



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Vienna University of Technology

Diplomarbeit

Erstellung eines Werkzeugs zur Integration großer Datenmengen für die Lagerplanung

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. Prof. eh. Dr. h.c. Wilfried Sihn

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung)

Martin Riester, MBE

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung,
Fraunhofer Austria Research GmbH)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Philipp Knödgen, BSc

0725608

Südallee 20

56068 Koblenz

Deutschland

Koblenz, im Dezember 2017

Philipp Knödgen



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Vienna University of Technology

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der
Bezeichnung

Diplomarbeit

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten
Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und
alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt
habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch
Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als
Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter
beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Koblenz, im Dezember 2017

Philipp Knödgen

Kurzfassung

WIEN Universitätsbibliothek

Die Logistikkosten, die innerhalb eines Lagers anfallen, werden zu einem großen Teil bereits während der Lagerplanung bestimmt. In der Literaturrecherche wird beim Vergleich verschiedener Lagerplanungsmodelle deutlich, dass den Planungsphasen Datenerfassung und -analyse eine elementare Bedeutung zukommt. Bei der Grobplanung gelten diese Planungsschritte, mit einem Anteil von über 50 Prozent, als die zeitintensivsten Phasen. Die kontinuierlich wachsende, zu verarbeitende Datenmenge und das Erstellen immer komplexerer und detaillierterer Systeme, stellt die Planung stets vor neue Herausforderungen. Zusätzlich steigt die Nachfrage an Flexibilisierung und Individualisierung der Prozesse. Zudem wurde festgestellt, dass hauptsächlich Tabellenkalkulationen und Datenbankmanagement-Systeme zur Verarbeitung von Stammdaten und Bewegungsdaten zum Einsatz kommen. Die Verwendung von gewöhnlichen Datenverarbeitungswerkzeugen kann aber, aufgrund der stetig zunehmenden Datenmenge, zu Herausforderungen und Problemen führen. Schnell sind Grenzen möglicher Zeilen pro Tabellenblatt erreicht. Zudem ist innerhalb dieser Programme die Aufbereitung und die Verknüpfung großer Datenmengen aufwendig und gleichzeitig zeitintensiv.

Im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit wurde ein Lagerplanungswerkzeug entwickelt, welches als Planungshilfsmittel fungiert und die oben genannten Planungsphasen deutlich vereinfacht. Dieses Werkzeug basiert auf der ETL-Anwendung Pentaho Data Integration (PDI). Damit ist es möglich, die heterogenen Daten aus unterschiedlichen Datenquellen zu vereinheitlichen und anschließend in einer Datenbank bzw. in dem gewünschten Zielformat zu speichern. Dieser Prozess beinhaltet die Schritte der Datenextraktion, Datentransformation und der Datenladephase.

Das entstandene Lagerplanungshilfsmittel ermöglicht, schnell eine Datenbasis für die weitere Planung zu schaffen und hilft somit, die Planungskosten zu senken. Zudem kann es universell durch die Anpassungen der Metadaten in verschiedenen Projekten zum Einsatz kommen. Ein denkbare Szenario ist, dass der Kunde die Metadatendatei vom Planungsdienstleister erhält und diese selbständig ausfüllt. So können schon beim Kunden erste Datenanalysen stattfinden. Ein weiterer Vorteil ist die übersichtliche Dokumentation innerhalb dieser Metadatendatei. Der Kunde sieht sofort, welche ursprünglichen Feldbeschreibungen mit den Feldnamen der Standardvorlage des Dienstleisters korrespondieren.

Die Ausgabedateien sind so vorkonfiguriert, dass sie in zusätzlichen Planungshilfsmitteln zum Einsatz kommen können. Beispielsweise lässt sich zur Visualisierung der Ergebnisse das Programm Tableau Software nutzen, mit welchem sich die generierten Dateien schnell einlesen und interaktiv auswerten lassen.

The logistics costs of a warehouse are largely determined during the warehouse planning stage. Today, the warehouse plays a more important role in the success of the company than ever before. The distinction between production, transport and storage is blurred.

Comparing different warehouse planning models makes it clear that the planning phases of data acquisition and analysis are of fundamental importance. These planning steps are the most time-consuming phases. The continuously growing amount of data and the creation of more complex and detailed systems leads to new challenges. In addition, the demand for more flexibility and individualization of processes is increasing. It was found that mainly spreadsheets and database management systems are used to process master data and transaction data.

The use of these tools can cause problems because of the increasing amount of data. The limits of possible lines per worksheet are quickly reached. In addition, the preparation and linking of large amounts of data is difficult and time-consuming.

Within the scope of this thesis, a warehouse planning tool was developed. It acts as a planning aid and simplifies the initial planning phases. The tool is based on the ETL application Pentaho Data Integration (PDI). This makes it possible to unify and store heterogeneous data from different data sources. The process includes the steps of data extraction, data transformation and data loading phase. In this way, a data basis for further planning is quickly created and planning costs are reduced. By modifying the metadata, it can be used in different projects. A possible scenario is that the customer receives the metadata file from the warehouse design company and fills it out independently. This means that initial data analyses can be carried out at the customer's location. A further advantage is the clear documentation within this metadata file.

The customer immediately sees which original field descriptions correspond to the field names of the planning company's standard template. The output files are preconfigured so that they can be used in additional planning tools. For example, the Business Intelligence Tool Tableau Software can be used to visualize the results. With this software, the generated files can be fed into quickly and be evaluated interactively.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung	2
1.3	Struktur der Arbeit	3
2	Theoretische Grundlagen.....	5
2.1	Definition Materialfluss	5
2.2	Planungsbegriff	5
2.3	Stufenmodelle der Materialflussplanung.....	6
2.3.1	Planungssystematik nach Martin	6
2.3.2	Iterationsprozess einer Planung.....	7
2.4	Definition Lagerplanung.....	8
3	Stufenmodelle der Lagerplanung	9
3.1	Überblick	9
3.2	Materialflussplanung laut ten Hompel.....	11
3.3	Lagerplanung laut Gudehus	14
3.4	Lagerplanung laut Rushton et al.....	17
3.5	Lagerplanung laut Bodner et al	20
3.6	Lagermodelle der Industrie	22
3.7	Fazit.....	26
4	Datenerfassung und -analyse	29
4.1	Datenerfassung	30
4.1.1	Interviewmethode.....	30
4.1.2	Allgemeine Befragung bzw. Fragebogenaktionen.....	30
4.1.3	EDV-Werkzeuge	31
4.2	Notwendige Datenbasis.....	33
4.2.1	Basisdaten	33
4.2.2	Kennzahlen	35
4.3	Datenanalyse	37
4.3.1	Bildung von Artikelklassen	37
4.3.2	Durchlaufdiagramm.....	40

4.4	Fazit.....	43
5	Entwicklungsmethoden	45
5.1	Vorgehensmodell.....	45
5.2	Vorgehensweise bei der Software-Auswahl	47
5.3	Datenflussdiagramm.....	48
6	Umsetzung.....	50
6.1	Ausgangssituation	51
6.1.1	Testdatenbasis.....	51
6.1.2	Identifizierung der Probleme	52
6.2	1. Phase: Start der Entwicklung	54
6.2.1	Anforderungsdefinition an ein Werkzeug zur Datenintegration	54
6.2.2	Software-Auswahl: ETL	55
6.2.3	Einführung in Pentaho Data Integration	57
6.3	2. Phase: Übersetzer.....	59
6.3.1	Metadatenaufnahme	61
6.3.2	Metadatenübertragung.....	64
6.4	3. Phase: Aufbereitung und Verknüpfung.....	66
6.4.1	Standardbezeichnungen	67
6.4.2	Ordnerstruktur des Lagerplanungswerkzeugs	69
6.4.3	Input (inkl. Datenbereinigung und Fehlerreport).....	70
6.4.4	Datenverknüpfung (inkl. Joins).....	75
6.4.5	Output	78
6.5	4. Phase: Standardauswertungen	81
6.5.1	Lagerbestand.....	82
6.5.2	ABC-Analyse.....	89
6.5.3	Software-Auswahl: Visualisierung.....	93
7	Auswertung	95
7.1	Resultat der Aufbereitung und Verknüpfung.....	95
7.2	Auswertung: Lagerbestand.....	96
7.3	Auswertung: ABC-Berechnung.....	98
8	Diskussion und Ausblick	102
8.1	Diskussion der Ergebnisse	102

8.2	Entwicklungspotentiale	103
-----	------------------------------	-----

9	Anhang	105
---	--------------	-----

9.1	Standardbezeichnung für Bewegungs- und Stammdaten	105
-----	---	-----

9.2	Visualisierte Standardauswertung	109
-----	--	-----

10	Abbildungsverzeichnis	111
----	-----------------------------	-----

11	Formelverzeichnis	114
----	-------------------------	-----

12	Tabellenverzeichnis	115
----	---------------------------	-----

13	Abkürzungsverzeichnis	116
----	-----------------------------	-----

14	Literaturverzeichnis	118
----	----------------------------	-----

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Diplomarbeit die gewohnte, männliche Sprachform bei personenbezogenen Substantiven und Pronomen verwendet. Alle personenbezogenen Formulierungen beziehen sich gleichermaßen auf Frauen und Männer.

Lager sind zentrale Knotenpunkte der logistischen Kette und machen in der Regel über 21% der Logistikkosten aus.¹ Die Logistikkosten, die innerhalb eines Lagers anfallen,

werden zu einem großen Teil bereits während der Lagerplanung bestimmt.²

Für den Unternehmenserfolg spielt das Lager heute eine wichtigere Rolle als je zuvor. Grenzen zwischen der Produktion, dem Transport und der Lagerhaltung verschwimmen immer mehr. Unter dem Einfluss von E-Commerce, unternehmensübergreifender Logistikketten, kurzer Reaktionszeit, Globalisierung und Just-in-time-Produktion muss die Lagerhaltung heutzutage folgende Herausforderungen bewältigen:³

- Durchführung von immer kleineren Transaktionen (→ mehr Buchungszeilen)
- Gestiegene Artikelanzahl, die bearbeitet und gelagert werden muss
- Abdeckung individueller Prozesse (z.B. Etikettierung für den Kunden)
- Vermehrte Retouren
- Nachfrage nach Zusatzleistungen
- Erhöhtes Aufkommen von internationalen Bestellungen

Diese vielschichtigen Aufgaben, die bereits während der Lagerplanung berücksichtigt werden müssen, führen zu der in Kapitel 1.1 beschriebenen Problemstellung.

1.1 Problemstellung

Gegenwärtig wird die Lagerplanung mit Hilfe von speziell für diesen Zweck angepasster, allgemein verwendbarer EDV, wie zum Beispiel Tabellenkalkulationsprogrammen, Datenbankmanagementsystemen, CAD-Programmen und Simulationssoftware durchgeführt. Die Daten werden benötigt, um nachzuvollziehen, wie Waren in ein Lager zuströmen, wie die Lagerung stattfindet und wie sie das Lager wieder verlassen.⁴

Bei der Lagergrobplanung ist die Datenerfassung und -analyse, mit einem Anteil von über 50%, die zeitintensivste Planungsphase.⁵

Die kontinuierlich wachsende, zu verarbeitende Datenmenge und das Erstellen immer komplexerer und detaillierterer Systeme, stellt die Planung stets vor neue Herausforderungen. Zusätzlich steigt die Nachfrage an Flexibilisierung und Individualisierung der Prozesse.⁶

¹ Establish Inc. / Herbert W. Davis & Co., 2010, S.11

² Rouwenhorst; u.a., 2000, S.1

³ Frazelle, 2016, S.13f

⁴ McGinnis; u.a., 2014, S.164

⁵ Martin, 2016, S.467f

⁶ Günthner; Borrmann, 2011, S.4

Die Verwendung von gewöhnlichen Datenverarbeitungswerkzeugen kann schon frühzeitig im Planungsprozess problematisch sein. So ist beispielsweise die Verwendung von Tabellenkalkulationen (z.B. Excel) aufgrund der begrenzten Anzahl maximal möglicher Zeilen pro Tabellenblatt oft nicht möglich, weil Tabellen mit mehr als 1,048,576 Zeilen (Excel 2016-2013) nicht zu erstellen sind.⁷ Außerdem ist ihr Einsatz sehr zeitintensiv. Damit sind steigende Kosten verbunden, z.B. für Personal. Zudem ist es häufig erforderlich, Informationen aus verschiedenen Quellen (Datenbanken, Excel-Dateien, Text-Dateien, u.v.m.) zusammenzufassen. Es ist also notwendig, die heterogenen Daten aus unterschiedlichen Datenquellen zu vereinheitlichen und anschließend in einer Datenbank bzw. in dem gewünschten Zielformat zu speichern.⁸ Eine ausreichend automatisierte Informationslogistik, welche die fachliche Planung unterstützt, existiert aber nicht.⁹

Die genannten Herausforderungen bei der Datenverarbeitung führen zu der Problematik, dass in der Praxis oft keine ausreichende Datenbasis für die spätere Bearbeitung vorliegt. Infolgedessen können Simulationen oder Auswertungen nicht vollständig durchgeführt werden.¹⁰ Eine suboptimale Auslegung der Lager kann die Folge sein.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Lagerplanungswerkzeugs, das in der Phase der Datenerfassung und -analyse das Planungsteam unterstützt. Primäre Intention ist die Aufbereitung und Verknüpfung von Stamm- und Bewegungsdaten mittels zuvor hinterlegter Relationen. Zudem sollte es in der Lage sein, Dateien aus verschiedenen Vorsystemen zu importieren und sie nach der Transformation in ein bestehendes Datenbanksystem einzufügen oder in einem gewünschten Dateiformat abzuspeichern. Außerdem wurde der Aufbau so ausgeführt, dass die Zieltabellen für jedes Lagerplanungsprojekt die gleiche Struktur aufweisen. Darauf aufbauend soll es in der Lage sein, erste Standardauswertungen tabellarisch auszugeben und eine graphische Darstellung vorzubereiten. Die Zielsetzung ist es, unkompliziert und schnell eine qualitativ hochwertige Datenbasis für die weitere Lagerplanung zu schaffen. Aufgrund der daraus resultierenden Zeitersparnis und besseren Planbarkeit, können zudem Kosten reduziert werden.

Als anfängliche Orientierung diente der Vergleich vorhandener Lagerplanungsmodelle und -hilfsmittel aus Forschung und Wirtschaft. Die gewonnenen Informationen (z.B.

⁷ vgl. <https://support.office.com/en-us/article/Excel-specifications-and-limits-1672b34d-7043-467e-8e27-269d656771c3> (Gelesen am: 01.18.2017)

⁸ Nogués; Valladares, 2017, S.147f

⁹ Rehof; u.a., 2014, S.10

¹⁰ Lothar; u.a., 2011, S.5-6

Schwachstellen, Stärken, Besonderheiten) aus dem Modellvergleich unterstützen damit die Entwicklung des neuen Lagerplanungshilfsmittels.

1.3 Struktur der Arbeit

Diese Arbeit baut auf der vorgeblich simplen Fragestellung auf: „Wie wird ein Lager geplant?“ und in welcher Form kann ein Planungshilfsmittel diesen Prozess unterstützen, siehe Abbildung 1. Nachdem die Problemstellung und Zielsetzung schon in diesem Kapitel skizziert wurde, folgt in Kapitel 2 eine Abhandlung theoretischer Grundlagen zur Materialfluss- bzw. Lagerplanung.

In Kapitel 3 schließt sich eine Literaturanalyse zur Lagerplanung an, die den aktuellen Stand dieses Themenbereichs zusammenfasst und verschiedene Lagerplanungsmodelle vergleicht.

Basierend darauf, geht Kapitel 4 näher auf die Lagerplanungsphasen der Datenerfassung und -analyse ein.

Im Zentrum von Kapitel 5 steht die Beschreibung der eingesetzten Methoden für die Erstellung eines Planungswerkzeuges zur Integration von großen Datenmengen. Mit den gewonnenen Erkenntnissen dieser Ausarbeitung beginnt anschließend die Entwicklung eines Lagerplanungswerkzeuges.

Kapitel 6 beschreibt die Konstruktion eines solchen Werkzeuges, welches auf realen Unternehmensdaten basiert, ebenso werden die Funktionen und die Bedienung des Planungshilfsmittels ausgeführt.

Abschließend kommt es in Kapitel 7 zur Auswertung des entwickelten Planungswerkzeuges und es wird ein Ausblick auf künftige Erweiterungsmöglichkeiten gegeben.

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>



The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

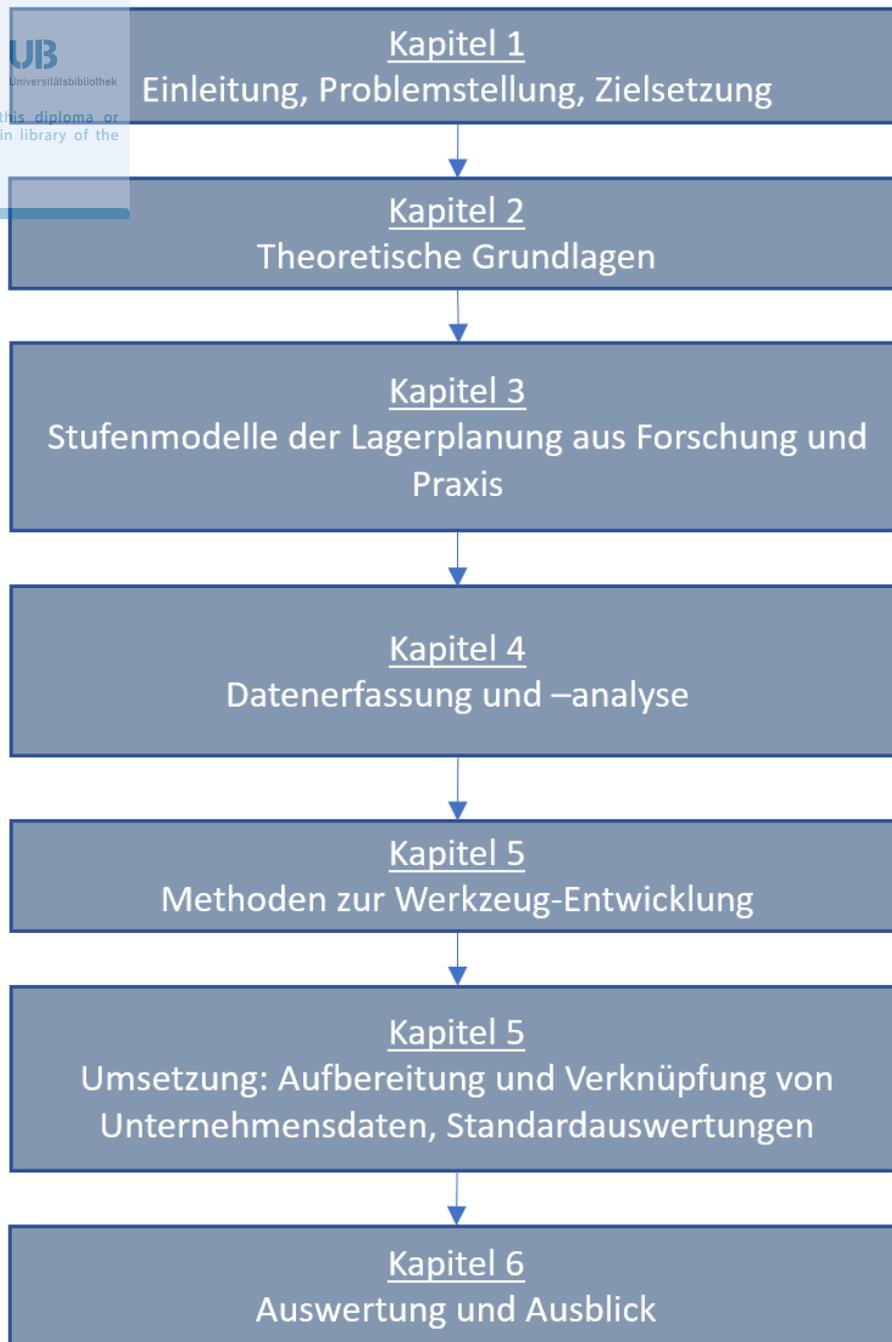


Abbildung 1: Aufbau der Arbeit

2.1 Definition Materialfluss

Der Begriff des Materialflusses beschreibt „die Verkettung aller Vorgänge beim Gewinnen, Be- und Verarbeiten sowie bei der Verteilung von Gütern innerhalb festgelegter Bereiche. Zum Materialfluss gehören alle Formen des Durchlaufs von Arbeitsgegenständen (z.B. Stoffe, Teile, Datenträger) durch ein System.“¹¹

Bei diesem System handelt es sich um einen begrenzten Raum, welcher den Austausch von Gegenständen mit seiner Umgebung über einen Input und einen Output ermöglicht. Gegenstände sind unter anderem *Güter, Personen, Produktionsmittel* oder *Informationen*. In der Folge von Transformationsprozessen rufen Materialflussprozesse eine Veränderung von Gütern hervor. Unterdessen ändern sich die logistischen Größen *Qualität, Menge, Ort, Zeit* und *Zusammensetzung*. Grundsätzlich sind die Funktionen *Bearbeiten, Prüfen, Transportieren* und *Lagern* zu unterscheiden.¹²

2.2 Planungsbegriff

Der Begriff der Planung von Materialflusssystemen ist mehrdeutig. Exemplarisch dafür stehen die folgenden Definitionen:

„Unter Beachtung aller wichtigen Faktoren und Einflussgrößen, beschreibt die Planung die Ermittlung einer umsetzbaren Problemlösung, welche in kürzester Zeit und mit beschränktem Kostenaufwand umsetzbar sein sollte.“¹³

„Bei der Planung besteht die Herausforderung, aus zahlreichen Optionen die geeigneten Mittel zu bestimmen, zu verknüpfen, zu organisieren und zu bemessen, gleichzeitig müssen die Rahmenbedingungen und die gesetzten Forderungen erfüllt werden.“¹⁴

„Die erste Definition hebt das Kriterium der Zeit heraus, wohingegen die Zweite auf die zukünftige Gestaltung der Systeme eingeht.“¹⁵

Als weiterer Punkt zur Begriffsabgrenzung dient die Einteilung der Planung in verschiedene Planungsarten. Einerseits umfasst die Neu-, Erweiterungs-, Sanierungs- oder Rationalisierungsplanung einen aufgabenspezifischen Planungsbegriff. Benennungen wie System-, Ausführungs-, Grob- oder Feinplanung geben über den

¹¹ VDI-Richtlinie 2689, 2010, S.2

¹² Arnold; u.a., 2008, S.371f

¹³ VDI-Richtlinie 2385, 1989, S.2

¹⁴ Gudehus, 2012a, S.63

¹⁵ ten Hompel; u.a., 2007, S.328

Planungsschritt und über die Ausführlichkeit Auskunft. Das Planungsgebiet z.B. ist durch Lager-, Transport- oder Fabrikplanung abgegrenzt. In Bezug auf einen zeitlichen Aspekt spricht man von Kurzfrist-, Mittelfrist- und Langfristplanung, siehe Abbildung 2.¹⁶ Die kurzfristige Planung hat eine Dauer von unter einem Jahr und beinhaltet die operativen Aufgaben, wohingegen die langfristige Planung von strategischer Natur ist und mehrere Jahre umfasst.¹⁷

2.3 Stufenmodelle der Materialflussplanung

Der Ablauf der Planung ist systematisch und wird in einzelne Planungsschritte von Zieldefinition bis Ausführungsreife unterteilt. Die Planung verläuft vom Abstrakten zum Konkreten und vom System zum Detail.¹⁸ In der Literatur lassen sich diverse Modelle zur Abbildung einer allgemeingültigen Planungssystematik finden. Sie unterscheiden sich in der Anzahl von Planungsstufen und der Detailliertheit der einzelnen Schritte. Beispielsweise können sie in Zielplanung, Systemplanung, Detailplanung und Ausschreibung gegliedert werden.¹⁹ Ein weiterer Ansatz fokussiert z.B. die Phasen Grobplanung, Idealplanung, Realplanung, und Detailplanung.²⁰ Exemplarisch für ein Materialflussplanungsmodell wird im Folgenden die Planungssystematik nach Martin näher beleuchtet.

2.3.1 Planungssystematik nach Martin

Nach *Martin* verläuft die Planung durch Aufschlüsseln jedes Abschnitts in hintereinander folgende Planungsphasen. Diese Phasen sind dann abermals in verschiedene Entwicklungsstufen unterteilt. Es müssen jedoch nicht immer alle Planungsschritte durchlaufen werden. Vielmehr ist dies von der Art, dem Umfang und der Planungsdauer abhängig (Langfrist- oder Kurzfristplanung). Das Vorgehen für die Kurzfristplanung ist in Abbildung 2 skizziert. Die Planungsschritte lauten in diesem Fall Vorstudie, Systemplanung, Entscheidung, Ausführungsplanung, Ausführung und Projektkontrolle.

In der Projektvorstufe (Machbarkeitsstudie) wird der Bedarf einer Planung diskutiert und die Aufgaben benannt. Die eigentliche Grobplanung und Problemlösung erfolgen in der Systemplanung. Sie beinhaltet die Phasen Vorbereitung, Analyse, Verabschiedung, Systemalternativen und Beurteilung.

Zudem impliziert beispielsweise die Analyse-Phase weitere Unterteilungen mit den Arbeitsinhalten: Aufnehmen, Auswerten, Darstellen und Bewerten. Das Ziel dieser Phase ist die Schaffung einer Datenbasis für die Systemfindung.

¹⁶ Martin, 2016, S.462

¹⁷ vgl. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/1588/fristigkeit-v8.html> (Gelesen am: 17.11.2017)

¹⁸ Martin, 2016, S.465

¹⁹ Gudehus, 2012a, S.65

²⁰ VDI-Richtlinie 2498 2011

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at/

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

Nachdem im Entscheidungsschritt die bevorzugten Lösungen verabschiedet worden sind, kann im Ausführungsplanungsschritt die Feinplanung und die Ausschreibung beginnen.

Die anschließende Ausführung dient nicht mehr der Planung, sondern der Koordinierung und Überwachung des Projekts. Ist die Anlage in Betrieb, folgt die Projektkontrolle, mit der die Kosten und der Planungserfolg bestimmt werden.²¹

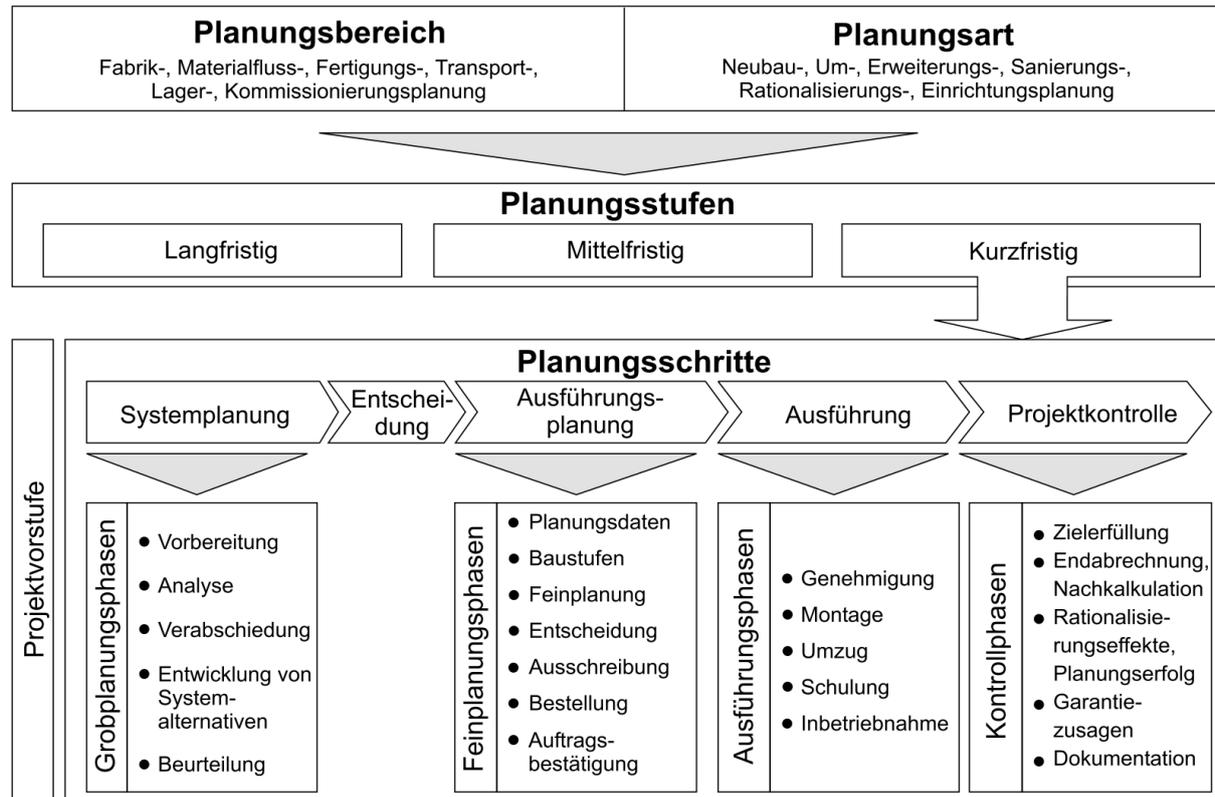


Abbildung 2: Planungssystematik nach H.Martin²²

2.3.2 Iterationsprozess einer Planung

Die Planung durchläuft verschiedene, aufeinander aufbauende Phasen, siehe Kapitel 2.3. Einzelne Planungsstufen werden nacheinander abgearbeitet. Ist das Endergebnis aber nicht zufriedenstellend, dann müssen eine oder mehrere Stufen erneut bearbeitet werden.²³ Aufgrund der Vielfalt von Planungslösungen ist dieser Iterationsprozess bis zum geforderten Resultat zu durchlaufen oder bei Entstehung von zu hohen Kosten vorzeitig abbrechen, siehe Abbildung 3.

²¹ Martin, 2016, S.467-473

²² vgl. ebenda, S.468

²³ vgl. ebenda, S.465

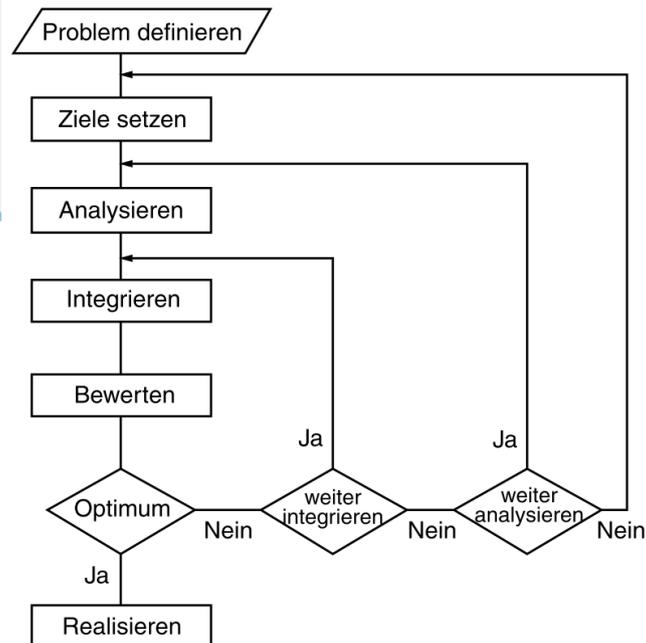


Abbildung 3: Iterationsprozess einer Planung²⁴

2.4 Definition Lagerplanung

Es besteht eine große Analogie zwischen der Lager- und der Fabrikplanung. Daraus resultiert eine ähnliche Vorgehensweise. Entsprechend kommen auch viele Werkzeuge in beiden Vorhaben zum Einsatz. Zu den vier Kernaufgaben der Lagerplanung zählt eine *Optimierung des Materialflusses*, eine *bestmögliche Raum- und Flächenausnutzung*, *gute Arbeitsbedingungen* und eine *variable Gestaltung von Einrichtungen und von Bauwerken*. Der Verlauf der Lagerplanung ist grundsätzlich festgelegt und verläuft in verschiedenen, aufeinander aufbauenden Phasen. Diese werden in Abschnitt 3 näher erläutert.²⁵

²⁴ vgl. ebenda

²⁵ Klaus; u.a., 2012, S.306

Der aktuelle Stand der Lagerplanungsforschung ist nicht einfach festzuhalten. Es existieren zahlreiche Lösungen, die sich mit bestimmten Teilproblemen befassen oder sich nur auf die Optimierung und die Gestaltung eines Lagers beziehen. Literatur, die sich mit der gesamten Planung beschäftigt, ist außerdem nur begrenzt vorhanden.²⁶

Dieses Kapitel verschafft einen Überblick über die publizierten Lagerplanungsmodelle der letzten Jahre. Aus der Vielzahl an Modellen wurden zwölf bekannte Systematiken näher untersucht, siehe Tabelle 1.

Dabei konnten fünf geeignete Modelle herausgefiltert werden, welche bei der Erstellung eines Lagerplanungswerkzeugs als Unterstützung dienten. Die ausgewählten Modelle bieten dazu unterschiedliche Teillösungsansätze unter Berücksichtigung heutiger Herausforderungen in der Lagerhaltung (z.B. E-Commerce, kurze Reaktionszeit, mehr Buchungszeilen), siehe Kapitel 1.

Den Anfang macht ein allgemeines Modell zur Materialflussplanung von *ten Hompel*, welches aber auch die Lagerplanung miteinschließt, siehe Kapitel 3.2. Es enthält zahlreiche, vorgestellte Planungshilfsmittel und gibt somit eine Übersicht über benötigte Werkzeuge.

Im Anschluss folgt eine Variante von *Gudehus*, die auf den modularen Aufbau von Funktionsbereichen zu einem Gesamtsystem eingeht, siehe Kapitel 3.3. Hier sind die zahlreichen Auslegungsrechnungen, zur möglichen Implementierung in ein Planungshilfsmittel, als weiterer Grund für die Auswahl zu nennen.

Danach folgt eine aktualisierte Methode von *Rushton et al.*, welche insbesondere die notwendige Designflexibilität bei der Lagerplanung heraushebt, siehe Kapitel 3.4. Dieser Ansatz enthält zwar keine spezifischen Informationen zum Thema der Datenintegration, ist aber angesichts der Forderung an die Logistik, heute flexibler zu agieren, von großer Bedeutung.²⁷

Bodner et al befasst sich als alleiniger Ansatz mit der konkreten Spezifikation von rechnergestützten Planungswerkzeugen, siehe Kapitel 3.5.

In Abschnitt 3.6 wird eine Untersuchung der Lagermodelle aus der Praxis vorgenommen, mit dieser Arbeit lassen sich Probleme in der praktischen Planung identifizieren. Danach folgt ein Vergleich bzw. eine Auswertung der vorgestellten Ansätze, siehe Kapitel 3.7.

²⁶ Sprock; u.a., 2016, S.4

²⁷ Rehof; u.a., 2014, S.10

Planungsmodell	Jahr	Stufen	Besonderheit	Weitere Untersuchung / Grund	
				ja	nein
<i>Englischsprachige Literatur:</i>					
Oxley ²⁸	1994	11	<ul style="list-style-type: none"> umfassende Liste an Planungsschritten 		Datenintegration nicht thematisiert
Govindaraj et al. ²⁹	2000	4	<ul style="list-style-type: none"> Abbildung des Planungsprozesses in ein objektorientiertes Modell mit fünf Modulen basiert auf Fallstudien aus der Praxis 		es existiert ein darauf aufbauendes Modell, siehe Bodner et al.
Rouwenhorst et al. ³⁰	2000	7	<ul style="list-style-type: none"> strategische, taktische und operative Einteilungen der Planungsentscheidungen 		Datenintegration nicht thematisiert
Bodner et al. ³¹	2002	5	<ul style="list-style-type: none"> Baut auf dem Ansatz von Govindaraj et al. auf 	Spezifikation von rechnergestützten Werkzeugen	
Hassan ³²	2002	14	<ul style="list-style-type: none"> umfassende Liste an Planungsschritten Schwerpunkt: Layouterstellung 		Datenintegration nicht thematisiert
Rushton et al. ³³	2006	13	<ul style="list-style-type: none"> umfassende Liste an Planungsschritten Design-flexibilität als separater Schritt 	Flexibilität als Bestandteil eines innovativen Planungswerkzeugs	
Canessa et al. ³⁴	2009	11	<ul style="list-style-type: none"> Vergleich publizierter und industrieller Modelle 	Planungshilfsmittel aus der Praxis	
Gu et al. ³⁵	2010	-	<ul style="list-style-type: none"> Forschungsüberblick, inkl. Fallstudien und rechnergestützten Planungswerkzeugen 		kein allgemeines Modell zu Datenintegration
McGinnis et al. ³⁶	2014	-	<ul style="list-style-type: none"> MBSE (Model-Based Systems Engineering) in der Lagerplanung 		sehr abstrakt, noch in der Entwicklung
<i>Deutschsprachige Literatur:</i>					
ten Hompel ³⁷	2007	7	<ul style="list-style-type: none"> allgemeingültiges Modell zur Materialflussplanung 	Vorstellung zahlreicher Planungshilfsmittel	
Gudehus ³⁸	2012	11	<ul style="list-style-type: none"> modularer Aufbau der Funktionsbereiche zu einem Gesamtsystem 	Auslegungsrechnungen, Implementierung in Planungshilfsmittel	
Martin ³⁹	2016	-	<ul style="list-style-type: none"> allgemeingültiges Modell zur Materialflussplanung 		Datenintegration nicht thematisiert

Tabelle 1: Überblick zu Lagerplanungsmodellen

²⁸ Oxley, 1994

²⁹ Govindaraj; u.a., 2000

³⁰ Rouwenhorst; u.a., 2000

³¹ Bodner; u.a., 2002

³² Hassan, 2002

³³ Rushton; u.a., 2010

³⁴ Canessa; Baker, 2009

³⁵ Gu; u.a., 2010

³⁶ McGinnis; u.a., 2014

³⁷ ten Hompel; u.a., 2007

³⁸ Gudehus, 2012a

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at

3.2 Materialflussplanung laut ten Hompel

Im diesem Abschnitt wird ein 7-stufiger Vorgehensansatz von ten Hompel erläutert.⁴⁰

Der erste Schritt beinhaltet die Definition der Ziele und Festlegung der Prioritäten. Die darauffolgende Planungsdatenanalyse befasst sich mit der IST-Aufnahme relevanter Daten und der Bestimmung von Solldaten. Anschließend erstellt man erste Prozessvarianten und erweitert diese in der nächsten Stufe um Arbeitsmittelvarianten. Nun kann mit der Dimensionierung, Überprüfung und Bewertung der Varianten begonnen werden. Nach der Auswahl einer geeigneten Variante beginnt die Feinplanung mit der sich anschließenden Realisierung, siehe Abbildung 4.

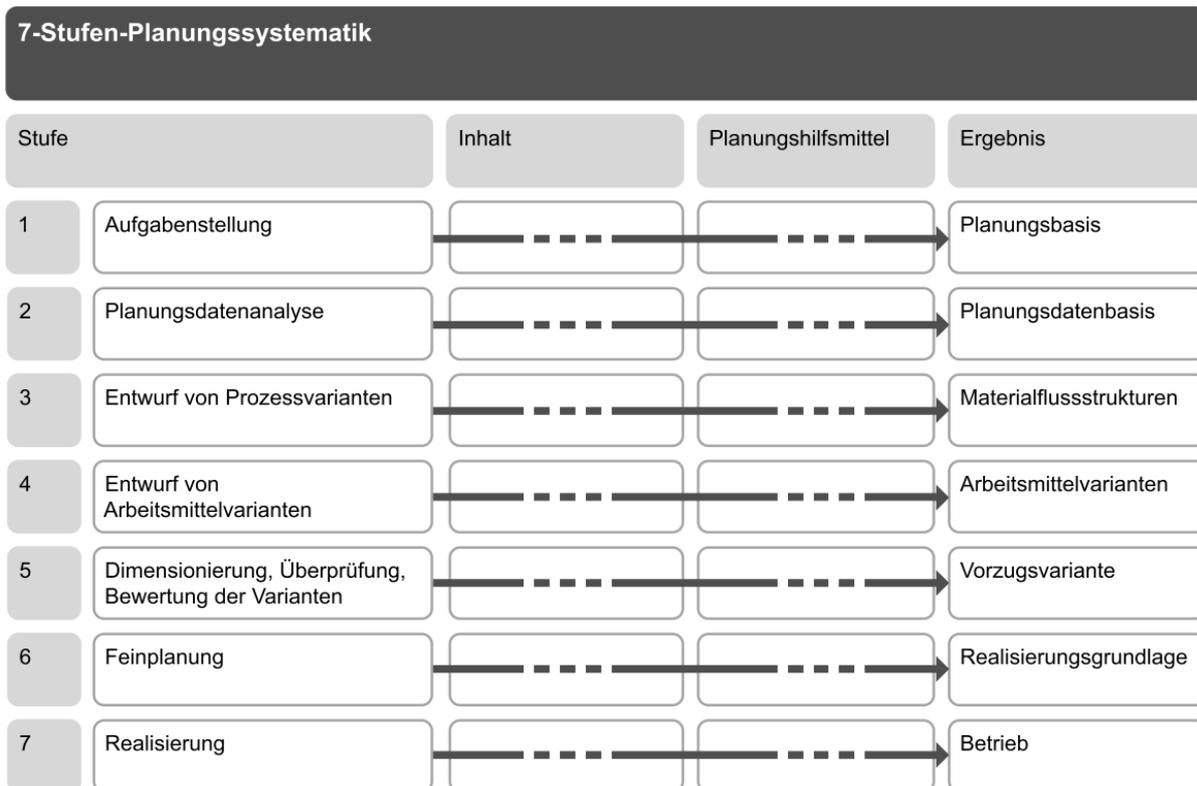


Abbildung 4: 7-stufige Planungssystematik⁴¹

1. Aufgabenstellung (Start der Planung)

Mit der genauen Bestimmung der Ziele und der Nicht-Ziele beginnt die Planung. Zudem wird die Planungsorganisation festgelegt und anschließend ein Team für das Projekt zusammengestellt. Nun stellt sich die Frage nach der Planungsart. Bei einer kompletten *Neuplanung* ergeben sich die meisten Freiheiten. Sollen nur die aktuellen Kapazitäten erweitert werden, bietet sich eine *Erweiterungsplanung* an. Wohingegen bei einer *Umplanung* eine Adaption an aktuelle Rahmenbedingungen stattfindet. Sollen die Kosten und der Aufwand gesenkt werden, kann eine *Rationalisierungsplanung* durchgeführt werden. Auch spielen Planungstiefe und -weite

³⁹ Martin, 2016

⁴⁰ ten Hompel; u.a., 2007, S.330-356

⁴¹ vgl. ebenda, S.331

eine wichtige Rolle. Je mehr Aufwand bzw. je detaillierter eine Planung stattfindet, desto größer ist die Planungstiefe. Je mehr Unternehmensteile von dem Projekt betroffen sind, desto größer ist die Planungsweite.

2. Planungsdatenanalyse

Die zweite Stufe beinhaltet die Planungsdatenanalyse. Zunächst wird der Ist-Zustand betrachtet und darauf aufbauend ein Soll-Zustand entwickelt. Ausgangsbasis ist eine meist detaillierte Aufnahme und Bearbeitung der Daten. Anschließend wird eine Datenanalyse durchgeführt. Die Absicht ist es, eine Planungsdatenbasis zu erstellen, welche als Grundlage für die zukünftige Planung gilt.

3. Entwurf von Prozessvarianten

Legt man sich zu früh auf ein technisches Konzept fest, besteht die Möglichkeit, andere evtl. bessere Lösungen zu verpassen. Aus diesem Grund dient dieser Schritt dazu, Alternativen zu prüfen.

4. Entwurf von Arbeitsmittelvarianten

Im nächsten Schritt können den Materialflussoperationen die Arbeitsmittel zugewiesen werden. Dabei sind Faktoren wie z.B. Einfachheit, Sicherheit oder Energieeffizienz wichtige Einflussgrößen.

5. Dimensionierung, Überprüfung, Bewertung der Varianten

Nun folgt die Bestimmung der besten Variante. Damit die persönlichen Präferenzen auf die Entscheidung weniger Einfluss nehmen, stehen Methoden mit standardisierten Bewertungen zur Verfügung.

6. Feinplanung

Anschließend beginnt die Feinplanung mit der favorisierten Variante. Bestandteil dieser Phase ist unter anderem die Erstellung von Detailzeichnungen und -plänen, die die Aufnahme eines Kontakts zu den Behörden und Herstellern, sowie die Erstellung eines Lastenheftes mit einer darauffolgenden Ausschreibung.

7. Realisierung

Der letzte Schritt beinhaltet die Vergabe des Auftrags und die Inbetriebnahme. Unterdessen wird das zu planende Objekt mit Hilfe von verschiedenen Arbeitspaketen aufgebaut, welche teilweise parallel ausgeführt werden. Diese Pakete setzen sich aus dem Projektmanagement, Umsetzungs- und Ausführungsplanung, Konstruktion der Teilgewerke, Pflichtenhefterstellung, Probetrieb und der Mitarbeiterinweisung zusammen.

Für jede Stufe ist in Tabelle 2 der Arbeitsinhalt und die verwendeten Planungshilfsmittel zusammengefasst.

Stufe	Inhalt	Planungshilfsmittel	Ergebnis
1	<ul style="list-style-type: none"> • Feststellung des Planungsziels • Feststellung der Planungstiefe/ Planungsweite • Abgrenzung des zu betrachtenden Systems (Schnittstellen definieren) • Erfassung der Restriktionen • Feststellung von Prioritäten • Feststellung der Planungsorganisation 	<ul style="list-style-type: none"> • Organigramm • Netzplantechnik 	Planungs-basis
2	<ul style="list-style-type: none"> • Datenerhebung Datenaufbereitung • Plausibilitätsprüfungen Verdichtung Datenanalyse • Ermittlung von Kennzahlen • Hochrechnen der Ist-Daten aufgrund von: <ul style="list-style-type: none"> - (Absatz-)Prognosen - (geplanten) Veränderungen - Zielsetzung 	<ul style="list-style-type: none"> • Zeitaufnahmen • Multimomentaufnahmen • Interviewmethoden • ABC-/XYZ-Analysen • Stücklisten-, Arbeitsplan-, Absatzstatistikauswertung • statistische Verfahren • Sankey-Diagramme • Zeichnungen, Materialflusspläne • rechnergestützte Datenauswertung (z.B. Excel, Access, dBase) 	Planungs-datenbasis
3	<ul style="list-style-type: none"> • Planung von Arbeitsgangfolgen • Folgen von Materialflussoperationen • Transportketten 	<ul style="list-style-type: none"> • Flussdiagramm • Prozesskettenmodulation (LogiChain) • rechnergestütztes Layout-Planungssystem (z.B. LAPLAS-2) • Puffermodelle, Brainstorming 	Materialfluss-strukturen
4	<ul style="list-style-type: none"> • qualitative Auswahl von Arbeitsmitteln • Teil- oder Typenlösungen • Zuordnung der Arbeitsmittel zu den einzelnen Materialflussoperationen 	<ul style="list-style-type: none"> • Brainstorming • Kataloge, Firmenunterlagen • Simulation (z.B. CREATE) • Experten-/Assistenzsysteme (z.B. EXTRA, WAREPLAN) 	Technische Varianten
5	<ul style="list-style-type: none"> • quantitative Einbindung die Arbeitsmittel in den Materialflussprozess • Funktionsnachweis der Arbeitsmittel • Bewertung der Varianten nach qualitativen und quantitativen Kriterien • Auswahl der bestgeeigneten Variante 	<ul style="list-style-type: none"> • Leistungsberechnungen • Fahrzeuganzahlberechnungen • Spielzeitberechnung • Simulation (FAD, INPAS, PERFACI) • Nutzwertanalysen • Investitionsrechnung • Prozesskostenrechnung 	Vorzugs-varianten
6	<ul style="list-style-type: none"> • detaillierte Ausplanung der Vorzugsvariante • Feindimensionierung • Festlegung der Vorgehensweise bei der Realisierung • Erstellung von Ausschreibungsunterlagen • Bewertung der Angebote 	<ul style="list-style-type: none"> • Spielzeitberechnung • Simulation (z.B. RELAP III, DILA, KISS 2, Automod) • Optimierungsberechnungen • Netzplantechnik 	Realisierungs-grundlagen
7	<ul style="list-style-type: none"> • Auftragserteilung • Realisierung der Systeme • Inbetriebnahme • Abnahme, Übergabe, Schulung 	<ul style="list-style-type: none"> • Checklisten • Simulation des Echtbetriebes • Leistungs- und Verfügbarkeitstests 	Betrieb

Tabelle 2: Inhalt und Planungshilfsmittel der einzelnen Planungsstufen⁴²

⁴² vgl. ebenda, S.332-355

3.3 Lagerplanung laut Gudehus

Laut Gudehus umfasst eine Planung von Logistiksystemen die Phasen *Zielplanung*, *Systemplanung*, *Detailplanung* und *Ausschreibung*. Die einzelnen Phasen sind jeweils weiter unterteilt in separate Arbeitsschritte.

