

Philipp Dickmann, Michael F. Zäh, Niklas Möller, Hermann Lödding, Thomas Rücker, Herfried M. Schneider, Eva Dickmann, Joachim Hirsch, Christian Schliederer, Christine Wendlinger, Stefan Hartmann, Johann Gillinger, Bernhard Nied, Klaus Dräxler und Holm Fischäder

Philipp Dickmann

In vielen Unternehmen werden heterogene (verschiedene) Steuerungen in einem abgestimmten Konzept kombiniert. Je nach Anwendungsfall und Rahmenbedingungen werden Kombinationen allgemein bekannter Steuerungen oder Steuerungsvarianten gemischt eingesetzt, um eine optimale Steuerung für unterschiedliche Fälle zu erreichen. Hierbei stehen neben den bekannten und weit verbreiteten Methoden, wie Material Requirements Plan-

P. Dickmann (✉) · E. Dickmann
lepros GmbH, Grafing b. München, Deutschland
E-Mail: buch@lepros.com

J. Hirsch
Dorfprozelten, Deutschland

M. F. Zäh · N. Möller
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb), Technische Universität München, München, Deutschland

T. Rücker · H. M. Schneider · H. Fischäder
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der, Technische Universität Ilmenau, Ilmenau, Deutschland

C. Schliederer · C. Wendlinger · S. Hartmann · J. Gillinger
BayernBankett Gastronomie GmbH, München, Deutschland

B. Nied · K. Dräxler
NBHX Trim GmbH, Heilsbronn, Deutschland

H. Lödding
Hamburg, Deutschland

ning (MRP) oder *Kanban*, auch weniger bekannte oder neue Methoden zur Auswahl, wie die Produktionssteuerung mit dezentraler, bestandsorientierter Fertigungsregelung (DBF). *Kanban* ist ein simples und effizientes Steuerungskonzept, das in der klassischen Form für spezifische einfache Anwendungsfälle umsetzbar ist. Hochentwickelte Steuerungsalgorithmen können helfen, komplexe Abläufe optimal abzubilden. Mit einer grundlegenden Vereinfachung der Abläufe kann allerdings in vielen Fällen ein wesentlich stärkerer und umfassender Verbesserungseffekt erzielt werden. Die wesentliche Fragestellung sollte folglich lauten: Warum ist der Ablauf nicht mit einer einfachen Steuerung wie *Kanban* abzubilden? Um die Vorteile des Konzepts auch in untypischen Bereichen anwenden zu können, sind jedoch verschiedene Varianten oder *Kanban*-ähnliche Steuerungsmethoden entstanden. Darüber hinaus sind in der Praxis hybride Steuerungen im Einsatz, welche so kombiniert werden, dass die Zusammensetzung anspruchsvolle Eigenschaftsbilder noch exakt abbildet. In der Praxis basieren die Steuerungsentscheidungen nur zu einem kleinen Teil auf den eigentlichen Steuerungsalgorithmen, wie sie uns das MRP-System zur Verfügung stellt. Moderne „Steuerungswelten“ schließen alle relevanten Informationsquellen in eine heterogene Entscheidungsmatrix mit ein. Letztlich zählt nicht, ob die Entscheidung auf den Informationen aus dem MRP-System oder auf Softfacts basierend getroffen wurde, sondern nur, ob die Entscheidung erfolgreich war.

