

Kapitel 1

Methodennutzungsmodell zur Informationsgewinnung in großen Netzen der Logistik

Dirk Jodin, Sonja Kuhnt und Sigrid Wenzel

Zusammenfassung Die Analyse und Planung großer Netze der Logistik (GNL) basiert zunehmend auf modellgestützten Verfahren wie Simulation und Optimierung. Dies ist jedoch nur erfolgreich, wenn Informationen und Daten über das zu modellierende System in angemessener Qualität, Quantität und Granularität schnell zur Verfügung stehen. Bei der Anwendung modellgestützter Analyseverfahren besteht jedoch oft Unsicherheit und Unkenntnis über geeignete Vorgehensweisen und Methoden der Informationsgewinnung. In diesem Beitrag wird daher ein speziell entwickeltes Methodennutzungsmodell als methodenintegrierte und disziplinübergreifende Arbeitsumgebung zur Gewinnung von Eingangsdaten für die Modellierung von GNL vorgestellt.¹

1.1 Einleitung

Große Netze in der Logistik (GNL) besitzen bedingt durch die Einbeziehung der Restriktionen mehrerer unterschiedlicher Unternehmen und aufgrund der bestehenden Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Akteuren in der Regel eine hohe Komplexität. Die Nutzung von Modellen bei der Gestaltung, Planung und Bewirtschaftung von logistischen Netzen erlaubt die Abstraktion der Strukturen und Prozesse in den Netzen und damit die Analyse und Planung von Teilaspekten des Netzes. Allerdings nur dann, wenn valide Informationen und Daten über die realen Gegebenheiten des Netzes vorliegen, lässt sich das Modell so gestalten, dass nutzbare

¹ Diese Arbeit wird durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ der Technischen Universität Dortmund unterstützt.

S. Wenzel (✉)
Universität Kassel, Fachbereich Maschinenbau
Fachgebiet Produktionsorganisation und Fabrikplanung
Kurt-Wolters Straße 3, 34125 Kassel, Deutschland
E-mail: s.wenzel@uni-kassel.de

Erklärungen und tragfähige Entscheidungen abgeleitet werden können. Die Güte der verwendeten Information und der daraus extrahierten Eingangsdaten bestimmt letztendlich die erzielbare Ergebnisqualität der modellgestützten Analyse.

Die Gewinnung von validen Eingangsdaten in der richtigen Qualität, Quantität und Granularität für die Modellierung von GNL kann jedoch nur gelingen, wenn eine geeignete methodische Unterstützung zur Verfügung steht. Für das Informationsmanagement lassen sich heute einzelne Ansätze zur Modellierung von Entscheidungsprozessen *innerhalb eines Unternehmens* finden (vgl. u. a. [Mül92, DPr98, VGu01, Wey01]). Die Modellierung von GNL ist jedoch gekennzeichnet durch *unternehmensübergreifende* Fragestellungen. Arbeiten zur Entwicklung eines Systems, das einen systematischen, einheitlichen Zugriff auf Betriebsdaten heterogener Datenquellen ermöglicht und diese zur Nutzung in einem Simulationsmodell bereitstellt, sind u. a. bei [FRZ03] zu finden. [DGJ+02] behandeln für einen eingegrenzten Problembereich den methodisch orientierten Prozess der Integration und Interpretation von Daten aus heterogenen, verteilten Quellen sowie die daraus aufbauende Konstruktion von Datenmodellen mit dem Ziel, Information in einer neuen, höheren Qualität zu gewinnen. Die Extraktion von Information aus großen Datenbanken sowohl mit Methoden des maschinellen Lernens als auch mit computergestützten statistischen Verfahren ist inzwischen allgemein anerkannt [HTF01, Fri01] und wird zunehmend auch auf informationstheoretischer Basis untersucht [Cop02]. Jedoch liegen bisher nur für spezifische Anwendungen Forschungsergebnisse vor, die sich auf den Einsatz von Methoden der Informationsverarbeitung beziehen und eine Zusammenlegung und Verknüpfung der verschiedenen methodischen Ansätze unterstützen. So erweitert zum Beispiel van Bonn [Bon01] die Planungsbasis für Aufgaben in der Verkehrslogistik um projektunabhängige Planungsdaten mit dem Ziel der Verbesserung der Informationsqualität. Die Notwendigkeit des systematischen Umgangs mit dem Prozess der Informationsgewinnung wird in [WBe08] am Beispiel der Systemlastdaten für logistische Systeme erläutert. Im Rahmen der hier vorgestellten Forschungsarbeiten wurde erstmals ein übergreifendes ganzheitliches Konzept der Informationsgewinnung für GNL in Form eines Methodennutzungsmodells entwickelt. Anwendungs- und zielorientiert können damit die notwendigen Informationen bestimmt, die Informationsquellen anhand von Gütekriterien ausgewählt und die benötigten Informationen extrahiert und weiterverarbeitet werden.

1.2 Aufbau des Methodennutzungsmodells

Das Gesamtkonzept des Methodennutzungsmodells orientiert sich an den Aufgaben und den einzusetzenden Methoden für die Informationsgewinnung bei der Modellierung von GNL. Die Konzeption ist so gestaltet, dass es sowohl eine Synthese zwischen einzusetzenden Methoden und einem Vorgehensmodell zur Nutzung dieser Methoden als auch eine synergetische Nutzung verschiedener Methoden unterschiedlicher Disziplinen sicherstellt. Der Aufbau des Methoden-

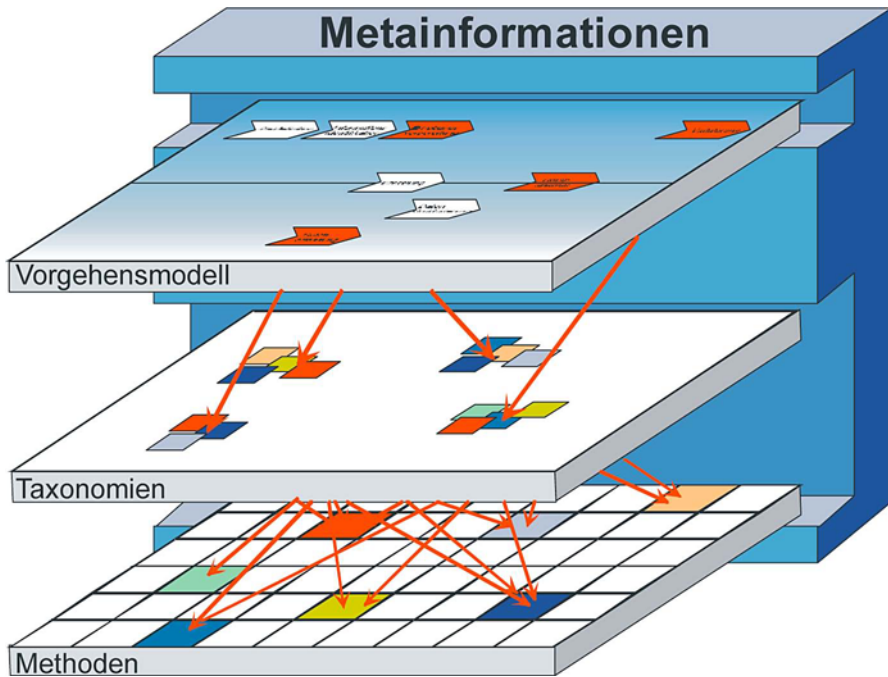


Abb. 1.1 Methodennutzungsmodell

nutzungsmodells (siehe Abb. 1.1) spiegelt diese Forderungen über ein Dreiebenenkonzept wider:

- Ebene 1: Vorgehensmodell
- Ebene 2: Taxonomien
- Ebene 3: Methoden

Das Vorgehensmodell führt den Nutzer durch die Prozessschritte der Informationsgewinnung für die modellgestützte Analyse (hier: Simulation), zu denen die Zieldefinition, die Informationsidentifikation, die Erhebung & Erfassung, die Strukturierung & statistische Analyse sowie die abschließende Nutzbarkeitsprüfung der Daten für die geforderte modellgestützte Analyse gehören. Das Vorgehensmodell selbst ist zwangsläufig in ein übergeordnetes Vorgehensmodell zur modellgestützten Analyse beispielsweise der Simulation eingeordnet.

Die einzelnen Prozessschritte im Vorgehensmodell definieren die Anforderungen an die Auswahl einer oder mehrerer geeigneter Methoden. Die Methodenauswahl wird über sogenannte Methodentaxonomien gesteuert, die ihrerseits Kriterien zur Klassifizierung der einzusetzenden Methoden bereitstellen. Aus der Zusammenfassung von Methoden ähnlicher oder gleicher Merkmalsausprägungen ergeben sich dann die sogenannten Methodenkatogorien, die eine Auswahl an geeigneten Methoden für eine konkrete Anwendung darstellen.

Entsprechend der Bedarfe aus dem Vorgehensmodell werden Methoden unterschiedlicher Fachdisziplinen zur Verfügung gestellt. Hierzu zählen primär Methoden für die Identifikation der geeigneten Information [BHJ05, HHJ+07], für die Informations- und Datenerhebung [HJL04, JMa05], für die statische Analyse und Bewertung [FKK05] und die Informations- und Datenvisualisierung [WJB03, BDW05].

Eine synergetische, disziplinübergreifende Anwendung der Methoden wird durch geeignete Auswahlmechanismen seitens der Anwender und damit durch eine vernetzte Nutzung der Taxonomien erreicht. Wichtiges Element des Methodennutzungsmodells ist daher eine Metainformationsschicht. Diese Schicht dient der Formulierung der Nutzeranforderungen an das Methodennutzungsmodell aus der konkreten Anwendung heraus und steuert die Methodennutzung aufgrund des vorgegebenen Informationsbedarfs und des vorliegenden Datenmaterials sowie der hinterlegten Kriterien der Informationsauswahl und -güte.

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Ebenen des Methodennutzungsmodells sowie die verbindende Metainformationsschicht im Detail vorgestellt.

1.2.1 Vorgehensmodell zur integrativen Methodennutzung

Das Vorgehensmodell zur Informationsgewinnung beinhaltet im Gegensatz zum heute üblichen Vorgehen der Datenbeschaffung und -aufbereitung eine veränderte Sichtweise. Im Fokus steht die notwendige, richtige und gültige *Information* bezüglich einer Aufgabenstellung, nicht das *Datum* selbst (zur Differenzierung zwischen Wissen, Information und Daten sei auf [NTa97] sowie [BDW05] verwiesen). Der gedankliche Ansatz liegt in der Erweiterung des Aufgabenspektrums der Datenbeschaffung und -aufbereitung durch die Aufgaben der Informationsbeschaffung und -bewertung. Nicht mehr die Frage: „Welche Daten werden benötigt?“ wird formuliert, sondern es wird primär abgefragt, wie sich der Informationsbedarf für die Aufgabenstellung unter Berücksichtigung der gewählten Modellierungsmethode darstellt.

Die Einbindung des Informationsgewinnungsprozesses in die modellgestützte Analyse erfordert die Festlegung des jeweiligen übergeordneten Vorgehensmodells, in das die Informationsgewinnung einzuordnen ist. Im Rahmen dieses Beitrags wird die Informationsgewinnung beispielhaft in den Kontext der ereignisdiskreten Ablaufsimulation (discrete event simulation – DES, [Rob04, Law07]) eingeordnet. Basis der Einordnung ist das in [RSW08] entwickelte Vorgehensmodell, das sich in seinen Grundzügen an das Simulationsvorgehensmodell der VDI 3633 [VDI08] anlehnt. Dieses Simulationsvorgehensmodell ist insbesondere durch die konsequente Einführung von Phasenergebnissen als Basis für die durchgängige und iterative Verifikation und Validierung (V&V) sowie der gesonderten Behandlung von Modellbildung und Datengewinnung gekennzeichnet, integriert aber noch nicht die

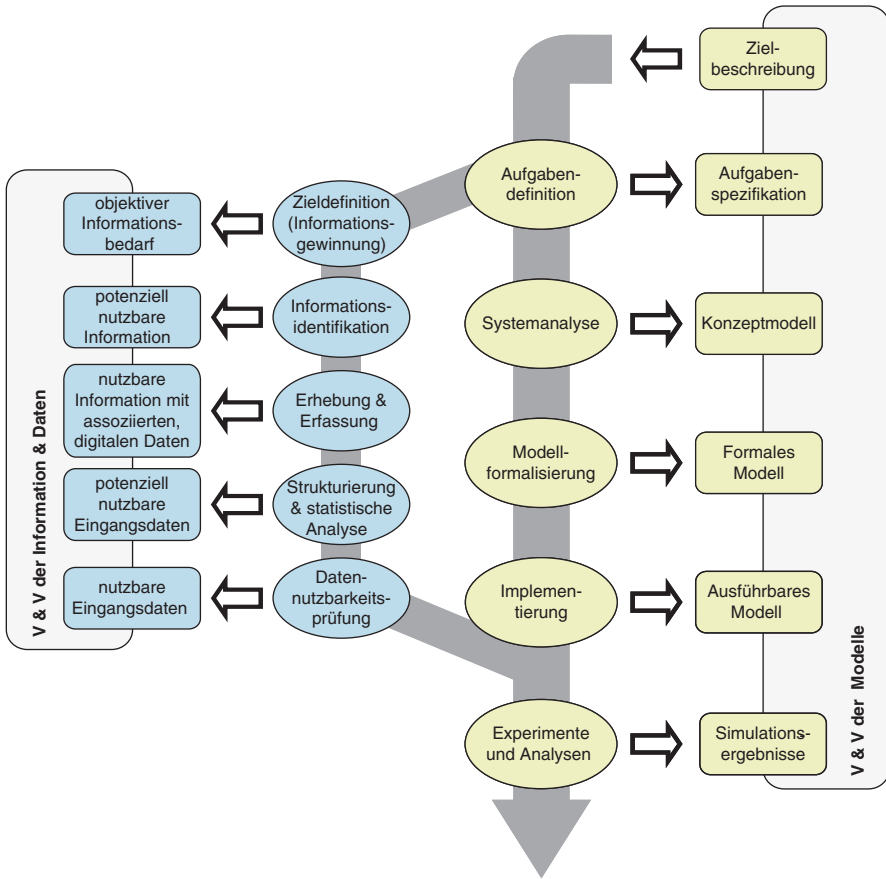


Abb. 1.2 Integration der Informationsgewinnung in das Simulationsvorgehensmodell (vgl. [BHK+07])

weiter oben motivierte Gesamtsicht der Informationsgewinnung. Für eine detaillierte Beschreibung des Simulationsvorgehensmodells sei auf [RSW08] verwiesen.

