

Integration von Produktions- und Transportsystemen entlang globaler Supply Chains

Bernd Scholz-Reiter, Enzo Morosini Frazzon und Thomas Makuschewitz, Universität Bremen



Prof. Dr.-Ing. Bernd Scholz-Reiter ist Professor für Planung und Steuerung produktionstechnischer Systeme am Fachbereich Produktionstechnik der Universität Bremen und Direktor des Bremer Instituts für Produktion und Logistik GmbH (BIBA) sowie Herausgeber der Zeitschriften Industrie Management und PRODUCTIVITY Management.



Dr.-Ing. Enzo Morosini Frazzon arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter am BIBA im Forschungsbereich Intelligente Produktions- und Logistiksysteme.



Dipl.-WirtschaftsIng. Thomas Makuschewitz arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter am BIBA im Forschungsbereich Intelligente Produktions- und Logistiksysteme.

Globale Supply Chains bedienen sich weltweiter Rohstoffvorkommen, bündeln regionale Kostenvorteile bei der Produktion und binden Partner mit herausragender Expertise ein. Ziel ist es, einen nachhaltig wettbewerbsfähigen Verbund zu schaffen. Hierfür

Kontakt:

Universität Bremen
Bremer Institut für Produktion und
Logistik GmbH
Postfach 33 05 60
28335 Bremen
Tel.: 0421 / 218-5579
E-Mail: mak@biba.uni-bremen.de

müssen die dezentral durchgeführten Aktivitäten der Partner exakt aufeinander abgestimmt werden, um ihren vollen Nutzen zu erschließen. Moderne Advanced Planning Systeme übernehmen diese Aufgabe. Jedoch erfolgt die operative Planung und Steuerung der Aktivitäten zumeist dezentral sowie funktions- und bereichsbezogen. Dieser Beitrag stellt ein Framework zur integrierten Planung von Produktion und Transport auf der operativen Ebene vor. Dieses gestattet eine verbesserte Synchronisation der Materialflüsse und somit eine Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von Supply Chains.

Weltweit verfügbare Transportsysteme sowie moderne Informations- und Kommunikationstechnologien beeinflussen maßgeblich die Ausgestaltung globaler Produktionssysteme [1]. Wachsender Wettbewerbsdruck auf den Märkten führt schließlich zu komplexen und dynamischen Logistiksystemen, die einer turbulenten Umwelt ausgesetzt sind [2]. Die Partner globaler Supply Chains sind durch Material- und Informationsflüsse verbunden, die Barrieren zwischen Prozessen, Unternehmen und Kontexten überwinden. Die Wettbewerbsfähigkeit einer Supply Chain hängt in einem hohen Maße von der Ausgestaltung der Schnittstellen zwischen den einzelnen Partnern ab. So können beispielsweise lokale Kosten- und Durchlaufzeiteinsparungen durch eine unzureichende Integration der aufeinanderfolgenden Prozesse zu nichte gemacht werden.

Moderne Informations- und Kommunikationstechnologien vereinfachen den notwendigen Informationsaustausch. Jedoch fehlen häufig Konzepte, die sich der verfügbaren Informationen in vollem Umfang bedienen und somit ihren Nutzen erschließen. Insbesondere auf der operativen Ebene werden die Entscheidungen zumeist dezentral auf der Basis lokaler Informationen getroffen. Die transportorientierte Reihenfolgeplanung [3] nimmt sich dieser Herausforderung an. Hierbei fließen Aspekte der Transportplanung in die Ablaufplanung der Produktion mit ein. Jedoch muss für eine nachhaltige Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der Supply Chain die Integration von Produktion und Transport auf der operativen Ebene beiderseitig erfolgen.

