

Planung und Risikobewertung projektspezifischer Produktionsnetzwerke

Planning and risk assessment of project-specific production networks

Christian Fabig*
Marie Derno**
Sophie Borkenhagen**
Thorsten Schmidt*
Rainer Lasch**

**Professur für Technische Logistik
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme
Technische Universität Dresden*

***Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre,
insbesondere Logistik
Technische Universität Dresden*

Bei Einzel- und Kleinserienfertigung müssen sowohl langfristige Kooperationspartner als auch auftrags-spezifische, internationale Partner und Lieferanten in die Produktion komplexer Investitionsgüter einbezogen werden. Zunehmend sind kleine und mittlere Unternehmen (KMU) herausgefordert nicht nur technische Komponenten zu liefern, sondern die komplette Projektplanung zu realisieren. Im Forschungsprojekt „PIP“ soll ein Verfahren entwickelt werden, das gerade KMU des Maschinen- und Anlagenbaus bei der aufwandsminierten Partner- und Lieferantenauswahl sowie der Einschätzung möglicher Projektrisiken unterstützt. Der vorliegende Artikel beschreibt Rahmenbedingungen beim Aufbau projektspezifischer Produktionsnetzwerke sowie Lösungsansätze zu deren verbesserter Planung und Risikobewertung.

[Projektspezifische Produktionsnetzwerke; Produktionsstruktur; Stochastische Projektplanung; Lieferantenauswahl]

In the machinery and plant engineering industry single and small series production is prevailing. Therefore both long-term cooperation partners as well as order-specific, international partners and suppliers have to be involved in the production of complex products. The objective within the research project “PIP” is to develop a method assisting small and medium-sized enterprises (SME) in the identification and selection of partners and suppliers with a minimum of effort as well as in the assessment of possible project risks. The present article describes logistical challenges of designing project-specific production networks and solutions for improved planning and risk assessment of such collaborations.

[Project-specific Production Networks; Production Structure; Stochastic Project Planning; Supplier Selection]

1 MOTIVATION UND THEORETISCHE FUNDIERUNG

Im deutschen Maschinen- und Anlagenbau stellt die kooperative Zusammenarbeit bei der Produktion komplexer, qualitativ hochwertiger Investitionsgüter mittlerweile einen wesentlichen Erfolgsfaktor dar. Das Spezialisten-Know-how und die Ressourcen zahlreicher Partner, Dienstleister und Lieferanten (im Folgenden unter dem Begriff Partner zusammengefasst) werden gebündelt [SSW08]. Konzentrieren sich die Netzwerkaktivitäten auf die Produktion, wird von einem Produktionsnetzwerk gesprochen [SM13]. Zur Umsetzung derartiger Kooperationsstrategien orientieren sich nicht nur Großunternehmen global - zunehmend gehen auch KMU internationale Partnerbeziehungen ein [NNT08].

Die Gründe für die zunehmend global verteilte und vernetzte Produktion sind vielfältig. Konsens herrscht darüber, dass internationale Kooperationen die Wettbewerbsfähigkeit der beteiligten Unternehmen steigern. Die Realisierung von ökonomischen Vorteilen wie die Senkung von Kosten der Produktionsfaktoren und Erschließung internationaler Absatzmärkte wurde in der Literatur bereits umfassend diskutiert [SHK08, NNT08, KLM04, Tei02]. Kooperationen werden daher meist langfristig aus strategischen Überlegungen eingegangen, wodurch sich ein Wiederholcharakter innerhalb der Projektplanung und -abwicklung einstellt.

Zusätzlich zu langfristigen, strategischen Kooperationsentscheidungen müssen bei Einzel- und Kleinserienfertigung internationale Partner auftrags-spezifisch einbezogen werden. Die Gründe liegen sowohl im steigenden Kostendruck als auch in den kundenindividuellen Anforderungen oder wirtschaftlich-rechtlichen Rahmenbedingungen des Exportlandes [SSW08, WSS08, CSB12].

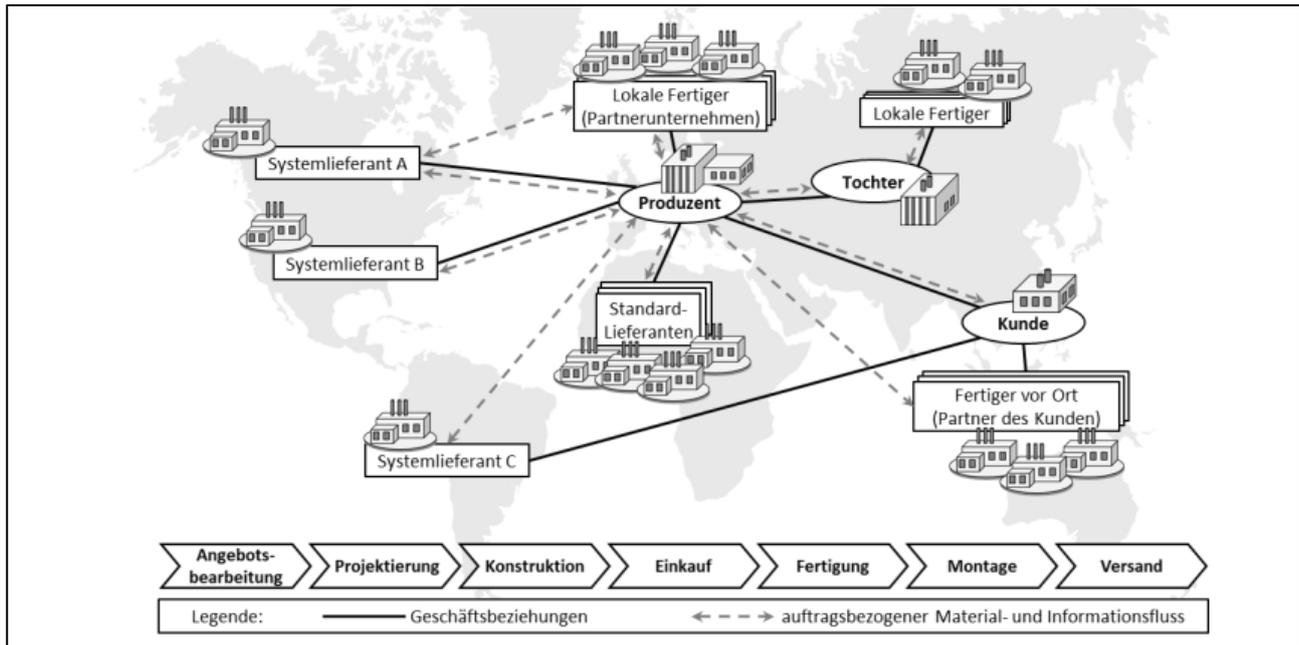


Abbildung 1. Praxisbeispiel eines projektspezifischen Produktionsnetzwerks [SSW08]

1.1 RAHMENBEDINGUNGEN

Oft bestehen *Kundenanforderungen* darin, ihre aktuellen Wertschöpfungspartner in die Auftragsabwicklung mit einzubeziehen [SSW08, YM07] sowie der Wunsch, alles aus einer Hand zu erhalten und die Koordinierungsaufgaben bei der Zusammenstellung der Leistungen abzugeben [Tei02]. Speziell im Anlagenbau sind Anfragen teilweise so gestaltet, dass der Kunde nur Angaben zum Ziel seines Vorhabens und der geografischen Lage macht. Der Auftragnehmer ist dabei gefordert, nicht nur die benötigten technischen Komponenten zu liefern, sondern auch die komplette Projektplanung in eigener Hand zu realisieren [PK11, Tei02]. Je komplexer und individueller das Produkt ist, desto unwahrscheinlicher ist es, dass ein KMU alle benötigten Leistungen bzw. Kompetenzen selbst bereitstellen kann [PK11]. Besondere Herausforderungen stellen in diesem Zusammenhang großskalige Produkte des Anlagenbaus dar, deren Lagerung und Transport sehr aufwendig bzw. im montierten Zustand nicht möglich sind [MGN10].

