

**Entwicklung eines Analysetools als Beitrag zur
Bewertung von Distributionszentren**

als System nach den
Grundzügen ordnungsgemäßer Modellierung

Von der Fakultät für Ingenieurwissenschaften,
Abteilung Maschinenbau und Verfahrenstechnik

der

Universität Duisburg-Essen

zur Erlangung des akademischen Grades

DOKTOR-INGENIEUR

genehmigte Dissertation

von

Dipl.-Ing. Wolfgang Schwarzer

aus

Düsseldorf

Referent: Prof. Dr.-Ing. Bernd Noche

Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Michael ten Hompel

Tag der mündlichen Prüfung: 14. Januar 2011

Untertitel:

Erstellung eines Analysetools als Beitrag zur normierten Bewertung von Intralogistiksystemen durch vorgegebene Logistik-Parameter nach den Grundzügen ordnungsgemäßer Modellierung als Entscheidungsunterstützungssystem zur operativen und strategischen Hilfestellung.

Untersuchung und Analyse von Intralogistiksystemen aus strategischer, organisatorischer und technischer Sicht.



Abbildung 1: Analysetool, Ergebnisdarstellung BPI¹

¹ Business-Performance-Indicators

I. Inhaltverzeichnis

1.	Einführung	15
1.1.	Ausgangssituation.....	15
1.2.	Zielsetzung und Aufbau der Arbeit.....	16
2.	Prozesse und Abläufe der Intralogistik	20
2.1.	Definition des Begriffs Logistik.....	20
2.2.	Definition des Begriffs Logistiksystem.....	20
2.3.	Distributionsprozesse der Intralogistik.....	21
3.	Kennzahlen und Kennzahlensysteme	26
3.1.	Stand der Logistikkennzahlen in der Praxis.....	26
3.2.	Stand der Wissenschaft.....	27
3.2.1.	Kennzahlenbegriff.....	27
3.2.2.	Kennzahlensysteme.....	29
3.2.3.	Funktionen von Kennzahlen und Kennzahlensystemen.....	34
3.2.4.	Kennzahlen zur Bewertung der Logistik.....	35
3.2.5.	Kennzahlentypen.....	39
3.3.	Zusammenfassung.....	40
4.	Grundzüge für ordnungsgemäße Modellierung	41
4.1.	Modellierung von Logistiksystemen.....	41
4.2.	Zielsetzungen und Grundlagen der Modellbildung.....	42
4.3.	Hierarchische Modellbildung.....	43
4.4.	Zusammenfassung.....	44
5.	Entwicklung und Modellierung des Analysetools	45
5.1.	Grundsätzlicher Aufbau.....	45
5.2.	Struktur und Aufbau des Analysetools.....	46
5.3.	Relevante Kennzahlen.....	47
5.4.	Gruppierung der Kennzahlen.....	50
5.5.	Einteilung der Kennzahlen in Strukturelemente.....	50
5.5.1.	Basiswerte.....	52
5.5.2.	Immobilie.....	54
5.5.3.	Lagerarten.....	55
5.5.4.	Lagerfunktionen.....	56
5.5.5.	Lagertransporte.....	57
5.5.6.	Lagertechnik.....	58
5.5.7.	Artikel.....	60
5.5.8.	Bestand.....	61
5.5.9.	Aufträge.....	63
5.5.10.	Nutzung.....	64
5.5.11.	Personal.....	65
5.6.	Ausgabe der ermittelten Zielkennzahlen.....	66
5.6.1.	Konspekt.....	66
5.6.2.	Übersicht.....	68
5.6.3.	Geschäftsprozessindikatoren (BPI).....	70
5.6.4.	Schlüsselleistungs-Indikatoren (KPI).....	74
5.6.5.	Aggregation der Systemwerte.....	75
5.7.	Zusammenfassung.....	81

6.	Definition und Berechnung der Kennzahlen.....	82
6.1.1.	Beschreibung	82
6.1.2.	Struktur	82
7.	Wirkungsanalyse	86
7.1.	Auswahl der Kennzahlen zur Wirkungsanalyse.....	86
7.2.	Aufbau der Wirkungsanalyse	86
7.3.	Ergebnis der Wirkungsanalyse.....	91
7.4.	Bewertung der Wirkungsanalyse.....	97
7.4.1.	Wirkung der Eingabevariablen:.....	103
7.4.2.	Wirkung auf die Ausgabevariablen:	110
8.	Validierung	120
8.1.	Vorgehensweise der Validierung	120
8.2.	Auswahl der Kennzahlen zur Validierung.....	121
8.3.	Validierungs-Szenarien	122
8.4.	Einzelvalidierung.....	124
8.5.	Wirkungsanalyse der Validierungs-Eingabekennzahlen	126
8.6.	Gesamtvalidierung	129
9.	Anwendung und Ergebnisdarstellung der Analyse.....	130
9.1.	Vorbereitungsphase	130
9.2.	Datenerfassungs- und Aufbereitungsphase	130
9.3.	Bewertungsphase	131
9.4.	Anwendungsgebiete.....	131
9.5.	Auswertungsmöglichkeiten.....	131
9.6.	Grafische Darstellung	131
9.7.	Zusammenfassung des Kapitels	135
10.	Nutzen	136
10.1.	Evaluierung.....	136
10.1.1.	Evaluationsszenario 1, Eingabevariable „Gesamtfläche des Grundstücks“	138
10.1.2.	Evaluationsszenario 2: Eingabevariable „Kosten pro m ² Grundstück“	143
10.1.3.	Evaluationsszenario 3: Eingabevariable „Personalkosten (operativ) pro Jahr“	148
10.1.4.	Evaluationsszenario 4: Eingabevariable „Energiekosten je 1 KWh“	152
10.1.5.	Evaluationsszenario 5: Eingabevariable „Photovoltaik ja/nein“	157
10.1.6.	Evaluationsszenario 6: Eingabevariable „Bestand“	162
10.1.7.	Evaluationsszenario 7: Eingabevariable „Anzahl Aufträge pro Tag“	166
10.1.8.	Evaluationsszenario 8: Eingabevariable: „Arbeitsplatzergonomie“	171
10.2.	Zusammenfassung.....	176
10.3.	Einsatzmöglichkeiten.....	180
11.	Zusammenfassung und Ausblick	182
12.	Verzeichnisse.....	184
12.1.	Literaturverzeichnis.....	184
12.2.	Abbildungsverzeichnis	192
12.3.	Tabellenverzeichnis.....	197
12.4.	Glossar	199
13.	Anhang A: Definition und Berechnung der Kennzahlen	202
13.1.	Basisparameter (0)	203
13.2.	Auf Immobilien bezogene Kenngrößen (1).....	211
13.3.	Auf Lagerarten bezogene Kenngrößen (2)	215

13.4.	Auf Lagerfunktionen bezogene Kenngrößen (3).....	216
13.5.	Auf Lagertransportstrecken bezogene Kenngrößen (4).....	218
13.6.	Auf Technik bezogene Kenngrößen (5).....	220
13.7.	Auf Artikel bezogene Kenngrößen (6).....	230
13.8.	Auf Lagerbestand bezogene Kenngrößen (7).....	235
13.9.	Auf Auftrag bezogene Kenngrößen (8).....	238
13.10.	Auf Nutzung bezogene Kenngrößen (9).....	245
13.11.	Auf Personal bezogene Kenngrößen (10).....	249
13.12.	Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11).....	257
14.	Anhang B: Darstellung der Datenerhebungsbögen.....	277
14.1.	Eingabemaske Basiszahlen.....	277
14.2.	Ein-/ Ausgabemaske Immobilie.....	284
14.3.	Ein-/ Ausgabemaske Lagerarten.....	285
14.4.	Ein-/ Ausgabemaske Lagerfunktionen.....	286
14.5.	Ein-/ Ausgabemaske Lagertransporte.....	288
14.6.	Ein-/ Ausgabemaske Lagertechnik.....	290
14.7.	Ein-/ Ausgabemaske Lagerartikel.....	294
14.8.	Ein-/ Ausgabemaske Lagerbestand.....	295
14.9.	Ein-/ Ausgabemaske Lageraufträge.....	296
14.10.	Ein-/ Ausgabemaske Lagernutzung.....	297
14.11.	Ein-/ Ausgabemaske Lagerpersonal.....	299
14.12.	Ausgabemaske Konspekt.....	300
14.13.	Bedienmaske Übersicht.....	303
14.14.	Ausgabemaske Geschäfts-Prozess-Indikatoren (BPI).....	304
14.15.	Ausgabemaske Schlüssel-Leistungs-Indikatoren (KPI).....	305
14.16.	Ausgabemaske Wirkungsanalyse.....	306
14.17.	Ausgabemaske Aggregation.....	307
14.18.	Ausgabemaske Validierung.....	308
15.	Anhang C: Bedienungsanleitung.....	309
15.1.	System-Anforderungen.....	309
15.2.	Bedienoberfläche.....	310
15.3.	Start-Up-Funktion.....	310
15.4.	Bedienung.....	310
15.5.	Ausgabe der Ergebnisse.....	318
16.	Anhang D: Kennzahlen und Protokolle zur Wirkungsanalyse.....	319
16.1.	Kennzahlen der Wirkungsanalyse.....	319
16.2.	Protokolle der Wirkungsanalyse.....	322
17.	Anhang E: Kennzahlen und Protokolle zur Validierung.....	328
17.1.	Kennzahlen der Validierung.....	328
17.2.	Protokolle der Validierung.....	329
18.	Anhang F: Kennzahlen und Protokolle zur Evaluierung.....	336
18.1.	Kennzahlen der Evaluierung.....	336
18.2.	Protokolle der Evaluierung.....	337
19.	Anhang G: Marktanalyse zur Ermittlung der Basisparameter.....	345

II. Zusammenfassung

Innerhalb dieser Arbeit wird ein kennzahlenbasiertes Analysetool zur Bewertung von Intralogistiksystemen auf der Grundlage von Basiskennwerten, die durch eine Marktanalyse über Zulieferer der Intralogistikautomation untermauert wird, entwickelt, mit dessen Hilfe Ziel- und Spitzenkennzahlen zur Bewertung von Intralogistiksystemen herausgestellt werden.

Diese Ausgabekennzahlen werden in Struktur- und Rahmenkennzahlen, wie z.B. Investkosten für Technik oder Abschreibungswert per anno, Produktivkennzahlen, wie z.B. Bereitschaftsgrad der Anlage und betrieblicher Nutzungsgrad, Wirtschaftlichkeitskennzahlen wie Amortisationszeit und Betriebskosten per anno und Qualitätskennzahlen wie Lieferbereitschaftsgrad und Zeitpunkt letzte Bestellung bei Auslieferung am nächsten Tag.

Als Intralogistik bezeichnet man die logistischen Material- und Warenflüsse, die sich innerhalb eines Betriebsgeländes abspielen. Der Begriff wurde definiert, um eine Abgrenzung zum Warentransport außerhalb eines Werkes zu schaffen, z.B. durch eine Spedition.

Das Forum Intralogistik im VDMA² definiert die Intralogistik als die Organisation, Steuerung, Durchführung und Optimierung des innerbetrieblichen Waren- und Materialflusses, der Logistik, der Informationsströme sowie des Warenumschlages in Industrie, Handel und öffentlichen Einrichtungen.

Zwischen dem Automatisierungsgrad, der Wirtschaftlichkeit und dem Servicegrad existieren Abhängigkeiten, die neben tabellarischen Aussagen in räumlicher Darstellung zur Ansicht gebracht werden.

Hierzu werden der Automatisierungsgrad, die Wirtschaftlichkeit und der Servicegrad aus einer Vielzahl von strategischen und operativen Kennzahlen, die in *Kap. 5 Entwicklung und Modellierung des Analysetools* näher erklärt werden, ermittelt und in Bezug gesetzt, wodurch eine Klassifizierung der unterschiedlichsten Distributionszentren möglich wird. Um zu einer Normierung zu gelangen und damit eine vergleichbare Aussage der Ergebnisse zu erzielen, werden die Ergebnisse als relative und als absolute Kennzahlen ausgegeben.

Als Kernaussage zur Wirtschaftlichkeit und Produktivität wird der ermittelte Wert „Kosten pro Pick“ als absolute Kennzahl ausgegeben, da im Bereich der Intralogistik dieser Wert vielfach als die entscheidende Größe im Logistik-Benchmarking³ angesehen wird.

Die grafische Darstellung erfolgt in Form von Tabellen, Balkendiagrammen und 2-dimensionalen Darstellungen, um so dem Benutzer einen schnellen und leicht fasslichen Überblick über die Analyse zu vermitteln.

Die Analyse erfolgt für die logistischen Aufgaben innerhalb des Distributionszentrums, wobei evtl. im logistischen Prozess integrierte Produktionsschritte, wie z.B. die Weiterbearbeitung von Halbzeugen,

² Verband der Deutschen Maschinen- und Anlagenbauer

³ Benchmarking (= Maßstäbe setzen) bezeichnet eine vergleichende Analyse mit einem festgelegten Referenzwert. Benchmarking in der Betriebswirtschaft ist ein systematischer und kontinuierlicher Prozess des Vergleichens von Produkten, Dienstleistungen und Prozessen im eigenen Unternehmen. Es werden Prozesse (nicht das gesamte Unternehmen) qualitativ und/oder quantitativ verglichen.

als eigenständige Insel bzw. als Blackbox angesehen werden und nicht mit in den Bewertungsprozess einfließen. Outsourcing von einzelnen logistischen Schritten innerhalb der Intralogistik können als externe „Wirtschaftlichkeitsinseln“ ebenfalls als Blackbox angesehen und nicht mit in die Bewertung einbezogen werden, wogegen logistische Dienstleistungen wie z.B. Value Added Services⁴ im Bewertungsvorgang als Sonderfunktionen integriert sind.

Die Nutzung des Analysetools ist unabhängig vom jeweiligen Automatisierungsgrad bzw. Technikeinsatz. Betrachtet werden Intralogistiksysteme von einem einfachen, vorwiegend manuell geprägten Lager bis hin zu vollautomatischen Systemen ohne jeglichen manuellen Eingriff in den Materialfluss bzw. in die Auftragssteuerung.

Neben der Entwicklung des Analysetools werden außerdem in einer breit gefächerten Wirkungsanalyse durch Parametervariation von Eingabekennzahlen die Wirkzusammenhänge zwischen den Ein- und Ausgabekennzahlen ermittelt und aufgezeigt. Die Wirkungsanalyse erfolgt durch Szenarien, bei denen die jeweilige angesprochene Eingabevariable in ihrem Eingabewert um 50 % erniedrigt bzw. um 50 % erhöht respektive bei variablen Faktoren innerhalb ihrer Grenzen variiert wird.

Beim Aufbau der Wirkungsanalyse standen die Ermittlung der Anzahl der Wirkungen der jeweiligen Eingabekennzahl auf die Ausgabekennzahlen sowie deren Schwankungsbreite und auch der Richtungstrend, also synchrone oder asynchrone Wirkung mit der Parametervariation im Vordergrund. Gleichmaßen wurde eine Rangfolge der einflussreichsten Ein- und Ausgabevariablen erstellt, bei der neben der Anzahl der Beeinflussungen und der Absolutwirkungen mit der neu eingeführten Kennzahl Wirkungsbreite zusätzlich die neu eingeführte Kennzahl Wirkungsintensität als Mittelwert aller Einzelwirkungsbreiten je Parametervariation mit einbezogen wurde.

Um eine hinreichende Übereinstimmung von Modell und Realität zu gewährleisten wurden in einem umfangreichen Validierungsprozess die Beziehungen der Ein- und Ausgabekennzahlen untersucht und durchgängig ordnungsgemäß validiert.

⁴ Ergänzungsaufgaben wie Preisauszeichnung, Sonderverpackung, Werbebeilegung

III. Logistik im Wandel der Zeit

Bis Ende der 1960er-Jahre ist die Lagerlogistik nur als lästige Nebenfunktion der Warenbereitstellung wahrgenommen worden. Es ist daher nicht verwunderlich, dass in vielen Fällen die in diesem Bereich anfallenden Kosten und mögliche Einsparpotentiale nicht näher betrachtet wurden. Erst seitdem wachsende Anforderungen der Kunden, wie die möglichst kurzfristige Beschaffung und Bereitstellung von Waren und Gütern insbesondere durch Online-Bestellmöglichkeiten, Kosteneinsparungen und Rationalisierungen aus Sicht des Produzenten unumgänglich machen, hat man die Bedeutung der Warendistribution und die möglichen Einsparpotenziale im Bereich der internen Lagerlogistik, die heute mit dem Begriff Intralogistik bezeichnet wird, erkannt und reagiert. Planer, Hersteller und Betreiber nehmen die Herausforderungen des Marktes an und erarbeiten heute immer effizientere und effektivere Lösungen für automatisierte Anwendungen in der Warendistribution.

Möglich macht diesen Komfort der schnellen Warenbereitstellung für den Kunden erst ein bis ins Detail geplanter Materialfluss vom Produzenten über ein Distributionszentrum, in dem die Waren gelagert und bei Bedarf immer schneller, kostenoptimierter und in kleineren Mengen den Kundenaufträgen entsprechend zusammengestellt werden, bis in den Handel.

Immer seltener wird dabei das kundengerechte Zusammenstellen der Waren selbstständig vom Produzenten ausgeführt. Zunehmend wird die Warenlagerung und Distribution an Logistikdienstleister fremdvergeben, die auf derartige Aufgaben spezialisiert sind und diese Arbeiten durch hoch automatisierte Einrichtungen häufig kostengünstiger und schneller für viele Kunden parallel verrichten können als die jeweiligen Produzenten selbst. Der Kunde freut sich über eine Serviceverbesserung, der Produzent erhält sich seine Flexibilität, vermeidet Investitionen im großen Umfang und minimiert damit sein Risiko [Hep95] .

Die Warendistribution ist aus Sicht des Logistikers vor allem personalintensiv, da bei aller Automatisierung der Mensch mit seinen Sinnen (sehen, tasten, hören,...) nicht ersetzt werden kann. Diese Personalintensität hat in den letzten Jahrzehnten aufgrund veränderter Kundenanforderungen zugenommen und verstärkt zu hohen Kosten geführt. Deshalb setzen Planer, Hersteller und Betreiber hier an, um die Leistungsfähigkeit von Mensch und System durch neue Entwicklungen und Verbesserungen zu steigern, mit dem Ziel der Personalkostenverringerung. Neben Steigerungen in der Leistungsfähigkeit wird die Arbeit dank neuer Entwicklungen in den Bereichen der Automatisierung, der Informations- und Kommunikationsindustrie immer ausgefeilter und die Auswahl an Kommissionier- und Distributionsmethoden immer größer.

Seit jeher gehört es mit zu den Grundbedürfnissen des Menschen, sich mit nötigen Waren wie Lebensmitteln, Kleidung oder Verbrauchsgütern zu versorgen. Die Art und Weise, wie dies geschieht, unterliegt einem ständigen Wandel, der sich vor allem mit Beginn der Industrialisierung stetig beschleunigt hat. Viele junge Menschen, die heute in hoch entwickelten Industrienationen im Zeitalter des Internets leben, können sich kaum mehr vorstellen, dass es früher nicht selbstverständlich war, zu jeder Zeit und an jedem Ort Waren jeder Branche zur Verfügung gestellt zu bekommen nach dem Motto:

Kaum geklickt, schon geliefert

Bis weit ins 19. Jahrhundert hinein lebt der Großteil der Menschen auf dem Lande und versorgt sich überwiegend selbstständig durch Ackerbau und Viehhaltung. Überschüssige Produkte werden auf dem

Wochenmarkt oder direkt am Bauernhof verkauft. Die Produkte sind verglichen mit heutigem Standard sehr einfach und die Auswahl ist sehr begrenzt.

Mit Beginn der Industrialisierung, zunächst in England und Europa, später in den USA, vollzieht sich der Übergang vom Handwerk zur fabrikmäßigen Warenherstellung.

Es entstehen Arbeitsplätze in ersten Manufakturen die mit der Zeit zu großen Fabriken wachsen und die Landbevölkerung wandert auf der Suche nach einem besseren Leben und Arbeit in die Städte (Urbanisierung). Sie geben ihre Selbstversorgung auf, denn sie lassen Hof und Land zurück und sind darauf angewiesen, in der Stadt ihre Waren einzukaufen.

Aufgrund dieses Warenbedarfs in den wachsenden Städten, entstehen erste „Tante Emma-Läden“, in denen auf kleiner Verkaufsfläche verschiedene Waren des täglichen Bedarfs angeboten werden. Beliefert werden die Läden von zurückgebliebenen Bauern, die durch Landzukäufe bewusst ihre Produktionsmengen erhöhen.



Abbildung 2: Verbraucherkette 17. Jahrhundert

In den folgenden Jahren werden mit der Dampfmaschine (1769), der Eisenbahn (1835) und dem Ottomotor (1876) die bis heute mit bedeutendsten Neuentwicklungen in der Transporttechnik gemacht. Schienenwege und Straßen werden ausgebaut, so dass die Mobilität der Bevölkerung steigt und dem Handel und der Industrie neue Möglichkeiten im Bereich des Warentransports und Warenumschlags eröffnet werden [Jün89] .

Die Weltbevölkerung wächst unaufhörlich und gleichzeitig setzt sich, angetrieben von dem Wunsch in den Städten Arbeit zu finden, der Trend der Urbanisierung fort. Der Bedarf an Waren in den Städten steigt weiter, mit der Folge, dass immer mehr „Tante Emma-Läden“ eröffnen, in denen kleine Warenvorräte gehalten werden müssen um den wachsenden Bedarf zu decken.

Im 20. Jahrhundert wird zusätzlich zum Schiff, der Eisenbahn und dem Auto, das Flugzeug zuerst für den Personentransport, wenig später für den höherwertigen Gütertransport entwickelt.

Die Versorgung der Bevölkerung mit Bedarfsgütern wird in den größer werdenden Städten zunehmend komplex und kostenintensiv. Folgte bislang die Anlieferung der Läden fast täglich, gehen erste Ladenbesitzer aus Kostengründen und praktischen Erwägungen dazu über, größere Vorräte für mehrere Tage in den Läden zu halten.

Fabriken werden zunehmend aus den Städten in die Randbezirke verlagert, denn sie verursachen Lärm und Schmutz. Ladenbesitzer müssen in den Zentren hohe Mietpreise zahlen und ziehen es vor, die zentrale Lage mit hohen Mieten gegen geringere Mieten am Stadtrand zu tauschen. Bessere Möglichkeiten der Warenanlieferung und Erreichbarkeit der Läden für die Kunden fördern diese Entscheidung. In den Randgebieten nimmt die Konkurrenz im Warenhandel zu mit der Folge, dass größere Einkaufszentren die kleineren mit der Zeit schlucken.

Aufgrund von Kostendruck und Nachfrage kauft der Handel zunehmend Waren in großen Mengen auf. Produzenten lagern ihre Produkte in großen Warenlagern, von dort werden regionale Lager unterhalten um letztendlich die Läden zu versorgen. Die Haltung von Sicherheitsbeständen auf jeder Stufe führt zu hohen Gesamtlagerbeständen und damit zu großen Lager- und Kapitalbindungskosten, dem eine hohe Lieferbereitschaft gegenüber steht.



Abbildung 3: *Verbraucherkette Ende des 20. Jahrhunderts*

Mit der Zeit schwächen sich das Bevölkerungswachstum und der Trend zur Urbanisierung in den Industrienationen ab. Zwar arbeiten die Menschen häufig in den Städten, zum Wohnen zieht es aber viele wieder zurück in die Randgebiete.

Ende des 20. Jahrhunderts ändert sich das Konsumentenverhalten im Vergleich zur Nachkriegszeit. Aus dem Verkäufermarkt der Nachkriegszeit entwickelt sich ein Käufermarkt, bei dem der Verbraucher insgesamt größere Mengen individueller Produkte in kleineren Mengen bestellt [Vog97].

Der Handel muss diesem Bedarf nachkommen und entsprechend müssen aus den Produktionsgrößen neue kundengerechte Transport- oder Versandeinheiten zusammengestellt werden. Das Zusammenstellen der Einheiten wird unter hohem Personaleinsatz in den ehemaligen Warensammellagern organisiert, die zu großen Warenverteilzentren heranwachsen.

Unterstützt durch die Politik der europäischen Staaten mit dem Ziel der Errichtung eines gemeinsamen Marktes und einer Wirtschafts- und Währungsunion bieten sich neue Möglichkeiten für den europäischen Handel und gleichzeitig steigt der Konkurrenzdruck. Spätestens nach dem Fall des Eisernen Vorhangs und dem Zusammenbruch der Sowjetunion sowie ihrer Satellitenstaaten in Osteuropa einschließlich der DDR bestimmt die Globalisierung in wachsendem Maß den Warenhandel. Länder und Kontinente übergreifender Verkauf und Einkauf von Produkten werden zur Regel. Produzenten überdenken ihre Distributionspolitik und weichen zunehmend ab von ihrer bisherigen dezentralen Gestaltung der Zulieferkette mit hohen Lagerbeständen auf allen Ebenen. Aufgrund der verbesserten Transport-Dienstleistungen ist es vielfach möglich, die europaweite Auslieferung mit nur einem Distributionszentrum zu gewährleisten. Die Lagerbestände und damit die Kapitalbindungskosten und die Lagerkosten können reduziert werden, demgegenüber steht eine Zunahme der Transportkosten für „Just in time“-Lieferungen. Die Zulieferkette wird verkürzt und wenn möglich werden Lager zentralisiert.

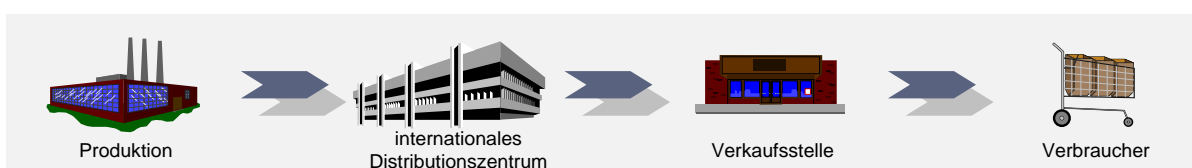


Abbildung 4: *Verbraucherkette zu Beginn des 21. Jahrhunderts*

Das Anspruchsdenken der Verbraucher gerät immer mehr in den Mittelpunkt der Produzenten, denn jeder möchte dem Kunden, der für sich zwischen den qualitativ besten und gleichzeitig günstigsten Waren in der Menge, die er benötigt, auswählen kann, das Gefühl vermitteln, mit seinem Produkt die richtige Wahl getroffen zu haben. Die Produzenten unterwerfen sich dem Zwang, ständig Rationalisierungen und Kosteneinsparungen durchzuführen, um wettbewerbsfähig zu bleiben.

Erfahrungsgemäß setzt der Produzent bei der Suche nach Kosteneinsparungen bei den größten Kosten an. Dieser Ansatzpunkt befindet sich aufgrund der Personalintensität im Warenverteilzentrum bei der Kommissionierung. Viele Produzenten, die selber den Ansprüchen der Kunden nicht gerecht werden können, aber weder ihre Flexibilität aufgeben noch in automatisierte Lagereinrichtungen investieren möchten, vergeben die Aufgaben der Warenlagerung und des Kommissionierens fremd an spezialisierte Logistikdienstleister. Diese tendieren verstärkt in die Richtung, möglichst viele unterschiedliche Mandanten in ihrem Distributionszentrum zu organisieren, um auf diese Weise Synergieeffekte zu erzielen und Kosten zu reduzieren.

Aus Kosten- und Platzgründen entstehen bis 1961 die ersten Hochregalager in der Bundesrepublik, denn Menge und Vielfalt der Waren nehmen zu und müssen platzsparend gelagert werden. Mitte der 60er-Jahre gibt es bereits erste rechnergestützte Hochregallager. Kommissioniert wird mit Hilfe von Flurförderzeugen, denn Transport bzw. Versandeinheiten bestehen meist aus Paletten.

Mit dem Übergang vom Verkäufer- zum Käufermarkt in den 70er-Jahren bekommt die Kommissionier- und Distributionsfunktion eine ganz neue Bedeutung. Produzenten sehen sich mehr denn je gezwungen, viele verschiedene Warensorten für den individuellen Bedarf der Kunden auf Vorrat zu halten, um schnell liefern zu können. Regalsysteme erobern den Markt, die es ermöglichen, aus Regallagern kundengerechte Aufträge zu entnehmen. Fördertechniken werden leistungsfähiger und Kommissioniergeräte handlicher und bedienerfreundlicher.

In den 80er-Jahren sind automatische Hochregallager- und fahrerlose Transportsysteme bereits weitverbreitet. Transport-, Lager- und Kommissioniersysteme werden nicht mehr unabhängig voneinander betrachtet, sondern zunehmend ineinander integriert. Die Einführung des Barcodes und die Entwicklung automatischer Lese- und Codiersysteme sind wichtige Meilensteine zur Identifikation von Waren ohne menschliche Unterstützung. Der Mensch braucht sich bei der Kommissionierung nicht mehr länger zur Ware hin zu bewegen, sondern die Ware kann durch Regalbediengeräte ausgewählt und zum Kommissionierplatz gebracht werden.

In einer Uhrenfabrik in Rottweil wird 1985 weltweit der erste Kommissionierroboter vorgestellt, der allerdings in seiner Anwendung noch sehr eingeschränkt war [Kom84]. Vielseitiger anwendbar sind hingegen Kommissionierautomaten, die erstmals auf dem Markt angeboten werden. 1986 entwickelt die Stumpf AG das erste Datamobil für die beleglose Kommissionierung. Siemens präsentiert 1988 den ersten Portalroboter für Regalbediengeräte zur automatischen Kommissionierung von Fertigungsauftrag bezogenen Teilen.

Mit Beginn der 90-er Jahre stützen Planer und Entwickler ihre Entwicklungen vor allem auf moderne DV-Informationstechniken, mit deren Anwendung bisherige Leistungen gesteigert werden sollen, denn immer größer werdende Märkte fordern neue Höchstleistungen. Die Systeme werden flexibler und leistungsstärker, obwohl es im Zuge des Verbraucherschutzes und verstärkter Verpackungsvorschriften zunehmend erhöhte Anforderungen gibt.

Die herkömmliche Kommissionierung mit Belegen wird bei der Auftragskommissionierung in Distributionszentren zunehmend durch beleglose Kommissionierung ersetzt. Die Distribution wird

immer mehr von körperlich belastenden bzw. manuellen Tätigkeiten befreit und durch Automation ersetzt.

Mit Beginn des 21. Jahrhunderts scheinen die Leistungsspitzen in der Warenverteilung noch nicht erreicht zu sein, aber die Prioritäten bei der Wahl von Systemen haben sich verschoben.

Die Logistik ist in den letzten Jahren zum verbindenden Element industriellen Handelns geworden. Sie begleitet und organisiert den Waren- und Informationsfluss in einer globalen und vernetzten Welt von Daten und Prozessen. Kurze Lieferzeiten und die hohe Dynamik der Auftragslast erfordern Systeme, die sich schnell auf veränderte Restriktionen, Bedarfe und Anforderungen einstellen können müssen. Nicht nur organisatorisch, sondern auch vor allem in technischer Hinsicht wird sich die Intralogistik weiter den Marktveränderungen anpassen müssen. Dies ist bei den sich immer weiter beschleunigenden Veränderungen besonders schwierig, da sich das Verhältnis von Lebensdauer eines intralogistischen Systems zur Marktveränderung zum Nachteil des intralogistischen Systems entwickelt. Die technische Ausstattung muss laufend an veränderte Bedarfe angepasst werden, was selten optimal und zeitnah erfolgen kann.

Vor allem Flexibilität und der damit verbundene Servicegrad, aber auch die Frage nach dem Automatisierungsgrad und der damit verbundenen Wirtschaftlichkeit gewinnen neben den üblichen Leistungsanforderungen, wie z.B. Auftragsdurchlaufzeit, hoher Auftragserfüllungsgrad bei geringstmöglichem Bestand usw., immer stärker an Bedeutung.

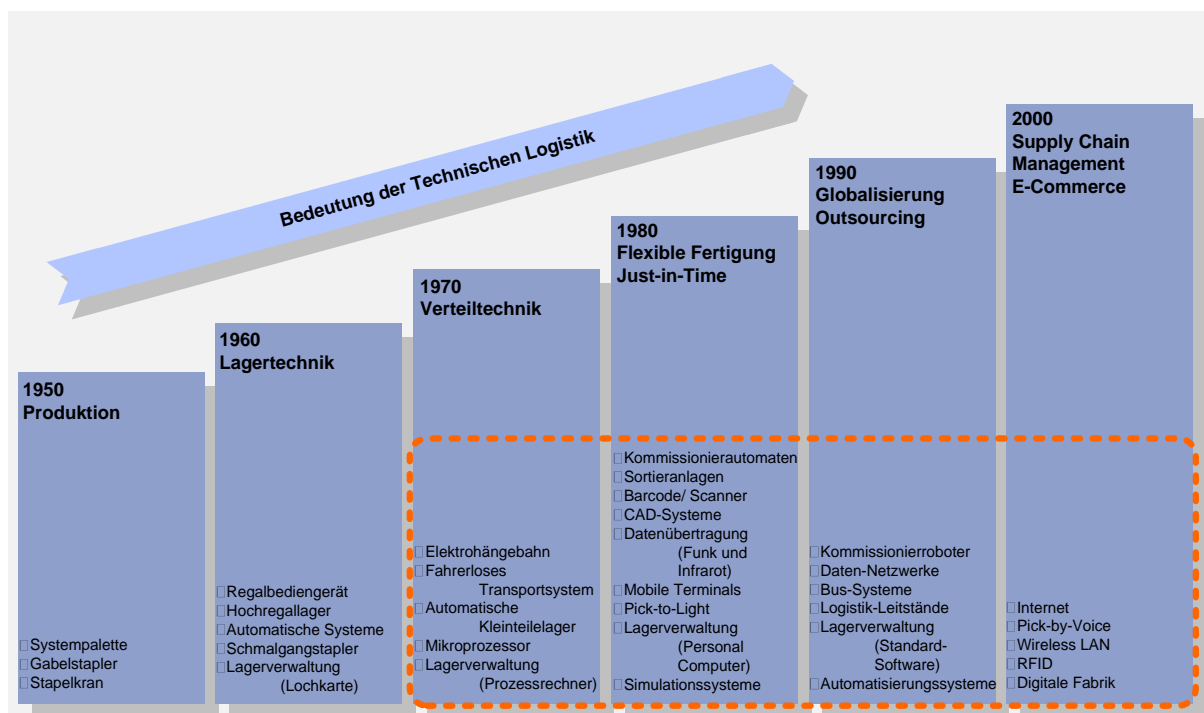


Abbildung 5: *Meilensteine der Logistik*

1. EINFÜHRUNG

Im Blickpunkt der hier vorliegenden Arbeit steht die Entwicklung eines Analysetools als Beitrag zur Bewertung von Distributionssystemen nach den Grundzügen ordnungsgemäßer Modellierung als Entscheidungsunterstützungssystem zur operativen und strategischen Hilfestellung. Im Folgenden werden einleitend zunächst die Ausgangssituation und Zielsetzung dargelegt und anschließend der Aufbau sowie die Vorgehensweise der Modellerstellung, der Validierung und die Benutzung beschrieben.

1.1. Ausgangssituation

Die internationale Wettbewerbsfähigkeit und der wirtschaftliche Erfolg eines Unternehmens hängen in immer stärkerem Maß von der Leistungsfähigkeit in den Bereichen Materialfluss und Logistik ab. Um den ständig wachsenden Anforderungen des Marktes wie kurze Lieferzeiten, hohe Termintreue, optimaler Servicegrad bei ständig schwankenden Auftragsgrößen gerecht zu werden, ist eine zunehmende Investition in Rationalisierung und Automatisierung der logistischen Prozesse unumgänglich [Wes93].

Die effiziente Durchführung der Aufgaben, d.h. der größtmögliche Erfolg mit geringstmöglichem Einsatz bei der Lagerung, Kommissionierung, Verpackung und dem Transport innerhalb von Intralogistiksystemen, erfordert umfassende komplexe Förder- und Lagersysteme mit hohem Automatisierungsgrad, hoher Wirtschaftlichkeit und optimalem Servicegrad. Diese Art von Systemen zeichnen sich durch einen hohen Integrationsgrad von manuell und DV-technisch unterstützten Prozessen, integrierter Lager- und Fördertechnik und manuell ausgeführten Abläufen aus.

Bei der Automatisierung im Bereich Materialfluss und Logistik ist seit geraumer Zeit ein erhebliches Potenzial [Fro99] für stetiges Wachstum zu vermerken (*siehe Abbildung 5: Meilensteine der Logistik*). Wobei darauf zu achten ist, dass sich mit zunehmender Automatisierung der logistischen Prozesse die Systembetreiber zwangsläufig immer stärker der technischen Abhängigkeit ausliefern, sodass in zunehmendem Maße der wirtschaftliche Erfolg von der Einsatzbereitschaft des Materialflusses abhängt. Zum wirtschaftlichen Betrieb eines komplexen Förder- und Lagersystems und damit zur Sicherung der Marktteilnahme tragen neben den Betriebskosten die logistische Leistungsfähigkeit sowie der Servicegrad als immaterieller Wert für die Kundenbeziehung entscheidend bei (*siehe Abbildung 50: Kano-Modell, Kundenzufriedenheit*).

Die Auswahl der Systemkomponenten, das Anlagendesign und die Ausprägung der automatisierten intralogistischen Prozesse tragen entscheidend zum Missionserfüllungsgrad, also dem Erfüllungsgrad der logistischen Aufgabe unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten als Steuerungselement bei. Demzufolge ist den Hauptbeeinflussern des Gesamtwirkungsgrades als erfolgsbestimmende Faktoren von Intralogistiksystemen erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken.

Für die Steuerung von Unternehmen fordert die Literatur den Einsatz von Kennzahlen und Kennzahlensystemen als grundlegende Instrumente der Planung, Steuerung und Kontrolle [Hor00].

Die Vielzahl der Publikationen zum Thema Kennzahlen und Kennzahlensysteme unterstreicht zum einen deren Bedeutung, trägt zum anderen aber auch zu einer unübersichtlichen Vielfalt von Kennzahlbezeichnungen bei, die für die Bewertung und Überwachung von Prozessen notwendig sind. Insbesondere wird die Realisierung eines Kennzahlensystems empfohlen, das auf die Strategieformulierung des Unternehmens (hier das Marktsegment der Logistik-Dienstleistung)

ausgerichtet ist und darüber hinaus zur Verhaltensbeeinflussung und zur Überwachung und Kontrolle [Sim95] eingesetzt werden kann.

Angeichts der Herausforderung der Intralogistik-Systembetreiber, hohe Lieferfähigkeiten bei effizienter Organisation zu realisieren, ergibt sich der Bedarf für den Aufbau eines Analysetools basierend auf primären, sekundären und tertiären Kennzahlen aus allen im Intralogistiksystem angesprochenen Bereichen, um die gesamte Organisation strategiekonform planen, steuern und kontrollieren zu können.

1.2. Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Derzeit fehlt es an geeigneten Methoden zur Beschreibung der Wirkzusammenhänge zwischen den Bewertungskriterien Automatisierungsgrad, Wirtschaftlichkeit, Servicegrad und weiterer Struktur- und Rahmenkennzahlen der modernen Intralogistik, insbesondere vor dem Hintergrund der immer weiter steigenden Anforderungen des E-Commerce, z.B. wenn Zeitfenster von zwei Stunden immer selbstverständlicher werden. Diese Arbeit verfolgt daher das Ziel, diese Wirkzusammenhänge aufzuzeigen und in einem neuartigen, umfassenden Berechnungsmodell in Korrelation zu setzen.

Das hier entwickelte Analysetool als „Beitrag zur Bewertung von Distributionszentren“ dient der rechnergestützten Bestimmung des Automatisierungsgrades, der Wirtschaftlichkeit und des Servicegrades. Innerhalb des Analysetools wird zusätzlich eine Vielzahl von Struktur- und Rahmen-, Wirtschaftlichkeits-, Produktivitäts- und Qualitätskennzahlen bereitgestellt, mit deren Hilfe sowohl eine interne Bewertung zur Potenzialanalyse als auch eine externe Bewertung z.B. zu Benchmarkzwecken ermöglicht wird.

Zur Bestimmung der o.g. Ausgabewerte werden innerhalb des entwickelten Analysetools die vom Benutzer detailliert zu erfassenden und einzugebenden Eingabevariablen mehrdimensional miteinander verknüpft. Insbesondere werden neben den Haupteinflüssen zur Bewertung des betrachteten Intralogistiksystems gleichermaßen logistiktechnische Rand- und Nebenbedingungen wie beispielsweise Zugänglichkeiten, Verpackungs- und Ladehilfsmittelqualität, Arbeitsplatzergonomie, Auftragslast abhängige Personal- und Betriebskosten wie auch regenerative Energiegewinnung, um nur einige Nebenaspekte zu nennen, einbezogen.

Zur Erstellung dieses Analysetools werden zunächst die Bewertungsgrößen Automatisierungsgrad, Wirtschaftlichkeit und Servicegrad in der hier angewendeten Umfänglichkeit beschrieben, anschließend die Wirkzusammenhänge herausgestellt und nachfolgend in Korrelation gesetzt und in Tabellen und Grafiken dargestellt. Der Kern der Arbeit besteht in der Modellierung der unterschiedlichen Intralogistik-Systemelemente, mit denen sämtliche relevanten gebäudetechnischen und materialflusstechnischen Systemstrukturelemente abgebildet werden können (*siehe Abbildung 1: Analysetool, Ergebnisdarstellung BPI*). Für jedes dieser Strukturelemente wird eine allgemeingültige Berechnungsvorschrift erstellt, die dem Benutzer auch jeweils einzeln je Strukturelement Teilergebnisse an die Hand gibt.

Bei der Erstellung des Modells wird einerseits auf eine möglichst genaue Abbildung der Realität, andererseits auf die praktische Handhabung und Anwendbarkeit des Modells geachtet.

Mit Hilfe des erstellten Modells können bereits in Planungsphasen quantitative und qualitative Aussagen hinsichtlich des zu erwartenden Automatisierungsgrades, der Wirtschaftlichkeit und des Servicegrades nicht nur zu primären Ergebniswerten, sondern insbesondere zu sekundären und

tertiären Ausgabewerten gemacht werden. Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit, bereits im Vorfeld von Anlagenentwurf und -betrieb komplexe Förder- und Lagersysteme zu analysieren und dadurch Geschäftsprozesse zu optimieren. Zusätzlich können Auswirkungen von Systemänderungen beurteilt und der Einsatz von unterschiedlichen Systemkomponenten untersucht werden.

Gegenstand der Betrachtung sind Intralogistiksysteme mit komplexer Förder- und Lagertechnik, die zur umfassenden manuellen und automatisierten Durchführung der materialflusstechnischen Prozesse beispielsweise in Warenverteilzentren oder in Zentrallagern eingesetzt werden. Diese Systeme bieten einen hohen Komplexitätsgrad, der sich durch die Vielzahl der fördertechnischen Komponenten und der verschiedenartigen Lagerarten, Funktionen und Prozesse ergibt. Die betrachteten Materialflusssysteme sind für die Lagerung und Verteilung von Stückgut ausgelegt und unterliegen in der Regel saisonalen diskontinuierlichen Belastungen.

Die Arbeit gliedert sich in 12 Kapitel zuzüglich Anhang mit den Kapiteln 13 bis 19. Im 2. Kapitel werden die Prozesse und Abläufe der Intralogistik zusammen mit den wichtigen Begriffsdefinitionen für Logistik, Logistiksystem und den darin enthaltenen Distributionsprozessen dargestellt. Ein besonderer Schwerpunkt liegt hierbei auf dem Zusammenspiel der Lagerprozesse, der Strukturierung logistischer Anlagen und der bereichsorientierten Zuordnung untergeordneter Funktionen, um daraus im Verlauf der Arbeit Strukturelement ableiten zu können.

Das 3. Kapitel stellt Kennzahlen und Kennzahlensysteme vor, die im Bereich der Intralogistik vorzufinden sind, beschreibt die Kennzahlarten, deren Aufgaben und Funktionen und gibt einen Überblick über die in der Praxis üblicher Weise eingesetzten Kennzahlen.

Im 4. Kapitel werden die als Basis zur Modellerstellung herangezogenen Grundzüge der ordentlichen Modellierung erläutert und die unterschiedlichen Modellbildungsvarianten dargestellt.

Im 5. Kapitel wird aufbauend auf den Grundzügen der ordentlichen Modellierung das Modell zur Analyse von Distributionssystemen entwickelt. Hierzu werden die entscheidenden Kennzahlen definiert, Strukturelemente von Intralogistiksystemen und Datenerhebungsbögen eingeführt und der generelle Aufbau der Eingabemasken, die als Bedienoberfläche dienen, beschrieben.

Das Kapitel 6 beinhaltet die Beschreibung zu den Definitionen und Berechnung aller Ausgabe-Kennzahlen des Analysemodells. Die in diesem Kapitel vorgestellten und im *Kap. 13 Anhang A: Definition und Berechnung der Kennzahlen* zu findenden Definitionen und Berechnungen bilden den algorithmischen Kern des Analysetools.

Das 7. Kapitel befasst sich mit der Wirkungsanalyse der laut Datenerhebungsbögen erfassten Eingabewerte und ermittelten Spitzenkennzahlen der jeweiligen Strukturelemente, wobei mit Hilfe einer Vielzahl von Parametervariationen die Gesamtwirkung des Analysetools illustriert wird.

Das 8. Kapitel beinhaltet die Beschreibung zur Validierung des erstellten Analysemodells. Es werden ausgewählte Eingabe- und Ausgabekennwerte einer weiteren Vielzahl von Parametervariationen unterzogen, um die Wirkung dieser Variationen auf eine wiederum gesondert ausgewählte Ausgabekennwerte-Gruppe einzeln zu verifizieren.

Daran anschließend werden im Kapitel 9 die Anwendung und Ergebnisse der Anwendung sowie deren Wirkzusammenhänge im Rahmen der Analyse in Form von Ausgabemasken dargestellt.

Das Kapitel 10 beschreibt den Nutzen und die Einsatzmöglichkeiten des Analysetools anhand von Evaluationsszenarien in seiner Gesamtheit als Werkzeug zur Potenzialanalyse oder zu Benchmarkzwecken.

Das 11. Kapitel fasst die Ergebnisse der Arbeit zusammen und gibt einen Ausblick auf weitere Themenkreise innerhalb der Intralogistik.

Alle Verzeichnisse für Literatur, Abbildungen, Tabellen und das Glossar befinden sich in Kapitel 12.

Der Bereich Anhang teilt sich in die Kapitel 13, 14, 15, 16, 17, 18 und 19 auf.

Das Kapitel 13 Anhang A: Definition und Berechnung der Kennzahlen, zeigt die Definition und die Berechnung jeder einzelnen Ein- und Ausgabekennzahl, die innerhalb des Analysetools Verwendung findet.

Das Kapitel 14 Anhang B: Darstellung der Datenerhebungsbögen, beinhaltet die Darstellung der Bedienmasken, der sogenannten Datenerhebungsbögen des Analysetools.

Im Kapitel 15 Anhang C: Bedienungsanleitung, wird die Bedienung des erstellten Modells näher beschrieben, um die Handhabbarkeit im Praxiseinsatz möglich zu machen. Gleichmaßen werden technische Randbedingungen zum Einsatz des Modells aufgeführt.

Im Kapitel 16 Anhang D: Kennzahlen und Protokolle zur Wirkungsanalyse sind die Kennzahlen und Protokolle der Wirkungsanalyse, im Kapitel 17 Anhang E: Kennzahlen und Protokolle zur Validierung, die Kennzahlen und Protokolle für die Validierung des Analysetools und im Kapitel 18 Anhang F: Kennzahlen und Protokolle zur Evaluierung, die Kennzahlen und Protokolle der Evaluierung aufgelistet. Das Kapitel 19 Anhang G: Marktanalyse zur Ermittlung der Basisparameter zeigt die Auflistung der Marktanalyseteilnehmer.



Abbildung 6: *Aufbau und Gliederung der Arbeit*

2. PROZESSE UND ABLÄUFE DER INTRALOGISTIK

2.1. Definition des Begriffs Logistik

Der Begriff Logistik wurde in den letzten zwei Jahrzehnten häufig diskutiert und hat dabei die unterschiedlichsten Ausprägungen erfahren. Festzustellen ist ein grundlegender Bedeutungswandel mit den Phasen der instrumentellen, funktionalen, institutionellen und managementorientierten Logistikkonzeption von einer rein operativen Materialversorgung zu einem Denkmodell der Unternehmensführung [Del99].

Die heute erreichte Phase, die Logistik als Managementkonzept versteht, betont die strategischen Gestaltungsobjekte und die Querschnittsorientierung zur zeiteffizienten, kunden- und prozessorientierten Koordination von Wertschöpfungsaktivitäten. Alle Definitionen sehen jedoch als zentralen Inhalt der Logistik die „zielgerichtete Überbrückung von Raum- und Zeitdisparitäten“ [Wil97b]. Dabei stellt die „Bereitstellung der richtigen Güter in der richtigen Menge, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort und in der richtigen Qualität zu richtigen Kosten“ [Jün89] die grundlegende Zielsetzung der Logistik dar.

Unterschiedliche Auffassungen bestehen vor allem hinsichtlich der Aufgaben der Logistik und der betrachteten Objekte.

Analysiert man bestehende Definitionen (*siehe* [Wil97b], [Fie99] *und* [Pfo04b]), so können folgende charakteristische Elemente der Logistik identifiziert werden:

Die grundlegenden Funktionen der Logistik sind die Zeit- und Raumüberwindung sowie der Mengenausgleich.

Die Aufgaben der Logistik sind die Planung, Gestaltung, Durchführung (Steuerung) und Kontrolle des Objektflusses.

Die Gestaltung der Funktionen und Aufgaben der Logistik orientiert sich an den Unternehmenszielen.

Die Objekte können sowohl immaterieller (z.B. Information, Energie) als auch materieller (z.B. Material, Personen, Finanzen) Art sein.

Die Logistik stellt eine Querschnittsfunktion vom Lieferanten bis zum Kunden dar, überwindet damit die Unternehmensgrenzen, erstreckt sich über die gesamte Wertschöpfungskette und ist geprägt von einer Markt-, Kunden- und Wettbewerbsorientierung.

2.2. Definition des Begriffs Logistiksystem

Entsprechend den verschiedenen Definitionen des Logistikbegriffs werden auch unter einem Logistiksystem unterschiedliche Ansätze verstanden, die von den rein operativen Inhalten des Materialflusses bis hin zu einem allgemeinen systemtechnischen Verständnis reichen (*siehe* [Del99], [Gud99] *und* [Pfo04a]). Entsprechend des hier definierten Logistikverständnisses wird dem systemtechnischen Ansatz gefolgt, da auf diese Weise dem Anspruch an eine ganzheitliche Abbildung der Logistikobjekte und -funktionen sowie der Beschreibung der Interaktionen zwischen dem Logistiksystem und dessen Umwelt Rechnung getragen werden kann. Der Begriff Logistiksystem kann wie folgt definiert werden: Ein Logistiksystem [Ise94] ist ein offenes, dynamisches System, das aus einer Menge von Objekten, im weiteren Verlauf der Arbeit als Strukturelemente bezeichnet, besteht, die zueinander in Beziehung stehen. Ein Objekt, also ein Strukturelement ist dabei eine abgrenzbare Einheit, die durch Merkmalsausprägungen charakterisiert ist. Die Strukturelemente des Systems

können materieller (z.B. Investitionselement, Leistungselement) oder immaterieller (z.B. Informationselement) Natur sein. Es handelt sich um ein offenes System, da seine Strukturelemente zur Systemumwelt in Beziehung stehen. Dadurch unterliegen die Strukturelemente einer zeitlichen Veränderung, sodass Logistiksysteme dynamische Systeme darstellen. Produktive Tätigkeiten z.B. der Fertigung, Konfektionierung oder Prüfung gehören nicht zu den originären Funktionen von Logistiksystemen.

2.3. Distributionsprozesse der Intralogistik

Wurden unter Prozessen bis vor wenigen Jahren noch fast ausschließlich Produktionsprozesse verstanden, sind heute infolge der Prozessorientierung inzwischen alle Arten von Prozessen gemeint. Die Norm DIN EN ISO 9000 definiert einen Prozess folgendermaßen: „Satz von in Wechselbeziehungen oder Wechselwirkungen stehenden Tätigkeiten, der Eingaben in Ergebnisse umwandelt“ [Din00]. Ein Prozess ist demnach eine Einheit aus Tätigkeiten, die Eingaben durch den Ablauf der Tätigkeiten zu Ausgaben umformt unter Einsatz entsprechender Ressourcen.

In diesem Kapitel werden die Prozesse innerhalb von Intralogistiksystemen, *siehe Abbildung 6: Prozesse und Abläufe der Intralogistik*, aufgeführt und erläutert, die der gesamten Arbeit als Basis eines einheitlichen Verständnisses zugrunde gelegt werden. Ziel ist eine ordnende Einteilung, die eine Unterscheidung verschiedener Prozesse ermöglicht, und nicht eine möglichst vollständige Auflistung aller Prozesse.

Der Distributionsprozess steht mit einer Reihe weiterer Prozesse in engem Zusammenhang. Zu diesen Prozessen gehören:

- Auftragsannahme
- Auftragsbearbeitung
- Beschaffung
- Einkauf
- Produktion
- Lagerwirtschaft
- Wareneingang
- Einlagerung
- Kommissionierung
- Ladehilfsmittelbereitstellung
- Nachschub
- Verpackung
- Warenausgang
- Auslieferung/Versand
- Transport
- Retouren

Bei den hier angesprochenen Prozessen wird die Analyse auf den intralogistischen Distributionsprozess inkl. des benötigten Personals, auch für Service und Wartung, innerhalb der gesamten Unternehmenslogistik bezogen. (*siehe Abbildung 7: Zusammenspiel der Prozesse; rot markierter Bereich*).

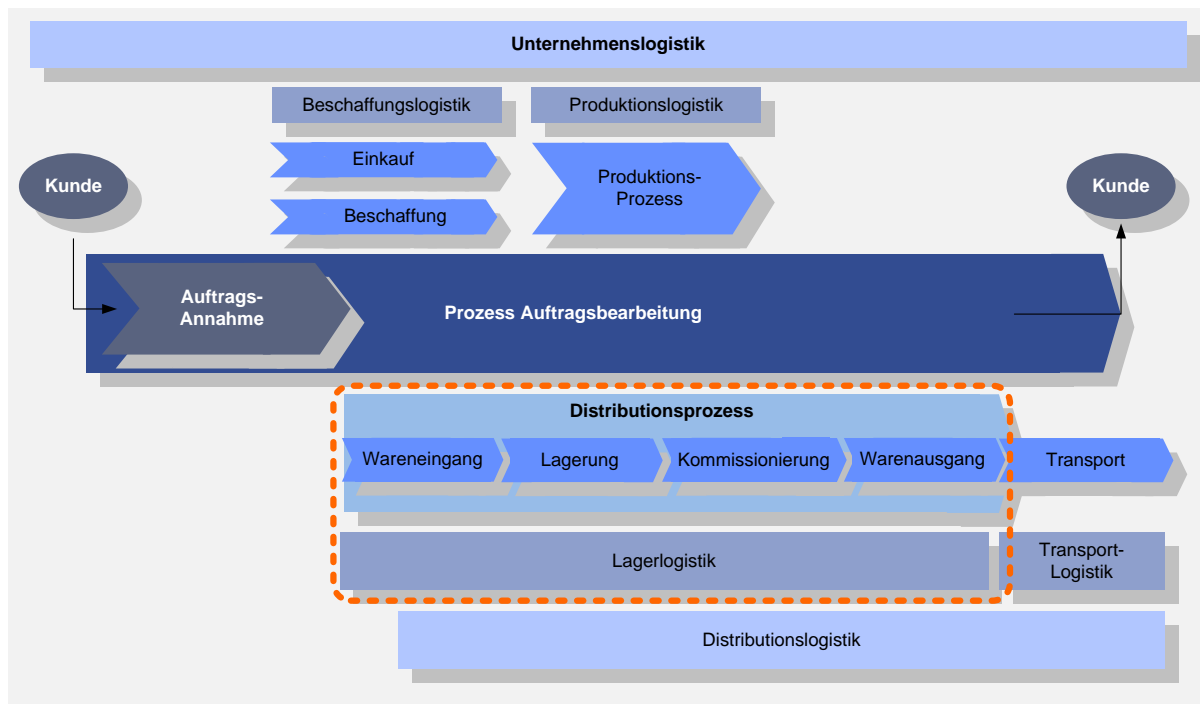


Abbildung 7: *Zusammenspiel der Prozesse [Sta08]*

Zur Unterteilung und damit zur Zuordnung der innerhalb von Intralogistik-Systemen befindlichen Prozesse können die Bewertungskriterien wie folgt klassifiziert werden:

Klassifizierung	Beschreibung
„utilitäre“ Forderung	Diese Forderung beinhaltet den primären Nutzen einer logistischen Anlage. Dies bedeutet, sie stellt die stoff-, energie- und informationsumsetzenden Funktionen sicher, die aus dem eigentlichen Einsatzzweck abgeleitet werden. Typische Anforderungen sind z.B. Lebensdauer und Zuverlässigkeit.
„faktibilitäre“ Forderung	Faktibilitäre Forderungen beinhalten die Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit der logistischen Anlage. Anforderungen sind z.B. anzuwendende Kommissionierverfahren und Montagegerechtigkeit.
„ökologische“ Forderung	Die ökologischen Forderungen beziehen sich auf den gesamten Produktlebenszyklus einer logistischen Anlage. Sowohl der Schadstoffausstoß als auch die Belastungsgrenzwerte, Entsorgung und Recycling fallen unter diese Klassifizierung
„ökonomische“ Forderung	Diese Forderungen beinhalten die Bedingungen aus der geltenden Wirtschaftsordnung, den sozialökonomischen Verhältnissen in der Gesellschaft und den gesellschaftlich-normativen Einflüssen auf das Produkt.
„kommunikative“ Forderung	Diese Forderungen beinhalten hauptsächlich softwaretechnische Aspekte, die sich mit dem Datenaustausch befassen.
„operationale“ Forderung	Diese Forderungen verlangen, dass sich die logistische Anlage an die physischen und psychischen Bedingungen des Menschen anpasst. Die Sicherheit im Umgang mit dieser Anlage muss gewährleistet sein, die Leistungs- und Verhaltensweisen bekannt sein. Beispiele hierfür wären: die Bedienbarkeit, Handhabbarkeit, Sicherheit.

„ästhetische“ Forderung	Ästhetische Forderungen betreffen die sinnlich wahrnehmbare äußere Erscheinung der logistischen Anlage. Als Beispiel gelten hier die sichtbare Erscheinung, Geräusche, Vibration usw.
----------------------------	---

Tabelle 1: *Strukturierung logistischer Anlagen nach Firchau [Cro07]*

Diese Strukturierung von Lagerprozessen logistischer Anlagen dient als Basis für die die Einteilung in Systemstrukturelemente sowie die Auswahl der im späteren Verlauf der Arbeit herausgestellten Kennzahlen (*siehe Kap. 3.2.4 Kennzahlen zur Bewertung der Logistik*), die zur Einteilung in die Strukturelemente und zur Analyse herangezogen werden.

Die Prozessschritte im Distributionsprozess werden in folgender *Abbildung 8: Distributionsprozess* veranschaulicht.

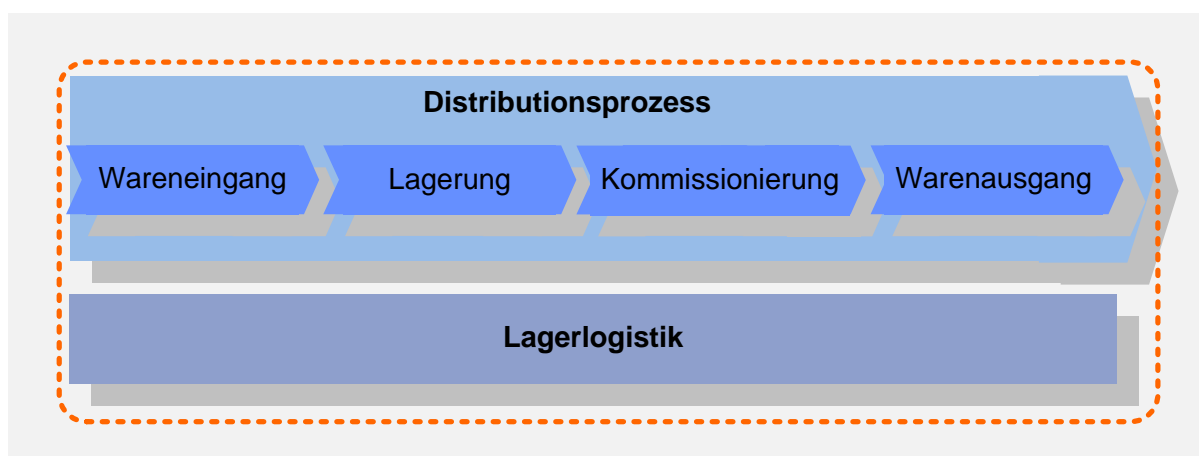


Abbildung 8: *Distributionsprozess [Sch08b]*

Wareneingang:

Der Wareneingang ist der Bereich, in dem die Ware physisch übernommen wird. Hinsichtlich der Erfordernisse der Arbeitsabläufe im gesamten Distributionsprozess bedeutet dies, dass in diesem Bereich Anforderungen zu finden sind, bei denen z.B. der Übergabezeitpunkt von Produkten vom Hersteller an den Distributor zur Rückverfolgung von Herstellerdaten ein wichtiger Aspekt ist. Des Weiteren ist es möglich, dass in diesem Prozessschritt der Distribution weitere produktbezogene Informationen durch das logistische System erfasst und an dieses übergeben werden müssen.

In diesen Bereich fallen auch Funktionen wie:

- Entladung
- Quantitative Prüfung
- Qualitative Prüfung
- Datenerfassung
- Quittierung

Lagerung:

Die Lagerung als nachfolgender Prozess fasst alle datentechnischen und operativen Vorgänge unter einem Begriff zusammen, die vom Eintreffen einer Ladeinheit in das fördertechnische System bis zur Ablage auf einem Lagerplatz ablaufen. Dieser Bereich beinhaltet Anforderungen bezüglich des Betriebs der Anlage, wie z.B. Einlagerung nach Gleichverteilung der Artikel.

In diesen Bereich fallen auch Funktionen wie:

- Übernahme in dispositiven Bestand
- Einteilung in Lagerzonen
produktabhängig (Größe, Gewicht, Verpackungsart, ...)
auftragsabhängig (A-B-C Artikel, Saisonartikel, ...)
- Bestandsüberwachung
- Auslagerung
- Bereitstellung

Kommissionierung:

In der Kommissionierung werden Einzelpositionen zu Aufträgen zusammengestellt. Dabei hat die Kommissionierung das Ziel, aus einer Gesamtmenge von Gütern Teilmengen aufgrund von Aufträgen anzuordnen [VDI94] . Aus dem Blickwinkel des Distributionsprozesses betrachtet, werden in diesem Bereich folgende Grundfunktionen ausgeführt [tenH02a] .

Auftragsorganisation

- Einzelauftragsbearbeitung
- Bearbeitung von Auftragsrückstellungen
- Bewegung der Güter zur Bereitstellung
- Bereitstellung
- Fortbewegung des Kommissionierers zur Bereitstellung
- Entnahme der Güter durch den Kommissionierer
- Transport der Entnahmeeinheiten zur Abgabe
- Abgabe der Entnahmeeinheiten
- Transport der Kommissioniereinheit zur Abgabe
- Rücktransport der angebrochenen Ladeinheit
- Datenverarbeitung

In diesen Bereich fallen auch Funktionen wie:

- Batchaufbereitung
- Einteilung in Kommissionier-Zonen (Fachboden-, Durchlauf-, Pick-to-Belt-, Pal.-, Blocklager usw.)
Produktabhängig, auftragsabhängig
- Nachschub für Kommissionierbereiche
- Nachschub für direkte Bereitstellung für den Versand
- Auftragskonsolidierung
- Sammlung von Teilaufträgen vor Versandbereitstellung
- Direkte Auftragskonsolidierung in der Versandzone
- Crossdocking

Warenausgang:

Der Warenausgang folgt im Anschluss an die Kommissionierung, ggf. Konsolidierung bei Aufteilung von Aufträgen in Teilaufträge und Verpackung. Die Ware wird in diesem Prozess auftragsgerecht bereitgestellt, um nach dem Holprinzip vom Auftraggeber oder einem Frachtführer abgeholt oder nach dem Bringprinzip direkt zum Empfänger transportiert zu werden [tenH08] .

In diesen Bereich fallen u.a. Funktionen wie:

- Tourenbereitstellung
- Vollständigkeitskontrolle
- Versand

3. KENNZAHLEN UND KENNZAHLENSYSTEME

In diesem Kapitel werden die Kennzahlen und Kennzahlensysteme vorgestellt, die im Bereich der Intralogistik vorzufinden sind, sowie die Kennzahlarten beschrieben mit deren Aufgaben und Funktionen. Das Kapitel gibt einen Überblick über die in der Praxis üblicherweise eingesetzten Kennzahlen als Grundlage zur Bewertung von Logistik.

Kennzahlen gehören zu den zentralen Instrumenten des Logistik-Controllings und vermitteln einen schnellen und komprimierten Überblick über die Leistungsfähigkeit komplexer Logistikstrukturen. Moderne Instrumente zur Steuerung und Optimierung von Geschäftsprozessen mit Hilfe von Kennzahlen sind Kennzahlensysteme, die der wirtschaftlichen Transparenz dienen sollen.

Unter Zuhilfenahme von Kennzahlen kann die Leistungsfähigkeit von Logistiksystemen hinsichtlich der Erfüllung der Kundenwünsche gemessen und damit die Grundlage für eine kontinuierliche Optimierung gelegt werden. In der Literatur wird eine Vielzahl von Kennzahlen zur Messung der Kundenwünscherfüllung vorgestellt und diskutiert (*siehe* [VDI00] , [Sch95] , [Sys90a] , [Hor98] , [Web95d] , [Wil97a] *und* [ZVE88]) wobei in dieser Arbeit eine zielführende Auswahl im Hinblick auf die Analyse und Bewertung von Intralogistiksystemen berücksichtigt wird.

3.1. Stand der Logistikkennzahlen in der Praxis

Logistikkennzahlen werden seit Langem durchgängig gefordert, in vielen Beiträgen beschrieben und umfangreich zur Anwendung vorgeschlagen, dennoch ist keinesfalls ein für Theorie und Praxis umfassender Erkenntnisstand erreicht. Um den Realitätsstand in den Unternehmen zu erfassen, wurde bereits 1991 und in den Folgejahren am Lehrstuhl für Controlling und Logistik der WHU Koblenz⁵ eine empirische Befragung von über 100 Unternehmen durchgeführt. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Erhebung [Web02a] lauten wie folgt:

Der Wunsch nach einem Logistik-Kennzahlensystem wurde von fast jedem Unternehmen geäußert. Circa 20 % der befragten Unternehmen gab an, ein geschlossenes Kennzahlensystem einzusetzen, allerdings mit der Äußerung versehen, das ein erhebliches Weiterentwicklungs- bzw. Veränderungspotenzial bestünde.

Bei den befragten Unternehmen mit Einsatz von Kennzahlensystemen werden lediglich etwa 25 Kennzahlen erfasst und bei Unternehmen ohne Einsatz von Kennzahlensystemen nur 12 verschiedene Kennzahlen. Die meistgenannten Kennzahlen siehe *Abbildung 9: Wichtigste laufend erfasste Kennzahlen in der Intralogistik*.

Bei Weitem sind nicht alle Kennzahlen, die für wichtig erachtet werden, von den Unternehmen auch erfasst. Die Gruppe der realisierten Kennzahlen folgt eher den Erfassungsmöglichkeiten als den Notwendigkeiten des Controllings [Web95b].

⁵ Wissenschaftliche Hochschule für Unternehmensführung

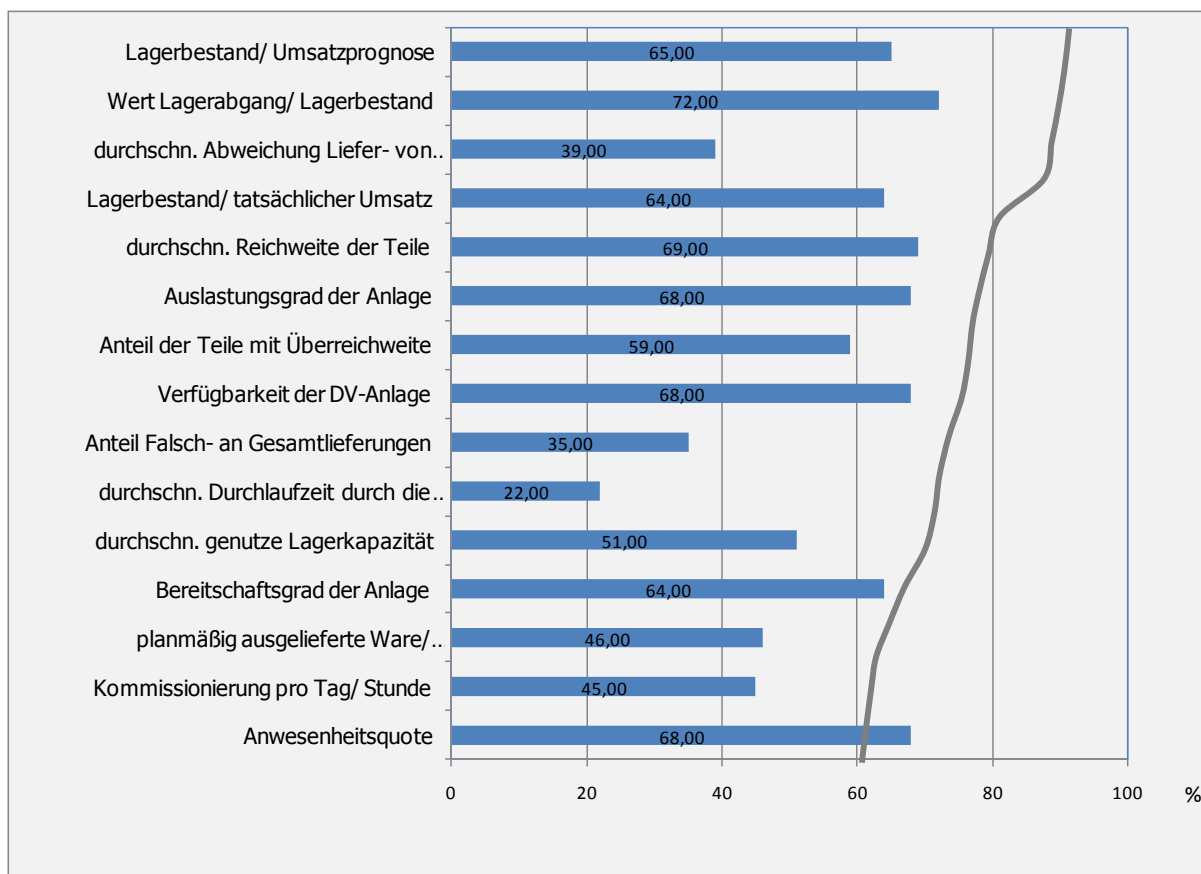


Abbildung 9: *Wichtigste laufend erfasste Kennzahlen in der Intralogistik*

Die vertikale graue Linie gibt an, wie viel Bedeutung den jeweiligen Kennzahlen beigemessen wird [Web02a] .

Insgesamt ergibt sich auch durch eine neuerliche Erhebung aus dem Jahr 2002 ein nicht zufriedenstellender Stand des Einsatzes von Kennzahlensystemen, wodurch der Bedarf an Optimierung nur unzureichend ermittelbar ist.

3.2. Stand der Wissenschaft

Begriffsbestimmung:

Im letzten Jahrhundert wurden zahlreiche Definitionen des Kennzahlenbegriffs vorgestellt. Als Synonym für den Begriff Kennzahl werden im betrieblichen Sprachgebrauch Begriffe wie Kontrollgrößen, Messgrößen, Kennziffern oder Kenngrößen verwendet.

Eine allgemein anerkannte und einheitlich verwendete Definition des Begriffs bzw. der Begriffe existiert bisher nicht. Nachfolgend werden die gängigsten Begriffe erläutert.

3.2.1. Kennzahlenbegriff

Der Begriff Kennzahl hat eine vielgestaltige Entwicklung durchlaufen. Nach intensiven begrifflichen Diskussionen ist heute davon auszugehen, dass ein allgemein akzeptierter Kennzahlenbegriff besteht. Kennzahlen werden als Informationen definiert, die Sachverhalte und Tatbestände in einer Ziffer relevant und knapp ausdrücken können [Hei70] . Mitte der 70er-Jahre setzte sich schließlich ein Begriff durch, über dessen Aussage in der Literatur Einigkeit besteht. Kennzahlen werden als jene Zahlen betrachtet, die quantitativ erfassbare Sachverhalte in konzentrierter Form abbilden [Rei76] .

Die wichtigsten Eigenschaften einer Kennzahl sind

der Informationscharakter, der ein Urteilserlaubnis über wichtige Sachverhalte und Zusammenhänge ermöglichen,
die Quantifizierbarkeit die Eigenschaften von Variablen, Sachverhalten und Zusammenhängen vergleichbar erfassen und
die spezifische Form der Information, die Strukturen und Prozesse für einen schnellen Überblick insbesondere für Führungsinstanzen darstellen.

Funktion von Kennzahlen:

Kennzahlen sind vielseitige Instrumente, die sowohl für interne als auch für externe Zwecke, z.B. Betriebsanalysen verwendet werden können. Die Betriebsanalyse versucht aus der historischen Entwicklung quantitativer Daten der Unternehmung Urteile über die wirtschaftliche Situation des zu analysierenden Unternehmens zu gewinnen [Vie58]. Die gebildeten Kennzahlen dienen internen Entscheidungszwecken und können sich auf den gesamten oder aber auch nur auf Teilfunktionen beziehen, wobei die Kennzahlen den unterschiedlichen Klassen

- Informationsbasis
- Statistische Form
- Zielorientierung
- Objektbereich
- Handlungsbezug

zugeordnet werden können.

Zunächst erfolgt nachstehend eine Erläuterung der grundlegenden Kennzahlenarten. Im Anschluss wird auf wichtige Kennzahlensysteme eingegangen, wobei der Schwerpunkt auf Kennzahlensystemen zur Bewertung der Logistikleistung liegt.

Kennzahlenarten:

Grundsätzlich werden Kennzahlen (*siehe Abbildung 10: Kennzahlenarten*) in Absolut- und Relativzahlen (*siehe* [Sys90a] *u.* [Str00]) eingeteilt. Eine Absolutzahl benennt den Wert einer bestimmten Kenngröße, ohne diese im Vergleich mit anderen Kenngrößen zu bewerten, und kann aus Einzelzahlen, Summen oder Differenzen dargestellt werden. Ein Beispiel ist die Anzahl termintreuer Lieferungen eines Unternehmens.

Relativzahlen treten hingegen als Gliederungs-, Beziehungs- und Indexzahlen auf. Gliederungszahlen geben den Anteil einer Größe an, z.B. termingerechte Lieferungen an einer Gesamtmenge, beispielsweise Gesamtzahl der Lieferungen. Beziehungszahlen setzen zwei verschiedenartige, jedoch sachlich zusammenhängende Größen zueinander ins Verhältnis, z.B. von realer Anlagennutzungsdauer zur maximal möglichen Anlagennutzungsdauer. Indexzahlen setzen gleichartige, aber zeitlich oder örtlich verschiedene Größen zueinander in Beziehung, z.B. Preisindex als Verhältnis von aktuellem Preis zum Basispreis.

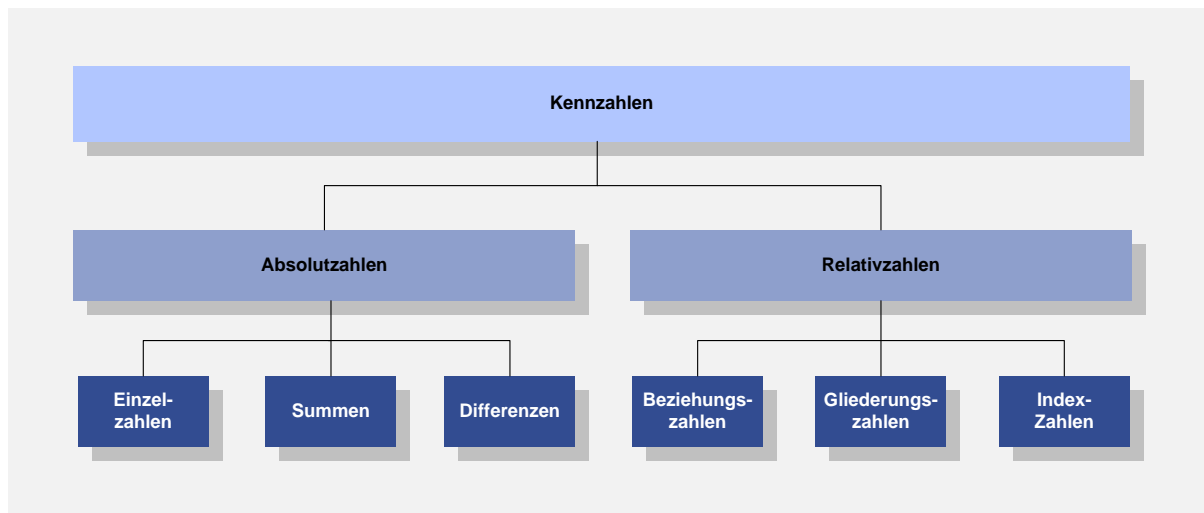


Abbildung 10: *Kennzahlenarten [Arn04d]*

Im Rahmen von innerbetrieblichen Kennzahlenerhebungen können alle genannten Kennzahlenarten verwendet werden. Beim unternehmensübergreifenden Vergleich hingegen werden Relativzahlen und hierbei vor allem Gliederungs- und Beziehungszahlen bevorzugt angewandt [Str00]. Durch den Bezug auf eine definierte Basisgröße lassen sich über Relativzahlen unterschiedliche Unternehmen, im Rahmen dieser Arbeit unterschiedliche Intralogistiksysteme, besser miteinander vergleichen.

3.2.2. Kennzahlensysteme

Mit Einzelkennzahlen alleine lässt sich ein gesamter Prozess nicht umfassend bewerten, da es in der Logistik mehrere, zum Teil konkurrierende Ziele wie niedrige Bestandskosten und hohe Lieferfähigkeit gibt. Daher werden zur Bewertung von logistischen Prozessen immer mehrere Kennzahlen im Kontext bewertet. Ein Kennzahlensystem ist die „Zusammenstellung von quantitativen Variablen, wobei die einzelnen Kennzahlen in einer sachlich sinnvollen Beziehung zueinander stehen, einander ergänzen oder erklären und insgesamt auf ein gemeinsames, übergeordnetes Ziel ausgerichtet sind. Durch die Ordnung und systematische Struktur der Kennzahlen wird die Beziehung zueinander wiedergegeben und die Möglichkeit zu individuellen Interpretation eingeschränkt“ [Rei95].

Bei Kennzahlensystemen werden von einem Oberziel operative Unterziele abgeleitet, die miteinander in verschiedenen Beziehungen stehen. Abhängig von der Struktur lassen sich Kennzahlensysteme in Rechen-, Ordnungs- und Zielsysteme unterscheiden, die nachstehend kurz erläutert werden (*siehe* [Rei95] und [Sys90a]).

Bei *Rechensystemen* werden Basiskennzahlen durch die Anwendung mathematischer Regeln und Transformationen so miteinander verknüpft, dass alle erhobenen Komponenten in einer Spitzenkennzahl resultieren. Durch die Verknüpfungen der Kennzahlen untereinander können der Einfluss bzw. die Auswirkungen der Veränderung einer Kennzahl auf die Spitzenkennzahl erkannt werden. Beispiel einer typischen Spitzenkennzahl sind der Return on Investment (ROI) oder die Amortisationsdauer.

Mit *Ordnungssystemen* können Kennzahlen in Beziehung zueinander gesetzt werden, um Sachverhalte systematisch und möglichst vollständig zu erfassen. Um dies zu erreichen, wird oftmals eine große

Anzahl an Kennzahlen erhoben, wobei es nicht notwendig ist, dass zwischen den Kennzahlen eine mathematische Beziehung oder eine hierarchische Struktur besteht. Bedingt durch die große Anzahl der benötigten Kennzahlen ist die Datenerhebung und Handhabung von Organisationssystemen unter Umständen sehr aufwendig.

Zielsysteme werden als Erweiterung der Ordnungssysteme betrachtet, da eine Strukturierung der Kennzahlen nach übergeordneten Zielen erfolgt. Diese übergeordneten Ziele werden in untergeordnete quantifizierbare Teilziele zerlegt. Wenngleich grundsätzlich eine Wechselbeziehung zwischen den Kennzahlen zweier benachbarter Ebenen besteht, muss die Verknüpfung nicht notwendigerweise quantifizierbar sein. Obwohl eine genaue Aussage über den potenziellen Einfluss einer Kennzahlveränderung auf die Zielerreichung nicht möglich ist, können doch systematische Ansatzpunkte identifiziert werden (*siehe Kap. 7.2 Aufbau der Wirkungsanalyse*).

Kennzahlen zur Bewertung der Logistik wurden verstärkt zu Beginn der 1980er-Jahre entwickelt. Die Ansätze decken häufig neben rein produktionstechnischen Aspekten der Materialwirtschaft die Qualitätssicherung ab.

Die nachfolgend vorgestellten Kennzahlen nach Reichmann [Rei95], Schulte [Sch95], LogiBEST [VDI00] sowie dem SCOR-Modell⁶ [Bol07] haben einen bereichsübergreifenden Charakter.

Reichmann entwickelte 1985 Kennzahlen zur Wirtschaftskontrolle der Logistik. Als zentrale Kenngröße für das Logistik-Controlling führt er Umschlaghäufigkeit, die Gesamtlogistikkosten pro Umsatzeinheit und den Lieferbereitschaftsgrad an. Die Kennzahlen von Reichmann entsprechen einer stark funktional orientierten Sichtweise der Logistik. Durch die Festlegung von Spitzenkennzahlen und die Hierarchisierung der Kennzahlen in drei Ebenen haben die Kennzahlen prinzipiell den Charakter eines Zielsystems. Bei der Festlegung der Kennzahlen kann auf eine detaillierte Definition der einzelnen Kennzahlen geachtet werden, was allerdings bedingt, dass die Kennzahlerhebung dezidiert zu erfolgen hat.

Schulte strukturiert seine Logistikkennzahlen zur Bewertung der Logistikleistung in Form einer Matrix [Sch08c]. Diese Matrix gliedert er nach Kennzahlenarten wie Struktur- und Rahmen-, Produktivitäts-, Wirtschaftlichkeits- und Qualitätskennzahlen sowie nach Logistikfunktionen wie Beschaffung, Materialfluss, Transport, Produktionsplanung und -steuerung. In dem von Schulte vorgeschlagenen Ordnungssystem existieren keine Spitzenkennzahlen oder eine zielorientierte Hierarchisierung der Kennzahlen. Aufgrund der hohen Anzahl an Kennzahlen, ca. 150, können interessierte Unternehmen häufig nur eine Auswahl der Kennzahlen umsetzen. Zur Implementierung ist, vergleichbar mit dem Ansatz von Reichmann, eine detaillierte Definition der Kennzahlen durchzuführen.

Die Kennzahlen nach *LogiBEST*⁷ [Luc04] orientieren sich an einem prozessorientierten Ansatz und sind in die Bereiche Beschaffung, Produktion und Distribution gegliedert. Die Kennzahlen sind in einem Zielsystem strukturiert, wobei den Kosten- und Leistungszielen der Logistik jeweils die wichtigsten

⁶ Supply Chain Operations Reference Model

⁷ Logistik Benchmarking für Produktionsunternehmen – Standards, Kennzahlen und Methoden

Kennzahlen zugeordnet werden. Im Wesentlichen werden die Kennzahlen zur Messung des Lieferservice, der Durchlaufzeit, der Produktivität, der Prozesskosten sowie der Messung der Bestände definiert. Am Beispiel der Produktionslogistik sind die Kennzahlen in *Abbildung 12: Kennzahlen der Produktionslogistik* [VDI00] dargestellt.

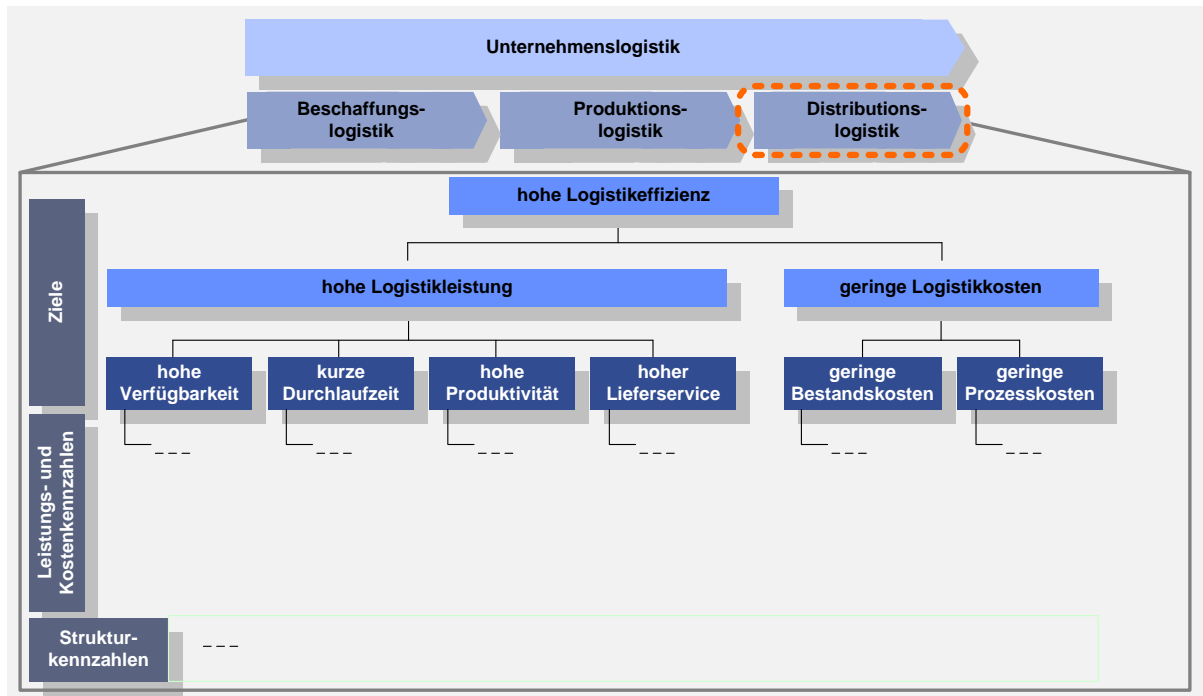


Abbildung 11: *Struktur des Kennzahlensystems nach LogiBEST* [Wie02]

Kern der Entwicklung dieses Kennzahlensatzes ist die Eignung für branchenübergreifende Benchmark-Untersuchungen. Aus diesem Grund wurden die Kennzahlen, mit Ausnahme der Strukturkennzahlen wie z.B. Gesamt-Investition, Abschreibungswerte, mengen- und energiebezogene Werte, als Relativzahlen definiert. Signifikant ist die hohe Anzahl der Kennzahlen, die eine gute Vergleichbarkeit der betrachteten Systeme beim Benchmarking gewährleistet. LogiBEST vernachlässigt Kennzahlen aus anderen betroffenen Unternehmensbereichen, wie z.B. finanzwirtschaftliche oder technologische Kennzahlen mit Kennzahlen wie Fehlerraten, Nutzungsgrad der Anlagen, Auslastung usw. Die Ergebnisse von LogiBEST sind die Grundlage der VDI-Richtlinie 4400.

Das SCOR-Modell ist ein Referenzmodell zur Abbildung und Analyse von Wertschöpfungsketten [Bol07]. Zur Analyse der Leistungsfähigkeit wird ein umfangreicher Kennzahlenkatalog auf verschiedenen Betrachtungsebenen zur Verfügung gestellt. Die Kennzahlen lassen sich einer der fünf Zielkategorien Liefertreue, Durchlaufzeit, Flexibilität, Kosten und eingesetztes Vermögen zuordnen. Der Schwerpunkt des SCOR-Modells liegt auf der Bewertung von Geschäftsmodellen in der Lieferkette. Es ist anzumerken, dass die Definition der Kennzahlen des SCOR-Modells nur sehr allgemein gehalten ist [Bol07] und deshalb im Anwendungsfall noch detailliert ausformuliert werden muss, um die Vergleichbarkeit sicherstellen zu können.

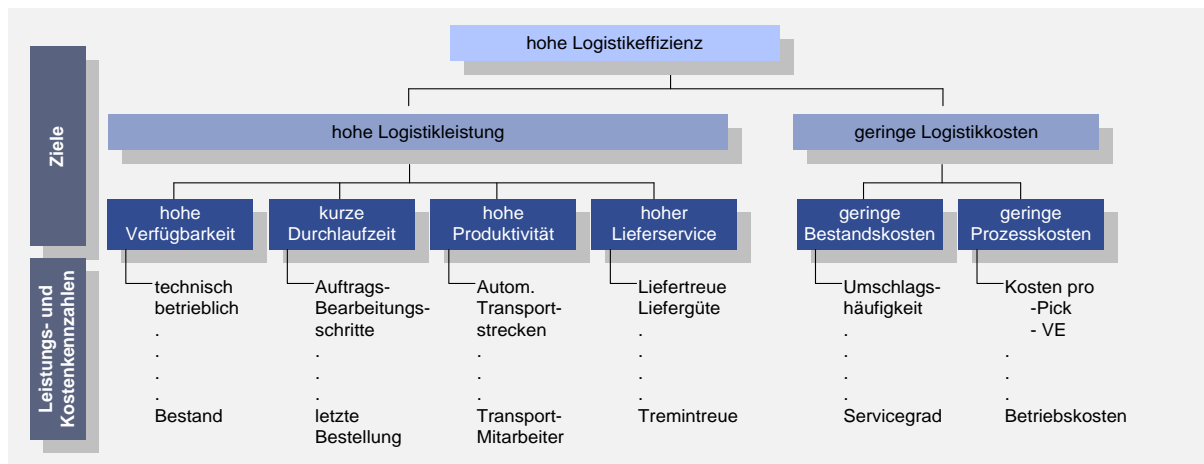


Abbildung 12: Kennzahlen der Produktionslogistik [VDI00]

Das Konzept der selektiven Kennzahlen von Weber ist [Web97] ein dreistufiges Modell zur Generierung von Kennzahlen. Das Modell beschreibt einen Konstruktionsansatz zur strategiekonformen Ableitung von Logistikkennzahlen. Zudem wird skizziert, wie die Kennzahlen der Unternehmensebenen und der operativen Ebene miteinander verbunden werden können.

Selektiv ist das Konzept einerseits, weil die Anzahl der zu generierenden Kennzahlen auf drei bis fünf Ebenen beschränkt werden, um eine unnötige Komplexität des Kennzahlensystems zu vermeiden. Der selektive Charakter kommt andererseits dadurch zum Ausdruck, dass die Kennzahlen mathematisch und sachlogisch miteinander verbunden werden.

In einem ersten Schritt wird auf der strategischen Ebene eine Unternehmensstrategie formuliert und das zukünftige logistische Anforderungsprofil analysiert. Im zweiten Schritt werden auf operativer Ebene entsprechende Kennzahlen aus den Material- und Warenflüssen z.B. durch moderne Datenauswertungsverfahren wie das Data Mining [Fre02] abgeleitet und im dritten Schritt erfolgt die logische Verbindung der strategischen und operativen Ebene.

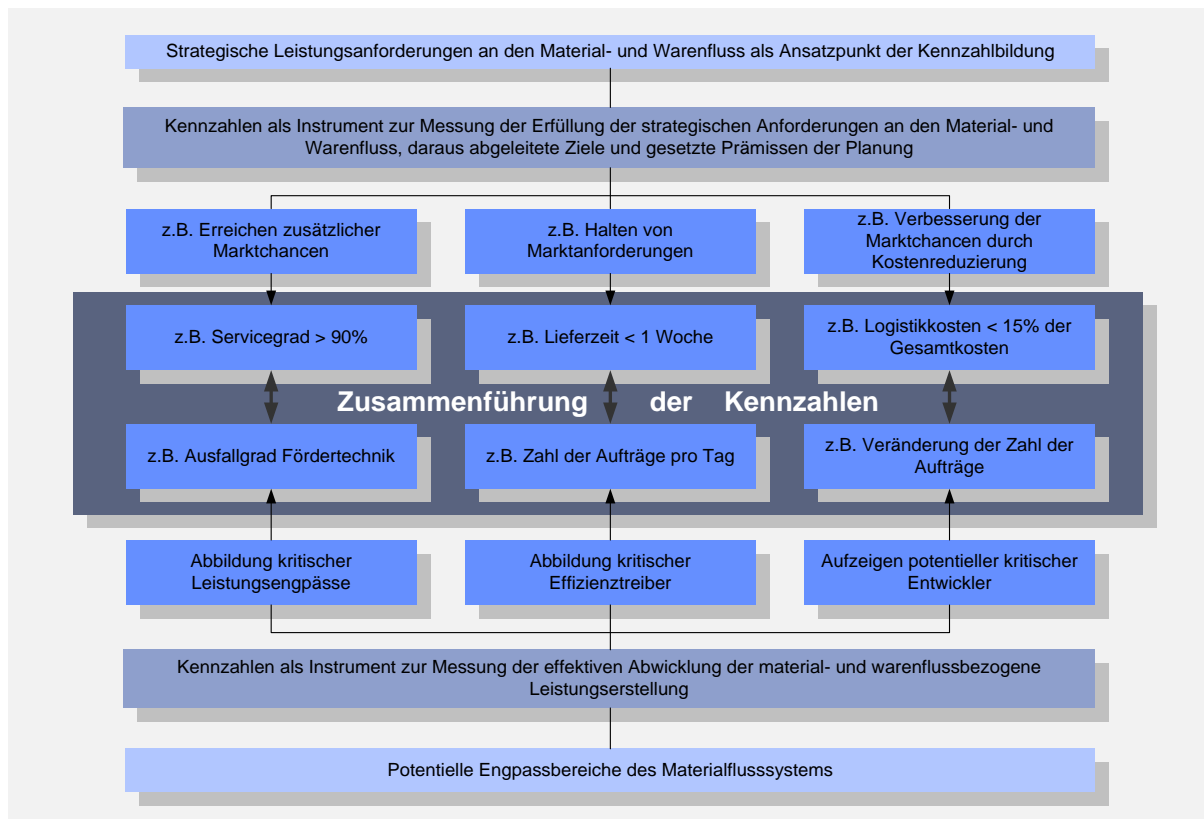


Abbildung 13: *Konzept der selektiven Kennzahlen [Web97]*

Das Konzept der selektiven Kennzahlen kann als eine Art Rahmenkonzept zur Entwicklung eines Kennzahlensystems bezeichnet werden und gilt als ausgewogen. Die Ermittlung der Kennzahlen erfolgt unter Berücksichtigung der Strategie. Die Flexibilität und die Offenheit des Konzeptes ermöglichen die Berücksichtigung von finanziellen und nicht-finanziellen Kennzahlen, internen und externen Perspektiven, vergangenheits- und zukunftsbezogenen sowie kurz- und langfristigen Zielen.

Weitere Kennzahlensysteme in der Zusammenfassung

Finanzwirtschaftliche Kennzahlensysteme:

- Das DuPont-System [Web02b]
Ziel des DuPont-Systems ist die Maximierung des ROI, der die oberste Kennzahl bildet.
- Das Rentabilitäts-Liquiditäts-Kennzahlensystem [Rei01a]
Ziel des RL-Systems ist die Hilfestellung für die Unternehmensführung für Planungs-, Kontroll- und Analyseprozesse mit den obersten Kennzahlen Rentabilität und Liquidität.
- Das ZVEI-System [Hor02]
Ziel des ZVEI-Systems ist die Beurteilung der Unternehmenseffizienz auf Basis einer Wachstums- und Strukturanalyse. Es hat die Eigenkapitalkraft als Spitzenkennzahl.

Wertorientierte Kennzahlensysteme:

- Discounted Cashflow
beschreibt Verfahren zur Wertermittlung, insbesondere zur Unternehmensbewertung und zu Ermittlung des Verkehrswerts von Immobilien.
- Economic Value Added
oder Geschäftswertbeitrag ist eine Messgröße aus der Finanzwirtschaft, um die Vorteilhaftigkeit einer Investition zu berechnen.
- Cash Value Added
ist eine Renditekennzahl des Gewinnüberschuss auf der Basis des Cash Flow Return on Investment (CFROI).
- Real Asset Value Enhancer
einer Weiterentwicklung der Kennzahl Cash Value Added

Die oben genannten wertorientierten Kennzahlensysteme, die vornehmlich für die Bewertung von Unternehmen herangezogen werden, sind für die zielführende Betrachtung von Kennzahlensystemen innerhalb dieser Arbeit nicht von Bedeutung und werden daher nicht näher erläutert.

3.2.3. Funktionen von Kennzahlen und Kennzahlensystemen

Kennzahlen und Kennzahlensysteme werden grundsätzlich zur Unterstützung von Planung, Steuerung und Kontrolle im Prozess der Unternehmensführung eingesetzt. *Abbildung 14: Prozess der Unternehmensführung* illustriert den Prozess der Unternehmensführung.

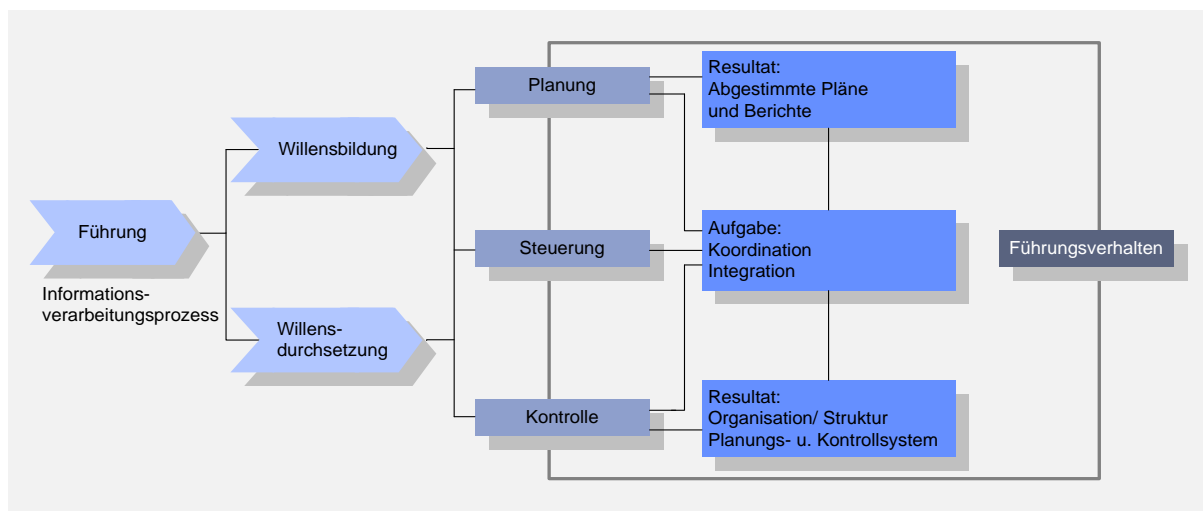


Abbildung 14: *Prozess der Unternehmensführung* [Hah01]

Die Steuerung bildet das Bindeglied zwischen der Planung und der Kontrolle und ergänzt die Analyse. Im Rahmen der Planung, Steuerung und Kontrolle eines Unternehmens werden Kennzahlen unterschiedlichen Funktionen zugeordnet.

Impulsfunktion:

Kennzahlen besitzen eine Impulsfunktion, indem sich aus ihnen Trends und Entwicklungen ableiten lassen.

Informationsfunktion:

Weiterhin üben Kennzahlen eine Informationsfunktion aus, da sie über bestimmte Sachverhalte informieren und in entscheidungszweckbestimmter Form aufbereitet werden.

Vergleichsfunktion:

Kennzahlen können darüber hinaus auch für interne und externe Betriebsvergleiche genutzt werden, hierunter ist im Besonderen das Benchmarking zu verstehen.

Koordinationsfunktion:

Strategien und Ziele einzelner Organisationseinheiten werden durch Kennzahlen gemessen und mit einem Zielwert versehen, der zu erreichen ist.

Kontrollfunktion:

Durch laufende Erhebung von Kennzahlen zur Analyse von Soll-Ist-Abweichungen.

Steuerungsfunktion:

Im Rahmen der Unternehmensführung werden Kennzahlen zur Entscheidungsunterstützung herangezogen.

Kennzahlen können grafisch, tabellarisch und in Form von Formeln dargestellt werden.

Die Darstellungsform ist in den meisten Fällen an die Wünsche und Gegebenheiten der Benutzer angepasst, je nachdem ob schnelle Übersichten gewünscht werden, die dann in grafischer Form aufbereitet sind, oder ob eine starke Detaillierung gewünscht wird, die meist erst in tabellarischer Form den Anforderungen entspricht.

3.2.4. Kennzahlen zur Bewertung der Logistik

Logistikkosten und Logistikleistungen, die sich im Spannungsfeld von Automatisierungsgrad, Wirtschaftlichkeit und Servicegrad befinden, können nur durch Bewertungsgrößen einer Bewertung zugeführt werden. Eine derartige Beschreibung erfolgt wie oben beschrieben anhand von Modellen für Kennzahlensysteme. Diese Modelle bilden die Realität durch Zurückführung auf das Wesentliche vereinfacht ab. Es ist dadurch möglich, das Verhalten und die Wirkzusammenhänge von Logistikprozessen nachzuzeichnen, die eine quantitative und qualitative Beschreibung der bestehenden Zusammenhänge und Abhängigkeiten der logistischen Zielgrößen eines Lagers erlauben.

Unter Kennzahlen der Logistik sind alle logistischen absoluten oder relativen Kenngrößen zur Erfassung von Leistungs-, Mengen- oder Wertgrößen zu verstehen, die Einfluss auf die Bewertung, hier auf die Bewertungsgrößen Automatisierungsgrad, Wirtschaftlichkeit und Servicegrad nehmen können. Sie haben das Ziel, komprimiert über quantitativ erfassbare Sachverhalte zu informieren. Kennzahlen kommt eine wachsende Bedeutung für die Steuerung und Verbesserung von Prozessen

zu; insbesondere vor dem Hintergrund eines fortschreitenden Anstieges der Komplexität werden Kennzahlen zu wichtigen Instrumenten der Planung, Steuerung und Optimierung von Prozessen [Web99a]. Anhand von Kennzahlen können logistische Potenziale erkannt und ausgeschöpft werden, indem die Planung und Auftragssteuerung des Auftragsflusses innerhalb des intralogistischen Ablaufes auf die logistischen Möglichkeiten des Unternehmens abgestimmt wird. Bei der Auswahl der geeigneten Kennzahlen kommt es auf folgende Inhalte an:

- Validität:
Wirklichkeitsnähe der Kennzahl zum tatsächlichen Ablauf im Unternehmen.
- Relevanz:
Bedeutung der Kennzahl für den Unternehmenserfolg.
- Mächtigkeit:
Aussagekraft und Bedeutung der Kennzahl.
- Vollständigkeit:
Umfassender Inhalt der Kennzahl.
- Vergleichbarkeit:
Möglichkeit der Bezugsherstellung zu ähnlichen Kennzahlen.
- Kompatibilität:
Vergleichbarkeit der Kennzahl bei unterschiedlichen Systemen.

Aufgrund der vielen Funktionen und Aufgaben von Kennzahlen können diese in verschiedene Kategorien eingeteilt werden (*siehe Abbildung 15: Klassifizierung von Kennzahlen*).

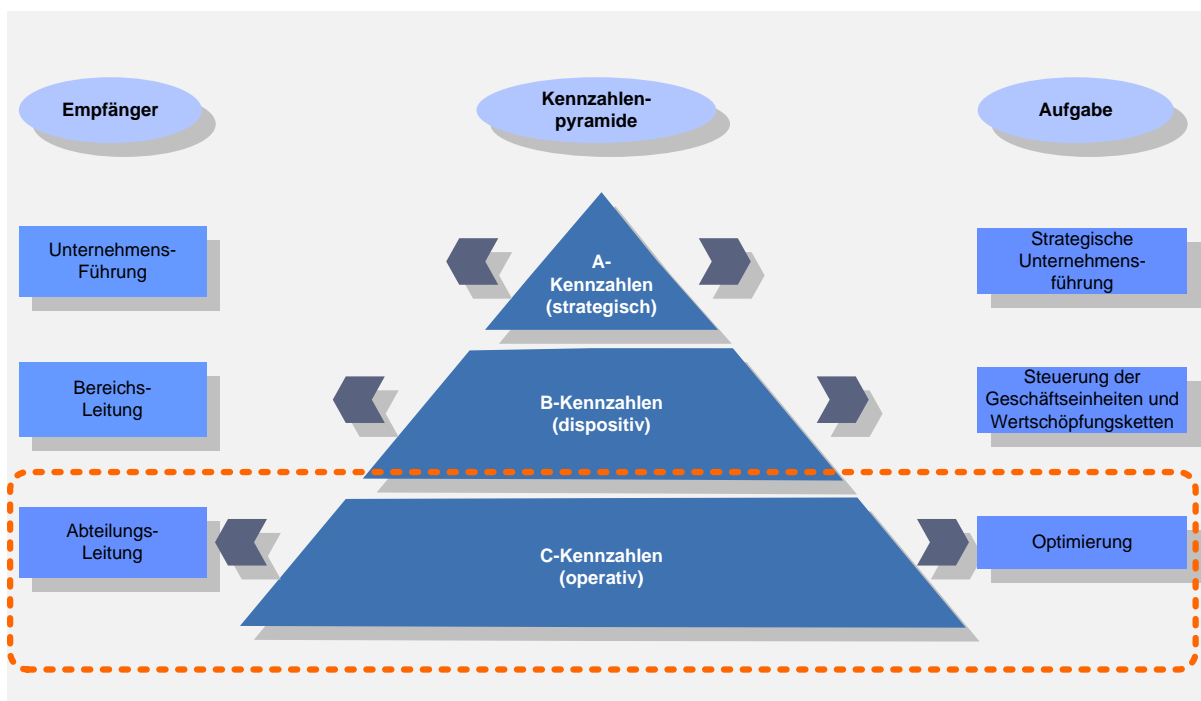


Abbildung 15: *Klassifizierung von Kennzahlen [Bic94]*

Kennzahlen können in Abhängigkeit von ihrer Aufgabe in die drei in *Abbildung 15: Klassifizierung von Kennzahlen* gezeigten unterschiedlichen Kategorien eingeteilt werden. Übergeordnete Kennzahlen, die der langfristigen Unternehmensführung dienen und in längeren Zeiträumen erhoben werden, sind

strategische Kennzahlen. Bezogen auf Unternehmensnetzwerke oder eine betrachtete Lieferkette können strategische Kennzahlen z.B. die Anzahl der beteiligten Unternehmen oder die Anzahl der Wertschöpfungsstufen, über die sich die Zusammenarbeit erstreckt, abbilden.

Dispositive Kennzahlen werden überwiegend dem mittleren Management zur Verfügung gestellt und dienen der Steuerung der einzelnen Geschäftseinheiten und der Prozesse. In einem Produktionsnetz werden sie zur Steuerung der einzelnen Geschäftsprozesse eingesetzt. Operative Kennzahlen sind für die kurzfristige Einflussnahme auf Prozesse geeignet und werden daher für die Optimierung verwendet. Diese operativen Kennzahlen werden daher vorrangig zur Bewertung des intralogistischen Prozesses herangezogen (*siehe roter Kasten in Abbildung 15: Klassifizierung von Kennzahlen*)

Ein wichtiges und leicht zu handhabendes Instrument im Rahmen des Controllings logistischer Leistungen und Kosten ist, wie oben bereits beschrieben, ein Kennzahlensystem. Es unterstützt bei der Senkung von Kosten und der Steigerung der Arbeitseffektivität. Ziel des Einsatzes von Kennzahlen ist die Beurteilung der Unternehmenssituation in Form eines Überblicks, aber auch die Möglichkeit einer detaillierteren Analyse. Planung, Steuerung und Kontrolle der Abläufe sind somit möglich.

Im Bereich der Logistik haben sich vor allem Kennzahlen von Struktur- und Rahmenbedingungen, der Produktivität, der Qualität und der Wirtschaftlichkeit durchgesetzt, da sie als besonders geeignet für das Management von Prozessen angesehen werden. Sie sind für den Prozessverantwortlichen leicht verständlich und unterstützen die Verankerung des Denkens in Prozessen [Hor96]. Mit den Servicekennzahlen existieren originäre logistische Kennzahlen zur Beschreibung von Prozessergebnissen. Eine Servicekennzahl setzt sich in der prozessorientierten Interpretation aus den Bestandteilen Lieferflexibilität, Lieferzeit sowie Lieferfähigkeit mit deren weiteren Faktoren Lieferqualität, Liefertreue und Informationsbereitschaft zusammen.

Zur Auswahl der geeigneten Kennzahlen zur Bewertung dient die Übersicht über die meist benutzten bzw. bei der Erhebung der WHU Koblenz herausgestellten Kennzahlen.

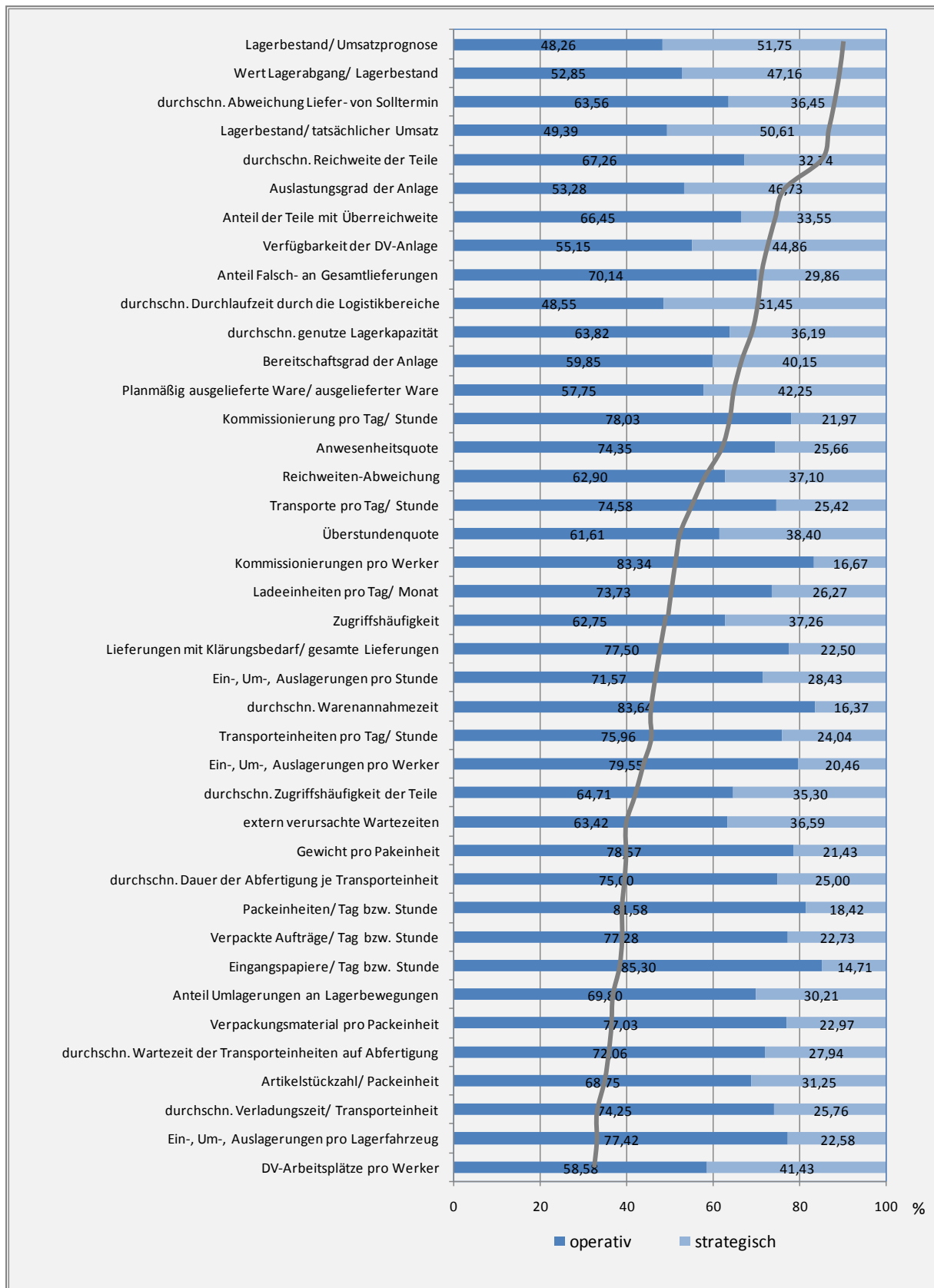


Abbildung 16: Die wichtigsten 40 Kennzahlen [Web95c]

Die vertikale graue Linie innerhalb des Diagramms in *Abbildung 16: Die wichtigsten 40 Kennzahlen* zeigt an, wie viel Bedeutung den Kennzahlen beigemessen wird.

Ergänzend zu den hier aufgeführten Kennzahlen ist neben der Bedeutung der jeweiligen Kennzahl in den jeweiligen Unternehmen auch die Aufteilung in „operativ“ und „strategisch“. Bei den operativen Kennzahlen lassen sich die Kennzahlenwerte, also die Variablen direkt durch den operativen Einsatz beeinflussen, während die strategischen Kennzahlen nur mittel- bis langfristig beeinflussbar sind. Bei der oben genannten Erhebung lässt sich auch erkennen, dass die als bedeutsam herausgestellten Kennzahlen eher strategischer Natur und dadurch nicht direkt beeinflussbar sind und im Umkehrschluss die direkt beeinflussbaren operativen Kennzahlen eher als unbedeutender eingeschätzt werden.

Die Effizienz von Logistikleistungen wird hingegen durch monetäre Kennzahlen in der Logistik nur eingeschränkt abgebildet, da sie nicht aus Marktpreisen, sondern aus Kostengrößen errechnet werden [Web95b] . Trotzdem werden aufgrund der leichteren Verfügbarkeit und des häufig anzutreffenden kostenzentrierten Denkens in Unternehmen die Kostenkennzahlen auch weiterhin eine tragende Rolle spielen.

Auslastungsgrad

Zuverlässig gewartete, hochproduktive Anlagen sind eine Grundvoraussetzung dafür, den Return on Investment zu verbessern und bei kürzeren Durchlaufzeiten die Qualitätsansprüche der Kunden zu erfüllen. Dies ergab die aktuelle Studie der Aberdeen Group „Collaborative Asset Maintenance Strategies“. Allerdings sind nur 10 Prozent der befragten Führungskräfte zufrieden mit der Leistung ihrer Anlagen, gemessen an der Auslastung, dem Deckungsbeitrag oder den anfallenden Wartungskosten [Sap09].

3.2.5. Kennzahlentypen

Zur Erfassung und Strukturierung von Kennzahlen ist es von Bedeutung, die unterschiedlichen Kennzahlentypen zu berücksichtigen. Nachfolgend sind die unterschiedlichen Kennzahlentypen aufgeführt.

Logistische Kennzahlen:

- Anzahl Artikel
- Artikeleigenschaften
- ABC-Struktur
- usw.

Statische Logistik-Kennzahlen:

- Länge Fördertechnik
- Anzahl AKL - RBGs
- Anzahl Paletten - RBGs
- usw.

Dynamische Logistik-Kennzahlen:

- Anzahl Aufträge
- Anzahl Auftragszeilen je Auftrag
- Anzahl Einheiten je Auftragszeile
- Anzahl der Auftragsbatches
- Bestand
- Bestandsreichweite
- usw.

Organisatorische Logistik-Kennzahlen:

- Wareneingangs- und Wareenausgangssteuerung
- Auftragssteuerung
- Versandsteuerung
- usw.

Monetäre Logistik-Kennzahlen:

- Kosten je Mitarbeiter
- Reparatur-, Wartungs- und Mietkosten
- Finanzierungskosten
- Abschreibungen
- usw.

3.3. Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden die Kennzahlen und Kennzahlensysteme, die im Controlling der Intralogistik nicht wegzudenken sind, beschrieben und deren Funktionen erläutert. Ebenfalls wurden in diesem Kapitel die Kennzahlen herausgestellt, die am mit der größten Wichtigkeit und Bedeutung genannt werden. Diese Auswahl der gängigen Zahlen und Systeme dient im weiteren Fortgang der Arbeit als Basis für die Erstellung des Analysetools und stellt damit eine unverzichtbare Grundlage dar.

4. GRUNDZÜGE FÜR ORDNUNGSGEMÄBE MODELLIERUNG

In diesem Kapitel werden die für die Arbeit relevanten Forschungsansätze für Modellansätze zur Abbildung von Logistiksystemen vorgestellt und diskutiert.

4.1. Modellierung von Logistiksystemen

Ein Modell ist ein Abbild der Realität. Dabei ist es aber nicht imstande, alle Aspekte der komplexen und vielschichtigen Wirklichkeit zu erfassen, sondern betrachtet nur die wesentlichen und interessierenden Ausschnitte. In Abhängigkeit von der Zielsetzung des Betrachters lassen sich dementsprechend verschiedene Modelle für ein System entwickeln.

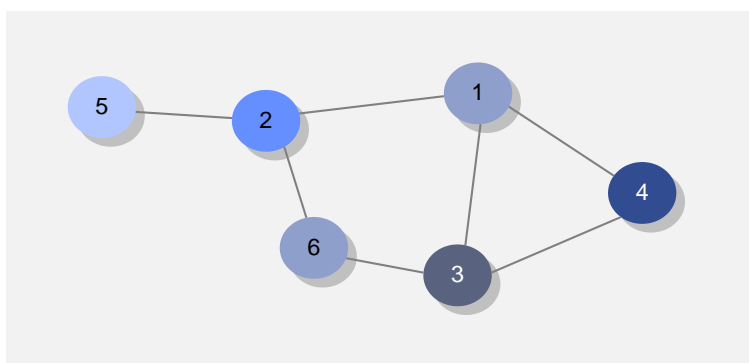
In der Literatur [Sch98] finden sich unterschiedliche Ansätze zur Klassifizierung von Modellen. Es wird z.B. zwischen statischen und dynamischen Modellen unterschieden, um den zeitlichen Bezug der Betrachtung und damit die möglichen Veränderungen der Umfeldbedingungen zum Ausdruck zu bringen.

Ein weiteres Klassifizierungsmerkmal ist die Zielsetzung, die das Modell erfüllen soll. Erklärungsmodelle dienen zum grundlegenden Verständnis eines Problems, während Gestaltungsmodelle mögliche Maßnahmen zur Veränderung des Systems aufzeigen sollen [Dae86]. Eine dritte Art der Klassifizierung stellen konkrete Modelle dar, die Teilausschnitte realer Systeme in verkleinertem Maßstab abbilden, wohingegen abstrakte Modelle die Realität auf einer höheren Abstraktionsebene in symbolischer Form als kybernetische bzw. mathematische Modelle darstellen [Hei91].

Differenziert werden kann schließlich zwischen problem- und methodenorientierten Modellen.

Die problemorientierten Ansätze basieren auf der Prozessorientierung der Logistik und beinhalten die Konzepte der Graphentheorie.

Die methodenorientierte Klasse umfasst die quantitativen Methoden zur Ableitung von Lösungen bei der Modellanalyse. Dabei wird zwischen exakten (z.B. Numerik) und inexakten Modellen (z.B. Simulation) unterschieden.



Die Graphentheorie sagt unter anderem aus, dass Elemente, Gruppen, Funktionen, im Allgemeinen Punkte genannt, in endlicher, direkter und/ oder indirekter, gerichteter und/ oder ungerichteter Beziehung stehen.

Abbildung 17: *Graphentheorie*

Aufgrund der im Logistikverständnis verankerten Prozessorientierung und der Zielsetzung, die grundsätzlichen Gestaltungselemente und Funktionen eines Logistiksystems transparent zu machen, werden im Folgenden nur die wichtigsten prozessorientierten Erklärungsmodelle der Logistik vorgestellt und diskutiert.

4.2. Zielsetzungen und Grundlagen der Modellbildung

Das Hauptziel der Entwicklung eines Modells für Logistiksysteme ist die Erhöhung der Transparenz bezüglich der Strukturelemente der Logistik. Dazu sollen die grundlegenden Aufgaben, die Bezugsobjekte und der Betrachtungsrahmen der Logistik mit ausreichender Genauigkeit abgebildet werden.

Die hier vorgestellte Modellerstellung zur Analyse eines Intralogistiksystems mit der Möglichkeit der anschließenden Bewertung, basiert auf sechs Leitprinzipien:

Prinzip der Prozessorientierung:

Das Leitprinzip der Prozessorientierung spiegelt den Grundgedanken des Logistikbegriffs wieder. Für die Modellierung bedeutet es die Abbildung der Funktionen und Aufgaben der Logistik entlang der gesamten Funktionskette der Distribution innerhalb eines Intralogistiksystems unter Berücksichtigung der eingesetzten Technik und deren Kosten.

Prinzip der Modularität:

Voraussetzung zur Analyse bzw. Teilanalyse der betrachteten Systeme ist die Modularität. Die Aufteilung eines Gesamtsystems in kleine Strukturelemente ermöglicht das leichte Erfassen von Kennzahlen und die Beobachtung der Wirkung von Einzelelementen auf die Gesamtheit.

Prinzip der Integration:

Die einzelnen Strukturelemente des Modells werden von dezentralen, eigenständigen Einheiten gebildet. Dazu ist es notwendig, alle logistischen Funktionen diesen Einheiten zuzuordnen. Durch die Zusammenführung der Strukturelemente entsteht ein Modellkomplex, der strategische, strukturierende und operative Funktionen umfasst.

Prinzip der Differenzierung:

Unter dem Prinzip der Differenzierung wird die Trennung der Logistiksysteme von den Umsystemen verstanden. Entsprechend der Begriffsdefinition eines Logistiksystems (*siehe Kap. 2.2 Definition des Begriffs Logistiksystem*) zählen die produktiven Tätigkeiten z.B. der Fertigung, Montage oder Prüfung nicht zu den Kernfunktionen der Logistik. Vielmehr sollen die Aufgaben der Gestaltung und Regelung des Material- und Informationsflusses und die unterstützenden Funktionen der produktiven Tätigkeiten (z.B. Materialbereitstellung) in den Vordergrund der Betrachtung gestellt werden.

Prinzip der Gleichheit:

Prinzipiell ist jede Wertschöpfungsstufe innerhalb der Logistik bezüglich der zu gestaltenden Systemelemente und damit bezüglich der zu erfüllenden Funktionen und Aufgaben gleich. Die Ausprägungen der einzelnen Elemente sind für jede Wertschöpfungsstufe allerdings individuell an die jeweiligen Randbedingungen angepasst.

Prinzip der variablen Abstraktion:

Die Eigenschaft der variablen Abstraktion ermöglicht eine hierarchische Abbildung des Betrachtungsgegenstands und eine Veränderung des Abstraktionsniveaus des Modells. Das Prinzip bedeutet, dass die Elemente des Modells bei einer Detaillierung oder Aggregation wieder in Elemente des Modells überführt werden.

4.3. Hierarchische Modellbildung

Das Prinzip der Abstraktion ermöglicht eine hierarchische Abbildung des Logistiksystems (*Abbildung 18: Hierarchische Modellbildung*). In der Regel wird es das Ziel der Modellbildung sein, mindestens zwei verschiedene Ebenen darzustellen.

Die erste Ebene bildet das gesamte Logistiksystem als Einheit ab, während die zweite Ebene die Wertschöpfungskette mit allen einzelnen Wertschöpfungsstufen darstellt. Bei komplexen Logistiksystemen kann darüber hinaus eine Untergliederung einzelner Wertschöpfungsstufen in Unterstrukturen sinnvoll sein. Bei der Definition und Abgrenzung der Modellelemente sind dabei aber die Leitprinzipien der Modularität und der Integration zu beachten.

Der Vorteil der hierarchischen Modellbildung liegt in der Realisierung eines variablen Abstraktionsniveaus, das zu einer hohen Transparenz auch bei sehr komplexen Systemen führt.

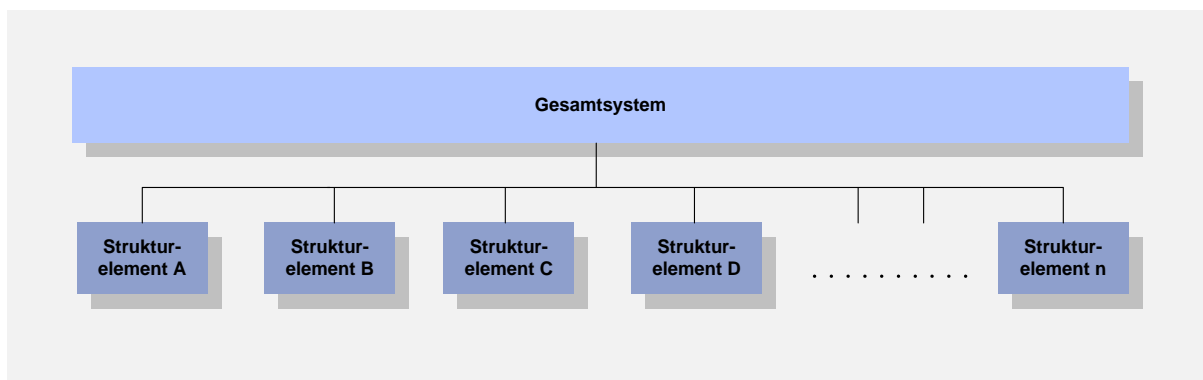


Abbildung 18: *Hierarchische Modellbildung*

Die Vorgehensweise zur Erstellung und Charakterisierung des Modells eines Logistiksystems besteht aus zwei Schritten. Der erste Schritt beinhaltet die hierarchische Festlegung der Logistikbausteine und basiert auf einem Top-down-Ansatz.

Ausgehend auf der ersten Ebene von einem einzigen Baustein, der das Gesamtsystem repräsentiert, werden sukzessive die einzelnen Wertschöpfungsstufen, hier die Strukturelemente und bei Bedarf weitere Untersysteme ermittelt. Im zweiten Schritt erfolgt die Charakterisierung jedes definierten Bausteins mit Hilfe der Logistikkennzahlen (*siehe Kap. 3.2.1 Kennzahlenbegriff*) in zwei

Iterationsschleifen. In der ersten Iteration werden auf Basis der Primär-Kennwerte im Top-down-Ansatz sukzessive die zu bewertenden Kennzahlen der Logistikbausteine festgelegt. Dabei wird u.a. die Machbarkeit der vorgegebenen Zielwerte der ersten Ebene überprüft. Die zweite Iterationsschleife basiert auf einem Bottom-Up-Ansatz. Ziel ist die Optimierung der einzelnen Ebenen und die Synchronisierung der Logistikbausteine.