Advanced Planning Systeme [4] bilden in vielen Unternehmen den Ausgangspunkt für die unterschiedlichen Planungsaufgaben. Ihre modulare Struktur folgt der Supply-Chain-Planning Matrix [5]. Dieses hierarchische Planungskonzept zeichnet sich durch eine Dekomposition der Planungsaufgabe entsprechend der zwei Dimensionen „Zeithorizont der Planung“ und „betrieblicher Funktionsbereich“ aus. Diese Vorgehensweise erlaubt es, den Materialfluss entlang der betrieblichen Funktionsbereiche auf der taktischen Ebene zu synchronisieren. Da genaue Angaben über die Aufträge häufig fehlen, werden Mittelwerte und Prognosen der relevanten Parameter verwendet. Die erhaltenen Planungsergebnisse dienen bei der dezentralen, operativen Planung der einzelnen Funktionsbereiche

als Vorgaben, die bei der Anpassung an die realen Aufträge berücksichtigt werden müssen. Dabei verfolgt jeder Planungsbereich lokale Ziele, die im Widerspruch zu den Zielen eines anderen Planungsbereichs stehen können. Speziell bei der Produktionsablaufplanung und Transportplanung treten vielfach gegensätzliche Ziele auf. Aus diesem Grund müssen die Schnittstellen zwischen den aufeinanderfolgenden betrieblichen Funktionsbereichen so gestaltet sein, dass sie eine bessere Abstimmung zur Steigerung der Leistungsfähigkeit unterstützen, denn nur die Akteure auf der operativen Ebene können kurzfristig auf die Dynamik der beteiligten Logistiksysteme reagieren.

Integration von Produktion und Transportsystemen

Die Leistungsfähigkeit des gesamten Logistiksystems kann beeinträchtigt werden. Nicht eingehaltene Transportzeiten führen beispielsweise zu verspäteten Abhol- oder Lieferterminen. In Entwicklungs- und Schwellenländern liegen die Ursachen mitunter in der schlecht ausgebauten Infrastruktur oder geografischen Besonderheiten. Beispielsweise können in den Tropen Brasiliens starke Regenfälle oder Erdbeben ein Passieren der Straßen für mehrere Tage unmöglich machen. In den Industrieländern sind hingegen die Verkehrswege häufig überlastet. Staus und Baustellen erzwingen die Wahl von längeren Alternativrouten oder erzeugen Wartezeiten. Andererseits wirken sich auch Störungen im Produktionsablauf negativ auf das gesamte Logistiksystem aus. Immer komplexere und spezialisierte Maschinen führen zu einer hohen Abhängigkeit von einzelnen Ressourcen. Diese Abhängigkeit kann bei einem unplanmäßigen Ausfall der Ressourcen zu Verspätungen bei der Bereitstellung der Aufträge für den Weitertransport führen.

Um die Durchlaufzeiten und Bestände zu verringern, müssen etwaige Störungen in den Produktions- und Transportsystemen bei der Synchronisation des Materialflusses umgehend

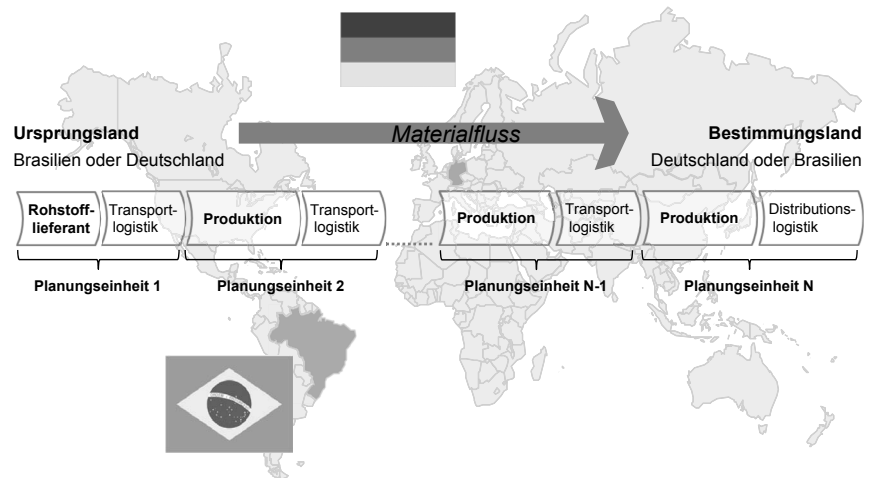


Bild 1: Prozesskette entlang einer globalen Supply Chain.

