IPH Institut für Integrierte Produktion Hannover

BVL Bundesvereinigung Logistik

IGF-Forschungsprojekt
„Fehlmengenkostenbasiertes Entscheidungsmodell der Logistik“

Handlungsleitfaden zur Anwendung des Entscheidungsmodells

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

IPH – Institut für Integrierte Produktion
Hannover gemeinnützige GmbH

Hollerithallee 6
30419 Hannover Germany
www.iph-hannover.de

Geschäftsführung:

Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens
Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis
Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer |
Dr.-Ing. Dipl.-Oec. Rouven Nickel
Vorsitzender des Beirats: Prof. Dr.-Ing. Jörg Seume

Institut für
Integrierte Produktion Hannover

Arbeitspaket 5

Vorgehensweise zur Anpassung der logistischen Leistungsfähigkeit von KMU - Handlungsleitfaden

IGF-Forschungsprojekt

„Fehlmengenkostenbasiertes Entscheidungsmodell der Logistik“ (16188 N)

| Produktion erforschen und entwickeln |

Vorgehensweise zur Anpassung der logistischen Leistungsfähigkeit von KMU

ÜBERBLICK VORGEHENSWEISE

Ziel des Handlungsleitfadens

— **Ziel des Handlungsleitfadens** ist die Unterstützung von Unternehmen bei der Anpassung und Überwachung ihrer logistischen Leistungsfähigkeit (gemessen durch den Servicegrad) im Spannungsfeld von FMK und Bestands-/Beschaffungskosten

— Sich hieraus ergebende **Unterziele**:

- **Ziel 1**
  Unterstützung beim erstmaligen Einstellen der logistischen Leistungsfähigkeit im Spannungsfeld von FMK und Bestands-/Beschaffungskosten
  Abschnitt „Bestandspositionierung“ im Handlungsleitfaden
- **Ziel 2**
  Durch gezielte Veränderungen im Unternehmen und an Schnittstellen mit anderen Unternehmen sowie strukturierte Vorgehensweisen zum einen Fehlmengenrisiken senken und zum anderen die Auswirkungen von Fehlmengenereignissen abmildern
  Abschnitt „Handlungsempfehlungen“ im Handlungsleitfaden
- **Ziel 3**
  Kontinuierliche Überwachung und Anpassung der logistischen Leistungsfähigkeit
  Abschnitt „Regelkreis“ im Handlungsleitfaden

Struktur des Handlungsleitfadens

1 Bestandspositionierung

- FMK-Erfassung
  - Identifikation zu betrachtende Artikel
  - Bestimmung artikelspezifische FMK-Sätze für Entscheidungsmodell
- Ermittlung Lager-/Beschaffungs-kosten
  - 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

2 Handlungsempfehlungen

- 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

3 Regelkreis

- 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

Vorgehensweise im Handlungsleitfaden Bestandspositionierung

Produktion

1. Konstanten FMK-Funktion aufnehmen
2. Fehlmengenkosten bestimmen
   - (A) Empirische Erfassung → Artikelrangliste mit FMK-Stücksätzen
   - (B) Modellgestützte Bestimmung → Artikelrangliste (Fehlteilliste + geschätzte FMK
3. Artikel für Positionierung auswählen

Beschaffung / Lager

4. Konstanten Beschaffung / Lager
   - Konstanten für Beschaffungs- / Lagerhaltungskostenfunktion aufnehmen (artikelspezifisch)
5. Parameter Beschaffung / Lager
   - Parameter der Lieferanten- und Lagerleistung aufnehmen (artikelspezifisch)

↻ Für alle Artikel

Entscheidungsmodell

6. Artikelspezifische Bestimmung des kostenmin. Servicegrads / Lagerbestands (Soll-Bestand)
7. Artikelspezifischer Soll-Ist-Vergleich zur Bestimmung der notwendigen Bestandsveränderung

↻ Für alle Artikel

Ggf. vor „realer" Bestandsanpassung Prüfung und Initiierung von Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Positionierung

Vorgehensweise im Handlungsleitfaden Handlungsempfehlungen

Beschaffung / Lager

1. Anhand Artikelrangliste bzgl. FMK kritische Artikel selektieren
2. Mögliche Anpassungsmaßnahmen aus Katalog selektieren (nach Parametern)
3. Beeinflussbarkeit Parameter-ausprägung Maßnahme abschätzen

↻ Für alle gewählten Artikel / Lieferanten

Produktion

4. Fehlmengenkritische Arbeitssysteme identifizieren und auswählen
5. Mögliche Anpassungsmaßnahmen aus Katalog selektieren (nach Parametern)
6. Beeinflussbarkeit Parameter-ausprägung Maßnahme abschätzen

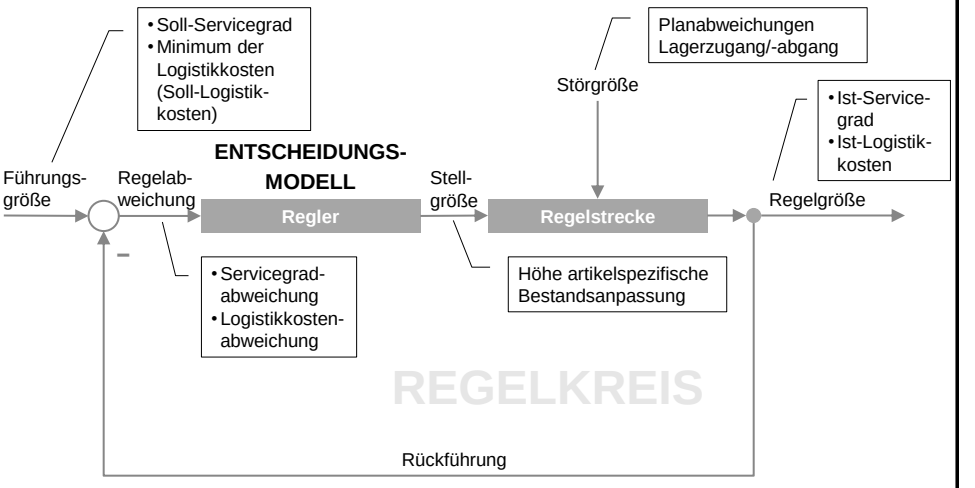
Entscheidungsmodell

7. Sensitivitätsanalyse bzgl. Wirkung Parameterveränderung / Maßnahme auf Logistikkosten

↻ Für alle Artikel / Maßnahmen

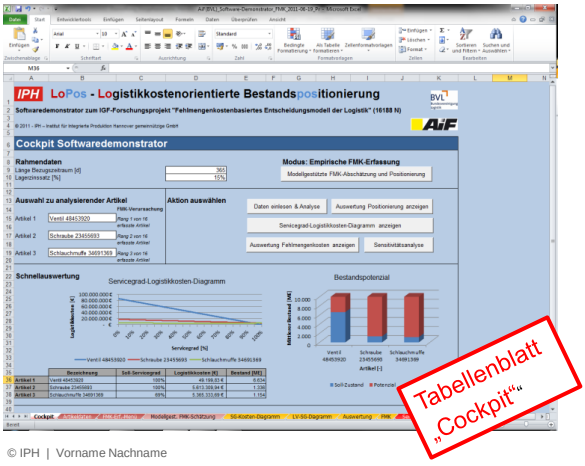
8. Maßnahmen mit höchstem Verhältnis Einsparung Logistikkosten / Umsetzungskosten wählen

Vorgehensweise im Handlungsleitfaden
Anwendung des Entscheidungsmodells im Regelkreis



Dem Handlungsleitfaden zu Grunde liegendes Werkzeug: Software-Demonstrator „LoPos“

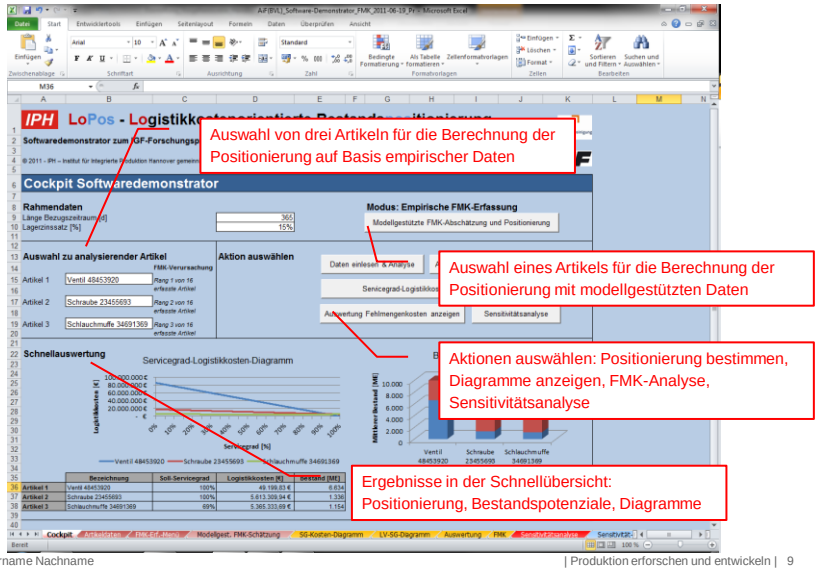
— LoPos steht für „Logistikkostenorientierte Bestandspositionierung“; das excelbasierte Tool unterstützt bei der Bestimmung des kostenminimalen Servicegrads



Funktionalitäten

- Erfassung von Parametern zur Berechnung von Fehlmengenkosten, Lager- und Beschaffungskosten
- Berechnung des kostenminimalen Servicegrads und der korrespondierenden Logistikkosten sowie des erforderlichen mittleren Lagerbestands
- Visualisierung der Berechnungsergebnisse in Diagrammform

Benutzerführung des Einstiegsdialogs von „LoPos“



Vorgehensweise zur Anpassung der logistischen Leistungsfähigkeit von KMU

BESTANDSPOSITIONIERUNG

Vorgehensweise im Handlungsleitfaden Bestandspositionierung

Produktion

1 Konstanten FMK-Funktion aufnehmen

2 Fehlmengenkosten bestimmen

(A) Empirische Erfassung → Artikelrangliste mit FMK-Stücksätzen

(B) Modellgestützte Bestimmung → Artikelrangliste (Fehlteilliste + geschätzte FMK

3 Artikel für Positionierung auswählen

Beschaffung / Lager

4 Konstanten Beschaffung / Lager

Konstanten für Beschaffungs- / Lagerhaltungskostenfunktion aufnehmen (artikelspezifisch)

5 Parameter Beschaffung / Lager

Parameter der Lieferanten- und Lagerleistung aufnehmen (artikelspezifisch)

Für alle Artikel

Entscheidungsmodell

6 Artikelspezifische Bestimmung des kostenmin. Servicegrads / Lagerbestands (Soll-Bestand)

7 Artikelspezifischer Soll-Ist-Vergleich zur Bestimmung der notwendigen Bestandsveränderung

Für alle Artikel

Ggf. vor „realer" Bestandsanpassung Prüfung und Initiierung von Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Positionierung

Anmerkungen

- In die Bestimmung der FMK gehen Konstanten wie Personalstundenlöhne oder Maschinenstundensätze sowie ereignisspezifische Variablen wie Anzahl betroffener Aufträge oder Fehlzeiten und Fehlmengen ein
- Die Konstanten sind sowohl für eine ereignisbezogene empirische FMK-Erfassung als auch für die modellgestützte Abschätzung erforderlich
- Auf den nachfolgenden Folien werden die für die FMK-Erfassung notwendigen Konstanten kurz vorgestellt
- Anschließend wir aufgezeigt, an welcher Stelle im Software-Demonstrator die Konstanten zu pflegen sind

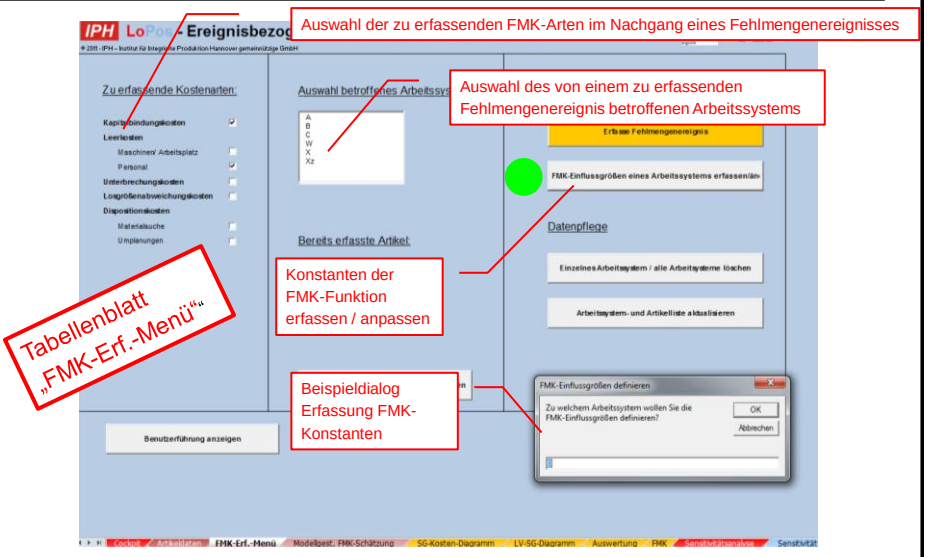
Überblick - Relevante Unternehmensdaten für Bestimmung der Fehlmengenkosten im Entscheidungsmodell

- Personalkosten
  - Durchschnittlicher Mitarbeiterstundenlohn [€ / h]
- Maschinenkosten
  - Kostensatz für laufenden Maschinenstillstand [€ / h]
  - Einmalige Maschinenstillsetzungskosten [€]
  - Einmalige Maschinenwiederanlaufkosten [€]
  - Maschinenstundensatz für betriebsbereite Maschine [€ / ZE]
- Beschaffung
  - Eilbeschaffungsanteil [%]
  - Eilbeschaffungskosten pro Artikeleinheit [€ / ME]
- Auftragsdaten
  - Durchschnittliche Einsatzmenge an Artikeleinheiten pro Produktionsauftrag [ME / ME]
  - Durchschnittlicher Wert einer Produkteinheit eines Produktionsauftrags z. B. nach Produktgruppe [€ / ME]
- Sonstige Größen
  - Kapitalbindungszinssatz [%]
  - Losfixe Rüstkosten eines Arbeitssystems [€]

Kostenarten durch Produktionsunterbrechungen und bei Ermittlung zu berücksichtigende Größen

Produktionsunterbrechungskosten				
Stillstandskosten (abhängig von Unterbrechungsdauer)			**Übergangskosten** (unabhängig von Unterbrechungsdauer)	
Laufende Stillstandskosten	**Einmalige Stillstandskosten**		**Stillsetzungs-kosten**	**Inbetriebsetzungs-kosten**
	Stilllegungskosten	**Wieder-inbetriebnahme-kosten**		
• Wartungskosten für stehende Maschinen • Wertminderungskosten für stillstandsbedingten Verschleiß und Alterung von Rohstoffen • Kapitalbindungskosten für liegende Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe	z. B. Reini-gungsaufwand nach dem Stillsetzen (kein Personalauf-wand)	Aufwand für Aufheben von Schäden nach der Stilllegung (z. B. auszutauschende Betriebsstoffe)	Aufwand z. B. infolge von Ausschuss-Produktion beim Maschinenauslauf	Aufwand für Anlaufvorgänge, z. B. durch Einfahraus-schuss oder Aufheizvorgänge

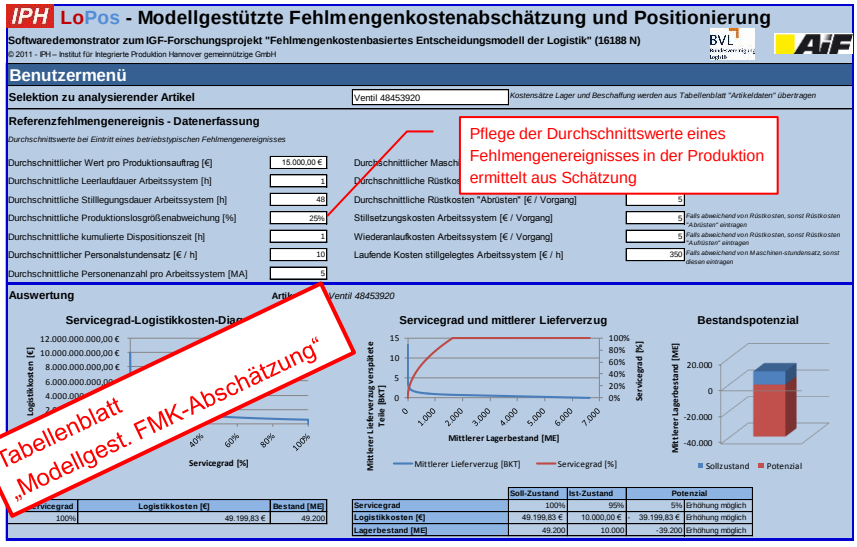
Konstantenpflege für empirische FMK-Erfassung im Software-Demonstrator - Überblick



Konstantenpflege für empirische FMK-Erfassung im Software-Demonstrator - Erfasste Daten nach Arbeitssystem

- Bezeichnung Arbeitssystem
- Kostensätze
  - Laufende Stillstandskosten Maschine(n) bei Betriebsunterbrechung pro Stunde
  - Personalkostensatz pro Stunde
    - Getrennte Erfassung für verschiedene Arbeitssysteme möglich
  - Maschinenstundensatz betriebsbereite Maschine pro Stunde
- Fixe Kosten
  - Einmalige Stillsetzungskosten Maschinen Arbeitssystem bei Betriebsunterbrechung
  - Einmalige Wiederanlaufkosten Maschinen Arbeitssystem nach Betriebsunterbrechung
- Anzahl Mitarbeiter am Arbeitssystem
  - Berücksichtigung sofortige Einsetzbarkeit Personal an anderem Arbeitssystem bei störungsbedingter Unterbrechung
- Rüstkosten
  - Fixe Kosten pro Rüstvorgang (Material etc.)
  - Zeitabhängige Kosten pro Rüstvorgang (Personal)
- Kapitalbindungszinssatz

Konstantenpflege für modellgestützte FMK-Erfassung im Software-Demonstrator - Überblick