Durch die Aggregation der Zielgrößen, d.h. der Logistik-Kennzahlen, ausgehend von fein gegliederten Teilsystemen, ist es möglich, die Leistung auch großer und komplexer Logistiksysteme mit einer hohen Genauigkeit zu beschreiben [Hal99] .

4.4. Zusammenfassung

Auf der Grundlage der vorgenannten Methoden, Prinzipien und Hierarchien wird als Bestandteil dieser Arbeit ein Modell entwickelt, das den Ansprüchen eines wichtigen Bindegliedes zwischen den Planern und Anwendern von Logistiksystemen genügt. Die Erstellung des Analysetools nach den Grundzügen ordnungsmäßiger Modellierung ist ein wesentlicher Bestandteil für einen späteren objektiven Einsatz im Controlling zur Darstellung der betrieblichen Realität. Durch diesen Einsatz werden Inkonsistenzen vermieden und gleiche Interpretationsbasen der Nutzer geschaffen.

5. ENTWICKLUNG UND MODELLIERUNG DES ANALYSETOOLS

In diesem Kapitel werden die Entwicklung und Modellbildung des Kennzahlensystems als Zielsystem auf Basis von Strukturelementen zum Aufbau der Analyse sowie die Auswahl der relevanten Kennzahlen und die Gruppierung der Kennzahlen für die Bereiche Automatisierungsgrad, Wirtschaftlichkeit und Servicegrad beschrieben.

Die Analyse zur Bewertung von Distributionssystemen aus dem Blickwinkel des Automatisierungsgrades, der Wirtschaftlichkeit und des Servicegrades als Primärkennzahlen sowie die Ausgabe weiterer Sekundär- und Tertiär-Kennzahlen sind Bestandteile der systematischen Analyseverfahren für komplexe Lagersysteme. Hiermit wird das Ziel verfolgt, Lagersysteme bewertbar zu machen und Optimierungspotenziale aufzuzeigen. Hierfür werden die in *Kap. 5.3 Relevante Kennzahlen* definierten Kennzahlen mehrdimensional verknüpft.

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Bereiche des Modells erläutert, das im Rahmen von logistischen Analysen Verwendung finden soll. Zusammenfassend soll das Modell

- allgemein dem Verständnis der Realität sowie deren Probleme und Entscheidungsformen,
- dem grundsätzlichen Verständnis des statischen und dynamischen Verhaltens des Systems,
- der Ergründung der Problemursachen und deren Wirkung,
- als Informationsbasis für die Maßnahmenableitung sowie
- der Auslegung bzw. der gezielten Beeinflussung des Systems

dienen [Nyh03].

Durch die Übertragung von realen Zuständen auf das Modell sowie dessen Anwendung bzw. Nutzung zur Lösung können verschiedene Handlungsalternativen mit deren Auswirkungen auf die Realität überprüft und anschließend bewertet werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Modell vorgestellt, das die Wirkzusammenhänge zwischen den logistischen Zielgrößen Automatisierungsgrad, Wirtschaftlichkeit und Servicegrad und einer Vielzahl von Nebengrößen erfasst und somit Möglichkeiten zu deren gezielter Beeinflussung, respektive der logistischen Positionierung aufzeigt.

5.1. Grundsätzlicher Aufbau

Der grundsätzliche Aufbau des entwickelten Kennzahlensystems erfolgt nach den Grundsätzen der ordnungsgemäßen Modellbildung [Sch98] und bildet eine Schnittmenge aus den in *Kap. 3.2.2 Kennzahlensysteme* beschriebenen Kennzahlensystemen.

Hierbei wurden insbesondere die Kennzahlensysteme LogiBEST, SCOR-Modell und das Modell der selektiven Kennzahlen zugrunde gelegt, die entsprechend der Anforderung zur Modellerstellung als Rechensystem mit Spitzenkennzahlen, als Ordnungssystem zur Klärung der Sachverhalte und als Zielsystem mit Zielkennzahlen nach den Bedarfen und der Graphentheorie kombiniert wurden (*siehe Abbildung 19: Struktur und Aufbau des Analysetools*).

5.2. Struktur und Aufbau des Analysetools

In diesem Kapitel erfolgt die Bestimmung und Beschreibung der Berechnungsmethoden, um die Darstellung innerhalb des Modells zu generieren.

In diesem Bereich erfolgt die Beschreibung zur generellen Struktur und zum Aufbau des entwickelten Kennzahlensystems.

Das hier beschriebene Analysetool stellt sich als Mischung aus einem Rechensystem, also die Verbindung von Kennzahleingaben nach mathematischer Art, und einem Ordnungssystem, also die Verbindung von Kennzahlen nach sachlogischer Art, dar und gliedert sich in die Hauptgruppen:

- Basiswerte
- Systemwerte
- Analyse
- Auswertung und
- Darstellung der Ergebnisse

Im Bereich der Basiswerte sind alle erforderlichen grundlegenden Basisparameter abgelegt, die als Basis für jede Berechnung von Kosten, Leistungen, Wirtschaftlichkeits- und Qualitätskennzahlen innerhalb des Tools dienen.

In der Gruppe der Systemwerte werden alle Eingabekennzahlen, die in Strukturelemente eingeteilt sind, erfasst bzw. durch Auswahl- und Drehfelder eingebracht.

Die Kategorie Analyse stellt den Ausgabebereich für die entscheidenden Ausgabekennzahlen dar, mit deren Hilfe eine detaillierte Sicht auf die gewonnenen Geschäfts- und Schlüsselleistungskennzahlen ermöglicht wird.

Der Teil Auswertung gibt als eine Ergebniskonzentration und Aggregation die gewonnenen Leistungskennzahlen aus.

Der Bereich Darstellung dient der grafischen Darstellung in Grafik-, Diagramm- und Tabellenform für einen schnellen Überblick über die Ergebnisse.

Im nachfolgenden Schaubild sind der generelle Aufbau und die Struktur des hier vorliegenden Analysetools dargestellt.

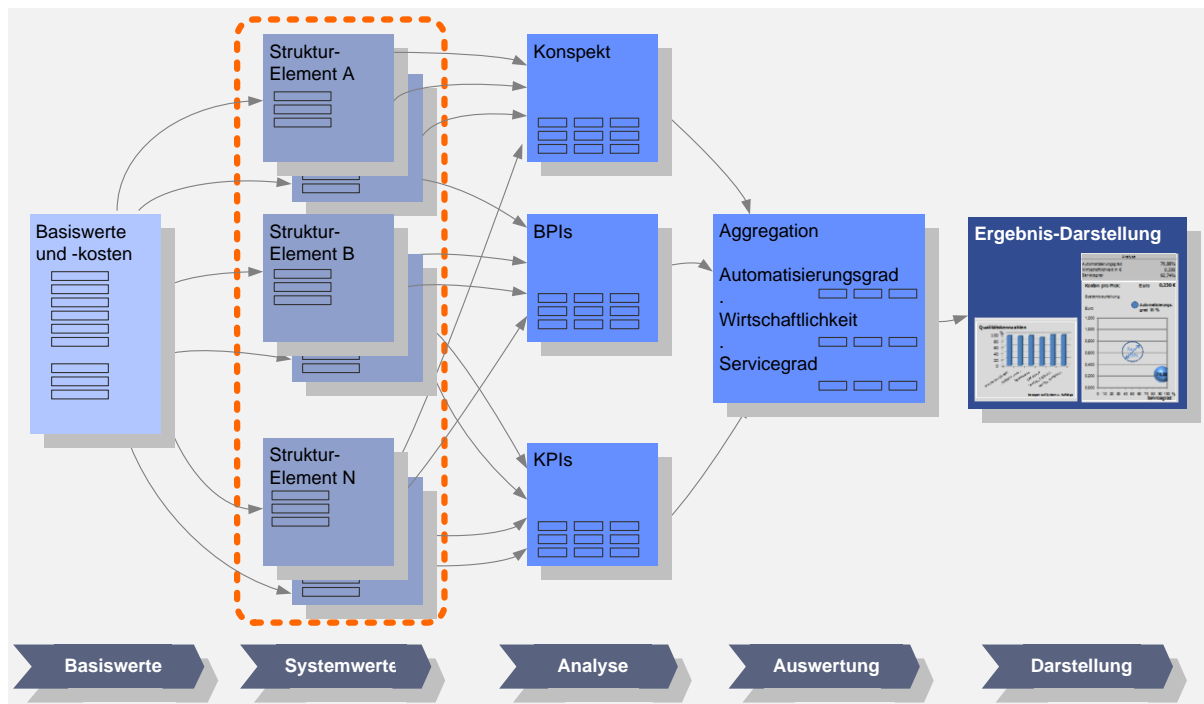


Abbildung 19: *Struktur und Aufbau des Analysetools*

In Anlehnung an bereits bestehende Kennzahlensysteme wurde bei dieser Entwicklung insbesondere die strukturierte Zerlegung der logistischen Aufgaben von Intralogistiksystemen in Teilbereiche verfolgt. Diese Zerlegung dient der strukturierten Eingabe von Kennzahlen in Analysetool-Bedienmasken. Als Grundlage aller Betrachtungen dient ein Basiswissen, das in Form von Basisparametern zur Verfügung steht.

Alle Eingaben werden mit diesen Basiswerten, die in einer umfangreichen Marktanalyse von Zulieferern von Systemkomponenten für das Marktsegment der Logistikautomation (*siehe Kap. 19 Anhang G: Marktanalyse zur Ermittlung der Basisparameter*) zusammengetragen wurden, mehrdimensional, das heißt auch in Verbindung mit Spitzenkennzahlen aus anderen im System befindlichen Strukturelementen, verknüpft und führen über unterschiedliche Aggregationsstufen zu einer Wissensbasis, von der aus die Ergebnisaussagen generiert werden.

5.3. Relevante Kennzahlen

Als relevante und nutzbare Kennzahlen bzw. Kennwerte oder Kenngrößen, hier im Allgemeinen mit dem Sammelbegriff Kennzahlen bezeichnet, sind diejenigen Kennzahlen zu bezeichnen, die innerhalb dieser Arbeit für die allgemeine Bewertung eines Intralogistiksystems herangezogen werden.

Diese Kennzahlen orientieren sich im Wesentlichen an den LogiBEST-Kennzahlen, den VDI-Richtlinien 4400 [VDI00], den Kennzahlen des SCOR-Modells, weiteren Kennzahlen gemäß der Gewichtung der Kennzahlen in der Praxis aus der Erhebung der WHU Koblenz [Web02b] (*siehe Abbildung 16: Die wichtigsten 40 Kennzahlen*) und an den in der Praxis benutzten und erhebbaren Kennzahlen mit gleichzeitigem Blick auf die Zielführung der Arbeit.

Des Weiteren stützt sich die Auswahl der eingesetzten Kennzahlen auf eine weit angelegte Literaturrecherche u.a. auf Aussagen von:

- D. Arnold, H. Isermann, A. Kuhn & H. Tempelmeier aus Handbuch Logistik [Arn04c]
- T. Gudehus aus Dynamische Disposition, Strategien zur optimalen Auftrags- und Bestandsdisposition [Gud06f]
- M. ten Hompel & Th. Schmidt aus Warehouse Management [tenH02a]
- J. Kelber aus Koordination von Lagerhaltung und Transport im Mehrproduktfall [Kel99]
- S. Lutz aus Kennliniengestütztes Lagermanagement [Lut02a]
- H. Martin aus Transport- und Lagerlogistik [Mar08]
- H.-Chr. Pfohl aus Logistiksysteme, Betriebswirtschaftliche Grundlagen [Pfo04d]
- Ch. Schulte aus Logistik, Wege zur Optimierung der Supply Chain [Sch08a]
- A. Syska aus Kennzahlen für die Logistik [Sys90b]
- J. Weber aus Kennzahlen für die Logistik [Web95]
- J. Weber aus Logistik-Controlling [Web95a]
- J. Weber & M. Dehler aus Effektives Supply Chain Management auf Basis von Standardprozessen und Kennzahlen [Web99a] und
- M. Weber aus Kennzahlen – Unternehmen mit Erfolg führen [Web01]

In der nachfolgenden Tabelle sind einige dieser Kennzahlen mit inhaltlicher Beschreibung aufgeführt, die in der Praxis von immer wiederkehrendem Interesse bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von logistischen Zusammenhängen sind.

Kennzahl	Beschreibung
Liquidität	Verfügbarkeit über genügend Zahlungsmittel.
Produktivität	Volkswirtschaftliche Kennzahl für Leistungsfähigkeit. Sie bezeichnet das Verhältnis zwischen produzierten Gütern und den dafür benötigten Produktionsfaktoren.
Rentabilität	Verhältnis einer Erfolgsgröße (z.B. Gewinn) zum eingesetzten Kapital. Oft wird der Begriff Rendite als Synonym für Rentabilität verwendet, wobei sich der Begriff der Rendite besser als jährlicher Gesamtertrag einer Kapitalanlage beschreiben lässt.
Return on Investment	Modell zur Messung der Rendite des eingesetzten Kapitals. Der ROI ist der Quotient aus Gewinn und Kapitaleinsatz.
Investitionskosten	Das gesamte gebundene Kapital einer Investition. Hierbei sollten alle Kosten berücksichtigt werden, die einmalig und zeitnah zur Anschaffung anfallen, zu denen auch etwaige Installationskosten von Maschinen zählen.
Lieferbereitschaft	Die prozentuale Quote, die angibt wie hoch der Anteil der vollständig ausgeführten Bestellungen an der Menge der gesamten Bestellungen ist.
Intralogistikkosten	Kosten, die zur Deckung der Intralogistik - Funktionen dienen.
Auftragsdurchlaufzeit	Zeit, die vom Eintreffen der Bestellung eines Auftrages bis zur Bereitstellung im Versand benötigt wird.

Entsorgungskosten	Kosten, die zur Entsorgung aller neben dem Produkt/ Artikel anfallenden Verpackungen, Einwegladehilfsmittel usw. anfallen.
Bestandsreichweite	Reichweite des Lagerbestandes in Bezug auf Zeitdauer bzw. Anzahl Aufträge.

Tabelle 2: *Auszug wesentlicher Kennzahlen der Wirtschaftlichkeit*

Zur Übersicht sind weitere wirtschaftliche Kennzahlen im Bereich der Intralogistik, die bei Befragungen und Gesprächen mit Anwendern genannt werden, aufgeführt, u.a.:

- Höhen-, Raum- und Flächennutzungsgrad
- Bestände
- Umschlaghäufigkeit
- Lagerreichweite
- Lagerplatz-, Umschlagkosten
- Lagerbelegungsfaktor
- Durchlaufzeiten
- Verfügbarkeit
- Auftragsdurchlaufzeit
- Reaktionszeit
- Späteste Bestellung

Als Extrakt aus allen aus Befragungen, Erhebungen und Literaturrecherchen stammenden Kennzahlen wurden Kennzahlen ausgewählt, die im entwickelten Analysetool fundierte Aussagen zum Automatisierungsgrad, zur Wirtschaftlichkeit und zum Servicegrad zulassen. Gleichmaßen werden Ziel- und Spitzenkennzahlen für die Bereiche Struktur- und Rahmen, Produktivität und Qualität des betrachteten Systems ermittelt.

Insgesamt ergibt sich eine Anzahl von 632 Kennzahlen, die sich lt. *Tabelle 3: Menge der eingesetzten Kennzahlen* entsprechend in Basiskennzahlen, Auswahlparameter und Ausgabekennzahlen aufteilen.

Kennzahlentyp	Anzahl
Basiskennzahlen	274
Statische Kennzahlen (Eingabevariable)	132
Auswahlparameter (Auswahlvariable)	140
Dynamische Kennzahlen (Ausgabevariable)	87
Summe	633

Tabelle 3: *Menge der eingesetzten Kennzahlen*

Als Aussage der in *Tabelle 3: Menge der eingesetzten Kennzahlen* genannten Mengen der Kennzahlen gilt, das auf der Grundlage von 274 Basiswerten und 132 Eingabevariablen zuzüglich weiterer 140 individuell aus dem zu analysierenden Intralogistiksystem herrührenden Auswahlparametern Aussagen zu 87 Ausgabekennzahlen gemacht werden.

Diese 87 Ausgabekennzahlen werden in verschiedenen Stufen und Gruppen zusammengefasst und erlauben eine Analyse-Gesamtaussage (*siehe Kap. 13 Anhang A: Anwendung und Ergebnis*).

Alle Kennzahlen, deren Einteilung in die im Folgenden eingeführten Strukturelemente, deren Definition, Erläuterung, Typ, Einflussgrößen und Wirkgrößen befinden sich im *Kap. 6 Definition und Berechnung der Kennzahlen*.

5.4. Gruppierung der Kennzahlen

Bei der Auflistung der verwendeten Kennzahlen innerhalb der nachfolgend in *Kap. 5.5 Einteilung der Kennzahlen in Strukturelemente* eingeführten Strukturelemente erfolgt zusätzlich die Gruppierung in die drei wesentlichen Zielkennwerte Automatisierungsgrad, Wirtschaftlichkeit und Servicegrad. Dadurch ist erkennbar, welche der drei Hauptziel-Kennzahlen durch welche Variablen-Kennzahlen beeinflusst wird. Des Weiteren erfolgt die Typ-Angabe, ob es sich bei der angesprochenen Kennzahl um eine operative oder strategische Kennzahl handelt (*siehe hierzu Abbildung 20: Ausschnitt aus Bedienmaske, Kennzahl-Gruppe und -Typ*).

Kennzahl	Gruppe			Typ	
	Automatisierungsgrad	Kosten pro Pick	Servicegrad	operativ	strategisch
9 Nutzung des Lagersystems					
9.1 Nutzungszeiten					
9.1.1 Betriebsbeginn				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9.1.2 Betriebsende		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
9.1.3 Betriebsdauer		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>
9.1.4 Arbeitsschichten pro Tag		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>
9.1.5 Anzahl Arbeitstage pro Jahr		<input type="radio"/>			<input type="radio"/>
9.1.6 Ø Warenannahmezeit		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	
9.1.7 Betriebl. Nutzungsgrad über 24h		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	

Bei der Zuordnung zu den einzelnen Bereichen sind Mehrfachnennungen möglich, da die jeweilige Kennzahl gleichzeitig sowohl den Bereich Automatisierungsgrad, die Wirtschaftlichkeit als auch den Servicegrad beeinflussen kann.

Diese Struktur gilt durchgängig für alle Kennzahlen innerhalb der Strukturelemente des Modells.

Abbildung 20: Ausschnitt aus Bedienmaske, Kennzahl-Gruppe und -Typ

5.5. Einteilung der Kennzahlen in Strukturelemente

Unter den hier eingeführten Strukturelementen sind die einzelnen Gruppen, in die ein Intralogistiksystem in seiner Gesamtheit zerlegbar ist, definiert.

Die primären, sekundären und tertiären Kennzahlen innerhalb des Analysetools sind in diese logischen Bereiche, den Strukturelementen, gemäß der Vorgehensweise zur Modellbildung (*siehe Kap. 4 Grundzüge für ordnungsgemäße Modellierung*) eingeteilt. Diese im Folgenden aufgeführten Basis- und Strukturelemente dienen der übersichtlichen Eingabe der variablen Kennzahlen aus den jeweiligen Bereichen, die als Eingabevariable bezeichnet werden und gleichermaßen der bereichszugeordneten Ausgabe der ermittelten, hier als Ausgabevariable bezeichneten Kennwerte.

Basiselement:

- Basisparameter

Strukturelemente:

- Immobilie
- Lagerarten
- Lagerfunktionen
- Lagertransporte
- Lagertechnik
- Lagerartikel
- Lagerbestand
- Lageraufträge
- Lagernutzung
- Lagerpersonal

Zudem ergibt sich vielfach je Strukturelement eine Spitzenkennzahl, die für die Subsumierung in der Datenverdichtung, dem sogenannten Konspekt herangezogen wird.

Alle den einzelnen Bereichen zugeordnete Kennzahlen werden innerhalb der Strukturelemente und auch übergreifend über die Strukturelementengrenzen hinweg in Beziehung gesetzt und führen im Fortgang zu den Ausgaben von Geschäftsprozess- und Schlüsselleistungskennzahlen, die wiederum in Struktur- und Rahmen-, Wirtschaftlichkeits-, Produktivitäts- und Qualitätskennzahlen untergliedert sind.

Nachfolgend ist in *Abbildung 21: Aufbau Ein-/ Ausgabemaske Datenerhebungsbogen* der generelle Aufbau der Ein- und Ausgabemasken des Analysetools beschrieben. Diese Art des Aufbaus ist durchgängig durch das gesamte Analysetool gleich, daher wird nur eingangs eine erläuternde Darstellung eingefügt.

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die einzelnen Strukturelemente beschrieben und die zugehörigen Datenerhebungsbögen vor- bzw. dargestellt.

Immoblie-Datenerhebungsbogen

Kennzahl	Gruppe	Typ	Eingabe	Ausgabe	SI
	Automatisierungsgrad Kosten pro Pick Servisegrad	operativ strategisch	unabhängige Variable	abhängige Variable	Dimension
1 Immobilienbezogene Kenngrößen					
1.0 Invest Immobilie				25.741.377	€
1.1 Baujahr/ Inbetriebnahme			2010		Jahr
1.2 Invest Grundstück				7.500.000	€
1.2.1 Grundstück Gesamtfläche			50.000 *		m ²
1.3 Gebäude				18.241.377	€
1.3.1 Design-Faktor Gebäude			1,00		ohne
1.3.1.1 Installierte Leistung TGA			500,0		KW
1.3.2 Gebäudeflächen, gesamt				13.700	m ²
1.3.2.1 Lagerfläche, 6 - 8 m hoch			8.000 *		m ²
1.3.2.2 Lagerfläche, 15-18 m hoch			3.000 *		m ²
1.3.2.3 Lagerfläche, 30-35 m hoch			2.000 *		m ²
1.3.2.4 Fläche Bühne			1.000 *		m ²
1.3.2.5 Fläche Außenlager			500 *		m ²
1.3.2.6 Fläche Büro			500 *		m ²
1.3.2.7 Fläche Sozialräume			200 *		m ²
1.3.3 Sonstiges					
1.3.3.1 z.B. Fläche Parkplatz			100 *		m ²
1.3.3.2 Anzahl der LKW-Ladetore			10		Stck
1.3.4 Invest Photovoltaik				7.040.852 *	€
1.3.4.2 Photovoltaik			ja nein		
1.3.4.2 Photovoltaikfläche				13.000	m ²
1.3.5 Invest Brandschutz				1.867.600 *	€
1.3.5.1 Sprinklerung			ja nein		
1.3.5.2 Sprinkler-Pumpstation			ja nein		
1.3.5.3 Löschwasser-Speicher			ja nein		
1.3.5.4 Löschwasser-Wanne			ja nein		
1.3.5.5 Installierte Leistung Pumpstation				50,0	KW

Strukturelement: gibt die Zugehörigkeit zum Bereich des Intralogistiksystems an.

Typ: gibt den Kennzahl-Typ an

Gruppe: gibt den Wirkungsbereich an

Kennzahl: Kennzahlbenennung

Drehfeld: Möglichkeit der Variablenveränderung in vorgegebenen Wertebereichen.

Eingabevariable: blau dargestellt, heller Grund

Ausgabevariable: schwarz dargestellt, dunkler Grund

Auswahlfeld: Möglichkeit der optionalen Auswahl.

Abbildung 21: Aufbau Ein-/ Ausgabemaske Datenerhebungsbogen

5.5.1. Basiswerte

Der Bereich der Basisparameter beinhaltet alle in diesem System integrierten Basiskosten und Basiswerte (Parameter, die als grundlegende Werte zu verstehen sind, die aber durch überschreiben geändert werden können), die zur Berechnung bzw. Bewertung aller darauf aufbauenden Kennzahlen und Kennwerte benötigt werden. Jeder einzelne Parameter ist beliebig, aber für einen gerade betrachteten Fall invariabel, der im nächsten Betrachtungsfall aber variiert werden kann.

Als Basis für das Analysetool kommt der Bestimmung der Basisparameter eine bedeutende Funktion zu. Auf den eingesetzten Basisparametern fußt die Ermittlung der Ausgabekennzahlen im wesentlichen Maße. Alle angegebenen Kostenparameter sind daher zur Untermauerung aus einer Marktanalyse (siehe Kap. 19 Anhang G: Marktanalyse zur Ermittlung der Basisparameter) generiert und unterliegen zusätzlich dem Faktor „Preissteigerungsrate“, mit dessen Hilfe bei geändertem Preisgleitindex dynamisch Anpassungen an gestiegene Kosten vorgenommen werden können.

Mit der Veränderung des Preisgleitindex werden alle preisindizierten Basisparameter mit dem eingestellten Wert beaufschlagt und durchgängig bei allen Berechnungen der Ausgabevariablen des Analysetools berücksichtigt.

Kennzahl	Kostenbasis 2010	Basis	Leistung	Wert	SI
		2010	KW	Zahlenwert	Dimension
0 Basiskosten und Basisparameter					
0.1 Gebäudebezogene Kosten					
0.1.1	Preissteigerungsrate	1,5 *			%
0.1.2	Flächen				
0.1.2.1	Grundstück Kosten je m ²	150,00 *		152,25	€/m ²
0.1.2.2	Standard-Lagerfläche	100,00		101,50	€/m ²
0.1.2.3	Bühne	200,00		203,00	€/m ²
0.1.2.4	Lageraußenfläche	150,00		152,25	€/m ²
0.1.2.5	Büro	850,00		862,75	€/m ²
0.1.2.6	Sozialräume	750,00		761,25	€/m ²
0.1.2.7	Sonstiges, z.B. Parkplatz	150,00		152,25	€/m ²
0.1.3	Baukörper				
0.1.3.1	Gebäude, 6-8 m hoch	500		508	€/m ²
0.1.3.2	Gebäude, 15-18 m hoch	750		761	€/m ²
0.1.3.3	Gebäude, 30-35 m hoch	1.000		1.015	€/m ²
0.1.3.4	Photovoltaik	800		812	€/m ²
0.1.3.5	Ladator	8.000		8.120	€/Stk
0.1.4	Brandschutz				
0.1.4.1	Sprinklerung	10,00		10,15	€/m ³
0.1.4.2	Sprinkler-Pumpstation	50.000	50,0	50.750	€/ Stck
0.1.4.3	Löschwasser-Speicher	200,00		203,00	€/m ³
0.1.4.4	Löschwasser-Wanne	10,00		10,15	€/m ³
0.1.4.5	Feuerschutzabschluss	8.500	2,0	8.628	€/ Stck

Nebenstehend befindet sich zur Übersicht ein Ausschnitt aus der Eingabemaske für Basisparameter. Die gesamte Darstellung für „Basisparameter“ befindet sich im Anhang (siehe Kap. 14.1 Eingabemaske Basiszahlen).

Abbildung 22: Aufbau: Eingabemaske Basisparameter

Die Basisparameter teilen sich in nachfolgend aufgeführte unterschiedliche Gruppen auf:

Auf Investitionskosten bezogene Werte:

Hierzu zählen Werte wie gebäudebezogene Kosten für Flächen, Baukörper und Brandschutz, technikbezogene Kosten für Fördertechnik, wie Bandförderer und Transporthilfsmittel, wie Gabelstapler, lagerbezogene Kosten für Lagerplätze, Hilfsausstattung, wie Umreifer, und Ladehilfsmittel, wie Behälter, arbeitsplatztypbezogene Kosten für DV-, DV/IT-Komponenten, wie Server und PCs, und Kosten für Softwarefunktionen für unterschiedliche Lagerarten.

Auf Aggregateleistung bezogene Werte:

In diesem Bereich werden die Einzelleistungen der am Logistikprozess beteiligten Aggregate wie z.B. AKL Doppelspiele je Gerät aufgeführt.

Auf Verfügbarkeit bezogene Werte:

Die Einzelverfügbarkeiten der am Prozess beteiligten Systemkomponenten werden in Prozent angegeben.

Auf Invest bezogene Faktoren:

Hierfür werden die Faktoren für anteilige Betriebskosten, Kapitalkosten, Abschreibung, Bruch und Schwund und Gewinn angegeben.

Auf Personal bezogene Faktoren:

Zu diesen Faktoren gehören die Leistungsfaktoren der Werker, wie z.B. Pickleistung der Kommissionierer oder die Transportleistung je Mitarbeiter.

Auf Energie bezogene Werte:

Als Parameter werden der elektrische Wirkungsgrad, Gleichzeitigkeitsfaktor und Überdimensionierungsfaktor einbezogen.

Gleichermaßen wird für alle elektrischen Verbraucher die elektrisch installierte Wirkleistung als Parameter angegeben, um die Energieaufnahme und die äquivalente CO₂-Emission des gesamten Intralogistiksystems zu ermitteln.

Innerhalb dieses Strukturelementes erfolgt sonst keine weitere Berechnung von Ausgabevariablen.

Eine detaillierte Aufstellung aller Basisparameter mit deren Definition, Erläuterung, Einflussgrößen und Wirkgrößen befindet sich im *Kap. 13.1 Basisparameter*.

5.5.2. Immobilie

Um die Investitionskosten für das gesamte Intralogistiksystem zu erfassen, sind die Gebäudekosten sowie die Brandschutzmaßnahmen einzubeziehen. Für diesen immobilienbezogenen Bereich werden die Kenngrößen bzw. Kennwerte zur Bewertung und Erfassung des Gebäude-Invests in die Bewertung aufgenommen.

Kennzahl	Gruppe	Typ	Eingabe	Ausgabe	SI
	Automatisierungsgrad Kosten pro Pick Servicegrad	operativ strategisch	unabhängig, Variable	abhängige Variable	Dimension
1	Immobilienbezogene Kenngrößen				
1.0	Invest Immobilie			25.741.377	€
1.1	Baujahr/ Inbetriebnahme		2010		Jahr
1.2	Invest Grundstück			7.500.000	€
1.2.1	Grundstück Gesamtfläche		50.000 *		m ²
1.3	Gebäude			18.241.377	€
1.3.1	Design-Faktor Gebäude		1,00		ohne
1.3.1.1	Installierte Leistung TGA			500,0	KW
1.3.2	Gebäudeflächen, gesamt			13.700	m ²
1.3.2.1	Lagerfläche, 6 - 8 m hoch		8.000 *		m ²
1.3.2.2	Lagerfläche, 15-18 m hoch		3.000 *		m ²
1.3.2.3	Lagerfläche, 30-35 m hoch		2.000 *		m ²
1.3.2.4	Fläche Bühne		1.000 *		m ²
1.3.2.5	Fläche Außenlager		500 *		m ²
1.3.2.6	Fläche Büro		500 *		m ²
1.3.2.7	Fläche Sozialräume		200 *		m ²

Nebenstehend befindet sich die Eingabemaske für „Immobilie“. Die gesamte Darstellung für „Immobilie“ befindet sich im Anhang (*siehe Kap. 14.2 Ein-/ Ausgabemaske Immobilie*).

Abbildung 23: *Eingabemaske Immobilie*

Die Spitzenkennzahl dieses Strukturelementes ist „Invest Immobilie“, die sich aus den Einzelinvestitionen für Grundstück in Anhängigkeit von der Grundstücksfläche, der Erstellungskosten für Gebäude, evtl. vorhandener Photovoltaikanlage und dem Invest für Brandschutz zusammensetzt. Durch die Angabe des Erstellungsjahres (Baujahr) ergibt sich ein unterschiedlicher Wert bei der Abschreibung.

Das Baujahr beeinflusst den Prozentsatz für die Abschreibung lt. Steuergesetz⁸ entsprechend nachfolgender *Tabelle 4: Baujahr Abschreibungsfaktor*.

⁸ § 7 Abs. 4 EStG (Fassung vor 2001)

Baujahr	Abschreibungsfaktor
>1900	2,5%
>1924	2,0%
>1985	4,0%
>2000	3,0%

Tabelle 4: *Baujahr Abschreibungsfaktor*

Zusätzlich hat der Benutzer die Möglichkeit, über ein Drehfeld den sogenannten Designfaktor für Gebäude zu beeinflussen, um die heutzutage stärker werdenden Aspekte des Industriedesigns zu integrieren, was sich auch im Aufbau der Industriegebäude widerspiegelt. Der Anspruch für besonderes Design hat dadurch direkten Einfluss auf den Immobilieninvest.

Die Eingabewerte werden mit den zugehörigen Basisparametern verknüpft und bilden dadurch die Ausgabewerte.

Eine detaillierte Aufstellung aller Ein- und Ausgabekennzahlen dieses Strukturelementes mit deren Definition, Erläuterung, Typ, Einflussgrößen und Wirkgrößen befindet sich im *Kap. 13.2 Auf Immobilien bezogene Kenngrößen*.

5.5.3. Lagerarten

Als Spitzenkennzahl „Invest Lagerarten (DV/IT)“ für den Bereich Lagerarten für die in Intralogistiksystemen vorhandenen unterschiedlichen Lagerarten und -ausführungsformen, die softwaretechnisch organisiert und verwaltet werden, ergibt sich für die Erstellung und Integration der erforderlichen Software ein Investitionsaufwand, der in dem hier aufgeführten Bereich der Lagerarten erfasst wird. Die ermittelten Investkosten werden dem Technik-Invest zugerechnet. Die Auswahl der einzelnen Lagerarten erfolgt ausschließlich über entsprechende Auswahlfelder (ja/nein), mit deren Hilfe die Auswahl getroffen wird.

Kennzahl	Gruppe	Typ	Eingabe	Ausgabe	SI
2 Lagerarten (DV/IT)			309.575 +	0	0
2.0 Invest Lagerarten (DV/IT)					
2.1 Blocklager			<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.2 Breitganglager Palette			<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.3 Schmalganglager Palette			<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.4 Fachbodenlager Karton			<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.5 Durchlauf Lager Karton			<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.6 Durchlauf Lager Palette			<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.7 AKL			<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.8 HRL			<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.9 Karusselllager			<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.10 Verschiebelager			<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.11 Freilager			<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.12 Kragarmlager			<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.13 Paternosterlager			<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.14 Gefahrgutlager			<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.15 Zolllager			<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.16 Sonstiges			<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		

Nebenstehend befindet sich ein Auszug aus der Eingabemaske für „Lagerarten“. Die gesamte Darstellung für „Lagerarten“ befindet sich im Anhang (siehe *Kap. 14.3 Ein-/ Ausgabemaske Lagerarten*).

Abbildung 24: *Eingabemaske: Lagerarten*

Die getroffene Auswahl mittels der angebotenen Auswahlfelder wird mit den Basisparametern verknüpft und erzeugt den Ausgabewert.

5.5.4. Lagerfunktionen

Softwareunterstützte Lagerfunktionen, ohne die ein heutiges Intralogistiksystem nicht denkbar wäre, bilden ebenfalls einen wesentlichen Anteil des Technik-Invests. In diesem Bereich erfolgt die Erfassung der in dem zu bewertenden System vorhandenen DV/IT-unterstützten Funktionen über Auswahlfelder (ja/nein, manuell/automatisch bzw. Mann zur Ware/ Ware zum Mann). Die Spitzenkennzahl ist der „Invest Lagerfunktionen (DV/IT)“.

Kennzahl	Gruppe	Typ	Eingabe	Ausgabe	SI
	Automatisierungsgrad Kosten pro Pick Servicestap	operativ strategisch	unabhängig, Variable	abhängige Variable	Dimension
3	Lagerfunktionen (DV/IT)				
3.0	Invest Lagerfunktionen (DV/IT)			850.063 *	€
3.1	Invest Systemorganisation (DV/IT)			258.825	€
3.1.1	Host-Kommunikation		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
3.1.2	Leitstand		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
3.1.3	Mehrmandantenfähigkeit		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
3.1.4	Prozessleitsystem/ Visualisierung		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
3.1.5	Mobile Datenerfassung, MDT		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
3.2	Invest Bestandsführung (DV/IT)			30.450	€
3.2.1	Bestandsüberwachung		<input type="radio"/> man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.2.2	Permanente Inventur		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
3.2.3	Stichtaginventur		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
3.2.4	Stichprobeninventur		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
3.2.5	Nulldurchgangsinventur		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
3.3	Artikeldurchlauf (DV/IT)			190.313	€
3.3.1	Warenavis		<input type="radio"/> man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.3.2	Warenannahme		<input type="radio"/> man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.3.3	Bereitstellung für WE		<input type="radio"/> man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.3.4	Wareneingang		<input type="radio"/> man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.3.5	Palettierung im Wareneingang		<input checked="" type="radio"/> man. <input type="radio"/> autom.		
3.3.6	Depalettierung im Wareneingang		<input type="radio"/> man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.3.7	Sortierung im Wareneingang		<input type="radio"/> man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.3.8	Qualitätssicherung im WE		<input checked="" type="radio"/> man. <input type="radio"/> autom.		

Nebenstehend befindet sich ein Auszug aus der Eingabemaske für „Lagerfunktionen“. Die gesamte Darstellung für „Lagerfunktionen“ befindet sich im Anhang (siehe Kap. 14.4 Ein-/Ausgabemaske Lagerfunktionen).

Abbildung 25: Eingabemaske: Lagerfunktionen

In diesem Komplex werden die unterschiedlichen Funktionen für die Systemorganisation, die Bestandsführung, den Artikeldurchlauf, die Auftragsorganisation, den Auftragsdurchlauf und die interne Transportorganisation ausgewählt.

Ferner wird durch die Angabe, welche Auftragserschließungsschritte und welche Informationsverarbeitungsschritte automatisiert ausgeführt werden, der prozentuale Anteil der Auftragserschließungs- und Informationsverarbeitungsschritte ermittelt, der später in den Automatisierungsgrad einfließen wird.

Des Weiteren ergibt sich durch die Auswahl der Funktionsparameter die Möglichkeit zur Berechnung der Zeitdauer für den Auftragsdurchlauf bei Zugrundelegung fester Zeitwerte je Auftragsorganisations- und Auftragsdurchlaufschritt.

Die getroffene Auswahl mittels der angebotenen Auswahlfelder wird mit den Basisparametern verknüpft und bedingt den Ausgabewert.

Eine detaillierte Aufstellung aller Ein- und Ausgabekennzahlen dieses Strukturelementes mit deren Definition, Erläuterung, Typ, Einflussgrößen und Wirkgrößen befindet sich im *Kap. 13.4 Auf Lagerfunktionen bezogene Kenngrößen*.

5.5.5. Lagertransporte

Lagertransportstrecken, die für den innerbetrieblichen Transport der Waren benötigt werden, können sowohl manuell also per Unstetigförderer, wie Handhubwagen, Elektrohubwagen, Gabelstapler usw., oder aber durch Stetigförderer, wie Fördertechnik, Elektrohängebahn usw., zurückgelegt werden. In diesem Bereich der Eingabe erfolgt die Auswahl, ob erstens eine jeweilige Transportstrecke existiert und wenn ja in welcher Ausprägung, d.h. manuell oder automatisiert vorhanden ist.

Die Erfassung erfolgt über Kontrollkästchen (vorh.), ob eine jeweilige Strecke vorhanden ist und wenn ja wird über Auswahlfelder (man./autom) die entsprechende Option ausgewählt.

Kennzahl	Gruppe	Typ	Eingabe	Ausgabe	St.
	Automatisierungsgrad	Kosten pro Pick	operativ	unabhängig, Variable	abhängige Variable
	Servicograd	operativ	strategisch		Dimension
4 Lagertransportstrecken (intern)					
4.0 Lagertransportstrecken, autom.			<input type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.	65,33	%
4.1 Wareneingang-Transport, autom.			<input checked="" type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.	57,14	%
4.1.1 Transportstrecke WEA1 - WEA2			<input checked="" type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.1.2 Transportstrecke WEB1 - WEB2			<input checked="" type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.1.3 Transportstrecke WEC1 - WEC2			<input checked="" type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.1.4 Transportstrecke WED1 - WED2			<input checked="" type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.1.5 Transportstrecke WEE1 - WEE2			<input checked="" type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.1.6 Transportstrecke WEE1 - WEE3			<input checked="" type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.1.7 Transportstrecke WEG1 - WEG2			<input checked="" type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.1.8 Transportstrecke WEH1 - WEH2			<input type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.1.9 Transportstrecke WEI1 - WEI2			<input type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.1.10 Transportstrecke WEJ1 - WEJ2			<input type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.2 Lagerung-Transport, autom.			<input type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.	75,00	%
4.2.1 Transportstrecke LAGA1 - LAGA2			<input checked="" type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.2.2 Transportstrecke LAGB1 - LAGB2			<input checked="" type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.2.3 Transportstrecke LAGC1 - LAGC2			<input checked="" type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.2.4 Transportstrecke LAGD1 - LAGD2			<input checked="" type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.2.5 Transportstrecke LAGE1 - LAGE2			<input type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.2.6 Transportstrecke LAGF1 - LAGF2			<input type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.2.7 Transportstrecke LAGG1 - LAGG2			<input type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.2.8 Transportstrecke LAGH1 - LAGH2			<input type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.2.9 Transportstrecke LAGI1 - LAGI2			<input type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.2.10 Transportstrecke LAGJ1 - LAGJ2			<input type="checkbox"/> vorh. <input type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		

Nebenstehend befindet sich ein Auszug aus der Eingabemaske für „Lagertransporte“. Die gesamte Darstellung für „Lagertransporte“ befindet sich im Anhang (*siehe Kap. 14.5 Ein-/Ausgabemaske Lagertransporte*).

Abbildung 26: *Eingabemaske: Lagertransporte*

Die Spitzenkennzahl lautet „Lagertransportstrecken, automatisiert“ und wird in Prozent der gesamten durchzuführenden Transporte ausgedrückt.

Bei der Eingabe werden die Transporte in die Bereiche Wareneingang, Lagerung, Kommissionierung und Versand (*siehe Abbildung 8: Distributionsprozess*) zerlegt, aber es erfolgt keine spezifische Vorgabe von einzelnen Transportstrecken. Die Vorgabe ist bewusst neutral gehalten, um unterschiedliche Transportwege innerhalb der Distributionsprozessbereiche verschiedenerer Intralogistiksysteme eintragen zu können.

Die getroffene Auswahl mittels der angebotenen Auswahlfelder bildet den Ausgabewert, der später unter anderem in die Ermittlung des Automatisierungsgrads einbezogen wird.

Eine detaillierte Aufstellung aller Ein- und Ausgabekennzahlen dieses Strukturelementes mit deren Definition, Erläuterung, Typ, Einflussgrößen und Wirkgrößen befindet sich im *Kap. 13.5 Auf Lagertransportstrecken bezogene Kenngrößen*.

5.5.6. Lagertechnik

Die technikbezogenen Kenngrößen, die neben den gebäudebezogenen Kenngrößen einen wesentlichen Teil der Investkosten ausmachen, werden in diesem Bereich erfasst. Alle technikrelevanten Kennwerte werden mengenmäßig in den jeweiligen Gruppen erfasst und in den gesamten Technik-Invest einbezogen. Die Spitzenkennzahl für diese Gruppe ist der „Invest Lagertechnik“, der innerhalb der Gesamtbetrachtung in den Gesamt-Invest eingeht.

Kennzahl	Gruppe	Typ	Eingabe		Ausgabe	St
			unabhängige Variable	abhängige Variable	Dimension	
5 Technikbezogene Kenngrößen						
5.0	Invest Lagertechnik				15.167.641	€
5.1	Invest Lagerplätze				1.814.546	€
5.1.1	AnzLaPl Blocklager				3.000 *	Stck
5.1.2	AnzLaPl Breitganglager Palette				1.000	Stck
5.1.3	AnzLaPl Schmalganglager Palette				1.000	Stck
5.1.4	AnzLaPl Fachbodenlager Karton				2.500 *	Stck
5.1.5	AnzLaPl Durchlauflager Karton				1.500 *	Stck
5.1.6	AnzLaPl Durchlauflager Palette				500 *	Stck
5.1.7	AnzLaPl AKL				30.000 *	Stck
5.1.8	AnzLaPl AKL, Silobauweise				2 *	Stck
5.1.9	AnzLaPl HRL				10.000 *	Stck
5.1.10	AnzLaPl HRL, Silobauweise				2 *	Stck
5.1.11	AnzLaPl Karusselllager				1.000	Stck
5.1.12	AnzLaPl Verschiebelager				1.000	Stck
5.1.13	AnzLaPl Freilager				1.000	Stck
5.1.14	AnzLaPl Kragarmlager				500 *	Stck
5.1.15	AnzLaPl Paternosterlager				400 *	Stck
5.1.16	AnzLaPl Gefahrgutlager				100	Stck
5.1.17	AnzLaPl Zollager				0	Stck
5.1.18	AnzLaPl Sonstige				0	Stck

Nebenstehend befindet sich ein Auszug aus der Ein-/Ausgabemaske für „Lagertechnik“. Die gesamte Darstellung für „Lagertechnik“ befindet sich im Anhang (*siehe Kap. 14.6 Ein-/Ausgabemaske Lagertechnik*).

Abbildung 27: Ein-/Ausgabemaske: Lagertechnik

Die Abfragen für den Bereich der lagertechnischen Investitionen konzentrieren sich in diesem Bereich der Datenerhebungsbögen auf die Mengenangaben für die in den Gruppen Invest Lagerplätze mit Mengenangaben zu den im Gesamtsystem installierten unterschiedlichen Lagerplätzen, dem Invest für Automatisierungstechnik mit der Unterteilung in Stetigförderer, wie z.B. die Länge der installierten Bandförderer, und Unstetigförderer mit den Angaben zur Anzahl von Einzelaggregaten wie AKL-Geräte und die Anzahl von Staplern und Handhubwagen usw.. Gleichmaßen werden die Mengen für Hilfsaggregate, wie z.B. Etikettierer, Kartonaufrichter usw., und für Ladehilfsmittel, wie Behälter, Trays, Paletten usw., abgefragt.

Die Eingabe der Anzahl von Aufträgen und deren Struktur, die innerhalb des Strukturelementes - Aufträge - (*siehe Kap. 13.9 Auf Auftrag bezogene Kenngrößen*) erfolgt, erlaubt zusätzlich eine Prognose als Mengenvorschlag für die voraussichtlich benötigte Anzahl der EHB-Gondeln, AKL- und HRL-RBGs sowie Turmspeicher und Sequenzer sowie Mengenvorschläge für Hilfsausstattungen, wie Anzahl Etikettierer, Umreifer, Waagen, Wickler usw.

Die im technischen Bereich installierten DV-Komponenten wie Server, PCs, Drucker usw. werden ebenso erfasst wie die Anzahl der physisch installierten Arbeitsplätze.

Als wesentlicher Aspekt aus dem Bereich der Lagertechnik werden durch Auswahlfelder Abfragen zur Zugänglichkeit zu dem installierten Techniksystem einbezogen, um den sogenannten Zugänglichkeitsfaktor zu ermitteln, der die Anzahl der Werker für Service und Wartung und auch die betriebliche Verfügbarkeit des Gesamtsystems beeinflusst. Bei zunehmender Verschlechterung der Zugangsfähigkeit wird bei weitläufigen Systemen dadurch, dass erhöhte Wege bzw. Zugangsschwierigkeiten zu erwarten sind, die im Störfall eine verzögerte Behebung der Ursache nach sich ziehen, was wiederum die betriebliche Verfügbarkeit reduziert, zusätzliches Personal erforderlich.

Hohe Leistungsfähigkeit bei niedrigen Kosten und hohem Servicegrad bilden die maßgeblichen Zielkriterien für moderne Intralogistiksysteme. Hiermit eng verbunden ist der Kennwert Verfügbarkeit, der sich in die betriebliche und technische Verfügbarkeit aufteilt als Verhältnis der nutzbaren zur theoretischen Einsatzzeit eines Systems. Die Verfügbarkeit spielt für den Anlagenbetreiber eine entscheidende Rolle, da sie mittelbar das Potenzial zur Erreichung der Leistungsziele für technische Systeme widerspiegelt. Damit gibt sie auch Aufschluss über die Effizienz des Systembetriebs, die für den wirtschaftlichen Erfolg der Anwender intralogistischer Systeme eine hohe Bedeutung besitzt. Folglich ist die Verfügbarkeit ein wichtiger Kennwert für die gesamte Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit eines intralogistischen Systems. In diesem Zusammenhang sind die VDI-Richtlinien 3580, 3581 und 3649 sowie die Regelwerke FEM⁹ 9.221 und 9.222 zu nennen.

Zur Ermittlung der Ladehilfsmittelqualität stehen weitere Auswahlfelder zur Verfügung, da sich eine sinkende Ladehilfsmittelqualität negativ auf die Technik-Investition und das Produkthandling auswirkt. Die Ladehilfsmittelqualität wird durch den Ladehilfsmittel-Qualitätsfaktor ausgedrückt, der die Leistung der mit dem Produkthandling befassten Werker und den aufwendigeren Technikeinsatz, z.B. Konturenkontrollen, Palettenkontrollen, Umpacken in andere Ladehilfsmittel, Umsetzen auf neue Trägerpalette usw., beeinflusst.

Neben der angegebenen Spitzenkennzahl des Technik-Invests werden für die einzelnen Bereiche des Technik-Invests die jeweiligen Investitionswerte und die in den jeweiligen Gruppen installierte lastabhängige Leistung ausgegeben. Als Besonderheit sei hier vermerkt, dass die Berechnung der gesamten Energieaufnahme des Intralogistiksystems auftragslastabhängig erfolgt, d.h. in Abhängigkeit von der zu erfüllenden Aufträge und der damit verbundenen Warenbewegungen zur Erfüllung der Kommissionier- und Nachschubaufgaben. Diese Auftragslastabhängigkeit wirkt sich auf die Unstetigförderer und Hilfsaggregate, die durch unterschiedliche Beaufschlagung des Systems mit Aufträgen unterschiedlich stark, z.B. die Anzahl der RBG-Bewegungen, im Einsatz sind. Die ebenfalls lastabhängigen Energieverbräuche der Stetigförderer, die üblicherweise Sparschaltungen vorweisen, werden durch die Vorgabe des Einschaltfaktors im Bereich der Basisparameter erfasst.

Alle Technikkomponenten finden in ihrer Ausprägung und Menge zudem Niederschlag in der Aussage zur jeweiligen Verfügbarkeit der Gruppe, was in der Zusammenfassung als betriebliche und technische Verfügbarkeit eine Aussage zum Bereitschaftsgrad der Anlage zulässt.

⁹ FEM, Fédération Européenne de la Manutention, Europäische Vereinigung der Förder- und Lagertechnik

Zur Zusammenfassung des technikorientierten Anteils des gesamten Intralogistiksystems erfolgt in diesem Strukturelement auch die Aussage zum Anteil der automatisierten Arbeits-, Informationsverarbeitungsschritte und Transportstrecken.

Eine detaillierte Aufstellung aller Ein- und Ausgabekennzahlen dieses Strukturelementes mit deren Definition, Erläuterung, Typ, Einflussgrößen und Wirkgrößen findet sich im *Kap.13.6 Auf Technik bezogene Kenngrößen*.

5.5.7. Artikel

Im Sachgebiet der Artikel bezogenen Kennzahlen werden die für Bewertung erforderlichen Werte für Bestandsgrößen, Bewegungsgrößen, Artikelverteilung usw. erfasst, um für den Bereich der Wirtschaftlichkeit und Qualität des Intralogistiksystems aussagefähig zu sein.

Kennzahl	Gruppe					Eingabe	Ausgabe	SI
	Automatisierungsgrad	Kosten pro Pick	Servicegrad	operativ	strategisch			
6 Artikelbezogene (statische) Kenngrößen								
6.1 Bestandsgrößen								
6.1.1	Anzahl Lieferanten					200 *		Stck
6.1.2	Anzahl Lagerartikel					10.000 *		Stck
6.1.3	Anzahl Auftragsartikel					500 *		Stck
6.1.4	Anzahl aktive Artikel						9.975	Stck
6.1.4.1	Anzahl A-Artikel						4.988	Stck
6.1.4.2	Anzahl B-Artikel						2.494	Stck
6.1.4.3	Anzahl C-Artikel						2.494	Stck
6.1.5	Anzahl Paletten-Artikel					1.000 *		Stck
6.1.6	Anzahl Artikel mit man. Komm.					100 *		Stck
6.1.7	Anzahl ruhende Artikel						525	Stck
6.1.8	Anteil Bruch/ Schwund						0,02	%
6.1.9	Ø Wert pro A-Artikel					10,00 *		€
6.1.10	Ø Wert pro B-Artikel					8,00 *		€
6.1.11	Ø Wert pro C-Artikel					5,00 *		€
6.1.12	Ø Wert pro Artikel gesamt						8,24	€
6.1.13	Ø Gewicht pro Pickereinheit					3,00 *		Kg
6.1.14	Ø Größe pro Pickereinheit					1,00 *		Liter
6.1.15	Lieferanten-Faktor						1,02	ohne

Abbildung 28: *Eingabemaske: Artikel*

In diesem Strukturelement wird keine direkte Spitzenkennzahl ausgegeben, vielmehr werden in diesem Bereich durch Eingabe der Anzahl der Lieferanten, Anzahl der im System geführten Lager- bzw. Auftragsartikel, deren materieller Wert sowie Größe und Gewicht und Verpackungsqualität der Artikel Grundwerte ermittelt und ausgegeben, die innerhalb der nachfolgenden Strukturelemente zu weiteren Berechnungen herangezogen werden.

Die Verpackungsqualität, durch Auswahlfelder einzeln für A-, B- oder C-Artikel bestimmbar, erhöht durch Qualitätsminderung den Aufwand bei Personal und Technik und wird berücksichtigt.

Ebenfalls mit aufgenommen ist der „Lieferanten-Faktor“, der das Verhältnis von Anzahl der aktiven Artikel zu Anzahl der Lieferanten darstellt. Mit steigender Anzahl der Lieferanten entsteht eine höhere Belastung des Wareneingangs. Dadurch erhöht sich der Bedarf an Mitarbeitern im Wareneingang und es verringert sich die Lieferfähigkeit [Gud06e], da die Wahrscheinlichkeit von Lieferproblemen bei Lager- und Auftragsartikeln steigt.

Ein wichtiger Aspekt bei den weiteren Berechnungen ist zusätzlich die ABC-Struktur, die (im weitläufigen Standard: 80 : 20, d.h., 80 % der Picks entfallen auf 20 % der Artikel, (*siehe Abbildung 29: ABC-Verteilung*) die Anzahl der Kommissionier-Werker beeinflusst. Je höher der A-Artikelanteil, umso geringer ist die Anzahl der Werker, da ein Werker bei einem hohen A-Artikelanteil am gleichen Standort eine höhere Anzahl von Picks ausführen kann.

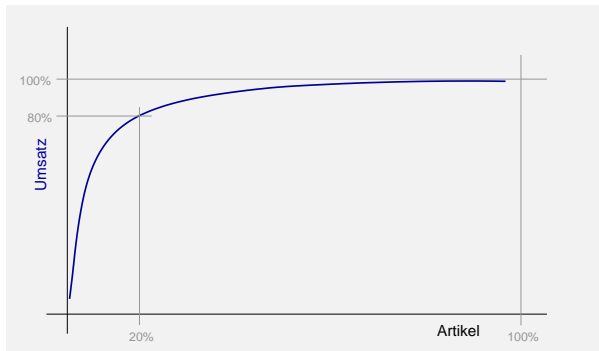


Abbildung 29: *ABC-Verteilung*

Eine detaillierte Aufstellung aller Ein- und Ausgabekennzahlen dieses Strukturelementes mit deren Definition, Erläuterung, Typ, Einflussgrößen und Wirkgrößen findet sich im *Kap. 13.7 Auf Artikel bezogene Kenngrößen*.

5.5.8. Bestand

Alle am Lagerstandort befindlichen Bestände produzieren Kosten [Rüg03], die in diesem Bereich erfasst werden und in die Bewertung der Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Qualität des gesamten Intralogistiksystems einbezogen werden.

Kennzahl	Automatisierungsgrad	Kosten pro Pick	Servicegrad	operativ	strategisch	Eingabe	Ausgabe	SI
7 Lagerbestand								
7.1 Bestand								
7.1.1	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	50 *		Stck
7.1.2	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø		25	Stck
7.1.3	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø		35	Stck
7.1.4	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø		33	Stck
7.1.5	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø		1,65	ohne
7.1.6	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø		1.000,00	Stck
7.1.7	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø		250,63	Stck
7.1.8	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø		6.411.803	€
7.1.9	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø		0,200	Mon.
7.2 Umsatz								
7.2.1	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø		271.837.500	€
7.2.2	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø		60,15	1/a
7.2.3	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø		57,14	1/a

* Szenario-Manager - Variable

Nebstehend befindet sich ein Auszug aus der Eingabemaske für den Lagerbestand. Die gesamte Darstellung für „Lagerbestand“ findet sich im Anhang (*siehe Kap. 14.8 Ein-/Ausgabemaske Lagerbestand*).

Abbildung 30: *Eingabemaske: Lagerbestand*

Im Strukturelement Bestand werden nach Eingabe des durchschnittlichen Lagerbestandes je Artikel alle für die weiteren Berechnungen innerhalb des gesamten Analysetools benötigten bestandsbezogenen Kennzahlen wie Mindest-, Melde- und Sicherheitsbestand, Lagerbestandswert, Bestandsweite und umsatzrelevante Kennzahlen wie Gesamtumsatz und Umschlaghäufigkeit ermittelt.

Eine detaillierte Aufstellung aller Ein- und Ausgabekennzahlen dieses Strukturelementes mit deren Definition, Erläuterung, Typ, Einflussgrößen und Wirkgrößen findet sich im *Kap. 13.8 Auf Lagerbestand bezogene Kenngrößen*.

Von besonderer Bedeutung ist der Sicherheitsbestands-Faktor (vgl. [Har05] und [Gud06a]), der in Abhängigkeit des innerhalb des Analysetools errechneten Lieferbereitschaftsgrades ausgewählt wird und Einfluss auf den Sicherheitsbestand hat (siehe *Abbildung 31: Zusammenhang Sicherheitsbestands-Faktor – Lieferbereitschaftsgrad*)

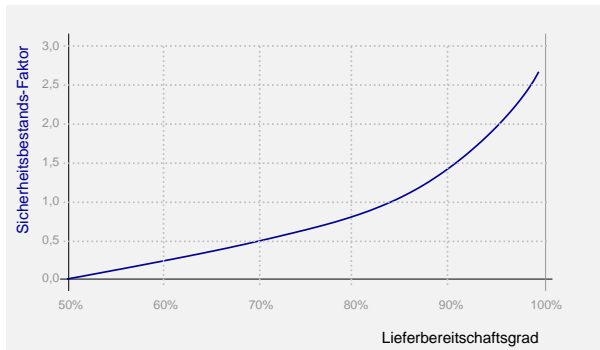


Abbildung 31: *Zusammenhang Sicherheitsbestands-Faktor – Lieferbereitschaftsgrad*

Sicherheitsbestand im Branchenvergleich

Um festzulegen und zu interpretieren, wo das Unternehmen mit seinem Vorrat positioniert wird, ist die Kenntnis des Branchenvergleichs sinnvoll. Die Tabelle aus Hartmann [Har99] stellt eine Untersuchung aus dem Jahre 1995 vor, in welcher die Vorräte im Verhältnis zum Umsatz ausgewiesen werden, gegliedert nach Branchen. Dabei wurden für die genannten Branchen folgende prozentualen Vorräte zum Umsatz genannt:

Branche	Lageranteil
Maschinenbau	24,70 %
Elektrotechnik	19,70 %
Verarbeitende Industrie gesamt	19,30 %
Textilgewerbe	18,90 %
Metallerzeugnisse	18,10 %
Chemische Industrie	12,20 %
Baugewerbe	10,40 %
Fahrzeugtechnik	8,60 %

Tabelle 5: *Lageranteil am Umsatz*

Aktuellere Daten wurden in der Veröffentlichung von Harting [Har05] im Jahr 2005 präsentiert. Er stellt fest, dass sich der Wert des durchschnittlichen Vorratsbestandes auf 14 Prozent des Umsatzes bundesdeutscher Unternehmen beläuft.

5.5.9. Aufträge

In dieser Gruppe werden alle die für Bewertung relevanten auftragsbezogenen Werte und Kennzahlen wie z.B. die Anzahl der Aufträge, Positionen pro Auftrag, Picks pro Position, Fehllieferungen, Retouren usw. erfasst und in Bezug zu den anderen im System befindlichen Kennzahlen gesetzt.

Kennzahl	Gruppe	Typ	Eingabe	Ausgabe	St
	Automatisierungsgrad Kosten pro Pick Servicegrad	operativ strategisch	unabhängig, Variable	abhängige Variable	Dimension
8 Auftragsbezogene (dynamische) Kenngrößen					
8.1 Aufträge					
8.1.1	Ø Aufträge/ Tag		2.500 *		Stck
8.1.2	Ø Positionen/ Auftrag		8 *		Stck
8.1.3	Ø Picks/ Position		6 *		Stck
8.1.4	Ø Picks / WE-Position		10 *		Stck
8.1.5	Ø Picks/ Versandeinheit		20 *		Stck
8.1.6	Ø Einpositions-Aufträge/ Tag		10,0 *		%
8.1.7	Ø Mehrpositions-Aufträge/ Tag			90,0	%
8.1.8	Ø Picks/ Auftrag			48,0	Stck
8.1.9	Ø Positionen/ Versandeinheit			3,33	Stck
8.1.10	Ø Picks/ Tag			120.000	Stck
8.1.11	Ø Versandeinheiten/ Tag			6.000	Stck
8.1.12	Ø Verpackte Aufträge/ Tag			2.400	Stck
8.1.13	Zeit Auftragsingang bis -Start			1,00	Std
8.1.14	Auftragsdurchlaufzeit			3,50	Std
8.1.15	Zeit Auftragsingang bis Versand			4,50	Std
8.2 Fehlerhafte Aufträge					
8.2.1	Aufträge m. falscher Menge/ Tag		1,0 *		%
8.2.2	Aufträge m. falschem Artikel/ Tag		2,0 *		%
8.2.3	Aufträge m. defektem Artikel/ Tag		3,0 *		%
8.2.4	Aufträge m. Terminverzug/ Tag		4,0 *		%

Nebenstehend befindet sich ein Auszug aus der Eingabemaske für die Lageraufträge. Die gesamte Darstellung für „Lageraufträge“ findet sich im Anhang (siehe Kap. 14.9 Ein-/Ausgabemaske Lageraufträge).

Abbildung 32: Eingabemaske: Aufträge

Eine Spitzenkennzahl wird im Kennzahlbereich Aufträge nicht erzeugt, vielmehr werden nach Eingabe der Anzahl der Aufträge und der Auftragsstruktur, die sich durch die Positionen pro Auftrag, Picks pro Position, Picks pro Versandeinheit ergibt, Sekundärkennzahlen wie das Verhältnis Ein- zu Mehrpositionsaufträgen, Picks pro Tag, Versandeinheiten pro Tag bis hin zur Auftragsdurchlaufzeit ausgegeben.

Ebenfalls fallen in diesen Bereich der Kennzahleingabe die Vorgaben zu fehlerhaften Aufträgen mit falscher Menge, falschem Artikel, defektem Artikel und Aufträge mit Terminverzug, aus denen sich der Anteil von Falsch- an Gesamtlieferungen, die Reklamationsrate und der Lieferbereitschaftsgrad ergibt. Die Aussage zu ein- / mehrpöstigen Aufträgen geht mit in den Lieferbereitschaftsgrad ein, da mit zunehmendem Anteil der mehrpöstigen Aufträge der Anteil der Aufträge mit Fehler steigt, wodurch eine Erhöhung der Auftragsfehlerrate durch falsche Menge, falschen Artikel, defekten Artikel sowie Terminverzügen durch Zulieferschwierigkeiten zu erwarten ist. Gleichermäßen steigt geringfügig die Reklamationsquote an. Geringfügig deshalb, da nicht jeder ausgelieferte Auftrag mit Fehler oder Terminverzug zwingend eine Reklamation nach sich zieht.

Eine detaillierte Aufstellung aller Ein- und Ausgabekennzahlen dieses Strukturelementes mit deren Definition, Erläuterung, Typ, Einflussgrößen und Wirkgrößen findet sich im Kap. 13.9 Auf Auftrag bezogene Kenngrößen.

5.5.10. Nutzung

Das gesamte Intralogistiksystem wird in bestimmter Art und Weise genutzt. Zu diesem Nutzen gehören neben der Festlegung der Nutzungszeiten auch die Lagerbelegungen von Lagerflächen und Lagerplätzen, die in diesem Bereich der Kennzahlenerfassung erfolgt.

Im Strukturelement Nutzung des Lagersystems erfolgt die Eingabe der Nutzungszeiten, folglich Betriebsbeginn und Betriebsende, Anzahl der Einsatztage pro Jahr und die durchschnittliche Warenannahmezeit. Mit Hilfe dieser Angaben werden die tägliche Betriebsdauer und die Anzahl der Arbeitsschichten ermittelt, die wiederum Einfluss auf die Personalkosten nehmen.

Kennzahl	Gruppe	Typ	Eingabe	Ausgabe	SI
	Automatisierungsgrad Kosten pro Pick Servicegrad	operativ strategisch	unabhängig, Variable	abhängige Variable	Dimension
9 Nutzung des Lagersystems					
9.1 Nutzungszeiten					
9.1.1	Betriebsbeginn		6,00 *		Uhr
9.1.2	Betriebsende		22,00		Uhr
9.1.3	Betriebsdauer			16,00 *	Std/d
9.1.4	Arbeitsschichten pro Tag			2	Stk
9.1.5	Anzahl Arbeitstage pro Jahr		250		Stk/a
9.1.6	Ø Warenannahmezeit		5,00 *		Std
9.1.7	Betriebl. Nutzungsgrad über 24h			65,51	%
9.2 Auslieferung					
9.2.1	Spätester Bestellzeitpunkt			17,50	Uhr
9.2.2	Letzte Bereitstellung Versand			22,00 *	Uhr
9.3 Belegungsfaktoren					
9.3.1	Lagerbelegungsgrad			67,61	%
9.3.2	Lagerflächen-Belegung, gesamt			75,83	%
9.3.2.1	LgFIBeleg Wareneingang		80,0		%
9.3.2.2	LgFIBeleg Bereitstellung zur Einlageru		80,0		%
9.3.2.3	LgFIBeleg Blocklager		80,0		%
9.3.2.4	LgFIBeleg AKL		75,0		%
9.3.2.5	LgFIBeleg HRL		65,0		%

Nebenstehend befindet sich ein Auszug aus der Eingabemaske für die Lagernutzung. Die gesamte Darstellung für „Lagernutzung“ findet sich im Anhang (siehe Kap. 14.10 Ein-/Ausgabemaske Lagernutzung)

Abbildung 33: *Eingabemaske: Lagernutzung*

Aus der Angabe der Betriebszeiten wird auch der späteste Bestellzeitpunkt in Zusammenhang mit den im Strukturelement Technik ermittelten Auftragsdurchlaufzeiten ausgegeben.

In diesem Strukturelement der Lagernutzung wird nach Eingabe der jeweiligen Flächen-, Platz- und Raumbelegung der einzelnen Lagerarten der Lagerbelegungsgrad [Mar06] [Sch06] des Gesamtsystems ausgegeben, der unter anderem Einfluss auf die Kosten pro Pick, also die Wirtschaftlichkeit nimmt. Mit fallendem Lagerbelegungsgrad steigen durch erhöhte Lauf- und Transportwege die Auftragserfüllungskosten.

Eine detaillierte Aufstellung aller Ein- und Ausgabekennzahlen dieses Strukturelementes mit deren Definition, Erläuterung, Typ, Einflussgrößen und Wirkgrößen findet sich im Kap. 13.10 Auf Nutzung bezogene Kenngrößen.

5.5.11. Personal

Im Bereich der personalbezogenen Kennzahlen werden alle im Intralogistiksystem tätigen Mitarbeiter erfasst und in den Teil der laufenden Betriebskosten pro Jahr mit einbezogen.

Hierbei werden die Anzahl und die Leistung der Werker last- und ergonomieabhängig ermittelt.

Kennzahl	Gruppe	Typ	Eingabe	Ausgabe	St
	Automatisierungsgrad Kosten pro Pick Seriengrad	operativ strategisch	unabhängige Variable	abhängige Variable	Dimension
10 Personalbezogene Kenngrößen					
10.0	Personalkosten pro Jahr			3.653,822	€/a
10.1	Anzahl Mitarbeiter, gesamt			92	MA
10.1.1	Mitarbeiter "strategisch"			4	MA
10.1.2	Mitarbeiter "organisatorisch"			12	MA
10.1.3	Mitarbeiter Wareneingang			13	MA
10.1.4	Mitarbeiter Kommissionierung			31	MA
10.1.5	Mitarbeiter Verpackung			15	MA
10.1.6	Mitarbeiter Versandbereitstellung			3	MA
10.1.7	Mitarbeiter Interner Transport			3	MA
10.1.8	Mitarbeiter Service/Wartung			9	MA
10.1.9	Mitarbeiter Sonstiges			2	MA
10.1.10	Personalkosten-Faktor_gewichtet			1,09	ohne
10.2	Leistung Mitarbeiter				
10.2.1	WE-Positionen pro Werker			183,81	Stck/h
10.2.2	Kommissionierungen pro Werker			246,09	Pic/h
10.2.3	Versandverpackungen pro Werker			25,00	Ktn/h
10.2.4	Versandbereitstellungen pro Werker			112,50	Ktn/h
10.2.5	Interne Transporte pro Werker			37,50	Pal/h
10.3	Ergonomie Arbeitsplatz				
10.3.1	Arbeitsplatzbezogen				
10.3.1.1	ArbPlatz Augenwinkel für Info-Erhalt		<65° >65°		
10.3.1.2	ArbPlatz Drehwinkel bei Ablage		<30° >30°		
10.3.1.3	ArbPlatz Reichweite, Schrittweite		<1m >1m		
10.3.1.4	ArbPlatz Höhenverstellbarkeit		ja nein		
10.3.1.5	ArbPlatz Materialtyp mit Körperberüh		Bio. Stahl		

Nebenstehend befindet sich ein Auszug aus der Eingabemaske für das Personal. Die gesamte Darstellung für „Personal“ findet sich im Anhang (siehe Kap. 14.11 Ein-/ Ausgabemaske Lagerpersonal).

Abbildung 34: Eingabemaske: Personal

Das Strukturelement Personal dient der Ausgabe der Spitzenkennzahl „Personalkosten pro Jahr“ und zur Bestimmung des Ergonomiefaktors durch Auswahlfelder.

Die Personalkosten pro Jahr ergeben sich aus der ebenfalls in diesem Strukturelement ausgegebenen Anzahl der Mitarbeiter je Arbeitsbereich für Lagerleitung, Lagerorganisation, Wareneingang, Kommissionierung, Verpackung, Versandbereitstellung, interne Transporte, sowie für Service und Wartung multipliziert mit den jeweiligen Basisparametern zu den Einzel-Personalkosten pro Jahr. Die ausgegebenen Anzahlen der Mitarbeiter errechnen sich dynamisch in Abhängigkeit von der Auftragslast, im organisatorischen Bereich durch die im System befindlichen Funktionsbereiche und im Bereich Service und Wartung durch die im System befindlichen Technischelemente.

Gleichermaßen, als ein wichtiger Beeinflusser der Anzahl der Mitarbeiter, ist die Ergonomie der Arbeitsplätze, die sich durch den hier eingeführten Ergonomiefaktor ausdrückt, durch Auswahlfelder bestimmbar. Die zehn Hauptbeeinflusser der Arbeitsplatzergonomie nach TNO¹⁰ und TÜV sind der Augenwinkel für Info-Erhalt, der Drehwinkel bei Ablage, die Reichweite, die Schrittweite, die

¹⁰ TNO: Toegestap Natuurwetenschappelijk Onderzoek, Niederländische Organisation für Angewandte naturwissenschaftliche Forschung

Höhenverstellbarkeit, der Materialtyp mit Körperberührung, das Produktgewicht, die Umfeld-Geräusche, -Temperatur, -Feuchte und -Zugluft. Die vorgenannten Ergonomie-Elemente werden je nach Auswahl bewertet und fließen in die ebenfalls ausgegebenen durch den Ergonomiefaktor beaufschlagten Leistungswerte der Mitarbeiter ein.

Die so ermittelten, von der Arbeitsplatz-Ergonomie abhängigen Leistungswerte je Mitarbeitergruppe für Wareneingang, Kommissionierung, Verpackung, Bereitstellung und interne Transporte bilden neben dem vom Ergonomiefaktor abhängigen Personalkostenfaktor die Grundlage zur Berechnung der o.g. Anzahl der Mitarbeiter.

Eine detaillierte Aufstellung aller Ein- und Ausgabekennzahlen dieses Strukturelementes mit deren Definition, Erläuterung, Typ, Einflussgrößen und Wirkgrößen befindet sich im *Kap. 13.11 Auf Personal bezogene Kenngrößen*.

5.6. Ausgabe der ermittelten Zielkennzahlen

5.6.1. Konspekt

In diesem Bereich werden alle bisher gewonnenen Absolut- und Relativkennzahlen zusammengeführt bzw. in Bezug gesetzt und sind ausschließlich als Ausgabewerte angelegt. Hieraus ergibt sich der Gesamtüberblick über das zu bewertende System, wobei die gewonnenen Kennzahlen den Gruppen Struktur- und Rahmen-, Produktivitäts-, Wirtschaftlichkeits- und Qualitätskennzahlen [Sch08b] zugeordnet sind.

Kennzahl	Gruppe	Typ	Eingabe	Ausgabe	SI
	Automatisierungsgrad Kosten pro Pick Servicegrad	operativ strategisch	unabhängig, Variable	abhängige Variable	Dimension
11 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kennzahlen					
11.1 Struktur- und Rahmenkennzahlen					
11.1.1 Invest, gesamt				43.936.105	€
11.1.1.1 Invest Grundstück				7.500.000	€
11.1.1.2 Invest Gebäude				18.241.226	€
11.1.1.3 Invest Technik				16.327.279	€
11.1.1.4 Invest Brandschutz				1.867.600	€
11.1.2 Abschreibung, gesamt				2.179.965	€/a
11.1.2.1 Abschrbg Grundstück				0	€/a
11.1.2.2 Abschrbg Gebäude				547.237	€/a
11.1.2.3 Abschrbg Technik				1.632.728	€/a
11.1.3 Personal bezogen					
11.1.3.1 Anzahl Mitarbeiter, gesamt				92	MA
11.1.4 Mengen bezogen					
11.1.4.1 Anzahl Lagerplätze, gesamt				40.904	Stck
11.1.4.2 ∅ Anzahl aktive Artikel				9.975	Stck
11.1.4.3 ∅ Anzahl Aufträge pro Tag				2.500	Stck
11.1.4.4 ∅ verpackte Aufträge pro Tag				2.400	Stck
11.1.4.5 ∅ Anzahl der Lieferanten				200	Stck
11.1.4.6 Anzahl Stetig-Fördermittel				244	Stck
11.1.4.7 Anzahl Unstetig-Fördermittel				126	Stck

Nebenstehend befindet sich ein Auszug aus der Ausgabemaske für den Konspekt. Die gesamte Darstellung für „Konspekt“ findet sich im Anhang (siehe *Kap. 14.12 Ausgabemaske Konspekt*).

Abbildung 35: *Ausgabemaske: Konspekt*

Die Anwendung von Kennzahlen im Rahmen des Logistik-Controllings bedeutet eine strukturelle Übersicht. Eine sinnvolle Analyse und Interpretation von Kennzahlenwerten kann nur vor dem Hintergrund der Strukturen des betrachteten Bereiches erfolgen. Als wichtiger Eckpfeiler der Kennzahlenanalyse sind daher Struktur- und Rahmen-, Produktivitäts-, Wirtschaftlichkeits- und

Qualitätskennzahlen zu erstellen, die sich auf den zu betrachtenden Bereich, hier dem zu analysierenden Intralogistiksystem beziehen.

Die wesentlichen Kennzahlen zur Analyse von Intralogistiksystemen werden in diesem Bereich zusammengeführt.

Die Auswahl und die Aufteilung der Kennzahlen erfolgt in vier Gruppen (*siehe auch Kap. 5.3 Relevante Kennzahlen*) und stellt sich nach Schulte [Sch09] wie folgt dar:

Struktur- und Rahmenkennzahlen

sind Kennzahlen, die sich auf den zu erfüllenden Aufgabenumfang, die Anzahl und Kapazität der Aufgabenträger und die im Betrachtungszeitraum anfallenden Kosten beziehen.

In der Kategorie Struktur- und Rahmenkennzahlen befindlich sind u.a. absolute Kennzahlen für die Investitionskosten, die Abschreibungswerte, die Anzahl der Mitarbeiter, die Mengenangaben zur installierten Technik und Angaben zur Energieaufnahme, Energierückspeisung bei evtl. vorhandener Photovoltaikanlage und dem CO₂ Emissions-Äquivalent.

Produktivitätskennzahlen

sind Kennzahlen, die die Produktivität der Mitarbeiter und der technischen Betriebseinrichtungen messen.

In dieser Gruppe der Produktivkennzahlen befinden sich relative und absolute Kennzahlen, die sich auf die installierte Technik beziehen, zu denen die Lagernutzungsgrade, der Bereitschaftsgrad der Anlage, der Anteil der automatisierten Transportstrecken, der Anteil der Lagerplätze mit automatischem Zugriff und der Auftragsdurchlaufzeit zählen. Zudem sind in dieser Gruppe auftragsbezogene Kennzahlen wie Kosten pro Pick, Kosten pro Auftrag, Kosten pro fertige Versandeinheit, Anteil der automatisierten Auftragserfüllungsschritte, Anteil der automatisierten Informationsverarbeitungsschritte und die Auftragsdurchlaufzeit eingeordnet

Wirtschaftlichkeitskennzahlen

sind Kennzahlen, bei denen genau definierte Logistikkosten zu bestimmten Leistungseinheiten ins Verhältnis gesetzt werden.

In der Kategorie der Kennzahlen zur Wirtschaftlichkeit befinden sich die absoluten Kennzahlen für die Bereiche Invest, Betriebskosten und bestandsbezogene Werte.

Die Gruppe Invest besteht aus den Kennzahlen für die Amortisationszeit, d.h. Rückführung der Gesamt-Investition in Jahren, den Return on Invest (ROI), d.h. die jährliche Rentabilität des investierten Kapitals, und den Restwerten für Grundstück, Gebäude und Technik, d.h. die Einzel-Restwerte in Abhängigkeit von der Abschreibungsdauer und Wertverluste p.a.

In der Gruppe Betriebskosten sind die Betriebskosten pro Jahr für Gebäude, Technik, Personal, Kapitalkosten, Kapitalbindungskosten und durchschnittliche Müll/ Wertstoffkosten zusammengefasst.

In der dritten Gruppe der Wirtschaftlichkeitskennzahlen befinden sich bestandsbezogene Kennwerte wie Umsatz gesamt, Lagerbestandwert zum Stichtag, Lagerplatzkosten, Ø Belegung je Lagerplatz,

Ø Zugriffshäufigkeit je Artikel/ Monat, Umschlaghäufigkeit je Artikel und die Umschlaghäufigkeit der Bestände

Qualitätskennzahlen

sind Kennzahlen, die jeweils zur Beurteilung des Grades der Zielerreichung dienen.

Im Bereich der relativen und absoluten Qualitätskennzahlen werden bestandsbezogene, auftragsbezogene und technikbezogene Werte ausgegeben.

Die Gruppe der bestandsbezogenen Qualitätskennzahlen besteht aus dem Ø Lagerbestand zum Stichtag, dem Ø Lagerbestand ohne Bewegung, dem Ø Lagerverluste p.a., der Ø Bestandsreichweite, dem Anteil Vorräte am Umsatz, dem Lieferbereitschaftsgrad, auch Liefergrad oder Lieferfähigkeit genannt, und dem Sicherheitsfaktor bzw. der Vorratsintensität.

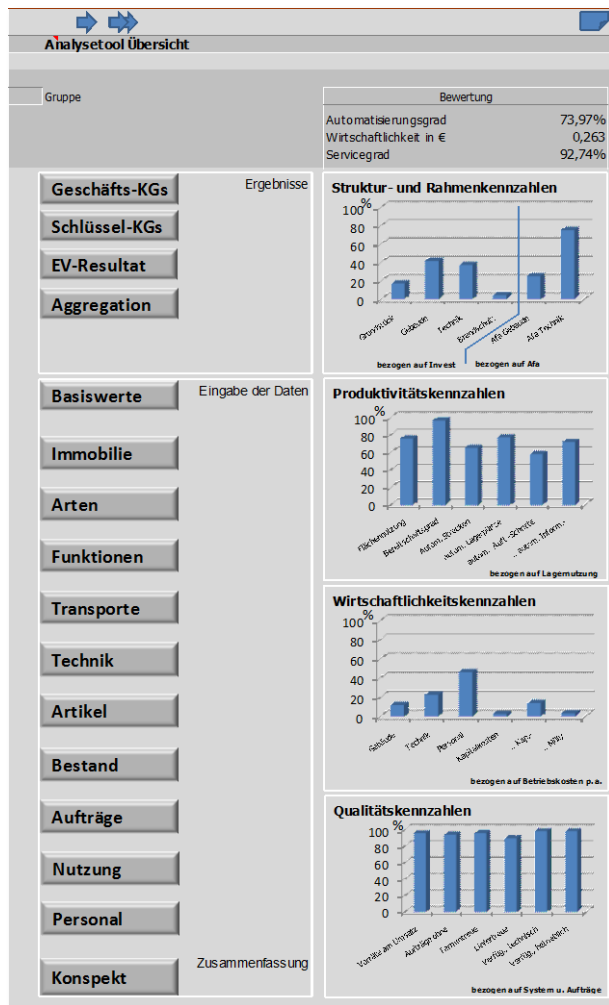
Der Bereich der auftragsbezogenen Qualitätskennzahlen besteht aus dem Zeitpunkt letzte Bestellung, Verhältnis Auftragsbearbeitungs- zu -Durchlaufzeit, Aufträge ohne Fehllieferungen, Termintreue bzw. Logistikqualität und der Liefertreue.

Der Bereich der technikbezogenen relativen Qualitätskennzahlen setzt sich aus den Werten für die technische und betriebliche Verfügbarkeit zusammen.

Eine detaillierte Aufstellung aller Ein- und Ausgabekennzahlen dieses Strukturelementes mit deren Definition, Erläuterung, Typ, Einflussgrößen und Wirkgrößen befindet sich im *Kap. 13.12 Konспект, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen*.

5.6.2. Übersicht

Das Übersichtsblatt stellt das Einstiegsformular dar, mit dessen Hilfe die nachfolgenden Datenerhebungsbögen aufgerufen werden können. Zusätzlich sind auf dieser Übersichtsseite die Primär- und Sekundärkennzahlen für den gesamten Geschäftsprozess des Intralogistiksystems in Balkenform dargestellt, wobei neben der Einteilung in Struktur- und Rahmen-, Produktivitäts-, Wirtschaftlichkeits- und Qualitätskennzahlen auch die Aussage über den Automatisierungsgrad, die Wirtschaftlichkeit und den Servicegrad des betrachteten Gesamtsystems erfolgt.



Nebenstehend befindet sich die Übersichts-Ausgabemaske. Die gesamte Darstellung für „Übersicht“ findet sich im Anhang (*siehe Kap. 14.13 Bedienmaske Übersicht*).

Abbildung 36: *Bedienmaske: Übersicht*

In der hier dargestellten Übersicht der durch die im Analysetool implementierten Algorithmen zur Berechnung der Kennzahlen handelt es sich zur besseren Vergleichbarkeit mit unterschiedlichen Intralogistiksystemen durchgängig um relative Kennzahlen. Die einzige Ausnahme bildet der Wert zur Wirtschaftlichkeit, der gemäß dem üblichen Benchmarking für die Kosten pro Pick in Euro angegeben wird.

Die „Übersicht“ gliedert sich in die Bereiche:

Ergebnisse

zum Abruf der ermittelten Geschäfts- und Schlüsselkennzahlen, der Wirkung der Eingabevariablen und der Aggregation der Ergebnisse zur Aussage zum Automatisierungsgrad, der Wirtschaftlichkeit und dem Servicegrad.

Eingabe der Daten

zum Aufruf der einzelnen Strukturelemente für die Eingabe der Systemparameter und der Ausgabe der zusammengestellten Primär- und Sekundärkennzahlen.

Darstellung

zur Ansicht der Zielkennzahlen Automatisierungsgrad, Wirtschaftlichkeit und Servicegrad und der Primärkennzahlen in Balkendiagrammen für die Bereiche Struktur- und Rahmen, Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Qualität.

5.6.3. Geschäftsprozessindikatoren (BPI)

Zusammenfassende Darstellung der im Gesamtbewertungsprozess erstellten wesentlichen Kennzahlen bzw. Kenngrößen, die eine Gesamtaussage zum Intralogistiksystem zulassen.

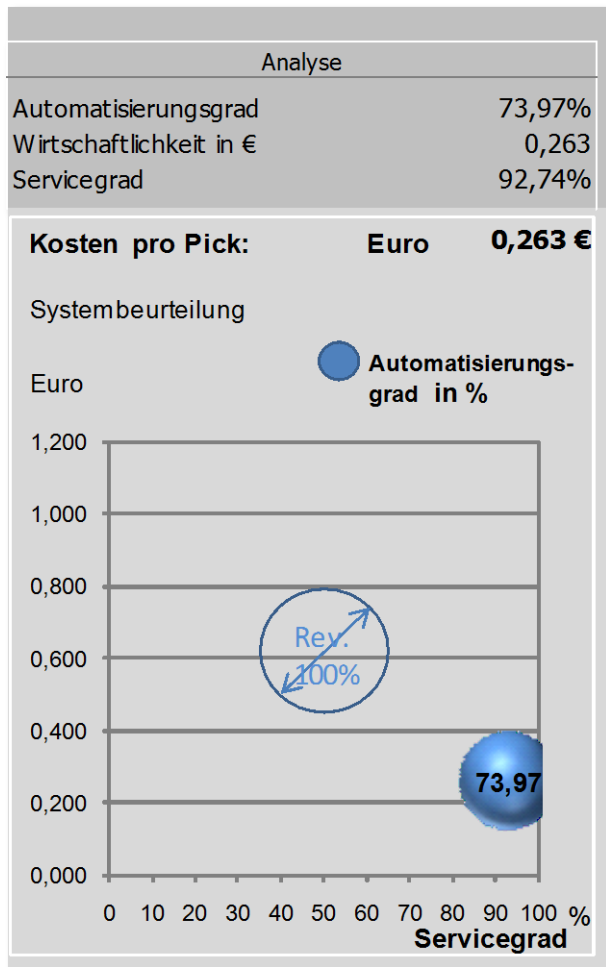


Nebenstehend befindet sich die Ausgabemaske für die Geschäftsprozess-Indikatoren (BPI). Die gesamte Darstellung für „Geschäfts-Prozessindikatoren (BPI)“ findet sich im Anhang (siehe Kap. 14.14 Ausgabemaske Geschäfts-Prozess-Indikatoren (BPI)).

Abbildung 37: Ausgabemaske: Geschäfts-Prozess-Indikatoren (BPI)

Der wesentliche Aspekt dieser Ausgabemaske ist die grafische Darstellung der Primärkennzahlen Automatisierungsgrad, Wirtschaftlichkeit und Servicegrad. Diese drei Zielkennzahlen werden in einer Grafik dargestellt mit den Kosten pro Pick als Ordinate und dem Servicegrad als Abszisse. Der Automatisierungsgrad wird durch den variablen Durchmesser der „Systemkugel“ dargestellt. Als Referenz für einen 100%igen Automatisierungsgrad ist in der Mitte der Diagrammfläche eine Referenzmarke eingebracht.

Durch diese Art der Darstellung erschließt sich dem Betrachter in leicht fasslicher Form das Gesamtergebnis der Systemanalyse.



Nebenstehend befindet sich ein Ausschnitt aus der Ausgabemaske für die Geschäftsprozessindikatoren (BPI). Die gesamte Darstellung für „Geschäftsprozess-Indikatoren (BPI)“ findet sich im Anhang (*siehe Kap. 14.14 Ausgabemaske Geschäfts-Prozess-Indikatoren (BPI)*).

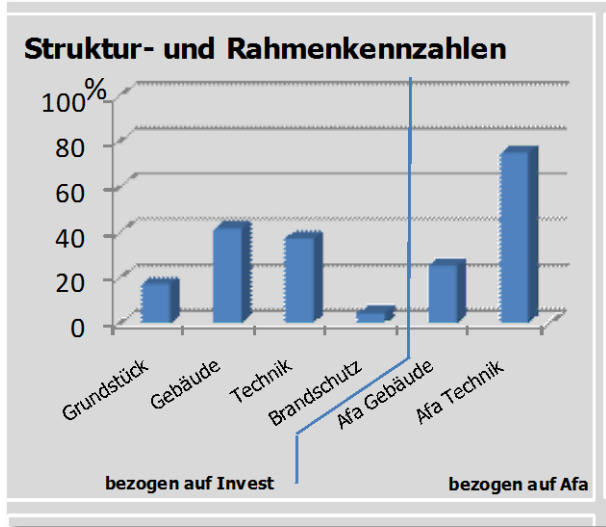
Abbildung 38: Grafische Darstellung Ergebnis Systemanalyse

Zu der Gruppe der wesentlichen Geschäftsprozessindikatoren (BPI), die ebenfalls in dieser Ausgabemaske zu finden sind, gehören die Kennzahlen:

- Invest gesamt
- Betriebskosten p.a.
- Aufträge pro Tag
- Kosten pro Pick
- Kosten pro Auftrag
- Kosten pro fertige VE
- Anzahl Mitarbeiter
- Energieaufnahme
- CO₂-Äquivalent und
- Amortisationsdauer,

die dem Benutzer einen schnellen Überblick über die Analyse erlauben. Nicht nur diese, sondern auch die Kennzahlen aus den Bereichen

Struktur- und Rahmenkennzahlen:



Integrierte Kennzahlen

bezogen auf Gesamt-Invest:

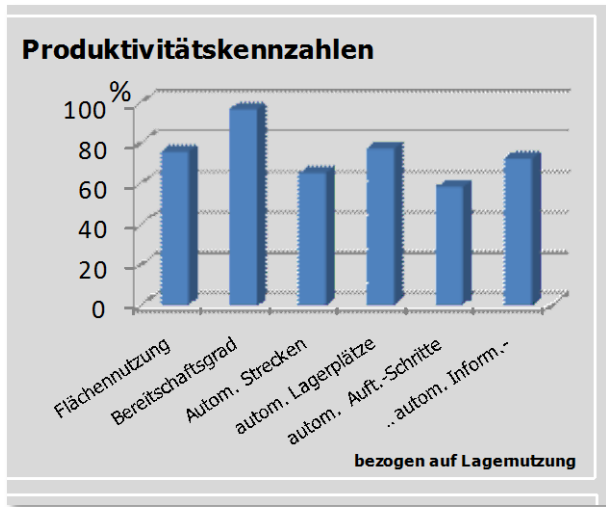
- Invest Grundstück
- Invest Gebäude
- Invest Technik
- Invest Brandschutz

bezogen auf Gesamtabschreibung

- AfA Gebäude
- AfA Technik

Abbildung 39: Struktur- und Rahmenkennzahlen

Produktivitätskennzahlen:

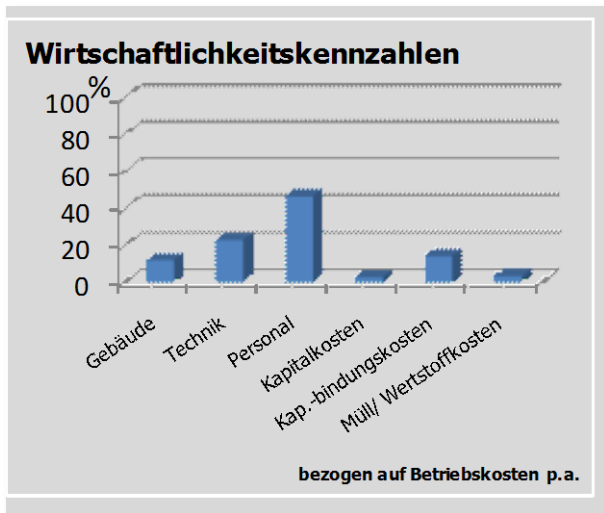


Integrierte Kennzahlen,
bezogen auf die Lagernutzung

- Flächennutzung
- Bereitschaftsgrad
- autom. Strecken
- autom. Lagerplätze
- autom. Auftrags-Schritte
- autom. Informations-Schritte

Abbildung 40: Produktivitätskennzahlen

Wirtschaftlichkeitskennzahlen:

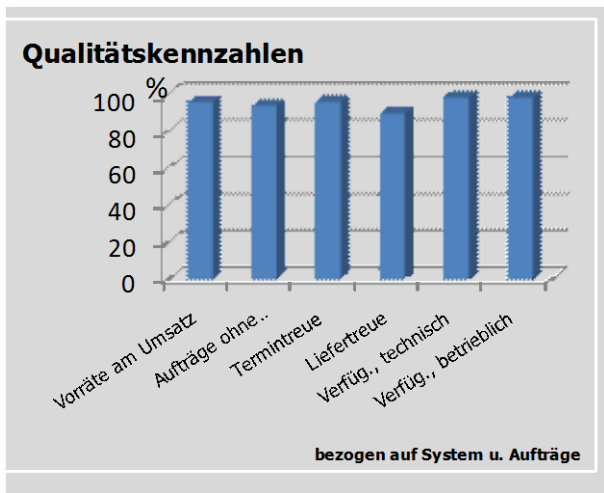


Integrierte Kennzahlen,
bezogen auf Gesamtbetriebskosten

- Betriebskosten Gebäude
- Betriebskosten Technik
- Personalkosten
- Kapitalkosten
- Kapitalbindungskosten
- Müll-/ Wertstoffkosten

Abbildung 41: *Wirtschaftlichkeitskennzahlen*

Qualitätskennzahlen:



Integrierte Kennzahlen,
bezogen auf System und Aufträge

- Vorräte am Umsatz
- Aufträge ohne Fehllieferungen
- Termintreue
- Liefertreue
- Verfügbarkeit, technisch
- Verfügbarkeit, betrieblich

Abbildung 42: *Qualitätskennzahlen*

Die hier in Diagrammform dargestellten Kennzahlen stellen einen Auszug aus den Schlüsselleistungs-Indikatoren (KPI) dar.

5.6.4. Schlüsselleistungs-Indikatoren (KPI)

Auf dieser Seite werden die jeweils 10 wichtigsten Kennzahlen¹¹ der Gruppen Struktur- und Rahmen-, Produktivitäts-, Wirtschaftlichkeits- und Qualitätskennzahlen gezeigt. Die hier dargestellten Einzelkennzahlen stellen den detaillierteren Überblick zu den gewonnenen Kennzahlen der gesamten Systembewertung dar.

Schlüssel-Leistungs-Indikatoren (KPI)					
Struktur- und Rahmenkennzahlen			Produktivitätskennzahlen		
Kennzahl	Wert		Kennzahl	Wert	
	Zahlenwert	Einheit		Zahlenwert	Einheit
Invest gesamt	43.936.105	Euro	Lagerflächen-Nutzung	75,83	%
Invest Grundstück	7.500.000	Euro	Lagerplatz-Nutzung	81,00	%
Invest Gebäude	18.241.226	Stck	Lagerraum-Nutzung	46,00	%
Invest Technik	18.194.879	Euro	Bereitschaftsgrad	96,57	%
Abschreibung p.a.	2.179.965	Euro	Aut. Transp.-Strecken	65,33	%
Anzahl Lagerplätze	40.904	Stck	Lagerplätze autom.	77,38	%
Anzahl aktive Artikel	9.975	Stck	Betriebl. Nutzung 24h	65,51	%
Anzahl Aufträge p.Tag	2.500	Stck	Kosten pro Pick	0,26	Euro
Scheinleistung, aufgen.	2.285,34	KVA	Kosten pro Auftrag	12,65	Euro
CO ₂ -Äquivalent	4.964,56	t/a	Kosten pro VE	5,27	Euro
Wirtschaftlichkeitskennzahlen			Qualitätskennzahlen		
Kennzahl	Wert		Kennzahl	Wert	
	Zahlenwert	Einheit		Zahlenwert	Einheit
Amortisationszeit	4,51	Jahre	Lieferbereitschaftsgrad	95,81	%
Grundstück nach Afa	14.112.170	Euro	Liefertreue	89,54	%
Gebäudewert nach Afa	6.080.409	Stck	Terminreue	96,00	%
Technikwert nach Afa	9.097.439	Euro	Aufträge o. Fehllieferun	94,00	%
Betriebskosten p.a.	7.904.049	Euro	Verfügbarkeit, techn.	98,27	%
Kap.-Bind.-Kosten p.a.	192.393	Euro	Verfügbarkeit, betrieb.	98,27	%
Müll/ Wertstoffkosten	247.125	Euro	Lag.-Bestand, Stichtag	6.411.803	Euro
Lagerplatzkosten p.E.	193,23	Euro	Lagerverluste p.a.	320.590	Euro
Bestandsumschlag	57,14	1/a	Bestandsreichweite	0,200	Monat
Auftragskosten p.Auf.	12,65	Euro	Zeitpunkt letzte Best.	17,50	Uhr

Nebenstehend befindet sich die Ausgabemaske der Schlüsselleistungs-Indikatoren (KPI). Die gesamte Darstellung für „Schlüsselleistungs-Indikatoren (KPI)“ findet sich im Anhang (*siehe Kap. 14.15 Ausgabemaske Schlüssel-Leistungs-Indikatoren (KPI)*).

Abbildung 43: Ausgabemaske: Schlüsselleistungs-Indikatoren (KPI)

In diesem Bereich befinden sich weitergehende Schlüsselkennzahlen, die eine tiefere Betrachtung der Ergebnisse erlauben.

Diese Kennzahlen gestatten dem Benutzer eine eigene Aussage zu dem bewerteten System.

In der Gruppe der Struktur- und Rahmenkennzahlen sind hier der Invest gesamt, der Invest Grundstück, der Invest Gebäude, der Invest Technik, die Abschreibung gesamt p.a., die Anzahl Lagerplätze, die Anzahl aktive Artikel, die Anzahl Aufträge pro Tag, die aufgenommene Scheinleistung und das CO₂-Äquivalent zusammengefasst.

Die Produktivitätskennzahlen werden durch die Lagerflächen-, Lagerplatz- und Lagerraumnutzung, den Bereitschaftsgrad, die automatisierten Transportstrecken, die Lagerplätze mit automatisiertem

¹¹ Siehe auch: „DC Velocity and Warehouse Education and Research Society (WERC)“

Zugriff, der betrieblichen Nutzung über 24 Stunden, die Kosten pro Pick, die Kosten pro Auftrag und die Kosten pro Verpackungseinheit repräsentiert.

Der Bereich der Wirtschaftlichkeitskennzahlen wird durch die Amortisationszeit, der Abschreibungswerte für Grundstück, Gebäude und Technik nach AfA, den Betriebskosten gesamt p.a., den Kapitalbindungs-Kosten p.a., den Müll-/ Wertstoffkosten, den Lagerplatzkosten pro Lagerplatz., dem Bestandsumschlag und den Auftragskosten pro Auftrag vertreten.

Die Qualitätskennzahlen bestehen aus Werten für den Lieferbereitschaftsgrad, die Liefertreue, der Termintreue, der Quote Aufträge ohne Fehllieferungen, der technischen und betrieblichen Verfügbarkeit, dem Wert Lagerbestand zum Stichtag, dem Wert Lagerverluste pro Jahr, der Bestandsreichweite und dem Zeitpunkt letzte Bestellung.

5.6.5. Aggregation der Systemwerte

Die Verdichtung der gewonnenen Geschäfts- und Schlüsselleistungs-Indikatoren erfolgt durch Aggregation der jeweils entscheidenden Einzelwerte aus den Bereichen Automatisierungsgrad, Wirtschaftlichkeit und Servicegrad. Die hier aggregierten Geschäftsprozess-Indikatoren stellen neben den einzelnen Schlüsselleistungs-Indikatoren die Kernaussage des gesamten Analysetools dar.

Kennzahl	Wert	
	Zahlenwert	Einheit
Automatisierungsgrad		
Anteil der automatisierten Transportstrecken	65,33	%
Anteil der automatisierten Auftrags Erfüllungsschritte	58,33	%
Anteil der automatisierten Informationsverarbeitungsschritte	72,22	%
Anteil Lagerplätze mit autom. Zugriff	77,38	%
Bereitschaftsgrad der Anlage	94,36	%
	73,53	%
Wirtschaftlichkeit		
Kosten pro Pick	0,250	€
		€
		€
		€
	0,250	€
Servicegrad		
Auftragsreaktion	78,08	%
Versandtermintreue	96,00	%
Sendungsqualität	97,75	%
Lieferbereitschaftsgrad	95,71	%
Sendungsakzeptanz	96,16	%
	92,74	%
Mittelwert für Schwellenwert im Exzerp der EVs aus Automatisierungsgrad, Invest Kosten pro Pick und Servicegrad	56,75	%

Nebstehend befindet sich die Ausgabemaske der Aggregation der Systemwerte. Die gesamte Darstellung für „Aggregation der Systemwerte“ findet sich im Anhang (siehe Kap. 14.17 *Ausgabemaske Aggregation*).

Abbildung 44: *Ausgabemaske: Aggregation der Systemwerte*

Zusammenhang zwischen Automatisierungsgrad, Wirtschaftlichkeit und Servicegrad:

In der Aggregation werden einzelne Kennwerte aus der Gruppe der Automatisierungsgrad, Wirtschaftlichkeit und Servicegrad bestimmenden Kennzahlen ausgewählt und zusammengefasst.

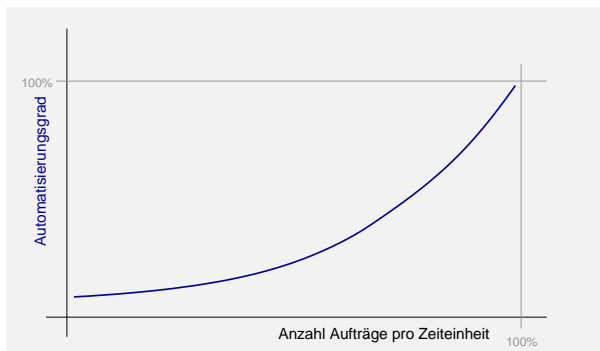
Automatisierungsgrad:

Der Automatisierungsgrad ist der prozentuale Anteil der Warenbewegungen, die durch Fördertechnik o. ä. automatisierte Einrichtungen zur Erfüllung von Kundenaufträgen (Bestellungen) ausgeführt werden.

Der Automatisierungsgrad ist eine Steuerungskennzahl des Prozesses Auftragsbearbeitung. Sie überwacht den Technikeinsatz zur Erfüllung der Kundenanforderung [Sta08] .

Auswirkungen des Automatisierungsgrades:

Mit der Zunahme des Automatisierungsgrades ist einerseits die Reduzierung der Personalkosten verbunden, andererseits ergeben sich steigende Betriebskosten für die installierte Technik und der



damit verbundene Anstieg von Service- und Wartungskosten. Nicht zu unterschätzen ist auch die evtl. leidende Flexibilität eines Intralogistiksystems. Durch einen steigenden Automatisierungsgrad mit einhergehender Spezialisierung kann unter Umständen die Möglichkeit, sich auf sich verändernde Produkteigenschaften einzustellen, erschwert werden.

Abbildung 45: *Beziehung: Automatisierungsgrad - Aufträge*

Der Automatisierungsgrad wird innerhalb dieses Analysetools repräsentiert durch

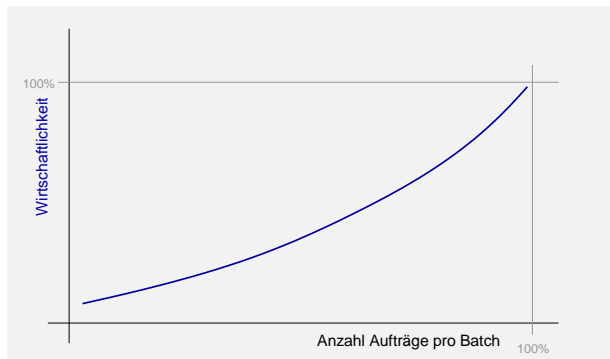
- die Anteile an automatisierten Transportstrecken, d.h. die Anzahl aller automatisiert durchgeführten internen Transportstrecken im Verhältnis zu allen im System erforderlichen Transportstrecken
- den Anteil der automatisierten Auftragserfüllungsschritte, d.h. die Anzahl aller automatisiert durchgeführten Auftragserfüllungsschritte im Verhältnis zu allen im System erforderlichen Auftragserfüllungsschritte
- den Anteil der automatisierten Informationsverarbeitungsschritte, d.h. die Anzahl aller automatisiert durchgeführten Informationsverarbeitungsschritte im Verhältnis zu allen im System erforderlichen Informationsverarbeitungsschritten
- den Anteil der Lagerplätze mit automatischem Zugriff, d.h. die Anzahl aller Lagerplätze, die automatisiert angesprochen werden im Verhältnis zu allen im System vorhandenen Lagerplätzen
- den Bereitschaftsgrad der Gesamtanlage, d.h. dem Produkt aus technischer und betrieblicher Verfügbarkeit des Gesamtsystems.

Wirtschaftlichkeit:

Die Wirtschaftlichkeit ist das Maß für die ökonomische Ausführung der innerhalb des Intralogistiksystems erforderlichen Warenbewegungen zur Erfüllung von Kundenaufträgen (Bestellungen). Die Wirtschaftlichkeit wird hier als das Maß für die ökonomische Ausführung der

innerhalb des Intralogistiksystems erforderlichen Warenbewegungen zur Erfüllung von Kundenaufträgen (Bestellungen) angesehen und wird durch die Kosten pro Pick ausgedrückt.

Die Wirtschaftlichkeit ist eine Effizienzkennzahl des Prozesses Auftragsbearbeitung. Sie überwacht die



kostengünstige Erfüllung der Kundenanforderung [Sta08]. Effizienz ist das Verhältnis vom Nutzen zum Aufwand mit dem der Nutzen erzielt wird. Stellt man Nutzen und Aufwand jeweils als Zahlenwert dar, gilt im Allgemeinen: Effizienz gleich Nutzen geteilt durch Aufwand.

Abbildung 46: *Beziehung: Wirtschaftlichkeit – Aufträge*

Auswirkungen der Wirtschaftlichkeit:

Die Betriebswirtschaft ist in einem Logistiksystem verantwortlich für die Wirtschaftlichkeit z.B. der Transport- und Lagersysteme durch ständiges Überwachen, Kontrollieren, Planen, Bewerten, Informieren und Eingreifen [Mar08]. Damit die zu treffenden Entscheidungen nicht nur technisch sinnvoll und richtig, sondern auch wirtschaftlich vertretbar sind, ist bei Erstellung eines Intralogistiksystems die beste Lösung aus Planungsalternativen mittels Wirtschaftlichkeitsrechnung und Nutzwertanalyse herzuleiten.

Die Wirtschaftlichkeit wird innerhalb dieses Analysetools durch die Kosten pro Pick, d.h. durch die Kosten pro Greifeinheit unter Berücksichtigung des Lagerbelegungs-Faktors für Flächen-, Platz- und Raumnutzung repräsentiert.

Servicegrad:

Der Servicegrad ist der prozentuale Anteil der durch das eigene Unternehmen termin-, mengen- und qualitätsgerecht ausgeführten Kundenaufträge (Bestellungen) an den gesamten Kundenaufträgen (Auftragsbestand). Die betriebswirtschaftliche Logistik hat sich auch mit dem Lieferservice und damit mit dem Servicegrad zu beschäftigen. Darunter ist das Ergebnis eines Intralogistiksystems zu verstehen, also der Output, der den Anforderungen des Kunden entsprechen soll.

Der Servicegrad ist eine Effektivitätskennzahl des Prozesses Auftragsbearbeitung. Sie überwacht den Erfüllungsgrad der Kundenanforderung [Sta08].

Diese wichtige Kennzahl gibt an, welcher Anteil der Nachfragen durch die verfügbaren Bestände mengen- und zeitgenau bedient werden kann. Entsprechend kennzeichnet der geplante Servicegrad denjenigen Anteil der Nachfrage, der durch verfügbare Bestände in der Lagerstufe bzw. im Lagersystem gedeckt werden kann. In der Regel wird als Bezugsgröße des Servicegrads der Auftrag gewählt. Diese Definition des Servicegrads nimmt keine Gewichtung der Nachfragen mit der Menge vor.

Der auftragsbezogene Servicegrad wird auch als ungewichteter Servicegrad bezeichnet, wogegen der gewichtete Servicegrad die Nachfrage nach der Menge und den geringstmöglichen Lagerbestand mit einbezieht. Untersuchungen, Simulationen und Analysen [Lut02b] haben ergeben, dass sich der ungewichtete und der gewichtete Servicegrad in ihrer Funktion als charakteristischer Kurvenverlauf insbesondere im Bereich hoher Servicegrade >85 % stark aneinander annähern. Dies ist der in der Praxis relevante Bereich, da ein Unternehmen sich sinnvollerweise im Bereich dieser Servicegrade positionieren wird.

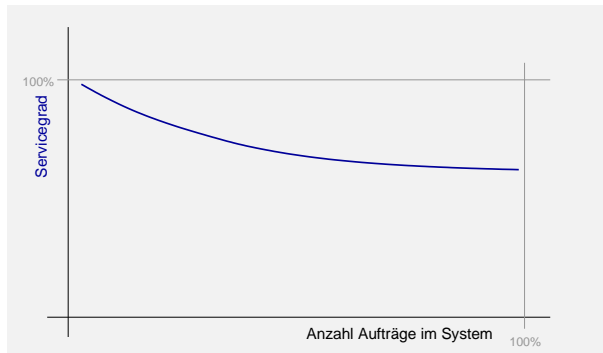
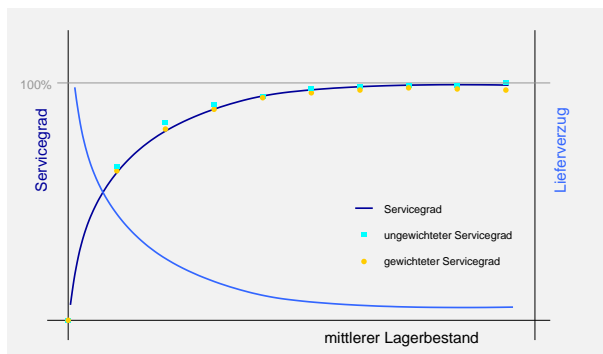


Abbildung 47: *Beziehung: Servicegrad - Aufträge*

Aus den genannten Gründen wird keine weitere Differenzierung des gewichteten und ungewichteten Servicegrades bei der in dieser Arbeit vorgenommenen Bewertung vorgenommen, sondern es werden die Bewertungen mit dem allgemeinen Begriff des Servicegrades ausgeführt.

Des Weiteren ist festzustellen, dass der Servicegrad im Wesentlichen vom mittleren Lagerbestand abhängig ist. Vergleicht man die Kennlinien beider Größen, zeigt sich, dass sich die Größen



gegenläufig symmetrisch zueinander verhalten. (siehe hierzu Abbildung 48: *Beziehung Lagerbestand und Servicegrad*). Gleichmaßen ist daher im Umkehrschluss der Servicegrad eine abhängige Größe des mittleren Lagerbestandes, der somit in seiner Bedeutung entsprechend hoch anzusetzen ist.

Abbildung 48: *Beziehung Lagerbestand und Servicegrad*

Auswirkungen des Servicegrades:

Im Zeitalter der Dienstleistungsgesellschaft, gekennzeichnet durch die Korrelation zwischen der Kundenzufriedenheit und dem Finanzergebnis sowie die zunehmende Austauschbarkeit von Produkten, werden begleitende Dienstleistungen und ein hoher Servicegrad immer wichtiger. Gerade die Kundenzufriedenheit kann daher als ein Differenzierungs- und Wettbewerbsvorteil, d.h. als eine Kernkompetenz angesehen werden.

Viele Unternehmen begnügen sich mit einer Lieferbereitschaft von 90–95 %, da das Erreichen von 100 % unverhältnismäßig hohe Kosten bedeuten würde, weil sich die Lagerhaltungskosten deutlich erhöhen. Dagegen steigt der Umsatz nicht merklich an, da die Waren selten abverkauft werden, wodurch der Gewinn sinken würde.

Die prognostizierte Lieferfähigkeit kann durch die Festlegung eines geeigneten Sicherheitsbestands (Mindestreserve) bestimmt werden, der drei Unsicherheiten abdeckt:

- Bedarfsunsicherheit:
Ermittelter Bedarf stimmt nicht mit dem täglichen Bedarf überein.
- Lieferunsicherheit:
Soll-Lieferzeit stimmt nicht mit der Ist-Lieferzeit überein.
- Bestandsunsicherheit:
Buchbestand und Lagerbestand stimmen nicht überein.

In jedem Unternehmen kann der Sicherheitsbestand individuell nach eigenem Ermessen festgelegt und unterschiedlich ermittelt werden. Da der Sicherheitsbestand permanent Lagerkosten verursacht, sollte er so gering wie möglich sein.

Der Servicegrad hängt im Wesentlichen vom Sicherheitsfaktor ab, der die Höhe des Sicherheitsbestands bestimmt und errechnet sich als die "inverse Standardnormalverteilung" der gewünschten Lieferfähigkeit [Sch06]. Durch die Standardabweichung ergibt sich bei einem Sicherheitsfaktor von 1,00 die Lieferfähigkeit von 50 %. Bei steigendem Sicherheitsfaktor erhöht sich die Lieferfähigkeit gemäß der Normalverteilung:

Sicherheitsfaktor	Lieferfähigkeit
1,00	50,0 %
1,01	84,1 %
1,04	85,0 %
1,28	90,0 %
1,65	95,0 %
2,05	98,0 %
2,33	99,0 %
3,09	99,9 %

Abbildung 49: *Lagerbestand/ Sicherheitsfaktor [Har05]*

Eine gewünschte Lieferfähigkeit von 99,9 % benötigt einen dreimal so hohen Sicherheitsfaktor und demnach auch einen dreimal so hohen Sicherheitsbestand gegenüber einer Lieferfähigkeit von 85,0%.

Bewertung des Servicegrades

Mit der Auswahl des gewünschten, bzw. vom Markt mindestens akzeptierten Servicegrades des jeweiligen Betreibers ist daher der mittlere Lagerbestand eine wesentliche Einflussgröße. Der mittlere Lagerbestand und der daraus resultierende Servicegrad beeinflussen im Wesentlichen die Güte des Distributionszentrums in seiner Gesamtheit. Weitere wesentliche Einflussgrößen auf den Servicegrad sind die technische und betriebliche Verfügbarkeit, die Performance, also die Leistungsfähigkeit und Robustheit der Datenverarbeitungs-komponenten, die Akzeptanz des DV-Systems gegenüber Fehlbedienung und die Leistung und der Schulungsstand des Bedienpersonals.

Bei der hier vorgenommenen Systembewertung wird der durchschnittliche mittlere Lagerbestand als Basis herangezogen, d.h., Abweichungen des durchschnittlichen mittleren Lagerbestandes wirken sich, insbesondere bei negativen Abweichungen direkt auf den Servicegrad aus.

Ausreißer im mittleren Lagerbestand, also Werte, die sich in ihrer Größe erheblich von den Werten in ihrer Umgebung unterscheiden, werden nicht mit in die Systembewertung einbezogen, da sie nicht repräsentativ und nicht statistisch erfassbar sind.

Das Potenzial für den Servicegrad ist aber nicht nur vom mittleren Lagerbestand abhängig. Eine Steigerung, aber auch die Schwächung des Servicegrades hängen in der Regel vom organisatorischen Ablauf ab. Servicegradverluste können z.B. auftreten, wenn ein Artikel nicht ausgeliefert wird, obwohl ein ausreichender Bestand im Lager vorhanden ist. Gründe hierfür können beispielsweise die Bündelung von Transporten sein, d.h. bei eventuell zu langem Transport von Auftragsteillieferungen zur Auftragskonsolidierung oder Zusammenfassung von Handlingstätigkeiten bei Nichterreichen der Cut-off-Zeiten.

Generell dient der Servicegrad als eine der drei entscheidenden Messgrößen bei der Bewertung des betrachteten Systems. Da der Servicegrad letztendlich dem Zufriedenheitsgrad des Endkunden dient, ist laut Kano-Modell¹² folgender Bezug zu sehen:

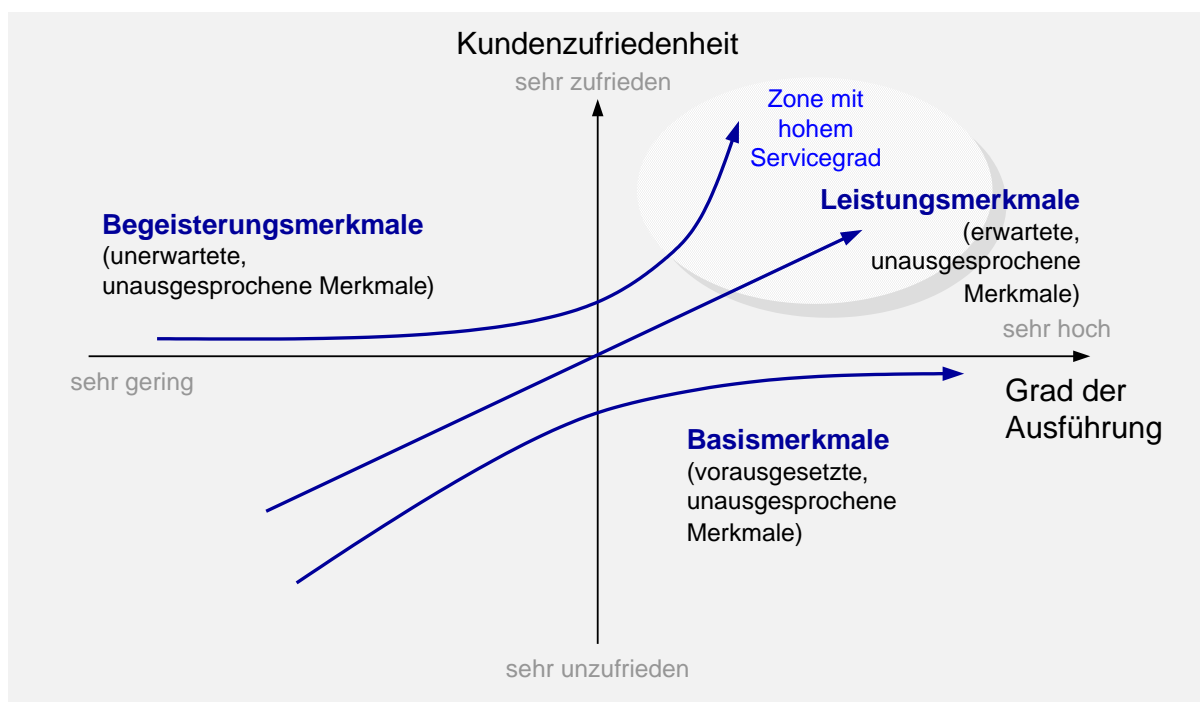


Abbildung 50: *Kano-Modell, Kundenzufriedenheit*

Mit steigendem Grad der Auftragsausführung, z.B. termingerechter Auslieferung, und unerwarteter, unausgesprochener Merkmale, z.B. Lieferung noch vor erwartetem Termin, insbesondere im B2C¹³-

¹² Aus der Analyse von Kundenwünschen hat Dr. Noriaki Kano, Professor an der Universität Tokio, 1978 abgeleitet, dass Kundenanforderungen unterschiedlicher Art sein können. Das nach ihm benannte Kano-Modell erlaubt es, die Wünsche (Erwartungen) von Kunden zu erfassen und bei der Produktentwicklung zu berücksichtigen.

¹³ Business to Consumer

Bereich steigt die Kundenzufriedenheit und damit der empfundene Servicegrad eines Logistikdienstleisters. Siehe hierzu in *Abbildung 50: Kano-Modell, Kundenzufriedenheit* die „Zone mit hohem Servicegrad“.

Das Kano-Modell unterscheidet folgende Merkmale der Qualität:

- Basismerkmale
die so grundlegend und selbstverständlich sind, dass sie den Kunden erst bei Nichterfüllung bewusst werden (implizite Erwartungen). Werden die Grundforderungen nicht erfüllt, entsteht Unzufriedenheit, werden sie erfüllt, entsteht aber keine Zufriedenheit! Die Nutzensteigerung im Vergleich zur Differenzierung gegenüber dem Wettbewerber ist sehr gering.

Analogie am Beispiel Auto: Sicherheit, Rostschutz.

- Leistungsmerkmale
sind dem Kunden bewusst, sie können in unterschiedlichem Ausmaß erfüllt werden und beseitigen Unzufriedenheit oder schaffen Zufriedenheit, je nach Ausmaß.

Analogie am Beispiel Auto: Fahreigenschaften, Beschleunigung, Lebensdauer.

- Begeisterungsmerkmale
sind dagegen nutzenstiftende Merkmale, mit denen der Kunde nicht unbedingt rechnet. Sie zeichnen das Produkt gegenüber der Konkurrenz aus und rufen Begeisterung hervor. Eine kleine Leistungssteigerung kann zu einer überproportionalen Nutzenstiftung führen. Die Differenzierungen gegenüber der Konkurrenz können gering sein, die Nutzenstiftung aber enorm.

Analogie am Beispiel Auto: Sonderausstattung, besonderes Design.

5.7. Zusammenfassung

Die Qualität und die Aussagefähigkeit der logistischen Lageranalyse hängen maßgeblich von der Auswahl der zugrunde liegenden Daten und Informationen ab. Die Entwicklung und der grundsätzliche Aufbau des Analysetools lehnt sich an vorhandene erprobte Kennzahlensysteme an, orientiert sich an den am Markt wichtigsten Kennzahlen und teilt grundsätzlich das Intralogistiksystem in Strukturelemente auf, um nicht nur die Benutzung zu erleichtern, sondern auch die Strukturierung einer Datenbeschaffung zu ermöglichen und dadurch schon bei der Eingabe innerhalb der Strukturelemente zu Teilaussagen kommen zu können.

Mit der ebenfalls in diesem Bereich vorgestellten intuitiven Bedienoberfläche ist eine leicht erkennbare Bedienstruktur realisiert.

6. DEFINITION UND BERECHNUNG DER KENNZAHLEN

Alle Kennzahlen, d.h. Eingabe- und Ausgabekennzahlen, die innerhalb des Analysetools Verwendung finden, „liegen nicht auf der Straße“, sondern müssen meist aus den vorhandenen oder geplanten Prozessen herausgefiltert werden.

Zur Klärung bzw. Beschreibung der benutzten Kennzahlen ist eine detaillierte Spezifikation jeder einzelnen Kennzahl erforderlich, um dem Benutzer des Analysetools neben der Kennzahlbenennung weiterreichende Details an die Hand zu geben. Bei der Definition und Berechnung der Kennzahlen werden alle Kennzahlen beschrieben, unabhängig davon, ob es sich um Primär-, Sekundär-, Tertiär- oder Zielkennzahlen handelt.

6.1.1. Beschreibung

Eingabekennzahlen können aus dem Logistikprozess oder der Logistikplanung meist direkt abgeleitet bzw. als Planzahlen angenommen werden und stehen daher direkt zur Verwendung im Analysetool zur Verfügung.

Alle Ausgabekennzahlen hingegen, unabhängig davon, ob es sich um Ziel- oder Gruppenkennzahlen oder weiter untergeordnete Kennzahlen handelt, müssen aus Basiskennwerten und Eingabekennzahlen her geleitet werden, da sich die gewünschten Ausgabekennzahlen nicht direkt aus den intralogistischen Prozessen z.B. ablesen, auslesen oder zählen lassen. Daher ist es erforderlich, die gewünschten Ausgabekennzahlen im ersten Schritt zu definieren und nachfolgend zu spezifizieren.

Aus dieser Spezifikation wird für jede einzelne Kennzahl deutlich, worauf sich die Kennzahl im Detail bezieht, welchen Typs (Ein- oder Ausgabekennzahl) sie ist und welche Einflussgrößen auf diese Kennzahl wirken sowie welche Wirkgrößen sie aufweist, d.h., auf welche weiteren Kennzahlen diese Kennzahl einwirkt.

Bei den Ausgabekennzahlen wird auch die Berechnungsgrundlage nach den Vorgaben der Literatur, Wissenschaft und Praxis, durch die sich die Ausgabekennzahl errechnet, ausgewiesen.

Durch diese Detaillierung wird eine klare Definition und Berechnung sichergestellt, um innerhalb des Analysetools zu gesicherten Aussagen zur Bewertung von Distributionssystemen zu kommen.

6.1.2. Struktur

Die Erfassung und Ausgabe der Kennzahlen erfolgt in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Struktur. Diese Struktur ist durchgängig gleich, unabhängig davon, ob es sich um Ein- bzw. Ausgabekennzahlen oder unterschiedliche Strukturelemente handelt.

Kennzahl-Benennung

- Definition Aussage, ob es sich um eine Eingabevariable, also eine Nutzervorgabe oder um eine Ausgabevariable, die sich durch Eingaben bzw. Berechnung durch Formeln handelt.
- Erläuterung Beschreibung, worauf sich diese Kennzahl bzw. Eingabevariable bezieht oder wie sie sich zusammensetzt.

- Typ (bedingt) Aussage, ob es sich bei dieser Kennzahl um eine strategische, also für die Unternehmensführung relevante oder operative, d.h. dem direkten Einfluss der am Materialfluss Beteiligten obliegende Kennzahl handelt (Aussage erfolgt nicht bei den Basisparametern, da diese sowohl für strategische als auch für operative Kennzahlberechnungen herangezogen werden.).
- Einflussgröße Aussage, durch welche weiteren Kennzahlen diese Kennzahl beeinflusst wird.
- Wirkungsgröße Aussage, worauf oder auf welche Kennzahl sich diese Kennzahl auswirkt.

Tabelle 6: *Struktur der Kennzahlberechnung*

Die einzelnen Kennzahldefinitionen und -berechnungen sind zur eindeutigen Zuordnung in die bereits eingeführten Bereiche

Basiselement:

- Basisparameter

Strukturelemente:

- Immobilie
- Lagerarten
- Lagerfunktionen
- Lagertransporte
- Lagertechnik
- Lagerartikel
- Lagerbestand
- Lageraufträge
- Lagernutzung
- Lagerpersonal

gegliedert, zusätzlich befindet sich in der Zusammenführung der Kennwerte zu Zielkennzahlen (*siehe Kap. 5.6.1 Konspekt*) der Bereich:

- Konspekt

Beispielhaft folgen einige Kennzahldefinitionen und Berechnungen, die im *Kap. 13 Anhang A: Definition und Berechnung der Kennzahlen* für alle innerhalb der eingeführten Strukturelemente benutzten Ein- und Ausgabekennzahlen einzeln aufgeführt sind.

Die Zahlen in Klammern hinter den Kennzahlen entsprechen der Nummerierung der Kennzahlen in den Eingabemasken (*siehe Kap. 14 Anhang B: Darstellung der Datenerhebungsbögen*).

