiterungen

- Bedarfsorientierte, einfache Erweiterung der Datenbankstrukturen
- Erweiterung der Datenbank durch Funktionsanalysen

- Einbringung von Neuentwicklungen
- Einbringung von Berechnungen

#### Strukturiertes Arbeiten und Ablegen von Daten

- Strukturiertes Arbeiten im Sinne der Entwicklungsmethodik
- Mehrsträngige Entwicklungen
- Geordnetes Ablegen von verschiedenen Versionen

- Bereitstellung der technischen Seite der Projektverwaltung
- Editierfähigkeit erstellter Konfigurationen
- Mehrfachverwendbarkeit von Konfigurationen für unterschiedliche Projekte

Die Idee dieser Datenbank besteht darin, wie in Abbildung 4.3-1 dargestellt, Konzeptlayouts und Funktionsanalysen von Förderstrecken der Stetigförderer zu erstellen. In der Praxis werden Projekte aufgrund einer engen Zeitschiene und sich über die Jahre der Erfahrung entwickelnden Berufsblindheit ohne die Vorgehensweise der allgemeinen Entwicklungsmethodik abgearbeitet. Das entwicklungstechnische Know How steckt meist in den jeweiligen Projektordnern, bzw. in den Entwicklern selbst. Diese Datenbank kann den Arbeitsalltag der Entwicklung vereinfachen.

Dazu verfügt die Datenbank über

- eine Verwaltungsstruktur  
In dieser Struktur kann der User sämtliche Projekte mit allen zugehörigen Informationen zentral verwalten. Dies bietet den Vorteil, dass sich der einzelne Entwickler in bereits fertiggestellte Projekte einlesen und zusätzliche Informationen, die sonst im Wissensschatz von Mitarbeitern auch unterschiedlicher Abteilungen vorhanden sind, zu einzelnen Projekten, und Funktionsbausteinen abrufen kann.
- Ein Konfigurator Interface  
Auf diese Weise lassen sich Projekte gemäß der Entwicklungsmethodik und Funktionsanalyse konfigurieren. Das bedeutet, dass ausgehend von einer Aufgabenstellung einzelne Funktionsbausteine vom Groben ins Detail konfiguriert werden und diese Konfigurationen im Sinne der Entwicklungsmethodik mit der Aufgabenstellung in Berichtsform verglichen werden können.
- Die Möglichkeit mehrsträngiger Entwicklungen  
Im Sinne der Entwicklungsmethodik ist es gefordert mehrere Versionen zu einer Aufgabe zu erstellen. Diese Versionen können erstellt werden und in einem Versionsvergleich in Berichtsform gegenüber gestellt werden. Dabei können die Versionen anhand von Bewertungen, Leistungsdaten und einem visuellen Vergleich, bis zu welcher Konfigurationsebene Gemeinsamkeiten, bzw. Unterschiede bestehen, evaluiert werden.
- Die Fähigkeit Konzeptlayouts von Förderstrecken zu erstellen.  
Die abgelegten konfigurierten Funktionsbausteine können nach einer Evaluierung in Form von Segmenten einzelnen Projekten zugewiesen werden.
- Eine Auswahlabhängige Filterfunktion des nachstehenden Lösungsfeldes  
Aufgrund der angesprochenen Betriebsblindheit werden oft mögliche Lösungen nicht in Betracht gezogen. Die Datenbank bietet anhand der getroffenen Auswahlen das noch verbleibende Lösungsfeld an.
- Die Möglichkeit existierende Anlagen abzubilden  
Existierende Anlagen werden in Form einer Konfiguration analysiert, mit den benötigten Zusatzinformationen versehen und in einem Datensatz zur weiteren Verwendung gespeichert.
- Grundlegende Berechnungen  
Dabei werden den einzelnen Konfigurationen Parametersätze zugewiesen welche grundlegende Berechnungen (Durchsatz, Leistung) beinhalten