berücksichtigt werden. Darüber hinaus kann durch eine Antizipation der gegenseitigen Entscheidungssituationen der beiden Systeme ein Kostensenkungspotenzial erschlossen werden. In der Literatur adressiert das 'Production and Transportation Scheduling Problem' (PTSP) diese Fragestellung. Chen und Vairaktarakis [6] zeigen, dass durch die Integration von Produktions- und Transportplanung die Wettbewerbsfähigkeit einer Supply Chain im Vergleich zu den heutigen Advanced Planning Systemen deutlich gesteigert werden kann. Eine optimale Lösung des PTSP bedingt die integrierte Betrachtung der Produktionsablaufplanung und der anschließenden Tourenplanung. Die beiden Planungsprobleme können als ein mathematisches Programm formuliert werden, welches jedoch NP-schwer ist. Dementsprechend lassen sich nur Instanzen geringer Größe exakt lösen. Aus diesem Grund wurden eine Reihe unterschiedlicher Heuristiken entwickelt, die eine gute Lösung in akzeptabler Zeit generieren. Die Mehrzahl dieser Ansätze fokussiert jedoch auf Fragestellungen der strategischen und taktischen Planungsebene.

Heuristiken für die operative Ebene können entsprechend ihrer Zielsetzung in zwei Gruppen unterteilt werden. Die erste Gruppe strebt eine Minimierung der gesamten Durchlaufzeit der Aufträge an. Hierfür wird die benötigte Produktions- und Transportzeit betrachtet.

Die zweite Gruppe verfolgt neben der Minimierung der Durchlaufzeit auch die Reduzierung der einhergehenden Kosten. Obwohl die Tourenplanung eine tragende Rolle beim Fluss der Güter zwischen den Produktionsstandorten einnimmt, abstrahieren die Heuristiken deren Aufgaben zumeist. Einen weiteren Kritikpunkt stellt die Fokussierung der Heuristiken auf ausgewählte Spezialfälle der Praxis dar. Sie beschränken sich oft auf die Produktion am OEM-Standort und den Transport der Güter zu den Kunden. Folglich lassen sich die Heuristiken nicht auf eine generische Supply Chain mit mehreren Produktionsstandorten anwenden. Darüber hinaus sind die Ansätze nicht für einen rollierenden Einsatz auf der operativen Planungsebene geeignet und können nicht auf stochastische Ereignisse reagieren.

Gemeinschaftliche Planung

Im Bild 1 ist beispielhaft eine globale Supply Chain dargestellt, die Brasilien mit Deutschland verbindet. Jeweils ein Teil der Wertschöpfung erfolgt in Brasilien und Deutschland. Entlang einer solchen Supply Chain sind eine Reihe unterschiedlicher Produktions- und Montagestandorte beteiligt. Jeder dieser Standorte führt entsprechend seiner Kernkompetenzen einzelne Prozessschritte aus, bevor die Aufträge zu den nachfolgenden Standorten transportiert

werden. Demensprechend ergibt sich die vereinfacht abgebildete Prozesskette von Produktion und Transport. In der Abbildung werden jeweils ein Produktionsstandort und der Transport zum nachfolgenden Produktionsstandort zu einer Planungseinheit zusammengefasst.

Die abgebildete Supply Chain setzt sich aus einer Reihe rechtlich unabhängiger Partner zusammen. Diese sind entsprechend ihrer Kompetenzen für einen oder mehrere Produktionsstandorte verantwortlich. Jeder der Partner verfügt über ein eigenes Advanced Planning System. Um die Wettbewerbsfähigkeit der gesamten Supply Chain zu verbessern, müssen diese Systeme aufeinander abgestimmt werden. Jedoch liegt zwischen den Partnern zumeist eine Informationsasymmetrie bezüglich einiger planungsrelevanter Daten vor. Die Auslastung von Ressourcen oder Kostenstruktur wird häufig als ‚privat‘ behandelt. Ziel der gemeinschaftlichen Planung ist es, eine Synchronisation der beteiligten Partner zu erreichen, die dem Ergebnis einer zentralen Planung nahe kommt, ohne dabei auf alle für eine zentrale Planung notwendigen Informationen zurückzugreifen. Zu diesem Zweck wurden verschiedenen modellbasierte Konzepte entwickelt.

