

Schlussbericht

der Forschungsstelle(n)

IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

zu dem über die



im Rahmen des Programms zur
Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF)

vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

geförderten Vorhaben **16188 N/1**

Entwicklung eines Entscheidungsmodells zur Positionierung der Lager- und Beschaffungslogistik zwischen Fehlmengenkosten und Servicegrad am Beispiel von Hydraulikkomponenten

(Bewilligungszeitraum: 01.09.2009 - 30.06.2011)

der AiF-Forschungsvereinigung

Bundesvereinigung Logistik e. V. (BVL)

Hannover, 12.10.2011

Ort, Datum

Patrick Prüssing

Name und Unterschrift des/der Projektleiter(s)
an der/den Forschungsstelle(n)

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung.....	3
2 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung.....	4
3 Gegenüberstellung angestrebter Teilziele und erzielter Ergebnisse.....	5
4 Darstellung der erzielten Ergebnisse	9
4.1 AP 1: Anforderungsanalyse sowie Identifizierung und Klassifizierung von FMK.....	9
4.1.1 FMK-Klassifizierung und Begriffsdefinition Servicegrad und FMK.....	9
4.1.2 Anforderungen an die zu entwickelnde Methode und Unternehmensbefragung	12
4.2 AP 2: Identifizierung und Klassifizierung von Einflussgrößen auf Fehlmengenkosten.....	14
4.2.1 Einflussgrößen auf FMK	14
4.2.2 Zusammenhang zwischen Einflussgrößen und FMK-Arten.....	17
4.3 AP 3: Erstellung und Durchführung einer empirischen Studie zum Einfluss von Fehlmengenkosten	22
4.3.1 Empirische Studie.....	22
4.3.2 Betrachtung von FMK in der Praxis und Auswirkungen von fehlendem Material	23
4.3.3 Einflussfaktoren und FMK-Ermittlung	24
4.3.4 Bedeutung der Beschaffung und Servicegrad-Festlegung	26
4.3.5 Verfolgte Maßnahmen zur Vermeidung von FMK	27
4.3.6 Implikationen für die Methodenentwicklung.....	28
4.4 AP 4: Entscheidungsmodell zur logistikeffizienten Positionierung der Beschaffung und Produktion	28
4.4.1 Methodische Grundlage	29
4.4.2 Servicegradabhängige FMK-Funktion	31
4.4.3 Servicegradabhängige Funktion der Beschaffungskosten.....	36
4.4.4 Servicegradabhängige Funktion der Lagerkosten	38
4.4.5 Entscheidungsmodell für den kostenminimalen Servicegrad	39
4.4.6 Software-Demonstrator	42
4.5 AP 5: Entwicklung einer Vorgehensweise zur Anpassung der logistischen Leistungsfähigkeit von kmU	45
4.5.1 Bestandspositionierung	46
4.5.2 Handlungsempfehlungen zur FMK-Reduktion.....	48
4.5.3 Regelkreis zur Anwendung des Entscheidungsmodells	50
4.5.4 FMK-Erfassung	51

4.5.5	Artikelauswahl und Stammdatenerhebung	52
4.5.6	Positionierung des Servicegrads	54
4.5.7	Maßnahmenableitung.....	56
4.5.8	Validierung der Studienergebnisse.....	57
5	Innovativer Beitrag und wirtschaftlicher Nutzen	59
5.1	Voraussichtliche Nutzung der angestrebten Forschungsergebnisse.....	59
5.2	Möglicher Beitrag zur Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit kleiner und mittlerer Unternehmen.....	60
6	Verwendung der Zuwendung	61
7	Umsetzung der Forschungsergebnisse / Transfer der Ergebnisse in die Wirtschaft.....	62
8	Durchführende Forschungsstelle	67
8.1	Leiter der Forschungsstelle	68
8.2	Projektleiter	68
9	Förderhinweis.....	69
10	Literaturverzeichnis	70
11	Abbildungsverzeichnis	74
12	Tabellenverzeichnis	75
13	Symbolverzeichnis	76
14	Anhang	81
14.1	Wesentliche Literaturquellen zu FMK.....	81
14.2	FMK-Arten.....	82
14.3	Formelzusammenhänge für weitere FMK-Arten	84
14.4	Ergebnisse der empirischen Studie zu FMK	88
14.5	Software-Demonstrator „LoPos“.....	98
14.6	Maßnahmenkatalog (Exemplarischer Auszug)	105

1 Zusammenfassung

Versorgungsengpässe sind in deutschen Unternehmen, insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen (kmU), häufig die Ursache für Produktionsverzögerungen oder sogar -stillstände. Sie entstehen in der Materialversorgung, wenn für die Produktion benötigte Mengeneinheiten entweder „nicht rechtzeitig oder nicht in der erforderlichen Qualität im Produktionsbereich bereitgestellt“ [Fra00] werden. Für die Ermittlung des Fehlmengenkostenanteils an den Gesamtlogistikkosten existierte bisher keine quantitative Methode, die die Wirkzusammenhänge zwischen Fehlmengenkosten und Servicegrad beschreibt. Die Anpassung des Servicegrades an die Höhe der zu erwartenden Fehlmengenkosten konnte somit nicht vorgenommen werden. Als Ergebnis des Vorhabens ist am IPH ein Entscheidungsmodell zur Positionierung des Servicegrads von Lagerartikeln entwickelt worden, das diese Lücke schließt. Die entstandene Methode unterstützt kmU bei der Wahl eines logistikeffizienten Servicegrads im Spannungsfeld von Beschaffungs- sowie Lagerkosten (Beschaffungs- und Lagerlogistik) und Fehlmengenkosten (Produktion). Ein neuartiger Quantifizierungsansatz erlaubt kmU die Bestimmung in der Produktion auftretender Fehlmengenkosten. Um eine aufwandsarme Anwendung des Entscheidungsmodells durch kmU sicherzustellen, steht als weiteres Ergebnis ein Handlungsleitfaden bereit. Dieser enthält Hinweise für die zielgerichtete Verwendung des Entscheidungsmodells im Unternehmen sowie Hinweise zur Senkung von Fehlmengenkosten. Hierdurch kann der Positionierungsraum des Servicegrads kontinuierlich verbessert und eine hohe logistische Leistungsfähigkeit bei niedrigen Kosten realisiert werden. Die Praxisnähe der erzielten Ergebnisse ist im Rahmen des Vorhabens durch breit aufgestellte empirische Untersuchungen abgesichert worden, die simultan vertiefte Erkenntnisse über die Auswirkungen von Fehlteilen in der deutschen Industrie, insbesondere im Hydraulikbereich, liefern.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

2 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Versorgungsengpässe sind in deutschen Unternehmen häufig die Ursache für Produktionsverzögerungen oder sogar -stillstände. Sie entstehen in der Materialversorgung, wenn für die Produktion benötigte Mengeneinheiten entweder „nicht rechtzeitig oder nicht in der erforderlichen Qualität im Produktionsbereich bereitgestellt“ [Fra00] werden.

Die Produktion steht still bzw. stockt aufgrund von Versorgungsengpässen

- bei 80 % aller deutschen Unternehmen mindestens einmal im Monat
- bei mehr als jedem dritten Unternehmen mindestens einmal pro Woche
- bei jedem fünften Unternehmen täglich [Goe05].

In 91 % der Unterbrechungen sind Materialmängel für die Störungen in der Produktion verantwortlich zu machen, von welchen wiederum über 57 % auf Fehlteile zurückzuführen sind [Ess96]. Somit lassen sich insgesamt 52 % aller Produktionsunterbrechungen auf Fehlteile zurückzuführen. Die Höhe der dadurch verursachten Fehlmengenkosten (FMK) ist u. a. abhängig vom Teilewert und den (Wieder-) Beschaffungszeiten. Einen entscheidenden Einfluss auf die Entstehung von Fehlmengenkosten hat der Servicegrad für Artikel, mit denen die Produktion von der Lager- und Beschaffungslogistik versorgt wird. Der Servicegrad ist eine Kennzahl, welche bemisst, wie viele artikelbezogene Anfragen nach Material aus der Produktion in einer Bezugsperiode pünktlich und vollständig bedient werden konnten [Tem05].

Bisher existierte keine Möglichkeit zur quantifizierten Beschreibung der Wirkzusammenhänge zwischen FMK und Servicegrad. Eine Anpassung des Servicegrades an die Höhe der zu erwartenden FMK konnte somit nicht vorgenommen werden. Der Einfluss von FMK auf die Produktion ist darüber hinaus nur wenig in der Literatur dargestellt worden [Rei06, Web02].

Die Einflussgrößen auf die in der Produktion auftretenden FMK als Bestandteil der Gesamtlogistikkosten sowie eine Kostenfunktion zur Beschreibung von FMK sind daneben bisher nicht spezifiziert worden. Aus diesem Grund konnten FMK, die durch die der Produktion vorgelagerten Beschaffungs-, Umschlags- und Lagerlogistik verursacht werden, bisher bei logistischen Entscheidungen in der Produktion nicht berücksichtigt werden.

Der beschriebene Effekt von FMK ist in der Hydraulikbranche besonders ausgeprägt. Eine immer wiederkehrende Knappheit von Stahl auf dem Weltmarkt, die daraus resultierenden hohen Preise für Stahl-Komponenten und die Nachfrage nach hochwertigen Legierungen für hydraulische Komponenten [Vdm08] begründen hohe FMK durch Stillsetzung, Stillstand und Wiederanlauf der Produktionsanlagen sowie Wie-

derbeschaffungszeiten. Gleiches gilt für lange und stark schwankende Lieferzeiten für Hydraulikkomponenten, welche die Hersteller hydraulischer Aggregate verbauen.

3 Gegenüberstellung angestrebter Teilziele und erzielter Ergebnisse

Ziel des Vorhabens war die Entwicklung eines für kmU einfach nutzbaren Entscheidungsmodells zur logistischen Positionierung des Servicegrads der Lager- und Beschaffungslogistik im Spannungsfeld zwischen niedrigen Fehlmengenkosten und niedrigen Beschaffungs- und Lagerkosten. Die Struktur des Entscheidungsmodells und seine Einbettung in eine Methode zu seiner Anwendung stellt Bild 1 dar. Im Rahmen der Modellentwicklung sollte eine quantitative Beschreibung von Fehlmen- gen, bewertet durch Kosten, erfolgen (Bildteil A). Für das angestrebte Ent- scheidungsmodell sollten die Zusammenhänge zwischen Servicegrad sowie resultieren- den FMK und Lagerhaltungs- sowie Beschaffungskosten (zusammengefasst als Logistikkosten) dargestellt werden (Bildteil B und C). So kann eine Anpassung des Ziel-Servicegrades erfolgen, wodurch sich die Höhe der zu erwartenden Logistikkos- ten ergibt (Bildteil D). Dies sollte eine Ergänzung durch Handlungsempfehlungen zum Erreichen und Halten sowie einen Regelkreis zum Überwachen der gewünsch- ten Positionierung erfahren (Bildteil E).

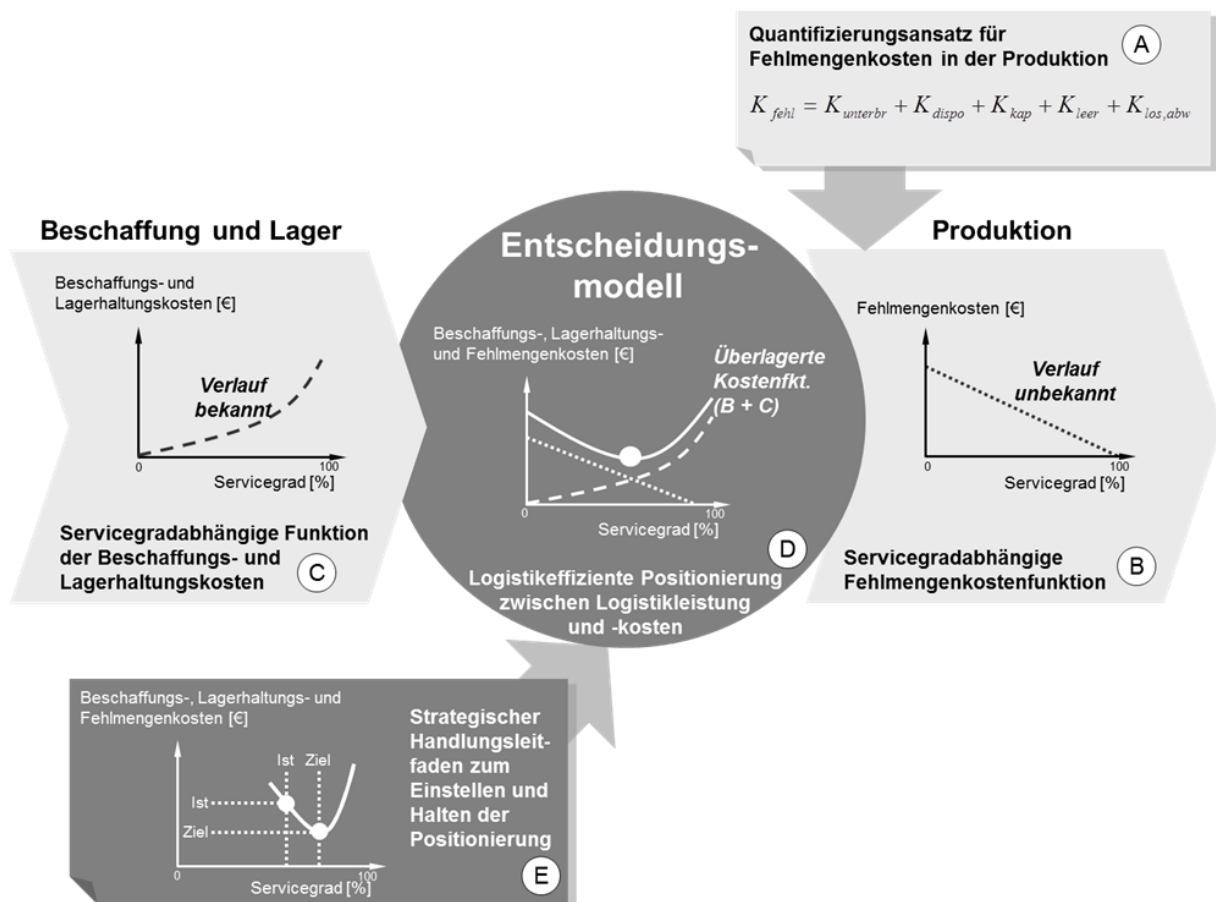


Bild 1: Struktur des Entscheidungsmodells und Integration in die Methode zur Positionierung des Servicegrads

Zur Erreichung des Ziels sind im Vorhaben drei Teilziele verfolgt worden, die nachfolgend in Anlehnung an den Forschungsantrag zum Vorhaben dargestellt (kursiv gedruckte Abschnitte) und denen die erreichten Ergebnisse kurz gegenübergestellt werden. Im Anschluss an Kapitel 2 erfolgt eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse, die sich am Arbeitsprogramm des Vorhabens orientiert.

Teilziel 1: Identifikation von Einflussgrößen und Quantifizierung von FMK

Das erste Teilziel besteht in der strukturierten Identifikation und Klassifikation der Einflussfaktoren auf FMK sowie in der Quantifizierung der FMK, aus welcher eine servicegradabhängige FMK-Funktion abgeleitet wird. Mit einer empirischen Studie werden die Fragestellungen zu den Einflussfaktoren auf FMK und zu der Quantifizierung der FMK auf eine breite Wissensbasis gestellt, um die praktische Relevanz des weiteren Projektverlaufs zu gewährleisten und den bisherigen Umgang mit FMK zu ermitteln. Die Korrelation der Einflussfaktoren auf verschiedene FMK-Arten stellt eine wichtige Grundlage für Teilziel 2 dar.

Zur Erreichung des ersten Teilziels sind als Ergebnisse ein Klassifikationsschema für FMK-Arten, ein Katalog mit Einflussgrößen auf FMK, eine Wirkmatrix zwischen Einflussgrößen und FMK-Arten sowie eine empirische Studie zur Identifikation praxisrelevanter FMK-Arten erzielt worden. Hierfür erfolgten zunächst die Erarbeitung einer dem Vorhaben zu Grunde zu legenden Definition des Begriffs FMK und eine Auswahl einer geeigneten Form des Servicegrads. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse sind auf Basis von Experteninterviews und einer erweiterten Literaturrecherche ein Klassifikationsschema für FMK sowie ein Einflussgrößenkatalog entstanden. Über die Herstellung des Zusammenhangs zwischen FMK-Arten und quantifizierbaren Einflussgrößen steht eine umfangreiche Funktion zur Quantifizierung von FMK bereit. Die Ergebnisse einer empirischen Studie halfen bei der Auswahl im Entscheidungsmodell sowie im Handlungsleitfaden abzubildender Aspekte und geben Aufschluss über die Charakteristika von FMK in der Praxis. Mit den im Rahmen des ersten Teilziels erreichten Ergebnissen gelingt kmU erstmals die monetäre Quantifizierung des Schadens durch fehlendes Material in der Produktion. Hierdurch können Entscheidungen im Rahmen der Produktionsplanung und -steuerung sowie im Lagermanagement fundierter getroffen werden, was Unternehmen als Nutzen eine höhere Effizienz und Transparenz stiftet. Die Kenntnis von Einflussgrößen auf FMK ermöglicht die zielgerichtete Senkung von Fehlmengenrisiken und den Auswirkungen von Fehlmengenereignissen, wodurch Störungen verringert und die Wirtschaftlichkeit von Unternehmen verbessert werden kann. Daneben zeigen die Ergebnisse der empirischen Studie Ansatzpunkte für weitere wissenschaftlich-technische Entwicklungen auf. Die Quantifizierbarkeit von FMK in der Produktion bietet darüber hinaus das wissenschaftliche Nutzenpotenzial, dass bestehende Entscheidungsmodelle der Produktionsplanung und -steuerung (z. B. im Bereich der Auftragsfreigabe oder

Reihenfolgesteuerung) um die Berücksichtigung der FMK in der Produktion erweitert werden können.

Teilziel 2: Entwicklung eines Entscheidungsmodells

Das zweite Teilziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines Entscheidungsmodells. In diesem werden in Abhängigkeit der Wirkzusammenhänge der Lager- und Beschaffungslogistik sowie der Produktion Entscheidungsspielräume aufgezeigt. Mit diesen können Unternehmen über den artikelspezifischen Servicegrad ihre Beschaffungs- und Lagerlogistik bei niedrigen Logistikkosten positionieren. Diese Positionierung umfasst hierbei das Spannungsfeld zwischen Fehlmengenkosten und Beschaffungs- sowie Lagerkosten. Die Logistikkosten beinhalten neben den bekannten Beschaffungs- und Lagerhaltungskosten insbesondere die im Vorhaben ermittelten FMK der Produktion.

Zur Erfüllung des zweiten Teilziels ist das angestrebte Entscheidungsmodell entwickelt worden. Dieses ist in Form eines vorwettbewerblichen Software-Demonstrators umgesetzt. Der Software-Demonstrator unterstützt kmU bei der Quantifizierung von Fehlmengenkosten im Unternehmen und der hierauf aufbauenden aufwandsarmen Bestimmung eines logistikeffizienten artikelspezifischen Servicegrads bzw. des hierfür erforderlichen Lagerbestands. Für einzelne Artikel können im Software-Demonstrator Parameter für die Bereiche Beschaffung, Lagerhaltung und Fehlmengenkosten in der Produktion wie Lagerzinssätze, Teilwerte oder Wiederbeschaffungszeiten erfasst werden. Hierauf basierend berechnet der Software-Demonstrator die Logistikkosten und gibt für einzelne Artikel eine Empfehlung, welchen Servicegrad ein Unternehmen wählen sollte, um sich bei minimalen Kosten zwischen einer hohen logistischen Leistungsfähigkeit sowie niedrigen Bestandskosten aufzustellen.

Teilziel 3: Entwicklung eines Handlungsleitfadens

Das dritte Teilziel ist die Entwicklung eines Handlungsleitfadens als Überleitung vom Entscheidungsmodell zur praktischen Anwendung. Um die beschriebene Positionierung erreichen und halten zu können, ist die Entwicklung von Handlungsempfehlungen für kmU vorgesehen. Der Handlungsleitfaden umfasst ebenfalls Anweisungen für kmU zur eigenständigen Anwendung der Projektergebnisse in Form eines Regelkreises. In Pilot-Unternehmen der Hydraulikbranche werden Zielgrößen anhand des Entscheidungsmodells praktisch festgelegt und geregelt.

Teilziel 3 ist im Vorhaben in Form einer Anleitung zur Durchführung der Positionierung des Servicegrads sowie Maßnahmenempfehlungen zur FMK-Senkung bedient worden. Die Anleitung zur Positionierung des Servicegrads bei den minimalen Logistikkosten beschreibt, welche Daten auf welche Art und Weise im Zuge einer erstmaligen Anwendung des Entscheidungsmodells zu erheben sind. Außerdem wird beschrieben, wie mit Hilfe des Software-Demonstrators eine erstmalige Bestimmung

eines wirtschaftlichen Servicegrads durchzuführen ist. Insbesondere, welche Artikel für die Anwendung des Entscheidungsmodells ausgewählt werden sollten, wird thematisiert. Auch beschreibt der Leitfaden, wie ein wirtschaftlich vorteilhafter Servicegrad kontinuierlich auch bei Veränderung einzelner Parameterausprägungen im Entscheidungsmodell gehalten werden kann. Hierfür wird in Analogie zu einem Regelkreis benannt, welche Größen im Entscheidungsmodell Steuer- und Regelgrößen darstellen. Durch eine kontinuierliche Überwachung der Regelgrößen und den Vergleich von Ist- mit Soll-Werten und entsprechende Anpassung von Steuergrößen im Entscheidungsmodell wird eine dauerhaft wirtschaftliche Positionierung des Servicegrads im Spannungsfeld von FMK und Beschaffungs- sowie Lagerkosten sichergestellt. Eine ex ante Untersuchung der Auswirkung der Veränderung von Eingangsgrößen in das Entscheidungsmodell wird durch ein Modul zur Sensitivitätsanalyse im Rahmen des Software-Demonstrators unterstützt. Ein weiterer Bestandteil des Handlungsleitfadens bildet ein Katalog mit Maßnahmenempfehlungen zur FMK-Senkung. Für einzelne Artikel wird im Software-Demonstrator aufgezeigt, wie sich die auftretenden FMK auf einzelne FMK-Arten aufteilen. Aus dem Maßnahmenkatalog lassen sich geeignete Maßnahmen zur Senkung der am stärksten auftretenden FMK-Arten auswählen und anwenden.

4 Darstellung der erzielten Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die im Vorhaben erzielten Ergebnisse dargestellt. Die Darstellungsweise folgt dem Arbeitsprogramm des Forschungsantrags. Für jedes Arbeitspaket (AP) werden nach einer kurzen Aufführung der durchgeführten Arbeiten die hieraus hervorgegangenen Ergebnisse detailliert beschrieben.

4.1 AP 1: Anforderungsanalyse sowie Identifizierung und Klassifizierung von FMK

Ziel des ersten Arbeitspakets ist die Erarbeitung eines Klassifizierungsansatzes und einer einheitliche Definition der Begriffe FMK und Servicegrad. Darüber hinaus sollen die Anforderungen der Projektpartner an die Ergebnisse des Projekts aufgenommen werden.

4.1.1 FMK-Klassifizierung und Begriffsdefinition Servicegrad und FMK

In AP 1 ist eine umfassende Literaturanalyse bezüglich FMK durchgeführt worden, um einen Klassifizierungsansatz für FMK zu schaffen sowie eine Definition der Begriffe FMK und Servicegrad zu erarbeiten.

Unter Rückgriff auf alle wesentlichen Literaturquellen sowie durch Befragungen der Projektpartner sind im Vorhaben als Ergebnis FMK in einzelne Bestandteile, die sogenannten FMK-Arten aufgeschlüsselt worden. Unter einer FMK-Art sollen diejenigen Kosten verstanden werden, welche in einem spezifischen Unternehmensbereich (z. B. in der Fertigung oder in der Beschaffung) unmittelbar durch eine Fehlmenge (z. B. Betriebsunterbrechungen) oder mittelbar durch entsprechende Gegenmaßnahmen (z. B. Eilbeschaffung des fehlenden Materials) auftreten. In den spezifischen Unternehmensbereichen ist bzgl. der FMK-Arten des Weiteren nach den betroffenen Objekten (z. B. Personal oder Maschinen) sowie Prozessen (z. B. Rüsten oder Auftragsreihenfolgen umplanen) zu differenzieren.

Als Ergebnis ist die in Bild 2 wiedergegebene schematische Aufstellung von FMK-Arten erarbeitet worden. Die identifizierten FMK-Arten wurden in Form eines Klassifizierungsschemas erstmals in eine umfassende Ordnung überführt. FMK-Arten können in geplante und ungeplante FMK-Arten unterschieden werden, von denen das Klassifizierungsschema ungeplante FMK-Arten darstellt. Dieser Umstand ist darin begründet, dass geplante FMK das Resultat einer bewussten betrieblichen Entscheidung darstellen (z. B. potenziell entgangener Umsatz durch Beschränkung auf eine bestimmte Produktionsmenge). Gegenstand des Forschungsprojekts ist jedoch die Antizipation erwarteter Fehlmengen durch Planabweichungen im Lagerzu- und -abgang durch gezielte Bestandsdisposition. Des Weiteren können FMK in direkte und indirekte sowie zeit- und mengenabhängige FMK eingeteilt werden. Weitergehende Erläuterungen zu den identifizierten FMK-Arten finden sich im Anhang dieses Abschlussberichts. Die im Rahmen des Klassifizierungsansatzes zusammengeführten Kriterien stellen den Begriff FMK auf eine breite Basis und ermöglichen kmU eine theoretisch fundierte Betrachtung von FMK.

Die dem Vertrieb zuzuordnenden Anteile der Fehlmengenkosten in Form von Umsatzverlusten, Konventionalstrafen sowie Good-Will-Schäden sind in der weiteren Betrachtung im Vorhaben ausgeblendet worden, da ihre Erfassung zum Teil problematisch ist. Image- und Umsatzverluste hängen z. B. mit der individuellen Wartebereitschaft einzelner Kunden und mit der Häufigkeit von Lieferengpässen in der Vergangenheit zusammen. Die Berücksichtigung dieser Kostenbestandteile in einem abstrakten Modell kann demnach nur willkürlich geschehen. Die Höhe von Konventionalstrafen ist in kundenindividuellen Verträgen in Abhängigkeit unterschiedlicher Aspekte (bspw. Lieferverzugsdauer und Höhe der Fehlmenge) geregelt, so dass auch hier nicht verallgemeinert werden darf. Aus diesen Gründen sollen die für Endprodukte zu realisierenden Servicegrade als exogen vorgegeben betrachtet werden, z. B. durch Management- oder Vertriebsentscheidungen. Fehlmengenkosten für Betriebsunterbrechungen, Umplanungen und Eilbeschaffungen sind dagegen endogen steuerbare Elemente der betriebsinternen Bereiche Produktion und Logistik.

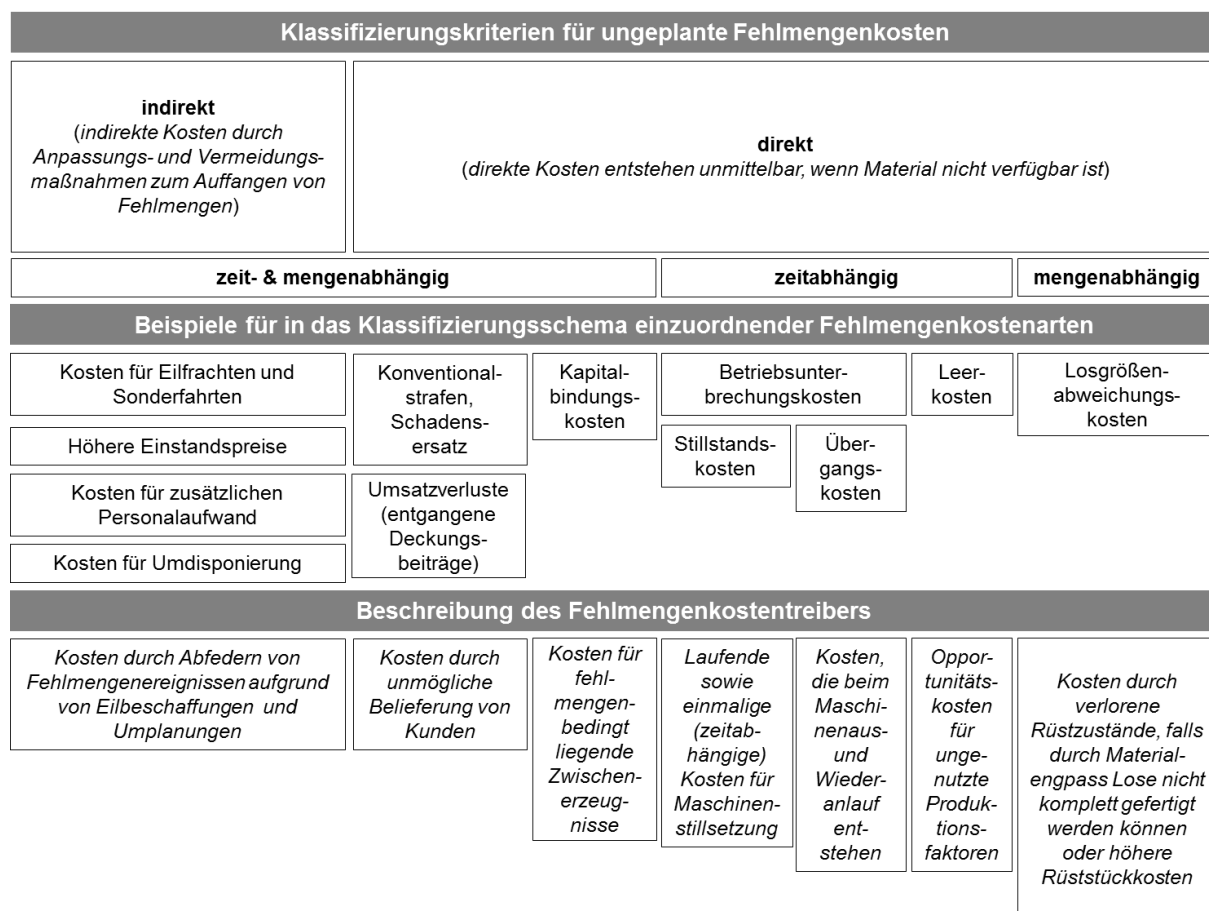


Bild 2: Identifizierte FMK-Arten und erarbeiteter Klassifizierungsansatz

Von der gefundenen Klassifizierung ausgehend können kmU systematisch ihre eigene FMK-Struktur untersuchen und als Nutzen erste Rückschlüsse auf die Auswirkungen fehlenden Materials im eigenen Unternehmen ableiten. Das gefundene Klassifizierungsschema stellte darüber hinaus im Vorhaben die Grundlage für die Entwicklung des Quantifizierungsgrundsatzes für FMK.

In AP 1 ist daneben eine einheitliche Definition des Begriffes der FMK erarbeitet worden. FMK entstehen, wenn ein Materialbedarf nicht pünktlich und vollständig bedient werden kann und hierdurch die Abläufe in der Produktion gestört werden. Hierdurch treten negative Abweichungen von den geplanten Abläufen auf und FMK resultieren [Arn01; Rei06]. Ursächlich für FMK sind nach REICHMANN [Rei06] Fehlmengen, die auftreten, wenn logistische Leistungen zur Bedarfsbefriedigung nicht fristgerecht oder im erforderlichen Ausmaß erbracht werden können. Aus der Literaturanalyse geht hervor, dass die Höhe des gewählten Servicegrads für einen Lagerartikel ursächlich für die in einer Betrachtungsperiode zu erwartende Fehlmenge ist. Gleiches gilt für die Anzahl der zu erwartenden Fehlmengenereignisse. Als verbindende Größe für entscheidungsrelevante Kostenarten (FMK, Beschaffungs- und Lagerhaltungskosten) konnte als Ergebnis der Literaturanalyse der Servicegrad bestätigt werden.

Neben der Erarbeitung des Begriffs der FMK ist eine geeignete Definition des Servicegrads ausgewählt worden, der eine Verknüpfung mit FMK erlaubt. Der Servicegrad stellt nach TEMPELMEIER [Tem05] den auf einen Lagerartikel bezogenen Quotienten aus der bedienten Nachfrage in einer Bezugsperiode und der Gesamtnachfrage für diesen Zeitraum dar. Ursächlich für nicht bediente Nachfragen sind Fehlmengen, welche aufgrund einer lagerbedingten Lieferzeit nur mit einem Lieferverzug an den Kunden ausgeliefert werden können (bspw. aufgrund zu geringer Bestände). Der Lieferverzug gibt nach GLÄßNER [Glä95] Auskunft darüber, wie lange auf die Nacherfüllung einer Fehlmenge gewartet werden muss. Im Einzelnen kann nach TEMPELMEIER [Tem05] zwischen drei Arten des Servicegrads unterschieden werden:

$$\alpha\text{-Servicegrad} \quad SG_{\alpha} = \frac{\text{Anzahl pünktlich bedienter Nachfragepositionen einer Periode}}{\text{Gesamtzahl Nachfragepositionen einer Periode}}$$

$$\beta\text{-Servicegrad} \quad SG_{\beta} = \frac{\text{Pünktlich bediente Nachfragemenge einer Periode}}{\text{Gesamtnachfragemenge einer Periode}}$$

$$\gamma\text{-Servicegrad} \quad SG_{\gamma} = 1 - \frac{\text{Fehlbestand einer Periode}}{\text{Gesamtnachfragemenge einer Periode}}$$

Es lässt sich als Ergebnis festhalten, dass beim α -Servicegrad nachteilig ist, dass die nachgefragte Menge pro Auftragsposition unberücksichtigt bleibt. Können zahlreiche, lediglich kleine Mengen umfassende Aufträge nicht bedient werden, ergibt sich ein niedrigerer Servicegrad, als es bspw. bei wenigen, große Mengen umfassenden Aufträgen der Fall wäre [Lut02]. Der γ -Servicegrad berücksichtigt neben der Menge der Artikel mit Verzug auch deren zeitliche Dimension. Hierzu betrachtet er nicht die Fehlmengenhöhe vor der Wiederauffüllung, sondern den Fehlbestand, welcher die Fehlmengenentwicklung der vorhergehenden Perioden mit einbezieht. So sind auch negative Werte möglich. Er ist der aussagekräftigste der drei Servicegrade, in der Praxis jedoch kaum gebräuchlich. Aufgrund seines Mengenbezugs (und des hierüber herstellbaren Zusammenhangs zwischen mittlerem Lagerbestand und der zu erwar-

tenden Gesamtfehlmenge in einer Bezugsperiode) ist der gewichtete Servicegrad (bzw. β -Servicegrad) als geeignete Form zur Bewertung der artikelbezogenen Lieferbereitschaft der Lager- und Beschaffungslogistik im Projekt herausgestellt worden. Nachfolgend soll er wegen der Mengengewichtung als SG_g bezeichnet werden.

Die Identifikation einer geeigneten Servicegrad-Definition stellt sicher, dass ein Bezug zwischen Servicegrad und FMK hergestellt werden kann. Auf diese Weise können kmU durch die Anwendung einer geeigneten Servicegrad-Definition im Rahmen eines logistischen Controllings eine Positionierung ihrer Servicegrade im Spannungsfeld von FMK und Lager- sowie Beschaffungskosten realisieren.

4.1.2 Anforderungen an die zu entwickelnde Methode und Unternehmensbefragung

Des Weiteren sollten die Anforderungen der Projektteilnehmer an die anzustrebenden Ergebnisse aufgenommen werden. Als Grundlage für die Anforderungsaufnahme und als Vorbereitung für die Identifikation von Einflussgrößen auf FMK in AP 2 sowie die Erstellung einer Umfrage zu FMK in AP 3 bestand ein weiteres Ziel in der Erstellung eines Interviewleitfadens für die Befragung von Industrievertretern.

Der erarbeitete Interviewleitfaden enthält Fragen zur Einordnung der befragten Unternehmen (z. B. Unternehmensgröße, Organisationform der Produktion oder bediente Absatzmärkte), zu Ursachen von Fehlmengenereignissen sowie zu deren Konsequenzen. Darüber hinaus wird auf organisatorische Rahmenbedingungen (z. B. Strategien zur Festlegung des Servicegrads) eingegangen, welche einen Einfluss auf das Risiko von Fehlmengen haben. Der Interviewleitfaden ist in Form eines Katalogs realisiert worden, der in drei Fragenblöcke für die Unternehmensbereiche Beschaffung, Produktion und Distribution aufgeteilt ist. Anhand von Checklisten und Formularfeldern können durch den Befragenden aufwandsarm eine Vielzahl an Informationen über praktische Ausprägungen und Einflussgrößen auf FMK erhoben werden. Auf Basis des Interviewleitfadens sind strukturierte Experteninterviews mit den Projektteilnehmern sowie weiteren Industrievertretern durchgeführt worden. Als Ergebnisse konnten erste Einflussfaktoren auf FMK in Erfahrung gebracht werden, die in den Einflussgrößen-Katalog in AP 2 eingeflossen sind, sowie praxisrelevante Fragen für die Erstellung der Umfrage zu FMK in AP 3 identifiziert werden. In den entsprechenden Abschnitten des Schlussberichts wird hierauf näher eingegangen.

Im Zusammenhang der ersten Sitzung des Projektbegleitenden Ausschusses (PA) und Befragungen in den Unternehmen hat eine Konkretisierung der Erwartungen der Projektteilnehmer hinsichtlich der Projektergebnisse stattgefunden. Die aufgenommenen Erwartungen waren u. a.:

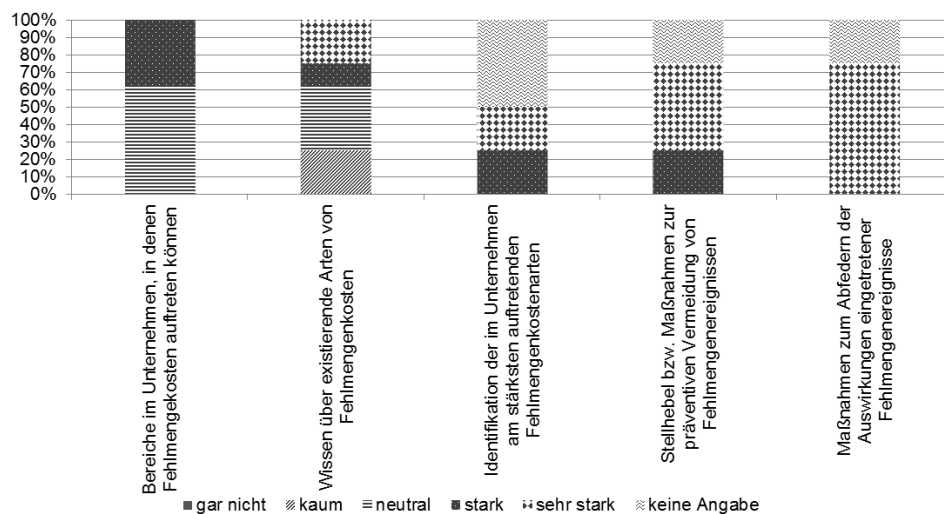
- Kenntnisse über Stellhebel bzw. Maßnahmen im Unternehmen zur präventiven Vermeidung von Fehlmengenereignissen (u. a. durch anforderungsgerechte Bestandsdisposition),
- Die Möglichkeit, liquide Mittel durch Senken von Beständen mit Hilfe einer an-

forderungsgerechten Disposition freizusetzen und

- Methoden zur Analyse von Fehlmengenereignissen zur Verfügung gestellt zu bekommen.

Die aus den durchgeführten Befragungen abgeleiteten Anforderungen sind dokumentiert und in der weiteren Methodenentwicklung berücksichtigt worden. Einen Auszug aus den dokumentierten Ergebnissen der Anforderungsanalyse zeigt in Bild 3 der Bildteil a) auf. Die Aufnahme von Anforderungen stellt eine praxistaugliche Ausgestaltung der Forschungsergebnisse und einen hohen Nutzen für kmU sicher.