Die *Zielplanung* (bzw. Vor- oder Grundlagenplanung) enthält Schritte wie zum Beispiel die Aufgabenformulierung. Sie endet mit der Zusammenfassung der Zielvorgaben und der Bildung einer Planungsgrundlage, welche vom Auftraggeber abschließend begutachtet wird.

Die gesetzten Anforderungen müssen bei der *Systemplanung* kostenminimal und bei Einhaltung der Restriktion erfüllt werden. Am Ende dieser Phase wird ein Planungsbericht unter anderem mit der Kostenaufstellung für Personal, der Berechnung des Gerätebedarfs und der Ermittlung notwendiger Investition erstellt. Die *Detailplanung* hat zur Aufgabe, die gefundene Lösung für die Ausschreibung vorzubereiten, welche im Anschluss versucht, die besten Projektpartner zu finden.⁴³ Für jede Prozessphase sind in Tabelle 3 die einzelnen Arbeitsschritte ausführlich aufgelistet.

Die Besonderheit dieses Ansatzes ist der modulare Aufbau. Die einzelnen Funktionsbereiche wie Kommissionierung, Lager, Warenein- und -ausgang, Packerei und Versandbereitstellung werden zuerst entwickelt, dimensioniert und optimiert. Anschließend beginnt die Layoutplanung. In dieser Phase wird die Gesamtanlage aus den zuvor bestimmten Lösungen zusammengesetzt. Über passende Fördersysteme und Transportwege soll somit eine platzsparende und kostenminimale Verknüpfung entstehen.⁴⁴ Zudem liegen jedem Planungsmodul zahlreiche Berechnungsformeln bei, diese helfen bei der Dimensionierung und Optimierung der Lagersysteme.

⁴³ Gudehus, 2012a, S.65ff

⁴⁴ Gudehus, 2012b, S.766

Phase	Arbeitsschritte	Ergebnis
Zielplanung	<ul style="list-style-type: none"> • Aufgabenformulierung • Zielvereinbarung • Prozessaufnahme • Erfassung der Ladungsträger und Ladeeinheiten • Datenerfassung • Datenanalyse • Festlegung der Funktionen • Ermittlung der Rahmenbedingungen • Festlegung der Leistungsanforderungen • Verabschiedung der Planungsgrundlagen 	Dokumentation der Zielvorgaben und der wichtigsten Planungsgrundlagen
Systemplanung	<ul style="list-style-type: none"> • Segmentierung • Strategieentwicklung • Prozessgestaltung • Strukturplanung • Festlegung der Ladungsträger und Ladeeinheiten • Konzeption von Lösungsvarianten • Dimensionieren und Optimieren • Layoutentwicklung • Organisationsentwicklung • Entwurfsplanung Bau • Kostenplanung • Lösungsauswahl • Baustufenplanung • Realisierungszeitplan • Realisierungsentscheidung. 	Planungsbericht mit Darstellung der ausgewählten Lösung in Form von Zeichnungen, Diagrammen, Tabellen und Beschreibungen.
Detailplanung	<ul style="list-style-type: none"> • Aktualisierung der Planungsgrundlagen • Fachplanung Logistikgewerke • Architektur des Gesamtbauwerks • Fachplanung Baugewerke und Einrichtungstechnik • Spezifikation von Logistikeinheiten und Stammdaten • Organisations- und Steuerungsplanung • Anforderungsspezifikation der DV- und IuK-Systeme • Prüfung der Genehmigungsfähigkeit Fortschreibung von • Investitionen und Betriebskosten • Terminplanung der Realisierung. 	Lastenhefte mit Plänen und Funktionsbeschreibungen sowie technische Spezifikationen
Ausschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • Festlegung des Vorgehens • Auswahl qualifizierter Anbieter • Ausarbeitung der Ausschreibungsunterlagen • Verabschiedung und Versand der Ausschreibungsblankette • Angebotsausarbeitung durch die Bieter und Angebotsabgabe • Auswertung, Vergleich und Bewertung der Angebote • Auftragsverhandlungen mit ausgewählten Anbietern • Konzeption der Leistungs- und Qualitätsvergütung • Vertragsentwurf und Vertragsverhandlungen • Vergabeentscheidung und Vertragsabschluss 	Vergabe von Ausführung und Betrieb

Tabelle 3: Inhalt und Ergebnis der Planungsphasen⁴⁵

Nach Gudehus ist die Lagerplanung und -dimensionierung eine Teilaufgabe zur Schaffung eines sukzessiv erweiterungsfähigen Gesamtsystems. Sie schließt die Phasen der *Systemfindung*, *Layoutplanung* und *Detailplanung* ein. Wichtig ist, vor dem Start der Neu- beziehungsweise der Erweiterungsplanung, eine Optimierung der Bestände durchzuführen.

⁴⁵ Gudehus, 2012a, S.65-69

Der Prozess der Systemfindung ist in 11 Arbeitsschritte unterteilt, welche folgenden Arbeitsinhalt besitzen:⁴⁶

1. Bestimmung einer Planungsgrundlage. Dies umfasst die Anforderungsfeststellung der Aufträge, Durchsätze und Bestände.

2. Segmentierung der zu lagernden Artikel in einheitliche Gruppen mit vergleichbaren Anforderungen wie etwa Stapelfaktor, Ladeeinheiten oder mittleren Bestand.

3. Ausmusterung untauglicher und Vorselektion prinzipiell geeigneter Lagerarten.

4. Festlegung eines technischen Grundkonzeptes der selektieren Lagerarten. Dies schließt das Design und die Auslegung von Lagerplätzen, Lagerfachmodulen, Fächern, Lagergeräten, Gangbreiten und Fördersystemen mit ein.

5. Ermittlung der optimalen Lagerplatzkapazität und des Lagerplatzbedarfs für jede Artikelgruppe.

6. Statische Lagerdimensionierung der technisch konzipierten Lager. Mit Hilfe von freien Gestaltungsparametern und durchführbaren Belegungsstrategien, kann die Anordnung von Lagerplätzen, Fachmodulen und Bedienungsgängen optimiert werden.

„Die Belegungsstrategien bestimmen, auf welchen Plätzen und in welchen Lagerzonen welche Artikel gelagert und bereitgestellt werden müssen, um eine möglichst gute Platznutzung und kurze Wege für die Ein- und Auslagerung zu erreichen.“⁴⁷

7. Nach der statischen Dimensionierung folgt die dynamische Lagerdimensionierung. Daraus folgt die notwendige Menge an Lagergeräten. Hilfreich bei der Optimierung und Berechnung der Lagergeräteanzahl sind die Gestaltungsparameter und Bewegungsstrategien.

„Die Bewegungsstrategien legen fest, in welcher Reihenfolge welche Ein-, Um- und Auslagerungen vom Fördersystem und von den Lagergeräten durchgeführt werden, damit unter Einhaltung vorgegebener Restriktionen [Auslagerprinzipien wie z.B. LIFO Anm d. Verf.] eine möglichst hohe Einlager-, Auslager- oder Durchsatzleistung erreicht wird.“⁴⁸

8. Ausarbeitung des Verwaltungssystems und der Steuerung für das Lager.

9. Investitions- und Betriebskostenrechnung auf Grundlage der Richtpreiskosten und den Richtkostensätzen. In der Phase der Systemfindung und Layoutplanung reicht

⁴⁶ Gudehus, 2012b, S.662

⁴⁷ vgl. ebenda, S.646

⁴⁸ vgl. ebenda, S.648

diese Berechnung aus, hingegen muss für die Detail- und Ausführungsplanung diese durch Einzelkalkulationen konkretisiert werden.⁴⁹

10. Optimierung der möglichen Lager durch Anpassung der freien Gestaltungsparameter.

11. Bestimmung des bestgeeignetsten Lagersystems aus den zuvor optimierten und ausgewählten Systemen mit den niedrigsten Durchsatzkosten für jede Artikelgruppe.

Ist für jede Artikelkategorie das ideale Lagersystem bestimmt, wird mit der Layoutplanung gestartet. Diesbezüglich müssen die restlichen Systeme wie z.B. Kommissionierung und Warenein- und -ausgang mit den einzelnen Lagermodulen verknüpft werden. Der sukzessive, modulare Aufbau zu einem vollständigen System ist in dieser Phase ausschlaggebend⁵⁰.

3.4 Lagerplanung laut Rushton et al.

Der Stufenansatz von *Rushton et al.* umfasst eine umfangreiche Liste von 13 Schritten zur Lagerplanung.⁵¹ Angefangen bei der Definition von Systemanforderung, bis hin zum fertigen Design, wird der Planungsprozess iterativ durchlaufen.

Angesichts der langen Betriebszeit (20-25 Jahre) eines Lagers, ist es sehr wahrscheinlich, dass sich in dieser Zeit verschiedene Geschäftsszenarien ändern. Es ist daher wichtig, schon bei der Planung zukünftige Geschäftsszenarien einfließen zu lassen und zu berücksichtigen. Aus diesem Grund ist die Einkalkulation von Veränderungen in den Planungsprozess ein zentraler Bestandteil dieses Lagerplanungsmodells. Die verschiedenen Stufen sind im folgenden Abschnitt beschrieben:

Definieren von Geschäftsanforderungen und Designbeschränkungen

Den Rahmen für diesen Schritt setzen die vielfältigen Geschäftsanforderungen und die Designanforderung an ein Lager. Beispielsweise muss die Rolle des Lagers (z.B. als Entkopplungspunkt, Cross Docking), das Durchsatzniveau und die Speicherkapazität vor der weiteren Planung geklärt sein. Zudem sollten externe Stakeholder (z.B. Behörden, Feuerwehr, Versicherung, Gemeinde) in den Planungsprozess miteinbezogen werden. In dieser Phase sind bereits künftige Unternehmensentwicklungen zu identifizieren.

Datendefinition und -gewinnung

Als nächstes kann die Gewinnung der Basisdaten beginnen, die als Grundlage für das Lagerdesign dient. Damit es für die zukünftigen Anforderungen (Geschäftswachstum,

⁴⁹ vgl. ebenda, S.681

⁵⁰ vgl. ebenda, S.662f

⁵¹ Rushton; u.a., 2010, S.300-315

veränderte Kundenanforderungen und Wettbewerb) gewappnet ist, müssen die Daten angepasst werden. Meistens liegen sie für die letzten Monate oder Jahre vor. Aufbauend auf einem Basisjahr werden in Abstimmung mit dem Geschäftsplan die Daten mit einem Planungshorizont (z.B. ein oder fünf Jahre) projiziert. So ist es möglich, mit einem einjährigen Horizont das anfängliche Personal zu bestimmen, mit dem Fünfjährigen die Größe des Gebäudes und mit dem Zehnjährigen die Grundstücksgröße. Als Hilfsmittel zur Datenermittlung ist eine Auflistung mit notwendigen Daten zur Lagerplanung verfügbar.

Formulierung einer Planungsgrundlage

Alle relevanten Daten sollten strukturiert vorliegen und müssen der Lenkungsgruppe, dem Projektteam und den externen Stakeholdern übersichtlich präsentiert werden. Dazu bedarf es einer detaillierten Datenanalyse mit Tabellen, Grafiken, Diagrammen und Zeichnungen. Das Modell von *Rushton et al.* geht insbesondere auf zwei Darstellungsformen ein. Zum einen auf ein *Lager-Flow-Diagramm*, welche die Durchsatz- und Speicherdaten vereinfacht skizziert. In diesem Diagramm wird ein typischer Tag im Lager in Form von Strömen und Inventarmengen dargestellt. Zum anderen wird ausführlich auf die *ABC-Analyse* (siehe Kapitel 4.3.1) eingegangen.

Festlegen der operativen Grundsätze

Die Grundoperationen des Lagers wurden bereits im ersten Schritt festgelegt, allerdings ist es vor dem Beginn des Entwurfs nötig, sie so weit wie möglich zu spezifizieren. Dabei spielt die Zeit, die für jede Lageraufgabe benötigt wird, eine entscheidende Rolle. In diesem Stadium der Planung lassen sich für jede Aufgabe allgemeine Betriebsmethoden identifizieren. Beispielsweise eignet sich ein Multi-Order-Picking (konsolidierter Kommissionierauftrag) Konzept für viele kleine Aufträge bei breiter Artikelvielfalt. Auch die Auswahl der Ladeeinheit ist entscheidend und sollte frühzeitig im Entwurfsprozess etabliert werden.

Bewertung der Lagertypen

Der Lagerplaner steht bei der Auswahl einer geeigneten Lagerart vor einer wichtigen Entscheidung. Spätere Änderungen können extrem teuer und störend sein. Ein strukturiertes Vorgehen ist von entscheidender Bedeutung. Auf einen vorzeitigen Ausschluss von Lagerarten sollte verzichtet werden. Zudem sind die Gründe für das Verwerfen eines Typs genauso zu beachten wie die Auswahl eines Lagers. Der strukturierte Ansatz zur Geräteauswahl kann die folgenden Phasen enthalten: Überprüfen, ob eine Automatisierung überhaupt sinnvoll ist (z.B. bei günstigen Löhnen und Grundstückspreisen). Zu beachten ist außerdem die längere Planungs- und Bauzeit der automatisierten Ausführung.

Die Ausarbeitung der charakteristischen Eigenschaften der Lagersysteme und das Erstellen von Entscheidungsbäumen kann dazu beitragen, die verfügbaren Optionen weiter einzuschränken.

Am Ende dieses Prozesses können zwei oder drei Varianten für ein bestimmtes System übrigbleiben. Diese können dann einer Kostenbewertung unterzogen werden. Eine endgültige Auswahl kann mit der Unterstützung durch eine Empfindlichkeitsanalyse (Auswirkungen der Veränderung der Eingangsparameter auf das Ergebnis) getroffen werden.

Vorbereiten interner und externer Layouts

Nachdem die Grundoperationen und die Lagersysteme bestimmt worden sind, kann die interne und externe Layoutplanung beginnen. CAD-Software ist in dieser Phase sehr hilfreich. Verschiedene Entwürfe werden erstellt und anschließend im Team verglichen. Wichtige Vergleichsgrößen sind: Durchsatz, Gebäudeauslastung, sowie Sicherheits- und Umweltschutzaspekte. Eine wesentliche Entscheidung ist, ob eine Flow-through- oder U-Flow-Konfiguration (Empfang und Versand der Artikel auf der gegenseitigen oder gleichen Seite des Lagers) ausgeführt wird. Zudem sollte der Konstrukteur später Erweiterungsmöglichkeiten berücksichtigen.

Erstellung von allgemeinen Abläufen und Informationssystemanforderungen

Sobald sich die Einrichtung und das Layout abzeichnet, ist es wichtig, die allgemeinen Abläufe zu konkretisieren. In Verbindung damit sollten auch die Anforderungen an das Informationssystem festgelegt werden. Die Entscheidungen bilden die spätere Grundlage für das Lagerverwaltungssystem.

Beurteilung der Designflexibilität

Potenzielle Geschäftsszenarien aus der anfänglichen Planungsphase dienen nun zur Bewertung der Design-Flexibilität. Damit eine agile Supply Chain gewährleistet wird, haben die folgenden Aspekte eine besondere Bedeutung: Volumen (z.B. unerwartetes Wachstum), Zeit (z.B. Eilaufträge), Menge (z.B. Änderung der Kommissioniermethode), Informationen (z.B. Bereitstellung spezifischer Informationen auf Kunden-Etiketten). Die Wandlungsfähigkeit der Lieferkette kann durch eine Kombination von verfügbaren Lagerressourcen gewährleistet werden: Land / Gebäude (z.B. Modularer Aufbau), Personal (z.B. einfache Erweiterung) und Prozesse bzw. Systeme (z.B. Entwicklung von Standardabläufen für verschiedene Eventualitäten).

Auslegung der Gerätemengen

Basierend auf den Lager-Flussdiagrammen und der Geräteauswahl ist es in der Regel relativ unkompliziert, die Gerätemengen zu bestimmen. Schwieriger hingegen ist das Zusammenspiel zwischen den mobilen Geräten und dem Personal vorherzusagen. Für diese dynamischen Interaktionen eignen sich computerbasierte Simulationstechniken.

Auslegung des notwendigen Personals

Die Berechnung des notwendigen Personals steht im engen Zusammenhang mit dem Bedarf an mobilen Geräten und geht meist schon aus der Geräteberechnung hervor.

Dennoch ist es wichtig, den Personalbestand im Designprozess zu berücksichtigen, nur damit ist eine vollständige Kostenkalkulation des Lagers realisierbar.

Berechnung der Investitionsausgaben und der Betriebskosten

In dieser Phase lassen sich die Investitions- und Betriebskosten bestimmen. Hierfür ist es sinnvoll, folgende Gruppierung vorzunehmen: Gebäude, Geräte, Personal und Informationssysteme. Hinzu kommen Beträge für unerwartete Ereignisse und Anpassungen der Ausrüstung an die eigenen Bedürfnisse.

Auswertung des Designs gegenüber den Geschäftsanforderungen und Designbeschränkungen

Nach den verschiedenen Entwicklungsphasen kann das Design von den ursprünglichen Kriterien abweichen. Vor der Fertigstellung des Entwurfs sollte daher der bisherige Entwurf mit den Geschäftsanforderungen und den Designbeschränkungen verglichen werden.

Finalisierung des bevorzugten Designs

Im letzten Stadium der Planung müssen alle Aspekte des Designs einschließlich Layout, Betriebsmethoden, Ausrüstung, Personal, Informationstechnologie und Kostenkalkulation fertiggestellt sein. Diese vollständige Ausarbeitung wird in der Regel dem Vorstand zur Genehmigung vorgelegt. Sobald die Genehmigung eingegangen ist, kann die eigentliche Umsetzung des Projekts beginnen.

3.5 Lagerplanung laut Bodner et al

Die wissenschaftliche Arbeit von *Bodner et al* stellt heraus, dass Ergebnisse aus der Lagerplanungsforschung selten in der Praxis verwendet werden. Zur Lösung dieses Problems wird zunächst der in der Praxis gängige Entwurfsprozess mit der Hilfe von ethnographischen Studien genauer analysiert und anschließend formalisiert. Eine ethnographische Untersuchung ist dabei nicht nur ein Verfahren der Datenerhebung, sondern dient auch zur Generierung von Erfahrungen.⁵² Die Verknüpfung der Formalisierungen mit den Forschungsergebnissen dient als Grundlage dieses Lagerplanungsansatzes.⁵³

Allgemein besteht der Planungsprozess aus Aktivitäten und Arbeitsprodukten. Eine Aktivität ist beispielsweise die Datenerfassung, Datenprofilierung (Analyse vorhandener Datenbestände) und Entscheidungsfindung, während ein Arbeitsprodukt das übergeordnete Resultat ist, welches für den weiteren Prozess benötigt wird. Prinzipiell ergibt sich ein Arbeitsprodukt aus einer Reihe von Entscheidungen und umfasst Elemente wie die Projektdefinition, wichtige Entwurfsalternativen und die endgültige Entwurfsspezifikation. Ein universelles Muster von Aktivitäten und

⁵² vgl. <http://www.univie.ac.at/ksa/elearning/cp/qualitative/qualitative-51.html> (Gelesen am: 14.11.2017)

⁵³ Bodner; u.a., 2002, S.1

Arbeitsprodukten ist in Abbildung 5 gezeigt. Aktivitäten, die für Entwicklung eines Arbeitsprodukts benötigt werden, sind in der Darstellung aufgeführt. Wichtig ist die Iteration zwischen den Schritten und die steigende Bedeutung von Fachwissen innerhalb eines Arbeitsprodukts. Der dargestellte Arbeitsprodukt-Baustein ist dabei nur ein Element des gesamten Prozessmodells, welches aus mehreren Arbeitsprodukt-Bausteinen besteht.⁵⁴

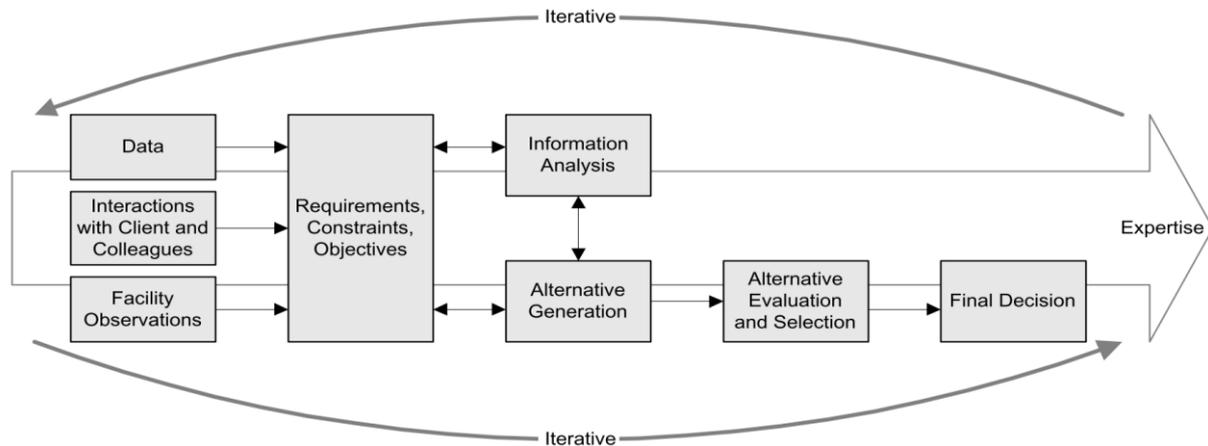


Abbildung 5: Arbeitsprodukt-Baustein

Neben der Erstellung eines Vorgehensmodells zur Lagerplanung befasst sich die Arbeit von *Bodner et al* auch mit der Spezifikation von rechnergestützten Werkzeugen. Abbildung 6 zeigt einen Architekturvorschlag für computerbasierte Planungshilfsmittel. Der Fokus liegt auf der Profilierung, der Analyse des Materialflusses, der Auswahl und der Konfiguration von Lager- und Transportgeräten sowie der Kalkulation.

Ziel ist es, eine webbasierte Plattform bereitzustellen, die auf einem zentralen Server gehostet wird, sodass der Mitarbeiter im Außendienst darauf über einen Webbrowser (*Thin-Client*) zugreifen kann. Die Planungswerkzeuge werden unter Verwendung einer gemeinsamen Datenbankstruktur implementiert (*Design database*). Die Datenbankstruktur dient auch der konsistenten Datendarstellung.

Zu Beginn eines Entwurfs gibt der Benutzer Eingabedaten in das System ein, einschließlich Artikelstammdaten, Zu- und Abgangsdaten und Bestandsdaten. Das System erzwingt dazu ein standardisiertes Format. Daher muss der Anwender möglicherweise eine Vorverarbeitung durchführen, um beispielsweise Artikelstammdaten in das erforderliche Format zu transformieren.

In der Arbeit von *Bodner et al* wird nur auf das Analysemodul (*Profiling modul*) in groben Zügen eingegangen, welches mit *Microsoft Access* entwickelt wurde. Dieses ermöglicht die Ausgabe von ABC-Analysen (siehe Kapitel 4.3.1), beispielsweise werden Artikel nach der Zugriffshäufigkeit eingeteilt.

⁵⁴ vgl. ebenda, S.4

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

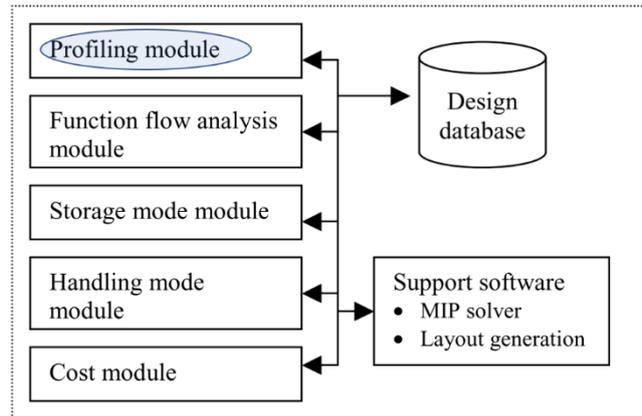


- Secure login
- Input data
- User queries
- Proposed design decisions and system configurations
- Analysis tasks to be performed



Thin client

- Analysis output
- Possible alternatives
- Visualizations



Design decision support architecture

Abbildung 6: Vorgeschlagene Planungshilfsmittel-Architektur⁵⁵

Absicht ist es, dieses Modell mit zusätzlichen Fallstudien weiterzuentwickeln und mit den gewonnenen Informationen zusätzliche, rechnergestützte Planungswerkzeuge zu implementieren.⁵⁶

3.6 Lagermodelle der Industrie

In einer Forschungsarbeit von *Canessa et al.* wurde eine Literaturrecherche zum Thema „Ganzheitliche Lagerplanung“ durchgeführt und die Ergebnisse im Anschluss mit dem Ablauf einer Planung in der Privatwirtschaft verglichen. Sieben von zwölf Firmen, wie *Jungheinrich*, *Savoie Logistics* und *Swisslog*, aber auch Beratungsunternehmen wie *Jigsaw Logistics*, *LCP Consulting*, *LPC International* und *Total Logistics*, stellten Information zur Verfügung. Als Basis für die Befragung diente ein Modell mit elf Stufen (in Tabelle 5 aufgeführt), beginnend mit der Definition der Systemanforderung und endend mit der Identifizierung des optimalen Designs⁵⁷. Darauf aufbauende Stufen, wie Ausschreibung oder Realisierung, waren nicht Bestandteil der Untersuchung.

Vier Unternehmen konnten ihren Designprozess in diesem 11-stufigen Ansatz nicht erkennen und erläuterten ihre eigenen Modelle, welche aber wieder jeweils voneinander abweichen, siehe Tabelle 4.

⁵⁵ vgl. ebenda, S.7

⁵⁶ vgl. ebenda, S.4-5

⁵⁷ Oxley, 1994, S.28-30

Stufe	Unternehmen A	Unternehmen B	Unternehmen C	Unternehmen D
1	Entwickeln von Materialströmen	Daten definieren und erfassen	Datenerfassung	Betriebsanforderungen definieren
2	Technologiebewertung	Daten analysieren	Daten analysieren	Daten definieren und erfassen
3	Verfeinerung der bevorzugten Optionen	Ermitteln der Designparameter	Materialflussdiagramme	Definieren der operativen Einschränkungen
4	Personalstärke	Betriebsverfahren festlegen	Betriebsprinzipien	Prüfen der Ausrüstung und Eigenschaften
5	CAD Entwurf	Erster Entwurf	Entwicklung alternativer Entwürfe	Design-Layouts
6	Funktionalitätsdefinition (Prozesse und System)	Bewerten des ersten Entwurfs	Umreißen der Kosten	Bewerten und Beurteilen der Design-Layouts
7	Detailliertes Design	Verbessern des Entwurfs	Designbewertung	Bestimmung des bevorzugten Designs
8	Simulation	Simulation der Lösung	Entwicklung der bevorzugten Option	endgültiges Angebot vorbereiten und Spezifikation detaillieren
9	Ausüstungs-spezifizierung	Bewertung des endgültigen Designs	Entwurfsvorschlag einreichen	

Tabelle 4: Lagermodelle der Industrie⁵⁸

Als Kernaussage der Untersuchung von *Canessa et al.* kann festgehalten werden, dass es keine umfassende, allgemeingültige Lagerplanungsmethode gibt.

Zwar existiert Einigkeit über die generelle Struktur des Ansatzes und den Interationsprozess zwischen den Stufen, aber schon bei der Reihenfolge der Schritte und deren Arbeitsinhalte ist Uneinigkeit vorhanden. Zudem gibt es wenig Konsens bei der Auswahl der Planungshilfsmittel, die in den einzelnen Planungsphasen zum Einsatz kommen.

Einvernehmen herrscht aber wieder bei der Tatsache, dass Fachwissen, besonders in der fortgeschrittenen Planung, ein entscheidender Faktor sei.⁵⁹

Eingesetzte Planungshilfsmittel der Dienstleister

Zusätzlich wurden die ausgewählten Firmen zu ihren eingesetzten Lagerplanungswerkzeugen befragt. Damit ein Vergleich möglich ist, sollten sie ihre Planungshilfsmittel den jeweiligen Schritten im 11-Stufenmodell zuordnen.

In Tabelle 5 ist eine Auflistung der Werkzeuge pro Abschnitt dargestellt. Die Anzahl in Klammern gibt Auskunft darüber, wie viele Firmen diese Methode anwenden. Insgesamt sind 7 Stellungnahmen vorhanden. Zusammenfassend zeigt diese Auflistung, dass in erster Linie Datenbankmodelle und Tabellenkalkulationen für die Datenanalyse eingesetzt werden. Auch die Auswahl möglicher Lagerarten basiert hauptsächlich auf Tabellenkalkulationen. Die Bestimmung der Lagerplatzkapazität und

⁵⁸ Canessa; Baker, 2009, S.430

⁵⁹ vgl. ebenda

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/>

The approved original version of this diploma/master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

Lagermengen wird meistens durch modifizierte Tabellenkalkulation bewerkstelligt. Modifizierte Kalkulation sind schon bereits eingesetzte, aber auf das Projekt spezifisch abgestimmte Berechnungen. Für die Layoutplanung werden schwerpunktmäßig CAD-Programme und für Auswertungen und Auswahl wird Simulationssoftware eingesetzt.

Stufe	Eingesetzte Planungswerkzeuge
1. Systemanforderungen definieren	Fragenkatalog (2) Vertriebsnetz-Software (1)
2. Datenaufnahme	Fragenkatalog (3) Datenbankmodelle (3) Formale Tabellenkalkulationen (2) Modifizierte Tabellenkalkulationen (2) Flussdiagramme (1)
3. Datenanalyse	Datenbankmodelle (5) Formale Tabellenkalkulationen (3) Modifizierte Tabellenkalkulationen (2) Flussdiagramme (1)
4. Segmentierung der Lagerartikel	Kontrolllisten (2) Untersuchung bestehender Prozesse (1) Formale Tabellenkalkulationen (1) Datenbankmodell (1)
5. Festlegung von Betriebsstrategien und Methoden	Kontrolllisten (2) Lager Zoneneinteilung (1) Technologie Bewertungsdiagramme (1) Konzeptbibliothek (1) Standardisierte Arbeitsverfahren (1) Modifizierte Tabellenkalkulationen (1)
6. Prüfung von Lagerarten	Formale Tabellenkalkulationen (2) Modifizierte Tabellenkalkulationen (2) Entscheidungsbaum (1) 2 x 2 Matrix (1) Ausrüstung Merkmalmatrix (1) Konzeptbibliothek (1) Maßgeschneiderte Lieferantentools (1) Faktorenanalyse (1), SCOR-Bewertungen (1)
7. Bestimmung der Lagerplatzkapazität und Lagermengen	Formale Tabellenkalkulationen (4) Modifizierte Tabellenkalkulationen (1) Formale Datenbankmodelle (1) Historische KPI und Leistungsstandards (1) Multimoment-Studie (1)
8. Servicedefinition und zusätzliche Operation	Kontrolllisten (2) Formale Tabellenkalkulationen (1) Formale Datenbanken (1) Entwurfswerkzeuge der Ausrüstung (1)
9. Anfertigung von möglichen Layouts	CAD-Programme (5) Prozessablaufsoftware (1) Simulationssoftware (1) Standardisierte Regal Module (1)
10. Auswertung	Simulationssoftware (6) Formale Tabellenkalkulationen (4) Formale Datenbankmodelle (3) 2 x 2 Matrix (1) Finanzmodelle (1) Kontrolllisten (1), Faktorenanalyse (1), SCOR (1)
11. Auswahl des optimalen Designs	Simulationssoftware (2) 2 x 2 Matrix (1) SWOT-Analyse (1) Kosten-Nutzen-Analyse (1) Formale Tabellenkalkulationen (1) Prozessablaufvorlagen (1) Systemüberprüfungskontrolllisten (1) Faktorenanalyse (1), SCOR (1)

Tabelle 5: Von Unternehmen eingesetzte Werkzeuge in der Lagerplanung ⁶⁰

⁶⁰ vgl. ebenda, S.431

3.7 Fazit

Die vorgestellten Lagerplanungsmodelle setzen unterschiedliche Schwerpunkte. *ten Hompel* nennt kein konkretes Lagerplanungsmodell, sondern wählt die allgemeine Beschreibung der Materialflussplanung. Dieses Modell wurde stellvertretend für die vielen Stufenmodelle der Materialflussplanung ausgewählt, welche sich weitestgehend nur im Detaillierungsgrad und der Schrittzahl unterscheiden.⁶¹

Gudehus setzt auf den modularen Aufbau zu einem schrittweise ausbaufähigen Gesamtsystem. Zahlreiche, den Schritten beiliegende Berechnungsformeln, helfen bei der Dimensionierung und Optimierung der Lagersysteme. Mit den Planungswerkzeugen (Tabellenkalkulationsprogramme) lassen sich die Gesamtinvestitionen und Betriebskosten durch Variation der Gestaltungsparameter (z.B. Anzahl Lagerebenen) optimieren und unterschiedliche Szenarien durchrechnen.⁶²

Rushton et al hebt die Designflexibilität als besonderes Merkmal heraus. Die Flexibilität der Konstruktion ist von Anfang an zu berücksichtigen, da während der Lagerlebensdauer Modifizierungen außerhalb des "Geschäftsplans" möglich sind. Spätere Änderung können sehr kostspielig und störend im Betriebsablauf sein.⁶³

Bodner et al befasst sich mit der Erstellung eines Vorgehensmodells zur Lagerplanung und mit der Spezifikation von rechnergestützten Planungswerkzeugen. Dazu wurde der in der Praxis vorkommende Entwurfsprozess mit der Hilfe von Fallstudien genauer analysiert und anschließend formalisiert. Die Verknüpfung der Praxis-Formalisierungen mit den Forschungsergebnissen dient als Grundlage dieses Lagerplanungsansatzes.⁶⁴

Insgesamt ist festzuhalten, dass eine enorme Lücke zwischen den veröffentlichten Lagerforschungsmodellen und der praktischen Umsetzung einer Lagerplanung existiert. Dies weist darauf hin, dass der Austausch zwischen den beiden Gruppen begrenzt ist.⁶⁵

Trotz der abweichenden Ausführlichkeit und Präzision der Modelle, zeigen sich auch Gemeinsamkeiten. Als zentrale Aussage wird von allen Autoren der iterative Prozess der Planung hervorgehoben.^{66 67 68}

Übereinstimmung herrscht auch bei der erforderlichen, technischen Sachkenntnis und der notwendigen Erfahrung des Planers. Infrage kommende Varianten müssen sich schon frühzeitig im Planungsprozess einer Überprüfung unterziehen. Trotzdem darf

⁶¹ *ten Hompel*; u.a., 2007, S.330

⁶² *Gudehus*, 2012b, S.663

⁶³ *Rushton*; u.a., 2010, S.316

⁶⁴ *Bodner*; u.a., 2002, S.1

⁶⁵ *Gu*; u.a., 2010, S.547

⁶⁶ *ten Hompel*; u.a., 2007, S.330

⁶⁷ *Gudehus*, 2012b, S.663

⁶⁸ *Rushton*; u.a., 2010, S.315

keine Vernachlässigung der Gesamtlösung stattfinden.⁶⁹ Nichtsdestotrotz enthält keines der vorgestellten Lagerplanungsmodelle konkrete Beispielprojekte zur kompletten Lagerplanung, in Bezug auf die verwendeten Arbeitsschritte und -inhalte. In der Literaturliteratur konnten auch in anderen Quellen keine ausführlich dokumentierten Lagerplanungsprojekte gefunden werden. Gerade dieser Punkt steht im Widerspruch zur geforderten Erfahrung bei der Lagerplanung. Auch in der wissenschaftlichen Arbeit von *Canessa et al.*, welche bereits publizierte Modelle mit denen der Logistikdienstleister vergleicht, sind keine praktischen Beispiele aufgeführt. Dennoch gibt ebendiese Arbeit einen interessanten Einblick in die praktische Nutzung von Planungswerkzeugen. Hier stehen besonders Datenbankmodelle und Tabellenkalkulation in der Phase der Datenaufnahme und -analyse heraus. Die Nutzung dieser Programme erfordert aber die Extraktion und die Verknüpfung von Unternehmensdaten zu einer brauchbaren Datenbasis. In welcher Art und Weise diese notwendige Datenbasis entsteht, wird aber nicht näher erläutert.⁷⁰

Das Thema der Datenintegration (Schaffung einer einheitlichen Datenbasis) und die Verarbeitung wachsender Datenmengen wird in den analysierten Lagerplanungsmodellen nicht ausführlich behandelt. Nur das Modell von *Bodner et al* macht hier eine Ausnahme und stellt die Schaffung einer gesonderten Planungsdatenbank für Planungshilfsmittel heraus. Ein erster Prototyp wurde mit *Microsoft Access* entwickelt. Dieser Prototyp erfordert wiederum, dass die Daten in einer standardisierten Form vorliegen. Unter anderem kann die Erstellung einer Datenbank mit *Microsoft Access* durch Datenmengenlimitierung eingeschränkt sein (2 GB Tabellengröße, 255 Spalten)⁷¹

An diesem Punkt setzt die Diplomarbeit an. Sie betrachtet die beiden Phasen Datenerfassung und Datenanalyse genauer, arbeitet den Schaffensprozess der Datenintegration heraus und stellt im Anschluss Lösungen bereit.

Tabelle 6 fasst wichtige Punkte der Lagerplanungsmodelle noch einmal zusammen.

⁶⁹ Gudehus, 2012b, S.664

⁷⁰ Canessa; Baker, 2009, S.431

⁷¹ vgl. <https://support.office.com/de-de/article/Access-2016-Spezifikationen-0cf3c66f-9cf2-4e32-9568-98c1025bb47c> (Gelesen am: 15.09.2017)

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tu.wien.at>

Lagermodell	ten Hompel	Gudehus	Rushton et al	Bodner et al	Canessa et al.
Stufen	7	11 (Systemfindung)	13	5	11
Dokumentation der Planungshilfsmittel	+	-	O	O	O
Detailliertheit/Dokumentation	O	+	-	-	O
Praxisbeispiele	-	-	-	-	-
Datenintegration	-	-	-	O	-
Materialfluss- oder Lagerplanung	Materialflussplanung	Lagerplanung	Lagerplanung	Lagerplanung	Lagerplanung
Besonderheit/Stärken	zahlreiche Planungshilfsmittelbeispiele	viele Berechnungsformeln zur Dimensionierung und Optimierung	Designflexibilität als eigene Eigenschaft	Spezifikation von rechnergestützten Werkzeugen	Vergleich publizierter und industrieller Modelle
	+ gut, O neutral, - weniger geeignet				

Tabelle 6: Vergleich der Lagerplanungsmodelle

4 Datenerfassung und -analyse

Bei der Lagerplanung folgt nach der Phase der Projektinitialisierung der Abschnitt der Ist-Analyse. Die Aufgaben- und Arbeitszeitverteilung ist innerhalb einer Planungsabteilung je nach Phase sehr unterschiedlich ausgeprägt, siehe Abbildung 7. Die beiden Diagramme sind zwar für die Fabrikplanung angelegt worden, aber aufgrund der engen Verwandtschaft zur Lagerplanung, lassen sie auch darüber Aussagen zu. Die rechte Abbildung stellt die elementare Bedeutung der Vorplanung heraus, welche mit einem Anteil von 35 Prozent, einen bedeutenden Anteil am Gesamtkontingent der Arbeit aufweist. Das linke Diagramm bezieht sich auf den Faktor Arbeitszeit. Hier ist deutlich zu erkennen, dass Beschaffung und Analyse von Informationen, mit einem Anteil von 45 Prozent, die meiste Zeit in Anspruch nehmen.⁷²

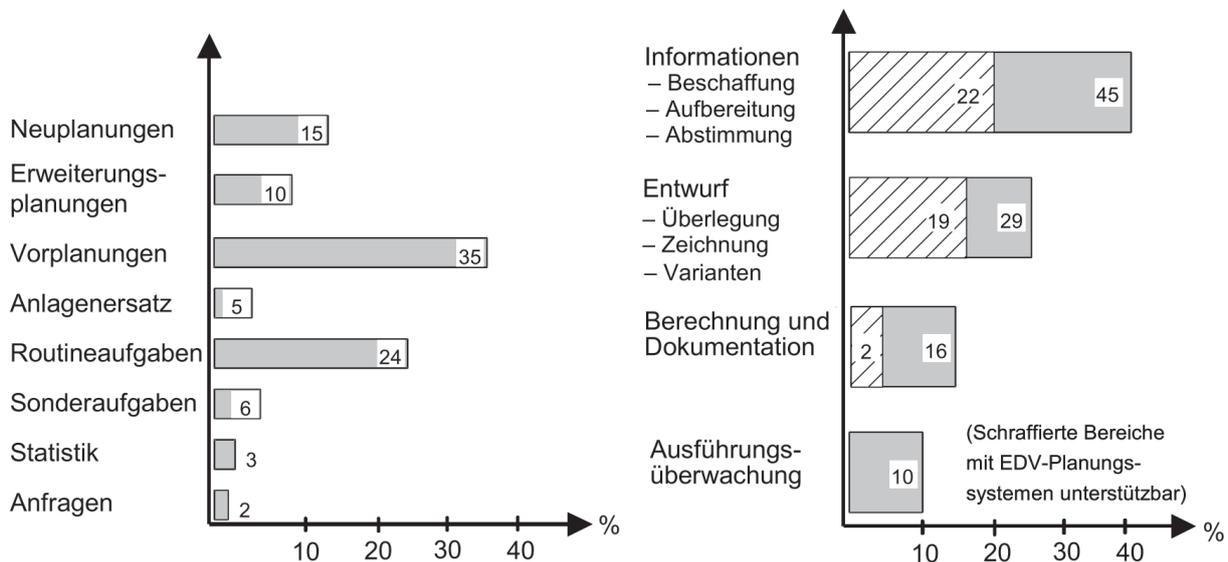


Abbildung 7: (links) Aufgaben- und (rechts) Arbeitszeitverteilung in der Fabrikplanung⁷³

Bei der Lagergrobplanung ist die Datenerfassung und -analyse, anteilig mit über 50%, die zeitintensivste Planungsphase.⁷⁴

Gerade zu Beginn ist es notwendig, den Ist-Zustand des Materialflusses präzise festzuhalten. Für Strukturen, die über einen langen Zeitraum entstanden sind, ist es wichtig, die Entwicklung zu ergründen und zu hinterfragen, ob ein ineffizienter Zustand vorliegt. Dieser Vorgang hilft erneute Fehler zu vermeiden, Innovationen zu schaffen und den Zuspruch langjähriger Mitarbeiter zu erhöhen.⁷⁵

Zudem ist es in den letzten Jahren zu einer zunehmenden Automatisierung in der Produktion gekommen. Der Einsatz von Sensoren, RFID-Systemen und größeren Speichermedien sorgt beispielsweise dafür, dass immer mehr Daten aufgezeichnet

⁷² Pawellek, 2008, S.289

⁷³ vgl. ebenda, S.279

⁷⁴ Martin, 2016, S.467f

⁷⁵ VDI-Richtlinie 2689, 2010, S.11

werden.⁷⁶ Alle zehn Jahre vertausendfacht sich somit die Datenmenge in der Logistik.⁷⁷

Angesichts der angeführten fundamentalen Bedeutung einer optimalen, anfänglichen Datenerfassung und Analyse bei der Lagerplanung, widmet sich dieses Kapitel ausführlich diesem Thema.

4.1 Datenerfassung

Gerade die Erfassung und die Aufzeichnung der Ist-Daten, ist ausschlaggebend für den Erfolg der Materialflussplanung und damit auch der Lagerplanung. Meistens sind Dokumente und Daten wie Layoutpläne (z.B. Hallenpläne), Einrichtungspläne, Produktdaten (z.B. Abmessung und Gewicht), Lager- und Transportdaten (z.B. Lagermengen, Lagerort) und Auftragsdaten (z.B. Zusammensetzung) vorhanden.⁷⁸ Die Schwierigkeit bei der Datenerfassung besteht also in der Filterung von Daten, die für den Materialdurchlauf charakteristisch sind. Die Aufnahme beginnt mit der Fragestellung, welche Daten wichtig sind, wie diese ermittelt werden können und wie ausführlich sie vorliegen müssen. Zudem wird gefordert, dass die Informationen widerspruchsfrei vorliegen. Überdies ist die Aktualität der Unterlagen und Daten zu überprüfen. Es sollten nur die aktuellsten, gegenwärtig gültigen Versionen genutzt werden. Die bereitgestellten Daten reichen oftmals nicht aus und müssen mit geeigneten Analysewerkzeugen erweitert werden. Dazu zählen Fragebogenaktionen, Interviewmethoden, Beobachtungsmethoden (z.B. Multi-Moment-Aufnahmen) oder besondere EDV-Werkzeuge.⁷⁹ Im Anschluss werden diese Werkzeuge näher beleuchtet.

4.1.1 Interviewmethode

Interviews sollten generell in einer kleinen Gruppe (drei bis fünf Personen) stattfinden. Aufgrund von Meinungsgruppen sollte die Anzahl ungerade sein. Geführt werden die Interviews von einem Moderator (z.B. externer Experte) mit nennenswerter Erfahrung in diesem Gebiet. Zudem ist ein Protokollführer empfehlenswert.⁸⁰

4.1.2 Allgemeine Befragung bzw. Fragebogenaktionen

Allgemeine Befragung, beziehungsweise Fragebogenaktionen, sind um einiges zeitaufwendiger als die Interviewmethode, da an dieser Stelle unter anderem mit Checklisten und Fragebögen gearbeitet wird. Exemplarisch für einen geeigneten Fragebogen zur Materialflusserfassung sei hier die „7W-Methode“ aufgeführt

⁷⁶ Freytag, 2014, S.97-104

⁷⁷ Rehof; u.a., 2014, S.14

⁷⁸ VDI-Richtlinie 2498 2011, S.6

⁷⁹ VDI-Richtlinie 2689, 2010, S.11ff

⁸⁰ vgl. ebenda, S.13

(Abbildung 8). Ursächlich für den vermehrten Zeitaufwand ist die Dokumentations- und Auswertungsarbeit. Aber gemeinhin steigt auch die Genauigkeit der Planungsdaten mit dem Aufwand für die Befragung an.⁸¹

Interviewkarte			
Von/nach			
MF- Beziehung			
Was?			
Woher?			
Wohin?			
Warum?			
Wie oft?			
Wie viel?			
Wie lange?			

Abbildung 8: Materialflusserfassungsbogen „7W-Methode“⁸²

4.1.3 EDV-Werkzeuge

Nur durch die Verwendung von EDV-Werkzeugen ist eine effektive Planung erst möglich. Zahlreiche Herausforderungen erhöhen stetig die Anforderungen an die Datenverarbeitung. So steigt beispielsweise die zu verarbeitende Datenmenge regelhaft, der Planungshorizont nimmt ab, die Komplexität wächst an (z.B. viele Planungsalternativen) und das geforderte Niveau der Planungsergebnisse erhöht sich kontinuierlich.

Zur Beschaffung der Daten und Erfüllung der angeführten Forderungen eignen sich relationale Datenbanken (z.B. SQL).⁸³ Voraussetzung dafür sind aber aktuelle und widerspruchsfreie Stammdaten. Gerade bei Prozess- und Verwaltungsdaten besteht oft eine Diskrepanz, weswegen mit Hilfe der Interviewmethode oder durch den Einsatz von Fragebögen die Plausibilität überprüft werden muss. Ein klassisches Beispiel dafür sind mögliche Unregelmäßigkeiten bei gleichzeitiger Verwendung von Excel-Dateien, Papierbelegen und mündlichen Informationen.⁸⁴

⁸¹ vgl. ebenda

⁸² vgl. ebenda, S.9

⁸³ Pawellek, 2008, S.279f

⁸⁴ VDI-Richtlinie 2689, 2010, S.13

Sind die Daten bereits in einer Datenbank vorhanden, ist trotzdem Vorsicht geboten. Eine direkte Verbindung zu einem operativen Datensystem wird nicht empfohlen, da das Abfragen von Berichten oder von Benutzern sehr zeitintensiv sein können. Zudem können Daten in ihrer vorliegenden Form eventuell nicht genutzt werden und benötigen erst eine Transformation. Dies ist allerdings oft mit Berichts-Werkzeuge oder mit reinen SQL nicht möglich. Darüber hinaus ist es meistens erforderlich, Informationen aus verschiedenen Quellen (verschiedene Datenbanken, Excel-Dateien, Text-Dateien, u.v.m.) zusammenzufassen, gerade wenn das Unternehmen eine gewisse Größe übersteigt. Also ist es notwendig, die heterogenen Daten aus unterschiedlichen Datenquellen zu vereinheitlichen und anschließend in einer Datenbank bzw. in dem gewünschten Zielformat zu speichern.⁸⁵ Der Prozess, der dies ermöglicht, nennt sich ETL (Extraktion, Transformation, Laden), siehe Abbildung 9. Dessen drei Etappen sollen nun näher präzisiert werden.⁸⁶

Datenextraktionsphase:

Startpunkt ist das Einlesen von externen Informationsquellen und internen Daten eines Unternehmens. Dazu dienen meistens ERP-Systeme, aber auch SCM- und CRM-Systeme als Datenbeschaffer.