Darüber hinaus sind *wirtschaftlich-rechtliche Rahmenbedingungen* bei der Bedienung internationaler Märkte zu beachten, wie beispielsweise ein gesetzlich festgelegter Wertschöpfungsanteil im Exportland. Die Erfüllung dieses Local-Content-Requirement (LCR) zielt auf die Beschaffung von Komponenten und Leistungen im Exportland. Lokale Partner sind somit in gewissem Umfang in die Auftragsabwicklung einzubeziehen [NNT08, YM07].

Durch die auftragspezifische Einbeziehung internationaler Partner wird somit der bestehende Wiederholcharakter der Auftragsabwicklung überlagert. Im Ergebnis re-

sultiert ein erhöhter Koordinationsaufwand sowie Unsicherheit bezüglich des Ergebnisses der Leistungserstellung. Als Konsequenz tritt der international agierende Maschinen- und Anlagenbauer gegenüber seinen Kunden als Generalunternehmer auf. Für die Auftragsabwicklung resultiert daraus die Planung, Steuerung und Verantwortung eines *projektspezifischen Produktionsnetzwerks* von weltweit bis zu mehreren Dutzend Partnern [CSB12]. Abbildung 1 zeigt dessen typische Struktur anhand eines Praxisbeispiels. Zu erkennen ist, dass Tochterfirmen mit deren eigenen Partnern, als auch Partner des Kunden durch auftragsbezogene Materialflüsse in die Projektabwicklung eingebunden werden müssen.

1.2 STAND DER FORSCHUNG

Produktionsnetzwerke von KMU erfahren in der betrieblichen Praxis einen starken Bedeutungszuwachs und werden zudem als Unternehmensform des 21. Jahrhunderts angesehen [Mül06, SKR11]. Eine einheitliche Systematisierung von Produktionsnetzwerken ist nicht vorhanden. Verbreitet ist jedoch die Systematisierung mittels Steuerungsform und zeitlicher Stabilität, anhand derer vier Grundtypen unterschieden werden (Abbildung 2):

- *Strategische Produktionsnetzwerke* gründen auf stabilen, langfristigen Beziehungen und werden von einem Unternehmen strategisch geführt. Es liegt eine hohe Wiederholhäufigkeit von Produktionsaufträgen mit derselben Partnerkonstellation vor (Bsp.: Automobilindustrie) [SM13, Zsc07, Weg04].
- *Virtuelle Produktionsnetzwerke* sind zeitlich befristete Zusammenschlüsse rechtlich und wirtschaftlich selbstständiger Unternehmen, die ge-

genüber Dritten als eine Einheit auftreten. Die Koordination erfolgt mittels Informations- und Kommunikationssystemen [Syd10].

- *Regionale Produktionsnetzwerke* bestehen meist aus KMU und zeichnen sich durch räumliche Nähe aus. Anstatt auf einer strategischen Netzwerkführerschaft gründet sich die Zusammenarbeit auf gemeinsam vereinbarten informellen Regeln. Es ist eine stabile Mitgliedschaft im Netzwerk erforderlich, dem sogenannten Netzwerkpool, aus dem heraus aufgabenspezifische Kooperationen erfolgen [Zsc07, Tei02].
- *Projektnetzwerke* sind analog zu virtuellen Produktionsnetzwerken als zeitlich befristete Zusammenschlüsse selbständiger Unternehmen gekennzeichnet. Im Gegensatz zu diesen fehlt jedoch ein dauerhaft vorhandener Netzwerkpool als Basis zur temporären Kooperation sowie infolgedessen auch eine durchgängige informationstechnische Unterstützung. Daraus resultiert ein Mangel an Informationen (u. a. in Bezug auf Kompetenzen, Ressourcen und finanzielle Situation) über mögliche Kooperationspartner. Beziehungen zwischen den Mitgliedern bleiben nach Projektabschluss latent vorhanden und bieten Anknüpfungspunkte für weitere Projekte [SM13]. Der Netzwerktyp ist häufig in den Branchen „Maschinen- und Anlagenbau“ sowie „sonstiger Fahrzeugbau“ anzutreffen [SSQ12]. Als Synonyme werden in der Literatur auch die Begriffe „projektspezifisches Produktionsnetzwerk“ und „temporäres Produktionsnetzwerk“ verwendet [SSW08].

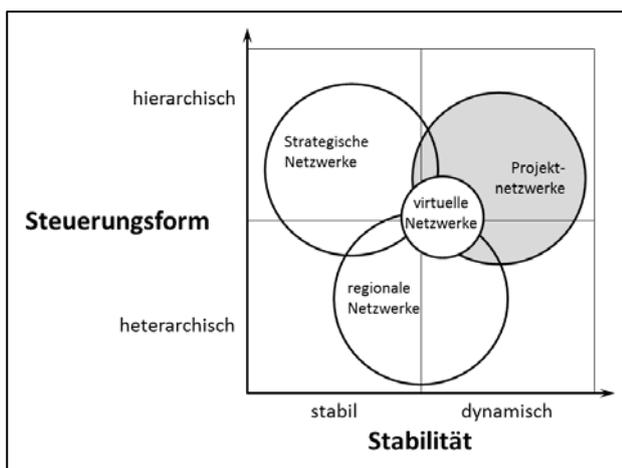


Abbildung 2. Produktionsnetzwerk-Typologie [Syd10]

Zusammenfassend handelt es sich sowohl bei strategischen als auch bei regionalen und virtuellen Produktionsnetzwerken um dauerhafte Beziehungen, obgleich bei letztgenannten die Abwicklung konkreter Aufträge in dynamischen („aktivierten“) Netzwerken erfolgt. Projektspezifische Produktionsnetzwerke bilden hingegen den

allgemeineren Fall einer auftragsspezifischen Vernetzung ohne Einschränkung auf ein vorab eingegrenztes Partnerangebot. Der konstante, sich wiederholende Projektanteil ist bei diesen immer auch um auftragsspezifische Anteile ergänzt.

In der wissenschaftlichen Literatur existieren mehrere Lösungsansätze zur Planung von Produktionsnetzwerken, die als Softwaredemonstratoren oder kommerzielle Standardlösungen vorliegen [Mül06, NNT08, Fra08, OO08, PO10, LUD10]. Es ist festzustellen, dass den Herausforderungen von projektbezogenen KMU-Kooperationen mit dem derzeitigen Stand der Forschung jedoch nur unzureichend entsprochen wird. Existierende Lösungsansätze und Software fokussieren auf die Analyse und Optimierung konstanter, langfristiger Netzwerkbeziehungen. Für deren Anwendung ist zumeist eine umfassend verfügbare Datenbasis zwingend erforderlich. In der Anbahnungsphase einmaliger, auftragsbezogener Zusammenarbeit ist diese Voraussetzung aufgrund der projektspezifischen Anteile nicht zu erfüllen. Weiterhin ist eine Bewertung möglicher Abwicklungsalternativen (beispielsweise die Wahl eines Produktionsstandortes und -partners für Komponenten) unter kurzfristigen Gesichtspunkten zu treffen, beim Aufbau strategischer Beziehung jedoch als langfristige (Investitions-)Überlegung.

