

Simulationsgestützte Untersuchung arbeitsorganisatorischer Varianten eines komplexen Innovationsprojekts

Sebastian TERSTEGEN¹, Philipp M. PRZYBYSZ¹,
Reinhard WEISS², Christopher M. SCHLICK¹

¹ *Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen University
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*
² *Eisengießerei Torgelow GmbH
Borkenstraße 15a, D-17358 Torgelow*

Kurzfassung: Für die erfolgreiche Umsetzung von Innovationen in Unternehmen ist die systematische Planung und Steuerung der Innovationsprojekte entscheidend. Im folgenden Beitrag wird ein Simulationsmodell präsentiert, mit dem der Ablauf komplexer, mit Unsicherheit behafteter Innovationsprojekte bereits vor der Durchführung quantitativ analysiert werden kann und das die Qualifikationen der Arbeitspersonen in Innovationsteams berücksichtigt. Zur Validierung des entwickelten Simulationsmodells werden ein reales Innovationsprojekt eines Unternehmens aus der Eisenindustrie analysiert und arbeitsorganisatorische Varianten dieses Projekts simuliert.

Schlüsselwörter: Innovationsprojekt, Personalintegrierte Simulation

1. Simulationsmodell

Um den Ablauf komplexer Prozesse und Projekte in einem experimentierbaren dynamischen Modell nachzubilden, wurden im Verbundprojekt „derobino“ ein computergestütztes, personalintegriertes Simulationsmodell entwickelt und ein entsprechendes ereignisdiskretes Simulationswerkzeug realisiert (Schneider et al. 2013; Schneider et al. 2014). Mithilfe dieses Simulationswerkzeugs kann der Ablauf eines komplexen Innovationsprojekts bereits vor der Umsetzung beziehungsweise Durchführung des Projekts analysiert werden (VDI 3633). Projektmanagerinnen und Projektmanager unterliegen dabei nicht den Einschränkungen des realen Systems, sondern können Beobachtungszeiträume und Ausführungszeiten der Projektaufgaben oder die Zuordnung der Arbeitspersonen auf Projektaufgaben beliebig variieren. Auf diese Weise können Auswirkungen von Planungsalternativen ausgewertet und auch quantifiziert werden.

Die wesentlichen Modellbestandteile des Simulationswerkzeugs sind Aktivitäten und Ressourcen. Als Ressourcen werden aus Gründen der Vereinfachung Arbeitspersonen und Sachmittel bezeichnet, die zur Ausführung einer Aktivität in bestimmter Art und Anzahl zur Verfügung stehen müssen.

Zunächst werden in dem Simulationswerkzeug die von der Anwenderin oder dem Anwender modellierten Eingangsdaten und Simulationsparameter, wie die Anzahl der Simulationsläufe, initialisiert und eingelesen. Mit Beginn eines Simulationslaufs werden diejenigen Aktivitäten, deren Vorgängerbeziehungen erfüllt sind, identifizieren; sie können als nächstes bearbeitet werden. Aufgrund der informatorischen Abhängigkeiten zwischen Aktivitäten ergibt sich entweder eine sequentielle, parallele oder überlappende Bearbeitung der Aktivitäten. Mit einer

bestimmten Wahrscheinlichkeit werden Aktivitäten, insbesondere informatisch gekoppelte Aktivitäten, in Iterationsschleifen bearbeitet. Iterationsschleifen entsprechen dabei geplanten oder ungeplanten Änderungen oder aufgrund geänderter Informationen notwendigen Anpassungen, die während der Durchführung des Innovationsprojekts auftreten können. Für jeden Bearbeitungszeitpunkt einer Aktivität wird überprüft, ob die erforderlichen Ressourcen zur Verfügung stehen. Falls die erforderlichen Ressourcen nicht in ausreichender Kapazität zur Verfügung stehen sollten, werden die betroffenen Aktivitäten unterbrochen bzw. deren Bearbeitungszeitpunkt verzögert. Die genannten Programmschritte werden in einem Simulationslauf so lange wiederholt, bis alle Aktivitäten vollständig bearbeitet wurden. Die Gesamtdauer eines simulierten Innovationsprojekts entspricht dem Intervall zwischen Beginn des Simulationslaufes und Fertigstellungszeitpunkt der zuletzt ausgeführten Aktivität.