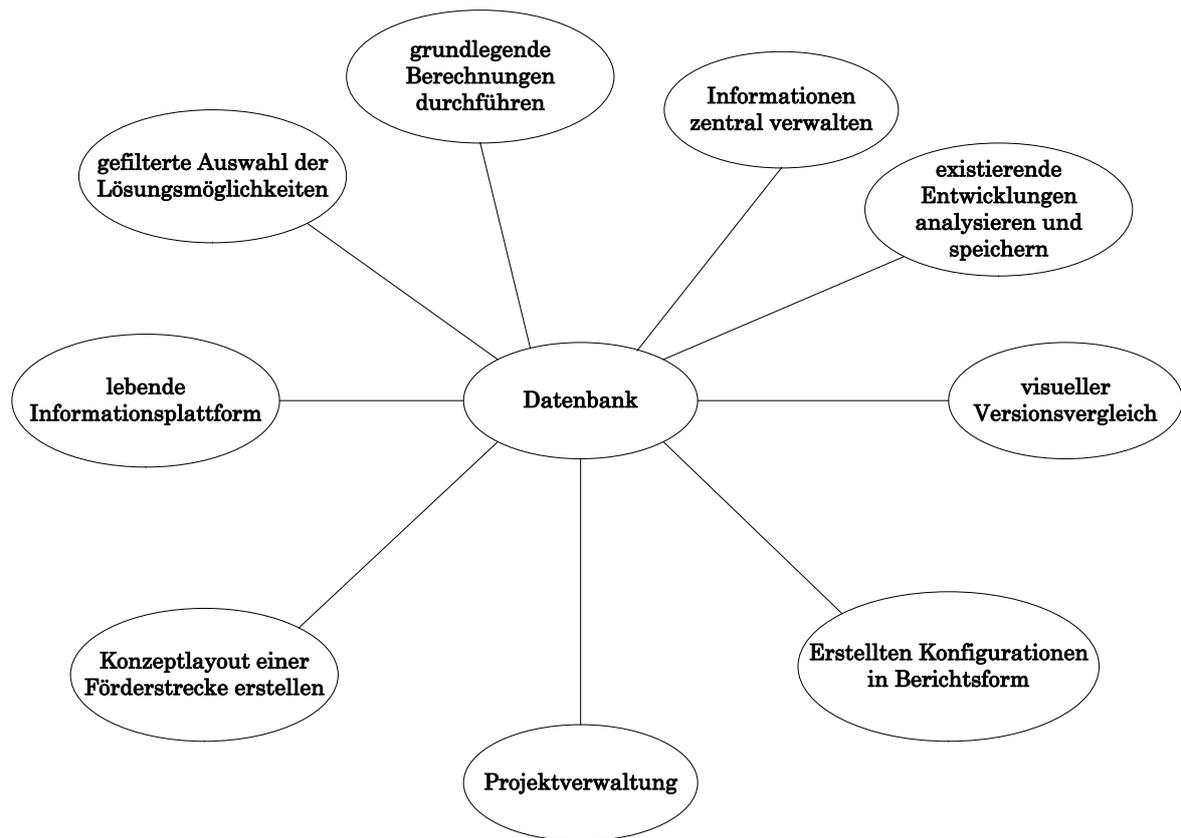


Abbildung 4.3-1: Funktionen der Datenbank

## 5 Beispielprojekt

Im folgenden Kapitel soll ein fiktives Projekt mit Hilfe der Datenbank konfiguriert werden.

### 5.1 Definition Aufgabenstellung

Ziel ist es, Pakete von der Größe 300[mm]x400[mm]x200[mm] mit einem Maximalgewicht von 10 kg von Punkt A zu Punkt B zu befördern. Eine geradlinige Beförderung ist aufgrund des Hallengrundrisses möglich. Die Anlage soll eine Förderleistung von 300 Paketen pro Stunde nicht unterschreiten und die Pakete über eine Strecke von 10 m befördern.

### 5.2 Befüllung

Die Datenbank startet mit dem graphischen User Interface „frmIndex“. Dort sind wie in Abbildung 5.2-1 die einzelnen Hauptgruppen wie Projekt, Segment, Fördertechnik, Antrieb, Regelung und Sensorik vorhanden, welche in der dargestellten Reihenfolge zu befüllen sind.

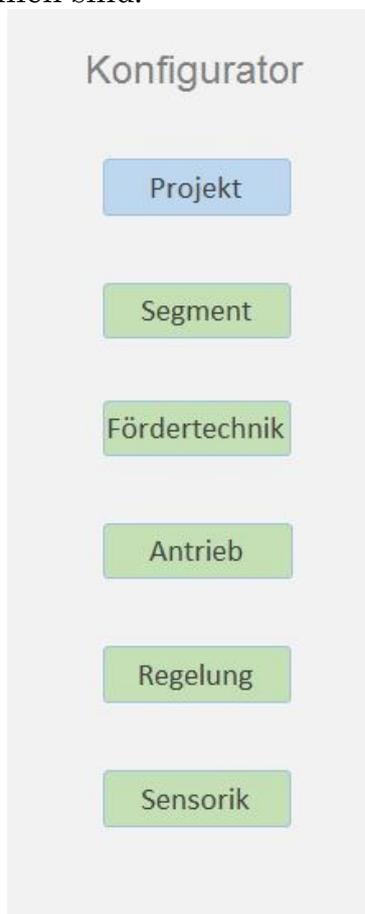


Abbildung 5.2-1: frm Index

Bei Anwahl der Schaltfläche „Projekt“ erscheint das Projektmenü. Als ersten Schritt legt man wie in Abbildung 5.2-2 dargestellt, ein neues Projekt an, indem man mit der Schaltfläche(1) eine neue ProjektID auslöst und eine dementsprechende Bezeichnung (Paketförderstrecke) vergibt. Dieser ProjektID wird im nächsten Schritt ein Zielparameter zugewiesen. Um einen neuen Zielparameter zu erstellen wählt man die Schaltfläche „neue Zielparameter“ an. Im Allgemeinen enthält die Zielbeschreibung die Informationen der Aufgabenstellung (Abb.5.2-3).

Abbildung 5.2-2: frm Projekt

Abbildung 5.2-3: frm Zielparameter

Falls ein bereits fertiges Segment (Abbildung 5.2-4) existiert, kann dies ebenfalls dem Projekt zugewiesen werden. Dabei kann die Quantität der verbauten Segmente definiert werden und im Weiteren eine Positionsnummer vergeben werden.

Sollte noch kein passendes Segment existieren, muss dieses per Mausklick auf die Schaltfläche „neues Segment“ angelegt werden. Dies kann entweder in der „frmIndex“ (Abbildung 5.2-1) oder in der „frmProjekt“ (Abbildung 5.2-2) geschehen.

Das Segment verfügt über den Hauptteil der Informationen. Wie in Abbildung 5.2-4 dargestellt, enthält diese Oberfläche die Informationen über die Fördertechnologie, Version und die Art des Antriebes. In diesem Bereich ist es auch möglich fertig konfigurierte Fördertechnologien und Antriebe beliebig miteinander zu kombinieren. Im Falle einer Neuerstellung wird als erstes mittels der Schaltfläche (2) eine neue SegmentID mit zugehöriger Bezeichnung erstellt. Da in einem Entwicklungsprozess meistens mehrere Versionen gewünscht sind, kann die Versionierung über ein Pulldownmenü zugewiesen werden.

Abbildung 5.2-4: frm Segment

- (1) Zuweisung der konfigurierten Fördertechnologie
- (2) Schaltfläche neuer Datensatz
- (3) Zuweisung der Version
- (4) Zuweisung des Segmentnamens

Abbildung 5.2-5: frm Version

Im vorliegenden Fall wird die Version 1 zur neu erstellten Segmentbezeichnung „Segment Beförderung von Paketen“ ausgewählt. Als nächstes wird die gewünschte Fördertechnologie zugewiesen. Bei nicht existenter Fördertechnologie bietet die Schaltfläche „neue Fördertechnologie“ einen entsprechenden neuen Datensatz zu konfigurieren. Es öffnet sich, wie schon im vorhergehenden Kapitel beschrieben, eine weitere Konfigurationsmaske. Diese Maske beinhaltet die Informationen über die Krafteinleitung, Kontinuität, Förderfamilie, Fördermittel, Förderguteigenschaft, Geometrie und den Parametersatz. Bei nicht ausreichender Auswahlmöglichkeit, gibt es jeweils die Möglichkeit über die darunter liegenden Schaltflächen zu den zugehörigen Listenfeldern neue Datensätze anzulegen und die Informationen zu den angewählten Einträgen in Form eines Berichtes abzurufen. Zur vorliegenden Aufgabenstellung werden folgende Auswahlen getroffen. Die Konfigurationsmaske ist so konzipiert, dass abhängig der getroffenen Auswahlen das noch verbleibende Lösungsfeld übrig bleibt und für die weitere Konfiguration zur Verfügung steht.