2 LÖSUNGSANSATZ ZUR VERBESSERTEN PLANUNG PROJEKTSPEZIFISCHER PRODUKTIONSNETZWERKE

2.1 METHODISCHE UND SOFTWARETECHNISCHE ANFORDERUNGEN

Bei weltweiter, vernetzter Produktion besteht für KMU die Gefahr des *Verlusts ihres Spezialisten-Know-hows* an andere Netzwerkunternehmen. Langfristig würde daraus eine Schwächung des Gesamtunternehmens resultieren. Allerdings werden in der betrieblichen Praxis Entscheidungen, ob Leistungen kooperativ erstellt werden können oder zur Sicherung der Kernkompetenzen selbst erstellt werden sollen, unsystematisch getroffen [NNT08]. Zukünftige Lösungsansätze müssen daher schnell und verlässlich helfen zu bewerten, welche Leistungen, insbesondere bei Kooperationen mit ausländischen Partnern, ohne die Gefahr eines Know-how-Verlustes vergeben werden können [SHK08].

Trotz der Verfügbarkeit von Kooperationsbörsen und elektronischen Datenbanken stellen die Identifikation und die Beschaffung geeigneter Informationen zur Bewertung potentieller Partner eine große Herausforderung dar. Daher arbeiten Unternehmen selten zusammen, wenn sie keine gemeinsamen Erfahrungswerte besitzen [ALÖ05]. Die internationale Suche und Bewertung unbekannter Partner ist im Umfeld des Maschinen- und Anlagenbaus jedoch unabdingbar. Somit müssen Aspekte der Informationsverfügbarkeit bspw. aufgrund von Local-Content-

Requirements stärker bei der zu entwickelnden Methodik berücksichtigt werden.

Eine Vielzahl alternativer Gestaltungsoptionen zur Verteilung der Wertschöpfungsumfänge eines Produktionsnetzwerkes führt zu einem sehr großen Lösungsraum [KSK10]. Zudem stehen den wirtschaftlichen Chancen einer globalen, vernetzten Produktion in der Praxis Qualitäts- und Versorgungsrisiken gegenüber [SHK08, HM10]. Daher ist eine Systematik erforderlich, die bereits in der Angebotsphase den Lösungsraum eingrenzt und für konkrete Projektabwicklungsalternativen die wirtschaftlichen Chancen und Risiken bewertet.

Die Projektstruktur ist basierend auf der Produktstruktur abzuleiten und um weitere Prozessschritte (z.B. Transport, Montage) zu ergänzen. Reihenfolgebeziehungen und Abwicklungsalternativen sind softwaretechnisch als Matrizen zu erfassen und somit weiteren Bearbeitungs- und Optimierungsschritten zugänglich [FGE10]. Das Verfahren ist in einer Demonstratorsoftware prototypisch umzusetzen und um emulierte Schnittstellen zu existierenden DV-Systemen und Visualisierungsmöglichkeiten für den Planer zu ergänzen. Dem Nutzer soll die Planung und Risikobewertung der Projektabwicklung ohne spezifische Kenntnisse zur elektronischen Datenverarbeitung und Optimierungsverfahren ermöglicht werden.

2.2 ZIELE

Für eine verbesserte Planung projektspezifischer Produktionsnetzwerke ist eine praxisgerechte Planungsmethodik erforderlich, mit der KMU bereits in der Angebotsphase aus den Anforderungen und Rahmenbedingungen eines Kundenauftrags bestehende Abwicklungsvarianten (Eigen-/Fremdleistungen, mögliche Partner) identifizieren können. Diese Freiheitsgrade sind in einem Projektabwicklungsmodell zu modellieren und hinsichtlich logistischer Zielgrößen (Kosten, Zeit, Flexibilität, Qualität) zu bewerten. Der Anwender wird somit über die zu erwartenden monetären, zeitlichen, Qualitäts- und Know-how-Verlustrisiken informiert. Im Ergebnis entsteht eine verbesserte Entscheidungsgrundlage für die Angebotsverhandlungen mit dem Kunden und die Planung des temporären Produktionsnetzwerks.

Gemäß den beschriebenen Rahmenbedingungen bei der Planung projektspezifischer Produktionsnetzwerke und dem Stand der Technik sollen im Forschungsvorhaben „PIP“ insbesondere Antworten auf folgende aktuelle Fragestellungen gefunden werden:

1. Wie ist ein Produkt/Projekt in separate Leistungsbestandteile strukturell zu untergliedern, sodass die definierten technologischen und logistischen Anforderungen erfüllbar sind und gleichzeitig Know-how-Verluste vermieden werden?

2. Welche Projektleistungen sollen unter Beachtung vorhandener Kompetenzen, Ressourcen und strategischer Ziele vom eigenen Unternehmen erbracht werden?
3. Welche Bewertungsdaten erlauben eine hinreichende Einschätzung von Kompetenzen, Ressourcen und Zuverlässigkeit der möglichen Projektpartner? Wie können diese identifiziert und erforderliche Auswahldaten aufwandsminimiert beschafft werden?
4. Wie können die möglichen Projektpartner in ein Modell zur Bewertung einer Partnerkonstellation überführt werden? Wie können in diesem Projektabwicklungsmodell robuste Partnerkonstellationen gefunden werden, bei denen geringe Risiken für die Erreichung der definierten Projektziele bestehen?

2.3 METHODISCHER GESAMTANSATZ

Zur Erreichung der Ziele ist eine integrative Betrachtung von Produktionsstruktur, Partneridentifikation und -bewertung sowie stochastischer Projektplanung erforderlich. Abbildung 3 zeigt diesen methodischen Ansatz zur Erstellung des Projektabwicklungsmodells. Als Voraussetzung zur Bewertung von Abwicklungsalternativen muss zunächst der konkrete Kooperationsbedarf (1) analysiert werden. Kooperationsrisiken soll dabei präventiv begegnet werden: Auf Basis der Produktstruktur ist je Element die Entscheidung zwischen Eigenleistung („make“), Fremdleistung („buy“) und kooperativer Leistungserstellung („cooperate“) zu treffen. Dazu sind Baugruppen und Bauteile zu identifizieren, die aufgrund der Kernkompetenzen des eigenen Unternehmens selbst hergestellt werden. Ferner muss ein Abgleich mit den Auftragsrahmenbedingungen (z. B. einzubeziehende Partner des Kunden, Local-Content-Restriktionen) und den eigenen Ressourcen erfolgen. Durch diesen werden Baugruppen und Bauteile erkannt, die in Kooperation bzw. fremd gefertigt werden müssen. Die erforderlichen Unteraufträge stellen somit interne und externe Prozesse dar, die neben der Produktion auch um weitere zu erbringende Prozessschritte (z. B. Konstruktion, Transporte) zu ergänzen sind. Unter Beachtung von Reihenfolgerestriktionen kann somit das Auftragsnetz als Basis-Prozessmodell (2) generiert werden.

Partner, die das benötigte Produkt bzw. die benötigte Leistung anbieten oder potenziell in der Lage sind diese herzustellen, sollen mit geeigneten Verfahren der Partneridentifikation selektiert und einer Vorauswahl (3) unterzogen werden. Hierfür soll eine schnelle Methode unter Zuhilfenahme von Ausschlusskriterien entwickelt werden. Diese wird in einer Handlungsanleitung für KMU verdichtet. Das Basis-Prozessmodell wird mit den möglichen Partnern um Abwicklungsalternativen (4), d. h. um alternative Prozessschritte, ergänzt.