2.1 Störungsanalyse – der Weg zum ruhigen, kontinuierlichen Materialfluss

Philipp Dickmann

„Nicht Effizienz oder Wirtschaftlichkeit entscheidet, wie wir in Unternehmen arbeiten, sondern der Zeitgeist.“ Diese sehr provokante, pauschalisierte und emotionale Behauptung überspitzt die Tatsache, dass Veränderungen in Unternehmen sehr träge umgesetzt werden und sich zu einem großen Teil an gängigen Vorgehensweisen oder Marktstandards orientieren. Die Ursache ist darin zu sehen, dass mit betriebswirtschaftlichen oder mathematischen Mitteln nur aufwändig zu ergründen ist, welche Effekte den Materialfluss positiv oder negativ beeinflussen. Wie jeder Fließprozess, weist auch der Materialfluss enorme Komplexität und interdisziplinäre Zusammenhänge auf. Tatsächlich sind die wesentlichen Regeln oder Rahmenbedingungen im täglichen Leben allgegenwärtig. Ein Perspektivenwechsel, in dem der Materialfluss aus Sicht des Materials betrachtet wird, erleichtert das Verständnis der Zusammenhänge. Viele der Phänomene lassen sich sehr gut mit der Perspektive eines Autofahrers im Straßenverkehr vergleichen. Abläufe und im Speziellen Materialflussstörungen sind hierzu sehr gut übertragbar. Die Wirkungsweise wesentlicher komplexerer Phänomene und Regeln für effizienten Materialfluss sind dadurch einfach verständlich: etwa Staus und longitudinale Schwingungen, das Ziel des ruhigen und kontinuierlichen Flusses etc ...

2.1.1 Regeln für einen kontinuierlichen und störungsfreien Materialfluss

Staus und longitudinale Schwingungen (Abb. 2.1)

Jedermann sind Stauphänomene aus dem Straßenverkehr vertraut. Im Trichtermodell [Wien 97], bei dem der Engpass die gesamte Geschwindigkeit des Materialflusses bestimmt, ist dies leicht nachvollziehbar. Ebenso kennen wir den Zusammenhang, dass die erreichbare maximale Durchschnittsgeschwindigkeit an der Engpassstelle im Durchschnitt nicht erreicht wird. Vielfältige Effekte oder Störgrößen verursachen longitudinale Schwingungen. Durch Stop-and-go liegt die tatsächliche Geschwindigkeit, vor einer Staustelle unter der Geschwindigkeit, die die Engpassstelle zulassen würde. Verkehrsleitsysteme im Straßenverkehr und Steuerungssysteme in der Produktionssteuerung, etwa mit kapazitätsorientierten Konzepten, verfolgen die gleichen Lösungsansätze. Diese Systeme können helfen, die Krise oder den Stau zu beheben. Grundlegende Lösungen benötigen jedoch, wie beim Materialfluss, andere Ansätze, etwa straßenbauliche Maßnahmen oder Optimierung von Zugriffszeiten von Einsatzkräften etc. Zur Analyse der Probleme werden in beiden Fällen ähnliche Methoden angewandt: Simulation oder statistische Methoden, unterstützt durch physische Tests (vgl. Kap. 2.16 Valuecycle Optimizing).

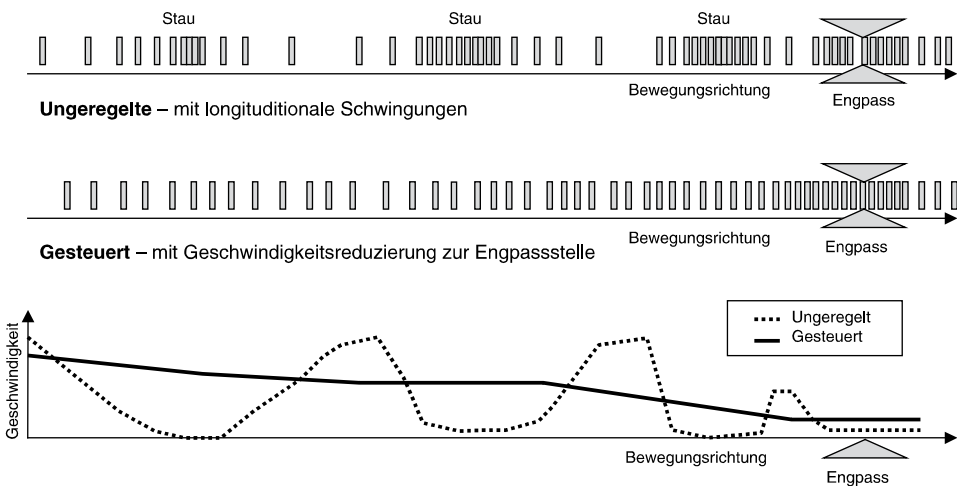


Abb. 2.1 Staus und longitudinale Schwingungen: Die Durchschnittsgeschwindigkeit ist bei einer Geschwindigkeitsregelung deutlich höher als bei unregelter Steuerung