Die Verteilung der Entscheidungsgewalt zwischen den Partnern und die Qualität der ausgetauschten Informationen sind zwei wichtige Kriterien bei der Einordnung der Konzepte [7]. In diesem Zusammenhang ist die Qualität der ausgetauschten Informationen am höchsten, wenn private Informationen zwischen den Partnern geteilt werden. Die Upstreamplanung zeichnet sich durch eine einseitige hierarchische Verteilung der Entscheidungsgewalt und sehr geringe Qualität der ausgetauschten Information aus [8]. Der sukzessive Abstimmungsprozess wird durch den OEM initiiert, der aus seiner Planung erhaltene, bindende Vorgaben an seine Lieferanten weitergibt. Sobald der Rohstofflieferant erreicht ist, terminiert das Verfahren. Nachteilig wirkt sich hier die fehlende Antizipation der Entscheidungssituation des Lieferanten

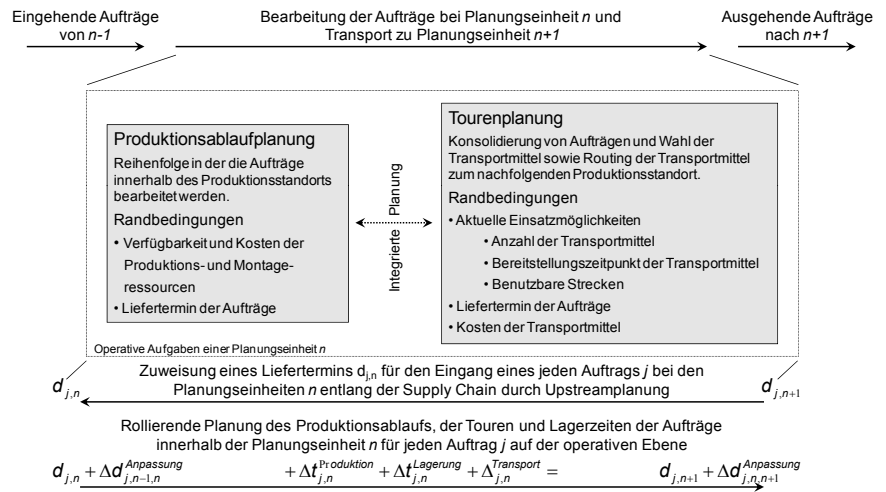


Bild 2: Framework zur integrierten Produktions- und Transportplanung.

bei der Durchführung der Planung aus. Hierdurch bleiben Kostensenkungspotenziale ungenutzt, die durch eine gegenseitige Berücksichtigung der lokalen Entscheidungssituationen erschlossen werden könnten.

Die verhandlungsbasierte Koordination [7] ist durch eine gleichberechtigte Verteilung der Entscheidungsgewalt und den Austausch privater Informationen gekennzeichnet. Bei diesem Verfahren tauschen OEM und Lieferant iterativ Vorschläge bezüglich der zwischen ihnen gehandelten Produkte und Lieferzeitpunkte aus. Dabei bewerten sie jeweils die Auswirkungen der Vorschläge in Bezug auf die Gesamtkosten. Das Verfahren terminiert, wenn keine weitere Kosteneinsparung mehr erzielt werden kann. Im Vergleich zur Upstreamplanung verfügt dieses Verfahren über ein größeres Potenzial zur Erschließung von Kostensenkungspotenzialen. Jedoch ist der Ansatz aufgrund seiner Konzeption gegenwärtig nicht auf eine generische Supply Chain anwendbar.