Definitions- und Berechnungsbeispiel:

Kennzahl „Baukörper“ aus dem Bereich der -Basisparameter-

Baukörper (0.1.3)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: Gebäude, 6 – 8 m hoch (0.1.3.1):
Lagergebäude für Lager-, WE-, WA, oder sonstige Bereitstellflächen
Gebäude, 15 – 18 m hoch (0.1.3.2):

- Lagergebäude für AKL, Palettenlager, usw.
Gebäude, 30 – 35 m hoch (0.1.3.3):
Lagergebäude für HRL
Ladetore: Verladetore für LKWs
- Einflussgröße: Vorgaben durch Marktpreis, Preissteigerungsrate
 - Wirkungsgröße: Gebäude-Invest

Definitions- und Berechnungsbeispiel:

Kennzahl „Invest Lagerfunktionen (DV/IT)“ aus dem Bereich –Lagerfunktionen–

Invest Lagerfunktionen (DV/IT) (3.0)

- Definition: Ausgabevariable
*Invest (Systemorganisation (3.1) + Bestandsführung (3.2)
+ Artikeldurchlauf (3.3)
+ Auftragsorganisation (3.4)
+ Auftragsdurchlauf (3.5)
+ Internen Transport (3.6))*
- Erläuterung: Summe aller Investitionen für DV-organisierte Lagerfunktionen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Investkosten für DV-organisierte Systemorganisation, Bestandsführung, Artikeldurchlauf, Auftragsorganisation, Auftragsdurchlauf und internen Transport (Staplerleitsystem).
- Wirkungsgröße: Invest Technik

Definitions- und Berechnungsbeispiel:

Kennzahl „Ø Versandeinheiten pro Tag“ aus dem Bereich –Lageraufträge–

Ø Versandeinheiten pro Tag (8.1.11)

- Definition: Ausgabevariable
$$\text{Ø Anzahl Aufträge pro Tag}(8.1.1) * \frac{\text{Ø Pos. pro Auftrag}(8.1.2)}{\text{Ø Pos. pro Versandeinheit}(8.1.9)}$$
- Erläuterung: Eine Versandeinheit ist diejenige Einheit, die als Handhabungseinheit oder Gebindeeinheit an den Kunden geht und über eine NVE (Nummer der Versandeinheit) zu identifizieren ist [tenHo08b].
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Anzahl Aufträge pro Tag, Anzahl Positionen pro Auftrag, Anzahl der Position pro Versandeinheit
- Wirkungsgröße: Anzahl Mitarbeiter Verpackung, Anzahl Mitarbeiter Versand, Versandkosten pro Jahr

Definitions- und Berechnungsbeispiel:

Kennzahl „Mitarbeiter Verpackung“ aus dem Bereich –Lagerpersonal–

Mitarbeiter Verpackung (10.1.5)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\Sigma \text{Versandseinheiten pro Stunde}(8.1.11)}{\text{Verpack_Leistung pro Werker/Std} * \text{Betriebszeit}(9.1.3)}$$

$$* \text{LHM_Qualitäts_Faktor}(5.2.6.6)$$

$$* \text{Verpackungsqualitäts_Faktor}(6.2.4)$$

$$* \text{Qualitätssicherungs_FaktorVersand}(3.5.1)$$

(gerundet auf ganze Zahl)

- Erläuterung: Anzahl der operativen Mitarbeiter in der Verpackung in Anhängigkeit von den durch Bestellungen erzeugten Versandseinheiten, der Leistung pro Werker und der Betriebsdauer.
Zusätzlich kann die Anzahl der Werker durch evtl. niedrige Qualität der Ladehilfsmittel und Artikelverpackung sowie die Qualitätssicherungsaufgaben erhöht werden.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Ø Versandseinheiten pro Tag, Leistung pro Werker, Betriebsdauer, Ladehilfsmittel-Qualitäts-Faktor, Verpackungsqualitäts-Faktor, Qualitätssicherungs-Faktor-Versand
- Wirkungsgröße: Personalkosten pro Jahr

Definitions- und Berechnungsbeispiel

Kennzahl „Amortisationszeit“ aus dem Bereich –Konspekt–

Amortisationszeit (11.3.1.1) [Web99b]

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\text{Gesamtoinvest}(11.1.1)}{(\text{Abschreibung p. a.}(11.1.2) + \text{Gewinn p. a.}(11.3.3.2) + \text{Zinsen p. a. auf Invest}(0.9.2.1))}$$
- Erläuterung: Der Begriff Amortisation¹⁴ bezeichnet heute den Prozess, in dem anfängliche Aufwendungen für ein Objekt durch dadurch entstehende Erträge gedeckt werden. Beim Zins p.a. auf Invest wird davon ausgegangen, dass die Investition nicht aus dem Betriebsvermögen o.ä. bereitgestellt, sondern fremdfinanziert wird. Die Dauer dieses Prozesses wird Amortisationszeit [Jun94] genannt.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Gesamt-Invest, Abschreibung pro Jahr, Gewinn pro Jahr, Zinskosten auf Invest pro Jahr
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Bei den o.g. Beispielen handelt es sich um einen Auszug aus allen Kennzahlen als Überblick über den Aufbau und die Struktur der Kennzahlbestimmung.

Alle innerhalb des erstellten Analysetools eingesetzten bzw. ermittelten Kennzahlen sind in *Kap. 13 Anhang A: Definition und Berechnung der Kennzahlen* einzeln aufgeführt, detailliert beschrieben und deren Berechnung dargelegt.

¹⁴ Französisch: amortir -> tilgen.

7. WIRKUNGSANALYSE

In diesem Kapitel wird die Wirkung der laut Datenerhebungsbogen erfassten Eingabekennzahlen auf die Ausgabekennzahlen beschrieben. Nach Auswahl der zur Wirkungsanalyse heranzuziehenden veränderbaren Kennzahlen, die in den Wirkungsanalyse-Szenarien als Eingabevariablen definiert sind, werden die Wirkzusammenhänge auf die daraus resultierenden Kennzahlen, hier als Ausgabevariablen bezeichnet, ermittelt.

Die Analyse erfolgt durch Szenarien, bei denen die jeweilige angesprochene Eingabevariable in ihrem Eingabewert um 50 % erniedrigt bzw. um 50 % erhöht respektive bei variablen Faktoren innerhalb ihrer Grenzen variiert wird. Dadurch wird eine Spannweite bzw. Wirkungsbreite für die einzelnen Eingabevariablen erzeugt, um die Wirkung auf die für die Wirkungsanalyse definierten Ausgabevariablen, also die durch das Analysetool ermittelten Kennzahlen zur Bewertung zu ermitteln.

7.1. Auswahl der Kennzahlen zur Wirkungsanalyse

Die Auswahl der zur Wirkungsanalyse herangezogenen Eingabekennzahlen (Eingabevariablen) und Ausgabekennzahlen (Ausgabevariablen) erfolgte nach den Gesichtspunkten der Kennzahlengewichtung und Bedeutung aus der Praxis gemäß der Erhebung der WHU Koblenz [Web02a] (*siehe Kap. 3.1 Stand der Logistikkennzahlen in der Praxis*). Ferner erstrecken sich die ausgewählten Ein- und Ausgabevariablen über alle Strukturelemente des Analysetools (*siehe Kap. 5.5 Einteilung der Kennzahlen in Strukturelemente*).

Eine Liste der ausgewählten Eingabekennzahlen und Ausgabekennzahlen mit Angabe des jeweiligen Strukturelementes siehe in *Kap. 16.1 Kennzahlen der Wirkungsanalyse*.

7.2. Aufbau der Wirkungsanalyse

Beim Aufbau der Wirkungsanalyse standen die Ermittlung der Anzahl der Wirkungen der jeweiligen Eingabekennzahl auf die Ausgabekennzahlen sowie deren Schwankungsbreite und auch der Richtungstrend im Vordergrund.

Bei der Anzahl der Wirkungen ging es um die Anzahl der Beeinflussungen, bei der Schwankungsbreite um die jeweilige Auswirkung auf jede einzelne bewirkte Ausgabekennzahländerung und beim Richtungstrend darum, ob sich die Ausgabekennzahl mit dem veränderten Wert der Eingabekennzahl synchron oder asynchron ändert. Bei der hier vorgestellten Wirkungsanalyse wurden insgesamt 84 Eingabekennzahlen mit deren Wirkung auf insgesamt 80 Ausgabekennzahlen untersucht, wobei bei den Eingabekennzahlen der Eingabewert jeweils einzeln je Szenario von -50 % bis +50 % des vorgegebenen Eingabewertes variiert wurde.

Daraus ergab sich eine Ergebnismatrix bestehend aus:

- 169 Spalten (eine Spalte für den Originaleingabewert plus 84 x 2 Spalten für die variierten Eingabewerte)
- x 84 Zeilen für die Eingabevariablen =14.196 Parameter
- plus
- x 80 Zeilen für die Ausgabewerte der Ausgabevariablen =13.520 Parameter
- plus

- x 21 Zeilen für die Ausgabewerte zur Validierung = 3.549 Parameter
plus
- x 12 Zeilen für weitere Ausgabewerte zur Evaluierung. = 2.028 Parameter

Insgesamt standen zur Wirkungsanalyse 33.293 Parameter zur Verfügung.

Für jede einzelne Eingabekennzahl wurde anhand der hier vorgestellten Ergebnismatrix die Wirkung auf alle im Szenario befindlichen Ausgabewerte untersucht. Die Ergebnisfeststellung erfolgt als jeweilige Relativzahl, um eine normierte Bewertung aller Wirkungen durchführen zu können.

Szenariobericht		Aktuelle Werte:	Grundstück min	Grundstück max
Veränderbare Zellen (Eingabevariable):				
Grundstück	\$G\$12	50000	25000	75000
Lager, 6 - 8 m hoch	\$G\$13	8000	8000	8000
Lager, 15-18 m hoch	\$G\$14	3000	3000	3000
Lager, 30-35 m hoch	\$G\$15	2000	2000	2000
Bühne	\$G\$16	1000	1000	1000
Lageraußenflächen	\$G\$17	500	500	500
.
.
.
.
<hr/>				
Invest, gesamt	\$P\$12	45.080.623	41.330.623	48.830.623
Invest Technik	\$P\$13	16.827.738	16.827.738	16.827.738
Abschreibung, gesamt	\$P\$14	2.248.141	2.248.141	2.248.141
Ø Anzahl Aufträge pro Tag	\$P\$15	2.500	2.500	2.500
Ø verpackte Aufträge pro Tag	\$P\$16	2.400	2.400	2.400
Ø Energieaufnahme (S), gesamt	\$P\$17	1.821,54	1.821,54	1.821,54
Ø CO2 Emission, gesamt	\$P\$18	5.490,81	5.490,81	5.490,81
.
.
.

Abbildung 51: Ausschnitt aus Ergebnismatrix der Wirkungsanalyse

Die grafische und tabellarische Darstellung jeder der 84 Einzelwirkungen (84 Eingabekennzahl-Parametervariationen) gibt Aufschluss über das jeweilige Verhalten der Eingabekennzahl auf die Gesamtheit der Ausgabekennzahlen (siehe hierzu beispielhaft die Wirkungsanalyse zur Eingabeparametervariation des Eingabeparameters „Anzahl Lagerartikel“, Abbildung 52: Einzelwirkungsanalyse, Eingabekennzahl: Anzahl Lagerartikel).

Betrachtung der jeweiligen einzelnen Parametervariation:

In der Abbildung 52: Einzelwirkungsanalyse, Eingabekennzahl: Anzahl Lagerartikel lässt sich beispielhaft die Wirkung der im Wirkungsszenario durchgeführten Einzelwirkungsanalyse dezidiert feststellen, und zwar welche relative Abweichung bei vorgegebener Spreizung der Eingabevariable, graue senkrechte Linien als Darstellung der Eingabeparametervariation von 50% bis 150% des Eingabewertes, bei den Ausgabevariablen entsteht.

Aufgrund der grafischen Darstellung ist schnell erkennbar, in welchen Bereichen welche Wirkung erzielt wird. Grün dargestellt sind die synchronen Wirkungen, d.h. die, die bei steigendem Eingabewert steigende Ausgabewerte nach sich ziehen, beige die asynchronen Wirkungen, die mit steigendem

Eingabewert fallende Ausgabewerte hervorrufen. Gleichmaßen ist die symmetrische, asymmetrische sowie die unter- oder überproportionale Wirkung zu erkennen.

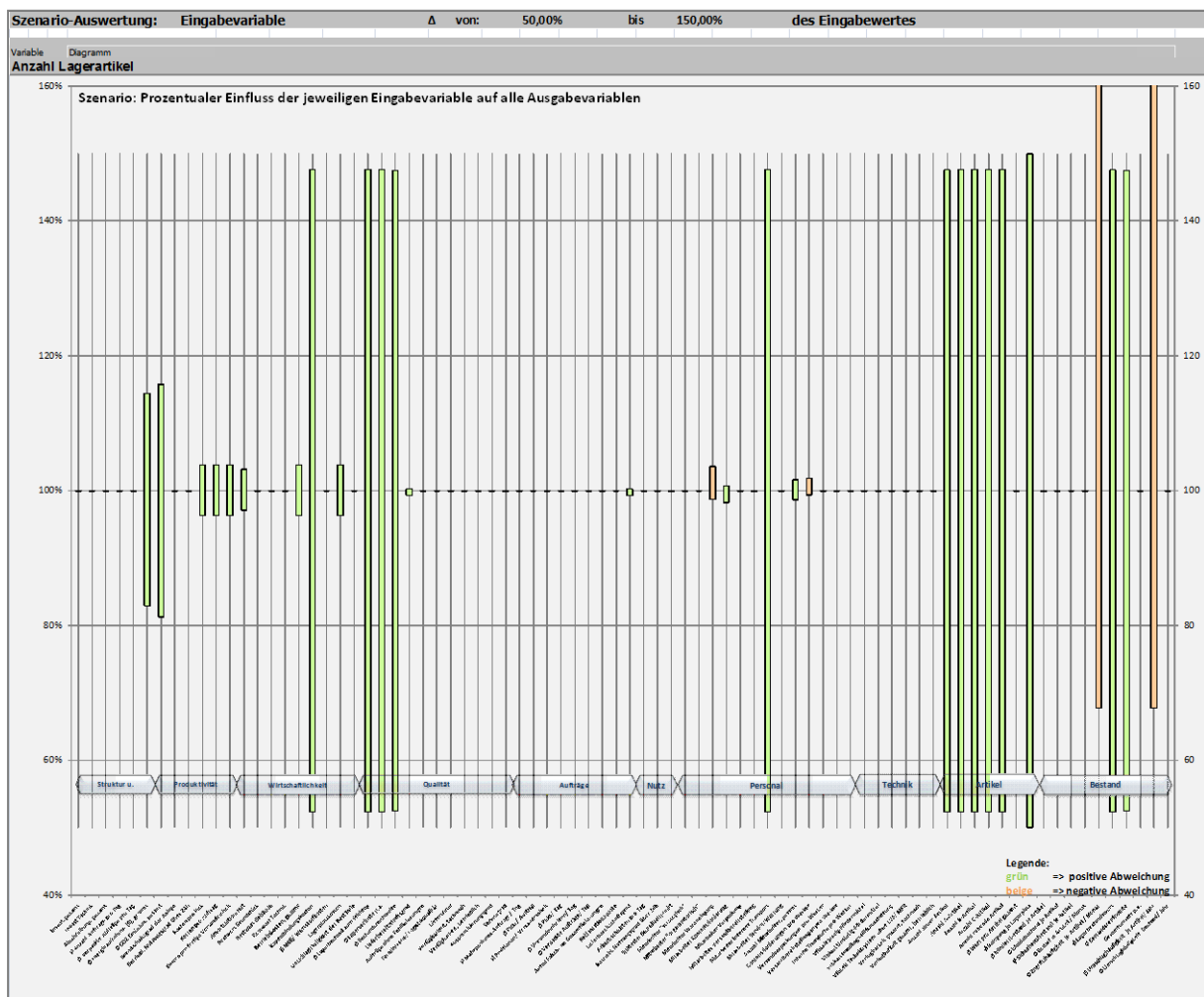


Abbildung 52: Einzelwirkungsanalyse, Eingabekennzahl: Anzahl Lagerartikel

Im Teilausschnitt der Einzel-Wirkungsanalyse (siehe Abbildung 53: Ausschnitt aus Wirkungsanalyse, Eingabekennzahl „Anzahl Lagerartikel“ linker Teil; hellblauer Pfeil und Tabelle 7: Ausschnitt Werteausgabe der Wirkungsanalyse „Anzahl Lagerartikel“) ist am Beispiel des Ausgabeparameters „Kosten pro Pick“ feststellbar, das eine Veränderung der im zu analysierenden System befindlichen Anzahl der Lagerartikel von $\pm 50\%$, also einer Variation der Eingabevariable von 50% bis 150% der Basis, eine synchrone Streuung des Ausgabewertes „Kosten pro Pick“ von $7,564\%$ bewirkt.

Am Beispiel des Ausgabewertes „Mitarbeiter Wareneingang“ ist eine asynchrone unterproportionale Streuung von $4,870\%$ der Anzahl „Mitarbeiter Wareneingang“ bei einer Variation des Eingabewertes „Anzahl Lagerartikel“ von 50% bis 150% erkennbar (siehe Abbildung 53: Ausschnitt aus Wirkungsanalyse, Eingabekennzahl „Anzahl Lagerartikel“ rechter Teil; dunkelblauer Pfeil und Tabelle 7: Ausschnitt Werteausgabe der Wirkungsanalyse „Anzahl Lagerartikel“). D.h., das bei steigender „Anzahl Lagerartikel“ die Mitarbeiter im Wareneingang reduziert werden können, bedingt durch einen geringer werdenden Anteil der Auftragsartikel, die über den Wareneingang in kleineren Mengen als die Lagerartikel angeliefert werden.

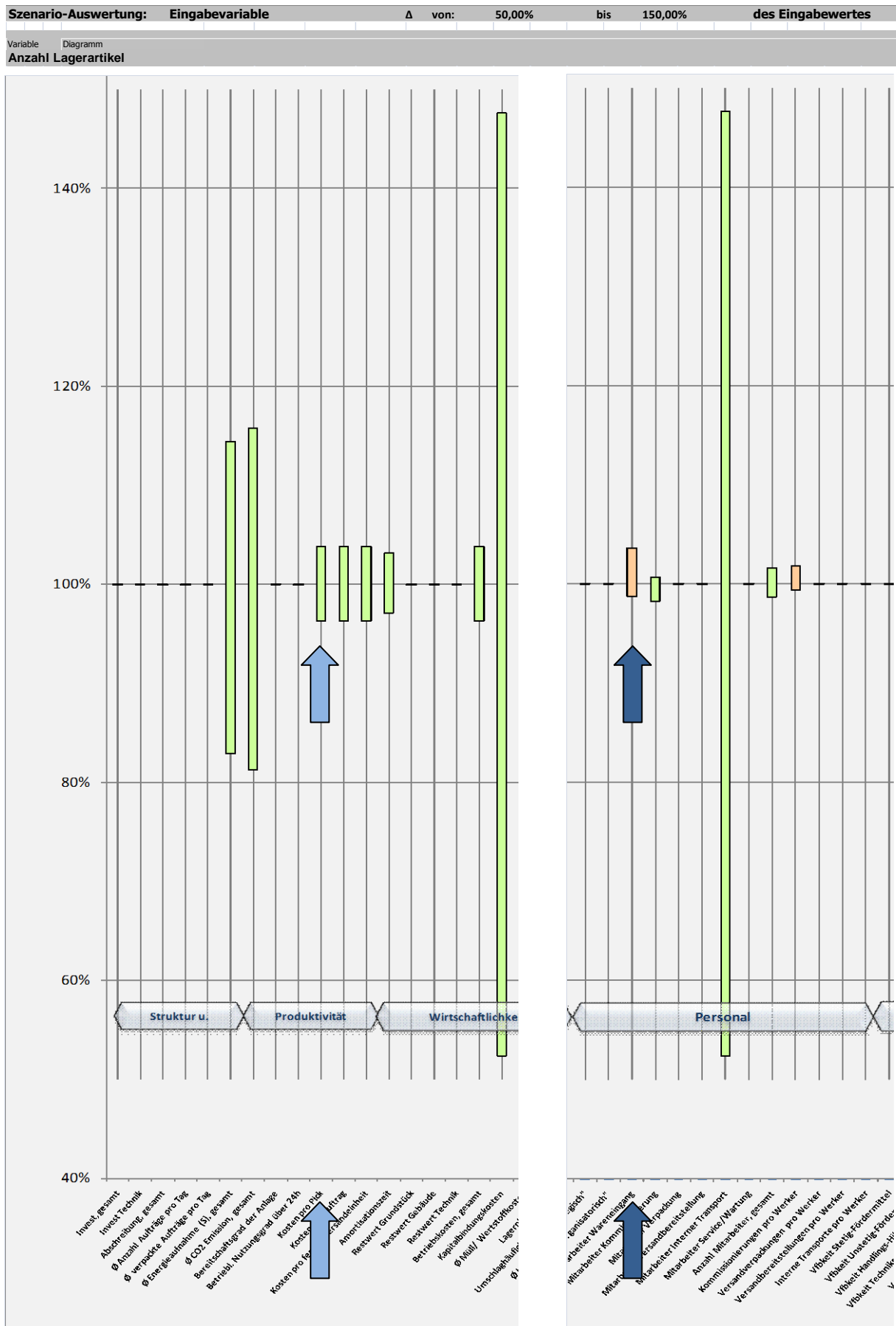


Abbildung 53: Ausschnitt aus Wirkungsanalyse, Eingabekennzahl „Anzahl Lagerartikel“

Szenario-Auswertung: EingabevariableVariable Diagramm
Anzahl Lagerartikel

Ausgabeparameter	Einfluss in %		
	min.	max.	Diff.
Wirkungsgröße:			
Ø Energieaufnahme (S), gesamt	82,886	114,414	31,528
Ø CO2 Emission, gesamt	81,264	115,779	34,515
Kosten pro Pick	96,283	103,846	7,564
Kosten pro Auftrag	96,283	103,846	7,564
Kosten pro fertige Versandeinheit	96,283	103,846	7,564
Amortisationszeit	97,084	103,208	6,124
Betriebskosten, gesamt	96,283	103,846	7,564
Kapitalbindungskosten	52,381	147,619	95,238
Lagerplatzkosten	96,283	103,846	7,564
Ø Lagerbestand zum Stichtag	52,381	147,619	95,238
Ø Lagerverluste p.a.	52,381	147,619	95,238
Ø Bestandsreichweite	52,536	147,464	94,929
Lieferbereitschaftsgrad	99,333	100,228	0,895

Mitarbeiter Wareneingang	103,606	98,736	4,870
Mitarbeiter Kommissionierung	98,244	100,638	2,394
Mitarbeiter Interner Transport	52,381	147,619	95,238
Anzahl Mitarbeiter, gesamt	98,681	101,566	2,885
Kommissionierungen pro Werker	101,787	99,366	2,421
Anzahl aktive Artikel	52,381	147,619	95,238
Anzahl A-Artikel	52,381	147,619	95,238
Anzahl B-Artikel	52,381	147,619	95,238
Anzahl C-Artikel	52,381	147,619	95,238
Anzahl ruhende Artikel	52,381	147,619	95,238

Tabelle 7: *Ausschnitt Werteausgabe der Wirkungsanalyse „Anzahl Lagerartikel“*

Zusätzlich zu den genannten synchronen, asynchronen, unter- oder überproportionalen Veränderungen der Ausgabevariablen können neben den symmetrischen Wirkungen auch unsymmetrische Wirkungen eintreten. Das bedeutet, dass sich z.B. bei einer 50%igen Erhöhung einer

Auszug aus der Einzelwirkungstabelle mit Angabe der Beeinflussung der jeweiligen Ausgabevariablen durch die gesetzte Eingabevariable.

Eingabevariablen der betrachtete Ausgabewert um einen bestimmten Wert erhöht, es sich bei einer Verringerung der Eingabevariablen um 50 % aber um einen davon abweichenden Wert handelt. (*siehe Abbildung 55: Wirkung der Eingabevariablen auf die Ausgabevariablen, rechte Hälfte mit mehrfach verschobenem Mittelwert der Spreizung*). Das bedeutet in dem hier angesprochenen Fall, dass die entsprechenden Eingabevariablen bei einer Parametervariation tendenziell eine Verbesserung der angesprochenen Ausgabevariablen mit sich bringen.

7.3. Ergebnis der Wirkungsanalyse

Die innerhalb der Wirkungsanalyse durch Eingabevariablenparametervariation gewonnenen und in der Ergebnismatrix (*siehe Abbildung 51: Ausschnitt aus Ergebnismatrix der Wirkungsanalyse*) aufgeführten 13.520 Einzelwerte der Ausgabevariablen werden zur weiteren Bewertung in einem Diagramm (*siehe Abbildung 55: Wirkung der Eingabevariablen auf die Ausgabevariablen*) zusammengefasst.

Zur Darstellung der Ergebnisse der Eingabeparametervariation im Diagramm wird ein Verfahren eingeführt, mit dessen Hilfe eine Verdichtung der o.g. großen Menge von Einzelwerten auf ein überschaubares und in einem Diagramm darstellbares Maß möglich ist.

Zur Verdeutlichung der weiteren Vorgehensweise bei der Datenverdichtung und der Darstellung der Ergebnisse der Wirkungsanalyse werden folgende Begriffe eingeführt:

Wirkungsbreite:

Unter Wirkungsbreite ist die maximale Spannweite bei den angesprochenen Ausgabevariablen zu verstehen, die sich bei der Parametervariation einer Eingabevariablen von +/- 50 % ergibt. Durch diese Vorgehensweise lässt sich die Gesamtwirkung einer Eingabevariablenparametervariation auf alle Ausgabevariablen erfassen, da der innerhalb einer Parametervariation insgesamt auftretende Minimalwert und Maximalwert durch Projektion der Einzelwirkungen auf die Ordinate berücksichtigt wird (*siehe in Abbildung 53: Ausschnitt aus Wirkungsanalyse, Eingabekennzahl „Anzahl Lagerartikel“ grüne Balken mit maximaler Spannweite*).

Wirkung/ Anzahl der Wirkungen:

Unter Wirkung bzw. Anzahl der Wirkungen ist die Menge der von einer Parametervariation einer Eingabevariablen von +/- 50 % angesprochenen Ausgabevariablen zu verstehen. Siehe am Beispiel aus *Abbildung 52: Einzelwirkungsanalyse, Eingabekennzahl: Anzahl Lagerartikel*, das die Parametervariation der Eingabevariable „Anzahl Lagerartikel“ insgesamt 30 Ausgabevariablen beeinflusst und demnach 30 Wirkungen entspricht.

Absolutwirkung:

Mit der Absolutwirkung wird hier der Maximalwert einer Wirkung bezeichnet, der bei der Variation einer Eingabevariablen von +/- 50 % innerhalb der angesprochenen Ausgabevariablen auftritt, der bei dem bereits aufgeführten Beispiel aus *Abbildung 52: Einzelwirkungsanalyse, Eingabekennzahl: Anzahl Lagerartikel* bei der Ausgabevariable „Umschlaghäufigkeit je Artikel/ Jahr“ bei 190,19 % liegt.

Wirkungen, subsumiert:

Um die Gesamtwirkung jeder einzelnen Parametervariation einer Eingabevariablen von +/- 50 % auf die beeinflussten Ausgabevariablen übersichtlich darzustellen, werden die Anzahl der Wirkungen und die Absolutwirkung in einem Diagramm durch Addition subsumiert (*siehe Abbildung 56: Wirkung der Eingabevariablen auf die Ausgabevariablen, subsumiert*).

Wirkungsintensität:

Zur Erstellung eine Rangfolge der einflussreichsten Eingabevariablen wird bei der Auswertung der Wirkungsgesamtergebnisse neben der Anzahl der Beeinflussungen von Ausgabevariablen und der Wirkungsbreite zusätzlich die Wirkungsintensität der Eingabevariablen die sich aus dem Mittelwert aller Einzelwirkungsbreiten je Eingabeparametervariation ergibt, als Begriff für den Durchschnitt der jeweiligen Wirkungsbreiten eingeführt. Dadurch wird sichergestellt, dass nicht nur der Maximalwert der Wirkungsbreiten vertreten durch die Absolutwirkung, sondern auch der sich durch die Anzahl der Wirkungen ergebende Mittelwert der Wirkungsbreiten je Eingabeparametervariation berücksichtigt wird.

Mittelwertkurve:

Zur Darstellung der durchschnittlichen Beeinflussung der Ausgabevariablen durch die Parametervariation aller Eingabevariablen wird die Mittelwertkurve eingeführt. Hierbei wird der zu jeder Ausgabevariablen zugehörige arithmetische Mittelwert aus der jeweiligen Anzahl der Wirkungen und der Absolutwirkung gebildet. So entsteht für jede Ausgabevariable ein Mittelwert, der in der Gesamtheit aller Ausgabevariablen zur Mittelwertkurve führt (*siehe Abbildung 56: Wirkung der Eingabevariablen auf die Ausgabevariablen, subsumiert; blaue Linie*).

Schwellenwertlinie:

Die Schwellenwertlinie wird eingeführt, um die wirkungsstarken Eingabevariablen herauszufiltern. Alle Eingabeparameter, deren Subsumierung der Anzahl der Wirkungen und der Absolutwirkung über diese Schwellenwertgrenze hinausgeht, werden als wirkungsstarke Beeinflusser definiert (*siehe Abbildung 56: Wirkung der Eingabevariablen auf die Ausgabevariablen, subsumiert; hellgrau Linie*).

Die Berechnung der Wirkungsschwellenwertlinie erfolgt dynamisch durch die im Analysetool ermittelten Ausgabekennzahlen durch eine Mittelwertbildung der Ausgabeparameter Automatisierungsgrad, Wirtschaftlichkeit, vertreten durch die „Kosten pro Pick“ und Servicegrad, wodurch die Ausgabekennzahlen des zu bewertenden Systems mit einbezogen werden.

Verfahren zur Zusammenfassung und Darstellung der Ergebnisse der Eingabeparametervariation:

Bei dem angesprochenen Verfahren zur Zusammenfassung und Darstellung der Ergebnisse der Eingabeparametervariation in einem Diagramm wird jeweils die Wirkung jeder einzelnen Eingabeparametervariation auf alle angesprochenen Ausgabevariablen zusammengefasst.

Am nachfolgenden Beispiel der Eingabeparametervariation der Eingabekennzahl lt. *Abbildung 54: Wirkungsanalyse Eingabevariable „Länge Bandförderer“* wird die Vorgehensweise exemplarisch erläutert:

In dem hier angesprochenen Einzeldiagramm sind insgesamt 28 Wirkungen auf die 80 betrachteten Ausgabevariablen zu erkennen (siehe Abbildung 54: *Wirkungsanalyse Eingabevariable „Länge Bandförderer“*, rechts angefügte Tabelle), die in der stärksten Auswirkung, der sogenannten Absolutwirkung, 118,56 % erzielen.

Das heißt, es ergeben sich 28 Wirkungen mit einer Absolutwirkung von 118,56 % und einer Wirkungsbreite von 37,12 %.

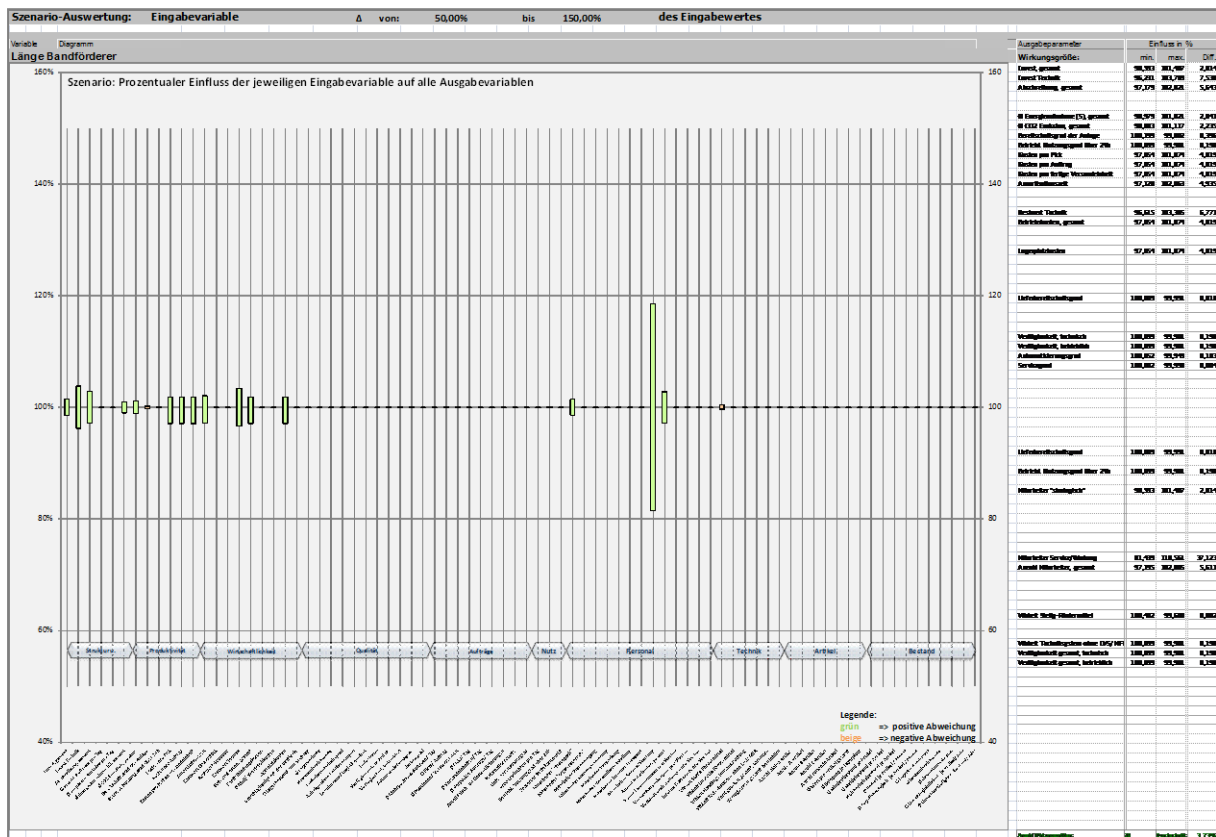


Abbildung 54: *Wirkungsanalyse Eingabevariable „Länge Bandförderer“*

Dieses Ergebnis der Einzelanalyse befindet sich in dem Gesamtdiagramm (siehe Abbildung 55: *Wirkung der Eingabevariablen auf die Ausgabevariablen*) an der 24. Position (grauer Pfeil).

Auf diese Art und Weise entsteht für jede der 84 im Analysetool betrachteten Eingabevariablen und einzeln durchgeführten Einzelanalysen jeweils ein Balken für die Wirkungsbreite (siehe in Abbildung 55: *Wirkung der Eingabevariablen auf die Ausgabevariablen* dunkelblaue Balken) und ein Balken für die Anzahl der betroffenen Ausgabevariablen (siehe Abbildung 55: *Wirkung der Eingabevariablen auf die Ausgabevariablen*, hellblaue Balken).

In der Gesamtdarstellung der Einzelwirkungen ist zusätzlich bei einzelnen Wirkungsbreiten eine Verschiebung der Wirkungsbreite, d.h. eine Asymmetrie erkennbar. Diese mögliche Asymmetrie ergibt sich dadurch, dass bei der Eingabeparametervariation von + / - 50 % einzelner Eingabevariablen eine unterschiedliche Auswirkung auf die angesprochenen Ausgabevariablen möglich ist.

Es kann z.B. die Situation eintreten, dass sich bei einer Variation einer Eingabevariable von + 50 % die Wirkung auf die Ausgabevariablen stärker ausprägt, als eine Verringerung um 50 %, was z.B. bei

den auftragsbezogenen Kennzahlen wie „Aufträge pro Tag“, „Positionen pro Auftrag“ und „Picks pro Position“ der Fall ist.

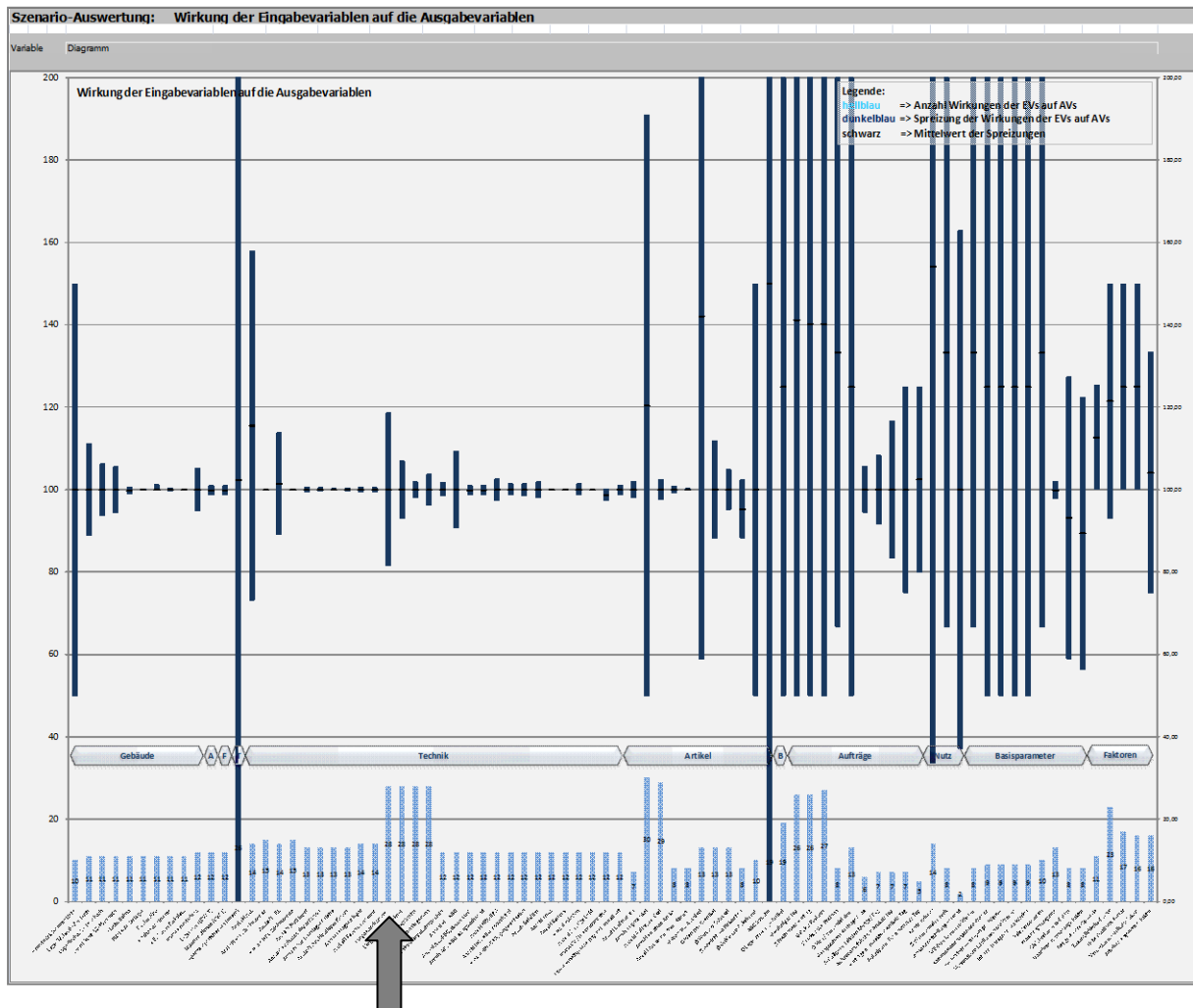


Abbildung 55: Wirkung der Eingabevariablen auf die Ausgabevariablen

Zur weiteren Verdeutlichung werden im nächsten Schritt die einzelnen Ergebnisse von „Anzahl der Wirkungen“ und „Absolutwirkung“ jeder einzelnen Parametervariation nach der Beziehung

$$U_i^{15} = \text{Anzahl der Wirkungen} + \text{Absolutwirkung}$$

subsumiert, woraus ein Verlauf wie in *Abbildung 56: Wirkung der Eingabevariablen auf die Ausgabevariablen, subsumiert* resultiert (siehe Beispiel aus *Abbildung 54: Wirkungsanalyse Eingabevariable „Länge Bandförderer“*, grauer Pfeil).

¹⁵ U entspricht der Vereinigungsmenge

Wirkung der Eingabevariablen:

Das Resultat der Eingabevariablen-Variationen wird als Zusammenfassung in Balken- und Kurvendiagrammen dargestellt. Anhand dieser Indikation kann ein Gesamteindruck über die Wirkung der im Bewertungstool vorhandenen wesentlichen Eingabeparameter auf die Ausgabeparameter erfolgen.

Durch diese vorgenommene Subsumierung entsteht ein Gesamtüberblick über die Anzahl der Wirkungen und die Absolutwirkung jeder einzelnen Eingabevariable bzw. Eingabekennzahl mit der Aussage: Je höher der Balken, desto größer ist die Wirkung innerhalb des Analysetools.

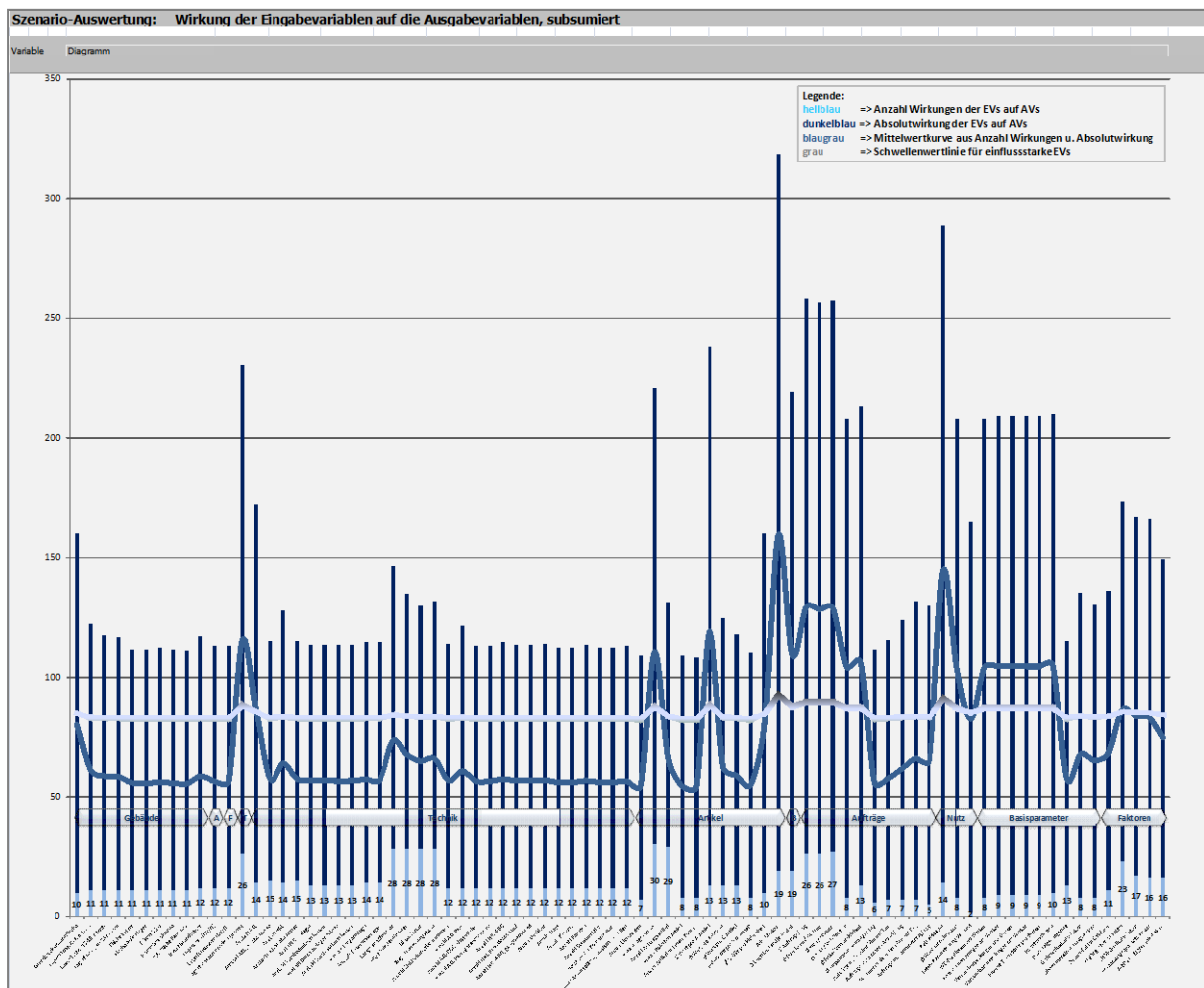


Abbildung 56: *Wirkung der Eingabevariablen auf die Ausgabeparameter, subsumiert*

Zur besseren Fasslichkeit der Subsumierung wird die Mittelwertkurve eingeführt und im Diagramm der Wirkungsanalyse (*siehe Abbildung 56: Wirkung der Eingabevariablen auf die Ausgabeparameter, subsumiert*) blaugrau dargestellt.

Zur Indikation der Hauptbeeinflusser, also derjenigen Eingabekennzahlen mit der größten Wirkung, wird zusätzlich zu der Mittelwertkurve (*im Diagramm Abbildung 56: blaugrau dargestellt*) die Schwellenwertlinie (*im Diagramm Abbildung 56: hellgrau dargestellt*) eingeführt, mit deren Hilfe die führenden Beeinflusser herausgefiltert werden.

Durch diese Wirkungsschwellenwertlinie ergibt sich ein dynamischer Wert in Abhängigkeit von den Analyseergebnissen, wodurch gewährleistet ist, dass die Eingabevariablen des zu bewertenden Intralogistiksystems diese Schwellenwertlinie beeinflussen und dadurch gegebenenfalls systemindividuell unterschiedliche Hauptbeeinflusser erkannt werden können.

Als Hauptbeeinflusser werden diejenigen Eingabeparameter bezeichnet, deren Mittelwert in ihrer subsumierten Wirkung über die Schwellenwertlinie „hinausragen“. Diese Hauptbeeinflusser sind für die einzelnen Bereiche folgende:

Technik:

- Anteil der autom. Lagertransportstrecken
- Anzahl AKL-Stellplätze

Bestand:

- Anzahl Lagerartikel
- Anzahl Auftragsartikel
- Ø Lagerbestand je Artikel

Auftragsstruktur:

- ABC-Struktur
- Ø Aufträge/ Tag
- Ø Positionen/ Auftrag
- Ø Picks/ Position
- Ø Picks / WE-Position
- Ø Picks/ Versandeinheit
- Ø Einpositions-Aufträge/ Tag
- Aufträge mit falscher Menge/ Tag
- Aufträge mit falschem Artikel/ Tag
- Aufträge mit defektem Artikel/ Tag
- Aufträge mit Terminverzug/ Tag

Nutzung:

- Betriebsdauer

Basisparameter, Leistung bestimmend:

- WE-Positionen pro Werker
- Kommissionierungen pro Werker
- Versandverpackungen pro Werker
- Versandbereitstellungen pro Werker
- Interne Transporte pro Werker
- Palettenvolumen

Faktoren:

- Preissteigerungsrate
- Design-Faktor Gebäude
- Zugänglichkeits-Faktor

- LHM-Qualitäts-Faktor
- Verpackungsqualitäts-Faktor
- Ergonomie-Faktor

Auswertung:

Anhand der durch die Wirkungsanalyse ermittelten Anzahl von Wirkungen der jeweiligen Eingabekennzahl auf die Ausgabekennzahlen und der Absolutwirkung der einzelnen Schwankungen lässt sich feststellen, dass die Wirkung der einzelnen Eingabekennzahländerungen unterschiedlich ausgeprägt ist.

Während sich die Anzahl der Beeinflussungen und Absolutwirkungen der Eingangsvariablen in den Strukturelementen Immobilie, Lagerarten und Lagerfunktionen eher gering auswirkt, verstärkt sich der Einfluss einer Eingabekennzahlvariation in den Strukturelementen Artikel, Bestand, Aufträge Nutzung Basisparameter und Einflussfaktoren mitunter erheblich.

Als Nebenaussage bei der Entwicklung des Analysetools kann herausgestellt werden, dass die größten Beeinflusser innerhalb eines Intralogistiksystems nicht wie weitläufig angenommen in der Lagertechnik zu suchen sind, sondern in den Strukturelementen Artikelspektrum, Lagerbestand, Auftragsstruktur und leistungsbestimmende Faktoren der Mitarbeiter.

7.4. Bewertung der Wirkungsanalyse

Durch die in Kap. 7.3 *Ergebnis der Wirkungsanalyse* vorgestellte Wirkungsanalyse der Eingabevariablen auf die Ausgabekennwerte ist deutlich erkennbar, dass die Hauptbeeinflusser im Wesentlichen nicht im Strukturelement „Lagertechnik“ mit z.B. der Anzahl von RBGs zu finden sind, sondern vorrangig im Strukturelement „Aufträge“, „Lagernutzung“ und im Bereich der „Basisparameter“ bei den systemabhängigen Leistungsfaktoren.

In der anschließend aufgeführten *Tabelle 8: Hauptbeeinflusser je Strukturelement* ist die Zuordnung der Eingabekennzahlen zu den im Modell befindlichen Strukturelementen ersichtlich.

Strukturelement	Kennzahl
Lagertransporte	Anteil der autom. Lagertransportstrecken
Lagertechnik	Anzahl AKL-Stellplätze
Lagerartikel	Anzahl Lagerartikel Anzahl Auftragsartikel ABC-Struktur
Lagerbestand	Ø Lagerbestand je Artikel
Lageraufträge	Ø Aufträge/ Tag Ø Positionen/ Auftrag

	Ø Picks/ Position Ø Picks / WE-Position Ø Picks/ Versandeinheit
Lagernutzung	Betriebsdauer
Basisparameter	WE-Positionen pro Werker Kommissionierungen pro Werker Versandverpackungen pro Werker Versandbereitstellungen pro Werker Interne Transporte pro Werker Palettenvolumen Preissteigerungsrate
Faktoren	Design-Faktor Gebäude Zugänglichkeits-Faktor LHM-Qualitäts-Faktor Verpackungsqualitäts-Faktor Ergonomie-Faktor

Tabelle 8: *Hauptbeeinflusser je Strukturelement*

Eine Rangfolge innerhalb der als Hauptbeeinflusser ermittelten Eingabevariablen ist in *Abbildung 61: Eingabevariablen, sortiert n. Beeinflussungen u. Wirkungsbreiten, log. Darstellung* ersichtlich.

In den auf den nachfolgenden Seiten dargestellten vier Teilausschnitten der Wirkungsanalyse (*siehe Abbildung 56: Wirkung der Eingabevariablen auf die Ausgabevariablen, subsumiert*) lässt sich die subsumierte Wirkung der Parametervariation aller Eingabevariablen in ihrer Gesamtheit auf die Ausgabevariablen erkennen. Auf der Abszisse sind alle Eingabevariablen aufgeführt, die durch die Parametervariation von +/- 50 % bzw. anderslautender Variationsgrenzen des Eingabewertes die in der Wirkungsanalyse befindlichen Ausgabevariablen beeinflussen. Auf der Ordinate ist die jeweilige Subsumierung der Anzahl der Wirkungen und der jeweiligen Wirkungsbreiten aufgetragen.

Als Beispiel ist an 1. Position der *Abbildung 57: Diagramm Wirkungsanalyse, Teil 1/4* die Parametervariation der Eingabevariable „Grundstück Gesamtfläche“ mit einer Anzahl von 10 Wirkungen auf alle in der Wirkungsanalyse befindlichen Ausgabevariablen mit einer Absolutwirkung innerhalb der 10 Wirkungen von 150 % erkennbar, sodass sich ein Gesamtwert für diese Eingabevariable von 160,00 einstellt.

Des Weiteren befindet sich an der 2. Position die Eingabevariable „Lagerfläche 6-8 m hoch“ mit ihrer Parametervariation mit einer Anzahl von 11 Wirkungen auf alle in der Wirkungsanalyse befindlichen Ausgabevariablen und einer Absolutwirkung innerhalb der 11 Wirkungen von 111,14 %, sodass sich ein Gesamtwert für diese Variable von 122,14 ergibt. Und so weiter.

Darstellung der Wirkungsanalyse je Eingabevariable-Parametervariation mit Anzahl und Maximalwerten der Wirkungen auf alle im Analysetool betrachteten Ausgabekennzahlen:

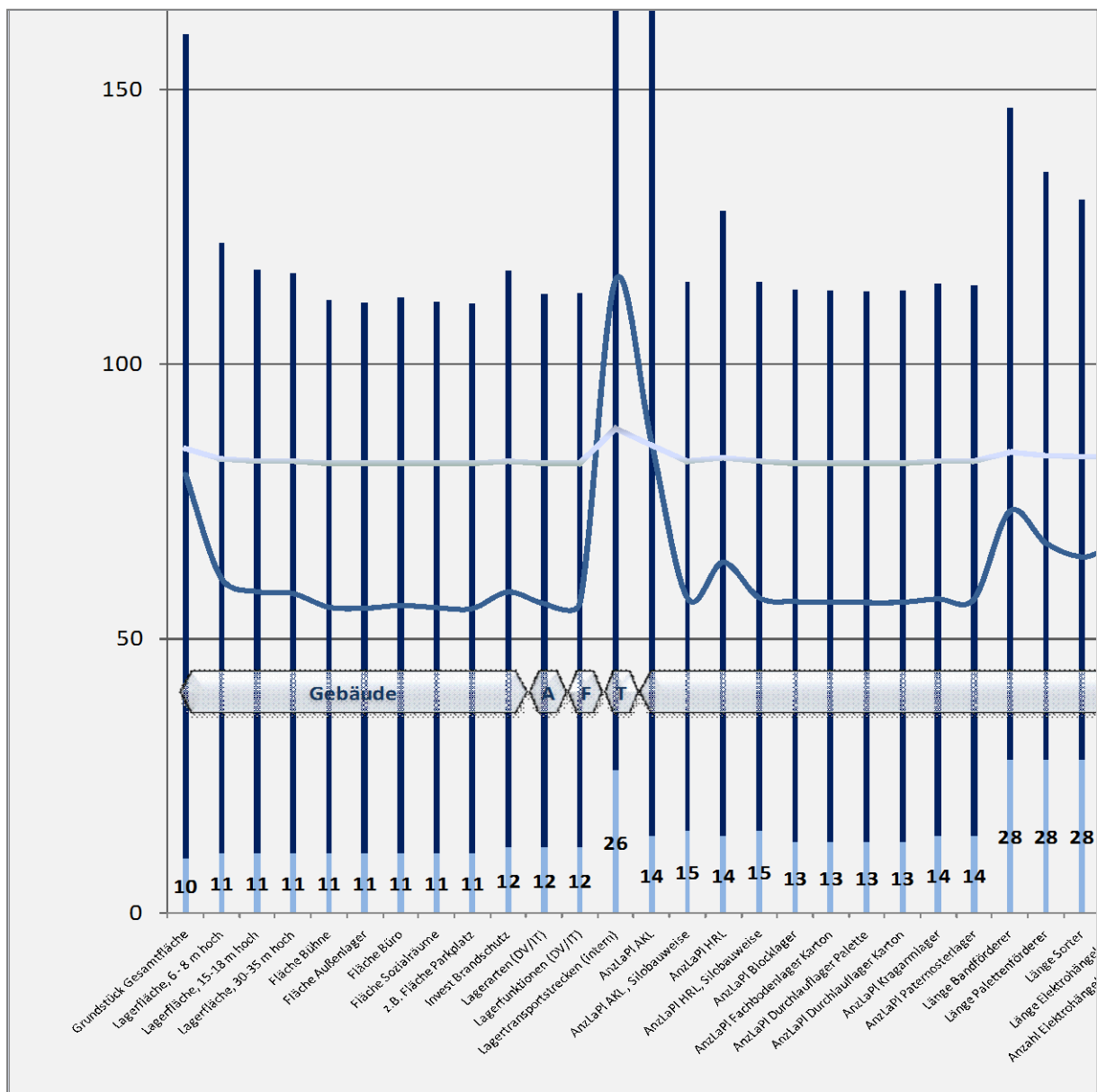


Abbildung 57: *Diagramm Wirkungsanalyse, Teil 1/4*

Im obigen Teilausschnitt der Wirkungsanalyse sind die Ergebnisse der Eingabeparametervariationen für die Eingabeparameter der Bereiche Gebäude, Lagerarten (A), Lagerfunktionen (F), Lagertransporte (T) und Anteile für den Bereiche der Lagertechnik mit ihrer Wirkung auf alle im Analysetool ausgewählten Ausgabeparameter dargestellt.

Es ergeben sich erhöhte Werte bei den Eingabevariablen, die durch die Eingabeparametervariation die ausgewählten Ausgabeparameter in der Anzahl und in der Absolutwirkung am stärksten beeinflussen. Erhöhte Werte sind für den „Invest Grundstück“ und für die „Lagertransportstrecken (intern)“ zu erkennen, die bei der später beschriebenen Validierung nochmals zur genaueren Bewertung herangezogen werden.

Darstellung der Wirkungsanalyse je Eingabevariable-Parametervariation mit Anzahl und Maximalwerten der Wirkungen auf alle im Analysetool betrachteten Ausgabekennzahlen:

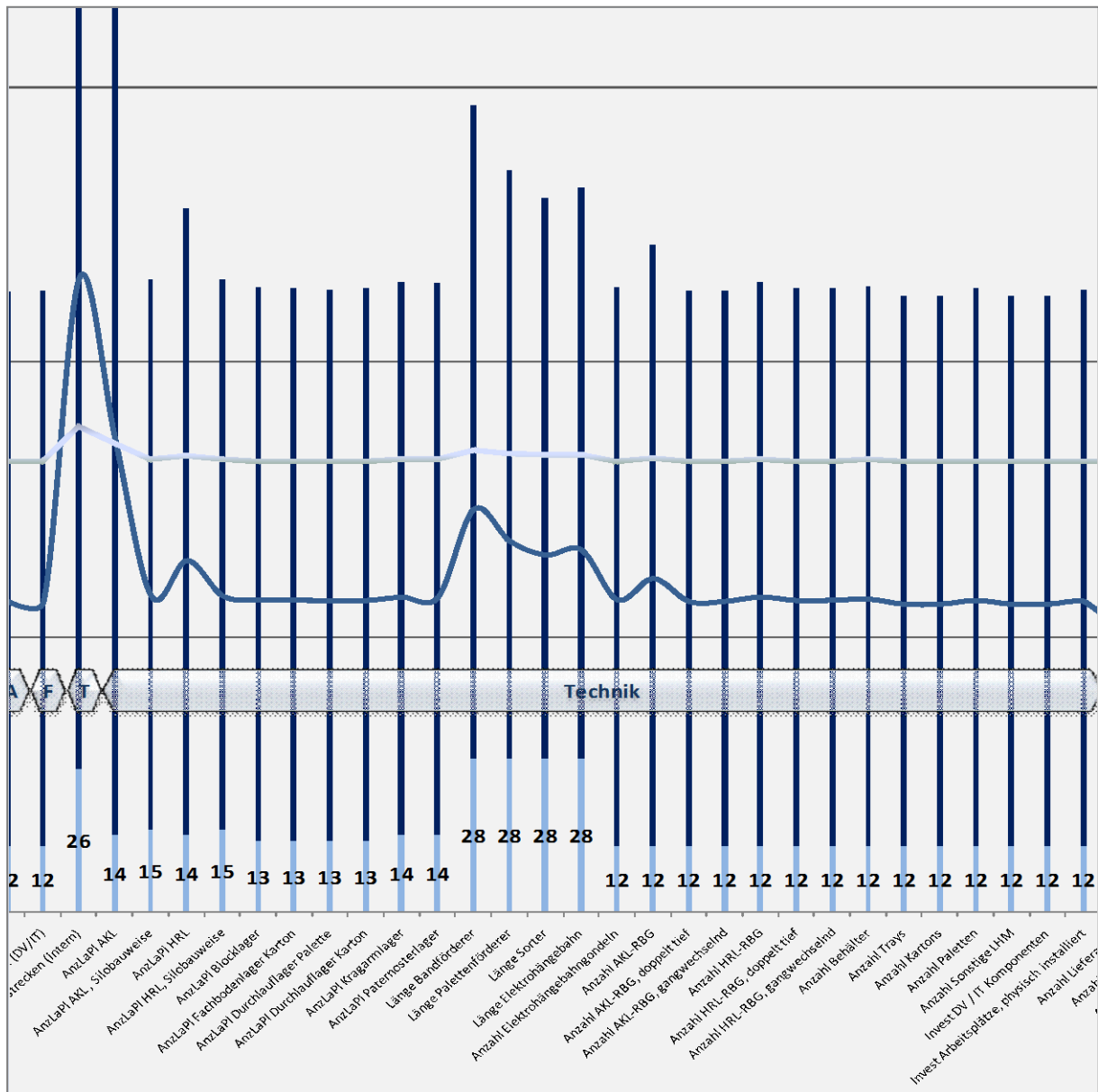


Abbildung 58: *Diagramm Wirkungsanalyse, Teil 2/4*

In dem hier gezeigten obigen Teilausschnitt der Wirkungsanalyse sind die Ergebnisse der Eingabeparametervariationen für die Eingabeparameter der Lagertechnik mit ihrer Wirkung auf alle im Analysetool ausgewählten Ausgabeparameter dargestellt.

Es ergeben sich im Bereich der Eingabevariablen der Lagertechnik, die durch die Eingabeparametervariation die ausgewählten Ausgabeparameter in der Anzahl und in der Absolutwirkung beeinflussen, keine besonders erhöhten Werte.

Daraus ist, wie bereits weiter vorne beschrieben ableitbar, dass der Bereich Technik bei der Beeinflussung von Spitzenkennzahlen und Zielkennzahlen nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Darstellung der Wirkungsanalyse je Eingabevariable-Parametervariation mit Anzahl und Maximalwerten der Wirkungen auf alle im Analysetool betrachteten Ausgabekennzahlen:

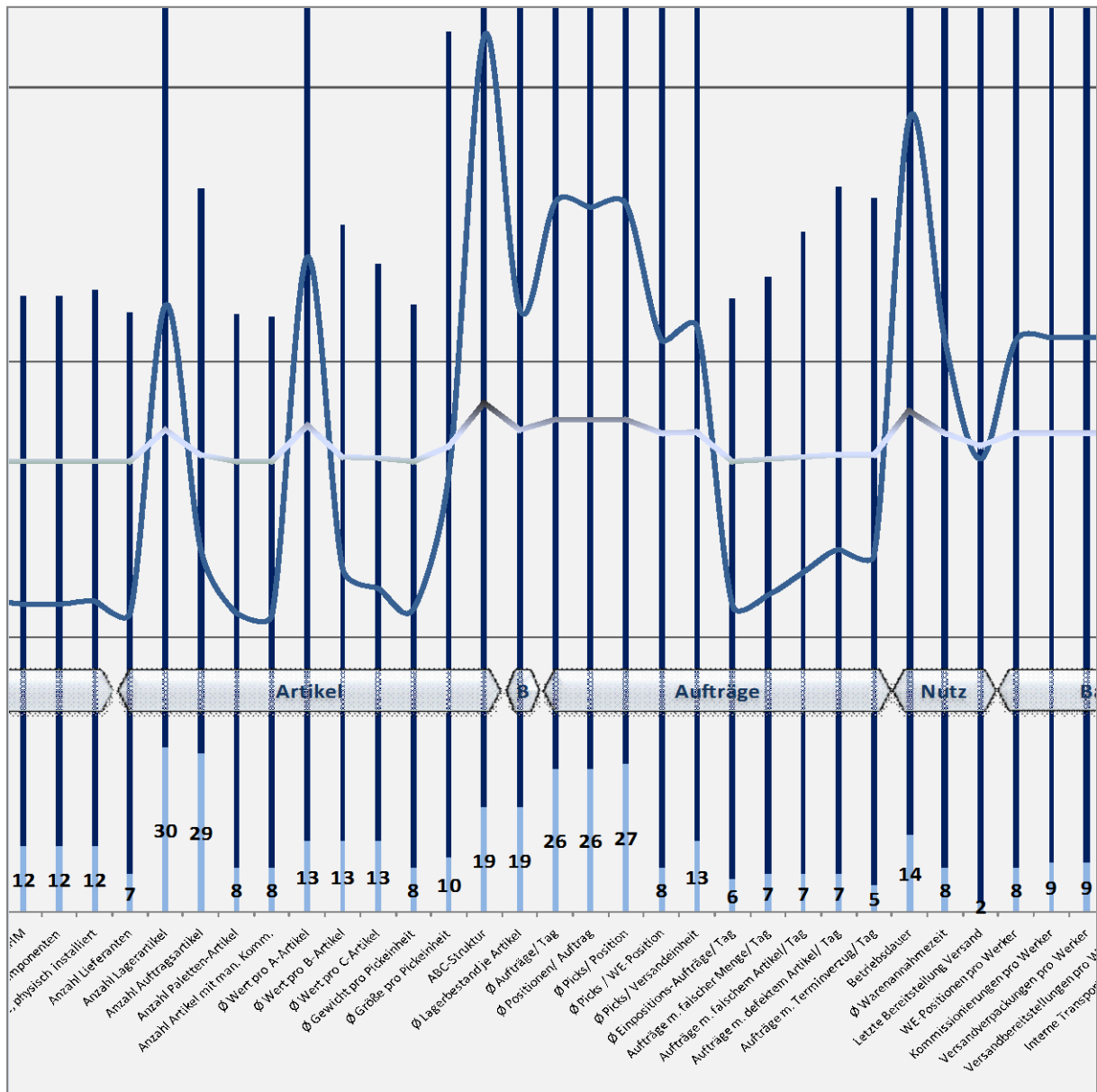


Abbildung 59: *Diagramm Wirkungsanalyse, Teil 3/4*

Im oben gezeigten Teilausschnitt der Wirkungsanalyse sind die Ergebnisse der Eingabeparametervariationen für die Eingabeparameter der Bereiche Lagerartikel, Lagerbestand (B), Lageraufträge, Lagernutzung (Nutz) und Teile für die Bereiche der Basisparameter mit ihrer Wirkung auf alle im Analysetool ausgewählten Ausgabeparameter dargestellt.

Es ergeben sich erhöhte Werte im Bereich der Eingabevariablen der Segmente Lagerartikel, Lagerbestand (B), Lageraufträge und Lagernutzung (Nutz), die besonders durch die Eingabeparametervariation die ausgewählten Ausgabeparameter in der Anzahl und in der Absolutwirkung beeinflussen. Hierbei kristallisieren sich die „Anzahl Lagerartikel“, der „Wert pro A-Artikel“, die „ABC-Struktur“ sowie der „Lagerbestand je Artikel“ und die „Anzahl Aufträge pro Tag“ mit ihren verwandten Kennzahlen für „Positionen pro Auftrag“ und „Picks pro Position“ heraus, die bei der später beschriebenen Validierung nochmals zur genaueren Bewertung herangezogen werden.

Darstellung der Wirkungsanalyse je Eingabevariable-Parametervariation mit Anzahl und Maximalwerten der Wirkungen auf alle im Analysetool betrachteten Ausgabekennzahlen:

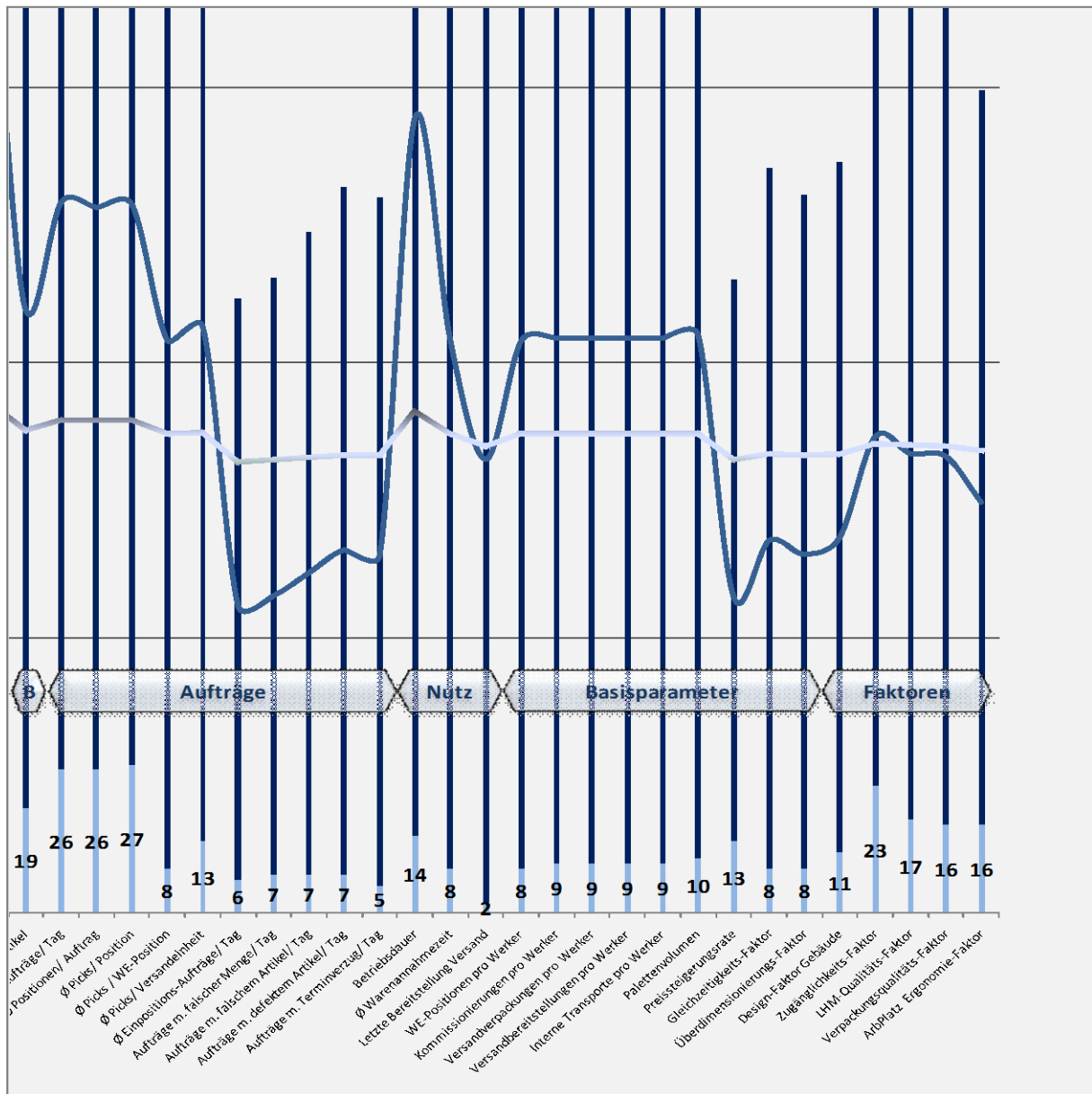


Abbildung 60: *Diagramm Wirkungsanalyse, Teil 4/4*

Im letzten oben gezeigten Teilausschnitt der Wirkungsanalyse sind die Ergebnisse der Eingabeparametervariationen für die Eingabeparameter der Bereiche für Lageraufträge, Lagernutzung (Nutz), Basisparameter und der Faktoren mit ihrer Wirkung auf alle im Analysetool ausgewählten Ausgabeparameter dargestellt.

Es ergeben sich erhöhte Werte im Bereich der Eingabevariablen für Lageraufträge, Lagernutzung (Nutz), Basisparameter und Faktoren, die besonders durch die Eingabeparametervariation die ausgewählten Ausgabevariablen in der Anzahl und in der Absolutwirkung beeinflussen. Dies gilt für die „Betriebsdauer“ und die leistungsbeschreibenden Kennzahlen der Werker sowie im Bereich der wirkungsstarken Faktoren für „Zugänglichkeit“, „Ladehilfsmittelqualität“, „Verpackungsqualität“ und

„Arbeitsplatzergonomie“ , die bei der später beschriebenen Validierung teilweise nochmals zur genaueren Bewertung herangezogen werden.

7.4.1. Wirkung der Eingabevariablen:

Um eine Rangfolge der einflussreichsten Eingabevariablen zu erstellen, wurde bei der Auswertung der Wirkungsgesamtergebnisse neben der Anzahl der Beeinflussungen von Ausgabevariablen und der Absolutwirkungen zusätzlich die Wirkungsintensität der Eingabevariablen die sich aus dem Mittelwert aller Einzelwirkungsbreiten je Eingabevariable ergibt, als Begriff für den Durchschnitt der jeweiligen Wirkungsbreiten eingeführt. Durch diesen Mittelwert wird sichergestellt, dass nicht nur der Minimal- und Maximalwert der Wirkungsbreiten, sondern auch der sich durch die Anzahl der Wirkungen ergebende Mittelwert der Wirkungsbreiten je Eingabeparametervariation berücksichtigt wird.

Im nachfolgenden Diagramm in der *Abbildung 61: Eingabevariablen, sortiert n. Beeinflussungen u. Wirkungsbreiten, log. Darstellung* sind zusammenfassend alle Eingabevariablen in ihrer Wirkung absteigend sortiert aufgeführt. Hierbei ist erkennbar, dass die Eingabekennzahlen mit der größten Wirkungsspannweite nicht unbedingt auch die meisten Ausgabekennzahlen beeinflussen, was die Interpretation zulässt, dass die Eingabekennzahlen mit wenig Beeinflussungen und einer großen Wirkungsspannweite eine hohe Intensität, also Beeinflussungskraft besitzen und daher in ihrer Betrachtung und Bewertung im logistischen System ggf. von besonderer Bedeutung sein können, was im Einzelfall zu berücksichtigen bzw. zu prüfen ist.

Als Zusammenfassung der Wirkungsergebnisse der hier durchgeführten Wirkungsanalyse mit den in *Kap. 16.1 Kennzahlen der Wirkungsanalyse* genannten Variablen steht die Aussage, dass als Hauptbeeinflusser – und daher von entscheidender Bedeutung – bei der Planung und Optimierung von Intralogistiksystemen bei einer Eingabeparametervariation auf die Hälfte bzw. auf das Eineinhalbfache des im Modell angenommenen Grundwertes die Kennzahl

„ABC-Struktur“

- mit einer Absolutwirkung von 300,0 % und einer Beeinflussung von 19 Ausgabevariablen

den größten Einfluss bei den ausgewählten Ausgabeparametern erzielt, gefolgt von

„Ø Aufträge pro Tag“

- mit einer Absolutwirkung von 168,64 % und einer Beeinflussung von 26 Ausgabevariablen und

„Picks pro Position“

- mit einer Absolutwirkung von 166,47 % und einer Beeinflussung von 27 Ausgabevariablen und

„Ø Positionen pro Auftrag“

- mit einer Absolutwirkung von 166,47 % und einer Beeinflussung von 26 Ausgabevariablen und

„Betriebsdauer“

- mit einer Absolutwirkung von 183,33 % und einer Beeinflussung von 14 Ausgabevariablen,

um hier zumindest die wichtigsten Beeinflusser zu nennen.

Alle weiteren lt. *Kap. 16.1 Kennzahlen der Wirkungsanalyse* nachrangig ausgegebenen Ergebnisse für die Eingabevariablen sind der *Abbildung 61: Eingabevariablen, sortiert n. Beeinflussungen u. Wirkungsbreiten, log. Darstellung* zu entnehmen. Die weiteren zehn Eingabekennzahlen sind unter Angabe der Absolutwirkung und Anzahl der Beeinflussungen nachfolgend in der Reihenfolge absteigend aufgeführt:

„Lagertransportstrecken ¹⁶ “	204,82 % Absolutwirkung mit 26 Beeinflussungen
„Ø Wert pro Artikel“	161,10 % Absolutwirkung mit 13 Beeinflussungen
„Ø Lagerbestand je Artikel“	133,33 % Absolutwirkung mit 19 Beeinflussungen
„Anzahl Lagerartikel“	123,17 % Absolutwirkung mit 30 Beeinflussungen
„Ø Picks/ Versandeinheit“	133,33 % Absolutwirkung mit 13 Beeinflussungen
„Letzte Bereitstellung Versand“	125,71 % Absolutwirkung mit 2 Beeinflussungen
„Kommissionierungen pro Werker“	133,33 % Absolutwirkung mit 9 Beeinflussungen
„Versandverpack. pro Werker“	133,33 % Absolutwirkung mit 9 Beeinflussungen
„WE-Pos. pro Werker“	133,33 % Absolutwirkung mit 8 Beeinflussungen
„Warenannahmezeit“	133,33 % Absolutwirkung mit 8 Beeinflussungen

Alle Wirkungsergebnisse der Eingabevariablenanalyse sind in der anschließend gezeigten *Abbildung 61: Eingabevariablen, sortiert n. Beeinflussungen u. Wirkungsbreiten, log. Darstellung* grafisch in logarithmischer Form in der Reihenfolge absteigend dargestellt.

¹⁶ Prozentualer Anteil der automatisierten Lagertransportstrecken.

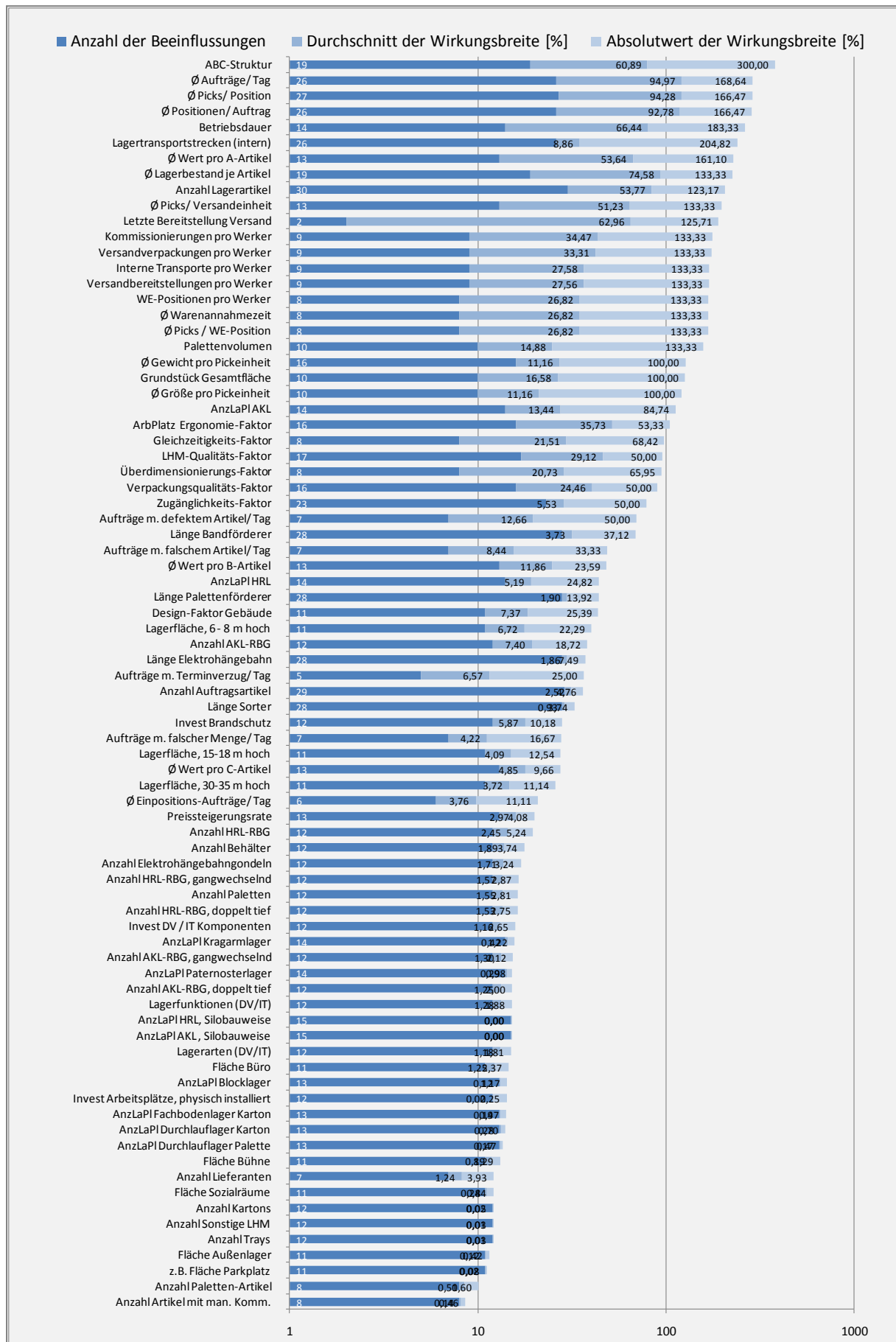


Abbildung 61: Eingabevariablen, sortiert n. Beeinflussungen u. Wirkungsbreiten, log. Darstellung

Reihenfolge	Eingabevariable	Anzahl der Beeinflussungen	Durchschnitt der Wirkungsbreite [%]	Absolutwert der Wirkungsbreite [%]
1	ABC-Struktur	19	60,89	300,00
2	Ø Aufträge/ Tag	26	94,97	168,64
3	Ø Picks/ Position	27	94,28	166,47
4	Ø Positionen/ Auftrag	26	92,78	166,47
5	Betriebsdauer	14	66,44	183,33
6	Lagertransportstrecken (intern)	26	8,86	204,82
7	Ø Wert pro A-Artikel	13	53,64	161,10
8	Ø Lagerbestand je Artikel	19	74,58	133,33
9	Anzahl Lagerartikel	30	53,77	123,17
10	Ø Picks/ Versandeinheit	13	51,23	133,33
11	Letzte Bereitstellung Versand	2	62,96	125,71
12	Kommissionierungen pro Werker	9	34,47	133,33
13	Versandverpackungen pro Werker	9	33,31	133,33
14	Interne Transporte pro Werker	9	27,58	133,33
15	Versandbereitstellungen pro Werker	9	27,56	133,33
16	Ø Picks / WE-Position	8	26,82	133,33
17	Ø Warenannahmezeit	8	26,82	133,33
18	WE-Positionen pro Werker	8	26,82	133,33
19	Palettenvolumen	10	14,88	133,33
20	Ø Gewicht pro Pickereinheit	16	11,16	100,00
21	Grundstück Gesamtfläche	10	16,58	100,00
22	Ø Größe pro Pickereinheit	10	11,16	100,00
23	AnzLaPI AKL	14	13,44	84,74
24	ArbPlatz Ergonomie-Faktor	16	35,73	53,33
25	Gleichzeitigkeits-Faktor	8	21,51	68,42
26	LHM-Qualitäts-Faktor	17	29,12	50,00
27	Überdimensionierungs-Faktor	8	20,73	65,95
28	Verpackungsqualitäts-Faktor	16	24,46	50,00
29	Zugänglichkeits-Faktor	23	5,53	50,00
30	Aufträge m. defektem Artikel/ Tag	7	12,66	50,00
31	Länge Bandförderer	28	3,73	37,12
32	Aufträge m. falschem Artikel/ Tag	7	8,44	33,33
33	Ø Wert pro B-Artikel	13	11,86	23,59
34	AnzLaPI HRL	14	5,19	24,82
35	Länge Palettenförderer	28	1,90	13,92
36	Design-Faktor Gebäude	11	7,37	25,39
37	Lagerfläche, 6 - 8 m hoch	11	6,72	22,29
38	Anzahl AKL-RBG	12	7,40	18,72
39	Länge Elektrohängebahn	28	1,86	7,49
40	Aufträge m. Terminverzug/ Tag	5	6,57	25,00
41	Anzahl Auftragsartikel	29	2,52	4,76
42	Länge Sorter	28	0,93	3,74
43	Invest Brandschutz	12	5,87	10,18
44	Aufträge m. falscher Menge/ Tag	7	4,22	16,67
45	Lagerfläche, 15-18 m hoch	11	4,09	12,54
46	Ø Wert pro C-Artikel	13	4,85	9,66
47	Lagerfläche, 30-35 m hoch	11	3,72	11,14
48	Ø Einpositions-Aufträge/ Tag	6	3,76	11,11
49	Preissteigerungsrate	13	2,97	4,08
50	Anzahl HRL-RBG	12	2,45	5,24
51	Anzahl Behälter	12	1,89	3,74
52	Anzahl Elektrohängebahngondeln	12	1,71	3,24
53	Anzahl HRL-RBG, gangwechselnd	12	1,57	2,87
54	Anzahl Paletten	12	1,55	2,81
55	Anzahl HRL-RBG, doppelt tief	12	1,53	2,75
56	Invest DV / IT Komponenten	12	1,16	2,65
57	AnzLaPI Kragarmlager	14	0,42	1,22
58	Anzahl AKL-RBG, gangwechselnd	12	1,30	2,12
59	AnzLaPI Paternosterlager	14	0,29	0,98
60	Anzahl AKL-RBG, doppelt tief	12	1,25	2,00
61	Lagerfunktionen (DV/IT)	12	1,28	1,88
62	AnzLaPI HRL, Silobauweise	15	0,00	0,00
63	AnzLaPI AKL, Silobauweise	15	0,00	0,00
64	Lagerarten (DV/IT)	12	1,18	1,81
65	Fläche Büro	11	1,25	2,37
66	AnzLaPI Blocklager	13	0,12	1,17
67	Invest Arbeitsplätze, physisch installiert	12	0,00	2,25
68	AnzLaPI Fachbodenlager Karton	13	0,14	0,97
69	AnzLaPI Durchlaufager Karton	13	0,28	0,70
70	AnzLaPI Durchlaufager Palette	13	0,17	0,47
71	Fläche Bühne	11	0,89	1,29
72	Anzahl Lieferanten	7	1,24	3,93
73	Fläche Sozialräume	11	0,24	0,84
74	Anzahl Kartons	12	0,02	0,05
75	Anzahl Trays	12	0,01	0,03
76	Anzahl Sonstige LHM	12	0,01	0,03
77	Fläche Außenlager	11	0,12	0,42
78	z.B. Fläche Parkplatz	11	0,02	0,08
79	Anzahl Paletten-Artikel	8	0,50	1,60
80	Anzahl Artikel mit man. Komm.	8	0,14	0,46

Nebenstehend befindet sich die gesamte Tabelle, aus der die einzelnen Werte zur *Abbildung 61: Eingabevariablen, sortiert n. Beeinflussungen u. Wirkungsbreite* ersichtlich sind.

Tabelle 9: *Beeinflussungen und Wirkungsbreite der Eingabevariablen*

Anhand der nachfolgenden 3 Beispiele sind die Wirkungs-Diagramme stellvertretend für die durchgeführten Wirkungsanalysen die wirkungsstärksten Eingabevariablen der o.g. *Abbildung 61: Eingabevariablen, sortiert n. Beeinflussungen u. Wirkungsbreiten, log. Darstellung* aufgeführt. Anhand dieser Diagramme ist die Einzelwirkung der Eingabevariablenvariation von +/- 50 % auf die jeweilige Ausgabevariable erkennbar.

Beispiel 1:

Eingabekennzahl „ABC-Struktur“

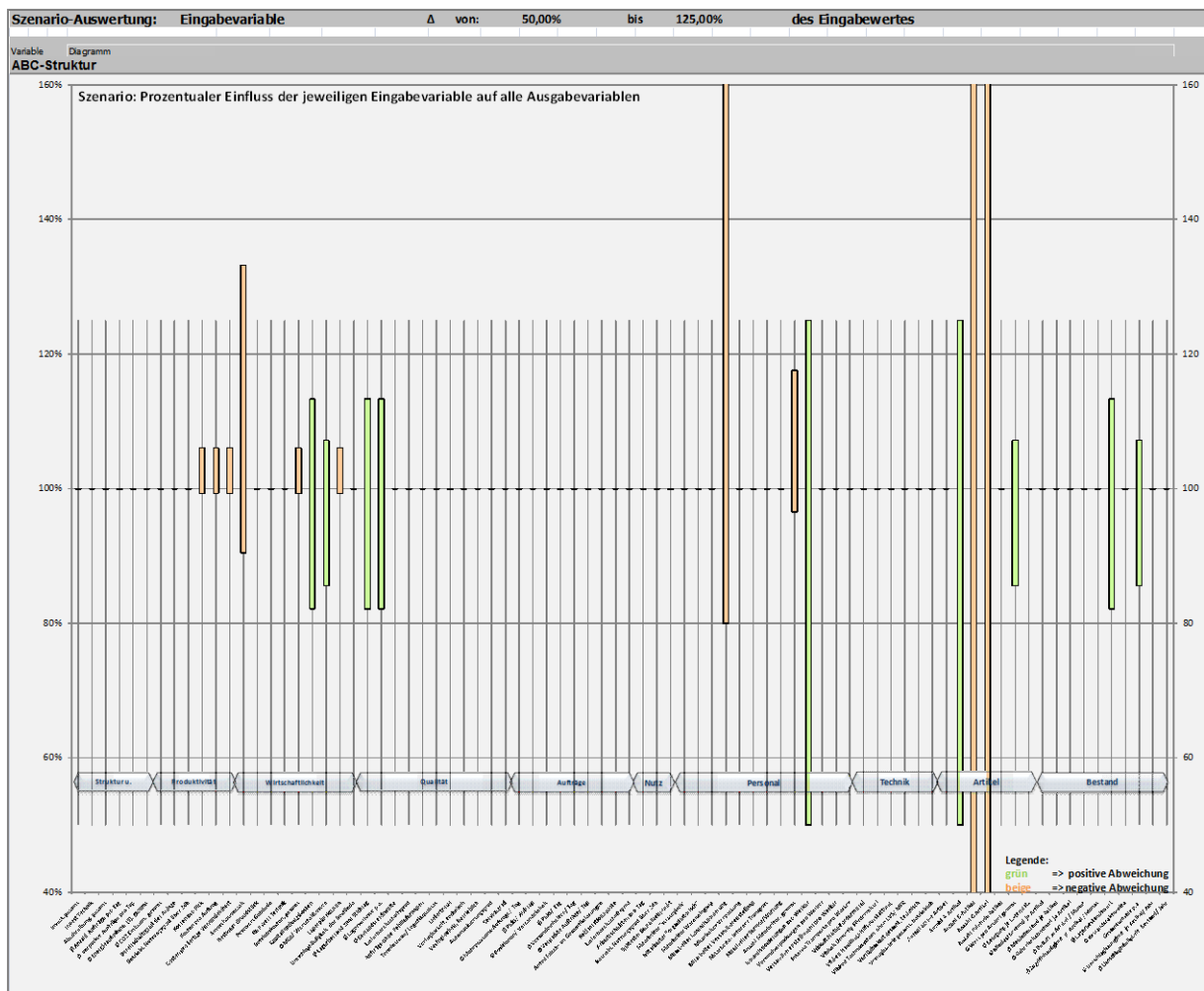


Abbildung 62: *Wirkungsanalyse Eingabevariable „ABC-Struktur“*

Aussage:

Bei der Parametervariation der Eingabekennzahl „ABC-Struktur“ mit einer im Modell angenommenen Verteilung von 80:20¹⁷ in den Grenzen von 50:50 und 90:10 ergeben sich bei den in dieser Analyse beobachteten 80 Ausgabekennzahlen insgesamt 19 Beeinflussungen, vorrangig im Bereich der Produktivität, mit der Kennzahl „Kosten pro Pick“, die asynchron steigen und fallen, Beeinflussungen im Bereich der Wirtschaftlichkeit mit der Kennzahl „Kapitalbindungskosten“, Beeinflussungen im Bereich Personal mit der „Anzahl der Kommissionierer“ sowie im Bereich Artikel und Bestand.

¹⁷ 80:20 bedeutet: 80 % des Umsatzes werden mit 20 % der Artikel generiert

Die stärkste Beeinflussung erfährt die Kennzahl „Anzahl der Kommissionierer“, die asynchron mit der Veränderung der ABC-Struktur steigt und fällt. Dies erklärt sich dadurch, dass mit steigender ABC-Struktur in Richtung 90:10 die Pickleistung steigt, da mehr Artikelzugriffe auf den gleichen Artikel an der gleichen Pickposition möglich sind.

Beispiel 2:

Eingabekennzahl „Ø Aufträge pro Tag“

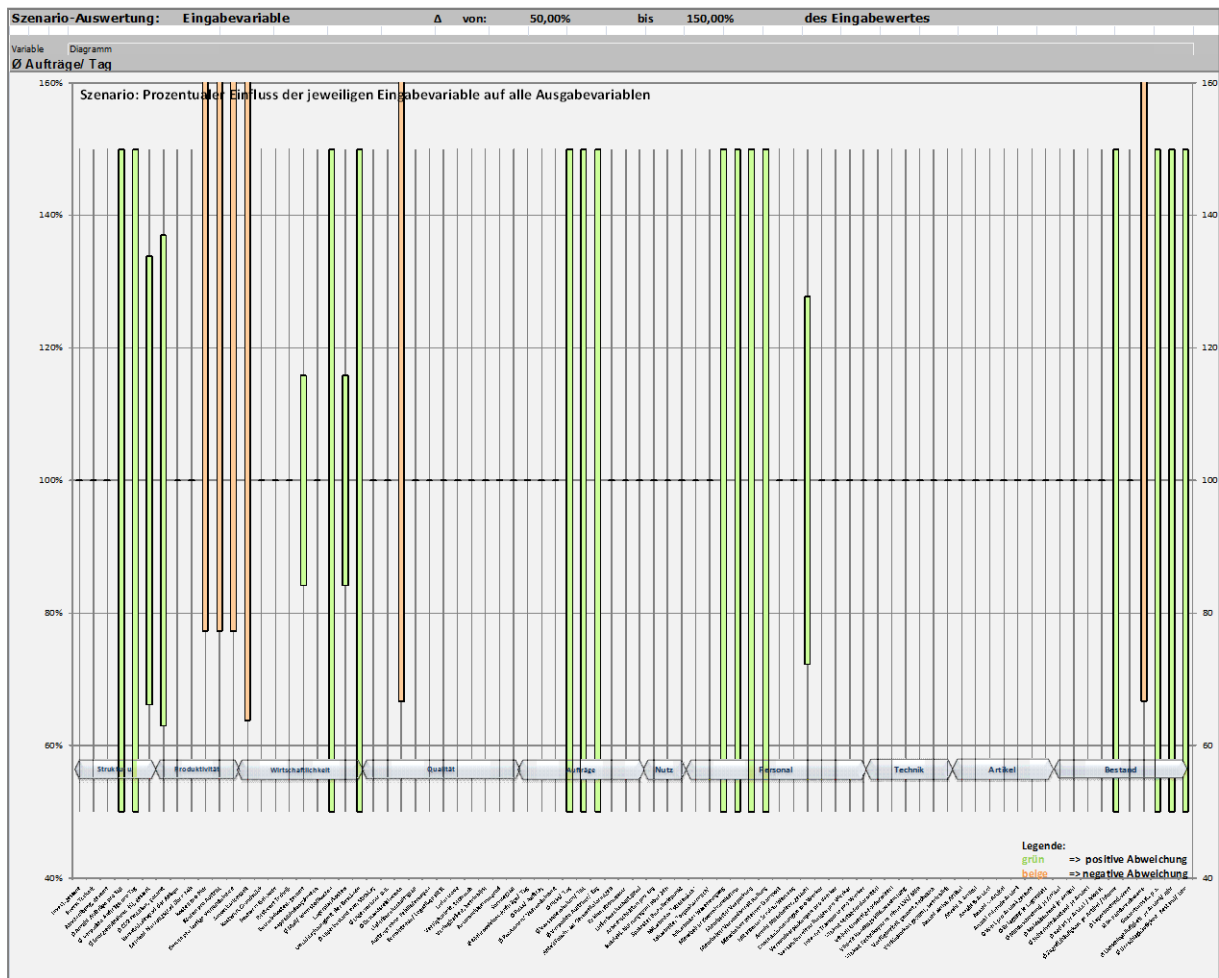


Abbildung 63: Wirkungsanalyse Eingabevariable „Ø Aufträge pro Tag“

Aussage:

Bei der Parametervariation der Eingabekennzahl „Ø Aufträge pro Tag“ ergeben sich bei den in dieser Analyse beobachteten 80 Ausgabekennzahlen insgesamt 26 Beeinflussungen vorrangig im Bereich der Struktur- und Rahmenkennzahlen mit „Energieaufnahme, gesamt“ und damit verbunden die „CO₂ Emission“, die mit zunehmender Auftragsmenge lastabhängig steigt, wobei die Produktivkennzahl „Kosten pro Pick“ mit zunehmender Auftragsmenge sinkt. Weiter angesprochene Ausgabekennzahlen fallen in die Bereiche Wirtschaftlichkeit und Bestand

Die größte Beeinflussung erfährt jedoch die „Amortisationszeit, die mit zunehmender Menge an Aufträgen pro Tag deutlich sinkt, wobei bei einer Verringerung des Auftragsdurchsatzes die „Amortisationszeit“ überproportional ansteigt.

Generell kann anhand der starken Ausprägung der einzelnen Wirkungen gesagt werden, dass es sich bei der Kennzahl „Ø Aufträge pro Tag“ um eine wirkungsstarke Logistikvariable handelt, die deutlichen Einfluss auf eine Vielzahl von Logistikkennzahlen ausübt und daher bei Intralogistikplanung und -optimierung eine wichtige Rolle spielt.

Es ist daher sinnvoll, das gesamte Intralogistiksystem auf die Bedarfe genau abzustimmen. Vorinstallierte Überkapazitäten, die nicht abgerufen werden können, wirken sich deutlich auf die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems aus.

Beispiel 3:

Eingabekennzahl „Ø Picks pro Auftragsposition“

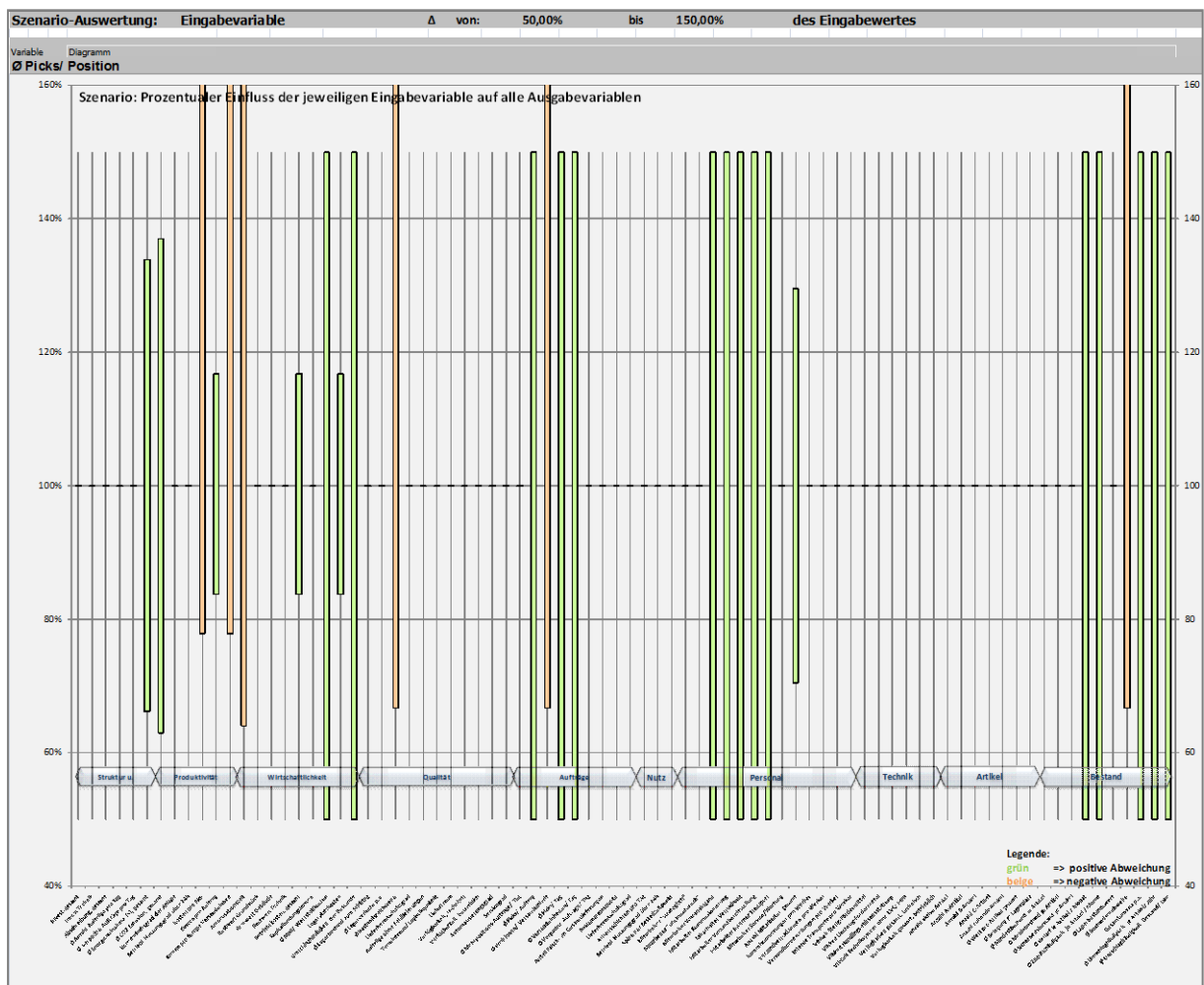


Abbildung 64: Wirkungsanalyse Eingabevariable „Ø Picks pro Position“

Aussage:

Bei der Parametervariation der Eingabekennzahl „Ø Picks pro Auftragsposition“ ergeben sich bei den in dieser Analyse beobachteten 80 Ausgabekennzahlen insgesamt 27 Beeinflussungen mit starker Wirkung, vorrangig im Bereich der Struktur- und Rahmenkennzahlen mit „Energieaufnahme, gesamt“ und damit verbunden die „CO₂-Emission“, die mit zunehmenden Positionen pro Auftragsposition steigt, wobei die Produktivkennzahl „Kosten pro Pick“ mit zunehmender Anzahl „Picks pro Position“ sinkt. Weiter angesprochene Ausgabekennzahlen fallen in die Bereiche Wirtschaftlichkeit und Bestand.

Die größte Beeinflussung erfährt jedoch die „Amortisationszeit“, die mit zunehmender Menge von „Picks pro Position“ deutlich sinkt, wobei bei einer Verringerung der „Picks pro Position“ die „Amortisationszeit“ überproportional ansteigt. Eine Veränderung der Auftragsstruktur wirkt sich deutlich auf die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems aus.

Grundsätzlich kann anhand der starken Ausprägung der einzelnen Wirkungen gesagt werden, dass es sich bei der Kennzahl „Ø Picks pro Auftragsposition“ um eine wirkungsstarke Logistikvariable handelt, die deutlichen Einfluss auf eine Vielzahl von Logistikkennzahlen ausübt und daher bei Intralogistikplanung und -optimierung eine wichtige Rolle spielt.

7.4.2. Wirkung auf die Ausgabevariablen:

Um eine Rangfolge der am meisten beeinflussten Ausgabevariablen zu erstellen, wurde bei der Auswertung der Wirkungsgesamtergebnisse neben der Anzahl der Beeinflussungen durch Eingabevariablen und der Absolutwirkung zusätzlich die Beeinflussungsintensität der Ausgabevariablen als Begriff für den Durchschnitt der jeweiligen Wirkungsbreite bewertet, die sich aus dem Mittelwert der Einzelwirkungen errechnet.

$$\text{Beeinflussungsintensität} = \text{Mittelwert aller Wirkungsbreiten je Ausgabevariable}$$

Durch diesen Mittelwert als Glättungsfaktor wird sichergestellt, dass nicht nur der Minimal- und Maximalwert der Wirkungsbreite, sondern auch der sich durch die Anzahl der Wirkungen ergebende Mittelwert der Beeinflussungen durch Eingabevariable berücksichtigt wird.

Reihenfolge	Eingabevariable	Anzahl der Beeinflussungen	Durchschnitt der Wirkungsbreite [%]	Absolutwert der Wirkungsbreite [%]
1	Mitarbeiter Kommissionierung	12	74,54	183,33
2	Amortisationszeit	73	13,16	168,64
3	Ø Bestandsreichweite	6	100,00	133,33
4	Ø Energieaufnahme (S), gesamt	17	29,03	124,11
5	Kosten pro Pick	73	6,67	91,02
6	Lagerplatzkosten	73	5,73	82,57
7	Kapitalbindungskosten	7	47,31	100,00
8	Anzahl Mitarbeiter, gesamt	66	7,71	59,07
9	Energiekosten (in Betr.Kosten enth.)	20	21,98	74,11
10	Ø CO2 Emission, gesamt	20	21,98	74,11
11	Betriebskosten, gesamt	72	4,35	33,04
12	Betriebskosten Personal	49	9,28	46,19
13	Betriebskosten Technik	51	5,74	35,72
14	Abschreibung, gesamt	44	3,26	25,23
15	Invest Technik	34	4,76	33,70
16	Invest, gesamt	45	2,63	16,64
17	Betriebskosten Gebäude	14	6,03	19,44
18	Automatisierungsgrad	16	0,63	3,70
19	Servicegrad	15	0,22	1,08
20	Lieferbereitschaftsgrad	14	0,33	1,03

Nebenstehend befindet sich die Tabelle, aus der die einzelnen Werte zur *Abbildung 65: Ausgabevariablen, sortiert nach durchschn. und absoluter Wirkung, subsumiert* ersichtlich sind.

Tabelle 10: *Beeinflussungen und Wirkungsbreiten der Ausgabevariablen*

Im nachfolgenden Diagramm in der *Abbildung 65: Ausgabevariablen, sortiert nach durchschn. und absoluter Wirkung, subsumiert* sind zusammenfassend alle betrachteten Ausgabevariablen absteigend sortiert aufgeführt.

Bei dieser Darstellung wurde, wie schon bei den Eingabevariablen, eine Subsumierung je Ausgabevariable durchgeführt. Es wurden für die jeweilige Ausgabevariable die Anzahl der Beeinflussung, der Durchschnitt der Wirkungsbreite als Beeinflussungsintensität und das Maximum der jeweiligen Wirkungsbreite, die Absolutwirkung zusammengefasst (*siehe Tabelle 10: Beeinflussungen und Wirkungsbreiten der Ausgabevariablen*).

Hierbei ist erkennbar, dass einerseits die Ausgabekennzahlen mit der größten Wirkungsbreite, also die Wirkungsspannweite, nicht unbedingt auch durch die meisten Eingabekennzahlen beeinflusst werden, was die Interpretation zulässt, dass die Ausgabekennzahlen mit wenig Beeinflussungen und einer großen Wirkungsspannweite eine hohe Sensibilität, also Beeinflussbarkeit, besitzen und daher in ihrer Betrachtung und Bewertung im logistischen System ggf. von besonderer Bedeutung sein können, was im Einzelfall zu berücksichtigen bzw. zu prüfen ist.

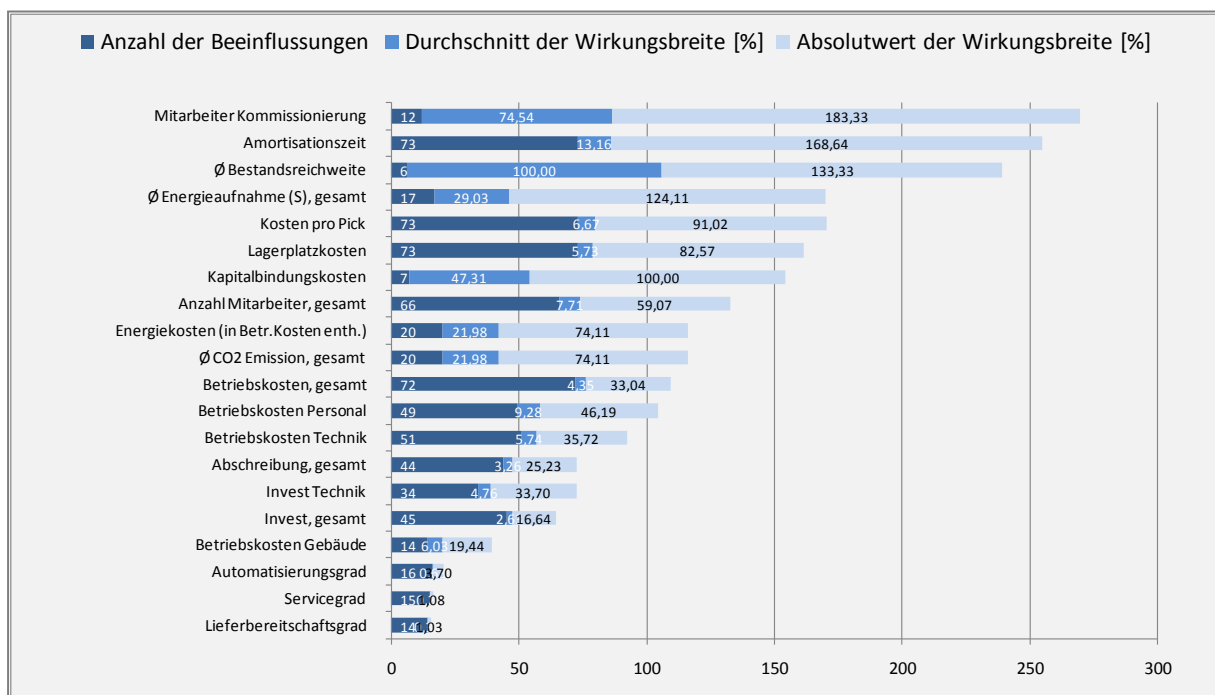


Abbildung 65: Ausgabevariablen, sortiert nach durchschn. und absoluter Wirkung, subsumiert

Als Zusammenfassung der Wirkungsergebnisse der hier durchgeführten Wirkungsanalyse mit den in Kap. 16.1 Kennzahlen der Wirkungsanalyse genannten Variablen ist die Aussage zu betrachten, dass als hauptbeeinflusste Ausgabevariablen bei einer Eingabeparametervariation auf die Hälfte bzw. auf das Eineinhalbfache des im Modell angenommenen Grundwertes die Kennzahl

„Mitarbeiter Kommissionierung“

- mit einer Absolutwirkung von 183,33 %, einer durchschnittlichen Wirkungsbreite von 74,54 % und einer Beeinflussung durch 12 Eingabevariablen

die größte Beeinflussung bei den ausgewählten Ausgabeparametern erfährt, gefolgt von

„Amortisationszeit“

- mit einer Absolutwirkung von 168,64 %, einer durchschnittlichen Wirkungsbreite von 13,16 % und einer Beeinflussung durch 73 Eingabevariablen und

„Ø Bestandsreichweite“

- mit einer Absolutwirkung von 133,33 %, einer durchschnittlichen Wirkungsbreite von 100,00 % und einer Beeinflussung durch 6 Eingabevariablen und

„Ø Energieaufnahme, gesamt“

- mit einer Absolutwirkung von 124,11 %, einer durchschnittlichen Wirkungsbreite von 29,03 % und einer Beeinflussung durch 17 Eingabevariablen und

„Kosten pro Pick“

- mit einer Absolutwirkung von 91,02 %, einer durchschnittlichen Wirkungsbreite von 6,67% und einer Beeinflussung durch 73 Eingabevariablen,

um hier die am meisten beeinflussten Ausgabevariablen zu nennen.

Alle weiteren lt. *Kap. 16.1 Kennzahlen der Wirkungsanalyse* nachrangig ausgegebenen Ergebnisse für die Eingabevariablen sind der *Tabelle 10: Beeinflussungen und Wirkungsbreiten der Ausgabevariablen* zu entnehmen.

Werden die Ausgabevariablen abweichend von der oben beschriebenen Wertung nach Anzahl der Beeinflussungen sortiert, ergibt sich folgendes Bild:

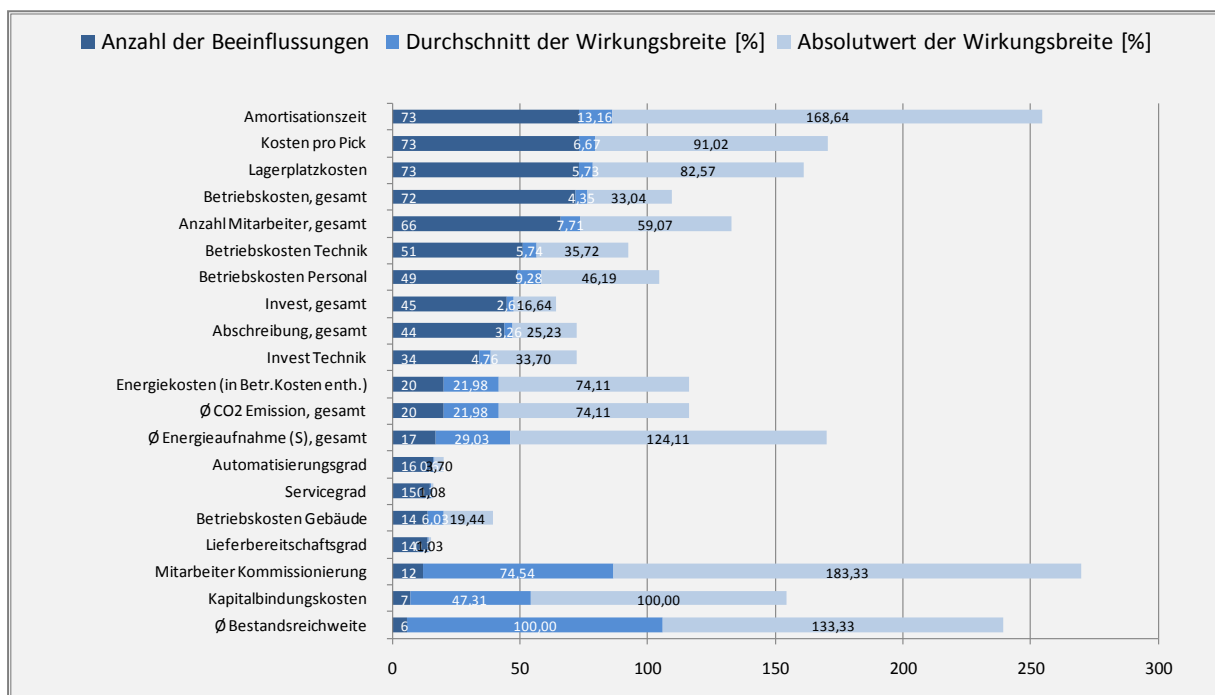


Abbildung 66: *Ausgabevariablen sortiert nach Anzahl der Beeinflussungen*

Die Wertung verschiebt sich mit folgender Reihenfolge:

„Amortisationszeit“

- mit einer Absolutwirkung von 168,64 %, einer durchschnittlichen Wirkungsbreite von 13,16 % und einer Beeinflussung durch 73 Eingabevariablen

„Kosten pro Pick“

- mit einer Absolutwirkung von 91,02 %, einer durchschnittlichen Wirkungsbreite von 6,67 % und einer Beeinflussung durch 73 Eingabevariablen

„Lagerplatzkosten“

- mit einer Absolutwirkung von 82,57 %, einer durchschnittlichen Wirkungsbreite von 5,73 % und einer Beeinflussung durch 73 Eingabevariablen

„Betriebskosten, gesamt“

- mit einer Absolutwirkung von 33,04 %, einer durchschnittlichen Wirkungsbreite von 4,35 % und einer Beeinflussung durch 72 Eingabevariablen

und

„Anzahl Mitarbeiter, gesamt“

- mit einer Absolutwirkung von 59,07 %, einer durchschnittlichen Wirkungsbreite von 7,71 % und einer Beeinflussung durch 66 Eingabevariablen

Aussage:

Durch die unterschiedliche Gewichtung einerseits nach der Anzahl der Beeinflussungen und andererseits nach den Wirkungsbreiten bei den Ausgabevariablen ergibt sich folgende Aussage:

Je nachdem ob die durchschnittliche Wirkungsbreite bzw. maximale Wirkung oder die Beeinflussungsintensität, vertreten durch die Anzahl der Beeinflussungen im Vordergrund steht, ergeben sich andere Hauptbeeinflusser.

Stehen bei der Sortierung nach durchschnittlicher Wirkungsbreite und absoluter Wirkung mehr die von der Auftragslast abhängigen Ausgabekennzahlen wie „Mitarbeiter Kommissionierung“ und „Ø Bestandsreichweite“ im Vordergrund, rücken bei der Sortierung nach Beeinflussungsintensität die Betriebskosten bei den Ausgabekennzahlen mehr in den Fokus.

Bei beiden Betrachtungsweisen sind die „Amortisationszeit“, die „Kosten pro Pick“, die „Anzahl Mitarbeiter, gesamt“ und die „Lagerplatzkosten“ gleichermaßen vertreten, die sich damit als die am meisten beeinflussten Ausgabekennzahlen herausstellen.

In den nachfolgenden Diagrammen sind stellvertretend für alle durchgeführten Wirkungsanalysen die drei wirkungsstärksten der oben gezeigten *Abbildung 65: Ausgabevariablen, sortiert nach durchschn. und absoluter Wirkung* aufgeführt. Anhand dieser Diagramme ist die Einzelbeeinflussung der Ausgabevariablenvariation durch die jeweilige Eingabevariable verdeutlicht.

Ausgabekennzahl „Anzahl Mitarbeiter Kommissionierung“



Abbildung 67: Wirkungsanalyse Ausgabevariable „Mitarbeiter Kommissionierung“

Die wesentlichen Beeinflusser der „Anzahl Mitarbeiter Kommissionierung“ können durch diese Analyse wie folgt herausgestellt werden:

- Kommissionierleistung pro Werker
- Betriebsdauer
- Ø Aufträge/ Tag
- Ø Positionen/ Auftrag
- Ø Picks/ Position

gefolgt von:

- Arbeitsplatzergonomie
- Verpackungs- und Ladehilfsmittelqualität

Aussage und Schlussfolgerung:

Die benötigte Anzahl der Mitarbeiter im Bereich der Kommissionierung wird neben der Betriebsdauer am stärksten durch die Leistung pro Mitarbeiter geprägt. Als wesentlicher Beitrag zu einem wirtschaftlichen Betrieb eines Intralogistiksystems stellt sich daher die Mitarbeiterleistung als internes Steuerelement heraus, wodurch der Ergonomie der Arbeitsplätze besondere Bedeutung als leistungssteuerndes Element zukommt.

Die Artikel- und Auftragsstruktur, die ebenfalls Einfluss auf die Pickleistung der Werker nimmt, ist ein äußeres Steuerelement, was nur strategisch durch Marktorientierung und -Entwicklung gesteuert werden kann.

Die Qualität der Verpackung bzw. die Ladehilfsmittel der zu kommissionierenden Produkte, Artikel oder Greifeinheiten beeinflussen die Leistung der Kommissionierer, und nicht nur dort, sondern überall wo eine Warenbewegung stattfindet.

Aus der Analyse ebenfalls ersichtlich ist, dass die Ladehilfsmittelqualität eine nicht zu vernachlässigende Rolle bei der Leistungsfähigkeit und damit bei der benötigten Anzahl der Mitarbeiter spielt. Bei zunehmender Qualitätsverschlechterung ist z.B. die zusätzliche Handhabung durch Umpacken von Artikeln im Wareneingang erforderlich, wodurch bei gleicher Betriebsdauer zusätzliche Arbeitskräfte erforderlich werden.

Ausgabekennzahl „Amortisationszeit“

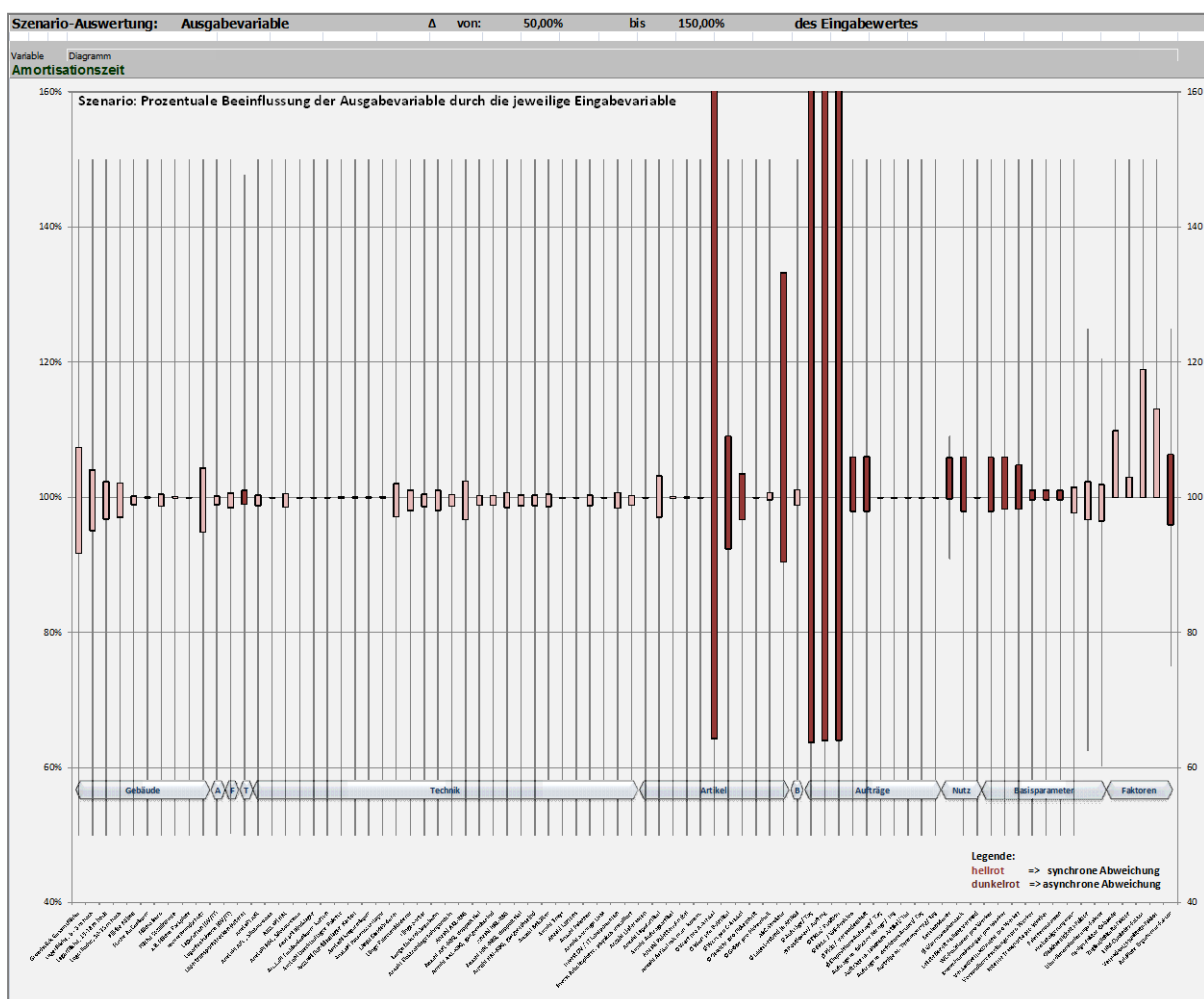


Abbildung 68: Wirkungsanalyse Ausgabevariable „Amortisationszeit“

Die wesentlichen Beeinflusser der „Amortisationszeit“ können durch diese Analyse wie folgt herausgestellt werden:

Lastabhängige Größen wie:

- Ø Aufträge/ Tag
- Ø Positionen/ Auftrag
- Ø Picks/ Position

Statische Investgrößen wie:

- Invest, Grundstück
- Invest, Immobilie
- Invest, Technik

gefolgt von Beeinflussern des Technikinvests wie:

- Ladehilfsmittelqualität, die den Technikinvest beeinflusst
- Verpackungsqualität, die den Technikinvest beeinflusst
- Arbeitsplatzergonomie, die die Leistung der Mitarbeiter und damit die Personalbetriebskosten beeinflusst.

Aussage und Schlussfolgerung:

Aus dem Diagramm in *Abbildung 68: Wirkungsanalyse Ausgabevariable „Amortisationszeit“* ist leicht erkennbar, dass die „Amortisationszeit“ von sehr vielen Eingabevariablen beeinflusst wird, wobei sich als Hauptbeeinflusser die Auftragsstruktur mit der Anzahl der Aufträge pro Tag, mit den Positionen pro Auftrag und Picks pro Position sowie die Artikelstruktur mit der zugehörigen ABC-Verteilung herauskristallisieren

Die Durchsatzmenge von Aufträgen und der damit verbundene Umsatz und Gewinn sind entscheidend für die Amortisationszeit.

Zusätzlich ist erkennbar, dass die Qualität der Ladehilfsmittel und der Verpackung, wie schon bei der Anzahl der Kommissionierer, ebenfalls die Amortisationszeit deutlich beeinflusst, bedingt durch zusätzlichen Aufwand im Bereich der Transport- und Lagertechnik sowie ein aus der Qualitätsminderung resultierenden Mehraufwand beim manuellen Bewältigen der Warenbewegungen.