Um die lieferantenspezifischen Risiken hinsichtlich der Erfüllung der Kooperationsvorgaben zu analysieren,

erfolgt eine Partnerbewertung (5). Bezüglich der Kosten-, Qualitäts-, Flexibilitäts- und Zeitparameter sollen Schlüsselfaktoren bestimmt werden, die die Erfüllung der Kooperationsvorgaben maßgeblich beeinflussen. Anhand deren Ausprägung wird das Prozessmodell zu einem

Projektentwicklungsmodell (6) erweitert. Somit ist je alternativem Prozessschritt eine (Dreiecks-)Verteilung für jeden Parameter vorhanden.

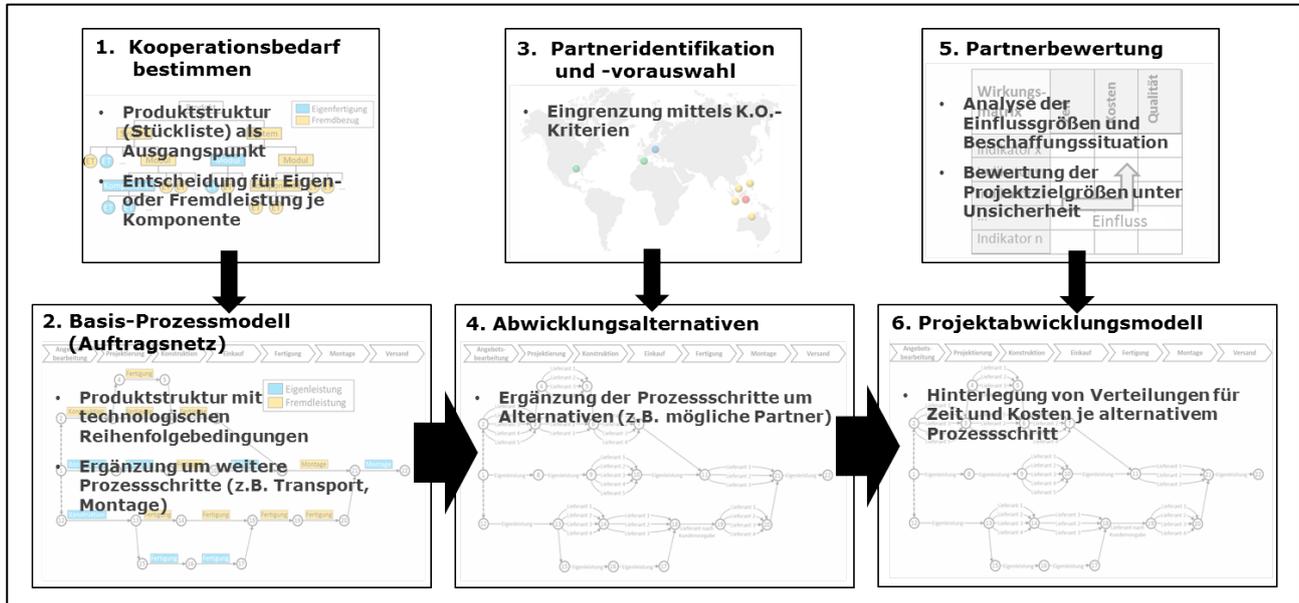


Abbildung 3. Methodischer Ansatz zur Erstellung des Projektentwicklungsmodells

3 RISIKOORIENTIERTES LIEFERANTENMANAGEMENT

Zur Sicherung des produkt- und produktionsbezogenen Know-hows in Partnerbeziehungen ist es für KMU erforderlich, sowohl das Produkt als auch den Produktionsprozess anforderungsgerecht zu gestalten. Zur Differenzierung muss das eigene Unternehmen hinsichtlich Kernkompetenzen, Ressourcen und strategischen Zielen analysiert werden. Für die Differenzierung der Leistungserstellung werden in der betriebswirtschaftlichen Literatur als Entscheidungsbasis insbesondere die Methoden Make-or-Buy-Analyse und Kernkompetenzanalyse empfohlen. In diese müssen für eine objektive Entscheidungsgrundlage sowohl (qualitative) strategische Unternehmensziele als auch quantifizierbare (Kosten-)Aspekte einbezogen werden. [ZNS03, GK07].

Die anschließende Auswahl der Partnerkonstellation bestimmt in hohem Maße den Erfolg eines Projektnetzwerkes und ist als eine der entscheidenden Aufgaben des Einkaufs zu sehen [Cd10]. Aufgrund der zuvor beschriebenen Rahmenbedingungen international agierender Maschinen- und Anlagenbauer stehen diese vor der Herausforderung der Identifizierung und Bewertung projektspezifischer Partner unter geringer Informationsverfügbarkeit. Bestehenden Ansätzen zur Auswahl von Partnern im Netzwerk ist mit Ausnahme von Huang et al. die nicht praxisgerechte Annahme vollständiger Informationsverfügbarkeit hinsichtlich der Bewertungskriterien gemein, weil diese von einer vorhandenen Basis an Part-

nern ausgehen [BCJ08, ALK08, HGC11, IYW04, FYD06, NPH11, Müs06, FJT04]. Um potentielle Partner vorab bewerten zu können, sind KMU-gerechte Bewertungsmethoden erforderlich, die trotz der geringfügigen Informationen eine schnelle aber dennoch verlässliche Einschätzung über die Kooperations- und Leistungsfähigkeit ermöglichen [SHK08]. Eine weitere Herausforderung besteht in der Quantifizierung und Bewertung der mit den Alternativen verbundenen Lieferantenrisiken bezüglich Kosten, Zeit, Flexibilität und Qualität. Hierzu sind geeignete Bewertungskriterien zu identifizieren die auch dahingehend erweitert bzw. angepasst werden müssen, dass z.B. Kapazitäten der potentiellen Partner beachtet werden, um deren Zuverlässigkeit bzw. das mit dem Lieferanten einhergehende Versorgungsrisiko zu berücksichtigen.

3.1 LÖSUNGSANSÄTZE ZUR PARTNERIDENTIFIKATION UND -VORAUSWAHL

Der Erfolg eines Unternehmens hängt direkt von der Leistungsfähigkeit seiner Partner ab. Ein systematischer und zielorientierter Lieferantenmanagementprozess bildet daher die Grundlage für einen nachhaltigen Unternehmenserfolg. Um dies zu gewährleisten wird das Konzept von Lasch und Janker herangezogen. Diese definieren das Lieferantenmanagement als einen mehrstufigen Prozess, welcher die Identifikation, Auswahl und Förderung der optimalen Lieferanten umfasst [LJ05]. Dieser wird in Abbildung 4 dargestellt.