Abbildung 1.2 stellt das erweiterte Simulationsvorgehensmodell vor, in dem die Informationsgewinnung mit ihren Prozessschritten im Anschluss an die Aufgaben-Definition zeitlich und organisatorisch parallel zur Modellbildung integriert ist. Dies impliziert jedoch nicht eine vollständig unabhängige Bearbeitung von Modellerstellung und Informationserhebung. Vielmehr stehen die Phaseergebnisse in engem Zusammenhang, da die verfügbaren Informationen und Daten das Modell beeinflussen und umgekehrt. Die Vernetzung der Phaseergebnisse ist aus Einfachheitsgründen ebenso wenig in Abb. 1.2 dargestellt wie die ggf. notwendige Durchführung von Iterationsschritten während der Modellbildung und Informationsgewinnung, die letztendlich zu einer Überarbeitung der Aufgabenspezifikation als Ausgangsdokument führen kann.

Die Vernetzung der Ergebnisse der einzelnen Phasen erfolgt darüber hinaus implizit durch die jeweiligen Schritte der V&V. Hierbei werden nicht nur intrinsische Prüfungen der Phasenergebnisse durchgeführt, sondern auch die Transformation eines Phasenergebnisses aus dem jeweils vorherigen Phasenergebnis sowie der Bezug zwischen den Ergebnissen der Informationsgewinnung und Modellerstellung einer V&V unterzogen. In Ergänzung zur durchgängigen V&V erfolgt als letzte Phase der Informationsgewinnung darüber hinaus explizit eine Datennutzbarkeitsprüfung, um die abschließende Vernetzung der Ergebnisse zu den Phasen der Modellbildung zu gewährleisten. Wesentlich für den die Informationsgewinnung beendenden Prozessschritt ist die abschließende Datenvalidierung (Sind es die richtigen Daten?), die im Abgleich mit dem ursprünglichen subjektiven Informationsbedarf sowie der Interpretation der statistischen Analyseergebnisse prüft, ob die potenziell nutzbaren Eingangsdaten dem subjektiven Informationsbedarf hinsichtlich der Anforderungen Plausibilität, Vollständigkeit, Glaubwürdigkeit und Richtigkeit für die Anwendung genügen. Zum anderen erfolgt die eigentliche Nutzbarkeitsbewertung, die beispielsweise die Eignung und Genauigkeit der ermittelten Daten in Bezug auf ihr Zusammenspiel mit dem Simulationsmodell (Detaillierungsgrad) und die hinreichende Nachbildung des Systemverhaltens klären soll.

Die zeitliche Abfolge der Schritte zur Informationsgewinnung erfolgt anhand eines prozessorientierten Vorgehensmodells in Anlehnung an das Prozesskettenparadigma nach [Kuh95]. In diesem Modell wird durch die explizite Differenzierung in eine Informations- und Datensicht innerhalb der Prozesse die Möglichkeit geschaffen, den gesamten Handlungsspielraum ausgehend von einem objektiven Informationsbedarf in der Zieldefinition über die Ermittlung des notwendigen Informationsbedarfs bis hin zu den tatsächlich nutzbaren Eingangsdaten aufzuspannen. Eine Darstellung des Vorgehensmodells mit seinen Prozessschritten (dargestellt durch sechseckige Prozesspfeile), deren inhaltliche Ausrichtung (aufgelistete Unterpunkte) und den zugehörigen Prozessergebnissen (viereckige Kästchen an den Prozessschritten) ist Abb. 1.3 zu entnehmen. Die einzelnen Prozessschritte sind je nach ihrem inhaltlichen Fokus auf der Informations- oder Datenebene eingeordnet. Eine mögliche zeitparallele Abwicklung einzelner Prozessschritte wird durch ihre parallele Anordnung im Bild verdeutlicht. Notwendige Iterationen in der Prozessabfolge werden aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellt. Für eine detaillierte Beschreibung des Vorgehensmodell sei auf [BHK+07] verwiesen.

Ein wichtiges Merkmal des Vorgehensmodells ist die durchgängige V&V aller Zwischenergebnisse am Ende jedes einzelnen Prozessschrittes. Basierend auf den V&V-Ergebnissen lassen sich dann Kriterien zur Bewertung der Güte der erzielten Information ableiten (vgl. [BDW07]). Als Qualitätskriterien werden üblicherweise z. B. Zugänglichkeit, Bedeutsamkeit, Objektivität und Korrektheit der Informationen herangezogen [KSW02, Epp06]. Aber auch sich auf die Datenqualität auswirkende Einflüsse aufgrund der Anwendung von speziellen Methoden der Datenerhebung und Statistik sind zu berücksichtigen und werden als ergänzende Kriterien innerhalb der Metainformationsschicht für die weitere Methodenauswahl genutzt.