Ausgabekennzahl „Betriebskosten, gesamt“

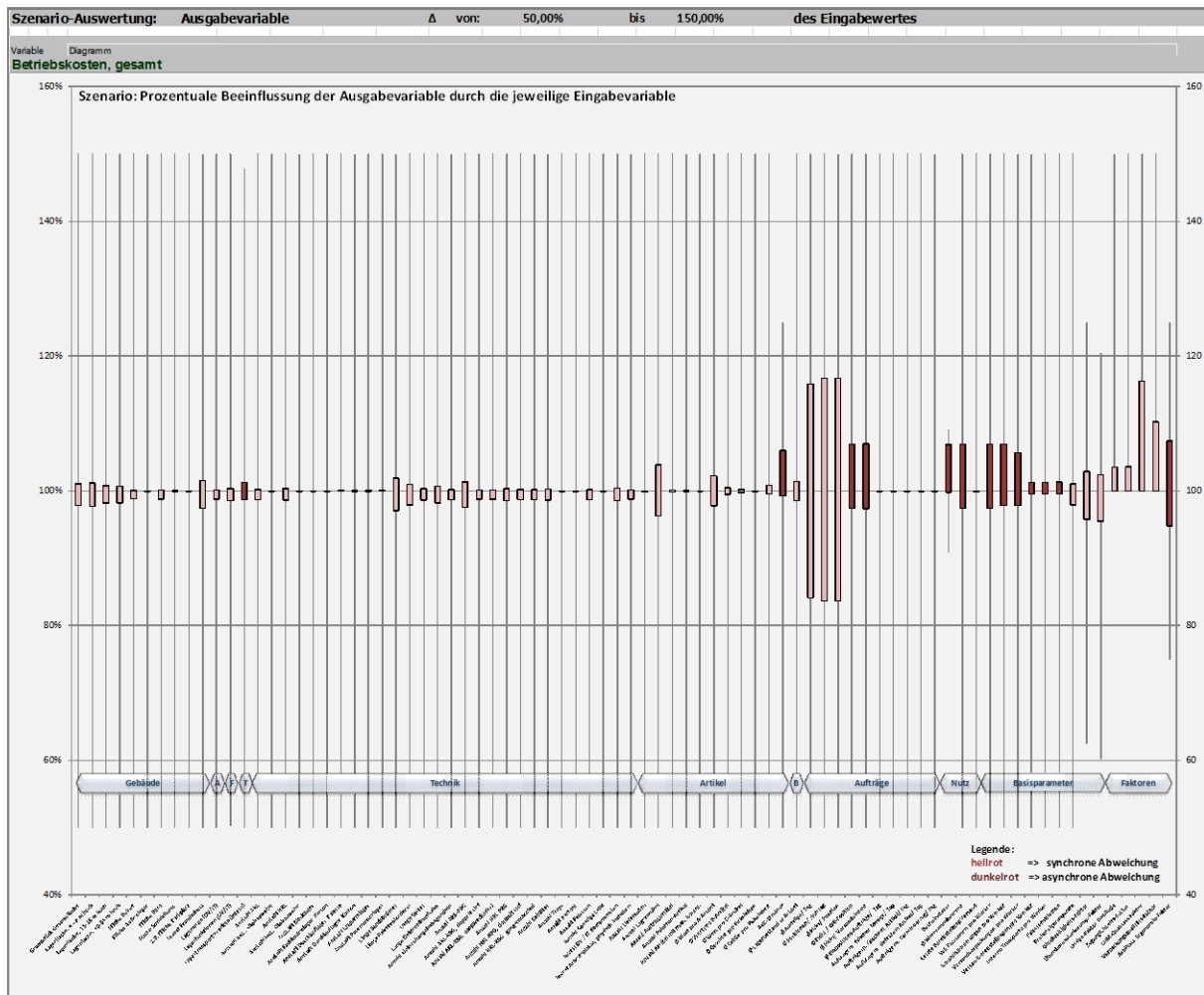


Abbildung 69: Wirkungsanalyse Ausgabevariable „Betriebskosten, gesamt“

Die wesentlichen Beeinflusser der „Betriebskosten, gesamt“ können durch diese Analyse wie nachfolgend aufgeführt, herausgestellt werden:

Lastabhängige Größen wie:

- Ø Aufträge/ Tag
- Ø Positionen/ Auftrag
- Ø Picks/ Position

gefolgt von:

- Ladehilfsmittelqualität
- Verpackungsqualität
- Arbeitsplatzergonomie

sowie:

- Anzahl der Lagerartikel

- Ø Wert pro Artikel
- Invest Gebäude und Technik,

Aussage und Schlussfolgerung:

Die Betriebskosten werden, wie schon bei den o.g. Ausgabekennzahlbeispielen, deutlich durch den Auftragsdurchsatz beeinflusst, was durch die lastabhängige Betrachtung der variablen Kosten zum Betrieb eines Intralogistiksystems entsteht. Gleichzeitig spielt auch im Komplex der Gesamtbetriebskosten die Qualität der Ladehilfsmittel wie Behälter, Paletten, Trays usw. und die Qualität der Verpackung der Transporteinheiten eine große Rolle, da bei Minderqualität zusätzliche Kosten für Personal und auch für zusätzlichen Technikeinsatz entstehen.

Die Arbeitsplatzergonomie schlägt ebenfalls merklich zu Buche, da hiermit wiederum die Leistung der Mitarbeiter beeinflusst wird.

Die Anzahl der Lagerartikel beeinflusst die Kapitalbindungskosten: Je mehr Lagerartikel vorhanden sind, desto höher sind die Kapitalbindungskosten, dafür erhöht sich die Lieferfähigkeit, da mehr Artikel zur Auftrags Erfüllung direkt zur Verfügung stehen. Es ergibt sich somit durch Erhöhung der Lieferfähigkeit eine Steigerung der Betriebskosten.

Zusätzlich stellt sich auch der Wert pro Artikel als Kostentreiber heraus, der die Kapitalbindungskosten und damit wiederum indirekt die Betriebskosten beeinflusst.

Da sich die Gesamtbetriebskosten aus den einzelnen Bereichen Betriebskosten für Personal, Technik und Gebäude zusammensetzen, sind die aus der Analyse hervorgehenden Einzelbetrachtungen nachfolgend zusammengestellt:

Als wesentliche Kostentreiber bei den Gebäudebetriebskosten können identifiziert werden:

- Betriebsdauer, Gebäudedesign, Grundstücksfläche, Größe des Lagergebäudes und Kosten für Brandschutz
- Lagergebäude mit geringer Höhe, da sich die Herstellungskosten überproportional gegenüber dem Raumgewinn darstellen
- Aufwendiges Gebäudedesign

Als wesentliche Kostentreiber bei den Technikbetriebskosten können identifiziert werden:

- Auftragsmenge und -struktur, die den Energieverbrauch beeinflussen
- Gleichzeitigkeits- und Überdimensionierungsfaktor der Förder- und Lagertechnikaggregate, die den Energieverbrauch beeinflussen
- Betriebsdauer, die den Energieverbrauch beeinflusst

Als wesentliche Kostentreiber bei den Personalkosten können identifiziert werden:

- Auftragsmenge und -struktur
- Arbeitsplatzergonomie
- Betriebsdauer

Zusammenfassung:

Die Auftragsmenge und -struktur steht bei fast allen Betrachtungen der jeweiligen Wirkungen im Bereich der Ausgabekennzahlen im Vordergrund und hat damit höchste Priorität bei der Planung und Optimierung von Intralogistiksystemen.

Überraschend stellt sich heraus, dass sich z.B. der Anteil der automatisierten Transportstrecken im Bereich der Technikbetriebskosten, bedingt durch einen vermehrten bzw. verringerten Energieverbrauch, verschwindend gering auswirkt, bei den Personalkosten dagegen als Wechselwirkung schon deutlicher ausprägt.

Als Schlussfolgerung daraus ist festzustellen, dass aus der Sicht der laufenden Kosten ein interner Warentransport durch Stetigfördertechnik kostengünstiger als ein manueller Transport z.B. durch Gabelstapler ist.

Mit Hilfe der erstellten Einzelanalysen zur Bewertung der Wirkung der Eingabevariablen auf die Ausgabekennzahlen und Beeinflussung der Ausgabevariablen durch Eingabekennzahlen lassen sich die Wirkzusammenhänge deutlich darstellen, wodurch mit diesem Analysetool die Möglichkeit geschaffen wurde, klare Aussagen treffen zu können.

8. VALIDIERUNG

Validierung bedeutet Plausibilisierung, also die Kontrolle eines konkreten Wertes darauf, ob er in einem vorgegebenen Wertebereich liegt. Bezieht man diese Aussage auf das in dieser Arbeit entwickelte Analysetool, bedeutet das, dass das vorgestellte Kennzahlensystem konsistent, also widerspruchsfrei ist. Konsistenz verlangt, dass alle Kennzahlen, Spitzen- und Zielwerte in einer Ursache-Wirkungs-Beziehung zueinander stehen und sich widerspruchsfrei ergänzen. Die Abhängigkeiten zwischen den Kennzahlen, Spitzen- und Zielwerten können monokausal (1:1-Beziehung) oder multikausal (n:m-Beziehung) sein [Rei01b]. Monokausale Beziehungen sind in der Regel widerspruchsfrei. In der Realität sind die Abhängigkeiten jedoch oftmals multikausal, das heißt, dass Kennzahlen, Spitzen- und Zielwerte von mehreren Größen beeinflusst werden. Aufgestellte Ursache-Wirkungs-Beziehungen besitzen zunächst hypothetischen Charakter, da ihre Gültigkeit bzw. die Konsistenz bewiesen werden muss, was durch geeignete Validierungsmaßnahmen zu gewährleisten ist.

Die Widerspruchsfreiheit verfolgt auch das Ziel der Überprüfung der analytischen Berechnungswege bzw. der sachlogischen Beziehungen der Kennzahlen untereinander.

Nach Abschluss der Implementierungsarbeiten für ein Modell ist der formale Nachweis der Korrektheit, d.h. die Verifikation der erstellten Programmteile notwendig [Arn04a]. Als entscheidender Schritt während und zum Abschluss der Modellerstellung ist die Validierung als Prüfung der hinreichenden Übereinstimmung von Modell und Original zu nennen. Hierbei wird sichergestellt, dass das Modell das Verhalten des betrachteten Systems genügend genau und fehlerfrei widerspiegelt und damit für die anschließenden Experimente in der Realität Gültigkeit besitzt. Die Gültigkeit des Modells bezieht sich auf die strukturellen Beziehungen, das funktionale Verhalten sowie die Anwendbarkeit des Modells zur Analyse des zu betrachtenden Intralogistiksystems. Grundsätzlich stehen unterschiedliche Validierungsmethoden zur Verfügung, die sich im Wesentlichen auf subjektive und objektive Verfahren zurückführen lassen. In diesem Fall wurden subjektive Verfahren der Sensitivitätsanalyse, also die Überprüfung der Empfindlichkeit des Modells unter Extrembedingungen, und objektive Verfahren, hier durch die Wirkungsanalyse der Parametervariation, durchgeführt (*siehe hierzu Kap. 17.2 Protokolle der Validierung*).

8.1. Vorgehensweise der Validierung

Die Validierung [Bal98] des Modells erfolgt intern durch die jeweilige Einzeländerung der Eingabevariablen, die bei der Wirkungsanalyse oberhalb des Schwellenwertes für „einflussstarke Eingabevariable“, z. B. „Anzahl Lagerartikel“ oder „Aufträge pro Tag“ liegen. Bei der jeweiligen Änderung der Eingabekennzahlen wird die Wirkung auf die wesentlichen Ausgabeparameter wie Automatisierungsgrad, Wirtschaftlichkeit und Servicegrad geprüft.

Analog zur Wirkungsanalyse der Eingabevariablen erfolgt die Validierung des Analysetools ebenfalls durch eine Parametervariation von Kennzahlen, die innerhalb des Analysetools benutzt werden. Bei diesen Kennzahlen, die zur Validierung herangezogen werden, handelt es sich sowohl um Eingabewerte als auch um Spitzenkennzahlen aus den Strukturelementen und um Zielkennzahlen aus der Aggregation.

Die einzelnen Module des Bewertungstools wie „Immobilie“, „Arten“, „Funktionen“, „Transporte“, „Technik“, „Artikel“, „Bestand“, „Aufträge“, „Nutzen“ und „Personal“ sind jeweils im Entwicklungsprozess, also während der Programmerstellung in den einzelnen Funktionen und Modulen sogenannten Unit-Tests unterzogen worden, um das korrekte Verhalten und die Ausgabe von logisch und rechnerisch richtigen Werten zu überprüfen.

Dazu wurde als externe Komponente eine Datenbank in Form des Moduls „Basisparameter“, die von dem jeweiligen Modul verwendet werden, in einem definierten Zustand gehalten, damit das Modul in jedem Fall die erwarteten Auswirkungen hat.

Dabei wurde nicht nur die Verarbeitung korrekter Eingabewerte, sondern auch die korrekte Berechnung der Ausgabevariablen geprüft. Diese Tests wurden im Laufe der Entwicklung regelmäßig ausgeführt, um zu verifizieren, dass Änderungen keine unerwünschten Nebeneffekte haben, etwa an ganz anderen Stellen des Analysetools.

8.2. Auswahl der Kennzahlen zur Validierung

Folgende unten aufgeführten Kennzahlen befinden sich als Ergebnis der Wirkungsanalyse (*siehe Kap. 7.3 Ergebnis der Wirkungsanalyse*) oberhalb des Schwellenwertes für einflussstarke Kenngrößen (Eingabevariable) und qualifizieren sich dadurch für eine Verifizierung bei der Validierung des Analysetools.

Technik:

- Anteil der autom. Lagertransportstrecken
- Anzahl AKL-Stellplätze

Bestand:

- Anzahl Lagerartikel
- Anzahl Auftragsartikel
- Ø Lagerbestand je Artikel

Auftragsstruktur:

- ABC-Struktur
- Ø Aufträge/ Tag
- Ø Positionen/ Auftrag
- Ø Picks/ Position
- Ø Picks / WE-Position
- Ø Picks/ Versandeinheit
- Ø Einpositions-Aufträge/ Tag
- Aufträge mit falscher Menge/ Tag
- Aufträge mit falschem Artikel/ Tag
- Aufträge mit defektem Artikel/ Tag
- Aufträge mit Terminverzug/ Tag

Nutzung:

- Betriebsdauer

Basisparameter, Leistung bestimmend:

- WE-Positionen pro Werker
- Kommissionierungen pro Werker
- Versandverpackungen pro Werker
- Versandbereitstellungen pro Werker
- Interne Transporte pro Werker
- Palettenvolumen

Faktoren:

- Preissteigerungsrate
- Design-Faktor Gebäude
- Zugänglichkeits-Faktor
- LHM-Qualitäts-Faktor
- Verpackungsqualitäts-Faktor
- Ergonomie-Faktor

Aufbau der einzelnen Validierungs-Szenarien:

Bei der hier vorgenommenen Validierung wurden die qualifizierten Eingabevariablen mit einem minimalen und maximalen Eingabewert im jeweiligen Modul und in der Gesamtheit des Analysetools getestet. Hierbei wurde die Wirkungsgröße, d.h., welche Variablen angesprochen wurden, die Wirkungsgruppe, d.h., um welche Gruppe von Variablen wie z.B. Beeinflussung der Betriebs- oder Investkosten es sich handelt, in welcher Art, d.h., ob die Ausgaben gering, mittel oder stark volatil beeinflusst werden, welchen Trend, ob mit der Eingabevariablen steigend oder fallend, die Ausgaben aufweisen und ob die Verifikation als wahr, also als in Ordnung angesehen werden kann.

8.3. Validierungs-Szenarien

Beim Aufbau der Validierungsszenarien standen die Verifizierung der Wirkungen der jeweiligen Eingabekennzahl auf die Ausgabekennzahlen sowie deren Schwankungsbreite sowie der Richtungstrend im Vordergrund.

Die Auswahl der Ausgabekennzahlen zur Validierung des Analysetools erfolgte nach den Gesichtspunkten der durch den Lehrstuhl für Controlling und Logistik der WHU Koblenz¹⁸ erstellten Umfrage (*siehe Abbildung 16: Die wichtigsten 40 Kennzahlen*) für die meist gebräuchlichsten KPIs der Distributionslogistik und der Gleichverteilung über die Bereiche des Analysetools und stellt sich wie folgt dar (*siehe auch Kap. 14.18 Ausgabemaske Validierung*):

¹⁸ Wissenschaftliche Hochschule für Unternehmensführung

- Betriebskosten
Gebäude, Technik und Personal sowie Kapital- und Kapitalbindungskosten
- Mengen
Anzahl Mitarbeiter, Energieaufnahme und CO₂ Emission
- Wirtschaftlichkeit
Amortisationszeit, ROI, Restwert Gebäude und Technik
- Qualität
Bestandreichweite, Liefertreue, Sendungsqualität, Lieferbereitschaftsgrad, technische und betriebliche Verfügbarkeit
- Aggregation
Automatisierungsgrad, Kosten pro Pick und Servicegrad

Bei der Anzahl der Wirkungen ging es um die Anzahl der Beeinflussungen, bei der Schwankungsbreite um die jeweilige Auswirkung auf jede einzelne bewirkte Ausgabekennzahländerung.

Beim Richtungstrend ging es bei der Verifizierung darum, ob sich die Ausgabekennzahl mit dem veränderten Wert der Eingabekennzahl synchron oder asynchron ändert. Bei der hier vorgestellten Validierung wurden insgesamt 30 Eingabekennzahlen mit deren Wirkung auf insgesamt 21 Ausgabekennzahlen untersucht, wobei für die Eingabekennzahlen der Eingabewert von -50 % bis +50 % des vorgegebenen Eingabewertes variiert wurde.

Daraus ergab sich eine Ergebnismatrix der Validierung bestehend aus

- 169 Spalten für die Eingabevariablen (eine Spalte für den Originaleingabewert plus 84 x 2 Spalten für die variierten Eingabewerte) und
- 21 Zeilen für die Ausgabewerte der Ausgabekennzahlen.

Insgesamt standen zur Validierung 3.549 Parameter zur Verfügung.

Für jede einzelne Eingabekennzahl wurde anhand der hier vorgestellten Ergebnismatrix die Wirkung auf alle im Validierungsszenario befindlichen Ausgabewerte untersucht. Die Ergebnisfeststellung erfolgt als jeweilige Relativzahl, um eine gesamte Bewertung aller Wirkungen durchführen zu können.

Szenariobericht		Lagertransportstrecken min	Lagertransportstrecken max	AKL Stellplätze min
Veränderbare Zellen (Eingabevariable):				
Lagertransportstrecken (intern)	SG\$24	37.91	100	72.25396825
AnzLaPl AKL	SG\$25	30000	30000	15000
AnzLaPl AKL, Silobauweise	SG\$26	2	2	2
•		•	•	•
•		•	•	•
•		•	•	•
•		•	•	•
Gebäude-Betriebskosten	SP\$96	1.028.822	1.028.822	1.028.822
Technik-Betriebskosten	SP\$97	1.898.725	1.898.725	1.898.725
Personal-Kosten	SP\$98	4.242.406	4.147.843	4.242.406
Kapitalkosten für 1/2 Invest	SP\$99	1.127.016	1.033.266	1.220.766
Kapitalbindungskosten	SP\$100	247.936	247.936	247.936
Anzahl Mitarbeiter	SP\$101	91	90	91
Ø Energieaufnahme pro Jahr	SP\$102	10.018	10.018	10.018
•		•	•	•
•		•	•	•
•		•	•	•
•		•	•	•

Abbildung 70: Ausschnitt aus Ergebnismatrix der Wirkungsanalyse, Validierung

Die nachfolgend aufgeführte Tabelle gibt die Darstellungsstruktur der Validierungen an.

Validierungsszenario n: Benennung der Eingabevariable

- Parametervariation Min.- und Max.-Wert des Modell-Eingabewertes
- Wirkungsgruppe Angabe der von der Eingabevariablen beeinflussten Ausgabevariablen-Gruppe.
- Wirkungsart Angabe, ob die Beeinflussung der Ausgabewerte gering, d.h. unter dem Schwellenwert, mittel, d.h. im Bereich des Schwellenwertes, oder stark, d.h. oberhalb des Schwellenwertes, für einflussstarke Eingabevariable ist.
- Wirkungstrend Angabe, ob die Ausgabewerte mit dem Eingabewert steigen bzw. fallen.
- Wirkungsaussage Kurzbeschreibung der Wirkung der Veränderung der Eingabevariablen.
- Verifikation Sachverhalt wahr oder falsch

Tabelle 11: *Struktur der Validierung*

Alle Eingabevariablen wurden nach der in *Tabelle 11: Struktur der Validierung* dargestellten Art und Weise einzeln geprüft und der gegebene Sachverhalt verifiziert.

8.4. Einzelvalidierung

In diesem Kapitel wird die Vorgehensweise zur Validierung jeder einzelnen lt. Wirkungsanalyse herausgestellten Eingabevariable mit starkem Einfluss beschrieben.

Verifizierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss			Wirkung		Bewertung			
Lagertransportstrecken (intern)		Wert in %	ja	nein	Trend	Kommentar	wahr	unwahr	verifiziert	Validierung
Einfluss auf:	Gebäude-Betriebskosten	-	X			kein Einfl. auf Gebäudeinvest u. Betriebskosten	X		ja	wahr
Einfluss auf:	Technik-Betriebskosten	0,03530 X	-	↑	synchron, da Fördertechnikanteil steigt	X		ja		
Einfluss auf:	Personal-Kosten	-5,45920 X	-	↓	asynchron, da geringerer Anteil der man. Transp	X		ja		
Einfluss auf:	Kapitalkosten für 1/2 Invest	0,02551 X	-	↑	synchron, da Fördertechnikanteil steigt	X		ja		
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten	-	X		kein Einfl. auf Bestand u. Kap-Bindungskosten	X		ja		
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter	-6,25000 X	-	↓	asynchron, da geringerer Anteil der man. Transp	X		ja		
Einfluss auf:	Ø Energieaufnahme pro Jahr	-	X		kein Einfl., da prozess-, nicht technikabhängig	X		ja		
Einfluss auf:	Ø CO2 Emission	-	X		kein Einfl., da el. Verbraucher konstant bleiben	X		ja		
Einfluss auf:	Amortisationszeit	0,00869 X	-	↑	synchron, da höherer Technikinvest	X		ja		
Einfluss auf:	ROI, Return on Invest	-0,02551 X	-	↓	sinkt, da höherer Technikinvest	X		ja		
Einfluss auf:	Restwert Gebäude	-	X		kein Einfl. auf Gebäudeinvest u. Restwert	X		ja		
Einfluss auf:	Restwert Technik	0,06465 X	-	↑	synchron, da Technikinvest steigt	X		ja		
Einfluss auf:	Ø Bestandsreichweite	-	X		kein Einfl. auf Bestandsmenge u. Reichweite	X		ja		
Einfluss auf:	Liefertreue	-	X		asynchron, da techn. Verfügbarkeit sinkt	X		ja		
Einfluss auf:	Sendungsqualität	-	X		kein Einfl. auf Sendungsqualität	X		ja		
Einfluss auf:	Lieferbereitschaftsgrad	-0,01862 X	-	↓	asynchron, da techn. Verfügbarkeit sinkt	X		ja		
Einfluss auf:	Verfügbarkeit, technisch	-0,21642 X	-	↓	asynchron, da steig. Anteil der autom. Transpor	X		ja		
Einfluss auf:	Verfügbarkeit, betrieblich	-0,21642 X	-	↓	asynchron, da steig. Anteil der autom. Transpor	X		ja		
Einfluss auf:	Automatisierungsgrad	14,62524 X	-	↑	synchron, da höherer Fördertechnikanteil	X		ja		
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	-2,69279 X	-	↓	asynchron, da Personalkosten stärker sinken al	X		ja		
Einfluss auf:	Servicegrad	-0,00365 X	-	↓	asynchron, da Fördertechnikanteil synchron, mi	X		ja		

Abbildung 71: *Darstellungsbeispiel Einzelverifizierung*

Erläuterungen zur Darstellung der Einzelverifizierung:

Verifizierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss				Wirkung
Lagertransportstrecken (intern)		Wert in %	ja	nein	Trend	Kommentar
Einfluss auf:	Gebäude-Betriebskosten		-	X		kein Einfl. auf Gebäudeinvest u. Betriebskosten
Einfluss auf:	Technik-Betriebskosten	0,03530	X	-	↑	synchron, da Fördertechnikanteil steigt
Einfluss auf:	Personal-Kosten	-5,45920	X	-	↓	asynchron, da geringerer Anteil der man. Transp
Einfluss auf:	Kapitalkosten für 1/2 Invest	0,02551	X	-	↑	synchron, da Fördertechnikanteil steigt
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten		-	X		kein Einfl. auf Bestand u. Kap-Bindungskosten
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter	-6,25000	X	-	↓	asynchron, da geringerer Anteil der man. Transp
Einfluss auf:	Ø Energieaufnahme pro Jahr		-	X		kein Einfl., da prozess-, nicht technikabhängig
Einfluss auf:	Ø CO2 Emission		-	X		kein Einfl., da el. Verbraucher konstant bleiben
Einfluss auf:	Amortisationszeit	0,00869	X	-	↑	synchron, da höherer Technikinvest
Einfluss auf:	ROI, Return on Invest	-0,02551	X	-	↓	sinkt, da höherer Technikinvest
Einfluss auf:	Restwert Gebäude		-	X		kein Einfl. auf Gebäudeinvest u. Restwert
Einfluss auf:	Restwert Technik	0,06465	X	-	↑	synchron, da Technikinvest steigt
Einfluss auf:	Ø Bestandsreichweite		-	X		kein Einfl. auf Bestandsmenge u. Reichweite
Einfluss auf:	Liefertreue		-	X		asynchron, da techn. Verfügbarkeit sinkt
Einfluss auf:	Sendungsqualität		-	X		kein Einfl. auf Sendungsqualität
Einfluss auf:	Lieferbereitschaftsgrad	-0,01862	X	-	↓	asynchron, da techn. Verfügbarkeit sinkt
Einfluss auf:	Verfügbarkeit, technisch	-0,21642	X	-	↓	asynchron, da steig. Anteil der autom. Transpor
Einfluss auf:	Verfügbarkeit, betrieblich	-0,21642	X	-	↓	asynchron, da steig. Anteil der autom. Transpor
Einfluss auf:	Automatisierungsgrad	14,62524	X	-	↑	synchron, da höherer Fördertechnikanteil
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	-2,69279	X	-	↓	asynchron, da Personalkosten stärker sinken al
Einfluss auf:	Servicegrad	-0,00365	X	-	↓	asynchron, da Fördertechnikanteil synchron, mi

Abbildung 72: Darstellung Einzelverifizierung, Teilausschnitt 1

In *Abbildung 72: Darstellung Einzelverifizierung, Teilausschnitt 1* ist der Einfluss der Variation der vorgegebenen Eingangsvariable auf die jeweilige Ausgabevariable gekennzeichnet.

Ist die Ausgabevariable ausgegraut, ergibt sich kein Einfluss, gekennzeichnet in der Spalte „Einfluss“ durch „-“, bei ja bzw. ein „X“ bei nein.

Ist eine Beeinflussung der Ausgabevariablen gegeben, wird neben dem Relativwert der Beeinflussung auch der Wirkungstrend angegeben, d.h., ob die Ausgabevariable mit der Eingabevariablen synchron oder asynchron steigt bzw. fällt.



entspricht synchronem Verlauf



entspricht asynchronem Verlauf

Die Betrachtung des Wirkungstrends beinhaltet ebenfalls eine wichtige Aussage, denn neben der Wirkung der einzelnen Eingabevariablen auf die Ausgabevariablen ist auch die Wirkungsrichtung von Bedeutung und daher in die Validierung mit einzubeziehen.

In der Spalte „Wirkung“ wird das Verhalten der Ausgabevariable kommentiert, um zu erkennen, ob nach Abgleich mit dem Erwartungsverhalten die Wirkung als wahr bzw. als unwahr einzustufen ist. Mit der Überprüfung dieser einzelnen Verifizierungen je Ausgabevariable mit dem Ergebnis „wahr“ erfolgt die Validierung der Eingabevariable mit ihrer Wirkung auf das gesamte Analysetool in einer UND-Funktion mit Gesamtergebnis „wahr“ (*siehe Abbildung 71: Darstellungsbeispiel Einzelverifizierung*).

WENN $(AV(1) \wedge AV(2) \wedge \dots \wedge AV(21) = \text{wahr})$; DANN Validierung "wahr"

In der nachfolgenden *Abbildung 73: Darstellung Einzelverifizierung, Teilausschnitt 2* ist in der Spalte „Bewertung“ zusätzlich erkennbar, ob die jeweilige Reaktion der Ausgabekennzahl aus der Spalte - Kommentar- auf die Eingabekennzahl dem jeweiligen Erwartungswert entspricht.

Wirkung	Bewertung			
	wahr	unwahr	verifiziert	Validierung
kein Einfl. auf Gebäudeinvest u. Betriebskosten	X		ja	wahr
synchron, da Fördertechnikanteil steigt	X		ja	
asynchron, da geringerer Anteil der man. Transp	X		ja	
synchron, da Fördertechnikanteil steigt	X		ja	
kein Einfl. auf Bestand u. Kap-Bindungskosten	X		ja	
asynchron, da geringerer Anteil der man. Transp	X		ja	
kein Einfl., da prozess-, nicht technikabhängig	X		ja	
kein Einfl., da el. Verbraucher konstant bleiben	X		ja	
synchron, da höherer Technikinvest	X		ja	
singt, da höherer Technikinvest	X		ja	
kein Einfl. auf Gebäudeinvest u. Restwert	X		ja	
synchron, da Technikinvest steigt	X		ja	
kein Einfl. auf Bestandsmenge u. Reichweite	X		ja	
asynchron, da techn. Verfügbarkeit sinkt	X		ja	
kein Einfl. auf Sendungsqualität	X		ja	
asynchron, da techn. Verfügbarkeit sinkt	X		ja	
asynchron, da steig. Anteil der autom. Transpor	X		ja	
asynchron, da steig. Anteil der autom. Transpor	X		ja	
synchron, da höherer Fördertechnikanteil	X		ja	
asynchron, da Personalkosten stärker sinken al	X		ja	
asynchron, da Fördertechnikanteil synchron, mi	X		ja	

Abbildung 73: *Darstellung Einzelverifizierung, Teilausschnitt 2*

Daraus folgt:

Erst wenn alle Einzelaussagen als wahr eingestuft sind, ist die Verifizierung der geprüften Eingabevariable als wahr einzustufen.

8.5. Wirkungsanalyse der Validierungs-Eingabekennzahlen

In der Zusammenfassung der Wirkungsergebnisse ergibt sich, wie bereits analog zu *Kap. 7.2 Aufbau der Wirkungsanalyse* wiederum durch Subsumierung der Anzahl der Wirkungen und Auswirkungsspannweiten nachfolgende Abbildung.

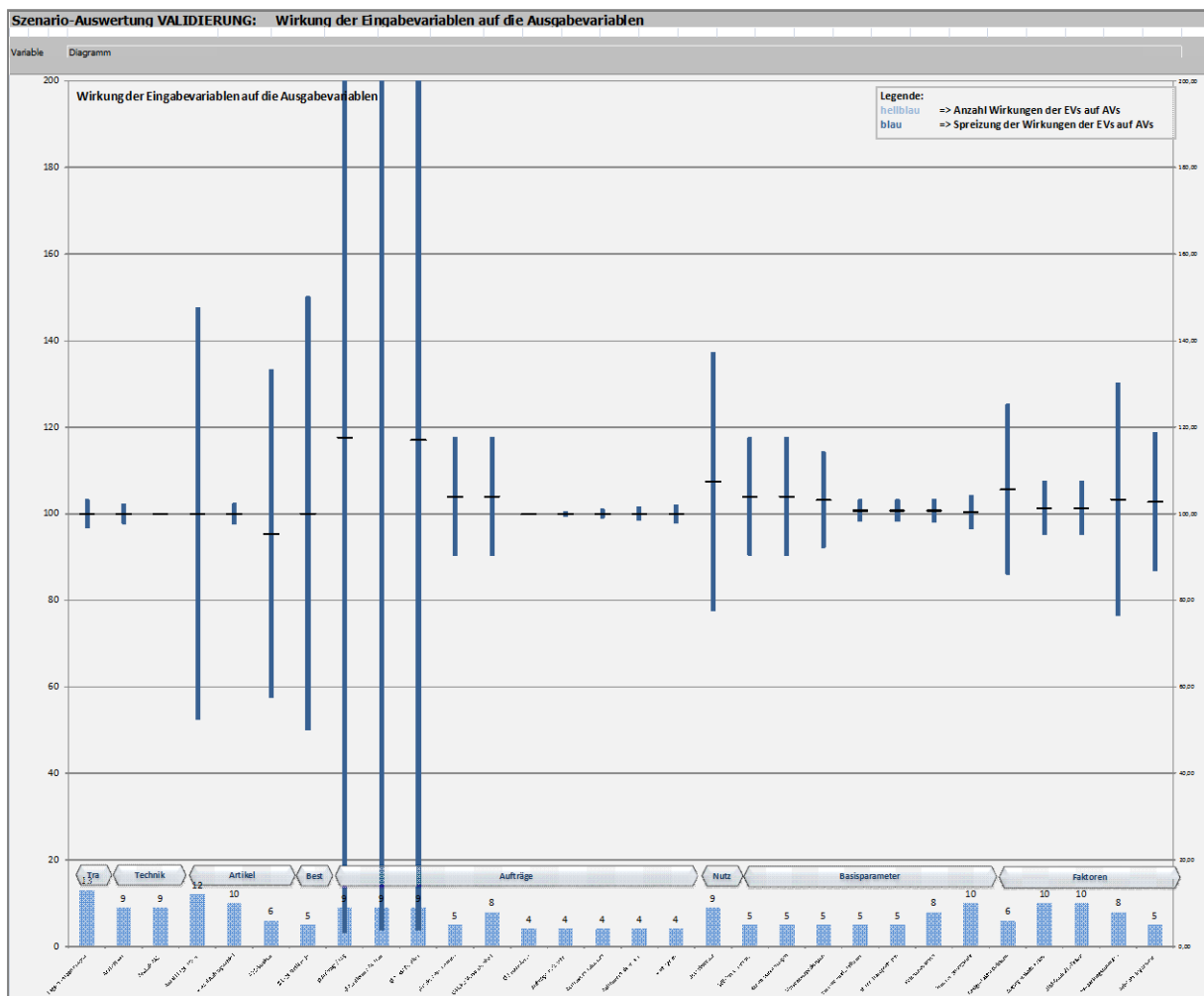


Abbildung 74: Szenario-Auswertung Validierung

Bei den in *Abbildung 74: Szenario-Auswertung Validierung* gezeigten Wirkungen der Eingabeparametervariationen (Eingabeparameter lt. *Kap. 8.2 Auswahl der Kennzahlen zur Validierung*) zeigt sich, wie auch bei der Wirkungsanalyse in *Kap. 7 Wirkungsanalyse*, mitunter eine asymmetrische Wirkungsprägung auf die Ausgabevariablen. Zum Beispiel ergibt sich eine Verschiebung des Mittelwertes der Wirkungsbreite bei der Ausgabevariablen „Anzahl Lagerartikel“ (vierte Spannweitenlinie in *Abbildung 74: Szenario-Auswertung Validierung*) nach unten, d.h., dass die in der Vereinigungsmenge aller Einzelwirkungen ergebende Wirkungsbreite aus der Gesamtheit bei Erhöhung der Eingabevariablen eine Erniedrigung der Ausgabevariablen resultiert.

Als Aussage, neben der Validierungsfunktion, steht beispielhaft bei dieser Ausgabevariablen „Anzahl Lagerartikel“ dahinter, dass eine Verbesserung der in den Eingabevariablen implizierten Leistungsparameter eine Verringerung der Anzahl der Lagerartikel und damit eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit bedeutet, was sich in der Verringerung der „Kosten pro Pick“ niederschlägt.

Bei der Betrachtung einer weiteren Ausgabevariable, in diesem Fall der „Ø Anzahl Aufträge pro Tag“ (achte Spannweitenlinie in *Abbildung 74: Szenario-Auswertung Validierung*), die ebenfalls ein asymmetrisches Verhalten in der Wirkungsanalyse zeigt, ist erkennbar, dass eine Verbesserung der in den Eingabevariablen implizierten Leistungsparameter eine Erhöhung der durchschnittlichen Aufträge pro Tag bedeutet.

Schlussfolgerung:

Bei der Gesamtbetrachtung der Wirkungen auf die Ausgabevariablen ist durch diesen Aufbau erkennbar, ob die betrachteten Ausgabevariablen bei entsprechender Eingabevariablenänderung positiv oder negativ beeinflusst werden. Auf diese Art und Weise ist ein Wirkungstrend sofort ersichtlich.

In der Zusammenfassung der Anzahl der Beeinflussungen und der Absolutwirkung, ergibt sich nachfolgendes Diagramm:

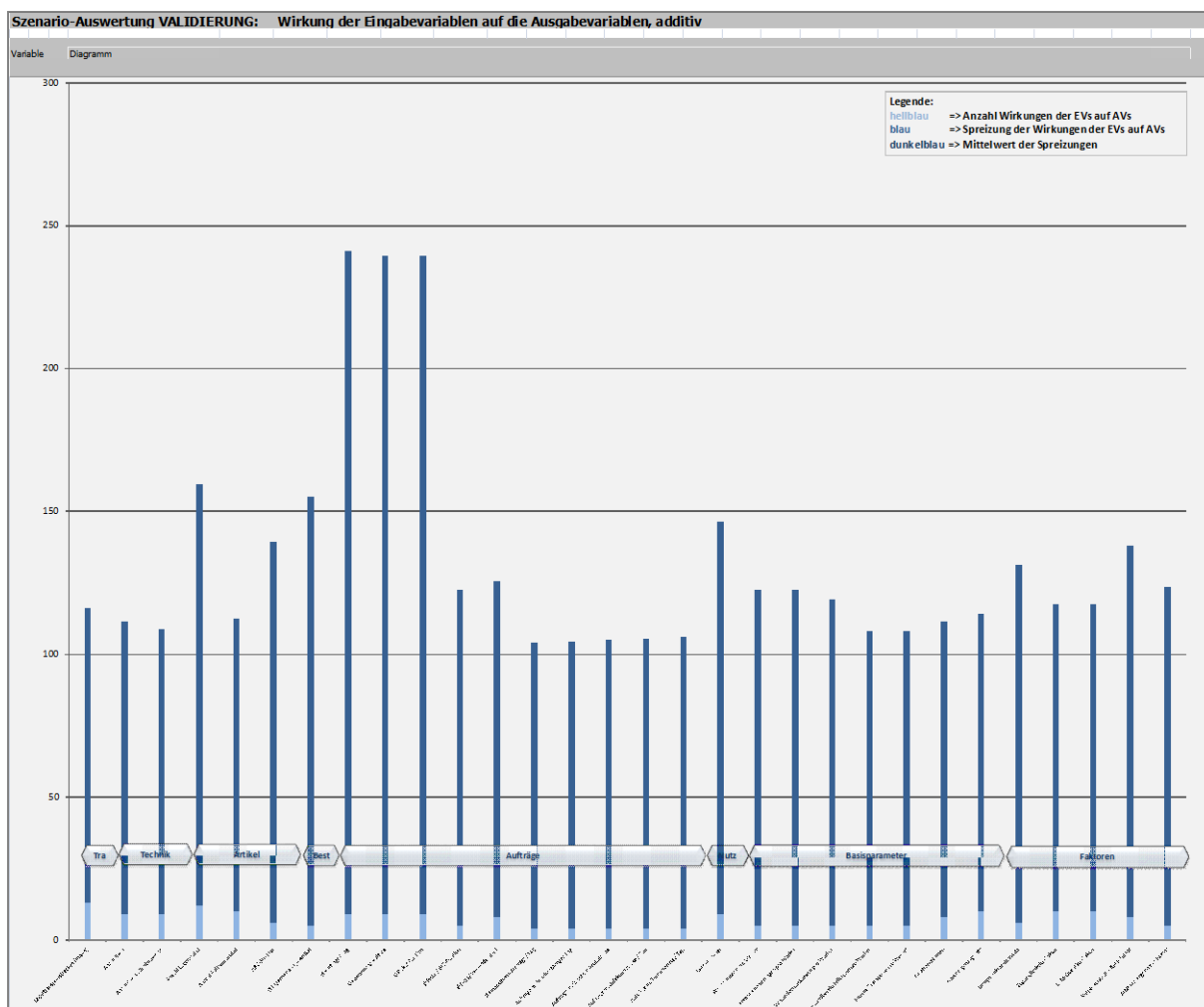


Abbildung 75: Zusammenfassung der Validierungsergebnisse, subsumiert

Aussage:

Durch Einzelprüfung der jeweiligen Wirkungsweisen innerhalb des Analysetools werden die Erwartungswerte und das Erwartungsverhalten bestätigt.

8.6. Gesamtvalidierung

In der Zusammenfassung der 630 durchgeführten Einzelvalidierungen lt. *Kap. 8.4 Einzelvalidierung* ergibt sich das Gesamtergebnis der Validierung gemäß nachfolgender Tabelle.

Kennzahl	Verifizierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.				Wirkung Kommentar	Bewertung			
						wahr	unwahr	verifiziert	Validierung
Lagertransportstrecken (intern)					ja	X		ja	wahr
AnzLaPI AKL					ja	X		ja	wahr
AnzLaPI AKL , Silobauweise					ja	X		ja	wahr
Anzahl Lagerartikel					ja	X		ja	wahr
Anzahl Auftragsartikel					ja	X		ja	wahr
ABC-Struktur					ja	X		ja	wahr
Ø Lagerbestand je Artikel*					ja	X		ja	wahr
Ø Aufträge/ Tag					ja	X		ja	wahr
Ø Positionen/ Auftrag					ja	X		ja	wahr
Ø Picks/ Position					ja	X		ja	wahr
Ø Picks / WE-Position					ja	X		ja	wahr
Ø Picks/ Versandeinheit					ja	X		ja	wahr
Ø Einpositions-/Aufträge/ Tag					ja	X		ja	wahr
Aufträge m. falscher Menge/ Tag					ja	X		ja	wahr
Aufträge m. falschem Artikel/ Tag					ja	X		ja	wahr
Aufträge m. defektem Artikel/ Tag					ja	X		ja	wahr
Aufträge m. Terminverzug/ Tag					ja	X		ja	wahr
Betriebsdauer					ja	X		ja	wahr
WE-Positionen pro Werker					ja	X		ja	wahr
Kommissionierungen pro Werker					ja	X		ja	wahr
Versandverpackungen pro Werker					ja	X		ja	wahr
Versandbereitstellungen pro Werker					ja	X		ja	wahr
Interne Transporte pro Werker					ja	X		ja	wahr
Palettenvolumen					ja	X		ja	wahr
Preissteigerungsrate					ja	X		ja	wahr
Design-Faktor Gebäude					ja	X		ja	wahr
Zugänglichkeits-Faktor					ja	X		ja	wahr
LHM-Qualitäts-Faktor					ja	X		ja	wahr
Verpackungsqualitäts-Faktor					ja	X		ja	wahr
ArbPlatz_Ergonomie-Faktor					ja	X		ja	wahr

Tabelle 12: Zusammenfassung der Validierungsergebnisse

Mit dieser Zusammenfassung der einzelnen Validierungen zur Gesamtvalidierung ergibt sich wiederum in der zweiten Stufe dieser kaskadierten Validierung folgende Aussage:

$$WENN (VAL(1) \wedge VAL(2) \wedge \dots \wedge VAL(21) = wahr); DANN Validierung "wahr"$$

Aussage:

Durch diese zweistufig kaskadierte Validierung, also Verifizierung der einzelnen Eingabevariablen auf „wahr“ und Zusammenfassung der einzelnen Verifizierungen zur Gesamtvalidierung lässt sich die Aussage treffen, dass alle Einzelvalidierungen als „wahr“ eingestuft werden konnten und damit die hinreichende Übereinstimmung von Original und Modell gewährleistet und damit validiert ist.

9. ANWENDUNG UND ERGEBNISDARSTELLUNG DER ANALYSE

In diesem Kapitel werden die Anwendung des Analysetools, deren Ergebnisse sowie deren Wirkzusammenhänge im Rahmen der Intralogistiksystemanalyse dargestellt.

Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Systemanalyse gliedert sich in die drei Phasen Vorbereitung, Datenerfassung und -aufbereitung und Analyse (*siehe Abbildung 76: Ablauf der Lageranalyse*).

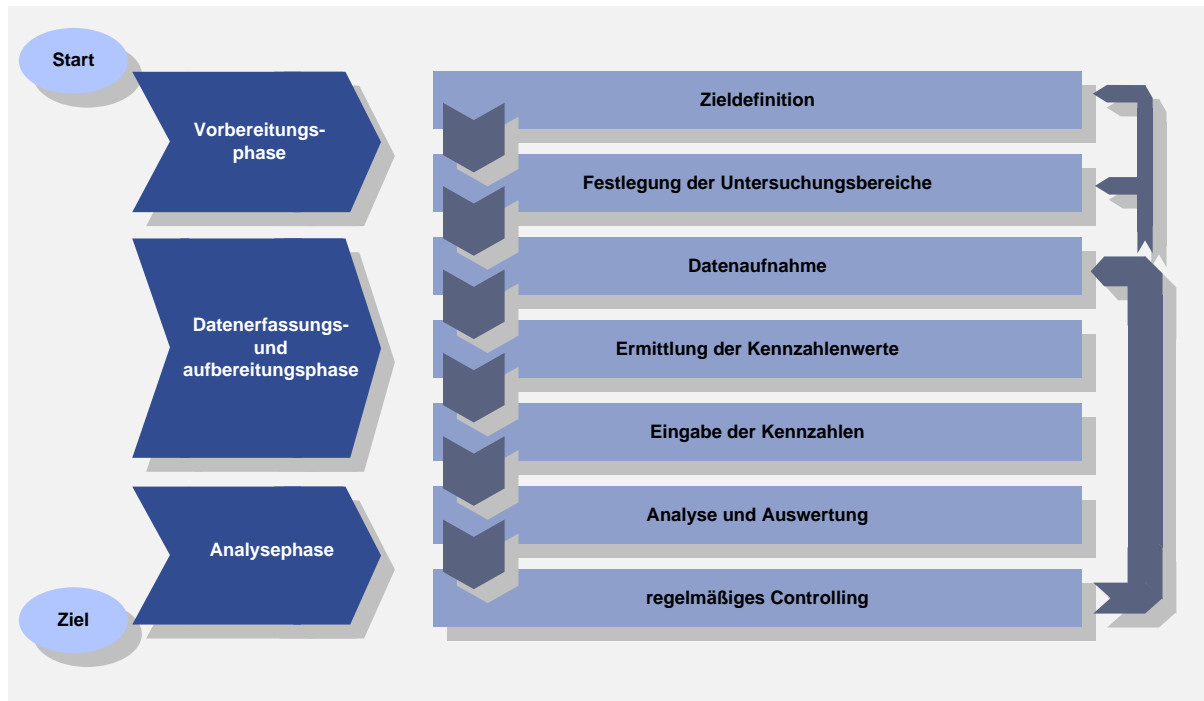


Abbildung 76: *Ablauf der Lageranalyse*

9.1. Vorbereitungsphase

Während der Vorbereitungsphase werden die Ziele definiert, die mit der Systemanalyse untersucht werden sollen. Hierbei kann eine generelle Bewertung als Gesamtübersicht im Vordergrund stehen, gleichfalls kann aber auch z.B. die Bewertung des Automatisierungsgrades gewünscht sein, um Investitionen im Bereich der Technisierung abzuschätzen. Bei Prozessneuplanungen können diese Bewertungen für die Auslegung der Technisierung in einzelnen Teilbereichen herangezogen werden, um deren Nutzungsgrad und die Wirkung auf das Lagersystem auszuleuchten.

9.2. Datenerfassungs- und Aufbereitungsphase

Im Rahmen der Datenerfassungs- und Aufbereitungsphase erfolgt die Zusammenstellung der Kennzahlenwerte, die zur Bewertung des zu analysierenden Sachverhaltes die erforderliche Validität, Relevanz, Mächtigkeit, Vollständigkeit, Vergleichbarkeit und Kompatibilität besitzen (*siehe Kap. 5.3 Relevante Kennzahlen*). Die zugrunde liegenden Daten und Informationen beeinflussen maßgeblich das Ergebnis der Lageranalyse. In der Praxis sind die verfügbaren Daten nicht immer konsistent und daher vor der Anwendung auf Plausibilität und Verwendbarkeit zu prüfen. Durch diese Maßnahme können bestehende Unstimmigkeiten schon im Vorfeld der Lageranalyse erkannt werden.

Nachträgliche Korrekturen sind meist aufwendig und auch im Vorhinein nicht immer erkennbar, sodass unscharfe Lageranalyseergebnisse möglicherweise keine optimalen Aussagen zulassen.

Nach der Datenerfassung ist zu kontrollieren, ob die Eingabedaten vollständig vorliegen. Zusätzlich sollte zur verifizierten Datenqualität die Kontrolle gehören, ob die Daten für den gleichen Betrachtungszeitraum vorliegen.

9.3. Bewertungsphase

Die Analysephase schließt sich als dritte Phase der Systembewertung an und gibt Ergebnisse aus, mit deren Aussagen vorhandene Potenziale z.B. für den Automatisierungsgrad, die Wirtschaftlichkeit und den Servicegrad ermittelt werden können.

Gleichermaßen dienen alle weiteren Ausgabekennzahlen, die als Primär-, Sekundär- oder Tertiär-Kennzahlen ermittelt werden, dem Benutzer, Informationen herauszustellen, um mögliche Potentiale des Systems zu erschließen bzw. auch Schwachstellen zu identifizieren. Im selben Atemzug sind auch vorgeschaltete Planungen vor Erstellung eines intralogistischen Systems in verschiedenen Experimenten zu nennen.

9.4. Anwendungsgebiete

Die Bewertung erstreckt sich über alle Bereiche des klassischen Lagers, welche heute mit dem Sammelbegriff Intralogistik definiert werden.

Hierzu gehören die Bereiche von der Warenannahme über Wareneingang, -vereinnahmung, Bereitstellung zur Einlagerung, Einlagerung, Kommissionierung, Auftragskonsolidierung, Versandbereitstellung und Versand bis zur Nachschuborganisation. Organisatorische Bereiche wie Batchbildung, Auftrags- und Versandsteuerung werden ebenfalls mit einbezogen.

Der Einsatz des Analysetools zur Bewertung von Distributionszentren ist eine Methode, mit der Unternehmen die Wirkzusammenhänge u.a. von Automatisierungsgrad, Wirtschaftlichkeit und Servicegrad analysieren und Potenziale für eine Optimierung der genannten Parameter aufdecken können.

Gleichermaßen werden eine Vielzahl von Kennzahlen für den Bereich Struktur und Rahmen, Wirtschaftlichkeit, Produktivität und Qualität ausgegeben.

9.5. Auswertungsmöglichkeiten

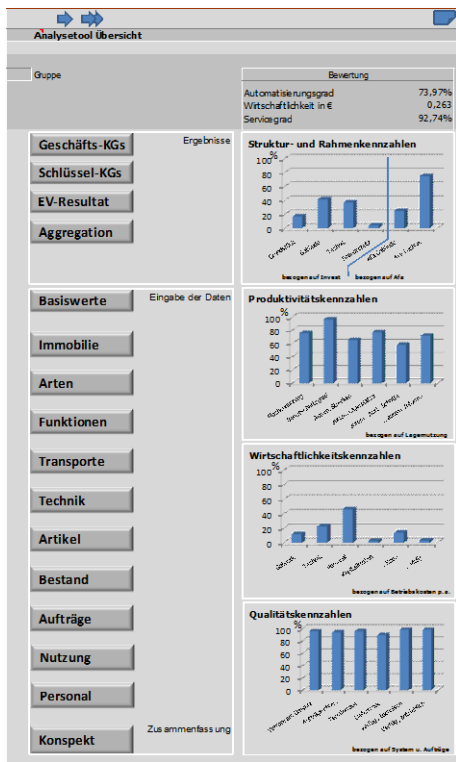
Alle ausgegebenen Kennzahlen können durch den Benutzer selbsttätig bewertet werden. Mit dem hier vorgestellten Analysetool erfolgt bewusst keine Bewertung, diese obliegt dem Benutzer selbst. Alle Ausgabewerte stehen dem Benutzer zur Verfügung und können nach Wunsch über selbst zu erstellende Referenzlisten zur weiteren Verwendung exportiert werden

9.6. Grafische Darstellung

Die Benutzeroberfläche ist leicht fasslich aufgebaut und vermittelt in übersichtlicher Form dem Benutzer jederzeit einen strukturierten Überblick über die Abläufe innerhalb des Analysetools.

Als Ergebnisausgabe stehen verschiedene Tabellen, Diagramme und Grafiken mit folgendem Aufbau zur Verfügung:

Die Start- und Übersichtsmaske:



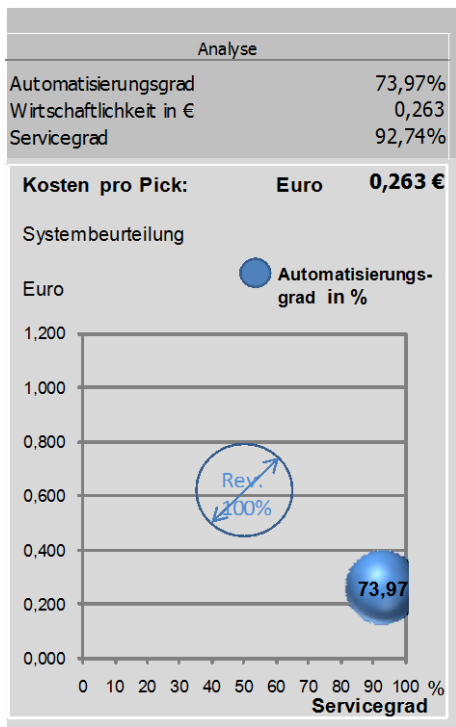
Die Startmaske beinhaltet neben der Funktion – Bedienerführung- die Ausgabe der Zielkennzahlen, die laufend aktualisiert werden. D.h. nach jeder Eingabe von Kennzahlen in den einzelnen Strukturelementen kann der Bediener direkt bei Aufruf dieser Maske die Ergebnisse erhalten.

Die Ausgabemaske der Business-Performance-Indicators:



Darstellung der Zielkennzahlen Automatisierungsgrad, Wirtschaftlichkeit und Servicegrad und Primärkennzahlen in Balkendiagrammen für die Bereiche Struktur- und Rahmen, Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Qualität

Teilausschnitt aus der Ausgabemaske der Business-Performance-Indicators:



Mit diesem Teilausschnitt erhält der Bediener in grafischer Form eine Aussage über den Wirkzusammenhang von Automatisierungsgrad, Wirtschaftlichkeit und Servicegrad. Als Referenz für einen 100%igen Automatisierungsgrad ist in der Mitte der Diagrammfläche eine Referenzmarke eingebracht.

Die Ausgabemaske der Key-Performance-Indicators:

Schlüssel-Leistungs-Indikatoren (KPI)					
Struktur- und Rahmenkennzahlen			Produktivitätskennzahlen		
Kennzahl	Wert	Einheit	Kennzahl	Wert	Einheit
	Zahlenwert			Zahlenwert	
Invest gesamt	43.936.105	Euro	Lagerflächen-Nutzung	75,83	%
Invest Grundstück	7.500.000	Euro	Lagerplatz-Nutzung	81,00	%
Invest Gebäude	18.241.226	Stck	Lagerraum-Nutzung	46,00	%
Invest Technik	18.194.879	Euro	Bereitschaftsgrad	96,57	%
Abschreibung p.a.	2.179.965	Euro	Aut. Transp.-Strecken	65,33	%
Anzahl Lagerplätze	40.904	Stck	Lagerplätze autom.	77,38	%
Anzahl aktive Artikel	9.975	Stck	Betriebl. Nutzung 24h	65,51	%
Anzahl Aufträge p.Tag	2.500	Stck	Kosten pro Pick	0,26	Euro
Scheinleistung, aufgen.	2.285,34	KVA	Kosten pro Auftrag	12,65	Euro
CO ₂ -Äquivalent	4.964,56	t/a	Kosten pro VE	5,27	Euro
Wirtschaftlichkeitskennzahlen			Qualitätskennzahlen		
Kennzahl	Wert	Einheit	Kennzahl	Wert	Einheit
	Zahlenwert			Zahlenwert	
Amortisationszeit	4,51	Jahre	Lieferbereitschaftsgrad	95,81	%
Grundstück nach Afa	14.112.170	Euro	Liefertreue	89,54	%
Gebäudewert nach Afa	6.080.409	Stck	Terminstreue	96,00	%
Technikwert nach Afa	9.097.439	Euro	Aufträge o. Fehllieferun	94,00	%
Betriebskosten p.a.	7.904.049	Euro	Verfügbarkeit, techn.	98,27	%
Kap.-Bind.-Kosten p.a.	192.393	Euro	Verfügbarkeit, betrieb.	98,27	%
Müll/ Wertstoffkosten	247.125	Euro	Lag.-Bestand, Stichtag	6.411.803	Euro
Lagerplatzkosten p.E.	193,23	Euro	Lagerverluste p.a.	320.590	Euro
Bestandsumschlag	57,14	1/a	Bestandsreichweite	0,200	Monat
Auftragskosten p.Auf.	12,65	Euro	Zeitpunkt letzte Best.	17,50	Uhr

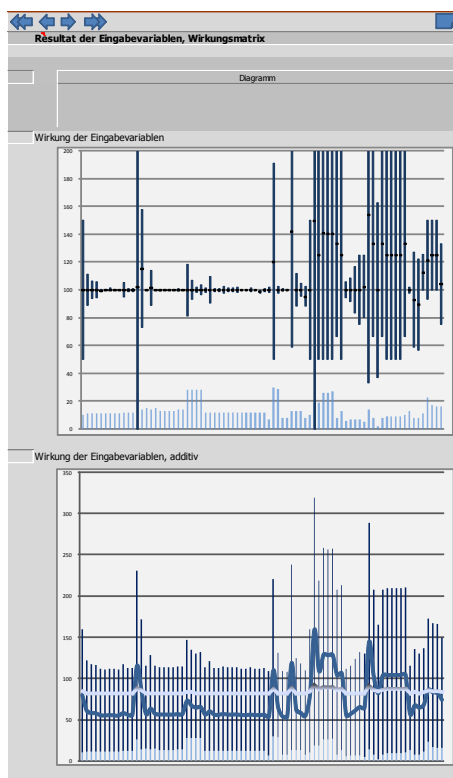
Darstellung von Schlüsselkennzahlen, die eine tiefere Betrachtung der Ergebnisse erlauben. Diese Kennzahlen aus den Segmenten Struktur- und Rahmen, Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Qualität gestatten dem Benutzer eine eigene Aussage zu dem bewerteten System.

Die Ausgabemaske der aggregierten Zielkennzahlen:



Ausgabe der zur Verdichtung herangezogenen Geschäfts- und Schlüssel-Leistungs-Indikatoren mit Ergebnis der Aggregation zu den jeweils entscheidenden Einzelwerten aus den Bereichen Automatisierungs-, Wirtschaftlichkeit und Servicegrad. Es ergeben sich dadurch für die Aussagen zum Automatisierungsgrad, der Wirtschaftlichkeit und dem Servicegrad konzentrierte Ausgabewerte.

Die Ausgabemaske zur Wirkungsanalyse:



Darstellung der Wirkung der Eingabevariablen auf die Ausgabevariablen. Im oberen Teil erfolgt die Darstellung der Anzahl der Wirkungen auf die Ausgabevariablen und der zugehörigen Wirkungsbreite und im unteren Teil befindet sich die Subsumierung von Wirkungsanzahl und Absolutwirkung mit zugehöriger Mittelwertkurve aus Wirkungsanzahl und Absolutwirkung sowie der Schwellenwertlinie zur Indikation für die wirkungsgrößten Eingabevariablen.

Eine detaillierte Beschreibung der Ausgabemasken siehe *Kap. 5.6.2* bis *Kap. 5.6.5*.

9.7. Zusammenfassung des Kapitels

Der Einsatz des Analysetools zur Bewertung von Distributionszentren erlaubt es, die Wirkungen bzw. Wechselwirkungen unterschiedlichster Kennzahlen aus den Bereichen Invest für Gebäude und Technik, Lagerarten und -funktionen, Artikel- und Auftragsstruktur, Bestand und Personal in einem Lager transparent darzustellen.

Durch die hier aufgestellte Korrelation von Automatisierungsgrad, Wirtschaftlichkeit und Servicegrad ist es dem Betreiber möglich, schnell Bereiche zu identifizieren, die Optimierungspotenzial besitzen. Damit diese Potenziale zügig erkannt werden und eine ständige Anpassung der Randbedingungen an den realen Prozess erfolgen kann, sollte die logistische Lagerbewertung nicht nur als Einmalbetrachtung verstanden werden. Durch einen kontinuierlichen Einsatz können z.B. Veränderungen im Lagerbestand oder Auftrags- und damit evtl. veränderte Artikelstrukturen und deren Wirkzusammenhang im logistischen Gesamtsystem beobachtet und bewertet werden.

Gleichzeitig ist erkennbar, ob die vorhandenen Daten, die zur Analyse herangezogen werden, hinreichend und damit aussagekräftig sind.

Das Analysetool kann dadurch insgesamt zur Verbesserung der logistischen Prozesse der betrachteten Lagerbereiche beitragen.

10. NUTZEN

In der ökonomischen Theorie versteht man unter dem Nutzen das Maß für die Fähigkeit eines Gutes oder einer Gütergruppe, die Bedürfnisse eines wirtschaftlichen Akteurs (z.B. Betreiber eines Intralogistiksystems) zu befriedigen. Allgemein ist Nutzen eine Vergrößerung des Wertevorrats oder eine Minderung des Werteverlustes [Dep01].

Der Nutzen des innerhalb dieser Arbeit erstellten Analysetools besteht darin, komplexe intralogistische Systeme umfassend abzubilden sowie Struktur und -rahmen-, produktivitäts-, wirtschaftlichkeits- und qualitätsbezogene Aussagen hinsichtlich des zu erwartenden Verhaltens zu treffen. Darüber hinaus bietet das Analysetool die Möglichkeit, Abhängigkeiten in der Planungs- oder auch in der Optimierungsphase zu untersuchen und Schwachstellen frühzeitig zu erkennen.

Ferner ist es dem Benutzer möglich, technische und strukturelle Systemvarianten auf einfache Weise abzubilden sowie die erstellten Varianten gegenüberzustellen und zu beurteilen.

Das Spektrum an potenziellen Untersuchungsfeldern ist durch die entwickelte Analyseumgebung sehr umfangreich. Untersuchungsmöglichkeiten bestehen z.B. in der:

- Investvariation
- Grundstücksgröße und Grundstückspreis
- Personalkostenvariation
- Kosten pro Mitarbeiter und Jahr
- Energiekostenvariation
- Kosten pro Energieeinheit, regenerative Energiegewinnung
- Bestandsvariation
- Lagerbestand je Artikel
- Auftragslastvariation
- Anzahl der Aufträge pro Tag
- Arbeitszeitvariation
- Betriebsbeginn, Anzahl der Arbeitstage pro Jahr
- Ergonomievariation
- Arbeitsplatzergonomie

Zur Darstellung der Anwendung und des Nutzens des entwickelten Analysetools wird in diesem Kapitel die nachfolgende Evaluierung zur Beschreibung, Analyse und weiteren Informationsgewinnung durchgeführt. Dieses Evaluationsverfahren dient der systematischen Untersuchung zur Erfassung von Nutzen und Wert des Analysetools und bezieht sich auf die Struktur, den Prozess und die Organisationseinheiten, die innerhalb des Analysetools abgebildet sind.

Die Ergebnisse, Vergleiche und Schlussfolgerungen sind nachvollziehbar und beruhen auf den gewonnenen qualitativen und quantitativen Ausgabedaten.

10.1. Evaluierung

Definition: Exemplarische Analyse

Als Fragestellung aus der Praxis zur Bewertung von Zusammenhängen innerhalb der Planung und Bewertung von Intralogistiksystemen werden durch das Analysetool folgende Eingabevariablen und

deren Parametervariationen auf die ebenfalls aus der Praxis herrührende Auswahl der angegebenen Ausgabevariablen genauer untersucht und diskutiert.

Eingabevariablen:

- Gesamtfläche des Grundstücks
zur Optimierung des Invests
- Kosten pro m² Grundstück
zur Auswahl des Standortes
- Personalkosten (operativ) pro Jahr
zur Auswahl des Standortes
- Energiekosten je kWh
zur Reduzierung der Betriebskosten
- Alternative Energiegewinnung durch Photovoltaik (Photovoltaik ja/ nein)
zur Reduzierung der Betriebskosten
- Bestand
zur Optimierung der Bestandskosten
- Anzahl der Aufträge
zur Optimierung der Kosten pro Pick
- Ergonomie am Arbeitsplatz
für höhere Leistung bei geringerer körperlicher Belastung der Mitarbeiter

Ausgabevariablen:

- Invest, gesamt
- Abschreibung, gesamt
- Amortisationszeit
- Betriebskosten, gesamt
- Betriebskosten, Gebäude
- Betriebskosten, Technik
- Betriebskosten, Personal
- Anzahl Mitarbeiter, gesamt
- Ø Lagerbestand zum Stichtag
- Kapitalbindungskosten
- Kosten pro Pick
- Energiekosten (in Betriebskosten enthalten)

Die Auswahl und Ausformulierung der Evaluierungsszenarien erfolgte insbesondere so, dass möglichst viele Komponenten der Datengenerierung zur Anwendung kommen.

Bei der Durchführung der einzelnen Szenarien wird jeweils nur die angesprochene Eingabevariable gemäß der vorgesehenen Parametervariation verändert, um die Einzelwirkung der Parametervariation zu erkennen, wobei eine Eingabe von „0“ als ungültige Eingabe definiert ist. Alle weiteren im Modell befindlichen variablen Eingabeparameter werden innerhalb eines Szenarios unverändert gehalten.

Die Auswirkungen der Parametervariation der Eingabevariablen auf die genannten Ausgabevariablen werden unter Angabe des Verhaltens in Bezug auf die Eingabevariable beschrieben, was mit synchron, asynchron, symmetrisch und asymmetrisch bezeichnet wird und sich in der Wirkungsbreite ausdrückt, die durch die 50%ige Erhöhung und 50%ige Erniedrigung der Eingabevariable entsteht. Einzelne Eingabevariablen werden davon abweichend in den logischen Grenzen ihrer Variabilität, z.B. die Arbeitsplatzergonomie in den Grenzen von $\pm 25\%$, variiert, was in den einzelnen nachfolgenden Szenarien erkennbar ist.

Die systematische Untersuchung bezieht sich auf das Verhalten der Ausgabevariablen unter Angabe erstens des Verhaltens, ob synchron, asynchron, symmetrisch oder asymmetrisch, und zweitens der Wirkungsbreite, wie stark die Ausgabevariable von der Eingabevariable beeinflusst wird.

Ein synchrones Verhalten liegt vor, wenn bei einer Vergrößerung der Eingabevariablen auch die Ausgabevariable ansteigt bzw. bei einer Verringerung der Eingabevariablen die Ausgabevariablen kleiner werden.

Ein asynchrones Verhalten wird festgestellt, wenn sich bei einer Vergrößerung der Eingabevariablen die Ausgabevariablen verringern bzw. bei einer Eingabeverringern die Ausgabevariablen vergrößern.

Zusätzlich erfolgt die Betrachtung, ob die Veränderung bei der Parametervariation der Eingabevariable symmetrisch ist, also gleichermaßen bei der Vergrößerung und Verkleinerung der Eingabevariable auswirkt, oder asymmetrisch, gleichbedeutend mit ungleichmäßiger Auswirkung der Eingabeparameterveränderung.

Ziel der Betrachtung ist die Feststellung, ob und in welcher Form Reaktionen von den hier exemplarisch ausgewählten Eingabevariablen auf die ausgewählten Ausgabevariablen ausgelöst werden, um daraus Schlüsse zur Bewertung zu ziehen. Hierfür wird die in *Kap.8.4 Einzelvalidierung* eingeführte Methode der Einzelanalyse je Eingabevariable angewandt.

10.1.1. Evaluationsszenario 1, Eingabevariable „Gesamtfläche des Grundstücks“

Definition: Variation der „Gesamtfläche des Grundstücks“

Der Fokus der Untersuchung in diesem Szenario liegt in der Betrachtung der Grundstücksgröße, um die Einflüsse eines größeren bzw. kleineren Gewerbegrundstücks bei der Bewertung der Wirkzusammenhänge zu verdeutlichen.

Die Eingabevariable „Grundstücksfläche“ wird ausgehend von dem im Modell angenommenen Wert im ersten Fall um 50 % erniedrigt, in einem zweiten Fall um 50 % erhöht und die Reaktion auf die o.g. Ausgabevariablen untersucht.

Bei dieser Evaluierung stellt sich heraus, dass sich die Änderung der Grundstücksgröße auf die Hälfte bzw. auf das Eineinhalbfache in dem innerhalb des Modells befindlichen angenommenen Beispiel wie folgt niederschlägt (*siehe nachfolgende Tabelle 13: Wirkung Evaluierungsszenario 1: „Grundstück Gesamtfläche“ $\pm 50\%$ und Abbildung 77: Ergebnis Evaluationsszenario 1: „Grundstück Gesamtfläche“ $\pm 50\%$*):

Evaluierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss			Wirkung	
Grundstück Gesamtfläche		Wert in %	.g	nein	Trend	Kommentar
Einfluss auf:	Invest, gesamt	16,63686	X	-	↑	synchron, da Invest für Gewerbefläche steigt
Einfluss auf:	Abschreibung, gesamt		-	X		kein Einfluss, da Gewerbefläche nicht abgeschrt
Einfluss auf:	Amortisationszeit	15,72151	X	-	↑	synchron, da Gesamt-Invest steigt
Einfluss auf:	Betriebskosten, gesamt	3,19729	X	-	↑	synchron, da Mitarbeiteranzahl steigt
Einfluss auf:	Betriebskosten Gebäude		-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Gebäude
Einfluss auf:	Betriebskosten Technik		-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Technik
Einfluss auf:	Betriebskosten Personal	2,22902	X	-	↑	synchron, da Mitarbeiteranzahl steigt
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter, gesamt	1,09890	X	-	↑	synchron, da Gesamtinvest steigt u damit der B
Einfluss auf:	Ø Lagerbestand zum Stichtag		-	X		kein Einfl. auf Lagerbestand
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten		-	X		kein Einfl. auf Kapitalbindungskosten
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	3,19729	X	-	↑	synchron, da Mitarbeiteranzahl steigt
Einfluss auf:	Energiekosten (in Betr.Kosten ent		-	X		kein Einfl. auf Energiekosten

Tabelle 13: Wirkung Evaluierungsszenario 1: „Grundstück Gesamtfläche“ +/-50 %

Im Einzelnen bedeutet das bei einer 50%igen Erhöhung bzw. einer 50%igen Erniedrigung der Eingabevariablen eine Ausgabevariablenreaktion lt. nachfolgender Diagramme.

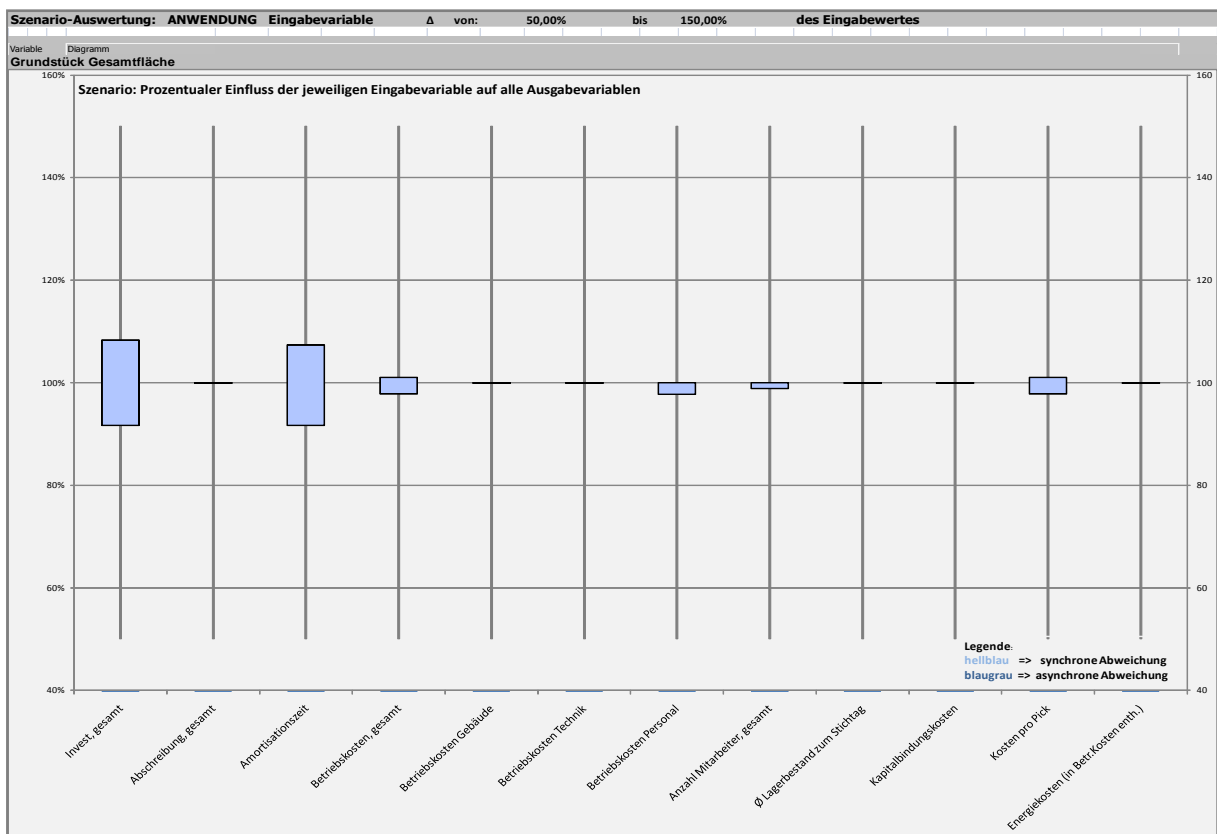


Abbildung 77: Ergebnis Evaluationsszenario 1: „Grundstück Gesamtfläche“ +/-50 %

Teilt man nun die Wirkungsbreite nach positiver und negativer Variation auf, sind die relativen Auswirkungen in den beiden nachfolgenden Diagrammen deutlich erkennbar.

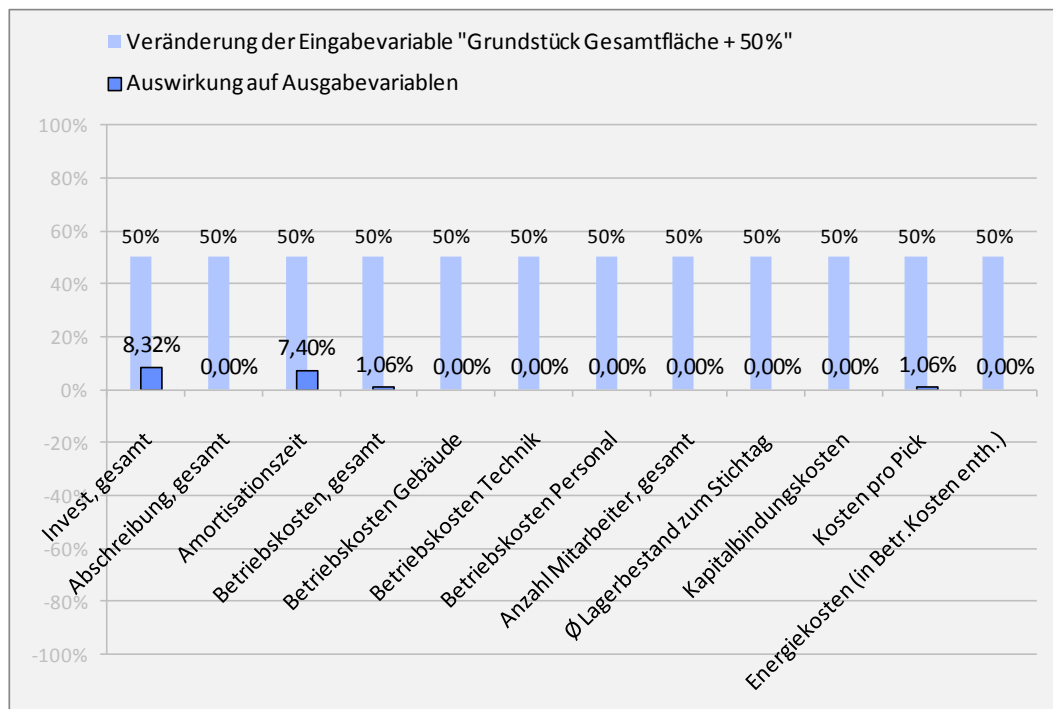


Abbildung 78: Ergebnis Evaluationsszenario 1: „Gesamtfläche des Grundstücks“ +50 %

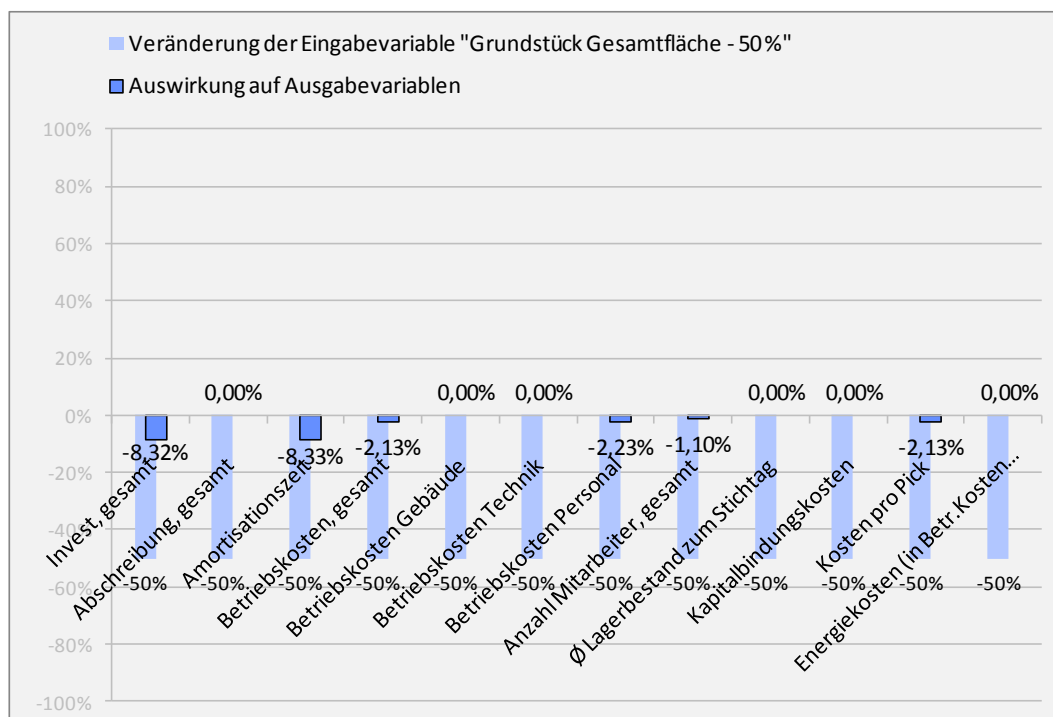


Abbildung 79: Ergebnis Evaluationsszenario 1: „Gesamtfläche des Grundstücks“ -50 %

In der Art, ob synchron, asynchron, symmetrisch oder asymmetrisch, im Grad der Beeinflussung nachfolgend in abfallender Reihenfolge der Wirkungsbreite aufgeführt, reagieren aus den o.g. Ausgabevariablen der

„Gesamt-Invest“

Verhalten:	synchron-symmetrisch
Wirkung:	+ 8,32% / - 8,32 %
Wirkungsbreite:	16,64 %,

d.h., bei Grundstücksvergrößerung bzw. -verkleinerung steigt und fällt der Gesamt-Invest gleichermaßen, da sich die Vergrößerung und auch die Verkleinerung des Grundstückes direkt auf die Grundstückskosten auswirken und damit den Gesamtinvest lt. *Kap. 13.12 Konzept, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.1.1.*) beeinflusst, die

„Amortisationszeit“

Verhalten:	synchron-asymmetrisch
Wirkung:	+ 7,40 % / - 8,32 %
Wirkungsbreite:	15,72 %,

d.h., bei Grundstücksvergrößerung steigt die Amortisationszeit stärker an, als sie bei Verkleinerung abfällt. Mit dem die „Amortisationszeit“ bestimmenden Parameter „Betriebskosten gesamt“ wird der Gewinn beeinflusst, der wiederum durch die Berechnungsgrundlage der „Amortisationszeit“ (lt. *Kap. 13.12 Konzept, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.1*) die Asymmetrie bei der Ergebnisausgabe bewirkt, die

„Betriebskosten, gesamt“

Verhalten:	synchron-asymmetrisch
Wirkung:	+ 1,06 % / - 2,13 %
Wirkungsbreite:	3,19 %,

d.h., bei Grundstücksvergrößerung steigen die „Betriebskosten gesamt“ geringer an, als sie bei Verkleinerung abfallen. Dieses Verhalten entsteht dadurch, dass bei Vergrößerung des Grundstücks höhere Kapitalkosten durch höheren Invest entstehen, wobei bei Verkleinerung des Grundstücks neben der Verringerung der Kapitalkosten die Annahme getroffen wird, dass das Personal zur Pflege und Instandhaltung reduziert werden kann (*siehe Kap. 13.12 Konzept, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2*), die

„Kosten pro Pick“

Verhalten:	synchron-asymmetrisch
Wirkung:	+ 1,06 % / - 2,13 %
Wirkungsbreite:	3,19 %,

d.h., bei Grundstücksvergrößerung steigen die „Kosten pro Pick“ geringer an, als sie bei Verkleinerung abfallen. Dieses Verhalten ergibt sich dadurch, dass die „Betriebskosten gesamt“ einer der bestimmenden Faktoren bei der Berechnung der „Kosten pro Pick“ sind. Eine Veränderung der „Betriebskosten gesamt“, bedingt durch die Änderungen bei den Kapitalkosten und Veränderung der Personalkosten, beeinflusst die „Kosten pro Pick“ (*siehe Kap. 13.12 Konzept, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.2.2.1*), die

„Betriebskosten Personal“

Verhalten:	synchron-asymmetrisch
Wirkung:	+ 0,00 % / - 2,23 %
Wirkungsbreite:	2,23 %,

d.h., bei Grundstücksvergrößerung steigen die „Betriebskosten Personal“ stärker an, als sie bei Verkleinerung abfallen. Diese Situation ergibt sich durch die Annahme, dass bei Vergrößerung des Grundstücks das Personal und damit die „Betriebskosten Personal“ zur Pflege und Instandhaltung konstant bleibt, aber bei Verkleinerung des Grundstücks reduziert werden kann (*siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2.3*) und die

„Anzahl Mitarbeiter, gesamt“

Verhalten:	synchron-asymmetrisch
Wirkung:	+ 0,00 % / - 1,10 %
Wirkungsbreite:	1,10 %,

d.h., bei Grundstücksvergrößerung steigt die „Anzahl Mitarbeiter gesamt“ an, während sie bei Verkleinerung unverändert bleibt, bedingt durch die Annahme, dass bei Vergrößerung des Grundstücks das Personal zur Pflege und Instandhaltung konstant bleibt, aber bei Verkleinerung des Grundstücks reduziert werden kann (*siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.1.3.1*).

Die weiteren Ausgabekennzahlen

- Abschreibung, gesamt
- Betriebskosten, Gebäude
- Betriebskosten, Technik
- Ø Lagerbestand zum Stichtag
- Kapitalbindungskosten
- Energiekosten (in Betriebskosten enthalten)

sind von der Veränderung der Eingabevariablen nicht betroffen.

Analyse:

Eine Vergrößerung des Grundstücks um 50 % resultiert in eine Erhöhung des Gesamt-Invests von 8,32 % mit einer Steigerung der Amortisationszeit von 7,40 %. Die Veränderung der Betriebskosten fällt dagegen mit 1,06 % gering aus. Die weiteren Ausgabewerte können den gezeigten Diagrammen im Detail entnommen werden.

Allgemein ist festzustellen, dass sich die Vergrößerung des Grundstücks um 50 % stärker auf die Ausgabevariablen auswirkt als eine 50%ige Erniedrigung, d.h., es liegt in der Zusammenfassung ein asymmetrisches Verhalten der hier angesprochenen Ausgabevariablen vor.

Insgesamt werden 6 der 12 betrachteten Ausgabevariablen angesprochen, wodurch sich bedingt durch die einzelnen Wirkungsbreiten eine geringe Wirkungsintensität von 7,01 % ergibt.

Aussage:

Die ermittelten Werte erlauben die Aussage, dass die Veränderung der „Grundstücksfläche“ im Wesentlichen Einfluss auf den Gesamt-Invest des Lagersystems und die damit verbundene Amortisationszeit hat. Die „Betriebskosten“ und die „Kosten pro Pick“ werden prozentual nur gering beeinflusst, was aber als absoluter Wert bei entsprechend großer Menge von Picks pro Jahr trotz alledem schnell mit mehreren Hunderttausend Euro pro Jahr zu Buche schlagen kann. Die erweiterte Grundstücksgröße geht nicht in die Abschreibung mit ein, da Gewerbegrundstücke keine Wertminderung durch Abnutzung erfahren, und stellt daher keinen fiskalischen Vorteil dar. Gleichermaßen ist eine Grundstücksmindering um 50 % umgekehrt proportional zu sehen, d.h., neben der Einsparung im Invest wird die Amortisationszeit verkürzt und trägt dadurch zu einer optimierten Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems, z.B. verringerte Kosten pro Pick bei.

Im Bereich der Anzahl Mitarbeiter und der damit verbundenen Betriebskosten Personal ist bei einer Verminderung der Grundstücksfläche eine Einsparung zu erzielen, da für die Verwaltung und Pflege des Grundstücks lt. Annahme die Personalmenge reduziert werden kann, bei einer Vergrößerung des Grundstücks hingegen das Personal nicht erhöht werden muss, was die stärkere Ausprägung der Ausgabevariablen in Richtung Erniedrigung bestätigt.

Schlussfolgerung:

Bei der Gesamtbetrachtung der Wirkung auf die Ausgabevariablen ist ein geringfügiger asymmetrischer Wirkungstrend in Richtung Grundstücksverkleinerung erkennbar, d.h., dass sich die Grundstücksverkleinerung stärker auf die ausgewählten Ausgabeparameter ausprägt als die Grundstücksvergrößerung. Aufgrund der ermittelten Wirkungen ergibt sich insgesamt eine geringe Wirkungsintensität bzw. ein geringer Einfluss auf die Ausgabeparameter.

Durch das Analysetool wurde festgestellt, dass eine Grundstücksvergrößerung über die dringenden Bedarfe des Logistiksystems hinaus, bedingt durch den erhöhten Kapitaleinsatz und damit zusammenhängenden Kapitaldienst verbunden mit der Verlängerung der Amortisationszeit, keinen direkten Vorteil hat und nur bei einer Vorbereitung späterer Erweiterungen im Fokus stehen sollte, wenn rein wirtschaftliche Aspekte zu berücksichtigen sind.

10.1.2. Evaluationsszenario 2: Eingabevariable „Kosten pro m² Grundstück“

Definition: Variation der „Kosten pro m² Grundstück“

Der Schwerpunkt der Untersuchung in diesem Szenario liegt in der Betrachtung der Grundstückskosten, um die Einflüsse des Standortes mit unterschiedlichen Grundstückskosten bei der Bewertung der Wirkzusammenhänge darzulegen.

Die Eingabevariable „Kosten pro m² Grundstück“ wird ausgehend von dem im Modell angenommenen Wert im ersten Fall um 50 % erniedrigt, in einem zweiten Fall um 50 % erhöht und die Reaktion auf die o.g. Ausgabevariablen untersucht.

Bei dieser Evaluierung stellt sich heraus, dass sich die Änderung der Grundstückskosten auf die Hälfte bzw. auf das Eineinhalbfache wie folgt niederschlägt (*siehe nachfolgende Tabelle 14: Wirkung Evaluationsszenario 2: „Kosten pro m² Grundstück“ +/-50 % und Abbildung 80: Ergebnis Evaluationsszenario 2: „Kosten pro m² Grundstück“ +/-50 %*):

Evaluierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss			Wirkung	
Grundstück Kosten je m ²		Wert in %	.g	nein	Trend	Kommentar
Einfluss auf:	Invest, gesamt	16,63686	X	-	↑	synchron, da Invest für Gewerbefläche steigt
Einfluss auf:	Abschreibung, gesamt	-	-	X		kein Einfl., da Gewerbefläche nicht abgeschrieb
Einfluss auf:	Amortisationszeit	15,72151	X	-	↑	synchron, da Kapitalkosten steigen
Einfluss auf:	Betriebskosten, gesamt	2,12537	X	-	↑	synchron, da Kapitalkosten steigen
Einfluss auf:	Betriebskosten Gebäude	-	-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Gebäude
Einfluss auf:	Betriebskosten Technik	-	-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Technik
Einfluss auf:	Betriebskosten Personal	-	-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Personal
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter, gesamt	-	-	X		kein Einfl. auf Anzahl Mitarbeiter, gesamt
Einfluss auf:	Ø Lagerbestand zum Stichtag	-	-	X		kein Einfl. auf Lagerbestand
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten	-	-	X		kein Einfl. auf Kapitalbindungskosten
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	2,12204	X	-	↑	synchron, da Betriebskosten gesamt steigen
Einfluss auf:	Energiekosten (in Betr.Kosten ent	-	-	X		kein Einfl. auf Energiekosten

Tabelle 14: Wirkung Evaluationsszenario 2: „Kosten pro m² Grundstück“ +/-50 %

Im Einzelnen bedeutet das bei einer 50%igen Erhöhung bzw. einer 50%igen Erniedrigung der Eingabevariablen eine Ausgabevariablenreaktion lt. nachfolgender Diagramme.

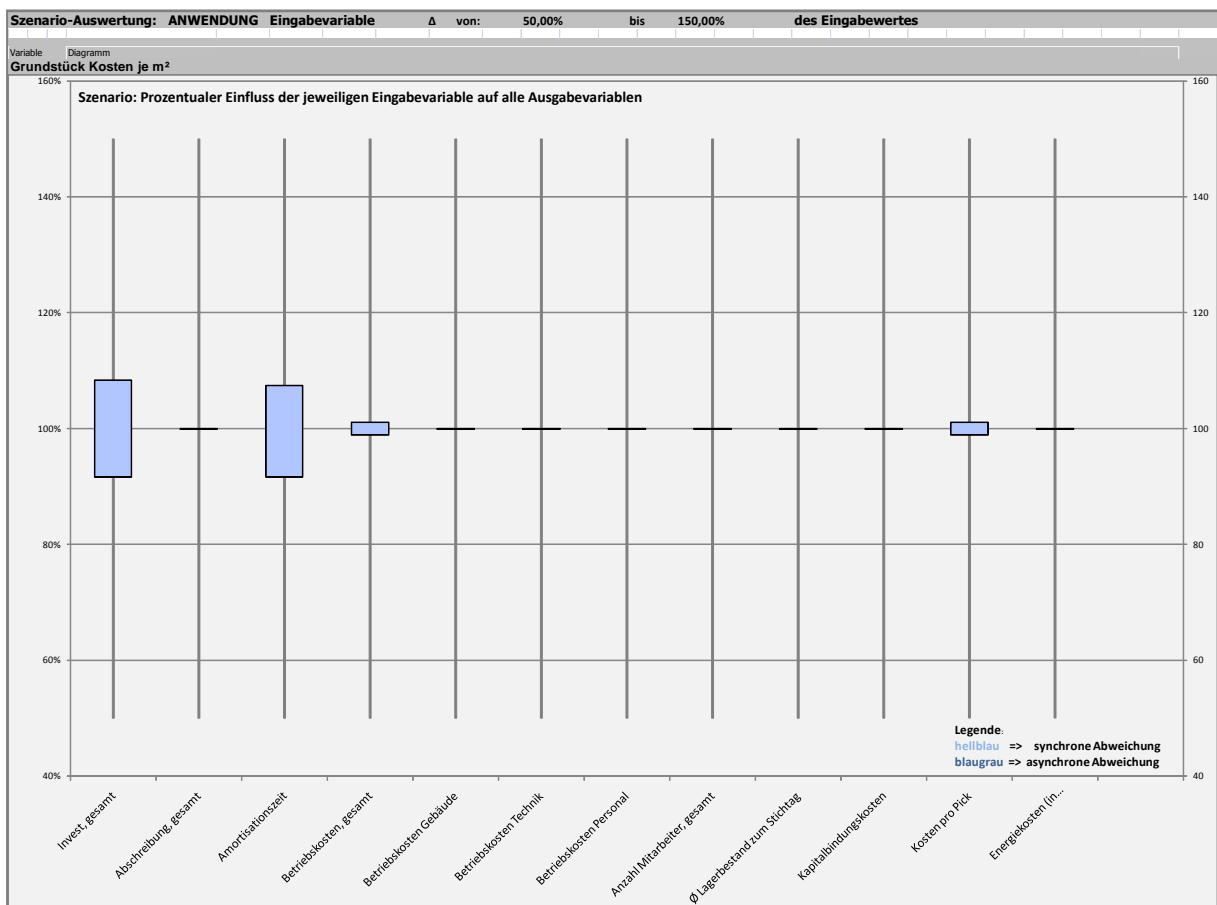


Abbildung 80: Ergebnis Evaluationsszenario 2: „Kosten pro m² Grundstück“ +/-50 %

Teilt man nun die Wirkungsbreite nach positiver und negativer Variation auf, sind die relativen Auswirkungen in den beiden nachfolgenden Diagrammen deutlich erkennbar.

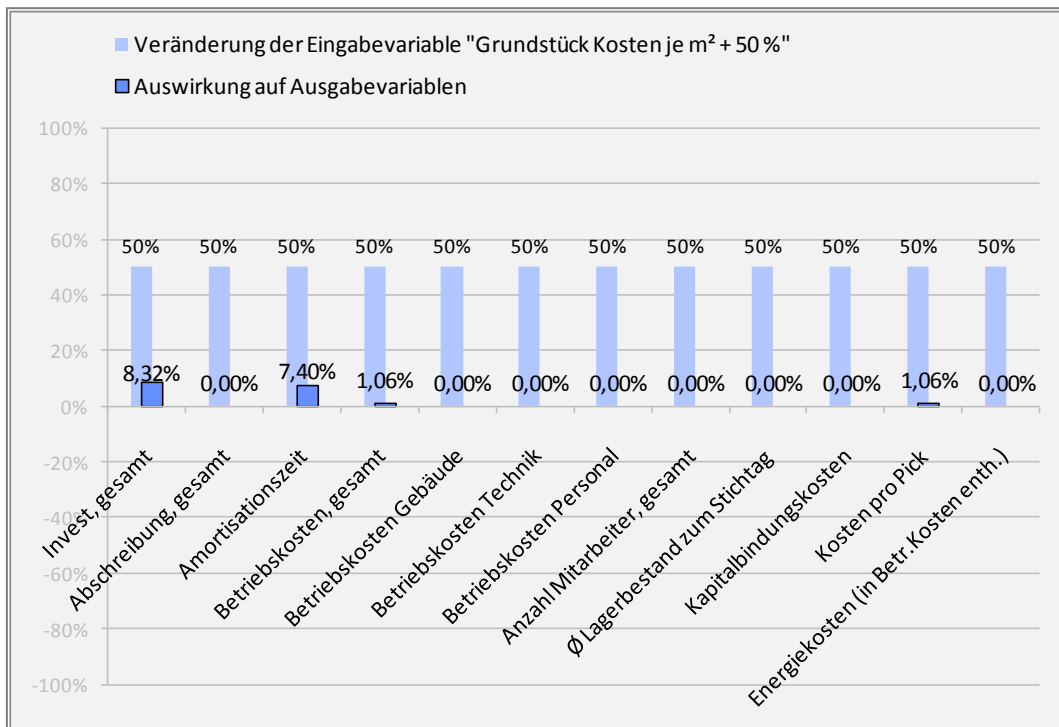


Abbildung 81: Ergebnis Evaluationsszenario 2: „Grundstück Kosten je m²“ +50 %

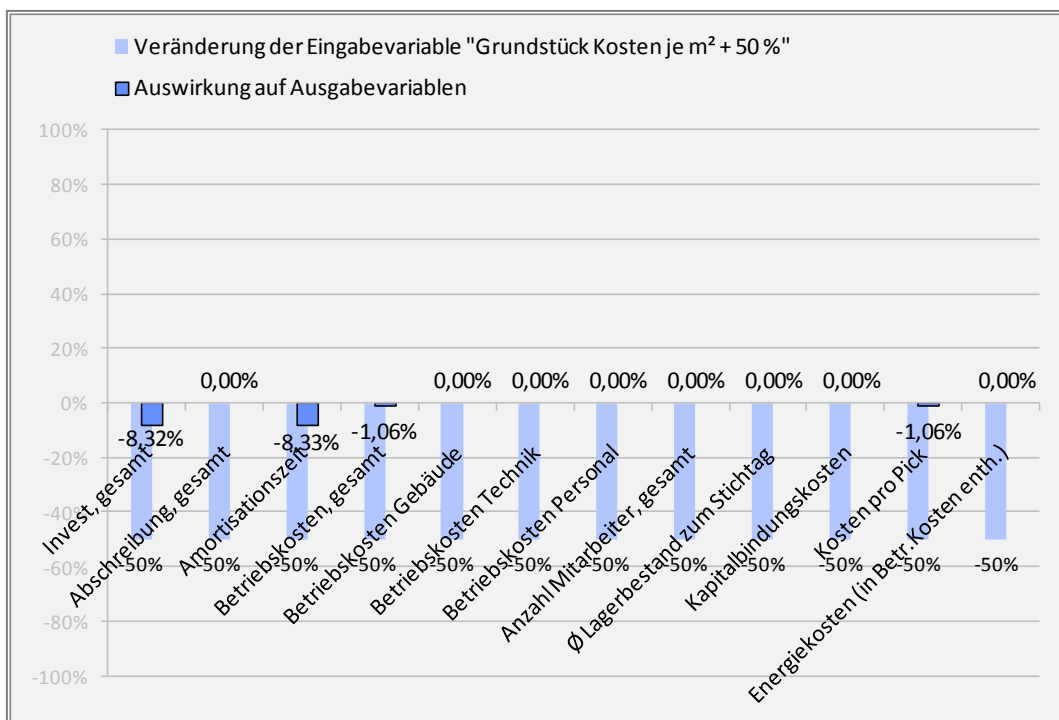


Abbildung 82: Ergebnis Evaluationsszenario 2: „Grundstück Kosten je m²“ -50 %

In der Art, ob synchron, asynchron, symmetrisch oder asymmetrisch, im Grad der Beeinflussung nachfolgend in abfallender Reihenfolge der Wirkungsbreite aufgeführt, reagieren aus den o.g. Ausgabevariablen der

„Gesamt-Invest“

Verhalten:	synchron-symmetrisch
Wirkung:	+ 8,32 % / - 8,32 %
Wirkungsbreite:	16,64 %,

d.h., bei Grundstückspreiserhöhung bzw. -senkung steigt und fällt der „Gesamt-Invest“ gleichermaßen, da die Erhöhung und auch die Verringerung des Grundstückspreises den „Gesamt-Invest“ linear beeinflussen (*siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.1.1*), die

„Amortisationszeit“

Verhalten:	synchron-asymmetrisch
Wirkung:	+ 7,40 % / - 8,33 %
Wirkungsbreite:	15,73 %,

d.h., bei Grundstückspreiserhöhung steigt die „Amortisationszeit“ geringer an, als sie bei Grundstückspreiserhöhung abfällt. Hervorgerufen durch den bestimmenden Parameter „Betriebskosten gesamt“ wird der Gewinn, der auch die Kapitalkosten für den Invest beinhaltet beeinflusst, der wiederum durch die Berechnungsgrundlage der „Amortisationszeit“ die Asymmetrie bei der Ergebnisausgabe bewirkt (*lt. Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.1*), die

„Betriebskosten, gesamt“

Verhalten:	synchron-symmetrisch
Wirkung:	+ 1,06 % / - 1,06%
Wirkungsbreite:	2,12 %,

d.h., bei Grundstückspreiserhöhung bzw. -senkung steigen und fallen die „Betriebskosten gesamt“ gleichermaßen. Dieses Verhalten entsteht dadurch, dass die Kapitalkosten linear auf die „Betriebskosten gesamt“, die u.a. von den Kapitalkosten für Invest, zu denen auch die Grundstückskosten zählen, einwirken und die weiteren Betriebskosten bestimmenden Parameter unverändert bleiben (*siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2*), und die

„Kosten pro Pick“

Verhalten:	synchron-symmetrisch
Wirkung:	+ 1,06 % / - 1,06 %
Wirkungsbreite:	2,12 %,

d.h., bei Grundstückspreiserhöhung steigen die Kosten pro Pick in gleichem Maße an, wie sie bei Grundstückspreissenkung abfallen. Dieses Verhalten ergibt sich dadurch, dass die „Betriebskosten gesamt“, die u.a. von den Kapitalkosten für Invest, zu denen auch die Grundstückskosten zählen, einer der bestimmenden Faktoren bei der Berechnung der „Kosten pro Pick“ sind, wobei die weiteren Betriebskosten bestimmenden Parameter unverändert bleiben (*siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.2.2.1*).

Die weiteren Ausgabekennzahlen

- Abschreibung, gesamt
- Betriebskosten Gebäude
- Betriebskosten Technik
- Betriebskosten Personal und
- Anzahl Mitarbeiter, gesamt
- Ø Lagerbestand zum Stichtag
- Kapitalbindungskosten
- Energiekosten (in Betriebskosten enthalten)

sind von der Veränderung der Eingabevariablen nicht betroffen.

Analyse:

Eine Erhöhung des Grundstückspreises um 50 % resultiert in eine Erhöhung des Gesamt-Invests von 8,32 % mit einer Steigerung der Amortisationszeit von 7,40 %. Die Veränderung der Kosten pro Pick fällt dagegen mit 1,06 % gering aus. Des Weiteren stellt sich heraus, dass sich die Erhöhung der Eingabevariable um 50 % geringer auf die Ausgabevariablen auswirkt als eine Erniedrigung, d.h., es liegt ein asymmetrisches Verhalten in der Zusammenfassung der hier angesprochenen Ausgabevariablen vor. Diese vorgenannten Werte entsprechen exakt den Aussagen bei der Grundstücksgröße, da eine Preisveränderung einer Grundstücksflächenänderung gleichkommt. Zu beachten ist jedoch, dass bei einer Änderung der Grundstückskosten kein Einfluss auf das Personal entsteht.

Insgesamt werden 4 der 12 betrachteten Ausgabevariablen angesprochen, wodurch sich bedingt durch die einzelnen Wirkungsbreiten eine geringe bis mittlere Wirkungsintensität von 9,15 % ergibt.

Aussage:

Die ausgegebenen Werte sagen aus, dass die Veränderung der „Kosten pro m² Grundstück“ im Wesentlichen Einfluss auf den Gesamt-Invest des Lagersystems und die damit verbundene Amortisationszeit hat. Die „Betriebskosten“, bedingt durch steigende Kapitalkosten, und die direkt an die Betriebskosten gekoppelten „Kosten pro Pick“ werden prozentual nur gering beeinflusst, was aber als absoluter Wert bei entsprechend großer Menge von Picks pro Jahr schnell mit mehreren Hunderttausend Euro pro Jahr zu Buche schlagen kann. Die erhöhten Grundstückskosten gehen nicht in die Abschreibung mit ein, da Gewerbestandteile keiner Wertminderung durch Abnutzung erfahren. Gleichmaßen ist eine Grundstücksminderung um 50 % umgekehrt proportional zu sehen, d.h., neben der Einsparung im Invest wird die Amortisationszeit verkürzt und trägt dadurch zu einer optimierten Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems, z.B. verringerte Kosten pro Pick bei.

Im Bereich der Anzahl Mitarbeiter und der damit verbundenen Betriebskosten Personal ist bei einer Veränderung der Grundstückskosten pro m² keine Veränderung festzustellen, da für veränderte Kosten bei Verwaltung und Pflege des Grundstücks kein Einfluss auf die Personalmenge besteht, was die einseitige Veränderung der Ausgabevariablen in Richtung Erhöhung bestätigt.

Schlussfolgerung:

Die Grundstückskosten beeinflussen nicht unerheblich den Gesamt-Invest und die damit verbundene Amortisationszeit und sind daher bei der Standortwahl des Logistiksystems von Bedeutung. Es liegt ein leicht asymmetrisches Verhalten in der Zusammenfassung der hier angesprochenen Ausgabevariablen bei einer Grundstückskostenveränderung vor, eine Grundstückskostenreduzierung prägt sich stärker aus als eine -Erhöhung. Aufgrund der ermittelten Wirkungen ergibt sich insgesamt eine geringe Wirkungsintensität bzw. ein geringer bis mäßiger Einfluss auf die Ausgabeparameter. Die Aussage dieser Betrachtung ist, dass der Standort und die damit verbundenen Grundstückskosten eines Intralogistiksystems von Bedeutung sind, die Auswahl und die damit verbundenen Grundstückpreises sollten daher unter Berücksichtigung eines evtl. vorgesehenen überregionalen logistischen Gesamtkonzeptes nicht außer Acht gelassen werden.

10.1.3. Evaluationsszenario 3: Eingabevariable „Personalkosten (operativ) pro Jahr“

Definition: Variation der „Personalkosten (operativ) pro Jahr“

Der Kern der Untersuchung in diesem Szenario liegt in der Betrachtung der operativen Personalkosten, um die Einflüsse des Standortes und den damit verbundenen unterschiedlichen länderspezifischen Personalkosten bei der Bewertung der Wirkzusammenhänge hervorzuheben.

Die Eingabevariable „Personalkosten (operativ) pro Jahr“ wird ausgehend von dem im Modell angenommenen Wert im ersten Fall um 50 % erniedrigt, in einem zweiten Fall um 50% erhöht und die Reaktion auf die o.g. Ausgabevariablen untersucht.

Bei dieser Evaluierung ergibt sich, dass sich die Änderung der Personalkosten für operative Mitarbeiter auf die Hälfte bzw. auf das Eineinhalbfache wie folgt niederschlägt (*siehe nachfolgende Tabelle 15: Wirkung Evaluationsszenario 3: „Personalkosten pro Jahr“ +/-50 % und Abbildung 83: Ergebnis Evaluationsszenario 3: „Personalkosten pro Jahr“ +/-50 %*):

Evaluierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss				Wirkung
Operativ		Wert in %	ja	nein	Trend	Kommentar
Einfluss auf:	Invest, gesamt		-	X		kein Einfl. auf Gesamt-Invest
Einfluss auf:	Abschreibung, gesamt		-	X		kein Einfluss, da Gewerbefläche nicht abgeschr
Einfluss auf:	Amortisationszeit	19,17857	X	-	↑	synchron, da Betriebskosten steigen
Einfluss auf:	Betriebskosten, gesamt	23,52088	X	-	↑	synchron, da Grundkosten für operative MA stei
Einfluss auf:	Betriebskosten Gebäude		-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Gebäude
Einfluss auf:	Betriebskosten Technik		-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Technik
Einfluss auf:	Betriebskosten Personal	48,91097	X	-	↑	synchron, da Grundkosten für operative MA stei
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter, gesamt		-	X		kein Einfl. auf Anzahl Mitarbeiter
Einfluss auf:	Ø Lagerbestand zum Stichtag		-	X		kein Einfl. auf Lagerbestand
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten		-	X		kein Einfl. auf Kapitalbindungskosten
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	23,52088	X	-	↑	synchron, da Grundkosten für operative MA stei
Einfluss auf:	Energiekosten (in Betr.Kosten ent		-	X		kein Einfl. auf Energiekosten

Tabelle 15: Wirkung Evaluationsszenario 3: „Personalkosten pro Jahr“ +/-50 %

Im Einzelnen bedeutet das bei einer 50%igen Erhöhung bzw. einer 50%igen Erniedrigung der Eingabevariable eine Ausgabevariablenreaktion lt. nachfolgender Diagramme.

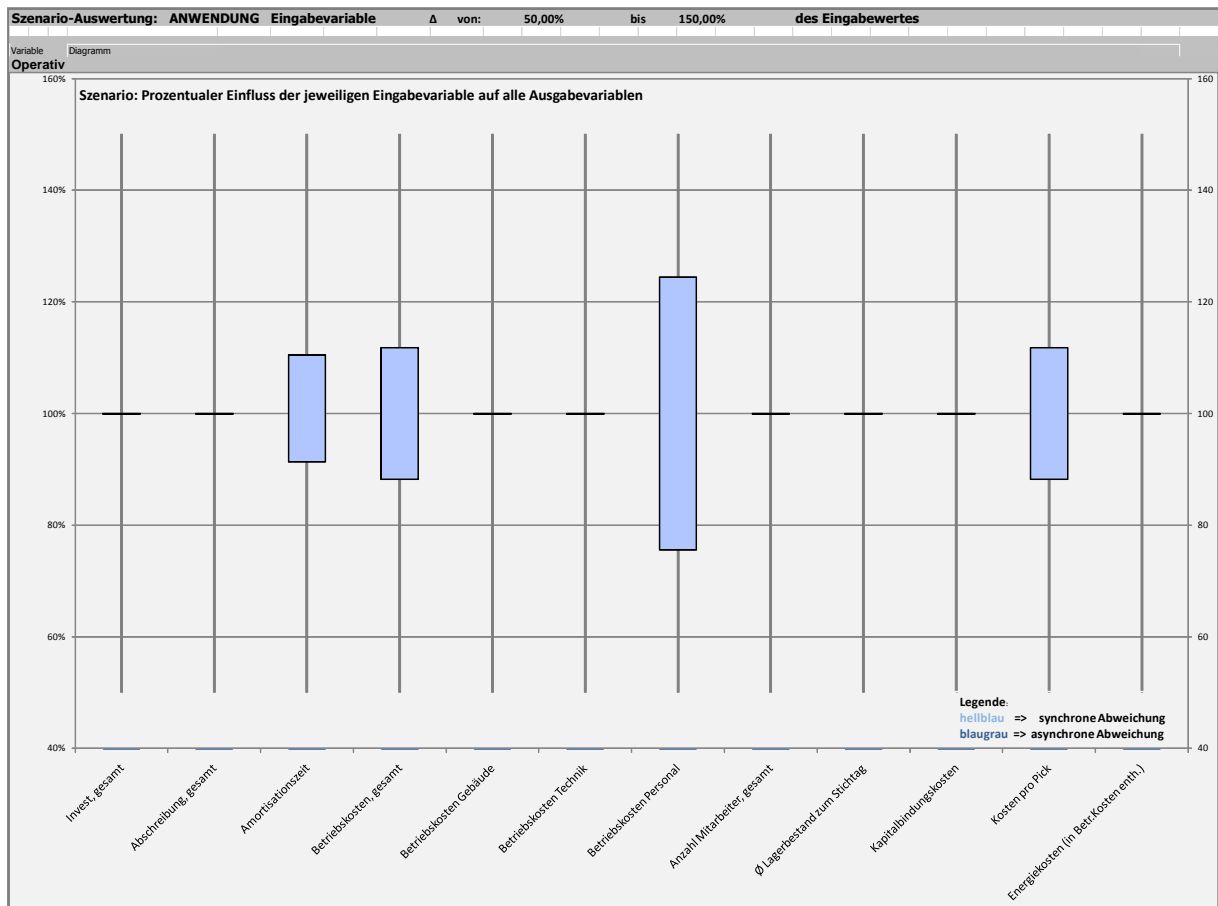


Abbildung 83: Ergebnis Evaluationsszenario 3: „Personalkosten pro Jahr“ +/- 50 %

Teilt man die Wirkungsbreite nach positiver und negativer Variation auf, sind die relativen Auswirkungen in den beiden nachfolgenden Diagrammen deutlich erkennbar.

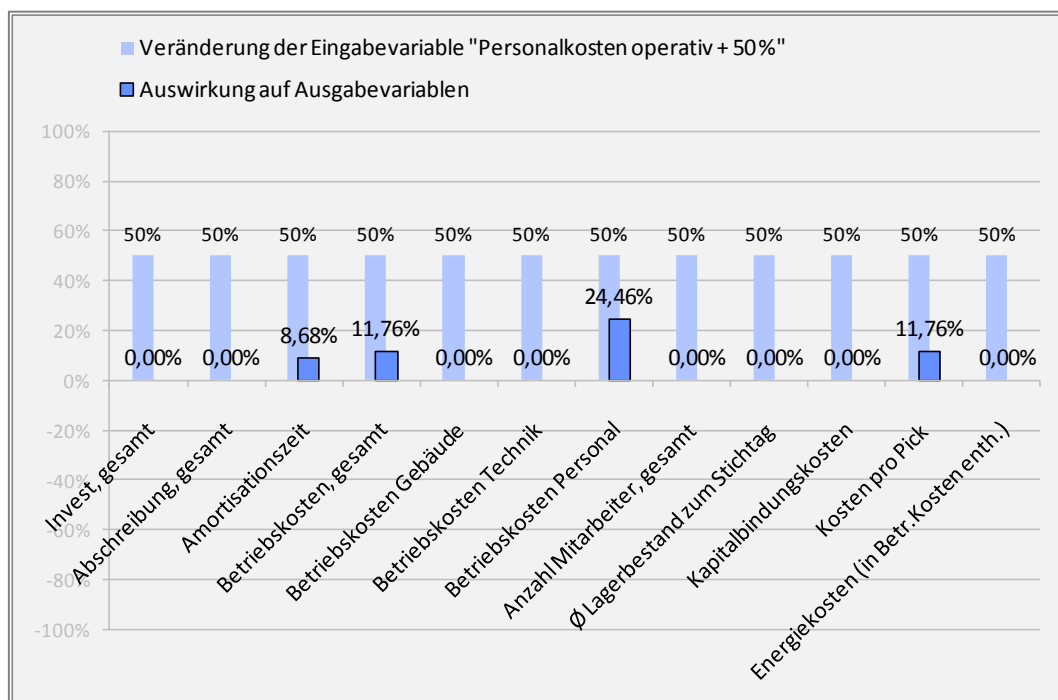


Abbildung 84: Ergebnis Evaluationsszenario 3: „Personalkosten pro Jahr“ +50 %

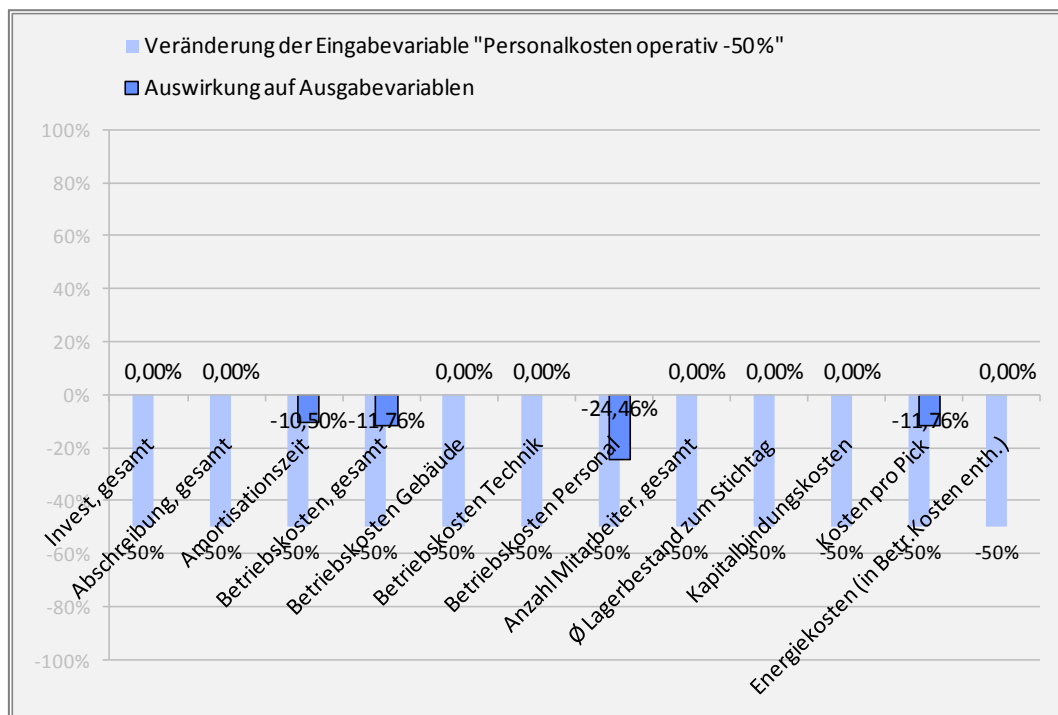


Abbildung 85: Ergebnis Evaluationsszenario 3: „Personalkosten pro Jahr“-50 %

In der Form, ob synchron, asynchron, symmetrisch oder asymmetrisch, im Grad der Beeinflussung nachfolgend in abfallender Reihenfolge der Wirkungsbreite aufgeführt, reagieren aus den o.g. Ausgabevariablen die

„Betriebskosten Personal“

Verhalten: synchron-symmetrisch
 Wirkung: +24,46 % / - 24,46 %
 Wirkungsbreite: 48,92 %,

d.h., bei Personalkostenhöhung bzw. -senkung steigt und fällt der Gesamt-Invest gleichermaßen. Dieses Verhalten ergibt sich durch den direkten Einfluss der Personalkosten für den operativen Bereich auf die „Betriebskosten Personal“, denn sowohl eine Erniedrigung als auch eine Erhöhung der Personalkosten wirkt sich linear auf die „Betriebskosten Personal“ aus (siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2.3), die

„Betriebskosten, gesamt“

Verhalten: synchron-symmetrisch
 Wirkung: + 11,76 % / - 11,76 %
 Wirkungsbreite: 23,52 %,

d.h., bei Personalkostenhöhung bzw. -senkung steigen und fallen die „Betriebskosten gesamt“ gleichermaßen. Dieses Verhalten entsteht dadurch, dass Personalkosten linear auf die „Betriebskosten gesamt“ einwirken (siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2), die

„Kosten pro Pick“

Verhalten:	synchron-symmetrisch
Wirkung:	+ 11,76 % / - 11,76 %
Wirkungsbreite:	23,52 %,

d.h., bei Personalkostenhöhung bzw. -senkung steigen und fallen die „Kosten pro Pick“ gleichermaßen. Dieses Verhalten ergibt sich dadurch, dass die „Betriebskosten gesamt“, die u.a. von den Personalkosten beeinflusst werden, einer der bestimmenden Faktoren bei der Berechnung der „Kosten pro Pick“ sind (*siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.2.2.1*), und die

„Amortisationszeit“

Verhalten:	synchron-asymmetrisch
Wirkung:	+ 8,68 % / - 10,50 %
Wirkungsbreite:	19,18 %,

d.h., bei Personalkostenhöhung steigt die „Amortisationszeit“ geringer an, als sie bei Personalkosten senkung abfällt, und zwar als Folge des bestimmenden Parameter „Betriebskosten gesamt“. Mit den „Betriebskosten gesamt“ wird der Gewinn beeinflusst, der durch die Berechnungsgrundlage der „Amortisationszeit“ (*lt. Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.1*) die Asymmetrie bei der Ergebnisausgabe bewirkt.

Die weiteren Ausgabekennzahlen

- Invest, gesamt
- Abschreibung, gesamt
- Betriebskosten, Gebäude
- Betriebskosten, Technik
- Anzahl Mitarbeiter, gesamt
- Ø Lagerbestand zum Stichtag
- Kapitalbindungskosten
- Energiekosten (in Betriebskosten enthalten)

sind von der Veränderung der Eingabevariablen nicht betroffen.

Analyse:

Eine Erhöhung der Personalkosten für die operativen Werker um 50 % bewirkt eine Erhöhung der Gesamt-Betriebskosten von 11,76 % mit einer Steigerung der Kosten pro Pick von ebenfalls 11,76 %, was einem extremen Logistikkostenanstieg entspricht. Durch die erhöhten Betriebskosten verlängert sich die Amortisationszeit um 8,68 %. Eine Erniedrigung der operativen Personalkosten wirkt sich bei der Amortisationszeit stärker aus als eine Erhöhung.

Insgesamt werden 4 der 12 betrachteten Ausgabekennzahlen angesprochen, wodurch sich bedingt durch die einzelnen Wirkungsbreiten eine mittlere Wirkungsintensität von 28,78 % ergibt.

Aussage:

Die ermittelten Werte sagen aus, dass die Veränderung der „Personalkosten (operativ) pro Jahr“ im Wesentlichen Einfluss auf „Betriebskosten, Personal“ und die damit verbundenen „Betriebskosten, gesamt“ haben. Die „Kosten pro Pick“ werden ebenfalls deutlich beeinflusst.

Gleichermaßen ist eine Personalkostenminderung um 50 % umgekehrt proportional zu sehen, d.h., neben der Einsparung im Bereich der Betriebskosten wird die Amortisationszeit verkürzt und trägt dadurch zu einer optimierten Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems, z.B. verringerte Kosten pro Pick bei.

Schlussfolgerung:

Es liegt ein geringfügig asymmetrisches Verhalten in der Zusammenfassung der hier angesprochenen Ausgabevariablen bei einer Personalkostenverringerung vor, eine Personalkostenreduzierung prägt sich stärker aus als eine -erhöhung. Aufgrund der ermittelten Wirkungen ergibt sich insgesamt eine mittlere Wirkungsintensität, die im Wesentlichen durch die Beeinflussung der Kennzahl „Betriebskosten Personal“ geprägt wird.

Die Personalkosten, die stark durch die Standortwahl des Logistikzentrums beeinflusst werden, spielen eine wichtige Rolle, beeinflussen die Logistikkosten sehr deutlich und sollten daher bei z.B. bei einer übergeordneten Logistiknetzplanung nicht unberücksichtigt bleiben.

10.1.4. Evaluationsszenario 4: Eingabevariable „Energiekosten je 1 KWh“

Definition: Variation der „Energiekosten je 1 KWh“

Der Mittelpunkt der Untersuchung in diesem Szenario liegt in der Betrachtung der Energiegrundkosten, um die Einflüsse der damit verbundenen Betriebskosten bei der Bewertung der Wirkzusammenhänge herauszustellen.

Die Eingabevariable „Energiekosten je 1 KWh“ wird ausgehend von dem im Modell angenommenen Wert im ersten Fall um 50 % erniedrigt, in einem zweiten Fall um 50 % erhöht und die Reaktion auf die o.g. Ausgabevariablen untersucht.

Bei dieser Evaluierung stellt sich heraus, dass sich die Änderung der Energiekosten je 1 KWh auf die Hälfte bzw. auf das Eineinhalbfache wie folgt niederschlägt (*siehe nachfolgende Tabelle 16: Wirkung Evaluationsszenario 4: „Energiekosten je 1KWh“ +/-50 % und Abbildung 86: Ergebnis Evaluationsszenario 4: „Energiekosten je 1KWh“ +/-50 %*):

Evaluierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss			Wirkung	
Energiekosten je 1 kWh		Wert in %	.g	nein	Trend	Kommentar
Einfluss auf:	Invest, gesamt		-	X		kein Einfl. auf Gesamt-Invest
Einfluss auf:	Abschreibung, gesamt		-	X		kein Einfluss, da Gewerbefläche nicht abgeschri
Einfluss auf:	Amortisationszeit	10,93317	X	-	↑	synchron, da Betriebskosten steigen
Einfluss auf:	Betriebskosten, gesamt	13,49059	X	-	↑	synchron, da Grundkosten für Energie steigen
Einfluss auf:	Betriebskosten Gebäude	26,72959	X	-	↑	synchron, da Grundkosten für Energie steigen
Einfluss auf:	Betriebskosten Technik	48,19730	X	-	↑	synchron, da Grundkosten für Energie steigen
Einfluss auf:	Betriebskosten Personal		-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Personal
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter, gesamt		-	X		kein Einfl. auf Anzahl Mitarbeiter
Einfluss auf:	Ø Lagerbestand zum Stichtag		-	X		kein Einfl. auf Lagerbestand
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten		-	X		kein Einfl. auf Kapitalbindungskosten
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	13,49059	X	-	↑	synchron, da Grundkosten für Energie steigen
Einfluss auf:	Energiekosten (in Betr.Kosten ent	100,00000	X	-	↑	synchron, da Energiekosten mit Preis steigen

Tabelle 16: Wirkung Evaluationsszenario 4: „Energiekosten je 1KWh“ +/-50 %

Im Einzelnen bedeutet das bei einer 50%igen Erhöhung bzw. einer 50%igen Erniedrigung der Eingabevariable eine Ausgabevariablenreaktion lt. nachfolgender Diagramme.

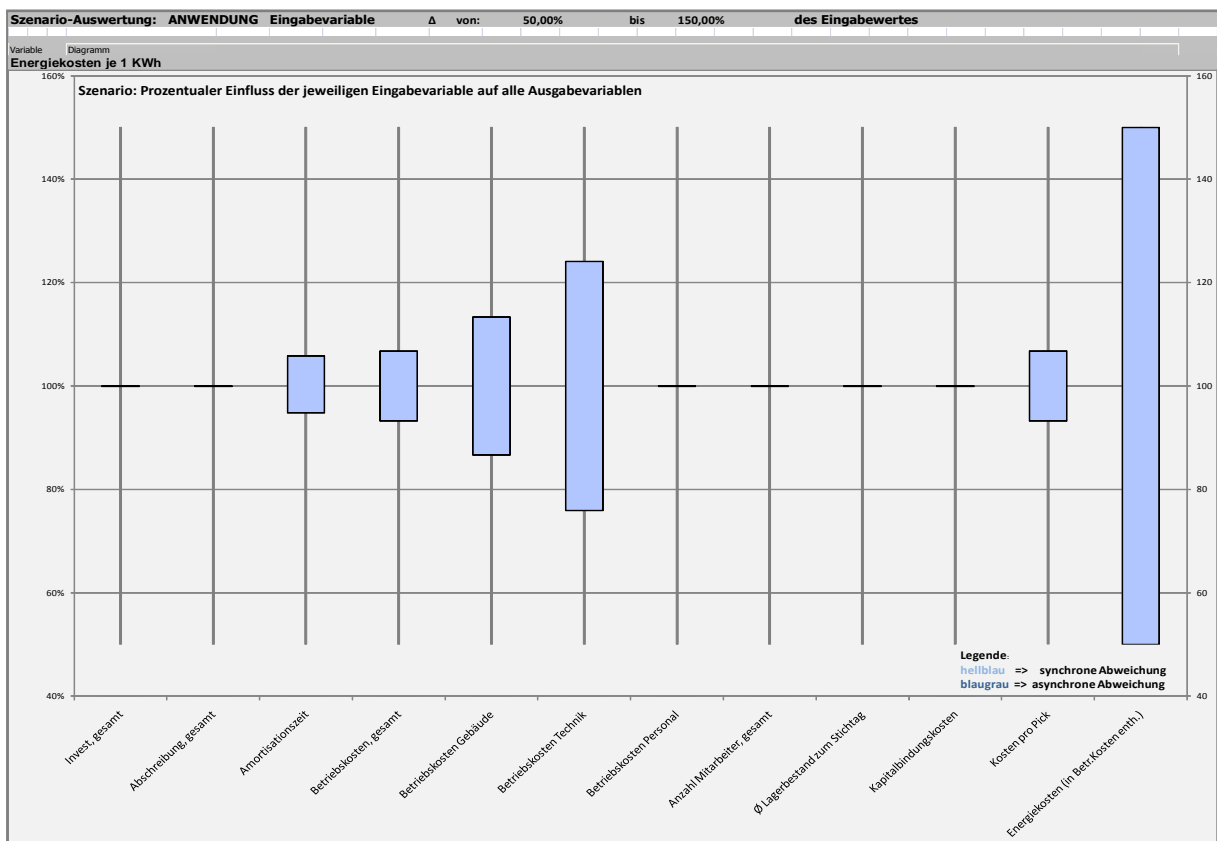


Abbildung 86: Ergebnis Evaluationsszenario 4: „Energiekosten je 1KWh“ +/-50 %

Teilt man nun die Wirkungsbreite nach positiver und negativer Variation auf, sind die relativen Auswirkungen in den beiden nachfolgenden Diagrammen deutlich erkennbar.