- Krafteinleitung: mit Zugmittel
- Kontinuität: stetig
- Förderfamilie: Bandförderer
- Fördermittel: Gurtförderer
- Förderguteigenschaft: Stückgut

Abbildung 5.2-6: frm Fördertechnologie

(1) Parameter der selektierten Geometrie

Nun muss entsprechend den Vorgaben, die Geometrie des zu befördernden Gutes in der Datenbank hinterlegt werden. Dazu wird die Schaltfläche „neue Geometrie“ angewählt. Es öffnet sich eine weitere Oberfläche wie in Abbildung 5.2-7 dargestellt. Mittels Mausklick Abbildung 5.2-7(2) wird eine neue GeometrieID ausgelöst die wiederum eine Bezeichnung erhält. Die Abmessungen werden wie schon erwähnt gemäß den Vorgaben eingetragen. Aufgrund von Auswahlabhängigkeiten in der Maske Fördertechnologie, muss der Geometrische Datensatz einer Förderguteigenschaft (1) zugeordnet werden. Danach kann das Fenster geschlossen werden.

Abbildung 5.2-7: frm Geometrie

(1) Zuweisung zur Förderguteigenschaft

(2) Schaltfläche zur Erzeugung einer neuen GeometrieID

Im Formular „Fördertechnologie“ Abbildung 5.2-6 steht nun bei Selektion der Förderguteigenschaft Stückgut das neu angelegte „Paket“ zur Auswahl. Im unteren Bereich (Abbildung 5.2-6 (1)) können die Einträge gegebenenfalls editiert und mittels Mausklick gespeichert werden.

Als nächstes muss ein Parametersatz definiert werden. Dazu ist analog zum Punkt Geometrie die Schaltfläche „neuer Parametersatz“ zu wählen. Wie in Ab-

bildung 5.2-8 ersichtlich, werden die einzelnen Felder den Anforderungen entsprechend ausgefüllt.

FoerderparameterID	Parameterbezeichnung	GeometrieID
16	Paketparameter1	3 Paket
StueckMasse	10	4 upskiste
Stückstrom[Stk/s]	3	5 amazon
AbstandFoerderelemente[m]	1	Paket
Breite[m]	1,00	10
Heff[m]	3,00	neue Geometrie
Leff[m]	10,00	⏪ ⏩ ⏴ ⏵
Eigenmasse [kg/m]	3	📄
SpezBewegungswiderstand	0,20	📄
WirkungsgradAntrieb	0,8	
Foerdergeschwindigkeit[m/s]	3,00	
MassenbelegungFoerdergut [kg]	10	
Hubwiderstand[N]	294,30	
HorizontalerFoerderwiderstand [N]	255,06	
Fu [N]	549,36	
Antriebsleistung [W]	2.060,10	

Abbildung 5.2-8: frm Parametersatz

- (1) Zuweisung der Geometrie
- (2) Neuer Paramtersatz

Um eine gewisse Flexibilität aufrecht zu erhalten, können mehrere verschiedene Parametersätze willkürlich definiert werden. Einer davon ist im Fenster „Fördertechnologie“ dem aktuellen Datensatz zuzuweisen. Im Fenster Parametersatz ist noch des Weiteren zu beachten, dass eine vorher erfasste Geometrie (Abbildung 5.2-8(1)) zuzuweisen ist, da sie die für die Berechnung (Durchsatz, Antriebsleistung) erforderlichen Daten (Masse) bereitstellt. Im Fenster „Fördertechnologie“ kann wiederum der ausgewählte Parametersatz editiert und gespeichert werden. Nun kann diese Konfiguration dem vorher beschriebenen Segment zugewiesen werden Abbildung 5.2-4 (1)). Möchte man eine weitere Version im Segment anlegen, sind die eben beschriebenen Schritte zu wiederholen.

Wie schon vorher erwähnt verfügt die Eingabemaske „Segment“ auch über die Informationen des Antriebes, bzw. der Antriebstechnologie (Abbildung 5.2-9). Dieses Fenster lässt sich entweder über die „frmIndex“ oder die „frmSegment“ öffnen.



Abbildung 5.2-9: frm Antrieb

Wie schon in Kapitel 4.1.3 erwähnt, ist dem Antrieb die Regelung und der Regelung die Sensorik zugewiesen. Im aktuellen Beispiel wird folgende Konfiguration für den Antrieb gewählt.

- Bewegungsart: rotatorisch
- Antriebstechnologie: elektrisch
- Motor: Asynchronmotor
- Regelung: Wegregelung

Dem Datensatz Antrieb wird analog zur Fördertechnik ebenfalls ein Parametersatz zugewiesen. Hierfür wird wie in Abbildung 5.2-9 gezeigt, die Schaltfläche „neuer Parametersatz“ angewählt. Wie in Abbildung 5.2-10 dargestellt, werden die einzelnen Felder befüllt und anhand des Feldes „Nennleistungsübertrag“ verglichen. Dieser Übertrag stammt vom Parametersatz in der Fördertechnologie.