2. Fallstudie

Zur Validierung des entwickelten Simulationsmodells wurde ein reales Innovationsprojekt analysiert und Prozessdaten bei der Eisengießerei Torgelow GmbH (EGT) erhoben. Die EGT ist eine der größten Handformgießereien in Europa und stellt Gussstücke für Windkraftanlagen sowie für den Anlagen-, Maschinen- und Getriebebau her.

Für die EGT sind neben der qualitativen Verbesserung der Produkte auch die Produktivitätssteigerung und Reduzierung der Produktionskosten wesentliche Unternehmensziele, um im global ausgerichteten Markt wettbewerbsfähig zu bleiben. Die strukturelle und organisatorische Planung der Innovationsprojekte und -prozesse, d. h. die Festlegung der Durchlaufzeiten und Termine der Projektaufgaben sowie die Planung von Aufwänden, ist essentiell, um die vereinbarten Leistungsinhalte gegenüber den Auftraggebern erbringen zu können. Aufgrund der komplexen informatischen Abhängigkeiten zwischen den Projektaufgaben, die mit bestehenden Methoden nicht eindeutig erfasst werden können, besteht häufig die Gefahr, dass die tatsächlichen Dauern und Kosten der Innovationsprojekte von den geplanten Werten abweichen. Daher sollten mit dem Simulationswerkzeug für aktuelle Innovationsprojekte der EGT vorrangig die folgenden Fragestellungen zur Aufbau- und Ablauforganisation beantwortet werden:

- Stehen Arbeitspersonen für die Bearbeitung eines Projektes zur Verfügung oder ist ihre Arbeitskapazität für konkurrierende Aufgaben oder Projekte gebunden?
- Kann ein vereinbarter Fertigstellungstermin eingehalten werden bzw. welches Risiko besteht für eine Terminabweichung aufgrund der aktuellen Personalsituation?
- Welche Arbeitspersonen müssten den Projekten zugeteilt werden, um möglichst viele Fertigstellungstermine einhalten zu können?

In dem beschriebenen Innovationsprojekt wird ausgehend von einem Kundenauftrag ein Eisengussteil entwickelt. Aus Gründen der Vertraulichkeit der Daten wurden die Prozessaktivitäten und zu entwickelnden Produkte verallgemeinert. Die Zeitdaten wurden mit einem Faktor multipliziert und werden im Folgenden in Zeiteinheiten (ZE) angegeben.

Zur Aufnahme der für eine Simulationsstudie benötigten Daten wurden im Rahmen einer Dokumentenanalyse die Qualitätsmanagementunterlagen des Unternehmens ausgewertet sowie zusätzlich Interviews mit den Bereichs- bzw. Abteilungsleitungen und den prozessverantwortlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der EGT geführt. Dadurch wurden alle relevanten Modelleingangsdaten erfasst, wie z. B. die Aufbauorganisation des Unternehmens, die Ablauforganisation des Prozesses in Form der standardmäßig zu bearbeitenden Aktivitäten, Drei-Zeiten-Schätzungen der Aktivitäten für die gegebenen Ausführungsbedingungen in Anlehnung an die PERT-Methodik (Shtub et al. 2005), der Kontrollfluss des Prozesses in Form von Informationsabhängigkeiten zwischen den Aktivitäten, rückwärtsgerichtete Kontrollflüsse des Prozesses in Form von Iterationswahrscheinlichkeiten von einer Nachfolger- zu einer Vorgängeraktivität sowie die im Projekt eingesetzten Arbeitspersonen und deren Qualifikation.

Die Entwicklung des Gussteils beginnt mit der Anfrage bzw. dem Auftrag des Kunden und erfolgt dann in Kooperation mit dem Kunden von der Angebotsphase, in der u. a. die Machbarkeit des Auftrags geprüft wird, über die Entwicklungsphase, in der u. a. die Fertigungstechnologie festgelegt wird, bis zur Produktionsvorbereitung. Der Innovationsprozess endet mit dem erstellten Erstmuster. Für die Darstellung der informatorischen Abhängigkeiten der Aktivitäten des Innovationsprojekts in einem grafischen Prozessmodell wurde die K3-Methode (Nielen 2014; Kausch 2010) verwendet. Das Prozessmodell (siehe Abbildung 1) umfasst sechs Organisationseinheiten, insgesamt 17 Aktivitäten, von denen vier synchron, acht parallel und die übrigen sequentiell bearbeitet werden, sowie drei Iterationsschleifen, in denen 14 der 17 Aktivitäten iterativ bearbeitet werden. Anhand des grafischen Prozessmodells sowie der hohen Anzahl an Iterationsschleifen wird die Komplexität des untersuchten Innovationsprojekts deutlich (Terstegen et al. o.J.).