Angestrebter Erkenntnisgewinn über FMK



Wichtigkeit durch anforderungsgerechte Servicegrad-Festlegung angestrebter Ziele

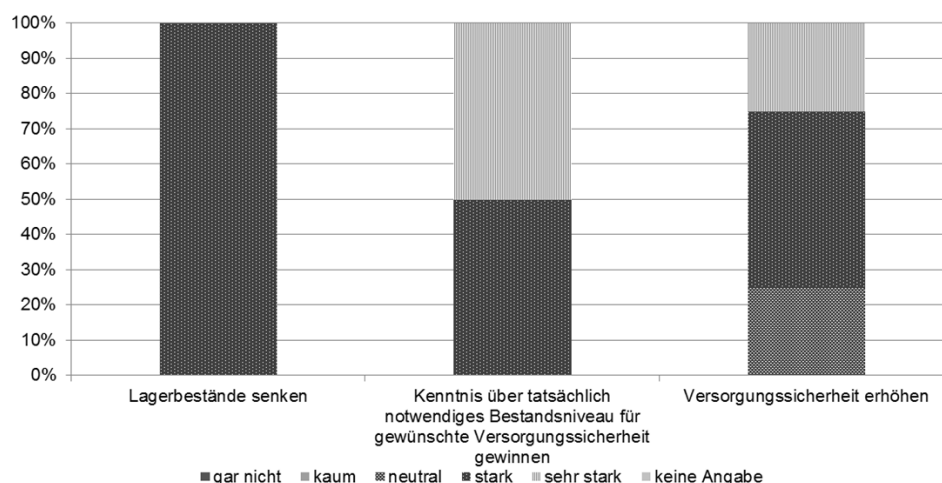


Bild 3: Auszug aus aufgenommenen Erwartungen sowie Anforderungen an das Vorhaben

4.2 AP 2: Identifizierung und Klassifizierung von Einflussgrößen auf Fehlmengenkosten

Als Ziel für AP 2 wird im Forschungsantrag die Identifikation von Einflussgrößen genannt, welche die Entstehung sowie die Höhe von FMK bestimmen. Ein weiteres Ziel stellt die Herstellung des Zusammenhangs zwischen Einflussgrößen und den in AP 1 identifizierten FMK-Arten in Form einer Korrelationsmatrix dar.

4.2.1 Einflussgrößen auf FMK

Zur Erreichung des ersten Ziels des APs sind Einflussgrößen auf die Entstehung von Fehlmengenkosten identifiziert und klassifiziert worden. Dies ist auf Basis der Erkenntnisse aus Befragungen von Projektpartnern und anderen Unternehmen sowie Literaturrecherchen geschehen. Einflussgrößen auf FMK hängen zum einen mit der Verursachung einer Fehlmenge zusammen. Einflussgrößen auf FMK bedingen den Umfang und die Auswirkungen einer Fehlmenge und ihre monetären Konsequenzen. Eine Fehlmenge kann in vier Dimensionen auftreten [Sch77; Arn01; Web02; Krü04], welche Rückschlüsse auf dahinter stehende Einflussgrößen erlauben:

- qualitativ (z. B. Artikelfehler),
- örtlich (z. B. Artikel an einem anderen Ort verfügbar),
- quantitativ (z. B. nur eine Teilmenge verfügbar),
- zeitlich (z. B. verspätete Lieferung).

Eine qualitativ minderwertige Artikelmenge kann als Fehlmenge interpretiert werden, wenn diese Menge aufgrund der mangelhaften Qualität nicht in der Produktion verwendet werden kann. Die qualitative Dimension kann dann in die quantitative Dimension integriert werden. Für die örtliche Dimension gilt eine analoge Argumentation. Als zentrale Einflussgrößen auf die Höhe von FMK lassen sich aus den vier genannten Dimensionen der Fehlmenge die fehlende Quantität sowie die Fehlzeit eines Artikels ableiten. Zusammen mit der Häufigkeit von Fehlmengenereignissen sind diese Einflussgrößen Kausalfaktor für die Entstehung von FMK. Aus diesem Grund wirken sie auf die Entstehung fast aller FMK-Arten ein.

Im Projekt ist als Ergebnis von AP 2 ein Katalog mit Einflussgrößen auf FMK erarbeitet worden. Dieser basiert auf dem Supply Chain Operations Reference-Modell für Geschäftsprozesse von Produktionsunternehmen (abgek. SCOR) [SCOR10], um auf einen praktisch wie wissenschaftlich anerkannten Bezugsrahmen aufbauen zu können. Das SCOR-Modell zeigt für ein Produktionsunternehmen für die fünf Prozesskategorien Plan (Planung), Source (Beschaffung), Make (Produktion), Deliver (Distribution) und Return (Rückgabe) Geschäftsprozesse der Kategorien Planen, Ausführen und Unterstützen auf. Im erarbeiteten Katalog werden für die SCOR-Teilprozesse Gefahrenpotenziale für die Entstehung von Fehlmengenereignissen in der Produktion aufgezeigt (z. B. Terminabweichungen von Lieferanten in Verbindung mit Lagerbestandshöhen). Gleiches gilt für hiermit zusammenhängende Einflussgrößen (z. B. durchschnittliche Wertigkeit und Anzahl von Teilen pro Fertigungsauftrag, in den

fehlende Artikel eingehen), die in Verbindung mit dem Eintritt eines Fehlmengenergnisses die resultierende Höhe der in AP 1 identifizierten und klassifizierten FMK-Arten (z. B. Kapitalbindungskosten) bestimmen.

Bild 4 zeigt einen Auszug aus dem Katalog mit Einflussgrößen auf FMK. Die Einflussgrößen lassen sich nach den Bereichen Prozess, Technologie und Organisation klassifizieren. Ein Beispiel für die Bezeichnung einer Einflussgröße ist für den Bereich Source/Ausführen die maximale Lieferterminabweichung eines Lieferanten. Als maximale Lieferterminabweichung ist diejenige Zeitdauer definiert, die ein Lieferant auf Basis von Erfahrungswerten maximal vom vereinbarten bzw. zugesagten Liefertermin abweichen kann. Die qualitative Wirkung der maximalen Lieferterminabweichung auf FMK besteht darin, dass durch diese Einflussgröße im Wesentlichen die Fehlzeit bestimmt wird. Je höher die maximale Lieferterminabweichung sein kann, desto länger fehlt das Material und umso höher sind z. B. Kapitalbindungskosten durch anderes wartendes Material. Es werden praktisch alle in AP 1 identifizierten FMK-Arten durch die benannte Einflussgröße tangiert. Als die FMK-Höhe beeinflusster Aspekt durch die Einflussgröße liegt die Fehlzeit für einen bestellten Artikel vor. Eine Handlungsempfehlung zur FMK-Senkung kann das Vereinbaren von Pönalen mit dem Lieferanten oder der Aufbau eines Frühwarnsystems sein, mit dem der Lieferant regelmäßig auf anstehende Lieferungen hingewiesen wird.

Auszug aus SCOR-basiertem Katalog mit Einflussgrößen auf FMK (Bereich SOURCE S 1.3)

Bezeichnung der Einflussgröße		Definition der Einflussgröße	Qualitative Wirkung auf FMK		Handlungsempfehlungen zur FMK-Senkung	
Bereich	Einflussfaktor	Definition	Qualitative Wirkung	Betroffene FMK-Art	FMK-Höhe determinierende Größe	Angriffspunkte
Source	S 13 Warenkontrolle	Zeitpunkt der Qualitätsprüfung	Die Qualitätsprüfung beim Materialanfang hat den Zweck, wer solche Materialien einzuweisen, welche die geforderte Qualität hinsichtlich erfüllen. Sie dient der Qualitätssicherung der eingehenden Materialien. Die Vorweisung ungeprüfter Materialien, die sich qualitativ ungeeignet erweisen, kann zu Schwierigkeiten und Verzögerungen in der Fertigung und damit zu höheren Kosten führen (DIN 90, S. 9 u. 15).	Die Zeitpunkte zwischen der Identifizierung qualitativer Fehltakte und des eigentlichen Bedarfzeitpunkts kann einen großen Einfluss auf die Entwicklung der FMK haben. Eventuell kann die Zeitpaase zwischen der Fehltat und dem Produktionsstart vermindert werden, um qualitativ geeignete Materialien neu zu beschaffen. Gelingt dies, so können Anpassungsmaßnahmen an die Fehlspezifikation (z.B. durch Umlagerung von Aufträgen) dazu beitragen die FMK zu senken. Bei der qualitativen Mängel erst zum Bedarfzeitpunkt erkannt, so muss mit Ausfallschäden der benötigten Ressourcen gerechnet werden. Da in diesem Fall ein Neubeschaffung bleibt und die Zeitpaase zwischen der Fehltat und dem Bedarfzeitpunkt eine Verzögerung darstellt.	Keine FMK-Höhe determinierende Größe	Bei künftigen Fehlmengenergnissen durch Qualitätsmängel die Prüfquote erhöhen
	S 14 Warenabfertigung	Kommissionierqualität bzw. Fehler	Die von Kunden beschriebenen Anforderungen an die Kommissionierung der Materialien werden nicht erfüllt. Die Kommissionierung der Materialien wird durch die Kommissionierung der Materialien beeinflusst. Die Kommissionierung der Materialien wird durch die Kommissionierung der Materialien beeinflusst. Die Kommissionierung der Materialien wird durch die Kommissionierung der Materialien beeinflusst.	Kommissionierungsfehler können der Auslöser für Dispositionskosten zur Fehltat und für Aufwendungen notwendiger Umlagerungen sein. Wird der Fehler in der Kommissionierung erst zum Bedarfzeitpunkt in der Produktion erkannt, so können als Folge Lagerkosten, Dispositionskosten und Leerkosten auftreten.	Keine FMK-Höhe determinierende Größe	Angriffspunkte siehe (Hörsing/Vogel in der Automobillogistik: Die Vision der Supra-optimität von Wirtz/Greifhorst, Springer, 2001, S. 505)
Ermöglichte Prozesse	S 15 Zahlung vorrätig	Prozesse der Informations- oder Beziehung, auf denen die Prozesse der Planung und Ausführung beruhen	Die Prozesse der Informations- oder Beziehung, auf denen die Prozesse der Planung und Ausführung beruhen	Die Prozesse der Informations- oder Beziehung, auf denen die Prozesse der Planung und Ausführung beruhen	Die Prozesse der Informations- oder Beziehung, auf denen die Prozesse der Planung und Ausführung beruhen	Die Prozesse der Informations- oder Beziehung, auf denen die Prozesse der Planung und Ausführung beruhen
	E 11 Beschaffungsgrundröße managen	Geographischer Ort der Bezugsquelle	Global Sourcing bezeichnet die systematische Ausrichtung der Beschaffung auf internationale Beschaffungsquellen. Bei Local Sourcing hingegen werden die Dienstleistungen von unmittelbar nachbarschaftlich bezogen.	Im Falle globaler Bezugsquellen erhöht sich das Fehlmengenspektrum für den Abnehmer. So beschreiben Mitarbeiter folgende versorgungsrechtliche Probleme die mit einem Global Sourcing einhergehen können. Durch die große Entfernung zum Lieferanten verlängert sich die Beschaffungszeit. Dies reduziert die Möglichkeit von kurzfristig aufgetretenen Materialbedürfnissen durch kurzfristige Bestellungen bei den Lieferanten zu befriedigen (Müller, S. 80). Somit steigt das Fehlmengenspektrum für den Abnehmer an, welches durch die Lagerkosten, Dispositionskosten und Leerkosten verursacht wird.	Keine FMK-Höhe determinierende Größe	Maßstab S. 85

Bild 4: Auszug aus dem Katalog mit Einflussgrößen auf FMK

Die Handlungsempfehlungen zur FMK-Senkung als Katalogbestandteil sind in die Entwicklung des Maßnahmenkatalogs zur FMK-Reduzierung als Bestandteil des Handlungsleitfadens in AP 5 eingeflossen.

Eine für die Entwicklung des Entscheidungsmodells zentrale Einflussgröße aus dem Katalog ist die Höhe des Sicherheitsbestands. Aufgrund ihrer Wichtigkeit soll sie daher an dieser Stelle kurz erläutert werden: Der Sicherheitsbestand ist im Katalogbereich „Source / Unterkategorie Planen“ hinterlegt. Der Sicherheitsbestand beeinflusst im Falle einer Vorratsbeschaffung durch das Abfangen von Planabweichungen, in welchem Ausmaß Fehlmengen und somit FMK auftreten können. Darüber hinaus ist der Sicherheitsbestand die zentrale Stellgröße bei der Realisierung eines angestrebten Servicegrads für Lagerartikel [Lut02]. Zur Bestimmung der erforderlichen Sicherheitsbestandshöhe zur Absicherung gegen häufig auftretende Planabweichungen auf Lieferanten- und Nachfragerseite existieren zahlreiche Ansätze. Für die Verwendung im Vorhaben ist der in Bild 5 dargestellte Ansatz (die sogenannte Wurzelformel, die von normalverteilten Planabweichungen ausgeht) ausgewählt worden. Der auf diese Weise bestimmte Sicherheitsbestand ist bei Eintreten der maximalen Planabweichungen in der Wiederbeschaffungszeit ausreichend, um einen Servicegrad von 100 % zu gewährleisten.

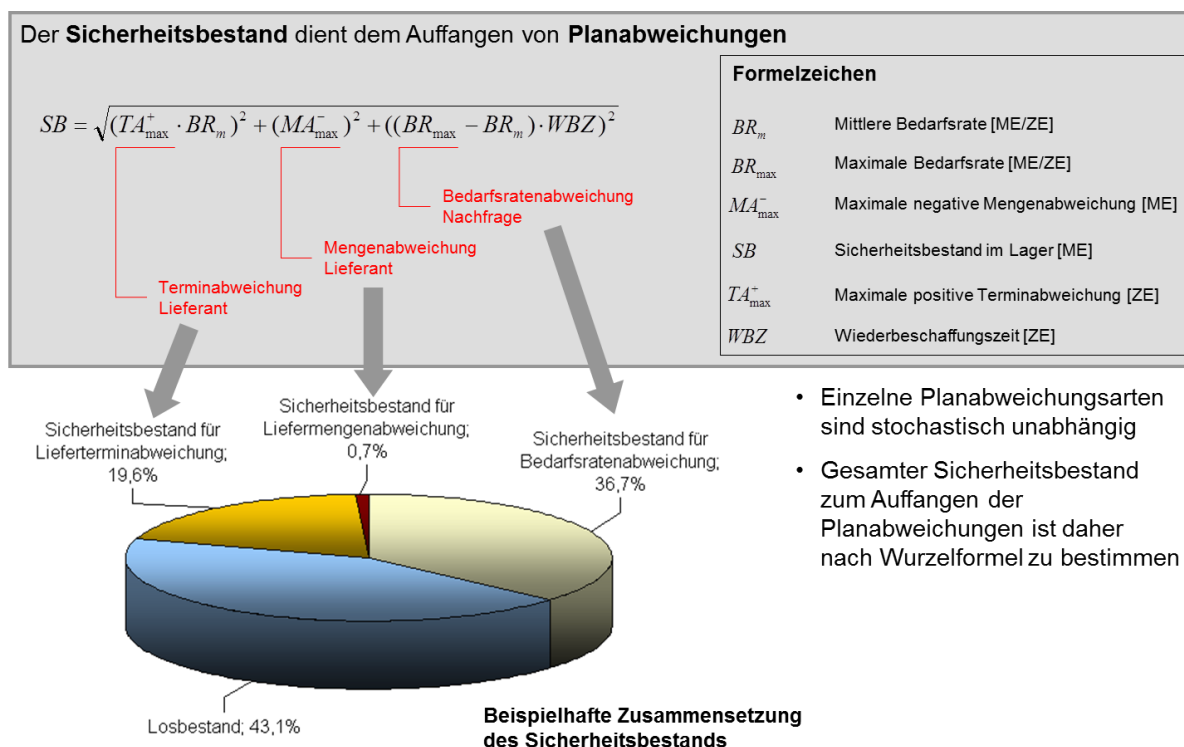


Bild 5: Bestimmung des Sicherheitsbestands nach der Wurzelformel (Quelle: in Anlehnung an [Lut02, Nyh03])

Das Wissen über Einflussgrößen auf FMK und Ansatzpunkte zu ihrer Beeinflussung ermöglicht kmU nicht nur das Gewinnen eines Verständnisses für die Wirkzusammenhänge, die zu FMK führen können und Identifikation relevanter Wirkzusammenhänge in der eigenen Unternehmenssphäre. Darüber hinaus besteht auch das Nut-

zenpotenzial, durch eine positive Beeinflussung der betrieblichen Gegebenheiten in Form von Handlungsempfehlungen FMK gezielt zu senken.

4.2.2 Zusammenhang zwischen Einflussgrößen und FMK-Arten

Daneben ist im Projekt der Zusammenhang zwischen den Einflussgrößen und der Höhe einzelner FMK-Arten untersucht worden. Der Forschungsantrag sieht des Weiteren die Quantifizierung von FMK bei den Projektpartnern vor. In den durchgeführten Diskussionen im Projekt ist jedoch deutlich geworden, dass aufgrund der fehlenden Kenntnis von kostenbestimmenden Größen in den Unternehmen bzw. fehlender Berechnungsansätze eine Quantifizierung ohne weiteres nicht möglich ist. Hierin ist eine Bestätigung des innovativen Charakters des Vorhabens zu sehen. Um diese Lücke zu schließen, ist bereits in AP 2 die Aufstellung von Funktionen zur Berechnung einzelner FMK-Arten erfolgt. Dieser Arbeitsschritt ist aus AP 4 vorgezogen worden.

Ein Ergebnis von AP 2 stellt eine Wirkmatrix dar. In dieser wird über Binärvariablen eine Verbindung zwischen den Einflussgrößen aus dem Einflussgrößen-Katalog (Arbeitsschritt 1) und den in AP 1 identifizierten FMK-Arten hergestellt. Die Einflussgrößen sind in der Wirkmatrix qualitativ angegeben. Außerdem sind sie nach den Kriterien Produkt, Organisation, Technologie, Personal sowie Prozess klassifiziert, um eine strukturierte Ableitung von Handlungsempfehlungen in AP 5 zu ermöglichen. Die qualitativen Einflussgrößen sind darüber hinaus quantifizierbaren Größen zugeordnet. Die quantifizierbaren Größen sind in der Wirkmatrix mit Formelzeichen benannt und den in AP 1 gefundenen FMK-Arten zugeordnet. Die Struktur der Wirkmatrix (inkl. Zuordnungstabelle) gibt Bild 6 wieder. Im linken Teil des Bildes findet sich die Klassifizierung einzelner Einflussfaktoren auf FMK, welche rechts daneben inkl. ihrer Wirkrichtung (positiver oder negativer Einfluss auf FMK-Höhe) angegeben sind. Gegenüber der im Forschungsantrag angestrebten Aufstellung einer Matrix mit lediglich qualitativer Bewertung der Verknüpfung bietet der gewählte Ansatz den Vorteil, dass die Betrachtung zahlenmäßig bewertbarer Zusammenhänge eine quantitativ belastbare Aussage über Wirkzusammenhänge zwischen Einflussgrößen und FMK-Arten erlaubt. Simultan stellt die Wirkmatrix eine unmittelbare Grundlage für die Herleitung von Berechnungsvorschriften für FMK dar.

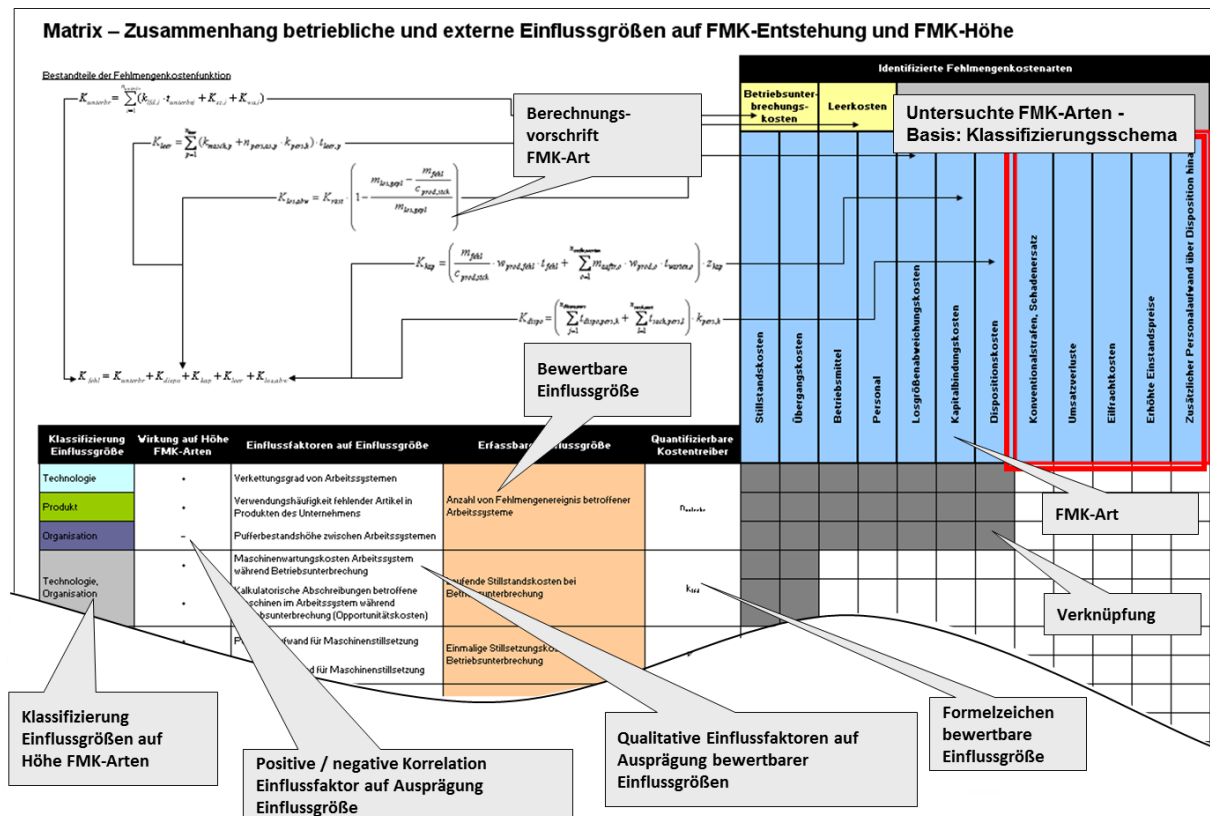


Bild 6: Zuordnung Einflussfaktoren zu quantifizierbaren Größen und Überführung in Wirkmatrix (Auszug)

Auf Basis der Wirkmatrix sind im Projekt als weiteres Ergebnis Kostenfunktionen zur Quantifizierung der einzelnen FMK-Arten aufgestellt worden. Diese enthalten die in der Wirkmatrix niedergelegten Formelzeichen in Form variabler (z. B. Fehlzeit) und konstanter Größen (z. B. Maschinenstundensätze). Die Kostenfunktionen erlauben, für ein Fehlmengeneignis die auftretenden FMK-Arten zu berechnen.

Da im Projekt die Quantifizierung fehlmengenbedingter Kosten für die Produktion im Vordergrund steht, werden von den FMK-Arten aus dem Klassifizierungsschema aus AP 1 die vertriebsbezogenen Umsatzverluste, Imageverluste, Konventionalstrafen und Schadensersatzzahlungen sowie die beschaffungsseitigen Eilbeschaffungskosten ausgeblendet (in Bild 6 durch die umrahmten FMK-Arten angedeutet, für die in der Matrix keine Verknüpfungen mit Einflussgrößen aufgezeigt werden).

Es sind einige vereinfachende Annahmen für die Herleitung der Fehlmengenkostenfunktionen getroffen worden: Betrachtet werden sollen die in Folge eines Fehlmengeneignisses (charakterisierbar durch eine definierte Fehlmenge und -dauer), entstehenden Fehlmengenkosten. Betrachtungsbereich soll ein spezifisches Arbeitssystem sein, für das der fehlende Artikel bereitzustellen ist. Durch das Treffen dieser Annahme wird die eindeutige Zuordnung von Fehlmengenkosten zu einer Fehlmenge bzw. dem dahinter stehenden Artikel sichergestellt. Daneben wird durch das Ausklammern der monetären Folgen multipler Fehlmengeneignisse (in Form mehrerer fehlender Artikel sowie mehrerer direkt von fehlendem Material betroffener Arbeitssysteme) eine der allgemeinen betrieblichen Anwendbarkeit zuträgliche Kom-

plexität bewahrt: Eine Berücksichtigung derartiger Szenarien würde die Abbildung zahlloser, unternehmensspezifischer Einflussfaktoren wie der Organisationsform der Produktion (z. B. Fließ- oder Werkstattproduktion) oder des Verkettungsgrads einzelner Arbeitssysteme (z. B. starr oder elastisch) erfordern. Eine eindeutige Zuordnung von Fehlmengenkosten zu einer bestimmten Fehlmenge würde hierdurch zu komplex. Die mittelbaren Ausstrahlungseffekte eines Fehlmengenereignisses an einem Arbeitssystem auf vor- und nachgelagerte Arbeitssysteme sollen jedoch berücksichtigt werden. So kann zum Beispiel das Abbrechen des Auftragsnachschiebs durch ein betroffenes Arbeitssystem Betriebsunterbrechungen in nachgeordneten Systemen verursachen. Dieser Sachverhalt wird in der Fehlmengenkostenfunktion berücksichtigt, da in diesem Fall das Paradigma einer eindeutigen Zuordnung der FMK zu einem Fehlmengenereignis bzw. Artikel aufrechterhalten werden kann.

Von den aufgezählten Annahmen ausgehend lassen sich einzelne, in einer Fehlmengenkostenfunktion abbildbare Fehlmengenkostenarten der Produktion quantifizieren. Diese lassen sich in Abhängigkeit von Fehldauer und -menge angeben. Dazu zählen Betriebsunterbrechungs-, Dispositions-, Kapitalbindungs-, Leer- sowie Losgrößenabweichungskosten. Die FMK eines betrachteten Fehlmengenereignisses setzen sich aus folgenden FMK-Arten zusammen:

$$K_{\text{fehl,ereig}} = K_{\text{unterbr}} + K_{\text{dispo}} + K_{\text{kap}} + K_{\text{leer}} + K_{\text{los,abw}} \quad (1)$$

mit

$K_{\text{fehl,ereig}}$ FMK durch Fehlmengenereignis [GE]

K_{unterbr} Betriebsunterbrechungskosten [GE]

K_{dispo} Dispositionskosten [GE]

K_{kap} Kapitalbindungskosten [GE]

K_{leer} Leerkosten [GE]

$K_{\text{los,abw}}$ Kosten der Losgrößenabweichung [GE]

Im Projekt sind als Ergebnis Formelzusammenhänge für die einzelnen FMK-Arten hergeleitet worden. Im Zuge einer überschaubaren Darstellung soll an dieser Stelle exemplarisch der Formelzusammenhang für die Betriebsunterbrechungskosten erläutert werden. Erläuterungen zu den anderen FMK-Arten finden sich im Anhang dieses Schlussberichts.

Betriebsunterbrechungskosten

Die in der nachfolgenden Gleichung aufgeführten Betriebsunterbrechungskosten setzen sich aus den einmaligen Kosten für die Stillsetzung und den Wiederanlauf eines Arbeitssystems sowie den laufenden Stillstandskosten zusammen. Die einmaligen Stillsetzungs- und Wiederanlaufkosten bestehen in erster Linie aus Rüstkosten in Form von Sachmittel- und Personalkosten (z. B. für Werkzeugwechsel und Reinigungsvorgänge). Während die Kosten für wartende Rohstoffe in den im Anhang beschriebenen Kapitalbindungskosten enthalten sind, umfassen die von der Dauer der Störung abhängigen laufenden Stillstandskosten die Leerkosten des stillgelegten Arbeitssystems (z. B. Wartungskosten oder kalkulatorische Abschreibungen). Die Betriebsunterbrechungskosten werden nicht nur für das unmittelbar betroffene Arbeitssystem in der Produktion berücksichtigt, sondern auch für zusätzliche Arbeitssysteme, wenn beispielsweise nachfolgende Arbeitssysteme auf Grund fehlenden Arbeitsbestands ebenfalls stillgelegt werden müssen.

$$K_{\text{unterbr}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{unterbr}}} (k_{\text{lf},i} \cdot t_{\text{unterbr},i} + K_{\text{sz},i} + K_{\text{wa},i}) \quad (2)$$

mit

i Index eines von n_{unterbr} von einer Betriebsunterbrechung betroffenen Arbeitssystemen ($i = 1, 2, \dots, n_{\text{unterbr}}$) [-]

$k_{\text{lf},i}$ Kostensatz für laufende Stillstandskosten an Arbeitssystem i [GE/ZE]

$K_{\text{sz},i}$ Einmalige Stillsetzungskosten für Betriebsunterbrechung an Arbeitssystem i [GE]

K_{unterbr} Betriebsunterbrechungskosten [GE]

$K_{\text{wa},i}$ Einmalige Wiederanlaufkosten nach Betriebsunterbrechung an Arbeitssystem i [GE]

n_{unterbr} Anzahl der von einer Betriebsunterbrechung betroffenen Arbeitssysteme [-]

$t_{\text{unterbr},i}$ Fehlmengenbedingte Betriebsunterbrechungsdauer an Arbeitssystem i [ZE]

Unter der getroffenen Annahme, dass ein Fehlmengenereignis und die damit einhergehenden Konsequenzen wie Betriebsunterbrechungen einer artikelbezogenen Fehlmenge zugeordnet werden können, lässt sich ein artikelspezifischer FMK-Satz pro Articleinheit angeben:

$$k_{\text{fehl, stck}} = \frac{K_{\text{fehl, ereig}}}{m_{\text{fehl}}} \quad (3)$$

mit

$k_{\text{fehl, stck}}$ FMK verursacht durch eine fehlende Artikeleinheit [GE/ME]

m_{fehl} Fehlmenge an Artikeleinheiten bei betrachtetem Fehlmengenereignis [ME]

Die Erfassung der in Folge fehlenden Materials in der Produktion entstehenden Kosten auf Basis der im Projekt für die einzelnen FMK-Arten aufgestellten Formelzusammenhänge ermöglicht kmU erstmals eine umfassende Quantifizierung des monetären Schadens durch fehlendes Material in der Produktion. Erfolgt eine kontinuierliche Bewertung auftretender Fehlmengenereignisse, so steht Unternehmen eine wichtige Grundlage für betriebliche Entscheidungen zur Verfügung, die es so in der Form bisher nicht gegeben hat. Außerdem stiften die Funktionen zur FMK-Berechnung kmU den Nutzen, die gewichtigsten Fehlmengenkostentreiber zu identifizieren und durch das Einleiten von Gegenmaßnahmen abzuschwächen, zum Beispiel durch eine Anpassung der Bevorratungshöhen häufig fehlender Artikel oder Veränderungen im Beschaffungs- und Bereitstellungsprozess. Daneben erlauben die Kenntnisse über Einflussgrößen auf FMK und die FMK-Funktionen, den Verlauf von FMK über den Servicegrad zu ermitteln. Dieser Aspekt ist Bestandteil von AP 4.

4.3 AP 3: Erstellung und Durchführung einer empirischen Studie zum Einfluss von Fehlmengenkosten

Ziel von AP 3 im Forschungsantrag ist auf Basis einer empirischen Studie den Einfluss und die Betrachtung von FMK in Unternehmen zu analysieren.

4.3.1 Empirische Studie

Zur Erreichung des genannten Ziels ist auf Basis der klassifizierten FMK-Arten und des Interviewleitfadens aus AP 1 sowie des Einflussgrößenkatalogs aus AP 2 ein Fragebogen erstellt worden. Dies umfasste die Schritte Detaillierung der Ergebniserwartungen, Identifikation von Themenbereichen und Zusammenstellung von Fragen. Die Verständlichkeit, Beantwortbarkeit der Fragen sowie ein angemessener Umfang wurde durch die Durchführung von Pretests bei den Projektpartnern sichergestellt. Zur Erreichbarkeit einer breiten Masse erfolgte die Aufbereitung des Fragebogens als internetgestützte Umfrage inkl. Datenbankschnittstelle (Java-basierte Software LimeSurvey).

Folgende Themenbereiche wurden für die empirische Studie festgelegt und entsprechende Fragen formuliert und ausgewählt:

- Einordnung befragte Unternehmen
- Bestehendes Bewusstsein für FMK
- Auswirkung von fehlendem Material im Unternehmen sowie Höhe von Logistik- und Fehlmengenkosten
- Einflussfaktoren auf FMK
- Ermittlung von FMK
- Bedeutung der Beschaffung
- Festlegung des Servicegrads
- Verfolgung von Maßnahmen zur Vermeidung von FMK

Die eigentliche Befragung ist zum einen branchenübergreifend mit direkten Firmenkontakten der Forschungsstelle (ausführlicher Fragebogen, branchenübergreifend zur Sicherung der Allgemeingültigkeit und Verschaffen eines vertieften Einblicks, 25 befragte Unternehmen, Rückläuferquote von 23 % bei 112 kontaktierten Unternehmen) durchgeführt worden. Zum anderen erfolgte eine branchenspezifische Befragung über den E-Mail-Verteiler des VDMA-Forschungsfonds Fluidtechnik. Auch ist eine direkte Befragung im Rahmen einer VDMA-Veranstaltung durchgeführt worden sowie die Internetumfrage weiterer zusätzlich gewonnener Teilnehmer erfolgt (kompakter Fragebogen, branchenspezifisch, 14 befragte Unternehmen, Rückläuferquote von 7 % bei ca. 200 kontaktierten Unternehmen). Die Ergebnisse der Umfrage sind einer statistischen Analyse unterzogen worden. Die Resultate der empirischen Studie wurden in Form von Diagrammen und Tabellen ausführlich dokumentiert. Als Ergeb-

nis steht eine empirische Studie zur Verfügung, die einen umfassenden Einblick zum Thema FMK in der Praxis gibt. Nachfolgend werden ausgewählte Erkenntnisse aus der empirischen Studie skizziert.

4.3.2 Betrachtung von FMK in der Praxis und Auswirkungen von fehlendem Material

Ein Bewusstsein für FMK als betriebswirtschaftlich relevanter Aspekt ist in der Praxis ausgeprägt. Der Reduktion von Fehlmengenereignissen und deren Umfängen wird eine hohe Bedeutung bei der Erhöhung der Produktionsauslastung und der Termintreue gegenüber dem Kunden beigemessen. Werden die Lager-, Beschaffungs- und Fehlmengenkosten als ein Kostenblock aufgefasst, so nehmen nach Einschätzung der Studienteilnehmer FMK im Mittel einen Anteil von 24 % und Lager- sowie Beschaffungskosten einen Anteil von 37 % bzw. 39 % an diesem Block ein.

Der große Umfang von FMK unterstreicht die hohe praktische Relevanz, FMK zu quantifizieren, um diese bei betriebswirtschaftlichen Entscheidungen (z. B. im Bestandsmanagement) berücksichtigen zu können. In den Unternehmen werden zwar einzelne Maßnahmen zur Vorbeugung von Fehlmengenereignissen verfolgt, eine umfassende Ermittlung von FMK findet jedoch nicht statt.

Die Befragten gaben an, dass im Mittel 33 % aller FMK ihrer Meinung nach in der Produktion auftreten. Die Beschaffung und der Vertrieb wurden im Mittel mit einem Auftreten von 22 % sowie 21 % der FMK als weitere Bereiche genannt. Dieses Ergebnis bestätigt, dass der gewählte Fokus des Entscheidungsmodells an der Schnittstelle von Beschaffung und Produktion einen vielversprechenden Ansatzpunkt darstellt.

Bemerkenswert ist, dass bei 34 % der befragten Unternehmen im Hydraulikbereich mehrmals am Tag Material fehlt. In der Branche sorgt bei 25 % aller Unternehmen fehlendes Material für eine Verlängerung der Auftragsdurchlaufzeiten in der Produktion von 10 bis 25 %. Dies hat erhebliche Auswirkungen auf Lieferzeiten und die Termintreue gegenüber Kunden.

Fehlt Material in der Produktion, so kann es zu Produktionsstillständen kommen. Bei den branchenübergreifend Befragten treten hierbei die im oberen Teil von Bild 7 dargestellten Auswirkungen auf Produktionsfaktoren ein (differenziert nach durchschnittlichen Auswirkungen pro Fehlmengenereignis und den stärksten beobachteten Auswirkungen). Daneben bindet die Fehlteilsuche Mitarbeiterkapazitäten. Im unteren Teil von Bild 7 sind Zeitaufwände verschiedener Stellen im Unternehmen für die Fehlteilsuche angegeben (branchenübergreifende Umfrage).

Ein Produktionsstillstand in Folge von fehlendem Material betrifft Produktionsfaktoren im folgenden Umfang:

	Anzahl betroffene Mitarbeiter [MA]		Anzahl betroffene, fest installierte Maschinen [Stck.]		Dauer der Störung [min]		I. d. R. kein Stillstand, aber Auslieferungsverzögerung [Tage]	
	Durchschnittliche Auswirkung	Höchste beobachtete Auswirkung	Durchschnittliche Auswirkung	Höchste beobachtete Auswirkung	Durchschnittliche Auswirkung	Höchste beobachtete Auswirkung	Durchschnittliche Auswirkung	Höchste beobachtete Auswirkung
Anzahl	22	19	22	18	18	19	22	21
Standard Abweichung	12,04	113,45	10,24	10,59	259,38	733,96	3,3	7,55
Durchschnitt	8,36	61,16	5,32	8,83	295,56	497,37	3,91	9,29
Minimum	0	1	0	1	0	1	0	0
1ter Viertelwert (Q1 unteres Quartil)	2	6	1	2	60	6	2	4
2ter Viertelwert (Mittleres Quartil)	4	10	1	4	180	100	3	5
3ter Viertelwert (Q3 Oberes Quartil)	7	40	3,5	10,75	480	800	5	15
Maximum	52	423	42	40	900	2880	14	28

Durchschnittlicher Zeitaufwand der verschiedenen Mitarbeiter in einem repräsentativen Bereich für die Teilesuche bei fehlendem Material:

	Abteilungsleiter [min]	Meister [min]	Vorarbeiter [min]	Monteur [min]	Sonstige Mitarbeiter [min]
Anzahl	23	24	23	21	22
Standard Abweichung	29,26	56,86	63,32	48,81	90,03
Durchschnitt	21,96	42,71	49,35	26,9	51,82
Minimum	0	0	0	0	5
1ter Viertelwert (Q1 unteres Quartil)	5	11,25	20	7,5	13,75
Medianwert	10	30	30	15	20
3ter Viertelwert (Q3 Oberes Quartil)	30	37,5	40	30	60
Maximum	120	240	240	240	400

Bild 7: Branchenübergreifende Umfrage - Auswirkungen von fehlendem Material

Wird fehlendes Material in einer Eilbeschaffung nachbeschafft, entsteht für den Beschaffungsvorgang im Schnitt ein 36 Minuten höherer Zeitaufwand im Vergleich zu einer normalen Beschaffung (branchenübergreifend). In den branchenübergreifend befragten Unternehmen sind 6 % aller Beschaffungen Eilbeschaffungen. Insgesamt lässt sich festhalten, dass fehlendes Material erhebliche Einschränkungen in der Produktivität sowie Zusatzaufwand verursacht, der sich in Form hoher Kosten niederschlägt.