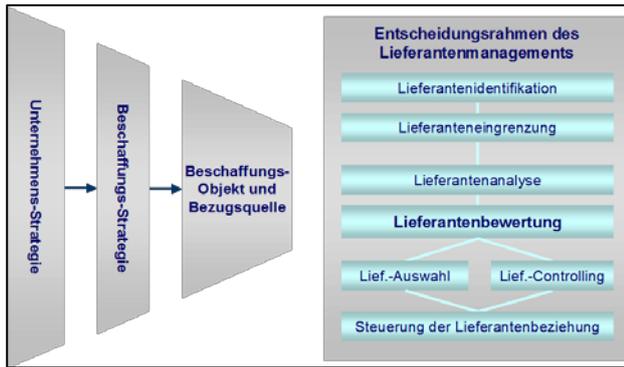


Abbildung 4. Lieferantenmanagementprozess [LJ05]

Die wissenschaftliche Literatur sieht die Lieferantenidentifikation als Grundlage für die Lieferantenbewertung und -auswahl. Im Rahmen von Projektnetzwerken besteht das Ziel darin, diejenigen Partner zu ermitteln, welche die benötigte Projektteilaufgabe ausführen können. Für die Erstellung eines ersten Überblicks sowie für die anschließende detailliertere Bewertung infrage kommender Partner werden vielfältige Informationsquellen diskutiert. Diese werden anhand ihrer Relevanz und des Informationsgehaltes bewertet. Die gesammelten Informationen zum potentiellen Partner werden im Rahmen der Lieferantenbewertung verarbeitet. Hierfür wird eine aufwandsminimale Methode unter Zuhilfenahme von Ausschlusskriterien entwickelt. Zusätzlich sollen weitere für das Unternehmen bedeutsame Bewertungskriterien für eine erste Eingrenzung identifiziert werden. Für die Auswahl der relevanten Kriterien wird ein Vorgehen abgeleitet, um eine fundierte Vorauswahl mit Hilfe eines geeigneten Verfahrens der Lieferantenbewertung vornehmen zu können. Dies ist notwendig, da Unternehmen in der Regel nicht nur mit einer Beschaffungssituation umzugehen haben, vielmehr stehen sie einer Vielzahl an unterschiedlichen Situationen gegenüber, die unterschiedliche Anforderungen aufweisen und aufwandsgerecht gehandhabt werden sollten [Jan08].

Eine Matrix stellt, gegenüber eindimensionalen Konzepten, eine geeignete Methode dar, um die Beschaffungsobjekte je nach ihrer Beschaffungssituation zu kategorisieren. Diese Kategorisierung ermöglicht es dem Projekteinkäufer, die ihm zur Verfügungen stehenden knappen Ressourcen effizient einzusetzen [Tur90]. Masi et al. haben eine Matrix speziell für EPC-Projekte¹ entwickelt, um den einzelnen Beschaffungssituationen die optimalen Lieferantenbewertungsverfahren zuzuordnen [MMC13]. Diese, in Abbildung 5 dargestellte Matrix unterstützt die Einordnung des Beschaffungsobjektes in eine

der vier Beschaffungssituationen und ermöglicht so eine gerechte Handhabung der zu beschaffenden Objekte.

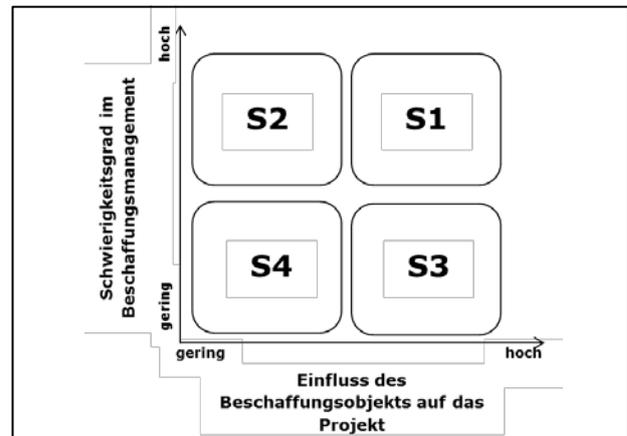


Abbildung 5. Matrix zur Einordnung der Beschaffungssituation eines Beschaffungsobjektes [MMC13]

Da Projekte im Anlagen- und Maschinenbau auch EPC-Projekte darstellen können, ist die Eignung dieser Matrix zu prüfen und gegebenenfalls Anpassungen auf Grundlage der speziellen Anforderungen an die, in diesem Forschungsprojekt definierten, Rahmenbedingungen vorzunehmen. Weiterhin ist zu prüfen, ob diese Methode geeignet erscheint Bewertungskriterien anhand der Beschaffungssituationen zu definieren. Für die Makrofaktoren *Schwierigkeitsgrad im Beschaffungsmanagement* und *Einfluss des Beschaffungsobjektes auf das Projekt* sind Faktoren zu identifizieren, welche den Lieferantenauswahlprozess bedingen. Die Einordnung des Beschaffungsobjektes in die Matrix kann mit einem angepassten Analytical Hierarchy Process (AHP) unterstützt werden. Diese Methode ermöglicht es, das Problem hierarchisch zu ordnen und die einzelnen Faktorbewertungen zusammenzufassen [MMC13].

Die Vorgehensweise bei der Lieferantenidentifikation und -vorauswahl wird in einer Handlungsanleitung zusammengefasst. Das Basis-Prozessmodell wird mit den möglichen Partnern um alternative Prozessschritte ergänzt.

3.2 LÖSUNGSANSÄTZE ZUR RISIKOBEWERTUNG DER POTENTIELLEN PARTNER

Die Zusammenarbeit in Projektnetzwerken ist charakterisiert durch Unsicherheiten bezüglich der Leistungsfähigkeit besonders der auftragsspezifischen Partner. Für die Analyse der lieferantenspezifischen Risiken hinsichtlich der Erfüllung der Kooperationsvorgaben, wird eine Lieferantenbewertung vorgenommen. Diese ermittelt für die extern zu vergebenden Prozessschritte mehrwertige Schätzungen (Best, Base und Worst Case) bezüglich der Zielparameter. Die vier identifizierten Zielparameter Zeit, Kosten, Qualität und Flexibilität werden zu den Parametern Zeit und Kosten verdichtet, da

¹ EPC-Projekte (Engineering, Procurement und Construction) umfassen die technische Planung, die Beschaffung und die Konstruktion komplexer industrieller Güter wie Industrieanlagen oder großen Infrastrukturen [YN02]

sowohl die Qualität als auch die Flexibilität sowohl die Kosten, als auch die Zeit und somit den Projekterfolg bedingen [Voi10]. Für die Parameter sollen allgemeingültige Indikatoren bestimmt werden, die die Erfüllung der Kooperationsaufgabe maßgeblich beeinflussen. Anhand der Ausprägung und der Wirkungszusammenhänge der Indikatoren werden zusätzlich zum Base Case Szenario je ein Worst und ein Best Case Szenario der Parameter erstellt. Zur Aggregation der einzelnen Indikatorenbewertungen stehen zum einen numerische Bewertungsverfahren der Zielparameter zur Verfügung und zum anderen Simulationen, wie z.B. die Monte-Carlo-Simulation [KMR09].

4 KONZEPT ZUR STOCHASTISCHEN PROJEKTPLANUNG

4.1 MODELLIERUNG MITTELS NETZPLANTECHNIK

Zur Modellierung eines Projekts steht als Hilfsmittel die Netzplantechnik zur Verfügung, mit der vielfältige technologische und kostenmäßige Abhängigkeiten erfasst werden können. Abbildung 6 zeigt für den vorliegenden Anwendungsfall die Darstellung alternativer Durchführungsmöglichkeiten eines Produktionsprozesses als Vorgangspfeilnetzplan. Der Ausgangszustand Z_0 kann durch mehrere alternative Prozessschritte (in der Netzplantechnik als Modus M bezeichnet) in einen Endzustand Z_1 überführt werden. Jedem Modus werden Bewertungsparameter (insb. Dauer und Kosten) hinterlegt. Eine mögliche Abwicklungsalternative entspricht der Auswahl eines Modus für jeden Prozessschritt.