Datentransformationsphase:

Nach der Extraktion folgt der Prozess der Datentransformation. Hauptanforderung in diesem Schritt ist es, die Daten in Bezug auf ihren Datentyp zu vereinheitlichen und in ein entsprechendes Format zu überführen. Innerhalb dieser Phase treten unterschiedliche Prozesse auf: *Filterung*, *Harmonisierung*, *Aggregation* und *Anreicherung*.

Zum Zeitpunkt der Filterung finden die Unterprozesse *Auswahl*, *Bereinigung* und *Speicherung* der extrahierten Daten statt. Das Ziel ist es, mit Hilfe von syntaktischen (formell) und semantischen Transformationen (inhaltlich), Fehler in der Struktur und Mängel am Inhalt der Daten zu beseitigen.

Der Bereich der Harmonisierung lässt eine Anpassung der Daten nach betriebswirtschaftlichen Aspekten zu. Damit ist eine vereinheitlichte Datengrundlage gewährleistet.

Mit der Aggregation von Informationen ist der Aufbau von unterschiedlichen Hierarchietabellen (z.B. alle Kunden, Kundengruppen, einzelner Kunde) durchführbar. Die letzte Phase wird als Anreicherung bezeichnet. Dazu können aus den zuvor erstellten Tabellen verschiedene Kennzahlen (siehe Kapitel 4.2.2) berechnet werden. Damit ist der Prozess der Datentransformation beendet.

⁸⁵ Nogués; Valladares, 2017, S.147f

⁸⁶ Linden, 2016, S.129ff

Datenladephase:

Auf den Transformationsprozess aufbauend folgt die Datenladephase. Hierfür müssen die zuvor aufbereiteten Daten für spätere Auswertungen verwendbar gemacht werden.

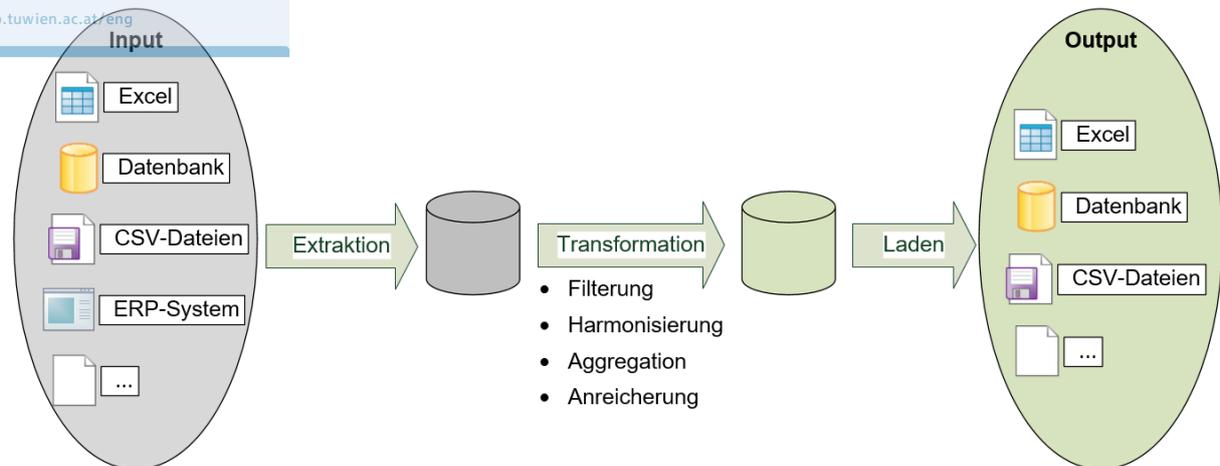


Abbildung 9: ETL-Prozess (eigene Abbildung)

4.2 Notwendige Datenbasis

Die Lagerplanung ist in der Praxis komplex umzusetzen und muss an die vorhandene Aufgabe angepasst werden. Damit ist es in dieser Arbeit auch nicht realisierbar, alle theoretisch möglichen, charakteristischen Größen zusammenzustellen. Im Wesentlichen kann zwischen *Basisdaten* und *Kennzahlen* differenziert werden. Die zwei nachfolgenden Abschnitte geben einen Überblick über eine Vielzahl universell einzusetzender Kenngrößen.⁸⁷

4.2.1 Basisdaten

„Basisdaten werden als Absolutzahlen bezeichnet und ergeben sich aus unmittelbarer Messung, Zählung, Summation oder Differenz bestimmter Einheiten, oder sie werden als Stammdaten erfasst und übernommen. Gleichzeitig stellen sie die durch ein System zu leistenden Anforderungen und Basisinformationen dar.“⁸⁸

Eine weitere Unterteilung kann in die Kategorien *Statische Daten* (Artikelstruktur, Lagereinheiten, Lagerkapazität), *Dynamische Daten* (Bewegung Lagerbediengeräte, Auftragsstruktur), *Spezifische Daten* (z.B. Stapelbarkeit, Verderblichkeit) und *Restriktionen* (z.B. Raumgrößen, Hallenhöhe) erfolgen.⁸⁹ Nach *ten Hompel* erfolgt die Aufteilung in *Stammdaten*, *Bestandsdaten*, *Bewegungsdaten* und *Sonstige Systemdaten*. Auf diese Einteilung wird nun näher eingegangen.

⁸⁷ ten Hompel; Schmidt, 2010, S.65ff

⁸⁸ vgl. ebenda, S.65

⁸⁹ Martin, 2016, S.464

Stammdaten tätigen elementare Aussagen über die Beschaffenheit von Artikeln, Ladehilfsmitteln und vielen weiteren Stammsätzen. Wichtig ist, dass sie nicht an den aktuellen Bestand gekoppelt sind. Es sind statische Größen, bleiben also über eine weite Zeitspanne konstant. Unerlässlich in der Lagerverwaltung ist der Artikelstamm, welcher die charakteristischen Beschreibungen aller Artikel enthält und auf den alle Lagerfunktionen und Kontrollsysteme Bezug nehmen, siehe Tabelle 7.

Artikelstammdaten
Artikelnummer
Bezeichnung
Artikelgewicht
Artikellänge
Artikelbreite
Artikelhöhe
Mengeneinheit
Art Ladeeinheit
Beladungsfaktor (Packmenge/ Ladeeinheit)
Greifeinheit (Packmenge/ Entnahmeeinheit)
Sperrkennzeichen
ABC-Klassifikation
Chargennummer
Gewicht/Entnahmeeinheit
Gewicht/Ladeeinheit
Mandant
Verfallkennzeichen
Restlaufzeit

Tabelle 7: Artikelstammdaten

Bestandsdaten gehören zur Gruppe der dynamischen Daten, weil sie einer ständigen Änderung unterliegen. Die Bestandsdaten geben die Lagerbestände der Artikel über einen längeren Zeitraum oder zu einem gewissen Zeitpunkt wieder. Entscheidend bei der Erfassung ist die Exaktheit und die Aktualität, damit eine angemessene Dimensionierung oder die Lieferfähigkeit gewährleistet ist.

Bewegungsdaten sind ebenfalls dynamisch und bilden alle fundamentalen Lagerprozesse, wie etwa den Warenein- und Warenausgang oder die Kommissionierung ab. In Tabelle 8 ist eine Auswahl an dynamischen Daten aufgeführt.

Dynamische Daten	
Bestandsdaten	Bewegungsdaten
Artikelanzahl	Wareneingänge/Tag
Gesamtbestand	Warenausgänge/Tag
Durchschnittsbestand	Einlagerungen/Tag
Mindestbestand/Artikel	Auslagerungen/Tag
Anz. LE/ Artikel	Mengenumschlag/Jahr
verfügbarer Bestand	Umlagerungen/Tag
	Aufträge/Jahr
	Aufträge pro Artikel
	Positionen/Auftrag
	Positionen/Tag
	Zugriffe/Positionen
	Auftragseingang/Stunde
	Auftragsdurchlaufzeit
	Materialdurchlaufzeit
	Auftragszahl/Auftragsart
	Doppelspielanteil/Tag
	Kompletteinheiten/Tag

Tabelle 8: Bestands- und Bewegungsdaten

In der Kategorie **Sonstige Systemdaten** können zusätzliche, das Lagersystem beschreibende, Daten zusammengefasst werden. Dazu zählen beispielsweise Personaldaten oder Raum- und Flächenstrukturdaten, siehe dazu Tabelle 9.

sonstige Systemdaten
Auftragsarten
Ladeeinheitenstammdaten
Verpackungsstammdaten
Lagerkapazität
Flächenrestriktionen
Raumrestriktionen
Flächen-/Volumennutzungsgrad
Anzahl LE/Artikel
Anzahl Mitarbeiter/ Bereich
Krankenstand
Betriebskosten (Personal, Energie, Wartung)
Investitionskosten (Austausch)
Wertumschlag/Jahr
Produktivität

Tabelle 9: Systemdaten

4.2.2 Kennzahlen

Eine Kenngröße beschreibt einen Zustand und erst mit der Angabe eines Zahlenwerts entsteht eine Kennzahl. Diese kann entweder als *Absolutzahl* oder *Verhältniszahl* vorkommen. Die absoluten Zahlen sind das Ergebnis von Summen, Differenzen oder Mittelwertbildungen. Im Gegensatz dazu stellen Verhältniszahlen einen Vergleich her und lassen sich weiter in *Gliederungs-*, *Beziehungs-* und *Indexzahlen* einteilen.

Gliederungszahlen setzen Teilmengen zur Gesamtmenge in Beziehung (z.B. Umsatz Artikel / Umsatz Sortiment).

Beziehungszahlen sollen das Verhältnis von zwei Größen, die inhaltlich unterschiedlich erscheinen, in ein Verhältnis setzen (z.B. Umsatz Unternehmen / Anzahl Mitarbeiter). **Indexzahlen** drücken Abweichungen von Größen zu unterschiedlichen Zeitpunkten aus (z.B. Umsatz März / Umsatz April). Zudem treten Kennzahlen dimensionslos oder -behaftet auf und eignen sich zum Planen, Vergleichen, Beurteilen und Kontrollieren von Prozessen. Werden alle Kennzahlen eines bestimmten Bereiches zusammengefügt, wird von einem Kennzahlensystemen gesprochen und erleichtert das Fällen von möglichen Steuerungs- und Entscheidungsmaßnahmen.⁹⁰

Gerade bei der Lagerplanung spielen Lagerkennzahlen eine wichtige Rolle, deswegen werden nachfolgend einige Zahlen näher definiert.⁹¹

Der **durchschnittliche Lagerbestand** gibt einen Aufschluss über die Menge, beziehungsweise den Wert der Waren, die sich im Mittel im Lager befinden.

$$\text{Durchschnittlicher Lagerbestand} = \frac{\text{Anfangsbestand} + \text{Endbestand}}{2}$$

Formel 1: Durchschnittlicher Lagerbestand

Mit der **Umschlaghäufigkeit** (auch Lagerumschlag, Umschlagrate genannt) wird angegeben, wie häufig der Bestand über eine bestimmte Zeitspanne umschlägt. Auch die Umschlagrate kann auf Mengen oder Werten basieren und resultiert aus dem Verhältnis von Lagerumsatz zu durchschnittlichem Lagerbestand.

$$\text{Umschlaghäufigkeit} = \frac{\text{Lagerumsatz [€/Jahr]}}{\text{Durchschnittlicher Lagerbestand [€]}}$$

Formel 2: Umschlaghäufigkeit

Produkte mit einem hohen Lagerumschlag werden häufig als Renner, Schnelldreher, Bestseller, Schnellläufer und umgekehrt als Langsamläufer, Langsamdreher oder Penner bezeichnet.

Der Quotient aus dem Untersuchungszeitraum und der Umschlagrate führt zur **Umschlagdauer**. Sie ermittelt die mittlere Lagerdauer eines Artikels im Lager.

⁹⁰ vgl. ebenda, S.10f

⁹¹ vgl. ebenda, S.359ff

$$\text{Umschlagdauer} = \frac{\text{Anzahl der Tage pro Jahr}}{\text{Umschlaghäufigkeit pro Jahr}}$$

Formel 3: Umschlaghäufigkeit

Der **Flächennutzungsgrad** ist das Ergebnis der Division von Lager-Nettofläche (mit Regalen belegte Fläche) und Lagerbruttofläche (Lagerfläche ohne anderweitig genutzten Raum wie z.B. Büros, Betriebsräume, Ladeplätze, Bereitstellung von Lagergut).

$$\text{Flächennutzungsgrad} = \frac{\text{Lager-Nettofläche}}{\text{Lager-Bruttofläche}} * 100 [\%]$$

Formel 4: Flächennutzungsgrad

Des Weiteren sind der **Höhennutzungsgrad** und der **Raumnutzungsgrad** typische Kennzahlen im Lagerbereich.

$$\text{Höhennutzungsgrad} = \frac{\text{genutzte Höhe}}{\text{nutzbare Höhe}} * 100 [\%]$$

Formel 5: Höhennutzungsgrad

$$\text{Raumnutzungsgrad} = \frac{\text{Volumen Lagereinheit} * \text{Anzahl Einheiten}}{\text{Lager-Bruttoraum}} * 100 [\%]$$

Formel 6: Raumnutzungsgrad

4.3 Datenanalyse

Aufgrund der meist großen Vielfalt innerhalb des Artikelstamms, ist eine Einteilung des Artikelspektrums in Klassen unerlässlich. Somit lässt sich jeder Klasse von Materialien der entsprechende Planungsbedarf zuteilen. Dieses Kapitel behandelt zuerst die Klassifizierung in verschiedene Artikelklassen und anschließend die Erstellung eines Durchlaufdiagramms.

4.3.1 Bildung von Artikelklassen

Der namhafteste Ansatz zur Klassifizierung der Artikelpalette ist die ABC-Analyse, siehe Abbildung 10 (oben links). Hiermit lassen sich Wert- und Mengen-Beziehungen analysieren. Eine genauere Erläuterung dieses Modells erfolgt im nächsten Abschnitt. Mit der UVW-Einteilung (oben rechts) wird auf die Lieferzuverlässigkeit eingegangen (von U= pünktlich bis W=kritisch) und mit der RUS-Einstufung (unten links) die Gleichmäßigkeit des Bedarfs aus Lagerabgangssicht betrachtet (R=Regelmäßig, U= Unregelmäßig, S=Sporadisch). Zusätzlich kann auch die Streuung der

Bedarfterminabweichung über die XYZ-Analyse (unten rechts) aufgezeichnet werden. Dabei spielt auch die Wiederbeschaffungszeit eine Rolle.⁹²

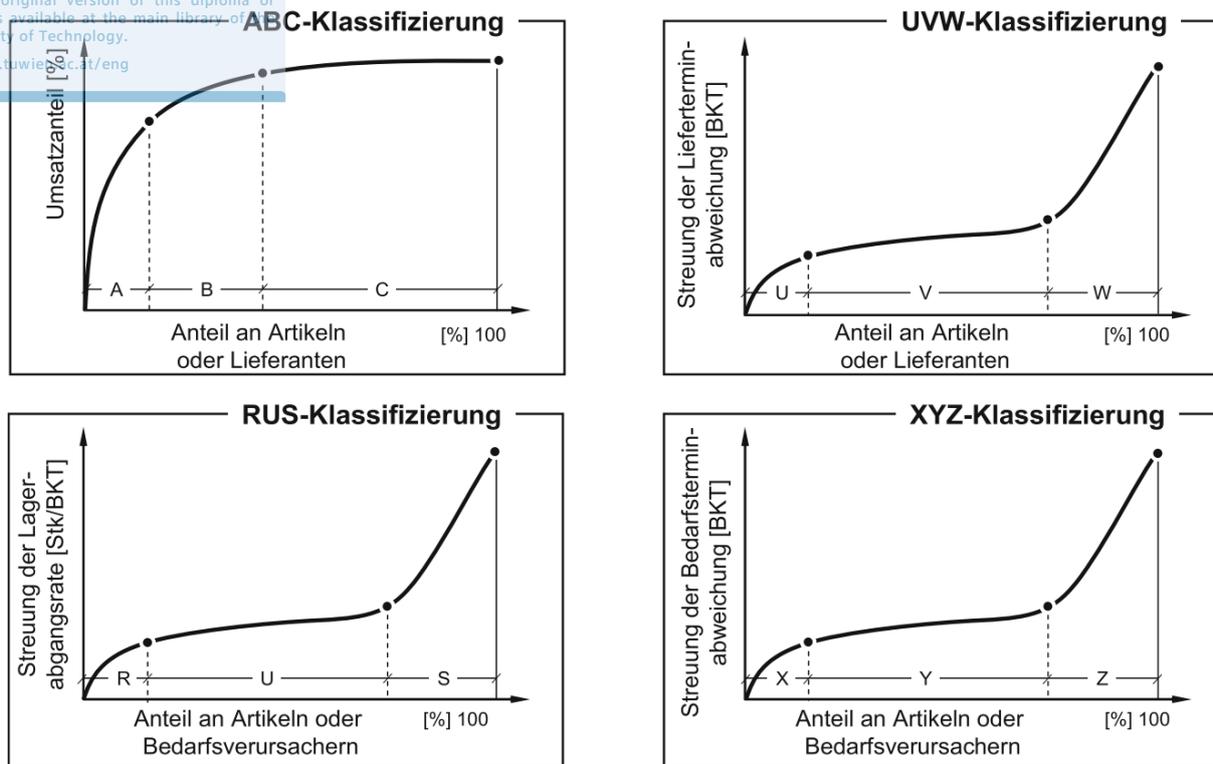


Abbildung 10: Methoden zur Klassifizierung des Artikelstamms⁹³

ABC-Analyse:

Prinzipiell kommt die ABC-Analyse in allen Gebieten der Materialwirtschaft zum Einsatz. Sie ermöglicht, Wichtiges vom Unwichtigen zu differenzieren und Anstrengungen in wirtschaftlich belangvollen Bereichen zu verstärken bzw. in den unwesentlichen Arealen zu verringern.⁹⁴

Die ABC-Analyse eignet sich besonders zur Bildung von Klassen von Lagerartikeln. Typisch ist beispielsweise eine Einteilung der Artikel anhand des wertmäßigen Jahresverbrauchs. Auch die gewinn- oder umsatzorientierte Einstufung der Kunden oder Lieferanten ist denkbar.⁹⁵

Für die Klassifizierung der Produkte anhand der Zugriffshäufigkeit kommt die ABC-Einteilung ebenfalls zum Einsatz und hilft bei der Optimierung der Lagerplatzvergabe in einem Kommissionierlager. Das grundsätzliche Vorgehen zur Erstellung einer ABC-Analyse soll nachfolgend am Beispiel der Lagerplatzvergabe und anhand der Zugriffsraten erläutert werden.

Zuerst sollten die Zugriffshäufigkeiten über einen ausreichend langen Zeitraum

⁹² Nyhuis; Wiendahl, 2012, S.267f

⁹³ vgl. ebenda, S.268

⁹⁴ Wannenwetsch, 2014, S.30

⁹⁵ Klaus; u.a., 2012, S.1

vorliegen, damit sich evtl. zeitlich ändernde Zugriffscharakteristiken eine Beachtung finden. Die eigentliche Analyse erfolgt entweder tabellarisch oder graphisch mit der Erstellung einer Lorenzkurve (Konzentrationskurve). Deren Generierung umfasst die nachfolgenden Arbeitsschritte:

1. Zugriffe pro Zeithorizont (z.B. Jahr) für alle Artikel ermitteln
2. Absteigende Sortierung der Artikel anhand der Zugriffshäufigkeit
3. Zugriffshäufigkeit jedes Artikels ins Verhältnis zur Gesamtzugriffsrate setzen
4. Kumulieren der prozentualen Anteile

Abbildung 11 zeigt drei Zugriffsdichtekurven für unterschiedliche Wirtschaftszweige. Eine flache Kurve (3) deutet auf eine stärkere Orientierung des Sortiments auf den Konsumenten hin, andererseits ist eine stärkere Bündelung (1) der Zugriffe beispielsweise bei technischen Produkten vorhanden.

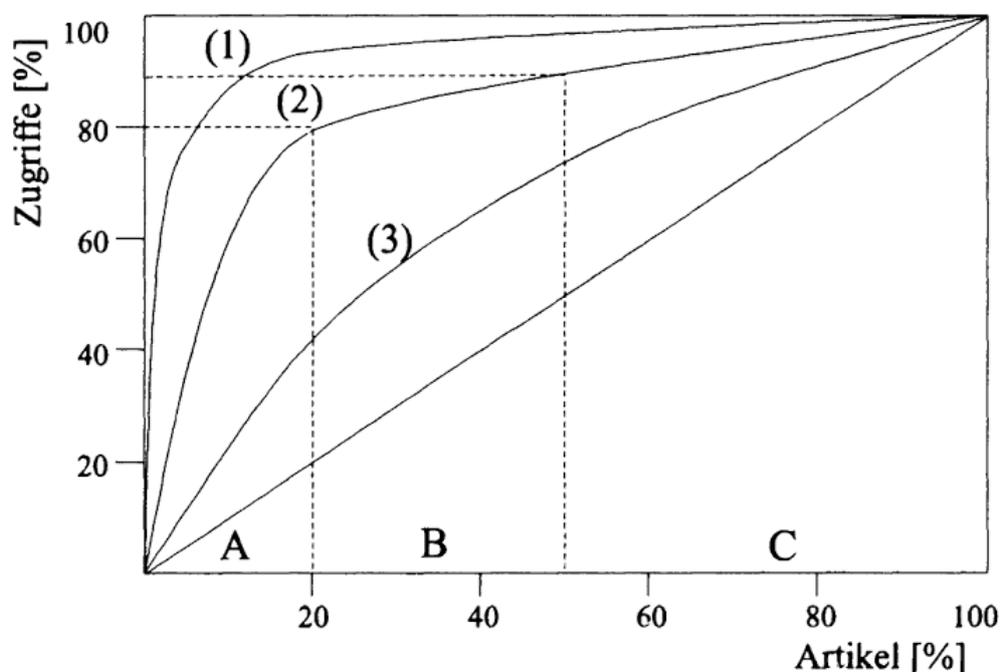


Abbildung 11: ABC-Analyse: Typische Zugriffsdichtekurven⁹⁶

In der Regel entfallen auf Schnelldreher (A-Artikel) 80% der Zugriffe, welche aber nur 20% der gesamten Artikel ausmachen, siehe Kurve (2). Mitteldreher (B-Artikel) und Langsamdreher (C-Artikel) decken den restlichen Artikelstamm ab, haben aber mit nur 20% einen weit geringeren Anteil an den Gesamtzugriffen.⁹⁷

Diese 80-20-Regel kommt auch bei anderen Anwendungen der ABC-Analyse (Anteil eines Artikels am Gesamtumsatzes) zum Einsatz, kann aber je nach Unternehmen leicht variieren.

⁹⁶ Bernnat, 1997, S.90

⁹⁷ vgl. ebenda, S.89f

4.3.2 Durchlaufdiagramm

Sehr bedeutsame Kennzahlen (z.B. durchschnittlicher Lagerbestand, Bestandsreichweite) der Beschaffungslogistik lassen sich durch den Einsatz des allgemeinen Lagermodells herleiten, siehe Abbildung 12. Hierzu wird die Differenz der Lagerzu- und -abgänge über die Zeit in einem Koordinatensystem eingetragen.

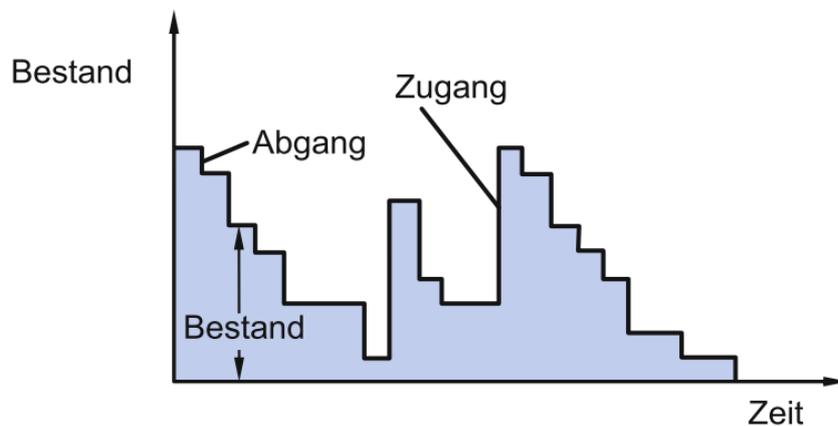


Abbildung 12: Allgemeines Lagermodell nach REFA ⁹⁸

Das Lagerdurchlaufdiagramm baut auf dem allgemeinen Lagermodell auf und unterscheidet sich von ihm grundsätzlich in der separaten Betrachtung von Zu- und Abgängen. Die Zu- und Abgangsmengen werden zudem kumuliert aufgetragen. Die Kurve der Abgangsdaten beginnt im Koordinatenursprung, wohingegen die der Zugangsdaten um den Anfangsbestand versetzt startet, siehe Abbildung 13.

⁹⁸ Nyhuis; Wiendahl, 2012, S.243

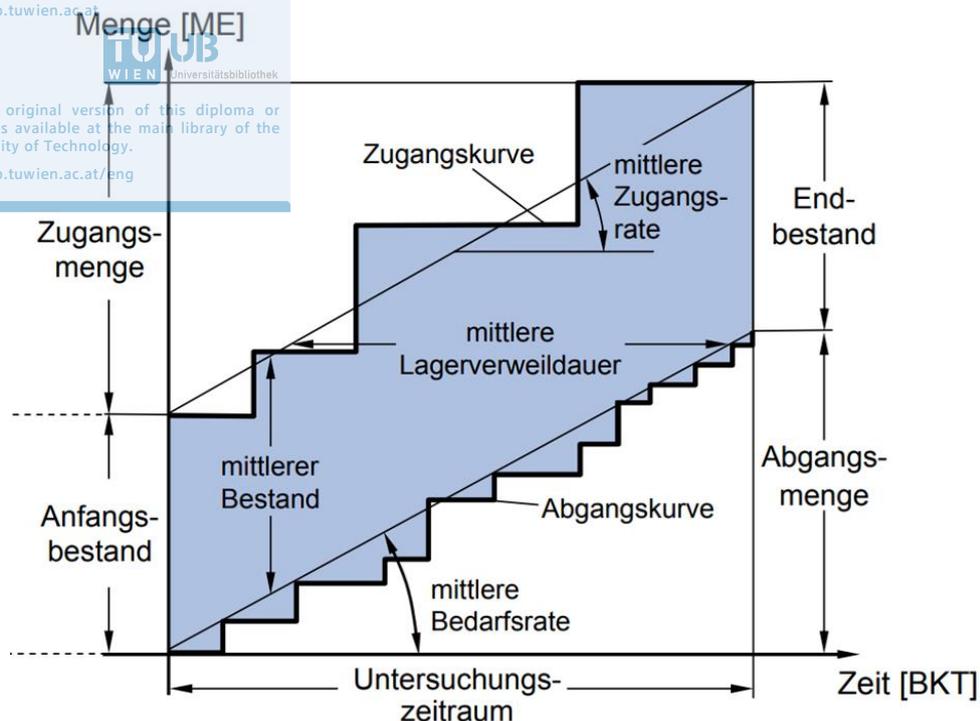


Abbildung 13: Lagerdurchlaufdiagramm⁹⁹

Aufgrund der zeitdiskreten Daten entsteht ein Stufendiagramm. Zu einem beliebigen Betrachtungszeitpunkt kann der momentane Lagerbestand innerhalb des Untersuchungszeitraums aus dem vertikalen Abstand der beiden Kurven berechnet werden. Der horizontale Abstand der beiden Kurven teilt die mittlere Verweildauer eines Artikels im Lager mit. Des Weiteren kann auch die durchschnittliche Zu- und Abgangsrate des idealisierten Lagerprozesses (Verbindung von Anfangs- und Endpunkt der Kurven) abgelesen werden. Vorteil dieser Darstellungsart ist, dass der jeweilige Lagerbestand nur zu Kontrollzwecken gesondert gemessen werden muss und für die Diagrammdarstellung nur die Bewegungsdaten und der Lagerbestand nur zu einem Zeitpunkt vorliegen muss.¹⁰⁰

Das Diagramm lässt sich zusätzlich mit weiteren Informationen anreichern. In Abbildung 14 sind beispielsweise die Bestellungen mit aufgenommen und kennzeichnende Höchstwerte für Lager und Beschaffung angegeben. Der Bestellbestand resultiert aus dem vertikalen Abstand zwischen Zugangskurve und Bestellkurve.¹⁰¹

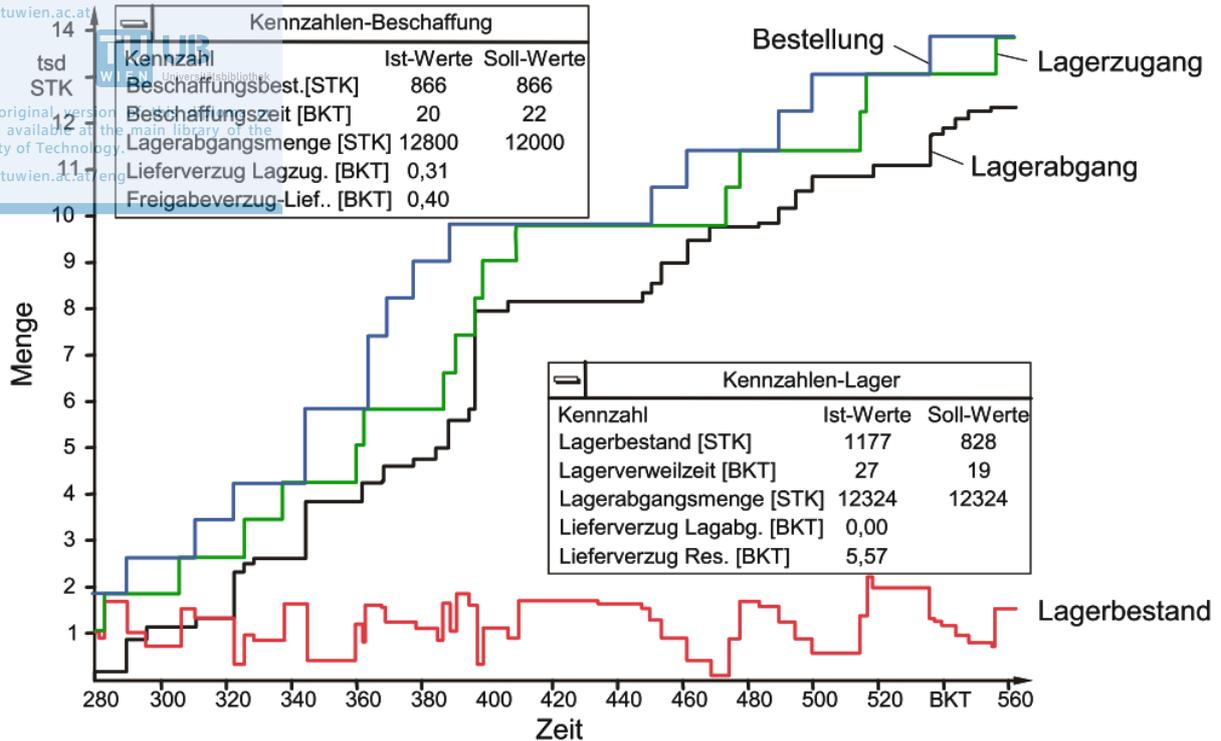
⁹⁹ Nyhuis, 2008b, S.8

¹⁰⁰ Nyhuis, 2008a, S.142f

¹⁰¹ Nyhuis; Wiendahl, 2012, S.243f

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at
 The approved original version of this master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
 http://www.ub.tuwien.ac.at/eng



Auswerteobjekt: Anzahl Sachnummer: 1 Auswertezeitraum:
 Sachnummer: 133136 Anfang BKT: 280 Ende BKT: 559
 Periodenlänge: 20

Abbildung 14: Erweitertes Lagerdurchlaufdiagramm¹⁰²

Zur Bestimmung des Lieferverzugs wird die fehlende Menge mit der Dauer ihres Auftretens multipliziert. Anschließend werden alle Fehlmengensituationen aufsummiert und auf den Gesamtbedarf bezogen.¹⁰³

Abbildung 15 stellt im oberen Teil drei verschiedene Lagerzustände dar. Der rechte Lagerzustand zeichnet sich durch einen sehr hohen Lagerbestand aus. Fehlmengen sind nicht vorhanden. Hingegen treten im mittleren Bild bereits erste Lieferverzögerungen auf. Wird der Bestand weiter gesenkt, steigt auch die Fehlmengenfläche weiter an, siehe linker Graph. Aus diesen Diagrammen lässt sich die Kennlinie für den Lieferverzug ableiten, indem der mittlere Lieferverzug über den Lagerbestand aufgetragen wird, siehe unteres Bild. Diese Lagerkennlinien lassen sich mit Hilfe von Simulationswerkzeugen erstellen, welche im Allgemeinen auf einer relationalen Datenbank beruhen. Je nach Veränderung der Eingangsvariablen, (z.B. Liefermenge, Bedarfsmenge) entstehen so unterschiedliche Kurvenformen, welche der Lageranalyse dienen.¹⁰⁴

¹⁰² vgl. ebenda, S.244

¹⁰³ vgl. ebenda, S.243f

¹⁰⁴ vgl. ebenda, S.246f

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
 http://www.ub.tuwien.ac.at
 TU UB WIEN Universitätsbibliothek
 The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
 http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

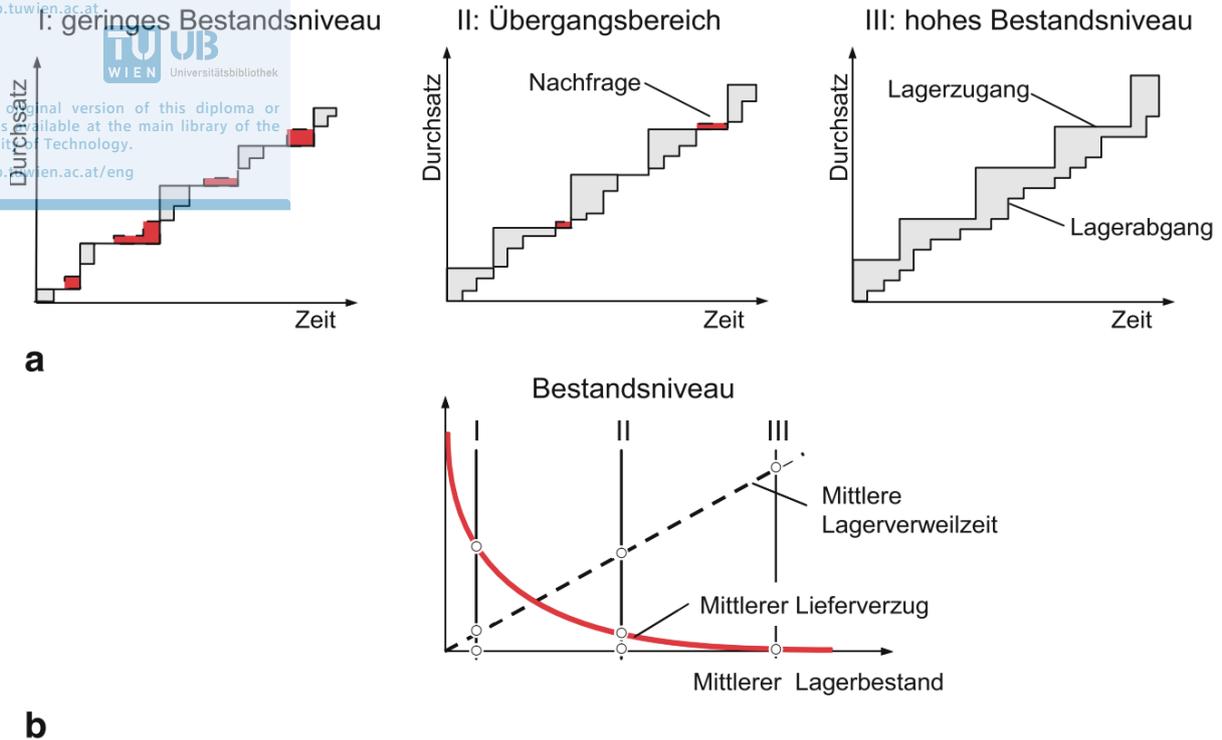


Abbildung 15: (a) Verschiedene Lagerzustände und (b) Lagerkennlinie¹⁰⁵

4.4 Fazit

Es herrscht eine enorme Diskrepanz bei der Umsetzung zwischen den veröffentlichten Modellen aus Forschung und Praxis auf dem Gebiet der Lagerplanung. Der Wissensaustausch zwischen den beiden Gruppen scheint sehr begrenzt zu sein. Somit gibt es auch keine standardisierte Methode zur Datenintegration, jeder Planungsberater hat seine eigenen Lösungen implementiert.¹⁰⁶

Wie in Kapitel 3.6 bereits dargelegt wurde, werden in erster Linie Datenbankmodelle und Tabellenkalkulationen für die Datenanalyse eingesetzt. Bei der Lagergrobplanung ist die Datenerfassung und -analyse, anteilig mit über 50%, die zeitintensivste Planungsphase.¹⁰⁷ Hier zeigt sich die essenzielle Bedeutung, die der Bereitstellung einer standardisierten Methode, besonders in dieser Phase, zukommt.

In den letzten Jahren ist es zu einer zunehmenden Automatisierung in der Produktion gekommen. Beispielsweise sorgt der Einsatz von Sensoren, RFID-Systemen und größeren Speichermedien dafür, dass immer mehr Daten aufgezeichnet werden.¹⁰⁸

„Die Datenmenge in der Logistik vertausendfacht sich alle zehn Jahre“¹⁰⁹

Auch der wachsende E-Commerce führt dazu, dass stets kleinere Mengen zu

¹⁰⁵ vgl. ebenda, S.246

¹⁰⁶ Gu; u.a., 2010, S.547

¹⁰⁷ Martin, 2016, S.467f

¹⁰⁸ Freytag, 2014, S.97-104

¹⁰⁹ Rehof; u.a., 2014, S.14

unterschiedlichen Zeitpunkten bestellt werden.¹¹⁰ Die Folge daraus sind vermehrte Buchungszeilen, was wiederum zu größeren Datenmengen führt. Mit steigenden Buchungszeilen und der Produktanzahl erhöht sich demnach die Komplexität der Lagerplanung.¹¹¹

Aus den gestiegenen Datenmengen resultiert, dass Planungshilfsmittel, basierend auf Tabellenkalkulationsprogrammen (z.B. *Excel*) oder Datenbankmanagementsystemen (z.B. *Access*), nicht mehr eingesetzt werden können oder aufgrund der Auswertungsdauer nicht effizient nutzbar sind. Zudem müssen die heterogenen Datenbestände erst in eine standardisierte Form zusammengeführt werden.¹¹²

Auf Grundlage dieser Problematik beschäftigen sich die nachfolgenden Kapitel mit der Erstellung eines Lagerplanungshilfsmittels, welche die herausgefilterten Besonderheiten der analysierten Modelle (z.B. Flexibilität, Spezifikationen von rechnergestützten Planungshilfsmitteln) aus Kapitel 3 berücksichtigt. Dieses ist in der Lage, große Datenmengen schnell zu verarbeiten, die Daten zu vereinheitlichen und die Datenintegration somit zu vereinfachen.

¹¹⁰ vgl. ebenda, S.9

¹¹¹ Faber; u.a., 2013, S.1235

¹¹² Rehof; u.a., 2014, S.11

5.1 Vorgehensmodell

Zur Erstellung des vorliegenden Programms musste ein Vorgehensmodell ausgewählt werden, welches auch ohne spezifische Fachkenntnisse die Möglichkeit zum Aufbau eines computergestützten Werkzeugs bietet. Auf Grundlage der wachsenden Erfahrung im Verlauf der Entwicklung entsteht schrittweise ein Gesamtsystem, dessen bisherige Lösungen regelmäßiger Überprüfung bedürfen.

Als Basis für die Entwicklung des rechnergestützten Lagerplanungswerkzeugs dient ein Spiralmodell, das als Vorgehensmodell aus der Softwareentwicklung bekannt ist, siehe Abbildung 16. Dieses Modell erlaubt einen sogenannten iterativ-inkrementellen (wiederkehrend- schrittweisen) Ablauf und somit die Entwicklung in Zwischenstufen. Für das Spiralmodell ist die Einteilung in vier Quadranten, in denen die jeweiligen Zyklen ablaufen, kennzeichnend:¹¹³

1. Im ersten Schritt (Analyse) wird mit der Festlegung der Ziele, der Rahmenbedingungen und der Lösungsalternativen begonnen.
2. Anschließend folgt der Schritt zur Evaluation der Alternativen. Bei dem ersten Zyklus gilt es, die Lösungsansätze prinzipiell zu bewerten, wohingegen im fortgeschrittenen Verlauf die Details beurteilt werden sollen.
3. In der Phase der Realisierung wird die identifizierte Lösung umgesetzt und entsprechend durchgeführt.
4. Der abschließende Schritt (Planung) dient der Überprüfung vorangegangener Schritte und der Planung des nächsten Durchlaufs.

¹¹³ Brandt-Pook; Kollmeier, 2016, S.26

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>



**Schritt 1:
Analyse**

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

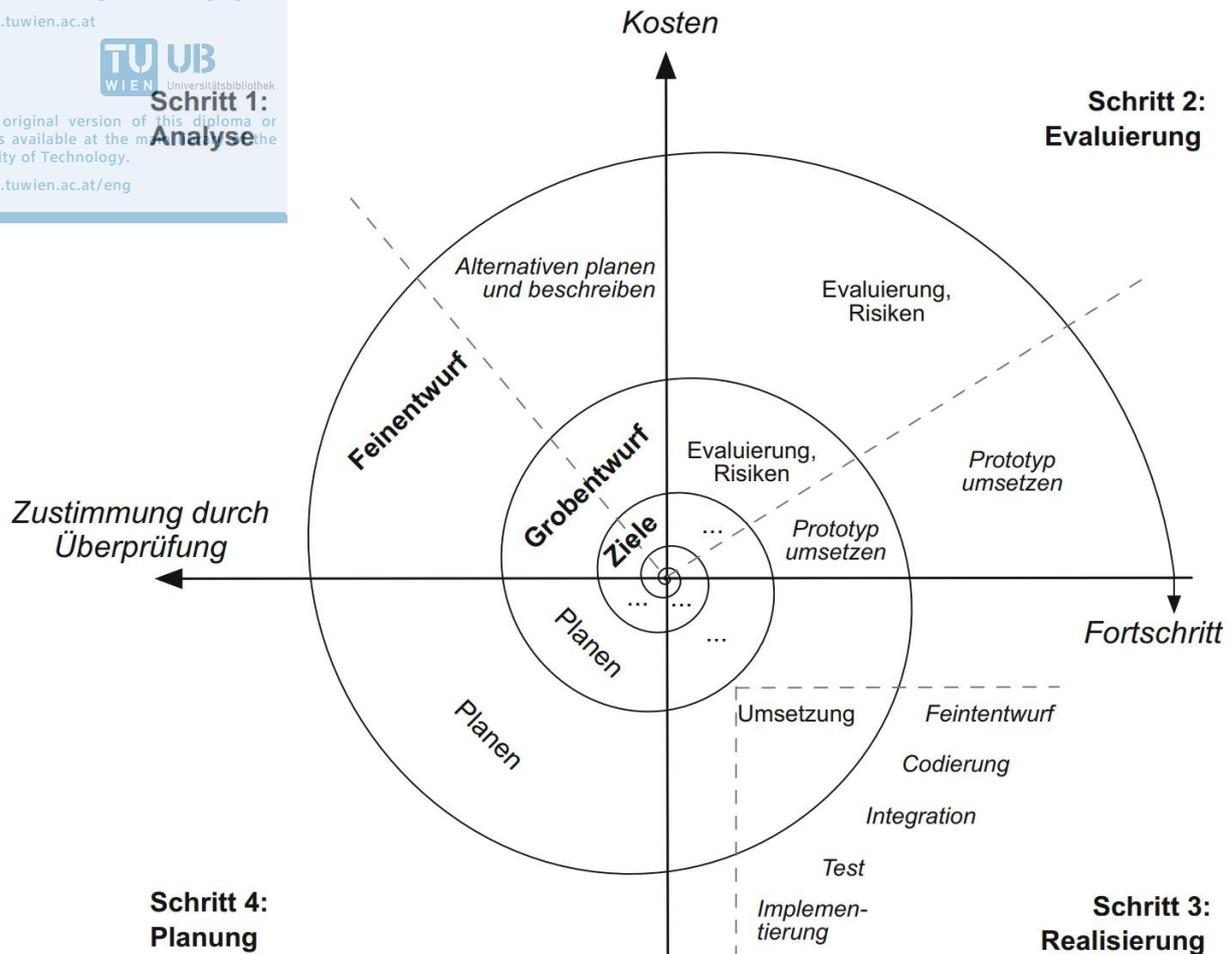


Abbildung 16: Konzept des Spiralmodells¹¹⁴

Die Fortschrittslinie stellt die Entwicklung dar und lässt das charakteristische Spiralmuster entstehen. Wesentlich für dieses Modell ist das wiederkehrende Anfertigen von Prototypen. Diese dienen dazu, die Ergebnisse regelmäßig zu überprüfen und mit jeder Iteration neues Wissen zu generieren. Fehlentwicklungen können somit schon frühzeitig erkannt und Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Der Zweck des inkrementellen Aufbaus ist, dass zunächst nur ein limitierter Kern des Gesamtsystems erstellt wird, siehe Abbildung 17. Dies ermöglicht es erst, die Anforderungen oder die Architektur stückweise zu spezifizieren. Die inkrementelle Vorgehensweise erfordert jedoch auch ein iteratives Vorgehen. Dabei wird der komplette Entstehungszyklus, beziehungsweise nur Teile davon, mehrfach durchlaufen.¹¹⁵

¹¹⁴ Broy; Kuhrmann, 2013, S.92

¹¹⁵ vgl. ebenda, S.93f

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
<http://www.ub.tuwien.at/>

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
<http://www.ub.tuwien.at/eng/>

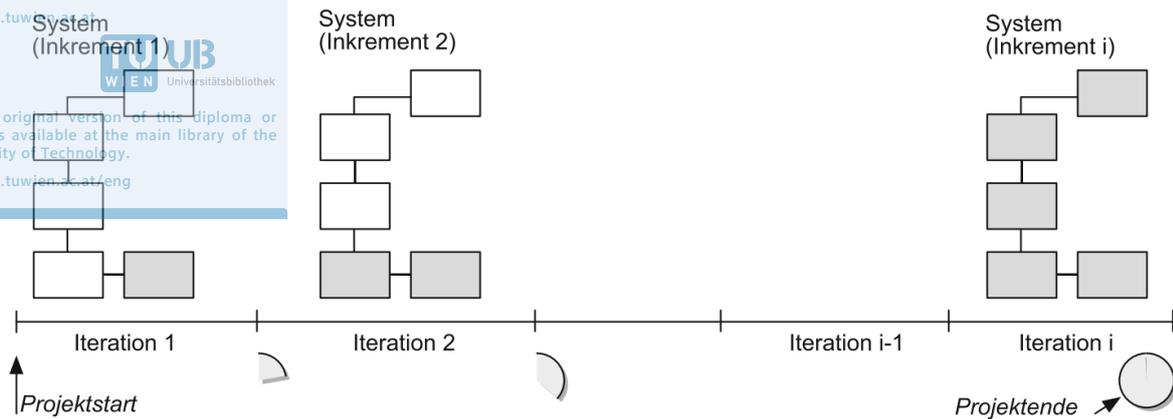


Abbildung 17: Schrittweises Wachsen nach inkrementellem Vorgehen¹¹⁶

5.2 Vorgehensweise bei der Software-Auswahl

Das Lagerplanungswerkzeug ist ein Anwendungsprogramm, welches auf einer Basissoftware (z.B. Dateiverwaltungs-, Datenbank- und Datenkommunikationssysteme) beruht.¹¹⁷

Für die Identifikation des passenden Produkts ist eine Markterhebung eine sinnvolle Methode. Diesen Vorgang kann man sich als Trichter vorstellen, an dessen Ende eine passende Softwarelösung übrigbleibt, siehe Abbildung 18. Vor Beginn der Suche sind die Anforderungen zu definieren und es ist gegebenenfalls ein Lastenheft zu erstellen. Dabei sind die Leistungsdefinitionen anfänglich unspezifischer gehalten und werden im Laufe des Auswahlprozesses differenziert.