4.3.3 Einflussfaktoren und FMK-Ermittlung

Hinter der Entstehung von FMK stecken eine Menge Einflussfaktoren. Branchenübergreifend geben 77 % der Befragten an, dass Unzuverlässigkeit von Lieferanten in Form von Termin- und Mengenabweichungen häufig bis sehr häufig die Ursache von Fehlmengen ist. Bei 56 % der branchenübergreifend Befragten ist die Vorlaufzeit, mit der Bedarfe bekannt gegeben werden, nicht ausreichend für die Durchführung der Beschaffung und somit ursächlich für Fehlmengenereignisse. Weitere Ursachen sind Kapazitätsengpässe in der eigenen Fertigung, Lagerbestandsabweichungen

gen, Bereitstellungs-, Stücklisten-, Beschaffungs- sowie Kommissionierfehler. In der Hydraulikbranche sind zu 88 % unzuverlässige Lieferanten häufig bis sehr häufig die wesentliche Ursache für Fehlmengenereignisse. Neben zu kurzen Beschaffungsvorlaufzeiten sind auch Verzögerungen bei extern vergebenen Arbeitsschritten in der Fertigung eine häufige Ursache für Fehlmengen. Dies unterstreicht die Wichtigkeit einer guten Abstimmung mit Lieferanten und insbesondere Lohnfertigern. Für die branchenspezifische Umfrage zeigt Bild 8 die wesentlichen genannten Ursachen für FMK auf:

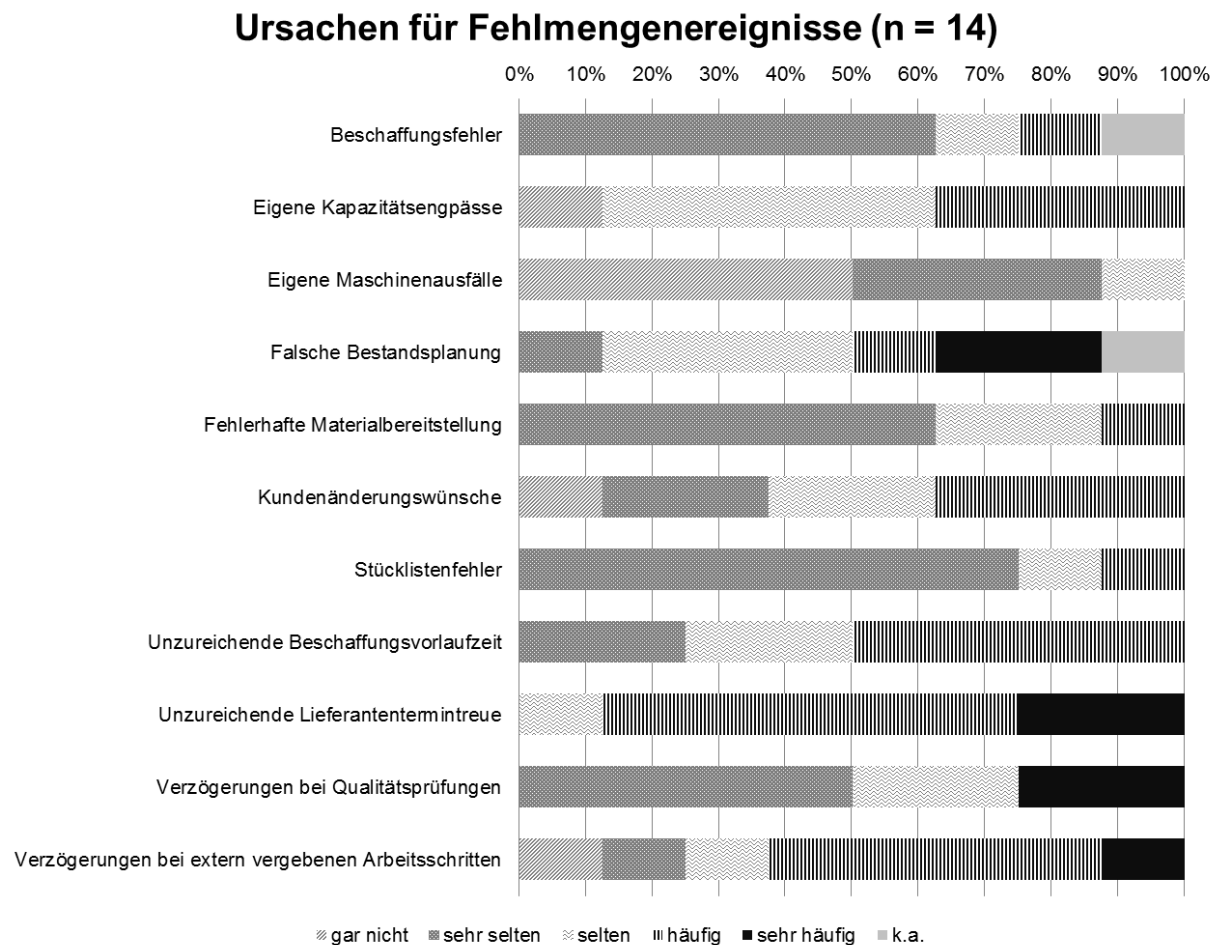


Bild 8: Branchenspezifische Umfrage (Hydraulikbranche) - Ursachen für FMK-Entstehung

Treten Planabweichungen auf Lieferanten- und Nachfragerseite auf, handelt es sich branchenübergreifend im Mittel zu 34 % um Terminabweichungen von Lieferanten und zu 17 % um schwankende Bedarfe in der Produktion. Eine untergeordnete Rolle spielen Mengenabweichungen der Lieferanten.

Neben den Ursachen ist in der empirischen Studie auch untersucht worden, welche der in AP 1 identifizierten FMK-Arten nach Meinung der Befragten bei der Ermittlung von FMK zu berücksichtigen sind. Bild 9 zeigt die Ergebnisse der branchenübergreifenden Befragung.

Die häufigsten genannten FMK-Arten in der branchenübergreifenden Befragung waren Produktionsunterbrechungskosten (z. B. in Folge von Rüst- oder Stilllegungskosten; 87 % Nennungen), Transportkosten (z. B. in Folge von Sonderfahrten; 87 % Nennungen), Personalkosten (ohne Dispositionskosten; z. B. in Folge Materialsuche; 83 % Nennungen) und Eilbeschaffungskosten (z. B. erhöhte Einstandspreise; 83 % Nennungen). Daneben sind Dispositionskosten (z. B. Auftragsumplanungen; 70 % Nennungen), Leerkosten (z. B. Maschinenfixkosten; 35 % Nennungen) und Kapitalbindungskosten (z. B. in Folge anderer liegender Teile; 30 % Nennungen) als bei der FMK-Ermittlung zu berücksichtigende FMK-Arten angegeben worden. In der Hydraulikbranche ergibt sich ein ähnliches Bild, wobei hier Kapitalbindungskosten mit 73 % Nennungen weiter vorne rangieren. Dies lässt sich durch die häufig hohen Teilwerte in dieser Branche begründen und verleiht dem Sachverhalt Nachdruck, Kapitalbindungskosten im Entscheidungsmodell bzw. im Rahmen weiterer wissenschaftlicher Betrachtungen zu berücksichtigen.

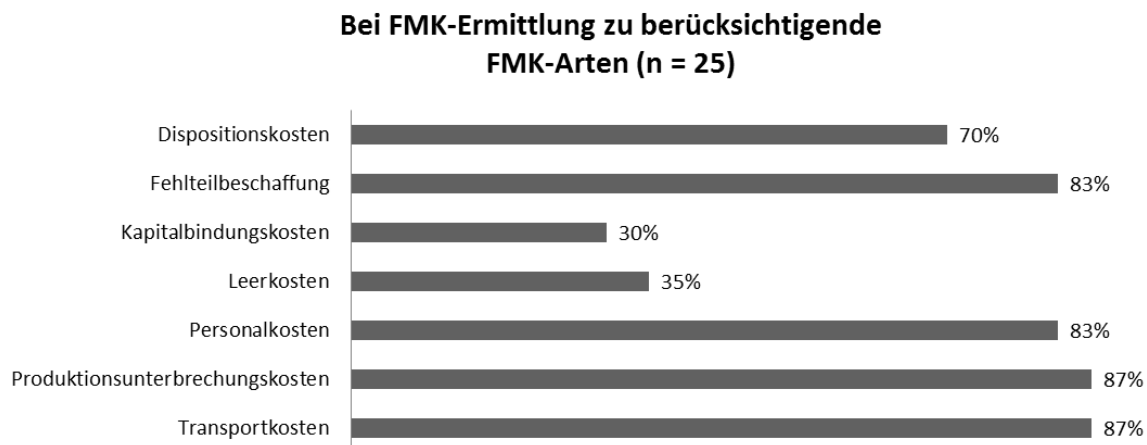


Bild 9: Branchenübergreifende Umfrage - bei FMK-Ermittlung zu berücksichtigende FMK-Arten

4.3.4 Bedeutung der Beschaffung und Servicegrad-Festlegung

Im Rahmen des branchenübergreifenden, vertieften Teils der empirischen Studie ist ebenfalls die Bedeutung der Beschaffung im Kontext von Fehlmengen und FMK untersucht worden. Die Abstimmung von Beschaffung und Produktion bildet einen Schlüsselfaktor bei der Entstehung von Fehlmengen und FMK. Daher ist sie auch wesentlicher Betrachtungsgegenstand des Vorhabens. Die Unternehmen wurden u. a. befragt, ob die Vorlaufzeit, mit der Bedarfe in Einkauf und Materialwirtschaft bekannt gegeben werden, ausreichend für eine pünktliche und vollständige Bereitstellung zum Bedarfszeitpunkt ist. 46 % der Befragten gaben hier an, dass eine zusätzliche Vorlaufzeit von ein bis vier Wochen für eine bedarfsgerechte Bereitstellung in der Produktion erforderlich ist. Bemerkenswert ist, dass die Angaben mit 15 Tagen Standardabweichung und einem Mittelwert von 14 Tagen relativ stark schwanken und eher den Charakter von Schätzungen aufweisen. Dieses Ergebnis deutet auf die Bedeutung einer ausreichend dimensionierten Vorlaufzeit im Spannungsfeld pünktlicher Bereitstellung und unnötiger Pufferbestände hin.

Da der Servicegrad im Vorhaben die zentrale Kennzahl darstellt, über welche Lagerstufen und Produktion gekoppelt werden sollen, sind die Unternehmen zu diesem Aspekt ebenfalls befragt worden. Gegenstand der Fragen war, wie hoch der realisierte Servicegrad im Schnitt ist, welche Unternehmensfunktion diesen festlegt und welche Faktoren bei der Bestimmung des Servicegrads berücksichtigt werden sollten. Bei 26 % der Unternehmen ist der Servicegrad als Kennzahl zur Messung der logistischen Leistungsfähigkeit eines Lagers bei der Bereitstellung einzelner Artikel nicht etabliert und kann daher auch nicht angegeben werden. Bei 47 % der Unternehmen wird im Schnitt ein Servicegrad von 71 bis 90 % pro Artikel realisiert. Vor dem Hintergrund hoher Fehlmengenkosten erscheint dieser Wert recht niedrig. Bemerkenswert ist die starke Streuung der Antworten mit einer Standardabweichung von 12,7 % auch bei Unternehmen der gleichen Branche. Die Wichtigkeit entscheidungsunterstützender Instrumente für die Servicegrad-Bestimmung wird durch diese Erkenntnisse noch weiter hervorgehoben. Daneben sind die Unternehmen nach Kostenaspekten gefragt worden, die bei der Festlegung des Servicegrads berücksichtigt werden sollten. Von 48 % der Befragten wurden Beschaffungs- und Lagerkosten als die wichtigste Größen genannt und 14 % nannten FMK. Hier ist ein wesentlich geringerer Wert für FMK erwartet worden. Dies deutet darauf hin, dass FMK in der betrieblichen Praxis ein nicht unerhebliches Ausmaß annehmen. Der Servicegrad für Artikel im Versorgungslager für die Produktion wird in den Unternehmen im Wesentlichen durch Materialwirtschaft (15 %), Produktion (33 %) und durch bereichsübergreifende Führungspositionen (43 %) festgelegt.

4.3.5 Verfolgte Maßnahmen zur Vermeidung von FMK

Ein Großteil der Befragten gab die Einschätzung ab, dass sich 26 bis 50 % der FMK in den Unternehmen durch geeignete Anpassungsmaßnahmen vermeiden lassen. Dies verdeutlicht das hohe Potenzial eines systematischen Fehlteilmanagements für den Unternehmenserfolg.

Auf die Frage hin, welche Maßnahmen zur Vermeidung von FMK in den Unternehmen praktiziert werden, nannte die Hälfte der branchenübergreifend Befragten die Thematisierung von Fehlteilen in Besprechungen als Maßnahme. Ein Drittel setzt außerdem Fehlteillisten zur gezielten Nachverfolgung von Fehlteilen und als Grundlage für das Umplanen von Aufträgen. Eine Auftragsfreigabe erst bei Verfügbarkeit aller Artikel wird in lediglich 21 % der Unternehmen verfolgt. Hierdurch wird die Wichtigkeit der Berücksichtigung der Auswirkung von Fehlmengen direkt in der Produktion nach der Auftragsfreigabe aus der Praxis bestätigt. Im Bereich der Hydraulikbranche sind Fehlteillisten aufgrund der hohen Produktkomplexität bei hydraulischen Anlagen noch stärker verbreitet. Bild 10 zeigt die speziell in dieser Branche verfolgten Gegenmaßnahmen auf:

Verfolgte Maßnahmen zur FMK-Vermeidung (n = 14)

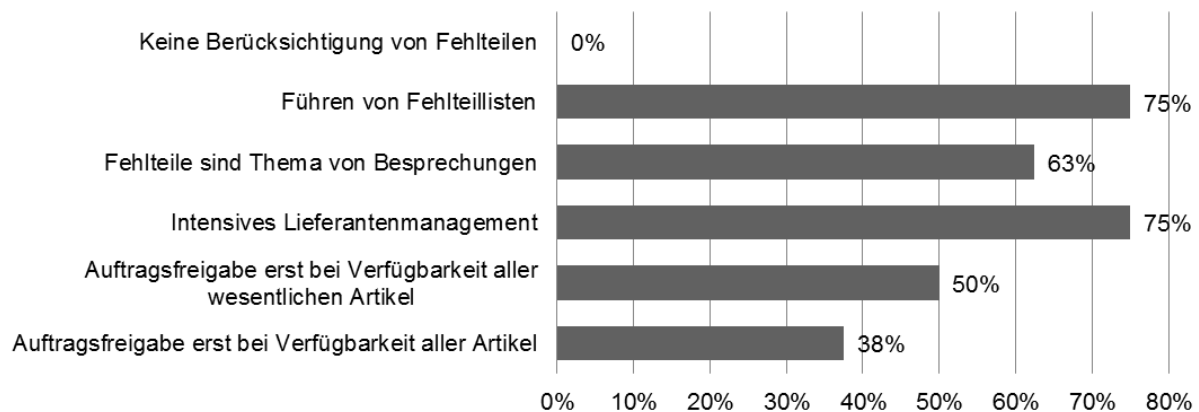


Bild 10: Branchenspezifische Umfrage (Hydraulikbranche) - Maßnahmen zur FMK-Vermeidung

4.3.6 Implikationen für die Methodenentwicklung

Ein wichtiges Ergebnis der Studie ist, dass die in AP 2 als relevant identifizierten FMK-Arten auch aus Praxissicht als entscheidungsrelevant erachtet werden. Somit wird die Verwendung der aufgestellten Quantifizierungsfunktionen für FMK-Arten bestätigt und beeinflusst die Gestaltung des Entscheidungsmodells. Die erheblichen Auswirkungen von fehlendem Material in der Produktion in Verbindung mit eher geringen Servicegraden des Versorgungslagers deuten auf eine unzureichende Abstimmung hin, welche durch die Berücksichtigung von FMK bei der Servicegrad-Festlegung behoben werden kann. Die vergleichsweise schwache Etablierung von Maßnahmen zur FMK-Vermeidung bestätigt den Maßnahmenteil aus dem Handlungsleitfaden zur FMK-Senkung und deutet auf zu berücksichtigende Richtungen neben Auftragsfreigabe und Kommunikation hin, z. B. die Realisierung von Möglichkeiten für schnelle Umplanungen von Aufträgen.

Für kmU ergibt sich aus den Ergebnissen der empirischen Studie zum einen die Möglichkeit ihrer Selbsteinschätzung in Bezug auf FMK. Viele der Projektpartner konnten aus persönlichen Erfahrungen im Unternehmen die Ergebnisse der Studie bestätigen. Zum anderen wird durch die Berücksichtigung der Erkenntnisse aus der Studie durch das Setzen gezielter Schwerpunkte in der Methodenentwicklung (z. B. zu berücksichtigende FMK-Arten im Entscheidungsmodell) ein hoher praktischer Nutzen ermöglicht.

4.4 AP 4: Entscheidungsmodell zur logistikeffizienten Positionierung der Beschaffung und Produktion

Für AP 4 nennt der Forschungsantrag als verfolgtes Ziel die Herleitung einer servicegradabhängigen FMK-Funktion, deren Zusammenführung mit den servicegradabhängigen Kostenfunktionen für Lager- und Beschaffungskosten eine servicegradabhängige Funktion der Logistikkosten ergeben soll. Auf dieser Basis soll die Entwicklung eines Entscheidungsmodells zur Positionierung beim logistikkostenminima-

len Servicegrad sowie die Abbildung des Entscheidungsmodells in Form eines Software-Demonstrators erfolgen.

4.4.1 Methodische Grundlage

Für die Entwicklung der servicegradabhängigen FMK- sowie Lagerkosten- und Beschaffungskosten-Funktionen galt es, eine geeignete methodische Grundlage zu identifizieren. Folgende Anforderungen an eine modelltheoretische Grundlage haben sich während der Bearbeitung der vorhergehenden AP konkretisiert, um die im Forschungsantrag geschilderten Anforderungen an das Entscheidungsmodell zu erfüllen:

- Stetige Abbildung des Zusammenhangs zwischen mittlerem Lagerbestand und realisierbaren Servicegrad
- Zusammenhang zwischen Servicegrad und Fehlmenge eines Artikels
- Zusammenhang zwischen mittlerem Lagerbestand / Servicegrad und mittlerer Fehlzeit eines fehlenden Artikels

Ausgewählt worden ist die von LUTZ [Lut02] entwickelte Servicegrad-Kennlinie als geeigneter Ansatz, da sie die zuvor genannten Anforderungen erfüllt. Bild 11 gibt einen Überblick über die Eigenschaften der Servicegradkennlinie, welche den Zusammenhang zwischen angestrebtem Servicegrad und hierfür erforderlichem mittlerem Lagerbestand angibt. Der Servicegradkennlinie liegt folgender Formelzusammenhang zugrunde:

$$BL_m(SG_g) = \frac{X_{zu,m}}{2} \cdot SG_g^2 + SB \cdot \sqrt{1 - (1 - SG_g)^C} \quad (4)$$

mit

BL_m	Mittlerer Lagerbestand [ME]
C	Stärke von Planabweichungen widerspiegelnder C-Wert-Parameter [0;1]
SB	Sicherheitsbestand gegen Panabweichungen [ME] (siehe Abschnitt 4.2.1)
$X_{zu,m}$	Mittlere Beschaffungslosgröße [ME]

Neben der Servicegradkennlinie ist zur modellgestützten Abschätzung der Fehlzeit fehlender Artikeleinheiten auch die Lieferverzugskennlinie nach GLÄßNER [Glä95] zum Einsatz im Entscheidungsmodell ausgewählt worden, welche den Zusammenhang zwischen mittlerem Lagerbestand und mittlerem Lieferverzug herstellt. Genutzt worden ist eine Erweiterung dieses logistischen Modells zur Kennlinie des mittleren Lieferverzug der verspäteten Teile nach LUTZ [Lut02], welche ebenfalls in Bild 11

dargestellt ist. Diese Erweiterung gibt den Zusammenhang zwischen mittlerem Lagerbestand und dem mittleren Lieferverzug (d. h., um welche Zeit ein dem Lager entnommenes Teil im Mittel verspätet ist) der fehlenden Teile an, anstatt die mittlere Fehlzeit auf alle aus dem Lager entnommenen Teile zu beziehen. Der Formelzusammenhang lautet:

$$LV_m = \frac{\frac{BL_1}{BR_m} \cdot \sqrt[.C]{1 - \left(\frac{BL_m}{BL_1}\right)^C}}{1 - SG_q} \quad (5)$$

mit

BL_1	Praktisch minimaler Grenzbestand zur Absicherung gegen Planabweichungen (halbe Beschaffungslosgröße und Sicherheitsbestand) [ME]
--------	--

 $LV_{v,m}$ Mittlerer Lieferverzug der verspäteten Teile [ZE]

Der Grund der Wahl von Lagerkennlinien, zu denen Servicegrad- und Lieferverzugs-kennlinie zählen, ist die stetige Beschreibbarkeit der dargelegten Zusammenhänge. Diese ist auf Basis anderer logistischer Modelle bisher nicht möglich.

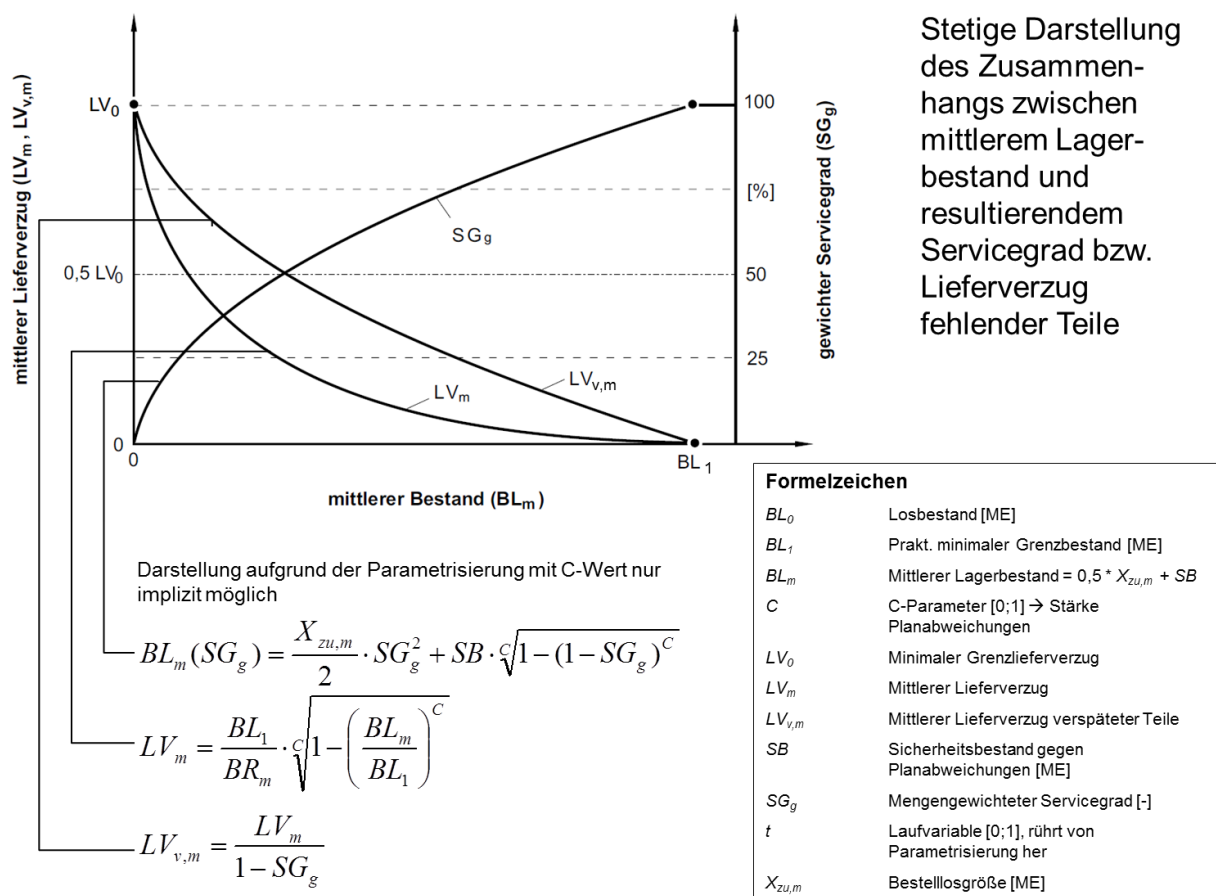


Bild 11: Übersicht über die Servicegradkennlinie (Quelle: in Anlehnung an [Lut02])

Die Abwägung der in untenstehender Tabelle aufgeführten Vor- und Nachteile hat zum Einsatz der Servicegrad-Kennlinie im Entscheidungsmodell geführt:

Tabelle 1: Übersicht über die Vor- und Nachteile der Servicegradkennlinie (Quelle: eigene Darstellung nach [Ind08, Ind07a, Ind07b])

Vorteile	Nachteile
• Unkompliziertes Werkzeug für praktischen Einsatz • Darstellung einer geschlossenen Kennlinie bei anderen Konzepten wie Lagerhaltungstheorie nur in seltenen Fällen möglich • Kaum praktikable Alternativen • Ingenieurmäßiger bzw. empirischer Ansatz für einfache, funktionale Wiedergabe • Anpassbarkeit an verschiedene Arten von Planabweichungen (Wahrscheinlichkeitsverteilungen) über C-Wert • Einbettung sinnvoller Ober- und Untergrenzen der Planabweichungen stark an betrieblicher Praxis orientiert • Grenzpunkte der Kurve werden auch bei starken Planabweichungen richtig getroffen • Hohe Approximationsgüte der Kurve bei korrekter C-Wert-Wahl • Anwendbarkeit auch bei mangelnder Datenbasis und komplexen Problemzusammenhängen	• Quadratwurzelsatz für den Sicherheitsbestand basiert auf Annahme stochastischer Unabhängigkeit der Planabweichungen, was in der Realität evtl. nicht gegeben sein kann • Ermittlung der Grenzpunkte evtl. problematisch, da bei unendlichem Wertebereich von Störgrößen endliche und evtl. willkürliche Fixierung notwendig • Verlauf der C-Norm-Funktion spiegelt stochastische Gesetzmäßigkeiten der zugrunde liegenden Verteilung nur bedingt wider • Symmetrie-Eigenschaft der C-Norm-Funktion schränkt Parametrisierbarkeit ein • C-Wert spiegelt zwar Varianz der Störgrößen wider, nicht jedoch Schiefe, daher bei linksschiefen Verteilungen große Abweichungen möglich • C-Wert-Bestimmung problematisch • Nur bedingte Abbildung spezifischer Wahrscheinlichkeitsinformationen und Dispositionsregeln • Nur Abbildung einstufiger Lagerhaltungssysteme

4.4.2 Servicegradabhängige FMK-Funktion

Das erste Ergebnis von AP IV bildet eine servicegradabhängige FMK-Funktion. Der Zusammenhang zwischen einem gewählten Servicegrad und den resultierenden Fehlmengenkosten einer Bezugsperiode wird auf folgende Weise hergestellt: Für einen gewählten Servicegrad wird berechnet, welche zu erwartende Fehlmenge auftritt. Die Periodenfehlmengende berechnet sich als der Anteil der Periodennachfrage, der aufgrund von Planabweichungen nicht bedient werden konnte, nach:

$$M_{\text{fehl, per}}(SG_g) = BR_m \cdot T \cdot (1 - SG_g) \quad (6)$$

mit

BR_m Mittlere Bedarfsrate [ME/ZE]

$M_{\text{fehl, per}}(SG_g)$ Periodenfehlmengende für Artikel [ME]

T Länge Betrachtungsperiode [ZE]

Die Fehlmenge wird nun entweder mit dem nach Gleichung (3) empirisch ermittelten FMK-Satz pro fehlender Artikeleinheit multipliziert oder modellgestützt abgeschätzt.

Der empirische Fehlmengenkostensatz kann als gleitender Durchschnitt aus der Analyse der Auswirkungen von Fehlmengenerenissen im Unternehmen gewonnen werden. Der empirisch ermittelte FMK-Satz ist umso genauer, desto mehr Fehlmengenerenisse analysiert worden sind. Der in diesem AP entwickelte Software-Demonstrator hält eine entsprechende Funktionalität bereit. Für die empirisch fundierte servicegradabhängige FMK-Funktion resultiert ein linearer Verlauf der FMK über dem Servicegrad. Die Wirkung betrieblicher Einflussgrößen wie die Entnahmelosgröße des entsprechenden Artikels aus dem Lager oder der Umfang des eingesetzten Personals fließen durch die empirische Erfassung unmittelbar in den FMK-Satz ein.

Für die empirisch fundierte servicegradabhängige FMK-Funktion für einen Lagerartikel ergibt sich folgender Ausdruck:

$$K_{Fehl,emp}(SG_g) = M_{fehl,per}(SG_g) \cdot k_{fehl,stck} \quad (7)$$

mit

$k_{fehl,stck}$ FMK verursacht pro fehlende Artikeleinheit [GE/ME]

$K_{Fehl,emp}(SG_g)$ Gesamte empirisch ermittelte FMK für Artikel in Betrachtungsperiode [GE]

Sollen Eilbeschaffungskosten berücksichtigt werden, lässt sich der Ausdruck folgendermaßen erweitern:

$$K_{Fehl,emp}(SG_g) = M_{fehl,per}(SG_g) \cdot (1 - a_{Eil}) \cdot k_{fehl,stck} + a_{Eil} \cdot k_{Eil} \quad (8)$$

mit

a_{Eil} Eilbeschaffungsanteil an der Gesamtbedarfsmenge einer Betrachtungsperiode [%]

k_{Eil} Durchschnittliche Eilbeschaffungskosten pro eilbeschaffter Artikeleinheit [GE/ME]

Der Eilbeschaffungsanteil gibt an, welcher Anteil der Fehlmenge einer Betrachtungsperiode per Eilbeschaffung (z. B. Expresslieferanten) zur Vermeidung eines Fehlmengenerenisses beschafft wird.

Vorteil des beschriebenen Ansatzes der empirischen FMK-Erfassung ist ein getrenntes Ausweisen einzelner FMK-Arten und ein hoher Unternehmensbezug. Die detaillierte FMK-Auswertung zeigt Ansatzpunkte für Gegenmaßnahmen auf (wie sie auch der Handlungsleitfaden in AP 5 verfolgt). Nachteil ist der vergleichsweise hohe Aufwand bei der FMK-Erfassung, der nicht in allen kmU geleistet werden kann.

Aus diesem Grund ist der modellgestützte Ansatz für eine servicegradabhängige FMK-Funktion entwickelt worden. Bei dieser Abschätzung, welche auf dem logistischen Modell der Lieferverzugs Kennlinie der verspäteten Teile aufbaut, wird die Periodenfehlmenge durch eine durchschnittliche Entnahmelosgröße des betrachteten Artikels dividiert.

$$n_{\text{fehl}}(SG_g) = \frac{M_{\text{fehl,per}}(SG_g)}{X_{\text{ab,m}}} \quad (9)$$

mit

n_{fehl} Anzahl Fehlmengenereignisse pro Betrachtungsperiode [-]

$X_{\text{ab,m}}$ Durchschnittliche Artikelentnahmelosgröße [ME]

Auf diese Weise kann die Anzahl an Fehlmengenereignissen pro Bezugsperiode abgeschätzt werden, welche mit den Kosten eines unternehmenstypischen Referenz-Fehlmengenereignisses (an einem typischen Arbeitssystem) multipliziert werden. Zur Berechnung der FMK des Referenzfehlmengenereignisses wird der Formelzusammenhang aus AP 2 herangezogen und unternehmensspezifisch durch Nullsetzen einzelner Werte angepasst. Der modellgestützte Ansatz geht von ähnlichen Rahmenbedingungen wie der empirische Ansatz aus, jedoch wird die Annahme zugrunde gelegt, dass ein Entnahmelos eines fehlenden Artikels ursächlich für ein Fehlmengenereignis ist. Grundlegende Eingangsgrößen sind neben der Periodenfehlmenge die durchschnittliche Fehlzeit. Diese beiden Größen werden auf Basis der Servicegrad- sowie Lieferverzugs Kennlinie der verspäteten Teile nach LUTZ bzw. NYHUIS [Lut02, Nyh03] abgeschätzt. Folgender Zusammenhang ergibt sich für die modellgestützte Abschätzung von FMK:

$$K_{\text{Fehl,mod}}(SG_g) = n_{\text{fehl}}(SG_g) \cdot (t_{\text{leer}} \cdot (k_{\text{masch}} + n_{\text{perso}} \cdot k_{\text{perso}}) + t_{\text{unterbr}} \cdot k_{\text{lfd}} + K_{\text{sz}} + K_{\text{WA}} + K_{\text{rüst}} \cdot m_{\text{abw}} + t_{\text{dispo}} \cdot k_{\text{perso}} + w_{\text{auftr}} \cdot LV_{\text{v,m}}(SG_g) \cdot \frac{1}{365} \cdot z_{\text{kap}}) \quad (10)$$

mit

k_{lfd} Durchschnittlicher Kostensatz für laufende Stillstandskosten am Arbeitssystem [GE/ZE]

K_{sz}	Durchschnittliche einmalige Stillsetzungskosten für Betriebsunterbrechung an Arbeitssystem [GE]
K_{wa}	Durchschnittliche einmalige Wiederanlaufkosten nach Betriebsunterbrechung an Arbeitssystem [GE]
$t_{unterbr}$	Durchschnittliche fehlmengenbedingte Betriebsunterbrechungsdauer (Betriebsbereitschaft wird nicht aufrecht erhalten) am Arbeitssystem [ZE]
$K_{Fehl,mod}$	Fehlmengenkosten im Betrachtungszeitraum ermittelt mit modellgestütztem Ansatz
k_{perso}	Personalkostensatz [GE/ZE]
t_{dispo}	Durchschnittliche kumulierte Dispositionszeit für typisches Fehlmengenergeignis [ZE]
w_{auftr}	Durchschnittlicher kumulierter Wert der bei einem Fehlmengenergeignis ungeplant wartenden Aufträge [GE]
z_{kap}	Auf Bezugsperiode ein Jahr normierter Kapitalbindungssatz in Dezimaldarstellung
k_{masch}	Durchschnittlicher Maschinenstundensatz des Arbeitssystems [GE/ZE]
n_{fehl}	Durchschnittliche Anzahl Fehlmengenergeignisse pro Betrachtungszeitraum [-]
n_{perso}	Durchschnittliche Mitarbeiteranzahl am Arbeitssystem [-]
t_{leer}	Durchschnittliche fehlmengenbedingte Leerlaufzeit am Arbeitssystem (Betriebsbereitschaft wird aufrecht erhalten) [ZE]
$K_{rüst}$	Durchschnittliche Losfixe Rüstkosten (Auf- und Abrüsten) [GE]
m_{abw}	Durchschnittliche prozentuale Losgrößenabweichung durch Fehlmengenergeignis in Dezimaldarstellung
$LV_{v,m}$	Mittlerer Lieferverzug der verspäteten Teile [ZE]

Dem Ausdruck liegt die Annahme zugrunde, dass ein typisches Fehlmengenergeignis auftritt, dass sich durch einen ähnlichen Ablauf auszeichnet. In der modellgestützten Abschätzung können Leerkosten von Maschinen und Personal, Produktionsunterbrechungskosten, Losgrößenabweichungskosten sowie Dispositionskosten ange-

nommen werden. Außerdem werden Kapitalbindungskosten für das liegende Material berücksichtigt. Die Dauer der Kapitalbindung durch wartendes Material wird durch die Fehlzeit (angenähert durch den Lieferverzug der verspäteten Teile für den erforderlichen mittleren Lagerbestand, der für den betrachteten Servicegrad vorliegt) determiniert. Durch Nullsetzen einzelner Größen kann die modellgestützte FMK-Funktion an die tatsächlichen Gegebenheiten angepasst werden. Weiterhin wird angenommen, dass für die betrachteten Artikel im Betrachtungszeitraum eine Gesamtfehlmenge auftritt, die sich durch die typische Entnahmelosgröße dividieren lässt, um die Anzahl der Fehlmengenereignisse im Betrachtungszeitraum zu erhalten. Wird diese Anzahl an Ereignissen nun mit den Kosten pro Fehlmengenereignis multipliziert, so ergeben sich die gesamten FMK für den Betrachtungszeitraum. Für die modellgestützte FMK-Funktion resultiert ein hyperbolischer Verlauf (vgl. Bild 12).

Ein Vergleich der beiden Ansätze (empirisch fundierte und modellgestützte servicegradabhängige FMK-Funktion) zeigt, dass diese bei Betrachtung identischer Fehlmengenereignisse Ergebnisse liefern, deren Abweichungen in einem vertretbaren Rahmen liegen. Daher ist die Variante mit der empirischen Ermittlung als ein brauchbarer Ansatz anzusehen: Die Verläufe der linearen Trendgerade der servicegradabhängigen modellgestützten FMK-Funktion und der empirischen Funktionsvariante besitzen einen ähnlichen Verlauf.

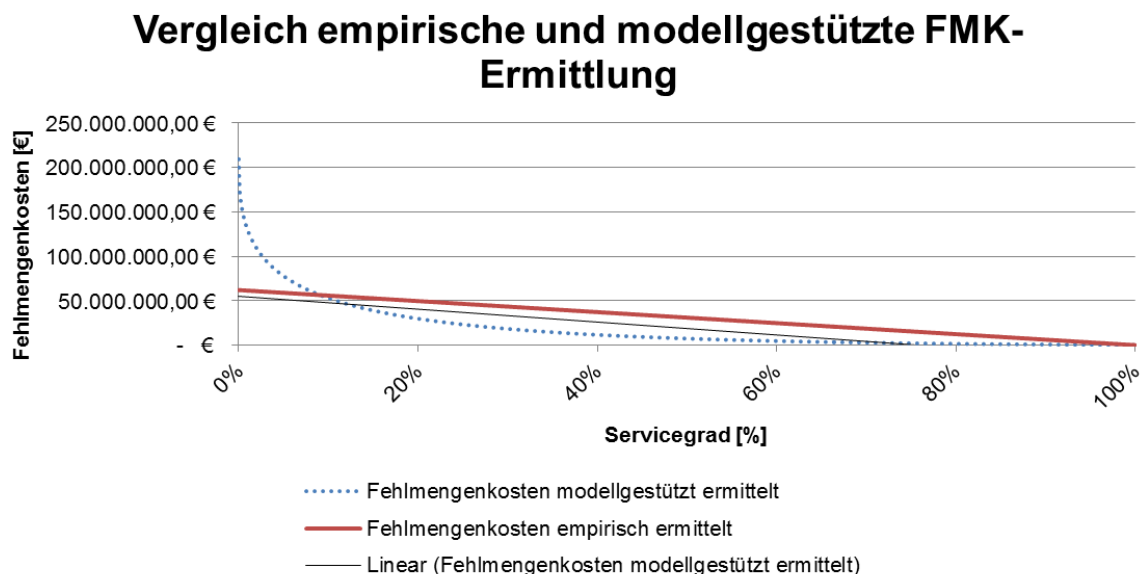


Bild 12: Vergleich von modellgestützter und empirisch fundierter FMK-Funktion

4.4.3 Servicegradabhängige Funktion der Beschaffungskosten

Um eine servicegradabhängige Logistikkostenfunktion zur Integration von FMK sowie Lager- und Beschaffungskosten in die Entscheidung für einen bestimmten Artikel-Servicegrad zu erhalten, sind des Weiteren Berechnungsvorschriften für die Lager- und Beschaffungskosten in Abhängigkeit des Servicegrads aufgestellt worden.