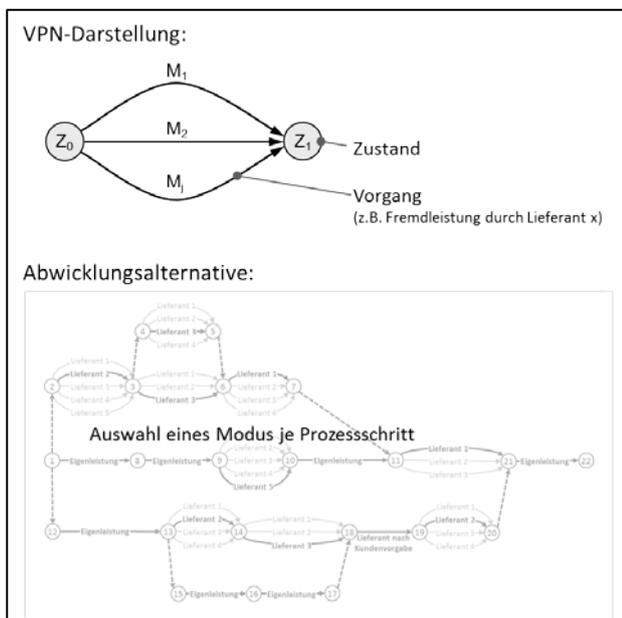


Abbildung 6. VPN-Darstellung einer Abwicklungsalternative

4.2 BERÜCKSICHTIGUNG VON UNSICHERHEIT

Methoden zur Projektplanung unterstellen häufig eine deterministische Planungssituation, in der alle Einflussgrößen als bekannt angenommen werden und der Aspekt des Risikos somit ausgeblendet wird. Tatsächlich sind diese jedoch häufig zufälligen Einflüssen ausgesetzt und besitzen stochastischen Charakter [Lau05, Sch01, Sch10]. Die Zusammenarbeit in projektspezifischen Produktionsnetzwerken zeichnet sich aufgrund der Einmaligkeit des Projekts und den damit einhergehenden unvollständigen Informationen durch Unsicherheit aus. Lassen sich den verschiedenen Einflussgrößen (objektive oder subjektiv geschätzte) Wahrscheinlichkeiten zuordnen, entsteht eine Risikosituation [Sch01, Kol07]. Für die vorliegende Problemstellung trifft die als „Variation“ bezeichnete Risikosituation zu [DLP02]:

- Die Projektstruktur (Reihenfolgebedingungen) und die Bestandteile (zu bearbeitende Prozessschritte) sind bekannt und deterministisch.
- Die Eigenschaften der Prozessschritte (z.B. Dauer, Kosten) resultieren aus dem ausgewählten Modus (z.B. Partner x) und stochastischen Einflüssen.

Für den Produktionsplaner ist es bei der vorliegenden Risikosituation von besonderem Interesse, einen Plan zu erzeugen, der für möglichst alle denkbaren Umweltlagen akzeptable Resultate erwarten lässt, d. h. einen festgelegten Zielfunktionswert als Anspruchsniveau liefert. Diese Eigenschaft wird als „Ergebnisrobustheit“ eines Plans bezeichnet. Demnach ist ein Plan umso ergebnisrobuster, je höher die Wahrscheinlichkeit ist, dieses Anspruchsniveau zu erreichen [Sch01]. Beispielsweise ist von Interesse, mit welcher Wahrscheinlichkeit p vereinbarte Leistungen zu einem spezifischen Lieferdatum erbracht sein werden. Statistisch entspricht diese Fragestellung dem p -Quantil der Lieferzeitverteilung.

Durch die explizite Berücksichtigung von Risiken, d.h. der Modellierung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen für Einflussgrößen anstatt deterministischer Werte, wird die Planung jedoch aufwendiger. Insbesondere ist für reale Problemstellungen ein stark erhöhter Lösungsaufwand erforderlich, für den grundsätzlich folgende Berechnungsmöglichkeiten eingesetzt werden können [KMR09, Sch01]:

- Simulationen (z.B. Monte-Carlo) oder
- Numerische Berechnungen.

Bei einer Simulation sind zeitaufwendige Simulationsläufe und umfangreiche Auswertungen notwendig, um die Verteilung der Projektzielgrößen und deren Quantile zu ermitteln. Zudem ist deren konkrete Anwendung in aller Regel ein aufwendiges, langwieriges und teures Verfahren, das den Einsatz von Simulationsexperten erfordert

[NW03, MSM05]. Als Alternative zu Simulationsuntersuchungen steht die numerische Berechnung der Projektzielgrößen zur Verfügung. Die Netzplantechnik stellt hierfür mit der Program Evaluation and Review Technique (PERT) und der Graphical Evaluation and Review Technique (GERT) entsprechende Verfahren zur Berücksichtigung von Unsicherheit bereit. Jedoch liefern diese systematische Fehler, die aus der Reduzierung der Betrachtung auf die Summe der Mittelwerte der einzelnen Verteilungsfunktionen resultieren. Einerseits ergeben sich bei zeitlichen Betrachtungen zu optimistische Schätzungen der Projektdauer. Andererseits wird damit unterstellt, dass das Netz nur einen einzigen dominanten „kritischen“ Pfad besitzt und unterschlagen, dass aufgrund der Stochastik bei mehreren konkurrierenden Pfaden jeder dieser Pfade die gesamte Projektdauer erheblich beeinflussen kann [MSM05, IM98].

Um die Lücke zwischen systematisch fehlerhaften, stochastischen Netzplanbetrachtungen und zeitaufwendigen Simulationsuntersuchungen zu schließen, wird an der Professur für Technische Logistik der Technischen Universität Dresden ein Verfahren zur numerischen Berechnung komplexer Netzwerke entwickelt. Dieses erlaubt eine schnelle Berechnung der Projektzielgrößen für eine Abwicklungsalternative, wodurch die Suche nach robusten Abwicklungsalternativen als kombinatorisches Optimierungsproblem in akzeptabler Rechenzeit ermöglicht wird. Es baut auf der Vorgehensweise von PERT auf. Im Unterschied zu diesem erfolgt die Berechnung jedoch nicht auf der Basis statistischer Momente (Mittelwert, Varianz), sondern durch Berechnung von diskretisierten Wahrscheinlichkeitsverteilungen [MSM05]. Im Ergebnis wird eine Verteilungsfunktion der betrachteten Eigenschaften für alle Zustände im Netzplan, z.B. den Liefertermin eines Auftrags, bestimmt. Diese wird mittels Faltungsoperationen aus den vorgelagerten Prozessschritten errechnet. Weiterhin ist es beispielsweise möglich, für jeden Zustand ein p-Quantil für die Wahrscheinlichkeit der Einhaltung eines bestimmten Termins („Kritikalität“) zu bestimmen.

5 ZUSAMMENFASSUNG

In ersten Teil des Artikels wurden die Grundlagen und Rahmenbedingungen bei der Planung und Risikobewertung projektspezifischer Produktionsnetzwerke vorgestellt und mit dem Stand der Forschung abgeglichen. Dabei konnte festgestellt werden, dass existierende Lösungsansätze für konstante, langfristige Netzwerkbeziehungen vorhanden sind, diese jedoch den spezifischen Herausforderungen der hier betrachteten Problemstellung nur unzureichend entsprechen. Kapitel 2 stellte einen Lösungsansatz vor, mit dem ein Projekt strukturiert wird und Abwicklungsalternativen aus möglichen Partnern für den Fremdbezug bzw. Partner für die kooperative Leistungserstellung hinsichtlich der Projektzielparameter bewertet

werden können. In Kapitel 3 wurde anschließend beschrieben, wie Partner bzw. Lieferanten zu identifizieren sind, entsprechend der Beschaffungssituation eine Lieferantenvorauswahl getroffen wird und die verbliebenen Partner bewertet werden können. Abschließend wurde in Kapitel 4 die Modellierung des Projektabwicklungsmodells mittels Netzplantechnik erläutert und mit der numerischen Berechnung der Projektzielparameter ein Ansatz zur Suche nach robusten Abwicklungsalternativen aufgezeigt. Der vorgestellte Lösungsansatz wird im Forschungsprojekt „PIP“ gemeinsam mit Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus weiterentwickelt und soll somit insbesondere KMU bei der erfolgreichen Zusammenarbeit in projektspezifischen Produktionsnetzwerken unterstützen.