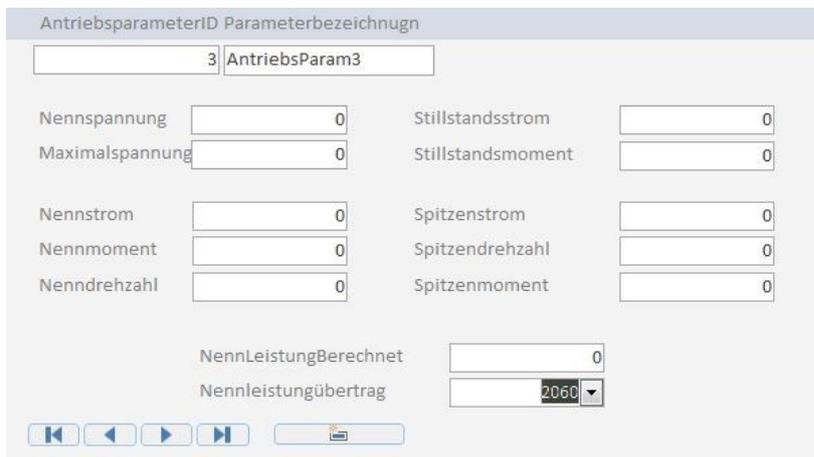


Abbildung 5.2-10: frm Antriebsparameter

Nun können die jeweils konfigurierten Segmente einem Projekt zugeordnet werden. Dies geschieht wie in Abbildung 5.2-2 dargestellt.

### 5.2.1 Informationsberichte

Da diese Datenbank nicht nur ein reines Konfigurationstool darstellen soll, besteht auch die Möglichkeit Informationen zu den jeweiligen Auswahlpunkten bereitzustellen, zu ergänzen oder auszuarbeiten. Anhand der Abbildung 5.2.1-1 „frm Fördertechnologie“ soll diese Möglichkeit gezeigt werden. In Abbildung 5.2.1-2 sind exemplarisch die zum jeweiligen Eintrag erstellten Informationen dargestellt. Des Weiteren können im Datensatz Fördertechnologie zu den jeweils getroffenen Auswahlen Bewertungen abgegeben werden.

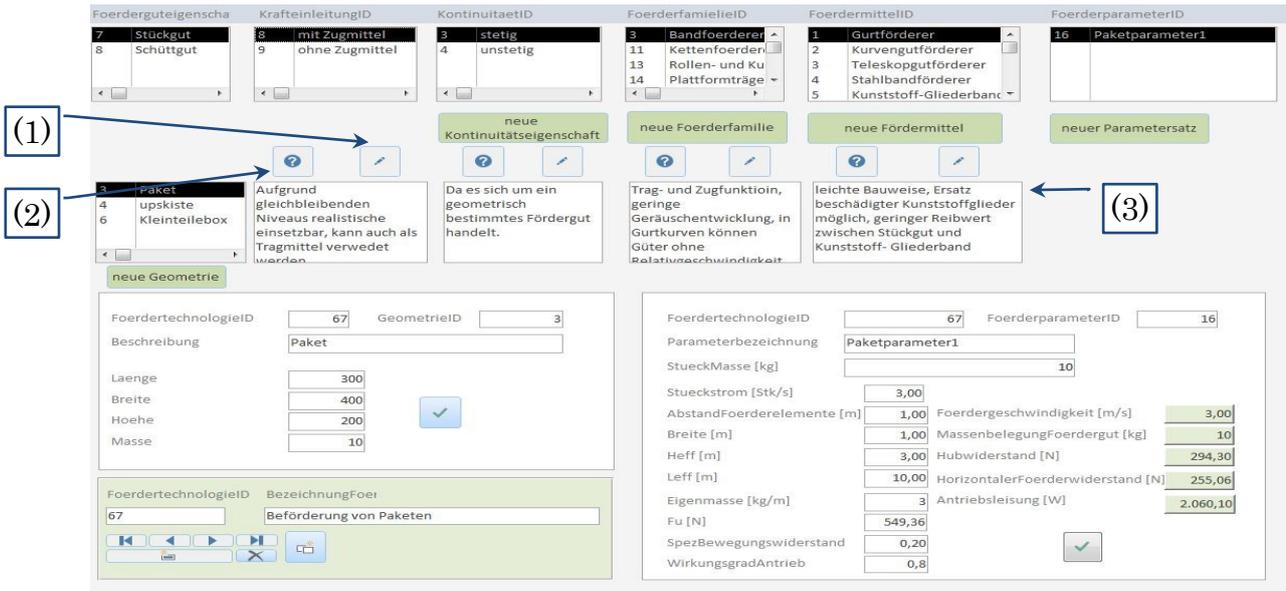


Abbildung 5.2.1-1: frm Fördertechnologie

- (1) Informationen erstellen und editieren und nachschlagen
- (2) Informationsbericht abrufen
- (3) Bewertungen

vergeben

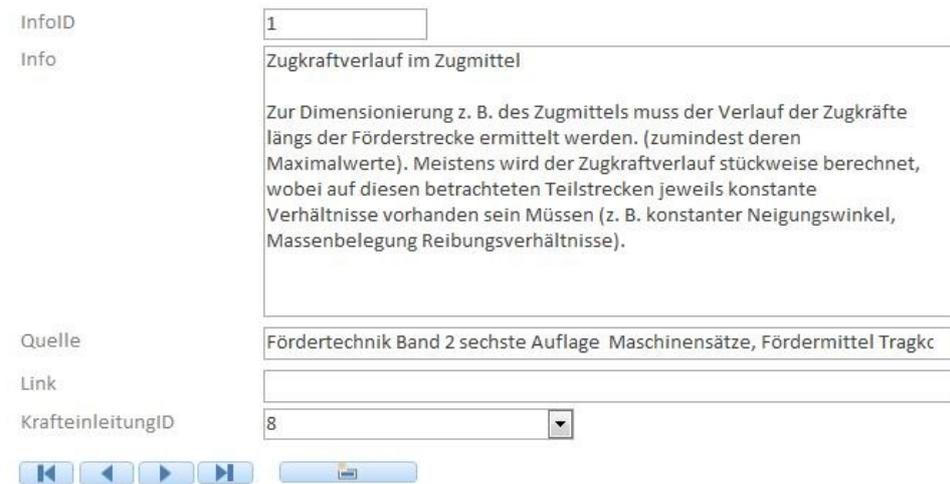


Abbildung 5.2.1-2: frm InfoKrafteinleitung

## 6 Analyse der Ergebnisse

Wie in Kapitel 2 beschrieben, bringt eine Entwicklung mehrere Varianten, bzw. Versionen mit sich. Um dies möglichst einfach und gezielt miteinander vergleichen zu können, verfügt diese Datenbank über ein Berichtswesen.