So ist es gegebenenfalls notwendig, sich zwischen mehr als hundert Software-Lösungen zu entscheiden. Allgemein hat man bei einer Marktrecherche zwischen generellen funktionalen (Funktionsumfang der Software) und technologischen Anforderungen (Einsatzmöglichkeit im Unternehmen) zu unterscheiden.

Anforderungen an ein neues System sind beispielsweise:

- *Informationstechnische Anforderungen:* Hardware, Systemsoftware (Betriebssystem, Datenbankverwaltungssystem), Sicherheit (Verschlüsselungen)
- *Leistungsumfang der Anwendungssoftware:* Schnittstellen, Benutzungsoberfläche, Liste der Einzelfunktionen
- *Randbedingungen:* Kosten, Mengengerüst (Datenumfang), Vorschriften, zeitlicher Rahmen

Eine unzureichende Durchschaubarkeit des Markts erschwert diesen Prozess zusätzlich. Deswegen kann meistens auch keine lückenlose Marktanalyse

¹¹⁶ vgl. ebenda, S.93

¹¹⁷ vgl. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/78171/kompatible-schnittstellen-v10.html> (Gelesen am: 21.11.2017)

vorstättgehen. Die Informationsbeschaffung zu den verschiedenen Produkten ist vielfältig realisierbar. Als Informationsquellen dienen Internetauftritte der Software-Anbieter, Fachpresse, Messen und praxisnahe Informationsquellen.¹¹⁸

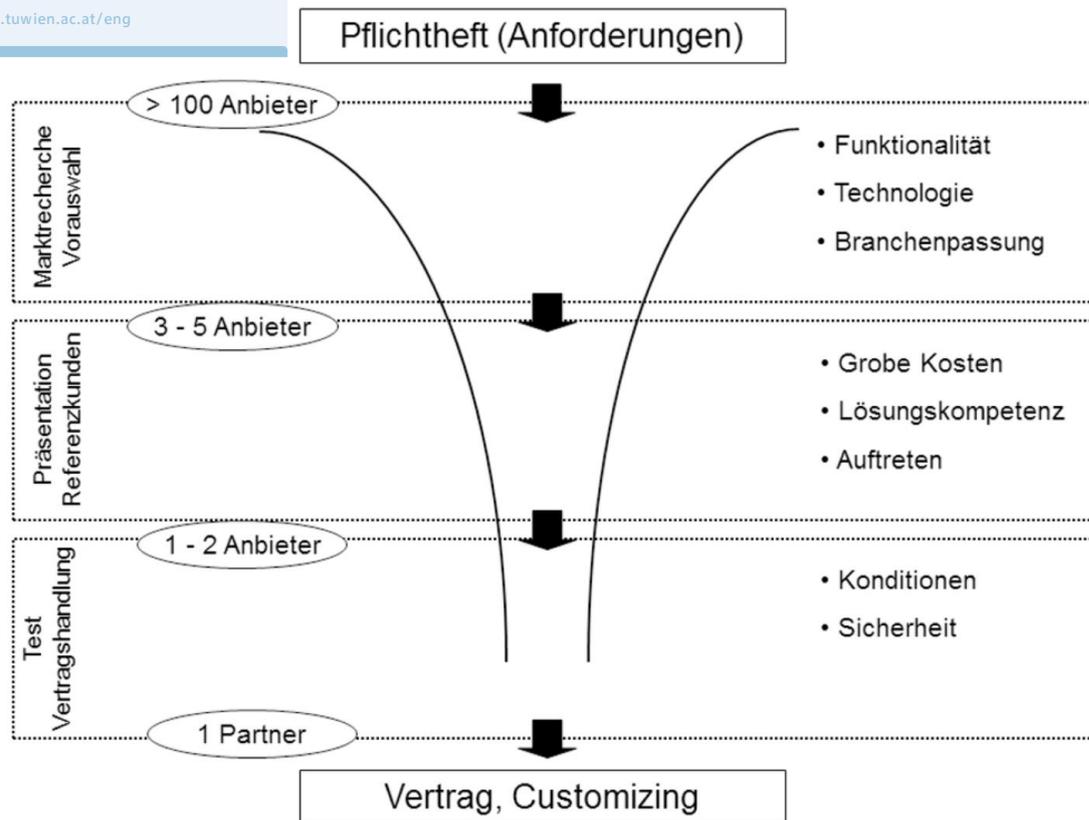


Abbildung 18: Trichter der Software-Auswahl¹¹⁹

5.3 Datenflussdiagramm

Zu Beginn eines neuen Lagerplanungsprojekts sind verschiedene Stamm- und Bewegungsdaten vorhanden. Diese Tabellen müssen zur Schaffung einer geeigneten Datenbasis über geeignete Verknüpfungsbedingungen verbunden werden. Zur vereinfachten Darstellung dieser Beziehungen eignen sich leicht verständliche Datenflussdiagramme. Eine weitere Option ist die detaillierte Abbildung mittels UML-Diagramm. Auf diese Möglichkeit wird aber verzichtet, weil sie sehr umfangreich ist und Fachwissen erfordert.

Generell illustriert ein Datenflussdiagramm den Daten- und Informationsfluss. Dieser kann innerhalb von Funktionen, Informations- und Datenspeichern, sowie Schnittstellen ausgetauscht werden. Das System wird vom Standpunkt der Informationen, beziehungsweise der Daten betrachtet. Es hat keinen Kontrollfluss, zudem gibt es keine Entscheidungsregeln oder Schleifen. Für die Darstellung kommen

¹¹⁸ Abts; Mülder, 2017, S.526-529

¹¹⁹ vgl. ebenda, S.528

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

vier Symbole zum Einsatz, siehe Tabelle 10.¹²⁰

Das Symbol *Schnittstelle zur Umwelt* (Externe Entität) wird als Rechteck skizziert. Es gibt die Quelle, aus der das System seine Daten bezieht, an und stellt die Output-Destination dar. Der Kreis hat die Funktion eines *Prozess*-Bausteins. Er verdeutlicht jeden Prozess der Daten ändert. Das *Datenfluss*-Element (Pfeil) kennzeichnet den Weg, welche die Informationen zwischen den externen Schnittstellen, Prozessen und Datenspeichern nehmen. Der *Datenspeicher* (zwei parallel verlaufende Linien) kennzeichnet die Informations-Aufbewahrungsorte, z.B. eine Datenbank.

Ein Beispiel für das Flussdiagramm ist in Abbildung 19 aufgezeigt.

Symbol	Bezeichnung	Beschreibung
	Schnittstelle zur Umwelt	Ursprung oder Ziel von Datenflüssen Schnittstellenname: Beschreibung der Datenquelle bzw. Datensenke
	Funktion bzw. Prozess	Funktion oder Prozess, der einen Datenfluss transformiert
	Datenfluss	Datenfluss von einer Quelle zu einem Prozess oder von einem Prozess zu einem Prozess oder einer Senke
	Datenspeicher	Speicher von Informationen oder Daten

Tabelle 10: Notation Flussdiagramm¹²¹

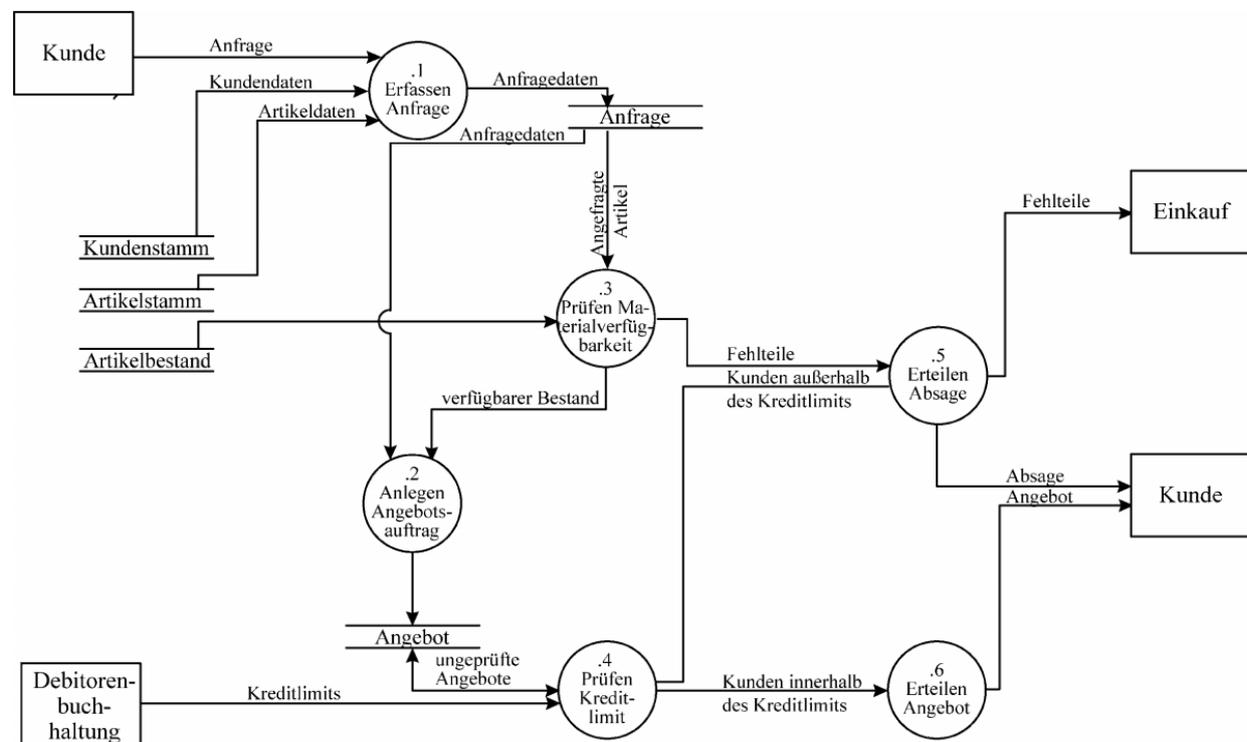


Abbildung 19: Flussdiagramm¹²²

¹²⁰ Gadatsch, 2012, S.70

¹²¹ vgl. ebenda, S.71

¹²² vgl. ebenda, S.72

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

6 Umsetzung



The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

Dieses Kapitel behandelt die Implementierung eines Planungshilfsmittels zur Unterstützung der Lagerplanung. Der Fokus bei dessen Entwicklung lag bei der Aufbereitung, Verknüpfung und Auswertung von Stamm- und Bewegungsdaten. Ziel war es, ein Hilfsmittel für die Aufnahme des Istzustands bzw. für die Phasen der Datenanalyse und -erfassung bereitzustellen, welches die Datenverarbeitung erleichtert und die Datenqualität verbessert.

Beginnend bei der Identifikation von Problemen und dem Aufzeigen von Optimierungspotenzialen bis zum fertigen Lagerplanungswerkzeug, bildet dieses Kapitel die einzelnen Entwicklungsschritte ab, siehe Flussdiagramm, Abbildung 20.



Abbildung 20: Flussdiagramm Lagerplanungswerkzeug

6.1 Ausgangssituation



6.1.1 Testdatenbasis

Für die Entwicklung des Planungswerkzeugs stehen umfangreiche Testdaten eines österreichischen Industrieunternehmens zur Verfügung. Die Datensätze wurden größtenteils aus dem ERP-System exportiert, enthalten die Basisdaten und liegen als Textdateien (CSV-Format) und Excel-Dateien vor.

Die darin enthaltenen Stammdaten gliedern sich in Artikelstamm, Verpackungsstamm, Verpackungsstufen und Lagerbereiche, mit den entsprechenden Feldnamen sind sie in Tabelle 11 aufgeführt.

Artikelstamm	Verpackungsstamm - LVS	Verpackungsstamm - WWS	Verpackungsstufen	Lagerbereiche
Artikelnummer	Typ	Art.Nr.	Artikelnummer	Nummer
Artikelbezeichnung	Art	Gebinde ID	VPE_KurzBez	Name
Saeule	Päfix	Art	VPE_LangBez	Verwendung
Warengruppe	Name	Bez1(de-AT)	PackagingVariant	
Produktgruppe	Max. Gewicht	Länge Netto(mm)	OrderNumber	
GLD_Euro	Max. Volumen	Breite Netto(mm)	Packagenummer	
VPLosGroesse	L [mm]	Höhe Netto(mm)	Quantity	
VPArt	B [mm]	Gewicht Netto(Kg)	Height	
AnzVPLadeMittelEH	H [mm]		Volume	
ntolength	Versandeinheit		Diameter	
ntowidth	Verpackungseinheit		Weight	
ntoheight	Lagereinheit		Width	
ntoweight	Palette		Length	
ntodiameter	Trommel		Saleable	
ntovolume	Karton		Conveyable	
LieferantNummer	Schrank			
LieferantBezeichnung	gedruckte Label			
Hauptlieferant	Label			
Incoterm				
WiederBeschaffung				
MinBestellMenge				
MinBestellWert				
MinVKLosGroesse				
EingehendeVPLosGroesse				
AusgehendeVPLosGroesse				
VerbrBedarfsGest				
MaxZugangsDat				
MaxAusgangsDat				
Lebenszyklus				

Tabelle 11: Stammdaten (Testdaten)

Die Bewegungsdaten sind in der Form von Zu-, Abgangsdaten und Lagerspiegel vorhanden, siehe Tabelle 12.

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

Zugangsdaten	Abgangsdaten	Lagerspiegel
Transport	Auftragsnr	Lagerplatz
Bestellung	Transport	x
Pos	Artikelnr	Y
Ref.Kundenaufr.	Artikelbez	Links
Artikelnr	LBR	Rechts
Artikelbezeichnung	LP	Platztyp
Lieferantnr	Kundennr	Typ
Lieferantbez	Kundenbez	Lagerbereich
Versandort	Versandort	Platzhöhe
PLZ	Versanddatum	Höhe über Grund
Land	Versandzeit	Typ
Plandatum	Versandart	Status
Ist-Datum	Gebinde	Lagereinheit
Ist-Zeit	Ausbuchdatum	Artikel
LHM	Ausbuchzeit	Bezeichnung
ID_LHM	Planlieferdatum	Bestand
Menge	Zielort	LE-Höhe
Lagerbereich	Menge	Fixplatz
Lagerplatz	Wert	
	Incoterms	
Anmerkung:		
ca. 276.000 Zeilen 3 Dateien	ca. 1.800.000 Zeilen 2 Dateien	ca. 26.000 Zeilen 1 Datei

Tabelle 12: Bewegungsdaten (Testdaten)

6.1.2 Identifizierung der Probleme

Bei der Literaturanalyse, siehe Kapitel 3, wurde festgestellt, dass hauptsächlich Tabellenkalkulationen und Datenbankmanagementsysteme zur Verarbeitung von Stammdaten und Bewegungsdaten zum Einsatz kommen.

Die Verwendung von einfachen Datenverarbeitungswerkzeugen kann bisweilen zu Herausforderungen führen.

Zum einen ist es erforderlich, ständig wachsende Datenmengen zu verarbeiten und komplexere, detaillierte Systeme zu erstellen. Zusätzlich steigt die Nachfrage an Flexibilisierung und Individualisierung der Prozesse.¹²³

Beispielhaft sollen nun Probleme skizziert werden, die während der Datenerfassung und -verarbeitung mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel auftauchen können.

Die erste gravierende Einschränkung ist die Begrenzung der maximal möglichen Zeilen pro Tabellenblatt. Es ist nicht möglich, Tabellen mit mehr als 1,048,576 Zeilen (Excel 2016-2013) zu erstellen.¹²⁴ Die vorliegenden Abgangsdaten (>1.800.000 Zeilen) überschreitet diese Grenze aber deutlich, siehe Tabelle 12.

Auch das Importieren von großen CSV-Dateien in eine Excel-Datei kann eine zeitintensive Nachbearbeitung zur Folge haben. Mit den länderspezifischen Formatierungen von Zahlen (Komma oder Punkt als Dezimaltrennzeichen) oder des

¹²³ Günthner; Borrmann, 2011, S.4

¹²⁴ vgl. <https://support.office.com/en-us/article/Excel-specifications-and-limits-1672b34d-7043-467e-8e27-269d656771c3> (Gelesen am: 01.18 2017)

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

The approved original version of this diploma/master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

Datenformats seien nur zwei Barrieren erwähnt. Dies macht eine anschließende Überprüfung der Zeilen und Spalten nötig. Gerade bei großen Tabellen kommt es häufig dazu, dass einige Zeilen aufgrund von Formatierungsfehlern nicht importiert werden können.

Ein weiteres Problem ergibt sich bei der Verknüpfung von Bewegungsdaten mit Stammdaten. Mit Excel ist dies mit der SVerweis- (engl. VLookup) Funktion grundsätzlich möglich. Anhand eines Beispiels (Verknüpfung von Zugangsdaten mit Stammdaten) soll das grundsätzliche Vorgehen nachfolgend dargelegt werden. Sind die Zugangsdaten und Stammdaten erfolgreich eingelesen, sollten sie anschließend jeweils separat in verschiedenen Tabellenblättern vorliegen. Nun werden die Zugangsdaten (Blatt ZD_Erweitert) mit Informationen aus den anderen Blättern (SD_Lagerberichte, SD_Artikelstamm...) mit Hilfe der SVerweis-Funktion befüllt, siehe Abbildung 21. Aber gerade bei großen Datensätzen kann dieser Prozess sehr lange dauern und ist fehleranfällig. Im Anschluss sind den neu hinzugefügten Feldern (rote Feldnamen) Formeln hinterlegt, diese führen zu einer massiven Systembelastung und schränken die Funktion weiter ein. Eine Behelfslösung dafür ist die Erstellung eines separaten Formelblatts (ZD_Formelblatt) mit nur einer Zeile und das Löschen sämtlicher Formeln in den Zugangsdaten (ZD_Erweitert).

Artikelnr	Artikelbez	Ist-Datum	Ist-Zeit	LHM	ID_LHM	Menge	Lagerb	Lagerplatz	Saeule	Warengruppe	Produktgrupp	Verbr	Bedarfs	Ges	Leben
101	ABC123	06.01.2016	06:46	P01	P325235	1200	EP	11	Maschinenbau	7	400	lager	Standa		
102	ABC124	07.01.2016	06:48	P02	P325236	3000	EP	11	Automobilbau	8	406	lager	Standa		
103	ABC125	08.01.2016	06:49	P03	P325237	221	EP	31	Automobilbau	8	406	nlager	Tot		
104	ABC126	09.01.2016	08:35	P04	P325238	6	EP	11	Maschinenbau	10	402	lager	Standa		
105	ABC127	10.01.2016	08:35	P01	P325239	6	EP	31	Automobilbau	10	406	nlager	Tot		
106	ABC128	11.01.2016	08:41	P02	P325240	6	EP	31	Automobilbau	5	63	lager	Standa		
107	ABC129	12.01.2016	08:42	P03	P325241	6	EP	21	Maschinenbau	5	63	lager	Standa		
108	ABC130	13.01.2016	08:42	P04	P325242	6	EP	41	Automobilbau	8	63	lager	Standa		
109	ABC131	14.01.2016	08:51	P05	P325243	18	EP	51	Automobilbau	8	63	lager	Standa		
110	ABC132	15.01.2016	08:51	P06	P325244	18	EP	21	Maschinenbau	8	63	NULL	NULL		

Abbildung 21: Datenverknüpfung mit Excel (SVerweis-Funktion)

Zwischenfazit: Obwohl die Datenblätter in Excel äußerst umfangreich erscheinen, ist Excel für die Verarbeitung großer Datenpools ungeeignet. So ist die Zeilenanzahl limitiert und es fehlt die Fähigkeit, relationale Verbindungen zwischen dem Datenbestand aufzubauen. Der Einsatz der SVerweis-Methode kann diese Fertigkeit nur nachahmen¹²⁵. Zudem gestaltet sich die Datenaufbereitung zeitaufwendig. Feldnamen und Formatierung müssen in ein standardisiertes Tabellengerüst

¹²⁵ Schels; Seidel, 2010, S.29ff

umgewandelt werden. Aber auch relationale Datenbanken stoßen bei der Verarbeitung der meist heterogenen Daten auf Hindernisse, wie zuvor in Kapitel 4.1.3 dargelegt.

6.2 1. Phase: Start der Entwicklung

Zur Entwicklung des Lagerplanungswerkzeugs wird das Spiralmodell aus der Softwareentwicklung verwendet, siehe Kapitel 5.1. Der erste Zyklus dient der Anforderungsdefinition, der Planung von denkbaren Lösungsmöglichkeiten und der anschließenden Bewertung. Darauf aufbauend wird eine Software ausgewählt. Diese bildet die Grundlage für die Entwicklung eines Planungswerkzeugs. Anschließend findet eine Rücksprache mit dem Auftraggeber statt, um die selektierten Lösungen vorzustellen. Hiermit werden frühzeitig Fehlentwicklungen vermieden. Daraufhin kann die Planung der nächsten Phase beginnen, siehe Abbildung 22.

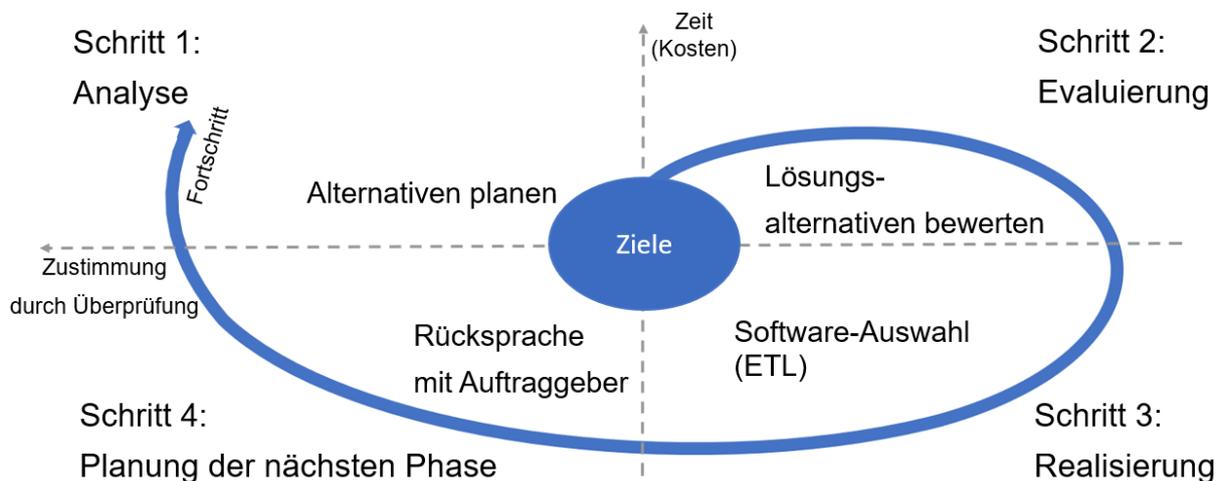


Abbildung 22: Spiralmodell: 1. Phase

6.2.1 Anforderungsdefinition an ein Werkzeug zur Datenintegration

Ziel dieser Arbeit ist es, Lösungen für die zuvor erläuterten Probleme der Datenverarbeitung zu finden. Zu diesem Zweck wurde ein Planungshilfsmittel entwickelt, welches im Wesentlichen folgende Kernpunkte aufweist:

1. Die Aufbereitung und Verknüpfung von Stamm- und Bewegungsdaten mittels zuvor hinterlegter Relationen. Zudem sollte es in der Lage sein, Dateien aus verschiedenen Vorkonfigurationen zu importieren und sie nach der Transformation in ein bestehendes Datenbanksystem einzufügen oder in einem gewünschten Dateiformat abzuspeichern.
2. Erweiterung des Werkzeugs um die Funktion eines „Übersetzers“, welcher den Eingangs- und Zieltabellen eine standardisierte Struktur verleiht.
3. Generieren von Standardauswertungen (z.B. ABC-Analyse, durchschnittlicher Bestand) basierend auf den zuvor transformierten Tabellen. Ergänzen der Zieltabellen mit den berechneten Werten.

4. Ausgabe der Analyse in tabellarischer Form zur Visualisierung der Informationen.

Aufgrund der gesetzten Anforderungen liegt die Verwendung einer ETL-Software (siehe 4.1.3) nahe. Die weiteren, untersuchten Lösungsalternativen beruhen auf Excel oder Access. Die notwendigen Anforderungen können beide aber nicht erfüllen.

6.2.2 Software-Auswahl: ETL

Die ETL-Software ist ein wesentlicher Bestandteil eines Business Intelligence (BI) Systems und des Data-Warehouse (optimierte zentrale Datenbank für Auswertungszwecke).^{126 127}

„BI Tools sind Werkzeuge, die Auswertungsverfahren von internen und externen Unternehmensdaten, sowie quantitative Verfahren für Planungs-, Entscheidungs- und Controlling zwecke softwaremäßig für Manager bereitstellen, um Geschäftslagen, -entwicklungen und -prozesse im Unternehmen zu analysieren.“¹²⁸

Heutzutage sind zahlreiche ETL-Anwendungen auf dem Markt erhältlich. Zum einen existieren Produkte führender Softwarehersteller, wie zum Beispiel IBM Infosphere, Oracle Warehouse Builder, Microsoft SQL Server Integration Services und Informatica Powercenter. Zum anderen kann auch auf Programme aus dem Open Source-Umfeld zurückgegriffen werden. Die bekanntesten Vertreter hierfür sind Pentaho Data Integration (PDI), CloverETL und Talend Open Studio.¹²⁹ Pentaho wurde 2004 als Business Intelligence Softwareanbieter gegründet und bietet zahlreiche Produkte für die Verwirklichung von BI-Projekten (z.B. Datenintegration, Visualisierung von Daten) an.¹³⁰ Zu unterscheiden ist dabei eine Firmen- und eine kostenlose „Community“-Version. Die kostenpflichtige Ausgabe beinhaltet zusätzlich Supportleistungen, muss aber abonniert werden.¹³¹

Gerade PDI und Talend Open Studio kommen überwiegend zum Einsatz und verbessern sich kontinuierlich. Zudem können sie auch auf eine große Community zurückgreifen, welche zahlreiche Erweiterungen für die Programme bereitstellen. Solange das Werkzeug keine speziellen Anforderungen erfüllen muss, gibt es keinen ausschlaggebenden Grund, die oftmals teuren Programme anzuschaffen.¹³² Talend Open Studio und Pentaho Data Integration sind grundsätzlich gleichartig und haben auch einen ähnlichen Funktionsumfang. PDI ist etwas minimalistischer strukturiert, was den Einstieg und die Handhabung etwas erleichtert. Zudem ist das Programm von

¹²⁶ vgl. <https://de.talend.com/solutions/etl-analytics> (Gelesen am: 18.11.2017)

¹²⁷ Linden, 2016, S.112

¹²⁸ Müller; Lenz, 2013, S.259

¹²⁹ Bansal, 2014, S.524

¹³⁰ Victor; u.a., 2016, S.21

¹³¹ vgl. <https://www.pentaho.com/de> (Gelesen am: 11.08.2017)

¹³² Nogués; Valladares, 2017, S.148

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/>

Pentaho schneller bei der Verarbeitung der Daten.¹³³ Ein Vergleich der verschiedenen ETL-Programme ist in Tabelle 13 aufgeführt.

Parameter	Pentaho	Talend	CloverETL	Jedox	Jaspersoft
Benutzerfreundlichkeit	++	+	+	+	+
Wiederverwendbarkeit	ja	ja	ja	ja	ja
Interoperabilität	ja	ja	ja	ja	ja
Flexibilität	++	n. a.	+	++	0
Art	BI	Datenintegration, Datenvorbereitung und -management	ETL	BI	BI
Name der ETL-Komponente	PDI	Open Studio	CloverETL	Jedox Integrator	Jaspersoft ETL
Plattformunterstützung	Windows, Unix, Linux	Windows, Unix, Linux	Windows, Unix, Linux, OS X	Windows	Windows, Linux
Big Data Unterstützung	+	++	+	n. a.	+
Geschwindigkeit	++	+	n. a.	n. a.	n. a.
Kosten	++	++	++	++	++
++ sehr gut, + gut, 0 neutral, - weniger geeignet					

Tabelle 13: Vergleich von Open Source ETL-Software¹³⁴

Welches der beiden Programme letztendlich eingesetzt wird, ist aber auch eine persönliche Entscheidung (Erfahrungen im Team mit einer Lösung?).¹³⁵

Aufgrund der übersichtlichen grafischen Benutzeroberfläche, der vielseitigen Fähigkeiten und der kostenlosen Verwendung (Open-Source „Community“-Version) baut das Lagerplanungshilfsmittel auf dem Programm Data Integration (auch Kettle genannt) von Pentaho auf, siehe Abbildung 23.¹³⁶

¹³³ Kherdekar; Metkewar, 2016, S.2558

¹³⁴ vgl. ebenda

¹³⁵ Nogués; Valladares, 2017, S.182

¹³⁶ vgl. <http://community.pentaho.com/projects/data-integration/> (Gelesen am: 11.08.2017)

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

The approved original version of this master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>



Marktrecherche, Vorauswahl:

Informatica, IBM, Microsoft, SAP, Talend, Oracle, Pentaho, CloverETL, Jaspersoft, Jedox, alteryx

Talend, Pentaho, CloverETL, Jaspersoft, Jedox

Talend, Pentaho

Pentaho (PDI)

Anforderungen an:

- Funktionsumfang (ETL-Prozess)
- Schnittstellen
- Mengengerüst

- Konditionen (Open Source)

- Support (Online-Community)

- Benutzerfreundlichkeit
- Geschwindigkeit

Abbildung 23: ETL Software-Auswahl

6.2.3 Einführung in Pentaho Data Integration

Für ein besseres Verständnis der folgenden Abschnitte wird Kettle nachfolgend näher erläutert.

Unterschied zwischen Job und Transformation:

Der erste Schritt beinhaltet das Anlegen einer Transformation (Dateiendung: .ktr) oder eines Jobs (Dateiendung: .kjb). Grundlegend muss zwischen den beiden Typen unterschieden werden.

Bei Transformationen handelt es sich um das Verschieben, Prüfen, Ändern, Anreichern und Reduzieren von Zeilen, beginnend mit der Datenquelle bis zum Datenoutput (der eigentliche ETL-Prozess).

Ein Job ist hingegen eine übergeordnete Steuerung. Er kann mehrere Transformationen starten oder beispielsweise auch E-Mails verschicken, falls unerwartete Fehler auftauchen.

Es ist wichtig zu verstehen, dass in einer Transformation alle Schritte parallel durchlaufen werden und im Unterschied dazu in einem Job nacheinander ablaufen.

Benutzeroberfläche:

Abbildung 24 zeigt den Aufbau der Benutzeroberfläche von Kettle inklusive sechs Anmerkungen zu wichtigen Funktionen.

1. Umschalten zwischen den geladenen oder erstellten Transformationen (grün) bzw. Jobs (gelb).

2. Der Design-Reiter listet alle Bausteine (Steps), die in Kettle zu Verfügung stehen auf und die View-Registrierkarte zeigt die bereits eingesetzten Schritte an.
3. Ein Step-Element ist ein Kernbaustein jeder Transformation und ist grafisch in der Form eines Icons dargestellt (hier Microsoft Excel Input). Jeder Schritttyp hat verschiedene Eigenschaften und ist über einen Hop (Weg zwischen zwei Knoten) mit einem weiteren Baustein verbunden. Meistens kann er die verarbeiteten Zeilen anschließend über mehrere Ausgangs-Hops senden. Dabei hat der Benutzer die Wahl, ob die Information kopiert oder aufgeteilt werden sollen.¹³⁷
4. Hier sind die Steps (z.B. Join Rows, Merge Join, Merge Rows) in Untergruppen (z.B. Input, Output, Joins) hinterlegt.
5. Hierbei handelt es sich um den eigentlichen Arbeitsbereich. Mittels Auswahl, Ziehen, Ablegen und Verbinden der Elemente wird die Transformation bzw. der Job gestaltet.
6. Sobald ein Prozess gestartet ist, öffnet sich das Execution Results Fenster mit diversen Tabs. Der Reiter Logging speichert die ausgeführten Prozessschritte ab und ist somit bei der Fehlersuche von großem Nutzen. Die Registrierkarte Preview data erlaubt eine Vorschau der geänderten Zeilen. Dazu ist der gewünschte Baustein im Arbeitsbereich zu markieren.

¹³⁷ Casters; u.a., 2010, S.26

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
<http://www.ub.tuwien.ac.at>

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

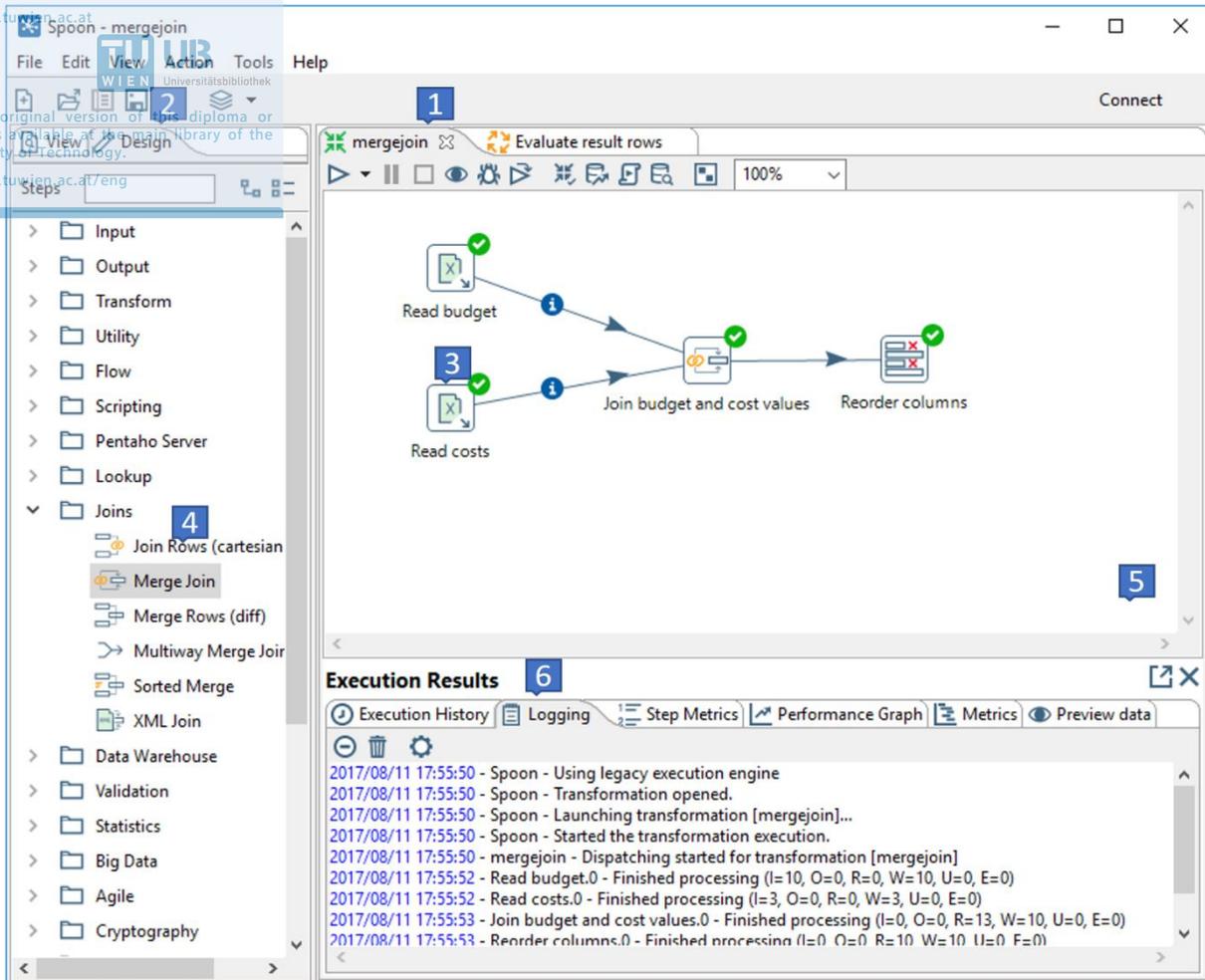


Abbildung 24: Grafische Benutzeroberfläche – Pentaho Data Integration

Verwendete Standard Steps im Lagerplanungswerkzeug:

Auf eine Beschreibung der verwendeten Standard Steps, wird in diesem Teil der Arbeit verzichtet. In den folgenden Kapiteln werden verschiedene Transformationen genauer dargestellt, dieses schließt auch die Erläuterung der Bausteine mit ein.

6.3 2. Phase: Übersetzer

Nach der Softwareauswahl konnte mit der eigentlichen Entwicklung des Lagerplanungshilfsmittels begonnen werden. Dazu wird wieder ein kompletter Zyklus im Spiralmodell durchlaufen, siehe Abbildung 25. Ziel dieser Phase ist die Bereitstellung einer Funktion zur standardisierten Verarbeitung von Feldnamen.

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

Schritt 1: Analyse

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

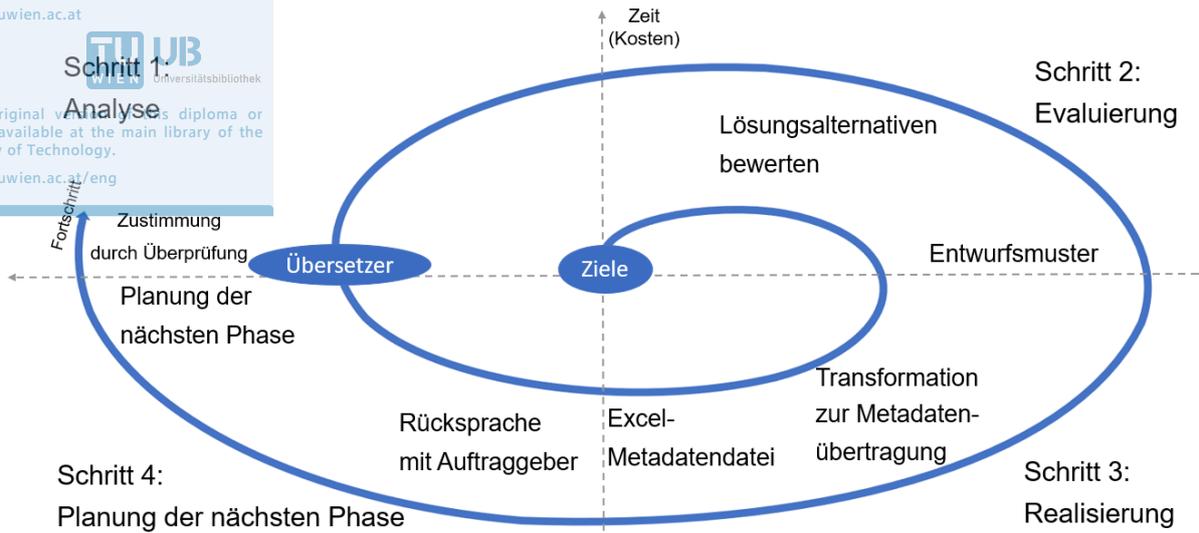


Abbildung 25: Spiralmodell: 2. Phase

Die erste große Herausforderung bestand darin, einen Ansatz zur standardisierten Verarbeitung von Feldnamen zu finden. In der Praxis erhält ein Lagerplaner die Rohdaten vom Kunden oder aus unternehmensinternen Quellen. Das Format (z.B. Versanddatum: 5/10/16 bzw. 05.10.16) der Datenfelder und die Benennung der Feldbeschreibungen (z.B. Artikelnr. bzw. Artikelnummer) stimmen aber meistens nicht mit jenen der standardisierten Form im Lagerplanungsunternehmen bzw. der -abteilung überein. Aus diesem Grund bietet sich ein automatischer, standardisierter Übersetzungsprozess an, siehe Abbildung 26.

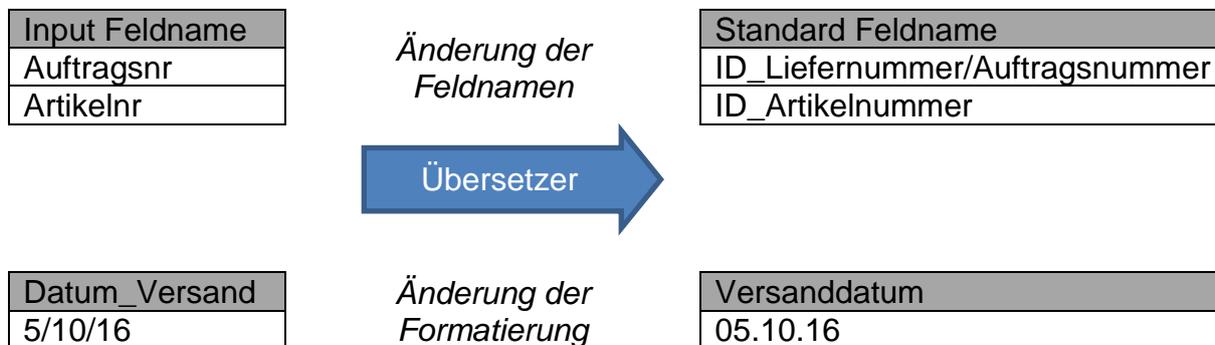


Abbildung 26: Übersetzer für Feldnamen und Formatierung

Damit dieser Prozess realisierbar ist, muss Kettle die nötigen Informationen für die Umwandlung automatisiert aus einer externen Quelle einlesen. Dazu ist es nötig, Attribute (beschreibende Merkmale) anzulegen, die den Inhalt der Unternehmensdaten charakterisieren. Diese identifizierenden Merkmale heißen Metadaten. Essentiell ist, dass sie nicht die eigentlichen Datensätze enthalten (vergleichbar mit dem Adressschild eines Pakets).¹³⁸

Der Prozess, der die externe Eingabe der Metadaten mit dem PDI Programm ermöglicht, nennt sich *ETL Metadata Injection* und ist vereinfacht in Abbildung 27

¹³⁸ Linden, 2016, S.162

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

The approved original version of this diploma/master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

zugeordnet werden können, gibt es die Möglichkeit, diese über ein Dummy-Tabellenblatt einzuspeisen.

Das Bild zeigt einen Ausschnitt mit bereits befüllten und definierten Abgangs-Metadaten. Wird ein neues Projekt gestartet, ist dieser mit Ausnahme der ersten Zeile leer.

- Gestartet wird mit dem Befüllen der Spalte Name. Hier finden die Feldnamen der Rohdaten einen Platz. Dabei ist auf die korrekte Reihenfolge und Schreibweise zu achten.
- Nun folgt die Koppelung der Input-Feldbezeichnung mit der analogen Kennzeichnung eines zuvor hinterlegten Standardschemas. In diesem Beispiel ist die Auftragsnr. (Bezeichnung vom Kunden) der ID-Liefernummer/Auftragsnummer (Benennung für die weitere Planung) zugeordnet. In der Spalte Target field können die möglichen Feldnamen aus einer Aufklapp-Liste (Dropdown-Menü) ausgewählt werden. Das Dropdown-Menü erhält seine Informationen aus der Tabelle all, siehe Abbildung 29. Hier sind fast alle Feldnamen für die Lagerplanung definiert. Ist eine projektspezifische Betitelung nicht zu finden, kann diese hier hinzugefügt werden oder es wird eine Dummy-Beschriftung gewählt. Die Dropdown-Liste erleichtert also die Eingabe und vermeidet Fehler aufgrund einer inkorrekten Schreibweise oder einer falsch gesetzten Verbindung.
- Zudem ist es empfehlenswert weitere Metadaten in die Spalten Type, Length, Precision, Trim type, Repeat, Format, Currency, Decimal und Grouping einzugeben. Tabelle 14 verschafft einen Überblick zu den einzelnen Optionen der Metadatendefinition. Damit die Zeilen angemessen verarbeitet werden, ist der richtige Datentyp (Type) essentiell. In Abbildung 28 ist erkenntlich, dass viele Felder unbesetzt sind. Deren Besetzung ist auch nicht notwendig und hängt unter anderem mit dem definierten Datentyp zusammen (z.B. muss für eine Zeichenkette keine Nachkommastelle editiert werden).

Type	<p><i>String</i>: Jede Art von Zeichen ohne besondere Begrenzung. <i>Number</i>: Gleitkommazahl mit doppelter Genauigkeit (64 Bit) <i>Integer</i>: Ganzzahlige Werte aus dem Bereich - 9.223.372.036.854.775.808 bis 9.223.372.036.854.775.807 (64-bit) <i>Date</i>: Ein Datum-Zeit-Wert mit Millisekunden-Präzision. Weitere Datentypen: <i>Boolean</i>, <i>BigNumber</i>, <i>Binary</i>, <i>Timestamp</i>, <i>Internet Address</i></p>
Length	Bei einer <i>Number</i> wird hiermit die Anzahl der signifikanten Stellen definiert, für einen <i>String</i> die Länge der Zeichenkette und für den Datentyp <i>Date</i> die anzuzeigenden Zeichen.
Precision	Für den Typ <i>Number</i> wird mit der Precision die Anzahl der Gleitkomma-Ziffern bestimmt. Für <i>String</i> , <i>Date</i> und <i>Boolean</i> sind keine Eingaben nötig.
Trim type	Spezifizierung der Ausrichtung (links, rechts, zentriert). Standardmäßig: none (keine)

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at



The approved original version of this diploma or master thesis is available at the library of the Vienna University of Technology.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

Repeat	Falls der entsprechende Wert in der Zeile leer ist, kann mit dieser Funktion der Wert aus der vorherigen Zeile kopiert werden.																					
Format	<p>Konkretisierung des Darstellungsformats für den Datentyp <i>Number</i> und <i>Date</i> mit der Hilfe von vordefinierten Symbolen. Beispielsweise steht die Null (0) für eine Ziffer, welche immer angezeigt wird. Das Doppelkreuz (#) für eine Ziffer, bei der die führende Null nicht dargestellt wird. Das Dezimaltrennzeichen muss immer ein Punkt (.) sein, kann aber über die Metadatenkategorie <i>Decimal</i> für Ausgabe angepasst werden.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Wert</th> <th>Format</th> <th>Decimal</th> <th>Grouping</th> <th>Ergebnis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1234.5678</td> <td>#,###.##</td> <td>.</td> <td>,</td> <td>1,234.57</td> </tr> <tr> <td>1234.5678</td> <td>000,000.00000</td> <td>,</td> <td>.</td> <td>001.234,56780</td> </tr> </tbody> </table> <p>Für die Metadatenart <i>Date</i> sind andere Symbole verfügbar (y=Jahr, H=Stunde, m=Minute, s=Sekunde, und vieles andere)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Format</th> <th>Ergebnis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HH:mm:ss</td> <td>21:06:54</td> </tr> <tr> <td>dd.MM.yyyy</td> <td>16.08.2016</td> </tr> </tbody> </table>	Wert	Format	Decimal	Grouping	Ergebnis	1234.5678	#,###.##	.	,	1,234.57	1234.5678	000,000.00000	,	.	001.234,56780	Format	Ergebnis	HH:mm:ss	21:06:54	dd.MM.yyyy	16.08.2016
Wert	Format	Decimal	Grouping	Ergebnis																		
1234.5678	#,###.##	.	,	1,234.57																		
1234.5678	000,000.00000	,	.	001.234,56780																		
Format	Ergebnis																					
HH:mm:ss	21:06:54																					
dd.MM.yyyy	16.08.2016																					
Currency	Wird verwendet, um Zahlen wie \$ 10.000,00 oder 5.000,00 € zu interpretieren																					
Decimal	Ein Dezimaltrennzeichen kann aus einem Punkt (.) (5,000.00) oder einem Komma (,) bestehen (5.000,00).																					
Grouping	Ebenso kann das Tausendertrennzeichen einen Punkt (.) (5.000,00) oder ein Komma (,) enthalten (5,000.00).																					