Framework

Die Strukturierung der Supply Chain in Planungseinheiten aus Bild 1 bildet die Grundlage für das im Folgenden vorgestellte Framework zur Integration von Produktions- und Transportsystemen auf der operativen

Ebene (Bild 2). Die Notwendigkeit für die Bildung lokaler Planungseinheiten ergibt sich aufgrund des sehr großen Informationsbedarfs und hohen Koordinationsaufwands einer zentralen Planungseinheit. Lokale Entscheidungsträger können mit geeigneten Vorgaben in der Regel schneller und besser auf Änderungen der gegebenen Entscheidungssituation reagieren, da sie mit den örtlichen Gegebenheiten vertraut sind. Jedoch betrachten sie zumeist nur ihren Planungsbereich und berücksichtigen nicht die Entscheidungssituation der angrenzenden Bereiche. Das Framework vereint zwei Ansätze, um der Fokussierung auf die lokalen Ziele entgegenzutreten.

Jede Planungseinheit ist für die Produktionsablaufplanung eines Standorts und die Tourenplanung verantwortlich. Die Terminierung der Aufträge innerhalb der Planungseinheit erfolgt auf der Grundlage von Bereitstellungsterminen. Diese Termine geben an, wann eine Planungseinheit einen Auftrag zur Bearbeitung von der vorangegangenen Planungseinheit erhält und wann die Planungseinheit selbst den bearbeiteten Auftrag der nachfolgenden Einheit bereitstellen muss. Die Generierung dieser Termine erfolgt basierend auf den Ergebnissen der Upstreamplanung.

Auf der Grundlage der Bereitstellungstermine nimmt die integrierte Produktionsablaufplanung und Tourenplanung die Terminierung der einzelnen Opera-

tionen innerhalb einer Planungseinheit vor. Hierzu zählen beispielweise Produktionstermine, Fahrstrecken sowie, falls notwendig, Ein- und Auslagerungsvorgänge. Die Produktionsablaufplanung legt die Reihenfolge in der die Produktionsaufträge bearbeitet werden fest. Dabei müssen der bestehende Ablaufplan, die gegenwärtige Verfügbarkeit des Produktionssystems, die Bereitstellungstermine und die mit der Produktion verbundenen Kosten berücksichtigt werden. Die Tourenplanung stellt den Weitertransport der Aufträge zum nächsten Produktionsstandort zum vereinbarten Bereitstellungszeitpunkt sicher. Hierfür muss nicht nur die Verfügbarkeit der einzusetzenden Transportmittel sichergestellt sein, sondern auch die Verfügbarkeit der öffentlichen Infrastruktur. Darüber hinaus fließen die Ergebnisse der vorangegangenen Planung, die Bereitstellungstermine der Aufträge bei der nächsten Planungseinheit sowie die assoziierten Kosten in die Planung mit ein. Insbesondere stochastische Einflüsse erfordern eine regelmäßige Anpassung der Pläne an die aktuellen Gegebenheiten. Aus diesem Grund muss die integrierte Planung rollierend, in kurzen Zeitabständen durchgeführt werden.

Allein die Integration der zwei Bereiche Produktion und Transport reicht nicht aus, um das mit dem Framework verbundene Kostensenkungspotenzial zu erschließen. Ferner müssen die einzelnen Planungseinheiten die Entscheidungssituation der jeweils direkt vor- und nachfolgenden Einheiten berücksichtigen. Die Notwendigkeit hierfür ergibt sich einerseits aus ‚schlechten‘ Vorgaben der Upstreamplanung und wird andererseits bedingt durch stochastische Ereignisse, die ein Einhalten der vorgegebenen Bereitstellungstermine verteuern oder unmöglich machen. Fällt beispielsweise bei einer Planungseinheit eine Maschine zeitweilig aus und erfordert Überstunden um den Bereitstellungstermin einzuhalten, so kann eine Verschiebung des Termins diese Kosten abwenden. Grundlage für eine solche Terminverschiebung ist jedoch eine Abstimmung mit der nachfolgenden Planungseinheit und das Vorhandensein eines zeitlichen Puffers

bei dieser. Die verhandlungsbasierte Koordination stellt in diesem Zusammenhang einen vielversprechenden Ansatz dar, der jedoch noch weiter untersucht werden muss.