### 6.1 Interpretation der Berichte

In Abbildung 6.1-1 ist so wie in Kapitel 4.2.2 bereits beschrieben, ein visueller Vergleich der einzelnen Segmente hinsichtlich der Wirk- und Baugruppenebene möglich. Im aktuellen Fall zeigt sich, dass sich bis zur Ebene Förderfamilie alle Versionen gleichen. Ab der Ebene Fördermittel sind die Unterschiede farblich hinterlegt und in den einzelnen Versionen ersichtlich. Zusätzlich sind die in Abbildung 5.2.1-1 dargestellten Bewertungen auch im Bericht ersichtlich. Aus dem zugewiesenen Förderparameter werden im Sinne einer besseren Übersicht die wichtigsten Leistungsdaten wie Durchsatz und Antriebsleistung ebenfalls im Bericht ausgelesen.

Versionsvergleich				
Segmentname	SegmentID	Versionbezeichnung	Foerdertechnologie	
Segment Beförderung von Paketen	152	Version1	Beförderung von Paketen	
Foerderguteigenschaft	Krafteinleitung	Kontinuitaetseigenschaft	Foerderfamilie	Foerderbezeichnung
Stückgut	mit Zugmittel Aufgrund gleichbleibenden Niveaus realistische einsetzbar, kann auch als Tragmittel verwendet werden	stetig Da es sich um ein geometrisch bestimmtes Fördergut handelt.	Bandfoerderer Trag- und Zugfunktion, geringe Geräuschentwicklung, in Gurtkurven können Güter	Gurtfoerderer ruhiger und geräuscharmer Lauf, Vielzahl von Zusatzeinrichtungen anbaubar, hervorragend für
Parameterbezeichnung	Stueckstrom [Stk/s]	Foerdergeschwindigkeit [m/s]	Antriebsleistung [W]	
Paketparameter1	3,00	3,00	2.060,10	
Segment Beförderung von Paketen	153	Version2	Beförderung von Paketen	
Foerderguteigenschaft	Krafteinleitung	Kontinuitaetseigenschaft	Foerderfamilie	Foerderbezeichnung
Stückgut	mit Zugmittel Aufgrund gleichbleibenden Niveaus realistische einsetzbar, kann auch als Tragmittel verwendet werden	stetig Da es sich um ein geometrisch bestimmtes Fördergut handelt.	Bandfoerderer Trag- und Zugfunktion, geringe Geräuschentwicklung, in Gurtkurven können Güter	Stahlbandfoerderer breiter Arbeitstemperaturbereich und besondere hygienische Vorteile werden aufgrund
Parameterbezeichnung	Stueckstrom [Stk/s]	Foerdergeschwindigkeit [m/s]	Antriebsleistung [W]	
Paketparameter1	3,00	3,00	2.060,10	
Segment Beförderung von Paketen	158	Version3	Beförderung von Paketen	
Foerderguteigenschaft	Krafteinleitung	Kontinuitaetseigenschaft	Foerderfamilie	Foerderbezeichnung
Stückgut	mit Zugmittel Aufgrund gleichbleibenden Niveaus realistische einsetzbar, kann auch als Tragmittel verwendet werden	stetig Da es sich um ein geometrisch bestimmtes Fördergut handelt.	Bandfoerderer Trag- und Zugfunktion, geringe Geräuschentwicklung, in Gurtkurven können Güter	Gurtfoerderer leichte Bauweise, Ersatz beschädigter Kunststoffglieder möglich, geringer Reibwert zwischen

Abbildung 6.1-1: Vergleich Segmente

Des Weiteren soll wie schon in Kapitel 4.2.2 beschrieben die Struktur von Projekten mit den hierarchisch darunter liegenden Ebenen in Form eines Berichtes angeboten werden. Es wird auch die Zielbeschreibung zum Abgleich mit der Konfiguration dargestellt. In Abbildung 6.1-2 ist das Segment „Segment Beförderung von Paketen“ dargestellt. Ausgehend von der Segment- und Versionsbezeichnung sind die beiden darunterliegenden Funktionsbausteine zu sehen. Um eine Übersichtlichkeit zu bewahren sind hier nur die Benennungen der einzelnen Funktionsbausteine zu sehen. In diesem Fall sind dies die Fördertechnologiebezeichnung und die Bezeichnung des Antriebs

### Übersicht Projekt

ProjektID	48	Ziel ist es, Pakete von der Grösse 300[mm]x400[mm]x200[mm] mit einem Maximalgewicht von 10 kg vo Punkt A zu Punkt B zu befördern. Eine direkte Beförderung ist aufgrund des Hallengrundrisses möglich. Die Anlage soll eine Förderleistung von 300 Paketen pro Stunde nicht unterschreiten.
Projektname		
Fa. Ecotec Beförderung von Paketen		

Segmentname	Segment Beförderung von Paketen
-------------	---------------------------------

Versionbezeichnung	Version1
FoerdertechnologieID	39
BezeichnungFoerdertech	Beförderung von Paketen

AntriebID	Beschreibung
1	Antrieb Gurtfoerderer

Abbildung 6.1-2: Übersicht Projekt

Es ist nicht besonders befriedigend, nur die Bezeichnungen, der in den unterschiedlichen Versionen konfigurierten Funktionsbausteine zu kennen. Aus diesem Grund ist in den Abbildung 6.1-3 und Abbildung 6.1-4 eine detailliertere Übersicht der einzelnen Funktionsbausteine in einer hierarchischen Struktur in Berichtsform dargestellt. Diese werden durch einen „Doppelklick“ auf die jeweilige Bezeichnung geöffnet.