Krisenmanagement im Tagesgeschäft, Tabu oder Wirtschaftsfaktor? [Dick 08]

Das Managen von kurzfristigen Veränderungen und Störungen nimmt in vielen Unternehmen den größten Teil des Tagesgeschäfts ein. Davon betroffen sind alle Fachabteilungen, die mit dem Materialfluss in Berührung kommen, wobei alle Maßnahmen als unabwendbare Notwendigkeit betrachtet werden. Dennoch handelt es sich um Krisenmanagement, das durch systematische strategische Planung der Flexibilität, dem Einsatz von *Lean* und Reduzierung der internen und externen Störgrößen weitgehend vermieden werden könnte.

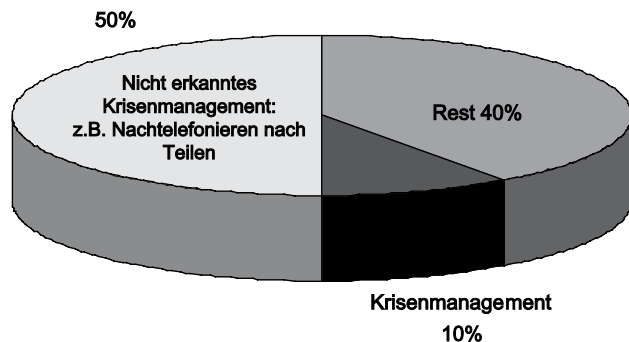
Unternehmen schätzten auf Anfrage den Anteil des Krisenmanagements am Tagesgeschäft im Durchschnitt auf 10% ein. Der Aufwand für das Beheben von Störungen und kurzfristigen Änderungen wurde dagegen mit über 60% angegeben (Umfrage [Lepr 07]). (Abb. 2.2)

Die mangelnde Erkenntnis, dass es sich beim täglichen „Rudern gegen den Strom“ um Krisenmanagement handelt sowie die Tabuisierung des Begriffes verhindern das Einleiten von Verbesserungen. Der Begriff Krisenmanagement ist negativ behaftet und wird oft dazu missbraucht, Machtverhältnisse zu gestalten und abzusichern. Der „Krisenmanager“ kann einerseits als unverzichtbarer „Rettungsanker“ oder andererseits als „unfähiger Manager“ in einer manipulativen Rolle fixiert sein. Bevor sich ein Unternehmen dem Thema „Reduzierung des Krisenmanagements“ stellen kann, ist meist ein strategischer Umdenkprozess nötig.

Ruhiger, kontinuierlicher Fluss – Theory of Constraints [Gold 84]

Das Ziel der Materialflussteuerung ist es, einen getakteten Materialfluss ohne Kapazitätsengpässe zu schaffen. Kapazitätsengpässe haben vielfältige, negative Auswirkungen. So kann Krisenmanagement einen Großteil der Kapazität in Unternehmen einnehmen und zu fehlender Transparenz, zunehmender Komplexität und unnötig hohen Kosten führen. Zur Beseitigung stehen präventive Maßnahmen im Vordergrund, wie Spitzen der real benötigten Kapazität zu analysieren, zu hinterfragen und die Kapazität der notwendigen

Abb. 2.2 Krisenmanagement in der Beschaffung [Lepr 07]: Über 50% der Zeit in der Beschaffung der Unternehmen wird mit dem Beheben von Störungen (z. B. Nachtelefonieren von fehlendem Material, kurzfristigen Sonderaktionen) verbracht



Maschinen, des Lagers und des Personals anpassen. Das Ziel muss ein kostenoptimaler, kontinuierlicher und ruhiger Fluss sein.

Lean Automation – Flexible, einfache Hardware

Flexibilität bestimmt zunehmend die Chancen am Markt. Nicht immer ist eine hohe Automation die wirtschaftlich und strategisch günstigste Lösung, auch nicht in Hochlohnländern.