Die Beschaffungskosten bilden einen wesentlichen Anteil der Logistikkosten und entstehen bei der Einkaufsvorbereitung, der Bestellung und dem Zugang von Material. Sie lassen sich in unmittelbare (direkte) sowie mittelbare (indirekte) Beschaffungskosten unterteilen und beinhalten die in der untenstehenden Tabelle aufgeführten Bestandteile:

Tabelle 2: Bestandteile der Beschaffungskosten (Quelle: in Anlehnung an [Bie08, Schö07, Wan07])

Kostenart		Enthält Aufwand für folgende Aktivitäten
Unmittelbare Beschaffungskosten (mengenabhängig)		Warenwert der gesamten in einer Bezugsperiode zu beschaffende Materialmenge = Materialmenge • Einstandspreis
Mittelbare Beschaffungskosten (mengenunabhängig / losfix)	Einkaufskosten	- Bezugsquellenermittlung - Entscheidung für konkrete Bezugsquelle - Angebotslegung bzw. -auswertung - Vertragsschluss mit dem Lieferanten
	Dispositionskosten	- Zeitlicher Aufwand für die Bedarfs-, die Bestands- sowie die Bestellmengenrechnung - Bestellauslösung - Monitoring des Bestellvorgangs (telefonische Anfragen, eventuellen Abmahnungen usw.)
	Zugangskosten	- Wareneingang des bestellten Materials, beispielsweise das Entladen der anliefernden LKW - Prüfung der Ware - Verbuchungsvorgänge in der Lagerverwaltung - Rechnungsprüfung und Zahlung

Anhand der zuvor ausgeführten Bestandteile der Beschaffungskosten ist im Vorhaben für eine Bezugsperiode der Länge T , die Bedarfsrate BR_M und die Beschaffungslosgröße $X_{zu,m}$ der untenstehende Formelzusammenhang zur Quantifizierung der Beschaffungskosten aufgestellt worden, der in das Entscheidungsmodell eingeflossen ist. Hierbei soll angenommen werden, dass die Bestellabwicklungskosten jeweils für eine Bestellung anfallen und die Handlingkosten aufgrund des Prinzips der tat-

sächlichen Inanspruchnahme von logistischen Leistungen pro eingehenden Ladungsträger anzusetzen sind.

$$K_{Besch} = BR_m \cdot T \cdot \left(p_{St} + \frac{k_{Best}}{X_{zu,m}} + \frac{k_{Hand}}{kap_{LHM}} \right) \quad (11)$$

mit

p_{St}	Einstandspreis pro Einheit [GE/ME]
$k_{Best} = k_{Dispo} + k_{Mon} + k_{Zu}$	Bestellabwicklungskosten [GE]
k_{Dispo}	Dispositionskosten [GE]
k_{Mon}	Lieferantenmonitoringkosten [GE]
k_{Zu}	Zugangskosten administrativ [GE]
$k_{Hand} = k_{WE} + k_{QS} + k_{Ein}$	Handlingkosten Wareneingang [GE/LHM]
k_{WE}	Wareneingangskosten [GE/LHM]
k_{QS}	Warenprüfungskosten [GE/LHM]
k_{Ein}	Einlagerungskosten pro [GE/LHM]
kap_{LHM}	Kapazität pro LHM in Einheiten [ME/LHM]
$X_{zu,m}$	Durchschnittliche Beschaffungslosgröße [ME]

Ein Zusammenhang zwischen dem Servicegrad und der Beschaffungslosgröße besteht nicht unmittelbar. Die Gleichung für die Servicegrad-Kennlinie nach LUTZ stellt keinen direkten Zusammenhang von Beschaffungslosgröße und Servicegrad her [Lut02]. Um die Unabhängigkeit von Servicegrad und Beschaffungslosgröße darzulegen, soll folgende Gedankenkette aufgestellt werden: Ausschlaggebend für die Realisierung eines bestimmten Servicegrads ist nach der Gleichung der Servicegradkennlinie lediglich die Sicherheitsbestandshöhe und nicht die absolute Bestelllosgröße, die frei gewählt werden kann [Nyh03]. Der Sicherheitsbestand ist nicht andauernd neu zu beschaffen, sondern in der Regel nur einmal nach der Festlegung seiner Größe bzw. anteilig nach dem Auffangen planabweichungsbedingter Fehlmengen. Um die Logistikkosten jedoch möglichst genau auszuweisen, sind die Be-

schaffungskosten trotzdem im Entscheidungsmodell abgebildet worden, obwohl sie keine Entscheidungsrelevanz für den anzustrebenden Servicegrad besitzen.

4.4.4 Servicegradabhängige Funktion der Lagerkosten

Ein weiterer Bestandteil des Entscheidungsmodells sind die Lagerkosten. Diese umfassen alle durch die Lagerung von Material verursachten Kosten [Olf98], deren Bestandteile Tabelle 3 nach HARTMANN [Har02] aufschlüsselt:

Tabelle 3: Übersicht über die Bestandteile der Lagerhaltungskosten nach [Har02]

Kostenart	Bestandteile	Charakter
Lagermaterialkosten	• Kapitalbindungskosten	Variabel
	• Obsoleszenzkosten	Variabel
Lagerraumkosten	• Beleuchtung, Heizung • Instandhaltung • Abschreibungen auf Grundstück, Gebäude und Inventar • Versicherung	Fix oder sprungfix
Lagerpersonalkosten	• Lagerverwaltung • Ein-/Umlagerungstätigkeiten • Kommissioniertätigkeiten	Fix oder sprungfix
Lagergemeinkosten	• Kommunikation • Transport • Pflege des IT-Systems	Fix oder variabel

Die Lagerkosten im Entscheidungsmodell werden nach den folgenden Zusammenhängen ermittelt:

$$K_{Lager}(SG_g) = BL_m(SG_g) \cdot \frac{T}{365} \cdot \left(p_{St} \cdot z_{Lager} + \frac{k_{Platz}}{kap_{LHM}} \right) \quad (12)$$

mit

$$k_{Platz} = \frac{k_{AbschrGebäude} + k_{AbschrInfra} + k_{LagerFix}}{n_{Plätze}} \quad (13)$$

und

k_{Platz}	Lagerplatzkosten in [GE/Platz]
$k_{AbschrGebäude}$	Abschreibungen p. a. für Lagergebäude in [GE]
$k_{AbschrInfra}$	Abschreibungen p. a. für Lagerinfrastruktur in [GE]
$k_{LagerFix}$	Lagerfixkosten p. a. in [GE]
$n_{Plätze}$	Lagerplatzanzahl
$z_{Lager} = z_{kalk} + z_{risiko}$	Lagerzinssatz in [%]
z_{kalk}	Kalkulatorischer Zinssatz in [%]
z_{risiko}	Obsoleszenzzinssatz in [%]

4.4.5 Entscheidungsmodell für den kostenminimalen Servicegrad

Durch eine Zusammenführung der einzelnen Logistikkostenbestandteile in Form der Beschaffungs-, Lagerhaltungs- und Fehlmengenkosten ergeben sich die Gesamtlgistikkosten nach folgendem Ausdruck:

$$K_{Log}(SG_g) = K_{Besch} + K_{Lager}(SG_g) + K_{Fehl}(SG_g) \quad (14)$$

Werden in die Logistikkostenfunktion die Bestandteile aus den vorherigen Abschnitten eingesetzt, können die Logistikkosten für die Realisierung eines bestimmten Servicegrads angegeben werden. Nachfolgend soll exemplarisch für die empirisch fundierte servicegradabhängige FMK-Funktion der Formelzusammenhang für die servicegradabhängigen Logistikkosten aufgezeigt werden (für $BL_m(SG_g)$ und den Sicherheitsbestand sind die entsprechenden Ausdrücke aus AP 2 und dem vorhergehenden Abschnitt für dieses AP eingesetzt worden). Um in der Praxis gängige Eilbeschaffungen von fehlendem Material abzubilden, bevor FMK entstehen, sind in das Entscheidungsmodell Eilbeschaffungskosten aufgenommen worden.

$$\begin{aligned}
 K_{Log}(SG_g) = & BR_m \cdot T \cdot \left(p_{St} + \frac{k_{Best}}{X_{zu,m}} + \frac{k_{Hand}}{kap_{LHM}} \right) \\
 & + \left(\frac{X_{zu,m}}{2} \cdot SG_g^2 + SB \cdot \sqrt[3]{1 - (1 - SG_g)^3} \right) \cdot \frac{T}{365} \\
 & \cdot \left(p_{St} \cdot z_{Lager} + \frac{k_{platz}}{kap_{LHM}} \right) + BR_m \cdot T \cdot (1 - SG_g) \\
 & \cdot (a_{Eil} \cdot k_{Eil} + (1 - a_{Eil}) \cdot k_{fehl,stock})
 \end{aligned} \quad (15)$$

Die Funktion bildet die resultierenden Logistikkosten über dem Servicegrad ab und wird daher als Servicegrad-Logistikkosten-Kennlinie bezeichnet. Ihr konvexer Verlauf ist in Bild 13 dargestellt.

Ein wichtiger Bestandteil, welcher der servicegradabhängigen Logistikkostenfunktion zugrunde liegt, ist der C-Norm-Parameter. Dieser wird nach einem von LUTZ [Lut02] beschriebenen Verfahren auf der Grundlage eines Betriebspunkts aus mittlerem Lagerbestand und resultierendem Servicegrad bestimmt und beeinflusst die Krümmung der Servicegradkennlinie. Aufgrund des unternehmensindividuell anzupassenden C-Norm-Parameters kann für den Ausdruck für die servicegradabhängigen Logistikkosten nicht allgemeingültig die erste Ableitung gebildet und das Minimum der konvexen Funktion bestimmt werden. Eine Bestimmung des kostenoptimalen Servicegrads ist nur auf numerischem Wege möglich. Hierzu ist im Entscheidungsmodell das iterative Newton'sche Verfahren zur Lösung von Nullstellenproblemen bei nichtlinearen Gleichungen gewählt worden [Her04, Mer01]. Im Rahmen des Entscheidungsmodells ist die Nullstelle der ersten Ableitung der Kostenfunktion zu finden. Als Ausdruck für das Newton-Verfahren ergibt sich:

$$SG_g^{(k+1)} = SG_g^{(k)} - \frac{K'_{Log}(SG_g)}{K''_{Log}(SG_g)} \quad (16)$$

Als Startnäherung kann bspw. $SG_g^{(0)} = 0,92$ als praxisüblicher Wert für den Servicegrad [Abe94] verwendet werden. Der gefundene kostenoptimale Servicegrad wird in die Kostenfunktion $K_{Log}(SG_g)$ eingesetzt, so dass sich ein anzustrebender Betriebspunkt auf der Logistikkosten-Servicegrad-Kennlinie ergibt. Durch Einsetzen des kostenoptimalen Servicegrads in den Ausdruck für die Servicegradkennlinie in Gleichung (4) kann der einzustellende mittlere Lagerbestand bzw. nach Abzug der halben Beschaffungslosgröße (mittlerer Losbestand) die Höhe des kostenminimalen Sicherheitsbestands berechnet werden.

In der betrieblichen Praxis ist statt eines konkreten Optimums häufig ein Entscheidungsspielraum von Interesse, in dessen Rahmen eine günstige Positionierung des Servicegrads möglich ist. Aufgrund vereinfachender Annahmen und des abzuschätzenden C-Werts kann die Servicegradkennlinie die realen Gegebenheiten, wie jedes andere Modell, nur mit einer gewissen Unschärfe widerspiegeln. Daher ist die Bestimmung eines vorteilhaften Intervalls für den Servicegrad zielführender, als ein fest vorgegebenes Optimum anzustreben. Zur Bestimmung eines derartigen Entscheidungsspielraums ist im Entscheidungsmodell die Möglichkeit berücksichtigt worden, eine maximale prozentuale Abweichung von den minimalen hin zu höheren Logistikkosten festzulegen (bspw. um durch Managementvorgaben eine höhere Logistikleistung zu realisieren; vgl. Punkt 1 in Bild 13). Auf dieser Basis kann der Servicegradspielraum für die vorgegebene Logistikkostenabweichung ermittelt werden (vgl. Punkt 2 in Bild 13). Die obere Grenze des Servicegradspielraums liegt in jedem Fall höher als der kostenminimale Servicegrad. Dies ist in folgendem Sachverhalt be-

gründet: Die Positionierung bei einem niedrigeren Servicegrad als dem kostenminimalen sorgt lediglich für höhere FMK und es resultiert bei höheren Logistikkosten keine Leistungssteigerung. Daher ist die untere Grenze für den Positionierungsspielraum stets beim kostenminimalen Servicegrad zu wählen.

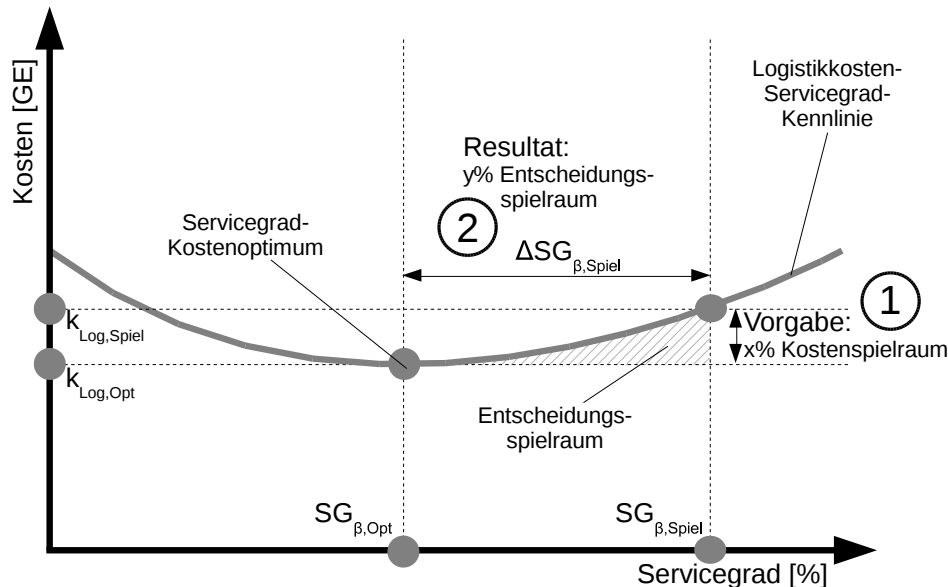


Bild 13: Über die Servicegrad-Kosten-Kennlinie ermitteltes Optimum mit möglichem Entscheidungsspielraum

Wird die prozentuale Abweichung der Logistikkosten vom kostenminimalen Wert (beim Servicegrad $SG_{g,Opt}$) als n bezeichnet und der mit dem n Prozent höheren Kostenniveau verbundene Servicegrad als $SG_{g,Spiel}$, so ergibt sich folgender Zusammenhang, bei dem der rechte Teil der Gleichung als Wert bekannt ist und der linke Teil als Formelzusammenhang mit $SG_{g,Spiel}$ als Variable:

$$K_{Log}(SG_{g,Spiel}) = K_{Log}(SG_{g,Opt}) + \frac{n}{100} \cdot K_{Log}(SG_{g,Opt}) \quad (17)$$

Aufgrund des unternehmensindividuell festzulegenden C-Werts für die Servicegrad-Logistikkosten-Kennlinie ist eine Auflösung nach dem gesuchten Servicegrad für das höhere Logistikkostenniveau allgemeingültig nicht möglich. Daher ist im Entscheidungsmodell ein numerischer Ansatz gewählt worden, bei dem die obige Gleichung in ein Nullstellenproblem überführt wird. Dieses wird mit dem Newton-Verfahren gelöst. Sind die Servicegrade des höheren Logistikkostenniveaus und des Logistikkostenminimums bekannt, so ergibt ihre Differenz den Positionierungsspielraum an.

4.4.6 Software-Demonstrator

Um kmU eine einfache Anwendung des Entscheidungsmodells zu ermöglichen, sind die in den vorhergehenden Abschnitten dargelegten Zusammenhänge mit Hilfe von Microsoft Excel und der Programmierumgebung „Visual Basic for Applications“ (VBA) in einen vorwettbewerblichen Software-Demonstrator umgesetzt worden.

Der Software-Demonstrator „Logistikkostenorientierte Servicegradpositionierung“ (LoPos) erlaubt für die erfassten Eingangsparameter des Entscheidungsmodells den kostenminimalen Servicegrad zu bestimmen und Servicegrad-Logistikkosten-Kennlinien zu visualisieren. Um den kostenminimalen Servicegrad in der Praxis einstellen zu können, werden erforderliche Bestandshöhen (Los- und Sicherheitsbestand) ausgewiesen. Bei Verwendung empirisch ermittelter FMK können die Berechnungen für drei Artikel parallel und bei Verwendung modellgestützt ermittelter FMK für einen Artikel durchgeführt werden. Bild 14 zeigt die Eingangsmaske von LoPos (Cockpit), welche die Auswahl der Funktionalitäten des Software-Demonstrators und eine Selektion zu analysierender Artikel ermöglicht.

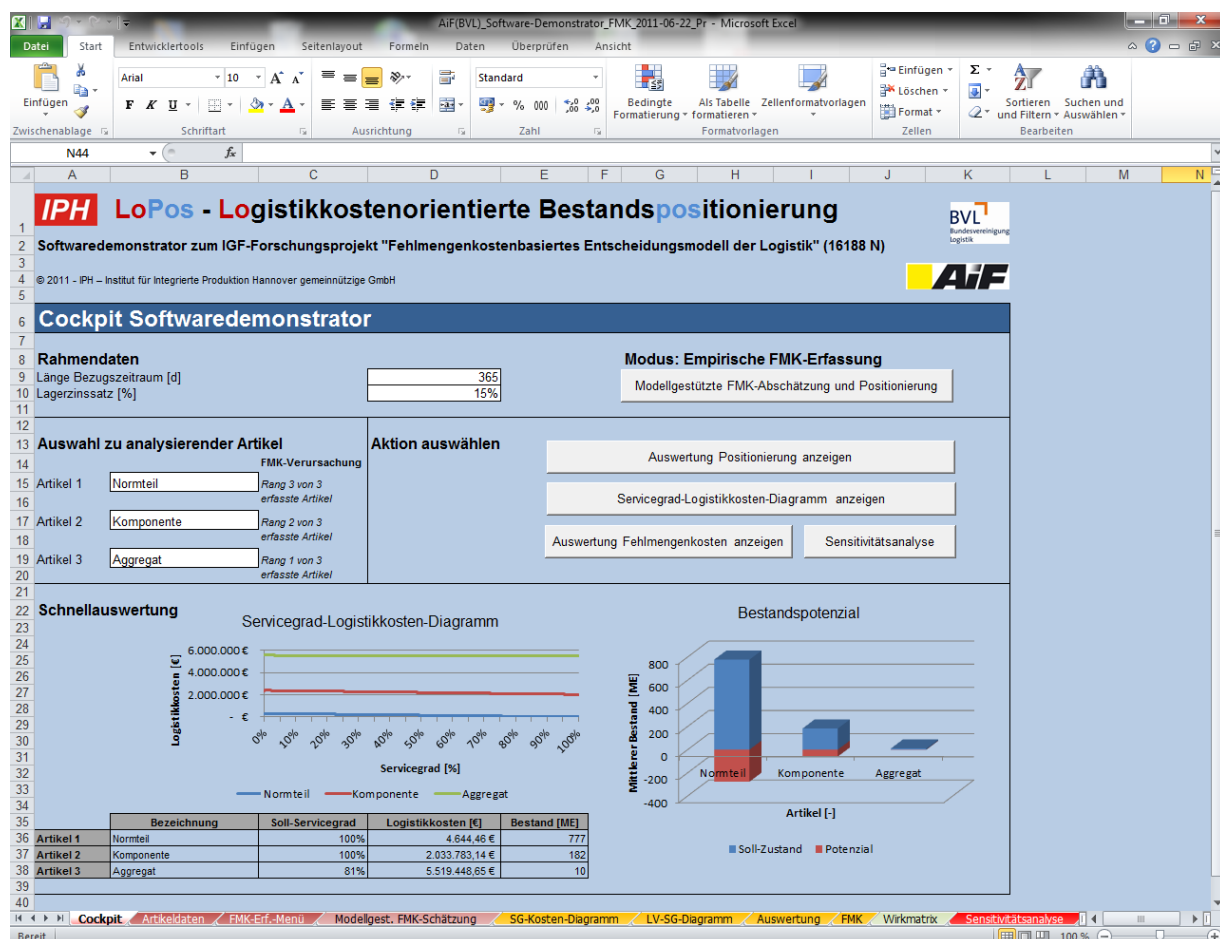


Bild 14: Eingangsmaske des Software-Demonstrators LoPos

LoPos enthält die folgenden Funktionsmodule:

- Modul 1: Stammdatenpflege
- Modul 2: Modellgestützte FMK-Abschätzung
- Modul 3: Assistent zur empirischen FMK-Erfassung und FMK-Analyse
- Modul 4: Berechnung des anzustrebenden Servicegrads und Potenzialausweisung
- Modul 5: Sensitivitätsanalyse

In Modul 1 von LoPos können entscheidungsrelevante Parameter für die Bereiche Lagerhaltung und Beschaffung (z. B. Lagerzinssätze oder Einstandspreise) für verschiedene Artikel gepflegt werden. Die entsprechenden Parameter finden in den vorherigen Abschnitten zu diesem AP Erwähnung.

Modul 2 erlaubt die modellgestützte FMK-Abschätzung. In einer Eingabemaske werden für einen Artikel die Rahmendaten für das zu Grunde liegende Referenz-Fehlmengeereignis erfasst (vgl. Abschnitt zur servicegradabhängigen FMK-Funktion). Der Verlauf der servicegradabhängigen FMK-Funktion wird visualisiert.

Modul 3 erlaubt die empirische FMK-Erfassung und die Analyse der Verteilung der erfassten FMK auf einzelne FMK-Arten.

Modul 4 dient der Berechnung der anzustrebenden Positionierungen der Servicegrade (und der Einstellung der hierfür erforderlichen Lagerbestände). Die zu einem Artikel gehörenden Modelleingangsparameter zu FMK, Lagerhaltung und Beschaffung werden automatisch ausgelesen und die Bestimmung der Positionierungsempfehlungen für die Servicegrade erfolgt nach den für AP 4 dargestellten Berechnungsvorschriften. Der Auswertungsbildschirm zeigt ausführlich die Ergebnisse für die in der Eingangsmaske von LoPos selektierten Artikel auf (vgl. Bild 15).

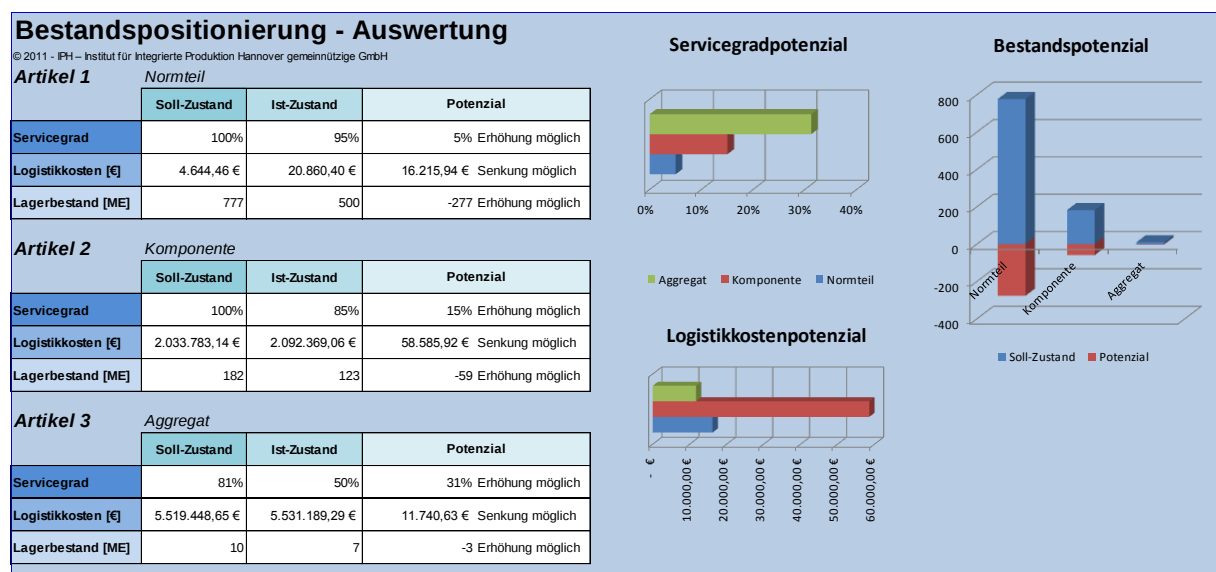


Bild 15: Auswertungsbildschirm von LoPos

Die anzustrebenden Positionierungen der Servicegrad und hiermit einhergehende Lagerbestände und Logistikkosten werden für die gewählten Artikel dargestellt. Ein Soll-Ist-Vergleich wird durchgeführt und Potenziale zur Kostensenkung und Leistungssteigerung aufgezeigt. Herzstück der Visualisierung im Software-Demonstrator ist die Darstellung der Servicegrad-Logistikkosten-Kennlinien wie in Bild 16 wiedergegeben.

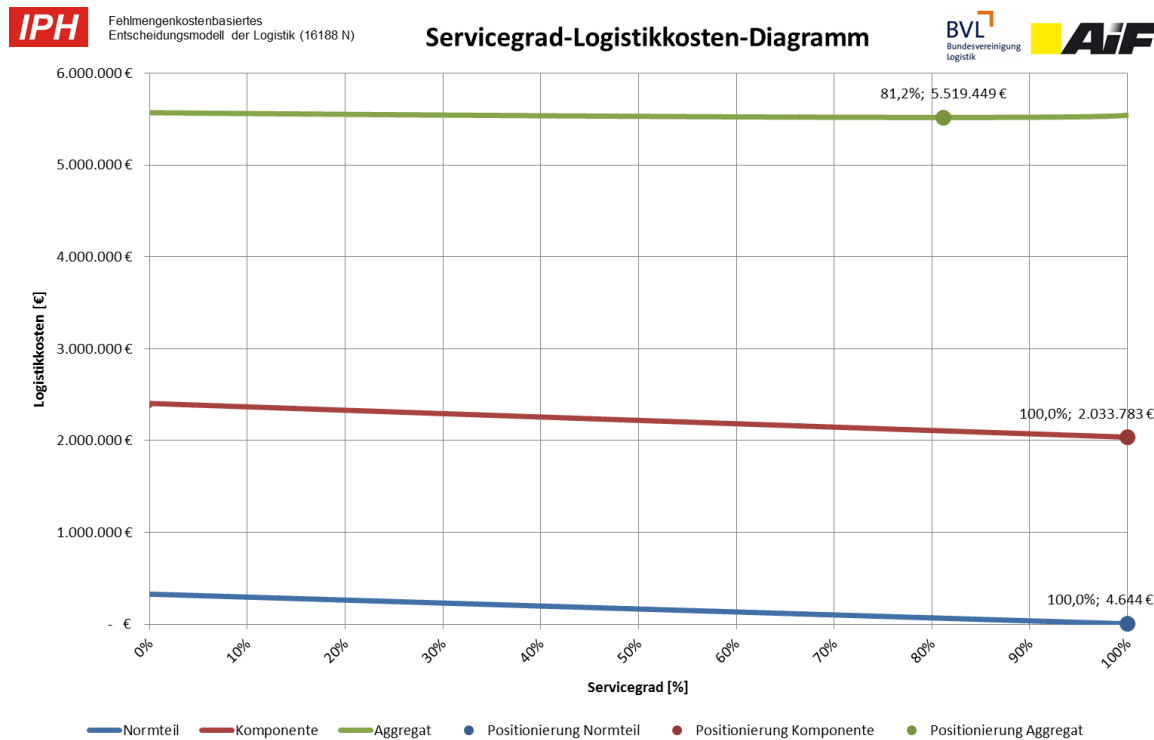


Bild 16: Darstellung der Servicegrad-Logistikkostendiagramme in LoPos

Modul 5 dient der Sensitivitätsanalyse aller möglichen Eingangsparameter des Entscheidungsmodells. Die beiden Module 3 und 5 werden im Abschnitt über den Handlungsleitfaden näher vorgestellt.

Der Software-Demonstrator LoPos ist mehreren Projektpartnern vorgestellt und von diesen getestet worden, um seine Funktionalität zu überprüfen. Weitere Ansichten des Software-Demonstrators finden sich im Anhang dieses Schlussberichts.

Das entwickelte Entscheidungsmodell und der Software-Demonstrator bilden die wesentlichen Ergebnisse dieses Projekts. Die Ergebnisse ermöglichen kmU, ihren Servicegrad gezielt im Spannungsfeld von FMK und Lager-/Beschaffungskosten wirtschaftlich effizient zu positionieren. Lagerlogistik und Produktion werden aufeinander abgestimmt, unnötige Bestände vermieden und hohen Kosten durch fehlteilbedingte Störungen der Produktion vorgebeugt.

Die übersichtliche Gestaltung des Software-Demonstrators und die automatische Bestimmung des anzustrebenden Servicegrads ermöglichen kmU eine aufwandsarme Anwendung. Durch die vorwettbewerbliche Gestaltung können kmU LoPos leicht an ihre Bedürfnisse anpassen. Die Verwendung von Microsoft Excel und VBA sichert

eine Anwendbarkeit ohne den vorherigen Erwerb teuer Spezialsoftware ab. Somit besteht ein großes Nutzenpotenzial gerade für kmU.

4.5 AP 5: Entwicklung einer Vorgehensweise zur Anpassung der logistischen Leistungsfähigkeit von kmU

Im Forschungsantrag sieht AP 5 als Ziel die Entwicklung einer Vorgehensweise zur Anwendung des Entscheidungsmodells als Regelkreis vor. Durch die Anwendung der Vorgehensweise sollen das entwickelte Entscheidungsmodell in Form einer Methode angewendet und die erreichte Positionierung des Servicegrads im Logistikkostenminimum sukzessive gehalten werden können. Die Methode soll in Form eines Handlungsleitfadens aufbereitet werden, der darüber hinaus Maßnahmenempfehlungen zur Reduzierung von FMK enthält.

Der im Projekt als Ergebnis realisierte Handlungsleitfaden stellt eine Anleitung dar, wie Unternehmen unter Zuhilfenahme des entwickelten Software-Demonstrators ihre Bestände derart dimensionieren können, dass die Positionierung bei einem kostenminimalen Servicegrad erfolgt. Darüber hinaus werden Handlungsempfehlungen gegeben, um die Störungsauswirkungen von Fehlteilen auf die Produktion abfedern und somit FMK reduzieren zu können. Untergliedert ist der Handlungsleitfaden in drei Teile mit entsprechenden Unterschritten, deren Bestandteile Bild 17 aufzeigt.

1	Bestandspositionierung	2	Handlungsempfehlungen	3	Regelkreis
	• FMK-Erfassung • Identifikation zu betrachtende Artikel • Bestimmung artikelspezifische FMK-Sätze für Entscheidungsmodell • Ermittlung Lager-/Beschaffungskosten • Bestimmung artikelspezifische Konstanten / Parameter der Beschaffung / Lagerhaltung • Bestimmung kostenminimaler Servicegrad / Lagerbestand (Soll) • Positionierung Lagerbestand im Spannungsfeld von FMK & Lager-/Beschaffungskosten • Berechnung des Bestandspotenzials (Differenz Soll-Ist-Bestand) • Maßnahmenempfehlungen für Bestandsanpassungen		• Fehlmengenrisiko senken • Lieferantenleistung verbessern • QS-Prüfungen WE verbessern • Optimierung der Bereitstellung • Resultierende FMK senken • Flexibilität in der Produktion steigern • FM-Situationen durch standardisierte Vorgehensweisen schnell beheben • Auswirkungen Maßnahmen auf Logistikkosten prüfen • Sensitivitätsanalyse zur Auswahl wirkungsvoller Maßnahmen • Auswahl Maßnahmen mit höchsten Reduktionspotenzial Logistikkosten		• Zustandsmonitoring • Ist-Servicegrad • FMK • Planabweichungen Lagerzugang und -abgang • Entscheidungsmodell • Ist-Positionierung bestimmen und mit Soll-Positionierung vergleichen • Soll-Ist-Differenzen Logistikkosten, Servicegrad und Bestand bestimmen • Korrekturmaßnahmen • Handlungsszenario auswählen • Bestandshöhe Artikel anpassen

Bild 17: Bestandteile des entwickelten Handlungsleitfadens

Der erste Teil „Bestandspositionierung“ enthält Hinweise, wie die für eine Anwendung des Entscheidungsmodells erforderlichen Größen ermittelt werden können und das Entscheidungsmodell in Form des Software-Demonstrators angewendet wird. Zugleich werden Hinweise zur praktischen Erreichung des anzustrebenden Servicegrads durch Bestandsanpassungen gegeben. Der zweite Teil „Handlungsempfehlungen“

gen“ gibt Hinweise darauf, wie eine kontinuierliche Reduzierung von FMK durch ausgewählte Maßnahmen möglich ist. Der dritte Teil „Regelkreis“ zeigt auf, wie das Entscheidungsmodell in Form eines Regelkreises angewendet werden kann, um die Aufrechterhaltung einer vorteilhaften Positionierung des Servicegrads auch bei sich verändernden Rahmenbedingungen sicherzustellen.

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Bestandteile des Handlungsleitfadens näher beschrieben.

4.5.1 Bestandspositionierung

Im ersten Teil von AP 5 ist als Teil des Handlungsleitfadens eine Methode zur Positionierung des Servicegrads im Spannungsfeld von FMK und Lager- sowie Beschaffungskosten durch Einstellen von Lagerbestandshöhen entwickelt worden. Hierzu wurden als Ergebnis die in den vorherigen AP erarbeiteten Ergebnisse zur Quantifizierung von FMK und das Entscheidungsmodell strukturiert in Methodenschritte eingebettet und dokumentiert.

Die Methode besteht aus sieben Schritten, die in Bild 18 dargestellt sind.

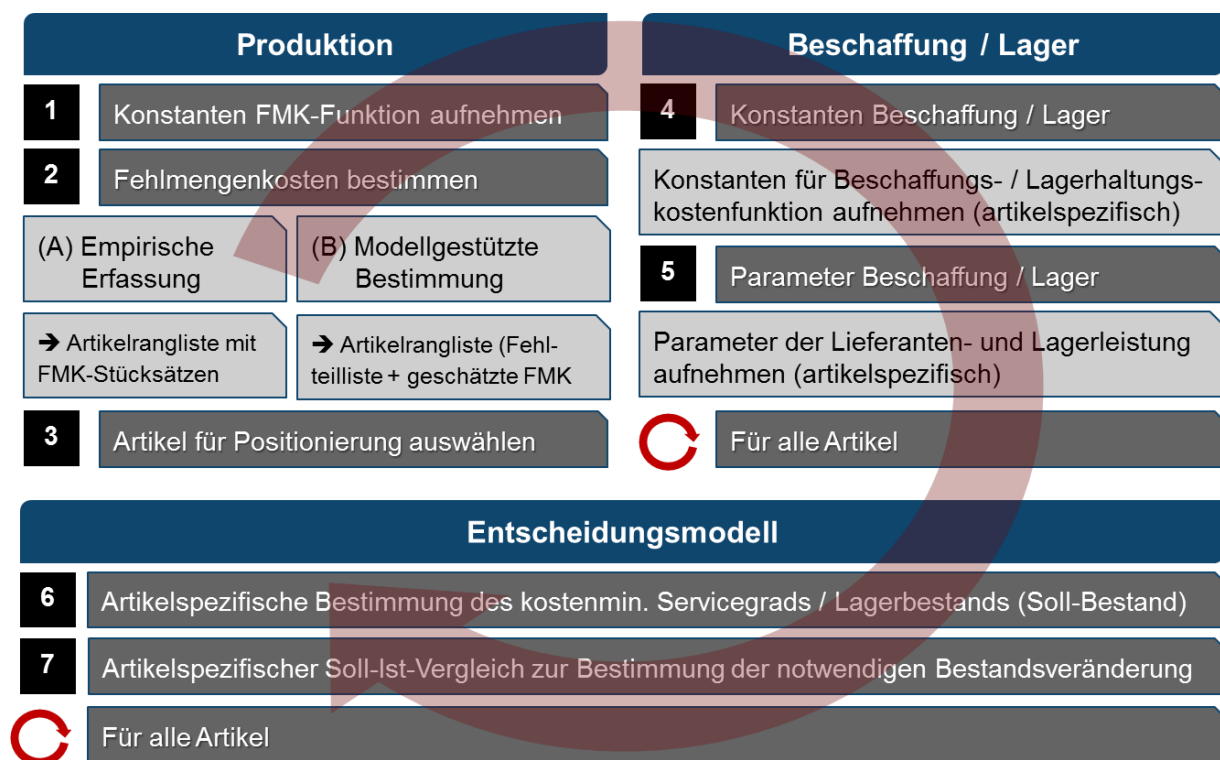


Bild 18: Übersicht der Methodenstruktur zur Positionierung

Zunächst werden in Methodenschritt 1 im Unternehmen Größen wie Maschinenstundensätze ermittelt, die für eine Quantifizierung von FMK bekannt sein müssen (der Handlungsleitfaden erläutert Berechnungsvorschriften für die Größen).

In Methodenschritt 2 erfolgt die Ermittlung der FMK. Dies kann durch eine empirische Erfassung geschehen, für welche im Handlungsleitfaden das Modul zur empirischen FMK-Erfassung im Software-Demonstrator detailliert beschrieben wird, oder modell-

gestützt. Bei der modellgestützten FMK-Bestimmung werden Fehlteillisten herangezogen und in Verbindung mit den betroffenen Arbeitssystemen FMK für einzelne Artikel abgeschätzt.

In Methodenschritt 3 werden die artikelspezifischen FMK in eine Rangliste gebracht und geeignete Artikel für die Durchführung einer Positionierung des Servicegrads selektiert. Kriterien zur Auswahl der Artikel sind bspw. der Bestandswert eines Artikels (und die hiermit korrespondierenden Lager- und Beschaffungskosten), seine Lagerfähigkeit, der Wiederholcharakter seines Einsatzes in den Produkten des Unternehmens und natürlich die durch den Artikel verursachten FMK. Im Rahmen einer Matrixanalyse lassen sich geeignete Kriterien wie FMK und Teilewert gegenüberstellen. So sind z. B. Teile mit einem geringen Materialwert und hohen FMK besonders lohnenswert für die Durchführung einer Positionierung.

In Methodenschritt 4 werden zunächst Größen im Bereich Lager und Beschaffung ohne unmittelbaren Artikelbezug für das Entscheidungsmodell aufgenommen. Dies sind bspw. Bestellvorgangskosten, Lagerplatzkosten oder Kapitalbindungszinssätze.

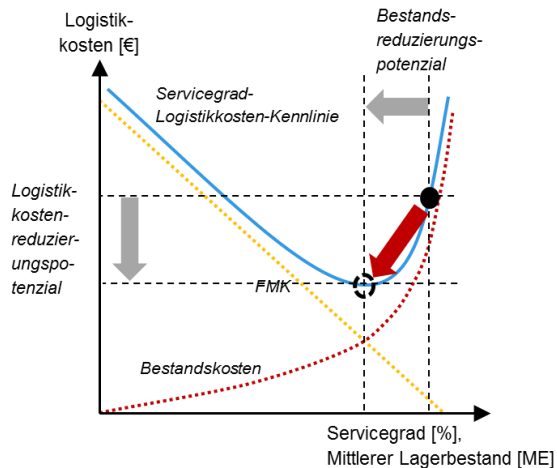
Methodenschritt 5 umfasst die Bestimmung artikelspezifischer Größen im Bereich Lager und Beschaffung, welche z. B. im Rahmen von Konjunkturzyklen einer Veränderung unterzogen sein können. Als Beispiele können Wiederbeschaffungszeiten und Terminabweichungen von Lieferanten oder Bedarfsratenstreuungen sein, denen sich das Lager gegenüberstellt.

Die Methodenschritte 6 und 7 beinhalten die eigentliche Anwendung des Entscheidungsmodells. Im sechsten Methodenschritt werden die für jeden Artikel ermittelten Daten in das Entscheidungsmodell übertragen und der kostenminimale Servicegrad bzw. der für seine Realisierung einzustellende Lagerbestand bestimmt. Auf Basis der ermittelten Soll-Positionierungen des Servicegrads werden in Schritt 7 die Ist- und die Soll-Servicegrade, die dahinter stehenden Bestandshöhen sowie die resultierenden Logistikkosten (FMK, Lager- und Beschaffungskosten) gegenübergestellt und Potenziale abgeleitet. Zwei mögliche Potenziale zeigt Bild 19 auf: Betrachtet werden zwei Artikel, deren aktuelle Positionierung des Servicegrads durch die schwarzen Punkte angezeigt wird. Im Szenario 1 besteht ein Potenzial, durch einen niedrigeren Servicegrad FMK zwar begrenzt zu akzeptieren, hierdurch insgesamt durch Einsparen von unnötig im Lager gebundenem Kapital die Gesamtlogistikkosten zu senken. In Szenario 2 lassen sich durch einen höheren Servicegrad FMK vermeiden und hierdurch Logistikkosten einsparen.