FÖRDERHINWEIS

Der vorliegende Artikel entstand im Vorhaben 17693BR „Projektspezifische internationale Produktion (PIP)“ der Bundesvereinigung Logistik e.V. (BVL), das über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert wird. Herrn Dipl. Kfm. Stefan Winter gilt besonderen Dank für seine geleistete Hilfe bei der Erstellung des Forschungsantrages.

LITERATUR

- [ALK08] Ahola, T.; Laitinen, E.; Kujala, J.: *Purchasing strategies and value creation in industrial turnkey projects*. In: International Journal of Project Management (26), H. 1, 2008, S. 87-94.
- [ALÖ05] Alt, R.; Legner, C.; Österle, H.: *Virtuelle Organisation - Konzept, Realität und Umsetzung*. In: HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik (42), H. 242, 2005, S. 7-20.
- [BCJ08] Baum, J.; Cowan, R.; Jonard, N.: *Network-independent partner selection and the evolution of innovation networks*. In: CREA Discussion Paper (2008), H. 14
- [Cd10] Crispim, J. A.; de Sousa, J. P.: *Partner selection in virtual enterprises*. In: International Journal of Production Research (48), H. 3, 2010, S. 683-707.
- [CSB12] Cuber, S.; Schmidt, C.; Brandenburg, U.: *Produktionsplanung und -steuerung (PPS) in*

temporären Produktionsnetzwerken des Maschinen- und Anlagenbaus. In: Schuh, G.; Stich, V. (Hrsg.): *Produktionsplanung und -steuerung 2.* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2012, S. 60-91.

- [DLP02] De Meyer, A.; Loch, C.; Pich, M.: *Managing project uncertainty: From variation to chaos.* In: *Sloan Management Review* (32), H. 2, 2002, S. 60-67.
- [FJT04] Fischer, M.; Jähn, H.; Teich, T.: *Optimizing the selection of partners in production networks.* In: *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* (20), H. 6, 2004, S. 593-601.
- [Fra08] Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung: *Baumaschinen im nationalen Hochleistungsnetzwerk rationell produzieren und kundenindividuell für den Weltmarkt montieren: BAU-MO: Gemeinsamer Forschungs- und Entwicklungsbericht des Projektkonsortiums.* Stuttgart, 2008.
- [FYD06] Fuqing, Z.; Yi, H.; Dongmei, Y.: *A multi-objective optimization model of the partner selection problem in a virtual enterprise and its solution with genetic algorithms.* In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (28), 11-12, 2006, S. 1246-1253.
- [FGE10] Furtmeier, F.; Graebisch, M.; Elezi, F.: *MDM as a Process Mapping Tool in Lean Construction.* In: 12th International Dependency and Structure Modelling Conference, 2010, S. 153-158.
- [GK07] Gienke, H.; Kämpf, R.: *Handbuch Produktion: Innovatives Produktionsmanagement: Organisation Konzepte Controlling.* München: Hanser, 2007.
- [HM10] Hofmann, E.; Maucher, D.: *Strategische Herausforderungen für den Einkauf in der Maschinenbauindustrie in Deutschland.* Wissenschaftlicher Kommentar. St. Gallen, 2010. – Wissenschaftlicher Kommentar
- [HGC11] Huang, B.; Gao, C.; Chen, L.: *Partner selection in a virtual enterprise under uncertain information about candidates.* In: *Expert Systems with Applications* (38), H. 9, 2011, S. 11305-11310.
- [IM98] Ioannou, P.; Martinez, J.: *Project Scheduling using state-based probabilistic decision networks.* In: 1998 Winter Simulation Conference Tagungsband: Medeiros, D. J.; Watson, E. F.; Carson, J. S. (Hrsg.), 1998, S. 1287-1295.
- [IYW04] Ip, W.; Yung, K.; Wang, D.: *A branch and bound algorithm for sub-contractor selection in agile manufacturing environment.* In: *International Journal of Production Economics* (87), H. 2, 2004, S. 195-205.
- [Jan08] Janker, C.: *Multivariate Lieferantenbewertung: Empirisch gestützte Konzeption eines anforderungsgerechten Bewertungssystems.* 2. Auflage. Wiesbaden: Gabler, 2008.
- [KSK10] Kampker, A.; Schuh, G.; Kupke, D.: *Production Network Design: Vorgehensweise zur systematische Konfiguration von Produktionsnetzwerken.* In: *wt Werkstattstechnik online* (100), H. 4, 2010, S. 259-263.
- [KLM04] Kinkel, S.; Lay, G.; Maloca, S.: *Produktionsverlagerung ins Ausland und Rückverlagerung.* Karlsruhe, 2004
- [Kol07] Kolisch, R.: *Projektmanagement bei Risiko.* In: *ZfCM - Zeitschrift für Controlling und Management* (51), H. 6, 2007, S. 418-420.
- [KMR09] Krebs, P.; Müller, N.; Reinhardt, S.: *Ganzheitliche Risikobewertung für produzierende Unternehmen.* In: *ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* (104), H. 3, 2009, S. 174-181.
- [LUD10] Lanza, G.; Ude, J.; Dorner, M.: *Simulation globaler Wertschöpfungsnetzwerke: Modellbeschreibung zur quantitativen Bewertung und Risikoanalyse.* In: *wt Werkstattstechnik online* (100), H. 4, 2010, S. 271-276.
- [LJ05] Lasch, R.; Janker, C.: *Supplier selection and controlling using multivariate analysis.* In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* (35), H. 6, 2005, S. 409-425.
- [Lau05] Laux, H.: *Entscheidungslehre.* 6. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.
- [MMC13] Masi, D.; Micheli, G.; Cagno, E.: *A meta-model for choosing a supplier selection technique within an EPC company.* In: *Journal of Purchasing and Supply Management* (19), H. 1, 2013, S. 5-15.
- [MGN10] Meers, S.; Gärtner, H.; Nyhuis, P.: *Logistische Herausforderungen in Produktionsnetzen.* In: *ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* (104), H. 3, 2009, S. 174-181.