Viele hoch automatisierte Anlagen haben sich wegen der zu hohen Komplexität, der entsprechend hohen Fehlerrate oder des hohen Wartungs- oder Änderungsaufwands als „eiserne, unflexible Ungetüme“ erwiesen. Vor allem Anlagen mit hohem Investitionsbedarf fordern auslastungsorientierte Arbeitsweisen. Mit der Forderung nach 100 % Auslastung wird angestrebt, die Amortisationszeit zu verkürzen, um das Investitionsrisiko zu verringern. Ein Mittel dazu ist die Bildung großer Losgrößen, um die Rüstzeiten zu minimieren. Jede Flexibilität geht verloren. Verschwendung durch Überproduktion entsteht. Als Alternative wird in der Regel die Verlagerung oder die Beschaffung aus Niedriglohnländern angesehen. Viele Branchen, die scheinbar in Hightech-Produktionsländern nicht mehr wettbewerbsfähig produzieren können, wandern ab. „Billiglohn“-Produkte bringen andererseits, z. B. in Bezug auf die vom Kunden geforderte Flexibilität, teils hohe Nachteile mit sich. Die Produkte werden meist in großen Losen gefertigt und in großen Gebindemengen, mit extrem langen Transportwegen und -zeiten beschafft. Befinden sich die großen Materialmengen erst einmal in der Lieferkette, sind sie fixiert und damit kaum zu verändern. In der Summe kann dies eine 10- bis 50-fache Reichweite und Wiederbeschaffungszeiten (z. B. von mehr als einem Jahr) verursachen. Änderungen (z. B. Nacharbeiten) oder Sondertransporte (z. B. Luftfracht) können hier sehr leicht die Kostenvorteile überkompensieren.

Der Ansatz von *Lean Intelligent Automation* ermöglicht es lokalen Anbietern, im Wettbewerb mit gleichen oder geringeren Preisen, hoher Qualität, Just-in-sequence (JIS) und hoher Flexibilität bei Bedarfsveränderungen zu bestehen. Ausgehend von der japanischen Automobilindustrie hat sich ein Gegentrend, die *Lean Automation* (vgl. Kap. 1.9 Low Cost Intelligent Automation) etabliert. Dabei wurde das Konzept von intelligent kombinierten Low Cost-Anlagen mit Rüstzeitoptimierungen (nach dem Toyota Produktionssystem, TPS) und flexibler Produktion weitergetrieben. Große Anlagen werden durch mehrere, billigere und wesentlich flexiblere Anlagen ersetzt. Vorteil dieser Anlagen sind neben der geringen Investition kürzere Amortisation, höhere Flexibilität und die Möglichkeit, den Kundenbedarf in sehr kleinen Losgrößen darstellen zu können. Die Rüstzeit dieser Maschinen ist deutlich kürzer, wodurch sich der Anteil der Nebenkosten in den Herstellkosten verringert. Durch die wesentlich geringere Investition sinkt die Amorti-

sationszeit, das Risiko der Investition reduziert sich erheblich. Der Maschinen- und Anlagenpark bestimmt nicht mehr maßgeblich die Kosten. Einfachere Anlagen und selbstgebaute Vorrichtungen lassen kurzfristige und kostengünstige Änderungen zu. Unkalkulierbare Bedarfe, wie z. B. beim Serienanlauf neuer Produkte, werden kundengerechter lösbar. Anstelle hoher Investitionen mit hohem Risiko werden vorhandene kleine Anlagen kurzfristig vervielfältigt. Nach einer mittelfristigen Umstrukturierung des Anlagenparks und der Produktionsmethode ist es auch für Hochlohnländer möglich, längst „verloren geglaubte“ Produkte rentabel zu produzieren. Basierend auf diesem Prinzip etabliert sich aktuell eine ähnliche, aus Japan stammende Methode der logistischen Abwicklung (vgl. Kap. 2.2.5 *Lean Intelligent Logistics*)