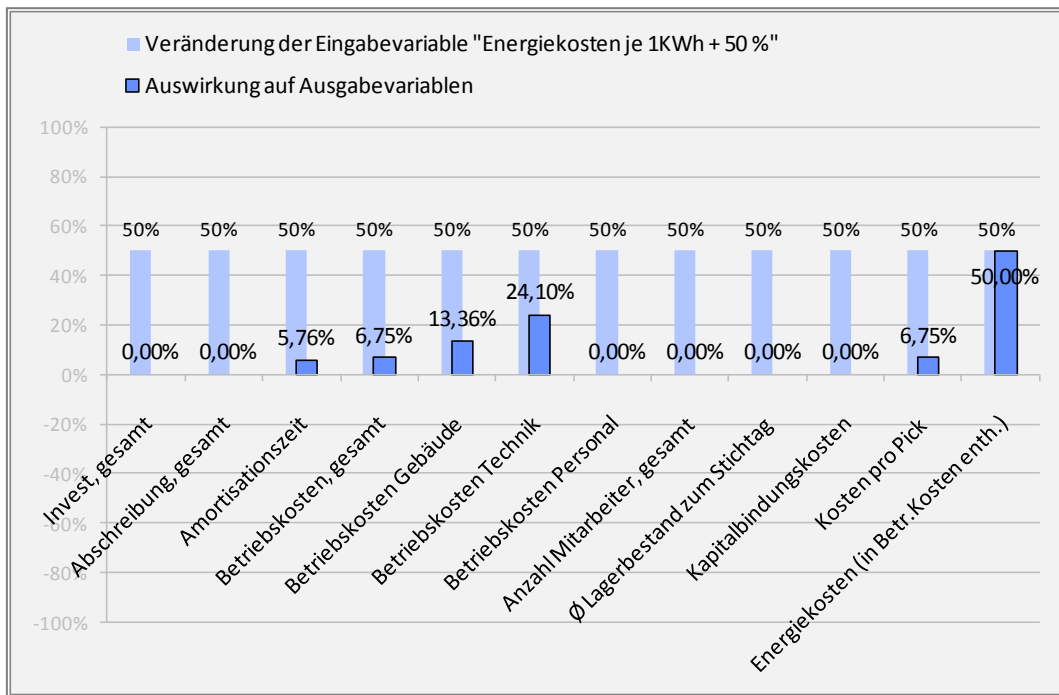


Abbildung 87: Ergebnis Evaluationsszenario 4: „Energiekosten je 1KWh“ +50 %

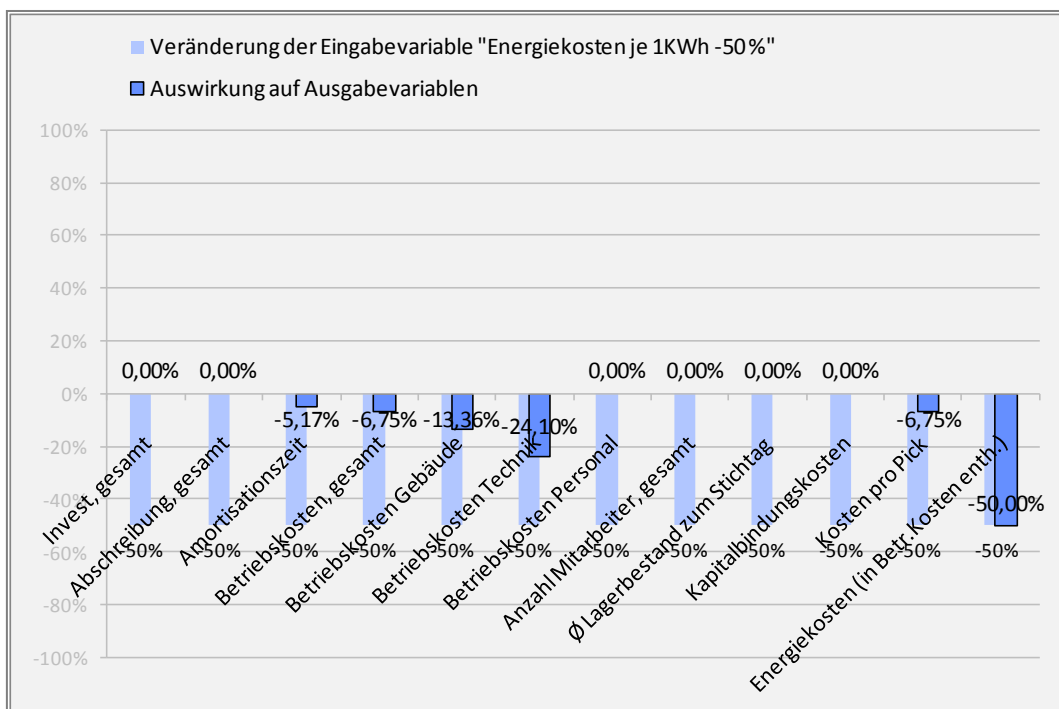


Abbildung 88: Ergebnis Evaluationsszenario 4: „Energiekosten je 1KWh“ -50 %

In der Form, ob synchron, asynchron, symmetrisch oder asymmetrisch, im Grad der Beeinflussung nachfolgend in abfallender Reihenfolge der Wirkungsbreite aufgeführt, reagieren aus den o.g. Ausgabevariablen die

„Energiekosten“

Verhalten:	synchron-symmetrisch
Wirkung:	+ 50,00 % / - 50,00 %
Wirkungsbreite:	100,00 %,

d.h., bei Energiegrundkostenerhöhung bzw. -senkung steigen und fallen die „Energiekosten“ in einer 1:1 Beziehung gleichermaßen, denn sowohl eine Erniedrigung als auch eine Erhöhung der „Energiekosten“ wirkt sich direkt linear aus (*siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2.7*), die

„Betriebskosten Technik“

Verhalten:	synchron-symmetrisch
Wirkung:	+ 24,10 % / - 24,10 %
Wirkungsbreite:	48,20 %,

d.h., bei Energiegrundkostenerhöhung bzw. -senkung steigen und fallen die „Betriebskosten Technik“ gleichermaßen. Dieses Verhalten entsteht dadurch, dass die „Energiekosten“ direkt auf die „Betriebskosten Technik“ einwirken (*siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2.2*), die

„Betriebskosten Gebäude“

Verhalten:	synchron-symmetrisch
Wirkung:	+ 13,36 % / - 13,36 %
Wirkungsbreite:	26,72 %,

d.h., bei Energiegrundkostenerhöhung bzw. -senkung steigen und fallen die „Betriebskosten Gebäude“ gleichermaßen, da die Energiekosten direkt auf die „Betriebskosten Gebäude“ durch die technische Gebäudeausstattung einwirken (*siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2.1*), die

„Betriebskosten, gesamt“

Verhalten:	synchron-symmetrisch
Wirkung:	+ 6,75 % / - 6,75 %
Wirkungsbreite:	13,50 %,

d.h., bei Energiegrundkostenerhöhung bzw. -senkung steigen und fallen die „Betriebskosten gesamt“ gleichermaßen. Die „Betriebskosten gesamt“ werden u.a. durch die Betriebskosten für Gebäude und Technik beeinflusst, auf die die Energiekosten direkt einwirken (*siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2*), die

„Kosten pro Pick“

Verhalten:	synchron-symmetrisch
Wirkung:	+ 6,75 % / - 6,75 %
Wirkungsbreite:	13,50 %,

d.h., bei Energiegrundkostenerhöhung bzw. -senkung steigen und fallen die „Kosten pro Pick“ gleichermaßen. Dieses Verhalten ergibt sich dadurch, dass die „Betriebskosten gesamt“, die u.a. von den Energiekosten beeinflusst werden, einer der bestimmenden Faktoren bei der Berechnung der „Kosten pro Pick“ sind (*siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.2.2.1*), und die

„Amortisationszeit“

Verhalten:	synchron-asymmetrisch
Wirkung:	+ 5,76 % / - 5,17 %
Wirkungsbreite:	10,93 %,

d.h., bei Energiegrundkostenerhöhung steigt die „Amortisationszeit“ stärker an, als sie bei Energiegrundkostensenkung abfällt: Mit dem die „Amortisationszeit“ bestimmenden Parameter „Betriebskosten gesamt“ wird der Gewinn beeinflusst, der wiederum durch die Berechnungsgrundlage der „Amortisationszeit“ (*lt. Kap. 13.12 Konспект, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.1*) die Asymmetrie bei der Ergebnisausgabe bewirkt.

Die weiteren Ausgabekennzahlen

- Invest, gesamt
- Abschreibung, gesamt
- Betriebskosten Personal
- Anzahl Mitarbeiter, gesamt
- Ø Lagerbestand zum Stichtag
- Kapitalbindungskosten

sind von der Veränderung der Eingabevariablen nicht betroffen.

Analyse:

Eine Erhöhung der Energiekosten je 1 kWh um 50 % verursacht eine Erhöhung der Gesamt-Betriebskosten von 6,75 % mit einer Steigerung der Kosten pro Pick von ebenfalls 6,75 %, was einem starken Logistikkostenanstieg entspricht. Eine Erhöhung der Energiekosten wirkt sich bei der Amortisationszeit mit 5,76 % stärker aus als eine Erniedrigung mit -5,17 %, d.h., es liegt ein asymmetrisches Verhalten in der Zusammenfassung der hier angesprochenen Ausgabevariablen bei einer Personalkostenverringerung vor.

Insgesamt werden 6 der 12 betrachteten Ausgabevariablen angesprochen, wodurch sich bedingt durch die einzelnen Wirkungsbreiten eine deutliche Wirkungsintensität von 35,47 % ergibt.

Aussage:

Die ermittelten Werte sagen aus, dass die Veränderung der „Energiekosten je 1 kWh“ im Wesentlichen Einfluss auf die „Betriebskosten Technik“, die „Betriebskosten Gebäude“ und die damit verbundenen „Betriebskosten, gesamt“ haben. Die „Kosten pro Pick“ werden ebenfalls deutlich als Folge veränderter Betriebskosten direkt beeinflusst.

Desgleichen ist eine Energiegrundkostenminderung um 50 % umgekehrt proportional zu sehen, d.h., neben der Einsparung im Bereich der Betriebskosten wird die Amortisationszeit verkürzt und trägt dadurch zu einer optimierten Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems, z.B. verringerte Kosten pro Pick bei.

Schlussfolgerung:

Es liegt ein leicht asymmetrisches Verhalten in der Zusammenfassung der hier angesprochenen Ausgabevariablen bei einer Energiegrundkostenminderung vor, d.h. eine Energiegrundkostenminderung prägt sich bei der Amortisationszeit geringfügig stärker aus als eine Energiegrundkostenerhöhung. Hinsichtlich der ermittelten Wirkungen ergibt sich insgesamt eine deutliche Wirkungsintensität mit deutlicher Auswirkung auf die ausgewählten Ausgabekennzahlen.

Die Energiekosten sind, untermauert durch diese Analyse, ein deutlicher Kostentreiber der Logistikkosten. Es sind daher alle möglichen Maßnahmen sowohl zur Reduzierung der Energieverbräuche bei der Technik wie z.B. Energierückgewinnung bei RBGs, als auch bei der Gebäudeausstattung, z.B. durch geeignete Energiesparmaßnahmen bei der Beleuchtung, zu ergreifen.

10.1.5. Evaluationsszenario 5: Eingabevariable „Photovoltaik ja/nein“

Definition: Variation der „Photovoltaik ja/ nein“

Der Fokus der Untersuchung in diesem Szenario liegt auf der Betrachtung einer generativen Energiegewinnungsanlage durch Photovoltaik, um die Einflüsse der Installation bzw. der Nichtinstallation bei der Bewertung der Wirkzusammenhänge zu verdeutlichen.

Die Installation einer Photovoltaikanlage als Eingabevariable „Photovoltaik ja/nein“ als Auswahlfeld wird im Modell mit 2/3 der angegebenen Lagerfläche als vorhanden, also als „ja“ angesehen und die Reaktion auf die o.g. Ausgabevariablen untersucht.

Bei dieser Evaluierung stellt sich heraus, dass sich die Installation, also als „ja“ im Auswahlfeld angenommen, einer Photovoltaikanlage wie folgt niederschlägt (*siehe nachfolgende Tabelle 17: Wirkung Evaluationsszenario 5: „Photovoltaik, ja/nein“ und Abbildung 89: Ergebnis Evaluationsszenario 5: „Photovoltaik ja/nein“*):

Evaluierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss				Wirkung
Photovoltaik	ja / nein	Wert in %	Δ	nein	Trend	Kommentar
Einfluss auf:	Invest, gesamt	16,15692	X	-	↑	synchron, da Invest für Gewerbefläche steigt
Einfluss auf:	Abschreibung, gesamt	9,71955	X	-	↑	synchron, da Gebäude-Invest steigt
Einfluss auf:	Amortisationszeit	15,37093	X	-	↑	synchron, da Gesamt-Invest steigt
Einfluss auf:	Betriebskosten, gesamt	5,45560	X	-	↑	synchron, da Betriebskosten Gebäude steigen
Einfluss auf:	Betriebskosten Gebäude	28,31836	X	-	↑	synchron, da Betriebskosten Technik steigen
Einfluss auf:	Betriebskosten Technik	-4,56675	X	-	↓	asynchron, da Energiekosten fallen
Einfluss auf:	Betriebskosten Personal	2,22902	X	-	↑	synchron, da Anzahl Mitarbeiter steigt
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter, gesamt	1,09890	X	-	↑	synchron, da Invest Gebäude steigt
Einfluss auf:	Ø Lagerbestand zum Stichtag	-		X		kein Einfl. auf Lagerbestand
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten	-		X		kein Einfl. auf Kapitalbindungskosten
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	5,45560	X	-	↑	synchron, da Betriebs-/ Kapitalkosten steigen
Einfluss auf:	Energiekosten (in Betr.Kosten ent	-9,47511	X	-	↓	asynchron, da Energiekosten fallen

Tabelle 17: Wirkung Evaluationsszenario 5: „Photovoltaik, ja/nein“

Im Einzelnen bedeutet das bei Auswahl „Photovoltaik ja“ als Eingabevariable eine Ausgabevariablenreaktion lt. nachfolgender Diagramme.

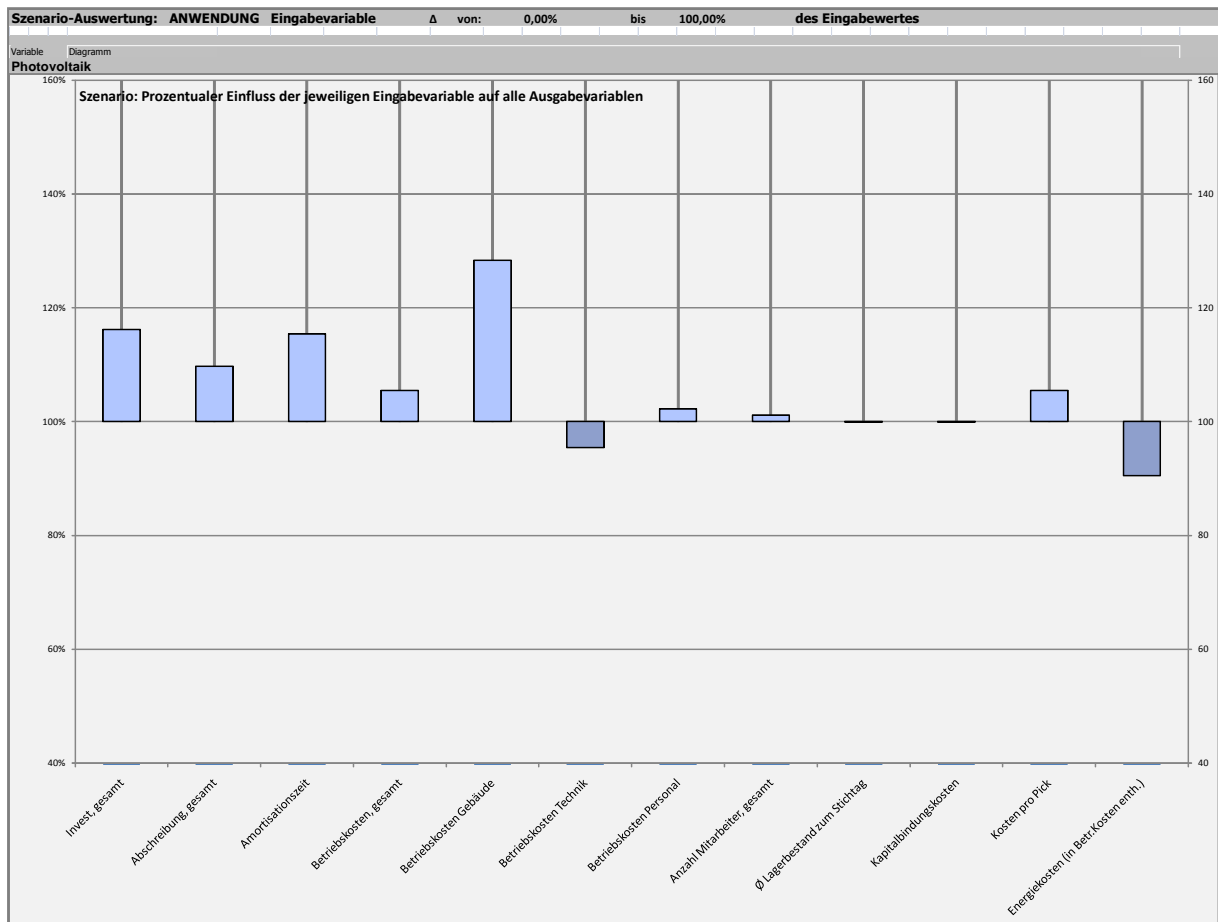


Abbildung 89: Ergebnis Evaluationsszenario 5: „Photovoltaik ja/nein“

In diesem Fall der Eingabeparametervariation „Photovoltaik ja/nein“ ist lediglich die Betrachtung der Veränderung als „ja“ möglich und die relativen Auswirkungen sind im nachfolgenden Diagrammen dargestellt.

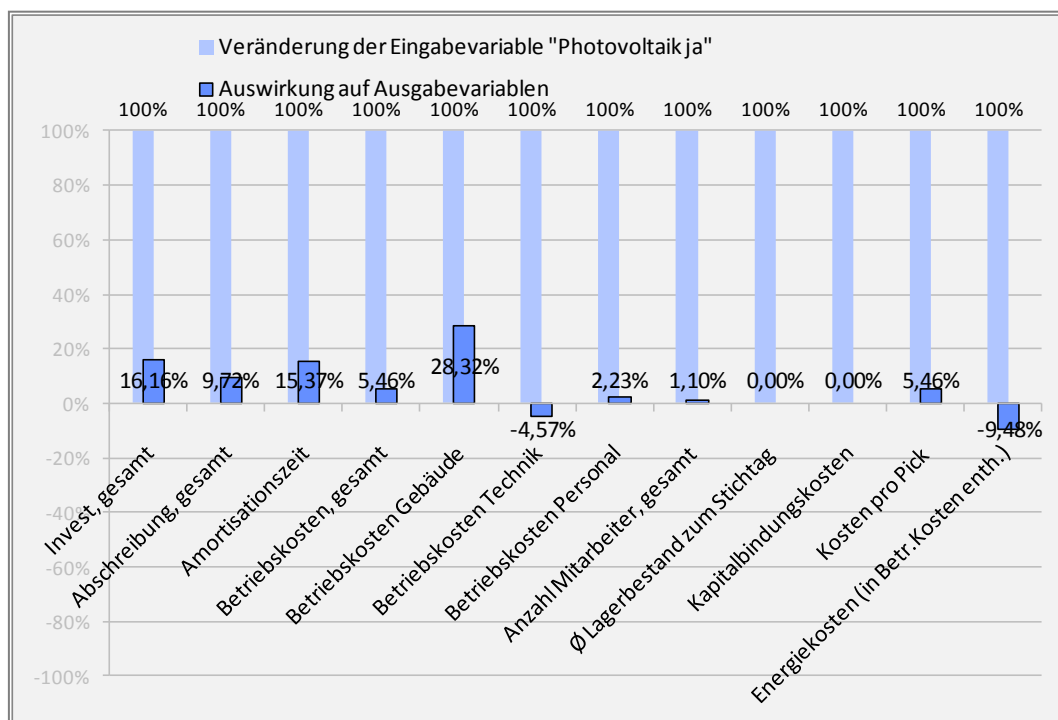


Abbildung 90: Ergebnis Evaluationsszenario 5: „Photovoltaik, ja“

In der Form, ob synchron oder asynchron, im Grad der Beeinflussung nachfolgend in abfallender Reihenfolge der Wirkungsbreite aufgeführt, reagieren aus den o.g. Ausgabevariablen die

„Betriebskosten Gebäude“

Verhalten: synchron
Wirkung: + 28,32 %
Wirkungsbreite: 28,32 %,

d.h., bei „Photovoltaik ja“ steigen die „Betriebskosten Gebäude“, da sich die stark steigenden Kapitalkosten durch höheren Invest und den steigenden Wartungsaufwand für mehr Technikinstallation verbunden mit höherem Personaleinsatz direkt auf die „Betriebskosten Gebäude“ niederschlagen (*siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2.1*), der

„Gesamt-Invest“

Verhalten: synchron
Wirkung: + 16,16 %
Wirkungsbreite: 16,16 %,

d.h., bei „Photovoltaik ja“ steigt der „Gesamt-Invest“, da sich die Investition in Gebäudetechnik direkt auf den „Gesamt-Invest“ (*siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.1.1*) auswirkt, die

„Amortisationszeit“

Verhalten: synchron
Wirkung: + 15,37 %
Wirkungsbreite: 15,37 %,

d.h., bei „Photovoltaik ja“ verlängert sich die „Amortisationszeit“, bedingt durch den höheren Invest als Berechnungsgrundlage der „Amortisationszeit“ (*lt. Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.1*) Mit den „Betriebskosten gesamt“, die auch die Kapitalkosten für den Invest beinhalten, wird der Gewinn beeinflusst, der die Asymmetrie bei der Ergebnisausgabe hervorruft, die

„Abschreibung, gesamt“

Verhalten: synchron
Wirkung: + 9,72 %
Wirkungsbreite: 9,72 %,

d.h., bei „Photovoltaik ja“ steigt der abschreibbare Wert des Gebäudeinvests an (*lt. Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.1.2*), die

„Energiekosten“

Verhalten: asynchron
Wirkung: - 9,48 %
Wirkungsbreite: 9,48 %,

d.h., bei „Photovoltaik ja“ fallen die „Energiekosten“, da eine regenerative Energiegewinnung stattfindet und somit die „Energiekosten“ reduziert werden können (*siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2.7*), die

„Betriebskosten gesamt“

Verhalten:	synchron
Wirkung:	+ 5,46 %
Wirkungsbreite:	5,46 %,

d.h., bei „Photovoltaik ja“ steigen die „Betriebskosten gesamt“, da die stark steigenden Betriebskosten für Gebäude durch den höheren Invest den Vorteil der reduzierten „Betriebskosten Technik“ durch regenerative Energiegewinnung überwiegen (*siehe Kap. 13.12 Konsept, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2.1*), die

„Kosten pro Pick“

Verhalten:	synchron
Wirkung:	+ 5,46 %
Wirkungsbreite:	5,46 %,

d.h., bei „Photovoltaik ja“ steigen die „Kosten pro Pick“. Dieses Verhalten ergibt sich dadurch, dass die „Betriebskosten gesamt“, die u.a. von den „Betriebskosten Gebäude“ beeinflusst werden, einer der bestimmenden Faktoren bei der Berechnung der „Kosten pro Pick“ sind (*siehe Kap. 13.12 Konsept, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.2.2.1*). Mit steigenden „Betriebskosten gesamt“ steigen die „Kosten pro Pick“ an, die

„Betriebskosten Technik“

Verhalten:	asynchron
Wirkung:	- 4,57 %
Wirkungsbreite:	4,57 %,

d.h., bei „Photovoltaik ja“ fallen die „Betriebskosten Technik“, da eine regenerative Energiegewinnung die Energiekosten senkt. Dieses Verhalten entsteht dadurch, dass die „Energiekosten“ direkt auf die „Betriebskosten Technik“ einwirken (*siehe Kap. 13.12 Konsept, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2.2*), die

„Betriebskosten Personal“

Verhalten:	synchron
Wirkung:	+ 2,23 %
Wirkungsbreite:	2,23 %,

d.h., bei „Photovoltaik ja“ steigen die „Betriebskosten Personal“ leicht an, da für die Wartung und Pflege des erhöhten Gebäudeinvests zusätzliches Personal erforderlich wird (*siehe Kap. 13.12 Konsept, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2.3*), und die

„Anzahl Mitarbeiter, gesamt“

Verhalten:	synchron
Wirkung:	+ 1,10 %
Wirkungsbreite:	1,10 %,

d.h., bei „Photovoltaik ja“ steigt die „Anzahl Mitarbeiter gesamt“ an, da für die Wartung und Pflege des erhöhten Gebäudeinvests zusätzliches Personal erforderlich wird (*siehe Kap. 13.12 Konsept, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2.3*).

Die weiteren Ausgabekennzahlen

- Ø Lagerbestand zum Stichtag
- Kapitalbindungskosten

sind von der Veränderung der Eingabevariablen nicht betroffen.

Analyse:

Eine Installation einer Photovoltaikanlage bewirkt eine deutliche Erhöhung der Gebäudebetriebskosten um 28,32 % bei einer Erhöhung des Gesamt-Invests von 16,16 %, wobei die Amortisationszeit um 15,37 % verlängert wird und die Technikbetriebskosten um 4,57 % fallen, d.h., es liegt ein asymmetrische Verhalten in der Zusammenfassung der hier angesprochenen Ausgabevariablen bei einer Nichtinstallation einer Photovoltaikanlage vor.

Insgesamt werden 10 der 12 betrachteten Ausgabevariablen angesprochen, wodurch sich bedingt durch die einzelnen Wirkungsbreiten eine geringe Wirkungsintensität von 9,78 % ergibt.

Aussage:

Die ermittelten Werte verdeutlichen, dass die Investition in eine Photovoltaikanlage als Beitrag zur Umweltentlastung sicherlich richtig ist, aber der wirtschaftliche Aspekt, ausgedrückt durch höhere Gebäudebetriebskosten, höhere Kapitalkosten durch erhöhten Invest und damit einhergehende höhere Logistikkosten und verlängerter Amortisationszeit, nicht sinnvoll erscheint, solange die Energiekosten bei dieser Betrachtung konstant bleiben.

Schlussfolgerung:

Die Energiekosten sind, wie schon im Szenario mit Veränderung der Energiekosten herausgestellt, ein deutlicher Kostentreiber bei den Logistikkosten. Bei der Energiegewinnung und dem damit erzielten Rückgabepreis an die Versorgungsunternehmen wurde innerhalb dieses Modells der gleiche Betrag je KWh angenommen wie der Bezugspreis, um eine Verzerrung evtl. regional unterschiedlicher Rückvergütungspreise zu vermeiden. Erst durch evtl. energiepolitisch bedingte Zuschüsse aus öffentlicher Hand wird sich eine wirtschaftlich zufriedenstellende Gesamtsituation bei der Investition in Photovoltaik darstellen. In Anbetracht der ermittelten Wirkungen ergibt sich insgesamt eine geringe Wirkungsintensität auf die ausgewählten Ausgabekennzahlen.

Eine Photovoltaikanlage scheint daher als Beitrag zur regenerativen Energiegewinnung angeraten, ist aber nur durch die Energiegewinnung alleine nicht tragbar, sondern kann erst als Vorteil in die Wirtschaftlichkeit einbezogen werden, wenn durch die Subvention der öffentlichen Hand Zuschüsse gewährt werden.

10.1.6. Evaluationsszenario 6: Eingabevariable „Bestand“

Definition: Variation des „Ø Lagerbestand je Artikel“

Der Kern der Untersuchung in diesem Szenario liegt in der Betrachtung des durchschnittlichen Lagerbestandes, um die Einflüsse der Artikelbestandsmenge bei der Bewertung der Wirkzusammenhänge zu erklären.

Die Eingabevariable „Ø Lagerbestand je Artikel“ wird ausgehend von dem im Modell abgebildeten Wert im ersten Fall um 50 % erniedrigt, in einem zweiten Fall um 50 % erhöht und die Reaktion auf die o.g. Ausgabevariablen untersucht.

Bei dieser Evaluierung stellt sich heraus, dass sich die Änderung des Ø Lagerbestand je Artikel nach den o.g. Vorgaben wie folgt niederschlägt (siehe nachfolgende Tabelle 18: Wirkung Evaluationsszenario 6: „Bestand“ +/-50 % und Abbildung 91: Ergebnis Evaluationsszenario 6: „Bestand“ +/-50 %):

Evaluierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss				Wirkung
Ø Lagerbestand je Artikel		Wert in %	ja	nein	Trend	Kommentar
Einfluss auf:	Invest, gesamt		-	X		kein Einfl. auf Gesamt-Invest
Einfluss auf:	Abschreibung, gesamt		-	X		kein Einfluss, da Gewerbefläche nicht abgeschr
Einfluss auf:	Amortisationszeit	2,27119	X	-	↑	synchron, da Betriebskosten steigen
Einfluss auf:	Betriebskosten, gesamt	2,81044	X	-	↑	synchron, da Kapitalbindungskosten steigen
Einfluss auf:	Betriebskosten Gebäude		-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Gebäude
Einfluss auf:	Betriebskosten Technik		-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Technik
Einfluss auf:	Betriebskosten Personal		-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Personal
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter, gesamt		-	X		kein Einfl. auf Anzahl Mitarbeiter
Einfluss auf:	Ø Lagerbestand zum Stichtag	100,00000	X	-	↑	synchron, da Sicherheitsbestandfaktor steigt
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten	100,00000	X	-	↑	synchron, da Bestand steigt
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	2,81044	X	-	↑	synchron, da Betriebs-/ Bestandskosten steigen
Einfluss auf:	Energiekosten (in Betr.Kosten ent		-	X		kein Einfl. auf Energiekosten

Tabelle 18: Wirkung Evaluationsszenario 6: „Bestand“ +/-50 %

Im Einzelnen bedeutet das bei einer 50%igen Erhöhung bzw. einer 50%igen Erniedrigung der Eingabevariable eine Ausgabevariablenreaktion lt. nachfolgender Diagramme.

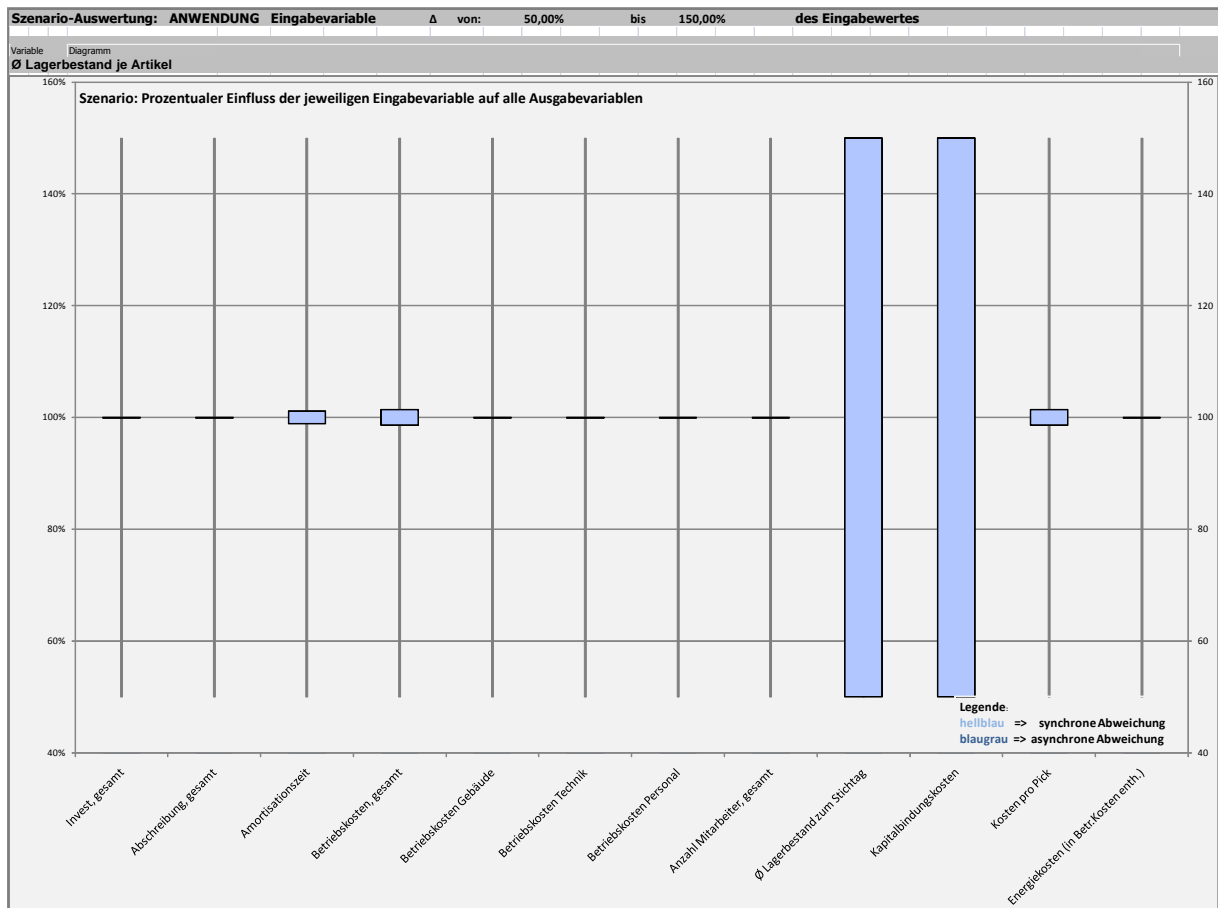


Abbildung 91: Ergebnis Evaluationsszenario 6: „Bestand“ +/- 50 %

Teilt man nun die Wirkungsbreite nach positiver und negativer Variation auf, sind die relativen Auswirkungen in den beiden nachfolgenden Diagrammen deutlich erkennbar.

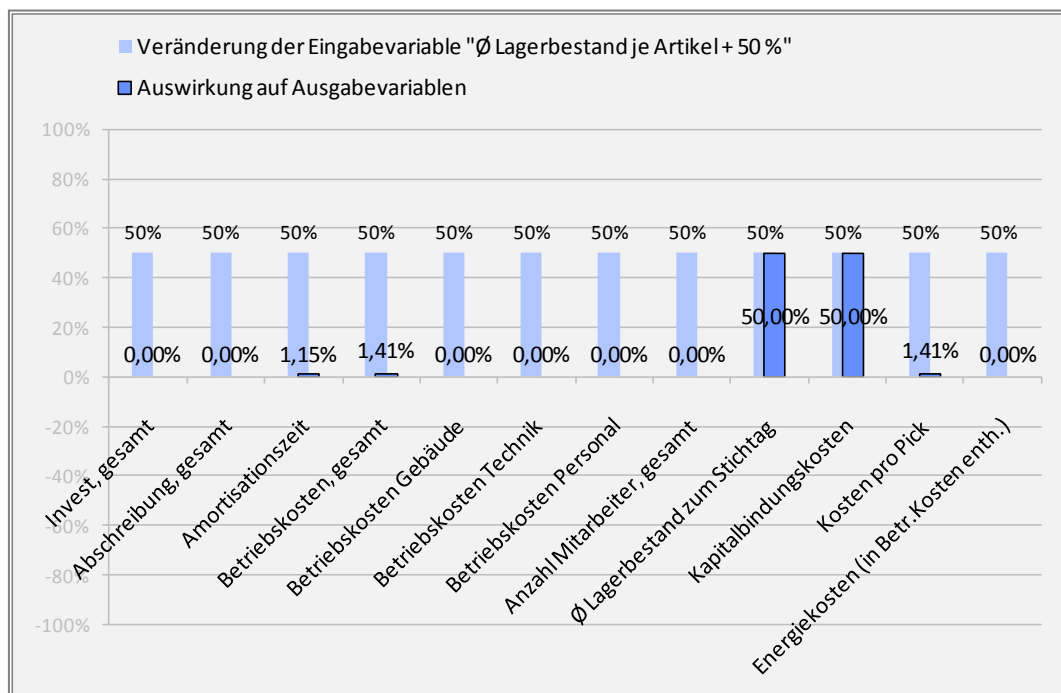


Abbildung 92: Ergebnis Evaluationsszenario 6: „Bestand“ + 50 %

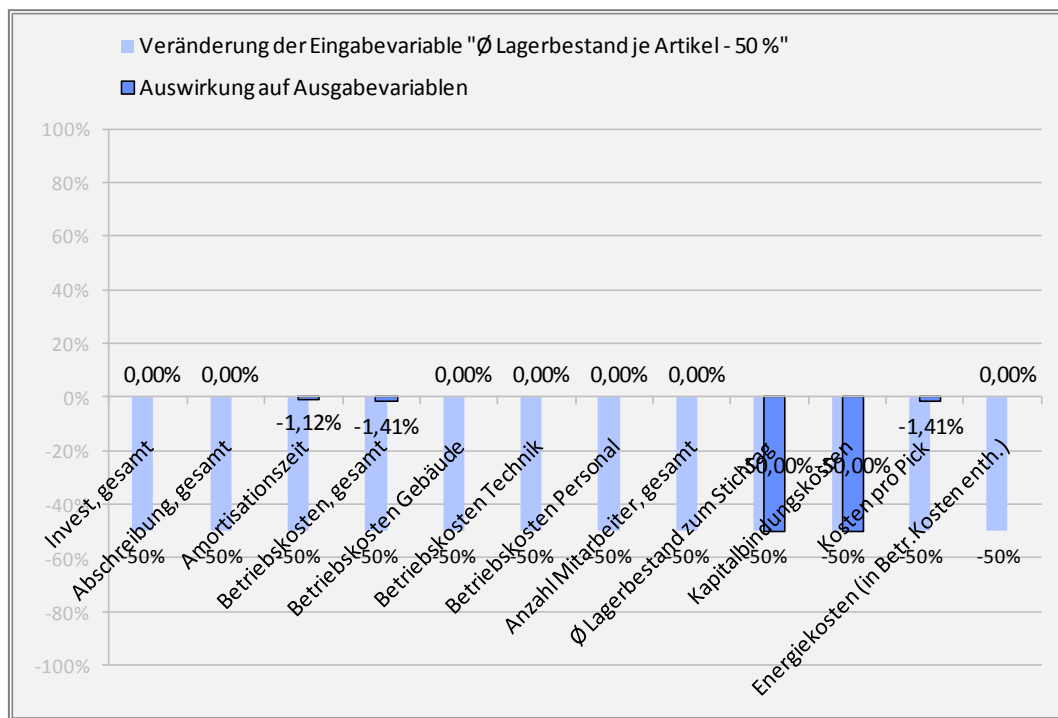


Abbildung 93: Ergebnis Evaluationsszenario 6: „Bestand“ -50 %

In der Form, ob synchron, asynchron, symmetrisch oder asymmetrisch, im Grad der Beeinflussung nachfolgend in abfallender Reihenfolge der Wirkungsbreite aufgeführt, reagieren aus den o.g. Ausgabevariablen der

„Ø Lagerbestand zum Stichtag“

Verhalten: synchron-symmetrisch
 Wirkung: + 50,00 % / - 50,00 %
 Wirkungsbreite: 100,00 %,

d.h., bei Bestandserhöhung bzw. -erniedrigung steigt und fällt der „Ø Lagerbestand zum Stichtag“ gleichermaßen. Dieses Verhalten entsteht dadurch, dass bei Vergrößerung des Lagerbestandes linear der „Ø Lagerbestandswert zum Stichtag“ ansteigt und bei Verringerung linear abnimmt (siehe Kap. 13.12 Konzept, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.4.1.1), die

„Kapitalbindungskosten“

Verhalten: synchron-symmetrisch
 Wirkung: + 50,00 % / - 50,00 %
 Wirkungsbreite: 100,00 %,

d.h., bei Bestandserhöhung bzw. -erniedrigung steigen und fallen die „Kapitalbindungskosten“ gleichermaßen, bedingt dadurch, dass bei Vergrößerung des Lagerbestandes linear die „Kapitalbindungskosten“ zum Stichtag ansteigen und bei Verringerung linear abnehmen (siehe Kap. 13.12 Konzept, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2.5), die

„Betriebskosten, gesamt“

Verhalten:	synchron-symmetrisch
Wirkung:	+ 1,41 % / - 1,41 %
Wirkungsbreite:	2,82 %,

d.h., bei Bestandserhöhung bzw. -erniedrigung steigen und fallen die „Betriebskosten gesamt“ gleichermaßen. Dieses Verhalten entsteht dadurch, dass bei Vergrößerung des Lagerbestandes die „Kapitalbindungskosten“ ansteigen, die direkt die „Betriebskosten gesamt“ ansteigen und bei Verringerung abnehmen lassen (*siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2*), die

„Kosten pro Pick“

Verhalten:	synchron-symmetrisch
Wirkung:	+ 1,41 % / - 1,41 %
Wirkungsbreite:	2,82 %,

d.h., bei Bestandserhöhung bzw. -erniedrigung steigen und fallen die „Betriebskosten gesamt“ gleichermaßen, dadurch hervorgerufen, dass bei Vergrößerung des Lagerbestandes die „Kapitalbindungskosten“ ansteigen, die direkt die „Betriebskosten gesamt“ ansteigen und bei Verringerung abnehmen lassen. Die steigenden bzw. fallenden „Betriebskosten gesamt“ beeinflussen wiederum die Grundlage zur Berechnung der Kennzahl „Kosten pro Pick“ (*siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.2.2.1*) und die

„Amortisationszeit“

Verhalten:	synchron-asymmetrisch
Wirkung:	+ 1,15 % / - 1,12 %
Wirkungsbreite:	2,27 %,

d.h., bei Bestandserhöhung steigt die „Amortisationszeit“ geringfügig stärker an, als sie bei Bestanderniedrigung abfällt, hervorgerufen durch die Berechnungsgrundlage der Amortisationszeit (*lt. Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.1*). Mit dem wesentlichen Beeinflusser „Betriebskosten gesamt“, der auch die „Kapitalbindungskosten“ für den Bestand beinhaltet und den Gewinn beeinflusst, entsteht die Asymmetrie.

Die weiteren Ausgabekennzahlen

- Invest, gesamt
- Abschreibung, gesamt
- Betriebskosten Gebäude
- Betriebskosten Technik
- Betriebskosten Personal
- Anzahl Mitarbeiter, gesamt
- Energiekosten

sind von der Veränderung der Eingabevariablen nicht betroffen.

Analyse:

Eine Erhöhung der Bestände je Artikel um 50 % verursacht eine Erhöhung der Gesamt-Betriebskosten von 1,41 %, bedingt durch die Erhöhung der mit der Bestandserhöhung einhergehenden Kapitalbindungskosten mit einer Steigerung der Kosten pro Pick von 1,41 %, was einem mittleren Logistikkostenanstieg entspricht. Die Amortisationszeit wird mit 1,15 % bei einer Bestandserhöhung verlängert und mit 1,12 % bei einer Bestandsreduzierung verkürzt, d.h., es liegt ein geringfügig asymmetrisches Verhalten in der Zusammenfassung der hier angesprochenen Ausgabevariablen bei einer Bestandsvariation vor.

Insgesamt werden 5 der 12 betrachteten Ausgabevariablen angesprochen, wodurch sich bedingt durch die einzelnen Wirkungsbreiten eine deutliche Wirkungsintensität von 41,58 % ergibt.

Aussage:

Die ermittelten Werte sagen aus, dass die Veränderung der „Ø Lagerbestand je Artikel“ im Wesentlichen Einfluss durch mit dem Bestand steigende Kapitalbindungskosten auf die „Betriebskosten, gesamt“ und damit auf die „Kosten pro Pick“ hat. Die Bestände und die daran gekoppelten Kapitalbindungskosten sind, untermauert durch die Analyse, ein deutlicher Kostentreiber der Logistikkosten und der „Amortisationszeit“.

Schlussfolgerung:

Der durchschnittliche Lagerbestand ist ein wichtiger Parameter bei den Logistikkosten. Es sind daher alle möglichen Maßnahmen zur Reduzierung der Lagerbestände zu ergreifen, ohne dabei den Sicherheitslagerbestand zur Erhaltung des gewünschten Lieferbereitschaftsgrades negativ zu beeinflussen. Angesichts der ermittelten Wirkungen ergibt sich insgesamt eine deutliche Wirkungsintensität mit einer verstärkten Auswirkung auf die ausgewählten Ausgabekennzahlen, wobei der „Lagerbestand zum Stichtag“ und die „Kapitalbindungskosten“ als am stärksten beeinflusste Kennzahlen hervortreten.

Die Reduzierung der Bestände ist ein seit Langem zu beobachtender Trend, der durch Begriffe wie „Just in Time“- Lieferung, „Optimierung“ der Supply Chain, Produktion „on demand“ und „Verschlankung“ der Lieferprozesse verdeutlicht wird.

10.1.7. Evaluationsszenario 7: Eingabevariable „Anzahl Aufträge pro Tag“

Definition: Variation der „Ø Aufträge pro Tag“

Der Schwerpunkt der Untersuchung in diesem Szenario liegt in der Betrachtung der durchschnittlichen Aufträge pro Tag, um die Einflüsse einer unterschiedlichen Auftragslast bei der Bewertung der Wirkzusammenhänge zu verdeutlichen.

Die Eingabevariable „Ø Aufträge pro Tag“ wird ausgehend von dem im Modell angenommenen Wert im ersten Fall um 50 % erniedrigt, in einem zweiten Fall um 50 % erhöht und die Reaktion auf die o.g. Ausgabevariablen untersucht. In diesem Szenario werden die Betriebsdauer pro Tag und auch die Anzahl der Werkzeuge konstant gehalten. Bei dieser Evaluierung stellt sich heraus, dass sich die Änderung der „Ø Aufträge pro Tag“ nach den o.g. Vorgaben wie folgt niederschlägt (*siehe nachfolgende Tabelle 19: Wirkung Evaluationsszenario 7: „Anzahl Aufträge pro Tag“ +/-50 % und Abbildung 94: Ergebnis Evaluationsszenario 7: „Anzahl Aufträge pro Tag“ +/-50 %*):

Evaluierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss			Wirkung	
\emptyset Aufträge/ Tag		Wert in %	.g	nein	Trend	Kommentar
Einfluss auf:	Invest, gesamt	-	-	X		kein Einfl. auf Gesamt-Invest
Einfluss auf:	Abschreibung, gesamt	-	-	X		kein Einfluss, da Gewerbefläche nicht abgeschr
Einfluss auf:	Amortisationszeit	-168,63956	X	-	↓	asynchron, da Gesamtumsatz steigt
Einfluss auf:	Betriebskosten, gesamt	31,73560	X	-	↑	synchron, da Betriebskosten für Technik und Pe
Einfluss auf:	Betriebskosten Gebäude	-	-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Gebäude
Einfluss auf:	Betriebskosten Technik	35,71892	X	-	↑	syschron, da lastabhängige Energieaufnahme
Einfluss auf:	Betriebskosten Personal	43,47641	X	-	↑	synchron, da mehr Personal in allen Distributor
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter, gesamt	52,74725	X	-	↑	synchron, da mehr Personal in allen Distributor
Einfluss auf:	\emptyset Lagerbestand zum Stichtag	-	-	X		kein Einfl. auf Lagerbestand, da WE mit steigen
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten	-	-	X		kein Einfl. auf Kapitalbindungskosten, da Bestar
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	-91,01920	X	-	↓	asynchron, Anzahl Picks steigt stärker als Betr
Einfluss auf:	Energiekosten (in Betr.Kosten ent	74,10978	X	-	↑	synchron, da Energiekosten steigen

Tabelle 19: Wirkung Evaluationsszenario 7: „Anzahl Aufträge pro Tag“ +/-50 %

Im Einzelnen bedeutet das bei einer 50%igen Erhöhung bzw. einer 50%igen Erniedrigung der Eingabevariablen eine Ausgabevariablenreaktion lt. nachfolgender Diagramme.

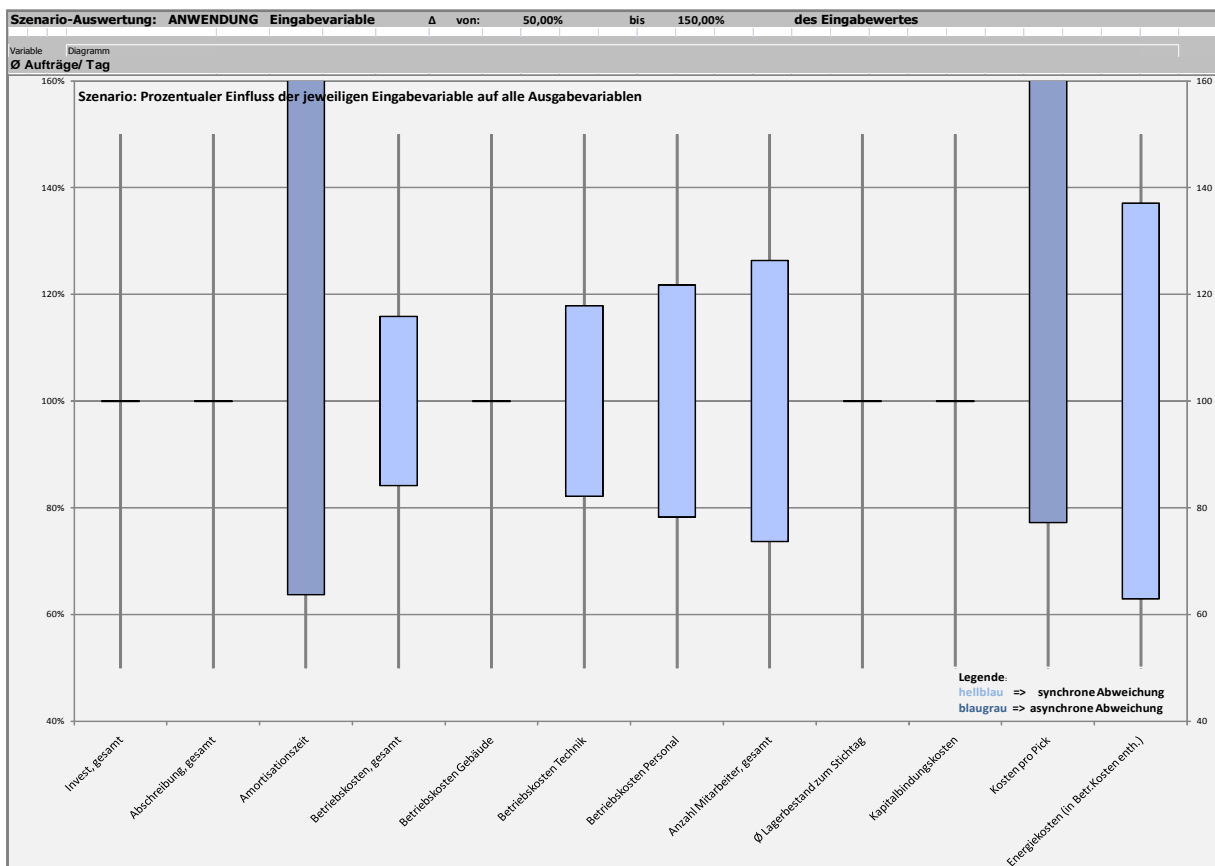


Abbildung 94: Ergebnis Evaluationsszenario 7: „Anzahl Aufträge pro Tag“ +/-50 %

Teilt man nun die Wirkungsbreite nach positiver und negativer Variation auf, sind die relativen Auswirkungen in den beiden nachfolgenden Diagrammen deutlich erkennbar.

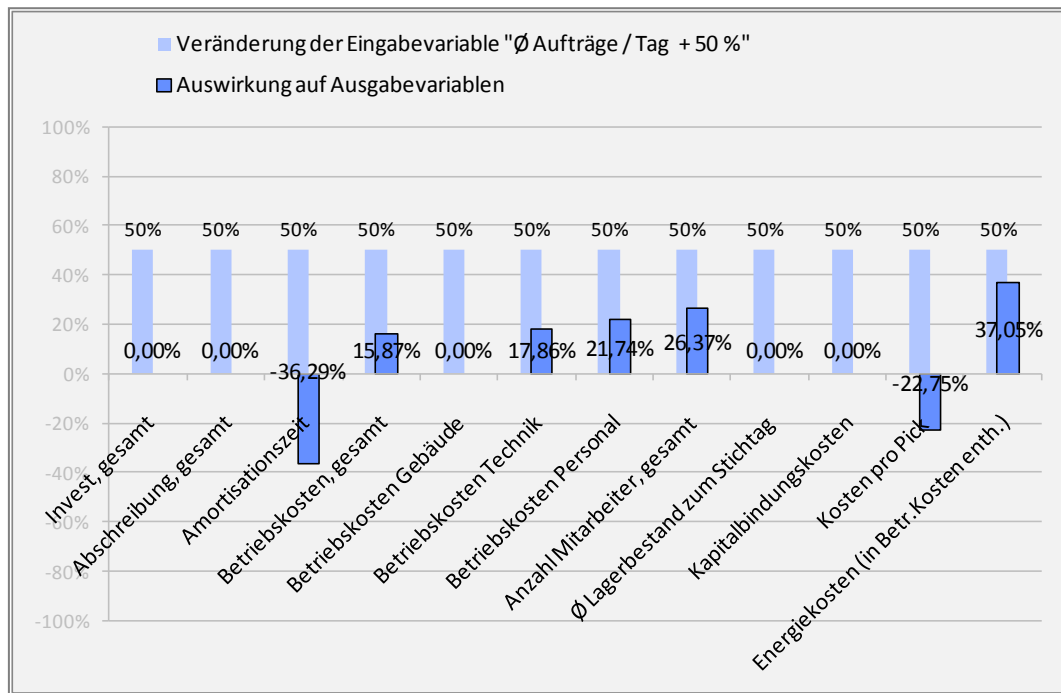


Abbildung 95: Ergebnis Evaluationsszenario 7: „Anzahl Aufträge pro Tag“ +50 %

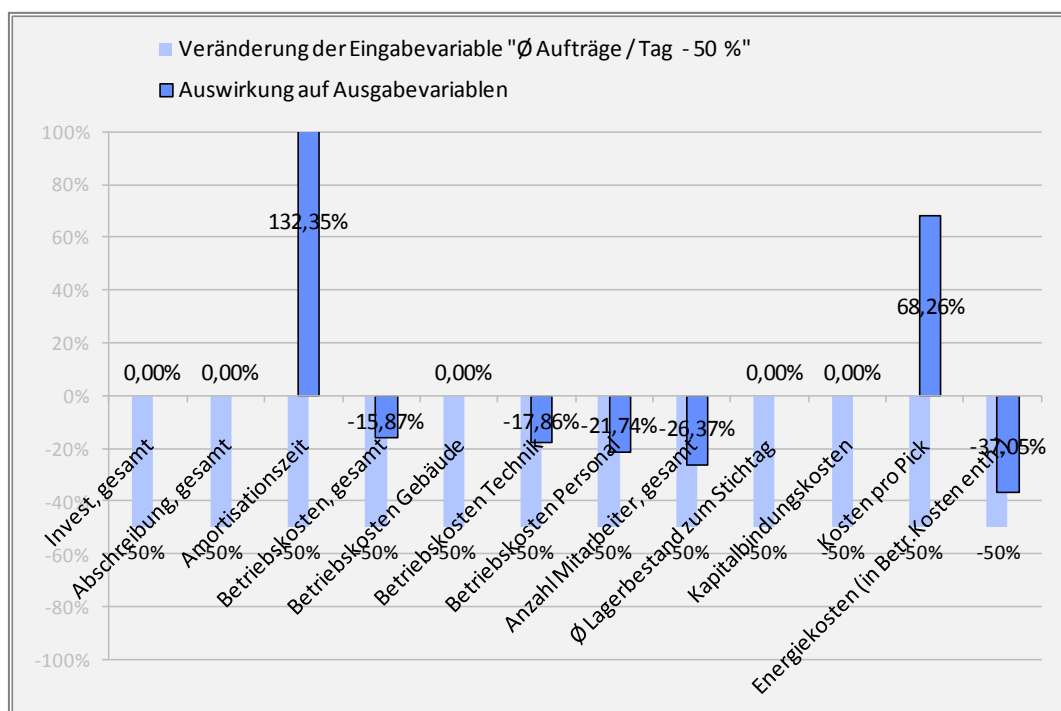


Abbildung 96: Ergebnis Evaluationsszenario 7: „Anzahl Aufträge pro Tag“ -50 %

In der Art, ob synchron, asynchron, symmetrisch oder asymmetrisch, im Grad der Beeinflussung nachfolgend in abfallender Reihenfolge der Wirkungsbreite aufgeführt, reagieren aus den o.g. Ausgabevariablen die

„Amortisationszeit“

Verhalten:	asynchron-asymmetrisch
Wirkung:	- 36,29 % / + 132,35 %
Wirkungsbreite:	168,64 %,

d.h., bei Erhöhung der „Aufträge pro Tag“ fällt die „Amortisationszeit“ gesamt geringer, als sie bei Erniedrigung ansteigt. Mit dem die „Amortisationszeit“ bestimmenden Parameter „Betriebskosten gesamt“ wird der Gewinn beeinflusst, der wiederum durch die Berechnungsgrundlage der „Amortisationszeit“ (*lt. Kap. 13.12 Konsept, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.1*) die Asymmetrie bei der Ergebnisausgabe bewirkt.

„Kosten pro Pick“

Verhalten:	asynchron-asymmetrisch
Wirkung:	- 22,75 % / + 68,26 %
Wirkungsbreite:	91,01 %,

d.h., bei Erhöhung der „Aufträge pro Tag“ fallen die „Kosten pro Pick“ deutlich geringer ab, als sie bei Erniedrigung ansteigen. Hervorgerufen dadurch, dass bei Erhöhung der „Aufträge pro Tag“ zwar die „Betriebskosten gesamt“ durch mehr Personal und höhere „Energiekosten“ ansteigen und dadurch eine Betriebskostensteigerung bewirken, aber durch die deutlich höhere Anzahl von Aufträgen und die damit verbundenen Picks pro Tag fallen die „Kosten pro Pick“ ab (*siehe Kap. 13.12 Konsept, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.2.2.1*), die

„Energiekosten“

Verhalten:	synchron-symmetrisch
Wirkung:	+ 37,05 % / - 37,05 %
Wirkungsbreite:	74,10 %,

d.h., bei Erhöhung der „Aufträge pro Tag“ steigen die „Energiekosten“ in gleichem Maße an, wie sie bei Erniedrigung abfallen. Dieses Verhalten ergibt sich durch den direkten Einfluss der lastabhängigen „Energiekosten“ auf die Betriebskosten Technik. Bei veränderter Auftragslast verringern bzw. erhöhen sich die „Energiekosten“ z.B. für RBG-Fahrten und Benutzung der Hilfsaggregate wie Etikettierer, Drucker, Wickler usw. (*siehe Kap. 13.12 Konsept, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2.7*), die

„Anzahl Mitarbeiter, gesamt“

Verhalten:	synchron-symmetrisch
Wirkung:	+ 26,37 % / - 26,37 %
Wirkungsbreite:	52,74 %,

d.h., bei Erhöhung der „Aufträge pro Tag“ steigt die „Anzahl Mitarbeiter“ gleichermaßen an, wie sie bei Erniedrigung abfällt. Dieses Verhalten ergibt sich durch den direkten Einfluss der lastabhängigen Anzahl Mitarbeiter im Wareneingang, der Kommissionierung, der Verpackung, dem internen Transport und in der Versandbereitstellung. Bei veränderter Auftragslast verringert bzw. erhöht sich die Anzahl der Mitarbeiter (*siehe Kap. 13.11 Auf Personal bezogene Kenngrößen (10), Kennzahl 10.1*), die

„Betriebskosten Personal“

Verhalten:	synchron-symmetrisch
Wirkung:	+ 21,74 % / - 21,74 %
Wirkungsbreite:	43,48 %,

d.h., bei Erhöhung der Aufträge pro Tag steigen die „Betriebskosten Personal“ in gleichem Maß an, wie sie bei Erniedrigung abfallen, bedingt durch die lastabhängige Anzahl von operativen Mitarbeitern. Bei veränderter Auftragslast verringert bzw. erhöht sich die Anzahl der Mitarbeiter und damit direkt die „Betriebskosten Personal“ (siehe Kap. 13.11 Auf Personal bezogene Kenngrößen (10), Kennzahl 10.0), die

„Betriebskosten Technik“

Verhalten:	synchron-symmetrisch
Wirkung:	+ 17,86 % / - 17,86 %
Wirkungsbreite:	35,72 %,

d.h., bei Erhöhung der Aufträge pro Tag steigen die Betriebskosten Technik an, in gleichem Maß fallen sie bei Reduzierung der Aufträge pro Tag ab, bedingt dadurch, dass die Energiekosten direkt auf die Betriebskosten Technik einwirken (*siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2.2*) und die

„Betriebskosten, gesamt“

Verhalten:	synchron-symmetrisch
Wirkung:	+ 15,87 % / - 15,87 %
Wirkungsbreite:	31,74 %,

d.h., bei Erhöhung der Aufträge pro Tag steigen die „Betriebskosten, gesamt“ gleich stark an, wie sie bei Erniedrigung abfallen. Dieses Verhalten entsteht dadurch, dass die Personalkosten linear auf die „Betriebskosten gesamt“ einwirken (*siehe Kap. 13.12 Konspekt, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.2*).

Die weiteren Ausgabekennzahlen

- Invest, gesamt
- Abschreibung, gesamt
- Ø Lagerbestand zum Stichtag
- Kapitalbindungskosten

sind von der Veränderung der Eingabevariablen nicht betroffen.

Analyse:

Eine Erhöhung der „Ø Anzahl Aufträge pro Tag“ um 50 % verursacht in diesem Szenario eine massive Reduzierung der Kosten pro Pick um 22,75 % und eine Verringerung der Amortisationszeit von 36,29 % bedingt durch einen starken Umsatzanstieg. Bei dieser Betrachtung werden die „Ø Anzahl der Aufträge pro Tag“ und die damit verbundenen Lagerbestandskosten durch einen gleichzeitig erhöhten Zugang im Wareneingang konstant gehalten. Des Weiteren sind alle betroffenen Bereiche, wie Anzahl Mitarbeiter, Gebäude- und Technikkosten usw., lastabhängig und werden mit der Parametervariation der Anzahl Aufträge selbsttätig innerhalb des Modells lastabhängig variiert.

Insgesamt werden 7 der 12 betrachteten Ausgabevariablen angesprochen, wodurch sich bedingt durch die einzelnen Wirkungsbreiten eine starke Wirkungsintensität von 71,06 % ergibt.

Aussage:

Die ermittelten Werte erlauben die Aussage, dass eine Erhöhung der „Ø Aufträge pro Tag“ im Wesentlichen eine Reduzierung der „Kosten pro Pick“, bedingt durch den Umsatzanstieg, mit sich bringt. Gleichzeitig mit einer Erhöhung der „Anzahl Aufträge pro Tag“ verbunden ist die Reduzierung der „Amortisationszeit“. Die Anzahl der Aufträge pro Zeiteinheit beeinflusst die Wirtschaftlichkeit erheblich und ist eine entscheidende Größe bei der Konzeption und Bewertung von Intralogistiksystemen.

Schlussfolgerung:

Die Untersuchung der Wirkzusammenhänge bei der Variation der durchschnittlichen Anzahl der Aufträge pro Tag hat die in der Praxis bekannte Regel bestätigt und die Anzahl der Aufträge pro Zeiteinheit als einen deutlichen Kostenbeeinflusser bzgl. Logistikkosten identifiziert. Infolge der ermittelten Wirkungen ist insgesamt eine starke Wirkungsintensität auf die ausgewählten Ausgabekennzahlen ersichtlich, wobei die „Amortisationszeit“ und die „Kosten pro Pick“ als am stärksten beeinflusste Kennzahlen hervortreten.

Zusätzlich wurde eindeutig herausgestellt, dass eine Erhöhung bzw. eine Reduzierung der Aufträge pro Tag eine massive Veränderung der Amortisationszeit bedeutet. Es sind daher alle Möglichkeiten zu ergreifen, ein Intralogistiksystem mit hohem Durchsatz zu erstellen bzw. mit einem intralogistischen System ein Maximum an Aufträgen pro Tag abzuarbeiten. Alternativ kann die Anzahl der Werkzeuge bei Bedarf erhöht werden, um nicht die Anzahl der Mitarbeiter erhöhen zu müssen, was allerdings die Personalkosten durch Überstundenzuschläge erhöht und evtl. zusätzlichen organisatorischen Aufwand für die Bereiche Wareneingang und Versand bedeutet.

10.1.8. Evaluationsszenario 8: Eingabevariable: „Arbeitsplatzergonomie“

Definition: Variation der „Arbeitsplatzergonomie (Arbeitsplatz-Ergonomie-Faktor)“

Der Grundgedanke der Untersuchung in diesem Szenario liegt in der Betrachtung der Arbeitsplatzergonomie, um die Einflüsse Ergonomie am Arbeitsplatz bei der Bewertung der Wirkzusammenhänge zu veranschaulichen. Bei dieser Betrachtung wurde innerhalb des Modells ein Ergonomiefaktor eingeführt, der durch die Auswahl von Ergonomie-Optionsfeldern variiert wird.

Eine Erhöhung dieses Faktors bedeutet innerhalb dieses Modells eine Verbesserung der Arbeitsplatzergonomie, eine Verringerung dieses Faktors wird nicht betrachtet.

Die Eingabevariable „Arbeitsplatz-Ergonomie-Faktor“ wird ausgehend von dem im Modell angenommenen Wert um 25 % erhöht bzw. erniedrigt, d.h. die Arbeitsplatz-Ergonomie deutlich verbessert bzw. verschlechtert und die Reaktion auf die o.g. Ausgabevariablen untersucht. Diese Parametervariation wird gewählt, um eine realistische Veränderung der Arbeitsplatz-Ergonomie abzubilden. Bei dieser Evaluierung stellt sich heraus, dass sich die Änderung der Arbeitsplatz-Ergonomie nach den o.g. Vorgaben wie folgt niederschlägt (*siehe nachfolgende Tabelle 20: Wirkung Evaluationsszenario 8: „Arbeitsplatzergonomie“ +/-25 % und Abbildung 97: Ergebnis Evaluationsszenario 8: „Arbeitsplatzergonomie“ +/-25 %*):

Evaluierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss			Wirkung	
ArbPlatz Ergonomie-Faktor		Wert in %	ja	nein	Trend	Kommentar
Einfluss auf:	Invest, gesamt		-	X		kein Einfl. Auf Gesamt-Invest
Einfluss auf:	Abschreibung, gesamt		-	X		kein Einfluss, da Gewerbefläche nicht abgeschr
Einfluss auf:	Amortisationszeit	-10,41622	X	-	↓	asynchron, da Betriebskosten sinken
Einfluss auf:	Betriebskosten, gesamt	-12,63159	X	-	↓	asynchron, da Betriebskosten Personal sinken
Einfluss auf:	Betriebskosten Gebäude		-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Gebäude
Einfluss auf:	Betriebskosten Technik		-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Technik
Einfluss auf:	Betriebskosten Personal	-26,26700	X	-	↓	asynchron, da Anzahl Mitarbeiter sinkt
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter, gesamt	-31,86813	X	-	↓	asynchron, da Einzelleistung je Mitarbeiter steig
Einfluss auf:	Ø Lagerbestand zum Stichtag		-	X		kein Einfl. auf Lagerbestand
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten		-	X		kein Einfl. auf Kapitalbindungskosten
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	-12,63159	X	-	↓	asynchron, da Betriebskosten gesamt sinken
Einfluss auf:	Energiekosten (in Betr.Kosten ent		-	X		kein Einfl. auf Energiekosten

Tabelle 20: Wirkung Evaluationsszenario 8: „Arbeitsplatzergonomie“ +/-25 %

Im Einzelnen bedeutet das bei einer 25%igen Erhöhung bzw. einer 25%igen Erniedrigung der Eingabevariablen eine Ausgabevariablenreaktion lt. nachfolgender Diagramme.

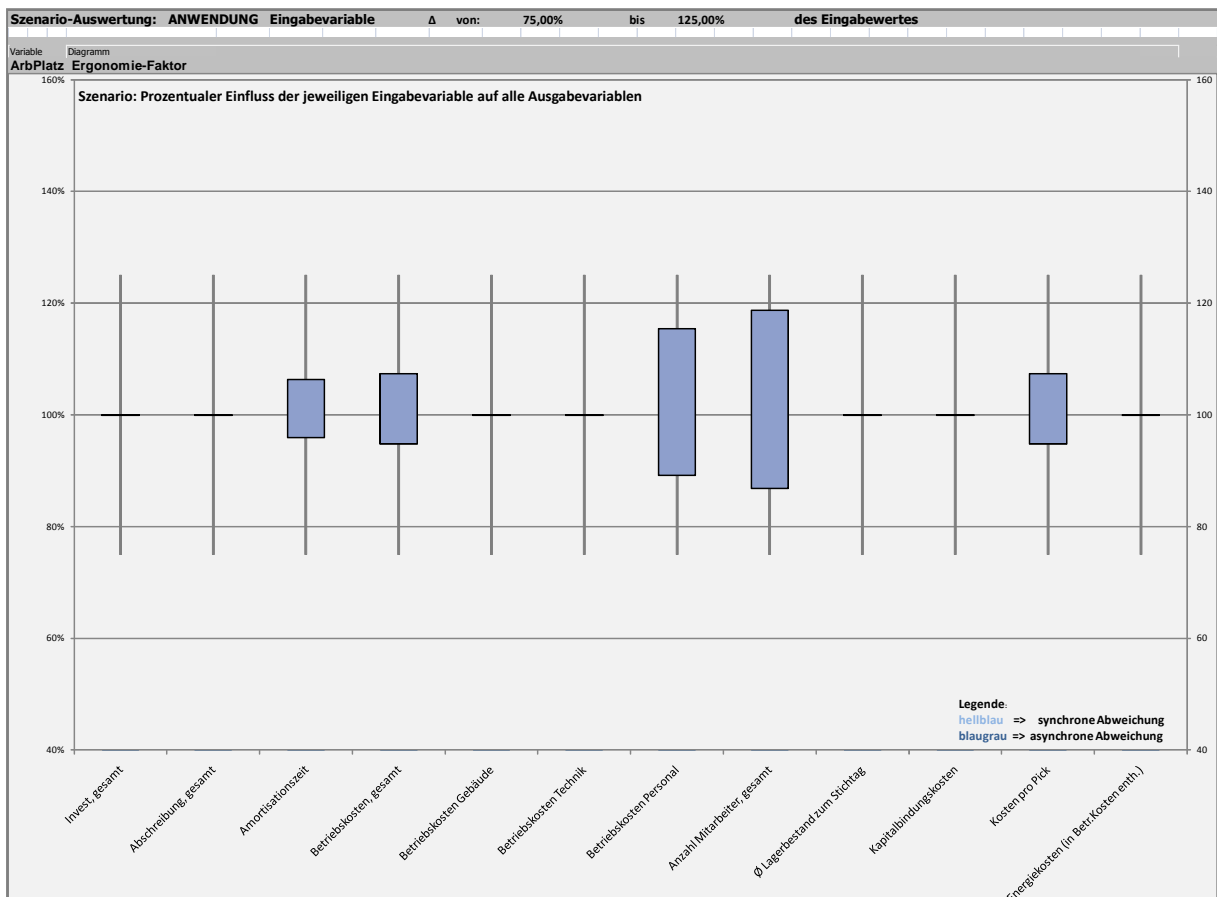


Abbildung 97: Ergebnis Evaluationsszenario 8: „Arbeitsplatzergonomie“ +/-25 %

Teilt man nun die Wirkungsbreite nach positiver und negativer Variation auf, sind die relativen Auswirkungen in den beiden nachfolgenden Diagrammen deutlich erkennbar.

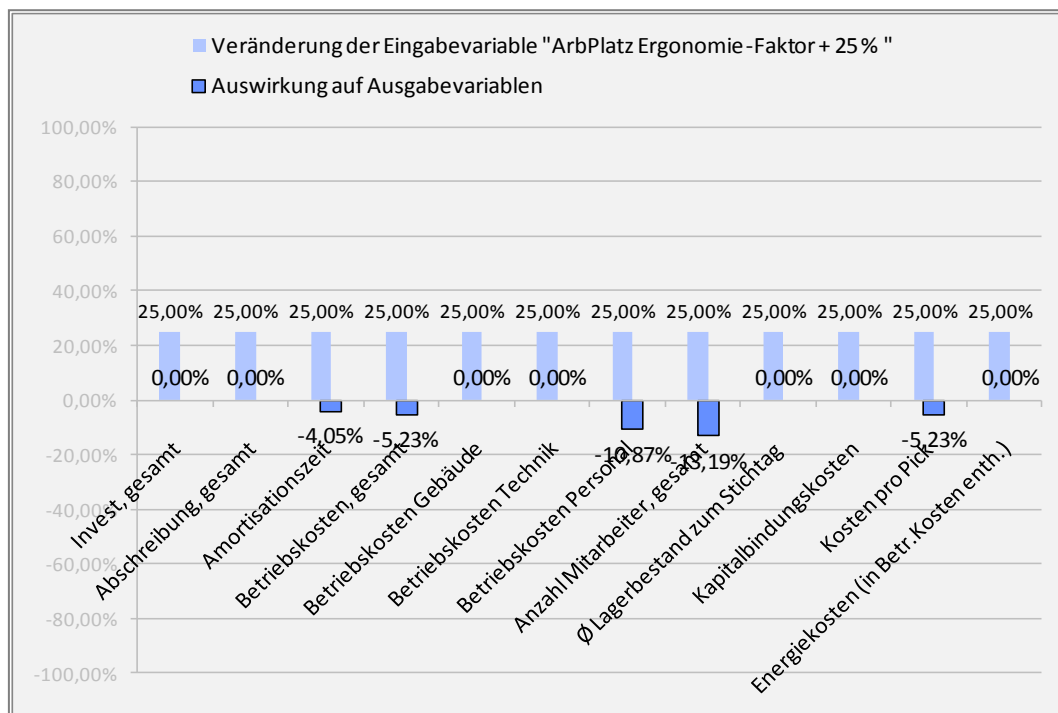


Abbildung 98: Ergebnis Evaluationsszenario 8: „Arbeitsplatzergonomie“ +25 %

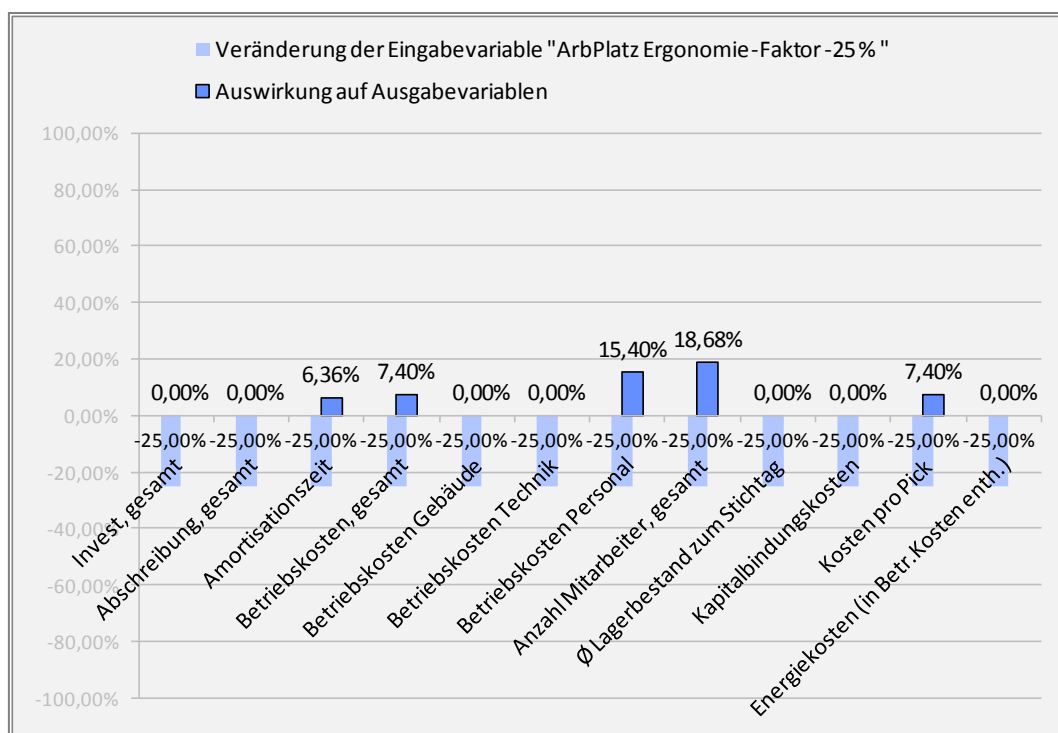


Abbildung 99: Ergebnis Evaluationsszenario 8: „Arbeitsplatzergonomie“ -25 %

In der Art, ob synchron, asynchron, symmetrisch oder asymmetrisch, im Grad der Beeinflussung nachfolgend in abfallender Reihenfolge der Wirkungsbreite aufgeführt, reagieren aus den o.g. Ausgabevariablen die

„Anzahl Mitarbeiter, gesamt“

Verhalten: asynchron-asymmetrisch
 Wirkung: - 13,19 % / + 18,68 %
 Wirkungsbreite: 31,87 %,

d.h., bei Verbesserung der „Ergonomie“ fällt die „Anzahl Mitarbeiter, gesamt“ geringfügig stärker ab, als sie bei Verringerung ansteigt. Dieses Verhalten ergibt sich durch den direkten Einfluss der Arbeitsplatzergonomie auf die Anzahl Mitarbeiter im Wareneingang, der Kommissionierung, der Verpackung, dem internen Transport und in der Versandbereitstellung, die als ganzzahliges Ergebnis auf- bzw. abgerundet wird. Bei veränderter „Ergonomie“ verringert bzw. erhöht sich die Anzahl der Mitarbeiter (*siehe Kap. 13.11 Auf Personal bezogene Kenngrößen (10), Kennzahl 10.1*), um die gewünschte Arbeitsleistung zu erzielen. Ohne Runden der Ergebnisse in den einzelnen Mitarbeiterbereichen stellt sich ein symmetrisches Verhalten ein, die

„Betriebskosten Personal“

Verhalten: asynchron-asymmetrisch
 Wirkung: - 10,97 % / + 15,40 %
 Wirkungsbreite: 26,27 %,

d.h., bei Veränderung der „Ergonomie“ fallen bzw. steigen die „Betriebskosten Personal“ bedingt durch die Anzahl von operativen Mitarbeitern. Bei veränderter „Ergonomie“ verringert bzw. erhöht sich die Anzahl der Mitarbeiter (*siehe Kap. 13.11 Auf Personal bezogene Kenngrößen (10), Kennzahl 10.0*). Ohne Runden der Ergebnisse in den einzelnen Mitarbeiterbereichen stellt sich ein symmetrisches Verhalten ein, die

„Betriebskosten gesamt“

Verhalten: asynchron-asymmetrisch
 Wirkung: - 5,23 % / + 7,40 %
 Wirkungsbreite: 12,63 %,

d.h., bei Veränderung der „Ergonomie“ fallen bzw. steigen die „Betriebskosten gesamt“ bedingt durch die Anzahl von operativen Mitarbeitern. Bei veränderter „Ergonomie“ verringert bzw. erhöht sich die Anzahl der Mitarbeiter (*siehe Kap. 13.11 Auf Personal bezogene Kenngrößen (10), Kennzahl 10.0*). Ohne Runden der Ergebnisse in den einzelnen Mitarbeiterbereichen stellt sich ein symmetrisches Verhalten ein, die

„Kosten pro Pick“

Verhalten: asynchron-asymmetrisch
 Wirkung: - 5,23 % / + 7,40 %
 Wirkungsbreite: 12,63 %,

d.h., bei Veränderung der „Ergonomie“ fallen bzw. steigen die Kosten pro Pick, dadurch hervorgerufen, dass bei Verbesserung bzw. bei Verschlechterung der Ergonomie die „Betriebskosten gesamt“ durch mehr Personal ansteigen bzw. fallen. Die steigenden bzw. fallenden „Betriebskosten gesamt“ beeinflussen wiederum die Grundlage zur Berechnung der Kennzahl „Kosten pro Pick“ (*siehe Kap. 13.12 Konzept, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.2.2.1*), und die

„Amortisationszeit“

Verhalten:	asynchron-asymmetrisch
Wirkung:	- 4,05 % / + 6,36 %
Wirkungsbreite:	10,41 %,

d.h., bei Veränderung der „Ergonomie“ verlängert bzw. verkürzt sich die „Amortisationszeit“, die indirekt von den „Betriebskosten Personal“ und damit von den „Betriebskosten gesamt“, die den Gewinn beeinflussen, abhängig ist (*siehe Kap. 13.12 Konsept, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11), Kennzahl 11.3.1*) und die Asymmetrie hervorruft.

Die weiteren Ausgabekennzahlen

- Gesamt-Invest
- Abschreibung, gesamt
- Betriebskosten Gebäude
- Betriebskosten Technik
- Ø Lagerbestand zum Stichtag
- Kapitalbindungskosten
- Energiekosten

sind von der Veränderung der Eingabevariablen nicht betroffen.

Analyse:

Eine Verbesserung der Arbeitsplatzergonomie um 25 % bewirkt eine Reduzierung der Anzahl der Mitarbeiter von 13,19 %, bedingt durch erhöhte Arbeitsleistung bei der Handhabung der Produkte, wodurch sich eine Reduzierung der Personalkosten von 10,87 % und eine Reduzierung der Betriebskosten, gesamt von 5,23 % ergibt. Die Kosten pro Pick werden massiv um 5,23 % reduziert. Die Amortisationszeit wird mit 4,05 % bei einer um 25 % verbesserten Arbeitsplatzergonomie verkürzt, aber bei Reduzierung der Arbeitsplatzergonomie um 25 % deutlich um 6,36 % verlängert, d.h., es liegt ein leicht asymmetrisches Verhalten in der Zusammenfassung der hier angesprochenen Ausgabevariablen bei einer Ergonomievariation in der Form vor, dass sich mit zunehmender Ergonomie der Arbeitsplätze die Anzahl der Mitarbeiter, bedingt durch ganzzahliges Runden der Mitarbeiteranzahl je Arbeitsbereich verringert.

Insgesamt werden 5 der 12 betrachteten Ausgabevariablen angesprochen, wodurch sich bedingt durch die einzelnen Wirkungsbreiten eine mittlere Wirkungsintensität von 18,76 % ergibt.

Aussage:

Die dargestellten Werte erlauben die Aussage, dass die Verbesserung der Arbeitsplatzergonomie im Wesentlichen Einfluss auf die Anzahl der Mitarbeiter und damit verbunden auf die „Betriebskosten Personal“ hat. Die „Kosten pro Pick“ werden ebenfalls durch die sinkenden Betriebskosten deutlich beeinflusst. Eine verbesserte Arbeitsplatzergonomie verringert die Betriebskosten massiv und schlägt sich durch verringerte Betriebskosten ebenfalls positiv auf die Kosten pro Pick nieder.

Schlussfolgerung:

Die Arbeitsplatzergonomie als Aussage dieser Analyse ist ein wichtiger Faktor für die Produktivität und damit für die Logistikkosten. Aufgrund der ermittelten Wirkungen ergibt sich insgesamt eine mittlere Wirkungsintensität, die vornehmlich durch die Kennzahlen „Anzahl Mitarbeiter gesamt“ und den damit verbundenen „Betriebskosten Personal“ bedingt ist.

Die Leistung der Mitarbeiter kann durch optimale Arbeitsplatzergonomie deutlich gesteigert werden und stellt einen wichtigen Beitrag zu Potenzialerschließung dar, die in den meisten Fällen mit einem verschwindend geringen Invest zu realisieren ist. Gleichzeitig werden die Mitarbeiter vor Erkrankungen, wie z.B. Rückenleiden, geschützt, die durch schlechte Ergonomie hervorgerufen werden können.

10.2. Zusammenfassung

Als Aussage der anhand von Evaluierungsszenarien durchgeführten Beispiele zur Darstellung des Nutzens des erstellten Analysetools kann gesagt werden, dass mit der hier geschaffenen Möglichkeit ein leicht fasslicher Überblick über die Wirkzusammenhänge zwischen Eingabekennzahlen und Ausgabekennzahlen möglich ist. Wie in der *Abbildung 100: Evaluation: Wirkung der Eingabe- auf Ausgabevariablen* erkennbar, kann z.B. die asymmetrische Wirkung anhand der Eingabevariable „Ø Anzahl der Aufträge pro Tag“ mit der Aussage, dass eine Erhöhung der Anzahl Aufträge pro Tag einen größeren Einfluss auf die gewählten Ausgabevariablen hat als eine Erniedrigung, abgelesen werden. Zur besseren Übersicht sind in der nachfolgenden *Abbildung 100: Evaluation: Wirkung der Eingabe- auf Ausgabevariablen* an der Abszisse die Eingabevariablen mit deren Anzahl und prozentualen Wirkungsbreite auf die Ausgabevariablen aufgetragen. Zum Beispiel werden bei einer Installation einer Photovoltaikanlage 8 der insgesamt 12 in der Betrachtung befindlichen Ausgabevariablen lt. *Kap. 10.1:*

- Invest, gesamt
- Abschreibung, gesamt
- Amortisationszeit
- Betriebskosten, gesamt
- Betriebskosten, Gebäude
- Betriebskosten, Technik
- Betriebskosten, Personal
- Anzahl Mitarbeiter, gesamt
- Ø Lagerbestand zum Stichtag
- Kapitalbindungskosten
- Kosten pro Pick
- Energiekosten (in Betriebskosten enthalten)

mit einer mittleren bis geringen Wirkungsbreite angesprochen, die sowohl synchron als auch asymmetrisch angeordnet ist. Eine eventuelle Asymmetrie gibt einen Hinweis darauf, ob sich wie im Falle einer Installation einer Photovoltaikanlage die angesprochenen Ausgabevariablen in der Summe erhöhen und damit eine Verringerung der Wirtschaftlichkeit darstellen.

Nachfolgend werden in der Zusammenfassung die in den Evaluierungen variierten Eingabekennzahlen mit ihrer jeweiligen Anzahl der Wirkungen, der Wirkungsbreite und der Absolutwirkung auf die in der Evaluierung angesprochenen Ausgabevariablen in Diagrammen dargestellt.

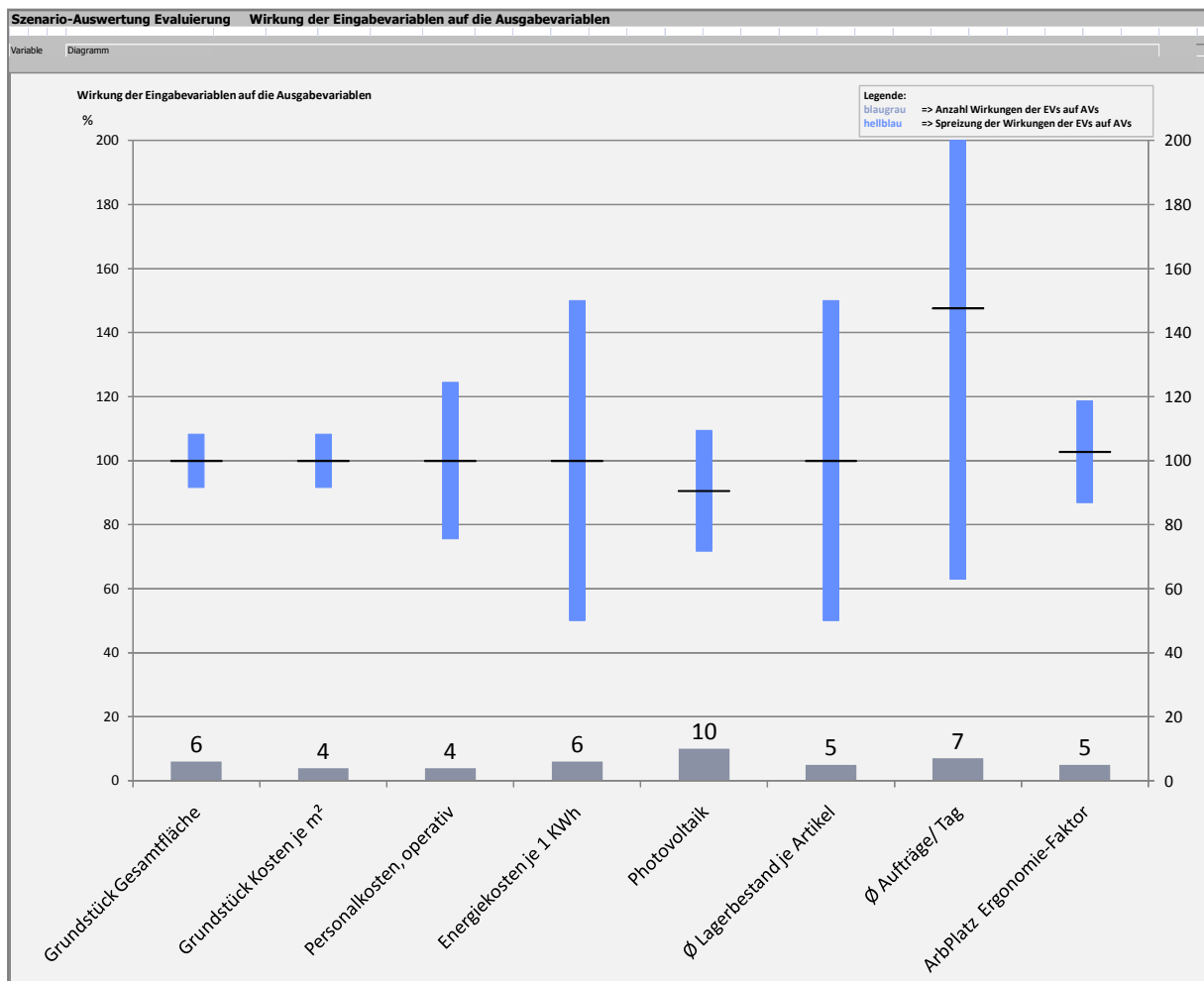


Abbildung 100: *Evaluation: Wirkung der Eingabe- auf Ausgabevariablen*

Die einzelnen Wirkungen, ob synchron oder asynchron, symmetrisch oder asymmetrisch, sind den einzelnen Wirkungsanalysen je Eingabevariable zu entnehmen (siehe Kap. 18.2 Protokolle der Evaluierung).

Die nachfolgende *Abbildung 101: Evaluation: Wirkung der Eingabe- auf Ausgabevariablen, subsumiert* beinhaltet neben der Anzahl der Wirkungen (blaugraue Balken) der Eingabevariablen auf die ausgewählten Ausgabevariablen auch die Angabe der jeweiligen Absolutwirkungen (hellblauer Balken), die die angesprochenen Ausgabevariablen erfahren.

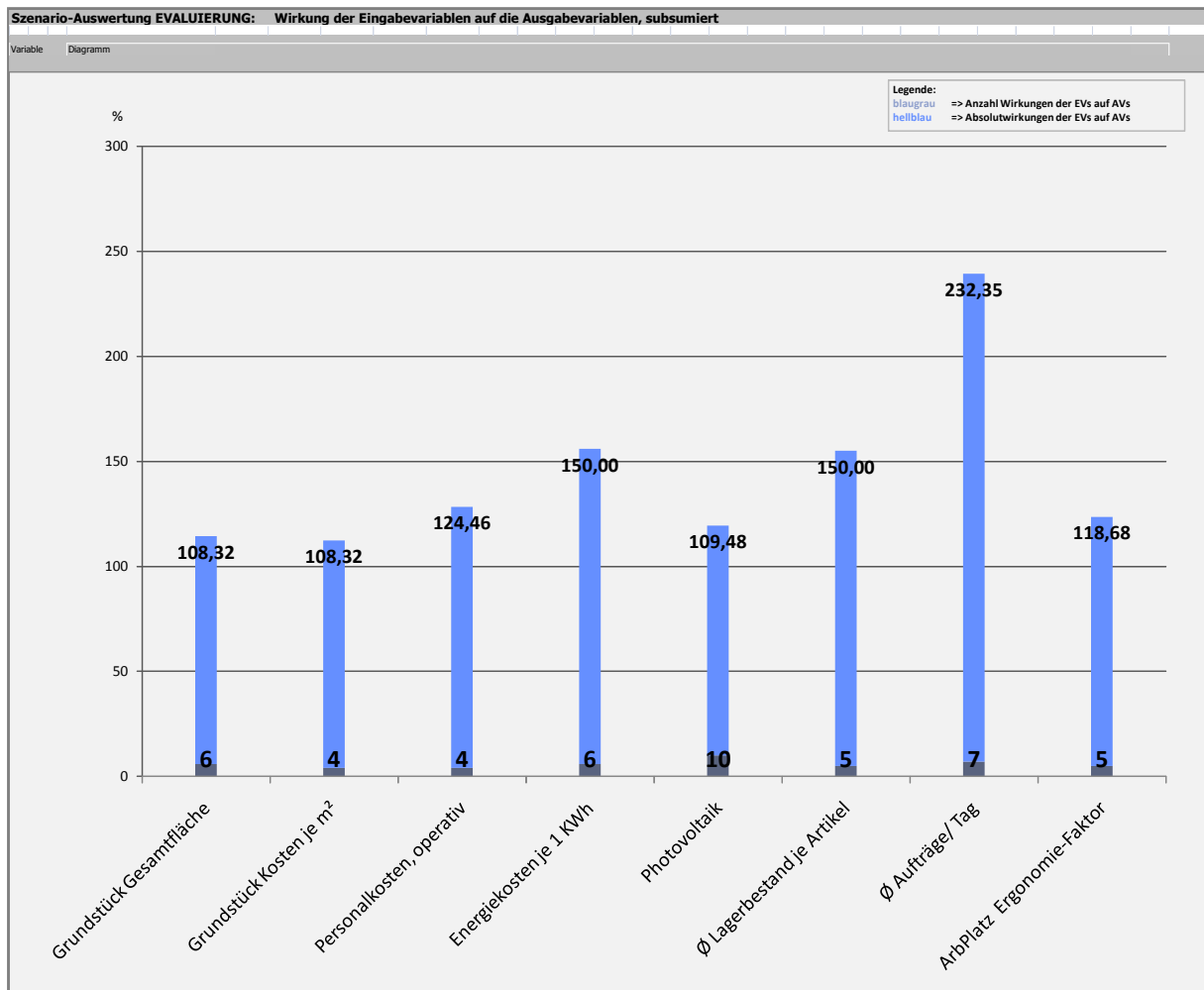


Abbildung 101: *Evaluation: Wirkung der Eingabe- auf Ausgabevariablen, subsumiert*

Gesamtaussage:

Als Zusammenfassung der Wirkungsergebnisse bei der hier durchgeführten Evaluierung mit den in *Kap. 10.1* genannten Variablen ergibt sich nachfolgende Reihenfolge der analysierten Eingabevariablen:

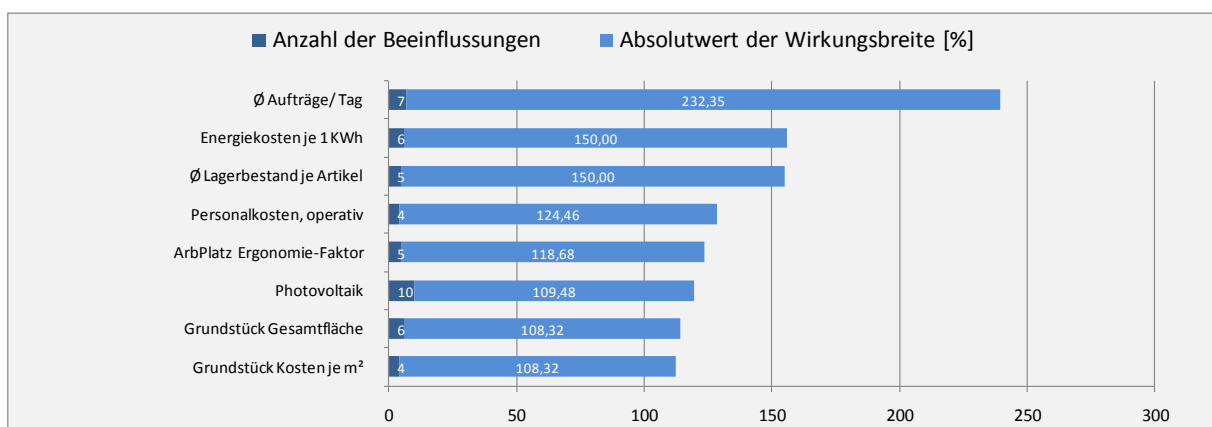


Abbildung 102: *Ausgabevariablen, sortiert nach durchschn. und absoluter Wirkung, subsumiert*

„Ø Anzahl der Aufträge pro Tag“

mit einer Absolutwirkung von 232,35 % und einer Beeinflussung von 7 Ausgabevariablen.

D.h., die Anzahl der Aufträge bewirkt den größten Einfluss auf die ausgewählten Ausgabeparameter, insbesondere auf die „Amortisationszeit“ und die „Kosten pro Pick“. Durch die Asymmetrie im Variationsverhalten (*siehe Abbildung 100: Evaluation: Wirkung der Eingabe auf Ausgabevariablen*) wird deutlich, dass sich bei einer Erhöhung der „Anzahl Aufträge pro Tag“ eine überproportionale Verbesserung bedingt durch die „Amortisationszeit“ und die „Kosten pro Pick“ (*siehe Abbildung 94: Ergebnis Evaluationsszenario 7: „Anzahl Aufträge pro Tag“ +/-50 %*) gegenüber einer Reduzierung der „Anzahl Aufträge pro Tag“ ergibt.

gefolgt von

„Energiekosten je kWh“

mit einer Absolutwirkung von 150,00 % und einer Beeinflussung von 6 Ausgabevariablen.

D.h., die „Energiekosten“ beeinflussen unmittelbar die „Betriebskosten gesamt“, insbesondere für den Auftragslast, also von der Anzahl der Aufträge abhängigen Technikbereich (*siehe Abbildung 86: Ergebnis Evaluationsszenario 4: „Energiekosten je 1KWh“ +/-50 %*) und beeinflussen damit deutlich die „Kosten pro Pick“.

und

„Ø Lagerbestand je Artikel“

mit einer Absolutwirkung von 150,00 % und einer Beeinflussung von 5 Ausgabevariablen.

D.h., der „durchschnittliche Lagerbestand je Artikel“ wirkt sich direkt auf den gesamten Lagerbestand und die „Kapitalbindungskosten“ aus (*siehe Abbildung 91: Ergebnis Evaluationsszenario 6: „Bestand“ +/-50 %*) und beeinflusst damit die „Kosten pro Pick“.

um die wichtigsten Beeinflusser zu nennen. Alle weiteren nachrangig ausgegebenen Ergebnisse für die Eingabevariablen lt. *Kap. 10.1 Evaluierung* sind der *Abbildung 101: Evaluation: Wirkung der Eingabe auf Ausgabevariablen, subsumiert* und der *Abbildung 102: Ausgabevariablen, sortiert nach durchschn. und absoluter Wirkung, subsumiert* zu entnehmen und stellen sich in absteigender Reihenfolge wie folgt dar:

„Personalkosten, operativ“	124,46 % Absolutwirkung mit 4 Beeinflussungen
„Arbeitsplatzergonomie“	118,68 % Absolutwirkung mit 5 Beeinflussungen
„Photovoltaik ja/ nein“	109,48 % Absolutwirkung mit 8 Beeinflussungen
„Grundstück Gesamtfläche“	108,32 % Absolutwirkung mit 6 Beeinflussungen
„Grundstück Kosten je m ² “	108,32 % Absolutwirkung mit 4 Beeinflussungen

Alle Protokolle der einzelnen Evaluationsszenarien befinden sich in *Kap. 18.2 Protokolle der Evaluierung*.

Die ermittelten Kennzahlen sind bei der Nutzung des Analysetools in den Ergebnismasken (*siehe Kap. 14.12 bis 14.15*) ersichtlich.

10.3. Einsatzmöglichkeiten

Die Einsatzmöglichkeiten dieses Analysetools zur Bewertung von Distributionssystemen sind äußerst vielfältig und decken durch den strukturierten Aufbau ein breites Feld der Bewertungsmöglichkeiten ab, wobei folgende Aspekte dabei im Fokus stehen:

Aufgaben:

Das Management des Logistiksystems ist eine Instanz, welche die Gestaltung und die Weiterentwicklung des Systems überwacht und steuert. Daraus ergeben sich zwei wesentliche Aufgaben, die durch die Managementfunktion erfüllt werden müssen.

Die erste Aufgabe ist die Optimierung der logistischen Kenngrößen entlang des gesamten Logistikprozesses (*siehe Abbildung 7: Zusammenspiel der Prozesse*). Damit ist das Management für eine ganzheitliche Betrachtung und Gestaltung des Logistiksystems verantwortlich.

Die zweite Aufgabe berücksichtigt die Dynamik des Umfelds, in dem sich das Logistiksystem befindet und sorgt für eine sinnvolle Weiterentwicklung des Systems.

Zur Erfüllung der ersten Aufgabe wird die sogenannte Logistikstrategie entwickelt. Diese beschreibt ausgehend von den zu erfüllenden Kundenanforderungen den Weg, der zur Erreichung der logistischen Ziele zu einem definierten Zeitpunkt verfolgt werden soll. Damit gibt sie den Handlungsrahmen für die Planung des gesamten Logistiksystems und die Gestaltung der einzelnen Logistikbausteine vor. Ziel der Strategie ist in diesem Zusammenhang immer die ganzheitliche Optimierung der Logistikprozesse. Dazu ist es entscheidend, dass die Strategie bereits im Vorfeld der Analysetoolnutzung definiert ist, um eine klare Zieldefinition bilden zu können.

Die zweite Managementfunktion muss eine den Veränderungen der Umfeldbedingungen angepasste Weiterentwicklung des Logistiksystems gewährleisten. Ziel dabei ist, zu jedem Zeitpunkt möglichst die optimale Logistikleistung bereitzustellen. Im Rahmen der Diskussion der Anpassung des Logistiksystems ist zu unterscheiden zwischen einer langfristig vordefinierten Entwicklung des Systems und einer kurzfristigen Anpassung an unvorhergesehene Veränderungen des Umfelds, was der Reaktionsfähigkeit eines Systems entspricht.

Ziel:

Kennzahlen werden sehr unterschiedlich klassifiziert, bezeichnet, definiert, aus Daten berechnet, interpretiert und eingesetzt. Dies macht eine Vergleichbarkeit der Kennzahlen verschiedener Kennzahlenkonzepte nahezu unmöglich und führt zu dem Problem, dass die Kennzahlen eines Unternehmens von einem anderen oftmals nicht verstanden werden. Dieses Problem wirkt sich insbesondere bei der Integration verschiedener Standorte bzw. Werke eines Unternehmens, d.h. verschiedener logistischer Systeme in ein Logistiknetzwerk aus. Zur Vermeidung solcher unterschiedlichen Sichtweisen auf die gleichen Prozesse und Abläufe dient ein einheitliches Kennzahlensystem, das an unterschiedlichen Standorten mit der gleichen Methodik angewandt werden kann, um Vergleichbarkeit zu erzielen.

Lösung:

Um trotz der zunehmenden Komplexität der Produkte sowie der steigenden Kundenforderungen hinsichtlich der logistischen Leistungsfähigkeit von Distributionszentren Optimierungspotenziale, gegebenenfalls schon bei deren Planung zu realisieren, ist es aus strategischen und monetären Gesichtspunkten unerlässlich, Kennzahlen zu generieren, mit deren Hilfe die logistische Position

geprüft werden kann. Dieses Analysetool als „Beitrag zur Bewertung von Distributionszentren“ dient, wie bereits in der Einführung beschrieben, der rechnergestützten Untersuchung des Automatisierungsgrades im Zusammenhang von Gesamtwirtschaftlichkeit und Servicegrad. Innerhalb des Analysetools wird zusätzlich eine Vielzahl von Struktur- und Rahmen-, Wirtschaftlichkeits-, Produktivitäts- und Qualitätskennzahlen bereitgestellt, mit deren Hilfe sowohl eine interne Bewertung zur Potenzialanalyse als auch eine externe Bewertung z.B. zu Benchmarkzwecken möglich wird.

Durch die Übertragung von realen Zuständen auf das Modell sowie dessen Anwendung bzw. Nutzung zur Lösung können verschiedene Handlungsalternativen inkl. deren Auswirkungen auf die Realität überprüft und anschließend bewertet werden.

Erkenntnis:

Bei der Entwicklung dieses Analysetools wurde anhand der erstellten Wirkungsanalyse, also die Betrachtung des Toolverhaltens unter Einfluss von Eingabekennzahl-Parametervariation deutlich, dass der Bereich Lagertechnik mit z.B. Anzahl der RBGs oder Anzahl der Lagerplätze bei der Beeinflussung von Spitzenkennzahlen und Zielkennzahlen nur eine untergeordnete Rolle spielt und daher bei Lagerplanungen nicht unbedingt mit einem zu hohen Stellenwert innerhalb der Bewertung angesiedelt werden sollte. Der Schwerpunkt liegt mehr im Bereich der Artikel- und Auftragsstruktur, dem Bestand und seinen nahestehenden weiteren Kennzahlen, der Betriebsdauer und den Basisparametern mit Leistungswerten des Personals.

Entwicklungspotenzial:

Eine Weiterentwicklung der Methodik ist insbesondere durch eine softwaretechnische Abbildung dieses Analysetools in einem Assistenzsystem, eingebettet in einem DV-System, z.B. als Erweiterung eines logistischen Monitoringsystems denkbar, um einen einfachen praktischen Einsatz zu gewährleisten.

Hierbei wäre eine variable Beziehungsmatrix von Eingabevariablen zu Ausgabevariablen denkbar, mit deren Hilfe z.B. frei konfigurierbare Beziehungssätze erstellt werden könnten.

Denkbar wäre auch in diesem Zusammenhang ein internetbasiertes und dadurch unternehmensunabhängiges System, das den Entscheidungsträgern kontinuierlich die als relevant identifizierten Kennzahlen zur Verfügung stellt. Dadurch ist nicht nur eine zeitnahe Bewertung, sondern auch eine reaktionsschnelle Gegensteuerung bei Abweichungen durchführbar.

Ausblick:

Zur Sicherstellung von Systemleistung und Qualität sowie die Suche von Optimierungspotenzial kommt der Benutzer bei Einsatz des Analysetools weg von Gefühl und Wahrscheinlichkeit hin zu objektiver Bewertung der logistischen Prozesse mit der Möglichkeit zur Trenderkennung von Verbesserungen und des Branchenvergleichs. Dennoch ist zu beachten, dass die seit jeher geltende Aussage, Kennzahlen liefern zwar grundsätzlich die Informationsquellen für Entscheidungen, sie sind jedoch nicht in der Lage, die Entscheidungen zu ersetzen [Gai79], nach wie vor ihre Gültigkeit hat. Dem Benutzer ist es mit diesem Analysetool möglich, innerhalb kurzer Zeit verschiedene Systemvarianten zu erzeugen oder alternative Komponenten in die Systemstruktur zu integrieren. Dadurch können die Strukturen einer intralogistischen Investition effektiv analysiert und die Einflüsse auf schnelle und einfache Weise quantifiziert werden. Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte allgemeingültige Berechnungsmodell ist somit für die praktische Anwendung bei der Planung und Optimierung gut geeignet.

11. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Distributionsmanagement ist vielen Einflüssen unterworfen - Produktwechsel, veränderte Nachfragen oder auch zunehmender Kostendruck machen oft eine Anpassung notwendig, wenn die Effizienz der Distribution nicht sinken soll. So spielen Schnelligkeit, Verlässlichkeit und Risikomanagement als Wettbewerbsfaktoren eine immer größere Rolle in der Logistik.

Schnelligkeit und Robustheit:

Der Wandel auf den globalen Absatz- und Beschaffungsmärkten beschleunigt sich zunehmend und der Vernetzungsgrad nimmt kontinuierlich zu. Dadurch entstehen Instabilitäten, die teilweise zu abrupten Änderungen von Zielen und Randbedingungen führen. Ein Intralogistiksystem muss daher sowohl in den operativen Prozessen schnell und robust sein als auch die Fähigkeit besitzen, sich als flexibel an neue Gegebenheiten anzupassen.

Verlässlichkeit:

Durch den hohen Vernetzungsgrad der heutigen Wertschöpfungsketten entstehen Abhängigkeiten; der Erfolg der einzelnen Komponenten einer Supply Chain ist eng verknüpft mit der Zuverlässigkeit der mitunter zwischengelagerten Distribution. Dies setzt sich fort bis zum Point of Sale: Die Ware muss verlässlich zum PoS (Point of Sales) gelangen, sonst leiden Umsatz und Gewinn.

Risikomanagement:

Distributionssysteme sind vielfältigen Risiken ausgesetzt, was die Standorte, Transportwege, Marktbedingungen, Währungskurse, usw. betrifft. Das Management dieser Risiken sowie deren Bewertung und die Entwicklung von Gegenstrategien sind neue Aufgaben, denen sich Betreiber von Distributionssystemen stellen müssen.

Aus dem Blickwinkel der oben genannten Faktoren ist es unabdingbar, die größtmögliche Effizienz beim Betrieb eines Distributionszentrums zu erzielen. Unter Berücksichtigung der Wandlungsfähigkeit des Marktes sollten Nutzungskonzepte entwickelt werden, die Aussagen darüber erlauben, wie vorhandene Distributionssysteme für welche Kundenaufträge optimal zu nutzen sind. So können zunächst aufwendige Investitionen reduziert werden.

Insbesondere wurde bei der Entwicklung dieses Analysetools anhand der erstellten Wirkungsanalyse, also der Betrachtung des Toolverhaltens unter Einfluss von Eingabekennzahl-Parametervariation deutlich, dass der Bereich Lagertechnik mit z.B. Anzahl der RBGs oder Anzahl der Lagerplätze bei der Beeinflussung von Spitzenkennzahlen und Zielkennzahlen nur eine untergeordnete Rolle spielt und daher bei Lagerplanungen nicht unbedingt mit einem zu hohen Stellenwert innerhalb der Bewertungsstruktur bei einer ganzheitlichen Betrachtung eines Intralogistiksystems angesiedelt werden sollte.

Der Schwerpunkt liegt mehr im Bereich der Artikel- und Auftragsstruktur, dem Bestand und seinen bestandsnahestehenden weiteren Kennzahlen, der Betriebsdauer und den Basisparametern mit den leistungsbestimmenden Kennzahlen des Personals und damit an der Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine.

Vielfach werden lediglich technische oder wirtschaftliche Aspekte in Betracht gezogen. Mit dem in dieser Arbeit entwickelten Analysetool und der vorgestellten Methodik zur kennzahlgestützten

Systemanalyse besteht die umfassende Möglichkeit der interdisziplinären Bewertung vollständiger Intralogistiksysteme.

Das eingangs der Arbeit beschriebene Ziel, ein Hilfsmittel zur Bewertung von Distributionszentren zu entwickeln, wurde durchgängig erreicht. Das in der vorliegenden Arbeit entwickelte Analysetool kann als wichtiges Hilfsmittel bei der Planung bzw. bei der Optimierung von komplexen Förder- und Lagersystemen, also intralogistischen Systemen, angesehen werden, mit dem alternative Systemstrukturen untersucht und hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit, Produktivität und Qualität beurteilt werden können. Ferner kann auf Grundlage dieses Analysetools der von vielen Betreibern bereits in der Planungsphase geforderte Nachweis hinsichtlich der späteren Wirkzusammenhänge innerhalb des intralogistischen Systems erbracht werden.

Die zunehmende Wettbewerbsdynamik hat zur Folge, dass sich Umfeldbedingungen in Art und Umfang permanent ändern [Bau99] . Deshalb ist ihre Gültigkeit kontinuierlich z.B. durch Monitoring der Umfeldbedingungen, in diesem Fall das Überwachen der Basisparameter, die Suche nach neuen Entwicklungen oder Tendenzen in der Technik oder die Bewertung von Auswirkungen zu prüfen.

Um die Möglichkeit zu haben, die vorgenannten Änderungen zu erkennen bzw. zu erfassen oder sich generell für eine bestimmte Form oder Ausführung eines Intralogistiksystems zu entscheiden oder Optimierungspotenzial zu erschließen, ist geplant, die vorgestellte Methodik in Form eines Softwaretools zugänglich zu machen. So könnte auch unter Aspekten der Wandlungsfähigkeit überprüft werden, ob vorhandene Intralogistiksysteme den Anforderungen des Umfeldes genügen.

Weitere Entwicklungsfelder ergeben sich durch die Migration des in dieser Arbeit entwickelten Analysetools in ein entsprechendes Softwaretool mit der Möglichkeit z.B. zum Monitoring laufender Prozesse durch Adaption an unterschiedlichste Warenwirtschaftssysteme oder simulationsgestützte Grobplanungsmodule.

12. VERZEICHNISSE

12.1. Literaturverzeichnis

- [Arn04a] Arnold, D., Isermann, H., Kuhn, A. & Tempelmeier, H. *Handbuch Logistik, 2. akt. und korr. Aufl.* Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, S. A2-56, 2004.
- [Arn04b] Arnold, D., Isermann, H., Kuhn, A. & Tempelmeier, H. *Handbuch Logistik, 2. akt. und korr. Aufl.* Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, S. B4-22, 2004.
- [Arn04c] Arnold, D., Isermann, H., Kuhn, A. & Tempelmeier, H. *Handbuch Logistik, 2. akt. und korr. Aufl.* Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, S. B1-3 sowie B5-53, 2004.
- [Arn04d] Arnold, D., Isermann, H., Kuhn, A. & Tempelmeier, H. *Handbuch Logistik, 2. akt. und korr. Aufl.* Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, S. B4-19, 2004.
- [Bal98] Balzert, Helmut. *Lehrbuch der Softwaretechnik, Bd. 2, Software-Management, Software-Qualitätssicherung, Unternehmensmodellierung.* Heidelberg : Spektrum Akademischer Verlag, 1998.
- [Bau99] Baum, H.G., Coenenberg, A. & Günther, Th. *Strategisches Controlling, 2. völlig neu gestaltete Auflage.* Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, S. 59, 1999.
- [Bic94] Bichler, Klaus. *Logistik Controlling mit Benchmarking.* Wiesbaden: Gabler Verlag, 1994.
- [Bol07] Bolstorff, P., Rosenbaum, R. & Poluha, R. *Spitzenleistungen im Supply Chain Management - Praxishandbuch zur Optimierung mit SCOR.* Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 2007.
- [Bun09] Bundesumweltamt. *Nationale Trendtabelle für die deutsche Berichterstattung atmosphärische Emissionen*, Endstand 12.11.2008 und Presseinformation 16/2009 vom 29.03.2009.

- [Cro07] Crostak, H.-A. & ten Hompel, M. *Forderungsgerechte Auslegung von intralogistischen Systemen, SFB 696*. Dortmund: Verlag Praxiswissen, S. 15, 2007.
- [Dae86] Daenzer, Walter F. *Systems Engineering, Leitfaden zur methodischen Durchführung umfangreicher Planungsvorhaben*. Zürich: Industrielle Organisation, S. 13, 1986.
- [Del99] Delfmann, Werner. *Kernelemente der Logistik-Konzeption*. Köln: Kölner Wissenschaftsverlag, S. 1, 1999.
- [Dep01] Deppert, W., Mielke, D. & Theobald, W. *Mensch und Wirtschaft - Interdisziplinäre Beiträge zur Wirtschafts- und Unternehmensethik, 1. Band der Reihe Wirtschaft mit menschlichem Antlitz*. Leipzig: Leipziger Universitätsverlag, 2001.
- [Din00] DIN. 2000-12. *DIN Norm EN ISO 9000*. Berlin: Beuth Verlag, S. 23, 2000-12.
- [Fie99] Fieten, Robert. *Logistik und Materialwirtschaft*. Berlin: Springer Verlag, S. 52-63, 1999.
- [Fre02] Freitas, Alex. *Data Mining and Knowledge Discovery with Evolutionary Algorithms*. New York: Springer Verlag, 2002.
- [Fri08] Fricker, Daniel. *Aktuelle Probleme des Supplier Relationship Management, Befunde und Maßnahmen*. Duisburg, Köln: WiKu-Verlag, Verlag für Wissenschaft und Kultur, 2008.
- [Fro99] Frost and Sullivan. *Report 3690, Mittelstand tendiert zur Automatisierung*. München: Huss Verlag, Logistik Heute, Nr. 7/8, S. 72, 1999.
- [Gai79] Gaitanides, Michael. *Praktische Probleme der Verwendung von Kennzahlen für Entscheidungen*. Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 49. Jg. 1979, S. 57-64.
- [Gud99] Gudehus, Timm. *Logistik-Grundlagen, Strategien, Anwendungen*. Berlin: Springer Verlag, S. 8 ff., 1999.
- [Gud06a] Gudehus, Timm. *Dynamische Disposition*. Heidelberg, Berlin: Springer Verlag, S. 92, 2006.
- [Gud06b] Gudehus, Timm. *Dynamische Disposition*. Heidelberg, Berlin: Springer Verlag, S. 126-127, 2006.

- [Gud06c] Gudehus, Timm. *Dynamische Disposition*. Heidelberg, Berlin: Springer Verlag, S. 128, 2006.
- [Gud06d] Gudehus, Timm. *Dynamische Disposition*. Heidelberg, Berlin: Springer Verlag, S. 155, 2006.
- [Gud06e] Gudehus, Timm. *Dynamische Disposition*. Heidelberg, Berlin: Springer Verlag, S. 155 ff., 2006.
- [Gud06f] Gudehus, Timm. *Dynamische Disposition*. Heidelberg Berlin: Springer Verlag, 2006.
- [Hah01] Hahn, D. & Hungenberg, H. *Planung und Kontrolle, Planungs- und Kontrollrechnung; wertorientierte Controllingkonzepte, 6. vollst. überarb. und erw. Aufl.* Wiesbaden: Gabler Verlag, S.48, 2001.
- [Hal99] Haller, Martin. *Bewertung der Flexibilität automatisierter Materialflusssysteme*. München: Utz Verlag, Dissertation, TU München, Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, S. 106, 1999.
- [Har99] Hartmann, Horst. *Beschaffungsmanagement-Controlling*. Gernsbach: Konradin Verlag, S. 17, 1999.
- [Har05] Harting, Detlef. *Vorrats- und Bestandsmanagement schlank und modern, BA Beschaffung aktuell, Heft 6*. Leinfelden: Konradin Verlag, S. 26, 2005.
- [Hei70] Heinen, Edmund. *Betriebliche Kennzahlen*. Stuttgart: Hans Linhardt Verlag, 1970.
- [Hei91] Heinen, Edmund. *Industriebetriebslehre, Entscheidungen im Industriebetrieb*. Wiesbaden: Gabler Verlag, S. 5, 1991.
- [Hep95] Heppner, K. *Kommissionieren in Industrie und Handel - Kommissionierung im Wandel*. Düsseldorf: VDI Gesellschaft (Hrsg.), VDI Verlag, S. 2-20, 1995.
- [Hor96] Horváth, Peter. *Prozessorientierte Instrumente des Logistikcontrollings*. Berlin: Erich Schmidt Verlag, S. 29-53, 1996.
- [Hor98] Horváth, Péter. *Controlling*. München: Verlag Vahlen, 1998.

- [Hor00] Horváth & Partner. *Früherkennung in der Unternehmenssteuerung*. Stuttgart: Schäfer Poeschel Verlag, S.568f., 2000.
- [Hor02] Horváth, Péter. *Controlling, 8., vollst. überarb. Aufl.* München: Verlag Vahlen, S. 574, 2002.
- [Ise94] Isermann, Heinz. *Logistik. Beschaffung, Produktion, Distribution*. Lansbeck/Lech: Moderne Industrie, S. 21-44, 1994.
- [Jün89] Jünemann, Reinhardt. *Materialfluss u. Logistik*. Berlin: Springer Verlag, 1989.
- [Jun94] Jung, Hans. *Allgemeine Betriebswirtschaftslehre*. München: R. Oldenbourg Verlag, 1994.
- [Kel99] Kelber, Rimbart J. *Koordination von Lagerhaltung und Transport im Mehrproduktfall, Ein ganzheitlicher Ansatz zur Optimierung von Logistikkosten durch zeitorientierte Distribution*. Hamburg: Dr. Kovac Verlag, S. 15, 1999.
- [Kom84] Fachzeitschrift Materialfluss. *Kommissionieren, Sonderpublikation*. Landsberg: mi-Verlag moderne Industrie. 1984.
- [Luc04] Luczak, H., Wiendahl, H.-P. & Weber, J. *Logistik - Benchmarking, Praxisleitfaden mit LogiBEST, 2. vollst. überarb. Aufl.* Berlin: Springer Verlag, 2004.
- [Lut02a] Lutz, Stefan. *Kennliniengestütztes Lagermanagement*. Düsseldorf: VDI Verlag, 2002.
- [Lut02b] Lutz, Stefan. *Kennliniengestütztes Lagermanagement, Fortschrittsberichte VDI, Reihe 13, Nr. 53*. Düsseldorf: VDI Verlag, S. 18, 68 u. 79, 2002.
- [Mar06] Martin, Heinrich. *Transport- und Lagerlogistik - Planung, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik, vollst. überarb. Auflage*. Wiesbaden: Vieweg Verlag, S. 326-327, 2006.
- [Mar08] Martin, Heinrich. *Transport- und Lagerlogistik, 7. erw. und akt. Aufl.* Hamburg: Vieweg Teubner Verlag, 2008.
- [May08] May, C. & Koch, A. Overall Equipment Effectiveness (OEE) - Werkzeug zur Produktionssteigerung. *Zeitschrift der Unternehmensberatung (ZUB)* Berlin: Erich Schmidt Verlag, S. 245-250, 2008.

- [Nyh03] Nyhuis, P. & Wiendahl, H.-P. *Logistische Kennlinien - Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen, 2. Auflage*. Berlin: Springer Verlag, 2003.
- [Pfo04a] Pfohl, Hans-Christian. *Logistiksysteme*. Berlin: Springer Verlag, S. 5 ff., 2004.
- [Pfo04b] Pfohl, Hans-Christian. *Logistiksysteme*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, S. 100-105, 2004.
- [Pfo04c] Pfohl, Hans-Christian. *Logistiksysteme*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, S. 119-123, 2004.
- [Pfo04d] Pfohl, Hans-Christian. *Logistiksysteme, Betriebswirtschaftliche Grundlagen*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2004.
- [Rei76] Reichmann, Th. & Lachnit, L. *Planung, Steuerung und Kontrolle mit Hilfe von Kennzahlen*. Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung. Fachverlag der Verlagsgruppe Handelsblatt GmbH, Düsseldorf, 1976.
- [Rei95] Reichmann, Thomas. *Controlling mit Kennzahlen und Managementberichten - Grundlagen einer systemgestützten Controlling-Konzeption, 4. überarb. und erw. Auflage*. München: Verlag Vahlen, 1995.
- [Rei01a] Reichmann, Thomas. *Controlling mit Kennzahlen und Managementberichten - Grundlagen einer systemgestützten Controlling-Konzeption, 6. überarb. und erw. Aufl.* München: Verlag Vahlen, S. 32-33, 2001.
- [Rei01b] Reichmann, Thomas. *Controlling mit Kennzahlen und Managementberichten - Grundlagen einer systemgestützten Controlling-Konzeption, 6. überarb. und erw. Aufl.* München: Verlag Vahlen, S. 51 ff., 2001.
- [Rüg03] Rüggeberg, Christian. *Supply Chain Management als Herausforderung für die Zukunft*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag / GWV Fachverlage GmbH, S. 4 u. 7, 2003.
- [Sap09] Krämer, Christian. DSAG Jahrestagung. *Anlagen effizient betreiben und Produktivität steigern, SAP*. Bremen, 2009.
- [Sch95] Schulte, Christof. *Logistik - Wege zur Optimierung des Material- und Informationsflusses, 2. Auflage*. München: Verlag Vahlen, 1995.

- [Sch98] Schütte, Reinhard. *Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellbildung, Dissertation*. Wiesbaden: Gabler Verlag, 1998.
- [Sch06] Schwalbach, Lutz. *Bestands- und Vorratssenkung, Potentialermittlung, strukturierte Analysen und funktionale Lösungsbilder*. Norderstedt: BoD Verlag, 2006.
- [Sch08a] Schulte, Christof. *Logistik, Wege zur Optimierung der Supply Chain*. München: Verlag Vahlen, S. 640 ff., 2008.
- [Sch08b] Schulte, Christof. *Logistik, Wege zur Optimierung der Supply Chain*. München: Verlag Vahlen, S. 642, 2008.
- [Sch08c] Schulte, Christof. *Logistik, Wege zur Optimierung der Supply Chain*. München: Verlag Vahlen, S. 642-643, 2008.
- [Sch09] Schulte, Christof. *Logistik*. München: Verlag Vahlen, S. 396, 2009.
- [Sim95] Simons, Robert. *Levers of Control - How Managers use Innovative Control Systems to Drive Strategic Renewal*. Boston: Harvard Business School Press, S. 156 ff., 1995.
- [Sta08] Stausberg, Michael. *Kennzahlen für die Distribution*. Kissing: Weka Medien GmbH & Co KG, 2008.
- [Str00] Strigl, Thomas. *Bewertung der Logistikeffizienz von Produktionsunternehmen durch datenbankgestütztes Benchmarking, Dissertation*. Düsseldorf: Fortschrittsberichte VDI Verlag, Reihe 2, Nr. 567, 2000.
- [Sys90a] Syska, Andreas. *Kennzahlen für die Logistik - Entwicklung einer Vorgehensweise zur Bildung von betriebsspezifischen Logistikkennzahlensystemen*. Heidelberg: Springer Verlag, 1990.
- [Sys90b] Syska, Andreas. *Kennzahlen für die Logistik*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 1990.
- [tenH02a] ten Hompel, M. & Schmidt, Th. *Warehouse Management*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 2002.

- [tenH02b] ten Hompel, M. & Schmidt, Th. *Warehouse Management - Automatisierung und Organisation von Lager- und Kommissioniersystemen*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, S. 35, 2002.
- [tenH08a] ten Hompel, M. & Heidenbluth, V. *Taschenlexikon Logistik, 2. Auflage*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, S. 90, 2008.
- [tenH08b] ten Hompel, M. & Heidenbluth, V. *Taschenlexikon Logistik, 2. Auflage*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, S. 315, 2008.
- [VDI94] VDI-Richtlinie 3590. *Kommissioniersysteme-Grundlagen (Bl.1)*. Düsseldorf: Beuth Verlag, 1994.
- [VDI00] VDI-Richtlinie 4400. *Logistik Kennzahlen für die Beschaffung (Bl.3), - für die Produktion (Bl.2), - für die Distribution (Bl.3)*. Düsseldorf: Beuth Verlag, 2000.
- [Vie58] Viel, Jakob. *Betriebs- und Unternehmensanalyse*. Köln: Westdeutscher Verlag; Auflage: 2., vollst. neu bearb. Aufl., 1958.
- [Vog97] Vogt, Gert. *Das neue Kommissionierhandbuch, 4. Auflage*. Landsberg: mi-Verlag moderne Industrie, 1997.
- [Web95] Weber, Jürgen. *Kennzahlen für die Logistik*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 1995.
- [Web95a] Weber, Jürgen. *Logistik-Controlling, 4. Auflage*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 1995.
- [Web95b] Weber, Jürgen. *Logistik-Controlling, 4. Auflage*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel-Verlag, S. 190 ff., 1995.
- [Web95c] Weber, Jürgen. *Logistik-Controlling, 4. Auflage*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel-Verlag, S. 193-194, 1995.
- [Web95d] Weber, Jürgen. *Logistik-Controlling: Leistungen, Prozesskosten, Kennzahlen, 4. überarb. und erweit. Auflage*. Stuttgart: Schäfer-Poeschel Verlag, 1995.