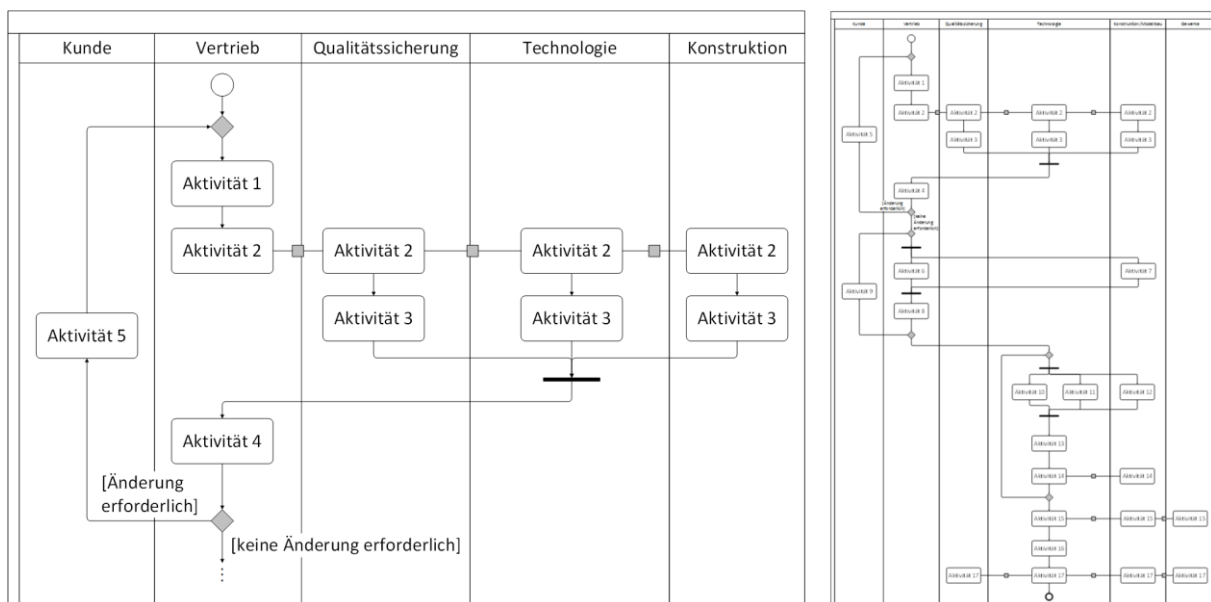


Abbildung 1: Ausschnitt des grafischen K3-Prozessmodells des Innovationsprojekts der EGT (links). Übersicht über das gesamte Prozessmodell (rechts).

3. Ergebnisse

Im Rahmen einer Simulationsstudie wurden arbeitsorganisatorische Varianten des

Innovationsprojekts der EGT zur Entwicklung eines kundenspezifischen Gussteils untersucht, um die o.g. Fragestellungen zur Ausgestaltung der Aufbau- und Ablauforganisation einzelner Innovationsprojekte beantworten zu können. Dazu wurde jedes Simulationsexperiment standardmäßig mit einem Stichprobenumfang von 1.000 Simulationenläufen durchgeführt. Ausgewählte Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt und erläutert.