Tabelle 14: Metadatendefinition¹⁴¹

Name	Type	Length	Precision	Trim type	Repeat	Format	Currency	Decimal	Grouping	Target field
Auftragsnr	Integer	15				#			.	ID_Liefernummer/Auftragsnummer
Transport	Integer	13				#			.	ID_Shipmentnummer/Transportauftrag
Artikelnr	String	20				#				ID_Artikelnummer
Artikelbez	String	70								Artikelbezeichnung
LBR	String	8								Lager_ID Lager/Bezeichnung
LP	String	15								Lagerplatz_Lagerplatznummer
Kundennr	Integer	15				#			.	ID Kunde
Kundenbez	String	40								Kundenbezeichnung
Versandort	String	3								Versandort/Abgangsort_StadtPLZLand
Versanddatum	Date	10				dd.MM.yyyy				Versanddatum TTMMJJJJ
Versandzeit	Date	5				HH:mm				Versanduhrzeit hhmm
Versandart	Integer	15				#			.	Ab_Dummy1
Gebinde	String	3								Transportgebinde
Ausbuchdatum	String	15								Ausbuchungsdatum TTMMJJJJ
Ausbuchzeit	String	5								Ab_Dummy2
Planlieferdatum	String	15								Planlieferdatum TTMMJJJJ
Zielort	String	40								Zielort_StadtPLZLand
Menge	Integer	15				#			.	Versandmenge_Stk/Verpack/Pal/Ship
Wert	String	3					€			Versandwert_Euro
Incoterms	String	3								Incoterms

Abbildung 28: metadata.xlsx Tabellenblatt: Abgangsdaten

¹⁴¹ Casters; u.a., 2010, S.27f

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

The approved original version of this diploma/master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

	A	B	C	D	E	F
1	Zugangsdaten	Abgangsdaten	Artikelstamm	Verpackungsstufen	Verpackungsstammdaten	Inventur
2	ID_Zugangswienn	ID_Abgang	Artikelnummer	Artikelnummer_ausVerpackungs	Verpackungsnummer_ID	Artikelnummer
3	BestellnummerID	ID_Liefernummer/Auftragsnummer	Artikelbezeichnung	VPE_KurzBez	Verpackungslosgröße_Stk	Artikelnummer
4	TransportauftragID	ID_Shipmentnummer/TransportauftragID	ProduktgruppeWarengruppe1	VPE_LangBez	ArtVerpackungTyp	Bestand
5	ReferenzKundenauftragID	ID_Artikelnummer	ProduktgruppeWarengruppe2	OrderNumberVerpackungsstufe	AbmessungVerpackung_lxbxh_mm	Bestand
6	ArtikelnummerID	Artikelbezeichnung	RelevantePlanungskaskade_Ar	Packagenummer	GewichtVerpackungNetto_kg	Lager
7	ArtikelbezeichnungAusZugangs	Lager_ID Lager/Bezeichnung	EinkaufspreisInEuro	AnzahlVerpackungenAufLadehilf	MaxGewicht_ZuladungInklVerpackung	Lager
8	LieferantennummerID	Lagerplatz_Lagerplatznummer	EinstandspreisInEuro	Height	BeschreibungVerwendung_Seefest	Lager
9	VersandortAbgangsortLadestell	ID_Kunde	GleitenderDurchschnittspreisInEuro	Volume	Stapelbarkeit_YN	Lager
10	WunschlieferdatumTTMMJJJJ	DUNS_Nr	MaterialkostenInEuro	Diameter	Stapelfaktor_zBGitterboxen	Lager
11	VersanddatumTTMMJJJJ	Kundenbezeichnung	HerstellkostenInEuro	Weight	VerpSt_Dummy 1	Inv_D
12	PlanlieferdatumTTMMJJJJ	Versandort/Abgangsort_StadtPLZ	VerkaufspreisInEuro	Width	VerpSt_Dummy 2	Inv_D
13	Zielort_StadtPLZLand	ID/Nr_Kommissionierauftrag	MinVerkaufslosgröße_StkProV	Length	VerpSt_Dummy 3	Inv_D
14	Empfänger_Firmenname_ID	DatumSystemfreigabeKommissionier	Verpackungsgröße_LxBxH_cm	Saleable	VerpSt_Dummy 4	Inv_D
15	IstAnlieferdatumTTMMJJJJ	UhrzeitSystemfreigabeKommissionier	ID_MakeBuyKombination	Conveyable	VerpSt_Dummy 5	Inv_D
16	Ist-Anlieferzeit_hhmm	Startdatum Kommissionierauftrag	ID_Normteilzeichnungsteil	VP_Stufen_Dummy 1	VerpSt_Dummy 6	Inv_D
17	Transportmittel	Startuhrzeit Kommissionierauftrag	VerpackungslosgrößeInStk_Verpackungsstufe1	VerpSt_Dummy 7	VerpSt_Dummy 7	Inv_D
18	Transporteinde_KlasseKategorie	Pick-Datum	VerpackungslosgrößeInStk_Verpackungsstufe1	VerpSt_Dummy 8	VerpSt_Dummy 8	Inv_D

Abbildung 29: metadata.xlsx Tabellenblatt: all (Standardschema)

6.3.2 Metadatenübertragung

Das Lagerplanungswerkzeug bezieht seine Metadatenwerte aus einer Excel-Datei (metadata.xlsx). Nachdem diese editiert sind, muss Kettle sie einlesen. Dazu dient die Metadaten-Injektionstransformation (Abbildung 30). Dreizehn *Microsoft Excel Input*-Bausteine (z.B. MetadataAb_SheetAbgangsdaten) laden die Metadaten aus den entsprechenden Arbeitsblättern der Excel-Datei (z.B. Abgangsdaten, siehe Abbildung 28) in die Injektions-Transformation. Im Anschluss leiten sie die Informationen an den *ETL Metadata Injection* step weiter.

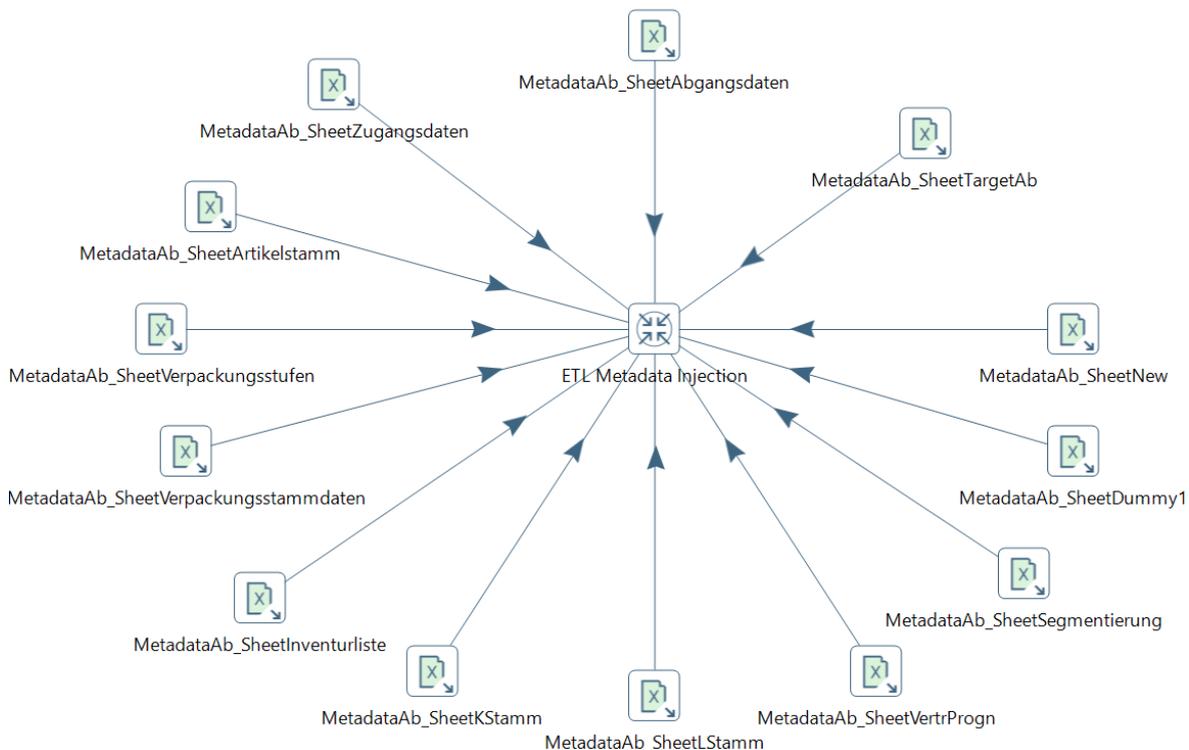


Abbildung 30: Metadata Injection Transformation

Der Schritt *ETL Metadata Injection* ist mit der *Muster(Template)-Transformation* verknüpft, indem gezielt einzelne Schritte der *Template-Transformation* mit Metadaten

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

The approved original version of this diploma/master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

aus der Injektionstransformation befüllt werden. Abbildung 31 zeigt eine solche Verflechtung am Beispiel des *Select values*-Verarbeitungsschritts. In dem dargestellten Fenster ist zu erkennen, dass das extrahierte Tabellenblatt *MetadataAb_SheetAbgangsdaten* als Metadatenquelle (Source step/field) für diesen Baustein dient. Die Spalte *Name* aus der Excel-Tabelle steht in einer Beziehung mit der *Fieldname*-Spalte. Genauso wird die Spalte *Target field* an die Template-Transformation und dort an den *Select values_Abgangsdaten*-Baustein weitergeleitet. Aufgrund der Verknüpfung mit dem Feld *Rename to ist* dafür gesorgt, dass die Felder am Ende die Standardbezeichnung aufweisen. Auf diese Weise beziehen auch andere Steps ihre Informationen im Lagerplanungshilfsmittel.

The screenshot shows the 'ETL Metadata Injection (execute transformation)' window. The 'Inject Metadata' tab is active, displaying a tree view of injection steps and a list of source fields. A blue callout box titled 'Steps in der Template-Transformation' highlights the 'Select values_Abgangsdaten' step in the tree and the 'Name' and 'Target field' fields in the list. An inset window shows an Excel spreadsheet with columns for Name, Type, Length, Precision, etc., and a 'Target field' column.

Target injection step, key	Target description	Source step	Source field
▼ Select values_Abgangsdaten	Include unspecified fields, ordered by name		
SELECT_UNSPECIFIED	Include unspecified fields, ordered by name		
▼ FIELDS	Selected fields		
FIELD_NAME	Fieldname	MetadataAb_SheetAbgangsdaten	Name
FIELD_RENAME	Rename to	MetadataAb_SheetAbgangsdaten	Target field
FIELD_LENGTH	Length	MetadataAb_SheetAbgangsdaten	Length
FIELD_PRECISION	Precision	MetadataAb_SheetAbgangsdaten	Precision
▼ REMOVES	Removed fields		
REMOVE_NAME	Fieldname		
▼ METAS	List of fields to change metadata for		
META_NAME	Fieldname	MetadataAb_SheetAbgangsdaten	Name
META_RENAME	Rename to	MetadataAb_SheetAbgangsdaten	Target field
META_LENGTH	Length	MetadataAb_SheetAbgangsdaten	Length
META_PRECISION	Precision	MetadataAb_SheetAbgangsdaten	Precision
META_CONVERSION_MASK	Format	MetadataAb_SheetAbgangsdaten	Format
META_DATE_FORMAT_LENIENT	Date Format Lenient?		
META_DATE_FORMAT_LOCALE	Date Locale		
META_DATE_FORMAT_TIMEZONE	Date Time Zone		
META_LENIENT_STRING_TO_NUMBER	Lenient number conversion?		
META_DECIMAL	Decimal	MetadataAb_SheetAbgangsdaten	Decimal
META_GROUPING	Grouping	MetadataAb_SheetAbgangsdaten	Grouping
META_CURRENCY	Currency	MetadataAb_SheetAbgangsdaten	Currency
META_ENCODING	Encoding		
META_TYPE	Type	MetadataAb_SheetAbgangsdaten	Type
META_STORAGE_TYPE	Binary to Normal?		
▼ Select values_Artikelstammdaten	Include unspecified fields, ordered by name		
SELECT_UNSPECIFIED	Include unspecified fields, ordered by name		
▼ FIELDS	Selected fields		
FIELD_NAME	Fieldname		
FIELD_RENAME	Rename to		
FIELD_LENGTH	Length		

Abbildung 31: Metadata Injection Einstellungen

Das Kapitel hat gezeigt, dass es mit dem Konzept der Metadaten-Injektion möglich ist, den automatisierten Übersetzungs-Prozess in das Lagerplanungshilfsmittel zu implementieren. Zusätzlich bieten sich noch zahlreiche Funktionen an, die übersichtlich über die Excel-Schnittstelle definiert und gesteuert werden, wie beispielsweise die Formatierung oder das Entfernen von Zeichenketten in den Datenfeldern.

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at

6.4 3. Phase: Aufbereitung und Verknüpfung

In der dritten Phase werden die Funktionen der Datenverknüpfung und -bereinigung implementiert. Eine Aufgabe des Analyse-Schritts ist es, ein Datenflussdiagramm zu erstellen. Damit sollen die Verknüpfungen der einzelnen Tabellen grafisch dargestellt werden und dienen damit in der späteren Entwicklung als Hilfestellung. Im Realisierungsschritt werden Dateninput- und -output-Funktionen, Datenbereinigungsverfahren und Datenverknüpfungs-Lösung implementiert, siehe Abbildung 32. Anschließen erfolgt wieder ein Dialog mit dem Auftraggeber.

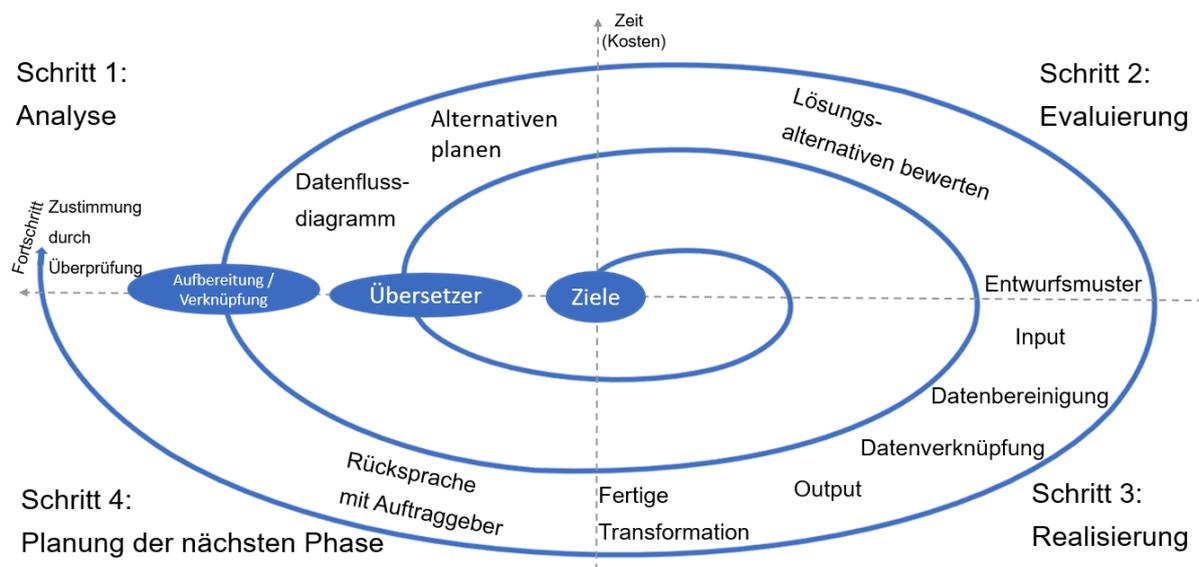


Abbildung 32 Spiralmodell: 3. Phase

Jedes Warehouse Managementsystem (WMS) basiert auf einem Datenmodell (Abbildung der Datenstrukturen in der Realität), welches die Verwaltung des bestehenden Datenbestands und der Datenbewegung unterstützt. Zuerst erfolgt eine Auswertung der relevanten Daten und anschließend die Untersuchung und Definition der Verknüpfungen.¹⁴² Da auch die Lagerplanung auf Stammdaten, wie etwa Artikelstamm oder Lieferantenstamm zurückgreift, sollen Beziehungen untereinander am Beispiel des Datenmodelles des WMS erläutert werden (siehe Abbildung 33).

¹⁴² ten Hompel; Schmidt, 2010, S.256

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>



The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

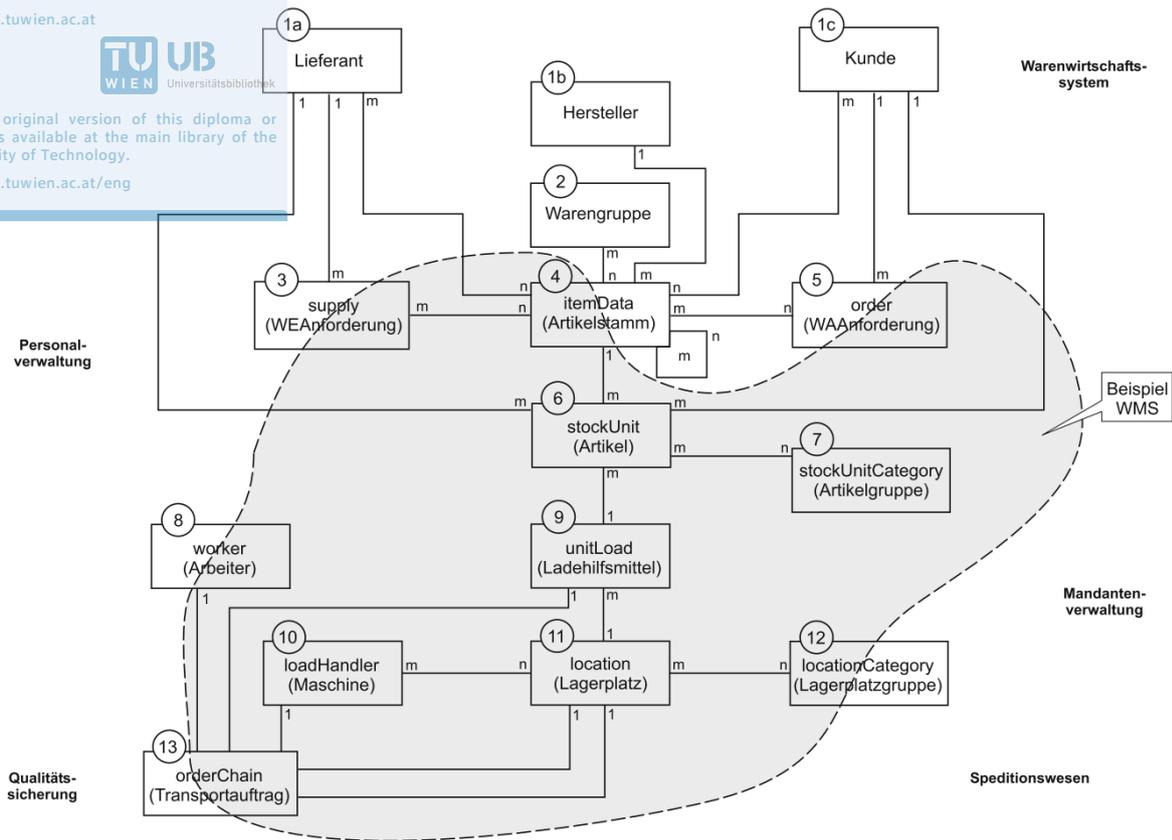


Abbildung 33: Datenmodell eines Warehouse Managementsystems¹⁴³

Die durchnummerierten Elemente stehen für *Datencontainer* (Sammlung von gleich aufgebauten und inhaltlich zusammenhängenden Informationen). Die Verbindungen zwischen diesen Containern bilden die Beziehungen unter den Daten ab und die Angaben der Beziehungstypen (1, n, m) spezifizieren diese zusätzlich. Über eine 1:n Beziehung ist zum Beispiel der Artikelstamm mit der stockUnit verbunden. Besteht also eine Relation zwischen der Artikelnummer (eindeutige ID des Artikelstamms), dann kann die Nummer im Artikelstamm nur einmalig, in der stockUnit aber auch mehrmals auftauchen.¹⁴⁴

6.4.1 Standardbezeichnungen

In Tabelle 15 bis Tabelle 17 sind typische Stamm- und Bewegungsdaten aufgeführt, die vollständigen Tabellen befinden sich im Anhang 9.1. Sie entsprechen auch den implementierten Standardbezeichnungen des Lagerplanungswerkzeugs. Eine Anpassung an eine andere Vorlage ist problemlos möglich, somit kann jeder Planer seine eigenen Bezeichnungen benutzen.

¹⁴³ vgl. ebenda, S.257

¹⁴⁴ vgl. ebenda, S.267f

Zugangsdaten	Abgangsdaten	Inventurliste
ID_Zugang	ID_Abgang	Artikelnummer
BestellnummerID	ID_Liefernummer/Auftragsnummer	Artikelbezeichnung _ausInventurliste
TransportauftragID	ID_Shipmentnummer/Transportauftrag	Bestandsmenge_StkVerpackungenPaletten
ReferenzZuKundenauftragID	Artikelnummer	Bestandswert_Euro
Artikelnummer	Artikelbezeichnung	LagerumschlagshäufigkeitProJahr_Zahl
ArtikelbezeichnungAusZugangsdaten	ID Lager	ID Lager
LieferantennummerID	Lagerplatz_Lagerplatznummer	Lagerort_Gangnummer
...

Tabelle 15: Bewegungsdaten (Auszug)

Artikelstamm	Verpackungsstufen	Verpackungsstammdaten	Lieferantenstamm
Artikelnummer	Artikelnummer	Verpackungsnummer_ID	Lieferant_ID
Artikelbezeichnung	VPE_KurzBez	Verpackungslosgröße_Stk	DUNS_LS_ID
ProduktgruppeWarengruppe1	VPE_LangBez	ArtVerpackungTyp	Adresse_LS
ProduktgruppeWarengruppe2	OrderNumberVerpackungsstufe_6Stufen	AbmessungVerpackung_Ixbxh_mm	Incoterm_LS
Planungskaskade	Packagenummer	GewichtVerpackungNetto_kg	Land_LS
EinkaufspreisInEuro	AnzahlVerpackungenAufLadehilfsmittleinheit_StkProLHM	MaxGewicht_ZuladungInkVerpackung_kg	IDaktiverLieferant_YN
Einstandspreis	Height	Beschreibung-Verwendung	LS_Dummy1
...

Tabelle 16: Stammdaten (Auszug) Teil 1

Kundenstamm	Vertriebsprognosen	Segmentierung	Dummy1
ID Kunde	Planungskaskade	Artikelnummer	NummerLagerbereich
DUNS_KS_ID	AbsEntwPlanungshorizont_inProz	ProduktfamilienProduktarchie	NameLagerbereich
Adresse_KS	AbsEntwZwischenstufe1_inProz	AbteilungenWerke	VerwendungLagerbereich
...

Tabelle 17: Stammdaten (Auszug) Teil 2

Zur vereinfachten Beziehungs-Abbildung zwischen den einzelnen Tabellen wird ein leicht verständliches Datenflussdiagramm eingesetzt, siehe Abbildung 34. Dies erleichtert die Entwicklung des Werkzeugs. In dem abgebildeten Beispiel werden die Abgangsdaten stückweise mit Stammdaten erweitert.

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>



The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

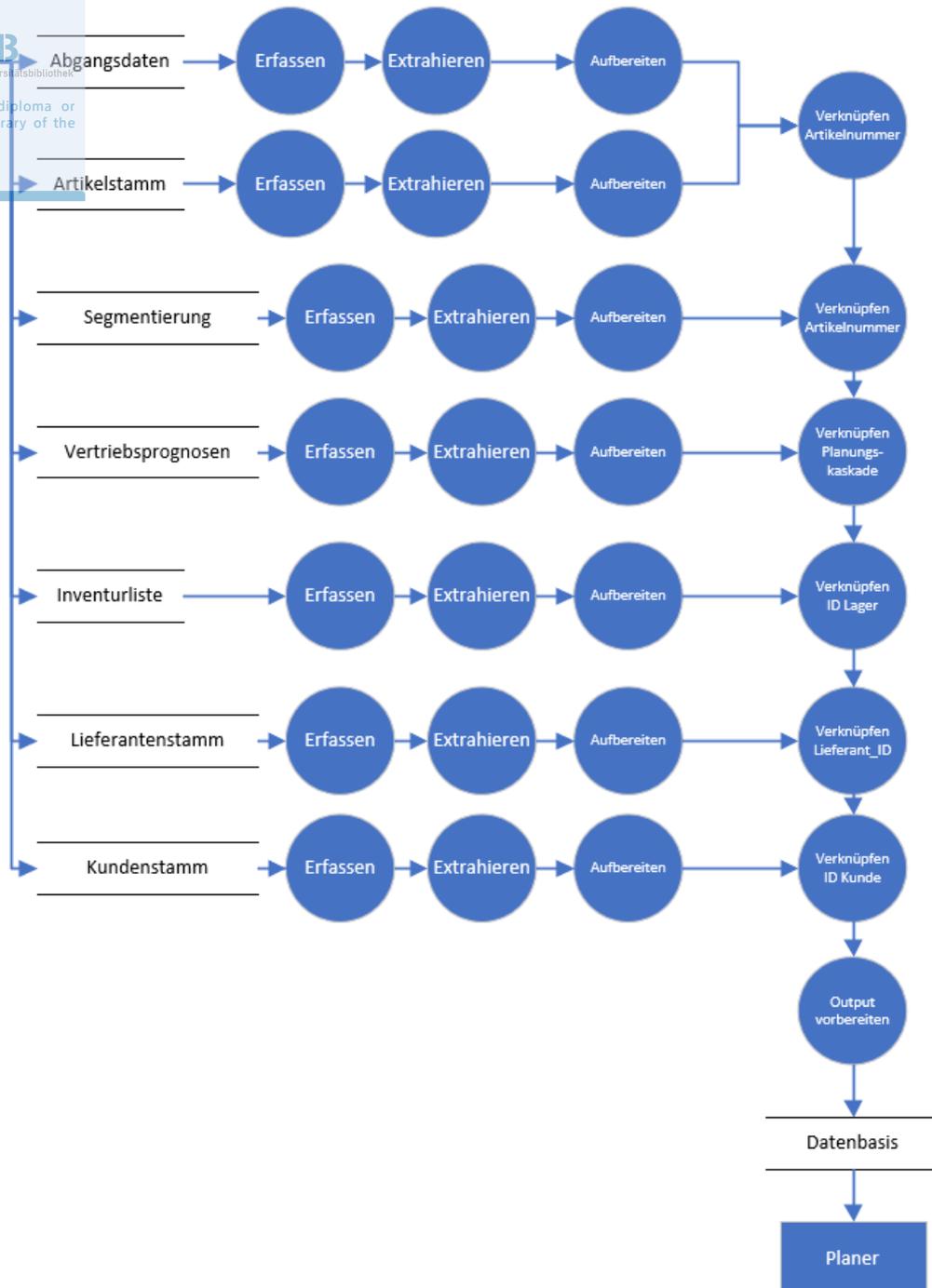


Abbildung 34: Datenflussdiagramm der Testdaten

6.4.2 Ordnerstruktur des Lagerplanungswerkzeugs

Das Lagerplanungshilfsmittel besitzt eine festgelegte Ordnerstruktur, mit den Ordnern *data*, *logging*, *metadata* und *transformations* (siehe Abbildung 35). Innerhalb des *data* Verzeichnisses muss der *in*- Ordner vor dem Start mit allen Input-Dateien befüllt werden. Nach der erfolgreichen Umwandlung befinden sich die neu generierten Daten in der Unterebene *out*. Im Register *logging* sind etwaige fehlerhafte Zeilen aufgeführt. Die in Kapitel 6.3.1 beschriebene Metadaten-Datei liegt im *metadata*-Ordner und die Kettle-Transformationen lassen sich aus dem *transformations*-Verzeichnis abrufen.

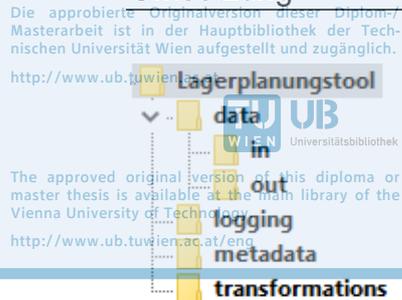


Abbildung 35: Ordnerstruktur des Lagerplanungswerkzeugs

Pentaho Data Integration erlaubt den Einsatz von Variablen. Eine für das Werkzeug wichtige Variante ist die Variable *Internal.Transformation.Directory*. Sie gibt den Ordner der geöffneten Transformation an.¹⁴⁵ Der Wechsel in das übergeordnete Verzeichnis gelingt mit der Zugabe der Zeichenfolge „..“. Beim Start der Transformation wird der relative Pfad (z.B. `$Internal.Entry.Current.Directory/./data/in/abgangsdaten_2014.csv`) durch den vollständigen Dateipfad (z.B. `c:/Lagerplanungstool/data/in/abgangsdaten_2014.csv`) ersetzt.

Aufgrund von der durchgängigen Verwendung von relativen Pfadnamen und dem Einsatz von Variablen in Kettle ist diese Verzeichnisstruktur universell für jedes Lagerplanungs-Projekt einsetzbar. Somit ist gewährleistet, dass das Lagerplanungswerkzeug auf verschiedenen Computern und Verzeichnissen eingesetzt werden kann.

6.4.3 Input (inkl. Datenbereinigung und Fehlerreport)

Nachdem die Ordnerstruktur geklärt ist, folgt nun das Einlesen der Daten von Kettle. Abbildung 36 zeigt einen Ausschnitt aus der Mustertransformation für einen solchen Prozess am Beispiel der Abgangsdaten.

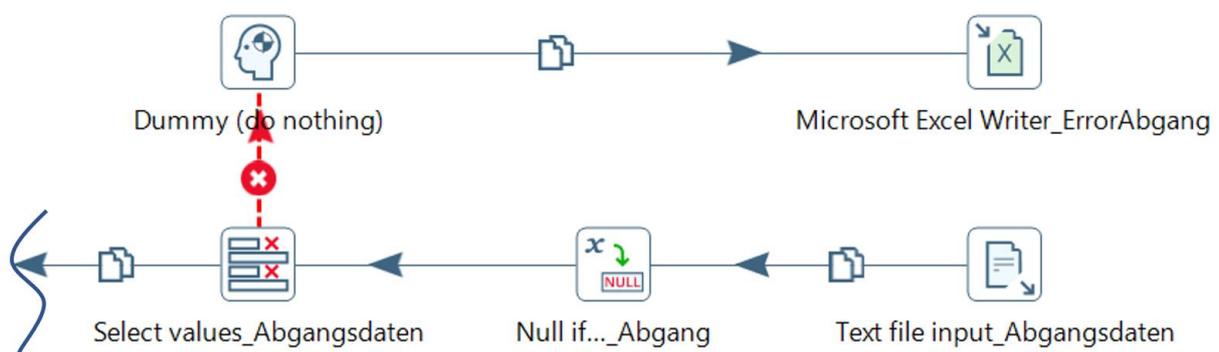


Abbildung 36: Dateninput-Platzhalter (inkl. Fehlerreport)

In der derzeitigen Version des Lagerplanungswerkzeugs ist der Input für die **Stammdaten** Artikelstamm, Verpackungsstufen, Verpackungsstammdaten, Lieferantenstamm, Kundenstamm, Vertriebsprognosen, Segmentierung, Dummy1 (für

¹⁴⁵ Casters; u.a., 2010, S.638

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.at/>

The approved original version of this diploma or master thesis is available in the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.at/>

unternehmensspezifische Datensätze) und für die **Bewegungsdaten** Zugangsdaten, Abgangsdaten und Inventurliste implementiert.

Es ist bewusst nur ein Input für eine Textdatei vorgesehen. Natürlich ist auch ein Excel-Input realisierbar, dieser kann aber zu zahlreichen Problemen führen, wenn auf verschiedenen Systemen mit unterschiedlichen internationalen Systemeinstellungen gearbeitet wird.¹⁴⁶ Aus diesem Grund wird empfohlen, eine Excel-Datei vorher in Excel zu öffnen und anschließend als CSV-Datei zu speichern (Dateityp: *CSV UTF-8 (durch Trennzeichen getrennt)*(*.csv)). So ist auch der Input von weiteren Datentypen und aus Datenbanken grundsätzlich möglich, hat sich bisher aber nicht als erforderlich erwiesen. Aufgrund der Übersichtlichkeit und der daraus resultierenden, vereinfachten Bedienung wurde darauf bisher verzichtet.

Ausgangspunkt für den Datenimport von Stamm- und Bewegungsdaten ist der Baustein *Text file input*. Dieser Schritt ist für das Lagerplanungswerkzeug speziell auf das Dateiformat CSV (engl. Comma-separated values) eingestellt. Die notwendige Steuerungsinformation (Name und Formatierung der Dateien) bezieht dieser Baustein aus den Metadaten, siehe Abbildung 37.

L	M	N	O	P	
1	Dateiname	Separator	Enclosure	File encoding	Value to turn to NULL
2	<i>\$(Internal.Entry.Current.Directory)/../data/in/abgangsdaten_2014.csv</i>	,	"	windows-1252	NULL
3	<i>\$(Internal.Entry.Current.Directory)/../data/in/abgangsdaten_2015.csv</i>				
4					
5					

Abbildung 37: Metadaten für Dateieninput

Der Name der Datei wird in der Spalte Dateiname eingetragen (schwarz). Sind mehrere Dateien vom gleichen Typ (hier: Abgangsdaten von 2014 und 2015) vorhanden, werden diese nacheinander verarbeitet. Der relative Dateipfad (rot) bleibt immer unverändert, muss aber angeführt werden. Auch das Zeichen zur Trennung von Datenfeldern (von der CSV-Datei abhängig) wird dem Programm über das Arbeitsblatt mitgeteilt. Dieses wird in der Spalte Seperator üblicherweise mit einem Komma oder Semikolon eingetragen. Für das Feldbegrenzerzeichen (Enclosure) wird meistens ein Anführungszeichen genutzt. Die Zeichenkodierung muss ebenfalls immer wieder an die vorhanden CSV-Datei angepasst werden und ist sehr wichtig für eine fehlerfreie Formatierung. Aus diesem Grund sollten sich der Datenersteller und -empfänger am besten schon im Vorhinein auf einen Standard einigen. Meistens wird für die

¹⁴⁶ vgl. ebenda, S.15

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.at/

eindeutige Zuordnung der Schriftzeichen UTF-8 eingesetzt, aber auch US-ASCII oder Windows-1252 kommen zum Einsatz.¹⁴⁷

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

http://www.ub.tuwien.at/

Dem *Text file input* Step folgt die erste Datenbereinigung mit dem *Null if* Baustein, siehe Abbildung 36. Die Bereinigung ist notwendig aufgrund von fehlerhaften Datensätzen. Abbildung 38 zeigt ein Beispiel, bei dem die Bewegungsdaten teilweise falsch aus dem ERP-System exportiert wurden.

```
enauftr.;Artikelnr;Artikelbezeichnung;Ist-Datum;Ist-Zeit;LHM;ID_LHM;Menge;Lagerbereich;Lagerplatz
2016;06:46;P01;P325235;1200;EP;11
2016;06:48;P02;P325236;3000;EP;11
2016;06:49;P03;P325237;221;EP;31
.2016;08:35;P04;P325238;6;EP;NULL
.2016;08:35;P01;P325239;NULL;EP;31
2016;08:41;P02;P325240;6;EP;31
2016;08:42;P03;P325241;6;EP;21
2016;08:42;P04;P325242;NULL;EP;NULL
2016;08:51;P05;P325243;18;EP;51
2016;08:51;P06;P325244;18;EP;21
```



Null if...

```
enauftr.;Artikelnr;Artikelbezeichnung;Ist-Datum;Ist-Zeit;LHM;ID_LHM;Menge;Lagerbereich;Lagerplatz
2016;06:46;P01;P325235;1200;EP;11
2016;06:48;P02;P325236;3000;EP;11
2016;06:49;P03;P325237;221;EP;31
..2016;08:35;P04;P325238;6;EP;
..2016;08:35;P01;P325239;;EP;31
2016;08:41;P02;P325240;6;EP;31
2016;08:42;P03;P325241;6;EP;21
2016;08:42;P04;P325242;;EP;
2016;08:51;P05;P325243;18;EP;51
2016;08:51;P06;P325244;18;EP;21
```

Abbildung 38: Ausschnitt aus einer CSV-Datei vor (oben) und nach (unten) der Datenbereinigung

Datenfelder, die leer sein sollen, enthalten die unzweckmäßige Zeichenkette NULL. Diese führt bei der späteren Verarbeitung beispielsweise dann zu Problemen, wenn das fehlerhafte Feld in eine Zahl konvertiert werden soll (die restlichen Datenfelder dieser Spalte enthalten nur Zahlen). Wird dieses Feld nicht korrigiert, kann der komplette Datensatz in der weiteren Transformation aus der Tabelle herausfallen und somit zu einem beträchtlichen Informationsverlust führen. Abhilfe schafft die *Null if* Funktion, indem sie die störenden Zeichenketten löscht.¹⁴⁸ Der konkret zu löschende Wert (z.B. leer, ???, X) lässt sich komfortabel und beliebig in den Metadaten eintragen, siehe Abbildung 37.

Diesem Schritt schließt sich der *Select values* Vorgang an. Dabei handelt es sich um den eigentlichen Übersetzungsprozess, siehe Kapitel 6.3. Die importierten Feldnamen erhalten die gewünschte Bezeichnung und die Datenfelder ihre definierte Formatierung aus der Metadaten-Datei. Bei dieser Umwandlung können aber auch Unstimmigkeiten auftreten. Damit diese nicht zu einem Abbruch der gesamten Transformation führen, verfügt das Lagerplanungshilfsmittel über eine integrierte

¹⁴⁷ vgl. ebenda, S.129

¹⁴⁸ Roldán, 2013, S.135f

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at/

The approved original version of this diploma/master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

Fehlerreportfunktion. Fehlerhafte Zeilen werden über einen separaten Datenstrom ausgesondert und anschließend in einer Excel-Tabelle abgespeichert. Zusätzlich enthalten die separierten Zeilen Fehlerbeschreibungen, woraus sich Ursache und Ort des Fehlers ableiten lassen.¹⁴⁹

Anhand von zwei Datensätzen dokumentiert Abbildung 39 exemplarische Fehlerquellen. Im oberen Teil sind die Rohdaten als Textdatei aufgeführt und darunter befindet sich der Fehlerreport.

Input:

```
1 "Artikelbez", "LBR", "LP", "Kundenbez", "Versandort", "Versanddatum", "Versandzeit", "Versandart"
2 "17" Monitor", "EP", "65412", "KundeSüd", "GUN", "02.01.2014", "09:18", "1107"
3 "Kabel 123", "EP", "5412344", "KundeNord", "GUN", "03.01.2014", "08:12", "1015+1012"
```

Fehler-Output:

	A	B	C	D	E	I	J	K	L	
1	Artikelbez	LBR	LP	Kundennr	Kundenbez	Versandart	errorCount	ErrorDescriptions	Fieldname	errorFieldsFieldname
2		17 Monitor"	EP	12-113	879042	08:18	1	Unexpected conversion error while converting value [Kundennr String] to an Integer Kundennr String : couldn't convert String to Integer Kundennr String : couldn't convert String to number : non-numeric character found at position 3 for value [12-113]	ID Kunde	
3	Kabel 123	EP	54-12344	125341	KundeNord	1015+1012	1	Unexpected conversion error while converting value [Versandart String] to an Integer Versandart String : couldn't convert String to Integer Versandart String : couldn't convert String to number : non-numeric character found at position 5 for value [1015+1012]	Ab_Dummy1	

Abbildung 39: Fehlerreportfunktion des Lagerplanungswerkzeugs (unten), Text-Input (oben)

Der erste Datensatz besitzt das Datenfeld 17“ Monitor. Aufgrund des Anführungszeichens, welches zuvor als Feldbegrenzerzeichen definiert wurde, interpretiert Kettle 17 und Monitor“ als separates Informationsdetail und verschiebt die weiteren Datenfelder in die falsche Spalte. Anstatt der eigentlichen Kundennummer 879042 steht in der Spalte der Zeichensatz 12-113 mit dem ungültigen Zeichen (-) für einen Integer-Wert. PDI ist jetzt nicht mehr in der Lage, die Kundennummer in einen Zahlenwert zu konvertieren und spaltet diesen Datensatz ab. Die zweite Zeile wird aufgrund der Spalte Versandart (1015+1012) aussortiert. In den Metadaten ist sie ebenfalls als Integer festgelegt und kann angesichts des Pluszeichens nicht überarbeitet werden. Der erste Fall lässt sich mit einer neu generierten CSV-Datei durch ein anderes Feldbegrenzerzeichen beheben. Im zweiten Musterfall sind die Metadaten anzupassen (Integer zu String) oder die Aufspaltung des Informationsdetails in Versandart1 und Versandart2 zu erwägen. Für jeden Stamm-Bewegungsdaten-Input wird eine separate Fehlerdatei erzeugt und im Ordner logging gespeichert, siehe Kapitel 6.4.2. Aufgrund der gesammelten Informationen kann mit dem Fehlerreport eine schnelle Aussage über Schwachstellen in der Datenstruktur oder über eine ungünstige Metadatendefinition getätigt werden.

¹⁴⁹ vgl. ebenda, S.64ff

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
 http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

The approved original version of this diploma/master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
 http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

Je nachdem mit welchen Spalten der Start-Datensatz (Abgangsdaten bzw. Zugangsdaten) erweitert wird, kann eine zusätzliche Datenfilterung notwendig sein. Am Beispiel einer Inventurliste zeigt Abbildung 40 ein mögliches Szenario mit mehrfach vorkommenden Werten in einer Spalte (hier: Lagerplatz).

Lagerplatz	Platztyp	Typ	Bereich	Platzhöhe	Typ	Status	Einheit	Artikel	Bez	Bestand	LE-Höhe	...
01-07-04-05	FB	DBB	EP	60 Ko		VERP	L61	ART43	Kabel50m	220	0	...
01-07-04-05	FB	DBB	EP	60 Ko		VERP	L91	ART22	Monitor60cm	22	0	...
01-07-04-05	FB	DBB	EP	60 Ko		VERP	L71	ART34	Stecker2354	110	0	...
...

Unique rows

Step name: Unique rows_Inventurliste

Settings

Add counter to Counter field: DoppLagerpl

Redirect duplicate row Error description

Fields to compare on (no entries means: compare complete row)

#	Fieldname	Ignore case
1	Lagerplatz	N

Buttons: Help, OK, Cancel, Get

Forderung: Einzigartigkeit der Datenwerte in der Spalte Lagerplatz

Abbildung 40: Einzigartigkeit von Datenwerten in einer Spalte

Das spätere Ziel ist die Verknüpfung der lagerplatzspezifischen Informationen mit dem Start-Datensatz über den Identifikationswert Lagerplatz. Da in diesem Fall ein Lagerplatz verschiedene Artikel enthalten kann, taucht auch die Lagerplatznummer mehrfach auf. Damit es bei der Verknüpfung der Datensätze über die ID Lagerplatz nicht zu einer unerwünschten Vermehrung der Abgangs- bzw Zugangsdatenzeilen kommt, muss die Eindeutigkeit dieser ID gewährleistet sein. Der Schritt, der eine solche Bereinigung zulässt, nennt sich *Unique rows*. In Abbildung 40 (unten) sind die Einstellungsmöglichkeiten abgebildet. So ist es möglich, Kettle diesen Feldnamen über die Metadaten mitzuteilen. Diese Bereinigung ist aber nicht immer erforderlich und im Lagerplanungswerkzeug standardmäßig deaktiviert. Erfordern die vorhandenen Unternehmensdaten jedoch eine solche Behandlung, wird der Schritt einfach über eine Art Bypass aktiviert und der andere Strang deaktiviert, siehe Abbildung 41.

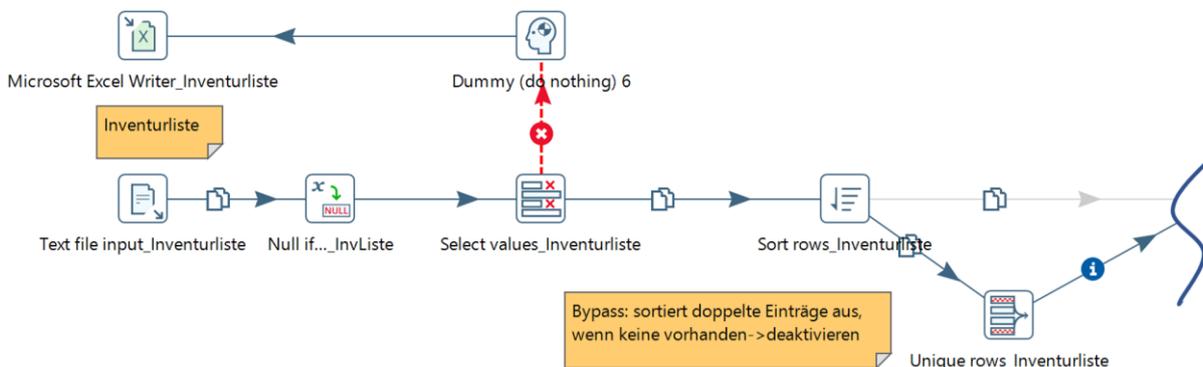


Abbildung 41: Entfernen mehrfach vorkommender Zeilen (Unique rows Baustein)

6.4.4 Datenverknüpfung (inkl. Joins)

Nachdem Kettel die Datensätze eingelesen hat, müssen sie anschließend verknüpft werden. Dazu kommen sogenannte Joins zum Einsatz. Zuerst erfolgt eine theoretische Beschreibung dieser Elemente und anschließend der Einsatz im Lagerplanungshilfsmittel.

Ein Join (Verbindung oder Verbund) ebnet den Weg für die Verknüpfung zweier Tabellen nach unterschiedlichen Gesichtspunkten. Eine gemeinsame Schnittmenge zwischen den beiden Tabellen wird anhand der Join Art festgelegt. Es existieren die vier Varianten: LEFT OUTER-, RIGHT OUTER-, FULL OUTER- und INNER-JOIN. LEFT OUTER-JOIN erlaubt das Anreichern einer Tabelle mit zusätzlichen Spalten. Falls die Verknüpfungsbedingungen nicht übereinstimmen, bleibt das entsprechende Datenfeld leer (NULL), die Zeile wird aber trotzdem angezeigt.¹⁵⁰ Abbildung 42 zeigt einen solchen Fall exemplarisch für die Erweiterung der Abgangsdaten um den Artikelstamm. Das Schlüsselwort (Verknüpfungsverbindung) ist die Artikelnummer. Für die zweite Zeile mit der Artikelnummer 4 besteht aber keine Relation zur Artikelstamm-Tabelle, die Felder bleiben leer.

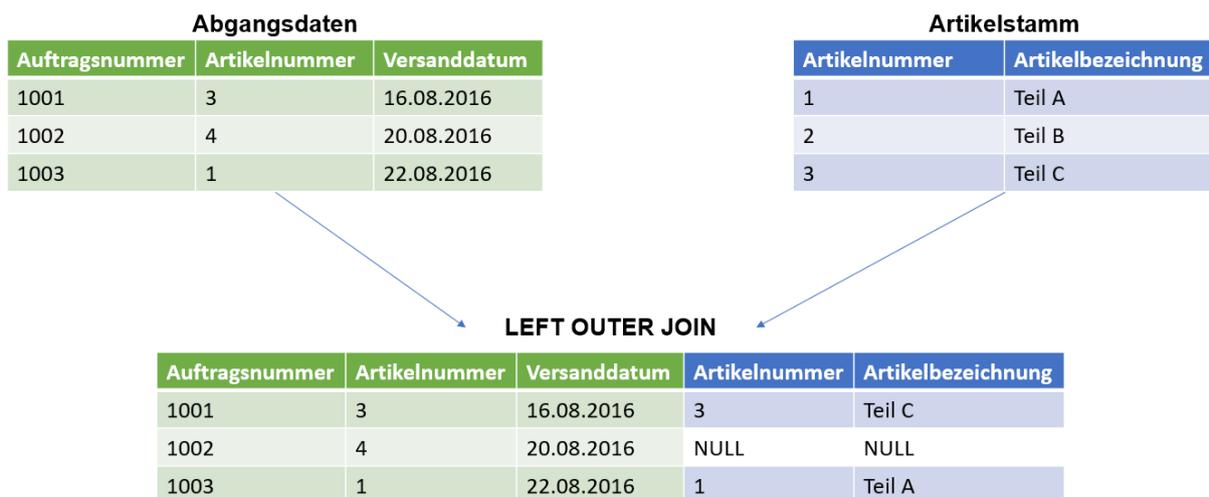


Abbildung 42: LEFT OUTER JOIN (Verknüpfungsbedingung: Artikelnummer)

Der RIGHT OUTER-JOIN ist die umgekehrte Variante, es bleiben alle Datensätze der rechten Tabelle bestehen. Mit dem INNER-JOIN würde in dem angeführten Beispiel nur die erste und dritte Zeile ausgegeben werden, weil beide Schlüssel vorhanden sein müssen. Wohingegen der FULL OUTER-JOIN alle Datensätze beider Tabellen auch bei fehlenden Verbindungen anzeigt. Im konkreten Fall wären es vier Zeilen mit den fehlenden Verbindungen für die Artikelnummern 2 und 4.