Freikapazität

Der Preisunterschied zwischen hoch automatisierten Anlagen und einfachen Maschinen ist in der Regel so gravierend, dass für einen Automaten eine größere Zahl an Maschinen beschafft werden kann. Die Folge ist, dass bei gleichem Output ein Teil der Maschinen frei bleibt. Es muss nicht mehr im Voraus produziert werden, um Kapazitätsspitzen abzudecken, da diese Freikapazität die Möglichkeit bietet, dies auszugleichen. Typisches Beispiel sind große Waschmaschinen in der Fertigung, die durch kleine Waschmaschinen für ein Werkstück direkt beim folgenden Produktionsprozess ersetzt wurden. Freikapazitäten von Anlagen werden wirtschaftlich vertretbar und Staus im gesamten Netz des Materialflusses werden reduziert. Die Erfahrung zeigt, dass neben dem kontinuierlicheren Fluss wegen der enormen Einsparung an Investitionen deutlich geringere Produktionskosten erreicht werden können.

Snowball-Effekt

Störungen und Engpässe führen zu einem Snowball-Effekt. Eine Störung verursacht Ausweichstrategien und damit das Umwerfen von mehreren anderen Produktionsaufträgen. Damit vervielfältigt sich das Problem in einer Kettenreaktion. In der Folge sind die Bedarfstermine der darunter liegenden Produktionsebenen ebenfalls betroffen. Es kommt zu einer erneuten Vervielfältigung der Störung, usw. Kaum ein Steuerungssystem mit automatischen Regelkreisen kann die Fortpflanzung dieser Unzulänglichkeiten aufhalten, die durch manuellen Eingriff oder ungeplante Störungen entstehen. Nur umfassendes manuelles Management kann dies stoppen. Der Snowball-Effekt ist sehr plakativ bei Serienanlaufproblemen zu erkennen. Durch etwa Qualitätsprobleme eines Lieferanten türmen sich einerseits Berge an Material, andererseits kommt es zu enormen Bedarfsspitzen. Der Effekt beeinflusst dabei aber alle anderen angebunden Lieferanten, die eigene Produktion und gegebenenfalls auch den Kunden. (Abb. 2.3)

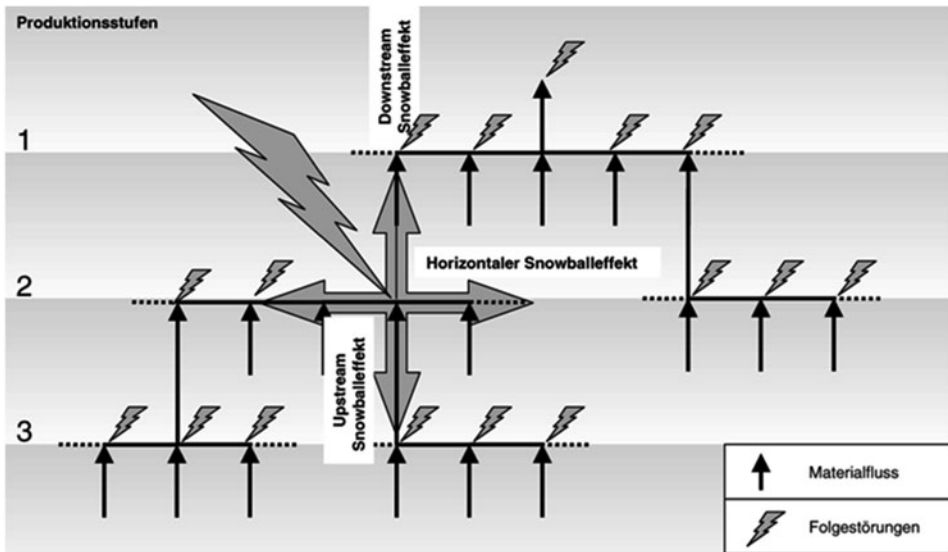


Abb. 2.3 Snowball-Effekt: Durch den Snowball-Effekt vervielfältigen sich Störungen in allen Richtungen im Materialfluss und führen in einer Kettenreaktion zu einer Vielzahl neuer Störungen