© IPH | Vorname Nachname | Produktion erforschen und entwickeln | 17

Konstantenpflege für modellgestützte FMK-Abschätzung im Software-Demonstrator - Erfasste Daten nach Ereignis

- Durchschnittlicher Wert pro Produktionsauftrag [€]
- Durchschnittliche Leerlaufdauer Arbeitssystem [h]
- Durchschnittliche Stilllegungsdauer Arbeitssystem [h]
- Durchschnittliche Produktionslosgrößenabweichung [%]
- Durchschnittliche kumulierte Dispositionszeit [h]
  - Gesammelte Zeit aller Mitarbeiter für Dispositionsmaßnahmen
- Durchschnittlicher Personalstundensatz [€ / h]
- Durchschnittliche Personenanzahl pro Arbeitssystem [MA]
- Durchschnittlicher Maschinenstundensatz Arbeitssystem [€ / h]
- Durchschnittliche Rüstkosten "Aufrüsten" [€ / Vorgang]
- Durchschnittliche Rüstkosten "Abrüsten" [€ / Vorgang]
- Stillsetzungskosten Arbeitssystem [€ / Vorgang]
- Wiederanlaufkosten Arbeitssystem [€ / Vorgang]
- Laufende Kosten stillgelegtes Arbeitssystem [€ / h]

© IPH | Vorname Nachname | Produktion erforschen und entwickeln | 18

Vorgehensweise im Handlungsleitfaden Bestandspositionierung

Produktion

1 Konstanten FMK-Funktion aufnehmen

2 Fehlmengenkosten bestimmen

(A) Empirische Erfassung → Artikelrangliste mit FMK-Stücksätzen

(B) Modellgestützte Bestimmung → Artikelrangliste (Fehlteilliste + geschätzte FMK

3 Artikel für Positionierung auswählen

Beschaffung / Lager

4 Konstanten Beschaffung / Lager

Konstanten für Beschaffungs- / Lagerhaltungskostenfunktion aufnehmen (artikelspezifisch)

5 Parameter Beschaffung / Lager

Parameter der Lieferanten- und Lagerleistung aufnehmen (artikelspezifisch)

Für alle Artikel

Entscheidungsmodell

6 Artikelspezifische Bestimmung des kostenmin. Servicegrads / Lagerbestands (Soll-Bestand)

7 Artikelspezifischer Soll-Ist-Vergleich zur Bestimmung der notwendigen Bestandsveränderung

Für alle Artikel

Ggf. vor „realer" Bestandsanpassung Prüfung und Initiierung von Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Positionierung

Anmerkungen

- Für die Bestimmung der artikelspezifischen Fehlmengenkosten (FMK) existieren zwei Möglichkeiten
  - Empirische Erfassung vom FMK durch Aufnahme charakteristischer Rahmendaten eines jeden Fehlmengenereignisses
    (Vorteil: hohe Genauigkeit und Hinweise für Anpassungsmaßnahmen zur Begrenzung der Auswirkungen von FMK; Nachteil: hoher Aufwand)
  - Modellgestützte Abschätzung von FMK durch Annahme eines repräsentativen Fehlmengenereignisses
    (Vorteil: aufwandsarm anwendbar; Nachteil: geringere Genauigkeit)
- Nachfolgend wird die empirische Erfassung vorgestellt; zunächst wird eine FMK-Funktion mit den in sie eingehenden Größen vorgestellt, welche im Software-Demonstrator in einem Modul zur FMK-Bestimmung implementiert ist
- Danach erfolgt anhand von Screenshots die Darstellung des FMK-Erfassungsmoduls im Software-Demonstrator und Anwendungshinweise
- Außerdem wird im anschließenden Abschnitt das Modul zur modellgestützten FMK-Abschätzung vorgestellt

Ereignisbezogene Fehlmengenkostenfunktion - Basis: Identifizierte Einflussgrößen auf Höhe der FMK-Arten

$$K_{fehl} = K_{unterbr} + K_{dispo} + K_{kap} + K_{leer} + K_{los,abw}$$

Fehl-mengen-kosten

Losgrößenabweichungskosten

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

Leerkosten

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

Kapitalbindungskosten

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

Dispositionskosten

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

Betriebsunterbrechungskosten

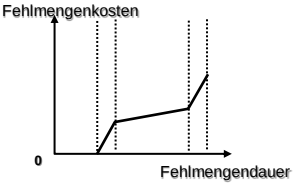
$$K_{unterbr} = \sum_{i=1}^{n_{unterbr}} (k_{lfd,i} \cdot t_{unterbr,i} + K_{sz,i} + K_{wa,i})$$

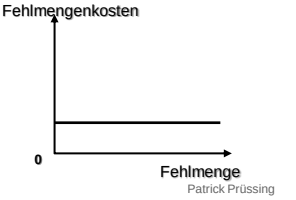
Fehlmengenkostenart - Betriebsunterbrechungskosten

- Direkte FMK-Art, da Betriebsunterbrechung an Arbeitssystem direkt aus Fehlmengenereignis resultiert
- Wesentlicher Bestandteil sind Rüstkosten für Stillsetzung und Wiederanlauf, aber auch laufende Stillstandskosten (Wartung etc.) von Maschinen

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

i	Index eines von $n_{unterbr}$ von einer Betriebsunterbrechung betroffenen Arbeitssystemen ($i = 1, 2, \ldots, n_{unterbr}$) [-]
$k_{lfd,i}$	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]
$n_{unterbr}$	Anzahl der von einer Betriebsunterbrechung betroffenen Arbeitssysteme [-]
$t_{unterbr,i}$	Fehlmengenbedingte Betriebsunterbrechungsdauer an Arbeitssystem i [ZE]

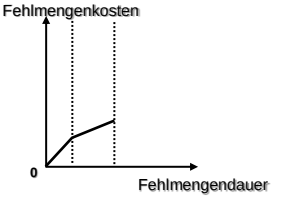


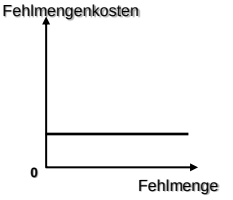


Fehlmengenkostenart - Dispositionskosten

- Dispositionskosten stellen indirekte FMK dar, wenn bei einem eingetretenen oder drohenden Fehlmengenereignis Material gesucht oder Aufträge umgeplant werden müssen
- Maßgebliche Kostentreiber sind die Anzahl der beteiligten Mitarbeiter und deren Einsatzzeiten bei Materialsuche und Umplanung

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



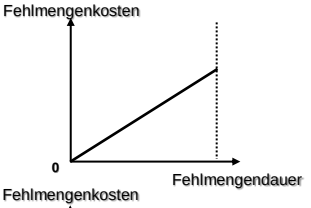


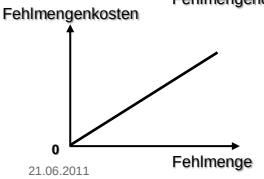
K_{dispo}	Dispositionskosten [GE]
j	Index eines in fehlmengenbedingte Umplanungsmaßnahmen involvierten Mitarbeiters der Arbeitsplanung ($j = 1, 2, \ldots, n_{dispo,pers}$) [-]
$k_{pers,h}$	Personalkostensatz [GE/ZE]
l	Index eines in die Fehlteilsuche involvierten Mitarbeiters ($l = 1, 2, \ldots, n_{such,mat}$)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

21.06.2011 Patrick Prüssing

Fehlmengenkostenart - Kapitalbindungskosten

- Direkte FMK; entstehen durch Aufträge, die wegen fehlenden Materials nicht bearbeitet werden können sowie andere Aufträge, deren Bearbeitung sich verzögert
- Bewertungsgrundlage sind bisherige Herstellkosten der Zwischenprodukte betroffener Aufträge sowie Kapitalbindungszinssatz





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

$c_{prod,stck}$	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, z. B. durch störungsbedingte Wartezeiten ($o = 1, 2, \ldots, n_{auftr,warten}$) [-]
t_{fehl}	Fehldauer [ZE]
$t_{warten,o}$	Wartezeit Auftrag o vom Fehlmengeneintritt bis zur Weiterbearbeitung [ZE]
$w_{prod,fehl}$	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]
z_{kap}	Auf Bezugsperiode (z. B. Quartal) bzw. Zeiteinheit (z. B. Stunden) normierter Kapitalbindungssatz in Dezimaldarstellung [1/ZE]

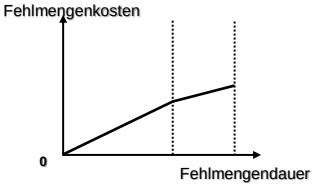
21.06.2011 Patrick Prüssing

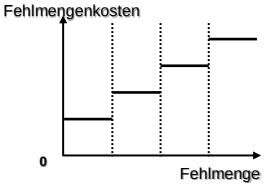
Fehlmengenkostenart - Leerkosten

- Basis für die Bestimmung ist der geplante Beschäftigungsgrad eines Arbeitssystems (Maschinen bzw. Personal)
- Die während der Fehlmengendauer unbeschäftigten Mitarbeiter und Maschinen bestimmen über den Maschinenstundensatz und den Stundenlohn die Höhe der auftretenden Leerkosten
- Leerkosten bilden eine direkte FMK-Art

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

K_{leer}	Leerkosten [GE]
$k_{masch,p}$	Maschinenstundensatz von Arbeitssystem p [GE/ZE]
$k_{pers,h}$	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 ($p = 1, 2, \ldots, n_{leer}$) [-]
$t_{leer,p}$	Fehlmengenbedingte Leerlaufzeit an Arbeitssystem p [ZE]



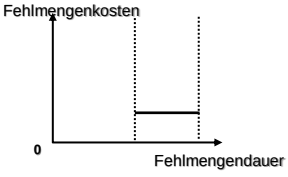


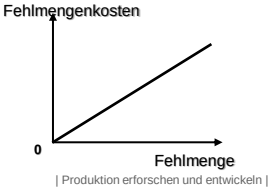
Fehlmengenkostenart - Losgrößenabweichungskosten

- Werden Produkte in Losen gefertigt, so können bei Fehlmengenereignissen Losgrößenabweichungskosten entstehen
- Ausschlaggebend sind die ursprünglich geplante Losgröße sowie der fehlmengenbedingt nicht zu bearbeitende Teil des Loses
- Losgrößenabweichungskosten als direkte FMK resultieren aus der Umlegung der Rüstkosten auf eine niedrigere als die ursprünglich geplante Losgröße

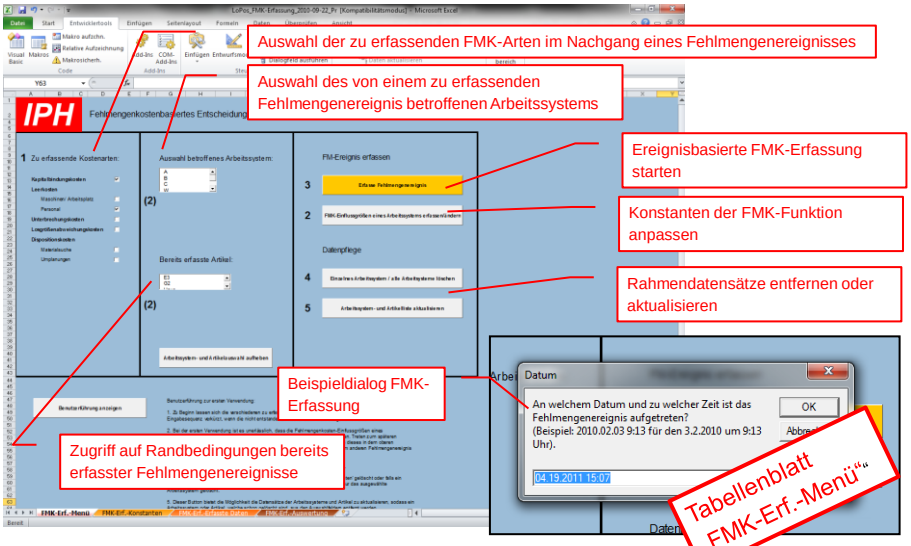
$$K_{los,abw} = K_{rüst} \cdot \left(1 - \frac{m_{los,gepl} - \frac{m_{fehl}}{c_{prod,stck}}}{m_{los,gepl}} \right)$$

$c_{prod,stck}$	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]

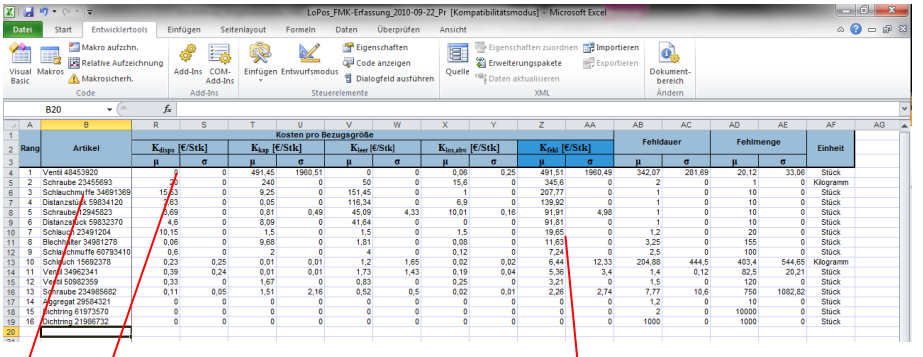




Empirische Erfassung von FMK im Software-Demonstrator - Einstiegsmaske



Ereignisbasierte Erfassung von FMK im Software-Demonstrator - Auswertungstabelle



Rang	Artikel	Kosten pro Bezugsgröße K_{disp} [€/Stk] μ	σ	K_{lsp} [€/Stk] μ	σ	K_{ber} [€/Stk] μ	σ	$K_{los,abr}$ [€/Stk] μ	σ	K_{fehl} [€/Stk] μ	σ	Fehldauer μ	σ	Fehlmenge μ	σ	Einheit
1	Ventil 48453920	0	0	491,45	1960,51	0	0	0,06	0,25	491,51	1960,49	342,07	281,69	20,12	33,06	Stück
2	Schraube 23455693	20	0	240	0	50	0	15,6	0	345,6	0	2	0	1	0	Kilogramm
3	Schlauchmuffe 34691369	15,63	0	9,25	0	151,45	0	1	0	207,77	0	1	0	10	0	Stück
4	Distanzstück 59834120	0,03	0	0,05	0	116,34	0	6,9	0	139,92	0	1	0	10	0	Stück
5	Schraube 12945823	0,69	0	0,81	0,49	45,09	4,33	10,01	0,16	91,91	4,98	1	0	10	0	Stück
6	Distanzstück 59832370	4,6	0	8,09	0	41,64	0	0	0	91,81	0	1	0	10	0	Stück
7	Schlauch 23491204	10,15	0	1,5	0	1,5	0	1,5	0	19,65	0	1,2	0	20	0	Stück
8	Blechhafter 34861278	0,06	0	9,68	0	1,81	0	0,08	0	11,63	0	3,25	0	155	0	Stück
9	Schlauchmuffe 60793410	0,6	0	2	0	4	0	0,12	0	7,24	0	2,5	0	100	0	Stück
10	Schlauch 15692378	0,23	0,25	0,01	0,01	1,2	1,65	0,02	0,02	6,44	12,33	204,88	444,5	403,4	544,65	Kilogramm
11	Ventil 34962341	0,39	0,24	0,01	0,01	1,73	1,43	0,19	0,04	5,36	3,4	1,4	0,12	82,5	20,21	Stück
12	Ventil 50962359	0,33	0	1,67	0	0,83	0	0,25	0	3,21	0	1,5	0	120	0	Stück
13	Schraube 234985682	0,11	0,05	1,51	2,16	0,52	0,5	0,02	0,01	2,26	2,74	7,77	10,6	750	1082,82	Stück
14	Aggregat 29584321	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	0	10	0	Stück
15	Dichtring 61973570	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	10000	0	Stück
16	Dichtring 21986732	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	1000	0	Stück

Mittelwert und Standardabweichung der einzelnen FMK-Arten im Durchschnitt pro Artikeleinheit

FMK-Satz pro Artikeleinheit mit Mittelwert und Standardabweichung

Artikelbezeichnung / Artikelnummer

Verwendung artikelbezogener FMK-Satz als Eingangsgröße im Entscheidungsmodell

Auswahl zu betrachtender Artikel anhand Artikelrangliste auf Basis von Fehlmengenkostenstücksätzen

Vom FMK-Erfassungstool automatisch generierte FMK-Rangliste

Rang	Artikel	Kosten pro Bezugsgröße								
		€/Stk]	K_{kap} [€/Stk]		K_{leer} [€/Stk]		$K_{los,abw}$ [€/Stk]		K_{fehl} [€/Stk]	
		σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
1	Ventil 48453920	0	491,45	1960,51	0	0	0,06	0,25	491,51	1960,49
2	Schraube 23455693	0	240	0	50	0	15,6	0	345,6	0
3	Schlauchmuffe 34691369	0	9,25	0	151,45	0	1	0	207,77	0
4	Distanzstück 59834120	0	0,05	0	116,34	0	6,9	0	139,92	0
5	Schraube 12945823	0	0,81	0,49	45,09	4,33	10,01	0,16	91,91	4,98
6	Distanzstück 59832370	0	8,09	0	41,64	0	0	0	91,81	0
7	Schlauch 23491204	0	1,5	0	1,5	0	1,5	0	19,65	0
8	Blechhalter 34981278	0	9,68	0	1,81	0	0,08	0	11,63	0
9	Schlauchmuffe 60793410	0	2	0	4	0	0,12	0	7,24	0
10	Schlauch 15692378	0,25	0,01	0,01	1,2	1,65	0,02	0,02	6,44	12,33
11	Ventil 34962341	0,24	0,01	0,01	1,73	1,43	0,19	0,04	5,36	3,4
12	Ventil 50982359	0	1,67	0	0,83					
13	Schraube 234985682	0,05	1,51	2,16	0,52	0				
14	Aggregat 29584321	0	0	0	0					
15	Dichtring 649735									
16	Dichtring 219867					0	0	0	0	0

Rang des Artikels in Hinblick auf monetären Schaden durch fehlende Artikel

Durchschnittlicher FMK-Satz pro fehlender Artikeleinheit

- Das FMK-Erfassungsmodul im Software-Demonstrator erzeugt automatisch eine Rangliste der Artikel mit dem höchsten monetären Schaden pro fehlender Artikeleinheit (= FMK)
- Für Artikel mit den höchsten Rängen sollte eine Bestandspositionierung durchgeführt werden