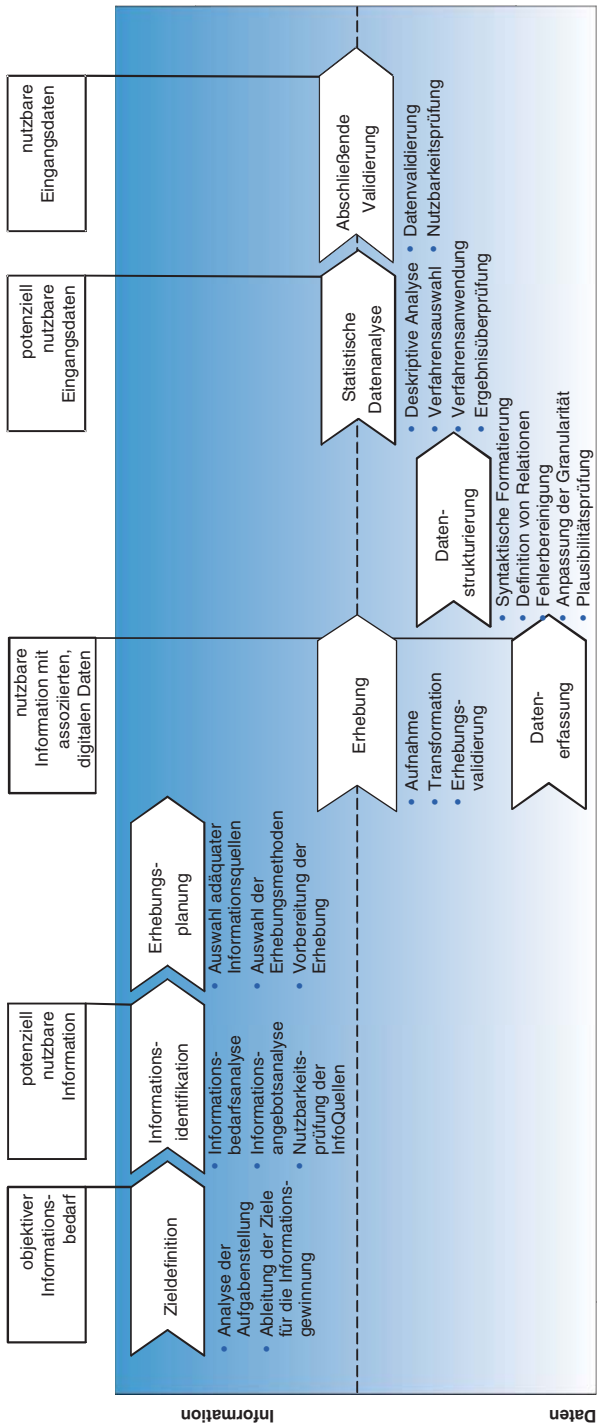


Abb. 1.3 Prozessorientiertes Vorgehensmodell der Informationsgewinnung [BHK+07]

1.2.2 Bedeutung und Inhalt der Taxonomien

„Taxonomie ist der Bereich, der sich mit Methoden, Techniken und Prinzipien der Beschreibung, Benennung und Anordnung der Organismen in ein System befasst. Taxonomie ist also Schaffen von Ordnung. Manchmal wird Taxonomie mit Systematik gleichgesetzt“ [SWe97].

Im Rahmen des Methodennutzungsmodells werden Taxonomien als klassifizierende Systematiken verstanden. Die Taxonomienebene dient der zielorientierten Auswahl von Methoden und Werkzeugen zur Informationsgewinnung. Sie stellt dabei das Bindeglied zwischen Vorgehensmodell und Methodenebene dar. Aus dem aktuellen Prozessschritt im Vorgehensmodell werden über die Metainformationsschicht bereits vorliegende Informationen und Anforderungen bezüglich der auszuwählenden Methode an die Taxonomienebene weitergegeben.

Die Taxonomien selber setzen sich aus Klassifikationskriterien für die Kategorisierung von Methoden zusammen, die sich sowohl über den Einsatz- und das Verarbeitungsziel innerhalb der Informationsgewinnung bestimmen als auch aus spezifischen Kriterien der jeweiligen Methodendisziplin zusammensetzen. Die sich für eine vorliegende Problemstellung ergebenden Ausprägungen der Klassifikationskriterien führen den Anwender zu Methodenkategorien auf der Methodenebene und damit zur Auswahl einer oder ggf. mehrerer für die Aufgabenstellung nutzbarer Methoden.

Die Taxonomienebene enthält Taxonomien zur Unterstützung aller Prozessschritte des Vorgehensmodells und damit für alle relevanten Methoden im Rahmen der Informationsgewinnung bei GNL. Nachfolgend werden Taxonomien aus dem Bereich der Datenerhebung, Visualisierung und Statistik vorgestellt.

Die *Taxonomie für Erhebungsmethoden* dient zur kontextorientierten Auswahl einer oder mehrerer geeigneter Erhebungsmethoden. Sie basiert auf einer Matrix (siehe Abb. 1.4), die in den Zeilen die systematisch angeordneten Methoden aus [HJL04] und [JMa05] in einer gekürzten Darstellung beinhaltet. Die Spalten der Matrix enthalten die für die Einsatzentscheidung im Informationsgewinnungsprozess wichtigen Kriterien, die grob in Aufwands- und Nutzenkriterien unterschieden werden.

Die fünfstufige Bewertung in den Kreuzungspunkten der Matrix gibt Auskunft über den Grad der Kriterienerfüllung und ist Grundlage der eigentlichen Taxonomie. Diese greift über entsprechende Filter- und Auswahlfunktionen auf die Bewertungsmatrix zu und grenzt schrittweise die möglichen Methoden ein. Sucht der Anwender beispielsweise Methoden, die bei mittlerem Personal- und Zeitaufwand in der Durchführung eine durchschnittliche Datenquantität liefern, schlägt die Taxonomie eine Methodenkategorie vor, die zunächst eine strukturierte mündliche Befragung und die Multimomentanalyse als alternative Methoden beinhaltet. Wird als weiteres Kriterium eine hohe Datenqualität gewünscht, ist die Befragung weniger geeignet und die Taxonomie wird die Multimomentanalyse präferieren und vorschlagen.

In [FKK05] wird eine *Taxonomie für statistische Methoden* speziell für den Einsatz im Methodennutzungsmodell entwickelt. Ineinandergreifend werden dabei

Aufwand der Informations- und Datenerhebung										Nutzbarkeit der erhobenen Daten															
Primärerhebung	Befragung	mündlich	strukturiert	Personal-aufwand			Zeitaufwand			Betriebs-beeinflussung			Hilfsmittel-bedarf			Komplexität des Verfahrens	Fehler-anfälligkeit	Quantität	Qualität	Granularität	Komplexität der Daten	zusätzliche Informationen			
				Auswertung	Durchführung	Vorbereitung	Auswertung	Durchführung	Vorbereitung	Auswertung	Durchführung	Vorbereitung													
	Beobachtung	schriftlich	elektronisch	strukturiert	3	3	2	3	3	3	1	2	5	1	2	2	3	3	2	3	2	3	2	2	
					4	4	4	3	4	3	2	5	1	2	2	3	3	3	3	3	2	4	4	4	4
					5	5	5	5	5	5	2	5	1	2	3	3	5	5	1	2	4	5	4	5	5
	Fremdbeobachtung	Selbstbeobachtung	elektronisch	strukturiert	3	1	2	4	3	2	2	1	1	2	1	4	3	3	5	1	3	2	1	1	
					4	1	1	4	2	1	2	1	1	4	3	3	3	1	4	4	4	1	3	2	1
					3	2	1	2	3	1	2	4	1	2	2	3	1	4	3	2	3	4	4	1	1
Dokumenten-analyse	optische Dokumente	elektronische Dokumente	Messen und Zählen	3	2	1	2	3	3	1	1	1	1	3	3	2	4	5	4	2	4	1	2		
				5	4	4	4	5	4	1	1	1	4	4	2	4	5	4	5	2	4	3	1	2	
				4	3	3	3	3	3	1	1	1	2	2	2	2	2	3	4	3	2	3	1	1	
Sekundär-erhebung	Dokumenten-analyse	optische Dokumente	elektronische Dokumente	1	2	1	1	3	1	1	2	1	1	4	2	1	2	4	5	4	1	2	5		
				3	4	3	3	4	3	1	1	1	2	3	2	4	3	4	3	4	4	4	5	5	
				2	2	1	3	1	1	1	1	1	2	4	3	2	1	5	5	5	5	3	3	5	

Merkmalsausprägung	
1	sehr niedrig
2	niedrig
3	durchschnittlich
4	hoch
5	sehr hoch

Abb. 1.4 Methodenklassifikation

die Aspekte „Information“, „Variablen-Symmetrie“ und „Daten-Input“ eingesetzt, um statistische Methoden zu klassifizieren. Primärer Zweck einer statistischen Datenanalyse ist die Erlangung bestimmter Informationen, dem durch den Klassifikationsfokus „Information“ Rechnung getragen wird. Der Fokus kann in Anlehnung an [BEP96] weiter differenziert werden nach Strukturerkennung, -modellierung und -überprüfung. Der Fokus „Variablen-Symmetrie“ dient der Unterscheidung von erklärenden Variablen und Zielvariablen. Die Art der Daten in Bezug auf Skalenniveau, Vollständigkeit etc. wird durch den Fokus „Daten-Input“ abgedeckt. Diese Klassifikationskriterien greifen insofern ineinander, dass die Aufgabe Informationen zu gewinnen eine übergeordnete Position einnimmt und zusammen mit der „Variablen-Symmetrie“ bereits zu einer Auswahl an statistischen Verfahren führt. Je nach Art des vorhandenen „Daten-Inputs“ findet dann eine weitere Eingrenzung der anwendbaren Verfahren statt.