- [Web97] Weber, J., Kummer, S., Grossklaus, A., Nippel, Harald & Warnke, D. *Methodik der Generierung von Logistik-Kennzahlen*. Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, 49. Jg, Heft 4. Herne: NWB Verlag, 1997, S. 438-454.
- [Web99a] Weber, J. & Dehler, M. *Effektives Supply Chain Management auf Basis von Standardprozessen und Kennzahlen*. Dortmund: Praxiswissen Verlag, 1999.
- [Web99b] Weber, Manfred. *Kennzahlen - Unternehmen mit Erfolg führen, 2. akt. Aufl.* Planegg: WRS Verlag, S. 281, 1999.
- [Web01] Weber, Manfred. *Kennzahlen - Unternehmen mit Erfolg führen*. Planegg: WRS Verlag, S. 182-185, 2001.
- [Web02a] Weber, Jürgen. *Logistik- und Supply Chain Controlling, 5. Auflage*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 2002.
- [Web02b] Weber, Jürgen. *Einführung in das Controlling, 9. komplett überarb. Aufl.* Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, S. 201, 2002.
- [Wes93] Westphal, Ulrich. *Erfolgsfaktor Logistik Logistik im Unternehmen 7, Nr. 10*. Düsseldorf: Springer VDI Verlag, S. 6-13, 1993.
- [Wie02] Wiendahl, Hans-Peter. *Erfolgsfaktor Logistikqualität, 2. Auflage*. Berlin: Springer Verlag, 2002.
- [Wil97a] Wildemann, Horst. *Produktionscontrolling - Systemorientiertes Controlling schlanker Produktionsstrukturen, 3. Auflage*. München: TCW Verlag, 1997.
- [Wil97b] Wildemann, Horst. *Logistik Management*. München: TCW Verlag, S. 4, 1997.
- [ZVE88] ZVEI e.V., *ZVEI - Kennzahlensystem, 4. veränderte Auflage*. Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie. Frankfurt a.M. 1988.

12.2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Analysetool, Ergebnisdarstellung BPI	3
Abbildung 2:	Verbraucherketten 17. Jahrhundert.....	11
Abbildung 3:	Verbraucherketten Ende des 20. Jahrhunderts	12
Abbildung 4:	Verbraucherketten zu Beginn des 21. Jahrhunderts	12
Abbildung 5:	Meilensteine der Logistik	14
Abbildung 6:	Aufbau und Gliederung der Arbeit.....	19
Abbildung 7:	Zusammenspiel der Prozesse [Sta08]	22
Abbildung 8:	Distributionsprozess [Sch08b]	23
Abbildung 9:	Wichtigste laufend erfasste Kennzahlen in der Intralogistik.....	27
Abbildung 10:	Kennzahlenarten [Arn04d]	29
Abbildung 11:	Struktur des Kennzahlensystems nach LogiBEST[Wie02]	31
Abbildung 12:	Kennzahlen der Produktionslogistik [VDI00]	32
Abbildung 13:	Konzept der selektiven Kennzahlen [Web97].....	33
Abbildung 14:	Prozess der Unternehmensführung [Hah01].....	34
Abbildung 15:	Klassifizierung von Kennzahlen [Bic94]	36
Abbildung 16:	Die wichtigsten 40 Kennzahlen [Web95c]	38
Abbildung 17:	Graphentheorie	41
Abbildung 18:	Hierarchische Modellbildung.....	43
Abbildung 19:	Struktur und Aufbau des Analysetools.....	47
Abbildung 20:	Ausschnitt aus Bedienmaske, Kennzahl-Gruppe und -Typ.....	50
Abbildung 21:	Aufbau Ein-/ Ausgabemaske Datenerhebungsbogen	52
Abbildung 22:	Aufbau: Eingabemaske Basisparameter	53
Abbildung 23:	Eingabemaske Immobilie.....	54

Abbildung 24: Eingabemaske: Lagerarten.....	55
Abbildung 25: Eingabemaske: Lagerfunktionen.....	56
Abbildung 26: Eingabemaske: Lagertransporte	57
Abbildung 27: Ein-/Ausgabemaske: Lagertechnik	58
Abbildung 28: Eingabemaske: Artikel.....	60
Abbildung 29: ABC-Verteilung	61
Abbildung 30: Eingabemaske: Lagerbestand.....	61
Abbildung 31: Zusammenhang Sicherheitsbestands-Faktor – Lieferbereitschaftsgrad.....	62
Abbildung 32: Eingabemaske: Aufträge.....	63
Abbildung 33: Eingabemaske: Lagernutzung	64
Abbildung 34: Eingabemaske: Personal.....	65
Abbildung 35: Ausgabemaske: Konspekt.....	66
Abbildung 36: Bedienmaske: Übersicht	69
Abbildung 37: Ausgabemaske: Geschäfts-Prozess-Indikatoren (BPI).....	70
Abbildung 38: Grafische Darstellung Ergebnis Systemanalyse	71
Abbildung 39: Struktur- und Rahmenkennzahlen.....	72
Abbildung 40: Produktivitätskennzahlen	72
Abbildung 41: Wirtschaftlichkeitskennzahlen.....	73
Abbildung 42: Qualitätskennzahlen.....	73
Abbildung 43: Ausgabemaske: Schlüsselleistungs-Indikatoren (KPI).....	74
Abbildung 44: Ausgabemaske: Aggregation der Systemwerte	75
Abbildung 45: Beziehung: Automatisierungsgrad - Aufträge	76
Abbildung 46: Beziehung: Wirtschaftlichkeit – Aufträge.....	77
Abbildung 47: Beziehung: Servicegrad - Aufträge.....	78

Abbildung 48: Beziehung Lagerbestand und Servicegrad.....	78
Abbildung 49: Lagerbestand/ Sicherheitsfaktor [Har05]	79
Abbildung 50: Kano-Modell, Kundenzufriedenheit.....	80
Abbildung 51: Ausschnitt aus Ergebnismatrix der Wirkungsanalyse	87
Abbildung 52: Einzelwirkungsanalyse, Eingabekennzahl: Anzahl Lagerartikel	88
Abbildung 53: Ausschnitt aus Wirkungsanalyse, Eingabekennzahl „Anzahl Lagerartikel“	89
Abbildung 54: Wirkungsanalyse Eingabevariable „Länge Bandförderer“.....	93
Abbildung 55: Wirkung der Eingabevariablen auf die Ausgabevariablen	94
Abbildung 56: Wirkung der Eingabevariablen auf die Ausgabevariablen, subsumiert.....	95
Abbildung 57: Diagramm Wirkungsanalyse, Teil 1/4	99
Abbildung 58: Diagramm Wirkungsanalyse, Teil 2/4	100
Abbildung 59: Diagramm Wirkungsanalyse, Teil 3/4	101
Abbildung 60: Diagramm Wirkungsanalyse, Teil 4/4	102
Abbildung 61: Eingabevariablen, sortiert n. Beeinflussungen u. Wirkungsbreiten, log. Darstellung	105
Abbildung 62: Wirkungsanalyse Eingabevariable „ABC-Struktur“	107
Abbildung 63: Wirkungsanalyse Eingabevariable „Ø Aufträge pro Tag“	108
Abbildung 64: Wirkungsanalyse Eingabevariable „Ø Picks pro Position“	109
Abbildung 65: Ausgabevariablen, sortiert nach durchschn. und absoluter Wirkung, subsumiert.....	111
Abbildung 66: Ausgabevariablen sortiert nach Anzahl der Beeinflussungen.....	112
Abbildung 67: Wirkungsanalyse Ausgabevariable „Mitarbeiter Kommissionierung“	114
Abbildung 68: Wirkungsanalyse Ausgabevariable „Amortisationszeit“	115
Abbildung 69: Wirkungsanalyse Ausgabevariable „Betriebskosten, gesamt“	117
Abbildung 70: Ausschnitt aus Ergebnismatrix der Wirkungsanalyse, Validierung.....	123
Abbildung 71: Darstellungsbeispiel Einzelverifizierung.....	124

Abbildung 72:	Darstellung Einzelverifizierung, Teilausschnitt 1	125
Abbildung 73:	Darstellung Einzelverifizierung, Teilausschnitt 2	126
Abbildung 74:	Szenario-Auswertung Validierung.....	127
Abbildung 75:	Zusammenfassung der Validierungsergebnisse, subsumiert	128
Abbildung 76:	Ablauf der Lageranalyse	130
Abbildung 77:	Ergebnis Evaluationsszenario 1: „Grundstück Gesamtfläche“ +/-50 %	139
Abbildung 78:	Ergebnis Evaluationsszenario 1: „Gesamtfläche des Grundstücks“ +50 %.....	140
Abbildung 79:	Ergebnis Evaluationsszenario 1: „Gesamtfläche des Grundstücks“ -50 %.....	140
Abbildung 80:	Ergebnis Evaluationsszenario 2: „Kosten pro m ² Grundstück“ +/-50 %.....	144
Abbildung 81:	Ergebnis Evaluationsszenario 2: „Grundstück Kosten je m ² “ +50 %.....	145
Abbildung 82:	Ergebnis Evaluationsszenario 2: „Grundstück Kosten je m ² “ -50 %.....	145
Abbildung 83:	Ergebnis Evaluationsszenario 3: „Personalkosten pro Jahr“ +/-50 %	149
Abbildung 84:	Ergebnis Evaluationsszenario 3: „Personalkosten pro Jahr“ +50 %	149
Abbildung 85:	Ergebnis Evaluationsszenario 3: „Personalkosten pro Jahr“ -50 %	150
Abbildung 86:	Ergebnis Evaluationsszenario 4: „Energiekosten je 1KWh“ +/-50 %	153
Abbildung 87:	Ergebnis Evaluationsszenario 4: „Energiekosten je 1KWh“ +50 %	154
Abbildung 88:	Ergebnis Evaluationsszenario 4: „Energiekosten je 1KWh“ -50 %	154
Abbildung 89:	Ergebnis Evaluationsszenario 5: „Photovoltaik ja/nein“	158
Abbildung 90:	Ergebnis Evaluationsszenario 5: „Photovoltaik, ja“	158
Abbildung 91:	Ergebnis Evaluationsszenario 6: „Bestand“ +/-50 %.....	163
Abbildung 92:	Ergebnis Evaluationsszenario 6: „Bestand“ +50 %.....	163
Abbildung 93:	Ergebnis Evaluationsszenario 6: „Bestand“ -50 %.....	164
Abbildung 94:	Ergebnis Evaluationsszenario 7: „Anzahl Aufträge pro Tag“ +/-50 %	167
Abbildung 95:	Ergebnis Evaluationsszenario 7: „Anzahl Aufträge pro Tag“ +50 %	168

Abbildung 96: Ergebnis Evaluationsszenario 7: „Anzahl Aufträge pro Tag“ -50 %	168
Abbildung 97: Ergebnis Evaluationsszenario 8: „Arbeitsplatzergonomie“ +/-25 %.....	172
Abbildung 98: Ergebnis Evaluationsszenario 8: „Arbeitsplatzergonomie“ +25 %.....	173
Abbildung 99: Ergebnis Evaluationsszenario 8: „Arbeitsplatzergonomie“ -25 %.....	173
Abbildung 100: Evaluation: Wirkung der Eingabe- auf Ausgabevariablen	177
Abbildung 101: Evaluation: Wirkung der Eingabe- auf Ausgabevariablen, subsumiert.....	178
Abbildung 102: Ausgabevariablen, sortiert nach durchschn. und absoluter Wirkung, subsumiert.....	178
Abbildung 103: Startmaske Analysetool	310
Abbildung 104: Analysetool Übersicht.....	311
Abbildung 105: Auswahlbuttons Ergebnisse.....	312
Abbildung 106: Auswahlbuttons Datenerhebungsbögen.....	312
Abbildung 107: Auswahlbutton Zusammenfassung	312
Abbildung 108: Kopf-Menüleiste Datenerhebungsbögen.....	312
Abbildung 109: Analysetool Bedienoberfläche.....	314
Abbildung 110: Ausgabemaske EV-Resultat, Wirkungsanalyse	315
Abbildung 111: Szenario-Parameter, Teilausschnitt	316
Abbildung 112: Parameter-Refresh Szenario-Parameter, Detailausschnitt	317
Abbildung 113: Ausgabemasken des Analysetools.....	318

12.3. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Strukturierung logistischer Anlagen nach Firchau [Cro07]	23
Tabelle 2:	Auszug wesentlicher Kennzahlen der Wirtschaftlichkeit.....	49
Tabelle 3:	Menge der eingesetzten Kennzahlen	49
Tabelle 4:	Baujahr Abschreibungsfaktor.....	55
Tabelle 5:	Lageranteil am Umsatz.....	62
Tabelle 6:	Struktur der Kennzahlberechnung.....	83
Tabelle 7:	Ausschnitt Werteausgabe der Wirkungsanalyse „Anzahl Lagerartikel“	90
Tabelle 8:	Hauptbeeinflusser je Strukturelement	98
Tabelle 9:	Beeinflussungen und Wirkungsbreite der Eingabevariablen.....	106
Tabelle 10:	Beeinflussungen und Wirkungsbreiten der Ausgabevariablen	110
Tabelle 11:	Struktur der Validierung.....	124
Tabelle 12:	Zusammenfassung der Validierungsergebnisse.....	129
Tabelle 13:	Wirkung Evaluierungsszenario 1: „Grundstück Gesamtfläche“ +/-50 %	139
Tabelle 14:	Wirkung Evaluationsszenario 2: „Kosten pro m ² Grundstück“ +/-50 %.....	144
Tabelle 15:	Wirkung Evaluationsszenario 3: „Personalkosten pro Jahr“ +/-50 %.....	148
Tabelle 16:	Wirkung Evaluationsszenario 4: „Energiekosten je 1KWh“ +/-50 %.....	153
Tabelle 17:	Wirkung Evaluationsszenario 5: „Photovoltaik, ja/nein“	157
Tabelle 18:	Wirkung Evaluationsszenario 6: „Bestand“ +/-50 %	162
Tabelle 19:	Wirkung Evaluationsszenario 7: „Anzahl Aufträge pro Tag“ +/-50 %	167
Tabelle 20:	Wirkung Evaluationsszenario 8: „Arbeitsplatzergonomie“ +/-25 %	172
Tabelle 21:	Struktur der Kennzahldefinition und –Berechnung	202
Tabelle 22:	Parameter-Einheiten.....	203
Tabelle 23:	Kennzahlen der Wirkungsanalyse.....	321

Tabelle 24:	Kennzahlen der Validierung.....	328
Tabelle 25:	Verifizierung Lagertransportstrecken	331
Tabelle 26:	Verifizierung Anzahl Lagerplätze AKL.....	333
Tabelle 27:	Verifizierung Anzahl Lagerplätze AKL, Silobauweise.....	335
Tabelle 28:	Kennzahlen der Evaluierung	336
Tabelle 29:	Herstellerliste Marktanalyse	347

12.4. Glossar

Abkürzung	Benennung
€/LE	Euro pro Ladeinheit
€/a	Euro pro Jahr
€/a/Stk	Euro pro Jahr und Stück
€/m	Euro pro Monat
€/m	Euro pro Meter
€/m ²	Euro pro Quadratmeter
€/m ³	Euro pro Kubikmeter
€/Pltz	Euro pro Platz
€/Stk	Euro pro Stück
1/a	pro Jahr
Abschrbg	Abschreibung
AfA	Absetzung für Abnutzung
AKL	Automatisches Kleinteilelager
AnzLaPl	Anzahl Lagerplätze
ArbPlatz	Arbeitsplatz
AV	Ausgabevariable
betriebl.	betrieblich
BPI	Business Performance Indicators
DS/h	Doppelspiel pro Stunde
DV/IT	Datenverarbeitung/ Informationstechnik
EHB	Elektrohängebahn
EV	Eingabevariable
g/KWh	Gramm pro Kilowattstunde
HRL	Hochregallager
KG	Kenngroße
KOM	Kommissionierung
Komm.-Leistung	Kommissionier-Leistung
KPI	Key Performance Indicators
Ktn/h	Kartons pro Stunde
KW	Kilowatt
KW/h	Kilowattstunde
LAG	Lager
LgFlBeleg	Lagerflächenbelegung
LgPlBeleg	Lagerplatzbelegung
LgRaBeleg	Lagerraumbelegung
lt.	laut
MVA/a	Megavoltampere pro Jahr
Ø	Durchschnitt/ durchschnittlich
o.ä.	oder ähnlich
oper.	operativ
p.Auf.	pro Auftrag

p.E.	pro Einheit/ Lagerplatz
Pal/h	Paletten pro Stunde
Pick/h	Pick pro Stunde
QS	Qualitätssicherung
RBG	Regalbediengerät
ROI	Return on Invest
Stck	Stück
Stck/h	Stück pro Stunde
Stck/Pl	Stück pro Platz
Std/d	Stunden pro Tag
Std	Stunde
strat.	strategisch
t/a	Tonnen pro Jahr
Uhr	Uhrzeit
VE	Verpackungseinheit
VerpQualität	Verpackungsqualität
Vfbkeit	Verfügbarkeit
WA	Warenausgang
Wh	Wattstunde
WE	Wareneingang
Zugänglkt	Zugänglichkeit

ANHANG

13. ANHANG A: DEFINITION UND BERECHNUNG DER KENNZAHLEN

Dieser Anhang stellt die Detaillierung der in *Kap. 6 Definition und Berechnung der Kennzahlen* angesprochenen Kennzahlen dar. Bei diesen Kennzahlen handelt es sich um alle innerhalb des Analysetools integrierten Kennzahlen, also um Eingabekennzahlen und auch Ausgabekennzahlen. Nachfolgend werden alle Kennzahlen der einzelnen Strukturelemente lt. nachfolgendem Aufbau im Einzelnen dargelegt.

Kennzahl-Benennung (Nummerierung in Bedienmaske)

- **Definition** Aussage, ob es sich um eine Eingabevariable, also eine Nutzervorgabe oder um eine Ausgabevariable, die sich durch Eingaben bzw. Berechnung durch Formeln handelt.
- **Erläuterung** Beschreibung, worauf sich diese Kennzahl bzw. Eingabevariable bezieht oder wie sie sich zusammensetzt.
- **Typ(bedingt)** Aussage, ob es sich bei dieser Kennzahl um eine strategische, also für die Unternehmensführung relevante oder operative, d.h. dem direkten Einfluss der am Materialfluss Beteiligten obliegende Kennzahl handelt (Aussage erfolgt nicht bei den Basisparametern, da diese sowohl für strategische als auch für operative Kennzahlberechnungen herangezogen werden.).
- **Einflussgröße** Aussage, durch welche weiteren Kennzahlen diese Kennzahl beeinflusst wird.
- **Wirkungsgröße** Aussage, worauf oder auf welche Kennzahl sich diese Kennzahl auswirkt

Tabelle 21: *Struktur der Kennzahldefinition und –Berechnung*

Für Einträge und Ergebnisse werden folgende Einheiten und Angaben verwendet:

Dimension	Benennung	Anwendung / Beispiel
€/ LE:	Euro pro Ladeinheit	Leistungskostensatz pro WE-Lagereinheit
€/a/Stck:	Euro pro Jahr und Stück	Lagerplatzkosten pro Jahr
€/a:	Euro pro Jahr	Betriebskosten pro Jahr
€/m:	Euro pro Meter	Kosten pro Bandförder
€/m ² :	Euro pro Quadratmeter	Kosten je Lagerfläche
€/m ³ :	Euro pro Kubikmeter	Kosten für zu sprinklerndes Lagervolumen
€/Pltz:	Euro pro Platz	Kosten pro AKL-Lagerplatz
€/Stk:	Euro pro Stück	Kosten pro RBG
€:	Euro	Kosten, allgemein
1/a:	pro Jahr	Umschlaghäufigkeit
DS/h:	Doppelspiel pro Stunde	RBG-Leistung pro Stunde
g/KWh:	Gramm pro Kilowattstunde	CO ₂ -Ausstoß
Jahre:	Jahre	Amortisationsdauer
K/h:	Wattstunde	Abgegebene Leistung je m ² Photovoltaik
Ktn/h:	Kartons pro Stunde	Versandkartons pro Stunde
KW/h:	Kilowattstunde	Aufgenommene Leistung je RBG
KW:	Kilowatt	Installierte Leistung je RBG
m ² :	Quadratmeter	Lagerfläche

m ³ :	Kubikmeter	Lagervolumen
MVA/a:	Mega Voltampere pro Jahr	Energieaufnahme
Pal/h:	Paletten pro Stunde	Transportleistung pro Werker
Pick/h:	Pick pro Stunde	Komm-Leistung pro Werker
Stck/h:	Stück pro Stunde	WE-Positionen pro Werker
Stck/Pl:	Stück pro Platz	Artikelbeleg. pro Lagerplatz
Stck:	Stück	Artikel, Anzahl Geräte
Std/d:	Stunden pro Tag	Betriebszeiten
Std:	Stunde	Auftragsdurchlaufzeit
t/a:	Tonnen pro Jahr	CO ₂ -Emission
Uhr:	Uhrzeit	Betriebsbeginn

Tabelle 22: *Parameter-Einheiten*

13.1. Basisparameter (0)

Der Bereich der Basisparameter beinhaltet alle in diesem System integrierten Basiskosten und Basiswerte (Parameter, die als grundlegende Werte zu verstehen sind, die aber durch Überschreiben geändert werden können), die zur Berechnung bzw. Bewertung aller darauf aufbauenden Kennzahlen und Kennwerte benötigt werden. Jeder einzelne Parameter ist beliebig, aber für einen gerade betrachteten Fall festgelegt, der im nächsten Fall aber variiert werden kann. Alle Kostenparameter sind aus einer Marktanalyse generiert und unterliegen zusätzlich dem Faktor „Preissteigerungsrate“, mit dessen Hilfe (Auswahlfeld) bei geändertem Preisgleitindex dynamisch Anpassungen an gestiegene Kosten vorgenommen werden können. Gleichmaßen werden für alle elektrischen Verbraucher die elektrisch installierte Wirkleistung als Parameter angegeben, um die Energieaufnahme und die äquivalente CO₂-Emission [Bun09] des gesamten Intralogistiksystems zu ermitteln.

Die Basiswerte sind in folgende Bereiche und Gruppen aufgeteilt:

Gebäudebezogene Kosten (0.1)

In dieser Gruppe befinden sich alle Basisparameter, die für die Ermittlung der gebäudebezogenen Kosten erforderlich sind.

Preissteigerungsrate (0.1.1)

- Definition Eingabevariable
- Erläuterung Dieser Faktor (1,0 – 10,0), der über ein Drehfeld¹⁹ beeinflussbar ist, dient dazu, evtl. eintretende Preissteigerungen gemäß einem Preisgleitindex zu erfassen, Standard => "1,0".
- Typ strategisch
- Einflussgröße Basisparameter
- Wirkungsgröße Kosten-Basisparameter

¹⁹ Ein Drehfeld vereinfacht das Erhöhen oder Verringern von Werten für z.B. aufeinanderfolgenden Zahlen.

Flächen (0.1.2)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: Grundstück:
innerhalb erschlossener Gewerbegebiete
Standardlagerfläche:
ohne jegliche techn. oder logistische Ausstattung
Bühne:
erforderliche Bühnen für Fördertechnik, Kommissionierflächen,
Bereitstellung Verpackung usw.
Lageraußenfläche:
außenliegende Lagerflächen z.B. für Sperrgut usw.
Büro:
innerhalb des Logistikzentrums inkl. Standard-Büroausstattung
Sonstiges:
Parkplatz, Zufahrten, Rangierflächen usw.
- Einflussgröße: Vorgaben durch Marktpreis, Preissteigerungsrate
- Wirkungsgröße: Grundstückskosten, Gebäude-Invest

Baukörper (0.1.3)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: Gebäude, 6 – 8 m hoch:
Lagergebäude für Lager-, WE-, WA, oder sonstige Bereitstellflächen
Gebäude, 15 – 18 m hoch:
Lagergebäude für AKL, Palettenlager, usw.
Gebäude, 30 – 35 m hoch:
Lagergebäude für HRL
Ladetore: Verladetore für LKWs
- Einflussgröße: Vorgaben durch Marktpreis, Preissteigerungsrate
- Wirkungsgröße: Gebäude-Invest

Brandschutz (0.1.4)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: Sprinklerung:
Verrohrung inkl. Sprinklerköpfe und Brandmeldeanlage
Sprinklerzentrale:
Sprinkler-Pumpstation zur Stromerzeugung bei Ausfall der
Energieversorgung im Brandfall inkl. der installierten Wirkleistungen
Löschwasser-Speicher:
vorgehaltene Löschwassermenge
Löschwasser-Wanne:
Mehrkosten für Löschwasser-Wanne zum Auffangen des Löschwassers.
- Einflussgröße: Vorgaben durch Marktpreis, Preissteigerungsrate
- Wirkungsgröße: Gebäude-Invest

Technikbezogene Kosten (0.2)

In dieser Gruppe befinden sich alle Basisparameter, die für die Ermittlung der technikbezogenen Kosten erforderlich sind, die Einfluss auf den Technik-Invest haben.

Fördertechnik (0.2.1)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: In dieser Gruppe sind alle im Intralogistikbereich üblicherweise eingesetzten fest installierten Stetigförderer, wie z.B. Band-, Palettenförderer, Sortierelemente usw., und fest installierte Unstetigförderer, wie z.B. AKL-RBGs, HRL-RBGs, wahlweise einfach- oder doppelttief bzw. gangwechselnd, Turmspeicher, Sequenzer, Vertikallifte, Verschiebewagen, Lifte usw., inkl. der einzelnen installierten Wirkleistungen aufgeführt
- Einflussgröße: Vorgaben durch Marktpreis, Preissteigerungsrate
- Wirkungsgröße: Technik-Invest, Energieaufnahme, CO₂-Emission

Transporthilfsmittel (0.2.2)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: In dieser Gruppe sind alle eingesetzten, nicht fest installierten Transporthilfsmittel, wie z.B. Stapler, Handhubwagen, Pickwagen usw., aufgeführt. Unter Sondergeräte können zusätzlich anderweitige Komponenten eingetragen werden, die mit einem mittleren Wert in die Berechnungen einfließen.
- Einflussgröße: Vorgaben durch Marktpreis, Preissteigerungsrate
- Wirkungsgröße: Technik-Invest, Energieaufnahme, CO₂-Emission

Lagerbezogene Kosten (0.3)

In dieser Gruppe befinden sich alle Basisparameter, die für die Ermittlung der lagerbezogenen Kosten erforderlich sind, die Einfluss auf den Technik-Invest haben.

Lagerplätze (0.3.1)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: In dieser Gruppe sind alle Lagerplatztypen, wie z.B. Blocklager, Breitganglager Palette, Schmalganglager Palette, Fachbodenlager Karton, Durchlauflager Karton, Durchlauflager Palette, AKL, AKL Silobauweise, HRL, HRL Silobauweise, Karusselllager, Verschiebelager, Freilager, Kragarmlager, Paternosterlage, Gefahrgutlager, Zolllager usw., aufgeführt.
- Einflussgröße: Vorgaben durch Marktpreis, Preissteigerungsrate
- Wirkungsgröße: Technik-Invest, Energieaufnahme, CO₂-Emission

Hilfsausstattung (0.3.2)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: In diesem Bereich sind alle Hilfsausstattungen, wie z.B. Etikettierer, Umreifer, Waagen, Wickler, Kartonaufrichter, Palettierer, Depalettierer usw., aufgeführt.
- Einflussgröße: Vorgaben durch Marktpreis, Preissteigerungsrate

- Wirkungsgröße: Technik-Invest, Energieaufnahme, CO₂-Emission

Ladehilfsmittel

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: Hier sind alle Ladehilfsmittel, wie z.B. Behälter, Trays, Kartons, Paletten usw., aufgeführt.
- Einflussgröße: Vorgaben durch Marktpreis, Preissteigerungsrate
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Arbeitsplatztyp-Kosten (0.4)

In dieser Gruppe befinden sich alle Basisparameter, die für die Ermittlung der Arbeitsplatztyp-Kosten erforderlich sind, die Einfluss auf den Technik-Invest haben.

Arbeitsplatztyp (0.4.1)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: In dieser Gruppe befinden sich die unterschiedlichen physisch installierten Arbeitsplatztypen, wie Leitstand, Auftragsdisposition, Prozessleitsystem/ Visualisierung, Warenavis, Warenannahme, Qualitätssicherung im Wareneingang, Wareneingang, Kommissionierung, Qualitätssicherung in Kommissionierung, Konsolidierung, Verpackung, Qualitätssicherung im Versand, Versandbereitstellung, Versand, Retouren, Klärplätze sowie Sonstige Arbeitsplätze, um die Kosten für die Erstellung des jeweiligen Arbeitsplatzes zu definieren, die Einfluss auf den Technik-Invest haben.
- Einflussgröße: Vorgaben durch Marktpreis, Preissteigerungsrate
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

DV/IT Komponenten (0.5)

In dieser Gruppe befinden sich alle Basisparameter, die für die Kostenermittlung der Hardwarekomponenten für DV und IT erforderlich sind, die Einfluss auf den Technik-Invest haben.

Ausstattung Hardware (0.5.1)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: In dieser Gruppe befinden sich die unterschiedlichen Hardwareausstattungen für LVS-Server, LVS-Server redundant, Materialflussrechner, Materialflussrechner redundant, Sonderdrucker, Printserver, Funkserver, PC-Arbeitsplätze, Mobile Datenerfassung, Netzwerk usw., um die Kosten zu definieren, die Einfluss auf den Technik-Invest haben.
- Einflussgröße: Vorgaben durch Marktpreis, Preissteigerungsrate
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Ausstattung Softwarefunktionen (0.6)

In dieser Gruppe befinden sich alle Basisparameter, die für die Kostenermittlung der installierten DV/IT-Softwarefunktionen zur Verwaltung und Organisation der unterschiedlichen Lagerarten, Systemorganisation, Bestandsführung, Artikeldurchlauf, Auftragsorganisation, Auftragsdurchlauf, Interner Transport usw. erforderlich sind, die Einfluss auf den Technik-Invest haben.

Lagerarten, Systemorganisation, Bestandsführung, Artikeldurchlauf, Auftragsdurchlauf, Interner Transport, Warenrücknahme (0.6.1 – 0.6.8)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: In dieser Gruppe befinden sich all die Anlagenbereiche, die im intralogistischen System einer DV-gestützten Organisation unterliegen, die Einfluss auf den Technik-Invest haben.
 Lagerarten:
 Blocklager, Fachbodenlager, Durchlauflager, AKL, HRL, Zolllager usw.
 Systemorganisation:
 Host-Kommunikation, Leitstand, Mehrmandantenfähigkeit, Prozessleitsystem, mobile Datenerfassung usw.
 Bestandsführung:
 Bestandsüberwachung, Inventur
 Artikeldurchlauf:
 Palettierung im WE, Einlagerung; Nachschub für Kommissionierung, Bereitstellung im WA, usw.
 Auftragsorganisation:
 Auftragsdisposition, Warenannahme, Art der Kommissionierung, Konsolidierung, Verpackung, Versand, usw.
 Auftragsdurchlauf:
 Auftragsdisposition, Warenavice, Warenannahme, Wareneingang, Crossdocking, Bereitstellung für WE, Nachschub für Kommissionierung, Kommissionierung Mann-zur-Ware, Kommissionierung Ware-zum-Mann, einstufige Kommissionierung, mehrstufige Kommissionierung, Pick-to-Belt, AKL, HRL, Fachboden, Durchlauflager, Konsolidierung, Qualitätssicherung in Kommissionierung, Verpackung, Qualitätssicherung im Versand, Versandbereitstellung, Versand usw.
 Interner Transport:
 Staplerleitsystem
 Warenrücknahme:
 Retouren
- Einflussgröße: Vorgaben durch Marktpreis, Preissteigerungsrate
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Leistung, Aggregate (0.7)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: In diesem Bereich werden die Aggregate-Leistungen der Regalbediengeräte und weiterer Hilfsausstattungen angegeben, die Einfluss auf den Energiebedarf in Abhängigkeit von der Auftragslast haben.
 Im Energiebedarfsbereich der von der Anzahl der Picks pro Tag abhängigen Energieaufnahme ist für EHB-Doppelspiel-Fahrten je Gondel, AKL-Doppelspiele je Gerät, AKL; doppelttief-Doppelspiele je Gerät, AKL; gangwechselnd, DS je Gerät, HRL-Doppelspiele je Gerät, HRL; doppelttief-Doppelspiele je Gerät, und HRL; gangwechselnd, DS je Gerät die Geräteleistung angegeben.

Im Energiebedarfsbereich der von der Anzahl der Versandeinheiten pro Tag abhängigen Energieaufnahme ist für Etikettierer, Umreifer, Waagen, Wickler, Kartonaufrichter, Palettierer, Depalettierer und Sonstiges je Gerät die Geräteleistung angegeben.

- Einflussgröße: Geräteleistung in Doppelspiele pro Stunde
- Wirkungsgröße: Energieaufnahme

Verfügbarkeiten, Aggregate (0.8)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: Hier erfolgt die Eingabe der standardmäßig angegebenen Verfügbarkeiten der jeweiligen Einzelaggregate für Stetig-Fördermittel, Unstetig-Fördermittel, Handlings-Hilfsausstattung, LVS, LVS redundant, MFR, MFR redundant und sonstige DV/IT-Komponenten, aus denen ein Intralogistiksystem zusammengesetzt ist. Basis für diese Werte ist das anteilig in den Technikbetriebskosten enthaltene Standardersatzteilpaket.
- Einflussgröße: Vorgaben durch Technik
- Wirkungsgröße: Technische und betriebliche Verfügbarkeit des Gesamtsystems

Investbezogene Kosten (0.9)

In dieser Gruppe befinden sich alle Basisparameter, die sich als Betriebskostenfaktor prozentual auf den Gebäude- und Technik-Invest beziehen, die Aufschluss über die jährlichen Betriebskosten geben.

Betriebskostenfaktor (0.9.1)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: In diesem Bereich befinden sich die Faktoren, die Einfluss auf die jährlichen Betriebskosten für Gebäude inkl. Gebäudeversicherung und -verwaltung, Technik, Ersatzteile, Technische Gebäudeausstattung, Miete/ Leasing und Müll/ Wertstoffentsorgung usw. pro Jahr haben.
Zusätzlich wird die installierte Wirkleistung für TGA²⁰ angegeben.
- Einflussgröße: Vorgaben durch Marktindex
- Wirkungsgröße: Betriebskosten Technik, teilweise Energieaufnahme und CO₂-Emission

Finanzierung (0.9.2)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: In diesem Bereich befinden sich die Faktoren Zins für Invest und Zins für Bestand, die Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems nehmen.
- Einflussgröße: Vorgaben durch Marktindex
- Wirkungsgröße: Amortisationsdauer, Kapitalkosten pro Jahr, Kapitalbindungskosten pro Jahr

²⁰ TGA: Technische Gebäudeausstattung

Abschreibung (0.9.3)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: In dieser Gruppe befinden sich die Abschreibungsfaktoren für Gebäude und Technik, die Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems nehmen. Die Abschreibung für Gebäude sind vom Baujahr abhängig ²¹ während die Technik über 10 Jahre mit jeweils 10% des Technik-Invests abgeschrieben wird. Das Grundstück wird nicht abgeschrieben, da die Leistung des Intralogistiksystems keine Wertminderung des Grundstücks bewirkt. Mit der Zeitdauer der Benutzung steigt der Grundstückswert entsprechend dem Preisleitindex für Industrieflächen.
- Einflussgröße: Vorgaben durch Marktindex
- Wirkungsgröße: Abschreibung Gebäude, Restwert der Immobilie, Abschreibung Technik, Restwert der Technik

Verlust (0.9.4)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: Prozentuale Angabe des zu erwartenden Verlustes durch Bruch und Schwund, die Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems nehmen.
- Einflussgröße: Vorgaben durch Marktindex
- Wirkungsgröße: Kapitalbindungskosten pro Jahr, Lagerverluste pro Jahr

Gewinn (0.9.5)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: Prozentuale Angabe des zu erwartenden Bruttogewinns, die Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems hat. Vom Bruttogewinn werden als dynamischer Wert die Betriebskosten subtrahiert. Der sich daraus ergebende Wert wird in der weiteren Berechnung als Gewinn eingebracht.
- Einflussgröße: Vorgaben durch Marktindex
- Wirkungsgröße: Amortisationsdauer, ROI

Personalbezogene Kosten (0.10)

In dieser Gruppe befinden sich alle Basisparameter, die für die Erfassung der Personalkosten pro Jahr erforderlich sind.

Personalbezogene Kosten (0.10.1 – 0.10.4)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: In diesem Bereich befinden sich die personalbezogenen Kosten, die Einfluss auf die jährlichen Kosten pro Jahr für operatives, organisatorisches und strategisches Personal haben, die zusätzlich dem Personalkostenfaktor für

²¹ § 7 Abs. 4 EStG, Fassung vor 2001: Gebäude die zum Betriebsvermögen gehören und keinen Wohnzwecken (Bauantrag nach dem 31.3.1985) dienen, können linear mit 4 Prozent abgeschrieben werden. Erfolgte die Anschaffung bzw. Herstellung nach dem 31.12.2000, beträgt der Abschreibungssatz 3 Prozent. Liegen die vorgenannten Voraussetzungen nicht vor, beträgt die Abschreibung für Gebäude mit Bauantrag vor dem 31.12.1924 2,5 Prozent und für Gebäude mit Bauantrag nach dem 31.12.1924 2 Prozent.

Überstunden, Urlaub und Krankheit usw. unterliegen. Es wird von 250 Normalarbeitstagen pro Jahr ausgegangen.

- Einflussgröße: Vorgaben durch Marktindex
- Wirkungsgröße: Personalkosten

Personalbezogene Leistung (0.11)

In dieser Gruppe befinden sich alle Basisparameter, die für die Ermittlung der Bereich bezogenen Anzahl der Mitarbeiter erforderlich sind.

Personalbezogene Leistung (0.11.1 – 0.11.6)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: In diesem Bereich befinden sich die personalbezogenen Leistungsfaktoren, die Einfluss auf die Anzahl der Mitarbeiter für die Bereiche Wareneingang, Kommissionierung, Versand, Verpackung, interne Transporte haben und die zusätzlich dem Ergonomie-Faktor unterliegen.
Zusätzlich ist hier das durchschnittliche Palettenvolumen angegeben, das Einfluss auf die Anzahl der Mitarbeiter für innerbetriebliche Transporte und die lastabhängige Energieaufnahmeberechnung hat.
- Einflussgröße: Vorgaben durch Marktindex, Vorgabe durch genutzte Palettenbeladung
- Wirkungsgröße: Anzahl Mitarbeiter, Personalkosten, lastabhängige Energieaufnahme

Energiebezogene Werte (0.12)

In dieser Gruppe befinden sich die Basisparameter, die für die Erfassung der Energie bezogenen Kosten erforderlich sind.

Energiebezogene Werte (0.12.1 – 0.12.6)

- Definition: Basisparameter
- Erläuterung: Elektrischer Wirkungsgrad:
Bei der Umsetzung zugeführter Energie in Wirkleistung.
Gleichzeitigkeitsfaktor:
Aussage über die gleichzeitige Nutzung der eingesetzten Aggregate.
Überdimensionierungsfaktor:
gibt die Differenz an zwischen benötigter installierter Leistung und bauartbedingt standardmäßig installierter Leistung.
CO₂-Ausstoß je erzeugter kWh:
CO₂-Emission als Mittelwert je erzeugter kWh in Zentraleuropa [Bun09]
Energiekosten je 1kWh:
Kosten je kWh, die durch den örtlichen Energieversorger bereit gestellt wird.
Energiegewinnung je m² Photovoltaik:
Gewinnung elektrischer Energie durch Photovoltaik. Mittelwert für mitteleuropäische durchschnittliche Sonnenstunden und Energieeffizienz der Photovoltaik-Elemente.
- Einflussgröße: Vorgaben durch technische Entwicklung
- Wirkungsgröße: Auftragskosten, Gebäudeinvest, Betriebskosten

13.2. Auf Immobilien bezogene Kenngrößen (1)

Um die Investitionskosten für das gesamte Intralogistiksystem zu erfassen, sind auch die Gebäudekosten sowie die Brandschutzmaßnahmen einzubeziehen. Für diesen gebäudebezogenen Bereich werden die nachfolgenden Kenngrößen bzw. Kennwerte zur Bewertung und Erfassung des Gebäude-Invests einbezogen.

Invest Immobilie (1.0)

- Definition: Ausgabevariable
 $\sum \text{Investitionen für Grundsück und Immobilie}$
- Erläuterung: Summe aller Investitionen für Erstellung der Lagergebäude, Büro- und Sozialräume, Parkplätze und sonstiger Freiflächen inkl. Grundstück.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter für Gebäude und Grundstückskosten
- Wirkungsgröße: Invest Immobilie

Baujahr/ Inbetriebnahme (1.1)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Das Baujahr beeinflusst den Prozentsatz für die Abschreibung lt. Basisparameter. Je nach Baujahr werden unterschiedliche Prozentsätze für die jährliche Abschreibung angesetzt.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Gebäude-Invest, Abschreibungsdauer Gebäude

Grundstück Gesamtfläche (1.2)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Gesamtfläche des Intralogistikstandortes inkl. Grün- und Ausgleichsflächen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Grundstücks-Invest

Gebäude (1.3)

In dieser Gruppe befinden sich die Ein- und Ausgabeparameter für Gebäude bezogenen Kennzahlen.

Design-Faktor (1.3.1)

- Definition: Eingabevariable, Drehfeld
- Erläuterung: Dieser Faktor (1,0 - 1,2), der über ein Drehfeld²² beeinflussbar ist, dient dazu, evtl. besonders hochwertig ausgeführte Gebäudemerkmale und damit in Zusammenhang stehenden Zusatzkosten zu erfassen, Standard => "1,0", die Schrittweite des Drehfeldes beträgt 1 % und ist mit max. 20 % begrenzt.
- Typ: strategisch

²² Ein Drehfeld vereinfacht das Erhöhen oder Verringern von Werten für z.B. aufeinanderfolgenden Zahlen.

- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Gebäude-Invest

Installierte Leistung TGA (1.3.1.1)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Als Vorgabe durch die Basiswerte wird die für diesen Bereich technisch installierte Leistung ausgegeben.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Installierte Leistung, CO₂ Emission, Betriebskosten

Gebäudeflächen (1.3.2)

Lager, 6-8 m hoch, 15-18 m hoch, 30-35 m hoch (1.3.2.1 – 1.3.2.3)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Gesamtfläche des Lagerbereiches mit 6-8 m, 15-18 m, 30-35 m Höhe. Die Kosten für die Erstellung dieses Lagerbereiches beinhalten auch die anteiligen Kosten für die TGA (Technische GebäudeAusstattung).
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Löschwasserspeicher, Löschwasser-Wanne , Sprinklervolumen, Brandschutz, Gebäude-Invest
Bei Silobauweise wird der entsprechende Gebäudeanteil reduziert und dem Technik-Invest zugerechnet.

Fläche Bühne (1.3.2.4)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Gesamtfläche aller im Lagerbereich befindlichen Bühnen für Fördertechnik, Kommissionierflächen, Bereitstellung Verpackung usw.. Die Kosten für die Erstellung dieser Bühnen beinhalten auch die anteiligen Kosten für den erforderlichen Stahlbau und Schutzmaßnahmen wie Absperrungen, Gitterroste usw.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Löschwasserspeicher, Brandschutz-Invest, Gebäude-Invest

Fläche Außenlager (1.3.2.5)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Gesamtfläche aller am Lagerstandort befindlichen befestigten Lageraußenflächen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Löschwasserspeicher, Brandschutz, Gebäude-Invest

Fläche Büro (1.3.2.6)

- Definition: Eingabevariable

- Erläuterung: Gesamtfläche aller am Lagerstandort befindlichen Büroflächen inkl. Standard-Büroausstattung.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Gebäude-Invest

Fläche Sozialräume (1.3.2.7)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Gesamtfläche aller am Lagerstandort befindlichen Sozialflächen wie Pausenräume, Küchen und Toiletten.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Gebäude-Invest

Sonstiges (1.3.3)

z.B. Fläche Parkplätze (1.3.3.1)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Gesamtfläche aller am Lagerstandort befindlichen sonstigen Flächen wie Parkplätze, Pfortnerbereiche, Zufahrten, Rangierflächen usw..
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Gebäude-Invest

Anzahl der LKW-Ladetore (1.3.3.2)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Anzahl aller am Lagergebäude installierten Ladetore.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Gebäude-Invest

Invest Photovoltaik (1.3.4)

Photovoltaik (1.3.4)

- Definition: Auswahlfeld: ja/ nein, Drehfeld für installierte Fläche
 $\sum \text{Photovoltaikfläche} * \text{Kosten}/m^2$
- Erläuterung: Bei „ja“ werden die Kosten für die Photovoltaik-Anlage mit der eingestellten Fläche einbezogen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Lagergebäudefläche, Basisparameter
- Wirkungsgröße: Gebäude-Invest, Energierückspeisung pro Jahr, CO₂-Emission

Photovoltaikfläche (1.3.4.2)

- Definition: Eingabevariable, Drehfeld
- Erläuterung: Über ein Drehfeld ist die installierte Fläche der Photovoltaikanlage einstellbar, die Schrittweite des Drehfeldes beträgt 100 m².

- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Gebäude-Invest, Energierückspeisung pro Jahr, CO₂-Emission, Betriebskosten

Invest Brandschutz (1.3.5)

Sprinklerung (1.3.5.1)

- Definition: Auswahlfeld: ja/ nein
 $\sum \text{Lagervolumen} * \text{Kosten}/m^3$
- Erläuterung: Bei „ja“ werden die Kosten für die Sprinklerung mit einbezogen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Brandschutz-Invest, Gebäude-Invest

Sprinkler-Pumpstation (1.3.5.2)

- Definition: Auswahlfeld: ja/ nein
 $\frac{\sum \text{Lagervolumen}}{100.000m^3} * \text{Kosten}/\text{Pumpstation}$
- Erläuterung: Je 100.000m³ Lagervolumen ist eine Sprinkler-Pumpstation erforderlich. Bei „ja“ werden die Kosten für die Sprinkler-Pumpstationen mit einbezogen. Zusätzlich wird bei „ja“ die installierte Leistung zur Bestimmung bei der Gesamtleistungsberechnung berücksichtigt.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Brandschutz-Invest, Gebäude-Invest, installierte Leistung

Löschwasser-Speicher (1.3.5.3)

- Definition: Auswahlfeld: ja/ nein
- Erläuterung: Löschwassermenge nach Vorgabe des Brandschutzes. 400m³ als Vorrat, bis die jeweilige Kommune das Löschwasser über Wassernetz bereitstellen kann. Bei „ja“ werden die Kosten für den Löschwasser-Speicher mit einbezogen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Brandschutz-Invest, Gebäude-Invest

Löschwasser-Wanne (1.3.5.4)

- Definition: Auswahlfeld: ja/ nein
 $\sum \text{Lagerflächen}$
- Erläuterung: Die gesamte Lagergebäude-Grundfläche wird als Löschwasser-Wanne ausgebildet. Bei „ja“ werden die Kosten für die Löschwasser-Wanne mit einbezogen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Brandschutz-Invest, Gebäude-Invest

Installierte Leistung Pumpstation (1.3.5.5)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Als Vorgabe durch die Basiswerte wird die für diesen Bereich technisch installierte Leistung ausgegeben.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Installierte Leistung, CO₂ Emission, Betriebskosten

13.3. Auf Lagerarten bezogene Kenngrößen (2)

Für die in Intralogistiksystemen vorhandenen unterschiedlichen Lagerarten und -ausführungsformen, die softwaretechnisch organisiert und verwaltet werden, ergibt sich für die Erstellung der erforderlichen Software ein Investitionsaufwand, der in dem hier aufgeführten Bereich der Lagerarten erfasst wird. Die diesbezüglich ermittelten Investkosten werden dem Technik-Invest zugerechnet. Die Auswahl der einzelnen Lagerarten erfolgt über entsprechende Auswahlfelder (ja/nein), mit deren Hilfe die Auswahl getroffen wird.

Invest Lagerarten (DV/IT) (2.0)

- Definition: Ausgabevariable
 $\sum DV - \text{organisierter Lagerarten}$
- Erläuterung: Summe aller Investitionen für DV-organisierte Lagerarten wie Blocklager, Breitganglager Palette, Schmalganglager Palette, Fachbodenlager Karton, Durchlauf lager Karton, Durchlauf lager Palette, AKL²³, HRL²⁴, Karusselllager, Verschiebelager, Freilager, Kragarmlager, Paternosterlager, Gefahrgutlager und Zolllager.
- Typ: Strategisch
- Einflussgröße: Investkosten für DV-organisierte Lagerarten wie Blocklager, Breitganglager Palette, Schmalganglager Palette, Fachbodenlager Karton, Durchlauf lager Karton, Durchlauf lager Palette, AKL, HRL, Karusselllager, Verschiebelager, Freilager, Kragarmlager, Paternosterlager, Gefahrgutlager und Zolllager und Sonstiges.
- Wirkungsgröße Invest Technik

Lagerarten (2.1 – 2.16)

- Definition: Auswahlfeld: ja/nein
- Erläuterung: Die Auswahl kann für die unterschiedlichen Lagerarten wie Blocklager, Breitgang, Schmalgang, Fachboden, Durchlauf lager, AKL, HRL, Karussell, Verschiebe, Freilager, Gefahrgutlager und Sonstiges erfolgen.
Bei „ja“ werden die Kosten für die unterschiedlichen Lagerarten mit einbezogen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter

²³ AKL: Automatisches Kleinteilelager

²⁴ HRL: Hochregallager

- Wirkungsgröße: Technik-Invest

13.4. Auf Lagerfunktionen bezogene Kenngrößen (3)

Softwareunterstützte Lagerfunktionen wie Systemorganisation, Administration, Bestandsführung usw., ohne die ein heutiges Intralogistiksystem nicht denkbar wäre, bilden ebenfalls einen wesentlichen Anteil des Technik-Invests. In diesem Bereich erfolgt die Erfassung der in dem zu bewertenden System vorhandenen DV/IT-unterstützten Organisationsfunktionen über Auswahlfelder (ja/nein, man./autom. bzw. MzW/WzM).

Invest Lagerfunktionen (DV/IT) (3.0)

- Definition: Ausgabevariable
Invest (Systemorganisation + Bestandsführung + Artikeldurchlauf + Auftragsorganisation + Auftragsdurchlauf + Internen Transport)
- Erläuterung: Summe aller Investitionen für DV-organisierte Lagerfunktionen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Investkosten für DV-organisierte Systemorganisation, Bestandsführung, Artikeldurchlauf, Auftragsorganisation, Auftragsdurchlauf und internen Transport (Staplerleitsystem).
- Wirkungsgröße: Invest Technik

Systemorganisation (3.1)

- Definition: Auswahlfeld: ja/ nein
- Erläuterung: Die Auswahl kann für die unterschiedlichen Systemorganisationselemente wie Host-Kommunikation, Leitstand, Mehrmandantenfähigkeit, Prozessleitsystem/ Visualisierung und Mobile Datenerfassung (MDT) erfolgen.
Bei „ja“ werden die Kosten für die unterschiedlichen Funktionen mit einbezogen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Bestandsführung (3.2)

- Definition: Auswahlfeld: ja/ nein oder man./ autom.
- Erläuterung: Die Auswahl kann für die unterschiedlichen Bestandsüberwachungsmethoden wie Permanente Inventur, Stichtaginventur, Stichprobeninventur und Nulldurchgangsinventur erfolgen.
Bei „ja“ bzw. „man./ autom.“ werden die Kosten für die unterschiedlichen Funktionen mit einbezogen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Artikeldurchlauf (3.3)

- Definition: Auswahlfeld: man./ autom.
- Erläuterung: Die Auswahl kann für die unterschiedlichen Funktionselemente des Artikeldurchlaufes wie Warenavis, Warenannahme, Bereitstellung für WE, Wareneingang, Palettierung im Wareneingang, Depalettierung im Wareneingang, Sortierung im Wareneingang, Qualitätssicherung im Wareneingang, Einlagerung, Nachschub für Kommissionierung, Sortierung in Kommissionierung, Sortierung in Konsolidierung, Palettierung im Warenausgang, Depalettierung im Warenausgang, Sortierung im Warenausgang, Bereitstellung im Warenausgang und Sonstiges als freies Auswahlfeld erfolgen.
Bei „man./ autom.“ werden die Kosten für die unterschiedlichen Funktionen mit einbezogen.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Auftragsorganisation (3.3)

- Definition: Auswahlfeld: man./ autom.
- Erläuterung: Die Auswahl kann für die unterschiedlichen Organisationsbereiche wie Auftragseinlastung, Auftragssteuerung, Wareneingangssteuerung, Warenausgangssteuerung sowie für Sonstiges als nicht näher definierte Auftragsorganisationselemente vorgenommen werden.
Bei „man./ autom.“ werden die Kosten für die unterschiedlichen Funktionen mit einbezogen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Auftragsdurchlauf (3.5)

- Definition: Auswahlfeld: ja/ nein, man./ autom., MzW/ WzM oder ein./mehr.
- Erläuterung: Die Auswahl kann für die unterschiedlichen Funktionselemente des Auftragsdurchlaufes wie Auftragsdisposition, Crossdocking, Nachschub für Kommissionierung, Art der Kommissionierung mit Mann-zur-Ware oder Ware-zum-Mann, einstufige oder mehrstufige Kommissionierung, Pick-to-Belt, AKL, HRL, Fachboden, Durchlauflager, Konsolidierung, Qualitätssicherung in der Kommissionierung, Verpackung, Qualitätssicherung im Versand, Versandbereitstellung, Versand, Klärplatz erfolgen.
Bei „ja“ bzw. „man./ autom.“ Und „ein./mehr.“ werden die Kosten für die unterschiedlichen Funktionen mit einbezogen.
Bei Auswahl von „MzW“ wird der halbe Kostenansatz gegenüber „WzM“ aufgrund des geringeren Technikeinsatzes angesetzt.
- Typ: operativ und strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest.

Interner Transport (3.6)

- Definition: Auswahlfeld: ja/ nein
- Erläuterung: Die Auswahl kann für die Funktion für den internen Transport mittels Staplerleitsystem erfolgen.
Bei „ja“ werden die Kosten für die diese Funktion mit einbezogen.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Warenrücknahme (3.7)

- Definition: Auswahlfeld: ja/ nein
- Erläuterung: Die Auswahl kann für die Funktion Retouren erfolgen.
Bei „ja“ werden die Kosten für diese Funktion mit einbezogen.
- Typ: operativ, strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

13.5. Auf Lagertransportstrecken bezogene Kenngrößen (4)

Lagertransportstrecken, die für den innerbetrieblichen Transport der Waren benötigt werden, können sowohl manuell, also per Unstetigförderer wie Handhubwagen, Elektrohubwagen, Gabelstapler usw., oder aber durch Stetigförderer, wie Fördertechnik, Elektrohängebahn usw., transportiert werden. In diesem Bereich der Kennwerte erfolgt die Auswahl danach, ob eine jeweilige Transportstrecke existiert (Kontrollkästchen (vorh.)) und wenn ja in welcher Ausprägung, d.h. manuell oder automatisiert (Auswahlfelder (man./ autom.)), sie vorhanden ist. Die unterschiedlichen Transportstrecken sind aufgrund ihrer Diversität nicht näher beschrieben und stehen in der Eingabeparametermaske als neutrale Auswahlfelder zur Verfügung.

Lagertransportstrecken, automatisiert (4.0)

- Definition: Ausgabevariable
$$\frac{\sum \% \text{Sätze der einzelnen Transportbereiche}}{\sum \text{Transportbereiche}}$$
- Erläuterung: Anteil der autom. Fördertechnik-Strecken im Verhältnis zu Anzahl der gesamten Förderstrecken.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Systemaufbau
- Wirkungsgröße: Systembewertung, Automatisierungsgrad, Personal für internen Transport

Wareneingang (4.1)

- Definition: Kontrollkästchen: vorh., Auswahlfeld: man./ autom.
- Erläuterung: Bei dieser Einzelgruppe handelt es sich um alle Transporte, die innerhalb des Wareneingangsbereichs bis hin zur Lagerung stattfinden. Die Auswahl erfolgt über die Kontrollkästchen „vorh.“, ob jeweilige Transportstrecken innerhalb der Einzelgruppe vorhanden sind mit anschließender Auswahl, ob diese Strecken manuell oder automatisiert bedient werden.
Nur bei Auswahl „vorh.“ wird die Transportstrecke prozentual in den Anteil der automatisierten Transportstrecken-Einzelgruppe einbezogen.

- Typ: strategisch
- Einflussgröße: keine
- Wirkungsgröße: Transportstrecken-Automatisierungs-Faktor.

Lagerung (4.2)

- Definition: Kontrollkästchen: vorh., Auswahlfeld: man./ autom.
- Erläuterung: Bei dieser Einzelgruppe handelt es sich um alle Transporte, die innerhalb von vorhandenen Lagerbereichen bis zur Kommissionierung stattfinden. Die Auswahl erfolgt über die Kontrollkästchen „vorh.“, ob jeweilige Transportstrecken innerhalb der Einzelgruppe vorhanden sind mit anschließender Auswahl, ob diese Strecken manuell oder automatisiert bedient werden.
Nur bei Auswahl „vorh.“ wird die Transportstrecke prozentual in den Anteil der automatisierten Transportstrecken-Einzelgruppe einbezogen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: keine
- Wirkungsgröße: Transportstrecken-Automatisierungs-Faktor.

Kommissionierung (4.3)

- Definition: Kontrollkästchen: vorh., Auswahlfeld: man./ autom.
- Erläuterung: Bei dieser Einzelgruppe handelt es sich um alle Transporte, die innerhalb der Kommissionierung inkl. Nachschub und Konsolidierung bis hin zum Warenausgang stattfinden. Die Auswahl erfolgt über die Kontrollkästchen „vorh.“, ob jeweilige Transportstrecken innerhalb der Einzelgruppe vorhanden sind mit anschließender Auswahl, ob diese Strecken manuell oder automatisiert bedient werden.
Nur bei Auswahl „vorh.“ wird die Transportstrecke prozentual in den Anteil der automatisierten Transportstrecken-Einzelgruppe einbezogen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: keine
- Wirkungsgröße: Transportstrecken-Automatisierungs-Faktor.

Warenausgang (4.4)

- Definition: Kontrollkästchen: vorh., Auswahlfeld: man./ autom.
- Erläuterung: Bei dieser Einzelgruppe handelt es sich um alle Transporte, die innerhalb von Warenausgangsbereichen inkl. Verpackung und Auftragszusammenführung bis zur Versandbereitstellung stattfinden. Die Auswahl erfolgt über die Kontrollkästchen „vorh.“, ob jeweilige Transportstrecken innerhalb der Einzelgruppe vorhanden sind mit anschließender Auswahl, ob diese Strecken manuell oder automatisiert bedient werden.
Nur bei Auswahl „vorh.“ wird die Transportstrecke prozentual in den Anteil der automatisierten Transportstrecken-Einzelgruppe einbezogen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: keine
- Wirkungsgröße: Transportstrecken-Automatisierungs-Faktor.

13.6. Auf Technik bezogene Kenngrößen (5)

Die technikbezogenen Kenngrößen, die neben den gebäudebezogenen Kenngrößen einen wesentlichen Teil der Investkosten ausmachen, werden in diesem Bereich erfasst. Alle technikrelevanten Kennwerte werden mengenmäßig in den jeweiligen Gruppen erfasst und in den gesamten Technik-Invest einbezogen.

Invest Lagertechnik (5.0)

- Definition: Ausgabevariable
Invest (Lagerplätze + Automatisierungstechnik + Fördertechnik + Feuerschutzabschlüsse + Hilfsausstattung + Ladehilfsmittel + DVu.IT Komponenten + physikalische inst. Arbeitsplätze)
- Erläuterung: Summe aller Investitionen für Lagertechnik.
- Typ: operativ, strategisch
- Einflussgröße: Anzahl der jeweiligen einzelnen Lagertechnik-Komponenten
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Lagerplätze (5.1)

In dieser Gruppe befinden sich die Ein- und Ausgabeparameter für Lagerplatz bezogenen Kennzahlen.

Invest Lagerplätze (5.1)

- Definition: Ausgabevariable
 $\sum \text{Invest je Lagerplatztyp}$
- Erläuterung: Summe aller Investitionen für Lagerplätze wie Blocklager, Palettenlager, Fachbodenlager, Durchlauflager, AKL und HRL in Normal- und Silobauweise, Karusselllager, Verschiebelager usw.
- Typ: operativ, strategisch
- Einflussgröße: Anzahl der jeweiligen einzelnen Lagerplatztypen, Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Lagerplätze (5.1.1 – 5.1.18)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Anzahl aller am Lagerstandort befindlichen Stellplätze wie Blocklager, Palettenlager, Fachbodenlager, Durchlauflager, AKL und HRL in Normal- und Silobauweise, Karusselllager, Verschiebelager usw.
- Typ: operativ für manuell, strategisch für automatisch versorgte Lagerplätze
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Invest Technik, Lagerplatzkosten, Anteil Lagerplätze mit autom. Zugriff, Gesamtlagervolumen, Anzahl Lagerplätze, Ø Artikelbelegung je Lagerplatz

Automatisierungstechnik (5.2)

In dieser Gruppe befinden sich die Ein- und Ausgabeparameter für Bereitschaftsgrad und Verfügbarkeiten bezogenen Kennzahlen.

Invest Fördertechnik, Stetigförderer (5.2.1)

- Definition: Ausgabevariable
 $\sum Invest\ je\ Stetigförderertyp$
- Erläuterung: Summe aller Investitionen für Bandförderer, Palettenförderer, Sorter und Elektrohängebahn.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Anzahl der jeweiligen einzelnen Stetigförderertypen, Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Fördertechnik, Stetigförderer (5.2.1.1 – 5.2.1.4)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Längenangabe aller am Lagerstandort befindlichen Stetigförderer, aufgeteilt in die jeweilige Gruppe für Bandförderer, Palettenförderer, Sorter und Elektrohängebahn.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest, Anzahl Stetig-Fördermittel

Installierte Leistung Fördertechnik, Stetigförderer (5.2.1.5)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: In Abhängigkeit von der Anzahl aller am Lagerstandort befindlichen Stetigförderer, wird die für diesen Bereich technisch installierte Leistung ausgegeben.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Installierte Leistung, CO₂ Emission, Betriebskosten

Invest Fördertechnik, Unstetigförderer (5.2.2)

- Definition: Ausgabevariable
 $\sum Invest\ je\ Unstetigförderertyp$
- Erläuterung: Summe aller Investitionen für Elektrohängebahngondeln, AKL-RBG, AKL-RBG (gangwechselnd), HRL-RBG, HRL-RBG (gangwechselnd), Turmspeicher, Sequenzer, Vertikallift, Verschiebewagen, Standardstapler, Schmalgangstapler, Breitgangstapler, Handhubwagen, Elektrohubwagen, Pickwagen manuell usw.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Anzahl der jeweiligen einzelnen Stetigförderertypen, Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Fördertechnik, Unstetigförderer (5.2.2.1 – 5.2.2.17)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Anzahl aller am Lagerstandort befindlichen Unstetigförderer, aufgeteilt in

die jeweilige Gruppe für Elektrohängebahngondeln, AKL-RBG, AKL-RBG (gangwechselnd), HRL-RBG, HRL-RBG (gangwechselnd), Turmspeicher, Sequenzer, Vertikallift, Verschiebewagen, Standardstapler, Schmalgangstapler, Breitgangstapler, Handhubwagen, Elektrohubwagen, Pickwagen manuell und Sondergeräte als frei verfügbare Komponenten.

- Typ: operativ
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest, Anzahl der Unstetig-Fördermittel, Installierte Leistung

Installierte Leistung Fördertechnik, Unstetigförderer (5.2.2.18)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: In Anhängigkeit von der Anzahl aller am Lagerstandort befindlichen Unstetigfördertechnik, wird die für diesen Bereich technisch installierte Leistung ausgegeben.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Installierte Leistung, CO₂ Emission, Betriebskosten

Zugänglichkeit Service / Wartung (5.2.3.1 – 5.2.3.3)

- Definition: Auswahlfeld: gut/ schlecht
- Erläuterung: Die Auswahl kann für die unterschiedlichen Funktionselemente der Stetigförderer, Unstetigförderer und TGA (Technische Gebäudeausstattung) erfolgen.
Bei -gut- erfolgt kein Aufschlag auf den Zugänglichkeits-Faktor. Bei -schlecht- wird der Zugänglichkeits-Faktor erhöht.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Für den jeweiligen Bereich der Stetigförderer, Unstetigförderer und TGA wird ein Zuschlag von 2% angesetzt.
- Wirkungsgröße: Zugänglichkeits-Faktor, Personaleinsatz für Service u. Wartung.

Zugänglichkeits-Faktor (5.2.3.4)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Der Zugänglichkeits-Faktor gibt an, ob die installierte Technik im Wartungs-/ Service- oder Störfall besser oder schlechter zugänglich ist. Jede Erschwernis beim Zugang zur Technik erhöht den Bedarf an Servicepersonal, um die gewünschte Verfügbarkeit zu realisieren, die sich durch schlechte und damit verzögerte Zugänglichkeit reduziert
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Für den jeweiligen Bereich der Stetigförderer, Unstetigförderer und TGA wird ein Zuschlag von 2% angesetzt.
- Wirkungsgröße: Personaleinsatz für Service u. Wartung, Verfügbarkeit des Techniksystems

Invest Feuerschutzabschlüsse (5.2.4)

- Definition: Ausgabevariable
 $\sum \text{Invest Feuerschlüsse}$
- Erläuterung: Summe aller am Lagerstandort befindlichen Feuerabschlüsse.

- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Anzahl der am Lagerstandort befindlichen Feuerabschlüsse, Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Feuerschutzabschlüsse (5.2.4.1)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Anzahl aller am Lagerstandort befindlichen Feuerabschlüsse
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Installierte Leistung Brandschutz (5.2.4.2)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: In Abhängigkeit von der Anzahl aller am Lagerstandort befindlichen Feuerabschlüsse wird die für diesen Bereich technisch installierte Leistung ausgegeben.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Installierte Leistung, CO₂ Emission, Betriebskosten

Invest Hilfs-Ausstattung (5.2.5)

- Definition: Ausgabevariable
 $\sum \text{Invest Hilfsausstattung}$
- Erläuterung: Summe aller am Lagerstandort befindlichen Hilfsausstattungen wie Etikettierer, Umreifer, Waagen, Wickler, Kartonaufrichter, Palettierer, Depalettierer usw.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Anzahl aller am Lagerstandort befindlichen Hilfsausstattungen, Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Hilfs-Ausstattung (5.2.5.1 – 5.2.5.7)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Anzahl aller am Lagerstandort befindlichen Hilfsausstattungen wie Etikettierer, Umreifer, Waagen, Wickler, Kartonaufrichter, Palettierer, Depalettierer usw.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Installierte Leistung Hilfs-Ausstattung (5.2.5.8)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: In Abhängigkeit von der Anzahl aller am Lagerstandort befindlichen Hilfsgeräte, wird die für diesen Bereich technisch installierte Leistung ausgegeben.

- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Installierte Leistung, CO₂ Emission, Betriebskosten

Invest Ladehilfsmittel (5.2.6)

- Definition: Ausgabevariable
 $\sum \text{Invest Ladehilfsmittel}$
- Erläuterung: Summe aller am Lagerstandort befindlichen Ladehilfsmittel wie Behälter, Trays, Kartons, Paletten usw.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Anzahl aller am Lagerstandort befindlichen Ladehilfsmittel, Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Ladehilfsmittel (5.2.6.1 – 5.2.6.5)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Anzahl aller am Lagerstandort befindlichen Ladehilfsmittel, aufgeteilt in die jeweilige Gruppe für Behälter, Trays, Kartons, Paletten und Sonstiges als frei einsetzbare Einheit.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Ladehilfsmittelqualität (5.2.7.1 – 5.2.7.5)

- Definition: Auswahlfeld: gut/ schlecht
- Erläuterung: Die Auswahl kann für die unterschiedlichen Ladehilfsmittel wie Behälter, Trays, Kartons, Paletten und sonstige LHMs erfolgen.
Bei -gut- erfolgt kein Aufschlag auf den Ladehilfsmittelqualitäts-Faktor. Bei -schlecht- wird der Ladehilfsmittelqualitäts-Faktor erhöht und wirkt sich negativ auf die Wirkungsgrößen aus.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Für den jeweiligen Bereich der Behälter, Trays, Kartons und Paletten wird ein Zuschlag von 1% angesetzt.
- Wirkungsgröße: Ladehilfsmittelqualitäts-Faktor, Technik Invest, Personaleinsatz für Wareneingang, Kommissionierung, Verpackung, Versandbereitstellung und internen Transport

Ladehilfsmittelqualitäts-Faktor (5.2.7.6)

- Definition: Auswahlfeld: gut/ schlecht
- Erläuterung: Jede Qualitätsminderung erhöht den Aufwand bei Personal und Technik. Der Ladehilfsmittelqualitäts-Faktor beeinflusst die Leistung der mit dem Produkthandling befassten Werker im Bereich Kommissionierung, Verpackung, Versand, den internen Transport und den erhöhten Technikeinsatz, z.B. für Fördertechnik, Konturenkontrollen, Palettenkontrollen, Umpacken, usw.
Bei „gut“ erfolgt kein Aufschlag auf den Faktor.

- Bei „schlecht“ wird der Faktor erhöht.
- Typ: operativ
 - Einflussgröße: Für die jeweilige Gruppe der Ladehilfsmittel wird ein Zuschlag von 1% angesetzt.
 - Wirkungsgröße: Personaleinsatz für Kommissionierung, Verpackung und Versand, den internen Transport, Technik-Invest

DV/IT Komponenten (5.3)

In dieser Gruppe befinden sich die Ein- und Ausgabeparameter für DV/IT Komponenten bezogenen Kennzahlen.

Invest DV/IT Komponenten (5.3)

- Definition: Ausgabevariable
 $\sum Invest\ DV\ IT\ Komponenten$
- Erläuterung: Summe aller am Lagerstandort befindlichen DV/IT-Komponenten wie Server, Drucker, PC-Arbeitsplätze, mobile Datenerfassung, Netzwerk usw.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Anzahl aller am Lagerstandort befindlichen DV/IT-Komponenten, Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Zentrale Komponenten (5.3.1.1 – 5.3.1.4)

- Definition: Eingabevariable und Auswahlfeld : ja / nein
- Erläuterung: Eingabe der Anzahl der am Prozess beteiligten LVS-Server und Materialfluss-Rechner mit der Auswahlmöglichkeit, ob es sich um ein redundantes oder nicht redundantes System handelt. Bei Redundanz, bedingt durch die Reduzierung der Ausfallzeiten durch Einsatz fehlertolerierender Systeme, erhöht sich die Verfügbarkeit aufgrund der Normalverteilung für diese Komponenten von 96,0% auf 99,5%.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest, Technische Verfügbarkeit

Dezentrale Komponenten (5.3.2.1 – 5.3.2.7)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Eingabe der Anzahl der am Prozess beteiligten dezentralen Peripherie wie Sonderdrucker, Printserver, Funkserver, PC-Arbeitsplätze, Mobile Datenerfassung, Netzwerk sowie Sonstiges für nicht näher spezifizierte DV/ IT Geräte.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest, Technische Verfügbarkeit

Installierte Leistung DV/ IT Komponenten (5.3.2.8)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: In Abhängigkeit von der Anzahl aller am Lagerstandort befindlichen DV/IT

- Komponenten, wird die für diesen Bereich technisch installierte Leistung ausgegeben.
- Typ: strategisch
 - Einflussgröße: Basisparameter
 - Wirkungsgröße: Installierte Leistung, CO₂ Emission, Betriebskosten

Arbeitsplätze, physisch installiert (5.4)

In dieser Gruppe befinden sich die Ein- und Ausgabeparameter für physikalisch installierte Arbeitsplatz bezogene Kennzahlen.

Invest Arbeitsplätze, physisch installiert (5.4)

- Definition: Ausgabevariable
 $\sum Invest\ Arbeitsplätze$
- Erläuterung: Summe aller am Lagerstandort befindlichen Arbeitsplätze wie Leitstand, Auftragsdisposition, Prozessleitsystem, Visualisierung, Warenavis, Warenannahme, Wareneingang, Kommissionierung, Konsolidierung, Verpackung, Versandbereitstellung, Versand, Klärplätze, Qualitätssicherung für Wareneingang, Kommissionierung usw.
- Typ: operativ, strategisch
- Einflussgröße: Anzahl aller am Lagerstandort installierten Arbeitsplätze, Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Anzahl Arbeitsplätze, physisch installiert (5.4.1 – 5.4.17)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Eingabe der Anzahl der im gesamten Intralogistiksystem installierten Arbeitsplätze in den Bereichen Leitstand, Auftragsdisposition, Prozessleitsystem / Visualisierung, Warenavis, Warenannahme, Wareneingang, Kommissionierung, Konsolidierung, Verpackung, Versandbereitstellung, Versand, Klärplätze, Qualitätssicherung für Wareneingang, Kommissionierung und Versand sowie Sonstiges für weitere nicht näher benannte Arbeitsplatztypen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Installierte Leistung Arbeitsplätze (5.4.18)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: In Abhängigkeit von der Anzahl aller am Lagerstandort eingerichteten Arbeitsplätze (ohne Büro-Arbeitsplätze, die in der Technischen Gebäudeausstattung erfasst sind) wird die für diesen Bereich technisch installierte Leistung ausgegeben.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Installierte Leistung, CO₂ Emission, Betriebskosten

Bereitschaftsgrad der Anlage (5.5)

In dieser Gruppe befinden sich die Ausgabeparameter für Bereitschaftsgrad und Verfügbarkeiten bezogenen Kennzahlen.

Bereitschaftsgrad der Anlage (5.5)

- Definition: Ausgabevariable
$$\frac{\text{Verfügbarkeit, technisch} * \text{Verfügbarkeit, betrieblich}}{100}$$
- Erläuterung: Erfassung des Bereitschaftsgrades der Anlage, die von der technischen und betrieblichen Verfügbarkeit abhängt.
- Typ: operativ, strategisch
- Einflussgröße: Technische Verfügbarkeit, betriebliche Verfügbarkeit
- Wirkungsgröße: Technik-Invest

Verfügbarkeit: LVS (5.5.1.1)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Für den Bereich LVS wird in Anhängigkeit von der einzelnen Aggregateverfügbarkeit von redundanter bzw. nicht redundanter Ausführung eine Komponentenverfügbarkeit definiert.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Verfügbarkeit des Gesamtsystems, Technik-Invest

Verfügbarkeit: MFR (5.5.1.2)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Für den Bereich MFR wird in Anhängigkeit von der einzelnen Aggregateverfügbarkeit von redundanter bzw. nicht redundanter Ausführung eine Komponentenverfügbarkeit definiert.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter
- Wirkungsgröße: Verfügbarkeit (technisch) des Gesamtsystems, Technik-Invest

Verfügbarkeit: DV/ IT-Komponenten (5.5.1.3)

- Definition: Ausgabevariable
 $(\text{Verfügbarkeit DV Komp.})^n$
- Erläuterung: Die Verfügbarkeit für diesen Bereich wird durch n-maliges (n = Summe der Einzelkomponenten) multiplizieren der Einzelverfügbarkeiten ermittelt.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Basisparameter, Anzahl der DV-Komponenten
- Wirkungsgröße: Verfügbarkeit (technisch) des Gesamtsystems, Technik-Invest

Verfügbarkeit: Stetig-Förderer (5.5.2.1)

- Definition: Ausgabevariable
 $(\text{Verfügbarkeit Stetigförderer/Zugänglichkeits_Faktor})^n$
- Erläuterung: Die Verfügbarkeit für diesen Bereich wird durch n-maliges (n = Summe

- Typ: operativ
- Einflussgröße: Basisparameter, Anzahl der Stetigförderer, Zugänglichkeits-Faktor
- Wirkungsgröße: Verfügbarkeit (technisch) des Gesamtsystems

Verfügbarkeit: Unstetig-Förderer (5.5.2.2)

- Definition: Ausgabevariable
 $(\text{Verfügbarkeit Unstetigförderer} / \text{Zugänglichkeits_Faktor})^n$
- Erläuterung: Die Verfügbarkeit für diesen Bereich wird durch n-maliges ($n =$ Summe der Einzelkomponenten) multiplizieren der Einzelverfügbarkeiten unter Berücksichtigung des Zugänglichkeits-Faktors ermittelt.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Basisparameter, Anzahl der Unstetigförderer, Zugänglichkeits-Faktor
- Wirkungsgröße: Verfügbarkeit (technisch) des Gesamtsystems

Verfügbarkeit: Handlings-Hilfsausstattung (5.5.2.3)

- Definition: Ausgabevariable
 $(\text{Verfügbarkeit Hilfsausstattung} / \text{Zugänglichkeits_Faktor})^n$
- Erläuterung: Die Verfügbarkeit für diesen Bereich wird neben dem n-maligen ($n =$ Die Verfügbarkeit für diesen Bereich wird durch n-maliges ($n =$ Summe der Einzelkomponenten) multiplizieren der Einzelverfügbarkeiten unter Berücksichtigung des Zugänglichkeits-Faktors ermittelt.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Basisparameter, Summe der Unstetigförderer
- Wirkungsgröße: Verfügbarkeit (technisch) des Gesamtsystems, Zugänglichkeits-Faktor

Verfügbarkeit: Techniksystem ohne LVS/ MFR (5.5.2.4)

- Definition: Ausgabevariable
 $\frac{\sum \text{Verfügbarkeit Technikausstattungen}}{\text{Anzahl der Verfügbarkeitswerte}}$
- Erläuterung: Die Verfügbarkeit für diesen Bereich wird durch das Bilden des arithmetischen Mittelwertes von den Verfügbarkeiten für DV/IT-Komponenten, Stetigförderer, Unstetigförderer und Handlings-Hilfsausstattung gebildet.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Basisparameter, Summe der Unstetigförderer
- Wirkungsgröße: Verfügbarkeit des Gesamtsystems

Verfügbarkeit: Gesamtsystem, technisch (5.5.2.5)

- Definition: Ausgabevariable
 $\text{Verfügbarkeit Technik} * \text{Verfügbarkeit LVS} * \text{Verfügbarkeit MFR}$
- Erläuterung: Die technische Verfügbarkeit ergibt sich aus der Multiplikation der einzelnen gewichteten Verfügbarkeiten der Stetigförderer, Unstetigförderer, Handlings-Geräten, DV/IT-Komponenten inkl. MFR und LVS.

- Typ: operativ
- Einflussgröße: Basisparameter, Summe der Unstetigförderer
- Wirkungsgröße: Verfügbarkeit (technisch) des Gesamtsystems

Verfügbarkeit: Gesamtsystem, betrieblich (5.5.2.6)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum \text{Verfügbarkeit Gesamtsystem, technisch}}{(\text{Zugänglichkeits_Faktor} + \text{Streckenautom._Faktor})}$$
- Erläuterung: Die betriebliche Verfügbarkeit stellt die Verfügbarkeit des Gesamtsystems unter dem betrieblichen Aspekt dar. Zu den betrieblichen Faktoren, die das gesamtheitlich zur Verfügung stehende System negativ beeinflussen können, zählen die Zugänglichkeit der Technik zur Beseitigung von Störungen und Fehlbedienungen der Technik, die mit zunehmendem Transporttechnikanteil ansteigen.
 Die betriebliche Verfügbarkeit ergibt sich aus der technischen Verfügbarkeit in Abhängigkeit vom "Zugänglichkeits-Faktor" und "Lagertransportstreckenautomatisierungs-Faktor".
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Basisparameter, Summe der Unstetigförderer
- Wirkungsgröße: Verfügbarkeit (betrieblich) des Gesamtsystems

Automatisierte Handlings (5.6)

In dieser Gruppe befinden sich die Ausparameter für automatisierte Handlings bezogenen Kennzahlen.

Anteil der autom. Arbeitsschritte (5.6.1)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum \text{autom. Arbeitsschritte}}{\sum \text{aller Arbeitsschritte}} * 100\%$$
- Erläuterung: Angabe erfolgt in % der insgesamt am Auftrag beteiligten Arbeitsschritte, die automatisiert erfolgen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Systemaufbau
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Anteil autom. Informationsverarbeitungsschritte (5.6.2)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum \text{autom. Informationsverarbeitungsschritte}}{\sum \text{aller Informationsverarbeitungsschritte}} * 100\%$$
- Erläuterung: Anteil der autom. Informationsverarbeitungsschritte im Verhältnis zu den gesamten Informationsverarbeitungsschritten.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Systemaufbau
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Anteil autom. Fördertechnik-Strecken (5.6.3)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum\% - \text{Sätze der einzelnen Transportbereiche}}{\sum\text{Transportbereiche}}$$

- Erläuterung: Anteil der autom. Fördertechnik-Strecken im Verhältnis zu Anzahl der gesamten Förderstrecken.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Systemaufbau
- Wirkungsgröße: Systembewertung, Automatisierungsgrad, Personal für internen Transport

13.7. Auf Artikel bezogene Kenngrößen (6)

Im Sachgebiet der Artikel bezogenen Kennzahlen werden die für die Bewertung erforderlichen Werte für Bestandsgrößen, Bewegungsgrößen, Artikelverteilung usw. erfasst, um für den Bereich der Wirtschaftlichkeit und Qualität des Intralogistiksystems aussagefähig zu sein.

Bestandsgrößen (6.1)

In dieser Gruppe befinden sich die Ein- und Ausgabeparameter für Bestand und Artikel bezogenen Kennzahlen.

Anzahl Lieferanten (6.1.1)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Eingabe der Anzahl der zur Erfüllung von Kundenaufträgen erforderlichen zuliefernden Lieferanten. Hierbei handelt es sich sowohl um die Lieferanten der Lageartikel, die ständig am Lager vorgehalten werden, als auch um Auftragsartikel, die bei Bedarf beschafft werden.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Marktstrategie des Betreibers
- Wirkungsgröße: Lieferanten-Faktor

Anzahl Lagerartikel (6.1.2) [Gud06b]

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Anzahl der zur Erfüllung von Kundenaufträgen erforderlichen Artikel, die ständig am Lager vorgehalten werden, um Kundenaufträge zu erfüllen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Disposition des Betreibers
- Wirkungsgröße: Anzahl der ruhenden²⁵ Artikel

Anzahl Auftragsartikel (6.1.3) [Gud06b]

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Anzahl der zur Erfüllung von Kundenaufträgen erforderlichen Artikel, die bei Bedarf beschafft werden, um Kundenaufträge zu erfüllen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Disposition des Betreibers
- Wirkungsgröße: Anzahl der ruhenden Artikel

²⁵ Artikel, die saison- oder anderweitig bedingt nicht angesprochen werden.

Aktive Artikel (6.1.4)

- Definition: Ausgabevariable
 $(Lagerartikel + Auftragsartikel) * 95\%$
- Erläuterung: Artikel, die zu Erfüllung von Kundenbestellungen benötigt werden (auftragserfüllende Artikel). Annahme: 5% der Artikel sind ruhende Artikel und gehen daher nicht in die Summenbildung mit ein.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Disposition des Betreibers
- Wirkungsgröße: Anzahl der A, B, und C-Artikel, Anzahl der ruhenden Artikel, durchschnittlicher Wert pro Artikel, Lieferanten-Faktor, lastabhängige Energieaufnahme

Anzahl A- Artikel (6.1.4.1) [Pfo04c]

- Definition: Ausgabevariable
 $Aktive\ Artikel * \%\ der\ A_Artikel$
- Erläuterung: Umsatzstarke Artikel, die den wesentlichen Anteil des Absatzes ausmachen. Entsprechend der „80-20“-Regel, nach der 80% des Umsatzes von 20% der Artikel getragen werden. Im Standardfall entfallen 80% der Artikel auf A-Artikel.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: ABC-Struktur, variabel einstellbar
- Wirkungsgröße: Anzahl der A-Artikel

Anzahl B- Artikel (6.1.4.2) [Pfo04c]

- Definition: Ausgabevariable
 $Aktive\ Artikel * \%\ der\ B_Artikel$
- Erläuterung: Weniger umsatzstarke Artikel, die den mittleren Anteil des Absatzes ausmachen. Im Standardfall entfallen 40% der Artikel auf B-Artikel.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: ABC-Struktur, variabel einstellbar
- Wirkungsgröße: Anzahl der B-Artikel

Anzahl C- Artikel (6.1.4.3) [Pfo04c]

- Definition: Ausgabevariable
 $Aktive\ Artikel * \%\ der\ C_Artikel$
- Erläuterung: Weniger umsatzstarke Artikel, die den mittleren Anteil des Absatzes ausmachen. Im Standardfall entfallen 40% der Artikel auf C-Artikel.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: ABC-Struktur, variabel einstellbar
- Wirkungsgröße: Anzahl der C-Artikel

Anzahl Paletten-Artikel (6.1.5)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Artikelmenge aus Gesamtbestand, die wegen der Artikelgröße ungeeignet für Kommissionierung durch die Ware-zum-Mann Methode sind. Des Weiteren wird aus dem Verhältnis von aktiven Artikeln zu Paletten-

- Artikel und von manuell zu kommissionierenden Artikeln der Artikelanteil für AKL-Lagerung ermittelt.
- Typ: strategisch
 - Einflussgröße: Disposition des Betreibers
 - Wirkungsgröße: Lastabhängige Energieaufnahme

Anzahl Artikel mit man. Kommissionierung (6.1.6)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Artikelmenge aus Gesamtbestand, die wegen der Artikelgröße nur manuell zu kommissionieren sind. Des Weiteren wird aus dem Verhältnis von aktiven Artikeln zu Paletten-Artikeln und von manuell zu kommissionierenden Artikeln der Artikelanteil für AKL-Lagerung ermittelt.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Disposition des Betreibers
- Wirkungsgröße: Lastabhängige Energieaufnahme

Anzahl ruhende Artikel (6.1.7)

- Definition: Ausgabevariable
Anzahl Lagerartikel + Anzahl Auftragsartikel – Aktive Artikel
- Erläuterung: Artikel, die Saison oder anderweitig bedingt, nicht für Aufträge angesprochen werden. Diese Artikel werden bestandsmäßig mit dem Wert der B-Artikel belegt.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Disposition des Betreibers
- Wirkungsgröße: Anzahl Lagerartikel, Anzahl Auftragsartikel, Anzahl aktive Artikel

Anteil Bruch/ Schwund (6.1.8)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Angabe in Prozent der Menge der auftragsbezogenen Artikel.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Betreiber
- Wirkungsgröße: Lagerverluste pro Jahr

Ø Wert pro A-Artikel (6.1.9)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Durchschnittlicher Wert pro Artikel
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Disposition
- Wirkungsgröße: Durchschnittlicher Wert pro Artikel gesamt

Ø Wert pro B-Artikel (6.1.10)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Durchschnittlicher Wert pro Artikel
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Disposition

- Wirkungsgröße: Durchschnittlicher Wert pro Artikel gesamt

Ø Wert pro C-Artikel (6.1.11)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Durchschnittlicher Wert pro Artikel
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Disposition
- Wirkungsgröße: Durchschnittlicher Wert pro Artikel gesamt

Ø Wert pro Artikel gesamt (6.1.12)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Durchschnittlicher Wert pro Artikel
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Disposition
- Wirkungsgröße: Durchschnittlicher Lagerbestandswert, Wert Lagerabgang/ Lagerbestand, Gesamtumsatz pro Jahr, Ø Müll/ Wertstoffkosten, Versandkostenquote, Anteil Vorräte am Umsatz pro Tag

Ø Gewicht pro Pickeinheit (6.1.13)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Durchschnittliches Gewicht pro Pickeinheit
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Disposition
- Wirkungsgröße: Durchschnittliches Gewicht Tagesauftragsmenge

Ø Größe pro Pickeinheit (6.1.14)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Durchschnittliche Größe pro Pickeinheit
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Disposition
- Wirkungsgröße: Durchschnittliches Volumen Tagesauftragsmenge, Artikelvolumen gesamt im Lager

Lieferanten-Faktor (6.1.15)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum \text{Lieferanten}}{\sum \text{aktive Artikel}} + 1$$
- Erläuterung: Der Lieferantenfaktor stellt das Verhältnis von Anzahl der aktiven Artikel zu Anzahl der Lieferanten dar. Dieser Faktor wird bei der WE-Leistung und beim Lieferbereitschaftsgrad der Lagerartikel berücksichtigt. Mit zunehmender Anzahl an Lieferanten erhöht sich der Faktor, was die Leistung der Werker in den relevanten Arbeitsbereichen verringert.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Anzahl Lieferanten, Anzahl aktiver Artikel
- Wirkungsgröße: Personalleistung im Wareneingang, Lieferbereitschaftsgrad

Verpackungsqualität (6.2)

In dieser Gruppe befinden sich die Auswahl- und Ausgabeparameter für die auf die Verpackungsqualität bezogenen Kennzahlen.

Verpackungsqualität (6.2.1 – 6.2.3)

- Definition: Auswahlfeld: gut/schlecht
- Erläuterung: Jede Qualitätsminderung erhöht den Aufwand bei Personal und Technik und beeinflusst die Leistung der mit dem Produkthandling befassten Werker im Bereich Kommissionierung, Verpackung, Versand, den internen Transport und bedingt einen erhöhten Technikeinsatz, z.B. für Fördertechnik, Konturenkontrollen, Palettenkontrollen, Umpacken usw.
Bei „gut“ erfolgt kein Aufschlag auf den Faktor.
Bei „schlecht“ wird der Faktor erhöht.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Für die jeweilige Gruppe der Artikelverpackung wird ein Zuschlag von 1% angesetzt.
- Wirkungsgröße: Verpackungsqualitäts-Faktor

Verpackungsqualitäts-Faktor (6.2.4)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Der Verpackungsqualitäts-Faktor beeinflusst die Leistung der mit dem Produkthandling befassten Werker im Bereich Kommissionierung, Verpackung, Versand, den internen Transport und bedingt einen erhöhten Technikeinsatz, z.B. für Fördertechnik, Konturenkontrollen, Palettenkontrollen, Umpacken, usw.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Verpackungsqualität je Artikelgruppe.
- Wirkungsgröße: Personaleinsatz für Kommissionierung, Verpackung und Versand, interner Transport, Technik-Invest

Bewegungsgrößen (6.3)

In dieser Gruppe befinden sich die Ein- und Ausgabeparameter für die auf die Bewegungsgrößen bezogenen Kennzahlen.

ABC-Struktur (6.3.1)

- Definition: Eingabevariable, Drehfeld
- Erläuterung: Standard: 80-20, d.h., 80% der Picks entfallen auf 20% der Artikel. Die Auswahl kann mittels des Drehfeldes von 90-10 bis 50-50 verändert werden.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Disposition
- Wirkungsgröße: Mengenangabe / Verteilung der A-, B- und C-Artikel, ABC-Struktur-Pick-Faktor

ABC-Struktur Pick-Faktor (6.3.2)

- Definition: Eingabevariable

- Erläuterung: Die Verschiebung der ABC-Struktur hat Einfluss auf die Pickleistung. Bei höherem A-Anteil ist eine höhere Pickleistung gegeben, da mehr Artikel aus einem Bereich gepickt werden können.
Dieser Faktor (ABC-Artikelstruktur-abhängig, von 90-10 bis 50-50), der über ein Drehfeld²⁶ beeinflussbar ist, dient dazu, die veränderte Pickleistung zu erfassen. Standard: 80-20, d.h., 80% der Picks entfallen auf 20% der Artikel, d.h. Pick-Faktor => "1". Dieser Faktor beeinflusst die Anzahl der Kommissionier-Werker. Je geringer der A-Artikelanteil, umso höher die Anzahl der Werker.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Disposition
- Wirkungsgröße: Kommissionierleistung, Anzahl der Kommissionierer

Ø Belegung je Lagerplatz (6.3.3)

- Definition: Ausgabevariable
Anzahl Lagerartikel
$$* \frac{(\sum \text{Lagerbestand} + \text{Sicherheitsbestand je Artikel})}{\sum \text{aller Lagerplätze}}$$
- Erläuterung: Angabe der Anzahl Artikel je Lagerplatz. Bei der Berechnung wird die Summe aller Lagerplätze inklusive Lagerplätze in Block-, Frei-, Kragarmlager usw. einbezogen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Disposition, Anzahl Lagerartikel, Lagerbestand pro Artikel, Sicherheitsbestand pro Artikel, Anzahl aller Lagerplätze
- Wirkungsgröße: Systembewertung

13.8. Auf Lagerbestand bezogene Kenngrößen (7)

Alle am Lagerstandort befindlichen Bestände produzieren Kosten [Rüg03], die in diesem Bereich erfasst werden und in die Bewertung der Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Qualität des gesamten Intralogistiksystems einbezogen werden.

Bestand (7.1)

In dieser Gruppe befinden sich die Ein- und Ausgabeparameter für die auf den Bestand bezogenen Kennzahlen.

Ø Lagerbestand je Artikel (7.1.1)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Mittlerer Lagerbestand je Artikel.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Disposition
- Wirkungsgröße: Mindestbestand je Artikel, Meldebestand je Artikel, Sicherheitsbestand je Artikel, durchschnittlichen Lagerbestandswert, durchschnittliche Lagerreichweite, durchschnittliche Umschlaghäufigkeit je Artikel pro Jahr, durchschnittliche Artikelbelegung je Lagerplatz

²⁶ Ein Drehfeld vereinfacht das Erhöhen oder Verringern von Werten für z.B. aufeinanderfolgende Zahlen.

Ø Mindestbestand je Artikel (7.1.2)

- Definition: Ausgabevariable
*Lagerbestand je Artikel * 0,5*
- Erläuterung: Das Meldebestandsverfahren [Pfo04b] [Gud06d] wird hier als optimal angenommen, da idealerweise die Lieferstelle die Lieferung sofort ausführt. Der Mindestlagerbestand je Artikel in Stück wird mit 50% des Lagerbestandes angenommen, unabhängig von Verpackungs- oder Ladeinheit.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Disposition
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Ø Meldebestand je Artikel (7.1.3)

- Definition: Ausgabevariable
*Lagerbestand je Artikel * 0,7*
- Erläuterung: Das Meldebestandsverfahren [Pfo04b] [Gud06d] wird hier als optimal angenommen, da idealerweise die Lieferstelle die Lieferung sofort ausführt. Der mittlere Meldelagerbestand je Artikel in Stück wird mit 70% des Lagerbestandes angenommen, unabhängig von Verpackungs- oder Ladeinheit.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Disposition
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Ø Sicherheitsbestand je Artikel (7.1.4)

- Definition: Ausgabevariable
*Lagerbestand je Artikel * Sicherheitsbestands_Faktor*
- Erläuterung: Sicherheitslagerbestand [Sch09] als zusätzlicher Bestand zur Erreichung des gewünschten Lieferbereitschaftsgrades bei Zuliefermengen- oder Terminabweichungen bzw. Ungenauigkeiten der Lagerverwaltung..
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Sicherheitsbestands-Faktor
- Wirkungsgröße: Lieferfähigkeitsgrad,

Ø Sicherheitsbestands-Faktor (7.1.5) [Har05]

- Definition: Ausgabevariable
- | Lieferfähigkeit in % | Sicherheits-Faktor |
|----------------------|--------------------|
| 50 | 1,00 |
| 84,1 | 1,01 |
| 85,0 | 1,04 |
| 90,0 | 1,28 |
| 95,0 | 1,65 |
| 98,0 | 2,05 |
| 99,0 | 2,33 |
| 99,9 | 3,09 |

- Erläuterung: Sicherheitslagerbestand als zusätzlicher Bestand in Abhängigkeit vom gewünschten Lieferbereitschaftsgrades, da Zuliefermengen- oder Terminabweichungen bzw. Ungenauigkeiten der Lagerverwaltung entstehen können.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Lieferfähigkeitsgrad
- Wirkungsgröße: Durchschnittlicher Sicherheitsbestand je Artikel, durchschnittlicher Lagerbestand ohne Bewegung

Ø Bedarf je Artikel pro Monat (7.1.6)

- Definition: Ausgabevariable
$$\frac{\text{Picks pro Tag} * \text{Arbeitstage pro Monat}}{\text{Aufträge pro Tag}}$$
- Erläuterung: Mittlerer Bedarf je Artikel und Monat.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Picks pro Tag, Arbeitstage pro Monat, Anzahl der Aufträge pro Tag
- Wirkungsgröße: Interner Transport

Ø Zugriffshäufigkeit je Artikel pro Monat (7.1.7)

- Definition: Ausgabevariable
$$\frac{\text{Picks pro Tag} * \text{Arbeitstage pro Monat}}{\text{Anzahl aktive Artikel}}$$
- Erläuterung: Mittlerer Bedarf je Artikel und Monat.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Anzahl der Aufträge, Picks pro Tag, Arbeitstage pro Monat, Anzahl aktive Artikel
- Wirkungsgröße: Interner Transport

Ø Lagerbestandswert (7.1.8)

- Definition: Ausgabevariable
$$\text{Lagerbestand aller Artikel} * \text{Wert pro Artikel}$$
- Erläuterung: Mittlerer Gesamtlagerbestand zum Stichtag bzw. Wert Vorräte am Stichtag. Ruhende Artikel und Anteil für Bruch und Schwund werden einbezogen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Lagerbestand aller Artikel inkl. Sicherheitsbestand, Ø Wert pro Artikel
- Wirkungsgröße: Kapitalbindungskosten pro Jahr, Anteil Vorräte am Umsatz pro Tag, Wert Lagerabgang zu Lagerbestand

Ø Bestandsreichweite pro Monat (7.1.9)

- Definition: Ausgabevariable
$$\frac{\sum \text{Lager}_ + \text{Sicherheitsbestand je Artikel} * \text{Anzahl akt}_ \text{Artikel}}{\text{Picks pro Tag} * \text{Arbeitstage pro Monat}}$$
- Erläuterung: Die Bestandsreichweite [Arn04b] gibt die Zeitspanne an, für wie lange der durchschnittliche Lagerbestand bei einem durchschnittlichen Verbrauch ausreicht.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Anzahl Aufträge, Lagerbestand je Artikel, Sicherheitsbestand je Artikel,

- Anzahl aktive Artikel, Anzahl Picks pro Tag, Anzahl Arbeitstage pro Monat
- Wirkungsgröße: Umschlaghäufigkeit der Bestände pro Jahr, Bestandsbewertung

Umsatz (7.2)

In dieser Gruppe befinden sich die Ausgabeparameter für Umsatz bezogenen Kennzahlen.

Ø Gesamtumsatz pro Jahr (7.2.1)

- Definition: Ausgabevariable

$$\text{Picks pro Tag} * \text{Arbeitstage pro Jahr} * \text{Wert pro Artikel} * \text{Ø Verkaufsaufschlag auf Artikelwert}$$
- Erläuterung: Menge der verkauften Produkte multipliziert mit dem Verkaufspreis je Stück.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Anzahl Aufträge, Picks pro Tag, Anzahl Arbeitstage pro Jahr, Ø Wert pro Artikel, Ø Verkaufsaufschlag auf Artikelwert
- Wirkungsgröße: Kapitalbindungskosten pro Jahr, Anteil Vorräte am Umsatz pro Tag, Wert Lagerabgang zu Lagerbestand

Ø Umschlaghäufigkeit je Artikel pro Jahr (7.2.2)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\text{Picks pro Tag} * \text{Arbeitstage pro Jahr}}{\text{Anzahl aktive Artikel} * \text{Ø Lagerbestand je Artikel}}$$
- Erläuterung: Angabe über die Umschlaghäufigkeit je Artikel pro Jahr.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Anzahl Aufträge, Picks pro Tag, Anzahl Arbeitstage pro Jahr, Anzahl aktiver Artikel, Ø Lagerbestand je Artikel
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Ø Umschlaghäufigkeit Bestand pro Jahr (7.2.3)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\text{Picks pro Tag} * \text{Arbeitstage pro Jahr}}{(\text{Anzahl aktive} + \text{ruhende Artikel}) * \text{Ø Lagerbestand je Artikel}}$$
- Erläuterung: Angabe über die Umschlaghäufigkeit je Artikel pro Jahr.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Anzahl Aufträge, Picks pro Tag, Anzahl Arbeitstage pro Jahr, Anzahl aktiver Artikel, Anzahl ruhender Artikel, Ø Lagerbestand je Artikel
- Wirkungsgröße: Systembewertung

13.9. Auf Auftrag bezogene Kenngrößen (8)

In dieser Gruppe werden alle die für Bewertung relevanten auftragsbezogenen Werte und Kennzahlen, wie z.B. die Anzahl der Aufträge, Positionen pro Auftrag, Picks pro Position, Fehllieferungen, Retouren usw., erfasst und in Bezug zu den anderen im System befindlichen Kennzahlen gesetzt.

Aufträge (8.1)

In dieser Gruppe befinden sich die Ein- und Ausgabeparameter für die auf die Aufträge bezogenen Kennzahlen.

Ø Aufträge pro Tag (8.1.1)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Eingabe der Ø Anzahl der Aufträge pro Tag, die im Intralogistiksystem taggleich abzuarbeiten sind. Sammelaufträge, Wochenlieferungen usw. werden mit in die täglichen Aufträge einbezogen.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Bestellverhalten der Kunden
- Wirkungsgröße: Picks pro Tag, Versandeinheiten pro Tag, Ø Bedarf je Artikel/ Monat, Systemauslastungsgrad

Ø Positionen pro Auftrag (8.1.2)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Eingabe der Ø Anzahl der Positionen pro Auftrag
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Auftragsstruktur
- Wirkungsgröße: Picks pro Auftrag, Picks pro Tag, Versandeinheiten pro Tag, Verpackte Aufträge pro Tag, Wareneingangskosten je Auftrag, Lagerkosten je Auftrag, Auslagerkosten je Auftrag, Kommissionierkosten je Auftrag, Steuerungskosten je Auftrag

Ø Picks pro Position (8.1.3)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Eingabe der Ø Anzahl der Kommissionier-Picks (Entnahmeeinheiten) [tenH08b] pro Position
- Typ: Operativ
- Einflussgröße: Auftragsstruktur
- Wirkungsgröße: Picks pro Auftrag, Picks pro Tag, Positionen pro Versandeinheit, Verpackte Aufträge pro Tag, Wareneingangskosten je Auftrag, Lagerkosten je Auftrag, Auslagerkosten je Auftrag, Kommissionierkosten je Auftrag

Ø Picks pro WE-Position (8.1.4)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Die Anzahl der Kommissionier-Picks (Entnahmeeinheiten) je WE-Position gibt an, welche Anzahl Picks welcher Nachschubmenge im WE entspricht.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Anlieferungsstruktur durch Lieferanten
- Wirkungsgröße: Wareneingangskosten je Auftrag, Lagerkosten je Auftrag, Auslagerkosten je Auftrag, Steuerungskosten je Auftrag, Anzahl Mitarbeiter im Wareneingang

Ø Picks pro Versandeinheit (8.1.5)

- Definition: Eingabevariable

- Erläuterung: Die Anzahl der Kommissionier-Picks (Entnahmeeinheiten) je Versandeinheit gibt an, welche Anzahl Picks einer Versandeinheit entspricht.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Versandkartongröße, Versandkartongewicht
- Wirkungsgröße: \emptyset Auftrags-Positionen/ Versandeinheit, Kosten pro fertige Versandeinheit, Versandkostenquote, Steuerungskosten je Auftrag

\emptyset Einpositions-Aufträge pro Tag (8.1.6)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Anzahl der Aufträge mit nur einer Position zur Auftragserfüllung, ungeachtet der Anzahl Picks (Entnahmeeinheiten) für diese Position. Je größer der Anteil an Einpositions-Aufträgen, umso größer ist die Liefertreue [Gud06c] .
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Bestellverhalten der Kunden, Auftragsstruktur
- Wirkungsgröße: Anzahl der Aufträge mit mehr als einer Position. (Mehrpositionsaufträge), Reklamationsrate, Liefertreue, Servicegrad

\emptyset Mehrpositions-Aufträge pro Tag (8.1.7)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Anzahl der Aufträge mit mehr als einer Position zur Auftragserfüllung, ungeachtet der Anzahl Picks (Entnahmeeinheiten) der jeweiligen Positionen. Je größer der Anteil an Mehrpositions-Aufträgen, umso geringer ist die Liefertreue [Gud06c] , da sich Lager- und Zulieferengpässe häufen können.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Bestellverhalten der Kunden, Auftragsstruktur
- Wirkungsgröße: Reklamationsrate, Liefertreue, Servicegrad

\emptyset Picks pro Auftrag (8.1.8)

- Definition: Ausgabevariable
 $\emptyset \text{ Positionen pro Auftrag} * \emptyset \text{ Picks pro Position}$
- Erläuterung: Gesamtanzahl der Kommissionier-Picks (Entnahmeeinheiten) pro Auftrag.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Bestellverhalten der Kunden
- Wirkungsgröße: Versandkostenquote

\emptyset Positionen pro Versandeinheit (8.1.9)

- Definition: Ausgabevariable
$$\frac{\emptyset \text{ Picks pro Versandeinheit}}{\emptyset \text{ Picks pro Position}}$$
- Erläuterung: Das Verhältnis gibt an, wie viel Picks (Entnahmeeinheiten) pro Versandeinheit erforderlich sind.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Auswahl der Verpackungsgrößen

- Wirkungsgröße: Versandeinheiten pro Tag, verpackte Aufträge pro Tag

Ø Picks pro Tag (8.1.10)

- Definition: Ausgabevariable

$$\text{Ø Anzahl Aufträge pro Tag} * \text{Ø Pos. pro Auftrag} \\ * \text{Ø Picks pro Position}$$
- Erläuterung: Gesamtanzahl der Kommissionier-Picks (Entnahmeeinheiten) pro Tag.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Anzahl Aufträge pro Tag, Anzahl Positionen pro Auftrag, Anzahl der Picks pro Position
- Wirkungsgröße: Anzahl Mitarbeiter Wareneingang, Anzahl Mitarbeiter Kommissionierung, Zeit Kommissionierung, Ø Umschlaghäufigkeit je Artikel/ Jahr, Ø, Umschlaghäufigkeit Bestand/ Jahr, Ø Bestandsreichweite, Ø Bedarf je Artikel/ Monat, Ø Zugriffshäufigkeit je Artikel / Monat, Ø Gewicht Tagesauftragsmenge, Ø Volumen Tagesauftragsmenge, Ø Kosten pro Pick, Ø Pickkosten p.a., Gesamtumsatz p.a., Ø Müll/ Wertstoffkosten, Anteil Vorräte am Umsatz pro Tag

Ø Versandeinheiten pro Tag (8.1.11)

- Definition: Ausgabevariable

$$\text{Ø Anzahl Aufträge pro Tag} * \frac{\text{Ø Pos. pro Auftrag}}{\text{Ø Pos. pro Versandeinheit}}$$
- Erläuterung: Eine Versandeinheit ist diejenige Einheit, die als Handhabungseinheit oder Gebindeeinheit an den Kunden geht und über eine NVE (Nummer der Versandeinheit) zu identifizieren ist [tenHo08b].
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Anzahl Aufträge pro Tag, Anzahl Positionen pro Auftrag, Anzahl der Position pro Versandeinheit
- Wirkungsgröße: Anzahl Mitarbeiter Verpackung, Anzahl Mitarbeiter Versand, Versandkosten pro Jahr

Ø Verpackte Aufträge pro Tag (8.1.12)

- Definition: Ausgabevariable

$$\text{Ø Anzahl Aufträge pro Tag} \\ - \text{Anzahl Aufträge mit Terminverzug pro Tag}$$
- Erläuterung: Die Anzahl der verpackten Aufträge für taggleiche Auftragsfertigstellung reduziert sich durch die Anzahl der Aufträge, die nicht termingerecht abgewickelt werden können. .
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Anzahl Aufträge pro Tag, Aufträge mit Terminverzug pro Tag
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Zeit Auftragseingang bis Auftragsstart (8.1.13)

- Definition: Ausgabevariable

$$\sum \text{Zeitdauer je man. bzw. autom. Auftragsorganisationsschritt}$$
- Erläuterung: Auftragsdispositionsdauer: Zeitdauer vom Bestellzeitpunkt (Annahme:

Direkte Einlastung in das System) bis zum Beginn der Auftragsbearbeitung. Für jeden manuellen bzw. automatisierten Auftragsorganisationsschritt wird eine definierte empirische Zeiteinheit von 30 Min für manuelles Handling und 30/2 Min. für automatisiertes Handling aufaddiert, um die erforderliche Zeitdauer von der Erfassung des Auftrags bis zum tatsächlichen Start des Auftrages im Distributions-System zu erfassen.

- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Zeitdauer man. oder autom. Handling für Auftragsdisposition Auftragseinlastung, Auftragssteuerung, Wareneingangssteuerung, Warenausgangssteuerung
- Wirkungsgröße: Zeit Auftragseingang bis Versand, Zeitpunkt letzte Bestellung

Auftragsdurchlaufzeit je Auftrag (8.1.14)

- Definition: Ausgabevariable
 $\sum \text{Zeitdauer je man. bzw. autom. Auftragsdurchlaufschritt}$
- Erläuterung: Auftragsbearbeitungsdauer: Zeitdauer vom Beginn Auftragsbearbeitung bis zum Ende Bereitstellung im Versand inkl. interne Transportzeiten.
Definition: Für jeden manuellen bzw. automatisierten Auftragsdurchlaufschritt wie Auftragsstart, Kommissionierung in den unterschiedlichen Lagerbereichen, Konsolidierung, Verpackung usw. wird als empirisch ermittelter Durchschnittswert eine Zeiteinheit von 20 Min. für manuelles Handling und 20/2 Min. für automatisiertes Handling angenommen.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Alle Funktionen des Auftragsdurchlaufes vom Warenavis über Warenannahme, Wareneingang, Crossdocking, Bereitstellung für WE, Nachschub für Kommissionierung, Kommissionierung inkl. Auswahl ob Mann-zur-Ware oder Ware-zum-Mann Funktionalität, einstufige Kommissionierung und/oder mehrstufige Kommissionierung, Pick-to-Belt, AKL, HRL, Fachboden, Durchlauflager, Konsolidierung, Verpackung, Versandbereitstellung, Versand, evtl. Klärplatzbearbeitung und interner Transport werden mit in die Erfassung der Zeitdauer einbezogen.
- Wirkungsgröße: Zeit Auftragseingang bis Versand, Auftragsbearbeitungszeit/ - Durchlaufzeit, Zeitpunkt letzte Bestellung

Zeit Auftragseingang bis Versand (8.1.15)

- Definition: Ausgabevariable
 $\text{Zeitdauer Auftragseingang bis Auftragsstart} + \text{Auftragsdurchlaufzeit pro Auftrag}$
- Erläuterung: Gesamtdauer der Auftragsbearbeitung vom Auftragseingang bzw. Einlastung in das System bis zur Bereitstellung im Versand für Übergabe an den Frachtführer.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Zeitdauer man. oder autom. Handling für Auftragsdisposition Auftragseinlastung, Auftragssteuerung, Wareneingangssteuerung, Warenausgangssteuerung
- Wirkungsgröße: Auftragsbearbeitungszeit/ -Durchlaufzeit, Zeitpunkt letzte Bestellung

Fehlerhafte Aufträge (8.2)

In dieser Gruppe befinden sich die Ein- und Ausgabeparameter für die auf die fehlerhaften Aufträge bezogenen Kennzahlen.

Aufträge mit falsche Menge pro Tag (8.2.1)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Anzahl der Aufträge mit falscher Menge. Diese Fehlmenge kann durch fehlerhafte Zulieferung, Auslagerung bzw. Entnahme bei der Kommissionierung entstehen oder durch Differenzen zwischen Soll- und Istbestand (ten Hompel, et al., 2008).
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Fehler bei der Zulieferung, des Wareneinganges, bei der Kommissionierung.
- Wirkungsgröße: Anteil Falsch- an Gesamtlieferungen, Reklamationsrate, Lieferbereitschaftsgrad bzw. Liefertreue und Logistikqualität

Aufträge mit falschem Artikel pro Tag (8.2.2)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Anzahl der Aufträge mit falschem Artikel. Diese Fehler kann durch falsche Entnahme bei der Kommissionierung entstehen.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Fehler bei der Kommissionierung, durch falsche Information oder durch Fehlgriff beim Picken.
- Wirkungsgröße: Anteil Falsch- an Gesamtlieferungen, Reklamationsrate, Lieferbereitschaftsgrad bzw. Liefertreue und Logistikqualität

Aufträge mit defektem Artikel pro Tag (8.2.3)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Anzahl der Aufträge mit defektem Artikel.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Fehler bei nicht qualitätsgesicherter Zulieferung, falsches Handling bei Lagerung und Kommissionierung.
- Wirkungsgröße: Anteil Falsch- an Gesamtlieferungen, Reklamationsrate, Lieferbereitschaftsgrad bzw. Liefertreue und Logistikqualität

Aufträge mit Terminverzug pro Tag (8.2.4)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Anzahl der Aufträge pro Tag mit Terminverzug.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Lagerartikel nicht verfügbar, Auftragsartikel nicht verfügbar, Artikel defekt und nicht auslieferbar, Kommissionierfehler, der bei Versandkontrolle zu spät für Einhaltung des Auslieferungszeitpunktes auffiel, usw..
- Wirkungsgröße: Anteil Terminverzugs- an Gesamtlieferungen, Reklamationsrate, Lieferbereitschaftsgrad bzw. Liefertreue und Logistikqualität, Termintreue/ Logistikqualität

Anteil Falsch- an Gesamtlieferungen pro Tag (8.2.5)

- Definition: Ausgabevariable

$$\sum \text{Aufträge mit falscher Menge pro Tag} \\ + \sum \text{Aufträge mit falschem Artikel pro Tag} \\ + \sum \text{Aufträge mit defektem Artikel pro Tag}$$
- Erläuterung: Die Verteilung der Fehler ist additiv zu sehen, eine Überlagerung der Fehler wird nicht angenommen.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Anzahl Aufträge mit falscher Menge, falschem Artikel und defektem Artikel pro Tag
- Wirkungsgröße: Fehllieferungs- und Verzugsquote, Sendungsakzeptanz

Reklamationsquote pro Tag (8.2.6)

- Definition: Ausgabevariable
Mittelwert aus fehlerhaften Aufträgen
** Prozentsatz der mehrpöstigen Aufträge*
- Erläuterung: Anzahl der Aufträge mit Reklamationen zu Gesamtanzahl der Aufträge. Die Reklamationsquote ist ein Frühindikator, der auf die statistische Anzahl der Waren oder Dienstleistungen mit Fehlern hinweist. Diese Quote spiegelt den Zufriedenheitsgrad der Kunden sowie die Servicequalität des Unternehmens wie Liefergeschwindigkeit, Beratungsqualität, Support-Service usw. wieder [Web01].
- Typ: operativ
- Einflussgröße: \emptyset Mehrpositions-Aufträge pro Tag, Anzahl Aufträge mit falscher Menge, falschem Artikel, defektem Artikel und Terminverzug pro Tag
- Wirkungsgröße: Anteil Retouren an Gesamtlieferungen, Sendungsqualität, Sendungsakzeptanz

Lieferbereitschaftsgrad (8.3)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum \text{Fehlerhafte Aufträge}}{(\text{Lieferantenfaktor} + \text{Verhältnis Ein- zu Mehrpos. Aufträgen})} * 100\%$$
- Erläuterung: Auch Liefergrad oder Sendungsqualität genannt. Anzahl der vollständig ausgelieferten Aufträge zu Anzahl aller Aufträge in Abhängigkeit des Anteils an mehrpöstigen Aufträgen an der Gesamtzahl der Aufträge und der Anzahl der Lieferanten [Fri08]. Je mehr Lieferanten, desto höher die Wahrscheinlichkeit von Lieferproblemen bei Lager- und Auftragsartikeln betroffen zu sein. Der Bereitschaftsgrad der Anlage wird ebenfalls einbezogen.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Fehlerhafte Aufträge pro Tag mit falscher Menge, falschem Artikel, defektem Artikel oder Terminverzug, Verhältnis der Lieferanten zur Anzahl der Artikel, Verhältnis von Ein- zu Mehrpositions-Aufträgen, Bereitschaftsgrad der Anlage.
- Wirkungsgröße: Sicherheitsbestand, Bestandsmanagement, Liefergrad, Sendungsqualität

13.10. Auf Nutzung bezogene Kenngrößen (9)

Das gesamte Intralogistiksystem wird in bestimmter Art und Weise genutzt. Zu diesem Nutzen gehören neben der Festlegung der Nutzungszeiten auch die Lagerbelegungen von Lagerflächen und Lagerplätzen, die in diesem Bereich der Kennzahlenerfassung erfolgt.

Nutzungszeiten (9.1)

In dieser Gruppe befinden sich die Ein- und Ausgabeparameter für die auf die Nutzungszeiten bezogenen Kennzahlen.

Betriebsbeginn (9.1.1)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Festlegung des Betriebsbeginns.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Lagerbetrieb, Arbeitszeitmodelle
- Wirkungsgröße: Spätester Bestellzeitpunkt zur Auslieferung der Bestellung am nächsten Tag.

Betriebsende (9.1.2)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Festlegung des Betriebsendes.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Lagerbetrieb, Arbeitszeitmodelle
- Wirkungsgröße: Spätester Bestellzeitpunkt zur Auslieferung der Bestellung am nächsten Tag.

Betriebsdauer (9.1.3)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Angabe der Betriebsdauer.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Lagerbetrieb, Arbeitszeitmodelle
- Wirkungsgröße: Anzahl der Arbeitsschichten, Spätester Bestellzeitpunkt, Betrieblicher System-Nutzungsgrad, Anzahl Mitarbeiter in Kommissionierung, Anzahl Mitarbeiter in Verpackung, Anzahl Mitarbeiter im Versand, Kommissionierzeit pro Auftrag, Ø Energieaufnahme

Arbeitsschichten pro Tag (9.1.4)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Anzahl der Arbeitstage pro Jahr.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Diese Vorgabe ist abhängig vom Betreiber, der Branche, des Servicegrades usw.
- Wirkungsgröße: Anzahl der organisatorischen Mitarbeiter, Anzahl Mitarbeiter in Service und Wartung

Anzahl Arbeitstage pro Jahr (9.1.5)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Anzahl der Arbeitsschichten pro Tag. Anzahl der Schichten ergibt sich aus den Betriebsstunden, <8Std eine Schicht, <16Std zwei Schichten, <24 Std drei Schichten.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Lagerbetrieb, Arbeitszeitmodelle
- Wirkungsgröße: Ø Umschlaghäufigkeit je Artikel/ Jahr, Ø Umschlaghäufigkeit Bestand/ Jahr, Ø Bedarf je Artikel / Monat, Ø Zugriffshäufigkeit je Artikel / Monat, Ø Bestandsreichweite, Gesamtumsatz p.a., Ø Energieaufnahme, Anzahl Mitarbeiter für interne Transporte, Ø Müll/ Wertstoffkosten, Ø Lagerverluste p.a., Pickkosten p.a., Versandkosten p.a.

Ø Warenannahmezeit (9.1.6)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Die Warenannahmezeit gibt den Zeitbereich an, in dem Ware vom Zulieferer angenommen werden kann.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Lagerbetrieb, Arbeitszeitmodelle, Zuliefermodelle
- Wirkungsgröße: Anzahl der Arbeitsschichten im Wareneingang, Anzahl Mitarbeiter im Wareneingang

Betrieblicher Systemnutzungsgrad (9.1.7)

- Definition: Ausgabevariable
$$\frac{\text{Betriebliche Gesamtverfügbarkeit} * \text{Betriebsdauer}}{24 \text{ Std}}$$
- Erläuterung: Betrieblicher Systemnutzungsgrad [May08] bezogen auf maximale Nutzung des Systems über 24 Stunden.
- Typ: Operativ
- Einflussgröße: Diese Vorgabe ist abhängig vom Betreiber, der Branche, des Servicegrades usw.
- Wirkungsgröße: Auslastungsgrad, Systembewertung

Auslieferung (9.2)

In dieser Gruppe befinden sich die Ein- und Ausgabeparameter für die auf die Auslieferung bezogenen Kennzahlen.

Letzte Bereitstellung Versand (9.2.1)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Letztmögliche Versandbereitstellung bei Auslieferung am nächsten Tag. (Annahme: letzte Versandbereitstellung = Übergabe an Versender).
- Typ: Operativ
- Einflussgröße: Transportdauer des Versenders von der Übernahme im Distributionszentrum bis zum Empfänger.
- Wirkungsgröße: Spätester Bestellzeitpunkt

Spätester Bestellzeitpunkt (9.2.2)

- Definition: Ausgabevariable
Letzte Bereitstellung Versand – Zeit Auftragseingang bis Versand
- Erläuterung: Letztmögliche Auftragsannahme bei Auslieferung am nächsten Tag. (Annahme: letzte Versandbereitstellung = Übergabe an Versender) bei angegebener technischer Ausprägung der Auftragssteuerung und -abwicklung. Zeitpunkt in Abhängigkeit von Betriebsbeginn, Dauer der Betriebszeit und Zeitdauer Auftragseingang bis Auftragsbereitstellung im Versand.
- Typ: Operativ
- Einflussgröße: Letzte Bereitstellung Versand, Zeit Auftragseingang bis Versand
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Belegungsfaktoren (9.3) [Mar06] , [Sch06]

In dieser Gruppe befinden sich die Ein- und Ausgabeparameter für die auf die Belegung bezogenen Kennzahlen.

Geben Sie hier eine Formel ein.

Lagerbelegungsgrad (9.3.1)

- Definition: Ausgabevariable
*Mittelwert aus (Lagerflächen-, Lagerplatz
– und Lagerraumbelegung)*
- Erläuterung: Mittelwert aus Lagerfläche-, Lagerplatz- und Lagerraumbelegung
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Lagerflächen-Belegung, Lagerplatz-Belegung, Lagerraum-Belegung
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Lagerflächen-Belegung, gesamt (9.3.2)

- Definition: Ausgabevariable
$$\frac{\sum \text{genutzte Lagerflächen}}{\sum \text{verfügbare Lagerflächen}}$$
- Erläuterung: Verhältnis von genutzter Lagerfläche zu verfügbarer Lagerfläche in den einzelnen Bereichen von Wareneingang, Bereitstellung zur Einlagerung, Blocklager, AKL, HRL, Komm-Lager, Fachbodenlager, Durchlauflager, Kragarmlager, Konsolidierung, Warenausgang, sowie sonstige Lagerflächen.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Lagerflächen-Belegungen
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Lagerflächen-Belegung (9.3.2.1 – 9.3.2.12)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Einzelne Lagerflächen-Belegungen in den Bereichen von Wareneingang, Bereitstellung zur Einlagerung, Blocklager, AKL, HRL, Komm-Lager, Fachbodenlager, Durchlauflager, Kragarmlager, Konsolidierung, Warenausgang, sowie sonstige Lagerflächen.
- Typ: operativ

- Einflussgröße: Belegung der einzelnen Lagerflächen
- Wirkungsgröße: Lagerflächen-Belegung, gesamt

Lagerplatz-Belegung, gesamt (9.3.3)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum \text{genutzte Lagerplätze}}{\sum \text{verfügbare Lagerplätze}}$$
- Erläuterung: Verhältnis von genutzten Lagerplätzen zu verfügbaren Lagerplätzen in den einzelnen Bereichen von Blocklager, AKL, HRL, Komm-Lager, Fachbodenlager, Durchlaufager, Kragarmlager, Konsolidierung, Warenausgang, sowie sonstige Lagerplätze.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Lagerplatz-Belegungen
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Lagerplatz-Belegung (9.3.3.1 – 9.3.2.10)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Einzelne Lagerplatz-Belegungen in den Bereichen Blocklager, AKL, HRL, Komm-Lager, Fachbodenlager, Durchlaufager, Kragarmlager, Konsolidierung, Warenausgang, sowie sonstige Lagerplätze.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Belegung der einzelnen Lagerplätze
- Wirkungsgröße: Lagerplatz-Belegung, gesamt

Lagerraum-Belegung, gesamt (9.3.4)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum \text{genutztes Lagervolumen}}{\sum \text{verfügbares Lagervolumen}}$$
- Erläuterung: Verhältnis von genutztem Lagervolumen zu verfügbarem Lagervolumen in den einzelnen Bereichen von Blocklager, AKL, HRL, Komm-Lager, Fachbodenlager, Durchlaufager, Kragarmlager, Konsolidierung, Warenausgang, sowie sonstige Lagervolumen. Die Lagerraumbelegung ist meist niedrig, da das Volumen in den einzelnen Lagerbereichen nicht voll ausgeschöpft werden kann.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Lagerraum-Belegungen
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Lagerraum-Belegung (9.3.4.1 – 9.3.4.10)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Einzelne Lagerraum-Belegungen in den Bereichen Blocklager, AKL, HRL, Komm-Lager, Fachbodenlager, Durchlaufager, Kragarmlager, Konsolidierung, Warenausgang, sowie sonstige Lagervolumen.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Belegung der einzelnen Lagerräume
- Wirkungsgröße: Lagerraum-Belegung, gesamt

13.11. Auf Personal bezogene Kenngrößen (10)

Im Bereich der personalbezogenen Kennzahlen werden alle im Intralogistiksystem tätigen Mitarbeiter erfasst und in den Teil der laufenden Betriebskosten pro Jahr einbezogen.

Hierbei werden die Anzahl und die Leistung der Werker last- und ergonomieabhängig ermittelt.

Personalkosten pro Jahr (10.0)

- Definition: Ausgabevariable

$$\sum \text{Anzahl Mitarbeiter} * \text{Kosten pro Mitarbeiter und Jahr} * \text{Jahresarbeitsstage_Faktor}$$
- Erläuterung: Kosten der jeweiligen strategischen bzw. operativen Mitarbeiter. Der Lagernutzungsgrad für Flächen- Platz- und Raumnutzung wird einbezogen, um nutzungsgradabhängige Lauf- und Handlingsaufwände bei den Personalkosten einzubeziehen. Gleichermaßen wird die Abweichung der Arbeitstage pro Jahr von der Anzahl Standardarbeitstage von 250 Arbeitstagen p.a. berücksichtigt.
- Typ: operativ, strategisch
- Einflussgröße: Anzahl der Mitarbeiter „strategisch“, „operativ“, Wareneingang, Kommissionierung, Verpackung, Versandbereitstellung, Transport, Service und Wartung und Sonstige, Lagernutzungsgrad für Flächen- Platz- und Raumnutzung
- Wirkungsgröße: Betriebskosten, gesamt pro Jahr, Amortisationszeit

Anzahl Mitarbeiter (10.1)

In dieser Gruppe befinden sich die Ausgabeparameter für die auf die Anzahl Mitarbeiter, gesamt bezogenen Kennzahlen.