Ermittlung der artikelbezogenen Eilbeschaffungskosten und des Eilbeschaffungsanteils

$$k_{Eil} = \frac{M_{F,Eil,T} \cdot p_{St,Eil} + \frac{M_{F,Eil,T}}{X_{F,Eil}} \cdot k_{Perso,Eil}}{M_{F,Eil,T}}$$

$$a_{Eil} = \frac{M_{F,Eil,T}}{M_{F,Ges,T}}$$

Eilbeschaffungskosten bei Bedarf zusätzlich im Modell abbildbar

a_{Eil}	Eilbeschaffungsanteil in [-]
k_{Eil}	Eilbeschaffungskostensatz in [GE/ME]
$k_{Perso,Eil}$	Durchschn. Personalaufwand pro Eilbeschaffung in [GE]
$M_{F,Eil,T}$	Über Eilbeschaffungen kompensierte Fehlmenge einer Bezugsperiode *T* in [ME]
$M_{F,Ges,T}$	Gesamte Periodenfehlmenge in [ME]
$p_{St,Eil}$	Durchschn. Eilbeschaffungspreis in [GE/ME]
$X_{F,Eil}$	Durchschn. Eilbeschaffungsmenge in [ME]

Vorgehensweise im Handlungsleitfaden Bestandspositionierung

Produktion

1 Konstanten FMK-Funktion aufnehmen

2 Fehlmengenkosten bestimmen

(A) Empirische Erfassung → Artikelrangliste mit FMK-Stücksätzen

(B) Modellgestützte Bestimmung → Artikelrangliste (Fehlteilliste + geschätzte FMK

3 Artikel für Positionierung auswählen

Beschaffung / Lager

4 Konstanten Beschaffung / Lager

Konstanten für Beschaffungs- / Lagerhaltungskostenfunktion aufnehmen (artikelspezifisch)

5 Parameter Beschaffung / Lager

Parameter der Lieferanten- und Lagerleistung aufnehmen (artikelspezifisch)

Für alle Artikel

Entscheidungsmodell

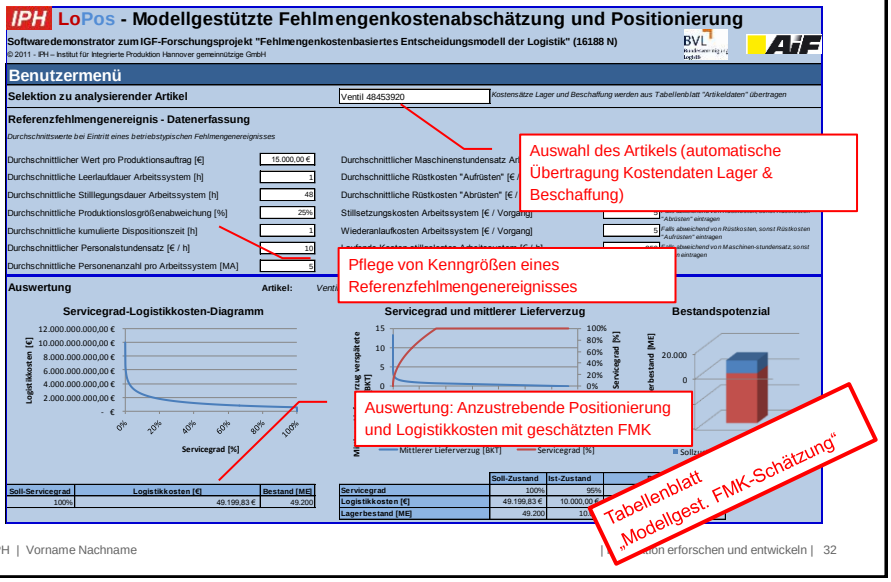
6 Artikelspezifische Bestimmung des kostenmin. Servicegrads / Lagerbestands (Soll-Bestand)

7 Artikelspezifischer Soll-Ist-Vergleich zur Bestimmung der notwendigen Bestandsveränderung

Für alle Artikel

Ggf. vor „realer" Bestandsanpassung Prüfung und Initiierung von Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Positionierung

Modellgestützte FMK-Abschätzung Modul im Software-Demonstrator



Anmerkungen modellgestützte FMK-Erfassung

- Selektion von Artikeln, für die FMK abgeschätzt werden sollen, aus der Menge der im Tabellenblatt „Artikeldaten“ des Software-Demonstrators hinterlegten Artikel
- Pflege der Kenngrößen eines durchschnittlichen FMK-Ereignisses („Referenz-Fehlmengenereignis“) in den entsprechenden Datenfeldern
- Auswertung erfolgt vollautomatisch
  - Vollautomatische Berechnung der FMK und direkte Übernahme in Auswertung für Positionierung mit modellgestützt ermittelten FMK
  - Darstellung der Fehlmengenkostenfunktion über dem Servicegrad im gesonderten FMK-Diagramm (Diagramm „FMK-Funktion“)

Vorgehensweise im Handlungsleitfaden Bestandspositionierung

Produktion

1 Konstanten FMK-Funktion aufnehmen

2 Fehlmengenkosten bestimmen

(A) Empirische Erfassung → Artikelrangliste mit FMK-Stücksätzen

(B) Modellgestützte Bestimmung → Artikelrangliste (Fehlteilliste + geschätzte FMK

3 Artikel für Positionierung auswählen

Beschaffung / Lager

4 Konstanten Beschaffung / Lager

Konstanten für Beschaffungs- / Lagerhaltungskostenfunktion aufnehmen (artikelspezifisch)

5 Parameter Beschaffung / Lager

Parameter der Lieferanten- und Lagerleistung aufnehmen (artikelspezifisch)

Für alle Artikel

Entscheidungsmodell

6 Artikelspezifische Bestimmung des kostenmin. Servicegrads / Lagerbestands (Soll-Bestand)

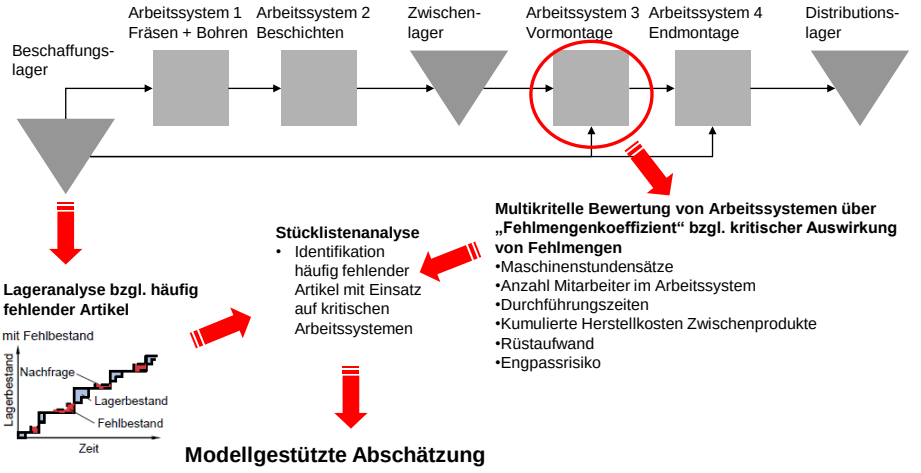
7 Artikelspezifischer Soll-Ist-Vergleich zur Bestimmung der notwendigen Bestandsveränderung

Für alle Artikel

Ggf. vor „realer“ Bestandsanpassung Prüfung und Initiierung von Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Positionierung

Ansatz: Identifikation kritischer Artikel für die modellgestützte Abschätzung von FMK

— Zentrale Frage: Welche Artikel verursachen erhebliche Fehlmengenkosten und lohnen sich daher für eine detaillierte Analyse?



Ansatz: Bewertung von Artikeln mit Fehlmengenpotenzial bzgl. FMK-Verursachungspotenzial

— Identifikation von Artikeln mit Fehlmengenpotenzial
  – Mittels Analyse-Tools (z. B. Fast/log)
  – Auf Basis historischer Fehlteillisten und Expertenwissen

— Verknüpfung von Artikeln mit potenziellen Fehlmengen und Arbeitssystemen herstellen
  – ERP-System: Rückverfolgbarkeit Artikelnummer zu Arbeitsplänen → Einsatz Artikel an Arbeitssystemen
  – Prüfen anhand des FMK-Verursachungspotenzials anhand arbeitssystemspezifischer Fehlmengenkoeffizienten

— Arbeitssystemspezifischer Fehlmengenkoeffizient

Kriterium		***Gewichtung***
Summe Maschinenstundensätze	[€]	1 - 10
Anzahl Mitarbeiter im Arbeitssystem	[MA]	1 - 10
Durchschn. Durchführungszeiten	[ZE]	1 - 10
Durchschn. HEKO Zwischenprodukte	[€]	1 - 10
Durchschn. Rüstaufwand	[ZE]	1 - 10
Engpassrisiko (Skala 1 bis 10)	[-]	1 - 10

• = **Fehlmengenkoeffizient Arbeitssystem**

Skalare Vektormultiplikation

Vorgehensweise im Handlungsleitfaden Bestandspositionierung

Produktion

1. Konstanten FMK-Funktion aufnehmen
2. Fehlmengenkosten bestimmen
   - (A) Empirische Erfassung → Artikelrangliste mit FMK-Stücksätzen
   - (B) Modellgestützte Bestimmung → Artikelrangliste (Fehlteilliste + geschätzte FMK
3. Artikel für Positionierung auswählen

Beschaffung / Lager

4. Konstanten Beschaffung / Lager
   Konstanten für Beschaffungs- / Lagerhaltungskostenfunktion aufnehmen (artikelspezifisch)
5. Parameter Beschaffung / Lager
   Parameter der Lieferanten- und Lagerleistung aufnehmen (artikelspezifisch)

Für alle Artikel

Entscheidungsmodell

6. Artikelspezifische Bestimmung des kostenmin. Servicegrads / Lagerbestands (Soll-Bestand)
7. Artikelspezifischer Soll-Ist-Vergleich zur Bestimmung der notwendigen Bestandsveränderung

Für alle Artikel

Ggf. vor „realer" Bestandsanpassung Prüfung und Initiierung von Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Positionierung

Anmerkungen

- Nachfolgend wird in diesem Abschnitt eine Übersicht über die aufzunehmenden Parameter der Lagerhaltung und Beschaffung gegeben
- Dies beinhaltet Hinweise zu Ermittlung der Parameter
- Im Anschluss wird in diesem Abschnitt das Datentableau zur Erfassung dieser Parameter im Software-Demonstrator („Artikeldaten") erläutert

Überblick - Relevante Unternehmensdaten für Bestimmung der Lager- und Beschaffungskosten im Entscheidungsmodell

- Nachfrageraten [ME / ZE]
  - Mittlere Nachfragerate pro Bezugsperiode
  - Maximale Nachfragerate pro Bezugsperiode (Worst-Case; evtl. auch niedrigste Nachfragerate)
- Lieferantendaten
  - Standard-Wiederbeschaffungszeit Artikel [ZE]
  - Maximale Verspätung [ZE]
  - Maximale Unterlieferungsmenge [ME]
  - Einstandspreis: Artikel pro Einheit [€ / ME]
- Beschaffung
  - Bestelllosgröße [ME / Los]
  - Kosten pro Bestellung (= Losgröße) für Bestellvorgang und Vereinnahmung [GE / Los]
  - Durchschn. Kosten pro Artikeleinheit im Falle von Eilbeschaffungen [GE / ME]
- Lagerdaten
  - Lagerdichte: Durchschn. Anzahl Artikeleinheiten pro Lagerplatz [ME / Platz]
  - Lagerplatzkosten [€ pro Platz p. a.]
  - Angesetzter Kapitalbindungssatz [% p. a.]
  - Maximale Lagerbestandsabweichung, z. B. in Folge ungenauer Bestandsführung [ME / ZE]

21.06.2011 Patrick Prüssing

Übersicht: Bestandteile der Beschaffungskosten

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

Hinweis:
Die Beschaffungskosten sind nicht direkt entscheidungsrelevant, können aber wertvolle Hinweise auf Kostensenkungspotenziale geben und sind daher in das Entscheidungsmodell integriert worden.

Exkurs: Berechnung der Beschaffungskosten Automatisiert durch Software-Demonstrator

$$K_{Besch} = p_{St} \cdot BR_m \cdot T + \frac{BR_m \cdot T}{X_{zu,m}} \cdot k_{Best} + BR_m \cdot T \cdot \frac{k_{Hand}}{kap_{LHM}}$$

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 Warenzugang [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]

Hinweis: Bestellabwicklungskosten bezogen auf eine Bestellung / ein Bestelllos und Handlingkosten Warenzugang bezogen auf eine Ladeeinheit bestehend aus Artikeleinheiten und Ladehilfsmittel

Exkurs: Bestimmung des Einstandspreises

— Bestimmung des Einstandspreises pro Artikeleinheit
  – Umlegung der Gemeinkosten sowie von Nachlässen auf einzelne Artikeleinheiten

	Angebotspreis
-	Rabatte
-	Boni
+	Mindermengenzuschlag
=	Zieleinkaufspreis
-	Skonti
=	Bareinkaufspreis
+	Bezugskosten
+	Verpackung
+	Fracht
+	Rollgeld
+	Versicherung
+	Zoll
=	**Einstandspreis**

Übersicht: Bestandteile der Lagerkosten

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

Exkurs: Berechnung der Lagerkosten Automatisiert durch Software-Demonstrator

$$K_{Lager} = BL_m \cdot p_{St} \cdot \frac{T}{365} \cdot z_{Lager} + \frac{k_{Platz}}{kap_{LHM}} \cdot BL_m \cdot \frac{T}{365}$$

$$k_{Platz} = \frac{k_{AbschrGebäude} + k_{AbschrInfra} + k_{LagerFix}}{n_{Plätze}}$$ 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 [%]

Hinweis: Abschreibungen Gebäude / Infrastruktur anteilig bezogen auf Bereich, in dem Artikel lagern; bei verteilter Lagerung ggf. Durchschnitt über mehrere Gebäude bilden / Wert schätzen

Entscheidungshilfe: Exemplarische Lagerkosten-Prozentsätze

Kostenart	Anteil [%]
Zinsen des gebundenen Kapitals	8 bis 10%
Alterung, Verschleiß	3 bis 5%
Verlust, Bruch	2 bis 4%
Transport	2 bis 4%
Lagerung, Abschreibung	1,5 bis 2%
Lagerverwaltung	1 bis 2%
Steuern	1 bis 2%
Versicherung	0,5 bis 1 %
Summe	19 bis 30%

Exkurs: Bestimmung der mittleren Nachfragerate und der Standard-Wiederbeschaffungszeit nach einem Artikel

— Bestimmung der mittleren Nachfrage (auch Bedarfsrate) nach einem Artikel aus dem Lager pro Bezugsperiode [ME/BKT]

$$BR_m = \frac{M_N}{P}$$

mit BR_m mittlere Bedarfsrate [ME/BKT]
M_N Nachfragemenge [ME]
P Länge der Untersuchungsperiode [BKT]

— Bestimmung der Länge der Wiederbeschaffungszeit (WBZ) [BKT]
  – Ausschlaggebend ist der Zeitraum zwischen Bestellauslösung und Zugang der Bestellung im Lager

Exkurs: Planabweichungen im Lagerzugang und -abgang und ihre Bestimmung

— Bestimmung der Planabweichungen durch Auswertung von Lieferdaten aus der Vergangenheit

- Max. Differenz zwischen Soll- und Ist-Lieferterminen
- Max. Differenz zwischen Bestell- und Liefermenge
- Max. Abweichung des Artikelbedarfs vom durchschnittlichen Bedarf (gemessen als Nachfragerate)
- Max. Bestandsdifferenzen z. B. bei Stichtagsinventur

Planabweichung	Formel-zeichen	Ursache
Maximale positive Lieferterminabweichung	TA^{+}_{max} in [ZE]	Maximal mögliche Abweichung von der zugesicherten Wiederbeschaffungszeit infolge von Anlieferverspätungen
Maximale negative Zugangsmengenabweichung	MA^{-}_{max} in [ME]	Max. mögl. Fehlmenge bei einer Lieferung
Maximale Bedarfsratenabweichung	$BR_{max} - BR_{m}$ in [ME/ZE]	Maximal mögliche Abweichung von der durchschn. Periodenbedarfsrate nach oben
Maximale Bestandsschwankung	VL_{max} in [ME]	Aufgrund von Fehlbuchungen/Verlust auftretende Bestandsschwankung nach unten

Tableau zur Erfassung der Artikeldaten für Lager und Beschaffung im Software-Demonstrator

— Pflege folgender Artikeldaten

- Pflichtangaben: Gemessener mittlerer Lagerbestand [ME], Gemessener Servicegrad [%], Bestelllosgröße [ME], Mittlere Bedarfsrate [ME/BKT], Max. Bedarfsratenabweichung Produktion [ME/BKT], Wiederbeschaffungszeit [BKT], Maximale Verspätung Lieferant [BKT], Max. Mengenabweichung Lieferant [ME], Einstandspreis [GE/ME], Mittlere Lagerabgangsgröße [ME]
- Optionale Angaben: Bestellvorgangskosten [GE], Handlingkosten [GE/ME], Max. Lagerbestandsabweichung [ME], Lagerplatzkosten [GE/Platz], Kapazität Ladehilfsmittel [ME/LHM], Eilbeschaffungsanteil [%], Eilbeschaffungspreis [GE/ME], Servicegradverluste [%]