PDI hat die Join-Funktion über den Baustein *Merge Join* eingebaut. Daten aus zwei unterschiedlichen Eingangsströmen werden hier zu einem zusammengeführt, siehe

¹⁵⁰ Steiner, 2017, S.163f

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

Abbildung 43. Zuvor erfolgt eine notwendige Sortierung des entsprechenden Schlüsselwortes im Schritt *Sort rows*.¹⁵¹

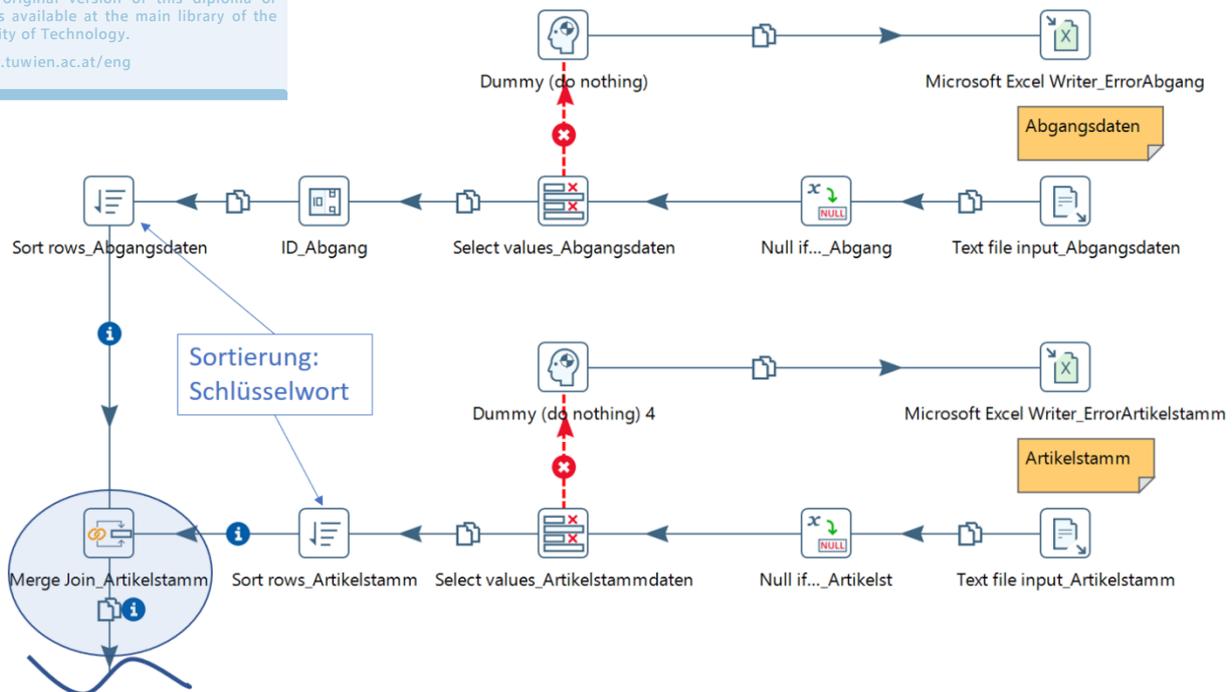
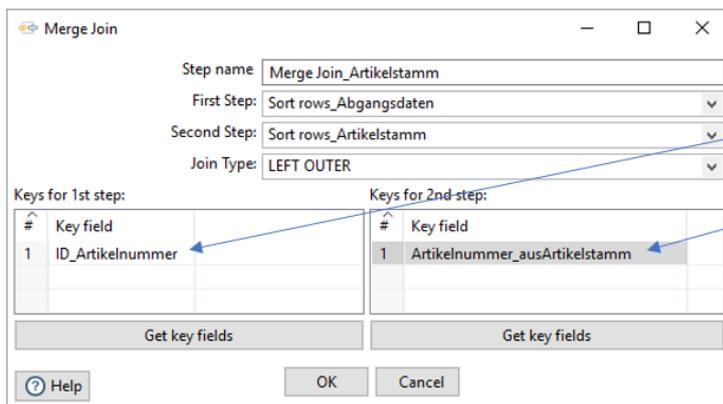


Abbildung 43: Erweiterung der Abgangsdaten mit dem Artikelstamm über den Merge Join Step

Es besteht die Option, zwischen einem INNER, LEFT OUTER, RIGHT OUTER, und FULL OUTER Join zu wählen. Für das Lagerplanungswerkzeug ist der LEFT OUTER Verbund schon vordefiniert, siehe Abbildung 44. Ohne dass sich die Zeilenanzahl erhöht, ist so die Erweiterung von Zu- und Abgangsdaten um zusätzliche Spalten ausführbar.



Feldname für Artikelnummer:

In Abgangsdaten

In Artikelstamm

Abbildung 44: Merge Join Baustein

Das Schlüsselfeld der beiden Datenströme muss nicht dasselbe sein (z.B. Artikelnummer), es ist aber nötig, die korrekten Feldnamen in die Listen einzutragen. Diese sind aber auch schon für die Standardbezeichnung bestimmt und müssen nur bei einer Änderung dieser angepasst werden.

¹⁵¹ Casters; u.a., 2010, S.485

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at/

The approved original version of this diploma/master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

Das Ziel bei der Erstellung des Lagerplanungshilfsmittels war es, ein universell einsetzbares Werkzeug zu schaffen. Aus diesem Grund sind nicht für jedes Lagerplanungsprojekt alle vorgesehenen Dateninput-Platzhalter erforderlich. Beispielsweise enthalten die Testdaten, mit deren Hilfe das Werkzeug entwickelt wurde, keinen Kunden- bzw. Lieferantenstamm. Diese Daten sind jedoch bereits in den Bewegungsdaten integriert. Im Lagerplanungshilfsmittel sind für sie Input-Platzhalter vorgesehen. Die nicht genutzten Platzhalter können in einem solchen Fall deaktiviert oder gelöscht werden. Abbildung 45 zeigt die Erweiterung der Ausgangsdaten um den Artikelstamm. Anschließend erfolgt die Verknüpfung mit den Segmentierungsstammdaten und den Daten für die Vertriebsprognosen. Zudem existiert eine Abzweigung vom Artikelstamm (*Merge Join_Artikelstamm*), der diese beiden Stammsätze überspringt. Der Pfad ist in diesem Fall deaktiviert, was durch die hellgraue Einfärbung kenntlich gemacht ist.

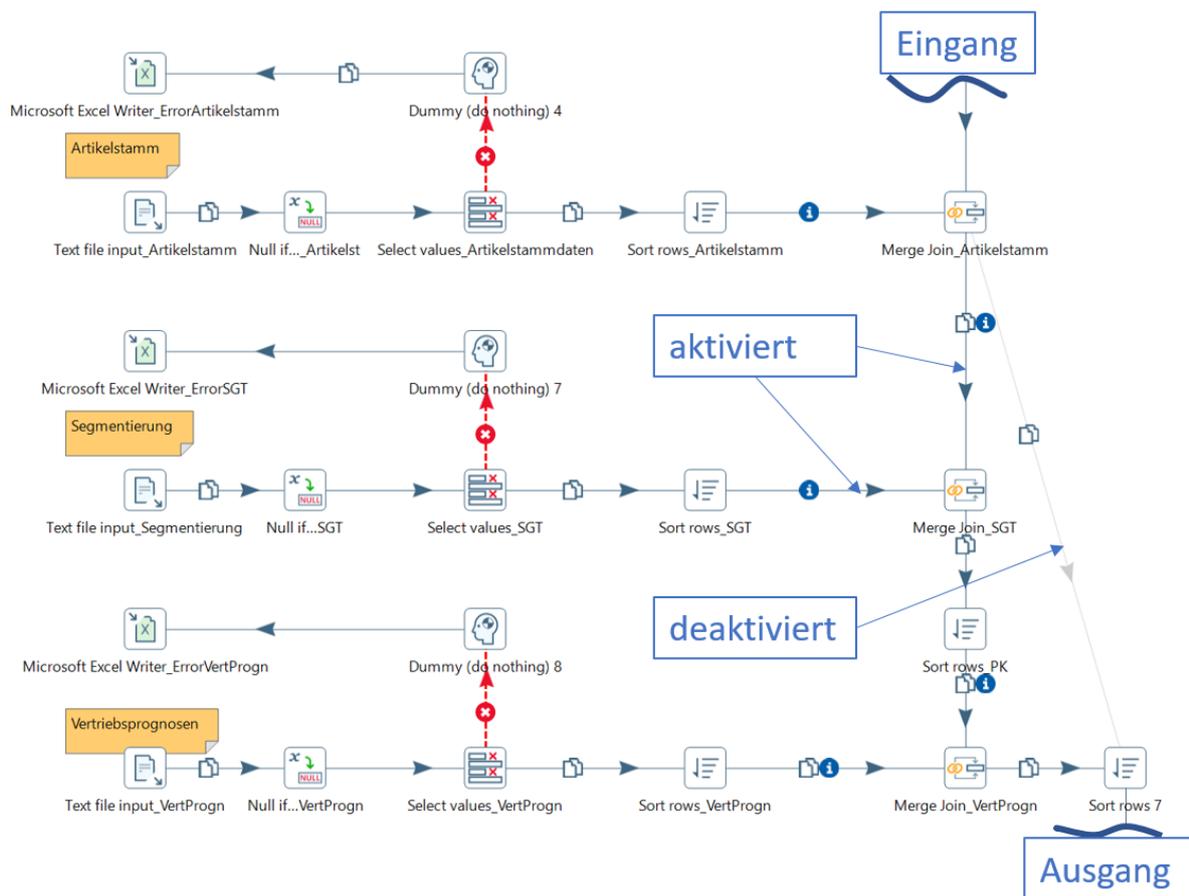


Abbildung 45: Daten-Input deaktivieren bzw. aktivieren (alle aktiviert)

Existieren keine Stammdaten für die Segmentierung und Vertriebsprognosen, lassen sich diese Dateneingänge deaktivieren, siehe Abbildung 46. Über die abgewählten Pfade fließen nun keine Daten. Sind Daten für die Segmentierung, jedoch nicht für die Vertriebsprognose vorhanden, muss ein zusätzlicher Strang vom *Merge Join_SGT* Step zum *Sort rows 7* Baustein existent sein. Dieser ist unkompliziert zu erstellen. Aufgrund der Übersichtlichkeit sind nicht alle erdenklichen Kombinationen mit einem eigenen Pfad versehen. Vorstellbar ist auch, ganz auf die vordefinierten Pfade

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng/>

zwischen Merge Join und Sort rows zu verzichten. Der Anwender des Lagerplanungswerkzeugs muss diese dann vor dem ersten Gebrauch selber erstellen.

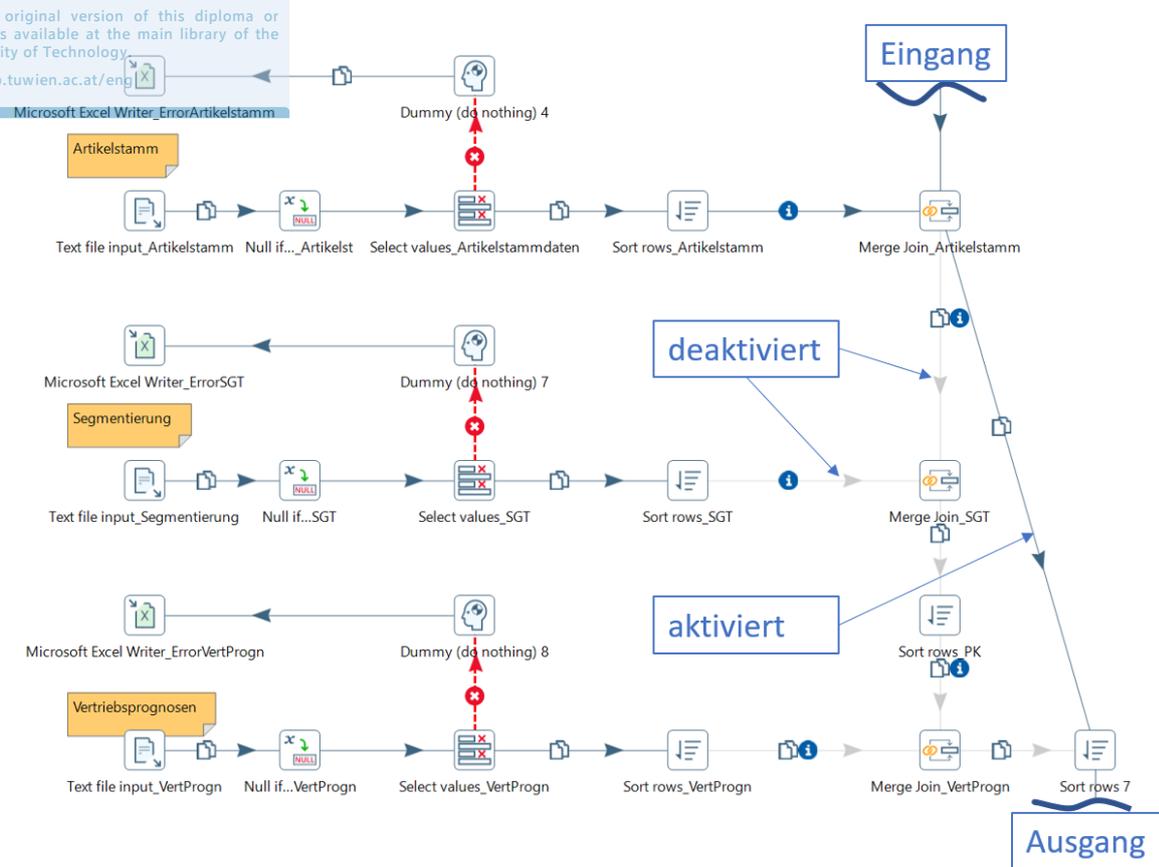


Abbildung 46: Daten-Input (Segmentierung und Vertriebsprognosen deaktiviert)

6.4.5 Output

Sind die Zugangs- bzw. Abgangsdaten mit den ausgewählten Stammsätzen erweitert, kann der Prozessschritt Datei-Ausgabe beginnen. Resultierend erhält man eine Tabelle mit einer standardmäßigen Struktur für den Zu- und Abgang. Das hat den Vorteil, dass auch ein neues Projekt am Ende wieder den gleichen Tabellenaufbau hat, siehe Tabelle 18.

Lagerplanungsprojekt A						
Eingangsbearbeitung	Auftragsnr	Transport	Artikelnr	...	Auftragsnr	...
Neue Bezeichnung	ID_Auftragsnummer	ID_Transportauftrag	ID_Artikelnummer	...	ID_Auftragsnummer	...
Neue Anordnung	ID_Auftragsnummer	ID_Artikelnummer	ID_Transportauftrag	...	ArtST_Dummy 1	...
Lagerplanungsprojekt B						
Eingangsbearbeitung	Transp-AuftragsID	Artikelnummer	Auftrag	...	Lagerplatz	...
Neue Bezeichnung	ID_Transportauftrag	ID_Artikelnummer	ID_Auftragsnummer	...	Lagerplatznummer	...
Neue Anordnung	ID_Auftragsnummer	ID_Artikelnummer	ID_Transportauftrag	...	ArtST_Dummy 1	...

Tabelle 18: Tabelle (Eingang und Ausgang)

In den Rohdaten der Abgangsdaten enthält das Lagerprojekt A die Tabellenspalte *Artikelnr* an dritter Stelle. Sie wird automatisch unbenannt in *ID_Artikelnummer* und dann für den Output in die zweite Tabellenspalte verschoben. Allerdings ist es nicht immer möglich, einer Spaltenbezeichnung eine äquivalente Benennung aus den Standardbezeichnungen für Bewegungs- und Stammdaten zuzuordnen (z.B. unternehmensspezifische Vermerke). Für diesen Fall sind bis zu zehn Dummy-Einträge für jede Inputdatenart vorgesehen, siehe Anhang (Kapitel 9.1). Falls gewünscht oder erforderlich, lassen sich die Dummy-Beschriftungen über die Metadaten editieren.

Damit ein einheitlicher Aufbau der Endtabellen gewährleistet ist, werden auch Spalten hinzugefügt, die nicht in den Unternehmensdaten enthalten sind. Sie bleiben in der abschließenden Tabelle leer. Mit Hilfe von Kettle ist dies über den Baustein Data Grid (*Add constant rows*) realisiert, siehe Abbildung 47. Befüllt wird der Data Grid mit den Informationen aus dem Metadaten-Tabellenblatt *new*, siehe Abbildung 48. Hier werden die Feldnamen der leeren Spalten eingetragen, die in den Abschlusstabellen enthalten sind.

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
<http://www.ub.tuwien.ac.at>

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

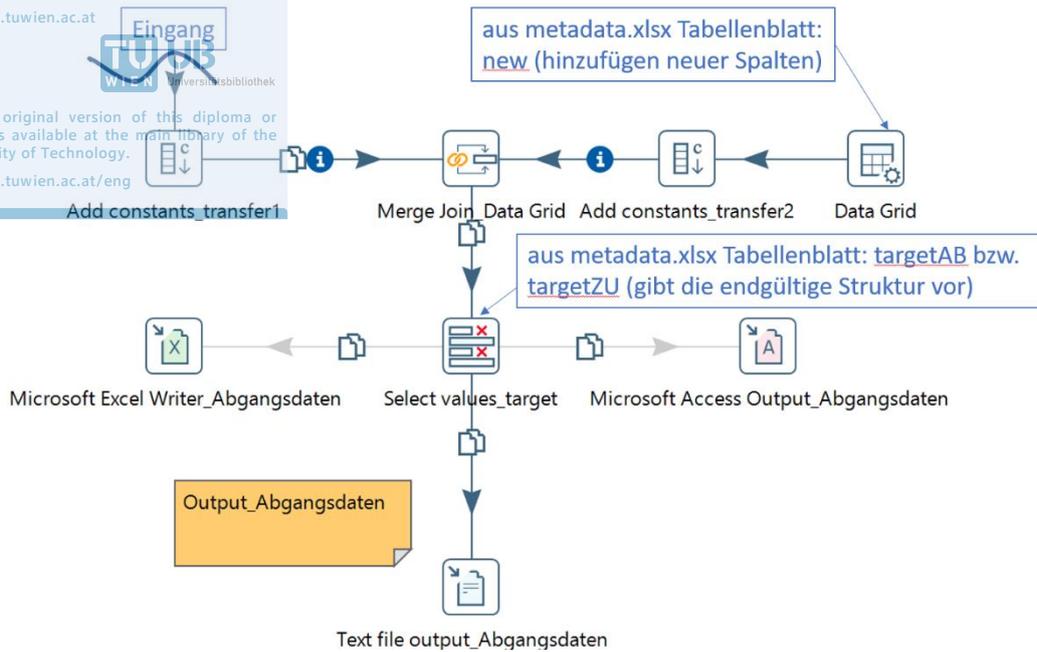


Abbildung 47: Output der fertigen Datensätze

Der Datenstrang mit den inhaltslosen Datenfeldern (*Data Grid*) und die importierten Daten treffen sich im *Merge Join_Data Grid*. Der vorgelagerte *Add constants* Schritt dient zur Erstellung eines Schlüsselworts für die Verknüpfung. Im nachfolgenden Schritt *Select values_target* bekommt das Planungshilfsmittel die endgültige Tabellenstruktur mitgeteilt. Über das Tabellen-Blatt *targetAB* bzw. *targetZU* wird für Abgangsdaten und Zugangsdaten die letztendliche Struktur bestimmt.

	A	K	M
1	New field	Bemerkung	
2	WunschlieferdatumTTMMJJJJ	aus Zugangsdaten	
3	VersanddatumTTMMJJJJ	aus Zugangsdaten	
4	Zielort_StadtPLZLand	aus Zugangsdaten	
5	Empfänger_Firmenname_ID	aus Zugangsdaten	
6	Transportmittel	aus Zugangsdaten	
7	BestellwertInEuro	aus Zugangsdaten	
8	Incoterms	aus Zugangsdaten	
9	LeadTimeInTagen	aus Zugangsdaten	
10	TransportkostenVorlaufInEuro	aus Zugangsdaten	
11	TransportkostenHauptlaufInEuro	aus Zugangsdaten	
12	TransportkostenNachlaufInEuro	aus Zugangsdaten	
13	TransportkostenTotalGesamtInEuro	aus Zugangsdaten	

Einstellungen für den Output

targetZu targetAb new all Zugangsdaten Abgangsdaten Inventurliste

Abbildung 48: metadata.xlsx – Einstellungen für den Datenoutput

Anschließend beginnt die Phase der Dateierstellung. Hier bietet Kettle eine Vielzahl von Lösungen an.¹⁵² Für das Lagerplanungswerkzeug wird ein *Microsoft Excel*-, *Microsoft Access* und ein *Text file Output* verwendet. Die fertigen Dateien befinden

¹⁵² Roldán, 2013, S.83

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/>

The approved original version of this master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

sich nach dem Ende der Transformation im Ordner *.../Data/out*, siehe Abschnitt 6.4.2. Mit nur einer Ausführung des Programms ist es möglich, die Tabelle in alle drei Dateiformaten abzuspeichern. Werden jedoch die Grenzen erreicht (Excel: 1,048,576 Zeilen, Access: 2 GB Tabellengröße, 255 Spalten), führt dies zu einem Abbruch der Transformation.^{153 154} In diesem Fall sollte nur der *Text file Output* (Ausgabe einer CSV-Datei) aktiv sein. Ist in Zukunft ein weitere Output-Art erforderlich, lässt sich diese einfach einfügen und muss nur mit dem *Select values* Step verbunden werden. Denkbar ist zum Beispiel das Einbinden einer Datenbank über den *Table output* Baustein.¹⁵⁵

6.5 4. Phase: Standardauswertungen

Die vierte Phase dient zur Implementierung von Bestandsberechnungen und der Bildung Artikelklassen. Da Kettle keine Visualisierungen erlaubt, ist zudem eine Software für die Darstellung der generierten Tabellen auszuwählen, siehe Abbildung 49.

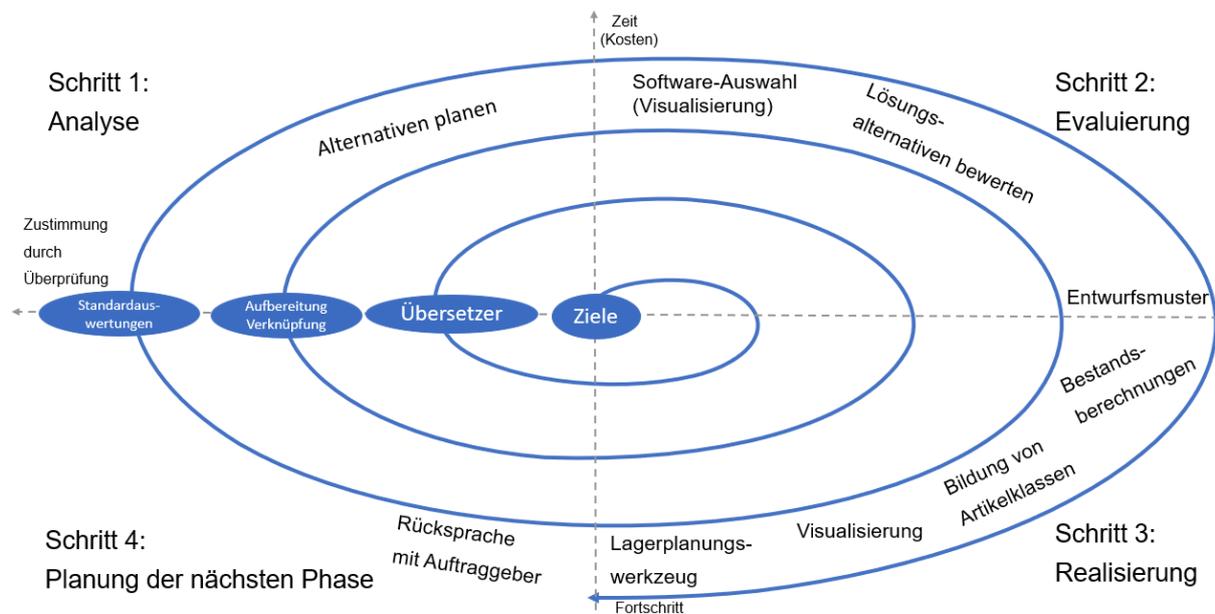


Abbildung 49: Spiralmodell: 4.Phase

In diesem Kapitel wird zunächst eine Methode zur Berechnung des Lagerbestandes besprochen, siehe Abschnitt 6.5.1. Im Anschluss folgt das Einbetten der ABC-Analyse in das Planungswerkzeug, siehe Absatz 6.5.2.

¹⁵³ vgl. <https://support.office.com/en-us/article/Excel-specifications-and-limits-1672b34d-7043-467e-8e27-269d656771c3> (Gelesen am: 01.18 2017)

¹⁵⁴ vgl. <https://support.office.com/de-de/article/Access-2016-Spezifikationen-0cf3c66f-9cf2-4e32-9568-98c1025bb47c> (Gelesen am: 15.09 2017)

¹⁵⁵ Casters; u.a., 2010, S.250

6.5.1 Lagerbestand

Die Aufgabe der aktuellen Version des Werkzeugs ist die Ausgabe einer Tabelle, die für jeden Lagerartikel die Bestände pro Tag auflistet. Zudem wird eine zweite Tabelle erstellt, die den durchschnittlichen Lagerbestand, den maximalen und den minimalen Bestand pro Artikel angibt.

Der erste Schritt zur Bestimmung der Lagerbestandsverläufe und der daraus resultierenden, durchschnittlichen Bestände, ist die Definition eines Zeitintervalls. Danach liegt der Inventurzeitpunkt am Anfang, am Ende oder in der Mitte dieser Zeitspanne. Mit der Inventur beginnt im Planungswerkzeug die Berechnung und wird deswegen auch als Startpunkt t_0 bezeichnet, siehe Abbildung 50. Die drei skizzierten Fälle erfordern eine differenzierte Herangehensweise. Die beiden ersten Varianten (Inventur am Anfang/Ende) weichen nur unwesentlich voneinander ab, wohingegen vorliegende Inventurdaten in der Mitte des Zeitintervalls aufwändigere Berechnungen zur Folge haben. Bei diesem Problem muss vom Zeitpunkt t_0 vor- und zurückgerechnet werden.

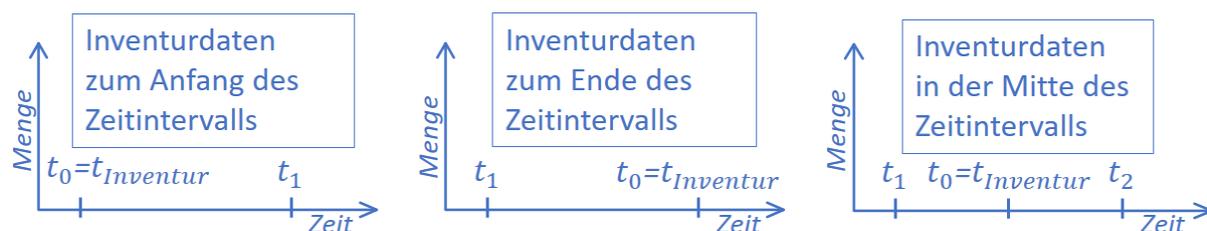


Abbildung 50: Zeitpunkt der Inventur und Zeitintervall der Bestandsberechnung

Aus diesem Grund existieren zwei unterschiedliche Module zur Bestandsberechnung. Ein Modul für den existierenden Lagerspiegel am Ende und am Anfang (dafür leichte Anpassungen nötig) der Zeitspanne, ein weiteres für die Berechnung der „Inventur in der Mitte“. Der prinzipielle Aufbau der beiden Module ist sehr ähnlich. Zunächst wird aber nur die Variante für vorliegende Inventurdaten zum Ende des Betrachtungszeitraums beschrieben, weil diese weniger Prozessbausteine benötigt.

Für ein besseres Verständnis der folgenden Erklärung sollten zunächst die Gegensätze zwischen einem Job und einer Transformation bekannt sein, siehe Kapitel 6.2.2. Wesentlich ist, dass bei einer Transformation alle Schritte gleichzeitig gestartet werden und bei einem Job hintereinander ablaufen.

Der Job *Bestand_InvEnde_Job* startet nacheinander die Transformationen *Bestand*, *Bestand2* und die Metadaten Injektionstransformation *01_MetadataInjection_Lagerbestand*. Erst wenn eine Transformation beendet ist, startet die nächste. Abbildung 51 zeigt einen Ausschnitt aus der Arbeitsfläche des Jobs (grün) und aus den beteiligten Transformationen (blau).

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at/

The approved original version of this diploma/master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

Die Transformationen *Bestand* und *Bestand2* haben nur die Aufgabe, einen Zwischenspeicher zu erstellen. Dieser besitzt eine Spalte (*DatumAbInv*) und generiert für jeden Tag des definierten Zeitraums (t_0 bis t_1) eine Datumszeile. Diese Datei wird später in der Mustertransformation (*02_file_Lagerbestand_ende*) eingelesen und mit dem Artikelstamm verknüpft. In der Transformation *Bestand* wird das Zeitintervall festgelegt (t_0 und t_1) und die Anzahl der Tage berechnet. Anschließend werden die Spalten Anzahl der Tage und Datum der Inventur als Variable definiert (Baustein *Set Variables*). Dadurch ist es möglich, diese in der nächsten Transformation abzurufen (Baustein *Get Variables*). Der Step *Clone row* kopiert die Zeilen so oft, bis der Wert der Variable (Anzahl der Tage) erreicht ist. *Add sequence* fügt eine weitere Spalte mit Zahlen hinzu, beginnend mit der Zahl Null und einer schrittweisen Erhöhung von -1. Das *Calculator* Element berechnet abschließend die Summe aus den beiden Spalten und liefert das dargestellte Ergebnis (*DatumAbInv*). Die *Select values* Komponente sorgt dafür, dass nur die Spalte *DatumAbInv* weitergeben wird. Die fertige Zwischentabelle wird nun als CSV-Datei gespeichert.

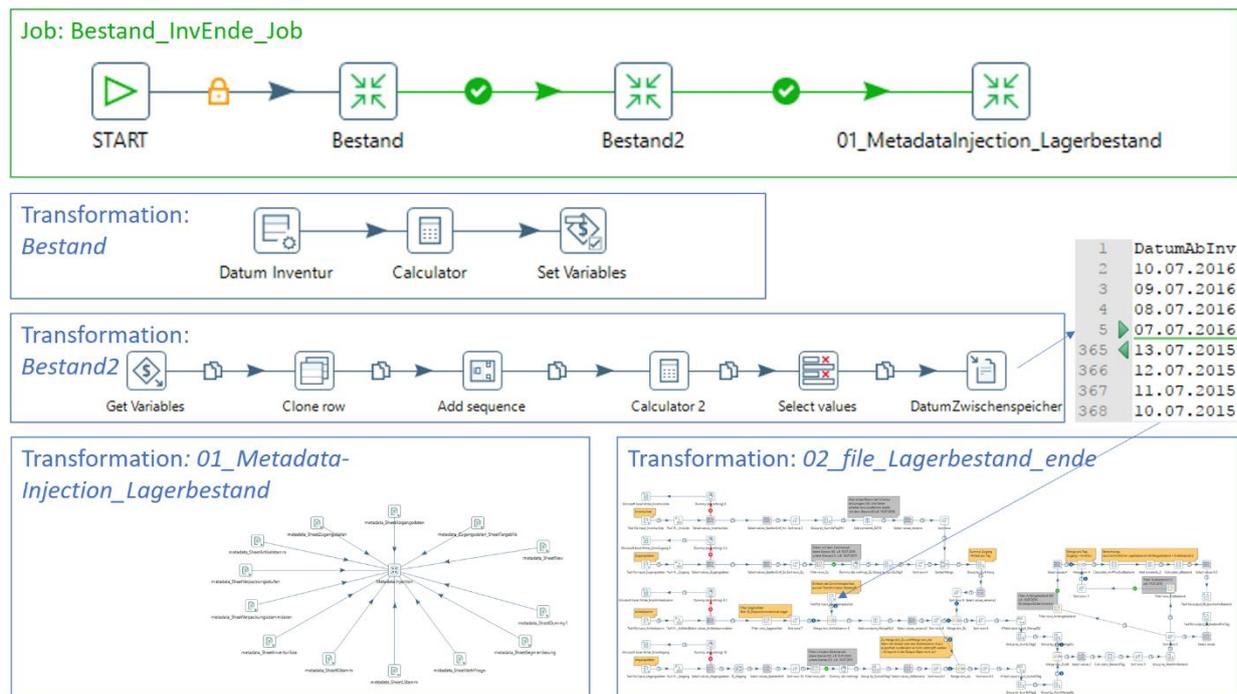


Abbildung 51: Grundsätzlicher Aufbau des Jobs (Bestand_InvEnde_Job) inkl. der enthaltenen Transformation

Die nun folgende Metadaten transformation entspricht der in Abschnitt 6.3.2 beschriebenen Transformation, welche zum Abrufen der Metadaten dient. Sie ist in diesem Fall mit einer anderen Mustertransformation (*02_file_Lagerbestand_ende*) verknüpft. Aufgrund der Vielzahl an Elementen ist diese Transformation in Abbildung 51 (unten rechts) nur sehr undeutlich zu erkennen und wird deshalb in Abbildung 52 bis Abbildung 57 schrittweise dargestellt, sowie die einzelnen Prozessschritte sukzessiv erläutert.

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
 http://www.ub.tuwien.ac.at/eng
 The approved original version of this diploma/master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
 http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

Der erste Teil beinhaltet die Input Bausteine für Inventurliste, Zugangsdaten, Artikelstamm und Abgangsdaten, siehe Abbildung 52. Auch diese wurden schon für die Aufbereitung und Verknüpfung der Unternehmensdaten benutzt, siehe Kapitel 6.4.3. Da nicht alle Spalten der Inputquellen für die Berechnung von Belang sind, können diese aus Zuströmen entfernt werden (z.B. mit *Select values_SpaltenEntf_Zu*).

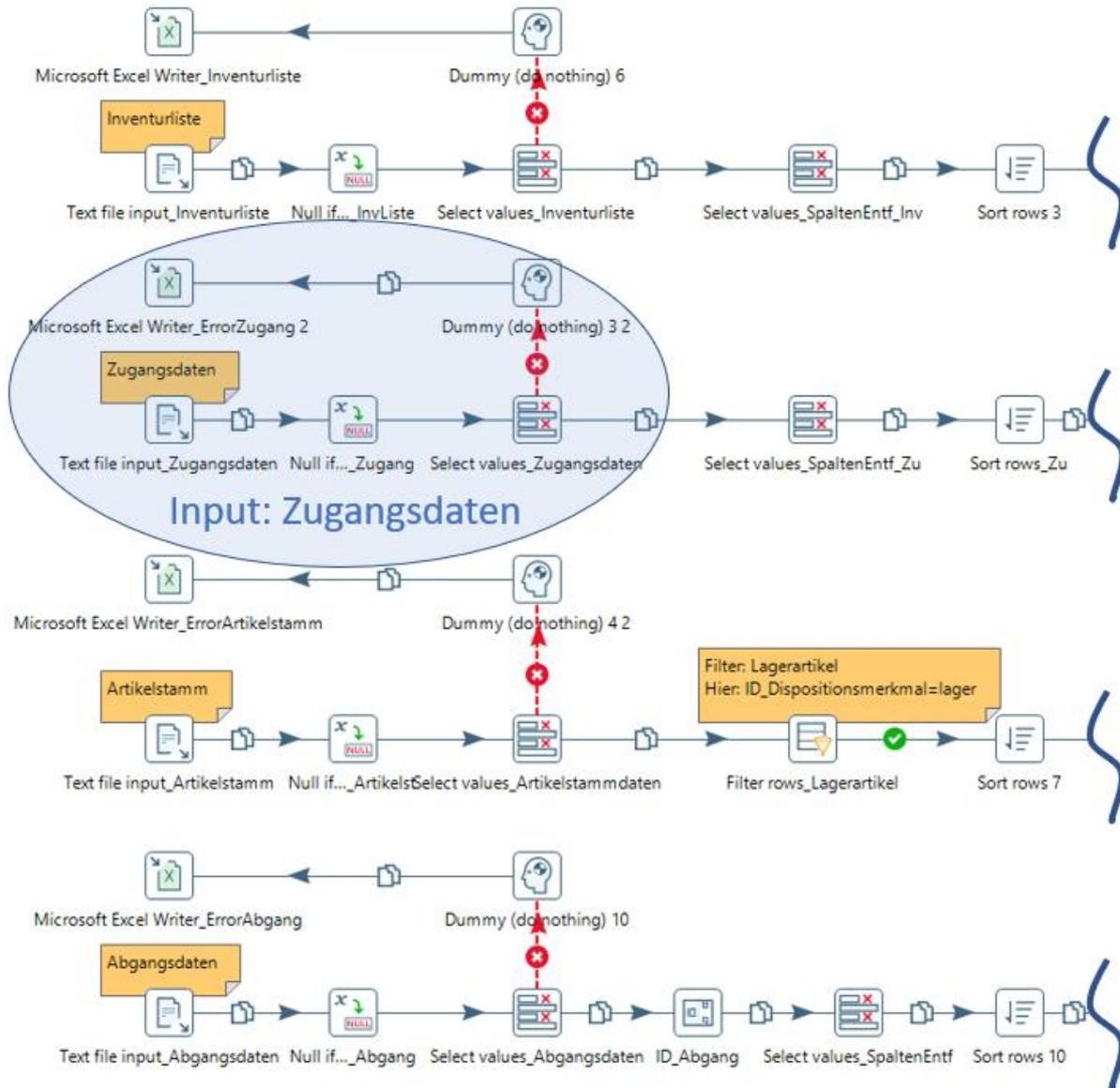


Abbildung 52: Transformation (02_file_Lagerbestand_ende) Teil 1 – Input

Des Weiteren wird der Artikelstamminput gefiltert (*Filter rows_Lagerartikel*), sodass nur Lagerartikel eine weitere Beachtung erfahren. Der zu filternde Wert und die dazugehörige Spalte werden über den Baustein angepasst, siehe Abbildung 53. Die ausgesonderten Zeilen können bei Bedarf über einen separaten Strang weiter fließen und beispielsweise in ein *Text file output* münden.

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>



The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

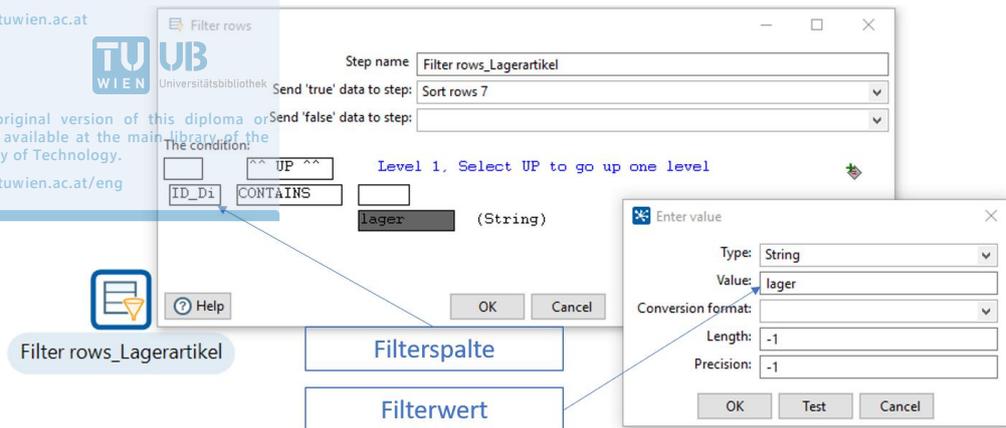


Abbildung 53: Step Filter rows (*Filter rows_Lagerartikel*)

Im zweiten Teil der Bestandsberechnung erfolgt eine Filterung, Gruppierung und Verbindung zweier Datenflüsse, siehe Abbildung 55. Vor dem Start der Berechnung findet die Eintragung der Daten für das gewünschte Zweitintervall statt (graue Notiz). Die Bausteine *Filter rows_Zu* und *Filter rows_AB1* filtern die Zugangsdaten bzw. Abgangsdaten innerhalb des gesetzten Zeitfensters. Daten, die außerhalb dieses Intervalls liegen, finden keine Beachtung. In dem Step *Add constants_DATE* (graue Notiz) wird ebenfalls der Zeitpunkt der Inventur festgelegt. Der Artikelstammstrang erhält hier eine neue Spalte mit der definierten Datumsangabe über alle Zeilen (siehe Tabelle). Im Baustein *Sorted Merge* fließen Zugangs- und Inventurdaten zusammen, vorher erhalten sie noch die gleiche Struktur über den *Select Values_rename* Step.

Generell wird ein *Sorted Merge* Element verwendet, wenn eine sortierte Vereinigung zweier Streams stattfinden soll. Die Sortierung wird dabei nach einem oder mehreren Feldern durchgeführt. Beide Eingangsströme müssen zuvor nach diesen Feldern sortiert sein.¹⁵⁶

Die zusammengeführten Inventur- und Zugangsdaten münden im *Group by_ZUAnfang* Step. Mit diesem Element ist es möglich, Zeilen, basierend auf einem definierten Feld (oder einer Sammlung von Feldern), zu gruppieren und Aggregatfunktionen (z.B. Summe, Maximum, Minimum oder kumulative Summe) über diese Gruppe zu berechnen.¹⁵⁷ Abbildung 54 zeigt die Eingabemöglichkeiten und ein Beispiel für Datenstrom vor und nach dem *Group By* Step. Gruppirt wird hier nach Artikelnummer und Datum, demzufolge bilden alle Zeilen mit der gleichen Artikelnummer und dem identischen Datum eine Gruppe. In dem Beispiel werden die Zugänge pro Artikel und Tag summiert. Mittels ausgewählter Summenfunktion (*Sum*) und Feldnamen mit den Mengenangaben (*SummeProTagZu*), wird die Summe berechnet und in einer separaten Spalte (hier *Menge*) angefügt. Für den 10.07.2016 hat der Artikel ABC124 die Zugänge von 210 und 144 Einheiten, nach der Transformation bleibt nur noch eine Spalte mit der Summe erhalten (345 Einheiten).

¹⁵⁶ Roldán, 2013, S.164

¹⁵⁷ Casters; u.a., 2010, S.106

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

Voraussetzung für eine fehlerfreie Ausgabe ist ein sortierterer Inputstream (z.b. *Sort rows* Baustein).

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng



Group by_ZuAnfang

Gruppendefinition:
Zeilen mit gleicher
Artikelnummer
und Datum

neuer Feldname

zu aggregierende
Spalte

Aggregatfunktion

vorher:

```
1 Artikelnummer;Datum ;SummeProTagZU
2 ABC124 ;10.07.2016;210
3 ABC124 ;10.07.2016;144
4 ABC124 ;11.07.2016;12
18 ABC125 ;10.07.2016;132
```

nachher:

```
1 Artikelnummer;Datum ;Menge
2 ABC124 ;10.07.2016;354
3 ABC124 ;11.07.2016;12
17 ABC125 ;10.07.2016;132
```

Abbildung 54: Group by (_ZuAnfang) Step mit Beispiel Tabelle (vor und nach dem Schritt)

Der *Merge Join_Artikelstamm 2* verbindet die in Transformation *Bestand2* generierte Datei mit dem Artikelstammstream. Anschließend wird eine zusätzliche Spalte mit der Menge Null pro Zeile hinzugefügt (*Add constants_MengeNull*) und die benötigten Spalten selektiert (*Select values_rename3*). Die Tabelle über dem Element verdeutlicht diesen Vorgang.

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
<http://www.ub.tuwien.ac.at>

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

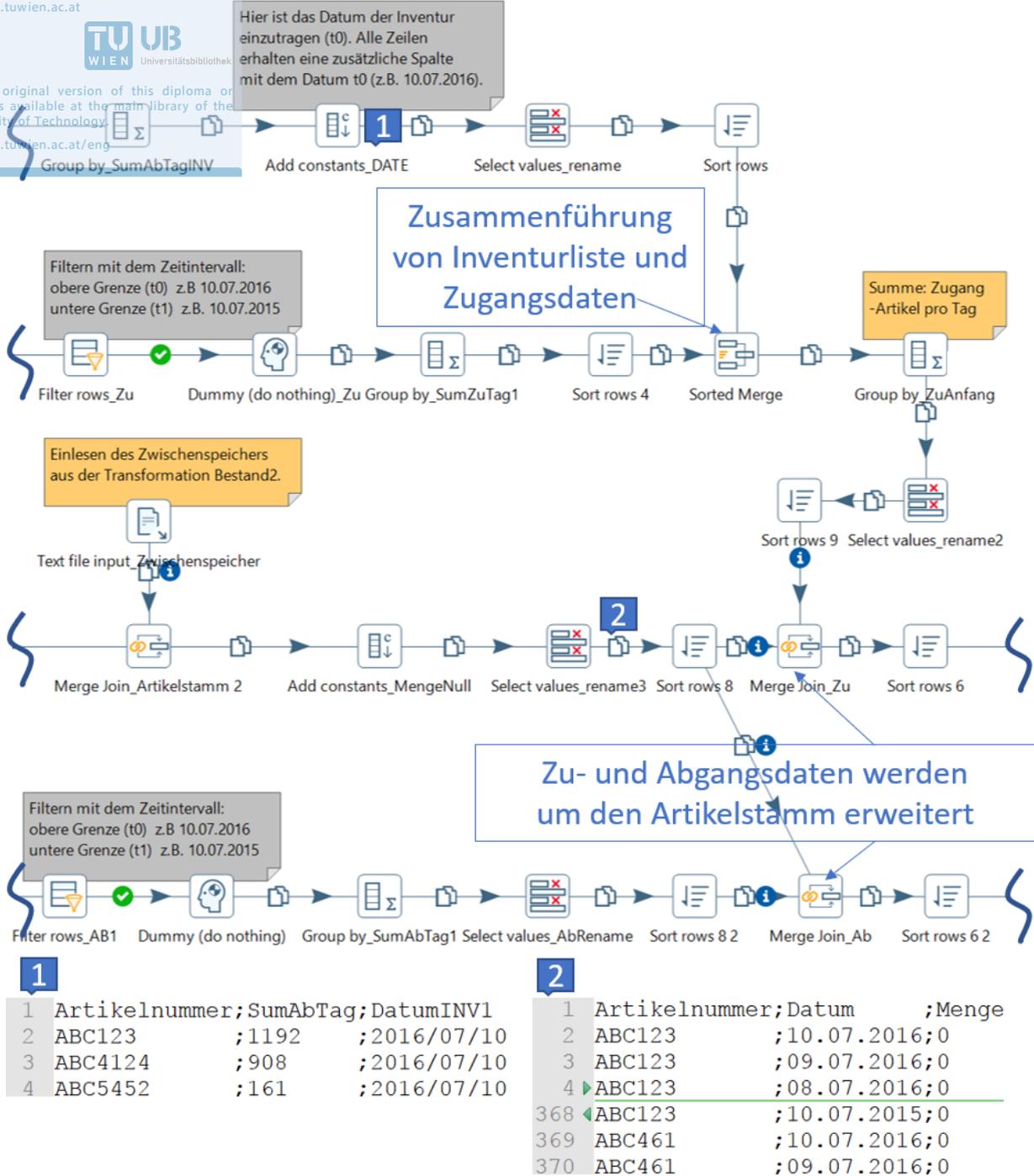


Abbildung 55: Transformation (02_file_Lagerbestand_ende) Teil 2

Der Grund für die Erweiterung der Artikelstammzeilen mit einer zusätzlichen Datenspalte, ist der spätere Merge Join_Zu- bzw. Merge Join_Ab-Schritt. Hier findet ein LEFT OUTER-JOIN anhand der Verknüpfungsbedingungen Artikelnummer und Datum statt, siehe Kapitel 6.4.4. Der Artikelstammstrom wird also mit den Informationen (*MengeZU*) aus den Zugangs- und den Inventurdaten ergänzt, siehe Abbildung 56.