Zur *Einordnung von Visualisierungsverfahren* steht eine zweistufige Taxonomie zur Verfügung. Die Klassifikationskriterien aus generischer bzw. graphischer Sicht basieren auf Vorarbeiten des Fachausschusses „Simulation und Visualisierung“ des Fachbereichs A5 „Modellierung und Simulation“ des VDI-FML (Fördertechnik Materialfluss und Logistik) [Wen02, VDI03], der sich mit der Nutzung der Visualisierungsverfahren in der Simulation in Produktion und Logistik auseinandersetzt, und umfassen vor allem Kriterien der Computergraphik zur Bewertung eines Verfahrens. Diese Kriterien wurden bezüglich der Informationsgewinnung zur modellgestützten Analyse von Produktions- und Logistiksystemen angepasst und verallgemeinert. Die Taxonomie genügt dem Informationsbegriff und damit dem wissenschaftlichen Verständnis zur Informationsvisualisierung und trägt den Aspekten der graphischen Gestaltung, der visuellen Codierung von Information sowie der Präsentation und Interaktion Rechnung.

In Ergänzung zu den Kriterien aus graphischer Sicht vervollständigen die Kriterien aus Informationssicht die Taxonomie für Visualisierungsverfahren. Als Basis zur Entwicklung der Taxonomie aus Informationssicht dienen verschiedene Arbeiten zur Klassifikation und Taxonomiebildung für Visualisierungsverfahren (vgl. z. B. [Chi00, Fri98, SMü00, PHP02]). Diese fokussieren allerdings maßgeblich eine Systematisierung aus Sicht der zu visualisierenden Daten. Begründet durch den Einsatz der Verfahren im Kontext der Informationsvisualisierung unterscheidet die hier vorgestellte Klassifizierung explizit zwischen Information und Daten (codierte Informationen): Die Taxonomie aus Informationssicht ist in Abb. 1.5 dargestellt. Eine ausführliche Beschreibung der Taxonomien findet sich in [WJB03, BDW05].

1.2.3 Methoden

Die Methodenebene als unterste und dritte Ebene des Methodennutzungsmodells dient dazu, die für die Informationsgewinnung in GNL einsetzbaren Methoden abzulegen. Hierzu zählen insbesondere Methoden des Informations- und Datenmanagements [Epp06, Kro06, Kuc05], der Statistik [Har05, BCK04, FHT96, BEP96] und der Visualisierung [FDF+94, Har99, SMü00].

Kriterium		Ausprägung							
Informations- kodierung	Messniveau	Identifikation	Lokalisierung	Korrelation	Assoziation	Vergleich	Struktur und Muster	Gruppierung	Klassifikation
	Dimension der ab- hängigen Variablen	qualitativ	quantitativ	qualitativ und quantitativ					
		unabhängig	relational	kreisförmig	hierarchisch	netzwerkartig			
		kein	nominal diskret	ordinal diskret	ordinal kontinuierlich	intervall- skaliert diskret	intervall- skaliert kontinuierlich	verhältnis- skaliert diskret	verhältnis- skaliert kontinuierlich
		keine	1-D	2-D	3-D	n-D			

Abb. 1.5 Klassifizierung von Visualisierungsverfahren aus Informationssicht [BDW05]

Über die Taxonomienebene kann dann auf diese Methoden zugegriffen werden. Dabei wird in der Regel nicht nur eine Methode angesprochen, sondern es wird eine Kategorie von Methoden bestimmt. Einerseits lassen sich hierzu Methoden mit ähnlichen Klassifizierungskriterien in Bezug auf eine Taxonomie zu typischen Methodenkategorien zusammenfassen. Andererseits liegen solche Methodenkategorien in der Regel bereits im entsprechenden Methodenbereich vor, wie z. B. die Faktoranalysemethoden oder die Regressionsverfahren in der Statistik.

Die Taxonomien- und Methodenebenen unterstützen somit die Methodenauswahl, indem über sie eine geeignete Methodenkategorie bestimmt wird. Sie befreien letztendlich aber nicht davon, die individuelle Entscheidung selbst treffen zu müssen. So ist es zum Beispiel die Entscheidung des Anwenders, im Fall einer Befragung den hohen Personalaufwand einer mündlichen Befragung mit der Komplexität der zu erhebenden Daten zu begründen oder doch besser eine schriftliche Befragung mit höherer erfasster Datenmenge durchzuführen. Zur Unterstützung ist jede abgelegte Methode mit einer Kurzbeschreibung versehen, in der nach einem standardisierten Aufbau entscheidungsrelevante Informationen enthalten sind [HJR07].

Die einzelnen Methodenkategorien der Methodenebene werden über verschiedene Taxonomien angesprochen und finden in den unterschiedlichen Schritten des Vorgehensmodells ihre Anwendung. So kann z. B. eine bestimmte Visualisierungsmethode dazu geeignet sein, sowohl Informationen im Schritt der Erhebungsplanung als auch im Schritt der statistischen Datenanalyse darzustellen.

Die Taxonomien- und Methodenebenen sind so aufgebaut, dass sie nicht nur klassische Methoden aus den unterschiedlichen Methodenbereichen beinhalten, sondern auch erweiterbar sind, um speziell für die Anforderungen im Rahmen von GNL entwickelte Methoden aufzunehmen. So ist zum Beispiel im Prozessschritt „Erhebungsplanung“ des Vorgehensmodells die aufgabenorientierte Eingrenzung der erhebungsrelevanten Daten effizienzsteigernd. [BHJ05, HHJ+07] entwickeln daher basierend auf neu definierten Basisprozessen eine Methode, mit der vermieden wird, für die aktuelle Fragestellung nicht relevante Daten bzw. Daten in einer unangemessenen Granularität oder Quantität zu erheben. Die verwendeten Basisprozesse „Ortswechsel“, „Liegen“ und „Behandlung“ sind die kleinsten, inhaltlich und strukturell beschriebenen Prozesseinheiten, die für die Modellierung verwendet werden können. Der Realprozess wird mittels Prozessketten dieser Basisprozesse nachgebildet, wobei unterschiedliche Konkretisierungsstufen wählbar sind. Den Basisprozessen sind stufenspezifisch standardisierte Datenbedarfe zugeordnet, so dass bei der abschließenden Auswertung die für die Modellierung des Prozesses in der gewünschten Konkretisierungsstufe notwendigen, zu erhebenden Daten aufgelistet werden.