Erfassung Artikeldaten

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

Artikel	Gemessener mittlerer Lagerbestand [ME]	Gemessener Servicegrad [%]	Bestelllosgröße [ME]	Hinweis: Optimale Beschaffungslosgröße [ME]	Mittlere Bedarfsrate [ME/BKT]	Max. Bedarfsratenabweichung Produktion [ME/BKT]	Wiederbeschaffungszeit [BKT]	Maximale Verspätung Lieferant [BKT]	Max. Mengenabweichung Lieferant [ME]	Einstandspreis [GE/ME]	Mittlere Lagerabgangsgröße [ME]	Fehlmengenkosten [GE/ME]	Bestellvorgangskosten [GE]	Handlingkosten [GE/ME]	Max. Lagerbestandsabweichung [ME]	Lagerplatzkosten [GE/Platz]	Kapazität Ladehilfsmittel [ME/LHM]	Eilbeschaffungsanteil [%]	Eilbeschaffungspreis [GE/ME]	Servicegradverluste [%]
	Pflichtangaben											Empirisch	Optionale Angaben							
Ventil 48453920	*10.000*	*95%*	*3.277*	*3.277*	*500*	*1.000*	*7*	*7*	*450*	*0,20 €*	*200*	*491,51 €*	*45,00 €*	*1,00 €*	*500*	*300,00 €*	*200*	*4%*		
Schraube 23455693	*45.000*	*97%*	*200*	*200*	*100*	*200*	*14*	*14*	*50*	*150,00 €*	*200*	*345,60 €*	*45,00 €*	*1,00 €*	*2*	*300,00 €*				
Schlauchmuffe 34691369	*10.000*	*50%*	*35*	*35*	*15*	*150*	*28*	*14*	*1*	*800,00 €*	*200*	*207,77 €*	*45,00 €*	*1,00 €*	*0*	*300,00 €*				

Tabellenblatt „Artikeldaten“

Vorgehensweise im Handlungsleitfaden Bestandspositionierung

Produktion

1. Konstanten FMK-Funktion aufnehmen
2. Fehlmengenkosten bestimmen
   - (A) Empirische Erfassung → Artikelrangliste mit FMK-Stücksätzen
   - (B) Modellgestützte Bestimmung → Artikelrangliste (Fehlteilliste + geschätzte FMK
3. Artikel für Positionierung auswählen

Beschaffung / Lager

4. Konstanten Beschaffung / Lager
   Konstanten für Beschaffungs- / Lagerhaltungskostenfunktion aufnehmen (artikelspezifisch)
5. Parameter Beschaffung / Lager
   Parameter der Lieferanten- und Lagerleistung aufnehmen (artikelspezifisch)

Für alle Artikel

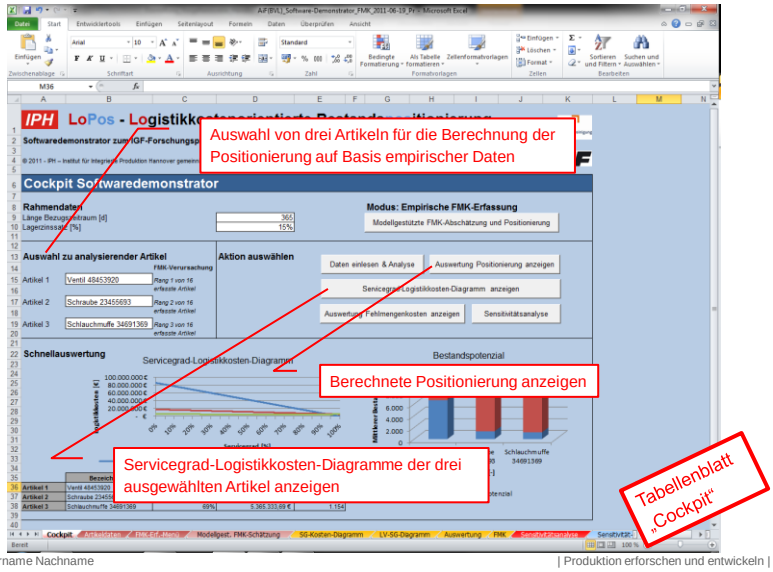
Entscheidungsmodell

6. Artikelspezifische Bestimmung des kostenmin. Servicegrads / Lagerbestands (Soll-Bestand)
7. Artikelspezifischer Soll-Ist-Vergleich zur Bestimmung der notwendigen Bestandsveränderung

Für alle Artikel

Ggf. vor „realer" Bestandsanpassung Prüfung und Initiierung von Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Positionierung

Start der Berechnung der Bestandspositionierung starten Basis: Empirisch erfasste FMK



Detaillierte Auswertung der berechneten Positionierung Basis: Empirisch erfasste FMK

Bestandspositionierung - Auswertung

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

Artikel 1 *Ventil 48453920*

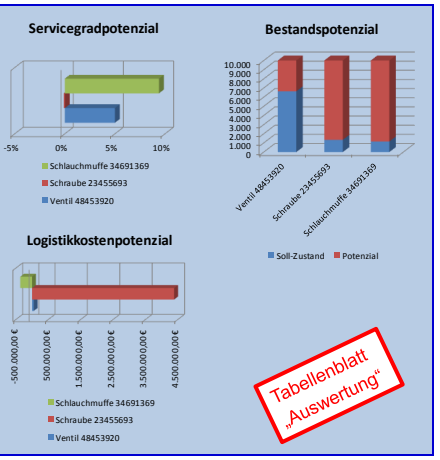
	Soll-Zustand	Ist-Zustand	Potenzial
Servicegrad	100%	95%	5% Erhöhung möglich
Logistikkosten [€]	49.199,83 €	100.000,00 €	50.800,17 € Senkung möglich
Lagerbestand [ME]	6.634	10.000	3366 Senkung möglich

Artikel 2 *Schraube 23455693*

	Soll-Zustand	Ist-Zustand	Potenzial
Servicegrad	100%	100%	0% Senkung möglich
Logistikkosten [€]	5.613.309,94 €	10.000.000,00 €	4.386.690,06 € Senkung möglich
Lagerbestand [ME]	1.336	10.000	8.664 Senkung möglich

Artikel 3 *Schlauchmuffe 34691369*

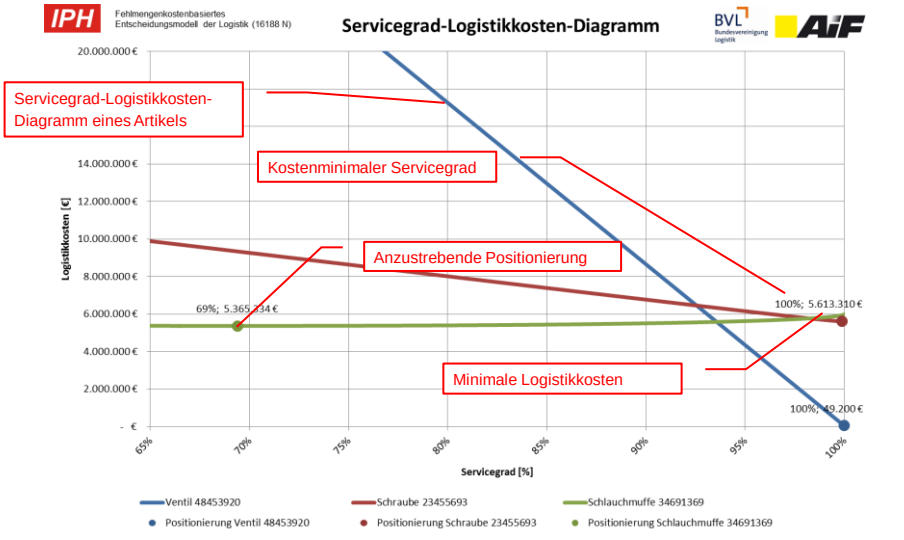
	Soll-Zustand	Ist-Zustand	Potenzial
Servicegrad	69%	60%	9% Erhöhung möglich
Logistikkosten [€]	5.365.333,69 €	5.000.000,00 €	- 365.333,69 € Erhöhung möglich
Lagerbestand [ME]	1.154	10.000	8.846 Senkung möglich



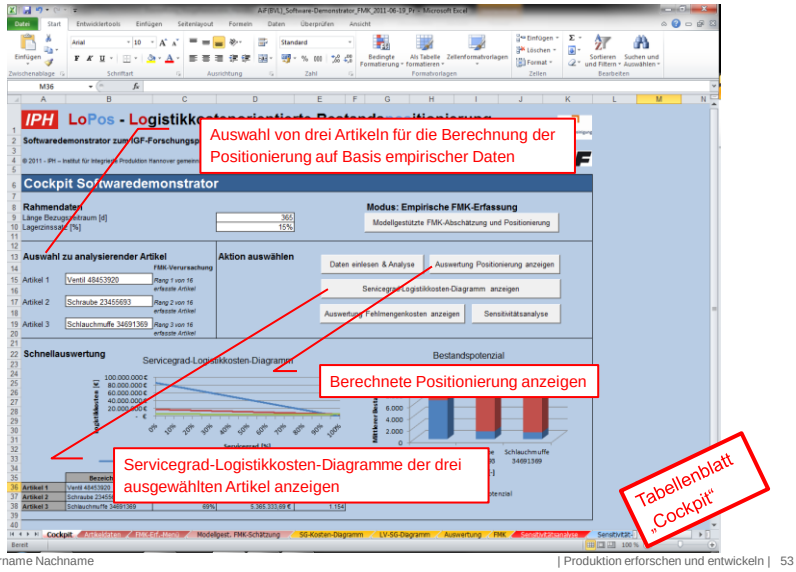
Tabellenblatt „Auswertung“

— Darstellung von anzustrebendem und aktuellem Zustand
— Gegenüberstellung der Zustände und Aufzeigen von Potenzialen

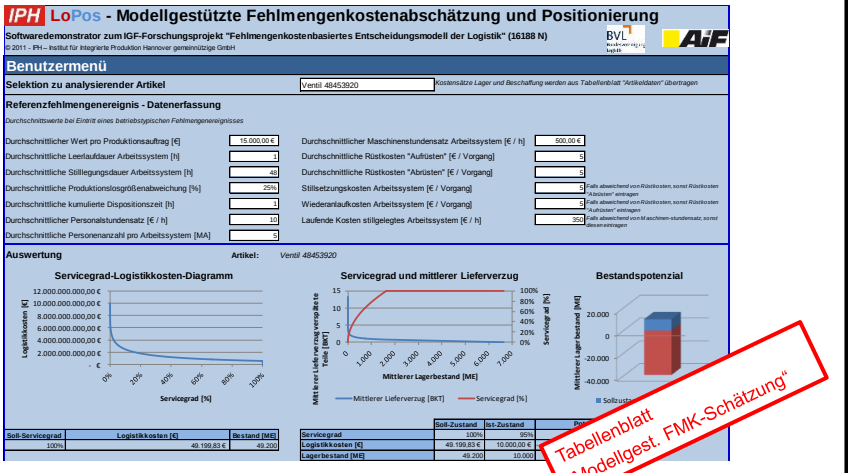
Darstellung der Ergebnisse im Software-Demonstrator Servicegrad und Logistikkosten



Start der Berechnung der Bestandspositionierung starten
Basis: Modellgestützt abgeschätzte FMK



Detaillierte Auswertung der berechneten Positionierung
Basis: Modellgestützt abgeschätzte FMK



— Darstellung von anzustrebendem und aktuellem Zustand
— Gegenüberstellung der Zustände und Aufzeigen von Potenzialen

Vorgehensweise im Handlungsleitfaden Bestandspositionierung

Produktion

1. Konstanten FMK-Funktion aufnehmen
2. Fehlmengenkosten bestimmen
   - (A) Empirische Erfassung → Artikelrangliste mit FMK-Stücksätzen
   - (B) Modellgestützte Bestimmung → Artikelrangliste (Fehlteilliste + geschätzte FMK
3. Artikel für Positionierung auswählen

Beschaffung / Lager

4. Konstanten Beschaffung / Lager
   Konstanten für Beschaffungs- / Lagerhaltungskostenfunktion aufnehmen (artikelspezifisch)
5. Parameter Beschaffung / Lager
   Parameter der Lieferanten- und Lagerleistung aufnehmen (artikelspezifisch)

Für alle Artikel

Entscheidungsmodell

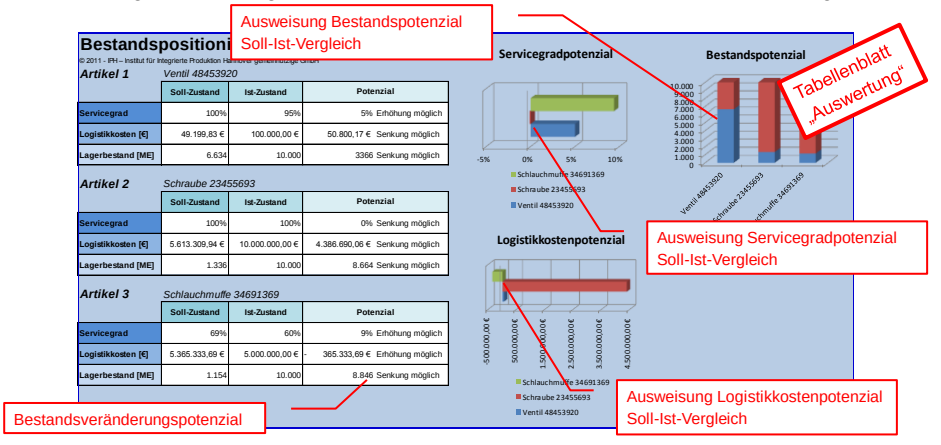
6. Artikelspezifische Bestimmung des kostenmin. Servicegrads / Lagerbestands (Soll-Bestand)
7. Artikelspezifischer Soll-Ist-Vergleich zur Bestimmung der notwendigen Bestandsveränderung

Für alle Artikel

Ggf. vor „realer" Bestandsanpassung Prüfung und Initiierung von Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Positionierung

Darstellung der Ergebnisse im Software-Demonstrator Anzustrebender Bestand

— Aufzeigen der für Erreichung der angestrebten Positionierung von Logistikkosten und Servicegrad notwendige Höhe des mittleren Bestands / der Bestandsveränderung



Vorgehen bei der Bestandsanpassung

- Anpassung des Sicherheitsbestandes und evtl. der Zugangslosgröße auf Basis der Ergebnisse der Positionierung
  - Mittlerer Bestand = 0,5 * Zugangslosgröße + Sicherheitsbestand → Zielbestand, der im Software-Demonstrator ausgewiesen wird
- Möglichkeiten zum Bestandsabbau, falls Zielbestand unter Ist-Bestand
  - Aussetzen des Nachschubs bis Zielbestand knapp unterschritten und einmalige Bestellung einer Korrekturauffüllung außerhalb des regulären, losweisen Nachschubs
- Möglichkeiten zum Bestandsaufbau, falls Zielbestand über Ist-Bestand
  - Einmalige Korrekturauffüllung außerhalb des regulären, losweisen Nachschubs in Verbindung mit normaler Nachschubbestellung, um Mengeneffekte ausnutzen zu können

Vorgehensweise zur Anpassung der logistischen Leistungsfähigkeit von KMU

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Vorgehensweise im Handlungsleitfaden Handlungsempfehlungen

Beschaffung / Lager

1. Anhand Artikelrangliste bzgl. FMK kritische Artikel selektieren
2. Mögliche Anpassungsmaßnahmen aus Katalog selektieren (nach Parametern)
3. Beeinflussbarkeit Parameter-ausprägung Maßnahme abschätzen

Für alle gewählten Artikel / Lieferanten

Produktion

4. Fehlmengenkritische Arbeitssysteme identifizieren und auswählen
5. Mögliche Anpassungsmaßnahmen aus Katalog selektieren (nach Parametern)
6. Beeinflussbarkeit Parameter-ausprägung Maßnahme abschätzen

Entscheidungsmodell

7. Sensitivitätsanalyse bzgl. Wirkung Parameterveränderung / Maßnahme auf Logistikkosten

Für alle Artikel / Maßnahmen

8. Maßnahmen mit höchstem Verhältnis Einsparung Logistikkosten / Umsetzungskosten wählen

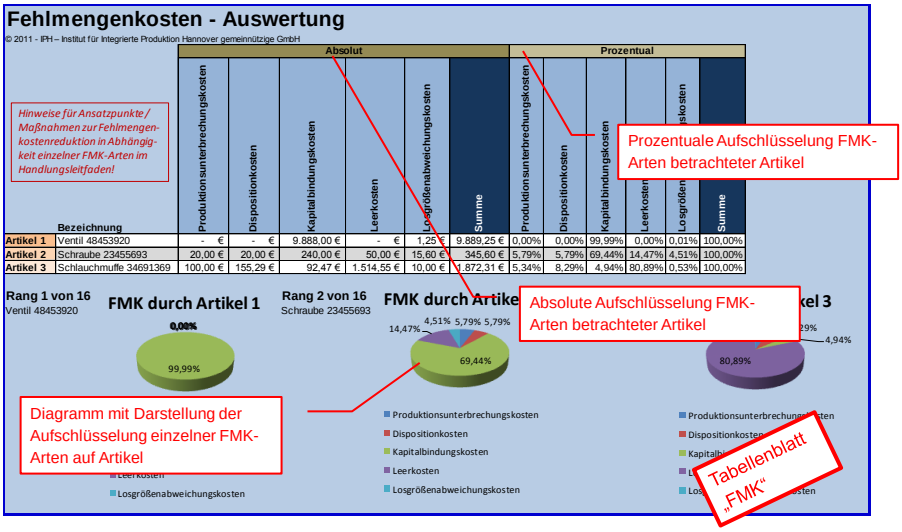
Analyse der Höhe der einzelnen FMK-Arten und Ableitung von Handlungsempfehlungen

1. Anhand Artikelrangliste für die Artikel mit den höchsten FMK-Sätzen die am stärksten zur FMK-Höhe beitragenden FMK-Arten identifizieren

Rang	Artikel	Kosten pro Bezugsgröße											
		$K_{Unterbr}$ [€/Stk]		K_{dispo} [€/Stk]		K_{kap} [€/Stk]		K_{leer} [€/Stk]		$K_{los,abw}$ [€/Stk]		K_{fehl} [€/Stk]	
		μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
1	Ventil 48453920	0	0	0	0	491,45	1960,51	0	0	0,06	0,25	491,51	1960,49
2	Schraube 23455693	20	0	20	0	240	0	50	0	15,6	0	345,6	0
3	Schlauchmuffe 34691369	10	0	15,53	0	9,25	0	151,45	0	1	0	207,77	0
4	Distanzstück 59834120	10	0	3,63	0	0,05	0	116,34	0	6,9	0	139,92	0
5	Schraube 12945823	15	7,07	3,69	0	0,81	0,49	45,09	4,33	10,01	0,16	91,91	4,98
6	Distanzstück 59832370	2	0	4,6	0	8,09	0	41,64	0	0	0	91,81	0
7	Schlauch 23491204	5	0	10,15	0	1,6	0	1,5	0	1,5	0	19,65	0
8	Blechhalter 34981278	0	0	0,06	0	9,68	0	1,81	0	0,08	0	11,63	0
	Schlauchmuffe 60793410	0,52	0	0,6	0	2	0	4	0	0,12	0	7,24	0
	15692378	5,22	10,94	0,23	0,25	0,01	0,01	1,2	1,65	0,02	0,02	6,44	12,33
		3,03	1,75	0,39	0,24	0,01	0,01	1,73	1,43	0,19	0,04	5,36	3,4
		0,12	0	0,33	0	1,67	0	0,83	0	0,25	0	3,21	0
			0,06	0,11	0,05	1,51	2,16						2,74