- schaftlichen Fabrikbetrieb (105), H. 11, 2010, S. 949-952.
- [MSM05] Meinhardt, I.; Sunarjo, F.; Marquardt, H.-G.: *Bestimmung des stochastischen Zeitverhaltens in Supply Chains*. In: Logistics Journal (2005)
- [Mül06] Müller, E.: *SFB 457 – Hierarchielose regionale Produktionsnetze: Theorien, Modelle, Methoden und Instrumentarien*. In: Vernetzt planen und produzieren: VPP 2006: Müller, E.; Spanner-Ulmer, B. (Hrsg.). Chemnitz: Technische Universität Chemnitz, Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme, 2006, S. 11-30.
- [Müs06] Müssigmann, N.: *Evaluierung und Auswahl von strategischen Liefernetzen unter Berücksichtigung kritischer Knoten*. Dissertation. Universität Augsburg, Augsburg, 2006.
- [NPH11] Nobar, M. N.; Pourmehr, B.; Hajimirab, M.: *A Scenario Oriented Supplier Selection by Considering a Multi-Tier Supplier Network*. In: World Academy of Science, Engineering and Technology (2011), H. 79, S. 534-541.
- [NNT08] Nyhuis, P.; Nickel, R.; Tullius, K.: *Globales Varianten Produktionssystem (GVP): Globalisierung mit System*. Garbsen: PZH Produktionstechnisches Zentrum GmbH, 2008.
- [NW03] Nyhuis, P.; Wiendahl, H.-P.: *Logistische Kennlinien: Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2003.
- [OO08] Oedekoven, D.; Osterloh, J.: *Net-Check: Wie gut ist Ihr Produktionsnetzwerk?* In: UdZ Unternehmen der Zukunft - FIR-Zeitschrift für Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung (2008), H. 1, S. 27-29.
- [PK11] Petermann, L.; Kaverinski, S.: *Trends und Entwicklungen in der Schüttgutförderertechnik*. In: Advanced Mining Solutions (AMS online) (2011), H. 4, S. 14-20.
- [PO10] Prinz, A.; Ost, S.: *Schlussbericht "NetPlan": Durchgängiges, methodengestütztes Verfahren für die "Netzwerk-Planung und -Analyse" produzierender KMU zur Senkung der Gesamtkosten durch optimierte Konfiguration und Wertschöpfungsstrukturen (NetPlan)*. Stuttgart, 2010
- [SSW08] Schmidt, C.; Schweicher, B.; Walber, B.: *Referenzmodell überbetrieblicher Koordinationsprozesse*. In: Schuh, G. (Hrsg.): Effiziente Auftragsabwicklung mit myOpenFactory. München, Wien: Hanser, 2008, S. 73-88.
- [Sch10] Schneck, O.: *Risikomanagement: Grundlagen, Instrumente, Fallbeispiele*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag, 2010.
- [Sch01] Scholl, A.: *Robuste Planung und Optimierung*. Heidelberg: Physica-Verlag, 2001.
- [SKR11] Schuh, G.; Kampker, A.; Rittstieg, M.: *Vernetzte Wertschöpfung und Kooperationsmanagement*. In: Schuh, G.; Kampker, A. (Hrsg.): Handbuch Produktion und Management 1: Strategie und Management produzierender Unternehmen. 2. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2011, S. 463-535.
- [SSQ12] Schuh, G.; Schenk, M.; Quick, J.: *Prozessarchitektur*. In: Schuh, G.; Stich, V. (Hrsg.): Produktionsplanung und -steuerung 1. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2012, S. 82-108.
- [SHK08] Spath, D.; Hirsch-Kreinsen, H.; Kinkel, S.: *Organisatorische Wandlungsfähigkeit produzierender Unternehmen: Unternehmenserfahrungen, Forschungs- und Transferbedarfe*. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation, 2008.
- [Syd10] Sydow, J.: *Management von Netzwerkorganisationen - Zum Stand der Forschung*. In: Sydow, J. (Hrsg.): Management von Netzwerkorganisationen: Beiträge aus der "Managementforschung". 5., aktualis. Aufl., Wiesbaden: Gabler, 2010, S. 373-470.
- [SM13] Sydow, J.; Möllering, G.: *Produktion in Netzwerken: Make, Buy & Cooperate*. Vahle's Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. 2nd ed. München: Franz Vahlen, 2013.
- [Tei02] Teich, T.: *EVCM - Ein Konzept zur Koordination von Wertschöpfungsnetzen*. Habilitation. Technische Universität Chemnitz, Chemnitz, 2002.
- [Tur90] Turnbull, P.: *A Review of Portfolio Planning Models for Industrial Marketing and Purchasing Management*. In: European Journal of Marketing (1990), Vol. 24 Iss: 3, S. 7-22.

- [Voi10] Voigt, K.-I.: *Risikomanagement im Anlagenbau: Konzepte und Fallstudien aus der Praxis*: Erich Schmidt Verlag, 2010.
- [Weg04] Wegehaupt, P.: *Führung von Produktionsnetzwerken*. Dissertation. RWTH Aachen, Aachen, 2004.
- [WSS08] Wienholdt, H.; Schmidt, C.; Schweicher, B.: *Grundlagen der überbetrieblichen Auftragsabwicklung*. In: Schuh, G. (Hrsg.): *Effiziente Auftragsabwicklung mit myOpenFactory*. München, Wien: Hanser, 2008.
- [YM07] Yang, J.; Mattfeld, D.: *Entscheidungsunterstützung für die Ressourcenallokation im internationalen Großanlagenbau*. In: Günther, H.-O.; Mattfeld, D.; Suhl, L. (Hrsg.): *Management logistischer Netzwerke: Entscheidungsunterstützung Informationssysteme und OR-Tools*. Heidelberg: Physica, 2007, S. 137-156.
- [YN02] Yeo, K.; Ning J. H.: *Integrating supply chain and critical chain concepts in engineer-procure-construct (EPC) projects*. In: *International Journal of Project Management* (20), H. 4, 2002, S. 253-262.
- [ZNS03] Zäh, M.; Neise, P.; Sudhoff, W.: *Make-or-Buy-Entscheidungen in der Produktion: Optimierung von Geschäftsprozessen*. In: *ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* (98), H. 8, 2003, S. 361-366.
- [Zsc07] Zschorn, L.: *Quantifizierung von Unsicherheiten in auftragsbezogenen Produktionsnetzen*. Dissertation. Technische Universität Chemnitz, Chemnitz, 2007.

Adresse: Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insb. Logistik, Technische Universität Dresden, Münchner Platz 1/3, 01187 Dresden.

Tel.: +49 (351) 463 37631, E-Mail: marie.derno@tu-dresden.de

Dipl.-Kffr. Sophie Borkenhagen, Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insb. Logistik, Technische Universität Dresden. Sie wurde 1983 in Braunschweig, Deutschland, geboren. Zwischen 2002 und 2008 hat sie Betriebswirtschaftslehre an der TU Dresden und der Università degli Studi di Trento studiert.

Adresse: Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insb. Logistik, Technische Universität Dresden, Münchner Platz 1/3, 01187 Dresden.

Tel.: +49 (351) 463 37472, E-Mail: sophie.borkenhagen@tu-dresden.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Schmidt ist Direktor des Instituts für Technische Logistik und Arbeitssysteme sowie Inhaber der Professur für Technische Logistik an der Technischen Universität Dresden.

Prof. Dr. rer. pol. habil. Rainer Lasch ist Inhaber des Lehrstuhls für Betriebswirtschaftslehre, insb. Logistik, an der Technischen Universität Dresden.

Dipl.-Wi.-Ing. Christian Fabig ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme, Technische Universität Dresden. Er wurde 1984 in Plauen, Deutschland, geboren. Zwischen 2005 und 2011 hat er Wirtschaftsingenieurwesen an der TU Dresden studiert.

Adresse: Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme, Technische Universität Dresden, Münchner Platz 3, 01187 Dresden.

Tel.: +49 (351) 463 32584, E-Mail: christian.fabig@tu-dresden.de

M.Sc. Marie Derno, Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insb. Logistik, Technische Universität Dresden. Sie wurde 1986 in Cottbus, Deutschland, geboren. Zwischen 2007 und 2013 hat sie Betriebswirtschaftslehre an der TU Dresden studiert.