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at

Zeilen aus dem Artikelstammstrom				Zeilen aus dem Zugangsdatenstrom				
1	Artikelnummer	Datum	Menge	Preis	Preisbasis	ArtikelnummerZU	DatumZU	MengeZU
	ABC554	;10.07.2016	;0	;1,00	;1	ABC554	;10.07.2016	;31
	ABC554	;09.07.2016	;0	;1,00	;1			
	ABC554	;14.06.2016	;0	;1,00	;1			
	ABC554	;13.06.2016	;0	;1,00	;1	ABC554	;13.06.2016	;18
	ABC554	;12.06.2016	;0	;1,00	;1			
101	ABC554	;02.04.2016	;0	;1,00	;1			
102	ABC554	;01.04.2016	;0	;1,00	;1	ABC554	;01.04.2016	;20
103	ABC554	;31.03.2016	;0	;1,00	;1			

Abbildung 56: Merge Join_Zu – LEFT OUTER JOIN (Verknüpfungsbedingung: Artikelnummer und Datum)

Abbildung 57 stellt den dritten Bildabschnitt der Transformation (*02_file_Lagerbestand_ende*) dar. Dieser lässt sich in zwei Teilbereiche einteilen. Im oberen Teil der Abbildung ist die Erstellung einer CSV-Datei, die für jeden Lagerartikel die Bestände pro Tag auflistet, wiedergegeben (*Text file output_00_durchschnBestand*). Der untere Bildausschnitt führt zur Ausgabe einer Tabelle, die den Bestand je Artikel und pro Tag zusammenträgt (*Text file output_00_BestandProTag*).

Im *Merge Join-ZuAB* Baustein findet die Vereinigung der Zu- und Abgangsdaten statt. Zuvor wird den leeren Datenfeldern der Zu- und Abgangsmengen eine 0 hinzugefügt (*If field value is null_ SumAbTag bzw. MengeZU*) und im *Group by_(KumMengeZu bzw. KumMengeAb)* Element die kumulative Summe gezogen, sodass die Zu- und Abgangsmengen des Inventurzeitpunkts separat und kumuliert vorliegen.

Der *Calculator_BestandTag* Schritt berechnet im Anschluss die Differenz aus den kumulierten Zu- und Abgängen und schreibt diese in eine zusätzliche Spalte (*Bestand*). Aus dieser Spalte lässt sich in der Folge (*Group by_MaxMinBestand*) der maximale und der minimale Bestand je Artikel ableiten. Nun liegt für jeden Artikel zu jedem Zeitpunkt (Tag) der Lagerbestand, die kumulierte Zu- und Abgangsmenge, sowie der maximale und minimale Bestand vor, siehe Kapitel 7.2.

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
<http://www.ub.tuwien.ac.at>

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

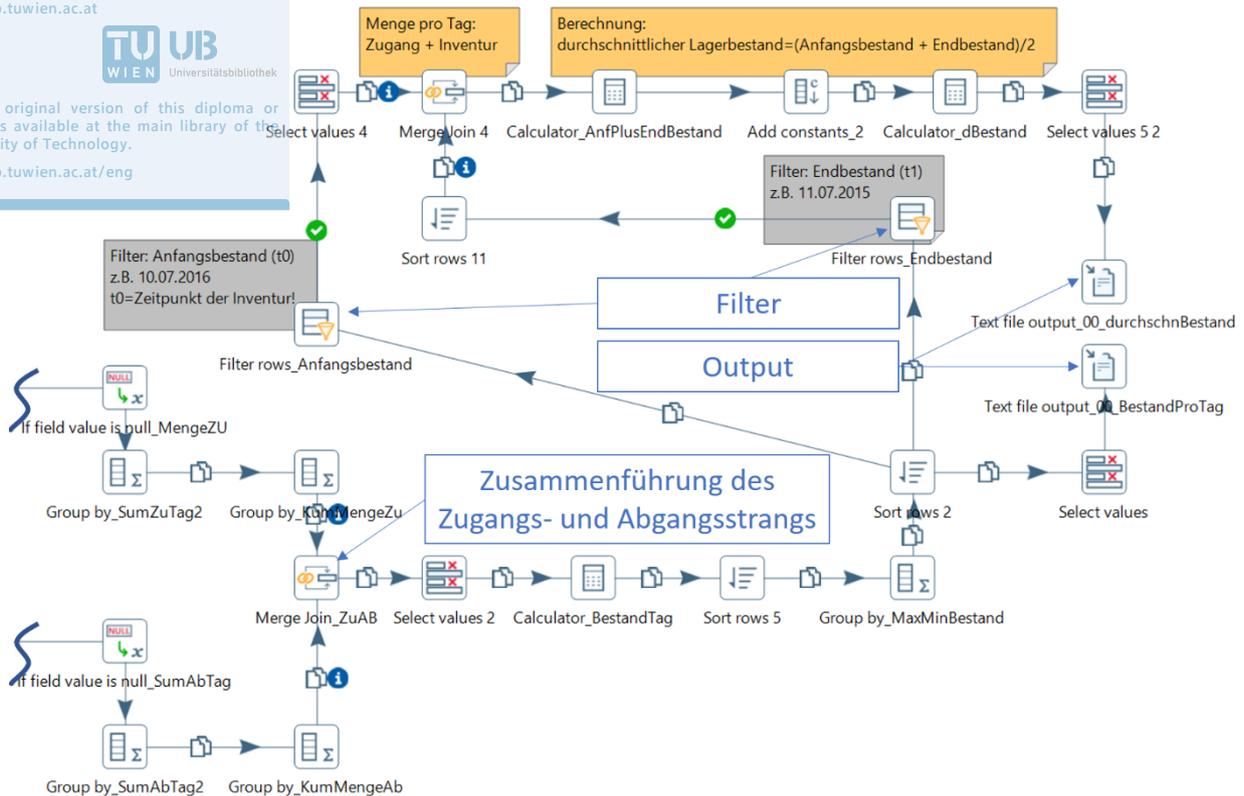


Abbildung 57: Transformation (02_file_Lagerbestand_ende) Teil 3

Für die Berechnung des durchschnittlichen Lagerbestands wird der Anfangs- und Endbestand benötigt, siehe Formel 1. Dazu wird der zuvor berechnete Bestand gefiltert, sodass schließlich nur Anfangsbestand (*Filter rows_Anfangsbestand*) zum Stichtag t_0 und Endbestand (*Filter rows_Endbestand*) zum Zeitpunkt t_1 vorliegen. Anschließend wird der aufgeteilte Strang wieder zusammengeführt (*Merge Join 4*) und die Berechnung durchgeführt. Dabei wird zuerst die Summe der beiden Lagerbestände gebildet (*Calculator_AnfPlusEndBestand*), der Datensatz um eine Spalte mit der Zahl 2 ergänzt (*Add constants_2*) und letztendlich die Division durchgeführt (*Calculator_dBestand*). Jetzt kann die Tabelle für den durchschnittlichen Lagerbestand ausgegeben werden (*Text file output_00_durchschnBestand*), siehe dazu die Auswertungen in Kapitel 7.2.

6.5.2 ABC-Analyse

Zusätzlich zu den zuvor besprochenen Bestandsberechnungen existieren in der derzeitigen Version des Lagerplanungswerkzeugs zwei weitere Standardauswertungen. Zum einen die ABC-Analyse zur Klassifizierung der Lagerartikel über die Zugriffshäufigkeit, zum anderen eine wertmäßige ABC-Einordnung. Zusätzliche Transformationen sind für diese Auswertungen nicht nötig. Standardmäßig sind sie in der Mustertransformation (*02_file_Lagerbestand_ende*), siehe vorheriges Kapitel (6.5.1), implementiert, lassen sich aber deaktivieren. Das hat den Vorteil, dass die vorherigen Dateninputs und Berechnungen genutzt werden können.

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

Zuerst wird auf die ABC-Analyse, auf die Einteilung der Lagerartikel nach Zugriffshäufigkeit, eingegangen. Abbildung 58 zeigt das komplette Modul.

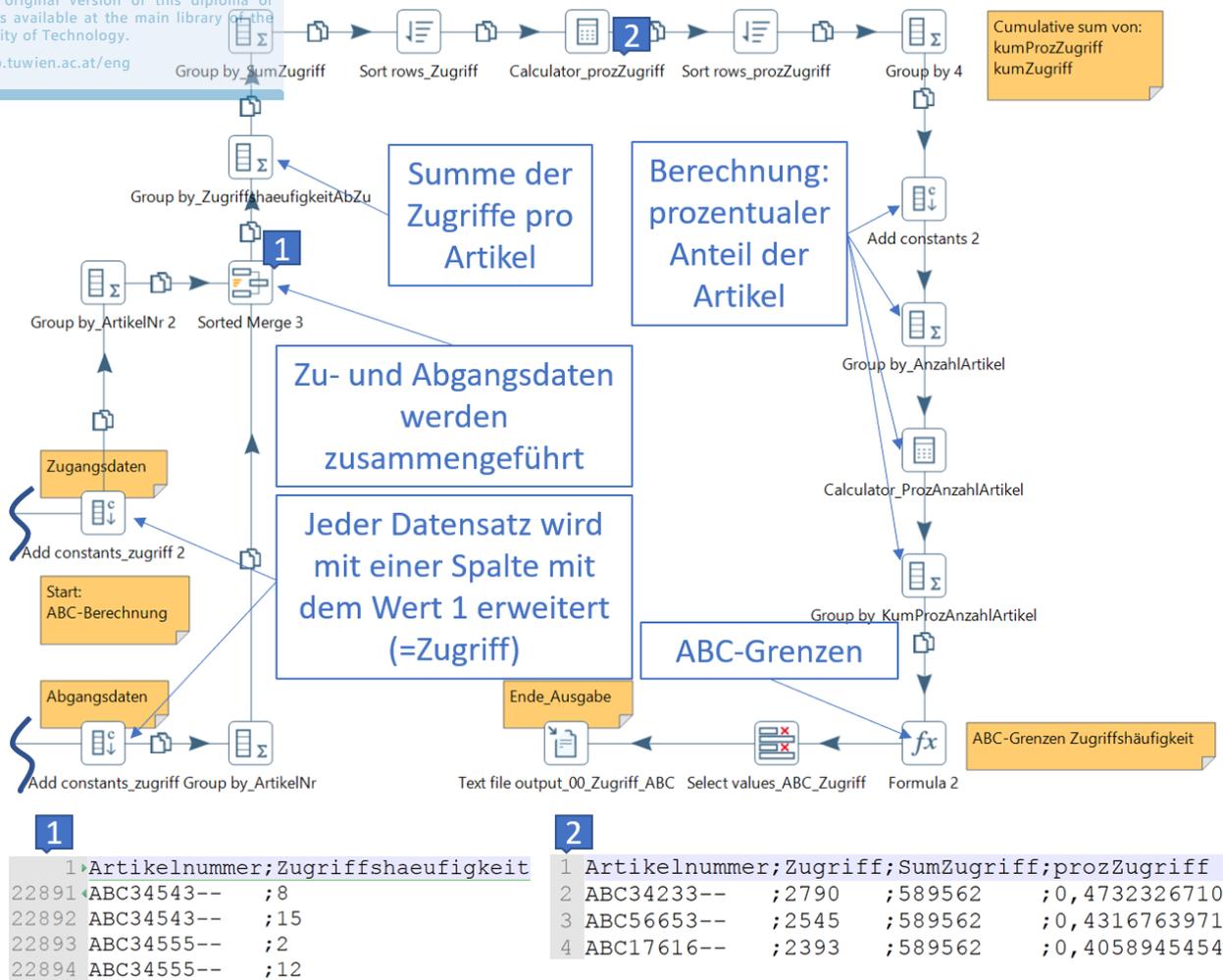


Abbildung 58: ABC-Berechnungsmodul (Zugriffshäufigkeit)

Die *Add constants_zugriff*-Bausteine erhalten die entsprechenden Zeilen aus den Zeitintervallfiltern (*Filter rows_AB1* bzw. *Filter rows_ZU*), welche auch in der Bestandsberechnung zum Einsatz kommen. Jede Zeile in den Ab- und Zugangsdaten ist gleichbedeutend mit einem Zugriff auf den Artikel. Aus diesem Grund wird jeder Zeile der Wert 1 zugeordnet (*Add constants_zugriff*) und anschließend die Zeilen mit der gleichen Artikelnummer summiert (*Group by_ArtikelNr*). Danach erfolgt der Zusammenschluss der beiden Datenströme (*Sorted Merge 3*), siehe Markierung 1 in der Abbildung. Demzufolge können dann für jeden Artikel zwei Zeilen vorliegen, diese werden dann ebenfalls wieder summiert (*Group by_ZugriffshaeufigkeitAbZu*). Nachdem die Zugriffe für jeden Artikel innerhalb des Zeitfensters bestimmt sind, folgt die Summierung der Gesamtzugriffsrate (*Group by_SumZugriff*) und die absteigende Sortierung der Artikel anhand der Zugriffshäufigkeit (*Sort rows_Zugriff*). In der Folge wird die Zugriffshäufigkeit jedes Artikels ins Verhältnis zur Gesamtzugriffsrate gesetzt (*Calculator_prozZugriff*), Markierung 2. Nun müssen die prozentualen Anteile noch kumuliert werden (*Group by 4*). Über den Formula-Baustein (*Formula 2*) und die

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at/

The approved original version of this diploma/master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

hinterlegte Formel wird letztendlich die Kategorie (A bis 80%, B bis 95 % oder C bis 100 % der Zugriffe) vergeben, siehe Abbildung 59.

Generell ist der Formula-Baustein aber kein echter Scripting-Schritt, aber er ermöglicht die Einbindung flexiblerer Formeln als der Baustein Calculator. Die Formelsprache ist dieselbe wie in OpenOffice.¹⁵⁸

1

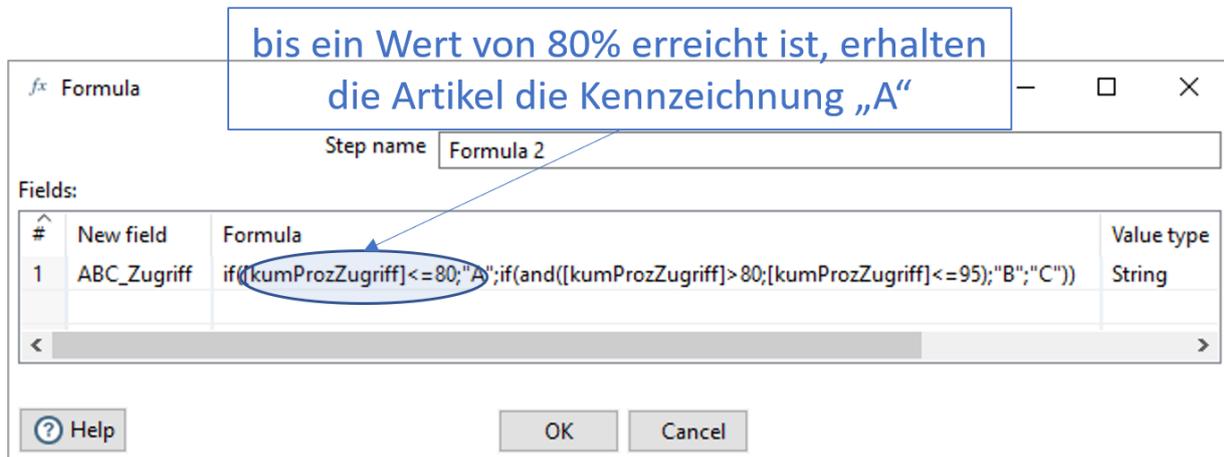


Abbildung 59: Formula Step (Formula 2) für ABC-Einteilung

Die Bausteine zwischen *Formula 2* und *Group by 4* wurden bei der Beschreibung übersprungen, hier werden die prozentualen Artikelanteile bestimmt. Sie dienen lediglich als Basisberechnungen für eine spätere Visualisierung der ABC-Analyse in einem anderen Programm. Mit dem Step *Text file output_00_Zugriff_ABC* endet das ABC-Modul, deren Auswertung wird in Kapitel 7.3 näher erläutert.

Das zweite ABC-Analysemodul beschäftigt sich mit der wertmäßigen Betrachtung der Lagerartikel, siehe Abbildung 60. Die durchschnittlichen Artikel-Lagerbestände werden hierzu mit dem Artikelpreis multipliziert. Dafür lässt sich auf die bereits berechneten, durchschnittlichen Bestände zurückgreifen. Für den Inputstream wird vom Ergebnis der Bestandsberechnung (*Calculator_dBestand*) eine zusätzliche Abzweigung erstellt, siehe Abbildung 57. Die erste Maßnahme ist, den Datenstrom für die ABC-Analyse vorzubereiten. Dazu werden nicht benötigte Spalten entfernt (*Select values_ABCWert*) und Datensätze mit einem evtl. negativen Bestand (*Filter rows_negdBestand*), einem gleitenden Durchschnittspreis von 0 (*Filter rows_GLD_0*) und einer Preisbasis von 0 (*Filter rows_Preisbasis_0*) herausgefiltert. Zur Kontrolle befinden sich die ausgesonderten Datensätze nach Beendigung der Transformation in einem separaten Textdokument (z.B. *Text file output_negdBestand*). Jetzt kann die eigentliche ABC-Analyse beginnen.

¹⁵⁸ vgl. ebenda, S.200

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
 http://www.ub.tuwien.ac.at

Start: ABC-Berechnung WERT

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
 http://www.ub.tuwien.ac.at/en

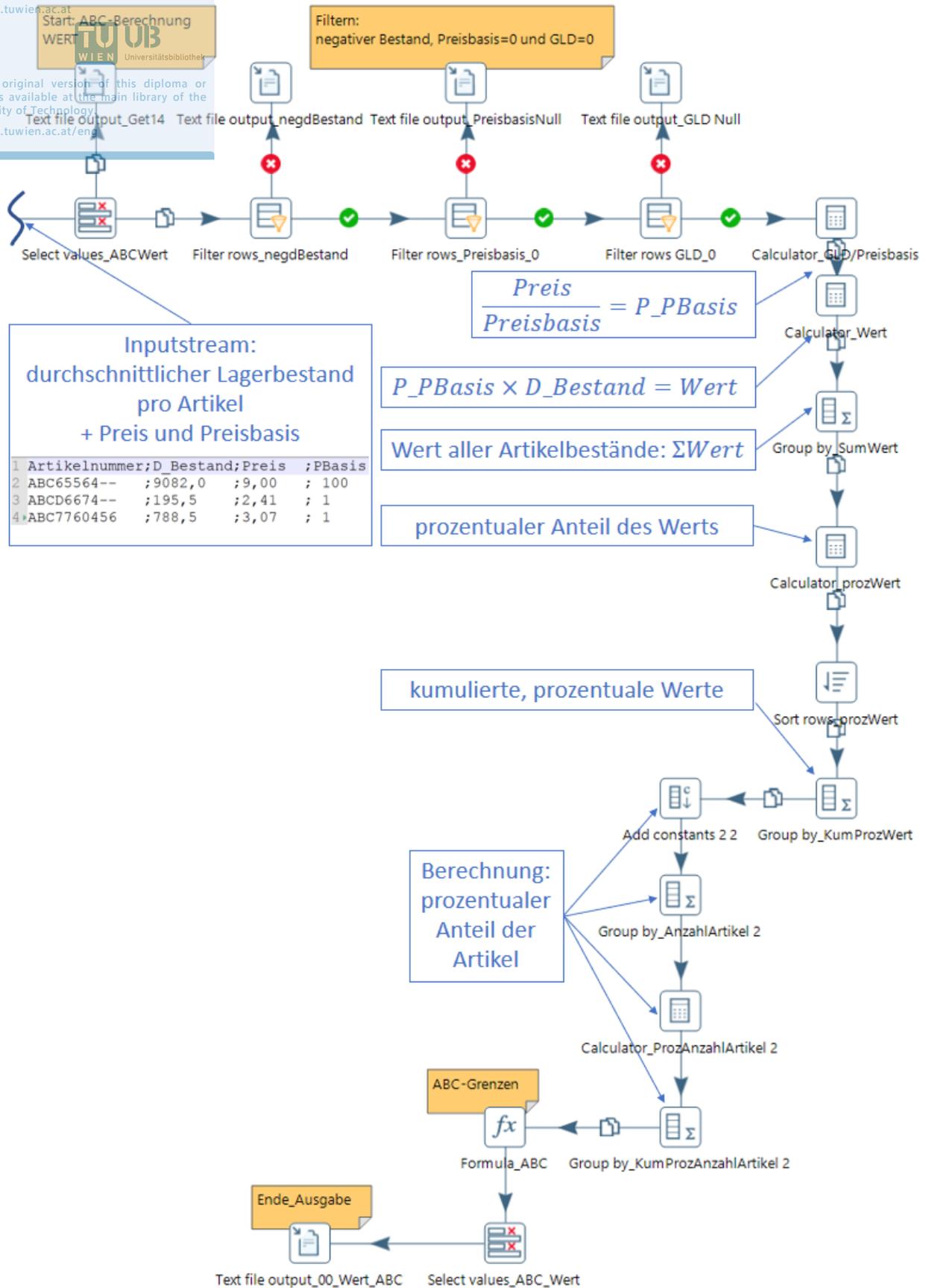


Abbildung 60: ABC-Berechnungsmodule (Wert)

Gestartet wird mit der Division von Preis und Preisbasis (*Calculator_GLD/Preisbasis*). Der zugewonnene Wert kann im darauffolgenden Step (*Calculator_Wert*) mit dem

durchschnittlichen Bestand multipliziert werden. Für die Berechnung der prozentualen Anteile des durchschnittlichen Lagerbestandswerts (*Calculator_prozWert*) am Gesamtbestandswerts, wird noch der Divisor (*Group by_SumWert*) benötigt. Abschließend fehlt noch die absteigende Sortierung der Artikel anhand der prozentualen Anteile (*Sort rows_prozWert*) und die Kumulation der Anteile (*Group by_KumProzWert*).

Die nachfolgenden Prozessschritte entsprechen dem bereits vorgestellten ABC-Berechnungsmodul für die Zugriffshäufigkeit. Auf das abschließende Endergebnis (*Text file output_00_Wert_ABC*) wird in Abschnitt 7.2 eingegangen.

6.5.3 Software-Auswahl: Visualisierung

Leicht handhabbare BI-Programme ermöglichen es dem Benutzer Daten schnell zu analysieren ohne besonderes Expertenwissen der IT-Abteilungen zu benötigen. Effiziente Werkzeuge zur Erstellung von Analysen und Berichten können Tabellen und Datenbanken aus verschiedenen Quellen und Mengen einfügen.¹⁵⁹

Zur Visualisierung der Standardauswertungen des Lagerplanungswerkzeuges wird auf BI-Software zurückgegriffen.

Softwareunternehmen die solche Lösungen anbieten sind im *Magic Quadrant* für Business Analytics und Intelligence-Lösungen des Marktforschungsunternehmens *Gartner*, aus dem Jahr 2017, dargestellt, siehe Abbildung 61. Anhand von 15 Bewertungskriterien (z.B. Nutzerfreundlichkeit, Datenanbindung, Flexibilität) zeigt sich Tableau als führend in dieser Untersuchung.¹⁶⁰

¹⁵⁹ Martin, 2016, S.373

¹⁶⁰ vgl. <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-3TYE0CD&ct=170221&st=sb> (Gelesen am: 07.11.2017)

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
<http://www.ub.tuwien.ac.at>

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>



Abbildung 61: Magic Quadrant for Business Intelligence and Analytics Platforms ¹⁶¹

Mit der Analysesoftware Tableau können die Daten sehr einfach per *Drag and Drop*-Funktion visualisiert und kombiniert werden.¹⁶² Sie gilt als Referenz-Software für intuitive und interaktive Untersuchungen und besitzt zudem eine übersichtliche Benutzeroberfläche.¹⁶³ Infolge dessen eignet sie sich sehr gut als Visualisierungskomponente des Lagerplanungswerkzeuges.

Prinzipiell können dafür aber auch andere kostenpflichtige und Open Source Business Intelligence-Programme in Betracht kommen, wie zum Beispiel Systeme von Microsoft (Power BI). Welches Produkt letztendlich als Visualisierungskomponente genutzt wird, kann somit in Abhängigkeit mit schon vorhandener Systeme, des Lagerplanungsdienstleisters, gesetzt werden.

¹⁶¹ vgl. ebenda

¹⁶² Martin, 2016, S.373

¹⁶³ vgl. <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-3TYE0CD&ct=170221&st=sb> (Gelesen am: 07.11.2017)

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at

7 Auswertung



The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

7.1 Resultat der Aufbereitung und Verknüpfung

Der endgültige Aufbau der Ausgabedateien, nach Aufbereitung und Verknüpfung der Datensätze, hängt von den Metadateneinstellungen ab. In das Tabellen-Blatt *targetAB* bzw. *targetZU* sind für die Abgangs- und Zugangsdaten-Ausgabedateien die Feldnamen einzutragen, die sich auch in den Abschlusstabellen wiederfinden sollen. In den Tabellenblättern der Metadatenfile (*metadata.xlsx*) wird zudem die Reihenfolge der Feldnamen festgelegt, siehe dazu Abschnitt 6.4.5.

Um die Leistungsfähigkeit des Werkzeuges zu demonstrieren, ist in Abbildung 62 ein Auszug aus der Protokolldatei der Abgangsdatenaufbereitung dargestellt. Als Input dienten die kompletten Testdaten (siehe Kapitel 6.1.1). Bei diesem Projekt stechen besonders die Abgangsdaten heraus, mit über 1,8 Millionen Zeilen sind sie der größte Input. Diese 1.885.591 Zeilen werden mit zusätzlichen Feldnamen erweitert. Insgesamt erhält man 295 Feldbeschreibungen (siehe Anhang 9.1).

```

1 16:16:46 Spoon Transformation opened.
2 16:16:46 Spoon Launching transformation [01 Metadata Injection dy Abgang]...
33
34 16:16:51 Text file input_LS.0 Input (I=307, O=0, R=0, W=306, U=1, E=0)
35 16:16:51 Text file input_KS.0 (I=6525, O=0, R=0, W=6524, U=1, E=0)
51 16:16:53 Text file input_Segmentierung.0 (I=44759, O=0, R=0, W=44758, U=1, E=0)
52 16:16:53 Text file input_Dummy1.0 (I=44759, O=0, R=0, W=44758, U=1, E=0)
63 16:16:54 Text file input_Inventurliste.0 (I=26516, O=0, R=0, W=26515, U=1, E=0)
70 16:16:56 Text file input_Verpackungsstufen.0 (I=80744, O=0, R=0, W=80743, U=1, E=0)
121 16:17:04 Text file input_Zugangsdaten.0 (I=275894, O=0, R=0, W=275891, U=3, E=0)
264 16:17:50 Text file input_Abgangsdaten.0 (I=1885593, O=0, R=0, W=1885591, U=2, E=0)
269
270
271 16:17:52 Microsoft Excel Writer ErrorAbgang.0 (I=0, O=50509, R=50508, W=50508, U=0, E=0)
666
667
668 16:22:05 Text file output_Abgangsdaten.0 Output (I=0, O=1835084, R=1835083, W=1835083, U=0, E=0)
669 16:22:05 Spoon The transformation has finished!!
    
```

Dauer: 5 Minuten und 19 Sekunden

50508 fehlerhafte Zeilen ausgesondert

Input mit über 1,8 Mio. Zeilen

Output: 1.885.591-50.508=1835083

Abbildung 62: Protokolldatei der Abgangsdatenaufbereitung

Trotz der großen Datenmenge kann das Lagerplanungshilfsmittel innerhalb von ca. fünf Minuten eine Ausgabedatei mit einer Größe von ungefähr 1,3 GB erstellen (Laptop: Intel i5-6200 Prozessor, 16 GB Arbeitsspeicher). Am Ende ist die Zeilenanzahl um 50.508 reduziert, da zu Beginn eine Aussortierung erfolgte. Diese Zeilen enthalten fehlerhafte Datensätze und sind im *logging*-Ordner des Planungshilfsmittels hinterlegt, siehe Abschnitt 6.4.3. Aufgrund der Tabellengröße und der Spaltenanzahl wird auf eine verkürzte Darstellung der Tabelle an dieser Stelle verzichtet.

In Tabelle 19 wird das Leistungsvermögen des Werkzeuges noch einmal verdeutlicht. Hierzu findet ein Vergleich mit Excel statt. Als Grundlage dient ein verkürzter

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
<http://www.ub.tuwien.ac.at/>
 The approved original version of this diploma/master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

Zugangsdaten-Input (123.207 Zeilen), der mit Informationen aus weiteren Tabellen angereichert wird. Zwecks Vereinfachung wird die Excel-Variante nur mit 2 weiteren Tabellen verknüpft. In Excel wurde die SVERWEIS-Funktion genutzt, siehe Kapitel 6.1.2. Obwohl nur eine verkürzte Tabelle zum Einsatz kommt, benötigt Excel über 39 Minuten zur Verknüpfung von 17 weiteren Spalten. Das erstellte Planungshilfsmittel schafft dies innerhalb von 18 Sekunden, trotz höherer Anzahl an Verknüpfungstabellen.

	Lagerplanungswerkzeug	Excel (SVERWEIS-Funktion)
Zeilen	123.207	123.207
verknüpfte Tabellen	1+8	1+2
Dauer	18 Sekunden	39 Minuten

Tabelle 19: Leistungsvergleich – Verknüpfung von Zugangsdaten

7.2 Auswertung: Lagerbestand

Zusätzlich zur Aufbereitung und Verknüpfung von Bewegungs- und Stammdaten bietet das Lagerplanungswerkzeug die Möglichkeit, Standardauswertungen durchzuführen. Die in Kapitel 6.5.1 beschriebene Bestandsberechnungs-Transformation liefert die entsprechenden Auswertungen, welche nun näher erläutert werden.

Die erste Ausgabetabelle ist in der Datei *00_BestandProTag.csv* enthalten. Diese stellt die Tagesbestände für jeden Lagerartikel übersichtlich dar, siehe Abbildung 63. Als zusätzliche Feldnamen sind die kumulierten Zu- und Abgangsmengen enthalten. Hieraus berechnet das Planungswerkzeug letztendlich auch die Bestandsmengen. In dem vorliegenden Beispiel sind die Lagerbestände der 10.669 Lagerartikel für ein Zeitintervall mit 367 Tagen angegeben. Daraus resultiert eine sehr detaillierte Tabelle mit fast vier Millionen Zeilen. Trotz der Größendimension erfolgt die Ausgabe problemlos. Ist ein Lagerplanungsprojekt mit einem deutlich umfangreicheren Artikelsortiment zu bewältigen, ist gegebenenfalls die Umstellung von einer tages- auf eine wochengenaue Berechnung und Darstellung zu diskutieren.

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

	Artikelnummer	Datum	KumMengeZU	KumMengeAB	Bestand
	ABC000566--	;10.07.2016;	1102	;0	;1102
3	ABC000566--	;09.07.2016;	1102	;0	;1102
4	ABC000566--	;08.07.2016;	1102	;0	;1102
186	ABC000566--	;09.01.2016;	1902	;0	;1902
187	ABC000566--	;08.01.2016;	1902	;9	;1893
188	ABC000566--	;07.01.2016;	1902	;9	;1893
189	ABC000566--	;06.01.2016;	1902	;9	;1893
213	ABC000566--	;05.01.2016;	2702	;18	;2684
214	ABC000566--	;12.12.2015;	2702	;21	;2681
215	ABC000566--	;11.12.2015;	2702	;51	;2651
216	ABC000566--	;10.12.2015;	2702	;52	;2650
368	ABC000566--	;09.12.2015;	2702	;52	;2650
	ABC000566--	;10.07.2015;	3502	;1078	;2424

eine Tabelle -> sehr viele Zeilen: 10669 x 367=

Tagesbestände für jeden Lagerartikel (10669 Stück), innerhalb des Zeitintervalls (hier: 367 Tage)

3915521	ABC99995--	;13.07.2015;	9531	;2555	;6976
3915522	ABC99995--	;12.07.2015;	9531	;2555	;6976
3915523	ABC99995--	;11.07.2015;	9531	;2555	;6976
3915524	ABC99995--	;10.07.2015;	9531	;2555	;6976

Abbildung 63: Tagesbestände der Lagerartikel (00_BestandProTag.csv)

Zur Visualisierung der Ergebnisse wird das Programm *Tableau Software* genutzt, damit lassen sich die generierten Dateien schnell einlesen und interaktiv auswerten. Die hier vorgestellten, graphischen Auswertungen (Tableau Workbook .twb) sind allesamt mit dieser Software generiert worden und liegen dem Lagerplanungswerkzeug bei. Die *Tableau Workbooks* sind mit den Ausgabedateien des Planungshilfsmittels verknüpft. Bei einem neuen Planungsprojekt muss in Tableau nur einmal der Input aktualisiert werden, um die Auswertungen zu erhalten.

Abbildung 64 zeigt die Visualisierungsmöglichkeit für ein Lagerdurchlaufdiagramm. Diese Visualisierung ist mit der zuvor beschriebenen Datei *00_BestandProTag.csv* gekoppelt. Das Diagramm zeigt die Bestandsverläufe und die kumulierten Ab- und Zugangsmengen für einen ausgewählten Artikel. Im Artikelfilter (Markierung 1) können ein oder auch mehrere der 10.669 Artikel selektiert werden. So kann der Anwender selbst entscheiden, welchen Artikelbestandsverlauf er graphisch genauer betrachten möchte.

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at

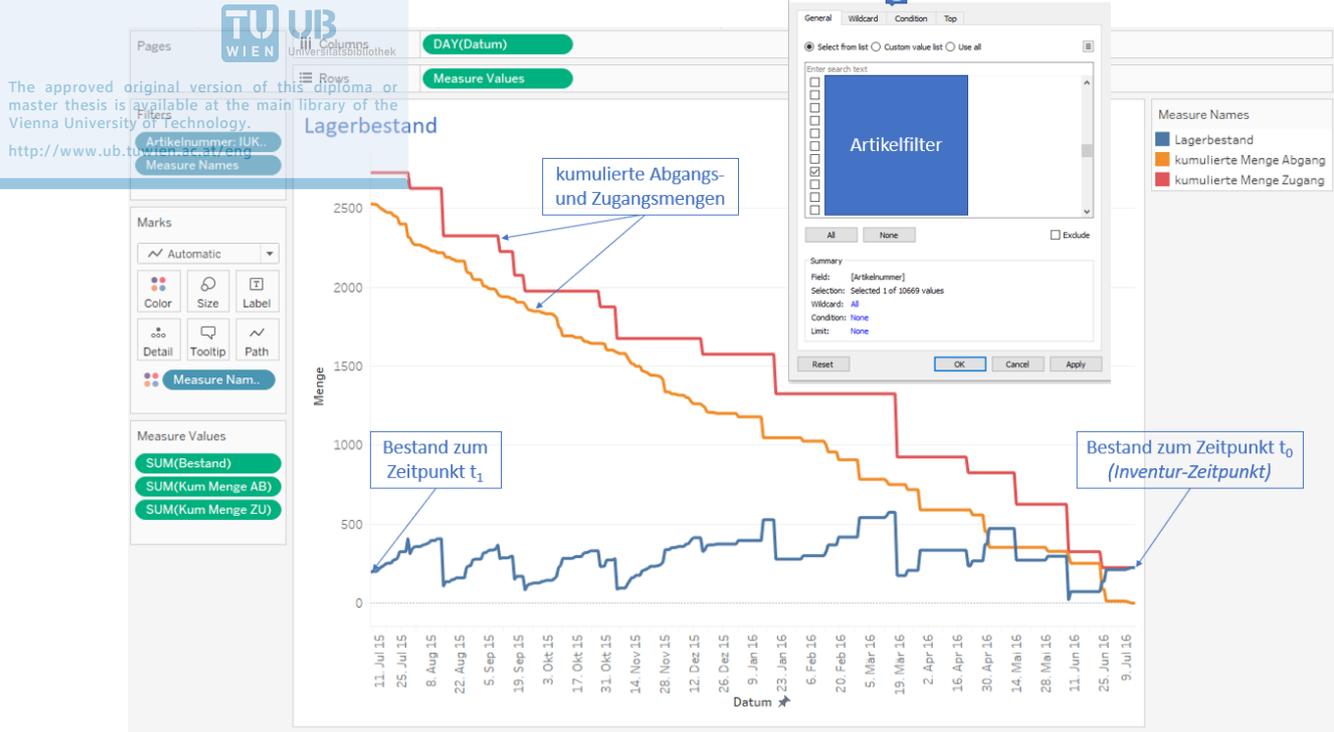


Abbildung 64: Lagerdurchlaufdiagramm: Visualisierung der Tabelle (00_BestandProTag.csv)

Mit der zweiten Ausgabetablelle 00_durchschnBestand.csv wird für jeden Artikel der durchschnittliche, maximale und minimale Bestand ausgegeben, siehe Abbildung 65. Die Berechnungsmethode für den durchschnittlichen Bestand kann in der Mustertransformation angepasst werden. Es ist zu überlegen, ob man eine Berechnungsformel auswählt, die mehrere Zeitabschnitte berücksichtigt.

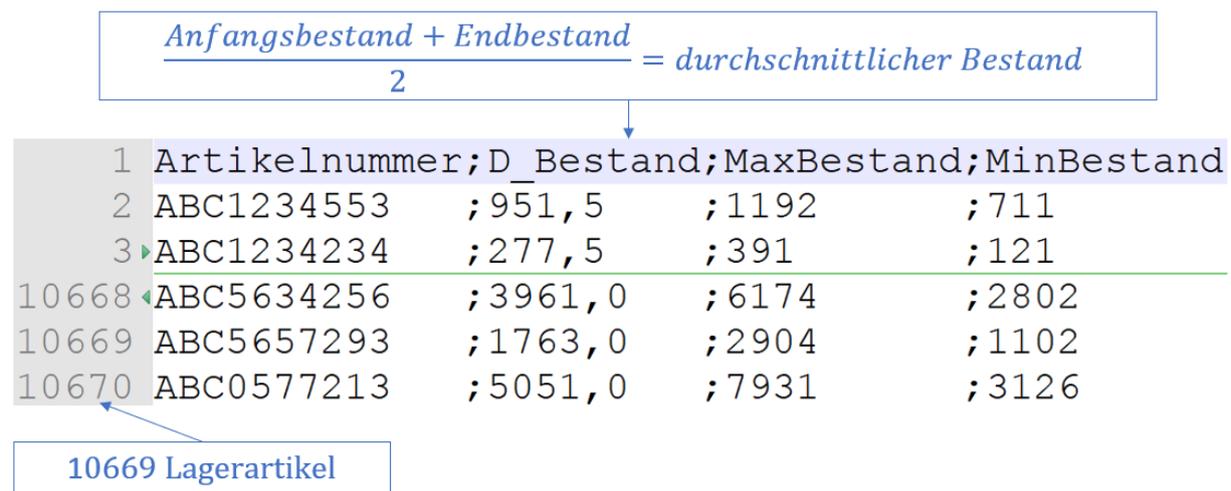


Abbildung 65: Zweite Bestandsausgabe-Tablelle (00_durchschnBestand.csv)

7.3 Auswertung: ABC-Berechnung

Kapitel 6.5.2 ist auf die Implementierung der ABC-Analyse in das Lagerplanungshilfsmittel eingegangen. In diesem Teil der Arbeit folgt nun die Besprechung der Ausgabedateien.

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at/

The approved original version of this diploma/master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

Die Ausgabetablelle der ABC-Analyse zur Klassifizierung der Lagerartikel über die Zugriffshäufigkeit, ist in Abbildung 66 aufgeführt. Unter anderem sind für jeden Artikel die Zugriffe, der prozentuale Anteil der Zugriffe an den Gesamtzugriffen und die letztendlich gesuchte ABC-Kategorie aufgelistet. Ein Zugriff bedeutet in diesem Fall, das Zugreifen auf eine Lagereinheit mit der Entnahme oder Einlagerung einer beliebigen Zahl von Teilen oder Kleingebinden. Die ABC-Grenzen lassen sich individuell im Planungswerkzeug anpassen.

1	Artikelnummer	Zugriff	kumZugriff	SumZugriff	prozZugriff	kumProzZugriff	ABC_Zugriff	KumProzAnzahlArtikel
2	ABC34233--	;2790	;2790	;589562	;0,4732	;0,4732	;A	;0,0052
3	ABC56653--	;2545	;5335	;589562	;0,4317	;0,9049	;A	;0,0105
4	ABC17616--	;2393	;7728	;589562	;0,4059	;1,3108	;A	;0,0157
5	ABC15613--	;2248	;9976	;589562	;0,3813	;1,6921	;A	;0,0210
4632	ABCDE06M--	;29	;471636	;589562	;0,0049	;79,9977	;A	;24,3008
4633	ABCDE460--	;29	;471665	;589562	;0,0049	;80,0026	;B	;24,3060
4634	ABCDEF5ST--	;29	;471694	;589562	;0,0049	;80,0075	;B	;24,3113
9934	ABCDE319--	;9	;560076	;589562	;0,0015	;94,9987	;B	;52,1226
9935	ABCDE322--	;9	;560085	;589562	;0,0015	;95,0002	;C	;52,1278
9936	ABCDE514--	;9	;560094	;589562	;0,0015	;95,0017	;C	;52,1331
19057	ABCDE120--	;1	;589561	;589562	;0,0002	;99,9998	;C	;99,9948
19058	ABCDET12--	;1	;589562	;589562	;0,0002	;100,0000	;C	;100,0000

Abbildung 66: Klassifizierung der Lagerartikel über die Zugriffshäufigkeit (00_Zugriff_ABC.csv)

Die wertmäßige ABC-Einordnung ist in Abbildung 69 sichtbar. Der Rechengang ist ähnlich, nur dass bei dieser Variante der durchschnittliche Bestand und der gleitende Durchschnittspreis als Grundlage dienen. Mit dieser Ausführung ist es möglich, die Artikel nach ihrem durchschnittlichen Bestandswert zu klassifizieren. Die vorliegenden Testdaten enthielten als Besonderheit eine zusätzliche Angabe zur Preisbasis. Daher wurde der Preis erst mit der Preisbasis dividiert. Dieser Schritt kann in der Mustertransformation jedoch deaktiviert werden.

1	Artikelnummer	D_Bestand	Preis	PBasis	P_PBasis	Wert	SumWert	prozWert	KumProzWert	ABC	KumPro
2	ABC23434--	;2119082,0	;29,52	;100	;0,30	;625553,01	;58152259,7	;1,076	;1,0757	;A	;0
3	ABCD4344--	;10495,5	;52,41	;1	;52,41	;550069,15	;58152259,7	;0,946	;2,0216	;A	;0
4	ABC6540456	;9788,5	;43,10	;1	;43,10	;421884,35	;58152259,7	;0,725	;2,7471	;A	;0
1902	ABC4596969	;97,5	;62,76	;1	;62,76	;6119,10	;58152259,7	;0,011	;80,0055	;B	;18,4
1903	ABC8585859	;129,5	;47,19	;1	;47,19	;6111,10	;58152259,7	;0,011	;80,0160	;B	;18,4
1904	ABC5959595	;429,5	;14,22	;1	;14,22	;6107,49	;58152259,7	;0,011	;80,0265	;B	;18,4
4641	ABC99696--	;15,5	;96,18	;1	;96,18	;1490,79	;58152259,7	;0,003	;95,0005	;C	;44,8
4642	ABC59595--	;23,0	;64,78	;1	;64,78	;1489,94	;58152259,7	;0,003	;95,0030	;C	;44,8
10351	ABC494949-	;3291,5	;0,00	;1	;0,00	;0,00	;58152259,7	;0	;100,0000	;C	;100
10352	ABC858585-	;1038,0	;0,00	;1	;0,00	;0,00	;58152259,7	;0	;100,0000	;C	;100

Abbildung 67: 00_Wert_ABC.csv

Auch für die Visualisierung der ABC-Ausgabetablellen wird die Tableau Software genutzt. Abbildung 68 und Abbildung 69 zeigen dazu jeweils einen Ausschnitt aus dem

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/>

Tableau Workbook. Aus den verwendeten Testdaten lassen sich mit Hilfe der Diagramme zum Beispiel die Aussagen treffen, dass auf circa 24 Prozent der Artikel 80 Prozent der Zugriffe entfallen oder dass ungefähr 18 Prozent der Lagerartikel 80 Prozent des durchschnittlichen Lagerbestands ausmachen.

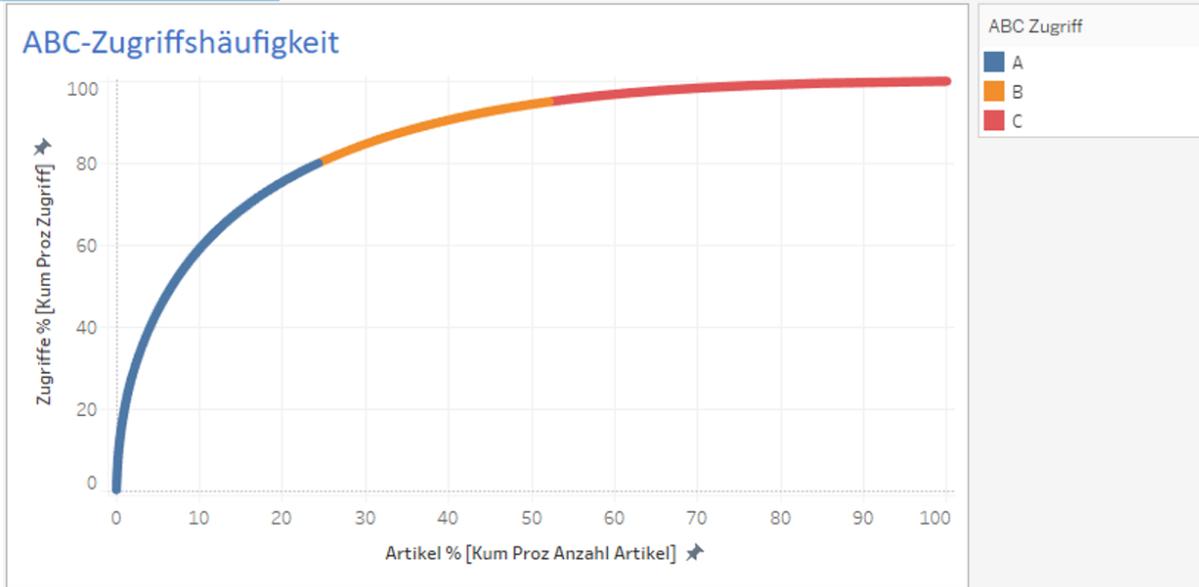


Abbildung 68: ABC-Zugriffshäufigkeit (Tableau Workbook ABC-Zugriffshäufigkeit.twb)

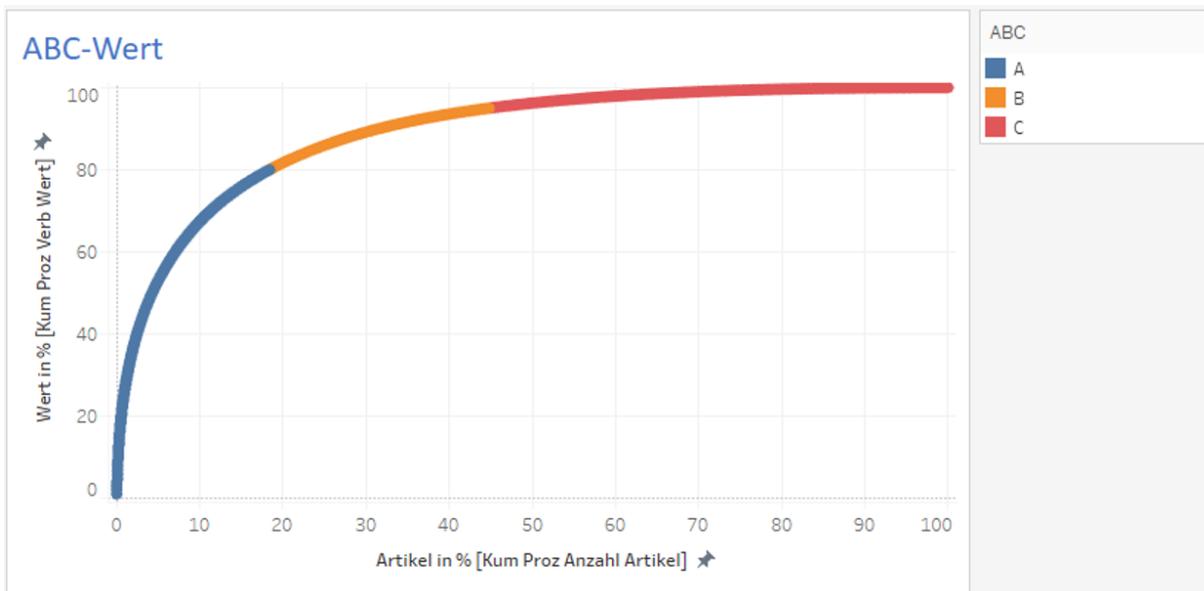


Abbildung 69: ABC-Wert (Tableau Workbook ABC-Wert.twb)

Alle vorgestellten Standardauswertungen befinden sich üblicherweise in derselben Mustertransformation (*02_file_Lagerbestand_ende*). Abbildung 70 zeigt einen Ausschnitt ausgewählter Zeilen aus dem Protokollfenster des Jobs (*Bestand_InvEnde*), in dem ebenfalls die Mustertransformation enthalten ist. Auch hier zeigt sich die Leistungsfähigkeit des Lagerplanungswerkzeugs. Innerhalb von vier Minuten hat das Programm unter anderem die 1,8 Millionen Zeilen der Ausgangsdaten erfasst und die vier Ausgabedateien erstellt. Dieses schließt zusätzlich den schon

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/>

erwähnten Output der Tagesbestände für die Lagerartikel mit ein, welcher über 3,9 Millionen Zeilen besitzt.