Szenario 1

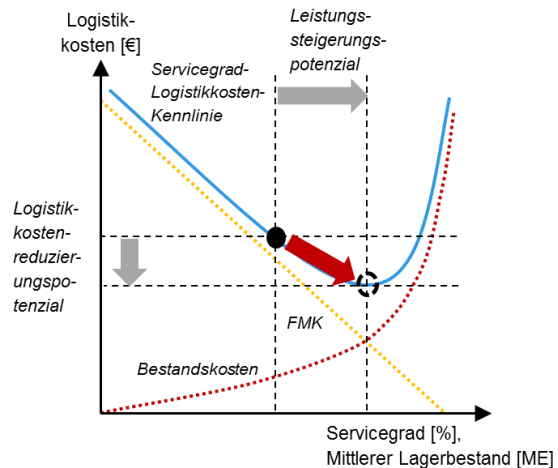
Bestands- und Logistikkostensenkungspotenzial

- Bestandskosten reduzieren
- Fehlmengenkosten begrenzt akzeptieren

**Szenario 2**

Logistikkostensenkungspotenzial

- Bestandskosten begrenzt akzeptieren
- Fehlmengenkosten reduzieren

**Bild 19:** Potenziale im Rahmen einer durchzuführenden Positionierung des Servicegrads

Der erste Teil des Handlungsleitfadens unterstützt kmU bei der praktischen Anwendung des Entscheidungsmodells. Anwendungsfehler werden vermieden und die richtige Anwendung der Methodenschritte gewährleistet.

4.5.2 Handlungsempfehlungen zur FMK-Reduktion

Im zweiten Teil von AP 5 sind Handlungsempfehlungen zur Senkung von FMK aufgestellt worden. Hierzu sind aus der einschlägigen Literatur und Expertengesprächen Ansatzpunkte zusammengetragen worden, wie FMK in den Bereichen Beschaffung, Lager und Produktion bzgl. ihrer Entstehung und ihrer Auswirkungen abgedeckt werden können.

Eines der in diesem Kontext erzielten Ergebnisse ist ein Katalog, der Maßnahmen, zur FMK-Senkung beschreibt (z. B. Reduzierung von Rüstzeiten durch Methoden wie Single Minute Exchange of Die). In einer Übersicht werden im Katalog für jede der im Entscheidungsmodell abgebildeten FMK-Arten mögliche Maßnahmen zu ihrer Senkung aufgezeigt. Das Modul zur empirischen Erfassung von FMK im Software-Demonstrator weist in einem Auswertungsbildschirm die pro Artikel erfassten FMK getrennt nach den einzelnen FMK-Arten aus. Außerdem wird angezeigt, welchen Rang der Artikel bei der Verursachung von FMK hat, um für eine FMK-Reduktion besonders lohnenswerte Artikel zu untersuchen. Der Anwender kann für die FMK-Arten mit der höchsten Ausprägung aus dem Maßnahmenkatalog geeignete Maßnahmen auswählen und diese durchführen. Der Maßnahmenkatalog (mit einem Auszug in Bild 20 gezeigt) beschreibt für jede der in ihm hinterlegten Maßnahmen, welche Ansatzpunkte die Maßnahme verfolgt, auf welche Weise dies auf FMK wirkt und welche Chancen und Risiken die Anwendung der Maßnahme mit sich bringt. Darüber hinaus werden Empfehlungen für die Anwendung der Maßnahme gegeben und auf weiterführende Literatur verwiesen.

Produktkannibalisierung		Bezeichnung der Maßnahme
Ansatzpunkt		Beschreibung des Ansatzpunktes, über den die Maßnahme wirkt
Fehlartikel, deren Eilbeschaffung aufgrund langer Wiederbeschaffungszeiten nicht ausreicht, um eine kritische Fehlteilsituation zu entschärfen, werden durch ausgebaute Artikel aus fertigen Lagerprodukten ersetzt		
Wirkung auf Fehlmengenkosten		Erörterung der Wirkungskette, anhand derer FMK gesenkt werden
- Verkürzung von Fehlteilsituationen, die mit erheblichen Störungen der Produktion oder der nicht fristgerechten Erfüllung wichtiger Kundenaufträge einhergehen - Verringernde Wirkung auf folgende FMK-Arten: Kapitalbindungskosten, Betriebsunterbrechungskosten, Leerkosten - Evtl. erhöhende Wirkung auf FMK-Arten: Dispositionskosten		
Chancen	Risiken	Mit Maßnahme verbundene Chancen und Risiken
Kritische Störungen des Produktionsbetriebs durch Fehlteile können vermieden werden	- Sehr großer Aufwand durch Ausbau von Artikeln aus fertigen Produkten - Hierdurch auch erzeugen einer neuen Fehlteilsituation	
Maßnahmenempfehlungen		Hinweise zur Umsetzung
- Nutzen aus der kurzfristigen Verfügbarkeit des fehlenden Artikels durch Ausbau aus einem anderen Produkt muss den Aufwand sowie eventuelle nachgelagerte Konsequenzen wie Artikelbeschaffung und Wiedereinbau rechtfertigen oder idealerweise übersteigen - Hilfreich ist für die Identifikation kannibalisierbarer Artikel die Verknüpfung von Stücklisten, in denen ein Artikel auftaucht, mit den Artikelstammdaten		
Literatur		Weiterführende Literatur
Tempelmeier, H.: Bestandsmanagement in Supply Chains. Books on Demand, Norderstedt 2005.		

Bild 20: Auszug aus dem Maßnahmenkatalog zur FMK-Senkung

Um die Wirkung von Anpassungsmaßnahmen, aber auch von Veränderungen im Unternehmen und auf den Beschaffungsmärkten (z. B. bessere Termintreue von Lieferanten), auf den anzustrebenden Servicegrad abschätzen zu können, ist in den Software-Demonstrator ein Funktionsmodul für eine Sensitivitätsanalyse implementiert worden. Im Rahmen eines Szenariomanagements schätzt der Anwender mögliche Veränderungen im Entscheidungsmodell abgebildeter Größen ab. Der Programmteil des Demonstrators zur Sensitivitätsanalyse evaluiert nach der Angabe eines Veränderungsintervalls, welche Auswirkung diese Veränderung auf den anzustrebenden Servicegrad besitzt. Die Auswertung erfolgt u. a. in Form von Diagrammen, welche über der Größenveränderung die Veränderungen des anzustrebenden Servicegrads und der korrespondierenden Logistikkosten aufzeigen.

Die Handlungsempfehlungen zur FMK-Senkung in Form des Maßnahmenkatalogs stiften kmU den Nutzen, dass sie gezielt FMK reduzieren und somit ihre Wirtschaftlichkeit verbessern können. Die Auswirkungen von Verbesserungsmaßnahmen können mit dem Modul zur Sensitivitätsanalyse abgeschätzt werden, um Aufwand und Nutzen ex ante vergleichen und Maßnahmen priorisieren zu können.

4.5.3 Regelkreis zur Anwendung des Entscheidungsmodells

Im dritten Teil von AP 5 ist als Bestandteil des Handlungsleitfadens eine Vorgehensweise erarbeitet worden, wie das Entscheidungsmodell in Form eines Regelkreises angewendet werden kann. Mögliche Stell-, Regel- und Störgrößen bei der Anwendung des Entscheidungsmodells wurden identifiziert. Auf diese Weise kann in Form eines Regelkreises die Positionierung des Servicegrads für einen Artikel überwacht bzw. bei Regelabweichungen angepasst werden.

Bild 21 zeigt die vorgenommene Grobzuordnung der Parameter des Entscheidungsmodells zu den Elementen eines Regelkreises (bzgl. logistischer Regelkreise vgl. z. B. [Paw07]) auf. Im Rahmen der Vorgehensweise zur Entscheidungsmodell-Anwendung im Regelkreis sind sensitive Größen wie Planabweichungen auf Lieferantenseite oder FMK-Stücksätze kontinuierlich zu erfassen. Welche Größen im spezifischen Fall eines Unternehmens in ihren möglichen Ausprägungsintervallen sensitiv sind, kann mit dem Modul zur Sensitivitätsanalyse des Software-Demonstrators identifiziert werden. Verändern sich diese Parameter, kann möglicherweise der angestrebte Servicegrad nicht mehr gehalten werden.

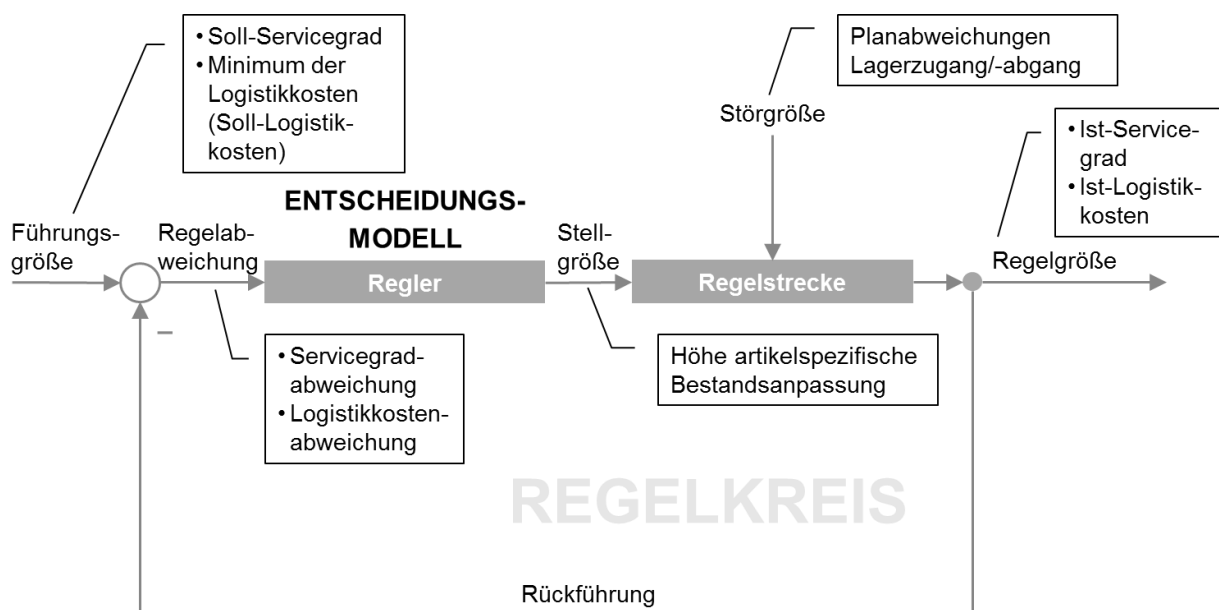


Bild 21: Anwendung des Entscheidungsmodells in Analogie eines Regelkreises mit Stör-, Stell- und Regelgrößen

Tritt eine Abweichung zwischen realisiertem und zuvor gewähltem Servicegrad für die betroffenen Artikel ein, sind als Reaktion die Lagerbestandshöhen anzupassen. Damit eine derartige Veränderung ex ante antizipiert werden kann, weist die Vorgehensweise (dokumentiert im Handlungsleitfaden) auf zu überwachende Parameter des Entscheidungsmodells hin, bei deren Veränderung eine Anpassung des gewählten Servicegrads und der korrespondierenden Bestandshöhen zu überprüfen ist.

Für kmU stiftet die Anwendung des Entscheidungsmodells im Regelkreis folgenden Nutzen: Auf Dauer wird eine wirtschaftliche Positionierung der Lagerbestände si-

chergestellt, wodurch sich ein Unternehmen im Bereich minimaler Kosten an der Schnittstelle zwischen Lager und Produktion bewegen kann.

Der Handlungsleitfaden ist im Verlauf des Vorhabens den Projektpartnern vorgestellt worden, um die Handhabbarkeit sicherzustellen.

3.6 AP 6: Anwendung in Pilot-KMU und Validierung der Studienergebnisse sowie Verbreitung und Abschlussdokumentation

Das sechste AP des Vorhabens hat laut Forschungsantrag die vorwettbewerbliche Validierung des fehlmengenkostenbasierten Entscheidungsmodells zum Ziel. Darüber hinaus wird in AP 6 auf die Ergebnisdokumentation und Verbreitung der Ergebnisse in der interessierten Öffentlichkeit abgezielt.

Der Software-Demonstrator sowie der Handlungsleitfaden (inkl. Maßnahmenkatalog und Regelkreisanwendung) wurden bei zwei Projektpartnern angewendet. Darüber hinaus sind in einem erweiterten Austausch die Ergebnisse allen Projektpartnern vorgestellt und mit diesen diskutiert worden. Die Validierung bei einem kmU wird nachfolgend exemplarisch anhand der Schritte FMK-Erfassung, Artikelauswahl und Stammdatenerhebung, Positionierung des Servicegrads und Maßnahmenableitung beschrieben. Im Anschluss werden Erkenntnisse, die zur Validierung der Ergebnisse aus der empirischen Studie beitragen, diskutiert.

4.5.4 FMK-Erfassung

Der Betrachtungsbereich der Untersuchung ist ein Montagebereich gewesen, der von einer Fertigung, einem Pufferlager für direkt beschaffte Artikel und aus einem Vorratslager versorgt wird. Der gewählte Untersuchungszeitraum umfasste drei Monate. Gewählt worden ist eine empirische Erfassung von FMK, da in dem betrachteten Montagebereich Fehlmengenergebnisse im Wesentlichen den Produktionsfaktor Personal und Liegezeiten für das zu montierende Material betreffen. Daher ist eine empirische FMK-Erfassung relativ aufwandsarm umzusetzen. Außerdem ist eine hohe Aussagekraft bzgl. der tatsächlichen Auswirkungen von fehlendem Material gegenüber der Annahme eines typischen Fehlmengenergebnisses möglich. Als FMK-Arten resultieren hauptsächlich Leer-, Kapitalbindungs- sowie teilweise Dispositionskosten. Im Rahmen der FMK-Erfassung sind drei häufig fehlende Lagerartikel ausgewählt worden, welche die höchsten FMK im Betrachtungszeitraum verursachen. Die drei Artikel sollen nachfolgend als Normteil, Komponente und Aggregat bezeichnet werden.

Die ausgewählten Artikel stellen aufgrund ihrer Einsatzhäufigkeit in den Produkten des Unternehmens vorteilhafte Artikel für eine Positionierung des Servicegrads und der hiermit verbundenen Bestandsanpassung dar. Der Artikel Normteil verursacht durchschnittlich FMK von 15 € pro fehlender Artikeleinheit. Bei den Artikeln Komponente und Aggregat sind es 10 bzw. 25 €. Die unterschiedlichen FMK-Sätze sind in der Verwendung der Artikel in verschiedenen Produkten und hiermit unterschiedlichen Auftragswerten begründet (die wiederum zu unterschiedlichen Kapitalbin-

dungskosten führen). Außerdem bestehen je nach Produkt unterschiedliche Möglichkeiten, von einem Fehlmengenereignis betroffene Produktionsfaktoren anderweitig einzusetzen. Dementsprechend können unterschiedliche Leerkosten auftreten. Es fällt auf, dass der Artikel Normteil trotz eines sehr geringen Artikelwerts von 0,90 € (gemessen durch den Einstandspreis) einen vergleichsweise hohen FMK-Satz besitzt. Beim Artikel Komponente bewegen sich die FMK in einem relativ niedrigen Bereich, wobei der Einstandspreis im Vergleich zum Aggregat niedriger ist (325 gegenüber 975 €). Die höchsten FMK pro fehlender Artikeleinheit verursacht der Artikel Aggregat.

Aufgrund der Eigenschaften der ausgewählten Artikel bestand bereits zu Anfang der Analyse die Hypothese, dass für das Normteil ein sehr hoher Servicegrad, für die Komponente ein mittlerer Servicegrad und für das Aggregat ein niedriger Servicegrad anzustreben seien. Die FMK-Erfassung und die Auswertung sind mit dem entsprechenden Modul des Software-Demonstrators erfolgt. Die Ergebnisse der Analyse bzgl. der prozentualen Aufschlüsselung der einzelnen FMK-Arten sind in Bild 22 dargestellt. Auffällig ist, dass die Leerkosten bei allen Artikeln einen großen Anteil an den FMK einnehmen. Dies deutet darauf hin, dass sich durch Maßnahmen zur Reduzierung des Leerlaufs von Personal bei Fehlmengenereignissen die FMK wirkungsvoll senken lassen.

Aufschlüsselung der erfassten FMK für ausgewählte Artikel nach FMK-Arten

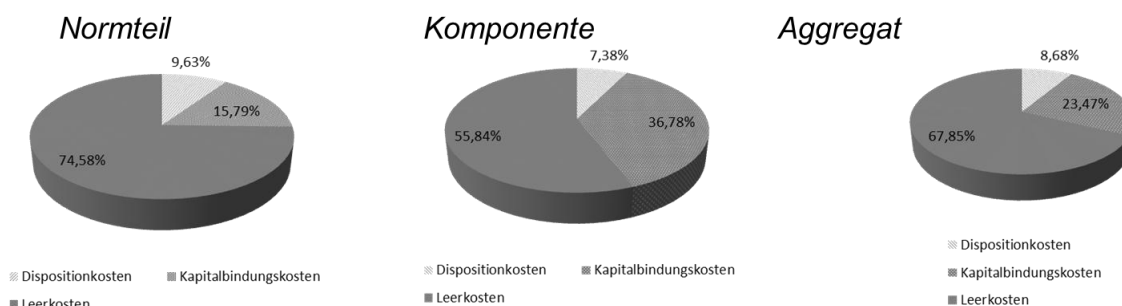


Bild 22: Ergebnisse der FMK-Erfassung - Verteilung der FMK-Arten für Artikel

4.5.5 Artikelauswahl und Stammdatenerhebung

Im Anschluss sind gemäß dem Vorgehen im Handlungsleitfaden die Artikelstammdaten für die Bereiche Lager und Beschaffung aufgenommen und im Software-Demonstrator hinterlegt worden.

Die für die Anwendung des Entscheidungsmodells notwendigen Artikelstammdaten gehen aus Tabelle 4 hervor.

Der Artikel Normteil zeichnet sich durch eine hohe mittlere Bedarfsrate, einen niedrigen Einstandspreis sowie eine kurze Wiederbeschaffungszeit aus. Um Mengeneffekte auszunutzen, wird der Nachschub in relativ großen Bestelllosen realisiert. Die maximale Terminabweichung des Lieferanten ist gering, da in lokaler Nähe bestellt wird und es sich um ein Standardteil handelt. In seltenen Fällen kann es zu einer

Mengenabweichung kommen, die im Vergleich zur Bestelllosgröße jedoch vergleichsweise gering ist. Gegensätzlich zum Normteil liegen beim Artikel Aggregat eine niedrige mittlere Bedarfsrate, ein hoher Einstandspreis und eine hohe Wiederbeschaffungszeit vor. Auch die Terminabweichungen auf Lieferantenseite sind im Gegensatz zum Normteil sehr ausgeprägt, was durch Faktoren wie verfügbare Kapazitäten u. ä. beim Lieferanten verursacht werden kann. Bei der Komponente bestehen bei den thematisierten Größen mittlere Wertausprägungen. Abgesehen von der Anzahl gelagerter Articleinheiten pro Lagerplatz sind Bestellkosten und Lagerplatzkosten bei den drei Artikeln identisch. Eilbeschaffungen werden nicht durchgeführt und daher in der Betrachtung auch nicht berücksichtigt. Für jeden der drei Artikel sind darüber hinaus Lagerbetriebspunkte in Form von Lagerbestand und resultierendem Servicegrad aufgenommen worden. Diese sind zur Ermittlung der C-Norm-Parameter für den Einsatz der Servicegradkennlinie nach LUTZ [Lut02] im Entscheidungsmodell erforderlich.

Tabelle 4: Aufgenommene Artikelstammdaten

Gemessener mittlerer Lagerbestand [ME]	Gemessener Servicegrad [%]	Bestelllosgröße [ME]	Mittlere Bedarfsrate [ME/BKT]	Max. Bedarfsraten Produktion [ME/BKT]	Wiederbeschaffungszeit [BKT]	Maximale Verspätung Lieferant [BKT]	Max. Mengenabweichung Lieferant [ME]	Einstandspreis [GE/ME]	Mittlere Lagerabgangsgröße [ME]	Fehlmengekosten [GE/ME]	Bestellvorgangskosten [GE]	Handlingkosten [GE/ME]	Max. Lagerbestandsabweichung [ME]	Lagerplatzkosten [GE/Platz]	Kapazität Ladehilfsmittel [ME/LHM]	Eilbeschaffungsanteil [%]	Eilbeschaffungspreis [GE/ME]	Servicegradverluste [%]
Aggregat																		
11	42%	5	1	5	30	14	0	975 €	1	20 €	25 €	1 €	0	30 €	2	0%	0 €	0%
Komponente																		
50	95%	6	1	5	14	7	0	325 €	1	10 €	25 €	1 €	0	30 €	30	0%	0 €	0%
Normteil																		
1500	98%	1500	100	300	2	1	20	0,9 €	20	15 €	25 €	1 €	0	30 €	200	0%	0 €	0%

4.5.6 Positionierung des Servicegrads

Auf Basis der aufgenommenen Lagerbetriebspunkte sind die C-Werte als eine wichtige Eingangsgröße für die Servicegradkennlinie berechnet worden. In Verbindung mit den erfassten FMK und Artikelstammdaten sind in der Validierung die im Entscheidungsmodell hinterlegten Berechnungsvorschriften angewandt worden. Soll-Ist-Vergleiche von Servicegrad, Lagerbestand und Logistikkosten sind erfolgt. In der aufgenommenen Ist-Situation entstehen für den Artikel Normteil in Höhe von 11.209 €. Für die Artikel Komponente und Aggregat sind es 30.279 € bzw. 89.723 €. Für das Normteil und die Komponente werden Servicegrade von 98 und 95 % realisiert und für das Aggregat 42 %. Die Anwendung des Entscheidungsmodells ergibt anzustrebende Servicegrade von 100 % für das Normteil, 74 % für die Komponente und 36 % für das Aggregat. Bild 23 zeigt die gefundenen Potenziale anschaulich auf.

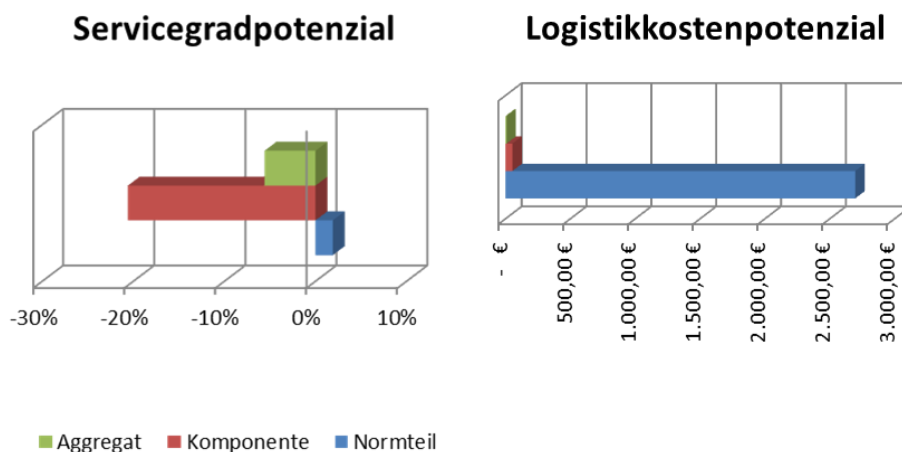


Bild 23: Durch Anwendung des Entscheidungsmodells identifizierte Potenziale für Servicegrad und Logistikkosten

Für das Normteil ist der Servicegrad auf das Maximum zu erhöhen, da durch relativ geringe Bestandskosten hohe FMK vermieden werden können. Da bei der Komponente und dem Aggregat die Bestandskosten wesentlich höher liegen, kann durch das begrenzte Akzeptieren von FMK ein Kostensenkungspotenzial erschlossen werden. Durch Einstellen der empfohlenen Bestandshöhen lassen sich bei dem betrachteten kmU für das Normteil 2.698 € an Logistikkosten in der Bezugsperiode einsparen und für die Komponente 55,15 € sowie für das Aggregat 8,91 €. Beim Normteil war die Höhe des Sicherheitsbestands zu gering eingestellt, woraus vermeidbare FMK resultierten. Die geringen Einsparpotenziale bei der Komponente und dem Aggregat resultieren aus dem sehr flachen Verlauf der Servicegrad-Logistikkosten-kennlinien, wie Bild 24 veranschaulicht. Die Positionierung des Servicegrads der beiden Artikel wirkt nicht sensitiv auf die Höhe der Logistikkosten. Hier ist daher kein akuter Handlungsbedarf zur Anpassung des Servicegrads gegeben. Es kann jedoch mit relativ geringem monetärem Aufwand der Servicegrad für die beiden Artikel erhöht werden. Dieser Umstand kann bspw. zur Verkürzung von Produktions-

durchlaufzeiten durch eine hohe Artikelverfügbarkeit genutzt werden, um dem Kunden kürzere Lieferzeiten bzw. eine bessere Produktverfügbarkeit zu bieten.

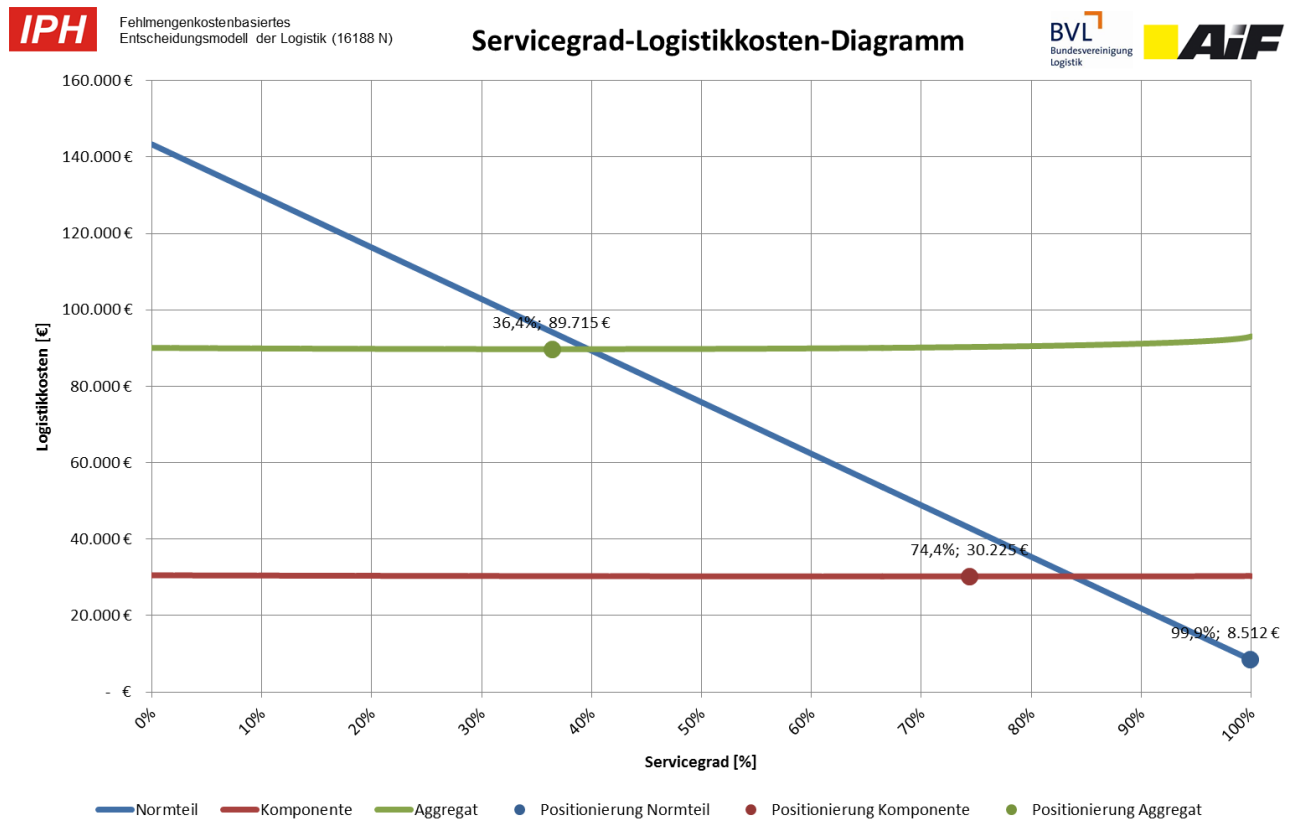


Bild 24: Servicegrad-Kosten-Diagramme der betrachteten Artikel

Zu beachten ist, dass die Betrachtung für einen relativ kurzen Zeitraum erfolgt ist und über längere Betrachtungszeiträume die Kosteneinsparungspotenziale aller betrachteten Artikel höher liegen. Die identifizierten Einsparpotenziale aus der Untersuchung für lediglich drei Artikel aus einem wesentlich größeren Spektrum an Lagerartikeln verdeutlichen, dass bei der Betrachtung eines größeren Artikelspektrums und längerer Betrachtungszeiträume erhebliche Einsparpotenziale zu erwarten sind. Diese können je nach Artikelspektrum nach überschlägigen Schätzungen pro Jahr im bis zu sechsstelligen Bereich liegen.

Die gefundenen Positionierungsempfehlungen des Entscheidungsmodells für den Servicegrad decken sich mit Hinweisen aus der Literatur für die Wahl von Servicegraden (bezogen auf die Entscheidungsgrößen Artikelwert und Verbrauchskonstanz) wie sie

Tabelle 5 aufzeigt. Außerdem gibt die Tabelle Hinweise, welche Beschaffungsmodelle gegenüber einer Vorratsbeschaffung geeignet sind, die Logistikkosten zu senken und die Logistikleistung zu verbessern. Gleiches gilt für geeignete Verfahren zur Bedarfsposition und die Losgrößenbildung in der Beschaffung. Somit sind die Hinweise auch als Vorgriff auf die Maßnahmenableitung zu sehen. Erweiternd zu den bestehenden Literaturempfehlungen ist mit dem neu entwickelten Entscheidungsmodell

dell eine genaue Quantifizierung des anzustrebenden Servicegrads und resultierenden Logistikkosten möglich.

Tabelle 5: Artikelklassenspezifische Servicegradempfehlungen sowie alternative Beschaffungsmodelle (Quelle: in Anlehnung an [Kur05, Wie05, Frü05, Har02])

		Bedarfscharakter		
		X (regelmäßig)	Y (trendförmig)	Z (unregelmäßig)
Wertanteil 85% A Gesamtmenge 15%		Deterministische, kundenauftragsabhängige Bedarfsermittlung über Stücklistenauflösung		Intuitive oder deterministische kundenauftragsabhängige Bedarfsermittlung über Stücklistenauflösung
		Niedriger Servicegrad wegen hoher Kapitalbindungskosten - Besondere Überwachung zur Fehlmengenantizipierung - Keine Losgrößenbildung		
		Konsignationslager bei hohen Stückzahlen	k. A.	Vertragslagerkonzept für großvolumige Teile in hohen bis mittleren Stückzahlen Einzelbeschaffung für großvolumige Teile mit hoher Bedarfsratenvarianz
Wertanteil 10% B Gesamtmenge 35%		Deterministische, bedarfsorientierte Bedarfsermittlung bei höherwertigen Standardteilen über Stücklistenauflösung		Intuitive oder deterministische Bedarfsermittlung
		Bedarfszusammenfassung durch Losgrößenbildung		
		Konsignationslager für hochwertige Artikel und hohe Stückzahlen	k. A.	Vertragslagerkonzept für großvolumige Teile in hohen bis mittleren Stückzahlen
Wertanteil 5% C Gesamtmenge 50%		Stochastische Bedarfsermittlung		
		Hoher Servicegrad wegen niedriger Kapitalbindung bei geringwertigen Standardteilen - Bedarfszusammenfassung durch Losgrößenbildung		
		Standardteilemanagement für Standard- bzw. C-Teile	k. A.	k. A.

4.5.7 Maßnahmenableitung

Weitergehend ist im Rahmen der Validierung untersucht worden, wie die Ausprägung von Eingangsgrößen in das Entscheidungsmodell positiv beeinflusst werden kann. Zielstellung hierbei war, den Betriebspunkt des kostenminimalen Servicegrads durch eine Verschiebung der Servicegrad-Logistikkosten-Kennlinie hin zu einem höheren Servicegrad und niedrigeren Logistikkosten zu bewegen. Hierzu ist das Modul zur Sensitivitätsanalyse aus dem Software-Demonstrator genutzt worden. Für identifizierte, potenziell erzielbare Intervalle der Eingangsgrößen ist untersucht worden, wie sich die Positionierung des Servicegrads (und die resultierenden Logistikkosten) bei der Veränderung einer einzelnen Größe im vorgegebenen Intervall verändert. Als sensitive Größen konnten die mittlere und maximale Bedarfsrate, der Einstandspreis,

die Wiederbeschaffungszeit, die Terminabweichung des Lieferanten, die FMK-Höhe und lagerplatzbezogene Größen identifiziert werden.

Praktisch bedeuten die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse, dass im Unternehmen bei einer Anwendung des Modells im Regelkreis die als sensitiv identifizierten Größen kontinuierlich beobachtet werden und bei einer Veränderung eine Anpassung der Bestandshöhen stattfindet. Vom Blickpunkt der Maßnahmenableitung lässt sich festhalten, dass durch eine Glättung des Bedarfs in der Produktion (Reduzierung der maximalen Bedarfsrate bzw. der Bedarfsratenschwankung) sowie einer Verkürzung der Wiederbeschaffungszeit und Reduzierung der Terminabweichungen des Lieferanten die erzielbare Kombination aus kostenminimalem Servicegrad und resultierenden Logistikkosten verbessern lässt. Gleiches gilt für eine Reduzierung der FMK in der Produktion. Für deren Reduzierung sind als geeignete Maßnahmen aus dem Katalog des Handlungsleitfadens die Etablierung von Frühwarnsystemen zur Reduzierung des Fehlmengenrisikos sowie die Lieferantenentwicklung gefunden worden. Auch der Einsatz von Kapazitätsflexibilität um Mitarbeiter, die von einem Fehlmengeneignis betroffen sind, in anderen Bereichen einzusetzen und so Leerkosten zu vermeiden, stellt eine Möglichkeit zur Reduzierung von FMK dar. Über eine Eliminierung der maximalen Bedarfsratenabweichung der Produktion durch Glättung lassen sich bspw. für den Artikel Normteil laut Entscheidungsmodell die Logistikkosten von 8.511,61 € auf ca. 8.489,77 € reduzieren. Ähnliche Werte ergeben sich bei den anderen identifizierten Maßnahmen. Eine mögliche Reduzierung der FMK von 15 € pro fehlender Artikeleinheit auf 10 € durch flexiblen Personaleinsatz würde in Logistikkosten in Höhe von 8.466,61 € münden. In beiden Fällen ist der Servicegrad ebenfalls bei 100 % anzustreben, da bei dem Artikel mit geringen Kosten teure Störungen vermieden werden können. Durch Multiplikatoreffekte bei anderen Artikeln ist durch die Verfolgung der Maßnahmen eine globale Senkung der FMK von signifikantem Ausmaß zu erwarten.

Die Erkenntnisse aus der Validierung sind im Zuge einer iterativen Entwicklungsschleife zurück in die Ausgestaltung des Software-Demonstrators geflossen, um eine aufwandsarme praktische Nutzbarkeit sicherstellen zu können. Die Validierung hat gezeigt, dass eine besondere branchenspezifische Anpassung des Demonstrators nicht erforderlich ist, dass sich in der Branche die betrieblichen Strukturen z. T. stark unterscheiden. Somit sichert die verfolgte Strategie, ein möglichst großes Spektrum von Anforderungen abzudecken, die Einsetzbarkeit des Demonstrators ab.

4.5.8 Validierung der Studienergebnisse

Um das im Antrag angegebene Ziel der Validierung der Erkenntnisse der empirischen Studie zu erreichen, sind die Ergebnisse bei Arbeitstreffen mit den Projektpartnern und beim zweiten Treffen des Projektbegleitenden Ausschusses vorgestellt und diskutiert worden. Die Projektpartner haben ihre betrieblichen Umstände in den Ergebnissen der Studie wiedergefunden, wobei in Abhängigkeit der hergestellten Produkte und Betriebsstrukturen unternehmensspezifische Nuancen auftreten. Die

Aktualität der Fragestellung des Vorhabens ist bestätigt worden: Durch reduzierte Kapazitäten bei den Lieferanten im Zuge der Wirtschaftskrise 2008/2009 führte die im Projektbearbeitungszeitraum positive Konjunkturentwicklung zu Lieferengpässen und schwankenden Lieferzeiten. Hierdurch entstanden ähnlich wie zum Zeitpunkt der Antragstellung wieder verstärkt FMK. Durch diesen Umstand wird die Wichtigkeit der Verfügbarkeit von entscheidungsunterstützenden Methoden im Kontext von FMK erneut unterstrichen.

Die Verbreitung der Ergebnisse an die interessierte Öffentlichkeit ist dem angehängten Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft zu entnehmen.

Die in AP 6 durchgeführte Validierung sichert eine aufwandsarme praktische Nutzbarkeit der im Vorhaben entwickelten Methode durch kmU ab. Hierdurch wird sichergestellt, dass kmU ihre artikelspezifischen Servicegrade zielgerichtet im Spannungsfeld von FMK und Lager- sowie Beschaffungskosten positionieren und damit ihre Wirtschaftlichkeit erhöhen können.

5 Innovativer Beitrag und wirtschaftlicher Nutzen

5.1 Voraussichtliche Nutzung der angestrebten Forschungsergebnisse

Der Nutzen des Vorhabens wird als hoch eingeschätzt. Die erzielten Ergebnisse sind für große Teile des produzierenden Sektors geeignet. Die relevanten Wirtschaftszweige beschäftigen ca. 9 % der Erwerbstätigen, welche mit 535 Mrd. Euro ca. ein Viertel des Bruttoinlandsproduktes erwirtschaften [Sta07]. Prinzipiell eignen sich die erzielten Ergebnisse für jedes produzierende Unternehmen, das ein Vorratslager unterhält und eine größere Anzahl an Produktvarianten herstellt. Mit dem frei verfügbaren Software-Demonstrator und dem Handlungsleitfaden kann jedes interessierte Unternehmen die Forschungsergebnisse individuell anpassen und Kostensenkungspotenziale realisieren. Außerdem erlaubt die Kenntnis über die im Unternehmen auftretenden FMK, zielgerichtet Verbesserungsmaßnahmen zu finden, durchzuführen und im Vorfeld deren Wirkung abzuschätzen. Die erzielten Ergebnisse können daher schnell einer praktischen Anwendung zugeführt werden.

Daneben bieten die erreichten Forschungsergebnisse Ansatzpunkte für weitere Forschungstätigkeiten. Bereits während der Laufzeit des Forschungsprojekts hat ein Austausch mit Wissenschaftlern der Helmut-Schmidt-Universität der Bundeswehr in Hamburg stattgefunden, welche sich mit wissensbasierten Expertensystemen im Kontext von FMK auseinandersetzen. Durch Veröffentlichungen und die Internetpräsenz des Projektes ausgelöste Anfragen von Unternehmen aus dem europäischen Raum unterstreichen die Praxisrelevanz der Ergebnisse. Mögliche Ansatzpunkte für die erweiterte Erschließung der Ergebnisnutzung ist z. B. die Implementierung des Entscheidungsmodells in ERP- und MES-Lösungen. Wissenschaftlicher Forschungsbedarf besteht bspw. in der Untersuchung der Entstehung von FMK in Produktionsnetzwerken. Darüber hinaus zeigen Erkenntnisse aus dem neuen Forschungsschwerpunkt der Forschungsstelle im Themenfeld „Innovationen bei der Herstellung großskaliger Produkte“, dass gerade bei komplexen und kapitalintensiven großskaligen Produkten die FMK-Problematik besonders ausgeprägt ist und durch die Entwicklung spezieller Planungsmethoden gewichtige Kosteneinsparungs- und logistische Leistungssteigerungspotenziale gehoben werden können.