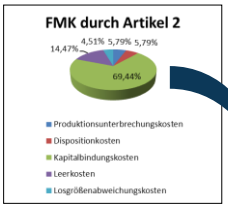
2. Für relevante FMK-Arten aus Maßnahmenkatalog korrespondierende Handlungsempfehlungen sowie konkrete Kostengrößen aus Wirkmatrix ablesen
3. Relevanz und Umsetzbarkeit identifizierter Handlungsempfehlungen prüfen und Beeinflussbarkeit korrespondierender Kostengrößen aus FMK-Funktion sowie entstehende Kosten abschätzen
4. Auswirkungen auf FMK-Höhe und Implikationen auf Gesamtlogistikkosten prüfen (Sensitivitätsanalyse) und Kostenersparnis entstehende Kosten gegenüberstellen; auf dieser Basis über Umsetzung Maßnahme entscheiden

Artikelspezifische Analyse der Höhe einzelner FMK-Arten mittels Software-Demonstrator



Bezeichnung		Produktionsunterbrechungskosten	Dispositionkosten	Kapitalbindungskosten	Leerkosten	Losgrößenabweichungskosten	Summe	Produktionsunterbrechungskosten	Dispositionkosten	Kapitalbindungskosten	Leerkosten	Losgrößenabweichungskosten	Summe
Artikel 1	Ventil 48453920	- €	- €	9.888,00 €	- €	1,25 €	9.889,25 €	0,00%	0,00%	99,99%	0,00%	0,01%	100,00%
Artikel 2	Schraube 23455693	20,00 €	20,00 €	240,00 €	50,00 €	15,60 €	345,60 €	5,79%	5,79%	69,44%	14,47%	4,51%	100,00%
Artikel 3	Schlauchmuffe 34691369	100,00 €	155,29 €	92,47 €	1.514,55 €	10,00 €	1.872,31 €	5,34%	8,29%	4,94%	80,89%	0,53%	100,00%

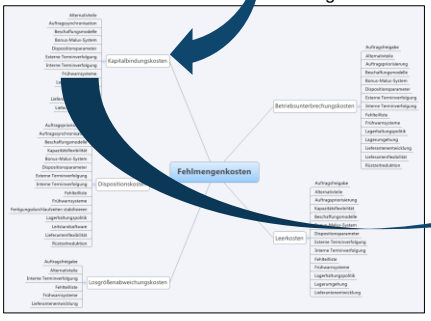
Auswahl von Maßnahmen zur FMK-Senkung aus Maßnahmenkatalog

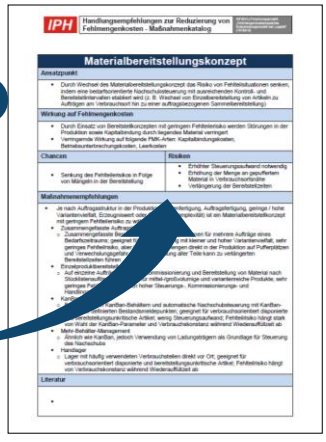


Wesentliche FMK-Art(en) identifizieren **1**

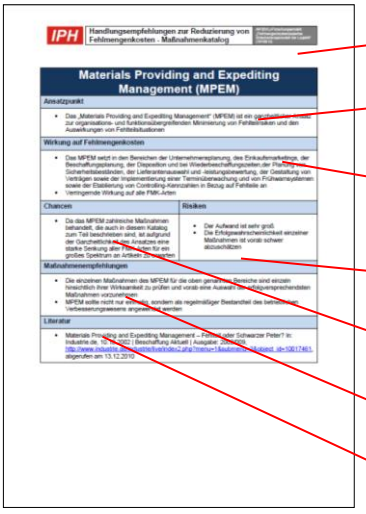
Maßnahmen zur FMK-Senkung identifizieren **2**

Maßnahmen auf Anwendbarkeit untersuchen und geeignete Maßnahmen auswählen **3**



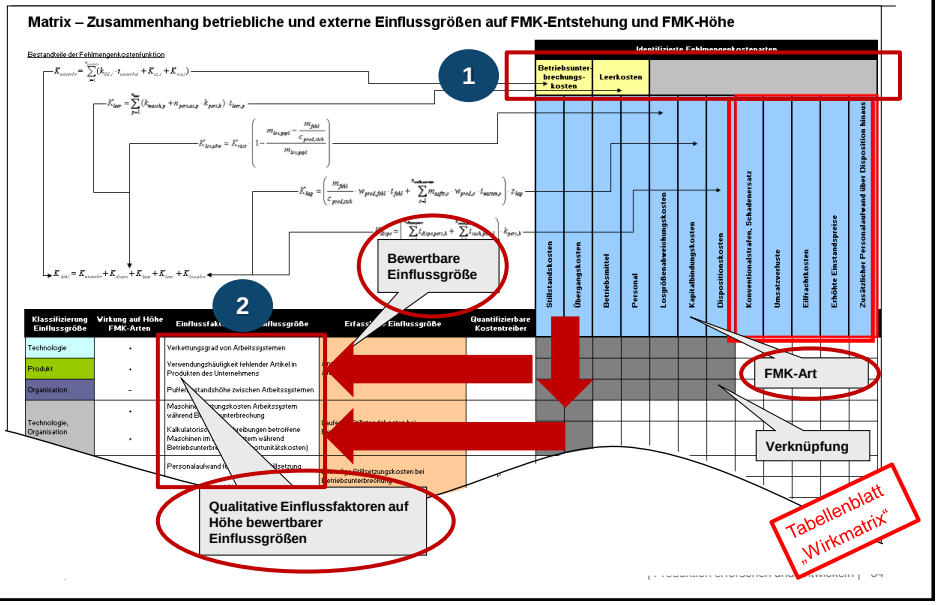


Maßnahmenkatalog mit Handlungsempfehlungen zur FMK-Senkung



- Maßnahmenbezeichnung
- Ansatzpunkt der Maßnahme in Bezug auf FMK / Erklärung Maßnahme
- Wirkung auf Ursachen für FMK und angreifbare FMK-Arten
- Risiken bei Maßnahmenanwendung
- Chancen bei Maßnahmenanwendung
- Empfehlungen zur Anwendung der Maßnahme
- Weiterführende Literaturangaben

Ablesen der Einflussfaktoren auf relevante FMK-Arten aus der Wirkmatrix



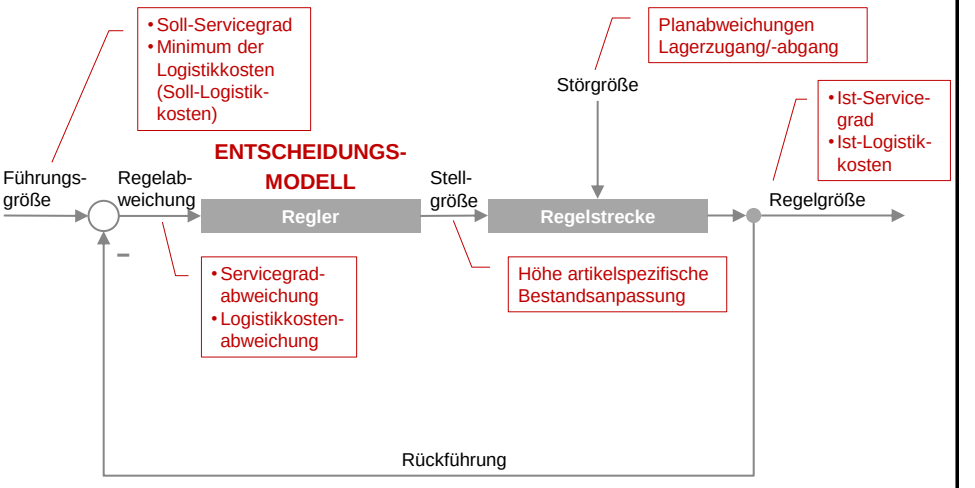
Vorgehensweise zur Anpassung der logistischen Leistungsfähigkeit von KMU

ANWENDUNG IM REGELKREIS

Notwendigkeit einer kontinuierlichen Anwendung des Entscheidungsmodells als Regelkreis

- Veränderungen der Planabweichungen im Lagerzugang und -abgang (z. B.) bedingen, dass eingestellter Lagerbestand nicht mehr zur Realisierung des angestrebten Artikelservicegrads ausreicht oder überdimensioniert ist
- Marktveränderungen oder strukturelle Veränderungen in Produktion und Lager (z. B. veränderte Einstandspreise oder flexibles Wechseln von Aufträgen durch kurze Rüstzeiten) bedingen veränderte Lagerhaltungs-/Beschaffungskosten sowie Fehlmengenkosten
  - Hierdurch Veränderung des anzustrebenden Servicegrads
- Effiziente Anwendung des Entscheidungsmodells erfordert kontinuierliche Überwachung des realisierten Servicegrads, der Auswirkungen von Fehlteilesituationen in der Produktion sowie von Planabweichungen im Lagerzugang und -abgang
- Bei Änderungen sensitiver Eingangsgrößen in das Entscheidungsmodell oder auftretender Abweichungen bzgl. angestrebter Servicegrade und der resultierenden Auswirkungen in der Produktion ist eine erforderliche Bestandsanpassung zu berechnen und zu realisieren
  - Anpassung der Positionierung an neue Gegebenheiten

Eingangs- und Ergebnisgrößen des Entscheidungsmodells zur Anwendung im Regelkreis



Kontinuierliche Regelung der logistischen Leistung und Kosten Mögliche Handlungsszenarien

Szenario 1

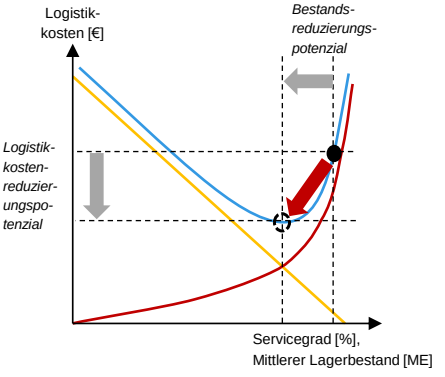
Bestands- und Logistikkostensenkungspotenzial

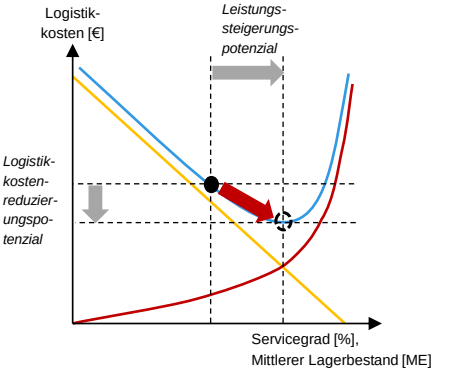
- Bestandskosten reduzieren
- Fehlmengenkosten begrenzt akzeptieren

Szenario 2

Logistikkostensenkungspotenzial

- Bestandskosten begrenzt akzeptieren
- Fehlmengenkosten reduzieren





Vorgehen bei Anwendung des Entscheidungsmodells als Regelkreis

ENTSCHEIDUNGSMODELL

1) Ist-Logistikkosten im Entscheidungsmodell berechnen
2) Gegenüberstellung Ist-Servicegrad und Ist-logistikkosten mit Soll-Werten (Logistikkostenminimum Entscheidungsmodell)

3

ABLEITUNG ERGEBNISSE

1) Bestandsdifferenz Soll-Ist-Zustand bestimmen
2) Handlungsszenario auswählen

4

IMPLIKATIONEN UMSETZEN

Lagerbestandshöhe operativ erhöhen

ODER

reduzieren

5

START

MONITORING LAGER / BESCHAFFUNG

1) Planabweichungen im Lagerzugang und -abgang kontinuierlich erfassen und korrespondierende Kennzahlen berechnen
2) Aktuelle mittlere Lagerbestandshöhe erfassen und bewerten

1

MONITORING PRODUKTION

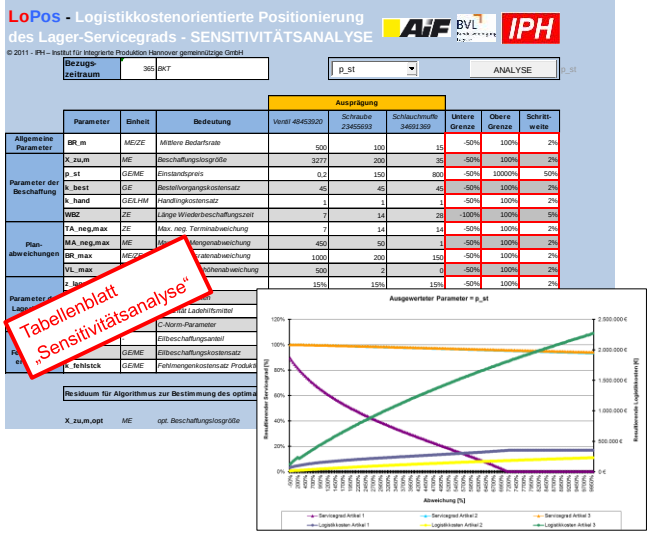
1) Ist-Servicegrad Artikel kontinuierlich erfassen
2) Fehlmengenkosten in der Produktion empirisch erfassen

ODER

Parametrisierung modellgestützte Abschätzung überprüfen

2

Analyse der Auswirkungen von Veränderungen der Eingangsgrößen des Entscheidungsmodells - Sensitivitätsanalyse



- Übernahme der Eingangsdaten für die im Cockpit ausgewählten Artikel
- Vorgabe von prozentualen in Form unterer und oberer Grenzen
- Auswertung der Auswirkung der Veränderung einzelner Parameter auf die anzustrebende Positionierung
- Lediglich rot umrandete Felder sind einzutragen und der auszuwertende Parameter in der DropDownBox zu wählen

Handlungsempfehlungen zur Reduzierung von Fehlmengenkosten

Maßnahmenkatalog

IGF-Forschungsprojekt

„Fehlmengenkostenbasiertes Entscheidungsmodell der Logistik“ (16188 N)

IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH

Hollerithallee 6

30419 Hannover

www.iph-hannover.de

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Patrick Prüssing

Tel.: +49 511 / 279 76-451

Fax: +49 511 / 279 76-888

E-Mail: pruessing@iph-hannover.de

Geschäftsführung:

Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens

Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis

Prof. Dr.-Ing. Ludger Overmeyer

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

Maßnahmenkatalog mit Handlungsempfehlungen zur Fehlmengenkostenreduzierung

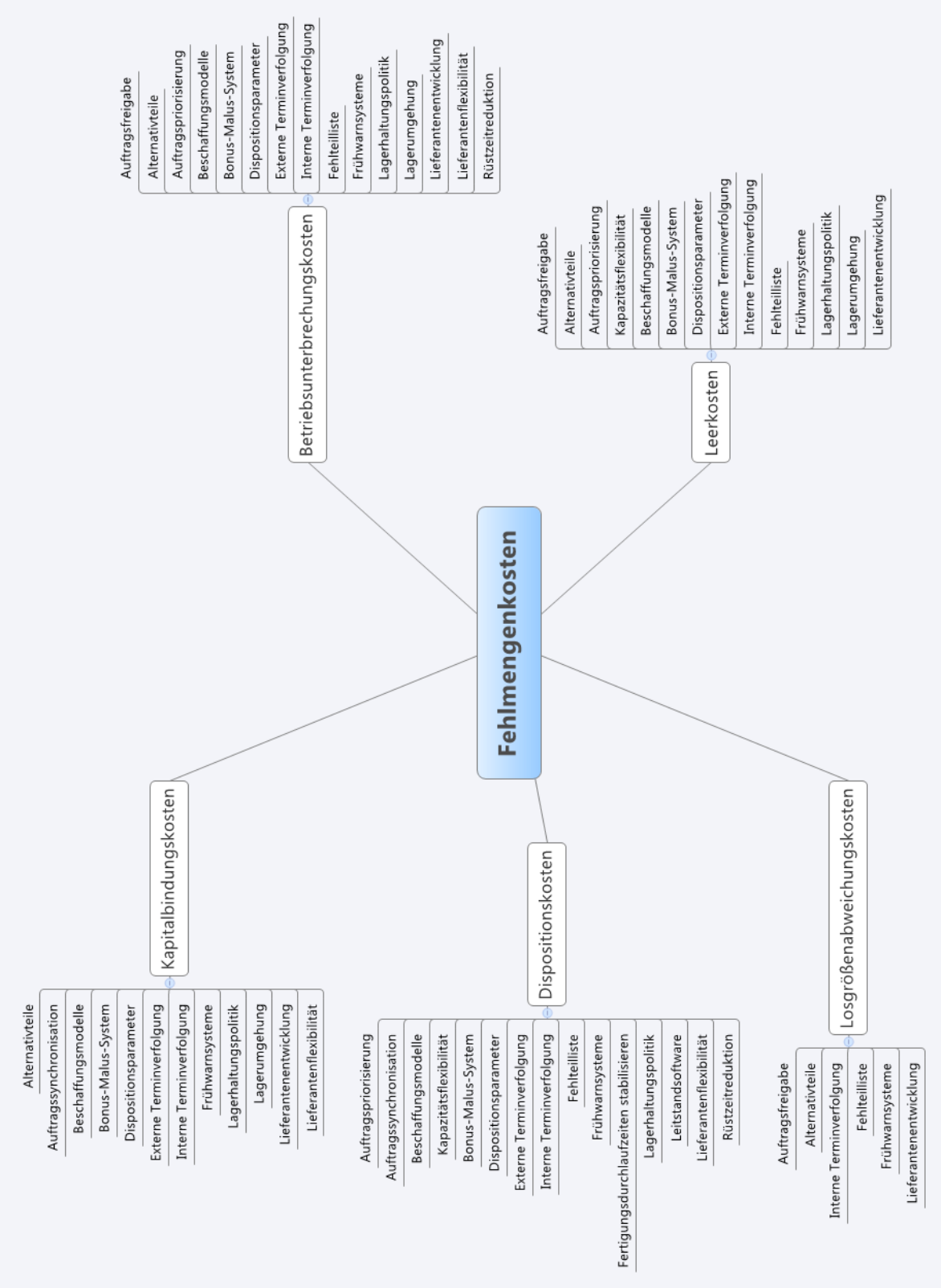
Dieser Katalog listet in tabellarischer Form mögliche Maßnahmen auf, um Fehlmengenkosten im Produktionsbetrieb zielgerichtet zu reduzieren. Hierzu werden für jede Maßnahme in Form einer Tabelle die Ansatzpunkte zur Reduzierung von Fehlmengenkosten, die Wirkung der jeweiligen Maßnahme auf Fehlmengenkosten mit Nennung der reduzierbaren Fehlmengenkostenarten sowie Chancen und Risiken der Maßnahmenanwendung genannt. Darüber hinaus werden Empfehlungen zur Umsetzung der Maßnahme gegeben und es wird auf weitergehende Literaturquellen verwiesen.