Die Simulation ergibt eine minimale Projektlaufzeit von 181 ZE, eine mittlere Projektlaufzeit von 270 ZE und eine maximale Projektlaufzeit von 680 ZE, mit einer Standardabweichung SD von 79,9 ZE. Die Häufigkeitsverteilung der simulierten Projektlaufzeiten korrespondiert mit einer logarithmischen Normalverteilung und ist in Abbildung 2 in Form eines Histogramms dargestellt. Die logarithmische Normalverteilung bringt zum Ausdruck, dass der Mittelwert größer als der Modalwert ist. Somit kann das bekannte Phänomen auftreten, dass das Innovationsprojekt aus Sicht der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter unerwartet lange dauern kann (Huberman & Wilkinson 2005). Die Häufung der Projektlaufzeit um den Modalwert von 270 ZE ist auf geplant und ungeplant auftretende Iterationsschleifen zurückzuführen. Insbesondere in der Entwicklungsphase verlängert sich die Projektlaufzeit mit jeder Iterationsschleife um durchschnittlich 80 ZE. Da in jedem Simulationslauf die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Iterationsschleifen mit der Anzahl der bereits aufgetretenen Iterationsschleifen abnimmt, ergibt sich die im Histogramm dargestellte rechtsschiefe Verteilung.

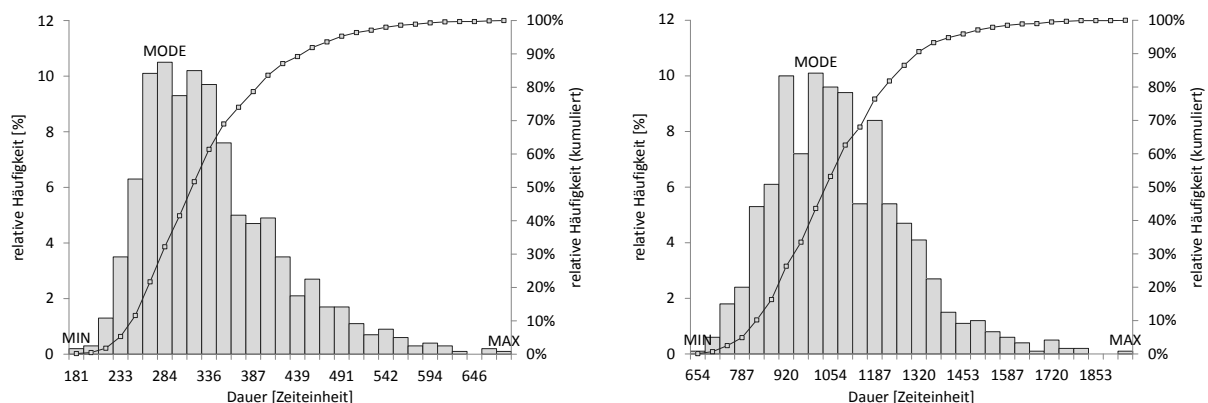


Abbildung 2: Histogramm der simulierten Projektlaufzeit (links) und Histogramm der simulierten Projektlaufzeit für das Simulationsexperiment mit drei Innovationsprojekten und jeweils einer Arbeitsperson je Organisationseinheit (rechts). Zusätzlich ist die kumulierte relative Häufigkeit dargestellt.

Mit dem Simulationsmodell können arbeitsorganisatorische Varianten des erhobenen Innovationsprojekts der EGT untersucht werden. Insbesondere sollte überprüft werden, welche Auswirkungen der Einfluss zusätzlicher Arbeitspersonen auf die Projektlaufzeit hat und wie sich zusätzliche Arbeitsaufgaben im Sinne einer Multiprojektplanung auf die Auslastung der Arbeitspersonen und die Projektlaufzeit auswirken.

In einem weiteren Simulationsexperiment wurde daher die Anzahl der in jeder Organisationseinheit verfügbaren Arbeitspersonen von einer Arbeitsperson auf drei Arbeitspersonen erhöht. Diese Simulation ergibt eine minimale Projektlaufzeit von 174 ZE, eine mittlere Projektlaufzeit von 266 ZE und eine maximale Projektlaufzeit von 735 ZE, mit einer Standardabweichung SD von 73,7 ZE. Mithilfe der Simulation konnte gezeigt werden, dass sich die zusätzlichen Aufwände im Verhältnis zu der

gewonnen Projektlaufzeit nicht lohnen, da der erforderliche Personalaufwand überproportional zur erzielten Zeitersparnis zunehmen würde, wenn vorausgesetzt wird, dass die Arbeitspersonen über die gesamte Projektlaufzeit ausschließlich für die Durchführung der Aktivitäten dieses Innovationsprojekts zur Verfügung stehen.