Anzahl Mitarbeiter, gesamt (10.1)

- Definition: Ausgabevariable

$$\sum \text{aller Mitarbeiter}$$
 (gerundet auf ganze Zahl)
- Erläuterung: Anzahl aller strategischen, organisatorischen und operativen Mitarbeiter.
- Typ: operativ, strategisch
- Einflussgröße: Anzahl strategische Mitarbeiter, Anzahl organisatorische Mitarbeiter, Anzahl operative Mitarbeiter
- Wirkungsgröße: Anzahl Mitarbeiter, gesamt

Mitarbeiter „strategisch“ (10.1.1)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\text{Gesamt_Invest}}{10 \text{ Mio. €}}$$
 (gerundet auf ganze Zahl)
- Erläuterung: Anzahl der strategischen Mitarbeiter in Abhängigkeit des Gesamt-Invests. Definition: Je 10 Mio. Euro ein strategischer Mitarbeiter.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Gesamt-Invest inkl. Grundstück, Gebäude, Technik und Brandschutz
- Wirkungsgröße: Personalkosten pro Jahr

Mitarbeiter „organisatorisch“ (10.1.2)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum \text{Lagerfunktionen} * \text{Anzahl der Arbeitsschichten}}{\sum \text{Lagerfunktionswerte}}$$
 (gerundet auf ganze Zahl)
- Erläuterung: Die Anzahl der organisatorischen Werker ergibt sich aus den im Intralogistiksystem man. oder autom. ausgeführten Lagerfunktionen (z.B. Leitstand, Wareneingang, Einlagerung, Crossdocking usw.) sowie der Anzahl der Arbeitsschichten. Je Lagerfunktion wird ein Funktionswert von „1“ für manuelle Ausführung und „2“ für automatisierte Ausführung vergeben. In diesem Bereich auch Aufgaben der Administration enthalten. Mit zunehmender Automatisierung der einzelnen Lagerfunktionen steigt die Summe der Lagerfunktionswerte, wodurch der Bedarf der organisatorischen Mitarbeiter für z.B. Gruppenleitung Wareneingang, Kommissionierung oder Versand sinkt.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Summe aller Systemfunktionen, Summe der Funktionswerte in jeweiliger Anhängigkeit von der man. oder autom. Ausführung
- Wirkungsgröße: Personalkosten pro Jahr

Mitarbeiter Wareneingang (10.1.3)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum \text{Picks pro Stunde}}{\emptyset \text{ Picks} / \text{WE_Pos.} * \text{Leistung je Werke/Std} * \text{WE_Annahmezeit} * \text{Lieferanten_Faktor} * \text{LHM_Qualitäts_Faktor} * \text{Qualitätssicherungs_FaktorWE}}$$
 (gerundet auf ganze Zahl)
- Erläuterung: Anzahl der operativen Mitarbeiter im WE in Abhängigkeit vom Artikelverbrauch, der Leistung je Werker und Warenannahmezeit. Zusätzlich wird die Anzahl der Werker durch die Anzahl der Lieferanten und evtl. niedrige Qualität der Ladehilfsmittel und von Qualitätssicherungsaufgaben beeinflusst.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Anzahl Picks pro Tag, Ø Picks pro WE-Position, WE-Positionen pro Werker, Ø Warenannahmezeit, Lieferanten-Faktor, Ladehilfsmittel-Qualitäts-Faktor, Qualitätssicherungs-Faktor WE
- Wirkungsgröße: Personalkosten pro Jahr

Mitarbeiter Kommissionierung (10.1.4)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum \text{Picks pro Stunde}}{\text{Kom_Leistung pro Werker/Std} * \text{Betriebszeit} * \frac{\text{LHM_Qualitäts_Faktor} * \text{Verpackungsqualitäts_Faktor}}{\text{ABC_Struktur Pick_Faktor}} * \text{Qualitätssicherungs_FaktorKomm.}}$$
 (gerundet auf ganze Zahl)
- Erläuterung: Anzahl der operativen Mitarbeiter in der Kommissionierung in

Abhängigkeit vom Artikelverbrauch, der Leistung pro Werker und der Betriebsdauer.

Zusätzlich wird die Anzahl der Werker durch evtl. geringere Qualität der Ladehilfsmittel und Verpackungsqualität sowie von der ABC-Struktur und Qualitätssicherungsaufgaben beeinflusst.

- Typ: operativ
- Einflussgröße: Anzahl Picks pro Tag, Ø Picks pro WE-Position, Pickleistung pro Werker, Betriebsdauer, Lieferanten-Faktor, Ladehilfsmittel-Qualitäts-Faktor, Verpackungsqualitäts-Faktor
- Wirkungsgröße: Personalkosten pro Jahr

Mitarbeiter Verpackung (10.1.5)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\Sigma \text{Versandeinheiten pro Stunde}}{\text{Verpack_Leistung pro Werker/Std} * \text{Betriebszeit}}$$
 - * *LHM_Qualitäts_Faktor*
 - * *Verpackungsqualitäts_Faktor*
 - * *Qualitätssicherungs_Faktor_Versand*
 (gerundet auf ganze Zahl)
- Erläuterung: Anzahl der operativen Mitarbeiter in der Verpackung in Anhängigkeit von den durch Bestellungen erzeugten Versandeinheiten, der Leistung pro Werker und der Betriebsdauer.
 Zusätzlich kann die Anzahl der Werker durch evtl. niedrige Qualität der Ladehilfsmittel und Artikelverpackung sowie die Qualitätssicherungsaufgaben erhöht werden.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Ø Versandeinheiten pro Tag, Leistung pro Werker, Betriebsdauer, Ladehilfsmittel-Qualitäts-Faktor, Verpackungsqualitäts-Faktor, Qualitätssicherungs-Faktor-Versand
- Wirkungsgröße: Personalkosten pro Jahr

Mitarbeiter Versand (10.1.6)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\Sigma \text{Verpackungseinheiten pro Stunde}}{\text{Versandbereitstellungen pro Werker/Std} * \text{Betriebszeit}}$$
 - * *LHM_Qualitäts_Faktor* * *Verpackungsqualitäts_Faktor*
 (aufgerundet auf ganze Zahl)
- Erläuterung: Anzahl der operativen Mitarbeiter im Versand in Anhängigkeit von den durch Bestellungen erzeugten Versandeinheiten, der Leistung pro Werker und der Betriebsdauer. Zusätzlich kann die Anzahl der Werker durch evtl. niedrige Qualität der Ladehilfsmittel und Artikelverpackung erhöht werden.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Ø Versandeinheiten pro Tag, Leistung pro Werker, Betriebsdauer, Ladehilfsmittel-Qualitäts-Faktor, Verpackungsqualitäts-Faktor
- Wirkungsgröße: Personalkosten pro Jahr

Mitarbeiter Interner Transport (10.1.7)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\text{Anzahl aktiver Artikel} * \text{Bedarf je Artikel pro Stunde}}{\text{Versandbereitstellungen pro Werker/Std} * \text{Betriebszeit}}$$
 - * Anzahl Artikel bezogen auf Pal – Volumen
 - * LHM_Qualitäts_Faktor
 - * Anteil man. Transportstrecken
 (aufgerundet auf ganze Zahl)
- Erläuterung: Anzahl der operativen Mitarbeiter für manuellen internen Transport durch Stapler in Abhängigkeit vom Artikelverbrauch, des Artikelvolumen, der Leistung pro Werker, der Betriebsdauer sowie dem Anteil der nicht automatisierten Transportstrecken.
 Zusätzlich kann die Anzahl der Werker durch evtl. niedrige Qualität der Ladehilfsmittel und Artikelverpackung erhöht werden.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Ø Bedarf je Artikel / Monat, Anzahl Arbeitstage pro Jahr, Aktive Artikel, Ø Größe pro Pickeinheit, Leistung pro Werker, Betriebsdauer, Ladehilfsmittel-Qualitäts-Faktor, Verpackungsqualitäts-Faktor, Anteil autom. Transportstrecken
- Wirkungsgröße: Personalkosten pro Jahr

Mitarbeiter Service/ Wartung (10.1.8)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\Sigma \text{Technikkomponenten}}{100} * \text{Anzahl der Arbeits_Schichten}$$
 - * Zugänglichkeits_Faktor
 (gerundet auf ganze Zahl)
- Erläuterung: Anzahl der operativen Mitarbeiter für Service und Wartung in Anhängigkeit von der Anzahl installierter Technikkomponenten wie Stetigförderer, Regalbediengeräte, DV/IT- Komponenten, usw.
 Definition: Zur Abdeckung eines umfassenden Service bzw. der ständigen Wartung wird als Durchschnittswert je 100 installierten Technikkomponenten wie Bandförderer, Heber, RBGs, Etikettierer usw. ein Servicemitarbeiter angenommen.
 Die Anzahl der Werker wird außerdem durch die Anzahl der Arbeitsschichten und durch den Zugänglichkeits-Faktor bestimmt.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Anzahl Stetig-Fördermittel, Anzahl Unstetig-Fördermittel, Anzahl Handlings- Hilfsausstattung, Anzahl DV/IT- Komponenten, Arbeitsschichten pro Tag, Zugänglichkeits-Faktor
- Wirkungsgröße: Personalkosten pro Jahr

Mitarbeiter Sonstiges (10.1.9)

- Definition: Eingabevariable
- Erläuterung: Anzahl der sonstigen Mitarbeiter für Nebentätigkeiten, die nicht direkt einem Arbeitsbereich zugeordnet werden können, z.B. für allgemeine Lager- und Aufräumarbeiten oder Müllentsorgung usw.

- Typ: operativ
- Einflussgröße: Personaldisposition
- Wirkungsgröße: Personalkosten pro Jahr

Personalkosten-Faktor, gewichtet (10.1.10)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\text{Personalkosten_Faktor}}{\text{Ergonomie_Faktor}}$$
- Erläuterung: Der gewichtete Personalkosten-Faktor stellt den Personalkostenzuschlag für Krankheit, Urlaub, Überstunden, persönliche Verteilzeit usw. dar, in Anhängigkeit von der Ergonomie der Arbeitsplätze. Mit steigender Ergonomie sinkt der gewichtete Personalkosten-Faktor, da die Arbeitsleistung durch verbesserte Arbeitsumfeld-Bedingungen steigt.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Personaldisposition, Basisparameter
- Wirkungsgröße: Anzahl strategischer und organisatorischer Mitarbeiter sowie Anzahl der Werker für Wareneingang (operativ), Kommissionierung (operativ), Verpackung (operativ), Versandbereitstellung (operativ), Interner Transport (operativ), Service/Wartung (operativ und Sonstige (operativ), Personalkosten pro Jahr

Leistung Mitarbeiter (10.2)

In dieser Gruppe befinden sich die Ausgabeparameter für die auf die Leistung Mitarbeiter bezogenen Kennzahlen.

WE-Positionen pro Werker und Stunde (10.2.1)

- Definition: Ausgabevariable

$$\text{Vorgegebene Leistung lt. Basisparameter} * \frac{\text{Ergonomie_Faktor}}{\text{Lieferanten_Faktor}}$$
- Erläuterung: Bei der WE-Leistung je Werker wird die Anzahl der Lieferanten durch den Lieferanten Faktor, der mit zunehmender Lieferantenmenge die WE-Leistung reduziert und die Ergonomie des Arbeitsplatzes einbezogen.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Basisparameter für personalbezogene Leistung, Ergonomie-Faktor, Lieferanten-Faktor
- Wirkungsgröße: Anzahl der Kommissionierer

Kommissionierungen pro Werker und Stunde (10.2.2)

- Definition: Ausgabevariable

$$\text{Vorgegebene Leistung lt. Basisparameter} * \frac{\text{Ergonomie_Faktor}}{\text{ABC_Struktur Pick_Faktor}}$$
- Erläuterung: Bei der Kommissionierleistung wird neben dem Ergonomie-Faktor auch die ABC-Struktur einbezogen.
Bei großem A-Anteil (>80%) steigt die Komm.-Leistung
Bei geringem A-Anteil (<80%) fällt die Komm.-Leistung
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Basisparameter für personalbezogene Leistung, Ergonomie-Faktor, ABC-

- Struktur-Faktor
- Wirkungsgröße: Anzahl der Kommissionierer

Versandverpackungen pro Werker und Stunde (10.2.3)

- Definition: Ausgabevariable
*Vorgegebene Leistung lt. Basisparameter * Ergonomie_Faktor * Verpackungsqualitäts_Faktor*
- Erläuterung: Versandkartonfertigstellung pro Stunde inkl. evtl. Zusatzaufgaben, wie Einlegen von Rechnung, Werbung usw. Bei der Leistung im Versand werden der Ergonomie-Faktor und der Verpackungsqualitäts-Faktor einbezogen.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Basisparameter für personalbezogene Leistung, Ergonomie-Faktor
- Wirkungsgröße: Anzahl der Werker im Versand

Versandbereitstellungen pro Werker und Stunde (10.2.4)

- Definition: Ausgabevariable
*Vorgegebene Leistung lt. Basisparameter * Ergonomie_Faktor*
- Erläuterung: Warenausgang Versandkartonbereitstellungen pro Stunde. Bei der Leistung wird der Ergonomie-Faktor einbezogen.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Basisparameter für personalbezogene Leistung, Ergonomie-Faktor
- Wirkungsgröße: Anzahl der Werker im Warenausgangsbereich

Interne Transporte pro Werker und Stunde (10.2.5)

- Definition: Ausgabevariable
*Vorgegebene Leistung lt. Basisparameter * Ergonomie_Faktor*
- Erläuterung: Interne Transporte von Waren, die nicht auf autom. Transportstrecken transportiert werden. Bei der Leistung wird der Ergonomie-Faktor einbezogen.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Basisparameter für personalbezogene Leistung, Ergonomie-Faktor
- Wirkungsgröße: Anzahl der Werker für interne Transporte

Ergonomie Arbeitsplatz (10.3)

In dieser Gruppe befinden sich die Auswahlfelder und Ausgabeparameter für die auf die Ergonomie Arbeitsplatz bezogenen Kennzahlen.

Arbeitsplatz-bezogen (10.3.1):

Augenwinkel für Info-Erhalt (10.3.1.1)

- Definition: Auswahlfeld: $<65^\circ / >65^\circ$
- Erläuterung: Der Winkel zwischen waagerechten Augenachse und Informationsquelle zur Informationsaufnahme sollte $<65^\circ$ betragen, um einen ermüdungsfreien Arbeitsablauf zu erzielen. Bei Erfüllung dieser Bedingung kann die Arbeitsleistung um 2,5% gesteigert werden.

- Typ: operativ
- Einflussgröße: Arbeitsplatzausführung und -ausstattung
- Wirkungsgröße: Ergonomie-Faktor

Drehwinkel bei Ablage (10.3.1.2)

- Definition: Auswahlfeld: $<30^\circ / >30^\circ$
- Erläuterung: Der Torsionswinkel des Körpers zur Ablage des bewegten Produktes sollte $<30^\circ$ betragen, um einen ermüdungsfreien Arbeitsablauf zu erzielen. Bei Erfüllung dieser Bedingung kann die Arbeitsleistung um 2,5% gesteigert werden.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Arbeitsplatzausführung und -Ausstattung
- Wirkungsgröße: Ergonomie-Faktor

Reichweite, Schrittweite (10.3.1.3)

- Definition: Auswahlfeld: $<1\text{ m} / >1\text{ m}$
- Erläuterung: Die Reichweite bzw. Schrittweite zur Ablage des bewegten oder zu greifenden Produktes sollte $<1\text{ m}$ betragen, um einen ermüdungsfreien Arbeitsablauf zu erzielen. Bei Erfüllung dieser Bedingung kann die Arbeitsleistung um 2,5 % gesteigert werden.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Arbeitsplatzausführung und -ausstattung
- Wirkungsgröße: Ergonomie-Faktor

Höheneinstellbarkeit (10.3.1.4)

- Definition: Auswahlfeld: ja / nein
- Erläuterung: Die Höheneinstellbarkeit zur Ablage bzw. zum Greifen des bewegten Produktes sollte vorhanden sein, um einen ermüdungsfreien Arbeitsablauf zu erzielen. Bei Erfüllung dieser Bedingung kann die Arbeitsleistung um 2,5 % gesteigert werden.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Arbeitsplatzausführung und -ausstattung
- Wirkungsgröße: Ergonomie-Faktor

Materialtyp mit Körperberührung (10.3.1.5)

- Definition: Auswahlfeld: Bio/ Stahl
- Erläuterung: Die Berührungsflächen des Arbeitsplatzes sollten aus einem behaglichen Material wie Holz, Kunststoff o.ä. ausgeführt sein, um einen ermüdungsfreien Arbeitsablauf zu erzielen. Bei Erfüllung dieser Bedingung kann die Arbeitsleistung um 2,5 % gesteigert werden.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Arbeitsplatzausführung und -Ausstattung
- Wirkungsgröße: Ergonomie-Faktor

Artikel-bezogen (10.3.2):

Produktgewicht (10.3.2.1)

- Definition: Auswahlfeld: <1 kg/ >1 kg
- Erläuterung: Das Gewicht des bewegten Produktes sollte <1 kg betragen, um einen ermüdungsfreien Arbeitsablauf zu erzielen. Bei Erfüllung dieser Bedingung kann die Arbeitsleistung um 2,5 % gesteigert werden.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Arbeitsplatzausführung und -ausstattung
- Wirkungsgröße: Ergonomie-Faktor

Umfeld-bezogen (10.3.3):

Geräusch (10.3.3.1)

- Definition: Auswahlfeld: <65 dB/ >65 dB
- Erläuterung: Die Geräuschbelastung am Arbeitsplatz sollte <65 dB betragen, um einen ermüdungsfreien Arbeitsablauf zu erzielen. Bei Erfüllung dieser Bedingung kann die Arbeitsleistung um 2,5 % gesteigert werden.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Arbeitsplatzausführung und -ausstattung
- Wirkungsgröße: Ergonomie-Faktor

Temperatur (10.3.3.2)

- Definition: Auswahlfeld: <25 °C/ >25 °C
- Erläuterung: Die Temperaturbelastung am Arbeitsplatz sollte <25° C betragen, um einen ermüdungsfreien Arbeitsablauf zu erzielen. Bei Erfüllung dieser Bedingung kann die Arbeitsleistung um 2,5 % gesteigert werden.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Arbeitsplatzausführung und -ausstattung
- Wirkungsgröße: Ergonomie-Faktor

Feuchte (10.3.3.3)

- Definition: Auswahlfeld: <70 %/ >70 %
- Erläuterung: Die Belastung durch Luftfeuchtigkeit am Arbeitsplatz sollte <70 % betragen, um einen ermüdungsfreien Arbeitsablauf zu erzielen. Bei Erfüllung dieser Bedingung kann die Arbeitsleistung um 2,5 % gesteigert werden.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Arbeitsplatzausführung und -ausstattung
- Wirkungsgröße: Ergonomie-Faktor

Zugluft (10.3.3.4)

- Definition: Auswahlfeld: ja/ nein
- Erläuterung: Zugluft sollte am Arbeitsplatz vermieden werden, um einen ermüdungsfreien Arbeitsablauf zu erzielen. Bei Erfüllung dieser Bedingung kann die Arbeitsleistung um 2,5 % gesteigert werden.

- Typ: operativ
- Einflussgröße: Arbeitsplatzausführung und -ausstattung
- Wirkungsgröße: Ergonomie-Faktor

Arbeitsplatz Ergonomie-Faktor (10.3.4)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Der Faktor für Ergonomie gibt die mögliche Leistungssteigerung bei Optimierung der Ergonomie am Arbeitsplatz an.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Augenwinkel für Info-Erhalt, Drehwinkel bei Ablage, Reichweite, Schrittweite, Höhenverstellbarkeit, Materialtyp mit Körperberührung, Produktgewicht, Geräusch, Temperatur, Feuchte und Zugluft
- Wirkungsgröße: Arbeitsleistung bei WE-Positionen pro Werker, Kommissionierungen pro Werker, Versandverpackungen pro Werker, Versandbereitstellungen pro Werker und interne Transporte pro Werker

13.12. **Konzept, Zusammenführung der wesentlichen Kenngrößen (11)**

In diesem Bereich werden alle bisher gewonnenen Absolut- und Relativkennzahlen zusammengeführt bzw. in Beziehung zueinander gesetzt. Hieraus ergibt sich der Gesamtüberblick auf das zu bewertende System, wobei die gewonnenen Kennzahlen den Gruppen Struktur- und Rahmen-, Produktivitäts-, Wirtschaftlichkeits- und Qualitätskennzahlen [Sch08b] zugeordnet sind.

Struktur- und Rahmenkennzahlen (11.1)

In dieser Gruppe befinden sich die Ausgabeparameter für die auf Struktur- und Rahmen bezogene Kennzahlen.

Gesamt-Invest (11.1.1)

- Definition: Ausgabevariable
 $\sum Invest\ Grundstück + Invest\ Gebäude + Invest\ Technik + Invest\ Brandschutz$
- Erläuterung: Gesamt-Investitionskosten für das Intralogistiksystem.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Invest für Grundstück, Gebäude, Technik und Brandschutz.
- Wirkungsgröße: Amortisationsdauer, Anzahl der strategischen Mitarbeiter

Invest Grundstück (11.1.1.1)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Investitionskosten für das gesamte Grundstück inkl. Außenflächen, Parkplätze usw., das für das Intralogistiksystem beschafft wird.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Führungsebene des Unternehmens
- Wirkungsgröße: Gesamt-Invest, Kapitalkosten, Restwert nach Abschreibungsdauer

Invest Gebäude (11.1.1.2)

- Definition: Ausgabevariable

- Erläuterung: Erstellungskosten der Lagergebäude abzüglich evtl. vorhandener Silobauten, die als Technikanteil in den Technik-Invest einbezogen werden.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Führungsebene des Unternehmens
- Wirkungsgröße: Gesamt-Invest, Abschreibung Gebäude pro Jahr, Betriebskosten Gebäude pro Jahr, Kapitalkosten pro Jahr, Restwert nach Abschreibungsdauer

Invest Technik (11.1.1.3)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Investitionskosten für die zum Betrieb des Intralogistiksystems erforderliche Lager- und Transporttechnik inkl. DV/IT-technische Einrichtungen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: DV/IT-für Organisation der Lagerarten und -Funktionen, DV / IT Komponenten, Regalierung, Lagerplätze, Automatisierungstechnik, Fördertechnik, Stetigförderer, Fördertechnik, Unstetigförderer, Brandschutz, Hilfsausstattung, Ladehilfsmittel, Ladehilfsmittelqualität und Arbeitsplätze, die physikalisch installiert sind.
- Wirkungsgröße: Gesamt-Invest, Abschreibung Technik pro Jahr, Betriebskosten Technik pro Jahr, Kapitalkosten pro Jahr, Restwert nach Abschreibungsdauer

Invest Brandschutz (11.1.1.4)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Investitionskosten für den Brandschutz des Intralogistiksystems erforderliche technische Einrichtungen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Vorgaben durch Kosten für Sprinklerung, Sprinkler-Pumpstation, Löschwasser-Speicher und Löschwasser-Wanne.
- Wirkungsgröße: Gesamt-Invest, Abschreibung Technik pro Jahr, Betriebskosten Technik pro Jahr, Kapitalkosten pro Jahr, Restwert nach Abschreibungsdauer

Abschreibung, gesamt (11.1.2)

- Definition: Ausgabevariable
 $\sum \text{Abschreibung Gebäude pro Jahr} + \text{Abschreibung Technik pro Jahr}$
- Erläuterung: Gesamtabschreibungswert pro Jahr für das gesamte Intralogistiksystem. Das Grundstück wird nicht abgeschrieben, da die Leistung des Intralogistiksystems keine Wertminderung des Grundstücks bewirkt.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Invest für Grundstück, Gebäude, Technik und Brandschutz.
- Wirkungsgröße: Amortisationsdauer, Gesamtabschreibungswert pro Jahr

Abschreibung Grundstück (11.1.2.1)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Das Grundstück wird nicht abgeschrieben, da die Leistung des Intralogistiksystems keine Wertminderung des Grundstücks bewirkt.

Aufwendungen für die Kultivierung der Grünflächen sind in den Erstellungskosten für das Gebäude enthalten.

- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Steuerrecht
- Wirkungsgröße: Gesamtabschreibungswert pro Jahr

Abschreibung Gebäude (11.1.2.2)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Abschreibungswert für Gebäude pro Jahr in Abhängigkeit des Prozentsatzes der Abschreibung als Funktion des Baujahres.

Baujahr	Abschreibungs-Faktor
>1900	2,5%
>1924	2,0%
>1985	3,0%
>2000	3,0%

- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Gebäude-Invest, Abschreibungsdauer lt. Steuerrecht
- Wirkungsgröße: Gesamtabschreibungswert pro Jahr

Abschreibung Technik (11.1.2.3)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Abschreibungswert für installierte Technik inkl. evtl. vorhandener Silobauten für Hochregallager.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Abschreibungsdauer, Steuerrecht
- Wirkungsgröße: Gesamtabschreibungswert pro Jahr

Personal-bezogen (11.1.3):

Anzahl Mitarbeiter, gesamt (11.1.3.1)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Anzahl der Mitarbeiter, gesamt
- Typ: operativ und strategisch
- Einflussgröße: Anzahl der operativen und strategischen Mitarbeiter
- Wirkungsgröße: Gesamtpersonalkosten pro Jahr

Mengen-bezogen (11.1.4):

Anzahl Lagerplätze (11.1.4.1)

- Definition: Ausgabevariable
 \sum aller Lagerplätze
- Erläuterung: Zusammenfassung aller im Intralogistiksystem installierten Lagerplätze von , AKL, AKL-Silobau falls vorhanden, HRL, HRL-Silobau falls vorhanden, Blocklager, Fachbodenlager, Durchlauflager Palette, Durchlauflager Karton, Kragarmlager, Paternosterlager und sonstige Lagerplätze.
- Typ: strategisch

- Einflussgröße: Anzahl Lagerplätze
- Wirkungsgröße: \emptyset Lagerplatzkosten

\emptyset Anzahl aktive Artikel (11.1.4.2)

- Definition: Ausgabevariable
(*Lagerartikel + Auftragsartikel*) * 95%
- Erläuterung: Artikel, die zu Erfüllung von Kundenbestellungen benötigt werden. (auftragserfüllende Artikel), Annahme: 5% der Artikel sind ruhende Artikel und gehen daher nicht in die Summenbildung ein.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Disposition des Betreibers
- Wirkungsgröße: Anzahl der A-, B-, und C-Artikel, Anzahl der ruhenden Artikel, durchschnittlicher Wert pro Artikel, Lieferanten-Faktor

\emptyset Aufträge pro Tag (11.1.4.3)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: \emptyset Anzahl der Aufträge pro Tag, die im Intralogistiksystem taggleich abzuarbeiten sind. Sammelaufträge, Wochenlieferungen usw. werden in die täglichen Aufträge einbezogen.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Bestellverhalten der Kunden
- Wirkungsgröße: Picks pro Tag, Versandeinheiten pro Tag, \emptyset Bedarf je Artikel/ Monat, Systemauslastungsgrad

\emptyset verpackte Aufträge pro Tag (11.1.4.4)

- Definition: Ausgabevariable
 \emptyset Anzahl Aufträge pro Tag
– *Anzahl Aufträge mit Terminverzug pro Tag*
- Erläuterung: Die Anzahl der verpackten Aufträge für taggleiche Auftragsfertigstellung reduziert sich durch die Anzahl der Aufträge, die nicht termingerecht abgewickelt werden können. .
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Anzahl Aufträge pro Tag, Aufträge mit Terminverzug pro Tag
- Wirkungsgröße: Systembewertung

\emptyset Anzahl Lieferanten (11.1.4.5)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Anzahl der zur Erfüllung von Kundenaufträgen erforderlichen zuliefernden Lieferanten. Hierbei handelt es sich sowohl um die Lieferanten der Lagerartikel, die ständig am Lager vorgehalten werden, als auch um Auftragsartikel, die bei Bedarf beschafft werden.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Marktstrategie des Betreibers
- Wirkungsgröße: Lieferanten-Faktor

Anzahl Stetig-Fördermittel (11.1.4.6)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum \text{aller Stetik_Förderstrecken}}{5m} + \frac{\sum \text{aller Sorterstrecken}}{50m} + \frac{\sum \text{aller Elektrohängebahnstrecken}}{20m}$$
- Erläuterung: Zusammenfassung aller im Intralogistiksystem installierten Stetig-Fördermittel-Elemente.
 Definition:
 Segmentlänge Stetig-Förderstrecken = 5m
 Segmentlänge Sorterstrecken = 50m
 Segmentlänge Elektrohängebahnen = 20m
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Installierte Stetig-Fördermittel-Strecken, Segmentgrößen von Stetig-Förderstrecken, Sorterstrecken und Elektrohängebahnen.
- Wirkungsgröße: Personal für Service/ Wartung, Verfügbarkeitsfaktor Stetigförderer

Anzahl Unstetig-Fördermittel (11.1.4.7)

- Definition: Ausgabevariable

$$\sum \text{aller Unstetik_Förderer}$$
- Erläuterung: Zusammenfassung aller im Intralogistiksystem installierten Unstetig-Fördermittel-Elemente wie Elektrohängebahngondeln, Vertikallift, AKL-RBG, AKL-RBG (gangwechselnd), HRL-RBG, HRL-RBG (gangwechselnd), Verschiebewagen, Standardstapler, Schmalgangstapler, Breitgangstapler, Handhubwagen, Elektrohubwagen, Pickwagen manuell und Sondergeräte als frei verfügbare Komponenten.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Transportbedarf mit manueller bzw. automatisierter Fördertechnik.
- Wirkungsgröße: Personal für Service/ Wartung, Verfügbarkeitsfaktor Unstetigförderer

Anzahl Handlings-Hilfsausstattung (11.1.4.8)

- Definition: Ausgabevariable

$$\sum \text{aller Handlings_Hilfsausstattungen}$$
- Erläuterung: Zusammenfassung aller im Intralogistiksystem installierten Handlings-Hilfsausstattungen wie Etikettierer, Umreifer, Waagen, Wickler, Kartonaufrichter, Palettierer, Depalettierer sowie Sondergeräte als frei einsetzbare Komponenten.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Handlingsbedarf für Produkthandling zur Auftragserfüllung.
- Wirkungsgröße: Personal für Service/ Wartung, Verfügbarkeitsfaktor Handlings-Hilfsausstattung.

Anzahl DV/IT-Komponenten (11.1.4.9)

- Definition: Ausgabevariable

$$\sum \text{aller DV/IT - Komponenten}$$
- Erläuterung: Anzahl der am Prozess beteiligten zentralen Systemeinheiten wie LVS-Server und Materialfluss-Rechner sowie der dezentralen Peripherie wie

- Sonderdrucker, Printserver, Funkserver, PC-Arbeitsplätze, Mobile Datenerfassung, Netzwerk sowie Sonstiges für nicht näher spezifizierte DV/IT Geräte.
- Typ: strategisch
 - Einflussgröße: DV/IT-Ausstattungstiefe in Anhängigkeit von den abzubildenden Lagerprozessen.
 - Wirkungsgröße: Personal für Service/ Wartung, Verfügbarkeitsfaktor DV/IT-Komponenten.

Energie-bezogen (11.1.5):

Installierte Leistung (11.1.5.1)

- Definition: Ausgabevariable
 \sum aller installierter Wirkleistungen
- Erläuterung: Summe der installierten Wirkleistungen aller installierten Technikkomponenten inkl. TGA²⁷, LVS-Server und Materialfluss-Rechner sowie der dezentralen Peripherie wie Sonderdrucker, Printserver, Funkserver, PC-Arbeitsplätze, Mobile Datenerfassung, Netzwerk sowie Sonstiges für nicht näher spezifizierte Elektrogeräte.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Wirkleistung der einzelnen Verbraucher
- Wirkungsgröße: Energieaufnahme, Systembewertung

Ø Energieaufnahme (Scheinleistung) (11.1.5.2)

- Definition: Ausgabevariable
 \sum aller installierter bzw. Auftragslast abhängige Wirkleistungen
* Elektrischem Wirkungsgrad
* Gleichzeitigkeits_Faktor
* Überdimensionierungs_Faktor
- Erläuterung: Summe der installierten Scheinleistungen aller installierten Technikkomponenten inkl. TGA, LVS-Server und Materialfluss-Rechner sowie der dezentralen Peripherie wie Sonderdrucker, Printserver, Funkserver, PC-Arbeitsplätze, Mobile Datenerfassung, Netzwerk sowie Sonstiges für nicht näher spezifizierte Elektrogeräte und auftragslastabhängige Scheinleistungen der Unstetigförderer.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Wirkleistung der einzelnen Verbraucher, Elektrischer Wirkungsgrad, Überdimensionierungs-Faktor, Gleichzeitigkeits-Faktor
- Wirkungsgröße: Energieaufnahme, Systembewertung

Ø Energieaufnahme pro Jahr (11.1.5.3)

- Definition: Ausgabevariable

²⁷ Technische Gebäudeausstattung wie Heizung, Klima, Beleuchtung und sonstige Verbraucher.

$$\frac{(Inst. Leistung lastunabhängiger Verbraucher + inst. Leistung lastabhängiger Verbraucher)}{elektrischen Wirkungsgrad}$$

* Anzahl Arbeitstage pro Jahr

* Gleichzeitigkeits_Faktor

* Überdimensionierungs_Faktor

- Erläuterung: Summe der vom Energieversorger pro Jahr bereitzustellenden und vom Betreiber des Intralogistiksystems zu finanzierenden Energie, um die installierte von der Auftragsmenge lastabhängige Wirkleistung umzusetzen. Hierbei wird Lastabhängigkeit von der Anzahl der Picks als Funktion der Anzahl der Aufträge und der damit verbundenen Lagerbewegungen durch Regalbediengeräte sowie die Lastabhängigkeit von der Anzahl der Versandeinheiten als Funktion der Aufträge und damit Lastbeaufschlagung der Hilfsaggregate, die mit den Funktionen der Versandeinheitenbildung zusammenhängen berücksichtigt.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Summe Wirkleistung der einzelnen lastunabhängigen Verbraucher, Summe Wirkleistung der lastabhängigen Verbraucher, Nutzungsdauer in Tagen pro Jahr, elektrischer Wirkungsgrad, Gleichzeitigkeits-Faktor, Überdimensionierungs-Faktor
- Wirkungsgröße: CO₂ Emission, Systembewertung

Ø Energierückspeisung pro Jahr (11.1.5.4)

- Definition: Ausgabevariable
 $\sum \text{aller Photovoltaikflächen} * \text{Photovoltaik_Energiegewinnung je m}^3$
- Erläuterung: Energiegewinnung durch Photovoltaik, der durchschnittliche Wert für die Energiegewinnung ist über das gesamte Jahr gemittelt.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Lagerdachfläche, Energiegewinnung je m³Photovoltaikanlage
- Wirkungsgröße: CO₂ Emission, Betriebskosten Technik, Betriebskosten gesamt

Ø CO₂ Emission (11.1.5.5)

- Definition: Ausgabevariable
 $\text{Ø Energieaufnahme pro Jahr} * \text{CO}_2 \text{ Ausstoß je erzeugter KWh}$
- Erläuterung: Rechnerische CO₂ Emission anhand der vom Umweltbundesamt herausgegebenen Werte je erzeugter KWh. Ø Energieaufnahme pro Jahr, CO₂ Ausstoß je erzeugter KWh
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Ø Energieaufnahme pro Jahr, CO₂ Ausstoß je erzeugter KWh
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Produktivitätskennzahlen (11.2)

In dieser Gruppe befinden sich die Ausgabeparameter für die auf die Produktivität bezogene Kennzahlen.

Invest-bezogen (11.2.1):

Lagerflächen-Nutzungsgrad (11.2.1.1)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum \text{Einzel_Lagerflächen_Belegungen}}{\text{Anzahl der unterschiedlichen Lagerflächentypen}}$$
- Erläuterung: Arithmetischer Mittelwert aller Einzellagerflächen-Belegungen bzw. Lagerflächen-Nutzungsgrade. Der Flächennutzungsgrad ist gleich dem Verhältnis von genutzter Lagerfläche zu verfügbarer Lagerfläche, bezogen auf das gesamte Intralogistiksystem.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Einzellagerflächenbelegung
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Lagerplatz-Nutzungsgrad (11.2.1.2)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum \text{Einzel_Lagerplatz_Belegungen}}{\text{Anzahl der unterschiedlichen Lagerplatztypen}}$$
- Erläuterung: Arithmetischer Mittelwert aller Einzellagerplatz-Belegungen bzw. Lagerplatz-Nutzungsgrade. Der Lagerplatznutzungsgrad ist gleich dem Verhältnis von genutzten Lagerplätzen zu verfügbaren Lagerplätzen, bezogen auf das gesamte Intralogistiksystem.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Einzellagerplatzbelegung
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Lagerraum-Nutzungsgrad (11.2.1.3)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum \text{Einzel_Lagerraum_Belegungen}}{\text{Anzahl der unterschiedlichen Lagerraumtypen}}$$
- Erläuterung: Arithmetischer Mittelwert aller Einzellagerraum-Belegungen bzw. Lagerraum-Nutzungsgrade. Der Lagerraumnutzungsgrad ist gleich dem Verhältnis von genutztem Lagerraum zu verfügbarem Lagerraum, bezogen auf das gesamte Intralogistiksystem.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Einzellagerraumbelegung
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Bereitschaftsgrad der Anlage (11.2.1.4)

- Definition: Ausgabevariable

$$\text{Technische Gesamtverfügbarkeit} * \text{Betriebliche Gesamtverfügbarkeit}$$
- Erläuterung: Der Bereitschaftsgrad der Anlage gibt Aufschluss über die Güte des Intralogistiksystems aus technischer und operativer Sicht.

- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Technische Gesamtverfügbarkeit, betriebliche Gesamtverfügbarkeit
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Automatisierte Transportstrecken (11.2.1.5)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Anteil der automatisierten Lagertransporte, die zur Warenbewegung innerhalb des Intralogistiksystems durchgeführt werden.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Automatisierte Transportstrecken, Gesamttransportstrecken
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Anteil Lagerplätze mit autom. Zugriff (11.2.1.6)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum \text{Lagerplätze mit autom. Zugriff}}{\sum \text{aller Lagerplätze}} * 100\%$$
- Erläuterung: Automatisierungsgrad in Bezug auf die Zugriffsausführung auf Lagerplätze.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Anzahl der AKL-Stellplätze, AKL-Stellplätze in Silobauweise, HRL-Stellplätze, HRL-Stellplätze in Silobauweise, Lagerplätze in Blocklager, Fachbodenlager, Durchlauflager Palette, Durchlauflager Karton, Kragarmlager, Paternosterlager sowie sonstige Lagerplätze
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Betrieblicher Systemnutzungsgrad (11.2.1.7)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\text{Betriebliche Gesamtverfügbarkeit} * \text{Betreibsdauer}}{24 \text{ Std}}$$
- Erläuterung: Betrieblicher Systemnutzungsgrad [May08] bezogen auf maximale Nutzung des Systems über 24 Stunden.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Diese Vorgabe ist abhängig vom Betreiber, der Branche, des Servicegrades usw.
- Wirkungsgröße: Auslastungsgrad, Systembewertung

Auftrag-bezogen (11.2.2):

Kosten pro Pick (11.2.2.1)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum \text{Betriebskosten pro Jahr}}{\sum \text{Picks pro Tag} * \text{Anzahl Arbeitstage pro Jahr}}$$
- Erläuterung: Die Kosten Pro Pick bzw. Greifeinheit beinhalten alle betriebsbedingten Kosten bezogen auf den Betrachtungszeitraum.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Betriebskosten pro Jahr, Ø Picks pro Tag, Anzahl Arbeitstage pro Jahr
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Kosten pro Auftrag (11.2.2.2)

- Definition: Ausgabevariable
($Kosten\ pro\ Pick * \emptyset Pos.\ pro\ Auftrag * \emptyset Picks\ pro\ Position$)
- Erläuterung: Kosten pro Auftrag, rein operativ ohne Leistungskostensätze für Wareneingang, Einlagerung, Auslagerung, Verpackung, Versand und Auftragssteuerung.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Kosten pro Pick, \emptyset Positionen pro Auftrag, \emptyset Picks pro Position
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Kosten pro fertige Versandeinheit (11.2.2.3)

- Definition: Ausgabevariable
 $Kosten\ pro\ Auftrag * \frac{Anzahl\ Pos.\ pro\ Versandeinheit}{Anzahl\ Pos.\ pro\ Auftrag}$
- Erläuterung: Kosten pro Versandeinheit z.B. für fertigen Karton, Palette o.ä., rein operativ ohne Leistungskostensätze für Wareneingang, Einlagerung, Auslagerung, Verpackung, Versand und Auftragssteuerung.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Kosten pro Auftrag, \emptyset Positionen pro Versandeinheit, \emptyset Positionen. pro Auftrag
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Anteil autom. Auftragserfüllungsschritte (11.2.2.4)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Angabe erfolgt in % der insgesamt am Auftrag beteiligten Arbeitsschritte, die automatisiert erfolgen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Systemaufbau
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Anteil autom. Informationsverarbeitungsschritte (11.2.2.5)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Anteil der autom. Informationsverarbeitungsschritte im Verhältnis zu den gesamten Informationsverarbeitungsschritten.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Systemaufbau
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Auftragsdurchlaufzeit (11.2.2.6)

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Zeitdauer vom Beginn Auftragsbearbeitung bis zur Bereitstellung für Versand.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Systemaufbau
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Wirtschaftlichkeitskennzahlen

In dieser Gruppe befinden sich die Ausgabeparameter für die auf die Wirtschaftlichkeit bezogenen Kennzahlen.

Invest-bezogen (11.3.1):

Amortisationszeit (11.3.1.1) [Web99b]

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\text{Gesamtinvest}}{(\text{Abschreibung p. a.} + \text{Gewinn p. a.} + \text{Zins auf Invest p. a.})}$$
- Erläuterung: Der Begriff Amortisation²⁸ bezeichnet heute den Prozess, in dem anfängliche Aufwendungen für ein Objekt durch dadurch entstehende Erträge gedeckt werden. Beim Zins p.a. auf Invest wird davon ausgegangen, dass die Investition nicht aus dem Betriebsvermögen o.ä. bereitgestellt, sondern fremdfinanziert wird. Die Dauer dieses Prozesses wird Amortisationszeit [Jun94] genannt.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Gesamt-Invest, Abschreibung pro Jahr, Gewinn pro Jahr, Zinskosten auf Invest pro Jahr
- Wirkungsgröße: Systembewertung

ROI, Return on Invest (11.3.1.2)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\text{Gewinn pro Jahr}}{\text{Kapitalkosten pro Jahr}}$$
- Erläuterung: Der ROI drückt die jährliche Rentabilität des investierten Kapitals aus. Aus der Berechnung ergibt sich, dass der ROI der Quotient aus Periodengewinn und Kapitaleinsatz ist. Dadurch wird eine periodische Bezugsgröße geschaffen, um den finanziellen Erfolg des ganzen, innerhalb eines Unternehmens gebundenen Kapitals zu beurteilen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Gewinn pro Jahr, Kapitalkosten pro Jahr
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Restwert Grundstück (11.3.1.3)

- Definition: Ausgabevariable

$$\text{Grundstückswert} * (1 + \text{Wertsteigerung p. a.}^{\text{Abschreibedauer Gebäude}})$$
- Erläuterung: Der Wert des Grundstücks wird mit dem Preisleitindex für Industriegebäude beaufschlagt und auf die Dauer der Gebäudeabschreibung, die baujahrabhängig ist, bezogen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Grundstückswert bei Systemstart, Basisparameter Wertsteigerung Grundstück p.a., Basisparameter Gebäude- Abschreibungsdauer in Abhängigkeit des Baujahres

²⁸ Französisch: amortir -> tilgen.

- Wirkungsgröße: Systembewertung

Restwert Gebäude (11.3.1.4)

- Definition: Ausgabevariable

$$\text{Gebäudeinvest} * \left(1 - \frac{\text{Wertverlust Gebäude p. a.}}{\text{Abschreibedauer Gebäude}}\right)$$
- Erläuterung: Gesamtwert des Intralogistik-Gebäudes nach Abschreibungsdauer in Abhängigkeit von Wertverlust pro Jahr. und der Gebäude-Abschreibungsdauer in Abhängigkeit vom Baujahr.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Gebäude-Invest, Basisparameter Wertverlust Gebäude pro Jahr, Basisparameter Abschreibungsdauer Gebäude.
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Restwert Technik (11.3.1.5)

- Definition: Ausgabevariable

$$\text{Technikinvest} * \left(1 - \frac{\text{Wertverlust Technik p. a.}}{\text{Abschreibedauer Technik}}\right)$$
- Erläuterung: Gesamtwert der installierten Technik nach Abschreibungsdauer in Abhängigkeit von Wertverlust p.a. und der Technikabschreibungsdauer.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Technik-Invest, Basisparameter Wertverlust Technik pro Jahr, Basisparameter Abschreibungsdauer Technik.
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Betriebskosten gesamt (11.3.2)

- Definition: Ausgabevariable

$$\sum \text{Betriebskosten für (Gebäude, Technik, Personal, Kapitalkosten für Invest, Kapitalbindungskosten, Müll und Wertstoffkosten)}$$
- Erläuterung: Die Summe der Betriebskosten für Gebäude, Technik, Personal, Kapitalkosten für Invest, Kapitalbindungskosten sowie Müll- und Wertstoffkosten.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Betriebskosten Gebäude, Betriebskosten Technik, Betriebskosten Personal, Kapitalkosten für Invest, Kapitalbindungskosten für Bestand sowie Müll- und Wertstoffkosten
- Wirkungsgröße: Gesamtbetriebskosten, Systembewertung

Betriebskosten Gebäude (11.3.2.1)

- Definition: Ausgabevariable

$$\text{Gebäudeinvest} * \text{Betriebskosten_Faktor_Gebäude}$$
- Erläuterung: Erstellungskosten der Lagergebäude minus evtl. vorhandener Silobauten, die als Technikanteil in den Technik-Invest einzubeziehen sind, werden mit dem Betriebskosten-Faktor-Gebäude belegt.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Gebäude-Invest, Basisparameter Betriebskosten-Faktor-Gebäude

- Wirkungsgröße: Gesamtbetriebskosten, Systembewertung

Betriebskosten Technik (11.3.2.2)

- Definition: Ausgabevariable
 $Technikinvest * Betriebskosten_Faktor\ Technik$
 $+ Energiekosten\ für\ abgerufene\ lastabhängige\ Technikleistung$
 $- Einsparung\ durch\ Photovoltaik$
- Erläuterung: Technik-Investitionen für das Intralogistiksystem werden mit dem Betriebskosten-Faktor Technik belegt, zusätzlich werden die Energiekosten für abgerufene Auftragslast abhängige elektr. Leistung sowie Energiegewinnung durch installierte Photovoltaik-Anlagen einbezogen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Technik-Invest, Basisparameter Betriebskosten-Faktor-Technik
- Wirkungsgröße: Gesamtbetriebskosten, Systembewertung

Betriebskosten Personal (11.3.2.3)

- Definition: Ausgabevariable
 $\sum(Werker * Personalkosten) * Personalkosten_Faktor_gewichtet$
- Erläuterung: Die Summe der Personalkosten per anno werden mit dem gewichteten Personalkosten-Faktor beaufschlagt, der den Personalkostenzuschlag für Krankheit, Urlaub, Überstunden, persönliche Verteilzeit usw. in Anhängigkeit von der Ergonomie der Arbeitsplätze erfasst. Mit steigender Ergonomie sinkt der gewichtete Personalkosten-Faktor, da die Arbeitsleistung durch verbesserte Arbeitsumfeldbedingungen steigt.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Anzahl Mitarbeiter für die Bereiche Strategisch, Organisatorisch, Wareneingang (operativ), Kommissionierung (operativ), Verpackung (operativ), Versandbereitstellung (operativ), Interner Transport (operativ), Service/Wartung (operativ), Sonstige (operativ), Personalkosten-Faktor_gewichtet
- Wirkungsgröße: Gesamtbetriebskosten, Systembewertung

Kapitalkosten (11.3.2.4)

- Definition: Ausgabevariable
 $\frac{Gesamtinvest}{2} * Zinssatz\ für\ Invest$
- Erläuterung: Grundannahme für 1/2 Invest: Als Mittelwert über die Laufzeit der Finanzierung, zu Beginn 100%, zum Laufzeitende 0% Finanzierung, da Annuitätendarlehen angenommen wird.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Invest für Grundstück, Gebäude, Technik und Brandschutz, Zinssatz für Invest
- Wirkungsgröße: Gesamtbetriebskosten, ROI-Return on Invest, Systembewertung

Kapitalbindungskosten (11.3.2.5)

- Definition: Ausgabevariable

$$(Lagerbestandswert * (1 + Bruch_Schwund_Faktor)) \\ * Zinssatz \text{ für Bestand}$$

- Erläuterung: Kapitalbindungskosten für Lagerbestand. Definition: Bestand zzgl. der Verlustrate wird als Kapitalbindungskosten gewertet.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Lagerbestandswert, Basisparameter Bruch/Schwund-Faktor, Zinssatz für Bestand.
- Wirkungsgröße: Gesamtbetriebskosten, Systembewertung

Ø Müll/ Wertstoffkosten (11.3.2.6)

- Definition: Ausgabevariable

$$\text{Ø Picks pro Tag} * \text{Ø Wert pro Artikel, gesamt} \\ * \text{Anzahl Arbeitstage pro Jahr} \\ * \text{Müll/Wertstoffentsorgungs_Faktor}$$
- Erläuterung: Aussage über Kosten pro Jahr, die für die Entsorgung bzw. Verwertung der Reststoffe anfallen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Ø Picks pro Tag, Ø Wert pro Artikel_gesamt, Anzahl Arbeitstage pro Jahr, Müll/Wertstoffentsorgungs-Faktor
- Wirkungsgröße: Gesamtbetriebskosten, Systembewertung

Energiekosten (11.3.2.7)

- Definition: Ausgabevariable

$$\text{Energieaufnahme p. a.} - \text{Energierückspeisung durch Photovoltaik p. a.} \\ * \text{Energiekosten je kWh}$$
- Erläuterung: Aussage über Kosten pro Jahr, die für die Energie zum Betrieb der elektrischen Verbraucher anfallen. Die Energierückspeisung durch Photovoltaik wird mit einem für Mitteleuropa durchschnittlichen Wert von 10,0 Wh / m² angenommen.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Energieaufnahme p.a., Energierückspeisung durch Photovoltaik p.a.
- Wirkungsgröße: Gesamtbetriebskosten, Systembewertung

Bestand-bezogen (11.3.3):

Umsatz, gesamt (11.3.3.1):

- Definition: Ausgabevariable

$$\text{Picks pro Tag} * \text{Arbeitstage pro Jahr} * \text{Wert pro Artikel} \\ * \text{Ø Verkaufsaufschlag auf Artikelwert}$$
- Erläuterung: Menge der verkauften Produkte pro Jahr multipliziert mit dem Ø Verkaufspreis je Stück.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Anzahl Aufträge, Picks pro Tag, Anzahl Arbeitstage pro Jahr, Ø Wert pro Artikel, Ø Verkaufsaufschlag auf Artikelwert
- Wirkungsgröße: ROI - Return on Invest, Systembewertung

Gewinn (11.3.3.2):

- Definition: Ausgabevariable

$$(Umsatz\ p.\ a. * Prozentsatz\ Gewinn\ p.\ a.)$$

$$- \emptyset\ Lagerverluste\ p.\ a.$$

$$- Betriebskosten\ gesamt\ p.\ a.$$
- Erläuterung: Gewinn pro Jahr
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Umsatz pro Jahr, angenommener Prozentsatz für Gewinn, Lagerverluste pro Jahr, Betriebskosten gesamt pro Jahr
- Wirkungsgröße: Gewinn

Lagerbestandswert zum Stichtag (11.3.3.3):

- Definition: Ausgabevariable

$$Lagerbestand\ aller\ Artikel * Wert\ pro\ Artikel$$
- Erläuterung: \emptyset Mittlerer Gesamtlagerbestand zum Stichtag bzw. Wert Vorräte am Stichtag. Ruhende Artikel werden einbezogen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Lagerbestand aller Artikel inkl. Sicherheitsbestand, \emptyset Wert pro Artikel
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Lagerplatzkosten (11.3.3.4):

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum\ Betriebskosten\ pro\ Jahr\ gesamt}{\sum\ Lagerplätze\ gesamt}$$
- Erläuterung: Diese Kennzahl gibt die jeweiligen Kosten pro Lagerplatz unter Berücksichtigung aller Betriebskosten an.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Betriebskosten gesamt, Lagerbestand aller Artikel inkl. Sicherheitsbestand, Summe aller Lagerplätze
- Wirkungsgröße: Systembewertung

 \emptyset Belegung je Lagerplatz (11.3.3.5):

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{Anzahl\ Lagerartikel + (Mindestbestand + Sicherheitsbestand\ je\ Artikel)}{\sum\ Lagerplätze\ gesamt}$$
- Erläuterung: Diese Kennzahl gibt die Artikelbelegung pro Lagerplatz unter Berücksichtigung aller Lagerplätze inkl. Block-, Kragarm-, Freilager usw. an.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Anzahl Lagerartikel, Lagerbestand aller Artikel inkl. Sicherheitsbestand, Summe aller Lagerplätze
- Wirkungsgröße: Systembewertung

 \emptyset Zugriffshäufigkeit je Artikel pro Monat (11.3.3.6):

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{Picks\ pro\ Tag * Arbeitstage\ pro\ Monat}{Anzahl\ aktive\ Artikel}$$
- Erläuterung: Mittlerer Bedarf je Artikel und Monat.

- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Anzahl der Aufträge, Picks pro Tag, Arbeitstage pro Monat, Anzahl aktive Artikel
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Umschlaghäufigkeit je Artikel pro Jahr (11.3.3.7):

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\text{Picks pro Tag} * \text{Arbeitstage pro Jahr}}{\text{Anzahl aktive Artikel} * \emptyset \text{ Lagerbestand je Artikel}}$$
- Erläuterung: Angabe über die Umschlaghäufigkeit je Artikel pro Jahr.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Anzahl Aufträge, Picks pro Tag, Anzahl Arbeitstage pro Jahr, Anzahl aktiver Artikel, \emptyset Lagerbestand je Artikel
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Umschlaghäufigkeit Bestand pro Jahr (11.3.3.8):

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\text{Picks pro Tag} * \text{Arbeitstage pro Jahr}}{(\text{Anzahl aktive} + \text{ruhende Artikel}) * \emptyset \text{ Lagerbestand je Artikel}}$$
- Erläuterung: Angabe über die Umschlaghäufigkeit je Artikel pro Jahr.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Anzahl Aufträge, Picks pro Tag, Anzahl Arbeitstage pro Jahr, Anzahl aktiver Artikel, Anzahl ruhender Artikel, \emptyset Lagerbestand je Artikel
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Qualitätskennzahlen

In dieser Gruppe befinden sich die Ausgabeparameter für die auf die Qualität bezogenen Kennzahlen.

Bestand-bezogen (11.4.1):

\emptyset Lagerbestandswert zum Stichtag (11.4.1.1)

- Definition: Ausgabevariable

$$\emptyset \text{ Lagerbestand aller Artikel} * \emptyset \text{ Wert pro Artikel}$$
- Erläuterung: Mittlerer Gesamtlagerbestand zum Stichtag bzw. Wert Vorräte am Stichtag. Ruhende Artikel werden einbezogen.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Lagerbestand aller Artikel inkl. Sicherheitsbestand, \emptyset Wert pro Artikel
- Wirkungsgröße: \emptyset Lagerverluste pro Jahr, Systembewertung.

\emptyset Lagerbestand ohne Bewegung (11.4.1.2)

- Definition: Ausgabevariable

$$(\text{Anzahl ruhende Artikel} + \text{Sicherheitsbestand ruhende Artikel}) * \text{Sicherheitsbestands_Faktor} * \emptyset \text{ Wert pro Artikel}$$
- Erläuterung: Mittlerer Gesamtlagerbestand ohne Bewegung zum Stichtag bzw. Wert Vorräte am Stichtag.
- Typ: strategisch

- Einflussgröße: Anzahl ruhende Artikel, Sicherheitsbestand ruhende Artikel, Sicherheitsbestands-Faktor, Ø Wert je Artikel
- Wirkungsgröße: Systembewertung.

Ø Lagerverluste pro Jahr (11.4.1.3)

- Definition: Ausgabevariable

$$\text{Lagerbestand pro Tag} * \text{Sicherheitsbestands_Faktor} * \text{Bruch_Schwund_Faktor} * \text{Anzahl Arbeitstage pro Jahr}$$
- Erläuterung: Mittlerer Lagerverlust pro Jahr durch Bruch, Schwund, usw..
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Lagerbestand pro Tag, Sicherheitsbestands-Faktor, Bruch/Schwund-Faktor, Anzahl Arbeitstage pro Jahr
- Wirkungsgröße: Systembewertung.

Ø Bestandsreichweite pro Monat (11.4.1.4)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum \text{Lager_} + \text{Sicherheitsbestand je Artikel} * \text{Anzahl aktive Artikel}}{\text{Picks pro Tag} * \text{Arbeitstage pro Monat}}$$
- Erläuterung: Die Bestandsreichweite [Arn04b] gibt die Zeitspanne an, für wie lange der durchschnittliche Lagerbestand bei einem durchschnittlichen Verbrauch ausreicht.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Anzahl Aufträge, Lagerbestand je Artikel, Sicherheitsbestand je Artikel, Anzahl aktive Artikel, Anzahl Picks pro Tag, Anzahl Arbeitstage pro Monat
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Anteil Vorräte am Umsatz pro Tag (11.4.1.5)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\text{Ø Lagerbestandswert pro Tag}}{\text{Ø Picks pro Tag} * \text{Ø Wert pro Artikel gesamt}}$$
- Erläuterung: Wert der Vorräte pro Tag im Verhältnis zum Umsatz pro Tag
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Sicherheitsbestandwert pro Tag, Anzahl Picks pro Tag, Ø Wert pro Artikel gesamt
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Lieferbereitschaftsgrad (11.4.1.6)

- Definition: Ausgabevariable

$$\frac{\sum \text{Fehlerhafte Aufträge}}{(\text{Lieferantenfaktor} + \text{Verhältnis Ein_zu_Mehrpos. Aufträgen})} * 100\% * \text{Bereitschaftsgrad der Anlage}$$
- Erläuterung: Auch Liefergrad oder Sendungsqualität genannt. Anzahl der vollständig ausgelieferten Aufträge zu Anzahl aller Aufträge in Abhängigkeit des Anteils an mehrpöstigen Aufträgen an der Gesamtzahl der Aufträge, der Anzahl der Lieferanten [Fri08] und des Bereitschaftsgrades der Anlage. Je mehr Lieferanten, desto höher die Wahrscheinlichkeit von

- Lieferproblemen bei Lager - und Auftragsartikeln betroffen zu sein, und bei fallendem Bereitschaftsgrad der Anlage sinkt die Lieferfähigkeit
- Typ: operativ
 - Einflussgröße: Fehlerhafte Aufträge pro Tag mit falscher Menge, falschem Artikel, defektem Artikel oder Terminverzug, Verhältnis der Lieferanten zur Anzahl der Artikel, Verhältnis von Ein- zu Mehrpositions-Aufträgen
 - Wirkungsgröße: Systembewertung

Ø Sicherheits-Faktor/ Vorratsintensität (11.4.1.7) [Har05]

- Definition: Ausgabevariable
- Erläuterung: Sicherheitslagerbestand als zusätzlicher Bestand in Abhängigkeit vom gewünschten Lieferbereitschaftsgrad, da Zuliefermengen- oder Terminabweichungen bzw. Ungenauigkeiten der Lagerverwaltung entstehen können.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Lieferfähigkeitsgrad
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Auftrag-bezogen (11.4.2):

Zeitpunkt letzte Bestellung (11.4.2.1)

- Definition: Ausgabevariable
Betriebsbeginn + Betriebsdauer – Zeit Auftragseingang bis Versand
- Erläuterung: Letztmöglicher Auftragsannahmezeitpunkt bei Auslieferung am nächsten Tag. (Annahme: letzte Versandbereitstellung = Übergabe an Versender) bei angegebener technischer Ausprägung der Auftragssteuerung und -abwicklung. Zeitpunkt in Abhängigkeit von Betriebsbeginn, Dauer der Betriebszeit und Zeitdauer Auftragseingang bis Auftragsbereitstellung im Versand.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Diese Vorgabe ist abhängig vom Betreiber, der Branche, des Servicegrades usw.
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Auftragsbearbeitungs- /- Durchlaufzeit (11.4.2.2)

- Definition: Ausgabevariable
$$\frac{\text{Auftragsdurchlaufzeit}}{\text{Zeit Auftragseingang bis Versand}}$$
- Erläuterung: Verhältnis von Zeitdauer letztmöglicher Bestellung bis Versand zu Auftragsdurchlaufzeit. Diese Kenngröße drückt die Schnelligkeit des Lagersystems aus.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Auftragsdurchlaufzeit, Zeit Auftragseingang bis Versand
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Aufträge ohne Fehllieferungen (11.4.2.3)

- Definition: Ausgabevariable
 $100\% - \text{Anteil Falschlieferungen an Gesamtlieferungen}$
- Erläuterung: Σ aller Lieferungen abzüglich der Aufträge mit falscher Menge, falschem Artikel oder defektem Artikel
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Anzahl aller Lieferungen, Anzahl Lieferungen mit falscher Menge, Anzahl Lieferungen mit falschem Artikel, Anzahl Lieferungen mit defektem Artikel
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Termintreue/ Logistikqualität (11.4.2.4)

- Definition: Ausgabevariable
 $\Sigma \text{ aller Aufträge pro Tag} - \Sigma \text{ aller Aufträge mit Terminverzug pro Tag}$
- Erläuterung: Diese Zahl drückt die prozentuale Termintreue bzw. Logistikqualität des Gesamtsystems aus.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Σ aller Aufträge pro Tag, Σ aller Aufträge mit Terminverzug pro Tag
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Liefertreue (11.4.2.5)

- Definition: Ausgabevariable
 $\frac{\prod \text{Fehlerhafte Aufträge}}{\text{Ein_Mehrpoester_Faktor}}$
- Erläuterung: Das Produkt aus fehlerhaften Aufträgen wegen falscher Menge, falschen Artikeln, defekten Artikeln und Terminverzug pro Tag im Verhältnis zum Anteil der ein- und mehrpöstigen Aufträgen. Mit steigendem Anteil der mehrpöstigen Aufträge sinkt die Liefertreue.
- Typ: strategisch
- Einflussgröße: Anteil Falschlieferungen an Gesamtlieferungen, Anteil Terminverzugslieferungen an Gesamtlieferungen
- Wirkungsgröße: Systembewertung

Technik-bezogen (11.4.3):

Verfügbarkeit, technisch (11.4.3.1)

- Definition: Ausgabevariable
 $\text{Verfügbarkeit Technik} * \text{Verfügbarkeit LVS} * \text{Verfügbarkeit MFR}$
- Erläuterung: Die technische Verfügbarkeit ergibt sich aus der Multiplikation der einzelnen gewichteten Verfügbarkeiten der Stetigförderer, Unstetigförderer, Handlings-Geräten, DV/IT-Komponenten inkl. MFR und LVS.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Basisparameter, Summe der Unstetigförderer
- Wirkungsgröße: Verfügbarkeit (technisch) des Gesamtsystems, Systembewertung

Verfügbarkeit betrieblich (11.4.3.2)

- Definition: Ausgabevariable
$$\frac{\sum \text{Verfügbarkeit Gesamtsystem, technisch}}{\text{Zugänglichkeits_Faktor} + \text{Streckenautom._Faktor}}$$
- Erläuterung: Die betriebliche Verfügbarkeit ergibt sich aus der technischen Verfügbarkeit in Abhängigkeit vom "Zugänglichkeits-Faktor" und "Lagertransportstreckenautomatisierungs-Faktor".
Je höher der Anteil der autom. Transportstrecken, umso niedriger die betriebliche Verfügbarkeit, da die technische Verfügbarkeit einbezogen wird.
- Typ: operativ
- Einflussgröße: Basisparameter, Summe der Unstetigförderer
- Wirkungsgröße: Verfügbarkeit (betrieblich) des Gesamtsystems, Systembewertung

14. ANHANG B: DARSTELLUNG DER DATENERHEBUNGSBÖGEN

In diesem Anhang werden die Datenerhebungsbögen dargestellt, wie sie im Analysetool vorzufinden sind. Alle innerhalb des Analysetools einzutragenden bzw. durch Dreh- und Auswahlfelder einstellbaren sowie die daraus ermittelten Kennzahlen sind hier ersichtlich.

14.1. Eingabemaske Basiszahlen

Basis- und Ausstattungskosten					
Kennzahl	Kostenbasis 2010	Basis	Leistung	Wert	SI
		2010	KW	Zahlenwert	Dimension
0 Basiskosten und Basisparameter					
0.1 Gebäudebezogene Kosten					
0.1.1	Preissteigerungsrate	<input type="text" value="1,5"/>			%
0.1.2	Flächen				
0.1.2.1	Grundstück Kosten je m ²	150,00 *		152,25	€/m ²
0.1.2.2	Standard-Lagerfläche	100,00		101,50	€/m ²
0.1.2.3	Bühne	200,00		203,00	€/m ²
0.1.2.4	Lageraußenfläche	150,00		152,25	€/m ²
0.1.2.5	Büro	850,00		862,75	€/m ²
0.1.2.6	Sozialräume	750,00		761,25	€/m ²
0.1.2.7	Sonstiges, z.B. Parkplatz	150,00		152,25	€/m ²
0.1.3	Baukörper				
0.1.3.1	Gebäude, 6-8 m hoch	500		508	€/m ²
0.1.3.2	Gebäude, 15-18 m hoch	750		761	€/m ²
0.1.3.3	Gebäude, 30-35 m hoch	1.000		1.015	€/m ²
0.1.3.4	Photovoltaik	800		812	€/m ²
0.1.3.5	Ladetor	8.000		8.120	€/Stk
0.1.4	Brandschutz				
0.1.4.1	Sprinklerung	10,00		10,15	€/m ³
0.1.4.2	Sprinkler-Pumpstation	50.000	50,0	50.750	€/ Stck
0.1.4.3	Löschwasser-Speicher	200,00		203,00	€/m ³
0.1.4.4	Löschwasser-Wanne	10,00		10,15	€/m ²
0.1.4.5	Feuerschutzabschluss	8.500	2,0	8.628	€/ Stck
0.2 Technikbezogene Kosten					
0.2.1	Fördertechnik				
0.2.1.1	Bandförderer	1.500	0,5	1.523	€/m
0.2.1.2	Palettenförderer	2.000	1,5	2.030	€/m
0.2.1.3	Sorter	3.000	7,5	3.045	€/m
0.2.1.4	Elektrohängebahn	3.000	5,0	3.045	€/m
0.2.1.5	Elektrohängebahngondeln	8.000	2,0	8.120	€/Stk
0.2.1.6	AKL-RBG	150.000	15,0	152.250	€/Stk
0.2.1.7	AKL-RBG, doppelt tief	160.000	18,0	162.400	€/Stk
0.2.1.8	AKL-RBG, gangwechselnd	170.000	15,0	172.550	€/Stk
0.2.1.9	HRL-RBG	210.000	30,0	213.150	€/Stk
0.2.1.10	HRL-RBG, doppelt tief	220.000	35,0	223.300	€/Stk
0.2.1.11	HRL-RBG, gangwechselnd	230.000	35,0	233.450	€/Stk

Basis- und Ausstattungskosten					
Kennzahl	Kostenbasis 2010	Basis	Leistung	Wert	SI
		2010	KW	Zahlenwert	Dimension
0.2.1.12	Turmspeicher, Sequenzer	40.000	7,5	40.600	€/Stk
0.2.1.13	Vertikallift	35.000	5,0	35.525	€/Stk
0.2.1.14	Verschiebewagen	120.000	12,0	121.800	€/Stk
0.2.2	Transporthilfsmittel				
0.2.2.1	Stapler				
0.2.2.1.1	Standard	25.000	15,0	25.375	€/Stk
0.2.2.1.2	Schmalgang	45.000	20,0	45.675	€/Stk
0.2.2.1.3	Breitgang	65.000	25,0	65.975	€/Stk
0.2.2.2	Handhubwagen	4.000		4.060	€/Stk
0.2.2.3	Elektrohubwagen (Ameise)	20.000	5,0	20.300	€/Stk
0.2.2.4	Pickwagen, manuell	5.000	2,0	5.075	€/Stk
0.2.2.5	Sondergeräte	15.000	5,0	15.225	€/Stk
0.3	Lagerbezogene Kosten				
0.3.1	Lagerplätze				
0.3.1.1	Blocklager	5,00		5,08	€/Pltz
0.3.1.2	Breitganglager Palette	80,00		81,20	€/Pltz
0.3.1.3	Schmalganglager Palette	75,00		76,13	€/Pltz
0.3.1.4	Fachbodenlager Karton	12,00		12,18	€/Pltz
0.3.1.5	Durchlauflager Karton	75,00		76,13	€/Pltz
0.3.1.6	Durchlauflager Palette	150,00		152,25	€/Pltz
0.3.1.7	AKL	15,00		15,23	€/Pltz
0.3.1.8	AKL Silobauweise	30,00		30,45	€/Pltz
0.3.1.9	HRL	70,00		71,05	€/Pltz
0.3.1.10	HRL Silobauweise	85,00		86,28	€/Pltz
0.3.1.11	Karusselllager	12,00		12,18	€/Pltz
0.3.1.12	Verschiebelager	10,00		10,15	€/Pltz
0.3.1.13	Freilager	8,00		8,12	€/Pltz
0.3.1.14	Kragarmlager	250,00		253,75	€/Pltz
0.3.1.15	Paternosterlager	200,00	7,5	203,00	€/Pltz
0.3.1.16	Gefahrgutlager	150,00		152,25	€/Pltz
0.3.1.17	Zollager	100,00		101,50	€/Pltz
0.3.1.18	Sonstige	50,00		50,75	€/Pltz
0.3.2	Hilfs-Ausstattung				
0.3.2.2	Etikettierer	20.000	2,5	20.300	€/Stk
0.3.2.3	Umreifer	30.000	2,5	30.450	€/Stk

Basis- und Ausstattungskosten					
Kennzahl	Kostenbasis 2010	Basis	Leistung	Wert	SI
		2010	KW	Zahlenwert	Dimension
0.3.2.4	Waage	10.000	2,5	10.150	€/Stk
0.3.2.5	Wickler, Stretcher, halbautomatisch	5.000	8,0	5.075	€/Stk
0.3.2.6	Kartonaufrichter	100.000	5,0	101.500	€/Stk
0.3.2.7	Palettierer, Depalettierer	50.000	25,0	50.750	€/Stk
0.3.2.8	Sonstiges	15.000	5,0	15.225	€/Stk
0.3.3	Ladehilfsmittel				
0.3.3.1	Behälter	12,00		12,18	€/Stk
0.3.3.2	Trays	5,00		5,08	€/Stk
0.3.3.3	Kartons	4,00		4,06	€/Stk
0.3.3.4	Paletten	15,00		15,23	€/Stk
0.3.3.5	Sonstige	10,00		10,15	€/Stk
0.4	Arbeitsplatztypbezogene-Kosten				
0.4.1	Arbeitsplatztyp (DV-organisiert)				
0.4.1.1	Leitstand	10.000	3,0	10.150	€/Stk
0.4.1.2	Auftragsdisposition	10.000	3,0	10.150	€/Stk
0.4.1.3	Prozessleitsystem / Visualisierung	10.000	3,0	10.150	€/Stk
0.4.1.4	Warenavis	10.000	3,0	10.150	€/Stk
0.4.1.5	Warenannahme	10.000	3,0	10.150	€/Stk
0.4.1.6	Qualitätssicherung im Wareneingang	10.000	3,0	10.150	€/Stk
0.4.1.7	Wareneingang	10.000	3,0	10.150	€/Stk
0.4.1.8	Kommissionierung	10.000	3,0	10.150	€/Stk
0.4.1.9	Qualitätssicherung in Kommissionier	10.000	3,0	10.150	€/Stk
0.4.1.10	Konsolidierung	10.000	3,0	10.150	€/Stk
0.4.1.11	Verpackung	10.000	3,0	10.150	€/Stk
0.4.1.12	Qualitätssicherung im Versand	10.000	3,0	10.150	€/Stk
0.4.1.13	Versandbereitstellung	15.000	3,0	15.225	€/Stk
0.4.1.14	Versand	10.000	3,0	10.150	€/Stk
0.4.1.15	Retouren	15.000	3,0	15.225	€/Stk
0.4.1.16	Klärplätze	10.000	3,0	10.150	€/Stk
0.4.1.17	Sonstige	10.000	3,0	10.150	€/Stk
0.5	DV / IT Komponenten				
0.5.1	Ausstattung Hardware				
0.5.1.1	LVS-Server	200.000	5,0	203.000	€/Stk
0.5.1.2	LVS-Server redundant	250.000	5,0	253.750	€/Stk
0.5.1.3	Materialflussrechner, MFR	100.000	5,0	101.500	€/Stk
0.5.1.4	Materialflussr., MFR redundant	125.000	5,0	126.875	€/Stk

Basis- und Ausstattungskosten					
Kennzahl	Kostenbasis 2010	Basis	Leistung	Wert	SI
		2010	KW	Zahlenwert	Dimension
0.5.1.5	Sonderdrucker	8.000	5,0	8.120	€/Stk
0.5.1.6	Printserver	10.000	1,0	10.150	€/Stk
0.5.1.7	Funkserver	10.000	1,0	10.150	€/Stk
0.5.1.8	PC-Arbeitsplatz	5.000	0,5	5.075	€/Stk
0.5.1.9	Mobile Datenerfassung	5.000	0,5	5.075	€/Stk
0.5.1.10	Netzwerk	100.000	10,0	101.500	€/Stk
0.5.1.11	Sonstiges	10.000	5,0	10.150	€/Stk
0.6	Ausstattung Softwarefunktionen				
0.6.1	Lagerarten				
0.6.1.1	Blocklager	15.000		15.225	€/Stk
0.6.1.2	Breitgang	15.000		15.225	€/Stk
0.6.1.3	Schmalgang	15.000		15.225	€/Stk
0.6.1.4	Fachboden	15.000		15.225	€/Stk
0.6.1.5	Durchlauflager	15.000		15.225	€/Stk
0.6.1.6	AKL	35.000		35.525	€/Stk
0.6.1.7	HRL	25.000		25.375	€/Stk
0.6.1.8	Karussell	15.000		15.225	€/Stk
0.6.1.9	Verschiebe	15.000		15.225	€/Stk
0.6.1.10	Freilager	15.000		15.225	€/Stk
0.6.1.11	Kragarmlager	15.000		15.225	€/Stk
0.6.1.12	Paternosterlager	15.000		15.225	€/Stk
0.6.1.13	Gefahrgutlager	15.000		15.225	€/Stk
0.6.1.14	Zollager	50.000		50.750	€/Stk
0.6.1.15	Sonstiges	15.000		15.225	€/Stk
0.6.2	Systemorganisation				
0.6.2.1	Host-Kommunikation	25.000		25.375	€/Stk
0.6.2.2	Leitstand	50.000		50.750	€/Stk
0.6.2.3	Mehrmandantenfähigkeit	80.000		81.200	€/Stk
0.6.2.4	Prozessleitsystem/ Visualisierung	50.000		50.750	€/Stk
0.6.2.5	Mobile Datenerfassung, MDT	50.000		50.750	€/Stk
0.6.3	Bestandsführung				
0.6.3.1	Bestandsüberwachung	30.000		30.450	€/Stk
0.6.3.2	Permanente Inventur	25.000		25.375	€/Stk
0.6.3.3	Stichtagsinventur	20.000		20.300	€/Stk
0.6.3.4	Stichprobeninventur	15.000		15.225	€/Stk

Basis- und Ausstattungskosten					
Kennzahl	Kostenbasis 2010	Basis	Leistung	Wert	SI
		2010	KW	Zahlenwert	Dimension
0.6.3.5	Nulldurchgangsinventur	15.000		15.225	€/Stk
0.6.4	Artikeldurchlauf				
0.6.4.1	Palettierung im Wareneingang	15.000		15.225	€/Stk
0.6.4.2	Depalettierung im Wareneingang	15.000		15.225	€/Stk
0.6.4.3	Sortierung im Wareneingang	15.000		15.225	€/Stk
0.6.4.4	Qualitätssicherung im Wareneingang	15.000		15.225	€/Stk
0.6.4.5	Einlagerung	15.000		15.225	€/Stk
0.6.4.6	Nachschub für Kommissionierung	15.000		15.225	€/Stk
0.6.4.7	Sortierung in Kommissionierung	15.000		15.225	€/Stk
0.6.4.8	Sortierung in Konsolidierung	15.000		15.225	€/Stk
0.6.4.9	Palettierung im Warenausgang	15.000		15.225	€/Stk
0.6.4.10	Depalettierung im Warenausgang	15.000		15.225	€/Stk
0.6.4.11	Sortierung im Warenausgang	15.000		15.225	€/Stk
0.6.4.12	Bereitstellung im Warenausgang	15.000		15.225	€/Stk
0.6.4.13	Sonstiges	15.000		15.225	€/Stk
0.6.5	Auftragsorganisation				
0.6.5.1	Auftragseinlastung	15.000		15.225	€/Stk
0.6.5.2	Auftragssteuerung	15.000		15.225	€/Stk
0.6.5.3	Wareneingangssteuerung	15.000		15.225	€/Stk
0.6.5.4	Warenausgangssteuerung	15.000		15.225	€/Stk
0.6.5.5	Sonstiges	15.000		15.225	€/Stk
0.6.6	Auftragsdurchlauf				
0.6.6.1	Auftragsdisposition	35.000		35.525	€/Stk
0.6.6.2	Warenavis	15.000		15.225	€/Stk
0.6.6.3	Warenannahme	15.000		15.225	€/Stk
0.6.6.4	Wareneingang	15.000		15.225	€/Stk
0.6.6.5	Crossdocking	15.000		15.225	€/Stk
0.6.6.6	Bereitstellung für WE	15.000		15.225	€/Stk
0.6.6.7	Nachschub für Kommissionierung	15.000		15.225	€/Stk
0.6.6.8	Kommissionierung Mann-zur-Ware	10.000		10.150	€/Stk
0.6.6.9	Kommissionierung Ware-zum-Mann	20.000		20.300	€/Stk
0.6.6.10	einstufige Kommissionierung	15.000		15.225	€/Stk
0.6.6.11	mehrstufige Kommissionierung	25.000		25.375	€/Stk
0.6.6.12	Pick-to-Belt	15.000		15.225	€/Stk
0.6.6.13	AKL	15.000		15.225	€/Stk

Basis- und Ausstattungskosten					
Kennzahl	Kostenbasis 2010	Basis	Leistung	Wert	SI
		2010	KW	Zahlenwert	Dimension
0.6.6.14	HRL	15.000		15.225	€/Stk
0.6.6.15	Fachbodenlager	15.000		15.225	€/Stk
0.6.6.16	Durchlauflager	15.000		15.225	€/Stk
0.6.6.17	Konsolidierung	15.000		15.225	€/Stk
0.6.6.18	Qualitätssicherung in Kommissionier	15.000		15.225	€/Stk
0.6.6.19	Verpackung	15.000		15.225	€/Stk
0.6.6.20	Qualitätssicherung im Versand	15.000		15.225	€/Stk
0.6.6.21	Versandbereitstellung	15.000		15.225	€/Stk
0.6.6.22	Versand	15.000		15.225	€/Stk
0.6.6.23	Klärplatz	20.000		20.300	€/Stk
0.6.7	Interner Transport				
0.6.7.1	Staplerleitsystem	35.000		35.525	€/Stk
0.6.8	Warenrücknahme				
0.6.8.1	Retouren	30.000		30.450	€/Stk
0.7	Leistung, Aggregate				
0.7.1	EHB-Fahrten je Gondel	35		35	DS/h
0.7.2	AKL-Doppelspiele je Gerät	250		250	DS/h
0.7.3	AKL, doppeltief-Doppelspiele je Gerät	200		200	DS/h
0.7.4	AKL, gangwechselnd, DS je Gerät	100		100	DS/h
0.7.5	HRL-Doppelspiele je Gerät	110		110	DS/h
0.7.6	HRL, doppeltief-Doppelspiele je Gerät	55		55	DS/h
0.7.7	HRL, gangwechselnd, DS je Gerät	40		40	DS/h
0.7.8	Etikettierer	1.000		1.000	Ktn/h
0.7.9	Umreifer	800		800	Ktn/h
0.7.10	Waagen	1.000		1.000	Ktn/h
0.7.11	Wickler	40		40	Pal/h
0.7.12	Kartonaufrichter	500		500	Ktn/h
0.7.13	Palettierer, Depalettierer	500		500	Ktn/h
0.7.14	Sonstiges	500		500	Ktn/h
0.8	Verfügbarkeiten, Aggregate				
0.8.1	Stetig-Fördermittel	99,50		99,50	%
0.8.2	Unstetig-Fördermittel	99,50		99,50	%
0.8.3	Handlings-Hilfsausstattung	95,00		95,00	%
0.8.4	LVS	96,00		96,00	%
0.8.5	LVS redundant	99,50		99,50	%
0.8.6	MFR	96,00		96,00	%
0.8.7	MFR redundant	99,50		99,50	%
0.8.8	DV/IT-Komponenten	99,00		99,00	%

Basis- und Ausstattungskosten					
Kennzahl	Kostenbasis 2010	Basis	Leistung	Wert	SI
		2010	KW	Zahlenwert	Dimension
0.9 Investbezogene Kosten					
0.9.1	Betriebskosten-Faktor				
0.9.1.1	Gebäude	4,0%		4,0%	€/a
0.9.1.2	Technik	5,0%		5,0%	€/a
0.9.1.3	TGA, Techn. Gebäudeausstattung	5,0%	500,0	5,0%	€/a
0.9.1.4	Miet/ Leasingkosten	5,0%		5,0%	€/a
0.9.1.5	Müll/ Wertstoffentsorgung	0,1%		0,1%	€/a
0.9.2	Finanzierung				
0.9.2.1	Zinssatz für Invest	5,0%		5,0%	€/a
0.9.2.2	Zinssatz für Bestand	3,0%		3,0%	€/a
0.9.3	Abschreibung				
0.9.3.1	Gebäude (Zeitdauer f:(Baujahr))	3,0%		3,0%	€/a
0.9.3.2	Automatisierungstechnik (10 Jahre)	10,0%		10,0%	€/a
0.9.3.3	Wertsteigerung Grundstück p.a.	1,5%		1,5%	€/a
0.9.3.4	Wertverlust Gebäude p.a.	2,0%		2,0%	€/a
0.9.3.5	Wertverlust Technik p.a.	5,0%		5,0%	€/a
0.9.4	Verlust				
0.9.4.1	Ø Bruch / Schwund	0,02%		0,02%	€/a
0.9.5	Gewinn				
0.9.5.1	Bruttogewinn per anno	5,0%		5,0%	€/a
0.9.5.2	Verkaufsaufschlag auf Artikelwert	10%		10%	€/a
0.10 Personalbezogene Kosten					
0.10.1	Personalkosten, operativ	32.000 *		32.480	€/a
0.10.2	Personalkosten, organisatorisch	42.000		42.630	€/a
0.10.3	Personalkosten, strategisch	75.000		76.125	€/a
0.10.4	Personalkosten-Faktor	20%		20%	%
0.11 Personalbezogene Leistung					
0.11.1	WE-Positionen pro Werker	150 *		150	Stck/h
0.11.2	Kommissionierungen pro Werker	350 *		350	Pick/h
0.11.3	Versandverpackungen pro Werker	20 *		20	Ktn/h
0.11.4	Versandbereitstellungen pro Werker	90 *		90	Ktn/h
0.11.5	Interne Transporte pro Werker	30 *		30	Pal/h
0.11.6	Palettenvolumen	1,65 *		2	m³/Pal
0.12 Energiebezogene Werte					
0.12.1	Elektrischer Wirkungsgrad	0,70		0,70	h
0.12.2	Gleichzeitigkeits-Faktor	0,80 *		0,80	ohne
0.12.3	Überdimensionierungs-Faktor	0,83 *		0,83	ohne
0.12.4	CO2- Ausstoß je erzeugter kWh	600		600	g/kWh
0.12.5	Energiekosten je 1 kWh	0,10 *		0,10	€/kWh
0.12.6	Energiegewinnung je m² Photovoltaik	10,00		10,00	Wh/m²

* Szenario-Manager - Variable

14.2. Ein-/ Ausgabemaske Immobilie

← ← → →
📄

Immobilie-Datenerhebungsbogen

Kennzahl	Gruppe	Typ	Eingabe	Ausgabe	SI
	Automatisierungsgrad Kosten pro Pick Servicegrad	operativ strategisch	unabhängig, Variable	abhängige Variable	Dimension
1 Immobilienbezogene Kenngrößen					
1.0 Invest Immobilie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		25.741.377	€
1.1 Baujahr/ Inbetriebnahme	<input type="radio"/>		2010		Jahr
1.2 Invest Grundstück	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		7.500.000	€
1.2.1 Grundstück Gesamtfläche	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	50.000 *		m ²
1.3 Gebäude	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		18.241.377	€
1.3.1 Design-Faktor Gebäude	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1,00		ohne
1.3.1.1 Installierte Leistung TGA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		500,0	KW
1.3.2 Gebäudeflächen, gesamt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		13.700	m ²
1.3.2.1 Lagerfläche, 6 - 8 m hoch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	8.000 *		m ²
1.3.2.2 Lagerfläche, 15-18 m hoch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3.000 *		m ²
1.3.2.3 Lagerfläche, 30-35 m hoch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2.000 *		m ²
1.3.2.4 Fläche Bühne	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1.000 *		m ²
1.3.2.5 Fläche Außenlager	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	500 *		m ²
1.3.2.6 Fläche Büro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	500 *		m ²
1.3.2.7 Fläche Sozialräume	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	200 *		m ²
1.3.3 Sonstiges	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			
1.3.3.1 z.B. Fläche Parkplatz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	100 *		m ²
1.3.3.2 Anzahl der LKW-Ladetore	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	10		Stck
1.3.4 Invest Photovoltaik	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		7.040.852 *	€
1.3.4.2 Photovoltaik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein			
1.3.4.2 Photovoltaikfläche	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		13.000	m ²
1.3.5 Invest Brandschutz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		1.867.600 *	€
1.3.5.1 Sprinklerung	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein			
1.3.5.2 Sprinkler-Pumpstation	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein			
1.3.5.3 Löschwasser-Speicher	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein			
1.3.5.4 Löschwasser-Wanne	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein			
1.3.5.5 Installierte Leistung Pumpstation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		50,0	KW

* Szenario-Manager - Variable

14.3. Ein-/ Ausgabemaske Lagerarten

← ← → →
📄

Lagerarten-Datenerhebungsbogen

Kennzahl	Gruppe			Typ		Eingabe	Ausgabe	SI
	Automatisierungsgrad	Kosten pro Pick	Servicegrad	operativ	strategisch	unabhängig Variable	abhängige Variable	Dimension
2 Lagerarten (DV/IT)								
2.0 Invest Lagerarten (DV/IT)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>			309.575 *	€
2.1 Blocklager		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.2 Breitganglager Palette		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.3 Schmalganglager Palette		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.4 Fachbodenlager Karton		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.5 Durchlauflager Karton		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.6 Durchlauflager Palette		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.7 AKL	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.8 HRL	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.9 Karusselllager	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.10 Verschiebelager		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.11 Freilager		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.12 Kragarmlager		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.13 Paternosterlager	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.14 Gefahrgutlager		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.15 Zolllager		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
2.16 Sonstiges		<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		

* Szenario-Manager - Variable

14.4. Ein-/ Ausgabemaske Lagerfunktionen

Lagerfunktionen-Datenerhebungsbogen								
Kennzahl	Gruppe			Typ		Eingabe	Ausgabe	SI
	Automatisierungsgrad	Kosten pro Pick	Servicegrad	operativ	strategisch	unabhängig Variable	abhängige Variable	Dimension
3 Lagerfunktionen (DV/IT)								
3.0 Invest Lagerfunktionen (DV/IT)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		850.063*	€
3.1 Invest Systemorganisation (DV/IT)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					258.825	€
3.1.1 Host-Kommunikation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
3.1.2 Leitstand	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
3.1.3 Mehrmandantenfähigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
3.1.4 Prozessleitsystem/ Visualisierung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
3.1.5 Mobile Datenerfassung, MDT	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
3.2 Invest Bestandsführung (DV/IT)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					30.450	€
3.2.1 Bestandsüberwachung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input type="radio"/> man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.2.2 Permanente Inventur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
3.2.3 Stichtaginventur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
3.2.4 Stichprobeninventur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
3.2.5 Nulldurchgangsinventur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
3.3 Artikeldurchlauf (DV/IT)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>					190.313	€
3.3.1 Warenavis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input type="radio"/> man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.3.2 Warenannahme	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input type="radio"/> man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.3.3 Bereitstellung für WE	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/> man. <input type="radio"/> autom.		
3.3.4 Wareneingang	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input type="radio"/> man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.3.5 Palettierung im Wareneingang	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/> man. <input type="radio"/> autom.		
3.3.6 Depalettierung im Wareneingang	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/> man. <input type="radio"/> autom.		
3.3.7 Sortierung im Wareneingang	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input type="radio"/> man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.3.8 Qualitätssicherung im WE	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/> man. <input type="radio"/> autom.		
3.3.9 Einlagerung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input type="radio"/> man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.3.10 Nachschub für Kommissionierung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input type="radio"/> man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.3.11 Sortierung in Kommissionierung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input type="radio"/> man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.3.12 Sortierung in Konsolidierung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input type="radio"/> man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.3.13 Palettierung im Warenausgang	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/> man. <input type="radio"/> autom.		
3.3.14 Depalettierung im Warenausgang	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/> man. <input type="radio"/> autom.		
3.3.15 Sortierung im Warenausgang	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/> man. <input type="radio"/> autom.		
3.3.16 Bereitstellung im Warenausgang	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/> man. <input type="radio"/> autom.		
3.3.17 Sonstiges	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				<input checked="" type="radio"/> man. <input type="radio"/> autom.		

Lagerfunktionen-Datenerhebungsbogen							
Kennzahl	Gruppe			Typ	Eingabe	Ausgabe	SI
	Automatisierungsgrad	Kosten pro Pick	Servicegrad	operativ strategisch	unabhängig - Variable	abhängige Variable	Dimension
3.4 Invest Auftragsorganisation (DV/IT)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		76.125	€
3.4.1 Auftragseinlastung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.4.2 Auftragssteuerung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.4.3 Wareneingangssteuerung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.4.4 Warenausgangssteuerung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.4.5 Sonstiges	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	man. <input type="radio"/> autom.		
3.5 Invest Auftragsdurchlauf (DV/IT)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		228.375	€
3.5.1 Auftragsdisposition	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.5.2 Crossdocking	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.5.3 Nachschub für Kommissionierung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.5.4 Kommissionierung					MzW <input type="radio"/> WzM <input checked="" type="radio"/>		
3.5.4.1 MzW / WzM	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ein. <input checked="" type="radio"/> mehr.		
3.5.4.2 einstufig / mehrstufig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ja <input checked="" type="radio"/> nein		
3.5.4.3 Pick-to-Belt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ja <input type="radio"/> nein		
3.5.4.4 AKL	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ja <input type="radio"/> nein		
3.5.4.5 HRL	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ja <input type="radio"/> nein		
3.5.4.6 Fachboden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ja <input checked="" type="radio"/> nein		
3.5.4.7 Durchlauflager	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ja <input type="radio"/> nein		
3.5.5 Konsolidierung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.5.6 Qualitätssicherung in Komm.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.5.7 Verpackung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.5.8 Qualitätssicherung im Versand	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.5.9 Versandbereitstellung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	man. <input checked="" type="radio"/> autom.		
3.5.10 Versand	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	man. <input type="radio"/> autom.		
3.5.11 Klärplatz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ja <input checked="" type="radio"/> nein		
3.6 Invest Interner Transport (DV/IT)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		35.525	€
3.6.1 Staplerleitsystem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ja <input checked="" type="radio"/> nein		
3.7 Invest Warenrücknahme (DV/IT)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		30.450	€
3.7.1 Retouren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ja <input checked="" type="radio"/> nein		

* Szenario-Manager - Variable

14.5. Ein-/ Ausgabemaske Lagertransporte

Lagertransporte-Datenerhebungsbogen								
Kennzahl	Gruppe		Typ	Eingabe	Ausgabe	SI		
	Automatisierungsgrad	Kosten pro Pick	Servicegrad	operativ	strategisch	unabhängige Variable	abhängige Variable	Dimension
4 Lagertransportstrecken (intern)								
4.0 Lagertransportstrecken, autom.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			65,33*	%	
				vh. = vorhanden m. = manuell a. = automatisch				
4.1 Wareneingang-Transport, autom.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			57,14	%	
4.1.1 Transportstecke WEA1 - WEA2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.1.2 Transportstecke WEB1 - WEB2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.1.3 Transportstecke WEC1 - WEC2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.1.4 Transportstecke WED1 - WED2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.1.5 Transportstecke WEE1 - WEE2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.1.6 Transportstecke WEE1 - WEE3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.1.7 Transportstecke WEG1 - WEG2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.1.8 Transportstecke WEH1 - WEH2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.1.9 Transportstecke WEI1 - WEI2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.1.10 Transportstecke WEJ1 - WEJ2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.2 Lagerung-Transport, autom.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			75,00	%	
4.2.1 Transportstecke LAGA1 - LAGA2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.2.2 Transportstecke LAGB1 - LAGB2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.2.3 Transportstecke LAGC1 - LAGC2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.2.4 Transportstecke LAGD1 - LAGD2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.2.5 Transportstecke LAGE1 - LAGE2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.2.6 Transportstecke LAGF1 - LAGF2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.2.7 Transportstecke LAGG1 - LAGG2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.2.8 Transportstecke LAGH1 - LAGH2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.2.9 Transportstecke LAGI1 - LAGI2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.2.10 Transportstecke LAGJ1 - LAGJ2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.3 Kommissionierung-Transport, autom.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			62,50	%	
4.3.1 Transportstecke KOMA1 - KOMA2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.3.2 Transportstecke KOMB1 - KOMB2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.3.3 Transportstecke KOMC1 - KOMC2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.3.4 Transportstecke KOMD1 - KOMD2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.3.5 Transportstecke KOME1 - KOME2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.3.6 Transportstecke KOMF1 - KOMF2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.3.7 Transportstecke KOMG1 - KOMG2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.3.8 Transportstecke KOMH1 - KOMH2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.3.9 Transportstecke KOMI1 - KOMI2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				
4.3.10 Transportstecke KOMJ1 - KOMJ2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/> vh. <input type="radio"/> m. <input type="radio"/> a.				

Lagertransporte-Datenerhebungsbogen							
Kennzahl	Gruppe			Typ	Eingabe	Ausgabe	SI
	Automatisierungsgrad	Kosten pro Pick	Servicegrad	operativ strategisch	unabhängige Variable	abhängige Variable	Dimension
4.4 Warenausgang-Transport, autom.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		66,67	%
4.4.1 Transportstecke WAPA1 - WAPA2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="checkbox"/> m. <input checked="" type="checkbox"/> a.		
4.4.2 Transportstecke WAB1 - WAB2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="checkbox"/> m. <input checked="" type="checkbox"/> a.		
4.4.3 Transportstecke WAC1 - WAC2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="checkbox"/> m. <input checked="" type="checkbox"/> a.		
4.4.4 Transportstecke WAD1 - WAD2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input checked="" type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.4.5 Transportstecke WAE1 - WAE2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input checked="" type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.4.6 Transportstecke WAF1 - WAF2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/> vh. <input type="checkbox"/> m. <input checked="" type="checkbox"/> a.		
4.4.7 Transportstecke WAG1 - WAG2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/> vh. <input checked="" type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.4.8 Transportstecke WAH1 - WAH2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/> vh. <input checked="" type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.4.9 Transportstecke WA11 - WA12	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/> vh. <input checked="" type="checkbox"/> m. <input type="checkbox"/> a.		
4.4.10 Transportstecke WAJ1 - WAJ2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/> vh. <input type="checkbox"/> m. <input checked="" type="checkbox"/> a.		

* Szenario-Manager - Variable

14.6. Ein-/ Ausgabemaske Lagertechnik

Lagertechnik-Datenerhebungsbogen								
Kennzahl	Gruppe		Typ		Eingabe	Ausgabe	SI	
	Automatisierungsgrad	Kosten pro Pick	Servicegrad	operativ	strategisch	unabhängig, Variable	abhängige Variable	Dimension
5 Technikbezogene Kenngrößen								
5.0	Invest Lagertechnik	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		15.167.641	€
5.1	Invest Lagerplätze	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			1.814.546	€
5.1.1	AnzLaPl Blocklager	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		3.000 *		Stck
5.1.2	AnzLaPl Breitganglager Palette	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		1.000		Stck
5.1.3	AnzLaPl Schmalganglager Palette	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		1.000		Stck
5.1.4	AnzLaPl Fachbodenlager Karton	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		2.500 *		Stck
5.1.5	AnzLaPl Durchlauf lager Karton	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		1.500 *		Stck
5.1.6	AnzLaPl Durchlauf lager Palette	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		500 *		Stck
5.1.7	AnzLaPl AKL	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		30.000 *		Stck
5.1.8	AnzLaPl AKL , Silobauweise	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		2 *		Stck
5.1.9	AnzLaPl HRL	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		10.000 *		Stck
5.1.10	AnzLaPl HRL, Silobauweise	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		2 *		Stck
5.1.11	AnzLaPl Karusselllager	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		1.000		Stck
5.1.12	AnzLaPl Verschiebelager	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		1.000		Stck
5.1.13	AnzLaPl Freilager	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		1.000		Stck
5.1.14	AnzLaPl Kragarm lager	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		500 *		Stck
5.1.15	AnzLaPl Paternosterlager	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		400 *		Stck
5.1.16	AnzLaPl Gefahrgutlager	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		100		Stck
5.1.17	AnzLaPl Zolllager	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		0		Stck
5.1.18	AnzLaPl Sonstige	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		0		Stck
5.2	Invest Automatisierungstechnik	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				
5.2.1	Invest Fördertechnik, Stetigförderer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			3.665.935	€
5.2.1.1	Länge Bandförderer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		800 *		m
5.2.1.2	Länge Palettenförderer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		300 *		m
5.2.1.3	Länge Sorter	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		200 *		m
5.2.1.4	Länge Elektrohängebahn	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		400 *		m
5.2.1.5	Installierte Leistung Stetikförderer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			300,0	KW
5.2.2	Invest Fördertechnik, Unstetigförderer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			6.841.100	€
5.2.2.1	Anzahl Elektrohängebahngondeln	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		65 *		Stck
5.2.2.2	Anzahl AKL-RBG	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		20 *		Stck
5.2.2.3	Anzahl AKL-RBG, doppelt tief	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		2 *		Stck
5.2.2.4	Anzahl AKL-RBG, gangwechselnd	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		2 *		Stck

Lagertechnik-Datenerhebungsbogen									
Kennzahl	Gruppe			Typ	Eingabe	Ausgabe	SI		
	Automatisierungsgrad	Kosten pro Pick	Servicegrad					operativ	strategisch
5.2.2.5	8	Anzahl HRL-RBG	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	4 *		Stck	
5.2.2.6	16	Anzahl HRL-RBG, doppelt tief	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2 *		Stck	
5.2.2.7	21	Anzahl HRL-RBG, gangwechselnd	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2 *		Stck	
5.2.2.8	1	Anzahl Turmspeicher, Sequenzer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3		Stck	
5.2.2.9		Anzahl Vertikallift	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	6		Stck	
5.2.2.10		Anzahl Verschiebewagen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1		Stck	
5.2.2.11		Anzahl Standardstapler	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2		Stck	
5.2.2.12		Anzahl Schmalgangstapler	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2		Stck	
5.2.2.13		Anzahl Breitgangstapler	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2		Stck	
5.2.2.14		Anzahl Handhubwagen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	5		Stck	
5.2.2.15		Anzahl Elektrohubwagen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2		Stck	
5.2.2.16		Anzahl Pickwagen, manuell	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	5		Stck	
5.2.2.17		Anzahl Sondergeräte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1		Stck	
5.2.2.18		Installierte Leistung Unstetigförderer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		965,5		KW	
5.2.3		Zugänglichkeit Service / Wartung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				
5.2.3.1		Zugänglkt Stetigförderer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> gut <input type="radio"/> schlecht			
5.2.3.2		Zugänglkt Unstetigförderer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> gut <input type="radio"/> schlecht			
5.2.3.3		Zugänglkt TGA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> gut <input type="radio"/> schlecht			
5.2.3.4		Zugänglichkeits-Faktor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		1,00 *	ohne	
5.2.4		Invest Feuerschutzabschlüsse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		69.020	€	
5.2.4.1		Anzahl Feuerschutzabschlüsse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	8		Stck	
5.2.4.2		Installierte Leistung Brandschutz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		16,0	KW	
5.2.5	Vorschlag	Invest Hilfs-Ausstattung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		456.750	€	
5.2.5.1	1	Anzahl Etikettierer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	6		Stck	
5.2.5.2	1	Anzahl Umreifer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	4		Stck	
5.2.5.3	1	Anzahl Waagen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	5		Stck	
5.2.5.4	1	Anzahl Wickler	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2		Stck	
5.2.5.5	1	Anzahl Kartonaufrichter	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1		Stck	
5.2.5.6	1	Anzahl Palettierer, Depalettierer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1		Stck	
5.2.5.7	-	Anzahl Sonstiges	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0		Stck	
5.2.5.8		Installierte Leistung Hilfsaggregate	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		77,0	KW	

Lagertechnik-Datenerhebungsbogen							
Kennzahl	Gruppe			Typ	Eingabe	Ausgabe	SI
	Automatisierungsgrad	Kosten pro Pick	Servicegrad				
5.2.6 Invest Ladehilfsmittel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		1.084.020	€
5.2.6.1 Anzahl Behälter	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	50.000 *		Stck
5.2.6.2 Anzahl Trays	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	1.000 *		Stck
5.2.6.3 Anzahl Kartons	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	2.000 *		Stck
5.2.6.4 Anzahl Paletten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	30.000 *		Stck
5.2.6.5 Anzahl Sonstige LHM	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	500 *		Stck
5.2.7 Ladehilfsmittelqualität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			
5.2.7.1 Behälterqualität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> gut <input type="radio"/> schlecht		
5.2.7.2 Trayqualität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> gut <input type="radio"/> schlecht		
5.2.7.3 Kartonqualität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> gut <input type="radio"/> schlecht		
5.2.7.4 Palettenqualität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> gut <input type="radio"/> schlecht		
5.2.7.5 Sonstige LHM Qualität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> gut <input type="radio"/> schlecht		
5.2.7.6 LHM-Qualitäts-Faktor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			1,00 *	ohne
5.3 Invest DV / IT Komponenten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		855.645 *	€
5.3.1 Zentrale Komponenten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>			
5.3.1.1 Anzahl LVS-Server	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	1		Stck
5.3.1.2 LVS redundant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
5.3.1.3 Anzahl Materialflussrechner, MFR	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	2		Stck
5.3.1.4 MFR redundant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
5.3.2 Dezentrale Komponenten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>			
5.3.2.1 Anzahl Sonderdrucker	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	1		Stck
5.3.2.2 Anzahl Printserver	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	1		Stck
5.3.2.3 Anzahl Funkserver	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	1		Stck
5.3.2.4 Anzahl PC-Arbeitsplatz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	15		Stck
5.3.2.5 Anzahl Mobile Datenerfassung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	12		Stck
5.3.2.6 Anzahl Netzwerk	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	1		Stck
5.3.2.7 Anzahl Sonstige DV/IT Komponen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	8		Stck
5.3.2.8 Installierte Leistung DV Komponenten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		85,5	KW
5.4 Invest Arbeitsplätze, physisch installiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		380.625 *	€
5.4.1 Anzahl Leitstand	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	1		Stck
5.4.2 Anzahl Auftragsdisposition	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	1		Stck
5.4.3 Anzahl Prozessleitsystem / Visualisierung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	1		Stck

Lagertechnik-Datenerhebungsbogen							
Kennzahl	Gruppe			Typ	Eingabe	Ausgabe	SI
	Automatisierungsgrad	Kosten pro Pick	Servicegrad	operativ strategisch	unabhängig, Variable	abhängige Variable	Dimension
5.4.4	Anzahl Warenavis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1		Stck
5.4.5	Anzahl Warenannahme	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1		Stck
5.4.6	Anzahl Wareneingang	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3		Stck
5.4.7	Anzahl Kommissionierung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	10		Stck
5.4.8	Anzahl Konsolidierung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3		Stck
5.4.9	Anzahl Verpackung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	5		Stck
5.4.10	Anzahl Versandbereitstellung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2		Stck
5.4.11	Anzahl Versand	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	4		Stck
5.4.12	Anzahl Retourenplätze	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1		Stck
5.4.13	Anzahl Klärplätze	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2		Stck
5.4.14	Anzahl QS im Wareneingang	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0		Stck
5.4.15	Anzahl QS in Kommissionierung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0		Stck
5.4.16	Anzahl QS im Versand	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0		Stck
5.4.17	Anzahl Sonstige Arbeitsplätze	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1		Stck
5.4.18	Installierte Leistung Arbeitsplätze	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		108,0	KW
5.5	Bereitschaftsgrad der Anlage	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		96,57	%
5.5.1	Verfügbarkeiten der DV-Anlage						
5.5.1.1	Vfbkeit LVS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		99,50	%
5.5.1.2	Vfbkeit MFR	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		99,50	%
5.5.1.3	Vfbkeit DV/IT-Komponenten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		99,58	%
5.5.2	Verfügbarkeiten des Techniksystems						
5.5.2.1	Vfbkeit Stetig-Fördermittel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		98,14	%
5.5.2.2	Vfbkeit Unstetig-Fördermittel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		99,68	%
5.5.2.3	Vfbkeit Handlings-Hilfsausstattung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		99,90	%
5.5.2.4	Vfbkeit Techniksystem ohne LVS/	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		99,33	%
5.5.2.5	Verfügbarkeit gesamt, technisch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		98,27	%
5.5.2.6	Verfügbarkeit gesamt, betrieblich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		98,27	%
5.6	Automatisierte Handlings						
5.6.1	Anteil autom. Arbeitsschritte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		58,33	%
5.6.2	Anteil autom. Informationsverarbeitu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		72,22	%
5.6.3	Anteil autom. FT-Strecken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		65,33	%

* Szenario-Manager - Variable

14.7. Ein-/ Ausgabemaske Lagerartikel

← ← → →
📄

Lagerartikel-Datenerhebungsbogen

Kennzahl	Gruppe	Typ	Eingabe	Ausgabe	SI
	Automatisierungsgrad Kosten pro Pick Servicegrad	operativ strategisch	unabhängig, Variable	abhängige Variable	Dimension
6 Artikelbezogene (statische) Kenngrößen					
6.1 Bestandsgrößen					
6.1.1	Anzahl Lieferanten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	200 *	Stck
6.1.2	Anzahl Lagerartikel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	10.000 *	Stck
6.1.3	Anzahl Auftragsartikel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	500 *	Stck
6.1.4	Anzahl aktive Artikel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	9.975	Stck
6.1.4.1	Anzahl A-Artikel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	4.988	Stck
6.1.4.2	Anzahl B-Artikel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2.494	Stck
6.1.4.3	Anzahl C-Artikel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2.494	Stck
6.1.5	Anzahl Paletten-Artikel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1.000 *	Stck
6.1.6	Anzahl Artikel mit man. Komm.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	100 *	Stck
6.1.7	Anzahl ruhende Artikel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	525	Stck
6.1.8	Anteil Bruch/ Schwund	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0,02	%
6.1.9	Ø Wert pro A-Artikel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	10,00 *	€
6.1.10	Ø Wert pro B-Artikel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	8,00 *	€
6.1.11	Ø Wert pro C-Artikel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	5,00 *	€
6.1.12	Ø Wert pro Artikel gesamt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	8,24	€
6.1.13	Ø Gewicht pro Pickeinheit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3,00 *	Kg
6.1.14	Ø Größe pro Pickeinheit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1,00 *	Liter
6.1.15	Lieferanten-Faktor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1,02	ohne
6.2 Verpackungsqualität					
6.2.1	VerpQalität A-Artikel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	gut schlecht	
6.2.2	VerpQalität B-Artikel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	gut schlecht	
6.2.3	VerpQalität C-Artikel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	gut schlecht	
6.2.4	Verpackungsqualitäts-Faktor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1,00 *	ohne
6.3 Bewegungsgrößen					
6.3.1	ABC-Struktur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	50 : 50	* ohne
6.3.2	ABC-Struktur Pick-Faktor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	0,63	ohne
6.3.3	Ø Belegung je Lagerplatz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	20,17	Stck/P

14.8. Ein-/ Ausgabemaske Lagerbestand

Lagerbestand-Datenerhebungsbogen							
Kennzahl	Automatisierungsgrad	Kosten pro Pick	Servicegrad	Typ	Eingabe	Ausgabe	SI
				operativ strategisch	unabhängig, Variable	abhängige Variable	Dimension
7 Lagerbestand							
7.1 Bestand							
7.1.1					50 *		Stck
7.1.2						25	Stck
7.1.3						35	Stck
7.1.4						33	Stck
7.1.5						1,65 *	ohne
7.1.6						1.000,00	Stck
7.1.7						250,63	Stck
7.1.8						6.411.803	€
7.1.9						0,200	Mon.
7.2 Umsatz							
7.2.1						271.837.500	€
7.2.2						60,15	1/a
7.2.3						57,14	1/a

* Szenario-Manager - Variable

14.9. Ein-/ Ausgabemaske Lageraufträge

Lageraufträge-Datenerhebungsbogen						
Kennzahl	Gruppe		Typ	Eingabe	Ausgabe	SI
	Automatisierungsgrad	Kosten pro Pick	Servicegrad	operativ	strategisch	
				unabhängig Variable	abhängige Variable	Dimension
8 Auftragsbezogene (dynamische) Kenngrößen						
8.1 Aufträge						
8.1.1	Ø Aufträge/ Tag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2.500 *		Stck
8.1.2	Ø Positionen/ Auftrag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	8 *		Stck
8.1.3	Ø Picks/ Position	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	6 *		Stck
8.1.4	Ø Picks / WE-Position	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	10 *		Stck
8.1.5	Ø Picks/ Versandeinheit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	20 *		Stck
8.1.6	Ø Einpositions-Aufträge/ Tag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	10,0 *		%
8.1.7	Ø Mehrpositions-Aufträge/ Tag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		90,0	%
8.1.8	Ø Picks/ Auftrag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		48,0	Stck
8.1.9	Ø Positionen/ Versandeinheit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		3,33	Stck
8.1.10	Ø Picks/ Tag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		120.000	Stck
8.1.11	Ø Versandeinheiten/ Tag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		6.000	Stck
8.1.12	Ø Verpackte Aufträge/ Tag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		2.400	Stck
8.1.13	Zeit Auftragseingang bis -Start	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		1,00	Std
8.1.14	Auftragsdurchlaufzeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		3,50	Std
8.1.15	Zeit Auftragseingang bis Versand	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		4,50	Std
8.2 Fehlerhafte Aufträge						
8.2.1	Aufträge m. falscher Menge/ Tag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1,0 *		%
8.2.2	Aufträge m. falschem Artikel/ Tag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2,0 *		%
8.2.3	Aufträge m. defektem Artikel/ Tag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3,0 *		%
8.2.4	Aufträge m. Terminverzug/ Tag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	4,0 *		%
8.2.5	Anteil Falsch- an Gesamtlieferungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		6,00	%
8.2.6	Reklamationsquote	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		2,25	%
8.3	Lieferbereitschaftsgrad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		95,81	%

* Szenario-Manager - Variable

14.10. Ein-/ Ausgabemaske Lagernutzung

Lagernutzung-Datenerhebungsbogen								
Kennzahl	Gruppe		Typ		Eingabe	Ausgabe	SI	
	Automatisierungsgrad	Kosten pro Pick	Servicegrad	operativ	strategisch	unabhängig Variable	abhängige Variable	Dimension
9 Nutzung des Lagersystems								
9.1 Nutzungszeiten								
9.1.1			<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	6,00 *			Uhr
9.1.2			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	22,00			Uhr
9.1.3			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		16,00 *		Std/d
9.1.4			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		2		Stk
9.1.5			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	250			Stk/a
9.1.6			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	5,00 *			Std
9.1.7			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		65,51		%
9.2 Auslieferung								
9.2.1			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		17,50		Uhr
9.2.2			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		22,00 *		Uhr
9.3 Belegungsfaktoren								
9.3.1			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		67,61		%
9.3.2			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		75,83		%
9.3.2.1			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	80,0			%
9.3.2.2			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	80,0			%
9.3.2.3			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	80,0			%
9.3.2.4			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	75,0			%
9.3.2.5			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	65,0			%
9.3.2.6			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	80,0			%
9.3.2.7			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	80,0			%
9.3.2.8			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	80,0			%
9.3.2.9			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	80,0			%
9.3.2.10			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	80,0			%
9.3.2.11			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	80,0			%
9.3.2.12			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	50,0			%
9.3.3			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		81,00		%
9.3.3.1			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	85,0			%
9.3.3.2			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	85,0			%
9.3.3.3			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	85,0			%

Lagernutzung-Datenerhebungsbogen							
Kennzahl	Gruppe			Eingabe	Ausgabe	SI	
	Automatisierungsgrad	Kosten pro Pick	Servicegrad	unabhängig-Variable	abhängige Variable	Dimension	
	operativ	strategisch					
9.3.3.4	LgPIBeleg Komm-Lager	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	85,0		%	
9.3.3.5	LgPIBeleg Fachbodenlager	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	85,0		%	
9.3.3.6	LgPIBeleg Durchlauflager	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	85,0		%	
9.3.3.7	LgPIBeleg Kragarmlager	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	85,0		%	
9.3.3.8	LgPIBeleg Konsolidierung	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	85,0		%	
9.3.3.9	LgPIBeleg Warenausgang	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	80,0		%	
9.3.3.10	LgPIBeleg sonstige	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	50,0		%	
9.3.4	Lagerraum-Belegung, gesamt	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>		46,00	%	
9.3.4.1	LgRaBeleg Blocklager	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	50,0		%	
9.3.4.2	LgRaBeleg AKL	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	50,0		%	
9.3.4.3	LgRaBeleg HRL	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	50,0		%	
9.3.4.4	LgRaBeleg Komm-Lager	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	50,0		%	
9.3.4.5	LgRaBeleg Fachbodenlager	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	50,0		%	
9.3.4.6	LgRaBeleg Durchlauflager	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	50,0		%	
9.3.4.7	LgRaBeleg Kragarmlager	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	50,0		%	
9.3.4.8	LgRaBeleg Konsolidierung	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	50,0		%	
9.3.4.9	LgRaBeleg Warenausgang	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	40,0		%	
9.3.4.10	LgRaBeleg sonstige	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	20,0		%	

* Szenario-Manager - Variable

14.11. Ein-/ Ausgabemaske Lagerpersonal

← ← → →
Lagerpersonal-Datenerhebungsbogen

Kennzahl	Gruppe	Typ	Eingabe	Ausgabe	SI
	Automatisierungsgrad Kosten pro Pick Servicegrad	operativ strategisch	unabhängig_Variable	abhängige_Variable	Dimension
10 Personalbezogene Kenngrößen					
10.0	Personalkosten pro Jahr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3.653.822	€/a
10.1	Anzahl Mitarbeiter, gesamt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	92	MA
10.1.1	Mitarbeiter "strategisch"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	4	MA
10.1.2	Mitarbeiter "organisatorisch"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	12	MA
10.1.3	Mitarbeiter Wareneingang	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	13	MA
10.1.4	Mitarbeiter Kommissionierung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	31	MA
10.1.5	Mitarbeiter Verpackung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	15	MA
10.1.6	Mitarbeiter Versandbereitstellung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3	MA
10.1.7	Mitarbeiter Interner Transport	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3	MA
10.1.8	Mitarbeiter Service/Wartung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	9	MA
10.1.9	Mitarbeiter Sonstiges	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2	MA
10.1.10	Personalkosten-Faktor_gewichtet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1,09	ohne
10.2	Leistung Mitarbeiter				
10.2.1	WE-Positionen pro Werker	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	183,81	Stck/h
10.2.2	Kommissionierungen pro Werker	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	246,09	Pic/h
10.2.3	Versandverpackungen pro Werker	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	25,00	Ktn/h
10.2.4	Versandbereitstellungen pro Werker	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	112,50	Ktn/h
10.2.5	Interne Transporte pro Werker	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	37,50	Pal/h
10.3	Ergonomie Arbeitsplatz				
10.3.1	Arbeitsplatzbezogen				
10.3.1.1	ArbPlatz Augenwinkel für Info-Erhalt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<65° >65°	
10.3.1.2	ArbPlatz Drehwinkel bei Ablage	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<30° >30°	
10.3.1.3	ArbPlatz Reichweite, Schrittweite	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<1m >1m	
10.3.1.4	ArbPlatz Höhenverstellbarkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ja nein	
10.3.1.5	ArbPlatz Materialtyp mit Körperberüh	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Bio. Stahl	
10.3.2	Artikelbezogen				
10.3.2.1	ArbPlatz Produktgewicht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<2ka >2Ka	
10.3.3	Umfeldbezogen				
10.3.3.1	ArbPlatz Geräusch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<75d >75db	
10.3.3.2	ArbPlatz Temperatur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<25° >25°C	
10.3.3.3	ArbPlatz Feuchte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<70 >70%	
10.3.3.4	ArbPlatz Zugluft	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	nein ja	
10.3.4	ArbPlatz Ergonomie-Faktor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1,25*	ohne

* Szenario-Manager - Variable

14.12. Ausgabemaske Konzept

Datenzusammenfassung						
Kennzahl	Gruppe	Typ	Eingabe	Ausgabe	SI	
	Automatisierungsgrad Kosten pro Pick Servicegrad	operativ strategisch	unabhängig-Variable	abhängige Variable	Dimension	
11 Konzept, Zusammenführung der wesentlichen Kennzahlen						
11.1 Struktur- und Rahmenkennzahlen						
11.1.1 Invest, gesamt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		43.936.105	€	
11.1.1.1 Invest Grundstück	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		7.500.000	€	
11.1.1.2 Invest Gebäude	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		18.241.226	€	
11.1.1.3 Invest Technik	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		16.327.279	€	
11.1.1.4 Invest Brandschutz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		1.867.600	€	
11.1.2 Abschreibung, gesamt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		2.179.965	€/a	
11.1.2.1 Abschrbg Grundstück	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		0	€/a	
11.1.2.2 Abschrbg Gebäude	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		547.237	€/a	
11.1.2.3 Abschrbg Technik	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		1.632.728	€/a	
11.1.3 Personal bezogen						
11.1.3.1 Anzahl Mitarbeiter, gesamt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	92	MA	
11.1.4 Mengen bezogen						
11.1.4.1 Anzahl Lagerplätze, gesamt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		40.904	Stck	
11.1.4.2 Ø Anzahl aktive Artikel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	9.975	Stck	
11.1.4.3 Ø Anzahl Aufträge pro Tag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2.500	Stck	
11.1.4.4 Ø verpackte Aufträge pro Tag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2.400	Stck	
11.1.4.5 Ø Anzahl der Lieferanten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	200	Stck	
11.1.4.6 Anzahl Stetig-Fördermittel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	244	Stck	
11.1.4.7 Anzahl Unstetig-Fördermittel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	126	Stck	
11.1.4.8 Anzahl Handlings-Hilfsausstattung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	19	Stck	
11.1.4.9 Anzahl DV/IT-Komponenten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	42	Stck	
11.1.5 Energie bezogen						
11.1.5.1 Installierte Leistung (P), gesamt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2.102,0	KW	
11.1.5.2 Ø Energieaufnahme (S), gesamt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2.285,3	KVA	
11.1.5.3 Ø Energieaufnahme pro Jahr, gesamt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	9.141,4	MWh/a	
11.1.5.4 Ø Energierückspeisung pro Jahr, gesamt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1.300,0	MWh/a	
11.1.5.5 Ø CO2 Emission, gesamt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	4.704,8	t/a	

Datenzusammenfassung								
Kennzahl	Gruppe			Typ		Eingabe	Ausgabe	SI
	Automatisierungsgrad	Kosten pro Pick	Servicegrad	operativ	strategisch	unabhängig-Variable	abhängige Variable	Dimension
11.2 Produktivitätskennzahlen								
11.2.1 Invest bezogen								
11.2.1.1							75,83	%
11.2.1.2							81,00	%
11.2.1.3							46,00	%
11.2.1.4							96,57	%
11.2.1.5							65,33	%
11.2.1.6							77,38	%
11.2.1.7							65,51	%
11.2.2 Auftrags bezogen								
11.2.2.1							0,263	€
11.2.2.2							12,646	€
11.2.2.3							5,269	€
11.2.2.4							58,33	%
11.2.2.5							72,22	%
11.2.2.6							3,50	Std
11.3 Wirtschaftlichkeitskennzahlen								
11.3.1 Invest bezogen								
11.3.1.1							4,51	Jahre
11.3.1.2							5,18	ohne
11.3.1.3							14.112.170	€
11.3.1.4							6.080.409	€
11.3.1.5							9.097.439	€
11.3.2 Betriebskosten, gesamt								
11.3.2.1							7.904.049	€/a
11.3.2.1							929.649	€/a
11.3.2.2							1.782.658	€/a
11.3.2.3							3.653.822	€/a
11.3.2.4							1.098.403	€/a
11.3.2.5							192.393	€/a
11.3.2.6							247.125	€/a
11.3.2.7							827.427	€/a

Datenzusammenfassung							
Kennzahl	Gruppe		Typ		Eingabe	Ausgabe	SI
	Automatisierungsgrad	Kosten pro Pick	Servicegrad	operativ	strategisch	unabhängig-Variable	abhängige Variable
11.3.3 Bestand bezogen							
11.3.3.1						271.837.500	€/a
11.3.3.2						5.367.236	€/a
11.3.3.3						6.411.803	€
11.3.3.4						193,23	/a/Stck
11.3.3.5						20,17	Stck/P
11.3.3.6						250,63	Stck/m
11.3.3.7						60,15	1/a
11.3.3.8						57,14	1/a
11.4 Qualitätskennzahlen							
11.4.1 Bestand bezogen							
11.4.1.1						6.411.803	€
11.4.1.2						11.460	€
11.4.1.3						320.590	€/a
11.4.1.4						0,200	Mon.
11.4.1.5						6,49	%
11.4.1.6						95,81	%
11.4.1.7						1,65	ohne
11.4.2 Auftrag bezogen							
11.4.2.1						17,50	Uhr
11.4.2.2						0,78	ohne
11.4.2.3						94,00	%
11.4.2.4						96,00	%
11.4.2.5						89,54	%
11.4.3 Technik bezogen							
11.4.3.1						98,27	%
11.4.3.2						98,27	%

14.13. Bedienmaske Übersicht

➡ ➡ ➡
Analysetool Übersicht
📄

Bewertung	
Automatisierungsgrad	73,97%
Wirtschaftlichkeit in €	0,263
Servicegrad	92,74%

Geschäfts-KGs

Schlüssel-KGs

EV-Resultat

Aggregation

Ergebnisse

Basiswerte

Immobilie

Arten

Funktionen

Transporte

Technik

Artikel

Bestand

Aufträge

Nutzung

Personal

Konzept

Eingabe der Daten

Struktur- und Rahmenkennzahlen

Kategorie	Wert (%)
Grundstück (Invest)	20
Gebäude (Invest)	45
Technik (Invest)	40
Brandschutz (Afa)	10
Afa Gebäude (Afa)	30
Afa Technik (Afa)	80

Produktivitätskennzahlen

Kategorie	Wert (%)
Flächennutzung	80
Bereitschaftsgrad	100
Autom. Strecken	70
autom. Lagerplätze	80
autom. Auftr.-Schritte	60
- autom. Inform.-	80

Wirtschaftlichkeitskennzahlen

Kategorie	Wert (%)
Gebäude	20
Technik	30
Personal	50
Kapitalkosten	10
.. Kap.	20
.. Matl/	10

Qualitätskennzahlen

Kategorie	Wert (%)
Vorräte am Umsatz	100
Aufträge ohne...	100
Termintraue	100
Liefertreue	90
Verfüg., technisch	100
Verfüg., betrieblich	100

Zusammenfassung

14.14. Ausgabemaske Geschäfts-Prozess-Indikatoren (BPI)

Geschäfts-Prozess-Indikatoren (BPI)

Kennzahl	Wert		Analyse
	Zahlenwert	Einheit	
Automatisierungsgrad	73,97%		
Wirtschaftlichkeit in €	0,263		
Servicegrad	92,74%		

Invest gesamt	43.936.105	Euro	<p>Kosten pro Pick: Euro 0,263 €</p> <p>Systembeurteilung</p>
Betriebskosten p.a.	7.904.049	Euro	
Aufträge pro Tag	2.500	Stck	
Kosten pro Pick	0,26	Euro	
Kosten pro Auftrag	12,65	Euro	
Kosten pro fertige VE	5,27	Euro	
Anzahl Mitarbeiter	92	Stck	
Energieaufnahme	9.141,4	MVA/a	
CO2-Äquivalent	4.964,56	t/a	
Amortisationsdauer	4,51	Jahre	

Zusammenfassung

Struktur- und Rahmenkennzahlen

bezo-gen auf Invest

Produktivitätskennzahlen

bezo-gen auf Lagernutzung

Wirtschaftlichkeitskennzahlen

bezo-gen auf Betriebskosten p.a.