Häufig dient die Informationsgewinnung im Rahmen der Modellierung von GNL der Festlegung von Systemlastverteilungen. Innerhalb eines Simulationsmodells können Systemlasten gemäß einer ermittelten Verteilung simuliert werden. [SKK06] vergleichen hierzu den Einsatz der empirischen Verteilungsfunktion als Methode mit Verteilungen basierend auf robusten und nicht-robusten Parameterschätzern. [KSi09] untersuchen die Auswirkung von nicht zutreffenden Verteilungsannahmen bezüglich der Nachfrage nach Artikeln eines Lagers

auf den erreichten Servicelevel und entwickeln aufbauend eine neue nicht-parametrische Methode.

Für die Visualisierung von umfassenden Daten im Kontext der Simulation sind einfache Verfahren z. T. nicht hinreichend, da unterschiedliche Zustandsgrößen im Zusammenhang erfasst werden müssen. Vor diesem Hintergrund sind in [BWe06] Verfahren zur Visualisierung mehrdimensionaler Ergebnisdaten entwickelt worden; in [BWW+07] werden verschiedene neue Visualisierungsverfahren für Logistiksysteme sowie deren Steuerungsinformationen vorgestellt, die auch auf Eingangsdaten für die Modellierung und Simulation übertragbar sind.

1.2.4 Metainformationsschicht

Die Metainformationsschicht innerhalb des Methodennutzungsmodells (siehe Abb. 1.1) verbindet das Vorgehensmodell mit den Taxonomien sowie den Methoden und Techniken. Sie gewährleistet die Prozessstabilität beim Wechsel zwischen den Ebenen des Methodennutzungsmodells sowie die Güte der ausgetauschten Daten und Informationen. Metainformationen sind beschreibende Informationen über Informationen, um diese einfacher und effektiver zugänglich zu machen und in ihnen gezielt zu navigieren [Bil99, DGü95]. Metainformationen enthalten typischerweise Angaben zur Datenquelle, zur Erhebungs- und Auswertungsmethode, zur Informations- und Datenqualität sowie Regeln zu ihrer Verwendung. Sie dienen generell der Interpretation der Originärdaten und damit der besseren Datennutzung, der Qualitätskontrolle und auch der besseren Verknüpfung der Originärdaten mit anderen Daten.

Im Methodennutzungsmodell verbindet die Metainformationsschicht den gesamten Prozess von der Zieldefinition über die Erhebung und statistische Datenanalyse bis hin zur Bereitstellung der Eingangsdaten für die Modellierung von GNL, so dass der Prozess für den Anwender transparent und auch zu einem späteren Zeitpunkt nachvollziehbar ist. Wichtige Bewertungskriterien wie Qualität, Gültigkeit, Aktualität, Verantwortlichkeit und Quellen der Daten werden erfasst und über den gesamten Prozess der Informationsgewinnung fortgeschrieben.

Zusätzlich sind ergänzende Kriterien für die Bildung von Informationskategorien – wie beispielsweise in Abb. 1.5 dargestellt – eingebunden und mit den Methodenkategorien zur kontextabhängigen Methodennutzung vernetzt. Die Vernetzung erfolgt hierbei zunächst separat entsprechend der Taxonomien für die Methoden. Darüber hinaus beinhaltet die Metainformationsschicht ebenfalls Kommunikations- und Steuerungsfunktionalitäten zur Anwendung der Methoden. Der Nutzer erhält hierdurch über alle Prozessschritte des Vorgehensmodells hinweg eine Unterstützung zur synergetischen Nutzung der Methoden unter Berücksichtigung der identifizierten Informationskategorien sowie möglicher Querverweise, Abhängigkeiten und Kausalzusammenhängen der Methoden- und Informationskategorien. Ziele sind die Bewertung und Fortschreibung der Informationsgüte als ergänzende Metainformation für die ermittelten Eingangsdaten (vgl. [BDW07]).

1.3 Anwendung des Methodennutzungsmodells

Anhand einer Aufgabenstellung aus dem Bereich der Organisation und Lenkung des Frachtumschlags in einem Luftfrachtnetz (vgl. [SVö05]) werden nachfolgend exemplarisch konkrete Ausprägungen des Methodennutzungsmodells erläutert. Detaillierte Ausführungen zu diesem Anwendungsbeispiel sind in [BFe03, BBF+03] zu finden.

Mittels Simulationen sollen die Beziehungen und Wechselwirkungen zwischen mehreren Flughäfen auf Frachtumschlagebene analysiert werden. Ziel ist es, den Einfluss und die Auswirkung von Parameteränderungen an einem der Hubknoten auf die jeweils anderen Knoten zu untersuchen. Hierbei steht die flughafenübergreifende Optimierung der standortinternen Umschlagaktivitäten hinsichtlich Kosten, Durchlaufzeiten und Ressourcenverbrauch im Vordergrund. Für die Modellbildung werden Informationen zum zeitpunktgeführten Frachtumschlag einzelner Sendungen für alle betrachteten Hubs benötigt.

Diese oder eine ähnliche Zieldefinition steht gemäß dem Vorgehensmodell am Anfang des Informationsgewinnungsprozesses, ihr schließt sich die Informationsidentifikation an. Innerhalb einer Informationsbedarfsanalyse wird mittels einer Auflistung von Charakteristika der Sendungen (z. B. Startflughafen, Startzeitpunkt oder Gewicht), des Flugplans und der eingesetzten Flugzeugtypen der notwendige Informationsbedarf konkretisiert. Gleichzeitig werden Angaben wie Herkunft, Aktualität oder auch Glaubwürdigkeit der Informationen und Daten als Metainformationen abgelegt, so dass in späteren Prozessschritten darauf zurückgegriffen werden kann, z. B. um erhobene Daten hinsichtlich ihrer Nützlichkeit zu beurteilen. Dem Informationsbedarf steht das Informationsangebot gegenüber. So sind z. B. für einen ausgewählten Hub nur Informationen bezüglich der Sendungen für einen Carrier vorhanden. Zudem fehlen Informationen zum Startzeitpunkt einer Sendung, Informationen zur Abflugzeit am Startflughafen sind jedoch aus Flugplänen erhältlich. Ein Abgleich von Informationsbedarf und -angebot sowie eine Prüfung der Nutzbarkeit der Informationsquellen führen zu einer Beschreibung der potenziell nutzbaren Informationen. Die anschließende Informations- und Datenerhebung umfasst die Spezifikation der zu erhebenden Informationen aus den vorliegenden Informationsquellen sowie ggf. die Speicherung der relevanten Daten in einer separaten Datenbank. Im Anschluss liegen nutzbare Informationen mit assoziierten, digitalen Daten vor, die mittels spezifischer Aufbereitungsfunktionen in ein einheitliches Datenformat überführt und einer Fehlerbereinigung und Plausibilitätsprüfung unterzogen werden (Datenstrukturierung).