Dem eigentlichen Katalog vorangestellt ist eine Zuordnung von FMK-senkenden Maßnahmen zu einzelnen Fehlmengenkostenarten, um für eine zu reduzierende Fehlmengenkostenart unmittelbar geeignete Maßnahmen zu selektieren, sowie eine tabellarische Übersicht über die Maßnahmen.

Förderhinweis

Dieser Katalog wurde im Rahmen des Forschungsprojekts „Fehlmengenkostenbasiertes Entscheidungsmodell der Logistik“ (Fördernummer 16188 N) am IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gemeinnützige GmbH erarbeitet. Das Forschungsprojekt wurde von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert und von der Bundesvereinigung Logistik e. V. (BVL) betreut.

Maßnahmenzuordnung zu Fehlmengenkostenarten



Maßnahmenübersicht

#	Maßnahme	#	Maßnahme
1	Alternativteile	17	Lieferantenentwicklung
2	Auftragsfreigabe	18	Lieferantenflexibilität
3	Auftragspriorisierung	19	Materialbereitstellungskonzept
4	Auftragssynchronisation	20	Materials Providing and Expediting Management (MPEM)
5	Beschaffungsmodelle	21	Produktkannibalisierung
6	Bonus-Malus-System	22	Pufferbestand
7	Dispositionsparamater	23	Qualitätsprüfung
8	Externe Terminverfolgung	24	Rüstzeitreduktion
9	Fehlteilliste	25	Schnittstellen
10	Fertigungsdurchlaufzeiten stabilisieren	26	Standardisierung
11	Frühwarnsysteme	27	Tracking & Tracing
12	Interne Terminverfolgung	28	Vendor Managed Inventory
13	Kapazitätsflexibilität	29	Verantwortlichkeiten
14	Lagerhaltungspolitik	30	Vorlaufzeiten
15	Lagerumgehung	31	Wiederbeschaffungszeiten
16	Leitstandsoftware		

Alternativteile

Ansatzpunkt

- Verwendung von Artikeln, die in anderen Erzeugnissen zum Einsatz kommen, jedoch aufgrund äquivalenter technischer Spezifikationen als kurzfristiger Ersatz für Fehlteile dienen können

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Verkürzen oder Verhindern von Fehlteilsituation
- Verringernde Wirkung auf FMK-Arten: Kapitalbindungskosten, Losgrößenabweichungskosten, Betriebsunterbrechungskosten, Leerkosten
- Evtl. erhöhende Wirkung auf FMK-Arten: Dispositionskosten

Chancen	Risiken
• Durch Baukastenprinzip flexibel und schnell auf Fehlteilsituationen reagieren • Geringere Sicherheitsbestände erforderlich	• Evtl. wird bei Ersatzartikel Engpass und somit eine weitere Fehlteilsituation erzeugt • Alternativteile evtl. teurer, hierdurch Gewinnschmälerung

Maßnahmenempfehlungen

- Für Artikel mit hohem Fehlteilrisiko in Artikelstammdaten oder betroffenen Stücklisten Felder mit Angaben zu Alternativteilen pflegen
- Fehlteilestatistik mit Konstruktionsabteilung durchgehen und für Artikel mit hohem Fehlteilerisiko Alternativteile identifizieren
- Ggf. Konstruktion modifizieren, um Verwendbarkeit von Alternativteilen zu ermöglichen

Literatur

- Schuh, G.: Produktionsplanung und -steuerung - Grundlagen, Gestaltung und Konzepte. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2006.

Auftragsfreigabe

Ansatzpunkt

- Umstellung von einer Auftragsfreigabe ohne Prüfung der Artikelverfügbarkeit oder einer Freigabe bei Verfügbarkeit aller wesentlichen Artikel auf eine Auftragsfreigabe bei Verfügbarkeit aller Artikel

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Vermeidung von Kosten durch Störungen in der Produktion durch Fehlteile
- Verringernde Wirkung auf FMK-Arten: Losgrößenabweichungskosten, Betriebsunterbrechungskosten, Leerkosten
- Evtl. erhöhende Wirkung auf FMK-Arten: Dispositionskosten, teilweise durch längere Liegezeiten auch Kapitalbindungskosten

Chancen	Risiken
• Störungen in der Produktion werden vermieden • Hierdurch Sicherung der Auslastung in Folge geringeren Risikos für Materialflussabrisse	• Verlängerung von Durchlaufzeiten in der Produktion durch längeres Zurückhalten potenziell freizugebender Aufträge • Beeinträchtigung der Termintreue

Maßnahmenempfehlungen

- Veränderung der Auftragsfreigabe hin zu einer Auftragsfreigabe bei Vorliegen aller Artikel unbedingt mit einer Auftragsfreigabe nach spätestem Freigabetermin kombinieren
- Anhand von Fehlteillisten regelmäßig Artikelverfügbarkeiten prüfen und ggf. bei internen sowie externen Lieferanten nachfassen oder auf Alternativen ausweichen, um eine rechtzeitige Freigabe zu gewährleisten
- Bei der Auftragsfreigabe eine Reihenfolgeregel basierend auf den Fälligkeitsterminen anwenden, um dringende Aufträge mit Verfügbarkeit aller Artikel zuerst freizugeben

Literatur

- Lödding, H.: Verfahren der Fertigungssteuerung. Springer-Verlag, Berlin 2005.

Auftragspriorisierung

Ansatzpunkt

- Aufträge mit Prioritätsklassen kennzeichnen, um hoch priorisierte Aufträge beim Vorziehen von Aufträgen in Fehlteilsituationen schnell erkennen und entsprechend einplanen zu können

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Verhindert, dass andere Aufträge durch Fehlteilsituation unnötig lange auf weitere Bearbeitung warten, indem Transparenz über dringend vorzuziehende Aufträge herrscht; vereinfacht die Disposition
- Verringernde Wirkung auf FMK-Arten: Kapitalbindungskosten, Dispositionskosten, Betriebsunterbrechungskosten, Leerkosten

Chancen	Risiken
• Durch schnelles Vorziehen von Aufträgen Materialflussabrisse in vor- und nachgelagerten Arbeitssystemen verhindern	• Durch Reihenfolgevertauschungen können Durchlaufzeiten stärker streuen und die Termintreue beeinträchtigt werden

Maßnahmenempfehlungen

- Arbeitsbegleitkarten mit Prioritätsklassen versehen, die anzeigen, welche Aufträge als erstes vorgezogen werden sollten
- Mögliche Kriterien für das Bilden von Prioritätsklassen kann die Auftragsart sein: Produktion auf Lager, kundenspezifische Produktion, Auslieferterminin, Auftragswert usw,
- Kommunikationskanäle zwischen Vertrieb, Arbeitsvorbereitung / Produktionssteuerung sowie Materialwirtschaft etablieren, um Priorisierung von Aufträgen kurzfristig und schnell abstimmen zu können

Literatur

- Lödding, H.: Verfahren der Fertigungssteuerung. Springer-Verlag, Berlin 2005.

Auftragssynchronisation

Ansatzpunkt

- Versorgungsprozesse aufeinander abstimmen, damit alle zu einem Produktionsauftrag zugehörigen Beschaffungs-, Lager- und in der Montage auch Fertigungsaufträge möglichst gleichzeitig da sind
- Hierdurch im Vorfeld Vermeidung von Fehlteilsituationen

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Durch gleichzeitige Verfügbarkeit von Versorgungsaufträgen Vermeidung unnötiger Liegezeiten durch weit vor der Auftragsfreigabe bereit gestelltes Material; außerdem können andere Aufträge, bei denen das Material gleichzeitig vollständig bereit liegt, schneller vorgezogen werden; hierdurch weniger Dispositionsaufwand
- Verringernde Wirkung auf FMK-Arten: Kapitalbindungskosten und Dispositionskosten

Chancen	Risiken
• Signifikante Senkung der Kapitalbindung möglich	• Maßnahmen müssen bei den Ursachen für nicht gleichzeitige Bereitstellung von Versorgungsaufträgen angreifen, anstatt durch Einplanung unnötiger Zeitpuffer für einzelne Versorgungsquellen die Durchlaufzeiten unnötig zu verlängern

Maßnahmenempfehlungen

- Struktur der Bereitstellungstermine von Versorgungsaufträgen für Produktionsaufträge analysieren: Soll- und Ist-Termine
- Untersuchen, wie gut die Soll-Termine synchronisiert sind; ggf. Soll-Termine anpassen
- Ist-Termine analysieren und Terminabweichungen berechnen
- Klassifizierung von Aufträgen nach Grad der Terminabweichung, Art des Versorgungsauftrags (Lager, Beschaffung, Fertigung) und dahinter stehenden Verantwortlichkeiten sowie Auftragswerten
- Identifikation von Bereichen auf Basis der Klassifikation, die einen großen Beitrag zu einer nicht synchronen Materialversorgung haben
- Analyse der Ursachen für die vorhandenen Defizite, Ableiten und Umsetzen von Maßnahmen, z. B. Lieferantenentwicklung, Zielkennzahlen, veränderte Vorlaufzeiten für Bedarfsmeldungen oder Etablierung von Schnittstellen mit andere Bereichen

Literatur

- Nickel, R.: Logistische Modelle für die Montage. In: Nyhuis, P. (Hrsg.): Berichte aus dem IFA, Band 2/2008. Dissertation Leibniz Universität Hannover, PZH-Verlag.

Beschaffungsmodelle

Ansatzpunkt

- Indem für geeignete Teile von einer Vorratsbeschaffung oder einer bedarfsbezogenen Einzelbeschaffung hin zu einem anderen Beschaffungsmodell gewechselt wird, lässt sich nicht nur die Versorgungssicherheit erhöhen und somit das Fehlteilrisiko verringern, sondern auch Prozess- und Bestandskosten sparen

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Durch Erhöhung der Versorgungssicherheit weniger Fehlteilsituationen bzw. kürzere Fehlzeiten und geringere Fehlmengen im Falle einer Fehlteilsituation
- Verringernde Wirkung auf FMK-Arten: Kapitalbindungskosten, Dispositionskosten, Betriebsunterbrechungskosten, Leerkosten

Chancen

- Risikoabwälzung auf den Lieferanten bei nicht selbst bewirtschafteten Beschaffungsmodellen möglich

Risiken

- Erforderliche Versorgungssicherheit vertraglich festzulegen, hier besteht Risiko von Fehlentscheidungen
- Entscheidungsmodell zu FMK kann hier unterstützten

Maßnahmenempfehlungen

- Auswahl des Beschaffungsmodells nach der Versorgungssicherheit in Anlehnung an die unten stehende Tabelle

	Vorrats-beschaffung	Einzel-beschaffung	Konsig-nations-lager	Vertrags-lager	Standard-teile-manage-ment	Synchr. Produktions-prozesse
Lieferanten-tauschbarkeit	++	o	-	o	-	-
Versorgungssicherheit	+	o	+	o	++	+
Kapitalbindungskosten	-	++	++	++	+	++
Lagerbewirtschaftungs-kosten	-	++	++	++	++	++
Rechnung und Zahlung	-	o	++	+	+	+
Disposition und Bestellabwicklung	o	o	++	o	++	++
Preisgestaltungs-möglichkeiten im Einkauf	++	o	o	o	-	o

Literatur

- Hagen, N., Nyhuis, P., Frühwald, C., Felder, Felder, M.: Prozess-management in der Wertschöpfungskette. Haupt Verlag, Bern Stuttgart Wien 2006.
- Lotter, B.; Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Montage in der industriellen Produktion. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2006.

Bonus-Malus-Systeme

Ansatzpunkt

- Mit Lieferanten werden Bonuszahlungen bei Gewährleistung oder Übererfüllung einer geforderten Versorgungssicherheit (Servicegrad) und Strafzahlungen bei einer Untererfüllung vereinbart

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Lieferant wird zur Einhaltung der geforderten Versorgungssicherheit konditioniert, hierdurch geringeres Fehlteilrisiko
- Lieferant in Fehlteilsituationen in der Regel bemüht, Situation schnell zu beheben, um Strafzahlung zu entgehen; hierdurch kürzere Fehlzeiten und geringere Fehlmengen
- Verringernde Wirkung auf FMK-Arten: Kapitalbindungskosten, Dispositionskosten, Betriebsunterbrechungskosten, Leerkosten

Chancen	Risiken
• Schnelle Konditionierung von Lieferanten zur Erfüllung der geforderten Versorgungssicherheit	• Anzustrebende Versorgungssicherheit als Vereinbarung offen (Entscheidungsmodell nutzen) • Höhe der Strafzahlungen im Zuge einer hohen Wirksamkeit schwer festzulegen

Maßnahmenempfehlungen

- Prüfen, ob bisherige Vertragsmodelle mit Lieferanten bei strategischen Engpassartikeln (hohe FMK) die Einrichtung eines Bonus-Malus-Systems erlauben
- Bestimmung der festgelegten Versorgungssicherheit anhand der ermittelten FMK in Verbindung mit den Kosten des Lieferanten / den Höhen der Bonus-Zahlungen möglich

Literatur

- Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik: Best Practice in Einkauf und Logistik. 2. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden 2008.

Dispositionsparameter

Ansatzpunkt

- Regelmäßige Überprüfung der Lagerdispositionsparameter Bestellpunkt und Bestellhöhe bei verbrauchsorientiert disponierten Lagerartikeln

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Steuerung des Nachschubs in Einklang mit der aktuellen Bedarfssituation verringert das Risiko von Fehlteilen erheblich; Verkürzung der Gesamtfehlmenge sowie des Lieferverzugs des Lagers in einer Out-of-Stock-Situation
- Verringernde Wirkung auf FMK-Arten: Kapitalbindungskosten, Dispositionskosten, Betriebsunterbrechungskosten, Leerkosten

Chancen	Risiken
• Relativ aufwandsarme Verringerung des Fehlteilerisikos mit hoher Wirksamkeit	• Bei sehr kurzen Überwachungsintervallen für Parameteranpassung hoher Aufwand • Bei sehr langen Intervallen hohes Risiko, dass Parameter nicht mehr aktuell sind

Maßnahmenempfehlungen

- Regelmäßige Überwachung der Verbrauchsraten von Lagerartikeln, die häufig hohe Fehlmengenkosten verursachen sowie der Wiederbeschaffungszeiten für diese Artikel
- Bei Veränderungen unverzügliche Anpassung der Dispositionsparameter Bestellauslösebestand sowie Bestelllosgröße

Literatur

- Tempelmeier, H.: Bestandsmanagement in Supply Chains. Books on Demand, Norderstedt 2005.
- Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H.; Furmans, K. (Hrsg.): Handbuch Logistik. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2008.

Externe Terminverfolgung

Ansatzpunkt

- Durch kontinuierliches Nachfassen bei den Lieferanten von Artikeln mit hohen Fehlmengenkosten vor dem zugesagten Liefertermin Druck auf den Lieferanten ausüben und deren Liefertreue steigern

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Verringernde Wirkung auf alle FMK-Arten

Chancen	Risiken
• Schnelle Disziplinierung von Problemlieferanten • Aufdecken von potenziellen Engpasssituationen vor deren Eintritt	• Hoher Aufwand • Sollte nur bei Problemlieferanten und nicht bei eingespielten Stammlieferanten erfolgen

Maßnahmenempfehlungen

- Nachfassen bei Problemlieferanten, die Artikel mit potenziell hohen Fehlmengenkosten liefern, mit einem definierten Vorlauf vor dem zugesagten Liefertermin
- Hierdurch Konditionierung des Lieferanten sowie Schaffen von Transparenz
- Durchführen dieser Tätigkeit durch operative Stellen im Einkauf / in der Beschaffung

Literatur

- Melzer-Ridinger, R.: Supply Chain Management: Prozess- und unternehmensübergreifendes Management. Oldenburg Wissenschaftsverlag, München 2007.

Fehlteilliste

Ansatzpunkt

- Dokumentation aktuell fehlender Teile als Grundlage für Nachfassen bei Lieferanten, Lieferantenbewertung, Umplanung von Aufträgen und Ermittlung von Fehlzeiten und Fehlmengen als Eingangsparameter für das Entscheidungsmodell

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Risiko, dass Aufträge mit noch fehlenden Artikeln freigegeben werden und in der Produktion für Störungen sorgen, wird gesenkt
- Umplanungen von Aufträgen werden vereinfacht, da Transparenz herrscht, welche Aufträge noch nicht vollständig bearbeitet werden können
- Verringernde Wirkung auf FMK-Arten: Dispositionskosten, Betriebsunterbrechungskosten, Leerkosten

Chancen	Risiken
• Hohe Transparenz • Wichtige Basis zur Datensammlung für späteres Fehlteilmanagement	• Aufwand zur Pflege der Fehlteilliste • Stete Aktualisierung notwendig, da sonst Fehlentscheidungen resultieren können

Maßnahmenempfehlungen

- Regelmäßige Auswertung, für welche Beschaffungsartikel / bei Produktionsaufträgen noch offene Bedarfssituationen eine Abweichung von Soll-Bereitstellungstermin und Ist-Bereitstellungstermin aufgetreten ist
- Pflege von Artikelnummer, Bezeichnung, Ist- und Soll-Termin, Menge, Lieferant und zugehörigen Produktionsaufträgen erforderlich
- Eventuell Erstellung mehrerer Fehlteillisten in Abhängigkeit von Produktionsaufträgen oder Lieferanten
- Archivieren von Fehlteillisten in digitaler Form als Grundlage für spätere Auswertungen und gezielte Lieferantenbewertung sowie -entwicklung
- Auch Erstellung interner Fehlteillisten, bspw. an Schnittstelle Fertigung / Montage sinnvoll, um interne Defizite aufzuzeigen und Verbesserungsmaßnahmen zu initiieren

Literatur

- Schuh, G.: Produktionsplanung und -steuerung - Grundlagen, Gestaltung und Konzepte. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin 2006.