### Übersicht Fördertechnologie

FoerdertechnologieID	39
Bezeichnung Fördertechnologie	Beförderung von Paketen
Krafteinleitungsbezeichnung	mit Zugmittel
Kontinuitaetseigenschaft	stetig
Bezeichnung Foerderfamilie	Bandfoerderer
Foerderbezeichnung	Gurtförderer
Fördergutbezeichnung	Paket
Parameterbezeichnung	Paketparameter1

Abbildung 6.1-3: Übersicht Fördertechnologie

Übersicht Antrieb	
AntriebID	1
Beschreibung	Antrieb Gurtfoerderer
Bewegungsart	rotatorisch
Hauptgruppe	elektrisch
Bauart	Asynchronmaschine
Regelungsart	Wegregelung
Sensorbezeichnung	
Sensor2	
Sensor1	

Abbildung 6.1-4: Übersicht Antrieb

## **6.2 Ausblick**

Es soll erwähnt sein, dass diese Arbeit keinen Anspruch auf eine vollständige Betrachtung der Intralogistik erhebt. Vielmehr sollte diese Arbeit einen möglichen Lösungsweg aufzeigen, um den Anforderungen der Entwicklungsmethodik gerecht zu werden. In diesem Kapitel sollen mögliche Ausbauszenarien der in dieser Arbeit erstellten Datenbank aufgezeigt und weiter Verwendungsmöglichkeiten betrachtet werden.

## **6.3 Ausbauszenario Datenbank**

### **Ausbau und Konkretisierung der Datenbank**

Eine erste Möglichkeit des Ausbaus findet sich in der Konkretisierung des erfassten Themengebietes der Stetigförderer. Das bedeutet, dass die Baugruppenebene um eine Unterbaugruppenebene erweitert wird. Dies ist in der zu Grunde liegenden Struktur einfach zu bewerkstelligen und folgt demselben Gedankenmuster des bisherigen Systems. Das heißt, dass in einem ersten Schritt die einzelnen Baugruppen analog zu Kapitel 2.4.2 nach ordnenden Gesichtspunkten aufgebaut werden. Diese ergeben wieder Entitäten ihrerseits, welche wiederum in Form einzelner Tabellen in Relation zueinander gesetzt werden (vgl. Kapitel 4.1). Auf diese Weise lassen sich sämtliche Baugruppen und Unterbaugruppen identifizieren und in MS- Access in Form von Formularen abbilden. So gewinnt diese Datenbank an Umfang in ihrer Funktion als Informationsplattform und um weiterreichende Konfigurationen tätigen zu können.

### **Detaillierung von Attributen**

Jede Baugruppe verfügt über eine Vielzahl von Attributen. Aufgabe wird es sein, allgemein anwendbare Charakterisierungsgrundlagen für einzelne Baugruppen und Bauteile zu finden welche in den einzelnen Entitäten eingebracht werden können. Anhand dieser Attribute kann eine spezifischere Auswahl und Konfiguration der Komponenten erfolgen.

### **Bewertung**

Grundsätzlich ist gezeigt worden, dass eine Bewertung möglich ist. Weiterführenden Nutzwertanalysen und Bewertungsschemata können in dieser Struktur implementiert werden.

### **Useability**

Die Datenbank wurde wie bereits erwähnt in Microsoft Access erstellt. Access bietet die Möglichkeit die Programmierung mittels SQL Programmcode, oder

per Access Editor zu erstellen. Der Programm Editor weist Schwächen hinsichtlich komplexer Strukturen auf, weswegen es nicht immer möglich ist die eigenen Vorstellungen umzusetzen. Empfehlenswert ist eine Programmierung dieser Datenbank in den allgemein gängigen Programmiersprachen wie zum Beispiel C-Sharp, C++, etc...

## 7 Zusammenfassung

Zielsetzung dieser Arbeit ist es, Problemstellungen des konstruktiven Alltags der Intralogistik aufzugreifen um im Bereich der Entwicklungsmethodik alternative Wege und Konzepte vorzustellen. Im Alltag gibt es zwei wesentliche Probleme. Zum einen ist es zumeist mit hohem Aufwand verbunden, in einer neuen Thematik, aufgrund der Informationsbeschaffung Fuß zu fassen. Zum anderen leidet die Kreativität in den jeweiligen Lösungen, da neue Konzepte nicht wahrgenommen werden. Die Idee ist es eine Methode zu entwickeln welche Funktionssynthesen einfach und effizient für Neuauslegungen zur Verfügung stellt.

In dieser Arbeit wird das Konzept einer Datenbank beschrieben die im Themengebiet der Stetigförderer für Stückgut angesiedelt ist, um für oben genannte Aufgaben eine mögliche Lösung zu entwickeln. Die Datenbank verfügt über eine Eingabemaske. Über diese Eingabemaske lassen sich für die Neuauslegung und Funktionsanalyse neue Projekte mit den dazugehörigen Versionen anlegen. Die Funktionsweise der Datenbank ist so gewählt, dass ausgehend von den Attributen in der Funktionsebene die weiteren Auswahlmöglichkeiten auf der Wirkebene gefiltert angeboten werden. So zieht sich eine weitere Präzisierung zur Baugruppenebene durch. Dies geschieht in Form von einzelnen Auswahlkatalogen die ihrerseits einfach erweitert und mit Zusatzinformationen versehen werden können. Zusatzinformationen können Quellverweise, Beschreibungen, Bewertungen und Parameter beinhalten. Parameter können für einfache Grundberechnungen in der Auslegung verwendet werden. Im Sinne der Entwicklungsmethodik soll auch die Möglichkeit bestehen Teillösungen miteinander zu kombinieren, editieren und in Form von Projekten und Versionen zu speichern. Endberichte sollen des weitern dazu dienen, Lösungen miteinander zu vergleichen und mit der Aufgabenstellung abzugleichen. So sollen Funktionsanalysen die Datenbank befüllen um für Neuauslegungen einfach zugängliche und übersichtliche Informationen bereitzustellen. Auf diesem Weg soll auch der Ansatz geschafft werden in der Lösungsfindung verschiedene Wege objektiv betrachten zu können.

Das Ergebnis dieser Arbeit ist ein Datenbankmodell, welches so konzipiert ist, dass man es auf unterschiedliche Themengebiete der technischen Logistik mit selektiven Inhalt und Präzisierungen der einzelnen Themengebiete einfach anpassen und erweitern kann. Auch soll ein Ausblick über weitere Funktionen gegeben werden. Damit ist im zum Beispiel eine Implementierung detaillierterer Parametersätze, umfangreichere Berechnungen und Nutzwertanalysen mit dem damit verbundenen Berichtswesen gemeint. Dieses Modell dient also als Grundlage für weitere Arbeiten auf diesem Gebiet bzw. als Datenbankentwurf für eine weitere Implementierung in die xKBE- App.