5.2 Möglicher Beitrag zur Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit kleiner und mittlerer Unternehmen

Engpässe von Lieferanten sind in der deutschen Industrie für die Entstehung von FMK in der Produktion durch Betriebsunterbrechungen, unnötig liegendes Material oder aufwändige Umplanungen verantwortlich. Dies bedeutet eine Einschränkung der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen. Zugleich verursachen Sicherheitsbestände zur Absicherung gegen Risiken hohe Kapitalbindungskosten im Lager und schränken ebenfalls die Wirtschaftlichkeit von Unternehmen ein. Indem durch das entwickelte Entscheidungsmodell speziell für kmU eine Möglichkeit zur Bestimmung wirtschaftlicher Servicegrade besteht, können diese sich gezielt in dem zuvor beschriebenen Spannungsfeld positionieren. Durch die erzielten Ergebnisse des Vorhabens besteht im Einzelnen folgender Nutzen:

- Das Wissen über Einflussgrößen auf FMK und Ansatzpunkte zu ihrer Beeinflussung ermöglicht kmU ein vertieftes Verständnis für die Wirkzusammenhänge, die zu FMK führen können. Durch eine positive Beeinflussung betrieblicher Gegebenheiten können FMK gezielt gesenkt werden. Dies gilt insbesondere für die Wahl anforderungsgerechter Servicegrad und hiermit korrespondierender Bestandshöhen im Beschaffungslager.
- Die Erfassung von FMK mit der entwickelten Quantifizierungsfunktion ermöglicht kmU erstmals eine umfassende Bestimmung des monetären Schadens durch fehlendes Material in der Produktion. Es steht eine wichtige Grundlage für betriebliche Entscheidungen zur Verfügung, die es in dieser Form bisher noch nicht gegeben hat.
- Für kmU ergibt sich aus den Ergebnissen der empirischen Studie die Möglichkeit, sich in Bezug auf FMK selbst einzuschätzen.
- Das entwickelte Entscheidungsmodell und der Software-Demonstrator ermöglichen kmU, ihre Servicegrade (und die dafür erforderlichen Lagerbestände) gezielt im Spannungsfeld von FMK und Lager-/Beschaffungskosten zu positionieren. Damit können kmU ihre Wirtschaftlichkeit signifikant steigern. Lagerlogistik und Produktion werden aufeinander abgestimmt. Unnötige Bestände werden vermieden und hohen Kosten durch eine Störung der Produktion vorgebeugt. Die übersichtliche Gestaltung des Software-Demonstrators und die automatische Bestimmung der Positionierung ermöglichen kmU eine aufwandsarme Anwendung. Durch die vorwettbewerbliche Gestaltung können kmU den Software-Demonstrator leicht auf ihre Bedürfnisse anpassen. Die Verwendung von Microsoft Excel und VBA sichert eine Anwendbarkeit ohne den vorherigen Erwerb teuer Spezialsoftware ab.
- Der Handlungsleitfaden unterstützt kmU bei der praktischen Anwendung des Entscheidungsmodells. Anwendungsfehler werden vermieden und die richtige Anwendung der Methodenschritte gewährleistet. Durch die Ergebnisse des Entscheidungsmodells kann Liquidität durch Bestandsreduktion freigesetzt

oder teure Störungen in der Produktion durch eine Verbesserung der Versorgung mit Material vermieden werden.

- kmU können durch die Anwendung des Entscheidungsmodells im Regelkreis auf Dauer eine wirtschaftliche Positionierung der Lagerbestände sicherstellen, wodurch sich ein Unternehmen im Bereich minimaler Kosten an der Schnittstelle zwischen Lager und Produktion bewegen kann.

Zusammenfassend ist zu erwarten, dass die Kenntnis relevanter Einflussgrößen auf FMK, die Anwendung des Entscheidungsmodells und die Handlungsempfehlungen zur Reduzierung von FMK Unternehmen helfen werden, ihre Marktposition langfristig zu verbessern.

6 Verwendung der Zuwendung

Das Projekt wurde am IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH vom 01.09.2009 bis zum 30.06.2011 von einem wissenschaftlichen Mitarbeiter (TVL E 13) mit fundierten Kenntnissen im Bereich der Produktionslogistik bearbeitet. Der wissenschaftliche Mitarbeiter ist während der Projektlaufzeit durch eine studentische Hilfskraft unterstützt worden, die bei Literaturrecherchen, der empirischen Studie und der Implementierung des Software-Demonstrators mitgewirkt hat.

7 Umsetzung der Forschungsergebnisse / Transfer der Ergebnisse in die Wirtschaft

Erste Schritte zum Ergebnistransfer sind während der Projektlaufzeit durchgeführt worden. Weitere Maßnahmen zur Verwertung und Verbreitung der Projektergebnisse sind im Anschluss an das Projekt vorgesehen.

Über den Austausch zwischen Forschungsstelle und den Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses sowie weiteren interessierten Unternehmen hat bereits ein erster Wissenstransfer stattgefunden. Dieser ist die Basis für die praktische Umsetzbarkeit der Ergebnisse. Die Mitglieder des projektbegleitenden Ausschusses sind in der untenstehenden Tabelle aufgeführt:

Tabelle 6: Mitglieder des projektbegleitenden Ausschusses

Unternehmen	KMU	Ansprechpartner	Telefonnummer
HPE-Mertens GmbH	X	Herr Robin Benecke	+49 (0) 51 30 / 60 93 - 550
Industriehydraulik Horst Müller GmbH	X	Herr Karl-Heinz Ramme	+49 (0) 511 / 46 22 -40
Koller Maschinen- und Anlagenbau GmbH		Herr Sergey Prodan	+49 (0) 51 41 / 98 98 - 524
Prinz Technik Hydraulik Schwerin GmbH	X	Herr Rainer Poerschke	+49 (0) 385 / 64 25 -246
Weber-Hydraulik GmbH	X	Herr Dieter Holzwarth	+49 (0) 71 35 / 71 -440
Wessel Hydraulik GmbH	X	Frau Sabine Weichelt	+49 (0) 44 21 / 991 -127
Forschungsfonds Fluidtechnik im VDMA		Herr Peter-Michael Synek	+49 (0) 69 / 66 03 -1513

Die bereits durchgeführten und noch geplanten Transfermaßnahmen sind dem Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft in Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7: Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft (spezifische durchgeführte und geplante Transfermaßnahmen)

Maßnahme	Ziel	Rahmen	Zeitraum
Im Berichtszeitraum umgesetzte Transfermaßnahmen			
A Projektbegleitender Ausschuss	Fortlaufende Beratung über die geplanten und erzielten Projektergebnisse zur Gewährleistung der Praxisrelevanz	Vorstellung des Projekts, der geplanten Ergebnisse und Diskussion der geplanten Arbeiten	03.11.2009
		Vorstellung erster Ergebnisse (Einflussgrößenkatalog, empirische Studie, Entscheidungsmodell)	23.09.2010
		Abschließende Vorstellung der erzielten Ergebnisse	22.06.2011
B Information der interessierten Fachöffentlichkeit, insbesondere kmU	Ergebnistransfer in die Wirtschaft	Aufbau und Pflege einer projektbegleitenden Homepage (http://www.fehlmengenkosten.iph-hannover.de)	Ab September 2009
		Implementierung einer internetgestützten Umfrage auf der Projekthomepage (http://www.fehlmengenkosten.iph-hannover.de)	Mai 2010
		Veröffentlichung Gärtner, H.; Nyhuis, P.; Prüssing, P.: Fehlmengenkosten in der Produktion. In: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag München, 105. Jg. (2010), H. 5, S. 444-449.	Mai 2010

Maßnahme	Ziel	Rahmen	Zeitraum
Im Berichtszeitraum umgesetzte Transfermaßnahmen			
B Information der interessierten Fachöffentlichkeit, insbesondere kmU	Ergebnis-transfer in die Wirtschaft	Veröffentlichung Prüssing, P.: Bestände ohne Ende? Wege zu einem angemessenen Servicegrad. In: IPH – Jahresbericht 2009.	Frühjahr 2010
		Veröffentlichung Gärtner, H.: Fehlmengenkosten als Grundlage zur Bestimmung des Servicegrads von Lager-Artikeln. Dissertation Leibniz Universität Hannover, PZH-Verlag, Garbsen 2011.	24.06.2011
		Herausgabe einer Pressemitteilung (http://www.firmenpresse.de/pressinfo114779.html http://www.mm-logistik.vogel.de/management-it/articles/228055/)	01.09.2009 03.09.2009
		Bekanntmachung des Forschungsprojekts im Rahmen einer empirischen Studie in Kooperation mit dem VDMA; u. a. durch Durchführung der Umfrage am Rande einer Informationsveranstaltung des VDMA Forschungsfonds Fluidtechnik am 17.06.2010	II. und III. Quartal 2010

Maßnahme	Ziel	Rahmen	Zeitraum
Im Berichtszeitraum umgesetzte Transfermaßnahmen			
C Weiterbildung während der Projektlaufzeit	Akademische Ausbildung	Vorstellung des Projekts und erster Projektergebnisse in einem Vorlesungsbeitrag an der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften in Salzgitter vor Studenten des Studiengangs „Verkehr und Logistik“	10.11.2009
		Betreuung der Diplomarbeit „Fehlmengenkosten bei der Herstellung großskaliger Produkte in der Baustellenproduktion“; Volker Müller, Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig (FH)	Mai bis November 2010
		Betreuung der Bachelorarbeit „Kennlinienbasierte Analyse der Auswirkungen von Fehlteilen auf die logistische Zielerreichung“; Ingo Köster, Leibniz Universität Hannover	Januar bis März 2011
	Dissertation	Dissertation „Fehlmengenkosten als Entscheidungsgrundlage zur Bestimmung des Servicegrads von Lager-Artikeln“; Henner Gärtner, Leibniz Universität Hannover	24.06.2011

Maßnahme	Ziel	Rahmen	Zeitraum
Nach dem Berichtszeitraum geplante Transfermaßnahmen			
B Information der interessierten Fachöffentlichkeit, insbesondere kmU	Ergebnistransfer in die Wirtschaft	Veröffentlichung Nyhuis, P.; Prüssing, P.; N. N.: Ergebnisse einer empirischen Studie zu Fehlmengenkosten in der Produktion. In: ZWF. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. Ende 2011 / Anfang 2012.	Ende 2011 / Anfang 2012
		Download des Software-Demonstrators und Handlungsleitfadens auf der projektbegleitenden Internet-Homepage (http://www.fehlmengenkosten.iph-hannover.de)	ab Oktober 2011
D Weiterbildung nach der Projektlaufzeit	Qualifizierung von Mitarbeitern aus kmU	Aufnahme der Projekthalte in das Seminarprogramm des IPH	ab 2012
	Akademische Ausbildung	Übernahme der Projektergebnisse in die Lehre der Leibniz Universität Hannover, Betreuung an die Projektergebnisse anknüpfender Diplom-, Studien-, Bachelor-, Masterarbeiten und Praktika	ab 2012
E Weiterentwicklung der Forschungsergebnisse	Nutzung der erzielten Projektergebnisse für weitere Forschungsvorhaben	Nutzung der erzielten Projektergebnisse für weitere Forschungsvorhaben	ab Ende 2011

8 Durchführende Forschungsstelle

Das IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH ist eine gemeinnützige Forschungseinrichtung, die eng mit der Universität Hannover kooperiert. Die Gesellschafter des IPH, Prof. Behrens, Prof. Overmeyer und Prof. Nyhuis, sind gleichermaßen Inhaber produktionstechnischer Lehrstühle an der Universität Hannover. Die Gliederung des IPH in die drei Abteilungen „Prozesstechnik“, „Produktionsautomatisierung“ und „Logistik“ spiegelt die Ausrichtung dieser Lehrstühle wider.

Während die universitären Mutterinstitute des IPH hauptsächlich den Bereich der Grundlagenforschung abdecken, widmet sich das IPH hauptsächlich der anwendungsorientierten Forschung und Entwicklung. Das IPH wurde 1988 mit Unterstützung des niedersächsischen Wirtschaftsministeriums gegründet und ist besonders der technologischen Förderung mittelständischer Industriebetriebe verpflichtet. Der Technologietransfer von der Universität in die Industrie erfolgt dabei hauptsächlich über gemeinsam mit der Industrie durchgeführte, öffentlich geförderte Verbundforschungsprojekte sowie über Fortbildungsseminare und Arbeitskreise für spezielle Zielgruppen aus Industrie und Handel. Darüber hinaus stellt das IPH laufend in einer Vielzahl ausschließlich industriefinanzierter Beratungsprojekte seine Praxisorientierung und Wettbewerbsfähigkeit unter Beweis.

8.1 Leiter der Forschungsstelle

IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH

Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis

Geschäftsführender Gesellschafter des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH, Hollerithallee 6, 30419 Hannover, Tel.: 0511/27976-119

Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer

Geschäftsführender Gesellschafter des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH, Hollerithallee 6, 30419 Hannover, Tel.: 0511/27976-119

Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens

Geschäftsführender Gesellschafter des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH, Hollerithallee 6, 30419 Hannover, Tel.: 0511/27976-119

Dr.-Ing. Dipl.-Oec. Rouven Nickel

Koordinierender Geschäftsführer des IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH, Hollerithallee 6, 30419 Hannover, Tel.: 0511/27976-119

8.2 Projektleiter

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Patrick Prüssing

Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Logistik des IPH

Hannover, 12.10.2011

Prof. Dr.-Ing. habil.

Peter Nyhuis

Geschäftsführender Gesellschafter

Dr.-Ing. Dipl.-Oec.

Rouven Nickel

Koordinierender Geschäftsführer

9 Förderhinweis

Das IGF-Vorhaben 16188 N/1 der Forschungsvereinigung Bundesvereinigung Logistik e. V. (BVL) wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Für die Förderung sei an dieser Stelle gedankt.

10 Literaturverzeichnis

- [Abe94] Abels, H.; Anagnostou, E.; Brockmann, K.-H.: Wie gut ist Ihre Logistik?: Richtwerte-Katalog für Produktionsunternehmen. Verlag TÜV Rheinland, Köln 1994.
- [Als81] Alscher, J.; Schneider, H.: Zur Diskussion von Fehlmengenkosten und Servicegrad. Universität Berlin, Berlin 1981.
- [Arn01] Arnolds, H., Heege, F. Tussing, W.: Materialwirtschaft und Einkauf: praxisorientiertes Lehrbuch. 10. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden 2001.
- [Bie08] Biedermann, H.: Ersatzteilmanagement – Effiziente Ersatzteillogistik für Industrieunternehmen. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2008.
- [Bot78] Botta, V.: Der Einfluß von Fehlmengen und Fehlmengenkosten auf die Bestimmung der optimalen Bestellmenge. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Gabler Verlag, 48. Jg. (1978), H. 9, S. 764--791.
- [Bru70] Brunnberg, J. : Optimale Lagerhaltung bei ungenauen Daten. Gabler Verlag, Wiesbaden 1970.
- [Ess96] Esser, H.: Integration von Produktionslogistik und Montageplanung und -steuerung. Shaker Verlag, Aachen, 1996.
- [Fra00] Esser, H.: Integration von Produktionslogistik und Montageplanung und -steuerung. Shaker Verlag, Aachen, 1996.
- [Fra84] Franken, R.: Materialwirtschaft – Planung und Steuerung des betrieblichen Materialflusses. Kohlhammer, Stuttgart u. a. 1984.
- [Frü05] Frühwald, C., Rieger, A., Wolter, C.: Beschaffungslogistik - Potenziale erfolgreich quantifizieren. In: wt Werkstattstechnik online, 95. Jg. (2005), H. 5, S. 422 - 426.
- [Gär08] Gärtner, H.: Kostenminimaler Servicegrad gegenüber der Produktion bestimmt Anforderungen an Lieferanten. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Hanser Verlag, 103. Jg. (2008), H. 12, S. 837-840.
- [Glä95] Gläßner, J.: Modellgestütztes Controlling der beschaffungslogistischen Prozesskette. VDI-Verlag, Düsseldorf 1995.

- [Goe05] Goerke, M.: Trumpfkarte ausspielen. In: MM Logistik, Vogel Industrie-Medien GmbH & Co. KG, H. 7, 2005, S. 26-28.
- [Gud05] Gudehus, T.: Logistik – Grundlagen, Strategien, Anwendungen. 3. neu bearbeitete Auflage, Springer Verlag, Berlin u. a. 2005.
- [Gün07] Günther, H.-O., Tempelmeier, H.: Produktion und Logistik. 7. überarbeitete Auflage, Springer Verlag, Berlin u. a. 2007.
- [Har02] Hartmann, H.: Materialwirtschaft: Organisation, Planung, Durchführung, Kontrolle. Deutscher Betriebswirte-Verlag, Gernsbach 2002.
- [Her04] Herrmann, N.: Höhere Mathematik für Ingenieure, Physiker und Mathematiker. Oldenbourg Verlag, München Wien 2004.
- [Ind07a] Inderfurth, K.; Schulz, T.: Zur Exaktheit der Lagerkennlinie nach Nyhuis und Wiendahl, In: Otto, A.; Obermaier, R. (Hrsg.): Logistikmanagement - Analyse, Bewertung und Gestaltung logistischer Systeme. DUV, Wiesbaden 2007.
- [Ind07b] Inderfurth, K.; Schulz, T.: Lagerhaltungstheoretische Analyse der Lagerkennlinien nach Nyhuis/Wiendahl. In: Corsten, H.; Missbauer, H. (eds.): Produktions- und Logistikmanagement. Verlag Vahlen, München 2007.
- [Ind08] Inderfurth, K.; Schulz, T.: Zur optimalen Parametrisierung der Lagerkennlinie nach Nyhuis/Wiendahl. In: Nyhuis, P. (Hrsg.): Beiträge zu einer Theorie der Logistik. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2008.
- [Kol78] Kollerer, H.: Die betriebswirtschaftliche Problematik von Betriebsunterbrechungen. Erich Schmidt Verlag, Berlin 1978.
- [Kot66] Kottke, E.: Die optimale Beschaffungsmenge. Duncker & Humboldt Verlag, Berlin 1966.
- [Krü04] Krüger, R.: Das Just-in-Time-Konzept für globale Logistikprozesse. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden 2004.
- [Kur05] Kurbel, K.: Produktionsplanung und -steuerung im Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management. Oldenbourg Verlag, München Wien 2005.
- [Lut02] Lutz, S.: Kennliniengestütztes Lagermanagement. VDI-Verlag, Düsseldorf 2002.

- [Mel94] Melzer-Ridinger, R.: Materialwirtschaft. R. 3. verbesserte Auflage, Oldenbourg Verlag, München u.a. 1989.
- [Mer01] Merziger, G.; Mühlbach, G.; Wille, D.; Wirth, T.: Formeln + Hilfen zur höheren Mathematik. Binomi Verlag, Springe 2001.
- [Neu96] Neumann, K.: Produktions- und Operationsmanagement. Springer Verlag, Berlin u. a. 1996.
- [Nyh03] Neumann, K.: Produktions- und Operationsmanagement. Springer Verlag, Berlin u. a. 1996.
- [Olf98] Olfert, K. (Hrsg.): Materialwirtschaft. Kiehl Verlag, Ludwigshafen 1998.
- [Paw07] Pawellek, G.: Produktionslogistik - Planung, Steuerung, Controlling. Carl Hanser Verlag, München 2007.
- [Rei06] Reichmann, T.: Controlling mit Kennzahlen und Management-Tools. 7. Auflage, Verlag Franz Vahlen, München 2006.
- [Sch77] Schmid, O.: Modelle zur Quantifizierung der Fehlmengenkosten als Grundlage optimaler Lieferservicestrategien bei temporärer Lieferunfähigkeit. Verlag Harri Deutsch, Frankfurt am Main 1977.
- [Sch85] Schmid, O.: Modelle zur Quantifizierung der Fehlmengenkosten als Grundlage optimaler Lieferservicestrategien bei temporärer Lieferunfähigkeit. Verlag Harri Deutsch, Frankfurt am Main 1977.
- [Schö07] Schönsleben, P.: Integrales Logistikmanagement. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2007.
- [SCOR10] Supply-Chain Operations Reference-Model –SCOR Version 10.0, Pittsburgh, Pennsylvania 2010
- [Sta07] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Statistische Wochenberichte, www.statistisches-bundesamt.de, 31.08.2007.
- [Tem05] Tempelmeier, H.: Bestandsmanagement in Supply Chains. 2. Auflage, Books on Demand, Norderstedt 2005.

- [Vdm08] Fachverband Fluidtechnik im VDMA: Fluidtechnik- Umsätze 2003 bis 2007.
<http://www.vdma.org/wps/wcm/resources/file/eb2593072dd07ba/Statistikbersicht%202003%20bis%202007.pdf>, 10.07.2008.
- [Wan07] Wannenwetsch, H.: Integrierte Materialwirtschaft und Logistik. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2007.
- [Web02] Weber, J.: Logistikkostenrechnung, 2. Auflage., Springer Verlag, Berlin 2002.
- [Wie05] Wiendahl, H.-P.: Betriebsorganisation für Ingenieure. Carl Hanser Verlag, München 2005.

11 Abbildungsverzeichnis

Bild 1: Struktur des Entscheidungsmodells und Integration in die Methode zur Positionierung des Servicegrads	5
Bild 2: Identifizierte FMK-Arten und erarbeiteter Klassifizierungsansatz	10
Bild 3: Auszug aus aufgenommenen Erwartungen sowie Anforderungen an das Vorhaben	13
Bild 4: Auszug aus dem Katalog mit Einflussgrößen auf FMK	15
Bild 5: Bestimmung des Sicherheitsbestands nach der Wurzelformel (Quelle: in Anlehnung an [Lut02, Nyh03])	16
Bild 6: Zuordnung Einflussfaktoren zu quantifizierbaren Größen und Überführung in Wirkmatrix (Auszug)	18
Bild 7: Branchenübergreifende Umfrage - Auswirkungen von fehlendem Material..	24
Bild 8: Branchenspezifische Umfrage (Hydraulikbranche) - Ursachen für FMK-Entstehung	25
Bild 9: Branchenübergreifende Umfrage - bei FMK-Ermittlung zu berücksichtigende FMK-Arten	26
Bild 10: Branchenspezifische Umfrage (Hydraulikbranche) - Maßnahmen zur FMK-Vermeidung	28
Bild 11: Übersicht über die Servicegradkennlinie (Quelle: in Anlehnung an [Lut02])	30
Bild 12: Vergleich von modellgestützter und empirisch fundierter FMK-Funktion....	35
Bild 13: Über die Servicegrad-Kosten-Kennlinie ermitteltes Optimum mit möglichem Entscheidungsspielraum.....	41
Bild 14: Eingangsmaske des Software-Demonstrators LoPos.....	42
Bild 15: Auswertungsbildschirm von LoPos	43
Bild 16: Darstellung der Servicegrad-Logistikkostendiagramme in LoPos.....	44
Bild 17: Bestandteile des entwickelten Handlungsleitfadens	45
Bild 18: Übersicht der Methodenstruktur zur Positionierung	46
Bild 19: Potenziale im Rahmen einer durchzuführenden Positionierung des Servicegrads.....	48
Bild 20: Auszug aus dem Maßnahmenkatalog zur FMK-Senkung.....	49
Bild 21: Anwendung des Entscheidungsmodells in Analogie eines Regelkreises mit Stör-, Stell- und Regelgrößen	50
Bild 22: Ergebnisse der FMK-Erfassung - Verteilung der FMK-Arten für Artikel	52
Bild 23: Durch Anwendung des Entscheidungsmodells identifizierte Potenziale für Servicegrad und Logistikkosten.....	54
Bild 24: Servicegrad-Kosten-Diagramme der betrachteten Artikel.....	55
Bild 25: Ergebnisse der Literaturanalyse hinsichtlich FMK	81

12 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die Vor- und Nachteile der Servicegradkennlinie (Quelle: eigene Darstellung nach [Ind08, Ind07a, Ind07b])	31
Tabelle 2: Bestandteile der Beschaffungskosten (Quelle: in Anlehnung an [Bie08, Schö07, Wan07])	36
Tabelle 3: Übersicht über die Bestandteile der Lagerhaltungskosten nach [Har02].	38
Tabelle 4: Aufgenommene Artikelstammdaten	53
Tabelle 5: Artikelklassenspezifische Servicegradempfehlungen sowie alternative Beschaffungsmodelle (Quelle: in Anlehnung an [Kur05, Wie05, Frü05, Har02])	56
Tabelle 6: Mitglieder des projektbegleitenden Ausschusses	62
Tabelle 7: Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft (spezifische durchgeführte und geplante Transfermaßnahmen)	63
Tabelle 8: Bestandteile von FMK (Quelle: in Anlehnung an [Bie08, Gud07, Har02, Rei06, Fra00, Als81, Kol78])	82
Tabelle 9: Bestandteile der Produktionsunterbrechungskosten (Quelle: in Anlehnung an [Kol78])	83

13 Symbolverzeichnis

Symbol	Bedeutung
a_{Eil}	Artikelspezifischer Eilbeschaffungsanteil [%]
BL_0	Losbestand [ME]
BL_m	Mittlerer Lagerbestand [ME]
BL_1	Praktisch minimaler Grenzbestand [ME]
BR_m	Mittlere Bedarfsrate [ME/ZE]
C	C-Norm-Wert [0;1]
$c_{prod,stick}$	Einsatzkoeffizient fehlender Artikeleinheiten pro Einheit eines Zwischenprodukts [ME/ME]
i	Index eines von $n_{unterbr}$ von einer Betriebsunterbrechung betroffenen Arbeitssystemen ($i = 1, 2, \dots, n_{unterbr}$) [-]
j	Index eines in fehlmengenbedingte Umplanungsmaßnahmen involvierten Mitarbeiters der Arbeitsplanung ($j = 1, 2, \dots, n_{disp, pers}$) [-]
$K_{Fehl,emp}(SG_g)$	Gesamte empirisch ermittelte FMK für Artikel in Betrachtungsperiode [GE]
$k_{fehl,stick}$	Fehlmengenkosten verursacht durch eine fehlende Artikeleinheit [GE/ME]
k_{lfd}	Durchschnittlicher Kostensatz für laufende Stillstandskosten am Arbeitssystem [GE/ZE]
K_{sz}	Durchschnittliche einmalige Stillsetzungskosten für Betriebsunterbrechung an Arbeitssystem [GE]
K_{wa}	Durchschnittliche einmalige Wiederanlaufkosten nach Betriebsunterbrechung an Arbeitssystem [GE]
$K_{Fehl,mod}$	Fehlmengenkosten im Betrachtungszeitraum ermittelt mit modellgestütztem Ansatz
k_{perso}	Personalkostensatz [GE/ZE]

k_{mach}	Durchschnittlicher Maschinenstundensatz des Arbeitssystems [GE/ZE]
$K_{rüst}$	Durchschnittliche Losfixe Rüstkosten (Auf- und Abrüsten) [GE]
k_{Best}	Bestellabwicklungskosten [GE]
k_{Dispo}	Dispositionskosten [GE]
k_{Mon}	Lieferantenmonitoringkosten [GE]
k_{Zu}	Zugangskosten administrativ [GE]
k_{Hand}	Handlingkosten Wareneingang [GE/LHM]
k_{WE}	Wareneingangskosten [GE/LHM]
k_{QS}	Warenprüfungskosten [GE/LHM]
k_{Ein}	Einlagerungskosten pro [GE/LHM]
kap_{LHM}	Kapazität pro LHM in Einheiten [ME/LHM]
k_{Platz}	Lagerplatzkosten in [GE/Platz]
$k_{AbschrGebäude}$	Abschreibungen p. a. für Lagergebäude in [GE]
$k_{AbschrInfra}$	Abschreibungen p. a. für Lagerinfrastruktur in [GE]
$k_{LagerFix}$	Lagerfixkosten p. a. [GE]
k_{Eil}	Eilbeschaffungskostensatz [GE/ME]
$k_{lfd,i}$	Kostensatz für laufende Stillstandskosten an Arbeitssystem i [GE/ZE]
$K_{sz,i}$	Einmalige Stillsetzungskosten für Betriebsunterbrechung an Arbeitssystem i [GE]
$K_{unterbr}$	Betriebsunterbrechungskosten [GE]
$K_{wa,i}$	Einmalige Wiederanlaufkosten nach Betriebsunterbrechung an Arbeitssystem i [GE]
K_{kap}	Kapitalbindungskosten [GE]

K_{leer}	Leerkosten [GE]
$k_{\text{masch},p}$	Maschinenstundensatz von Arbeitssystem p [GE/ZE]
$k_{\text{pers},h}$	Personalkostensatz [GE/ZE]
$K_{\text{los},abw}$	Kosten der Losgrößenabweichung [GE]
$K_{\text{rüst}}$	Losfixe Rüstkosten [GE]
$k_{\text{pers},h}$	Personalkostensatz [GE/ZE]
K_{dispo}	Dispositionskosten [GE]
l	Index eines in die Fehlteilsuche involvierten Mitarbeiters ($l = 1, 2, \dots, n_{\text{such},mat}$) [-]
$LV_{v,m}$	Mittlerer Lieferverzug der verspäteten Teile [ZE]
LV_m	Mittlerer Lieferverzug [ZE]
LV_0	Mittlerer Grenzlieferversuch [ZE]
$M_{\text{fehl},per}(SG_g)$	Periodenfehlmenge für Artikel [ME]
m_{abw}	Durchschnittliche prozentuale Losgrößenabweichung durch Fehlmengenereignis in Dezimaldarstellung
$m_{\text{auftr},o}$	Anzahl nicht direkt von Fehlmenge betroffener Zwischenprodukte, die wegen fehlmengenbedingter Störung vor betroffenem Arbeitssystem warten müssen [ME]
m_{fehl}	Fehlmenge [ME]
$m_{\text{los},gepl}$	Ursprünglich geplante, kostenoptimale Losgröße [ME]
$n_{\text{auftr},warten}$	Anzahl nicht direkt von Fehlmenge betroffener, aber störungsbedingt wartender Aufträge [-]
n_{leer}	Anzahl der von einer Leerlaufsituation betroffenen Arbeitssysteme
$n_{\text{pers},as,p}$	Anzahl Mitarbeiter an Arbeitssystem p [MA]
n_{fehl}	Durchschnittliche Anzahl Fehlmengenereignisse pro Betrachtungszeitraum [-]

n_{perso}	Durchschnittliche Mitarbeiteranzahl am Arbeitssystem [-]
$n_{unterbr}$	Anzahl der von einer Betriebsunterbrechung betroffenen Arbeitssysteme [-]
$n_{such,mat}$	Anzahl in die fehlmengenbedingte Materialsuche involvierter Mitarbeiter [MA]
$n_{dispo,pers}$	Anzahl in fehlmengenbedingte Umplanungsmaßnahmen involvierter Mitarbeiter in der Arbeitsplanung [MA]
$n_{plätze}$	Lagerplatzanzahl
o	Index der vom Fehlmengenereignis indirekt betroffenen Aufträge, zum Beispiel durch störungsbedingte Wartezeiten ($o = 1, 2, \dots, n_{auftr,warten}$) [-]
p	Index eines von n_{leer} von einer Leerlaufsituation betroffenen Arbeitssystemen ($p = 1, 2, \dots, n_{leer}$) [-]
p_{st}	Einstandspreis pro Einheit [GE/ME]
SB	Sicherheitsbestand gegen Planabweichungen [ME]
SG_{α}	α -Servicegrad
SG_{β}	β -Servicegrad
SG_{γ}	γ -Servicegrad
SG_g	Mengengewichteter Servicegrad (β -Servicegrad)
T	Länge Betrachtungsperiode [ZE]
t_{dispo}	Durchschnittliche kumulierte Dispositionszeit für typisches Fehlmengenereignis [ZE]
t_{leer}	Durchschnittliche fehlmengenbedingte Leerlaufzeit am Arbeitssystem [ZE]
$t_{unterbr,i}$	Fehlmengenbedingte Betriebsunterbrechungsdauer an Arbeitssystem i [ZE]
$t_{dispo,pers,j}$	Dispositionszeit für Antizipationsmaßnahmen bei Mitarbeiter j [ZE]
$t_{such,pers,l}$	Suchzeit nach fehlendem Material bei Mitarbeiter l [ZE]

$t_{warten,o}$	Wartezeit Auftrag o vom Fehlmengeneintritt bis zur Weiterbearbeitung [ZE]
t_{feh}	Fehldauer [ZE]
$t_{leer,p}$	Fehlmengenbedingte Leerlaufzeit an Arbeitssystem p [ZE]
w_{auftr}	Durchschnittlicher kumulierter Wert der bei einem Fehlmengenergegnis ungeplant wartenden Aufträge [GE]
$w_{prod,feh}$	Wert pro Einheit des vormontierten, von Fehlmenge betroffenen Vorprodukts [GE/ME]
$w_{prod,o}$	Wert pro Einheit wegen Fehlmenge wartender, aber nicht direkt betroffener Zwischenprodukte eines Auftrags [GE/ME]
$X_{ab,m}$	Durchschnittliche Entnahmelosgröße [ME]
$X_{zu,m}$	Durchschnittliche Beschaffungslosgröße [ME]
z_{Lager}	Lagerzinssatz [%]
z_{kalk}	Kalkulatorischer Zinssatz [%]
z_{risiko}	Obsoleszenzzinssatz [%]
z_{kap}	Auf Bezugsperiode (z. B. Quartal) bzw. Zeiteinheit (z. B. Stunden) normierter Kapitalbindungssatz in Dezimaldarstellung [1/ZE]

14 Anhang

14.1 Wesentliche Literaturquellen zu FMK

Autor	FMK-Berücksichtigung bei Losgrößenplanung Risikokosten infolge von Planabweichungen Zusammenhang FMK und Servicegrad Bedeutung FMK innerhalb der Logistikkosten Definition von Fehlmengenkosten Erläuterung geplante / ungeplante Fehlmengenkosten Erläuterung direkte / indirekte Fehlmengenkosten Abhängigkeiten der Fehlmengenkosten von Einflussgrößen Produktionsunterbrechungskosten							Wesentliche Aussagen aus der Literaturquelle hinsichtlich Fehlmengenkosten	Autorenkürzel
	●								
Kottke ´66	●				●		●	Eine Nichtbefriedigung der Nachfrage verursacht Fehlmengenkosten, die zeit-, mengen- sowie zeit- und mengenabhängig sein können.	[Kot66]
Brunnberg ´70	★				●			Je größer der Fehlmengenkostensatz ist, desto kleiner wird die Differenz zur Lösung der klassischen Losgrößenplanung.	[Bru70]
Schmid ´77			★		★	●	●	Je höher der Fehlmengekostensatz ist, desto höher wird der Servicegrad sein .	[Sch77]
Botta ´78				●				Eine Verfehlung des Servicegrads ist kostenintensiver als eine Berücksichtigung zu hoher Fehlmengenkosten bei der Losarößenbestimmung.	[Bot78]
Alscher ´81			★	●				Eine Verwendung konstanter Fehlmengenkostensätzen ist nicht sinnvoll, weil Fehlmengenkosten von der Nachfragemenge abhängen.	[Als81]
Franken ´84	★							Je größer der Fehlmengenkostensatz ist, desto kleiner wird die Differenz zur Lösung der klassischen Losgrößenplanung.	[Fra84]
Schmidt ´85	★					●		Bei einer Berücksichtigung von Fehlmengen kann ein Lagerhaltungsniveau erreicht werden, das der Nachfrage entspricht.	[Sch85]
Melzer-Ridinger ´94					★		●	Ein Servicegrad von 100% ist aus Kostengründen ökonomisch nicht sinnvoll.	[Mel94]
Neumann ´96	●		●					Je höher der Fehlmengekostensatz, desto höher wird der Beta-Servicegrad sein.	[Neu96]
Francois ´00	★				●	●	●	Die klassische Losgrößenplanung ist für dynamische Losgrößenprobleme mit Zulassen von Fehlmengen nicht geeignet.	[Fra00]
Hartmann ´02			★	●			●	Je höher der Servicegrad, desto geringer die Wahrscheinlichkeit für Fehlmengen.	[Har02]
Weber ´02					★			Fehlmengenkosten setzen sich aus vielen verschiedenen Einflussgrößen zusammen.	[Web02]
Krüger ´04					★			Das Fehlmengenrisiko ist abhängig von der Höhe der Fehlmengen-kosten, der Eintritts- und der Erkennungswahrscheinlichkeit.	[Krü04]
Gudehus ´05		★			●			Die Risikokosten werden als Erwartungswert der Sicherheits- und Fehlmengenkosten in Abhängigkeit der Lieferfähigkeit ermittelt.	[Gud05]
Reichmann ´06				●	★		★	Der optimale Servicegrad ergibt sich im Kostenminimum, der Fehlmengenkosten und der Kosten des Sicherheitsbestands.	[Rei06]
Günther ´07				●				Hohe Fehlmengen verursachen höhere Kosten als Lagerkosten bei geringen Fehlmengen.	[Gün07]
Gärtner ´08				●	★			Die Berücksichtigung der Fehlmengenkosten erhöht den Servicegrad.	[Gär08]

Bild 25: Ergebnisse der Literaturanalyse hinsichtlich FMK

14.2 FMK-Arten

Die einzelnen Bestandteile von FMK schlüsselt die nachfolgende Tabelle in Anlehnung an den aktuellen Stand der Technik auf [Bie08, Gud07, Har02, Rei06, Fra00, Als81, Kol78]. Darüber hinaus wird näher auf mögliche Unterteilungskriterien für FMK eingegangen und ausgewählte Kostenarten näher thematisiert.

Tabelle 8: Bestandteile von FMK (Quelle: in Anlehnung an [Bie08, Gud07, Har02, Rei06, Fra00, Als81, Kol78])

Unterteilung	Bestandteil
Direkte FMK	• Betriebsunterbrechungskosten • Vertraglich bedingte Konventionalstrafen durch nicht rechtzeitig auslieferbare Endprodukte oder Zahlung von Schadensersatz • Umsatzverluste infolge entgangener Deckungsbeiträge, falls der Kunde durch längere Lieferzeiten „abspringt“ • Good-Will- bzw. Image-Verluste
URSACHE: Material wird nicht rechtzeitig oder in ausreichender Qualität in der Produktion oder beim Kunden bereitgestellt	
Indirekte FMK	• Eilfrachten, Sonderfahrten und teurere Transportmittel zur Beschaffung von fehlendem Material • Höhere Einstandspreise (Wegfall von Rabatten, teurere Ersatzlieferanten) • Erhöhter Personalaufwand im Beschaffungs- und Dispositionsbereich • Rüstkosten für Umdisponierungen von Montage- bzw. Fertigungsaufträgen
URSACHE: Maßnahmen mit denen Mangelsituationen aufgefangen oder abgemildert werden sollen	

FMK werden in direkte und indirekte FMK unterschieden. Direkte FMK bezeichnen Kosten, die unmittelbar entstehen, wenn kein Artikel für die Bedarfsbefriedigung zur Verfügung steht. [Har02; Fra00; Arn01]. Indirekte FMK beziehen sich auf die zusätzlichen Kosten für eine Vermeidung oder Verkleinerung der Fehlmengen. Indirekte FMK resultieren aus Anpassungsmaßnahmen zur Reduktion oder Vermeidung einer Fehlmenge [Arn01]. Eine Anpassungsmaßnahme der Logistik kann z. B. ein Fremdbezug von Artikeln sein, der eine fehlmengenbedingte Störung ausgleicht. Eine beispielhafte Anpassungsmaßnahme der Produktion besteht in der Umdisponierung der Auftragsreihenfolge.