Typischerweise erhält die EGT zeitgleich bzw. zeitnah mehrere Kundenanfragen für Neuprodukte, sodass mehrere Innovationsprojekte parallel bzw. zeitlich überlappend bearbeitet werden müssen. Für die verantwortlichen Projektmanagerinnen und Projektmanager stellt sich die Frage, wie sich die zusätzlichen zu bearbeitenden Aktivitäten auf die Auslastung der Arbeitspersonen und die Laufzeit der einzelnen Innovationsprojekte auswirken. In einem weiteren Simulationsexperiment wurden daher drei vergleichbare Innovationsprojekte, die zuvor einzeln erhoben wurden, durchgeführt. Erfahrungsgemäß erhält die EGT in etwa alle 80 Zeiteinheiten eine Kundenanfrage für ein Neuprodukt. Daher wird simuliert, dass neben dem zum Zeitpunkt 0 gestarteten Innovationsprojekt zu den Zeitpunkten 80 und 160 jeweils eine Kundenanfrage gestellt und dementsprechend ein zusätzliches Innovationsprojekt parallel durchgeführt wird (siehe Abbildung 3). Die Simulation der drei Innovationsprojekte ergibt eine früheste Fertigstellung nach 654 ZE, eine durchschnittliche Fertigstellung nach 915 ZE und eine späteste Fertigstellung nach 1.942 ZE, mit einer Standardabweichung SD von 195,9 ZE.

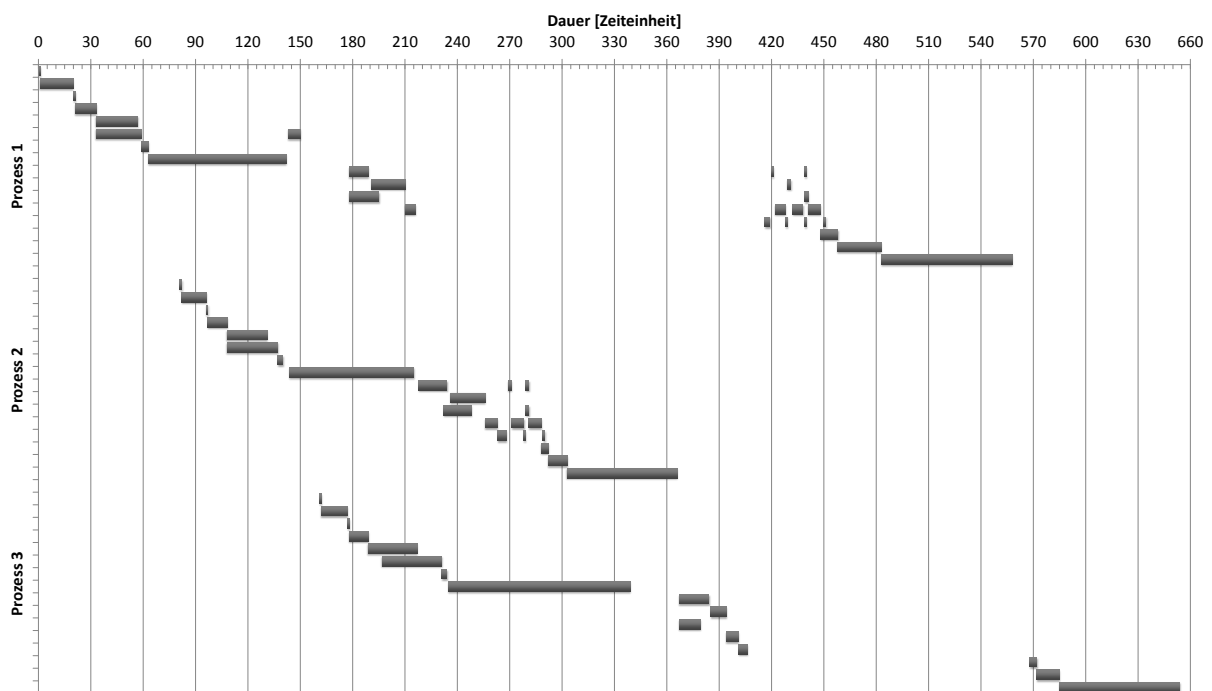


Abbildung 3: Gantt-Diagramm für die minimale simulierte Projektlaufzeit für das Simulationsexperiment mit drei parallelen Innovationsprojekten und jeweils einer Arbeitsperson je Organisationseinheit.