Fazit & Ausblick

Das in diesem Beitrag vorgestellte Framework zur integrierten Planung von Produktions- und Transportsystemen ist speziell auf die Aufgabenstellungen der operativen Ebene zugeschnitten. Es vereint die Produktionsablaufplanung und die Tourenplanung für jeweils eine Planungseinheit. Stochastischen Einflüssen seitens der Umwelt sowie innerhalb der Produktions- und Transportsysteme wird durch die Fähigkeit der Heuristik, rollierend ausgeführt zu werden, Rechnung getragen. Ziel der Heuristik ist es, unter Berücksichtigung der gegebenen Bereitstellungstermine der Aufträge, die Kosten zu minimieren und ein gegebenes Servicelevel zu erreichen. Moderne Informations- und Kommunikationssysteme erleichtern den hierfür notwendigen Austausch von Daten zwischen den Planungseinheiten. Der private Charakter einiger planungsrelevanter Daten und die in der Regel vorherrschende Informationsasymmetrie zwischen den Partnern wird durch den reduzierten Datenaustausch berücksichtigt. So tauschen die Planungseinheiten lediglich Informationen bezüglich der Bereitstellungstermine der Aufträge aus. Das entwickelte Konzept fügt sich aufgrund seiner Ausrichtung an heutigen Advanced Planning Systeme nahtlos in deren Struktur ein und gestattet eine verbesserte Synchronisation der Materialflüsse sowie eine Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit globaler Supply Chains.

Literatur

- [1] Magnusson, P.; Baack, D.W.; Zdravkovic, S.; Staub, K.M.; Amine, L.S.: Meta-analysis of cultural differences: Another slice at the apple. In: *International Business Review* 17 (2008), S. 520-532.
- [2] Scholz-Reiter, B.; Windt, K.; Freitag, M.: Autonomous logistic processes: new demands and first approaches. In: *Proceedings of the 37th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems* 2004, S. 357-362.

- [3] Scholz-Reiter, B.; Böse, F.; Dizdar, C.; Windt, K.: Transportorientierte Reihenfolgeplanung: Verbessert Abstimmung zwischen Produktion und Distribution. In: *PPS-Management*, 4 (2008), S. 15-17.
- [4] Fleischmann, B.; Meyr, H.; Wagner, M.: *Supply Chain Management and Advanced Planning*. Springer, Berlin 2004.
- [5] Rohde, J.; Meyr, H.; Wagner, M.: Die Supply Chain Planning Matrix. In: *PPS-Management* 5 (2000) 1, S. 10-15.
- [6] Chen, Z.-L.; Vairaktarakis, G.L.: Integrated scheduling of production and distribution operations. In: *Management Science*, 51 (2005), S. 614-628.
- [7] Dudek, G.; Stadler, H.: Negotiation-based collaborative planning between supply chain partners. In: *European Journal of Operational Research* 163 (2005), S. 668-687.
- [8] Bhatnagar, R.; Chandra, P.; Goyal, S.K.: Models for multi-plant coordination. In: *European Journal of Operational Research* 67 (1993), S. 141-160.

Schlüsselwörter:

Supply Chain, Ablaufplanung, Transportplanung

Dieser Beitrag entstand im Forschungsprojekt „LogGlobal- Improving Global Supply Chains“, das von der DFG, CAPES und FINEP im Rahmen der Initiative BRAGECRIM gefördert wird.

Integrating Production and Transportation Systems Along Global Supply Chains

Global supply chains source raw material around the world, make use of local cost advantages for production and utilise the expertise of excellent partners. They aim at the creation of a sustainable competitive network. In order to benefit from the locally obtained advantages the processes of the partners have to be synchronised. This is a classic task of advanced planning systems. However operational planning and control is quite often conducted in a decentralised, function and department oriented way. This paper presents a framework for an integrated scheduling of production and transportation systems along a global supply chain on the operational level. The framework enhances the synchronisation of material flows and increases the competitiveness of the supply chain.

Keywords:

Supply chain, production scheduling, transportation scheduling