Anhand des innerhalb des Vorgehensmodells dann folgenden Prozessschrittes „Statistische Datenanalyse“ soll beispielhaft das Zusammenspiel der verschiedenen Schichten des Methodennutzungsmodells genauer erläutert werden: Die zu Beginn der statistischen Datenanalyse vorliegenden nutzbaren Daten enthalten zum Beispiel eine Flugbewegungsdatenbank mit über 300 Flugzeugtypen. Entscheidend für die Modellierung von ankommenden und abfliegenden Flugzeugen ist jedoch vor

allem die Frachtkapazität, die durch die vorliegenden Informationen zum Frachtgewicht, zu Gepäck- und Postgewichtsdaten und zu der Anzahl der Passagiere abbildbar ist. Anhand dieser Kenngrößen werden daher die Flugzeugtypen zu Gruppen mit vergleichbarer Frachtkapazität zusammengefasst. Hierzu ist die Wahl einer geeigneten statistischen Methode über die Taxonomieebene erforderlich. Neben der Festlegung der zu ermittelnden Information („Zusammenfassung von Objekten in Ähnlichkeitsklassen“) beinhaltet die verwendete Taxonomie statistischer Methoden noch die Beschreibung der Variablen-Symmetrie (hier: „gleichwertige/symmetrische Behandlung aller Variablen“) und des Skalenniveaus („kardinal“ für das Frachtgewicht und „ordinal“ für die Anzahl der Passagiere). Eine entsprechende Abfrage über die Taxonomieebene liefert Methoden der Clusteranalyse, aus denen eine anhand der auf der Methodenebene begleitend abgelegten Informationen ausgewählt wird. In diesem Anwendungsfall wird aufgrund der Vielzahl an fehlenden oder unplausiblen Datenwerten das robuste Klassifizierungsverfahren CLARA [KR09] bevorzugt. Um die Ergebnisse der Analyse anhand einer graphischen Darstellung zu verdeutlichen und durch den Fachexperten zu validieren, werden in diesem Beispiel über die Methodentaxonomie für Visualisierungsverfahren dreidimensionale Punktwolken als geeignetes Visualisierungsverfahren ermittelt. Im Anschluss wird die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Auftretens der so gebildeten Frachtkapazitätsgruppen als potenziell nutzbares Eingangsdatum für die Simulation geschätzt.

Innerhalb des letzten Prozessschrittes des Vorgehensmodells findet die abschließende Validierung statt. Liegt zu diesem Zeitpunkt bereits ein experimentierbares Modell vor, können auch Simulationsläufe mit Erzeugung von Frachtkapazitäten zur Validierung herangezogen werden. Sollten sich innerhalb der abschließenden Validierung die gewählten Frachtklassen als zu grob herausstellen, ist es denkbar, sowohl den Schritt der statistischen Datenanalyse zu wiederholen, als auch bereits mittels der abgelegten Metainformationen zur durchgeführten Clusteranalyse eine feinere Gruppeneinteilung auszuwählen. Zum Abschluss der Informationsgewinnung liegen die als nutzbare Eingangsdaten geeigneten Frachtklassen mit zugehörigen geschätzten Auftretenswahrscheinlichkeiten vor.

1.4 Ausblick

Das vorgestellte Methodennutzungsmodell ermöglicht ein strukturiertes Vorgehen bei der Informationsgewinnung im Rahmen der Modellierung von GNL. Besonders hervorzuheben sind dabei die disziplinübergreifende Nutzung von Methoden in den einzelnen Schritten des Vorgehensmodells zur Informationsgewinnung und die Schaffung einer konzeptionellen Basis für eine durchgängige Bewertung der Informationsgüte im Beschaffungsprozess.

Die Zusammenführung, Klassifikation und Einbindung relevanter Erhebungs-, Statistik- und Visualisierungsmethoden in das vorgestellte Methodennutzungsmodell

unterstützt den Anwender, strukturiert den Prozess und stellt die für die Anwendung jeweils geeigneten Methoden zielorientiert zur Verfügung.

Das Methodennutzungsmodell ist allerdings in seiner Anwendung nicht als einmalig festgelegte Implementierung zu verstehen, sondern muss vielmehr kontinuierlich anhand von Praxisanwendungen ausgebaut werden. Insbesondere die Methodenschicht lässt sich aufgrund der Vielfalt von existierenden Methoden kaum vollständig entwickeln. Sie erfordert vielmehr die kontinuierliche Ergänzung oder auch Entfernung von Methoden und orientiert sich sowohl an neuen Praxisanforderungen als auch an der wissenschaftlichen Entwicklung von Methoden.

Unter dem Internetauftritt des Sonderforschungsbereichs 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ (<http://www.sfb559.uni-dortmund.de>) ist eine Handlungsanleitung für ein vollständiges Vorgehensmodell zur Informationsgewinnung bei der Modellierung von GNL zu finden. Das Konzept des Methodennutzungsmodells lässt sich aufgrund seiner Allgemeingültigkeit problemlos auf andere Anwendungen in Produktion und Logistik übertragen.

Literatur

- [BBF+03] Baum N, Bernhard J, Fender T, Hömberg K, Wenzel S, Clausen U, Frye H, Quick A, Sieke H (2003) Kooperation A5, M9 – Simulation des Frachtumschlages im Flugverkehrsnetz. Technical Report – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ 03003, ISSN 1612-1376
- [BCK04] Burkschat M, Cramer E, Kamps U (2004) Beschreibende Statistik – Grundlegende Methoden. Springer, Berlin
- [BDW05] Bernhard J, Dragan M, Wenzel S (2005) Evaluation und Erweiterung der Kriterien zur Klassifizierung von Visualisierungsverfahren für GNL. Technical Report – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ 05001, ISSN 1612-1376
- [BDW07] Bernhard J, Dragan M, Wenzel S (2007) Bewertung der Informationsgüte für die Informationsgewinnung in der modellgestützten Analyse großer Netze der Logistik. Technical Report – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ 07006, ISSN 1612-1376
- [BEP96] Backhaus K, Erichson B, Plinke W, Weiber R (1996) Multivariate Analysemethoden – Eine anwendungsorientierte Einführung, 8. Aufl. Springer, Berlin
- [BF03] Bernhard J, Fender T (2003) Experimentelle Anwendung statistischer Verfahren und Visualisierungsmethoden zur Gewinnung ausgesuchter Eingangsdaten im Kontext von GNL. Technical Report – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ 03014, ISSN 1612-1376
- [BJH05] Bernhard J, Hömberg K, Jodin D (2005) Standardprozesse als Grundlage für die Informationsbedarfsanalyse zur Modellierung von Großen Netzen der Logistik. In: Universität Magdeburg (Hrsg) Magdeburger Schriftenreihe zur Logistik, Logistikprozesse entwerfen, führen, bewerten. Nr 21, S 3–14
- [BHK+07] Bernhard J, Hömberg K, Jodin D, Kuhnt S, Schürmann C, Wenzel S (2007) Vorgehensmodell zur Informationsgewinnung – Prozessschritte und Methodennutzung. Technical Report – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ 06008, ISSN 1612-1376
- [Bil99] Bill R (1999) Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Analysen, Anwendungen und neue Entwicklungen, Bd 2, 2. Aufl. Wichmann Verlag, Heidelberg