Fertigungsdurchlaufzeiten stabilisieren

Ansatzpunkt

- Die Stabilisierung von Fertigungsdurchlaufzeiten sorgt für eine bessere Planbarkeit der Verfügbarkeit von Artikeln in der Montage und somit wird das Fehlteilerisiko gesenkt

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Synchrone Verfügbarkeit von Versorgungsaufträgen für Produktionsaufträge aus der Fertigung möglich
- Generelle Verringerung des Fehlteilerisikos für Artikel, die aus der Fertigung kommen
- Außerdem leichtere Umplanbarkeit von Aufträgen in Fehlteilsituationen, da bei Fehlmengenereignissen aus der Fertigung relativ genau geplant werden kann, wann fehlende Artikel aus der Fertigung bereitgestellt werden können
- Verringernde Wirkung auf prinzipiell alle FMK-Arten, insbesondere jedoch die Dispositionskosten

Chancen	Risiken
• Bessere Planbarkeit bei erforderlicher Umdisponierung von Aufträgen in Fehlteilsituationen • Geringeres Fehlteilerisiko	• Ansatzpunkte vielfältig • Ausmaß des Erfolgs einzelner Maßnahmen im Vorfeld schwer abschätzbar

Maßnahmenempfehlungen

- Pufferbestände in der Fertigung anforderungsgerecht auf gewünschte Durchlaufzeiten dimensionieren, z. B. mit Hilfe von Produktionskennlinien
- Fehlerkreis der Fertigungssteuerung vermeiden und nicht unnötig viele Aufträge in die Fertigung einlasten
- Kapazitätsflexibilität in der Fertigung etablieren
- Arbeitsabläufe in der Fertigung standardisieren und Vorgabezeiten für bessere Planungsergebnisse aufnehmen
- Anwendung von Reihenfolgeregeln in der Fertigung vermeiden

Literatur

- Lödding, H.: Verfahren der Fertigungssteuerung. Springer-Verlag, Berlin 2005.
- Nyhuis, P.; Wiendahl, H.-P.: Logistische Kennlinien - Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2003.

Frühwarnsysteme

Ansatzpunkt

- Automatisierte Anmahnung von Lieferanten auf fällige Liefertermine

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Generelle Verminderung des Fehlteilerisikos
- Verringernde Wirkung auf prinzipiell alle FMK-Arten

Chancen	Risiken
• Lieferantenerziehung	• Hoher Aufwand • Inflationärer Gebrauch verringert Wirksamkeit dieser Maßnahme

Maßnahmenempfehlungen

- Schriftliche Hinweise an Lieferanten zu baldigen Lieferfälligkeiten mit Anforderung der Lieferbestätigung
- Aufeinander folgende Hinweise mit eskalierenden Dringlichkeitsstufen (1., 2., 3. Mahnung)
- Hinweise auf fällig werdende Bestellungen zur individuellen Bearbeitung durch zuständige Beschaffungsverantwortliche

Literatur

- Moder, M.: Supply Frühwarnsysteme: Die Identifikation und Analyse von Risiken in Einkauf und Supply Management. Gabler Verlag, Wiesbaden 2008.

Interne Terminverfolgung

Ansatzpunkt

- Durch konsequente Verfolgung interner Versorgungsaufträge die rechtzeitige Bereitstellung von Bedarfspositionen sichern und somit Fehlteilsituationen vermeiden oder im Falle von eingetretenen Fehlmengenereignissen die schnellstmögliche Nachlieferung sicherstellen

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Generelle Verringerung des Fehlteilerisikos
- Im Falle eingetretener Fehlteilsituationen Transparenz über Nachlieferung fehlender Artikel bei internen Versorgungsaufträgen und bessere Einplanbarkeit der Produktionsaufträge
- Verringernde Wirkung auf alle FMK-Arten, bei eingetretenen Fehlmengenereignissen insbesondere senkende Wirkung auf die Dispositionskosten

Chancen	Risiken
• Schaffen von Transparenz • Beschleunigung von internen Nachlieferungen • Rechtzeitiges Aufdecken potenzieller interner Versorgungsengpässe	• Insbesondere bei komplexen Erzeugnissen sehr hoher Aufwand erforderlich, der nicht immer geleistet werden kann

Maßnahmenempfehlungen

- Regelmäßige Besprechungen zwischen Montage- und Fertigungsplanung durchführen und Verfügbarkeit bzw. termingerechte Lieferung von Artikeln mit hohem Fehlmengenrisiko oder Verursachung hoher FMK thematisieren

Literatur

- Melzer-Ridinger, R.: Supply Chain Management: Prozess- und unternehmensübergreifendes Management. Oldenburg Wissenschaftsverlag, München 2007.

Kapazitätsflexibilität

Ansatzpunkt

- Nutzen flexibler Kapazitäten (hauptsächlich Überstunden), um durch Fehlteilsituationen entstandene Auftragsrückstände wieder aufzuholen oder um Leerlauf von Produktionskapazitäten zu vermeiden, indem z. B. Mitarbeiter bei fehlteilbedingtem Leerlauf früher nach Hause gehen und die Arbeitszeit bei Verfügbarkeit des fehlenden Materials nachholen

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Leerkosten, wenn in Folge fehlender Teile nicht weitergearbeitet werden kann und Produktionsfaktoren nicht ausgelastet sind, können vermieden werden, indem Kapazitäten vorübergehend abgebaut werden und die Arbeit bei Teileverfügbarkeit nachgeholt wird
- Umplanung wird vereinfacht, wenn Kapazitätsengpässe partiell durch Umverteilung von Kapazität entschärft werden können
- Verringernde Wirkung auf folgende FMK-Arten: Betriebsunterbrechungskosten, Leerkosten, Dispositionskosten

Chancen	Risiken
• Immense Reduktion von Leerkosten möglich, wenn andere Aufträge nicht vorgezogen werden können	• Restriktionen wie maximale tägliche Arbeitszeiten sind zu beachten • Zusätzliche Kosten durch Überstundenzuschläge können entstehen

Maßnahmenempfehlungen

- Flexible Arbeitszeitmodelle einführen, z. B. auf Basis von Jahresüberstundenkonten
- Ausmaß möglicher Kapazitätsflexibilität im Hinblick auf betriebliche Vorschriften prüfen
- Mit Flexibilitätsreserve in der Kapazitätsplanung kalkulieren

Literatur

- Lödding, H.: Verfahren der Fertigungssteuerung. Springer-Verlag, Berlin 2005.

Lagerhaltungspolitik

Ansatzpunkt

- Durch Wechsel der Lagerhaltungspolitik (Kombination aus Art und Umfang der Bestellauslösung) das Fehlteilerisiko verringern, indem für Out-of-Stock-Situationen anfällige Lagerhaltungspolitiken vermieden werden

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Generelle Verringerung des Fehlteilerisikos
- Verringernde Wirkung auf prinzipiell alle FMK-Arten

Chancen	Risiken
• Mit relativ geringem Aufwand hohe Senkung des Fehlteilerisikos möglich	• Aufwand kann zum Teil recht hoch werden, wenn für zahlreiche Artikel die Lagerhaltungspolitik angepasst werden muss

Maßnahmenempfehlungen

- Bei Überwachung des Lagerbestands in definierten Abständen und Auffüllung des Lagerbestands auf ein definiertes Niveau kann bei zu großen Intervallen ein hohes Fehlteilrisiko bestehen
- Besser ist eine Bestellpunktpolitik, die eine kontinuierliche Überwachung beinhaltet und entweder die Bestellung einer fixen Menge oder einer Menge, die eine Wiederauffüllung bis zu einem definierten Bestandsniveau veranlasst
- Im Falle einer Wiederauffüllung bis zu einem definierten Bestandsniveau wird das Risiko einer zu geringen Nachlieferung bei stark schwankendem Verbrauch wie im Falle einer fixen Bestellmenge vermieden; somit besteht hier das geringste Fehlmengenrisiko

Literatur

- Tempelmeier, H.: Bestandsmanagement in Supply Chains. Books on Demand, Norderstedt 2005.

Lagerumgehung

Ansatzpunkt

- Fehlteile, die von extern nachgeliefert werden, umgehen den zeitaufwändigen Lagerdurchschleusungsprozess, indem sie nach Vereinnahmung und Qualitätsprüfung umgehend am Verbrauchsort bereitgestellt werden

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Produktionsstörungen durch Fehlteile werden in ihrer Länge verkürzt
- Verringernde Wirkung auf folgende FMK-Arten: Kapitalbindungskosten, Betriebsunterbrechungskosten, Leerkosten

Chancen	Risiken
• Verkürzung von Fehlteilsituationen möglich	• Keine signifikante Verkürzung durch Umgehung zu erwarten, Kosteneffekte jedoch prinzipiell messbar

Maßnahmenempfehlungen

- Im Wareneingang Liste mit eiligen Fehlteilen hinterlegen und Anweisungen zur Bereitstellung am Bedarfsort hinterlegen
- Lagermanagement informieren und entsprechende Bewegungsbuchungen veranlassen

Literatur

- [-]

Leitstandsoftware

Ansatzpunkt

- Personal in der Auftragsumplanung durch Einsatz von Leitstandsoftware unterstützen, die in Fehlteilsituationen eine schnelle und aufwandsarme Auftragsumplanung ermöglicht und somit längere Leerlaufzeiten oder Betriebsunterbrechungen verhindert

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Schnelle Umplanungen möglich, ohne das viel Personalkapazität hierfür gebunden ist
- Verringernde Wirkung auf folgende FMK-Arten: Dispositionskosten

Chancen	Risiken
• Unterstützung des Planungspersonals bei schneller Reaktion auf notwendige Umplanungen beim Vorziehen von Aufträgen bei Fehlteilsituationen	• Zusätzliche Investition erforderlich • Personal muss geschult werden

Maßnahmenempfehlungen

- Auswahl einer Leitstandsoftware mit vollautomatischer Umplanung der Auftragsterminierung / Kapazitätsstruktur unter Berücksichtigung von Restriktionen wie Termine oder Kapazitätsangebot (z. B. ein Advanced Planning System)
- Schulung der betroffenen Mitarbeiter

Literatur

- Schönsleben, P.: Integrales Logistikmanagement. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2007.

Lieferantenentwicklung

Ansatzpunkt

- Durch Entwicklung der eigenen Lieferanten deren Liefertermin- sowie Liefermengentreue erhöhen und somit das Fehlteilerisiko verringern; evtl. auch Flexibilitätspotenziale schaffen, um Fehlteilesituationen schneller entschärfen zu können

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Generelle Senkung des Fehlteilerisikos
- Verringernde Wirkung auf prinzipiell alle FMK-Arten

Chancen	Risiken
• Lieferantenseitig induzierte Fehlmengenereignisse reduzieren • Eigene Sicherheitsbestände können gesenkt werden	• Kein Patenrezept möglich • Hohe Sensibilität im Umgang mit Lieferanten nötig • Zum Teil hoher Aufwand notwendig

Maßnahmenempfehlungen

- Mit Lieferanten zusammen Kennzahlen vereinbaren wie Liefertermintreue u. ä.
- Prozesse des Lieferanten mit diesem analysieren und Verbesserungspotenziale identifizieren
- Maßnahmen ableiten und deren Umsetzung mit Lieferanten abstimmen
- Evtl. Gratifikation als Anreiz mit Lieferanten vereinbaren
- Zielerreichung überwachen und regelmäßig Rücksprache über Zielerreichung halten

Literatur

- Melzer-Ridinger, R.: Supply Chain Management: Prozess- und unternehmensübergreifendes Management. Oldenburg Wissenschaftsverlag, München 2007.

Lieferantenflexibilität

Ansatzpunkt

- Flexible Lieferanten suchen, um in Fehlteilsituationen schnell fehlendes Material nachgeliefert zu bekommen

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Senkung der Fehlzeit, somit Verkürzung von Störungen in der Produktion
- Verringernde Wirkung auf folgende FMK-Arten: Kapitalbindungskosten, Betriebsunterbrechungskosten

Chancen	Risiken
• Signifikante Verkürzung von Fehlteilsituationen	• Möglicherweise zusätzliche Kosten durch Lieferantenflexibilität

Maßnahmenempfehlungen

- Typische Fehlteilsituationen analysieren
- Erfordernisse an Mengen- und Zeitflexibilität des Lieferanten ableiten
- Anforderungsprofil erstellen und Lieferanten auswählen

Literatur

- Melzer-Ridinger, R.: Supply Chain Management: Prozess- und unternehmensübergreifendes Management. Oldenburg Wissenschaftsverlag, München 2007.

Materialbereitstellungskonzept

Ansatzpunkt

- Durch Wechsel des Materialbereitstellungskonzept das Risiko von Fehlteilsituationen senken, indem eine bedarfsorientierte Nachschubsteuerung mit ausreichenden Kontroll- und Bereitstellintervallen etabliert wird (z. B. Wechsel von Einzelbereitstellung von Artikeln zu Aufträgen am Verbrauchsort hin zu einer auftragsbezogenen Sammelbereitstellung)

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Durch Einsatz von Bereitstellkonzepten mit geringem Fehlteilerisiko werden Störungen in der Produktion sowie Kapitalbindung durch liegendes Material verringert
- Verringernde Wirkung auf folgende FMK-Arten: Kapitalbindungskosten, Betriebsunterbrechungskosten, Leerkosten

Chancen	Risiken
• Senkung des Fehlteilerisikos in Folge von Mängeln in der Bereitstellung	• Erhöhter Steuerungsaufwand notwendig • Erhöhung der Menge an gepuffertem Material in Verbrauchsortsnähe • Verlängerung der Bereitstellzeiten

Maßnahmenempfehlungen

- Je nach Auftragsstruktur in der Produktion (Serienfertigung, Auftragsfertigung, geringe / hohe Variantenvielfalt, Erzeugniswert oder Stücklistenkomplexität) ist ein Materialbereitstellkonzept mit geringem Fehlteilerisiko zu wählen
- Zusammengefasste Auftragsbereitstellung
  - Zusammengefasste Bereitstellung der Bedarfspositionen für mehrere Aufträge eines Bedarfszeitraums; geeignet für Serienfertigung mit kleiner und hoher Variantenvielfalt, sehr geringes Fehlteilrisiko, aber hohe Materialmengen direkt in der Produktion auf Pufferplätzen und Verwechslungsgefahr, Gleichbehandlung aller Teile kann zu verlängerten Bereitstellzeiten führen
- Einzelproduktbereitstellung
  - Auf einzelne Aufträge bezogene Kommissionierung und Bereitstellung von Material nach Stücklistenauflösung; geeignet für mittel-/großvolumige und variantenreiche Produkte; sehr geringes Fehlteilrisiko, jedoch hoher Steuerungs-, Kommissionierungs- und Handlingaufwand
- KanBan
  - Bereitstellung in KanBan-Behältern und automatische Nachschubsteuerung mit KanBan-Karten bei definierten Bestandsmeldepunkten; geeignet für verbrauchsorientiert disponierte und bereitstellungsunkritische Artikel; wenig Steuerungsaufwand; Fehlteilrisiko hängt stark von Wahl der KanBan-Parameter und Verbrauchskonstanz während Wiederauffüllzeit ab
- Mehr-Behälter-Management
  - Ähnlich wie KanBan, jedoch Verwendung von Ladungsträgern als Grundlage für Steuerung des Nachschubs
- Handlager
  - Lager mit häufig verwendeten Verbrauchsteilen direkt vor Ort; geeignet für verbrauchsorientiert disponierte und bereitstellungsunkritische Artikel; Fehlteilrisiko hängt von Verbrauchskonstanz während Wiederauffüllzeit ab

Literatur

- Lotter, B.; Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Montage in der industriellen Produktion. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2006.

Materials Providing and Expediting Management (MPEM)

Ansatzpunkt

- Das „Materials Providing and Expediting Management“ (MPEM) ist ein ganzheitlicher Ansatz zur organisations- und funktionsübergreifenden Minimierung von Fehlteilrisiken und den Auswirkungen von Fehlteilsituationen

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Das MPEM setzt in den Bereichen der Unternehmensplanung, des Einkaufsmarketings, der Beschaffungsplanung, der Disposition und bei Wiederbeschaffungszeiten,der Planung von Sicherheitsbeständen, der Lieferantenauswahl und -leistungsbewertung, der Gestaltung von Verträgen sowie der Implementierung einer Terminüberwachung und von Frühwarnsystemen sowie der Etablierung von Controlling-Kennzahlen in Bezug auf Fehlteile an
- Verringernde Wirkung auf alle FMK-Arten

Chancen	Risiken
• Da das MPEM zahlreiche Maßnahmen behandelt, die auch in diesem Katalog zum Teil beschrieben sind, ist aufgrund der Ganzheitlichkeit des Ansatzes eine starke Senkung aller FMK-Arten für ein großes Spektrum an Artikeln zu erwarten	• Der Aufwand ist sehr groß • Die Erfolgswahrscheinlichkeit einzelner Maßnahmen ist vorab schwer abzuschätzen

Maßnahmenempfehlungen

- Die einzelnen Maßnahmen des MPEM für die oben genannten Bereiche sind einzeln hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zu prüfen und vorab eine Auswahl der erfolgversprechendsten Maßnahmen vorzunehmen
- MPEM sollte nicht nur einmalig, sondern als regelmäßiger Bestandteil des betrieblichen Verbesserungswesens angewendet werden

Literatur

- Materials Providing and Expediting Management – Fehlteil oder Schwarzer Peter? In: Industrie.de, 10.10.2002 | Beschaffung Aktuell | Ausgabe: 2002/009, http://www.industrie.de/industrie/live/index2.php?menu=1&submenu=3&object_id=10017461, abgerufen am 13.12.2010

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.