The approved original version of this diploma or master thesis is available in the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

```
14:29:22 Spoon Starting job...
14:29:22 Bestand_InvEnde_Job Start of job execution
47 14:29:26 Text file input_Inventurliste.0 Input (I=26516, O=0, R=0, W=26515, U=1, E=0)
60 14:29:27 Text file input_Artikelstamm.0 (I=44759, O=0, R=0, W=44758, U=1, E=0)
146 14:29:36 Text file input_Zugangsdaten.0 (I=275894, O=0, R=0, W=275891, U=3, E=0)
606 14:30:44 Text file input_Abgangsdaten.0 (I=1885593, O=0, R=0, W=1885591, U=2,
918
919 14:31:00 Text file output_00_Zugriff_ABC.0 Output (I=0, O=19058, R=19057, W=19057, U=0,
3271 14:33:26 Text file output_00_BestandProTag.0 (I=0, O=3915524, R=3915523, W=3915523,
3280 14:33:26 Text file output_00_durchschnBestand.0 (I=0, O=10670, R=10669, W=10669, U=0,
3302 14:33:26 Text file output_00_Wert_ABC.0 (I=0, O=10352, R=10351, W=10351, U=0,
3306
3307 14:33:26 Bestand_InvEnde_Job Job execution finished
3308 14:33:26 Spoon Job has ended.
```

Dauer: 4 Minuten und 4 Sekunden

Input mit über 1,8 Mio. Zeilen

Output mit über 3,9 Mio. Zeilen

Abbildung 70: Protokollausschnitt aus dem Logging-Reiter des Jobs (*Bestand_InvEnde*)

8.1 Diskussion der Ergebnisse

Im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit sollte ein Lagerplanungswerkzeug entwickelt werden, welches als Planungshilfsmittel fungiert.

Nach der Literaturrecherche und dem Vergleich verschiedener Lagerplanungsmodelle, konnte die elementare Bedeutung der Planungsphasen Datenerfassung und -analyse aufgezeigt werden. Zudem wurde festgestellt, dass hauptsächlich Tabellenkalkulationen und Datenbankmanagementsysteme zur Verarbeitung von Stammdaten und Bewegungsdaten zum Einsatz kommen. Die Verwendung von gewöhnlichen Datenverarbeitungswerkzeugen kann aber aufgrund der kontinuierlich wachsenden, zu verarbeitenden Datenmenge zu Herausforderungen und Problemen führen. Schnell sind Grenzen möglicher Zeilen pro Tabellenblatt erreicht. Zudem ist innerhalb dieser Programme die Aufbereitung und die Verknüpfung großer Datenmengen aufwendig und gleichzeitig zeitintensiv.

Das entstandene Lagerplanungswerkzeug ermöglicht, schnell eine Datenbasis für die weitere Planung zu schaffen und hilft somit die Planungskosten zu senken. Zudem kann es universell durch die Anpassung der Metadaten in verschiedenen Projekten zum Einsatz kommen. Ein denkbare Szenario ist, dass der Kunde die Metadatendatei vom Planungsdienstleister erhält und diese selbständig ausfüllt. So können schon beim Kunden erste Datenanalysen stattfinden. Ein weiterer Vorteil ist die übersichtliche Dokumentierung innerhalb dieser Metadatendatei. Der Kunde sieht sofort, welche ursprünglichen Feldbeschreibungen mit den Feldnamen der Standardvorlage des Dienstleisters korrespondieren. Da das Lagerplanungshilfsmittel auf dem Open Source Programm Pentaho Data Integration (PDI) basiert, sind als positiver Nebeneffekt keine Lizenzkosten zu berücksichtigen.

Die Ausgabedateien sind so vorkonfiguriert, dass sie in zusätzlichen Planungswerkzeugen zum Einsatz kommen können, welche in der Lage sind, große Datenmengen zu verarbeiten. Beispielsweise lässt sich zur Visualisierung der Ergebnisse das Programm *Tableau Software* nutzen, mit welchem sich die generierten Dateien schnell einlesen und interaktiv auswerten lassen.

Ist in Zukunft die Einbindung einer Datenbank oder ein weiteres Output-Format erforderlich, lässt sich dieses unkompliziert bewerkstelligen. Es müssen nur die Input-beziehungsweise Output-Elemente angepasst werden.

8.2 Entwicklungspotentiale

Hinsichtlich der flexiblen Ausrichtung des Lagerplanungswerkzeugs wäre eine Weiterentwicklung denkbar, würde aber den Rahmen der Arbeit sprengen.

Es lässt sich überlegen, weitere Standardauswertungen zu implementieren. In der derzeitigen Version des Planungshilfsmittels existieren zudem mehrere Mustertransformationen, möglich ist aber auch nur eine einzelne Transformation für die Aufbereitung, Verknüpfung und Auswertung der Daten. Zwecks Übersichtlichkeit wurde auf diesen Schritt bisher verzichtet. Zudem ist zu erwägen, die Metadaten-datei weiter auszubauen und somit die Mustertransformation mit noch mehr Information zu versorgen.

Weitere Entwicklungspotentiale ergeben sich bei der Betrachtung einer Business-Intelligence-Informationssystemlandschaft. Abbildung 71 stellt dafür eine BI-Referenzarchitektur mit verschiedenen Datenschichten, Analyseelementen und Datenschnittstellen dar. Zusätzlich ist der momentane Aufbau des Lagerplanungswerkzeugs innerhalb einer solchen Struktur aufgezeigt (blaue Markierung).

Die Komponenten der Ebenen Datenquellen und -erfassung decken sich mit der erstellten ETL-Lösung in Kettle. Im Unterschied dazu fehlt aber in der Ebene Datenhaltung und -bereitstellung ein Core Data Warehouse oder ein Data Mart (kleine Datenspeichereinheiten). Aktuell werden für diesen Zweck verschiedene CSV-Dateien generiert. Die Implementierung eines anderen Datenspeichers ist in Zukunft in Betracht zu ziehen.

Grundsätzlich sind unterschiedliche Varianten möglich. Zum einen ist die Erstellung eines zentralen Core Data Warehouses vorstellbar, welches die gesamten Daten des Unternehmens speichert und dann allen Benutzern zur Verfügung stellt. Hierfür muss der Speicher aber Sammel-, Integrations- und Auswertungsfunktionen übernehmen, was eine starke Auslastung für das System darstellen kann. Zum anderen bietet sich die Realisation von mehreren Data Marts an, die eine angepasste Datenbasis für die jeweiligen Anwendergruppen bereitstellen. Das Core Data Warehouse wird bei dieser Variante übersprungen und die Data Marts schließen sich direkt an den ETL-Prozessschritt an. Eine weitere Option ist die Kombination aus den beiden erstgenannten Varianten. In diesem Fall übernimmt das Core Data Warehouse eine Distributionsfunktion zur Verteilung der Daten an die kleineren Datenspeichereinheiten.¹⁶⁴

In der Ebene der Datenanalyse und -präsentation lassen sich unterschiedliche Auswertungskonzepte einsetzen. Hier sind beispielsweise die Vorgänge des Data Mining (statistische Verfahren zur Datenauswertung) und die Möglichkeit einer Ad-hoc-

¹⁶⁴ Linden, 2016, S.138ff

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/>

The approved original version of this diploma/master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

Auswertung (OLAP) zu nennen. Zudem lassen sich Visualisierungen der zuvor analysierten Daten und Management Dashboards (kompakte Darstellung wesentlicher Steuerungsgrößen) anzeigen.¹⁶⁵

Für das erstellte Lagerplanungswerkzeug ist die Visualisierung der Standardauswertung in der BI-Software Tableau realisiert. Das Potential dieser Software erlaubt aber auch an dieser Stelle noch Erweiterungen, indem zusätzliche Auswertungskonzepte und Darstellungsmöglichkeiten implementiert werden.

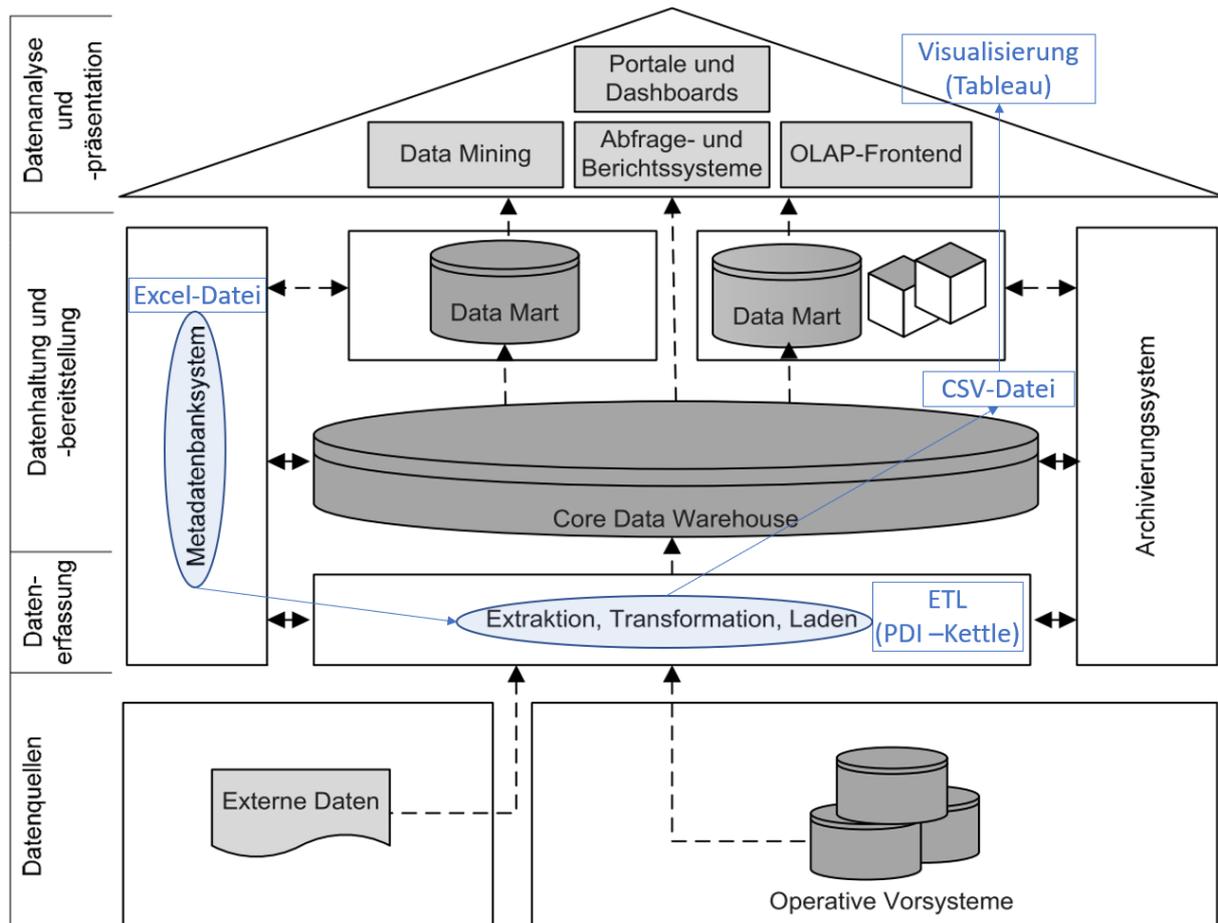


Abbildung 71: Referenzarchitektur eines Business-Intelligence-Systems (bearbeitet)¹⁶⁶

¹⁶⁵ vgl. ebenda, S.163f

¹⁶⁶ vgl. ebenda, S.127

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

9



Anhang

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

9.1 Standardbezeichnung für Bewegungs- und Stammdaten

Zugangsdaten	Abgangsdaten	Inventurliste
ID_Zugang	ID_Abgang	Artikelnummer
BestellnummerID	ID_Liefernummer/Auftragsnummer	Artikelbezeichnung _ausInventurliste
TransportauftragID	ID_Shipmentnummer/Transportauftrag	Bestandsmenge_StkVerpackungenPaletten
ReferenzZuKundenauftragID	Artikelnummer	Bestandswert_Euro
Artikelnummer	Artikelbezeichnung	LagerumschlagshäufigkeitPro Jahr_Zahl
ArtikelbezeichnungAusZugangsdaten	ID Lager	ID Lager
LieferantennummerID	Lagerplatz_Lagerplatznummer	Lagerort_Gangnummer
VersandortAbgangsortLadestelle _StadtPLZLand	ID Kunde	Lagerort_LagerplatznummerF ach
WunschlieferdatumTTMMJJJJ	DUNS_Nr	Lagerplatzverwendung_FixDy namisch
VersanddatumTTMMJJJJ	Kundenbezeichnung	Inv_Dummy1
PlanlieferdatumTTMMJJJJ	Versandort/Abgangsort_StadtP LZLand	Inv_Dummy2
Zielort_StadtPLZLand	ID/Nr_Kommissionierauftrag	Inv_Dummy3
Empfänger_Firmenname_ID	DatumSystemfreigabeKommissionierauftrgs	Inv_Dummy4
IstAnlieferdatumTTMMJJJJ	UhrzeitSystemfreigabeKommissionierauftrags	Inv_Dummy5
Ist-Anlieferzeit_hhmm	Startdatum Kommissionierauftrag (phys)	Inv_Dummy6
Transportmittel	Startuhrzeit Kommissionierauftrag (phys)	Inv_Dummy7
Transportgebinde_KlasseKategoriePräfix	Pick-Datum	Inv_Dummy8
TransportgebindeID	Pick-Uhrzeit	Inv_Dummy9
BestellvolumenStk	Abgabedatum Verpackung	Inv_Dummy10
BestellwertInEuro	Abgabeuhrzeit Verpackung	
Lager_IDLagerBezeichnung	ID Verpackungsort	
Lagerplatz_Lagerplatznummer	Abgabedatum Versandzone	
Incoterms	Abgabezeit Versandzone	
LeadTimeInTagen	Versanddatum TTMMJJJJ	
TransportkostenVorlaufInEuro	Versanduhrzeit hhmm	
TransportkostenHauptlaufInEuro	Transportmittel	
Transportkosten NachlaufInEuro	Transportgebinde	
TransportkostenTotalGesamtInEuro	ID_Frächter	
PositionID	FrächterBezeichnung	
Bestätigtes LieferdatumTTMMJJJJ	Ausbuchungsdatum TTMMJJJJ	
DatumWarenannahme	Planlieferdatum TTMMJJJJ	

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/>

The approved original version of this diploma or master thesis is available in the library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/>

UhrzeitWarenannahme	Zielort_StadtPLZLand	
DatumAbholungWareneingang	Kunde_Firmenname/ID	
UhrzeitAbholungWareneingang	Anlieferdatum TTMMJJJJ	
DatumEinlagerung_BuchungAuf Lagerplatz	Versandmenge_Stk/Verpack/Pal/Ship	
UhrzeitEinlagerung_BuchungAufLagerplatz	Versandwert_Euro	
Zug_Dummy1	Incoterms	
Zug_Dummy2	Transportkosten_Euro	
Zug_Dummy3	Ab_Dummy1	
Zug_Dummy4	Ab_Dummy2	
Zug_Dummy5	Ab_Dummy3	
Zug_Dummy6	Ab_Dummy4	
Zug_Dummy7	Ab_Dummy5	
Zug_Dummy8	Ab_Dummy6	
Zug_Dummy9	Ab_Dummy7	
Zug_Dummy10	Ab_Dummy8	
	Ab_Dummy9	
	Ab_Dummy10	

Tabelle 20: Bewegungsdaten

Artikelstamm	Verpackungsstufen	Verpackungsstammdaten	Lieferantenstamm
Artikelnummer	Artikelnummer	Verpackungsnummer_ID	Lieferant_ID
Artikelbezeichnung	VPE_KurzBez	Verpackungslosgröße_Stk	DUNS_LS_ID
ProduktgruppeWarengruppe1	VPE_LangBez	ArtVerpackungTyp	Adresse_LS
ProduktgruppeWarengruppe2	OrderNumberVerpackungsstufe_6Stufe n	AbmessungVerpackung_lxbxh	Incoterm_LS
Planungskaskade	Packagenummer	GewichtVerpackungNetto_kg	Land_LS
EinkaufspreisInEuro	AnzahlVerpackungenAufLadehilfsmittelinheit_StkProLHM	MaxGewicht_ZuladungInkVerpackung_kg	IDaktiverLieferant_YN
Einstandspreis	Height	Beschreibung-Verwendung	LS_Dummy1
GleitenderDurchschnittspreis	Volume	Stapelbarkeit_YN	LS_Dummy2
MaterialkostenInEuro	Diameter	Stapelfaktor_zBGitterboxen	LS_Dummy3
HerstellkostenInEuro	Weight	VerpSt_Dummy 1	LS_Dummy4
VerkaufspreisInEuro	Width	VerpSt_Dummy 2	LS_Dummy5
MinVerkaufslosgröße_StkProVerpackungseinheit	Length	VerpSt_Dummy 3	LS_Dummy6
Verpackungsgröße_LxBxH	Saleable	VerpSt_Dummy 4	LS_Dummy7
ID_MakeBuyKombination	Conveyable	VerpSt_Dummy 5	LS_Dummy8
ID_NormteilZeichnungsteil	VP_Stufen_Dummy 1	VerpSt_Dummy 6	LS_Dummy9

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/
Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Tech-
nischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tu.wien.at>

The approved original version of this diploma or
master thesis is available at the main library of the
Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tu.wien.at>

VerpackungslosgrößeInStk_	VP_Stufen_Dummy	VerpSt_Dummy 7	LS_Dummy10
Verpackungsstufe1	2		
VerpackungsartTypID	VP_Stufen_Dummy	VerpSt_Dummy 8	
	3		
AnzahlVerpackungenLadehilfsmittel		VerpSt_Dummy 9	
einheit_Stk/LHM			
Gewicht_kgProStück_kgProVerpac		VerpSt_Dummy	
kung		10	
Verkaufszahlen_20xxStk			
IDLieferant_ALieferant			
IDLieferant_BLieferant			
LieferantenbezeichnungLieferantA			
LieferantenbezeichnungLieferantB			
Incoterm			
Wiederbeschaffungszeit_Tage			
Mindestbestellmenge_Stk			
Mindestbestellwert_Euro			
ID_Dispositionsmerkmal			
ID_Lebenszyklus_ObsoletereAktivGe			
sperrt			
ID_Rahmenvertrag_YN			
Rundungswert_Zahl			
Referenz_BaureiheProduktVersion			
Anlage			
GleitenderDurchschnittspreisLager			
LetztesZugangsdatum_Zubuchungl			
mLager TTMMJJJJ			
LetztesAbgangsdatum_Abbuchungl			
mLagerTTMMJJJJ			
LagerbestandArtikelnummerStichta			
g_TTMMJJJJ			
Spezifikation_DIN_ISO			
Stapelfaktor_VPE_LHM			
SpezielleAnweisungen			
Gefahrgut_YN			
ArtST_Dummy 1			
ArtST_Dummy 2			
ArtST_Dummy 3			
ArtST_Dummy 4			
ArtST_Dummy 5			
ArtST_Dummy 6			
ArtST_Dummy 7			
ArtST_Dummy 8			
ArtST_Dummy 9			
ArtST_Dummy 10			

Tabelle 21: Stammdaten Teil 1

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

Kundenstamm	Vertriebsprognosen	Segmentierung	Dummy1
ID Kunde	Planungskaskade	Artikelnummer	NummerLagerbereich
DUNS_KS_ID	AbsEntwPlanungshorizont_inProz	ProduktfamilienProdukthierarchie	NameLagerbereich
Adresse_KS	AbsEntwZwischenstufe1_inProz	AbteilungenWerke	VerwendungLagerbereich
Incoterm_KS	AbsEntwZwischenstufe2_inProz	Geographie_LänderRegionen	
Land_KS	AbsEntwZwischenstufe3_inProz	Zielgruppen_AlterGeschlechtEinkommen	
ZuordnungZuTourTransportmittelRegion	AbsEntwZwischenstufe4_inProz	SGT_Dummy1	
IDaktiverKunde_YN	VertrProgn_Dummy1	SGT_Dummy2	
KS_Dummy1	VertrProgn_Dummy2	SGT_Dummy3	
KS_Dummy2	VertrProgn_Dummy3	SGT_Dummy4	
KS_Dummy3	VertrProgn_Dummy4	SGT_Dummy5	
KS_Dummy4	VertrProgn_Dummy5	SGT_Dummy6	
KS_Dummy5	VertrProgn_Dummy6	SGT_Dummy7	
KS_Dummy6	VertrProgn_Dummy7	SGT_Dummy8	
KS_Dummy7	VertrProgn_Dummy8	SGT_Dummy9	
KS_Dummy8	VertrProgn_Dummy9	SGT_Dummy10	
KS_Dummy9	VertrProgn_Dummy10		
KS_Dummy10			

Tabelle 22: Stammdaten Teil 2

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

9.2 Visualisierte Standardauswertung



The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

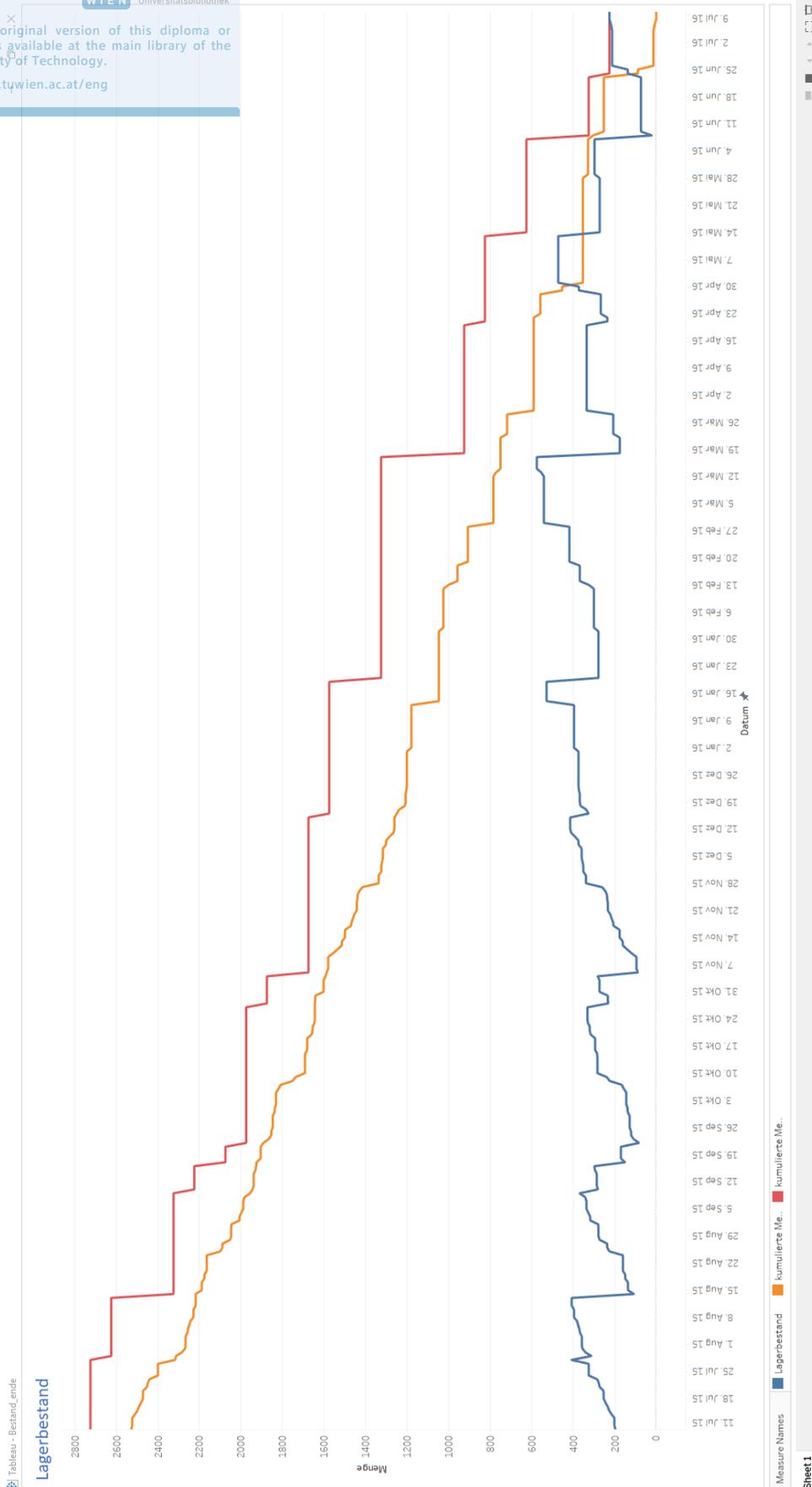


Abbildung 72: Inventurdaten zum Ende des Zeitintervalls

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>



The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

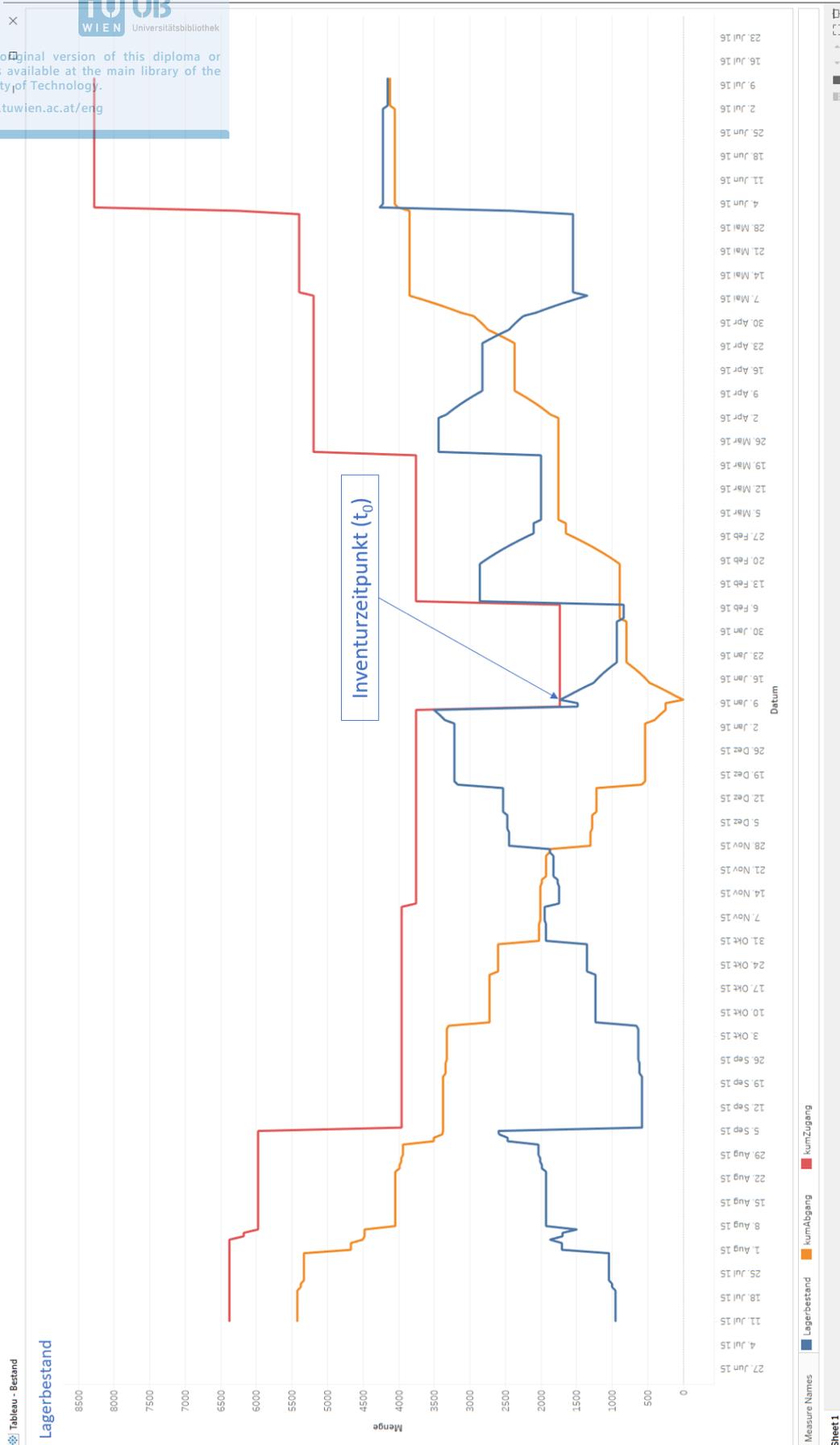


Abbildung 73: Inventurdaten in der Mitte des Zeitintervalls

10 Abbildungsverzeichnis



Abbildung 1: Aufbau der Arbeit.....	4
Abbildung 2: Planungssystematik nach H.Martin.....	7
Abbildung 3: Iterationsprozess einer Planung	8
Abbildung 4: 7-stufige Planungssystematik	11
Abbildung 5: Arbeitsprodukt-Baustein	21
Abbildung 6: Vorgeschlagene Planungshilfsmittel-Architektur.....	22
Abbildung 7: (links) Aufgaben- und (rechts) Arbeitszeitverteilung in der Fabrikplanung	29
Abbildung 8: Materialflusserfassungsbogen „7W-Methode“	31
Abbildung 9: ETL-Prozess (eigene Abbildung)	33
Abbildung 10: Methoden zur Klassifizierung des Artikelstamms.....	38
Abbildung 11: ABC-Analyse: Typische Zugriffsdichtekurven	39
Abbildung 12: Allgemeines Lagermodell nach REFA	40
Abbildung 13: Lagerdurchlaufdiagramm	41
Abbildung 14: Erweitertes Lagerdurchlaufdiagramm	42
Abbildung 15: (a) Verschiedene Lagerzustände und (b) Lagerkennlinie	43
Abbildung 16: Konzept des Spiralmodells	46
Abbildung 17: Schrittweises Wachsen nach inkrementellem Vorgehen	47
Abbildung 18: Trichter der Software-Auswahl.....	48
Abbildung 19: Flussdiagramm	49
Abbildung 20: Flussdiagramm Lagerplanungswerkzeug	50
Abbildung 21: Datenverknüpfung mit Excel (SVerweis-Funktion).....	53
Abbildung 22: Spiralmodell: 1. Phase.....	54
Abbildung 23: ETL Software-Auswahl	57
Abbildung 24: Grafische Benutzeroberfläche – Pentaho Data Integration.....	59
Abbildung 25: Spiralmodell: 2. Phase.....	60
Abbildung 26: Übersetzer für Feldnamen und Formatierung.....	60
Abbildung 27: ETL Metadata Injection.....	61
Abbildung 28: metadata.xlsx Tabellenblatt: Abgangsdaten	63
Abbildung 29: metadata.xlsx Tabellenblatt: all (Standardschema)	64
Abbildung 30: Metadata Injection Transformation	64
Abbildung 31: Metadata Injection Einstellungen.....	65
Abbildung 32 Spiralmodell: 3. Phase	66
Abbildung 33: Datenmodell eines Warehouse Managementsystems.....	67
Abbildung 34: Datenflussdiagramm der Testdaten.....	69
Abbildung 35: Ordnerstruktur des Lagerplanungswerkzeugs	70
Abbildung 36: Dateninput-Platzhalter (inkl. Fehlerreport)	70
Abbildung 37: Metadaten für Dateieninput	71

Abbildung 38: Ausschnitt aus einer CSV-Datei vor (oben) und nach (unten) der Datenbereinigung.....	72
Abbildung 39: Fehlerreportfunktion des Lagerplanungswerkzeugs (unten), Text-Input (oben).....	73
Abbildung 40: Einzigartigkeit von Datenwerten in einer Spalte.....	74
Abbildung 41: Entfernen mehrfach vorkommender Zeilen (Unique rows Baustein)...	74
Abbildung 42: LEFT OUTER JOIN (Verknüpfungsbedingung: Artikelnummer)	75
Abbildung 43: Erweiterung der Abgangsdaten mit dem Artikelstamm über den Merge Join Step.....	76
Abbildung 44: Merge Join Baustein	76
Abbildung 45: Daten-Input deaktivieren bzw. aktivieren (alle aktiviert).....	77
Abbildung 46: Daten-Input (Segmentierung und Vertriebsprognosen deaktiviert)	78
Abbildung 47: Output der fertigen Datensätze.....	80
Abbildung 48: metadata.xlsx – Einstellungen für den Datenoutput.....	80
Abbildung 49: Spiralmodell: 4.Phase.....	81
Abbildung 50: Zeitpunkt der Inventur und Zeitintervall der Bestandsberechnung.....	82
Abbildung 51: Grundsätzlicher Aufbau des Jobs (Bestand_InvEnde_Job) inkl. der enthaltenen Transformation.....	83
Abbildung 52: Transformation (02_file_Lagerbestand_ende) Teil 1 – Input	84
Abbildung 53: Step Filter rows (Filter rows_Lagerartikel)	85
Abbildung 54: Group by (_ZuAnfang) Step mit Beispiel Tabelle (vor und nach dem Schritt)	86
Abbildung 55: Transformation (02_file_Lagerbestand_ende) Teil 2	87
Abbildung 56: Merge Join_Zu – LEFT OUTER JOIN (Verknüpfungsbedingung: Artikelnummer und Datum).....	88
Abbildung 57: Transformation (02_file_Lagerbestand_ende) Teil 3	89
Abbildung 58: ABC-Berechnungsmodul (Zugriffshäufigkeit).....	90
Abbildung 59: Formula Step (Formula 2) für ABC-Einteilung	91
Abbildung 60: ABC-Berechnungsmodul (Wert)	92
Abbildung 61: Magic Quadrant for Business Intelligence and Analytics Platforms	94
Abbildung 62: Protokolldatei der Abgangsdatenaufbereitung	95
Abbildung 63: Tagesbestände der Lagerartikel (00_BestandProTag.csv).....	97
Abbildung 64: Lagerdurchlaufdiagramm: Visualisierung der Tabelle (00_BestandProTag.csv)	98
Abbildung 65: Zweite Bestandsausgabe-Tabelle (00_durchschnBestand.csv)	98
Abbildung 66: Klassifizierung der Lagerartikel über die Zugriffshäufigkeit (00_Zugriff_ABC.csv)	99
Abbildung 67: 00_Wert_ABC.csv	99
Abbildung 68: ABC-Zugriffshäufigkeit (Tableau Workbook ABC-Zugriffshäufigkeit.twb)	100
Abbildung 69: ABC-Wert (Tableau Workbook ABC-Wert.twb).....	100

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

Abbildung 70: Protokollauschnitt aus dem Logging-Reiter des Jobs (Bestand InvEnde)	101
Abbildung 71: Referenzarchitektur eines Business-Intelligence-Systems (bearbeitet)	104
Abbildung 72: Inventurdaten zum Ende des Zeitintervalls	109
Abbildung 73: Inventurdaten in der Mitte des Zeitintervalls	110

The approved original version of this diploma/master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

11



Formelverzeichnis

The approved original version of this diploma/master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

Formel 1: Durchschnittlicher Lagerbestand	36
Formel 2: Umschlaghäufigkeit	36
Formel 3: Umschlaghäufigkeit	37
Formel 4: Flächennutzungsgrad	37
Formel 5: Höhennutzungsgrad	37
Formel 6: Raumnutzungsgrad	37

12 Tabellenverzeichnis



Tabelle 1: Überblick zu Lagerplanungsmodellen	10
Tabelle 2: Inhalt und Planungshilfsmittel der einzelnen Planungsstufen	13
Tabelle 3: Inhalt und Ergebnis der Planungsphasen	15
Tabelle 4: Lagermodelle der Industrie	23
Tabelle 5: Von Unternehmen eingesetzte Werkzeuge in der Lagerplanung	25
Tabelle 6: Vergleich der Lagerplanungsmodelle.....	28
Tabelle 7: Artikelstammdaten	34
Tabelle 8: Bestands- und Bewegungsdaten	35
Tabelle 9: Systemdaten	35
Tabelle 10: Notation Flussdiagramm	49
Tabelle 11: Stammdaten (Testdaten)	51
Tabelle 12: Bewegungsdaten (Testdaten).....	52
Tabelle 13: Vergleich von Open Source ETL-Software	56
Tabelle 14: Metadatendefinition.....	63
Tabelle 15: Bewegungsdaten (Auszug)	68
Tabelle 16: Stammdaten (Auszug) Teil 1	68
Tabelle 17: Stammdaten (Auszug) Teil 2	68
Tabelle 18: Tabelle (Eingang und Ausgang)	79
Tabelle 19: Leistungsvergleich – Verknüpfung von Zugangsdaten	96
Tabelle 20: Bewegungsdaten	106
Tabelle 21: Stammdaten Teil 1	107
Tabelle 22: Stammdaten Teil 2.....	108

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/
Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Tech-
nischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

13



Abkürzungsverzeichnis

The approved original version of this diploma or
master thesis is available at the library of the
Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

bzw.	Beziehungswise
B	Breite
BI	Business Intelligence
BKT	Betriebskalendertag
CAD	computer-aided design
CRM	Customer-Relationship-Management
CSV	Comma-separated values
DUNS	Data Universal Numbering System
DV-System	Datenverarbeitungssystem
E-Commerce	Electronic Commerce
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
ERP	Enterprise-Resource-Planning
ETL	Extraktion, Transformation, Laden
GB	Gigabyte
GLD	Gleitender Durchschnittspreis
H	Höhe
inkl.	inklusive
IuK-System	Informations- und Kommunikationssystem
kg	Kilogramm
KPI	Key Performance Indicator
KS	Kundenstamm
L	Länge
LE	Lagereinheit
LS	Lieferantenstamm
m	Meter
MBSE	Model-Based Systems Engineering
Microsoft	MS
mm	Millimeter
n. a.	nicht auswertbar
nr	Nummer
nto	netto
OLAP	On-Line Analytical Processing
PDI	Pentaho Data Integration
REFA	Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung
RFID	radio-frequency identification
RUS	regelmäßig, unregelmäßig, sporadisch

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/
Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Tech-
nischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

The approved original version of this diploma or
master thesis is available at the library of the
Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

SCM	Supply-Chain-Management
SCOR	Supply-Chain-Operations-Reference-Modell
SD	Stammdaten
SGT	Segmentierung
SQL	Structured Query Language
STK	Stück
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
UML	Unified Modeling Language
US-ASCII	American Standard Code for Information Interchange
UTF-8	8-Bit UCS Transformation Format
VPE	Verpackungseinheit
WMS	Warehouse management systems
z.B.	zum Beispiel
ZD	Zugangsdaten

Abts, D.; Mülder, W.: Grundkurs Wirtschaftsinformatik, 9. Auflage, Springer-Verlag, Wiesbaden, 2017.

Arnold, D.; u.a.: Handbuch Logistik, 3. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008.

Bansal, S. K.: Towards a Semantic Extract-Transform-Load (ETL) Framework for Big Data Integration, 2014 IEEE International Congress on Big Data, 27.06.2014-02.07.2014.

Bernnat, R.: Strategien der Lagerplatzvergabe - Rationalisierungspotentiale im Kommissionierlager, 1. Auflage, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, 1997.

Bodner, D.; u.a.: A process model and support tools for warehouse design, Proceedings of the 2002 NSF design, service and manufacturing grantees and research conference.2002.

Brandt-Pook, H.; Kollmeier, R.: Softwareentwicklung kompakt und verständlich: Wie Softwaresysteme entstehen, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2016.

Broy, M.; Kuhrmann, M.: Projektorganisation und Management im Software Engineering, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2013.

Canessa, M.; Baker, P.: Warehouse design: A structured approach, in: European Journal of Operational Research, 193 (2), 2009, S. 425-436.

Casters, M.; u.a.: Pentaho Kettle solutions: building open source ETL solutions with Pentaho Data Integration, 1. Auflage, John Wiley & Sons, Indianapolis, 2010.

Establish Inc. / Herbert W. Davis & Co.: Logistic Cost and Service 2010, Council of Supply Chain Management Professionals Conference.2010.

Faber, N.; u.a.: Organizing warehouse management, in: International Journal of Operations & Production Management, 33 (9), 2013, S. 1230-1256.

Frazelle, E. H.: World-Class Warehousing and Material Handling, 2 edition, McGraw-Hill Education, New York, 2016.

Freytag, J.-C.: Grundlagen und Visionen großer Forschungsfragen im Bereich Big Data, in: Informatik-Spektrum, 37 (2), 2014, S. 97-104.

Gadatsch, A.: Grundkurs Geschäftsprozess-Management : Methoden und Werkzeuge für die IT-Praxis: Eine Einführung für Studenten und Praktiker, 7. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 2012.

Govindaraj, T.; u.a.: Design of warehousing and distribution systems: an object model of facilities, functions and information, 2000 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 08.10.2000-11.10.2000.

Gu, J.; u.a.: Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review, in: European Journal of Operational Research, 203 (3), 2010, S. 539-549.

Gudehus, T.: Logistik 1: Grundlagen, Verfahren und Strategien, 4. Auflage, Springer Vieweg, Berlin Heidelberg, 2012a.

Gudehus, T.: Logistik 2: Netzwerke, Systeme und Lieferketten, 4. Auflage, Springer Vieweg, Berlin Heidelberg, 2012b.

Günthner, W. A.; Borrmann, A.: Digitale Baustelle- innovativer Planen, effizienter Ausführen: Werkzeuge und Methoden für das Bauen im 21. Jahrhundert, 1. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2011.

Halbmayer, E.; Salat, J.: Ethnographie als Prozess der Datenerhebung, <http://www.univie.ac.at/ksa/elearning/cp/qualitative/qualitative-51.html>, (gelesen am: 14.11.2017).

Hassan, M. M. D.: A framework for the design of warehouse layout, in: Facilities, 20 (13/14), 2002, S. 432-440.

Kherdekar, V.; Metkewar, P.: A technical comprehensive survey of ETL tools, in: International Journal of Applied Engineering Research ISSN, 11 (4), 2016, S. 2557-2559.

Klaus, P.; u.a.: Gabler Lexikon Logistik: Management logistischer Netzwerke und Flüsse, 5. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden, 2012.

Linden, M.: Geschäftsmodellbasierte Unternehmenssteuerung mit Business-Intelligence-Technologien : Unternehmensmodell - Architekturmodell - Datenmodell, 1. Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2016.

Lothar, M.; u.a.: Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik - Praxisorientierter Leitfaden mit Fallbeispielen, Springer, Berlin, Heidelberg, 2011.

Martin, H.: Transport- und Lagerlogistik : Systematik, Planung, Einsatz und Wirtschaftlichkeit, 10. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2016.

Märtin, M.: Digitalisierung von Daten und Prozessen, in: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 111 (6), 2016, S. 372-375.

McGinnis, L.; u.a.: Efficiency and Innovation in Logistics: Proceedings of the International Logistics Science Conference (ILSC) 2013, 1. Auflage, Springer International Publishing, Cham Heidelberg New York Dordrecht London, 2014.

Microsoft: Access 2016-Spezifikationen, <https://support.office.com/de-de/article/Access-2016-Spezifikationen-0cf3c66f-9cf2-4e32-9568-98c1025bb47c>, (gelesen am: 15.09.2017).

Microsoft: Excel specifications and limits, <https://support.office.com/en-us/article/Excel-specifications-and-limits-1672b34d-7043-467e-8e27-269d656771c3>, (gelesen am: 01.18.2017).

Müller, R. M.; Lenz, H.-J.: Business Intelligence, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2013.

Nogués, A.; Valladares, J.: Business Intelligence Tools for Small Companies: A Guide to Free and Low-Cost Solutions - ETL Basics, 1. Auflage, Apress, Berkeley, 2017.

Nyhuis, P.: Beiträge zu einer Theorie der Logistik, 1. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008a.

Nyhuis, P.: Strategien und Methoden eines effizienten Bestandsmanagements: Theorie und Praxis, 3. Sitzung AWF AG Moderne Produktionslogistik, Hamburg, 17.06.2008b.

Nyhuis, P.; Wiendahl, H.-P.: Logistische Kennlinien: Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen, 3. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2012.

Oxley, J.: Avoiding Inferior Design: The design of a warehouse is not a simple matter and the consequences of inadequate warehouse planning cannot be overstated, in: Storage handling distribution, 38, 1994, S. 28-30.

Pawellek, G.: Ganzheitliche Fabrikplanung: Grundlagen, Vorgehensweise, EDV-Unterstützung, 1. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008.

Pentaho: ETL Metadata Injection, https://help.pentaho.com/Documentation/7.1/OL0/OY0/OK0/ETL_Metadata_Injection, (gelesen am: 18.08.2017).

Pentaho Business Analytics, <https://www.pentaho.com/de>, (gelesen am: 11.08.2017).

Pentaho Community: Data Integration - Kettle, <http://community.pentaho.com/projects/data-integration/>, (gelesen am: 11.08.2017).

Rehof, J.; u.a.: Logistik und IT als Innovationstreiber für den Wirtschaftsstandort Deutschland, in: Positionspapier, Bundesvereinigung Logistik, 2014.

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

Roldán, M. C.: Pentaho Data Integration Beginner's Guide, 2. Auflage, Packt Publishing, Birmingham, 2013.

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

Rouwenhorst, B., u.a.: Warehouse design and control: Framework and literature review, in: European Journal of Operational Research, 122 (3), 2000, S. 515-533.

Rushton, A.; u.a.: The Handbook of Logistics and Distribution Management, 4. Auflage, Kogan Page, London Philadelphia Daryaganj, 2010.

Sallam, R. L.; u.a.: Gartner, Inc.: Magic Quadrant for Business Intelligence and Analytics Platforms, <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-3TYE0CD&ct=170221&st=sb>, (gelesen am: 07.11.2017).

Schels, I.; Seidel, U. M.: Das große Excel-Handbuch für Controller, 1. Auflage, Markt + Technik, Krefeld, 2010.

Springer Gabler Verlag: Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Fristigkeit, <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/1588/fristigkeit-v8.html>, (gelesen am: 17.11.2017).

Springer Gabler Verlag: Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: kompatible Schnittstellen, <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/78171/kompatible-schnittstellen-v10.html>, (gelesen am: 21.11.2017).

Sprock, T.; u.a.: A hierarchical approach to warehouse design, in: International Journal of Production Research, 2016, S. 1-13.

Steiner, R.: Grundkurs Relationale Datenbanken: Einführung in die Praxis der Datenbankentwicklung für Ausbildung, Studium und IT-Beruf, 9. Auflage, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2017.

Talend: ETL Werkzeuge für BI und Data Warehousing, <https://de.talend.com/solutions/etl-analytics>, (gelesen am: 18.11.2017).

ten Hompel, M.; u.a.: Materialflusssysteme, Förder- und Lagertechnik, 3. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2007.

ten Hompel, M.; Schmidt, T.: Warehouse Management: Organisation und Steuerung von Lager- und Kommissioniersystemen, 4. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2010.

VDI-Richtlinie 2385: Leitfaden für die materialflußgerechte Planung von Industrieanlagen, 1989.

VDI-Richtlinie 2498 Blatt 1: Vorgehen bei einer Materialflussplanung - Grundlagen, 2011.

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

VDI-Richtlinie 2689: Leitfaden für Materialflussuntersuchungen, 2010.



The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>

Victor, M. P.; u.a.: Pentaho and Jaspersoft: A Comparative Study of Business Intelligence Open Source Tools Processing Big Data to Evaluate Performances, in: International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 7 (10), 2016, S. 20-29.

Wannenwetsch, H.: Integrierte Materialwirtschaft, Logistik und Beschaffung, 5. Auflage, Springer Vieweg, Berlin Heidelberg, 2014.