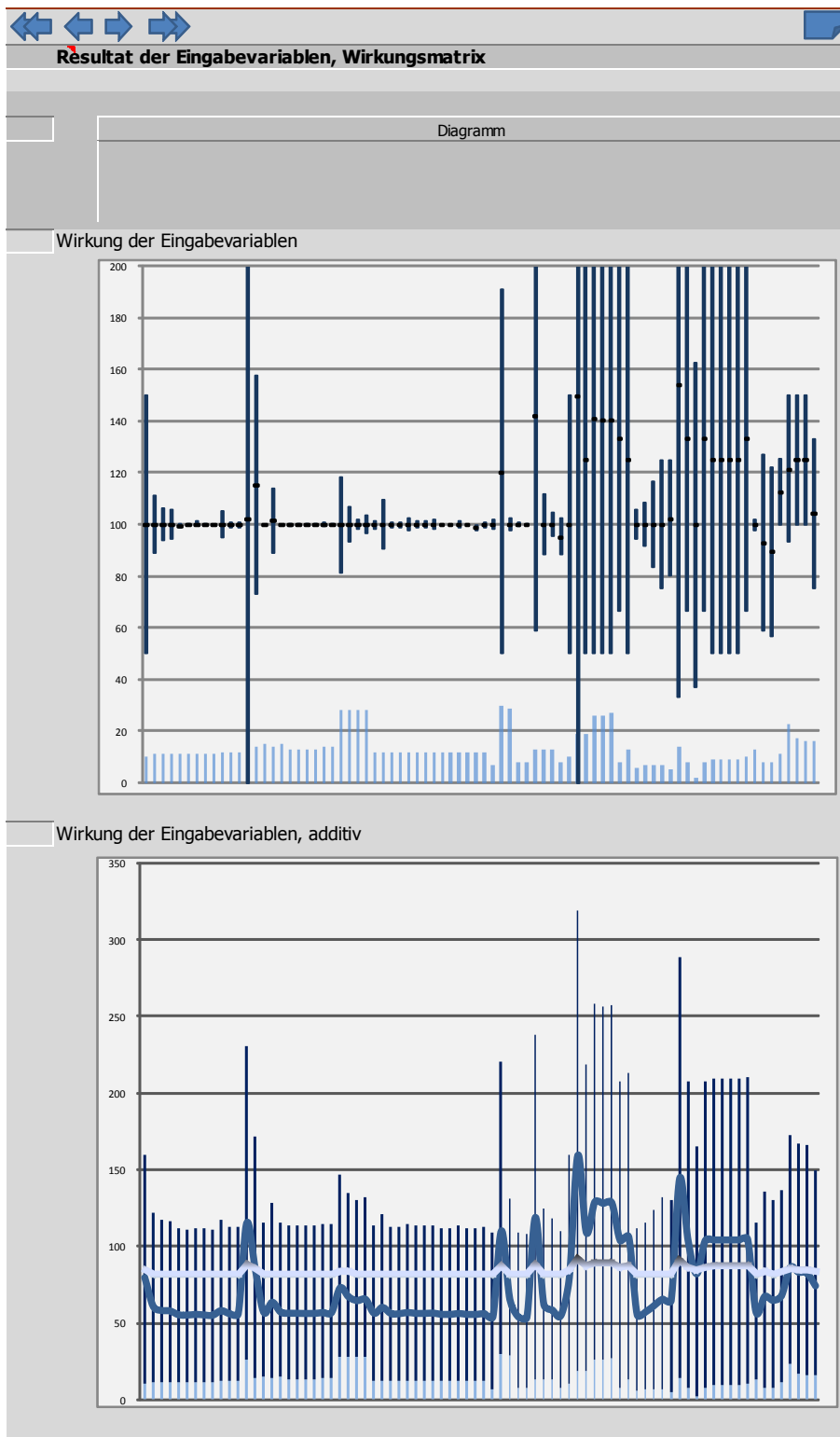
Qualitätskennzahlen

bezo-gen auf System u. Aufträge

14.15. Ausgabemaske Schlüssel-Leistungs-Indikatoren (KPI)

Schlüssel-Leistungs-Indikatoren (KPI)					
Struktur- und Rahmenkennzahlen			Produktivitätskennzahlen		
Kennzahl	Wert		Kennzahl	Wert	
	Zahlenwert	Einheit		Zahlenwert	Einheit
Invest gesamt	43.936.105	Euro	Lagerflächen-Nutzung	75,83	%
Invest Grundstück	7.500.000	Euro	Lagerplatz-Nutzung	81,00	%
Invest Gebäude	18.241.226	Stck	Lagerraum-Nutzung	46,00	%
Invest Technik	18.194.879	Euro	Bereitschaftsgrad	96,57	%
Abschreibung p.a.	2.179.965	Euro	Aut. Transp.-Strecken	65,33	%
Anzahl Lagerplätze	40.904	Stck	Lagerplätze autom.	77,38	%
Anzahl aktive Artikel	9.975	Stck	Betriebl. Nutzung 24h	65,51	%
Anzahl Aufträge p.Tag	2.500	Stck	Kosten pro Pick	0,26	Euro
Scheinleistung, aufgen.	2.285,34	KVA	Kosten pro Auftrag	12,65	Euro
CO2-Äquivalent	4.964,56	t/a	Kosten pro VE	5,27	Euro
Wirtschaftlichkeitskennzahlen			Qualitätskennzahlen		
Kennzahl	Wert		Kennzahl	Wert	
	Zahlenwert	Einheit		Zahlenwert	Einheit
Amortisationszeit	4,51	Jahre	Lieferbereitschaftsgrad	95,81	%
Grundstück nach Afa	14.112.170	Euro	Liefertreue	89,54	%
Gebäudewert nach Afa	6.080.409	Stck	Termintreue	96,00	%
Technikwert nach Afa	9.097.439	Euro	Aufträge o. Fehllieferun	94,00	%
Betriebskosten p.a.	7.904.049	Euro	Verfügbarkeit, techn.	98,27	%
Kap.-Bind.-Kosten p.a.	192.393	Euro	Verfügbarkeit, betrieb.	98,27	%
Müll/ Wertstoffkosten	247.125	Euro	Lag.-Bestand, Stichtag	6.411.803	Euro
Lagerplatzkosten p.E.	193,23	Euro	Lagerverluste p.a.	320.590	Euro
Bestandsumschlag	57,14	1/a	Bestandsreichweite	0,200	Monat
Auftragskosten p.Auf.	12,65	Euro	Zeitpunkt letzte Best.	17,50	Uhr

14.16. Ausgabemaske Wirkungsanalyse



14.17. Ausgabemaske Aggregation

Aggregation der Systemwerte		
Kennzahl	Wert	
	Zahlenwert	Einheit
Automatisierungsgrad		
Anteil der automatisierten Transportstrecken	65,33	%
Anteil der automatisierten Auftragserfüllungsschritte	58,33	%
Anteil der automatisierten Informationsverarbeitungsschritte	72,22	%
Anteil Lagerplätze mit autom. Zugriff	77,38	%
Bereitschaftsgrad der Anlage	94,36	%
	73,53	%
Wirtschaftlichkeit		
Kosten pro Pick	0,250	€
		€
		€
		€
		€
	0,250	€
Servicegrad		
Auftragsreaktion	78,08	%
Versandtermintreue	96,00	%
Sendungsqualität	97,75	%
Lieferbereitschaftsgrad	95,71	%
Sendungsakzeptanz	96,16	%
	92,74	%
Mittelwert für Schwellenwert im Exzerp der EVs aus Automatisierungsgrad, Invest Kosten pro Pick und Servicegrad	56,75	%

Mit steigenden Kosten pro Pick reduziert sich der Schwellenwert. Dadurch wirken sich steigende Pickkosten zunehmend auf die Anzahl der wesentlichen Beeinflusser (Eingabevariablen) aus.

14.18. Ausgabemaske Validierung

Validierung: Wirkung von Eingabevariablen auf Ausgabevariablen			
Kennzahl		Wert	
		Zahlenwert	Einheit
Betriebskosten			
Gebäude-Betriebskosten	<input type="text"/>	929.649	€/a
Technik-Betriebskosten	<input type="text"/>	1.782.658	€/a
Personal-Kosten	<input type="text"/>	3.653.822	€/a
Kapitalkosten für 1/2 Invest	<input type="text"/>	1.098.403	€/a
Kapitalbindungskosten	<input type="text"/>	192.393	€/a
Mengen			
Anzahl Mitarbeiter	<input type="text"/>	92	MA
Ø Energieaufnahme pro Jahr	<input type="text"/>	9.141,37	MWh/a
Ø CO ₂ Emission	<input type="text"/>	4.964,56	t/a
Wirtschaftlichkeit			
Amortisationszeit	<input type="text"/>	4,51	Jahre
ROI, Return on Invest	<input type="text"/>	5,18	ohne
Restwert Gebäude	<input type="text"/>	6.080.409	€
Restwert Technik	<input type="text"/>	9.097.439	€
Qualität			
Ø Bestandsreichweite	<input type="text"/>	0,20	Mon.
Liefertreue	<input type="text"/>	89,54	%
Sendungsqualität	<input type="text"/>	97,75	%
Lieferbereitschaftsgrad	<input type="text"/>	95,81	%
Verfügbarkeit, technisch	<input type="text"/>	98,27	%
Verfügbarkeit, betrieblich	<input type="text"/>	98,27	%
Aggregation			
Automatisierungsgrad	<input type="text"/>	73,97	%
Kosten pro Pick	<input type="text"/>	0,263	€
Servicegrad	<input type="text"/>	92,74	%

15. ANHANG C: BEDIENUNGSANLEITUNG

In diesem Kapitel werden die einzelnen Schritte zum Aufruf des Analysetools und die Benutzung als Übersicht beschrieben.

15.1. System-Anforderungen

Hardware

Das PC-System, das zur Verwendung herangezogen wird, sollte dem heutigen Stand der Technik entsprechen, es existieren jedoch keine erhöhten Anforderungen an die Hard- bzw. Softwareausprägung.

Datenbank

Es ist keine zusätzliche Datenbank auf dem Benutzerclient erforderlich. Die Daten werden direkt durch Speichern der Analysetool-Datei unter einem neuen Namen gesichert und stehen zur weiteren Bewertung zur Verfügung.

Datensicherung

Eine Überschreibung der Excel-Arbeitsmappe „Analysetool“ ist nicht möglich. Beim Versuch des Abspeicherns fragt das System nach einem neuen Namen, unter dem die Änderungen abgespeichert werden sollen. Hierdurch ist es möglich, unterschiedlichste Betrachtungen jeweils getrennt unter einem eigenständigen Dateinamen abzuspeichern, z.B. mit Datumsergänzung im Dateinamen bei einem Monitoring beim Umsetzen von Ergebnissen einer Potentialanalyse.

Datenausgabe

Die Datenausgabe kann durch Ausdruck jedes einzelnen Datenblattes oder durch Ausdruck der gesamten Arbeitsmappe erfolgen. Ein Datenexport kann über selbst zu erstellende Referenztabellen oder durch selbst organisierte csv-Dateien erfolgen.

Nutzung / Sperrvermerk

Die Nutzung des im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Analysetools ist nur im Rahmen der Dissertation gestattet. Eine kommerzielle Nutzung ist ohne Zustimmung des Entwicklers nicht erlaubt.

15.2. Bedienoberfläche

Die Bedienoberfläche des Analysetools ist an die bekannte Microsoft-Browser-Funktion adaptiert und führt den Benutzer intuitiv und selbsttätig.

Die Eingabemasken sind in 2 Spaltengruppen eingeteilt. Die erste Spaltengruppe, als inaktive Informationsspalten ausgeprägt, benennt die Kennzahlen und den Kennzahlentyp. Die zweite Spaltengruppe enthält die aktiven Bereiche, wobei die Spalte „Eingabe“ zum Eintrag bzw. zur Auswahl durch Dreh- und Auswahlfelder dient und in der Spalte „Ausgabe“ die im Analysetool ermittelten Werte angezeigt werden.

15.3. Start-Up-Funktion

Nach Start des Analysetools erscheint folgende Inhaltsmaske:

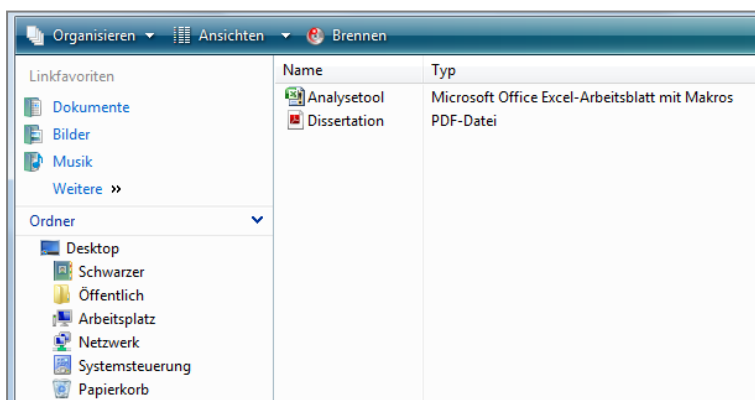


Abbildung 103: *Startmaske Analysetool*

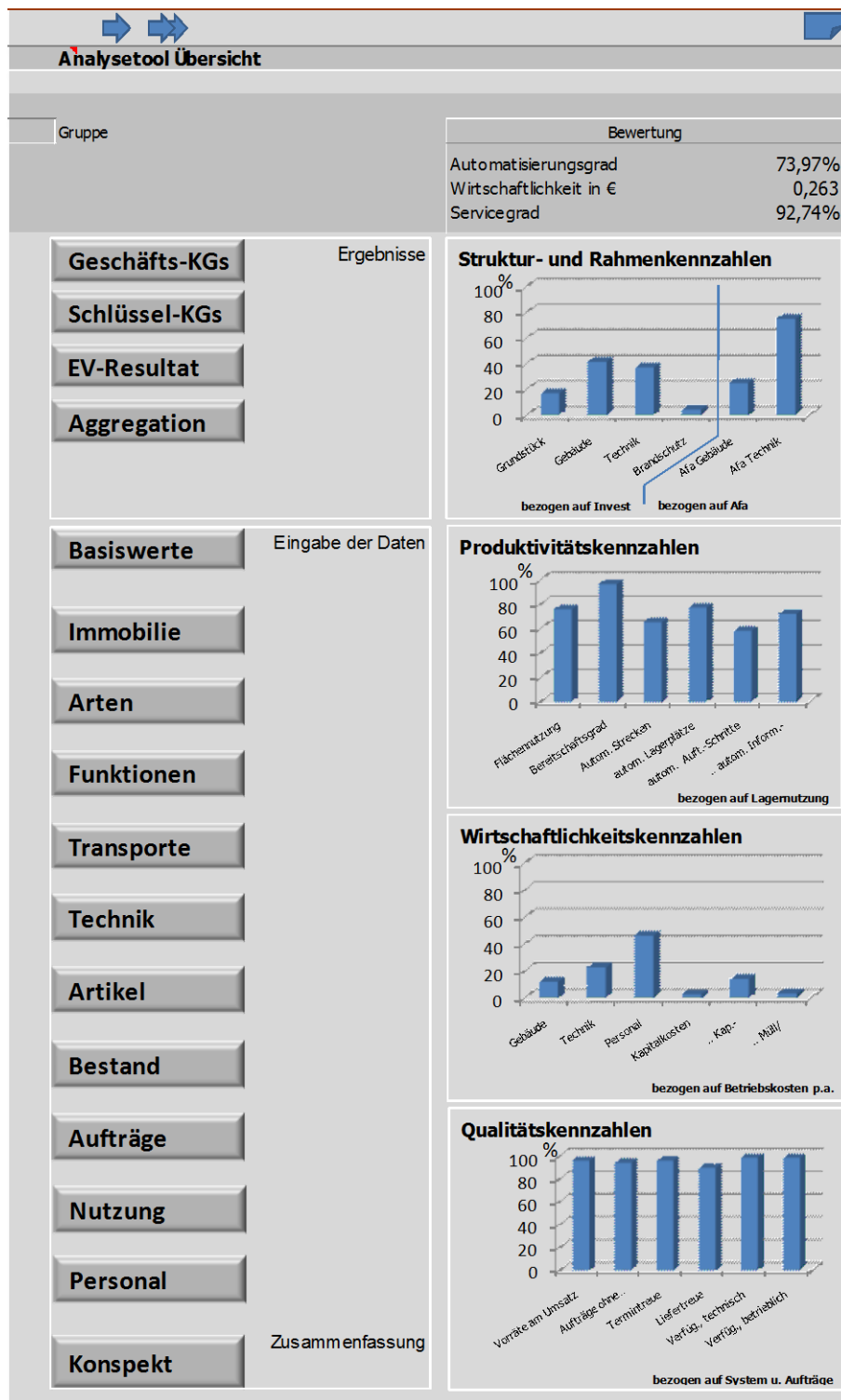
Dem Benutzer stehen jetzt folgende Dateien zur Verfügung:

- Analysetool (Excel Datei) >Masterdatei
- Dissertation (PDF-Datei) >Beschreibung

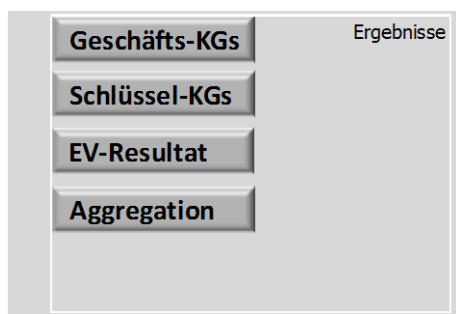
15.4. Bedienung

Die EXCEL-Datei: „ANALYSETOOL“ steht als Mastertool zur Verfügung und durch Doppelklicken des Dateisymbols „ANALYSETOOL“ startet EXCEL die Applikation des Tools und auf dem Monitor erscheint die Startmaske lt. nachfolgender *Abbildung 104: Analysetool Übersicht*.

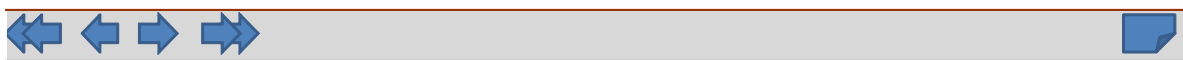
Nach Ausführung der Analyse innerhalb des EXCEL-Files kann die erstellte Datei nur unter einem neuen Dateinamen gespeichert werden.

Abbildung 104: *Analysetool Übersicht*

In der rechten Spalte, die sich in zwei Bereiche aufteilt, befinden sich Auswahlbuttons (*siehe Abbildung 105: Auswahlbuttons Ergebnisse und Abbildung 106: Auswahlbuttons Datenerhebungsbögen*), mit deren Hilfe zu den einzelnen Ausgabeformblättern der Ergebnisse und zu den Dateneingabebögen gemäß den eingeführten Strukturelementen navigiert werden kann.

Abbildung 105: *Auswahlbuttons Ergebnisse*Abbildung 106: *Auswahlbuttons Datenerhebungsbögen*Abbildung 107: *Auswahlbutton Zusammenfassung*

Zusätzlich kann mit der Menüleiste im Kopf jeder einzelnen Bedienmaske die nächste, die vorherige (sofern vorhanden), die erste Bedienmaske „Übersicht“ und die letzte Bedienmaske „Konzept“ direkt aufgerufen werden.

Abbildung 108: *Kopf-Menüleiste Datenerhebungsbögen*

Die Menüleiste bietet folgende Bedienbuttons:





Sprung zur vorherigen Seite



Sprung zur nachfolgenden Seite



Sprung zu „Konspekt“

Zusätzlich wurde ein Button eingeführt, mit dem ein Direktausdruck des angezeigten Arbeitsblattes möglich ist. Hierbei ist zu beachten, dass der im individuellen Druckmenü eingestellte Drucker aktiviert wird.



Druck des aktuellen Arbeitsblattes

Als erste Aktion bei der Benutzung ist der Blick auf die Basiswerte zu richten, da diese wie bereits im Laufe der Arbeit beschrieben, die Grundlage jeder weiteren Berechnung darstellen. Es ist vom Benutzer festzustellen, ob die einzelnen Basiswerte Bestand haben oder ob ggf. eine Anpassung durch das vorgegebene Drehfeld für die Preissteigerungsrate genügt.

Anschließend, nach Auswahl der gewünschten Eingabemaske, es empfiehlt sich eine sukzessive Vorgehensweise in der vorgegebenen Reihenfolge, erscheinen die Eingabemasken, die unterschiedliche Spalten aufweist.

Die erste Spaltengruppe, als inaktive Informationsspalten ausgeprägt, benennt die Kennzahlen und den Kennzahlentyp. Die zweite Spaltengruppe sind die aktiven Bereiche, wobei die Spalte -Eingabe- zum Eintrag bzw. zur Auswahl durch Dreh- und Auswahlfelder dient und in der Spalte -Ausgabe- die im Analysetool ermittelten Werte angezeigt werden (*siehe Abbildung 109: Analysetool Bedienoberfläche*).

Die Eingabevariablen, also die lt. Datenerfassung erhobenen Kennwerte, werden nach und nach in den einzelnen Datenerhebungsbögen, die die Strukturelemente des Distributionsprozesses widerspiegeln, in den vorgesehenen Eingabefeldern eingetragen.

Durch die Einträge ergeben sich direkt die Spitzenkennzahlen des jeweiligen Strukturelementes.

Zusätzlich ist eine Vielzahl der Excelparameter mit einem Kommentar versehen, um dem Bediener Hinweise zur

- Benennung der Kennzahl, was die Kennzahl beschreibt,
- Art der Kennzahl, wo die Kennzahl eingeordnet wird,
- Gruppe der Kennzahl, was die jeweilige Kennzahl beeinflusst,
- Typ der Kennzahl, welche Zuordnung die Kennzahl erfährt und
- Aussage des Einzelergebnisses, was das Ergebnis bedeutet

zu geben.

Nachfolgend ist eine Eingabemaske beispielhaft dargestellt.

Kennzahl	Gruppe	Typ	Eingabe	Ausgabe	SI
	Automatisierungsgrad Kosten pro Pick Serv/cegrad	operativ strategisch	unabhängig-Variable	abhängige-Variable	Dimension
1 Immobilienbezogene Kenngrößen					
1.0 Invest Immobilie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		25.741.377	€
1.1 Baujahr/ Inbetriebnahme	<input type="radio"/>		2010		Jahr
1.2 Invest Grundstück	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		7.500.000	€
1.2.1 Grundstück Gesamtfläche	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	50.000 *		m ²
1.3 Gebäude				18.241.377	€
1.3.1 Design-Faktor Gebäude	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1,00		ohne
1.3.1.1 Installierte Leistung TGA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		500,0	KW
1.3.2 Gebäudeflächen, gesamt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		13.700	m ²
1.3.2.1 Lagerfläche, 6 - 8 m hoch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	8.000 *		m ²
1.3.2.2 Lagerfläche, 15-18 m hoch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3.000 *		m ²
1.3.2.3 Lagerfläche, 30-35 m hoch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2.000 *		m ²
1.3.2.4 Fläche Bühne	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1.000 *		m ²
1.3.2.5 Fläche Außenlager	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	500 *		m ²
1.3.2.6 Fläche Büro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	500 *		m ²
1.3.2.7 Fläche Sozialräume	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	200 *		m ²
1.3.3 Sonstiges					
1.3.3.1 z.B. Fläche Parkplatz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	100 *		m ²
1.3.3.2 Anzahl der LKW-Ladetore	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	10		Stck
1.3.4 Invest Photovoltaik	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		7.040.852 *	€
1.3.4.2 Photovoltaik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein			
1.3.4.2 Photovoltaikfläche	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		13.000	m ²
1.3.5 Invest Brandschutz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		1.867.600 *	€
1.3.5.1 Sprinklerung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
1.3.5.2 Sprinkler-Pumpstation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
1.3.5.3 Löschwasser-Speicher	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
1.3.5.4 Löschwasser-Wanne	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		
1.3.5.5 Installierte Leistung Pumpstation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		50,0	KW

* Szenario-Manager - Variable

Abbildung 109: Analysetool Bedienoberfläche

Nachfolgend ist die Ausgabemaske der Wirkungsanalyse dargestellt, aus der die Wirkung der Eingabeparametervariation auf die Ausgabeparameter ersichtlich ist.

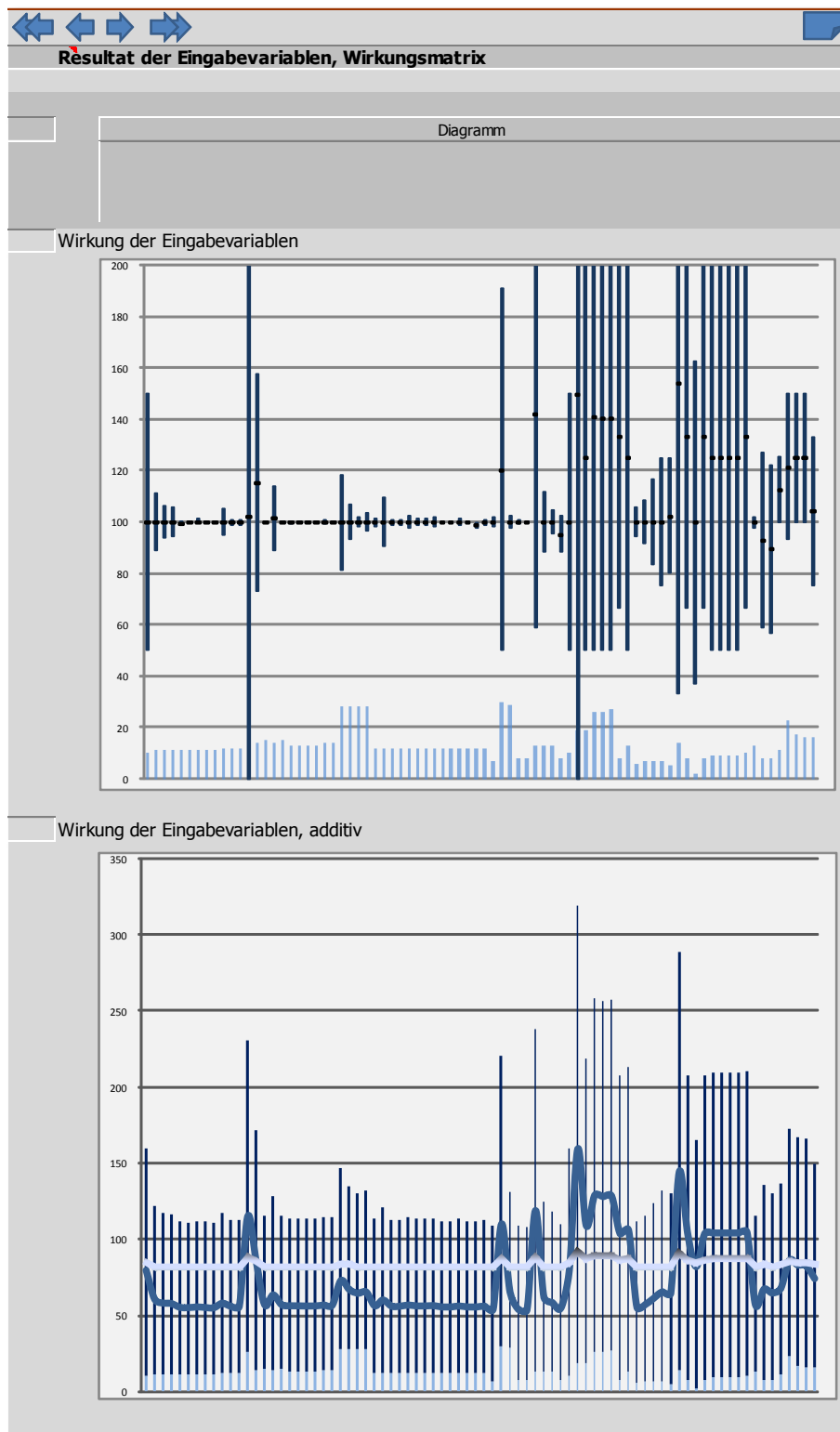


Abbildung 110: Ausgabemaske EV-Resultat, Wirkungsanalyse

Um diese Ausgabemaske mit den Werten der gültigen Gesamt-System-Analyse zu aktualisieren, muss zunächst das Arbeitsblatt „SZENARIO-PARAMETER“ lt. nachfolgender Abbildung aufgerufen werden.

Szenario-Parameter Wirkungsanalyse und Validierung						
Eingabevariable			Ausgabevariable			
Kennzahl	Wert		Kennzahl	Wert		
	Zahlenwert	Einheit		Zahlenwert	Einheit	
lfd	Eingabevariablen		lfd	Konspekt, Systemwerte Zusammenfassung		
1	Grundstück Gesamtfläche	50.000	m ²	1 Invest, gesamt	46.236.583	€
2	Lagerfläche, 6 - 8 m hoch	8.000	m ²	2 Invest Technik	16.923.243	€
3	Lagerfläche, 15-18 m hoch	3.000	m ²	3 Abschreibung, gesamt	2.289.232	€/a
4	Lagerfläche, 30-35 m hoch	2.000	m ²	4 Ø Anzahl Aufträge pro Tag	2.500	Stck
5	Fläche Bühne	1.000	m ²	5 Ø verpackte Aufträge pro Tag	2.400	Stck
6	Fläche Außenlager	500	m ²	6 Ø Energieaufnahme (S)	2.283,95	KVA
7	Fläche Büro	500	m ²	7 Ø CO2 Emission, gesamt	4.961,21	t/a
8	Fläche Sozialräume	200	m ²	8 Bereitschaftsgrad der Aufträge	96,57	%
9	z.B. Fläche Parkplatz	100	m ²	9 Betriebl. Nutzungsgrad Lager	65,51	%
10	Invest Brandschutz	1.916.408	€	10 Kosten pro Pick	0,291	€
11	Lagerarten (DV/IT)	321.775	€	11 Kosten pro Auftrag	13,98	€
12	Lagerfunktionen (DV/IT)	851.913	€	12 Kosten pro fertige Versand	5,82	€
13	Lagertransportstrecken	65,33	%	13 Amortisationszeit	4,16	Jahre
14	AnzLaPl AKL	30.000	Stck	14 Restwert Grundstück	14.112.170	€
15	AnzLaPl AKL, Silobauwe	2	Stck	15 Restwert Gebäude	6.632.311	€
16	AnzLaPl HRL	10.000	Stck	16 Restwert Technik	9.419.825	€
17	AnzLaPl HRL, Silobauwe	2	Stck	17 Betriebskosten, gesamt	8.736.558	€/a
18	AnzLaPl Blocklager	3.000	Stck	18 Kapitalbindungskosten	247.936	€/a
19	AnzLaPl Fachbodenlager	2.500	Stck	19 Ø Müll/ Wertstoffkosten	277.050	€/a
20	AnzLaPl Durchlauflager	500	Stck	20 Lagerplatzkosten	213,59	€/Stck
21	AnzLaPl Durchlauflager	1.500	Stck	21 Umschlaghäufigkeit der Aufträge	57,14	1/a
22	AnzLaPl Kragarmlager	500	Stck	22 Ø Lagerbestand zum Stichtag	7.870.990	€
23	AnzLaPl Paternosterlage	400	Stck	23 Ø Lagerverluste p.a.	98.387.376	€/a
24	Länge Bandförderer	800	m	24 Ø Bestandsreichweite	0,20	Mon.
25	Länge Palettenförderer	300	m	25 Lieferbereitschaftsgrad	95,81	%
26	Länge Sorter	200	m	26 Aufträge ohne Fehlliefer	94,00	%
27	Länge Elektrohängebahn	400	m	27 Termintreue/ Logistikqualität	96,00	%
28	Anzahl Elektrohängebahn	65	Stck	28 Liefertreue	89,54	%
29	Anzahl AKL-RBG	20	Stck	29 Verfügbarkeit, technisch	98,27	%
30	Anzahl AKL-RBG, doppel	2	Stck	30 Verfügbarkeit, betrieblich	98,27	%
31	Anzahl AKL-RBG, gangwe	2	Stck	31 Automatisierungsgrad	73,97	%
32	Anzahl HRL-RBG	4	Stck	32 Servicegrad	92,74	%
33	Anzahl HRL-RBG, doppel	2	Stck	Aufträge, Nutzung, Personal		
34	Anzahl HRL-RBG, gangwe	2	Stck	33 Ø Mehrpositions-Aufträge	90,0	%
35	Anzahl Behälter	50.000	Stck	34 Ø Picks/ Auftrag	48	Stck
36	Anzahl Trays	1.000	Stck	35 Ø Positionen/ Versand	3,33	Stck
37	Anzahl Kartons	2.000	Stck	36 Ø Picks/ Tag	120.000	Stck
38	Anzahl Paletten	30.000	Stck	37 Ø Versandeinheiten/ Tag	6.000	Stck
39	Anzahl Sonstige LHM	500	Stck	38 Ø Verpackte Aufträge/ Tag	2.400	Stck
40	Invest DV / IT Komponente	889.365	€	39 Anteil Falsch- an Gesamt	6,00	%
41	Invest Arbeitsplätze, physisch	379.800	€	40 Reklamationsquote	2,25	%
42	Anzahl Lieferanten	200	Stck	41 Lieferbereitschaftsgrad	95,81	%

Abbildung 111: Szenario-Parameter, Teilausschnitt

Nach Eingabe aller zur Gesamtsystem-Analyse erforderlichen Eingabevariablen muss zur Übernahme der neuen Eingabe ein Parameter-Refresh für den Excel-Szenario-Manager erfolgen, um die unterschiedlichen Szenarien mit den aktuellen Werten durchführen zu können, wobei die Eingabekennzahlen, die zur Validierung herangezogen werden in blau dargestellt sind (siehe Abbildung 112: Parameter-Refresh Szenario-Parameter).

Die Szenarioerstellung teilt sich in die drei Bereiche

- Konspekt, Systemwerte, Zusammenfassung
- Aufträge, Nutzung, Personal
- Technik, Artikel, Bestand auf,

zusätzlich erfolgen zwei weitere Szenarien zur

- Validierung und
- Evaluierung.

Szenario-Parameter Wirkungsanalyse und		
Eingabevariable		
Kennzahl	Wert	
	Zahlenwert	Einheit
lfd	<u>Eingabevariablen</u>	
1	Grundstück Gesamtfläche	50.000 m ²
2	Lagerfläche, 6 - 8 m hoch	8.000 m ²
3	Lagerfläche, 15-18 m hoch	3.000 m ²
4	Lagerfläche, 30-35 m hoch	2.000 m ²
5	Fläche Bühne	1.000 m ²
6	Fläche Außenlager	500 m ²
7	Fläche Büro	500 m ²
8	Fläche Sozialräume	200 m ²
9	z.B. Fläche Parkplatz	100 m ²
10	Invest Brandschutz	1.916.408 €
11	Lagerarten (DV/IT)	321.775 €
12	Lagerfunktionen (DV/IT)	851.913 €
13	Lagertransportstrecken	65,33 %
14	AnzLaPl AKL	30.000 Stck
15	AnzLaPl AKL , Silobauwerke	2 Stck
16	AnzLaPl HRL	10.000 Stck
17	AnzLaPl HRL, Silobauwerke	2 Stck
18	AnzLaPl Blocklager	3.000 Stck
19	AnzLaPl Fachbodenlager	2.500 Stck
20	AnzLaPl Durchlauflager	500 Stck

Abbildung 112: Parameter-Refresh Szenario-Parameter, Detailausschnitt

Jedes der einzelnen Szenarien bringt einen Szenario-Bericht hervor, die anschließend in einer Gesamttabelle lt. Arbeitsblatt „Szenariobericht gesamt“ zusammengefasst werden.

Dieser „Szenariobericht gesamt“ bildet die Grundlage aller Aussagen zu dem Wirkverhalten jeder einzelnen Eingabevariablenparametervariation auf alle ausgewählten Ausgabevariablen.

15.5. Ausgabe der Ergebnisse

Nach Eintrag aller Eingabewerte stehen alle Ergebnisse in den Arbeitsblättern

- Übersicht
- Geschäfts-KGs (Business-Performance-Indicators)
- Schlüssel-KGs (Key-Performance-Indicators)
- Aggregation
- Validierung AVs

unmittelbar zur Verfügung. Siehe hierzu nachfolgende Abbildung.

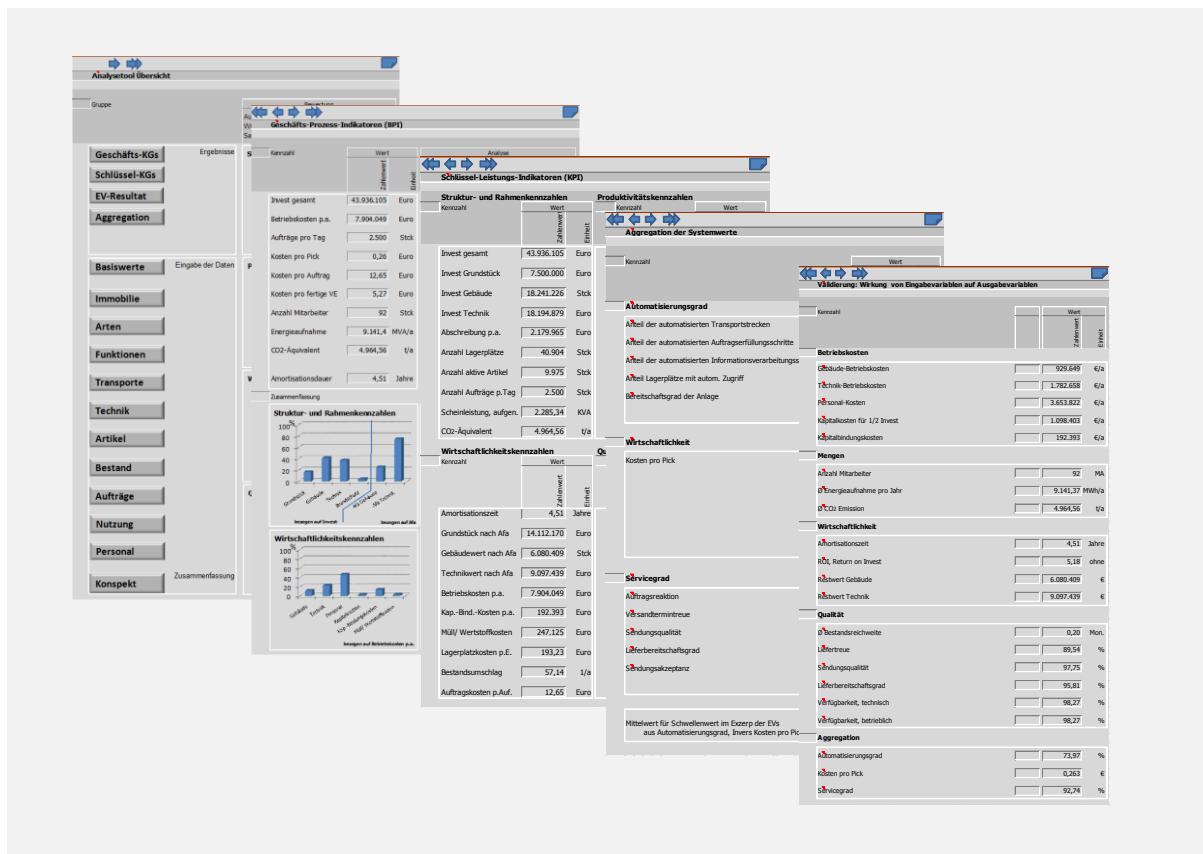


Abbildung 113: *Ausgabemasken des Analysetools*

Die in *Abbildung 113: Ausgabemasken des Analysetools* dargestellten Ausgabemasken stehen innerhalb des Analysetools dem Anwender direkt und auch während der Eingabe von Kennzahlen zur Verfügung. Ein gesonderter Start von Berechnungsroutinen o.ä. ist nicht erforderlich. Dadurch können Reaktionen auf Eingabewerte unmittelbar geprüft bzw. bewertet werden.

Durch diese Direktausgabe ist es z.B. bei Planungen von Intralogistiksystemen möglich, unterschiedliche Experimente, z.B. Änderungen im Technikbereich, und die daraus resultierenden Konsequenzen direkt mit in die Bewertung einzubeziehen.

16. ANHANG D: KENNZAHLEN UND PROTOKOLLE ZUR WIRKUNGSANALYSE

In diesem Teil des Anhangs sind die für die Wirkungsanalyse des Analysetools ausgewählten Kennzahlen und Protokolle aufgelistet.

16.1. Kennzahlen der Wirkungsanalyse

In der linken Spalte der Eingabekennzahlen sind alle Kennzahlen aufgeführt, die als Eingangsvariable der Wirkungsszenarien ausgewählt wurden.

In der rechten Spalte, die in sich geteilt ist, befinden sich die Ausgabevariablen mit Angabe der Zugehörigkeit zu den Gruppen- bzw. Strukturelementen, deren Beeinflussung durch Veränderung jeder einzelnen Eingabevariablen analysiert wurde.

Eingabekennzahlen Wirkungsanalyse	Ausgabekennzahlen Wirkungsanalyse	Gruppe der Ausgabekennzahl
Invest Grundstück	Invest, gesamt	Struktur- und Rahmen- Kennzahlen
Lagerfläche, 6-8 m hoch	Invest Technik	
Lagerfläche, 15-18 m hoch	Abschreibung, gesamt	
Lagerfläche, 30-35 m hoch	Ø Anzahl Aufträge pro Tag	
Fläche Bühne	Ø verpackte Aufträge pro Tag	
Fläche Außenlager	Ø Energieaufnahme (S), gesamt	
Fläche Büro	Ø CO ₂ Emission, gesamt	Produktivitäts- Kennzahlen
Fläche Sozialräume	Bereitschaftsgrad der Anlage	
z.B. Fläche Parkplatz	Betriebl. Nutzungsgrad über 24h	
Invest Brandschutz	Kosten pro Pick	
Lagerarten (DV/IT)	Kosten pro Auftrag	
Lagerfunktionen (DV/IT)	Kosten pro fertige Versandeinheit	
Lagertransportstrecken (intern)	Amortisationszeit	Wirtschaftlichkeits- Kennzahlen
AnzLaPI AKL	Restwert Grundstück	
AnzLaPI AKL , Silobauweise	Restwert Gebäude	
AnzLaPI HRL	Restwert Technik	
AnzLaPI HRL, Silobauweise	Betriebskosten, gesamt	
AnzLaPI Blocklager	Kapitalbindungskosten	
AnzLaPI Fachbodenlager Karton	Ø Müll/ Wertstoffkosten	
AnzLaPI Durchlauf lager Palette	Lagerplatzkosten	
AnzLaPI Durchlauf lager Karton	Umschlaghäufigkeit der Bestände	
AnzLaPI Kragarm lager	Ø Lagerbestand zum Stichtag	
AnzLaPI Paternosterlager	Ø Lagerverluste p.a.	Qualitäts- Kennzahlen
Länge Bandförderer	Ø Bestandsreichweite	
Länge Palettenförderer	Lieferbereitschaftsgrad	
Länge Sorter	Aufträge ohne Fehllieferungen	
Länge Elektrohängebahn	Termintreue/ Logistikqualität	
Anzahl Elektrohängebahngondeln	Liefertreue	
Anzahl AKL-RBG	Verfügbarkeit, technisch	
Anzahl AKL-RBG, doppelt tief	Verfügbarkeit, betrieblich	

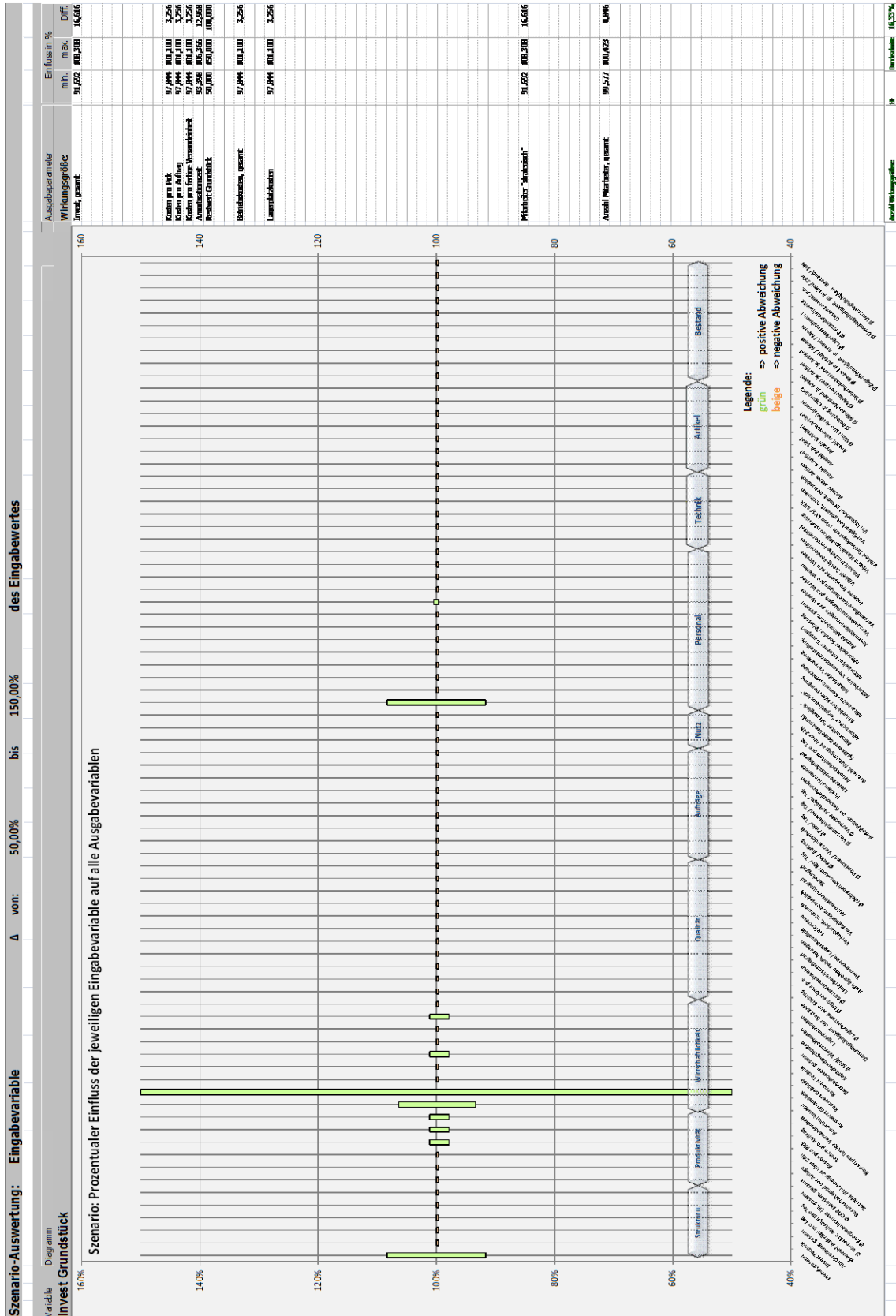
Anzahl AKL-RBG, gangwechselnd	Automatisierungsgrad	
Anzahl HRL-RBG	Servicegrad	
Anzahl HRL-RBG, doppelt tief	Ø Mehrpositions-Aufträge/ Tag	Strukturelement
Anzahl HRL-RBG, gangwechselnd	Ø Picks/ Auftrag	Aufträge
Anzahl Behälter	Ø Positionen/ Versandeinheit	
Anzahl Trays	Ø Picks/ Tag	
Anzahl Kartons	Ø Versandeinheiten/ Tag	
Anzahl Paletten	Ø Verpackte Aufträge/ Tag	
Anzahl Sonstige LHM	Anteil Falsch- an Gesamtlieferungen	
Invest DV / IT Komponenten	Reklamationsquote	
Invest Arbeitsplätze, physisch installiert	Lieferbereitschaftsgrad	
Anzahl Lieferanten	Arbeitsschichten pro Tag	Strukturelement
Anzahl Lagerartikel	Betriebl. Nutzungsgrad über 24h	Nutzung
Anzahl Auftragsartikel	Spätester Bestellzeitpunkt	
Anzahl Paletten-Artikel	Mitarbeiter "strategisch"	Strukturelement
Anzahl Artikel mit man. Komm.	Mitarbeiter "organisatorisch"	Personal
Ø Wert pro A-Artikel	Mitarbeiter Wareneingang	
Ø Wert pro B-Artikel	Mitarbeiter Kommissionierung	
Ø Wert pro C-Artikel	Mitarbeiter Verpackung	
Ø Gewicht pro Pickereinheit	Mitarbeiter Versandbereitstellung	
Ø Größe pro Pickereinheit	Mitarbeiter Interner Transport	
ABC-Struktur	Mitarbeiter Service/Wartung	
Ø Lagerbestand je Artikel*	Anzahl Mitarbeiter, gesamt	
Ø Aufträge/ Tag	Kommissionierungen pro Werker	
Ø Positionen/ Auftrag	Versandverpackungen pro Werker	
Ø Picks/ Position	Versandbereitstellungen pro Werker	
Ø Picks / WE-Position	Interne Transporte pro Werker	
Ø Picks/ Versandeinheit	Vfbkeit Stetig-Fördermittel	Strukturelement
Ø Einpositions-Aufträge/ Tag	Vfbkeit Unstetig-Fördermittel	Technik
Aufträge m. falscher Menge/ Tag	Vfbkeit Handlings-Hilfsausstattung	
Aufträge m. falschem Artikel/ Tag	Vfbkeit Techniksystem ohne LVS/MFR	
Aufträge m. defektem Artikel/ Tag	Verfügbarkeit gesamt, technisch	
Aufträge m. Terminverzug/ Tag	Verfügbarkeit gesamt, betrieblich	
Betriebsdauer	Anzahl aktive Artikel	Strukturelement
Ø Warenannahmezeit	Anzahl A-Artikel	Artikel
Letzte Bereitstellung Versand	Anzahl B-Artikel	
WE-Positionen pro Werker	Anzahl C-Artikel	
Kommissionierungen pro Werker	Anzahl ruhende Artikel	
Versandverpackungen pro Werker	Ø Wert pro Artikel gesamt	
Versandbereitstellungen pro Werker	Ø Belegung je Lagerplatz	
Interne Transporte pro Werker	Ø Mindestbestand je Artikel	Strukturelement
Palettenvolumen	Ø Meldebestand je Artikel	Bestand
Preissteigerungsrate	Ø Sicherheitsbestand je Artikel	

Gleichzeitigkeits-Faktor	Ø Bedarf je Artikel / Monat
Überdimensionierungs-Faktor	Ø Zugriffshäufigkeit je Artikel / Monat
Design-Faktor Gebäude	Ø Lagerbestandswert
Zugänglichkeits-Faktor	Ø Bestandsreichweite
LHM-Qualitäts-Faktor	Gesamtumsatz p.a.
Verpackungsqualitäts-Faktor	Ø Umschlaghäufigkeit je Artikel/ Jahr
ArbPlatz Ergonomie-Faktor	Ø Umschlaghäufigkeit Bestand/ Jahr

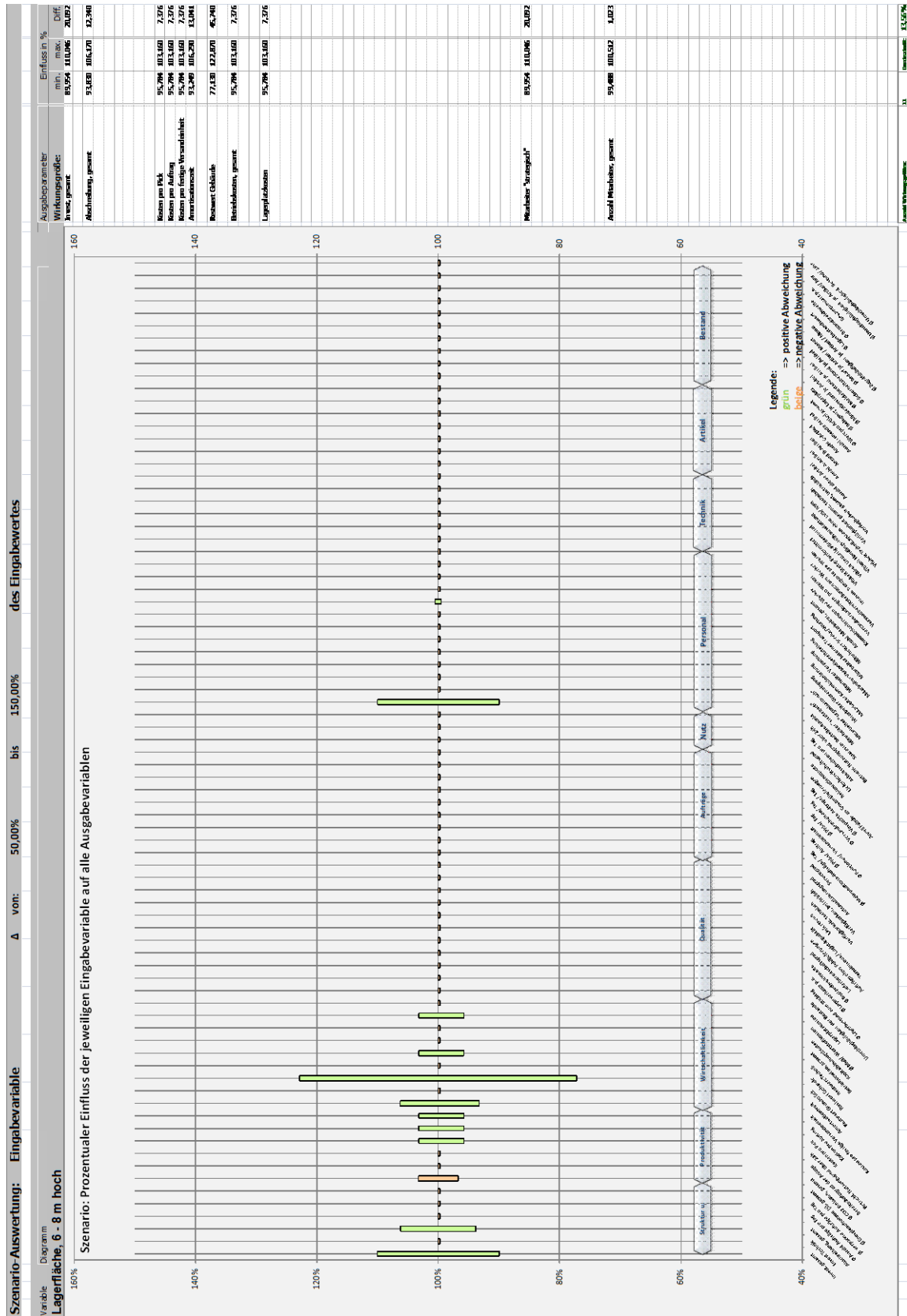
Tabelle 23: *Kennzahlen der Wirkungsanalyse*

16.2. Protokolle der Wirkungsanalyse

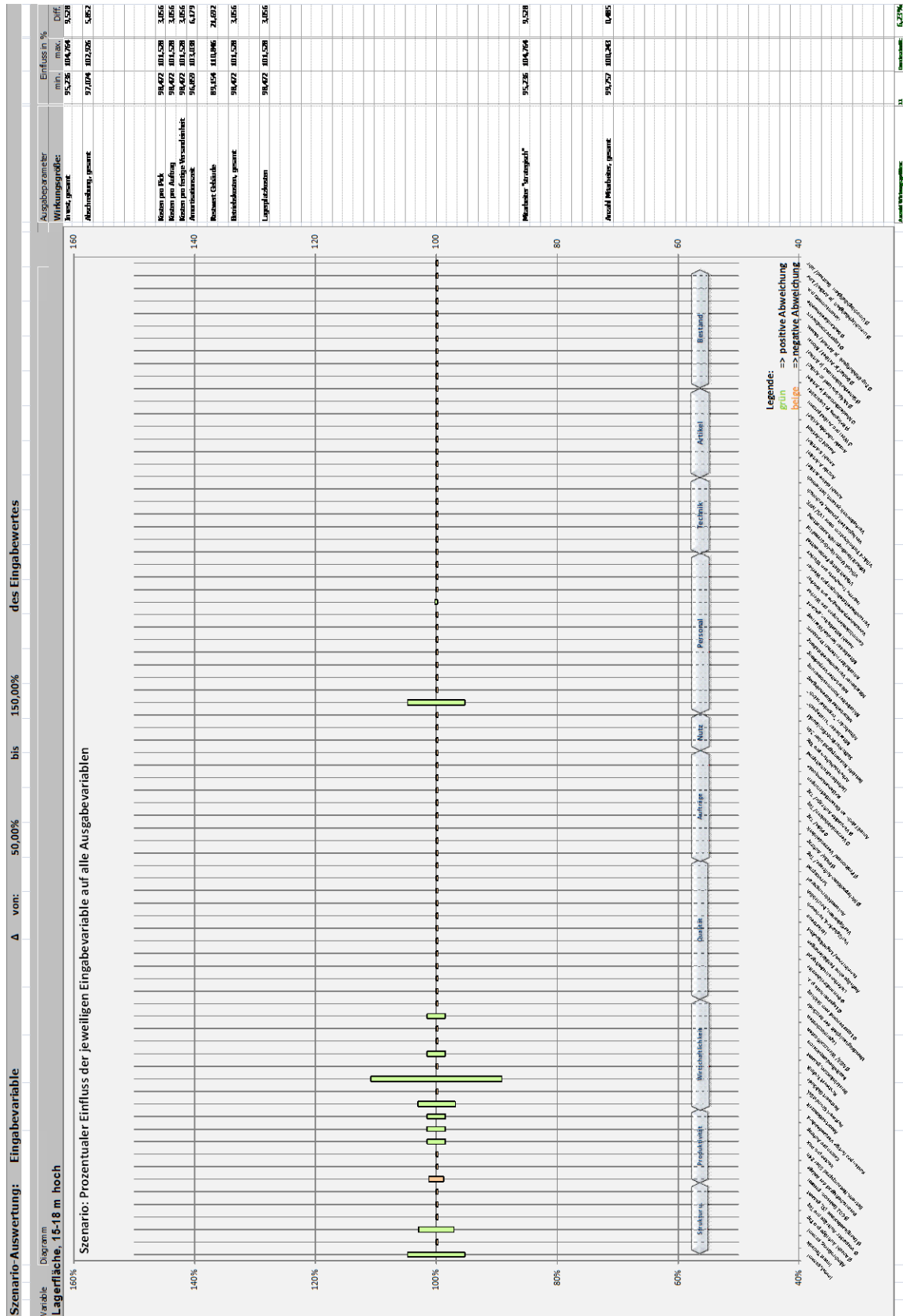
Invest Grundstück



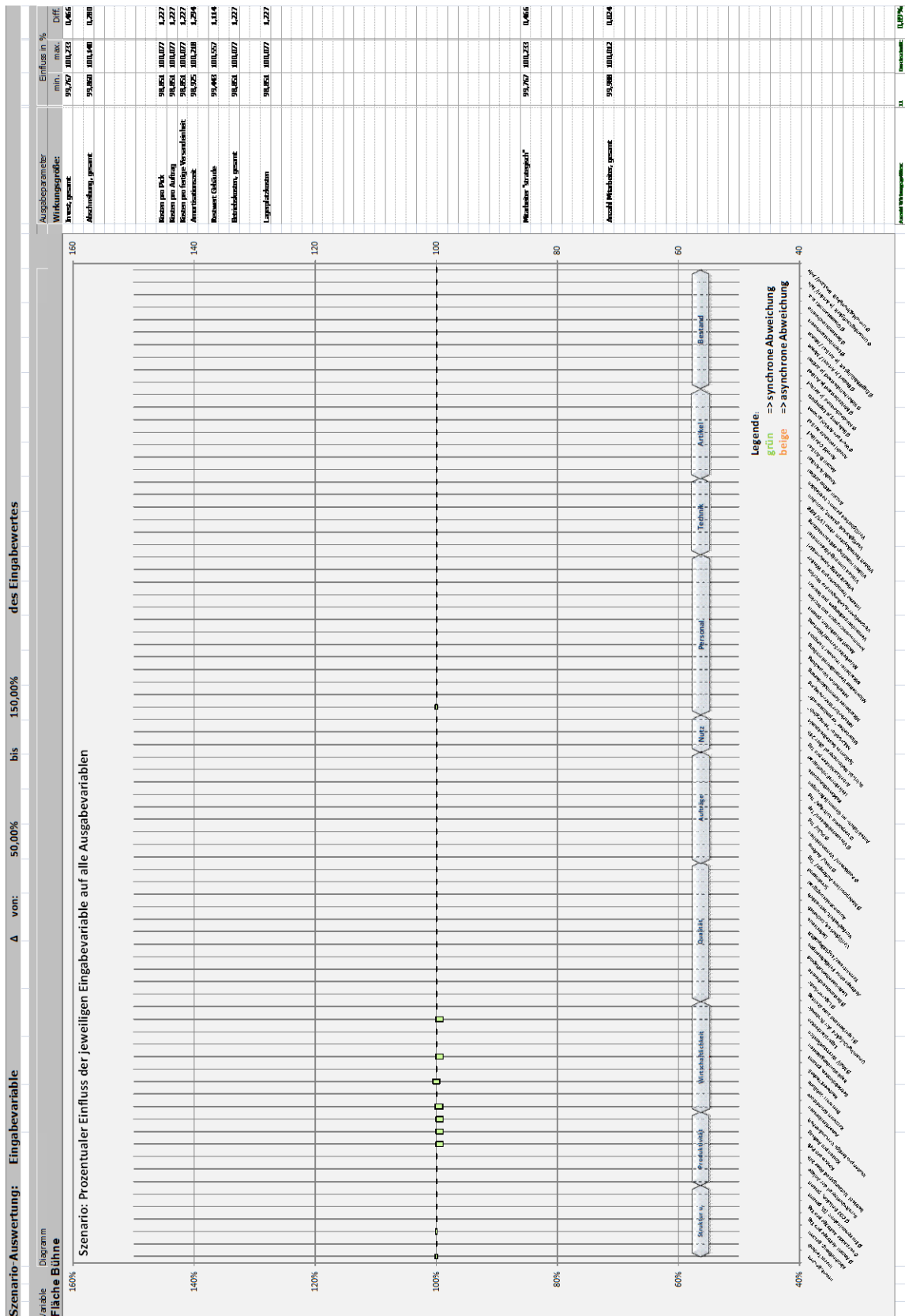
Lagerfläche, 6-8 m hoch



Lagerfläche, 15-18 m hoch



Fläche Bühne



Die voran gezeigten Protokolle stellen lediglich einen Auszug aller erstellten Protokolle dar.

17. ANHANG E: KENNZAHLEN UND PROTOKOLLE ZUR VALIDIERUNG

In diesem Teil des Anhangs sind die für die Validierung des Analysetools ausgewählten Kennzahlen und Protokolle aufgelistet.

17.1. Kennzahlen der Validierung

In der linken Spalte der Eingabekennzahlen sind alle Kennzahlen aufgeführt, die als Eingangsvariable der Validierungsszenarien ausgewählt wurden.

In der rechten Spalte, die in sich geteilt ist, befinden sich die Ausgabevariablen mit Angabe der Gruppen- bzw. der Strukturelementzugehörigkeit, deren Beeinflussung durch Veränderung jeder einzelner Eingabevariablen analysiert wurde.

Eingabekennzahlen Validierung	Ausgabekennzahlen Validierung	Gruppe der Ausgabekennzahl
Lagertransportstrecken (intern)	Gebäude-Betriebskosten	Validierung
AnzLaPI AKL	Technik-Betriebskosten	Betriebskosten
AnzLaPI AKL , Silobauweise	Personal-Kosten	
Anzahl Lagerartikel	Kapitalkosten für 1/2 Invest	
Anzahl Auftragsartikel	Kapitalbindungskosten	
ABC-Struktur	Anzahl Mitarbeiter	Validierung
Ø Lagerbestand je Artikel*	Ø Energieaufnahme pro Jahr	Mengen
Ø Aufträge/ Tag	Ø CO ₂ Emission	
Ø Positionen/ Auftrag	Amortisationszeit	Validierung
Ø Picks/ Position	ROI, Return on Invest	Wirtschaftlichkeit
Ø Picks / WE-Position	Restwert Gebäude	
Ø Picks/ Versandeinheit	Restwert Technik	
Ø Einpositions-Aufträge/ Tag	Ø Bestandsreichweite	
Aufträge m. falscher Menge/ Tag	Liefertreue	Validierung Qualität
Aufträge m. falschem Artikel/ Tag	Sendungsqualität	
Aufträge m. defektem Artikel/ Tag	Lieferbereitschaftsgrad	
Aufträge m. Terminverzug/ Tag	Verfügbarkeit, technisch	
Betriebsdauer	Verfügbarkeit, betrieblich	
WE-Positionen pro Werker	Automatisierungsgrad	Validierung
Kommissionierungen pro Werker	Kosten pro Pick	Aggregation
Versandverpackungen pro Werker	Servicegrad	
Versandbereitstellen pro Werker		
Interne Transporte pro Werker		
Palettenvolumen		
Preissteigerungsrate		
Design-Faktor Gebäude		
Zugänglichkeits-Faktor		
LHM-Qualitäts-Faktor		
Verpackungsqualitäts-Faktor		
ArbPlatz Ergonomie-Faktor		

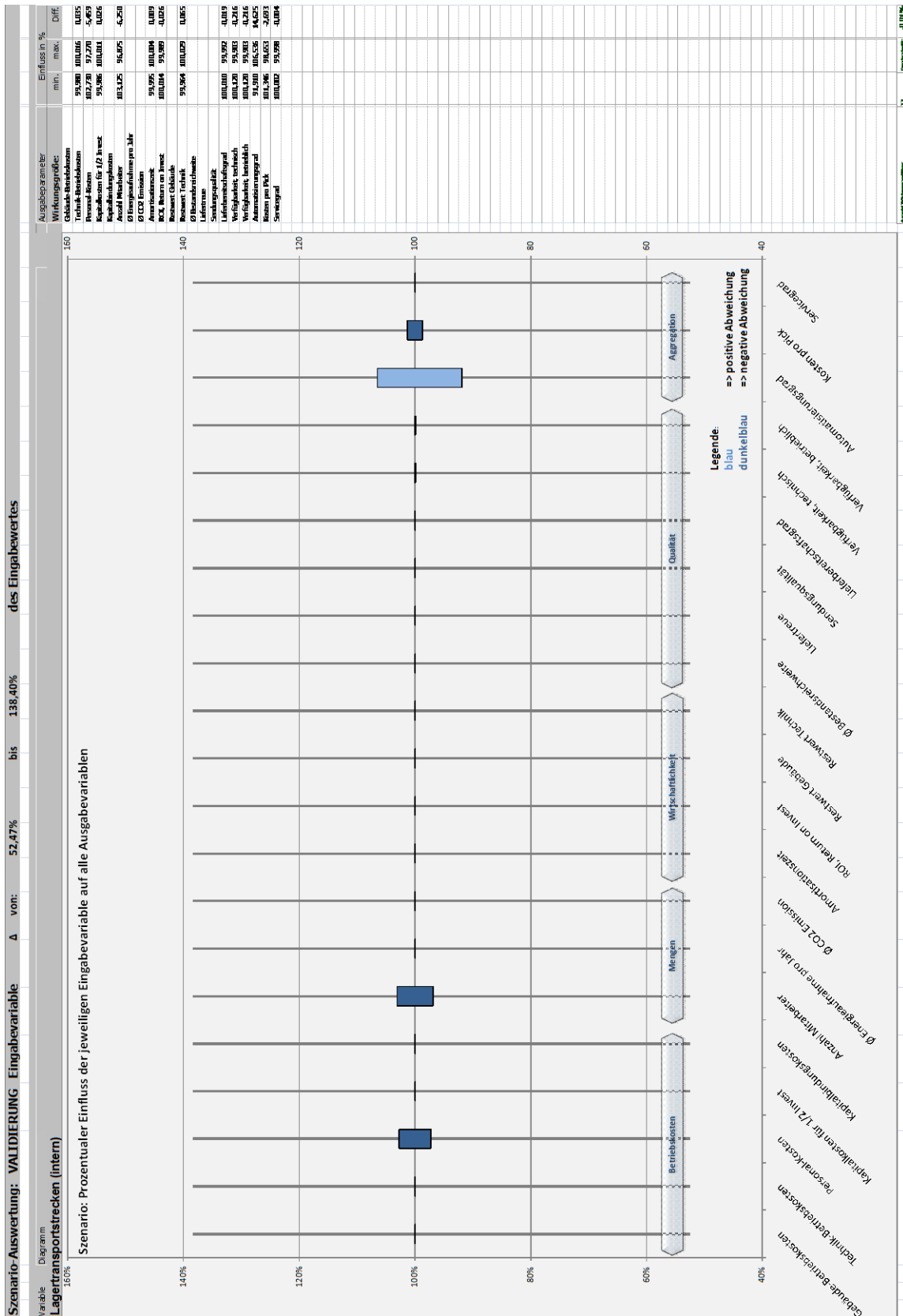
Tabelle 24: *Kennzahlen der Validierung*

17.2. Protokolle der Validierung

Zur Validierung des Analysetools wurden Einzelvalidierungen gemäß den Beschreibungen aus *Kap.: 8 Validierung* durchgeführt

Auf den nachfolgenden Seiten sind jeweils auf der linken Seite das Wirkungsprotokoll der Eingabevariablen-Validierung und auf der rechten Seite die zugehörige Beschreibung des Validierungsszenarios und eine Tabelle zu den dezidierten Einzelwirkungen mit Trendangabe zu finden.

Wirkungsprotokoll der Validierung für Eingabevariable:
Lagertransportstrecken



Validierungsszenario 1: Lagertransportstrecken (intern)

- Szenariovariation 52,4% bis 138,40% des Modelleingabewertes
- Wirkungsgruppe Betriebskosten, Mengen, Wirtschaftlichkeit, Qualität und Aggregation
- Wirkungsart gering
- Wirkungstrend Stärkste Beeinflussung beim Automatisierungsgrad.
- Wirkungsaussage Mit zunehmendem Anteil der automatisierten Transportstrecken steigen die damit zusammenhängenden Kosten, wie Betriebskosten für den Technikanteil und Kapitalkosten für den erhöhten Invest an.
Da die fallenden Personalkosten überwiegen, sinken die Kosten für die Auftragserfüllung, hier im Wesentlichen die Pickkosten und damit verbunden die Versandeinheitenkosten.
Der Servicegrad sinkt durch reduzierte technische und betriebliche Verfügbarkeit geringfügig ab.
- Verifikation wahr

Verifizierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss				Wirkung		Bewertung			
	Wert in %	ja	nein	Trend	Kommentar	wahr	unwahr	verifiziert	Validierung		
Einfluss auf:	Gebäude-Betriebskosten	-	X		kein Einfl. auf Gebäudeinvest u. Betriebskosten	X		ja	wahr		
Einfluss auf:	Technik-Betriebskosten	0,03530	X	↑	steigen, da Fördertechnikanteil steigt	X		ja			
Einfluss auf:	Personal-Kosten	-5,45920	X	↓	sinken, da geringerer Anteil der man. Transporte	X		ja			
Einfluss auf:	Kapitalkosten für 1/2 Invest	0,02551	X	↑	steigen, da Fördertechnikanteil steigt	X		ja			
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten	-	X		kein Einfl. auf Bestand u. Kap-Bindungskosten	X		ja			
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter	-6,25000	X	↓	sinkt, da geringerer Anteil der man. Transporte	X		ja			
Einfluss auf:	Ø Energieaufnahme pro Jahr	-	X		kein Einfl., da prozess-, nicht technikabhängig	X		ja			
Einfluss auf:	Ø CO2 Emission	-	X		kein Einfl., da ei. Verbraucher konstant bleiben	X		ja			
Einfluss auf:	Amortisationszeit	0,00869	X	↑	steigt, da höherer Technikinvest	X		ja			
Einfluss auf:	ROI, Return on Invest	-0,02551	X	↓	sinkt, da höherer Technikinvest	X		ja			
Einfluss auf:	Restwert Gebäude	-	X		kein Einfl. auf Gebäudeinvest u. Restwert	X		ja			
Einfluss auf:	Restwert Technik	0,06465	X	↑	steigt, da Technikinvest steigt	X		ja			
Einfluss auf:	Ø Bestandsreichweite	-	X		kein Einfl. auf Bestandsmenge u. Reichweite	X		ja			
Einfluss auf:	Liefertreue	-	X		sinkt, da techn. Verfügbarkeit sinkt	X		ja			
Einfluss auf:	Sendungsqualität	-	X		kein Einfl. auf Sendungsqualität	X		ja			
Einfluss auf:	Lieferbereitschaftsgrad	-0,01862	X	↓	sinkt, da techn. Verfügbarkeit sinkt	X		ja			
Einfluss auf:	Verfügbarkeit, technisch	-0,21642	X	↓	sinkt, da steig. Anteil der autom. Transporte	X		ja			
Einfluss auf:	Verfügbarkeit, betrieblich	-0,21642	X	↓	sinkt, da steig. Anteil der autom. Transporte	X		ja			
Einfluss auf:	Automatisierungsgrad	14,62524	X	↑	steigt, da höherer Fördertechnikanteil	X		ja			
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	-2,69279	X	↓	sinken, da Personalkosten stärker sinken als Te	X		ja			
Einfluss auf:	Servicegrad	-0,00365	X	↓	sinkt, da Fördertechnikanteil steigt, mit dem die	X		ja			

Tabelle 25: Verifizierung Lagertransportstrecken

Ergebnis:

Eingabevariable wurde verifiziert und Reaktion des Modells auf die Parametervariation validiert.

Validierungsszenario 2: Anzahl Lagerplätze AKL

- Szenariovariation 50,00% bis 150,00% des Modelleingabewertes
- Wirkungsgruppe Betriebskosten, Wirtschaftlichkeit, Qualität und Aggregation
- Wirkungsart gering
- Wirkungstrend Stärkste Beeinflussung beim Automatisierungsgrad.
- Wirkungsaussage Mit zunehmendem Anteil der Anzahl Lagerplätze im AKL steigen die damit zusammenhängenden Kosten wie Betriebskosten für den Technikanteil und Kapitalkosten für den erhöhten Invest an. Dadurch steigt die Amortisationszeit an und der ROI sinkt ab. Mit zunehmenden Investkosten und damit verbundenen Kapitalkosten steigen die Kosten pro Pick an. Da die steigenden Technikkosten überwiegen, steigen die Kosten für die Auftragserfüllung, hier im Wesentlichen die Pickkosten und damit verbunden die Versandeinheitenkosten. Der Automatisierungsgrad steigt leicht an, der Servicegrad wird nicht beeinflusst.
- Verifikation wahr

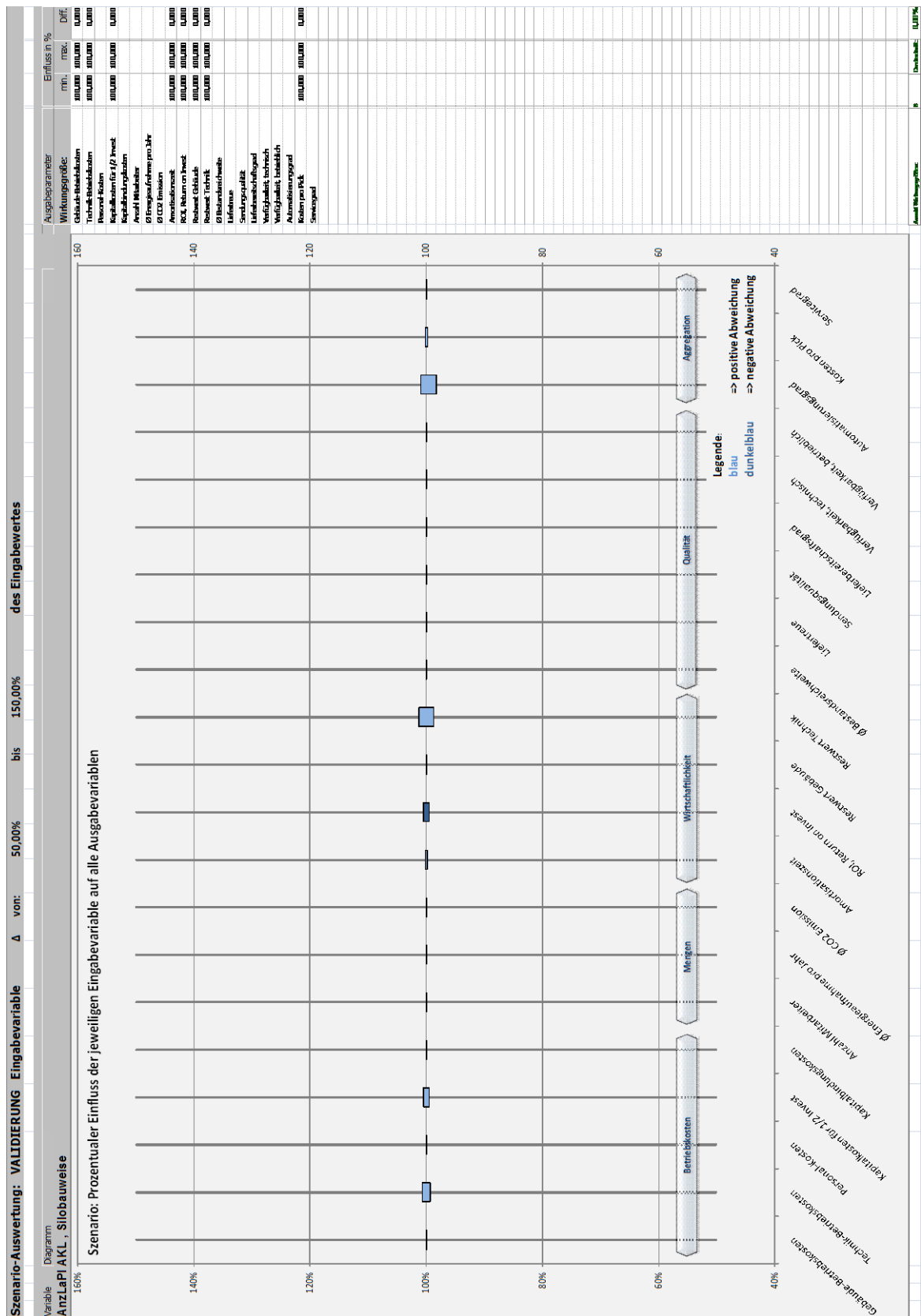
Verifizierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss				Wirkung		Bewertung		
AnzLaPI AKL	Wert in %	ja	nein	Trend	Kommentar	wahr	unwahr	verifiziert	Validierung	
										Einfluss auf:
Einfluss auf:	Technik-Betriebskosten	1,37948	X	↑	steigen, da höherer Technikinvest	X		ja		
Einfluss auf:	Personal-Kosten	-	X		kein Einfl. auf Personalkosten	X		ja		
Einfluss auf:	Kapitalkosten für 1/2 Invest	0,99697	X	↑	steigen, da höherer Technikinvest	X		ja		
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten	-	X		kein Einfl. auf Bestand u. Kap-Bindungskosten	X		ja		
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter	-	X		kein Einfl. auf Anzahl Mitarbeiter	X		ja		
Einfluss auf:	Ø Energieaufnahme pro Jahr	-	X		kein Einfl., da prozess-, nicht technikabhängig	X		ja		
Einfluss auf:	Ø CO2 Emission	-	X		kein Einfl., da el. Verbraucher konstant bleiben	X		ja		
Einfluss auf:	Amortisationszeit	0,33950	X	↑	steigt, da höherer Technikinvest	X		ja		
Einfluss auf:	ROI, Return on Invest	-0,99700	X	↓	sinkt, da höherer Technikinvest	X		ja		
Einfluss auf:	Restwert Gebäude	-	X		kein Einfl. auf Gebäudeinvest u. Restwert	X		ja		
Einfluss auf:	Restwert Technik	2,52667	X	↑	steigt, da höherer Technikinvest	X		ja		
Einfluss auf:	Ø Bestandsreichweite	-	X		kein Einfl. auf Bestandsmenge u. Reichweite	X		ja		
Einfluss auf:	Liefertreue	-	X		kein Einfl. auf Liefertreue	X		ja		
Einfluss auf:	Sendungsqualität	-	X		kein Einfl. auf Sendungsqualität	X		ja		
Einfluss auf:	Lieferbereitschaftsgrad	-	X		kein Einfl. auf Lieferbereitschaftsgrad	X		ja		
Einfluss auf:	Verfügbarkeit, technisch	-	X		kein Einfl., da keine Änderung des Technik	X		ja		
Einfluss auf:	Verfügbarkeit, betrieblich	-	X		kein Einfl., Zugänglik. u. autom. Transp. konstant	X		ja		
Einfluss auf:	Automatisierungsgrad	2,73608	X	↑	steigt mit der Anzahl der autom. Stellplätze	X		ja		
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	0,40919	X	↑	steigen, da höhere Technik-Betriebskosten u. K	X		ja		
Einfluss auf:	Servicegrad	-	X		kein Einfl. auf Auftragserfüllung	X		ja		

Tabelle 26: Verifizierung Anzahl Lagerplätze AKL

Ergebnis:

Eingabevariable wurde verifiziert und Reaktion des Modells auf die Parametervariation validiert.

Wirkungsprotokoll der Validierung für Eingabevariable:
Anzahl Lagerplätze AKL, Silobauweise



Validierungsszenario 3: Anzahl Lagerplätze AKL, Silobauweise

- Szenariovariation 50,00% bis 150,00% des Modelleingabewertes
- Wirkungsgruppe Betriebskosten, Wirtschaftlichkeit und Aggregation
- Wirkungsart sehr gering
- Wirkungstrend Stärkste Beeinflussung beim Restwert Technik.
- Wirkungsaussage Mit zunehmendem Anteil der Anzahl Lagerplätze im AKL in Silobauweise steigen die damit zusammenhängenden Kosten wie Betriebskosten für den Technikanteil und Kapitalkosten für den erhöhten Invest an und die Gebäudebetriebskosten fallen.
Dadurch steigt die Amortisationszeit an und der ROI sinkt ab.
Mit zunehmenden Investkosten und damit verbundenen Kapitalkosten steigen die Kosten pro Pick an.
Da die steigenden Technikkosten überwiegen, steigen die Kosten für die Kosten pro Pick und damit verbunden die Versandeinheitenkosten.
Der Automatisierungsgrad und der Servicegrad werden nicht beeinflusst.
- Verifikation wahr

Verifizierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss			Wirkung		Bewertung			
AnzLaPI AKL , Silobauweise		Wert in %	ja	nein	Trend	Kommentar	wahr	unwahr	verifiziert	Validierung
Einfluss auf:	Gebäude-Betriebskosten	-0,00006 X	-	-	↓	sinken, da geringerer Gebäudeinvest	X		ja	wahr
Einfluss auf:	Technik-Betriebskosten	0,00018 X	-	-	↑	steigen, da höherer Technikinvest	X		ja	
Einfluss auf:	Personal-Kosten		-	X		kein Einfl. auf Personalkosten	X		ja	
Einfluss auf:	Kapitalkosten für 1/2 Invest	0,00010 X	-	-	↑	steigen, da höherer Technikinvest	X		ja	
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten		-	X		kein Einfl. auf Bestand u. Kap-Bindungskosten	X		ja	
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter		-	X		kein Einfl. auf Anzahl Mitarbeiter	X		ja	
Einfluss auf:	Ø Energieaufnahme pro Jahr		-	X		kein Einfl., da prozess-, nicht technikabhängig	X		ja	
Einfluss auf:	Ø CO2 Emission		-	X		kein Einfl., da ei. Verbraucher konstant bleiben	X		ja	
Einfluss auf:	Amortisationszeit	0,00002 X	-	-	↑	steigt, da höherer Technikinvest	X		ja	
Einfluss auf:	ROI, Return on Invest	-0,00010 X	-	-	↓	sinkt, da höherer Technikinvest	X		ja	
Einfluss auf:	Restwert Gebäude	-0,00008 X	-	-	↓	sinkt, da geringerer Gebäudeinvest	X		ja	
Einfluss auf:	Restwert Technik	0,00034 X	-	-	↑	steigt, da höherer Technikinvest	X		ja	
Einfluss auf:	Ø Bestandsreichweite		-	X		kein Einfl. auf Bestandsmenge u. Reichweite	X		ja	
Einfluss auf:	Liefertreue		-	X		kein Einfl. auf Liefertreue	X		ja	
Einfluss auf:	Sendungsqualität		-	X		kein Einfl. auf Sendungsqualität	X		ja	
Einfluss auf:	Lieferbereitschaftsgrad		-	X		kein Einfl. auf Lieferbereitschaftsgrad	X		ja	
Einfluss auf:	Verfügbarkeit, technisch		-	X		kein Einfl., da keine Änderung des Technik	X		ja	
Einfluss auf:	Verfügbarkeit, betrieblich		-	X		kein Einfl., Zugänglk. u. autom. Transp. konstan	X		ja	
Einfluss auf:	Automatisierungsgrad		-	X		müsste steigen mit der Anzahl der autom. Stellg	X		ja	
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	0,000043 X	-	-	↑	steigen, da höhere Technik-Betriebs- u. Kapitalk	X		ja	
Einfluss auf:	Servicegrad		-	X		kein Einfl. auf Auftrags Erfüllung	X		ja	

Tabelle 27: Verifizierung Anzahl Lagerplätze AKL, Silobauweise

Ergebnis:

Eingabevariable wurde verifiziert und Reaktion des Modells auf die Parametervariation validiert.

Die voran gezeigten Protokolle stellen lediglich einen Auszug aller erstellten Protokolle dar.

18. ANHANG F: KENNZAHLEN UND PROTOKOLLE ZUR EVALUIERUNG

In diesem Teil des Anhangs sind die für die Validierung des Analysetools ausgewählten Kennzahlen und Protokolle aufgelistet.

18.1. Kennzahlen der Evaluierung

In der linken Spalte der Eingabekennzahlen sind alle Kennzahlen aufgeführt, die als Eingangsvariable der Evaluierungsszenarien ausgewählt wurden.

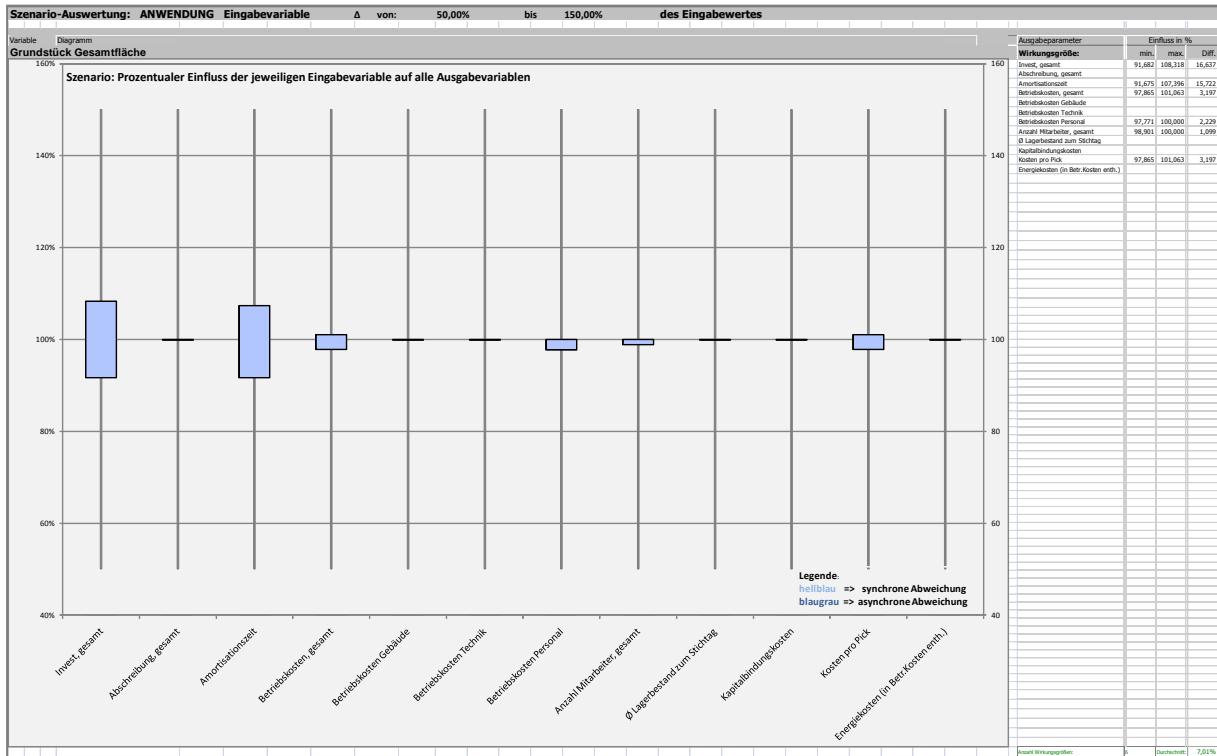
In der rechten Spalte, die in sich geteilt ist, befinden sich die Ausgabevariablen mit Angabe der Gruppen- bzw. der Strukturelementzugehörigkeit, deren Beeinflussung durch Veränderung jeder einzelner Eingabevariablen analysiert wurde.

Eingabekennzahlen Evaluierung	Ausgabekennzahlen Evaluierung	Gruppe der Ausgabekennzahl
Gesamtfläche des Grundstücks	Invest, gesamt	Evaluierung
Kosten pro m ² Grundstück	Abschreibung, gesamt	Investition
Personalkosten (operativ) pro Jahr	Amortisationszeit	
Energiekosten je kWh	Betriebskosten, gesamt	Evaluierung
Photovoltaik	Betriebskosten, Gebäude	Betriebskosten
Bestand	Betriebskosten, Technik	
Ø Anzahl der Aufträge pro Tag	Betriebskosten, Personal	
Ergonomie am Arbeitsplatz	Kapitalbindungskosten	Evaluierung
	Kosten pro Pick	Wirtschaftlichkeit
	Energiekosten (in Betriebskosten enthalten)	

Tabelle 28: *Kennzahlen der Evaluierung*

18.2. Protokolle der Evaluierung

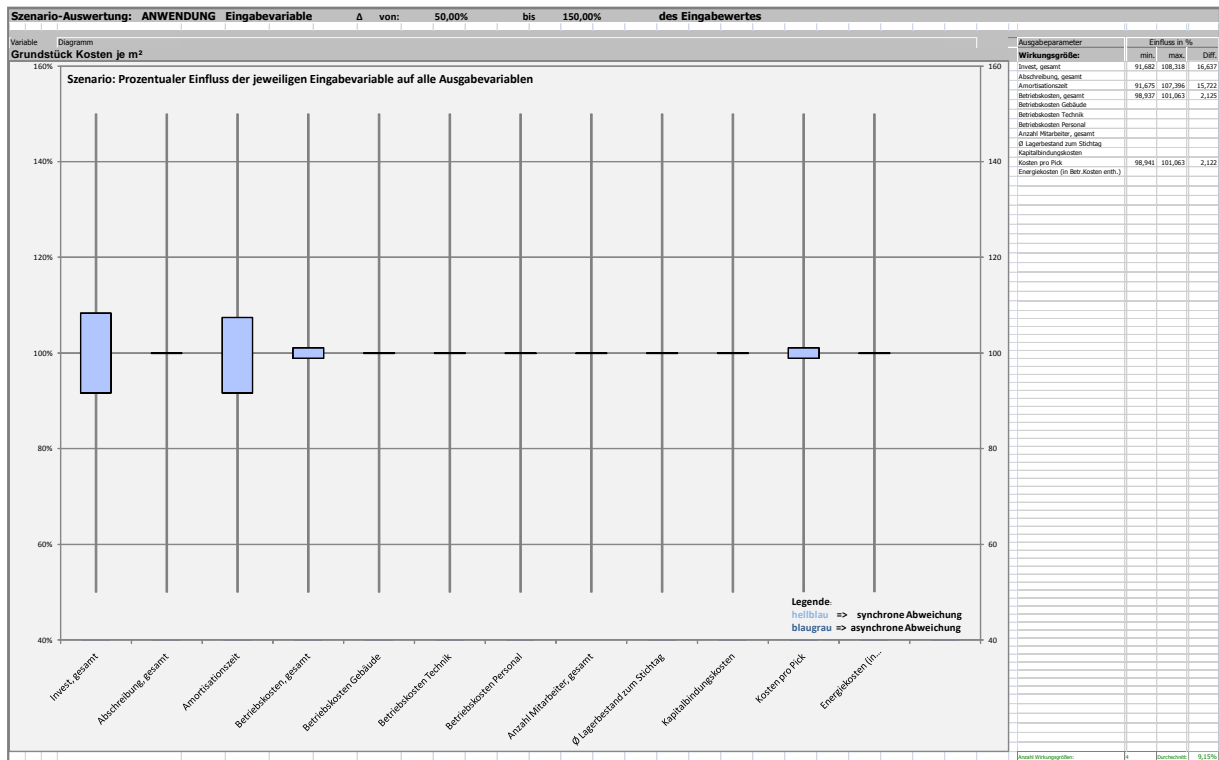
Wirkungsprotokoll der Evaluierung für die Eingabevariable:
„Grundstücksgröße“



Trendanalyse der Evaluierung für die Eingabevariable:
„Grundstücksgröße“

Evaluierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss			Wirkung	
Grundstück Gesamtfläche		Wert in %	ja	nein	Trend	Kommentar
Einfluss auf:	Invest, gesamt	18,10870	X	-	↑	synchron, da Invest für Gewerbefläche steigt
Einfluss auf:	Abschreibung, gesamt		-	X		kein Einfluss, da Gewerbefläche nicht abgesch
Einfluss auf:	Amortisationszeit	17,08426	X	-	↑	synchron, da Gesamt-Invest steigt
Einfluss auf:	Betriebskosten, gesamt	3,60743	X	-	↑	synchron, da Mitarbeiteranzahl steigt
Einfluss auf:	Betriebskosten Gebäude		-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Gebäude
Einfluss auf:	Betriebskosten Technik		-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Technik
Einfluss auf:	Betriebskosten Personal	2,41534	X	-	↑	synchron, da Mitarbeiteranzahl steigt
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter, gesamt	1,16279	X	-	↑	synchron, da Gesamtinvest steigt u damit der B
Einfluss auf:	Ø Lagerbestand zum Stichtag		-	X		kein Einfl. auf Lagerbestand
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten		-	X		kein Einfl. auf Kapitalbindungskosten
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	3,60743	X	-	↑	synchron, da Mitarbeiteranzahl steigt
Einfluss auf:	Energiekosten (in Betr. Kosten ent		-	X		kein Einfl. auf Energiekosten

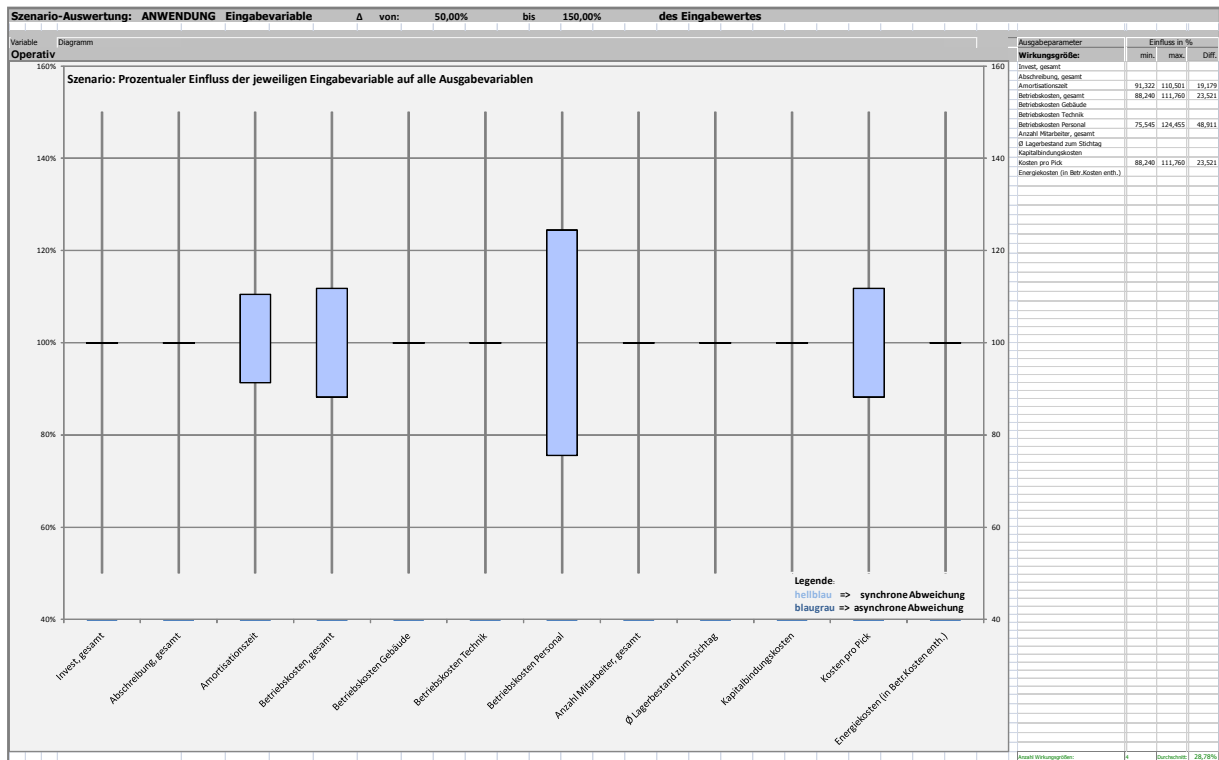
Wirkungsprotokoll der Evaluierung für die Eingabevariable:
„Grundstückspreis pro m²“



Trendanalyse der Evaluierung für die Eingabevariable:
„Grundstückspreis pro m²“

Evaluierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss			Wirkung
Grundstück Kosten je m ²	Wert in %	g	nein	Trend	Kommentar
Einfluss auf: Invest, gesamt	16,63686	X	-	↑	synchron, da Invest für Gewerbefläche steigt
Einfluss auf: Abschreibung, gesamt		-	X		kein Einfl., da Gewerbefläche nicht abgeschrieben
Einfluss auf: Amortisationszeit	15,72151	X	-	↑	synchron, da Kapitalkosten steigen
Einfluss auf: Betriebskosten, gesamt	2,12537	X	-	↑	synchron, da Kapitalkosten steigen
Einfluss auf: Betriebskosten Gebäude		-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Gebäude
Einfluss auf: Betriebskosten Technik		-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Technik
Einfluss auf: Betriebskosten Personal		-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Personal
Einfluss auf: Anzahl Mitarbeiter, gesamt		-	X		kein Einfl. auf Anzahl Mitarbeiter, gesamt
Einfluss auf: Ø Lagerbestand zum Stichtag		-	X		kein Einfl. auf Lagerbestand
Einfluss auf: Kapitalbindungskosten		-	X		kein Einfl. auf Kapitalbindungskosten
Einfluss auf: Kosten pro Pick	2,12204	X	-	↑	synchron, da Betriebskosten gesamt steigen
Einfluss auf: Energiekosten (in Betr. Kosten enth.)		-	X		kein Einfl. auf Energiekosten

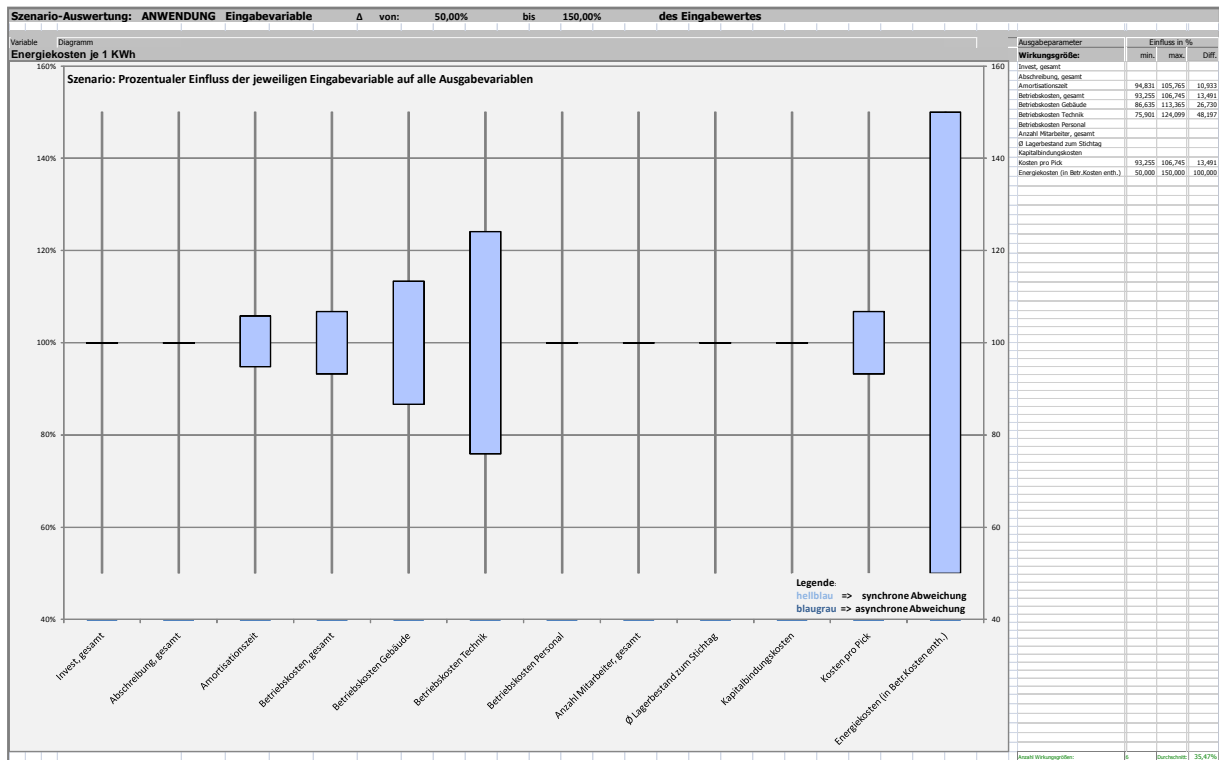
Wirkungsprotokoll der Evaluierung für die Eingabevariable:
 „Personalkosten, operativ“



Trendanalyse der Evaluierung für die Eingabevariable:
 „Personalkosten, operativ“

Evaluierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss			Wirkung
Operativ	Wert in %	g	nein	Trend	Kommentar
Einfluss auf:	Invest, gesamt	-	X		kein Einfl. auf Gesamt-Invest
Einfluss auf:	Abschreibung, gesamt	-	X		kein Einfluss, da Gewerbefläche nicht abgeschr
Einfluss auf:	Amortisationszeit	27,56302	X	↑	synchron, da Betriebskosten steigen
Einfluss auf:	Betriebskosten, gesamt	30,31697	X	↑	synchron, da Grundkosten für operative MA stei
Einfluss auf:	Betriebskosten Gebäude	-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Gebäude
Einfluss auf:	Betriebskosten Technik	-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Technik
Einfluss auf:	Betriebskosten Personal	61,93424	X	↑	synchron, da Grundkosten für operative MA stei
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter, gesamt	-	X		kein Einfl. auf Anzahl Mitarbeiter
Einfluss auf:	Ø Lagerbestand zum Stichtag	-	X		kein Einfl. auf Lagerbestand
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten	-	X		kein Einfl. auf Kapitalbindungskosten
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	30,31697	X	↑	synchron, da Grundkosten für operative MA stei
Einfluss auf:	Energiekosten (in Betr.Kosten ent	-	X		kein Einfl. auf Energiekosten

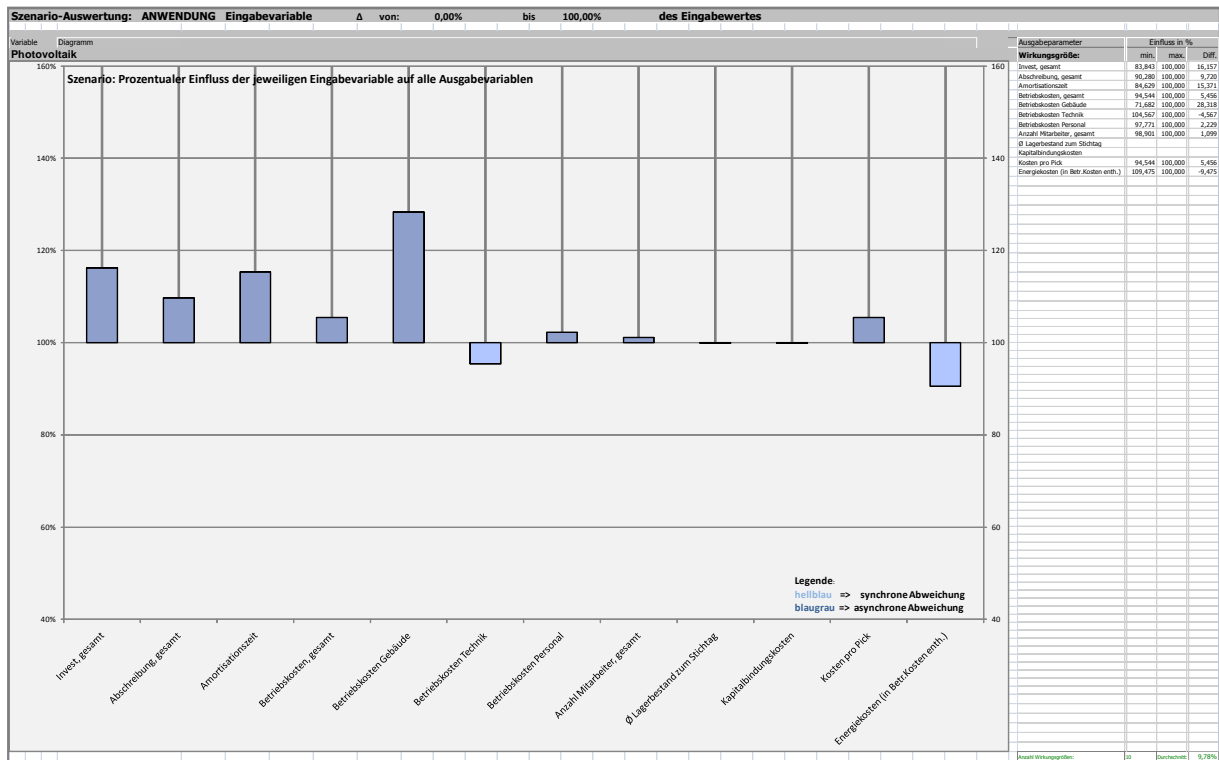
Wirkungsprotokoll der Evaluierung für die Eingabevariable:
„Energiekosten je 1KWh“



Trendanalyse der Evaluierung für die Eingabevariable:
„Energiekosten je 1KWh“

Evaluierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss			Wirkung	
Energiekosten je 1 KWh		Wert in %	ja	nein	Trend	Kommentar
Einfluss auf:	Invest, gesamt		-	X		kein Einfl. auf Gesamt-Invest
Einfluss auf:	Abschreibung, gesamt		-	X		kein Einfluss, da Gewerbefläche nicht abgesch
Einfluss auf:	Amortisationszeit	9,91517	X	-	↑	synchron, da Betriebskosten steigen
Einfluss auf:	Betriebskosten, gesamt	11,08202	X	-	↑	synchron, da Grundkosten für Energie steigen
Einfluss auf:	Betriebskosten Gebäude	21,86139	X	-	↑	synchron, da Grundkosten für Energie steigen
Einfluss auf:	Betriebskosten Technik	41,53694	X	-	↑	synchron, da Grundkosten für Energie steigen
Einfluss auf:	Betriebskosten Personal		-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Personal
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter, gesamt		-	X		kein Einfl. auf Anzahl Mitarbeiter
Einfluss auf:	Ø Lagerbestand zum Stichtag		-	X		kein Einfl. auf Lagerbestand
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten		-	X		kein Einfl. auf Kapitalbindungskosten
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	11,08202	X	-	↑	synchron, da Grundkosten für Energie steigen
Einfluss auf:	Energiekosten (in Betr.Kosten ent	100,00000	X	-	↑	synchron, da Energiekosten mit Preis steigen

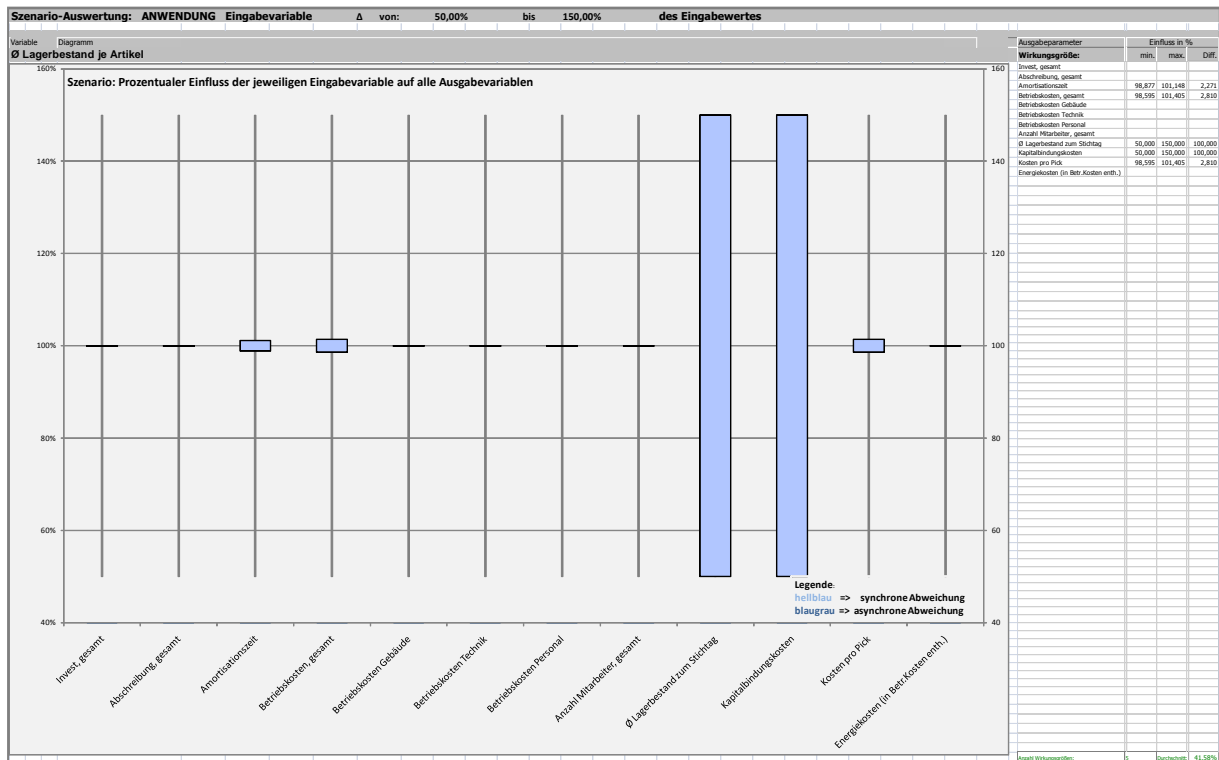
Wirkungsprotokoll der Evaluierung für die Eingabevariable:
„Photovoltaik ja/nein“



Trendanalyse der Evaluierung für die Eingabevariable:
„Photovoltaik ja/nein“

Evaluierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss			Wirkung	
Photovoltaik	ja / nein	Wert in %	g	nein	Trend	Kommentar
Einfluss auf:	Invest, gesamt	16,15692	X	-	↑	synchron, da Invest für Gewerbefläche steigt
Einfluss auf:	Abschreibung, gesamt	9,71955	X	-	↑	synchron, da Gebäude-Invest steigt
Einfluss auf:	Amortisationszeit	15,37093	X	-	↑	synchron, da Gesamt-Invest steigt
Einfluss auf:	Betriebskosten, gesamt	5,45560	X	-	↑	synchron, da Mitarbeiteranzahl steigt
Einfluss auf:	Betriebskosten Gebäude	28,31836	X	-	↑	synchron, da Betriebskosten Gebäude steigen
Einfluss auf:	Betriebskosten Technik	-4,56675	X	-	↓	asynchron, da Energiekosten fallen
Einfluss auf:	Betriebskosten Personal	2,22902	X	-	↑	kein Einfl. auf Betriebskosten Personal
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter, gesamt	1,09890	X	-	↑	kein Einfl. auf Anzahl Mitarbeiter
Einfluss auf:	Ø Lagerbestand zum Stichtag	-	-	X		kein Einfl. auf Lagerbestand
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten	-	-	X		kein Einfl. auf Kapitalbindungskosten
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	5,45560	X	-	↑	synchron, da Gebäude-Invest steigt
Einfluss auf:	Energiekosten (in Betr.Kosten enth.)	-9,47511	X	-	↓	asynchron, da Energiekosten fallen

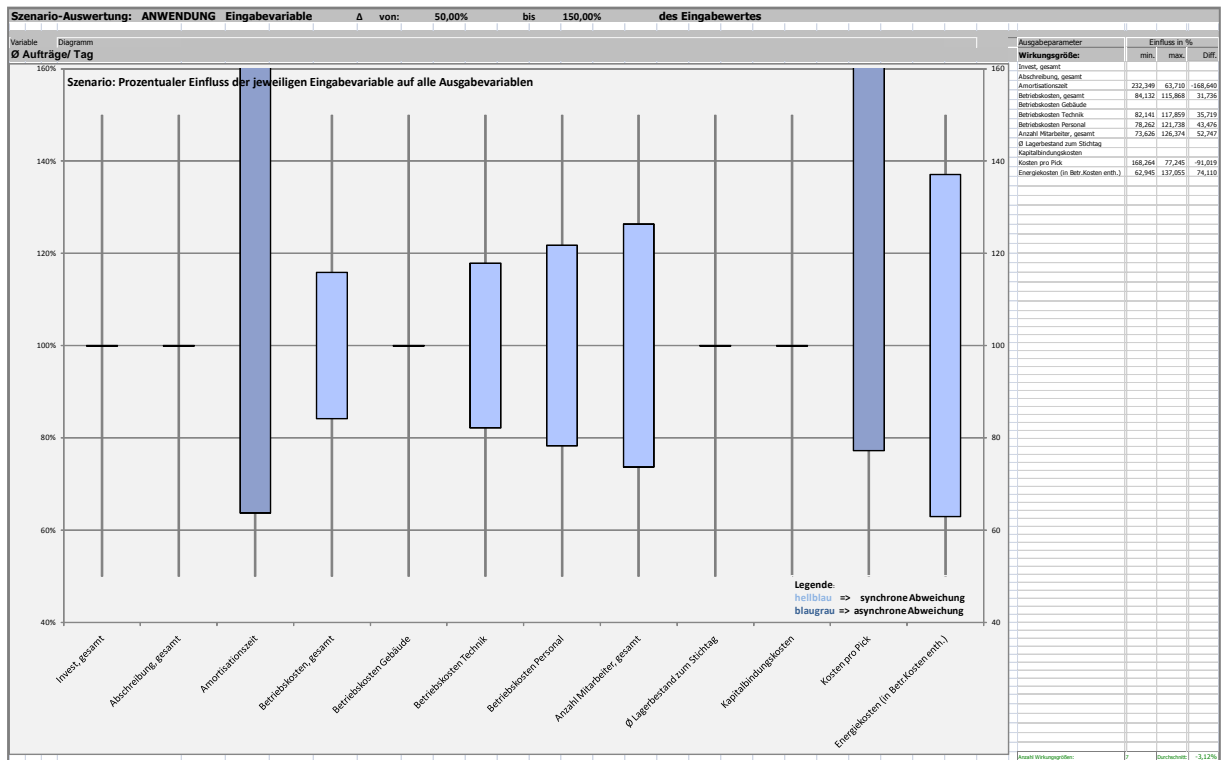
Wirkungsprotokoll der Evaluierung für die Eingabevariable:
 „Ø Lagerbestand je Artikel“



Trendanalyse der Evaluierung für die Eingabevariable:
 „Ø Lagerbestand je Artikel“

Evaluierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss			Wirkung	
Ø Lagerbestand je Artikel		Wert in %	ja	nein	Trend	Kommentar
Einfluss auf:	Invest, gesamt		-	X		kein Einfl. auf Gesamt-Invest
Einfluss auf:	Abschreibung, gesamt		-	X		kein Einfluss, da Gewerbefläche nicht abgeschrenkt
Einfluss auf:	Amortisationszeit	2,86271	X	-	↑	synchron, da Betriebskosten steigen
Einfluss auf:	Betriebskosten, gesamt	3,20679	X	-	↑	synchron, da Kapitalbindungskosten steigen
Einfluss auf:	Betriebskosten Gebäude		-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Gebäude
Einfluss auf:	Betriebskosten Technik		-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Technik
Einfluss auf:	Betriebskosten Personal		-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Personal
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter, gesamt		-	X		kein Einfl. auf Anzahl Mitarbeiter
Einfluss auf:	Ø Lagerbestand zum Stichtag	100,00000	X	-	↑	synchron, da Sicherheitsbestandfaktor steigt
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten	100,00000	X	-	↑	synchron, da Bestand steigt
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	3,20679	X	-	↑	synchron, da Betriebs-/ Bestandskosten steigen
Einfluss auf:	Energiekosten (in Betr.Kosten enth.)		-	X		kein Einfl. auf Energiekosten

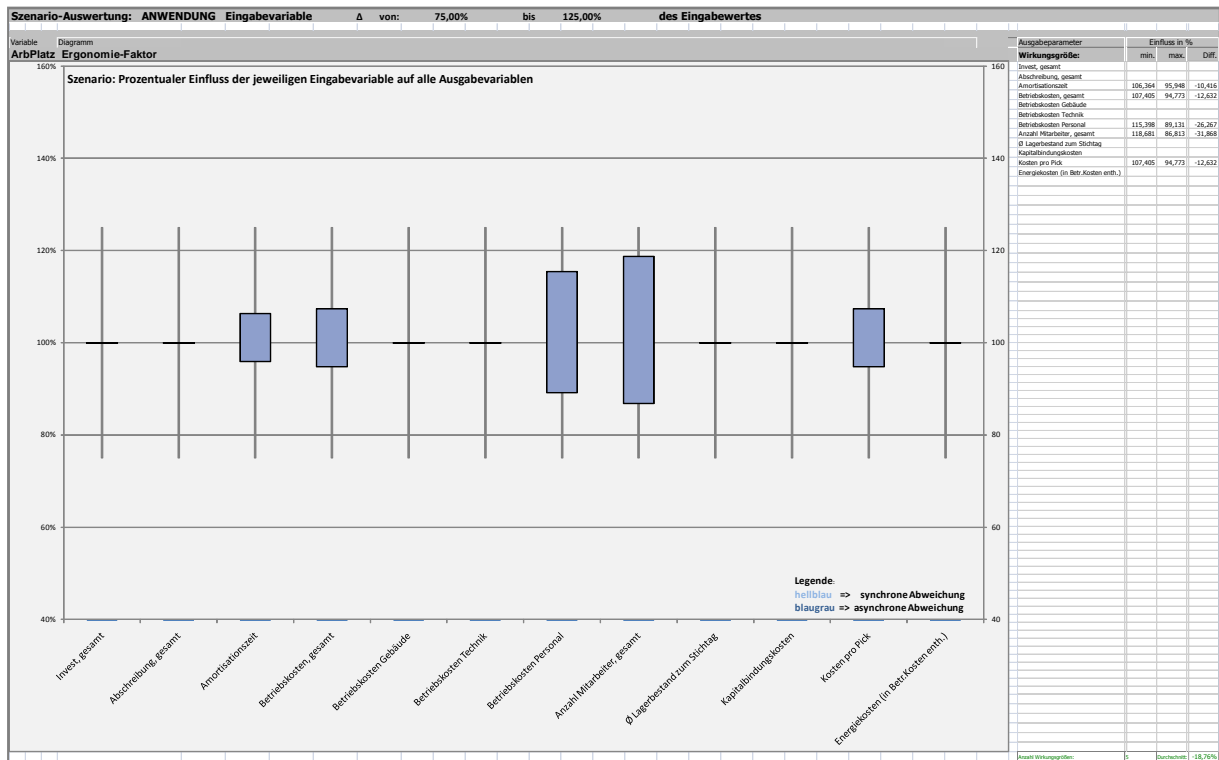
Wirkungsprotokoll der Evaluierung für die Eingabevariable:
 „Ø Aufträge pro Tag“



Trendanalyse der Evaluierung für die Eingabevariable:
 „Ø Aufträge pro Tag“

Evaluierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss			Wirkung
Ø Aufträge/ Tag	Wert in %	ja	nein	Trend	Kommentar
Einfluss auf:	Invest, gesamt	-	X		kein Einfl. auf Gesamt-Invest
Einfluss auf:	Abschreibung, gesamt	-	X		kein Einfluss, da Gewerbefläche nicht abgeschr
Einfluss auf:	Amortisationszeit	-114,45014	X	↓	asynchron, da Gesamtumsatz steigt
Einfluss auf:	Betriebskosten, gesamt	46,64817	X	↑	synchron, da Betriebskosten für Technik und Pe
Einfluss auf:	Betriebskosten Gebäude	-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Gebäude
Einfluss auf:	Betriebskosten Technik	41,31689	X	↑	syschron, da lastabhängige Energieaufnahme
Einfluss auf:	Betriebskosten Personal	70,05676	X	↑	synchron, da mehr Personal in allen Distributor
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter, gesamt	80,23256	X	↑	synchron, da mehr Personal in allen Distributor
Einfluss auf:	Ø Lagerbestand zum Stichtag	-	X		kein Einfl. auf Lagerbestand, da WE mit steigen
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten	-	X		kein Einfl. auf Kapitalbindungskosten, da Bestar
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	-66,17105	X	↓	asynchron, Anzahl Picks steigt stärker als Betr
Einfluss auf:	Energiekosten (in Betr. Kosten ent	99,47023	X	↑	synchron, da Energiekosten steigen

Wirkungsprotokoll der Evaluierung für die Eingabevariable:
„Arbeitsplatz Ergonomie-Faktor“



Trendanalyse der Evaluierung für die Eingabevariable:
„Arbeitsplatz Ergonomie-Faktor“

Evaluierung der Eingabevariable: Δ +/- s.D.		Einfluss			Wirkung
ArbPlatz Ergonomie-Faktor	Wert in %	ja	nein	Trend	Kommentar
Einfluss auf:	Invest., gesamt	-	X		kein Einfl. Auf Gesamt-Invest
Einfluss auf:	Abschreibung, gesamt	-	X		kein Einfluss, da Gewerbefläche nicht abgeschr
Einfluss auf:	Amortisationszeit	-10,41622	X	↓	asynchron, da Betriebskosten sinken
Einfluss auf:	Betriebskosten, gesamt	-12,63159	X	↓	asynchron, da Betriebskosten Personal sinken
Einfluss auf:	Betriebskosten Gebäude	-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Gebäude
Einfluss auf:	Betriebskosten Technik	-	X		kein Einfl. auf Betriebskosten Technik
Einfluss auf:	Betriebskosten Personal	-26,26700	X	↓	asynchron, da Anzahl Mitarbeiter sinkt
Einfluss auf:	Anzahl Mitarbeiter, gesamt	-31,86813	X	↓	asynchron, da Einzelleistung je Mitarbeiter steig
Einfluss auf:	Ø Lagerbestand zum Stichtag	-	X		kein Einfl. auf Lagerbestand
Einfluss auf:	Kapitalbindungskosten	-	X		kein Einfl. auf Kapitalbindungskosten
Einfluss auf:	Kosten pro Pick	-12,63159	X	↓	asynchron, da Betriebskosten gesamt sinken
Einfluss auf:	Energiekosten (in Betr.Kosten ent	-	X		kein Einfl. auf Energiekosten

19. ANHANG G: MARKTANALYSE ZUR ERMITTLUNG DER BASISPARAMETER

Als Basis für das Analysetool kommt der Bestimmung der Basisparameter eine bedeutende Funktion zu. Auf den eingesetzten Basisparametern fußt die Ermittlung der Ausgabekennzahlen im hohen Maße und wurde daher durch eine Marktanalyse von Zulieferern von Systemkomponenten für das Marktsegment der Logistikautomation untermauert und abgesichert.

Die nachfolgend aufgeführten Unternehmen wurden zur Erfassung der für dieses Tool benötigten Basisparameter durch direkte Anfragen und durch Interviews befragt und die Ergebnisse analysiert. Bei Mehrfachnennungen zu einem Basiswert wurde der Mittelwert als Basisparameter angesetzt.

Hersteller	Standort
Ads-tec GmbH	Leinfelden-Echterdingen
AES Abfall-Entsorgungs-Systeme Vertriebs GmbH	Moosburg
AFT Automatisierungs- u. Fördertechnik GmbH & Co. KG	Schopfheim
Agopex GmbH	Gleichen-Rittmarshausen
AGU direkt GmbH	Bad Iburg
Alfotec	Wermelskirchen
Ambaflex Office Europe	AB Hoorn
Atlas Copco Tools Central Europe GmbH	Essen
ATP Messtechnik GmbH	Ettenheim
Avermann Maschinenfabrik GmbH & Co. KG	Osnabrück
B+Equipment	Gemenos
Bedo Verpackungstechnik GmbH	Lübeck
Beewen GmbH & Co. KG	Siegen
Bito-Lagertechnik Bittmann GmbH	Meisenheim
Bizerba GmbH & Co. KG	Bochum
Bluhm Systeme GmbH	Unkel/Rhein
Blume Maschinenbau GmbH	Laatzen/Rethen
Böhm Schlosserei Stahlbau GmbH	Stuttgart
Busch Gerhard GmbH	Seevetal
Calanbau Brandschutzanlagen GmbH	Weimar-Legefild
Caljan Rite-Hite GmbH	Försheim
Check Point Software Technologies GmbH	Ismaning
Dambach Werke GmbH	Gaggenau
Datalogic Mobile CEC	Erkenbrechtsweiler
Ehrhardt+Partner GmbH & Co. KG	Boppard-Buchholz
FAB GmbH Fördertechnik und Anlagenbau	Waldshut-Tiengen
Franpack Ges. für Abfüll- u. Verpackungstechnik mbH	Lützelbach
Georg Utz GmbH	Schüttorf
Gootl. Kern & Sohn GmbH	Balingen-Frommern
gte Brandschutz AG	Stahnsdorf
Güdel GmbH	Altenstadt
Hammersen Elementbau GmbH & Co. KG	Osnabrück

Hänel Büro- und Lagersysteme	Bad Friedrichshall
Honeywell Deutschland Holding GmbH	Offenbach
iFD AG	Chemnitz
Imaje GmbH	Stuttgart
Inconso	Bad Nauheim
Intermec Technologies GmbH	Düsseldorf
JHL Industriemontagen und Anlagenbau GmbH	Leipzig
Jungheinrich AG	Hamburg
Kampwerth Umwelttechnik GmbH & Co. KG	Bad Laer
Kappler Brandchutz Service	Bochum
Kardex GmbH	Neuburg/Kammel
Keiner+Winkler Büroeinrichtung GmbH	Düsseldorf
Kiepe Hydraulik GmbH	Oberhausen
Kocher Regalbau GmbH	Stuttgart
Krampe GmbH & Co. KG	Hamm
Linde Material Holding GmbH	Aschaffenburg
Linstrap GmbH	Seevetal
Logopack Systeme	Hartenholm
Markem GmbH	Krefeld
Metrologic Instruments GmbH	Puchheim
MLOG Logistics GmbH	Heilbronn
Motorola GmbH	Taunusstein
Nedcon Lagertechnik GmbH	Bocholt
Nerak Fördertechnik GmbH	Hambühren
OCS Checkweighers GmbH	Kaiserslautern
Orwak ALS GmbH	Bockhorn
Palomat Verpackungstechnik Adam	Hagen
Podnar Fördersysteme	Wuppertal
PSI	Dortmund / Aschaffenburg
RBS Förderanlagen GmbH	Gelnhausen
Rhewa-Waagenfabrik – A. Freudewald GmbH & Co. Kg	Mettmann
Ro-ber Industrieroboter GmbH	Kamen
ROFA GmbH	Kolbermoor
RSW Technik GmbH	Buseck
Schäfer Fritz GmbH	Neunkirchen-Siegerland
Seiffert GmbH & Co. KG	Bergisch Gladbach
Sentec Elektronik GmbH	Illmenau
Sentec Elektronik GmbH	Hilden
SimPlan AG	Witten/Maintal
Soco System A/S	Taastrup
Soehnle Professional GmbH & Co. KG	Backnang
Stöbich Brandschutz GmbH	Goslar
Stöckl Maschinenbau GmbH	Fridolfing
Stow Deutschland GmbH	Wiesbaden
Strama-MPS Maschinenbau GmbH & Co. KG	Straubing

Strapex GmbH	Holzgerlingen
Strautmann Umwelttechnik GmbH	Glandorf
STREMA Maschinenbau GmbH	Sulzbach-Rosenberg
Symbol-Motorola GmbH	Taunusstein
Systraplan GmbH & Co. KG	Herford
Topsystem Systemhaus GmbH	Würselen
Transnorm System GmbH	Harsum
Transpack Gras GmbH	Neuwied
Vanderlande Industries GmbH	Mönchengladbach
Voestalpine AG	Linz
W+D Langhammer GmbH	Eisenberg
Weber Abfallbehälter & Container GmbH & Co. KG	Haan
Wiltsche Fördersysteme	Freilassing
Winkel GmbH	Illingen
Wortmann Haustechnik GmbH	Schwarme

Tabelle 29: *Herstellerliste Marktanalyse*