Pufferbestand

Ansatzpunkt

- Das Vorhalten eines ausreichenden Pufferbestands an Aufträgen vor Arbeitssystemen in der Produktion ermöglicht im Falle von Fehlteilsituationen, schnell andere Aufträge vorzuziehen, und somit fehlteilbedingte Produktionsunterbrechungen zu vermeiden; darüber hinaus wird Materialflussabrissen an vor- und nachgelagerten Arbeitssystemen vorgebeugt

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Durch einen ausreichend dimensionierten Pufferbestand können bei fehlteilbedingt blockierten Aufträgen andere Aufträge vorgezogen werden, um fehlmengenbedingen Materialflussabrissen vorzubeugen
- Verringernde Wirkung auf folgende FMK-Arten: Dispositionskosten, Betriebsunterbrechungskosten, Leerkosten
- Evtl. erhöhende Wirkung auf FMK-Arten: Kapitalbindungskosten

Chancen	Risiken
• Die Auslastung in der Produktion kann durch ausreichende Pufferbestände gesichert werden und somit können die Herstellkosten niedrig gehalten werden	• Die Umlaufbestände werden erhöht • Durch längere Warteschlangen an Aufträgen verlängern sich die Produktionsdurchlaufzeiten • Die Durchlaufzeiten streuen stärker und die Termintreue kann negativ beeinflusst werden

Maßnahmenempfehlungen

- Eine Analyse der Arbeitssysteme in der Produktion mittels Produktionskennlinien zur anforderungsgerechten Dimensionierung von Pufferbeständen ist ein geeignetes Mittel
- Daneben empfiehlt sich die Bewertung der Zielgrößen mit Kosten, um eine wirtschaftliche Positionierung der Pufferbestände an Aufträgen zu gewährleisten; hier sind Kostenkennlinien das geeignete Bewertungsinstrument

Literatur

- Nyhuis, P.; Wiendahl, H.-P.: Logistische Kennlinien - Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2003.

Qualitätsprüfung

Ansatzpunkt

- Durch intensive Qualitätsprüfungen bei der Vereinnahmung von Lagerartikeln werden frühzeitig Qualitätsmängel oder Mengenabweichungen identifiziert, die später zu Fehlteilsituationen führen können

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Erkennen von potenziellen Fehlmengen im Zuge der Eingangsqualitätsprüfung senkt das Fehlteilrisiko bei späterem Zugriff auf Lagerartikel
- Verringernde Wirkung auf folgende FMK-Arten: Kapitalbindungskosten, Losgrößenabweichungskosten, Betriebsunterbrechungskosten, Leerkosten

Chancen	Risiken
• Senkung des Fehlteilrisikos in Folge von Qualitätsproblemen	• Intensivere Eingangsprüfungen erhöhen die Bereitstelldurchlaufzeiten und verursachen Kosten • Bei zuverlässigen Lieferanten ist das Verhältnis von Aufwand zu Nutzen i. d. R. ungünstig

Maßnahmenempfehlungen

- Die Prüfquote und der Prüfumfang bei der Vereinnahmung im Wareneingang sollten an die in der Prüfung entdeckte Qualitäts- sowie Mengenfehlerquote bzw. an die Fehlteilquote in der Produktion durch Qualitätsmängel und Mindermengen angepasst werden
- Standardisierte Anweisungen und flexible Prüfumfänge erlauben eine schnelle Qualitätsprüfung und einen angemessenen Aufwand

Literatur

- Kamiske, G.-F.; Umbreit, G.: Qualitätsmanagement. 4. Auflage, Hanser Verlag, München 2008.

Rüstzeitreduktion

Ansatzpunkt

- Durch Verkürzung von Rüstzeiten können Aufträge schneller vorgezogen und Auftragsreihenfolgen flexibler verändert werden, so dass fehlteilbedingte Störungen in der Produktion verringert werden; außerdem bedingen reduzierte Rüstzeiten niedrigere Rüstkosten

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Reduzierte Rüstzeiten helfen, fehlteilbedingten Leerlauf durch schnelles Vorziehen anderer Aufträge in Folge einer schnellen Umrüstbarkeit zu vermeiden
- Darüber hinaus entstehen bei Betriebsunterbrechungen geringere Kosten für Stillsetzung und Wiederanlauf
- Aufgrund kürzerer Rüstzeiten sind die losfixen Rüstkosten geringer, so dass bei einer Losgrößenabweichung durch Fehlteile die entstehenden Opportunitätskosten geringer sind
- Kürzere Rüstzeiten weichen prinzipiell die Notwendigkeit auf, bestimmte Rüstreihenfolgen aufgrund wirtschaftlicher Aspekte einzuhalten; somit mehr Spielraum bei fehlteilbedingten Auftragsumplanungen, daher weniger Umplanungsaufwand und somit weniger Dispositionskosten
- Verringernde Wirkung auf FMK-Arten: Dispositionskosten, Losgrößenabweichungskosten, Betriebsunterbrechungskosten

Chancen	Risiken
• Reduzierung der Auswirkungen von Fehlteilsituationen durch Verkürzung der Störungsdauern unter Ausnutzung von Flexibilitätspotenzialen	• Hohe Flexibilitätspotenziale können schnell Auswirkungen von Fehlteilen kaschieren und eine detaillierte Ursachenforschung evtl. nachrangig erscheinen lassen

Maßnahmenempfehlungen

- Empfehlenswert ist die Anwendung des „Single Minute Exchange of Dies“ (SMED) Systems zur Reduzierung von Rüstzeiten
- Ziel von SMED ist durch die gezielte Weiterentwicklung von Werkzeugen und Rüsthilfsmitteln Rüstvorgänge quasi schnell und mit einem Handgriff erledigen zu können
- Folgende Schritte sind zu Durchlaufen: Auswahl von Anlagen und Rüstvorgängen mit Potenzial zur Rüstzeitverkürzung; Sortierung der Rüstvorgänge nach Vorgängen, die einen Anlagenstand erfordern und solche ohne erforderlichen Stillstand; Prüfen, welche Vorgänge bei bisherigem Anlagenstillstand bereits während des Anlagenbetriebs durchgeführt werden können; Vereinfachung der Vorgänge während Anlagenstillstand prüfen und durch konstruktive oder prozesstechnische Maßnahmen optimieren; gleiches für Vorgänge ohne Anlagenstillstand durchführen; Standardisierung der Vorgänge realisieren und Rüstreihenfolgen sowie Personaleinsatz hierbei koordinieren

Literatur

- Baszenski, N. (Hrsg.): Methodensammlung zur Unternehmensprozess-Optimierung. Wirtschaftsverlag, Bachem 2003.

Schnittstellen

Ansatzpunkt

- Durch Etablieren von Kommunikationsschnittstellen zwischen Produktionsplanung und -steuerung sowie Materialwirtschaft und Einkauf, in deren Rahmen rechtzeitig über potenzielle Fehlteilsituationen diskutiert und gemeinsam Gegenmaßnahmen initiiert werden können

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Rechtzeitige Kommunikation und Abstimmung von Maßnahmen helfen Fehlteilsituationen präventiv zu verhindern oder die Auswirkungen signifikant abzumildern, daher werden alle FMK-Arten günstig beeinflusst
- Verringernde Wirkung auf folgende FMK-Arten: Kapitalbindungskosten, Dispositionskosten, Losgrößenabweichungskosten, Betriebsunterbrechungskosten, Leerkosten

Chancen	Risiken
• Bei geringem Aufwand in vielen Bereichen erfolgversprechender Ansatz	• Kommunikation muss durchgängig und konsequent erfolgen und standardisiert sein, um Effekte erzielen zu können

Maßnahmenempfehlungen

- Regelmäßiger Abgleich zwischen Produktionssteuerung und Einkauf, wenn sich Auftragsfreigaben durch fehlendes Material zu verzögern drohen oder bei einer vorzeitigen Auftragsfreigabe unsicher ist, ob das Material pünktlich da ist
- Hierzu feste Intervalle definieren und Standardprozesse mit Zuständigkeiten definieren (Nachfassen bei Lieferanten durch Einkauf; Notwendigkeit der Umplanung von Aufträgen)
- Ein regelmäßig stattfindendes Forum für einen derartigen Abgleich ist idealerweise eine Besprechung unter den Funktionen Arbeitsvorbereitung, Fertigungsvorbereitung, Fertigungsausführung und Beschaffung

Literatur

- [-]

Standardisierung

Ansatzpunkt

- Durch konstruktive Änderungen am Erzeugnis hin zu einer Entwicklung zur Verwendung von Standardteilen anstatt exotischer Spezialteile mit hoher Unsicherheit auf den Beschaffungsmärkten

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Generelle Reduktion des Fehlteilerisikos
- Verringernde Wirkung auf prinzipiell alle FMK-Arten

Chancen	Risiken
• Fehlteilrisiko verringern durch Produktmodifikationen	• Konstruktive Änderungen nicht immer möglich • Erfolg stark von Sensibilität der Konstrukteure abhängig

Maßnahmenempfehlungen

- Direkte Kommunikation zwischen Einkauf und Konstruktion über Schnittstelle etablieren
- Konstrukteure tauschen sich mit Einkauf über potenzielle Engpassartikel aus (Grundlage: Fehlteilliste) und identifizieren gemeinsam mögliche Alternativen

Literatur

- Zäpfel, G.: Taktisches Produktions-Management. Oldenbourg Verlag, München 2000.

Tracking & Tracing

Ansatzpunkt

- Durch den durchgängigen Einsatz von AutoID-Technologien zum Tracking & Tracing kann der Verweilort von bereitzustellenden Materialbedarfspositionen im Unternehmen aufwandsarm erfasst werden und falsch bereitgestellte Bedarfspositionen ohne lange Suchzeiten identifiziert werden; außerdem bestehen Effizienzsteigerungspotenziale im Rahmen der Produktionssteuerung, mit denen eine schnelle Umdisponierung von Produktionsaufträgen möglich ist

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Durch Tracking & Tracing Technologien können Aufträge in Fehlteilsituationen schnell und einfach umgeplant werden, da eine Verknüpfung mit automatisch erfassten Rückmeldedaten und Kapazitäts- und Termindaten aus dem ERP-System möglich ist
- Praktisch gesehen können eine Menge Prozesse in der Auftragsdisposition dynamisch und automatisch ablaufen, um somit auf Störungen schnell und effizient reagieren zu können
- Verringernde Wirkung auf FMK-Arten insbesondere auf Dispositionskosten

Chancen	Risiken
• Tracking und Tracing bietet neben den genannten Aspekten zahlreiche weitere Mehrwerte, wie eine Vereinfachung der Betriebsdatenerfassung und somit Kosteneinsparpotenziale	• Hoher Anpassungsaufwand notwendig

Maßnahmenempfehlungen

- Neben der klassischen Nutzung von Barcodes und Scannern bietet insbesondere RFID (Radio Frequency Identification) hohe Nutzenpotenziale
- Bei der Entscheidung für eine konkrete Lösung sollte insbesondre auf Kompatibilität mit dem bestehenden ERP-System geachtet werden
- Möglicherweise sind vorhandene betriebliche Prozesse derart anzupassen, dass diese mit dem Einsatz von AutoID Technologien kompatibel sind
- Darüber hinaus sind in Fehlteilsituationen involvierte Mitarbeiter derart zu schulen, dass sie entsprechende Funktionalitäten des Tracking & Tracing nutzen können

Literatur

- Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H.; Furmans, K. (Hrsg.): Handbuch Logistik. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2008.

Vendor Managed Inventory

Ansatzpunkt

- Der Lieferant erhält im Rahmen des Vendor Managed Inventory (VMI) Zugriff auf die Bedarfsdaten der Produktion und bewirtschaftet selbständig die Lagerbestände, wodurch das Fehlteilrisiko bei gleichzeitiger Bestandsreduktion sinkt

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Durch das generelle Senken des Fehlteilerisikos resultieren auch weniger Fehlmengenereignisse und somit Fehlmengenkosten
- Verringernde Wirkung auf FMK-Arten: prinzipiell alle FMK-Arten

Chancen

- Signifikante Senkung des Fehlteilrisikos bei gleichzeitiger Bestandssenkung im Lager möglich
- Ein Aufschaukeln von Nachfrageschwankungen („Bullwhip-Effekt“) kann durch VMI vermieden werden

Risiken

- Lagerbewirtschaftung wird extern vergeben, wodurch Unternehmen sich in eine gewisse Abhängigkeitssituation begibt
- Zu Beginn großer Abstimmungsaufwand zwischen Unternehmen und Lieferant erforderlich

Maßnahmenempfehlungen

- Identifikation für ein VMI geeigneter Artikel und Lieferanten
- Implementierung einer EDV-seitigen Anbindung des Lieferanten an das eigene Warehouse-Management-System
- Diskussion und regelmäßige Prüfung der Lagerbestandsparameter gemeinsam durch Lieferant und Unternehmen
- Vorbeugende Vermeidung von Fehlteilen durch Festlegung eines anforderungsgerechten Servicegrads (Anwendung Entscheidungsmodell)

Literatur

- Tempelmeier, H.: Bestandsmanagement in Supply Chains. Books on Demand, Norderstedt 2005.

Verantwortlichkeiten

Ansatzpunkt

- Klare Zuordnung von Verantwortlichkeiten, welche Stelle in einer Fehlteilsituation die Verantwortung für die Durchführung welcher Schritte besitzt; hierdurch schnelle Reaktion in Fehlteilsituationen und effiziente Begrenzung der Auswirkungen von Fehlteilsituationen

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Durch klare Verantwortlichkeiten wird bei einem Fehlmengenereignis schneller reagiert; hierdurch Begrenzung der Auswirkungen von Störungen des Produktionsbetriebs
- Verringernde Wirkung auf folgende FMK-Arten: Kapitalbindungskosten, Dispositionskosten, Betriebsunterbrechungskosten, Leerkosten

Chancen	Risiken
• Flexible und schnelle Reaktion auf Fehlmengenereignisse	• Überreglementierung möglicherweise Flexibilitätshemmend

Maßnahmenempfehlungen

- Definition eines unternehmensspezifischen Fehlmengenhandhabungsprozesses mit festen Zuständigkeiten
- Verteilung entsprechender Unterlagen und Schulung der einzelnen Mitarbeiter
- Definition von Kommunikationsmatrizen, damit fehlteilrelevante Daten direkt erfragt werden können und diese einheitlich bereitgestellt werden können

Literatur

- [-]

Vorlaufzeit

Ansatzpunkt

- Durch die Vereinbarung ausreichender Vorlaufzeiten für die Bedarfsbekanntgabe zwischen Produktion und Beschaffung / Lager wird die Wahrscheinlichkeit, dass Material nicht rechtzeitig und vollständig da ist, erheblich gesenkt

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Eine ausreichende Vorlaufzeit ermöglicht eine fast vollständige Materialbereitstellung, wodurch insgesamt das Fehlteilrisiko verringert wird und praktisch alle FMK-Arten günstig beeinflusst werden
- Verringernde Wirkung auf folgende FMK-Arten: Dispositionskosten, Losgrößenabweichungskosten, Betriebsunterbrechungskosten, Leerkosten
- Evtl. erhöhende Wirkung auf FMK-Arten: Kapitalbindungskosten

Chancen	Risiken
• Festlegung realistischer Vorlaufzeiten verhindert Fehlteilesituationen	• Einbau von Angsttagen in die Vorlaufzeit, die hierdurch zu lang ausfällt und die logistische Zielerreichung negativ beeinflusst

Maßnahmenempfehlungen

- Gemeinsame Klassifikation von Artikeln nach Vorlaufzeitklassen durch Produktion und Beschaffung / Lager
- Festlegen von Vorlaufzeiten für identifizierte Klassen
- Dokumentation und Verteilung an planerische Stellen
- Regelmäßige Überprüfung und Anpassung der Vorlaufzeiten
- Analyse, ob durch Optimierungen die Vorlaufzeiten verkürzt werden können

Literatur

- Dangelmaier, W.: Theorie der Produktionsplanung und -steuerung. Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2009.

Wiederbeschaffungszeiten

Ansatzpunkt

- Eine Verkürzung der Wiederbeschaffungszeiten erlaubt eine erhebliche Senkbarkeit des Sicherheitsbestands gegen Planabweichungen und senkt zugleich die Fehlteilwahrscheinlichkeit

Wirkung auf Fehlmengenkosten

- Kurze Wiederbeschaffungszeiten senken zum einen das Fehlteilerisiko und verkürzen zum anderen bei einem eingetretenen Fehlmengenereignis die Fehldauer, bis der betreffende Artikel nachgeliefert werden kann
- Verringernde Wirkung auf folgende FMK-Arten: Kapitalbindungskosten, Betriebsunterbrechungskosten, Leerkosten

Chancen	Risiken
• Die Verkürzung von Wiederbeschaffungszeiten ist ein sehr lohnenswertes Ziel, da nicht nur das Fehlteilrisiko reduziert wird, sondern auch ein überproportionaler Bestandsabbau möglich ist	• Eventuell sich verschlechternde Preiskonditionen für kürzere Wiederbeschaffungszeiten

Maßnahmenempfehlungen

- Interne Möglichkeiten zur Verkürzung der Wiederbeschaffungszeiten ermitteln und umsetzen: automatisierte Bestellung, elektronische statt telefonischer oder postalischer Bestellung, Verkürzen der Vereinnahmungsprozesse
- Externe Möglichkeiten zur Verkürzung der Wiederbeschaffungszeit: Lieferantenwechsel, Beschaffungsmodellwechsel, Verhandlung von Sonderkonditionen, Lieferantenentwicklung, Wechsel der Spedition / des Transportmittels

Literatur

- Tempelmeier, H.: Bestandsmanagement in Supply Chains. Books on Demand, Norderstedt 2005.
- Nyhuis, P.; Wiendahl, H.-P.: Logistische Kennlinien - Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2003.