FMK werden in der Literatur außerdem in geplante und ungeplante FMK differenziert (vgl. z. B. [Rei06]). FMK sind dann geplant, wenn aufgrund betrieblicher Entscheidungen Fehlmengenereignisse bewusst in Kauf genommen werden und ungeplant, wenn Fehlmengensituationen z. B. durch unerwartete Versorgungsengpässe bei Lieferanten o. ä. entstehen.

Eine wesentliche Ursache von FMK sind fehlmengenbedingte Betriebsunterbrechungen in der Produktion, z. B. Maschinenstillstände. Die hierdurch verursachten FMK sollen hier näher betrachtet werden. Fehlendes Material in der Produktion kann nach REICHMANN UND KOLLERER [Rei06, Kol78] zu Leerkosten führen, d. h. Fixkosten,

denen keine Leistungen gegenüber stehen. Dies betrifft [Kol78]:

- Kapazitätskosten, wie Kapitalkosten, Zinsen und Abschreibungen
- Betriebsbereitschaftskosten für Potenzial- und Repetierfaktoren, wie z. B. Personal- bzw. Energiekosten

Zur Ermittlung von Leerkosten ist von der Differenz des ursprünglich geplanten Zustands und des Nullzustands auszugehen und auf die Fixkosten, inklusive der Personalkosten, des betroffenen Bereichs umzulegen [Rei06]. KOLLERER [Kol78] führt die in der unten dargestellten Tabelle über die Leerkosten hinausgehenden Kosten auf, welche durch einen Produktionsstillstand entstehen.

Tabelle 9: Bestandteile der Produktionsunterbrechungskosten (Quelle: in Anlehnung an [Kol78])

Produktionsunterbrechungskosten				
Stillstandskosten (abhängig von Unterbrechungsdauer)			Übergangskosten (unabhängig von Unterbrechungsdauer)	
Laufende Stillstandskosten	Einmalige Stillstandskosten		Stillsetzungs- kosten	Inbetriebsetz- ungskosten
• Wartungskosten für stehende Maschinen • Wertminderungskosten für stillstandsbedingten Verschleiß und Alterung von Rohstoffen • Kapitalbindungskosten für liegende Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe	Stilllegungskosten Z. B. Reinigungsaufwand nach dem Stillsetzen (kein Personalaufwand)	Wiederinbetriebnahmekosten Aufwand für Aufheben von Schäden nach der Stilllegung (z. B. auszu-tauschende Betriebsstoffe)	Aufwand z. B. infolge von Ausschuss-Produktion beim Maschinen-auslauf	Aufwand für Anlaufvorgänge, z. B. durch Einfahrausschuss oder Aufheizvorgänge

Eine gesondert aus den Produktionsunterbrechungskosten herauszustellende FMK-Art sind die Kapitalbindungskosten. Sie entstehen, wenn im Bereich der Produktion bereits freigegebene und in Bearbeitung befindliche Aufträge durch fehlendes Material ungeplant auf ihre Weiterbearbeitung warten müssen, z. B. bei einem Produktionsstillstand. Sie können jedoch auch entstehen, wenn Aufträge in der Montage nicht zum geplanten Zeitpunkt zur Bearbeitung freigegeben werden können, weil noch einzelne Artikel fehlen.

Durch Umdisponieren von Auftragsreihengfolgen in der Produktion sind fehlmengenbedingte Stillstände nach Möglichkeit zu vermeiden. Hierdurch entstehen Dispositionskosten als weitere FMK-Art. Umdisponierungen verursachen neben zusätzlichen Personalkosten außerdem Rüstkosten.

Wird eine Produktion in Losen durchgeführt, so kann bei unvollständigen Materialpositionen im Kontext eines Fehlmengenereignisses möglicherweise ein Los nicht komplett gefertigt werden. Losfixe Rüstkosten müssen bspw. auf eine geringere Stückzahl umgelegt werden, wodurch Losgrößenabweichungskosten als FMKart

entstehen.

Durch Eilbeschaffungen entsteht zusätzlicher Personalaufwand. In diesem Bereich haben sich Spezialunternehmen für die kurzfristige Lieferung von Standardteilen zu höheren als den marktüblichen Preisen etabliert [Kur05]. Die erforderlichen Expresslieferungen erhöhen wegen geringerer Frachtraumauslastung und teureren Transportmitteln die Einstandspreise [Fra00]. Auch diese Kostenarten stellen FMK dar.

Auf der Distributionsseite können durch Fehlmengenereignisse angenommene Kundenaufträge möglicherweise nicht wie vereinbart erfüllt oder kurzfristig auftretende Kundenbedarfe nicht bedient werden. Zieht sich bspw. ein Kunde aus einem zustande gekommenen Vertragsverhältnis zurück, entgeht dem Unternehmen Umsatz. Dies stellt ebenso wie mögliche Konventionalstrafen bei fehlmengenbedingtem Lieferverzug eine FMK-Art dar.

14.3 Formelzusammenhänge für weitere FMK-Arten

Dispositionskosten

Die Dispositionskosten der Produktion in der nachfolgenden Gleichung beinhalten neben den Suchkosten für das fehlende Material, welche durch die Anzahl der an der Suche beteiligten Personen, deren jeweiligen Suchzeiten und dem Personalkostensatz determiniert sind, auch die Umplanungskosten. Die Umplanungskosten werden durch die Anzahl der in die Umdisponierung von Aufträgen involvierten Mitarbeiter sowie deren jeweilige Dispositionszeit bestimmt.

$$K_{dispo} = \left(\sum_{j=1}^{n_{dispo,pers}} t_{dispo,pers,j} + \sum_{l=1}^{n_{such,mat}} t_{such,pers,l} \right) \cdot k_{pers,h} \quad (18)$$

mit

K_{dispo}	Dispositionskosten [GE]
j	Index eines in fehlmengenbedingte Umplanungsmaßnahmen involvierten Mitarbeiters der Arbeitsplanung ($j = 1, 2, \dots, n_{dispo,pers}$) [-]
$k_{pers,h}$	Personalkostensatz [GE/ZE]
l	Index eines in die Fehlteilsuche involvierten Mitarbeiters ($l = 1, 2, \dots, n_{such,mat}$) [-]
$n_{dispo,pers}$	Anzahl in fehlmengenbedingte Umplanungsmaßnahmen involvierter Mitarbeiter in der Arbeitsplanung [MA]

$n_{such,mat}$ Anzahl in die fehlmengenbedingte Materialsuche involvierter Mitarbeiter [MA]

$t_{dispo,pers,j}$ Dispositionszeit für Antizipationsmaßnahmen bei Mitarbeiter j [ZE]

$t_{such,pers,l}$ Suchzeit nach fehlendem Material bei Mitarbeiter l [ZE]

Kapitalbindungskosten

Die in der nächsten Gleichung berücksichtigten Kapitalbindungskosten beinhalten zum einen die Kapitalbindungskosten für die teilfertigen Erzeugnisse, welche am betrachteten Arbeitssystem auf Grund des fehlenden Materials nicht weiter bearbeitet werden können. In diesem Teil der Kapitalbindungskosten wird die Fehlmenge durch den Materialeinsatzkoeffizienten dividiert, der angibt, wie viele Artikeleinheiten des fehlenden Artikels pro Zwischenprodukt eingesetzt werden. Auf diese Weise lässt sich bestimmen, wie viele Zwischenprodukte betroffen sind, so dass sich diese mit den bisherigen Herstellkosten für pro Zwischenprodukt bewerten lassen. Auf dieser Grundlage kann die Bestimmung der Kapitalbindungskosten erfolgen. Zum anderen berücksichtigt die Gleichung die mittelbaren Kapitalbindungskosten für Aufträge, in welche das fehlende Material zwar nicht eingeht, die jedoch auf Grund der fehlmengenbedingten Störung des betrachteten Arbeitssystems auf ihre Weiterbearbeitung warten müssen.

$$K_{kap} = \left(\frac{m_{fehl}}{c_{prod,stick}} \cdot w_{prod,fehl} \cdot t_{fehl} + \sum_{o=1}^{n_{auftr,warten}} m_{auftr,o} \cdot w_{prod,o} \cdot t_{warten,o} \right) \cdot z_{kap} \quad (19)$$

mit

$c_{prod,stick}$ Einsatzkoeffizient fehlender Artikeleinheiten pro Einheit eines Zwischenprodukts [ME/ME]

K_{kap} Kapitalbindungskosten [GE]

$m_{auftr,o}$ Anzahl nicht direkt von Fehlmenge betroffener Zwischenprodukte, die wegen fehlmengenbedingter Störung vor betroffenem Arbeitssystem warten müssen [ME]

m_{fehl} Fehlmenge [ME]

$n_{auftr,warten}$ Anzahl nicht direkt von Fehlmenge betroffener, aber störungsbedingt wartender Aufträge [-]

o	Index der vom Fehlmengenereignis indirekt betroffenen Aufträge, zum Beispiel durch störungsbedingte Wartezeiten ($o = 1, 2, \dots, n_{\text{auftr, warten}}$) [-]
t_{fehl}	Fehldauer [ZE]
$t_{\text{warten}, o}$	Wartezeit Auftrag o vom Fehlmengeneintritt bis zur Weiterbearbeitung [ZE]
$w_{\text{prod, fehl}}$	Wert pro Einheit des vormontierten, von Fehlmenge betroffenen Vorprodukts [GE/ME]
$w_{\text{prod}, o}$	Wert pro Einheit wegen Fehlmenge wartender, aber nicht direkt betroffener Zwischenprodukte eines Auftrags [GE/ME]
z_{kap}	Auf Bezugsperiode (z. B. Quartal) bzw. Zeiteinheit (z. B. Stunden) normierter Kapitalbindungssatz in Dezimaldarstellung [1/ZE]

Leerkosten

Die untenstehende Gleichung zeigt die Höhe der Leerkosten, d. h. Kosten, denen keine Leistungen gegenüber stehen, an den betroffenen Arbeitssystemen in Folge des betrachteten Fehlmengenereignisses auf. Die maschinenbezogenen Leerkosten beziehen sich auf die Maschinenleerkosten und ergeben sich für alle betroffenen Arbeitssysteme aus der Summe der Produkte der jeweiligen Leerlaufzeiten mit den korrespondierenden Maschinenstundensätzen. Die Kosten für ungenutztes Personal sind in den Maschinenleerkosten nicht enthalten und werden in Gleichung (4) gesondert ausgewiesen. Ihre Berechnung erfolgt ähnlich wie die der Maschinenleerkosten, wobei neben der Personenanzahl an einem Arbeitssystem der Stundenlohn eine Rolle spielt. Auch fehlmengenbedingt zu berücksichtigende Personalkosten nachfolgender Arbeitssysteme finden Berücksichtigung.

$$K_{\text{leer}} = \sum_{p=1}^{n_{\text{leer}}} (k_{\text{masch}, p} + n_{\text{pers, as}, p} \cdot k_{\text{pers, h}}) \cdot t_{\text{leer}, p} \quad (20)$$

mit

K_{leer}	Leerkosten [GE]
$k_{\text{masch}, p}$	Maschinenstundensatz von Arbeitssystem p [GE/ZE]
$k_{\text{pers, h}}$	Personalkostensatz [GE/ZE]

n_{leer}	Anzahl der von einer Leerlaufsituation betroffenen Arbeitssysteme
$n_{pers,as,p}$	Anzahl Mitarbeiter an Arbeitssystem p [MA]
p	Index eines von n_{leer} von einer Leerlaufsituation betroffenen Arbeitssystemen ($p = 1, 2, \dots, n_{leer}$) [-]
$t_{leer,p}$	Fehlmengenbedingte Leerlaufzeit an Arbeitssystem p [ZE]

Losgrößenabweichungskosten

Die durch eine Abweichung von der optimalen Losgröße durch Fehlmengen resultierenden Losgrößenabweichungskosten greift die nachfolgende Gleichung auf. Fehlt eine Teilmenge eines Materials zur Fertigstellung einer definierten Losgröße an einem Arbeitssystem, müssen die Rüstkosten auf eine niedrigere Losgröße umgelegt werden. Dies mündet in eine Erhöhung der Stückkosten des Endprodukts. In Analogie zu Gleichung (3) wird die Anzahl fehlender Artikeleinheiten durch einen Einsatzkoeffizienten auf die Anzahl an Zwischenprodukteinheiten bezogen und zusätzlich zur ursprünglich geplanten Losgröße an Zwischenprodukteinheiten in Relation gesetzt.

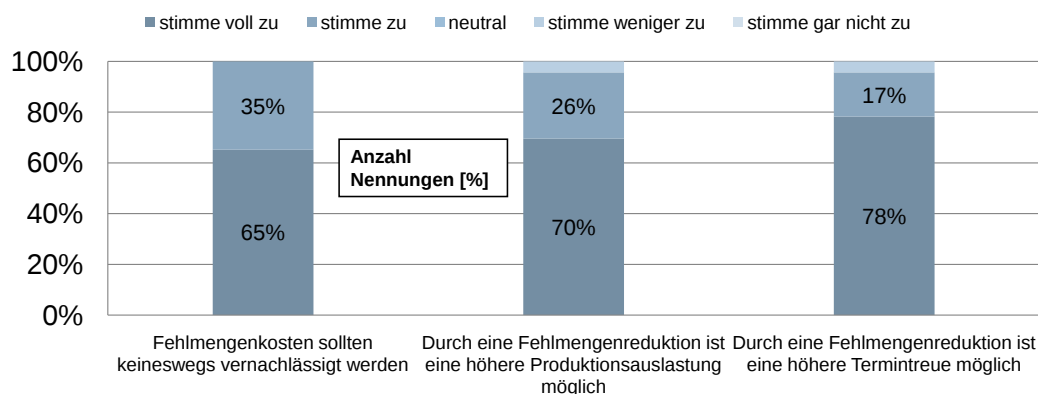
$$K_{los,abw} = K_{rüst} \cdot \left(1 - \frac{m_{los,gepl} - m_{fehl}}{c_{prod,stck} \cdot m_{los,gepl}} \right) \quad (21)$$

mit

$c_{prod,stck}$	Einsatzkoeffizient fehlender Artikeleinheiten pro Einheit eines Zwischenprodukts [ME/ME]
$K_{los,abw}$	Kosten der Losgrößenabweichung [GE]
$K_{rüst}$	Losfixe Rüstkosten [GE]
m_{fehl}	Fehlmenge [ME]
$m_{los,gepl}$	Ursprünglich geplante, kostenoptimale Losgröße [ME]

14.4 Ergebnisse der empirischen Studie zu FMK

Bewusstsein in den Unternehmen



- **Fehlmengenkosten** sollten in der betrieblichen Praxis **nicht vernachlässigt** werden
- Eine **Fehlmengenreduktion** erhöht die **Produktionsauslastung** und **Termintreue**

Gärtner, Leopold, Prüssing

© IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

6

Auswirkungen von Fehlmengen



- Fehlmengenbedingte **Betriebsunterbrechungen** in der Produktion betreffen maximal **Produktionsfaktoren** im folgenden Ausmaß

	Umfang von Produktionsunterbrechungen aufgrund von Fehlmengen	
	Ø	max.
Personal	7 Mitarbeiter	44 Mitarbeiter
Maschinen (festinstallierte)	4 Stück	9 Stück
Störungsdauer	4,5 Stunden	335 Stunden

- Die **Fehlteilsuche** erfordert den folgenden Aufwand

 Hierdurch entstehen Kosten!

	Zeitaufwand für eine Fehlmenge [min]
Abteilungsleiter	25
Meister	41
Vorarbeiter	48
Monteur	13
Sonstige Mitarbeiter	58

Gärtner, Leopold, Prüssing

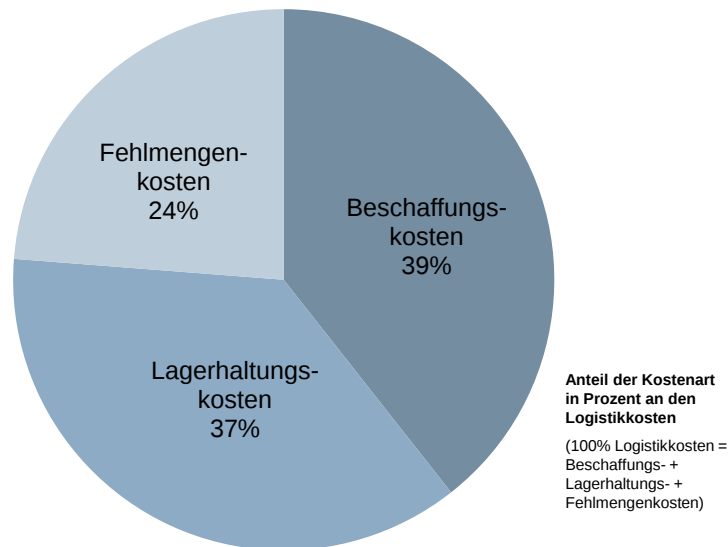
© IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

7

Fehlmengenkosten im Rahmen der Logistikkosten



- **Fehlmengenbedingte Kosten** nehmen einen **nicht unerheblichen Anteil** an den **Logistikkosten** ein



Gärtner, Leopold, Prüssing

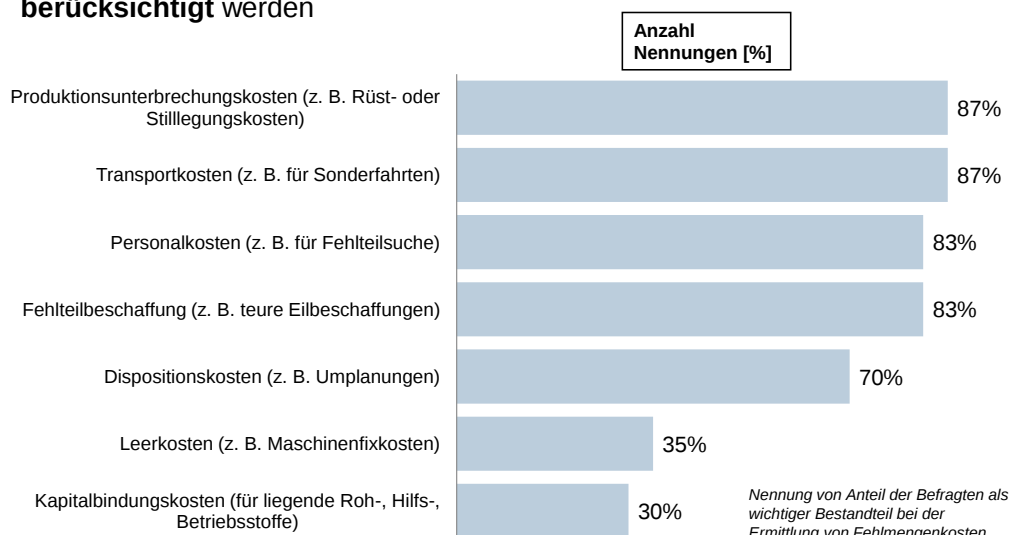
© IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

8

Ermittlung von Fehlmengenkosten



- Es sollten vor allem **Kosten für Eilbeschaffungen und Produktionsunterbrechungen** bei der **Quantifizierung der Fehlmengenkosten** berücksichtigt werden



Gärtner, Leopold, Prüssing

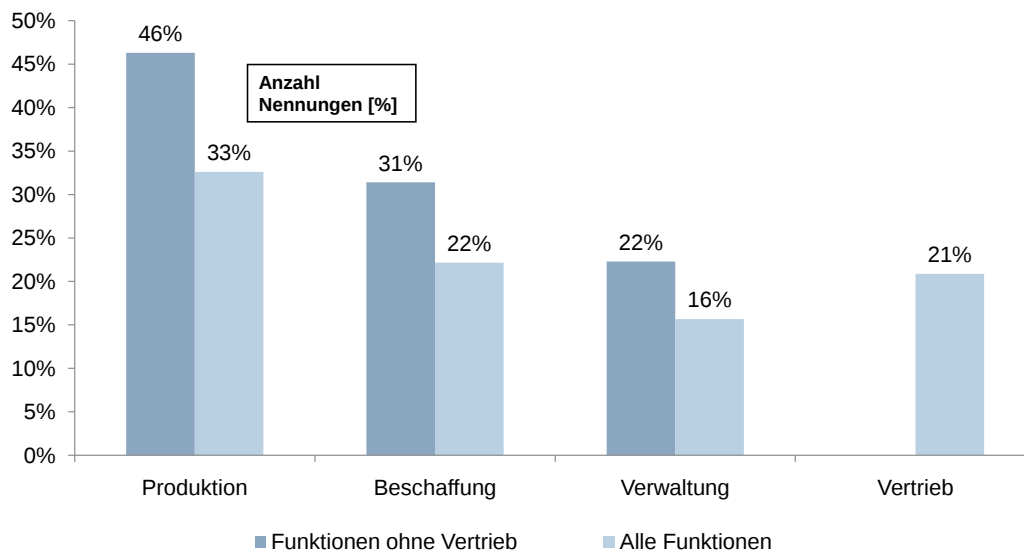
© IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

9

Am stärksten betroffenen Unternehmensbereiche



- Funktionsbereiche, in denen nach Einschätzung der Teilnehmer die meisten Fehlmengenkosten entstehen

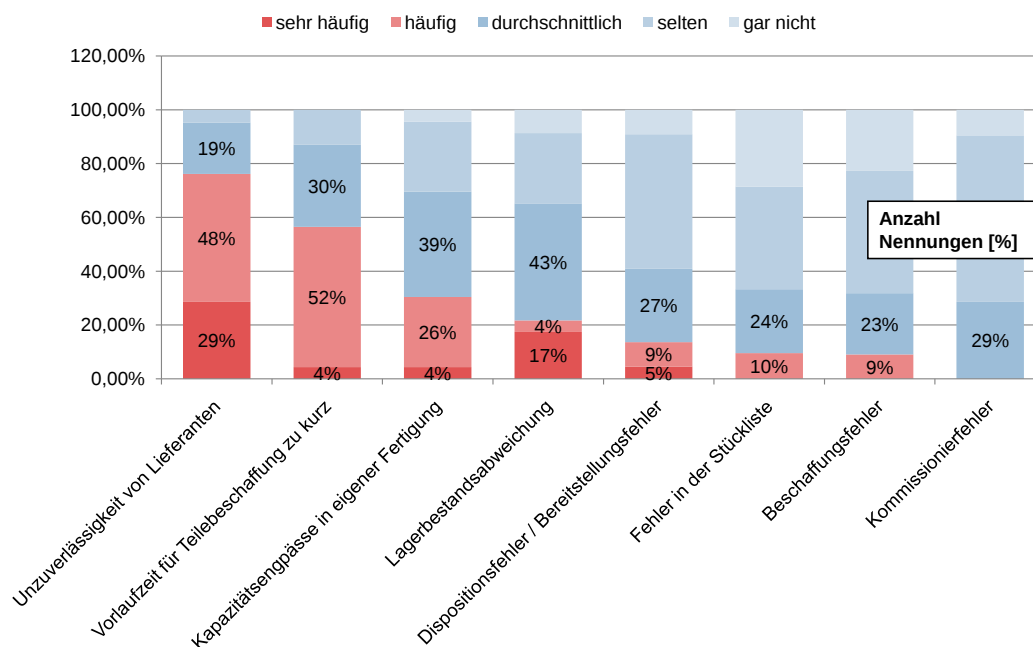


Gärtner, Leopold, Prüssing

© IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

10

Ursachen von Fehlmengen

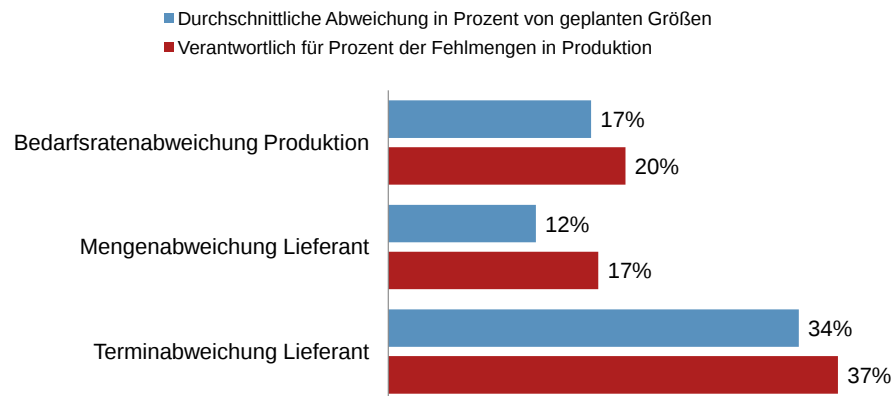


Gärtner, Leopold, Prüssing

© IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

11

Planabweichungen auf Lieferanten- und Nachfragerseite I



- Der **Großteil** der **Abweichungen** von den geplanten Größen tritt in Form **verspäteter Lieferungen** auf
- **Planabweichungen** sind zu einem bestimmten Teil für das **Auftreten von Fehlmengen** in der Produktion verantwortlich

Gärtner, Leopold, Prüssing

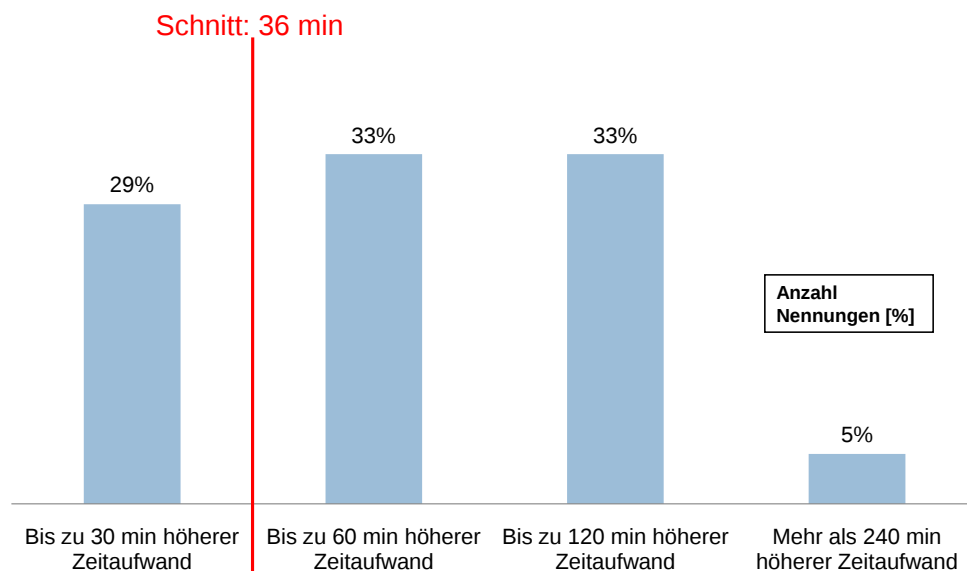
© IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

12

Eilbeschaffungen I



- **Fehlendes Material** muss **aufwändig eilbeschafft** werden



Gärtner, Leopold, Prüssing

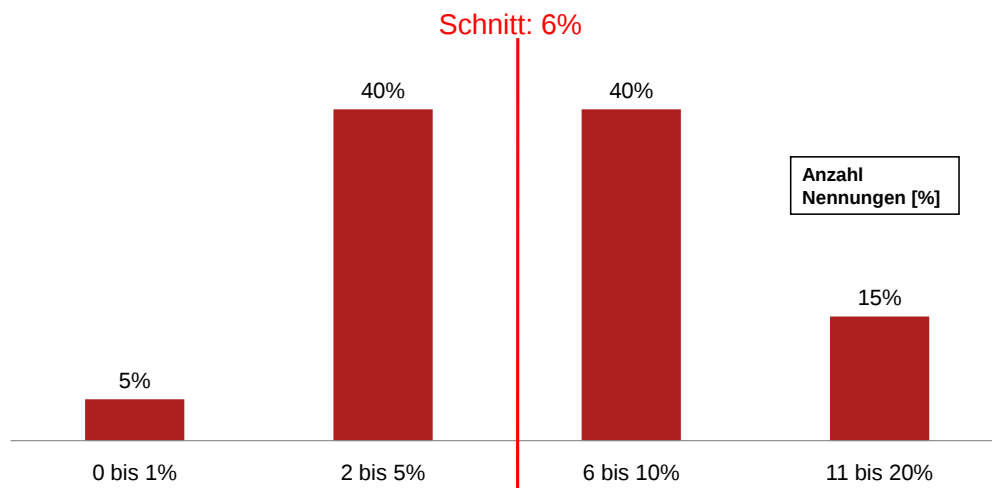
© IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

13

Eilbeschaffungen II



- **Eilbeschaffungen** nehmen einen **nicht unerheblichen Teil** an den **Gesamtbeschaffungen** ein



Gärtner, Leopold, Prüssing

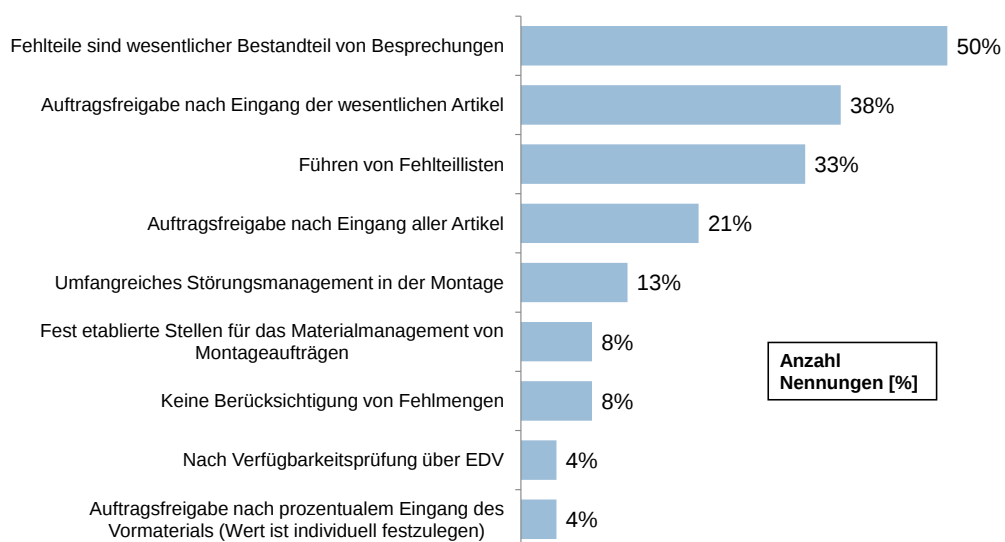
© IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

14

Berücksichtigung von Fehlmengen(-kosten) in der PPS



- **Berücksichtigung** von fehlendem Material in der **Produktionsplanung und -steuerung** in den befragten Unternehmen



Gärtner, Leopold, Prüssing

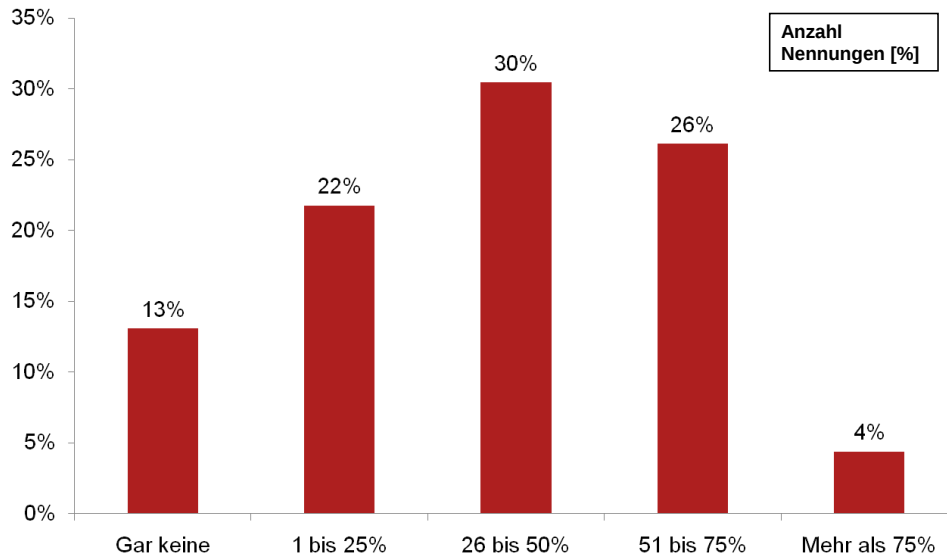
© IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

15

Mögliche Vermeidung durch Anpassungsmaßnahmen



- Durch **Anpassungsmaßnahmen vermeidbarer Anteil** der gesamten Fehlmengenkosten nach Einschätzung der Befragten



Gärtner, Leopold, Prüssing

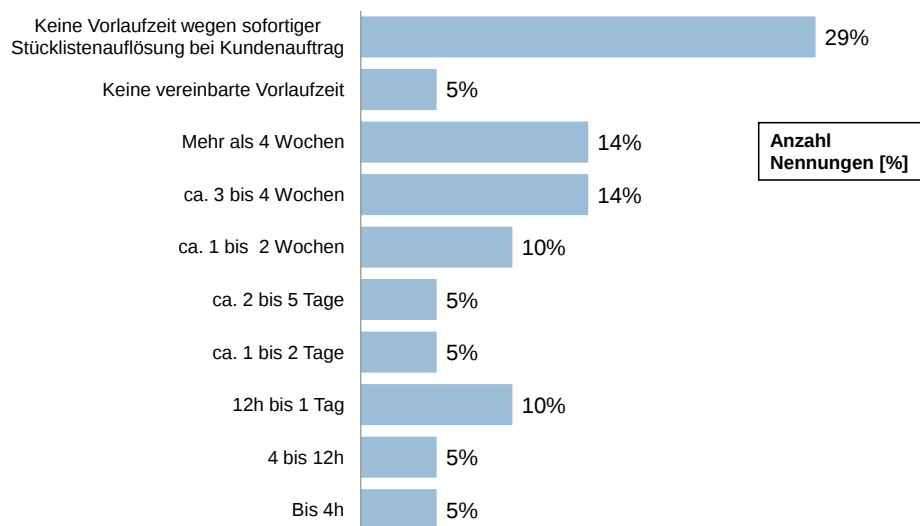
© IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

16

Einfluss der Vorlaufzeit I



- **Vereinbarte Vorlaufzeit zur Bedarfsbekanntgabe** vor dem tatsächlichen Materialeinsatzzeitpunkt durch die Produktion



Gärtner, Leopold, Prüssing

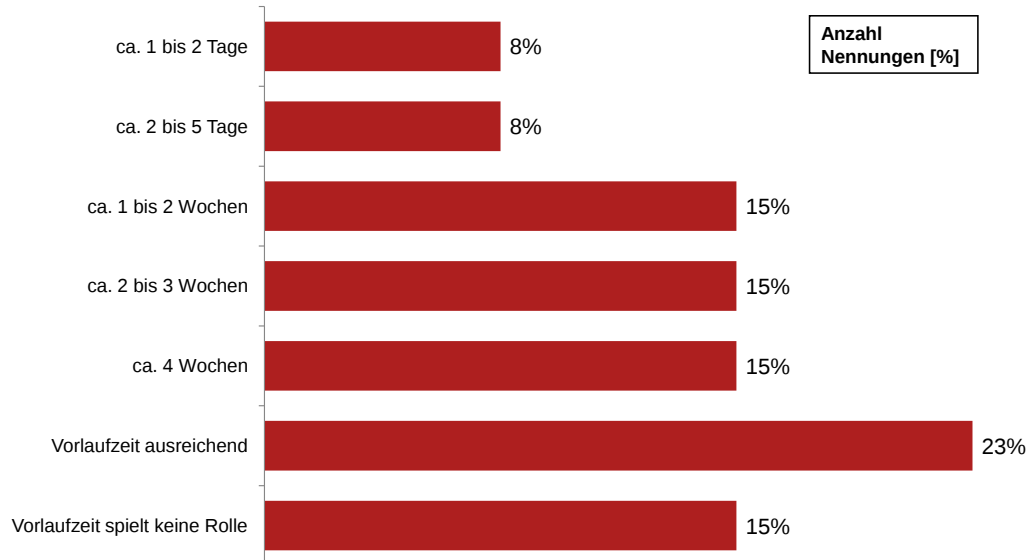
© IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

17

Einfluss der Vorlaufzeit II



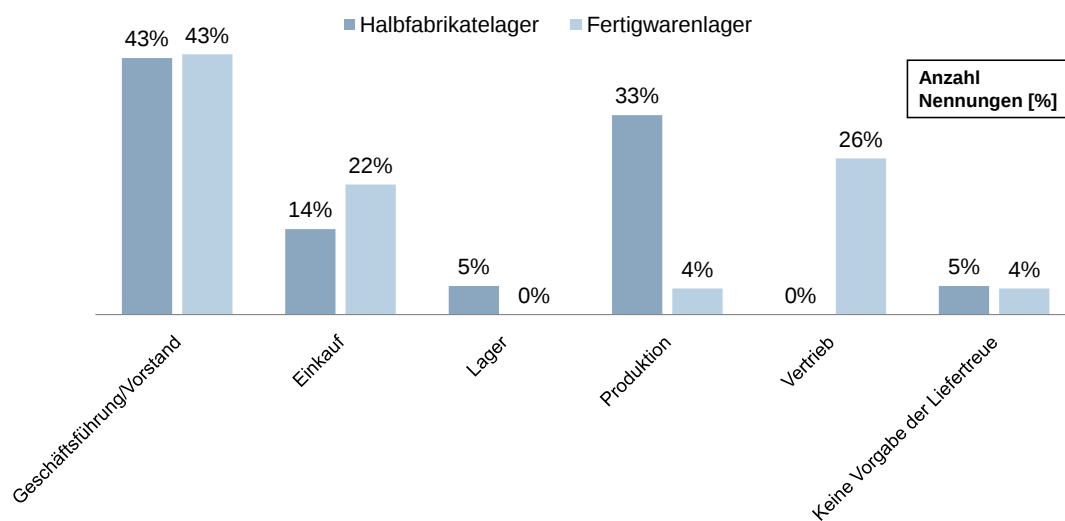
■ Zusätzlich benötigte Vorlaufzeit, um Fehlmengen vermeiden zu können



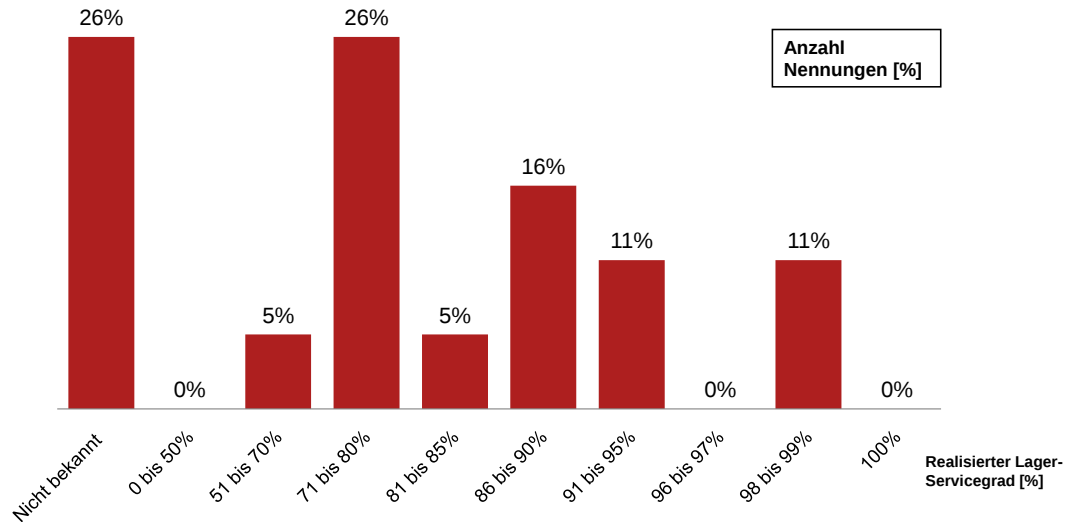
Festlegung des Servicegrads



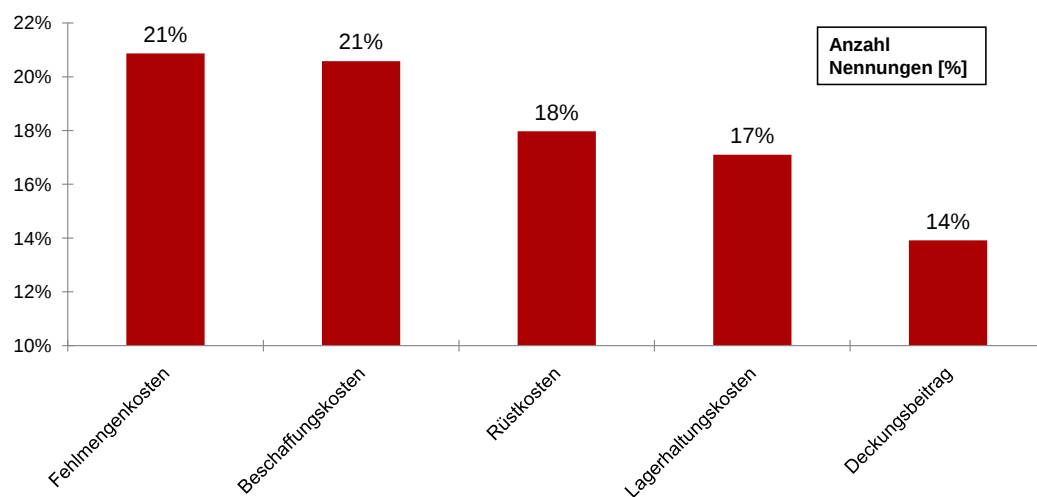
■ Verantwortlicher Bereich für die Festlegung des Servicegrads für das Halbfabrikate- bzw. Fertigwarenlager in den betrachteten Unternehmen