Flexibilitätsparadoxon

Das „Durchlaufzeitsyndrom“ [Kand 99] fordert Algorithmen in ERP-Systemen, die schwankende Durchlaufzeiten abbilden können. Dadurch soll eine Verbesserung bei der Abbildung der Realität erzielt werden. Schwankende Durchlaufzeiten sind nicht die Ursache, sondern die Folge von Engpassmanagement oder anderen Störungen. Es wird dabei letztlich versucht, die Ursache auf der organisatorischen Ebene, durch die exakte Abbildung der Auswirkung, zu beheben. Das Flexibilitätsparadoxon setzt an der „Wurzel des Problems“ an. Durch wachsende Durchlaufzeiten steigt die Gefahr, dass Aufträge bei Sonderaktionen oder Störungen nicht fertiggestellt werden können und warten müssen. In der Folge entsteht ein Stau. Die Korrelation zwischen der Durchlaufzeit und der notwendigen Flexibilität ist entscheidend für das Maß der Störungsanfälligkeit des Materialflusses. Flexibilität wird als Puffer auf der Zeit- oder Bestandsachse bzw. Kapazität in Anlagen und Mitarbeitern interpretiert. Mit Zunahme der Flexibilität werden der Snowball-Effekt, das Durchlaufzeitsyndrom und die Problemstellung der minimalen wirtschaftlichen Losgröße gleichermaßen behoben. Da die Zielsetzung von Materialfluss ist, möglichst minimale Puffer vorzuhalten bzw. in der Folge hohe Flexibilität zu erreichen, gilt es, den „Break Even“ der Flexibilität, also das Flexibilitätsparadoxon zu finden und mittelfristig ein Optimum zu erreichen.

Peitschen- oder Bullwhip-Effekt

Ein weiterer Effekt, der einem kontinuierlichen, ruhigen Materialfluss entgegen wirkt, ist der Peitscheneffekt, engl. Bullwhip-Effekt (s. Abb. (Abb. 2.4) [Forr 61].

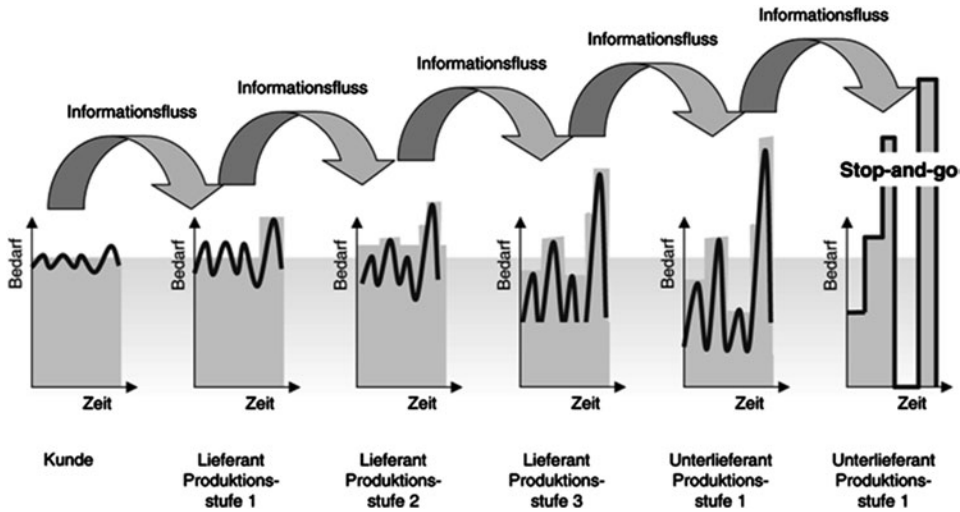


Abb. 2.4 Der Peitscheneffekt (Bullwhip-Effekt) führt zu Stop-and-go bei den Lieferanten

Er wird durch Schwankungen in der Produktionsplanung verursacht und verstärkt, die u. a. folgende Ursachen haben können:

- Bestandsabbau und -aufbau (z. B. am Geschäftsjahresende, durch Urlaubszeiten etc.)
- Bestandsschwankungen aufgrund konstanter Durchlaufzeiten [Lödd 05]
- dezentrale Absatzplanung ([Lee 97; Lee 97b])
- zentrale Produktionssteuerung
- Änderungshäufigkeit der Prognose bzw. Planung
- Abweichungen der Prognose vom erreichten Wert
- Änderungen von Aufträgen nach Auftragsfreigabe
- Anzahl der Planungsebenen
- Losbildung ([Lee 97; Lee 97b])
- Preisschwankungen ([Lee 97; Lee 97b])
- Überbestellung bei Lieferengpässen ([Lee 97; Lee 97b])
- Bestandsschwankungen bei Änderungen
- Kapazitätsrestriktionen [Lödd 05]
- physikalische Fehlerbehaftung von ERP-Daten bzw. mangelnde Datenpflege in ERP-Systemen
- hohe Komplexität und Vielfalt an angewandten Parametern in ERP-Systemen
- Kumulation in ERP (z. B. kalendarische Kumulationen)
- lange Durchlauf-, Wiederbeschaffungs- oder Transportzeiten,
- Informationslaufzeit [Lödd 05],
- fehlende oder zu geringe Puffer (z. B. Null-Bestands-Konzepte),

- parallele Lieferantensysteme (Quotierung),
- mangelndes Qualitätsniveau,
- mangelnde Termintreue.

Über die Supply Chain nimmt dieser Effekt nach unten zum Lieferanten hin zu und führt dort zu einem immer stärker werdenden Stop-and-go Effekt. Die Ebenen der Dimensionierung, Auslastung und Kapazität erzeugen höhere Kosten. Schwankungen, die z. B. durch Monatsumbrüche ausgelöst werden, nehmen über verschiedene Produktionsstufen zu. Für den Lieferanten ist dies nicht erkennbar, er muss mehr Lagerpuffer aufbauen und eventuell neu investieren, um die Kapazitätsspitzen sicherstellen zu können.

Träge Steuerung

Ein anderer Ansatz besteht darin, Trägheit in einem Produktionssystem durch Verlangsamung der Steuerungsgeschwindigkeit im ERP auf den Ebenen der SCM zu erreichen. Wenn, beginnend bei der obersten Ebene, Schwankungen durch zeitliche Verlangsamung der Steuerung ausgeglichen werden, wird der Bullwhip-Effekt weitestgehend kompensiert. Tatsächliche Bedarfsschwankungen müssen über Puffer abgedeckt oder zumindest in der minimalen Dynamik des Systems abbildbar sein.

Mindestbestände anstelle Null-Bestands-Konzepte

Als Weiterentwicklung von Just-in-time (JIT) wurden die ursprünglichen *Kanban*-Puffer weiter optimiert und damit die Anteile des Lagerbestands noch mehr reduziert. Das Resultat war das Null-Bestands-Konzept (0-BK). Ziel war es, JIT im *Kanban*-Kreis so exakt zu steuern, dass der Auftrag gerade dann fertig ist, wenn der Kunde beliefert werden muss. Da in der Praxis immer Störparameter vorliegen, führt dies zu Engpässen. Sobald der Kunde kurz warten muss, wird der Snowball-Effekt des Krisenmanagements ausgelöst. In der Folge verschieben sich viele andere Aufträge bzw. werden unterbrochen. Die statischen Lagerbestände werden zuerst reduziert. Wegen der vielen Unterbrechungen in den Produktionsaufträgen nehmen die Durchlaufzeiten der Produktionsaufträge und damit die Bestände überproportional zu. Die Kapitalbindung in den Aufträgen kompensiert die Einsparung durch statische Lagerbestände um ein Vielfaches. Zudem treten die bereits beschriebenen überproportionalen Kosten als Folge des Krisenmanagements auf. Minimale Lagerbestandswerte und minimale Kosten sind nur mit minimal dimensionierten, statischen Lagerbeständen möglich. Dies sind Puffer für Störparameter, die den Break Even der Kapitalbindung absichern. Die Höhe dieser Puffer kann dabei nicht maßgeblich von Steuerungsalgorithmen optimiert werden, sondern ist nur durch die Reduzierung der Störgrößen beeinflussbar. Auch hierfür kann in der realen Anwendung Valuecycle Optimizing (vgl. Kap. 2.16 Valuecycle Optimizing) eingesetzt werden.