## 8 Verzeichnisse

### 8.1 Literaturverzeichnis

- [1] VDI Verein Deutscher Ingenieure, VDI 2221 Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, Düsseldorf: VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb, 1993.
- [2] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen und K.-H. Grote, Konstruktionslehre Grundlagen, Bd. VII, Berlin Heidelberg: Springer- Verlag, 2003, 2005, 2007.
- [3] DIN 69910 Wertanalyse, Begriffe, Methode, Berlin: Beuth.
- [4] C. Weizsäcker von, Die Einheit der Natur – Studien., München: Hanser, 1971.
- [5] P. Naefe, Einführung in das Methodische Konstruieren, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2009, 2012.
- [6] K. Ehrlenspiel, Integrierte Produktentwicklung, 2 Hrsg., München: Hanser-Verlag, 2003.
- [7] P. Krumhauer, Rechnerunterstützung für die Konzeptphase der Konstruktion, Berlin: Diss. TU Berlin, 1974.
- [8] J. Ponn und U. Lindemann, Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte, Berlin, Heidelberg: Springer- Verlag, 2008, 2011.
- [9] K. Roth, Konstruieren mit Konstruktionskatalogen, Bd. 3, Berlin Heidelberg New York: Springer- Verlag, 2000.
- [10] D. Jodin und C. Landschützer, KNOWLEDGE-BASED METHODS FOR EFFICIENT MATERIAL HANDLING EQUIPMENT DEVELOPMENT, Graz: Graz University of Technology, Institute of Logistics Engineering.
- [11] H. Martin, P. Römisch und A. Weidlich, Materialflusstechnik: Auswahl und Berechnung von Elementen und Baugruppen der Fördertechnik, Wiesbaden: Vieweg, 2008.
- [12] M. t. Hompel, T. Schmidt und L. Nagel, Materialflusssysteme, 3 Hrsg., Berlin Heidelberg: Springer- Verlag, 2007.
- [13] VDI- Richtlinie 2411: Begriffe und Erläuterungen im Förderwesen, Düsseldorf: VDI- Verlag GmbH, 1970.
- [14] VDI- Richtlinie 4440 Blatt 1: Übersichtsblätter Stetigförderer für Stückgut, Düsseldorf: VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik, 2007.
- [15] VDI- Richtlinie 4440 Blatt 2: Übersichtsblätter Stetigförderer für Stückgut Kettenförderer, Düsseldorf: VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik, 2007.
- [16] VDI- Richtlinie 4440 Blatt 3: Übersichtsblätter Stetigförderer für Stückgut Rollen- und Kugelbahnen, Düsseldorf: VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik, 2007.
- [17] VDI- Richtlinie 4440 Blatt 4: Übersichtsblätter Stetigförderer für Stückgut Plattformträger, Düsseldorf : VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss

- Logistik, 2007.
- [18] VDI- Richtlinie 4440 Blatt 5: Übersichtsblätter Stetigförderer für Stückgut Hängeförderer, 2007: VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik, Düsseldorf.
- [19] VDI- Richtlinie 4440 Blatt 6: Übersichtsblätter Stetigförderer für Stückgut Vertikalförderer, Düsseldorf: VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik, 2007.
- [20] K. Hoffmann, E. Krenn und G. Stanker, Fördertechnik, 6 Hrsg., Bd. 2, Linz: Veritas- Verlag, 2009.

## 8.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1-1: Entwicklungsumgebung .....	2
Abbildung 1.1-2: geforderte Arbeitsumgebung .....	3
Abbildung 2.1.1-1: Aufbau eines Systems (nach Abb.1.5. [2]).....	5
Abbildung 2.1.1-2: Vorgehensschritte der Systemtechnik ( nach Abb. 1.6. [2])....	6
Abbildung 2.1.2-1: Systemtechnisches Vorgehensmodell in unterschiedlichen Lebensphasen (Konkretisierungsphasen) nach Abb. 1.7. [2].....	7
Abbildung 2.1.2-2: Generelles Vorgehen der Wertanalyse nach DIN 69910 [3]; nach Abb. 1.8 [2].....	7
Abbildung 2.1.3-1: Generelles Vorgehen beim Einwickeln und Konstruieren nach Bild 3.3. [1] .....	9
Abbildung 2.2-1: Umsatz von Energie, Stoff und Signal, Lösung noch unbekannt. Aufgabe bzw. Funktion aufgrund der Ein- und Ausgänge beschreibbar nach Abb. 2.2. [2] .....	11
Abbildung 2.2-2: Die Struktur eines Systems in unterschiedlicher Detaillierung nach Abb. 2.13. [5] ; [6] .....	11
Abbildung 2.2-3: Allgemein anwendbare Funktionen abgeleitet von den Merkmalen Art, Größe, Anzahl, Ort und Zeit in Bezug auf den Energie-, Stoff- und Signalumsatz nach Abb. 2.7 [2] .....	12
Abbildung 2.2-4: Prinzipieller Aufbau eines Ordnungsschemas mit Teilfunktionen einer Gesamtfunktion und zugeordneten Lösungen nach [2] Abb. 6.12 .....	13
Abbildung 2.2-5: Erfüllen von Teilfunktionen durch Wirkprinzipien, die aus physikalischen Effekten sowie aus stofflichen Merkmalen aufgebaut werden nach Abb. 2.12 [2].....	13
Abbildung 2.2-6: Zusammenhänge in technischen Systemen nach Abb. 2.13 [2] .....	14
Abbildung 2.2-7: Einordnung in das Münchener Produktkonkretisierungsmodell (MKM) nach Abb. 2.2 [8].....	15
Abbildung 2.2-8: Die logische Schluß- Matrix und die logische Freiheits- Matrix zur algebraischen Darstellung der Berührung von festen Körpern (Elementenpaaren) nach [9] Bild 9.1. ....	16