Servicegrad des Halbfabrikatelagers



Einflussfaktoren Servicegrad-Bestimmung



- Laut den Befragten sollten neben **Beschaffungs-, Lagerhaltungs- und Rüstkosten** sowie dem **Deckungsbeitrag** der zu montierenden Produkte auch die **Fehlmengenkosten** eine wichtige Rolle spielen

Schlussfolgerungen I



- **Fehlmengenkosten** nehmen einen Anteil von **bis zu 25% der Logistikkosten** ein
- Das **Bewusstsein** für fehlmengenbedingte Kosten im Unternehmen ist **vorhanden**
- Der **Schaden durch Fehlmengen** in der Produktion wird als **erheblich** eingeschätzt
- Eine **Reduzierung der Fehlmengen** würde eine **höhere Termintreue** und **Produktionsauslastung** ermöglichen

Schlussfolgerungen II

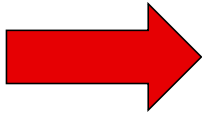


- **Fehlmengenkosten** werden hauptsächlich durch **Produktionsunterbrechungen, Eilbeschaffungen und Umplanungen** hervorgerufen
- **Fehlmengenkosten** in der Produktion werden überwiegend durch eine **mangelhafte Abstimmung** mit **vorgelagerten Funktionen** und **Lieferanten** verursacht
- **Terminabweichungen** der Lieferanten sind eine **wesentliche Ursache** von Fehlmengen

Schlussfolgerungen III



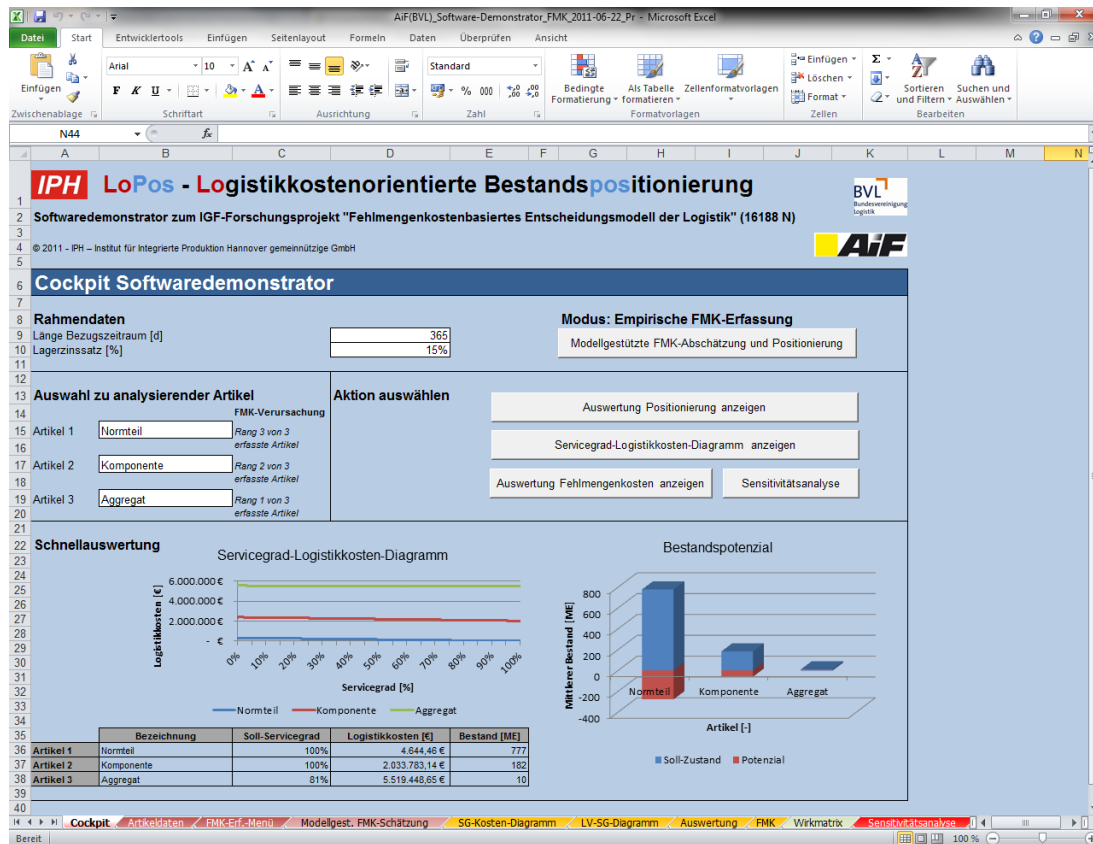
- Der **Servicegrad** des Versorgungslagers für die Produktion ist **tendenziell** eher **niedrig**
- Bis zu **50% der Fehlmengenkosten** können **durch Anpassungsmaßnahmen vermieden** werden
 - Somit können die **Logistikkosten** um **bis zu 12,5% gesenkt** werden
- Zur **Bestimmung** des anzustrebenden **Lager-Servicegrads** werden die Fehlmengenkosten als wichtigste Komponente vor den Beschaffungs-, Rüst- und Lagerhaltungskosten angesehen



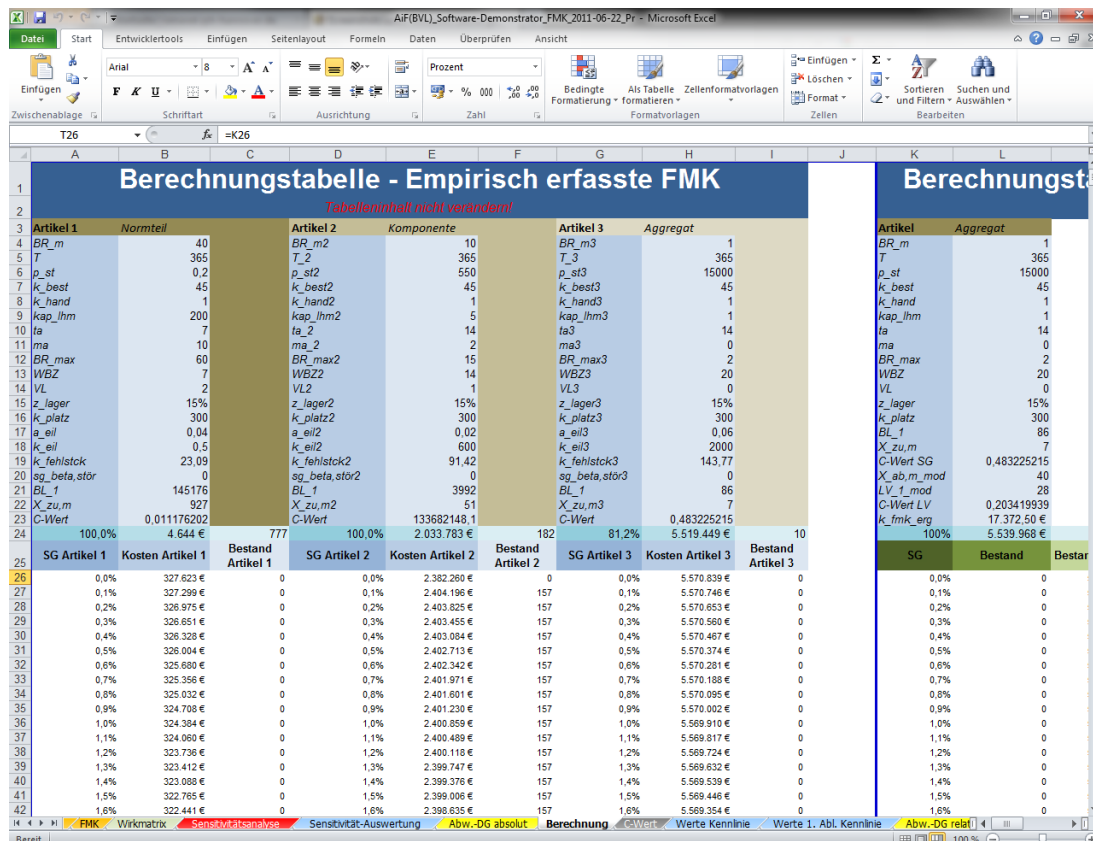
Ein Maßnahmenpaket aus flexiblen Anpassungsmaßnahmen, effektivem Lieferantenmanagement und Erarbeitung von Standardprozessen im Fehlmengenfall kann unnötige Kosten minimieren helfen!

14.5 Software-Demonstrator „LoPos“

Einstiegdialog des Software-Demonstrators „LoPos“



Ansicht der berechneten Betriebspunkte im Servicegrad-Logistikkostendiagramm



Automatische Berechnung des C-Werts per Regula Falsi

FileStartToolsInsertLayoutFormulasDataCheckView

Arial8A+Standard

Font icons

Number icons

Alignment icons

Calculation icons

Conditional formatting icons

Table formatting icons

Cell style icons

Insert icons

Remove icons

Sort & filter icons

Find & select icons

Insertion tab active

Font face

Font size

Font color

Background color

Text color

Text alignment

Paragraph alignment

Number format

Percentage

Thousands separator

Decimal places

Number format dropdown

Conditional formatting dropdown

Table formatting dropdown

Cell style dropdown

Insert dropdown

Remove dropdown

Sort & filter dropdown

Find & select dropdown

J27 =SG9*SG511^2+(SG58-SG9)*((1-(1-SG511)*SG26)*(1/SG26))-SG510

Berechnung des C-Werts

© 2011 - IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

Artikel 1 - empirischer FMK-Satz					Artikel 2 - empirischer FMK-Satz					Artikel 3 - empirischer FMK-Satz					Artikel - Modellgestützte FMK				
Normteil					Komponente					Aggregat					Aggregat				
C-Wert 0,0111762					C-Wert 1,34E+08					C-Wert 0,483225					C-Wert 0,483225				
BL_1	145178				BL_1	3992				BL_1	86				BL_1	86			
BL_0	463,5				BL_0	25,5				BL_0	3,5				BL_0	3,5			
BL_m	500				BL_m	123				BL_m	7				BL_m	7			
SG_g	0,95				SG_g	0,85				SG_g	0,5				SG_g	0,5			
C_1	1				C_1	1				C_1	1				C_1	1			
C_0	0,01				C_0	0,01				C_0	0,01				C_0	0,01			
Konv.	C_n	C_n-1 - C_n-2	F(C_n-2)	F(C_n-1)	Konv.	C_n	C_n-1 - C_n-2	F(C_n-2)	F(C_n-1)	Konv.	C_n	C_n-1 - C_n-2	F(C_n-2)	F(C_n-1)	Konv.	C_n	C_n-1 - C_n-2		
0	0,01058828	0,99	-81,69125	137395,1838	0	0,04070732	0,99	-104,57625	3266,94875	0	0,157	0,99	-6,125	35,125	0	0,157	0,99		
1	0,0111762	-0,989411724	137395,1838	-81,69125	0	0,07046217	-0,95929268	3266,94875	-104,57625	0	0,282172	-0,843	35,125	-8,124957165	0	0,28217198	-0,843		
#DIV/0!	0,000587928	-81,69125	-81,69125	0	5070465238	0,029754853	-104,57625	-104,57625		0	4,409586	0,125171982	-6,124957165	-5,944306716	0	4,4095859	0,125171982		
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	133682148	5070465238	-104,57625	3861,92375		0	0,5828396	4,118786608	-5,944306716	75,47096973	0	0,58283957	4,118786608		
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	-4936783090	3861,92375	3861,92375		0	0,2325989	-3,81806502	75,47096973	6,342320927	0	0,23259895	-3,81806502			
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	#DIV/0!	3861,92375	#DIV/0!		0	0,4043648	-0,35029462	6,342320927	-6,102063802	0	0,40436478	-0,35029462			
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		0	0,0504395	0,171765833	-6,102063802	-3,59626027	0	0,05043945	0,171765833			
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		0	0,4639776	0,246074673	-3,59626027	11,24045009	0	0,46397757	0,246074673			
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		0	0,4794709	-0,18648168	11,24045009	-0,018622034	0	0,47947093	-0,18648168			
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		0	0,4833779	0,015493357	-0,018622034	-0,20513657	0	0,48337789	0,015493357			
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		0	0,4833241	0,003906959	-0,20513657	0,008406188	0	0,48332409	0,003906959			
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		0	0,4832252	-0,0001538	0,008406188	-6,18984E-05	0	0,48322522	-0,0001538			
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		0	0,4832252	1,12421E-06	-6,18984E-05	-1,82797E-08	0	0,48322522	1,12421E-06			
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		0	0,4832252	3,32098E-10	-1,82797E-08	3,4639E-14	0	0,48322522	3,32098E-10			
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		0	0,4832252	-6,1062E-16	3,4639E-14	0	1	0,48322522	-6,1062E-16			
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		1	#DIV/0!	0	0	0	1	#DIV/0!	#DIV/0!	0		
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		1	#DIV/0!	#DIV/0!	0	0	1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0	1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		

FMK Wirkmatrix Sensitivitätsanalyse Sensitivitäts-Auswertung Abw.-DG aktuell Berechnung C-Wert Werte Kennlinie Werte 1. Abl. Kennlinie Abw.-DG relativ

Bereit

100

Erfassungstableau für die Artikelstammdaten der Bereiche Beschaffung und Lager

AIF(BVL)_Software-Demonstrator_FMK_2011-06-22_Pr - Microsoft Excel

Start Einfügen Layout Referenzen Formeln Daten Überprüfen Ansicht

Entwicklertools

Arial 9 A A

Buchhaltung

Bedingte Formatierung Als Tabelle Zellenformatvorlagen

Einfügen Löschen Format Zellen

Sortieren und Filtern Suchen und Auswählen Bearbeiten

Zwischenablage Schriftart Ausrichtung Zahl

M7 =SVERWEIS(A7;FMK-Erf.-Auswertung!\$B\$4:\$AA\$18;25;FALSCH)

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U

1 Erfassung Artikeldaten

2 © 2011 - IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

3 Artikel

Gemeinsamer mittlerer Lagerbestand [ME]
Gemeinsamer Servicegrad [%]
Basislosgröße [ME]
Hinweise: Optimale Basislosgröße [ME]
Mittlere Bestellrate [ME/BKT]
Max. Basislosabweichung Produktion [ME/BKT]
Wiederbeschaffungszeit [BKT]
Maximale Verzögerung Lieferant [BKT]
Max. Mengenabweichung Lieferant [ME]
Einsatzdoppeln [GE/ME]
Mittlere Lagerbestandsgröße [ME]
Fehlengängigkeit [GE/ME]
Basislosorangekosten [GE]
Handlingskosten [GE/ME]
Max. Lagerbestandsabweichung [ME]
Lagerplatzkosten [GE/m²]
Kapazität Lagerhelfsmittel [ME/LHM]
Eibeschaffungsanteil [%]
Eibeschaffungspreis pro Stück

4

	Pflichtangaben										Empirisch		Optionale Angaben							
5 Normteil	500	95%	927	927	40	60	7	7	10	0,20 €	40	23,09 €	45,00 €	1,00 €	2	300,00 €	200	4%	0,50 €	0%
6 Komponente	123	85%	51	49	10	15	14	14	2	550,00 €	5	91,42 €	45,00 €	1,00 €	1	300,00 €	5	2%	600,00 €	0%
7 Aggregat	7	50%	7	4	1	2	20	14	0	15.000,00 €	1	143,77 €	45,00 €	1,00 €	0	300,00 €	1	6%	2.000,00 €	0%
8												#NV								
9												#NV								
10												#NV								
11												#NV								
12												#NV								
13												#NV								
14												#NV								
15												#NV								
16												#NV								
17												#NV								
18												#NV								
19												#NV								
20												#NV								

8 Cockpit Artikeldaten FMK-Erf.-Menu Modellgest. FMK-Schätzung SG-Kosten-Diagramm LV-SG-Diagramm Auswertung FMK Wirkmatrix Sensitivitätsanalyse

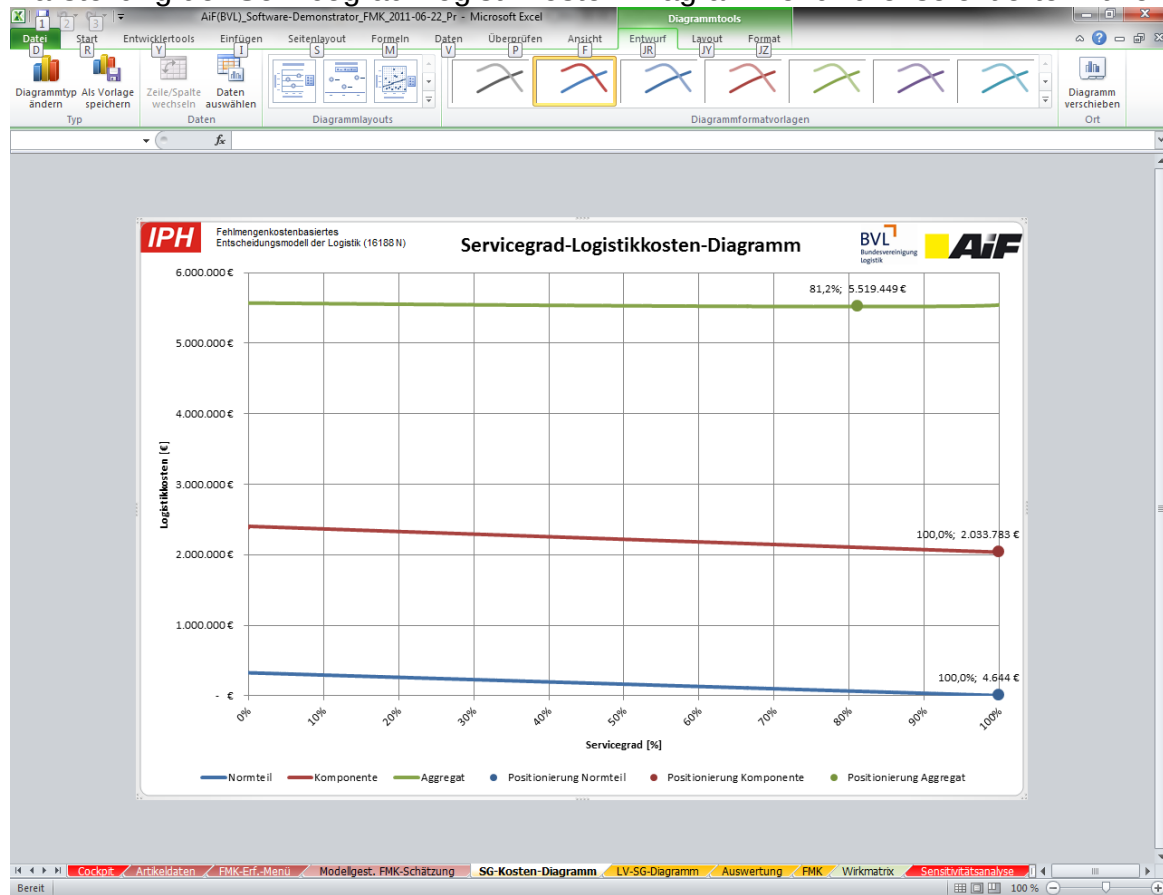
Bereit

PC-Probleme lösen: 4 Meldungen

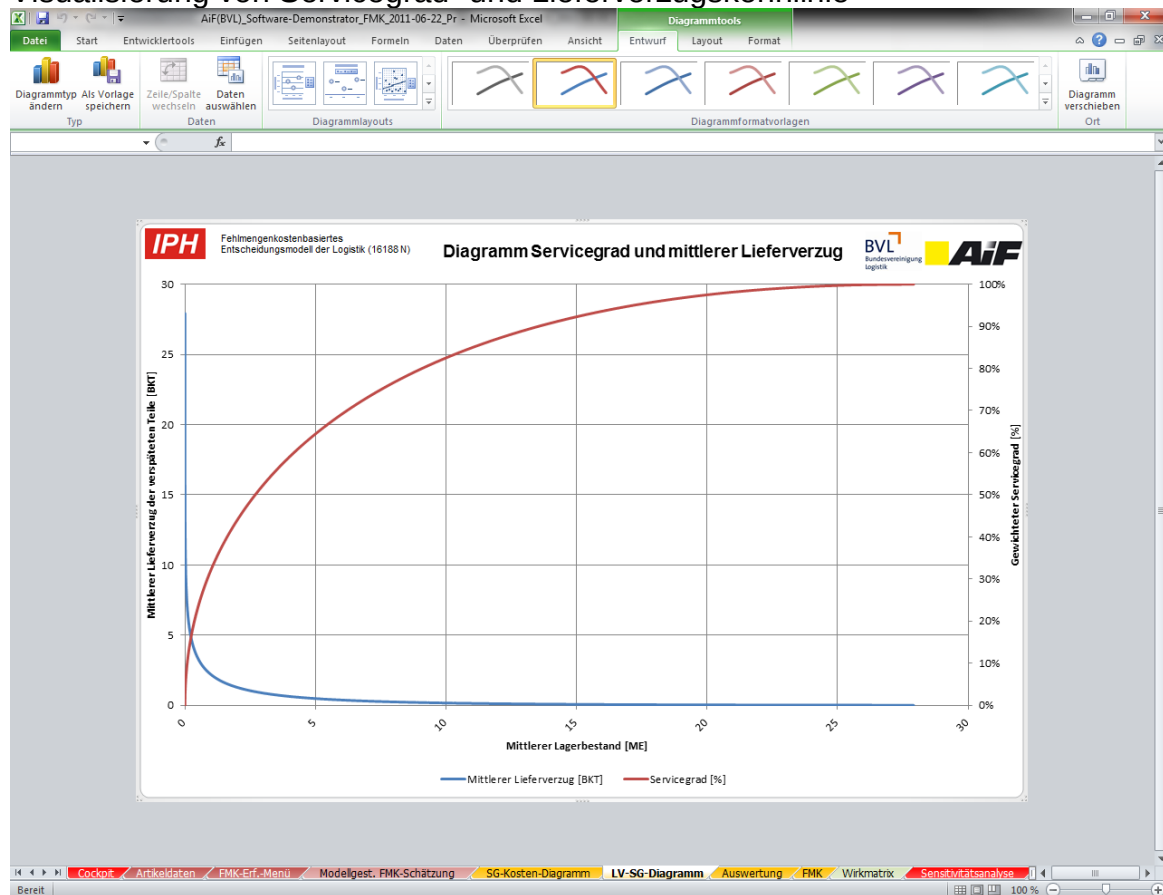
Benutzerdialog für die empirische FMK-Erfassung

Modellgestützte FMK-Abschätzung in LoPos

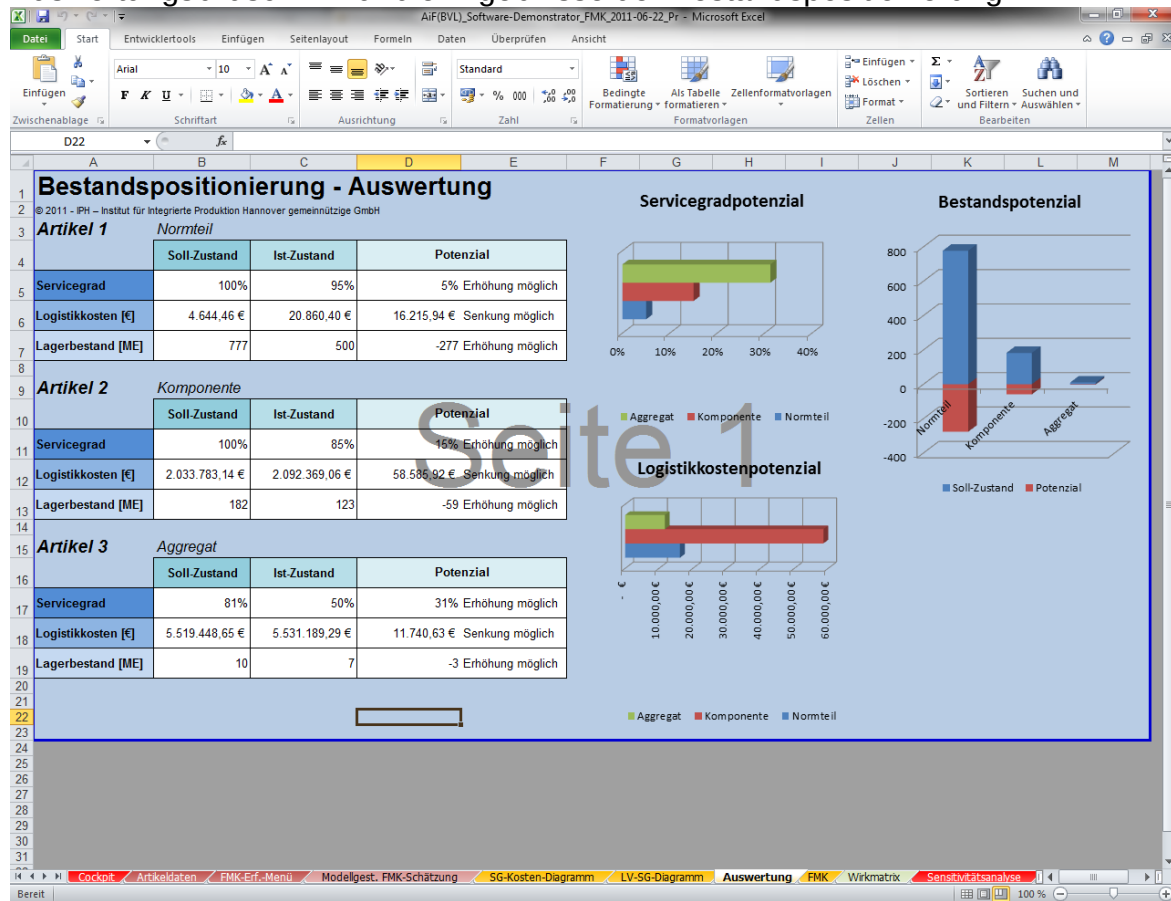
Darstellung der Servicegrad-Logistikkosten-Diagramme für drei selektierte Artikel



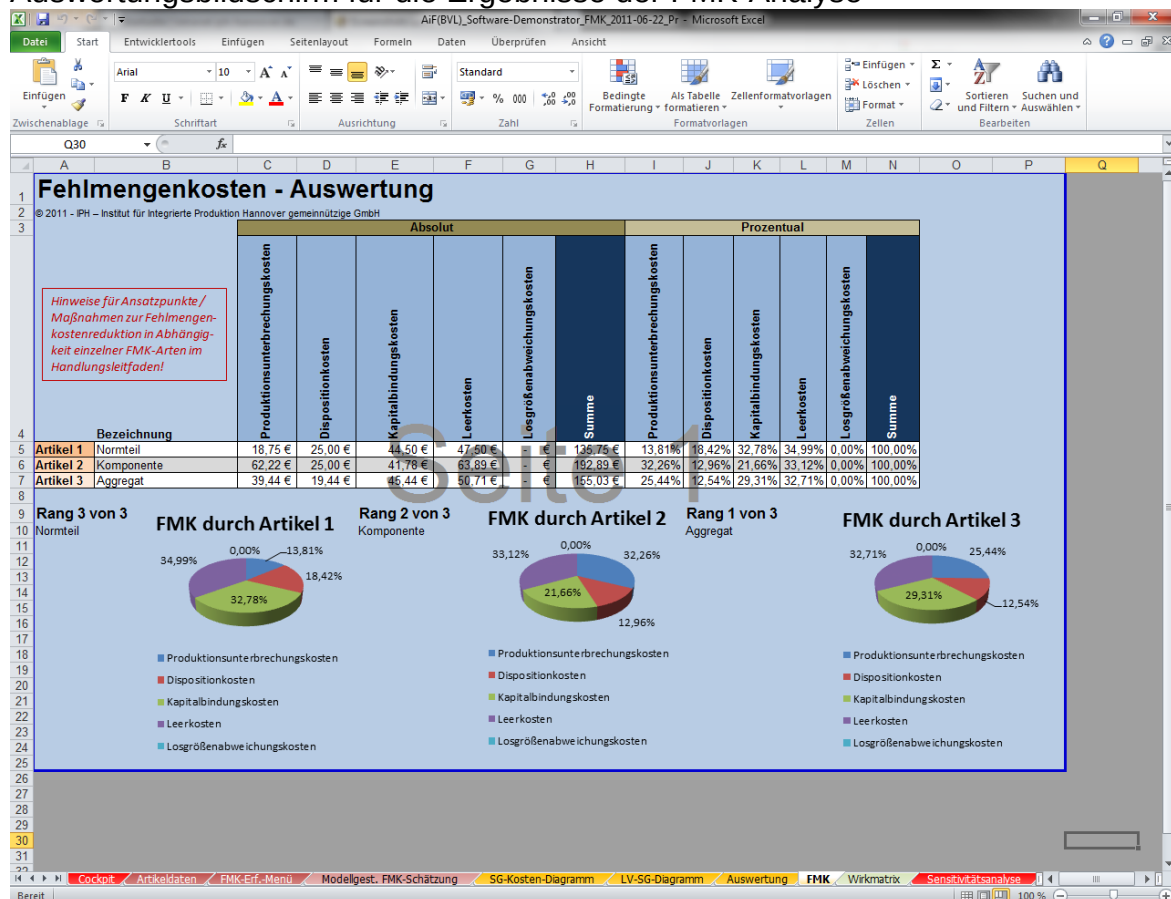
Visualisierung von Servicegrad- und Lieferverzugskenlinie



Auswertungsbildschirm für die Ergebnisse der Bestandspositionierung



Auswertungsbildschirm für die Ergebnisse der FMK-Analyse



Einstiegsdialog für die Sensitivitätsanalyse

LoPos - Logistikkostenorientierte Positionierung des Lager-Servicegrads - SENSITIVITÄTSANALYSE

© 2011 - IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

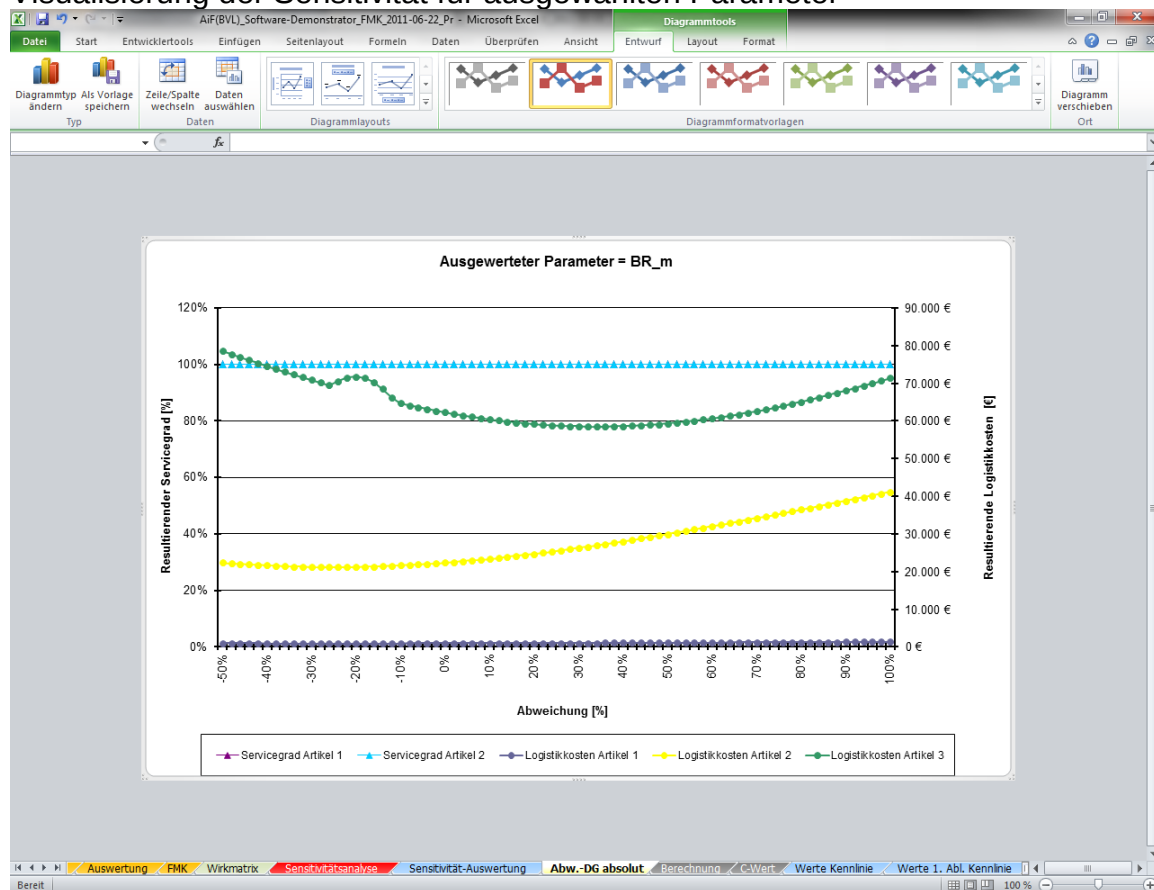
Bezugszeitraum: 365 BKT | BR_m | ANALYSE

	Parameter	Einheit	Bedeutung	Ausprägung			Untere Grenze	Obere Grenze	Schrittweite
				Normteil	Komponente	Aggregat			
7	BR_m	ME/ZE	Mittlere Bedarfsrate	40	10		-50%	100%	2%
8	X_zu,m	ME	Beschaffungslosgröße	927	51		-50%	100%	2%
9	p_st	GE/ME	Einstandspreis	0,2	550	15000	-50%	10000%	50%
10	k_best	GE	Bestellvorgangskostensatz	45	45	45	-50%	100%	2%
11	k_hand	GE/LHM	Handlingkostensatz	1	1	1	-50%	100%	2%
12	WBZ	ZE	Länge Wiederbeschaffungszeit	7	14	20	-100%	100%	5%
13	TA_neg,max	ZE	Max. neg. Terminabweichung	7	14	14	-50%	100%	2%
14	MA_neg,max	ME	Max. neg. Mengenabweichung	10	2	0	-50%	100%	2%
15	BR_max	ME/ZE	Max. Bedarfsratenabweichung	60	15	2	-50%	100%	2%
16	VL_max	ME	Max. Bestandshöhenabweichung	2	1	0	-50%	100%	2%
17	z_lager	-	Lagerzinssatz	15%	15%	15%	-50%	100%	2%
18	k_platz	GE/PLATZ	Lagerplatzkosten	300	300	300	-50%	100%	2%
19	kap_lhm	MELHM	Kapazität Ladehilfsmittel	200	5	1	-50%	100%	2%
20	C-Wert	-	C-Norm-Parameter	40	5	1	-50%	100%	2%
21	a_eil	-	Eilbeschaffungsanteil	0,04	0,02	0,06	-50%	200%	2%
22	k_eil	GE/ME	Eilbeschaffungskostensatz	0,5	600	2000	-50%	100%	2%
23	k_fehlstck	GE/ME	Fehlmengekostensatz Produktion	23,09	91,42	143,77	-50%	500%	10%

Residuum für Algorithmus zur Bestimmung des optimalen Servicegrads: 0,001 | Nur Kennlinien plotten

X_zu,m,opt ME opt. Beschaffungslosgröße 927 49 4

Visualisierung der Sensitivität für ausgewählten Parameter



Rangliste FMK für erfasste Artikel

Microsoft Excel - AiF(BVL) Software-Demonstrator_FMK_2011-06-22_Pr

Start | Entwicklertools | Einfügen | Seitenlayout | Formeln | Daten | Überprüfen | Ansicht

Standard | Bedingte Formatierung | Als Tabelle formatieren | Zellenformatvorlagen | Einfügen | Löschen | Format | Sortieren und Filtern | Suchen und Auswählen | Bearbeiten

Zwischenablage | Schriftart | Ausrichtung | Zahl

B4		Aggregat													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	Rang	Artikel	Betroffenes Arbeitssystem	Summe aller Fehlmengeereignisse											
				$K_{\text{Unterbr}} [\text{€}]$		$K_{\text{dispo}} [\text{€}]$		$K_{\text{kap}} [\text{€}]$		$K_{\text{jeer}} [\text{€}]$		$K_{\text{les,abw}} [\text{€}]$		$K_{\text{fehl}} [\text{€}]$	
				μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
4	1	Aggregat	Montagebereich02	39,44	22,84	19,44	11,02	45,44	23,02	50,71	5,35	0	0	143,77	78
5	2	Komponente	Montagebereich01	62,22	16,03	25	0	41,78	18,25	63,89	19,65	0	0	192,89	49
6	3	Normteil	Montagebereich01	18,75	25,88	25	0	44,5	18,6	47,5	10,35	0	0	135,75	47
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															
33															
34															
35															
36															
37															
38															
39															
40															
41															
42															
43															
44															
45															
46															
47															

Abw.-DG relativ | DG Kennlinie | DG 1. Ableitung | Test Regula Falsi | FMK-Erf.-Auswertung | FMK-Erf.-Konstanten | FMK-Erf.-Erfasste Daten

Bereit | 100 %

14.6 Maßnahmenkatalog (Exemplarischer Auszug)

Produktkannibalisierung	
Ansatzpunkt	
Fehlartikel, deren Eilbeschaffung aufgrund langer Wiederbeschaffungszeiten nicht ausreicht, um eine kritische Fehlteilsituation zu entschärfen, werden durch ausgebaute Artikel aus fertigen Lagerprodukten ersetzt	
Wirkung auf Fehlmengenkosten	
- Verkürzung von Fehlteilsituationen, die mit erheblichen Störungen der Produktion oder der nicht fristgerechten Erfüllbarkeit wichtiger Kundenaufträge einhergehen - Verringernde Wirkung auf folgende FMK-Arten: Kapitalbindungskosten, Betriebsunterbrechungskosten, Leerkosten - Evtl. erhöhende Wirkung auf FMK-Arten: Dispositionskosten	
Chancen	Risiken
Kritische Störungen des Produktionsbetriebs durch Fehlteile können vermieden werden	- Sehr großer Aufwand durch Ausbau von Artikeln aus fertigen Produkten - Hierdurch auch erzeugen einer neuen Fehlteilsituation
Maßnahmenempfehlungen	
- Nutzen aus der kurzfristigen Verfügbarkeit des fehlenden Artikels durch Ausbau aus einem anderen Produkt muss den Aufwand sowie eventuelle nachgelagerte Konsequenzen wie Artikelnachbeschaffung und Wiedereinbau rechtfertigen oder idealerweise übersteigen - Hilfreich ist für die Identifikation kannibalisierbarer Artikel die Verknüpfung von Stücklisten, in denen ein Artikel auftaucht, mit den Artikelstammdaten	
Literatur	
Tempelmeier, H.: Bestandsmanagement in Supply Chains. Books on Demand, Norderstedt 2005.	