Störgrößenanalyse

Das TPS leitet uns dazu an, mit der 5W-Methode Probleme mehrfach zu hinterfragen und dann die eigentlichen Ursachen zu beheben, anstatt nur Symptome nachzuregeln. Gerade

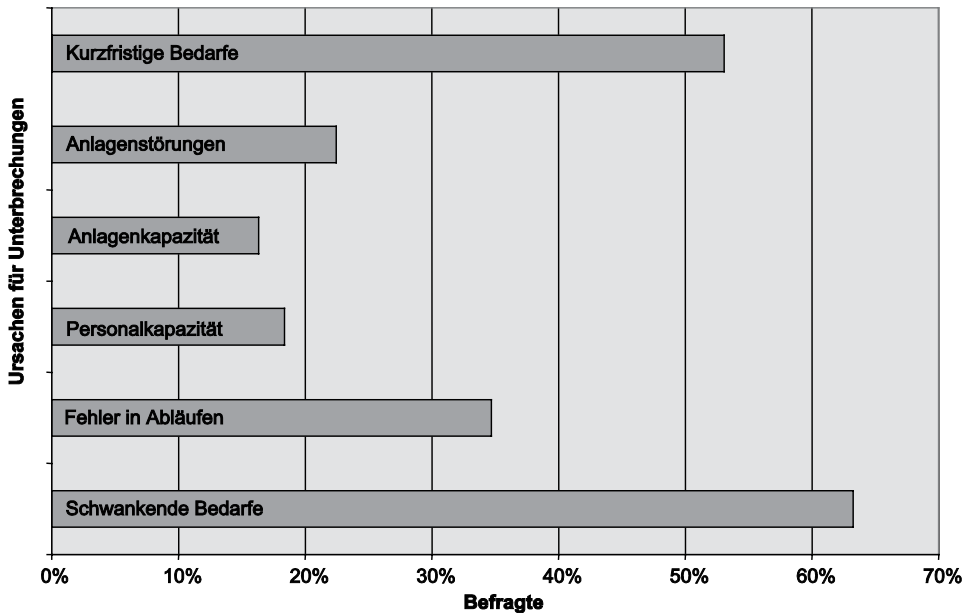


Abb. 2.5 Geringe Flexibilität ist die Hauptursache für Störungen: schwankende und kurzfristige Bedarfe führen zu Unterbrechungen. [Lepr 07]

mit EDV-Systemen wird gerne versucht, systematisch Symptome zu beheben, ohne die Ursachen zu beseitigen (vgl. Kap. 5.1.2 Störgrößen im modernen Materialfluss und in MRP-Systemen). Systematisch lassen sich Störgrößen nur mit einer Analyse und einem in der Regel kontinuierlichen Prozess beseitigen, beides die Kernelemente des Valuecycle Optimizing (Abb. 2.5).

Prävention und Qualität statt Krisenmanagement und umständlicher Abläufe

Es ist heute gängige und sinnvolle Praxis, die Qualität der Prozesse aus Kostengründen in Frage zu stellen. Dies führt jedoch zu überproportional höherem Aufwand für Preservice und indirekte Bereiche, die aufgrund fehlender Qualität erst notwendig werden. Qualität zu „ermessen“, zu prüfen, zu selektieren, nachzubessern, zu dokumentieren, mit indirekten Bereichen sicherzustellen, erzeugt wesentlich höhere Kosten, als für den Herstellprozess geplant wurden. Die Folgen dieser Ideologie setzen sich über die Fehlerfortpflanzung bis zum Kunden durch. Qualitätsprobleme gehören im Materialfluss zu den gravierendsten und häufigsten Störgrößen (Abb. 2.6).

Schlanker Materialfluss
mit Lean Production, Kanban und Innovationen
Dickmann, P. (Hrsg.)
2015, XL, 657 S. 369 Abb., 119 Abb. in Farbe.,
Hardcover
ISBN: 978-3-662-44868-7