Abbildung 2.2-9: Konstruktionskatalog der möglichen Elementenpaarung mit zwei Teilen, dargestellt durch die Schluß-Matrix und durch Skizzen für eine Realisierungsvariante nach [9] Bild 9.5.....	17
Abbildung 2.3.5-1:KBx-definitions nach [10] Table 1.....	21
Abbildung 2.4-1: Einteilung der Stetigförderer nach funktionalen Gesichtspunkten nach Abb. 6.1 [20].....	22
Abbildung 2.4.2-1: Systematik der Fördermittel für die Stückgutförderung nach [12] Abbildung 4.3.....	24
Abbildung 2.4.3-1: Prinzipdarstellung Gurtförderer nach [15].....	27
Abbildung 2.4.3-2: Gurtbandförderer Fa. ALFOTEC GmbH.....	27
Abbildung 2.4.3-3: Gurtförderer TSUBAKI_KABELSCHLEPP GmbH.....	28
Abbildung 3.1-1: Struktur zur Datenspeicherung.....	32
Abbildung 3.2.1-1:Use Case Projekt anlegen.....	34
Abbildung 3.2.1-2: Maske Projekt.....	34
Abbildung 3.2.2-1: Use Case Segment anlegen.....	36
Abbildung 3.2.2-2: Maske Segment.....	36
Abbildung 3.2.3-1: Maske Fördertechnologie.....	38
Abbildung 3.2.3-2: Use Case Fördertechnologie konfigurieren.....	38
Abbildung 3.2.4-1: Maske Antrieb.....	39
Abbildung 3.2.4-2: Use Case Antriebstechnologie anlegen.....	40
Abbildung 3.2.5-1: Use Case Funktionsanalyse/ Projektierung.....	42
Abbildung 3.2.6-1: Use Case Versionsvergleich.....	43
Abbildung 3.2.7-1: Use Case Berichtswesen.....	44
Abbildung 3.2.7-2: Maske Berichtswesen.....	45
Abbildung 3.3.1-1: Aktivitätsdiagramm zum administrativen Vorgehen.....	46
Abbildung 3.3.2-1: Aktivitätsdiagramm Fördertechnologie.....	47
Abbildung 3.3.3-1: Aktivitätsdiagramm Antrieb.....	49
Abbildung 3.4.1-1: Eingabemaske Excel.....	50
Abbildung 3.4.1-2: Foerdertechnik.....	51
Abbildung 3.4.1-3:Bandfoerderer.....	51
Abbildung 3.4.1-4:Antrieb.....	51
Abbildung 3.4.1-5: Foerderparameter.....	52
Abbildung 3.4.2-1: Oberfläche Microsoft Access.....	53
Abbildung 3.4.2-2: Access Objekte.....	53
Abbildung 4.1.1-1: ERM Grundstruktur.....	56
Abbildung 4.1.2-1: ERM Fördertechnologie.....	58
Abbildung 4.1.3-1: ERM Antrieb.....	60
Abbildung 4.2.1-1: frm Start.....	61
Abbildung 4.2.1-2: frm Funktionsebene.....	61
Abbildung 4.2.2-1: Berichtswesen.....	62
Abbildung 4.2.2-2: Versionsvergleich.....	62
Abbildung 4.2.2-3: Übersicht Projekt.....	63
Abbildung 4.2.2-4: Übersicht Fördertechnologie.....	63
Abbildung 4.2.2-5: Übersicht Antrieb.....	63
Abbildung 4.2.3-1: Projektebene.....	64
Abbildung 4.2.4-1: Segmentebene.....	65
Abbildung 4.2.4-2: frm Segmentnamen.....	65
Abbildung 4.2.4-3: frm Version.....	65
Abbildung 4.2.5-1: frm Fördertechnologie.....	66

Abbildung 4.2.5-2: frm Kontinuität.....	66
Abbildung 4.2.5-3: frm Foerderfamilie.....	66
Abbildung 4.2.5-4: frm Foerdermittel .....	67
Abbildung 4.2.6-1: Funktionsbaustein Antrieb .....	67
Abbildung 4.2.6-2: frm Bewegungsart.....	68
Abbildung 4.2.6-3: frm Antriebstechnologie .....	68
Abbildung 4.2.6-4: frm Motoren .....	68
Abbildung 4.2.7-1: frm Regelung.....	68
Abbildung 4.2.8-1: frm Sensor .....	69
Abbildung 4.3-1: Funktionen der Datenbank .....	72
Abbildung 5.2-1: frm Index.....	73
Abbildung 5.2-2: frm Projekt .....	74
Abbildung 5.2-3: frm Zielparameter.....	74
Abbildung 5.2-4: frm Segment.....	75
Abbildung 5.2-5: frm Version.....	75
Abbildung 5.2-6: frm Fördertechnologie .....	76
Abbildung 5.2-7: frm Geometrie .....	76
Abbildung 5.2-8: frm Parametersatz.....	77
Abbildung 5.2-9: frm Antrieb.....	78
Abbildung 5.2-10: frm Antriebsparameter.....	78
Abbildung 5.2.1-1: frm Fördertechnologie .....	79
Abbildung 5.2.1-2: frm InfoKrafteinleitung.....	79
Abbildung 6.1-1: Vergleich Segmente .....	80
Abbildung 6.1-2: Übersicht Projekt.....	81
Abbildung 6.1-3: Übersicht Fördertechnologie .....	81
Abbildung 6.1-4: Übersicht Antrieb .....	82

### 8.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.2.1-1: Use Case Projekt anlegen.....	33
Tabelle 3.2.2-1: Use Case Segment anlegen .....	35
Tabelle 3.2.3-1: Use Case Fördertechnologie konfigurieren.....	37
Tabelle 3.2.4-1: Use Case Antriebstechnologie .....	39
Tabelle 3.2.5-1 : Use Case Funktionsanalyse/ Projektierung .....	41
Tabelle 3.2.6-1: Use Case Versionsvergleich .....	43
Tabelle 3.2.7-1: Berichtswesen .....	44

### 8.4 Gleichungsverzeichnis

Formel (1): Stückstrom.....	18
Formel (2): Massenstrom.....	18
Formel (3): Hubwiderstand.....	19
Formel (4): Gutlast.....	19
Formel (5): Reibungswiderstand.....	19
Formel (6): Gesamtwiderstand.....	19
Formel (7): Nennleistung.....	19