Verglichen mit dem ursprünglichen Projektverlauf haben sich die Laufzeiten der einzelnen Innovationsprojekte erhöht. Durchschnittlich dauert für die betrachtete Konfiguration ein Innovationsprojekt in der Multiprojektumgebung 13 % länger als in einer Einzelprojektumgebung, da in der Multiprojektumgebung auf freie Kapazitäten der erforderlichen Arbeitspersonen gewartet werden muss.

4. Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurde ein Simulationsmodell präsentiert, mit dem der Ablauf komplexer, mit Unsicherheit behafteter Innovationsprojekte quantitativ analysiert und arbeitsorganisatorische Varianten, wie die unterschiedliche Zuordnung von Arbeitspersonen zu Projektaufgaben, simuliert werden können. In der Fallstudie eines Innovationsprojekts der Eisengießerei Torgelow wurden szenarienbasierte Planungen, d. h. sogenannte Was-wäre-wenn-Analysen, durchgeführt, die eine valide Entscheidungsgrundlage für die beteiligten Projektmanagerinnen und Projektmanager boten und sie bei der operativen Planung und Steuerung der komplexen und unsicheren Innovationsprojekte unterstützten (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse der drei Simulationsexperimente. Experiment 1: Ein Innovationsprojekt mit jeweils einer Arbeitsperson je Organisationseinheit. Experiment 2: Ein Innovationsprojekt mit jeweils drei Arbeitspersonen je Organisationseinheit. Experiment 3: Drei parallele Innovationsprojekte mit jeweils einer Arbeitsperson je Organisationseinheit. *Gesamtlauzeit nach Fertigstellung aller drei Projekte.

	Simulierte Projektlaufzeit in [ZE]			
	Minimum	Durchschnitt	Maximum	Std.abweichung
Experiment 1	181	270	680	79,9
Experiment 2	174	266	735	73,7
Experiment 3*	654	915	1.942	195,9

5. Literatur

- Huberman BA, Wilkinson DM (2005) Performance Variability and Project Dynamics. Computational & Mathematical Organization Theory 11:307-332.
- Kausch, B (2010) Integrative Methodik zur grafischen Modellierung und ereignisdiskreten Simulation von Entwicklungsprozessen in der Verfahrenstechnik. Aachen: Shaker Verlag.
- Nielen, A (2014) Systematik für die leistungs- und zuverlässigkeitsorientierte Modellierung von Arbeitsprozessen mit kontrollflussorientierten Notationssystemen. Aachen: Shaker Verlag.
- Schneider S, Przybysz PM, Bornewasser M, Mütze-Niewöhner S, Schlick CM (2013) Simulationsgestützte Analyse der Innovationsfähigkeit altersheterogener FuE-Teams. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Chancen durch Arbeits-, Produkt- und Systemgestaltung. Dortmund: GfA-Press, 115-118.
- Schneider S, Przybysz PM, Weiss R, Schlick CM (2014) Entwicklung eines prozessorientierten und personalintegrierten Simulationsmodells für die demografieorientierte Planung schwach strukturierter Arbeitsprozesse. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft. Dortmund: GfA-Press, 683-685.
- Shtub A, Bard JF, Globerson S (2005) Project Management – Processes, Methodologies, and Economics. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Terstegen S, Schlick CM, Weiß R, Przybysz, P (in Druck) Validierung des entwickelten Simulationsmodells und praktische Erprobung des Simulationswerkzeugs im Unternehmen. In: Bornewasser M, Schlick CM, Bouncken R (Hrsg) Teamkonstellation und betriebliche Innovationsprozesse. Wiesbaden: Springer VS.
- VDI 3633. Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen, Grundlagen. VDI-Handbuch Materialfluss und Fördertechnik, Band 8. Berlin: Beuth.

Danksagung: Das Verbundprojekt „derobino“ (Förderkennzeichen 01HH11008) wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) sowie dem Europäischen Sozialfonds (ESF) gefördert und vom Projektträger im DLR betreut.