- [Bon01] Bonn B, van (2001) Konzeption einer erweiterten Distributionsmethodik mittels standardisierter Geographiedatenmodelle. Dissertation, Universität Dortmund, Fakultät Maschinenbau. In: Jünemann R (Hrsg) Reihe Logistik für die Praxis. Verlag Praxiswissen, Dortmund
- [BWe06] Bockel B, Wenzel S (2006) Visualisierung von zeitabhängigen mehrdimensionalen Ergebnisdaten in der Materialflusssimulation. In: Wenzel S (Hrsg) Simulation in Produktion und Logistik 2006, Tagungsband zur 12. ASIM-Fachtagung in Kassel, Society for Modeling and Simulation International, SCS Publishing House e.V., Erlangen, 26.–27. September 2006, S 371–380
- [BWw+07] Bockel B, Wenzel S, Wannagat A, Pantförder D, Vogel-Heuser B (2007) Development and application of visualisation techniques for logistics systems. IFAC Workshop on Manufacturing, Modelling, Management and Control, Budapest, 14.–16. November 2007, pp 14–16
- [Chi00] Chi EH (2000) A taxonomy of visualization techniques using the data state reference model. In: Proc. of the IEEE Symposium on Information Visualization, pp 69–75
- [Cop02] Coppi R (2002) A theoretical framework for data mining: The „Informational Paradigm“. Comput Stat Data Anal 38(4):501–515
- [DGJ+02] Dunemann O, Geist I, Jesse R, Saake G, Sattler KU (2002) Informationsfusion auf heterogenen Datenbeständen. Inform Forsch Entwickl 17(3):112–122
- [DGü95] Denzer R, Güttler R (1995) Integration von Umweltdaten. In: Page B, Hilty LM (Hrsg) Umweltinformatik – Informatikmethoden für Umweltschutz und Umweltforschung, 2. Aufl. R. Oldenbourg Verlag, München, S 165–189
- [DPr98] Davenport TH, Prusak L (1998) Wenn Ihr Unternehmen wüsste, was es alles weiß. Das Praxishandbuch zum Wissensmanagement. Verlag Moderne Industrie, Landsberg/Lech
- [Epp06] Eppler MJ (2006) Managing information quality. Springer, Berlin
- [FDF+94] Foley JD, van Dam A, Feiner SK, Hughes JF, Phillips RL (1994) Grundlagen der Computergraphik – Einführung, Konzepte, Methoden. Addison-Wesley, Bonn
- [FHT96] Fahrmeir L, Hamerle A, Tutz G (1996) Multivariate statistische Verfahren, 2. Aufl. de Gruyter, Berlin
- [FKK05] Fender T, Kuhnt S, Krampe A (2005) Kriterien für die Kategorisierung statistischer Methoden im Rahmen eines Methodennutzungsmodells zur Informationsgewinnung in GNL. Technical Report – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ 05005, ISSN 1612-1376
- [Fri98] Frick A (1998) Visualisierung von Programmabläufen. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 10, No 561
- [Fri01] Friedmann JH (2001) The role of statistics in the data revolution. Int Stat Rev 69(1):5–10
- [FRZ03] Feldmann K, Reinhart G, Zäh M (2003) Bayerischer Forschungsverbund Simulationstechnik (FORSIM). Simulationsbasierte Werkzeuge für die Produktionstechnik. Abschlussbericht 2000–2003. Gruner Druck GmbH, Erlangen
- [Har99] Harris RL (1999) Information graphics. A comprehensive illustrated reference. Visual tools for analyzing, managing, and communicating. University Press, Oxford
- [Har05] Hartung J (2005) Statistik, Lehrbuch-Handbuch der angewandten Statistik, 14. Aufl. R. Oldenburger Verlag, München
- [HHJ+07] Hömberg K, Hustadt J, Jodin D, Kochsiek J, Nagel L, Riha I (2007) Basisprozesse für die Modellierung in großen Netzen der Logistik. SFB 559 „Modellierung
- [HJL04] Hömberg K, Jodin D, Leppin M (2004) Methoden der Informations- und Datenerhebung. Technical Report – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ 04002, Dortmund, ISSN 1612-1376
- [HJR07] Hömberg. K, Jodin D; Reineke T (2007) Bewertung und Kategorisierung der Datenerhebungsmethoden. Technical Report – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ 07005, Dortmund, ISSN 1612-1376
- [HTF01] Hastie T, Tibshirani R, Friedman J (2001) The elements of statistical learning. Data mining, inference, and prediction. Springer, New York
- [JMa05] Jodin D, Mayer A (2005) Automatisierte Methoden und Systeme der Datenerhebung. Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ Technical Report 05004, Dortmund, ISSN 1612-1376

- [KR90] Kaufman L, Rousseeuw PJ (1990) Finding groups in data: An introduction to cluster analysis. Wiley, New York
- [Kro06] Kromrey H (2006) Empirische Sozialforschung – Modelle und Methoden der standardisierten Datenerhebung und Datenauswertung, Bd 1040, 11. Aufl. UTB, Stuttgart
- [KSio9] Kuhnt S, Sieben W (ist im Logistics Journal eingereicht) The effect of demand distributions on the performance of inventory policies
- [KSW02] Kahn B, Strong D, Wang R (2002) Information quality benchmarks. *Commun ACM* 45(4):184–192
- [Kuc05] Kuckartz U (2005) Einführung in die computergestützte Analyse qualitativer Daten, Lehrbuch VS Verlag für Sozialwiss., Wiesbaden
- [Kuh95] Kuhn A (1995) Prozessketten in der Logistik – Entwicklungstrends und Umsetzungsstrategien. Verlag Praxiswissen, Dortmund
- [Law07] Law AM (2007) Simulation modeling and analysis, 4 edn. McGraw-Hill, Boston
- [Mül92] Müller A (1992) Informationsbeschaffung in Entscheidungssituationen. Dissertation, Universität Hohenheim, Schriftenreihe Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Bd 5. Verlag Wissenschaft & Praxis, Berlin
- [NTa97] Nonaka I, Takeuchi H (1997) Die Organisation des Wissens. Campus Verlag, Frankfurt
- [PHP02] Pfützner D, Hobbs V, Powers D (2002) An unified taxonomic framework for information visualization. In: Proc. Australian Symposium on Information Visualization, Adelaide, Australia, S 57–66
- [Rob04] Robinson S (2004) Simulation: The practice of model development and use. Wiley, Chichester
- [RSW08] Rabe M, Spieckermann S, Wenzel S (2008) Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik – Vorgehensmodelle und Techniken. Springer, Berlin
- [SKK06] Schürmann C, Kuhnt S, Krampe A (2006) Modelling system load for simulation in logistics. In: Wenzel S (Hrsg) Simulation in Produktion und Logistik 2006, Tagungsband zur 12. Fachtagung in Kassel. Society for Modeling and Simulation International, SCS Publishing House e.V., Erlangen, 26.–27. September 2006, pp 125–132
- [SMü00] Schumann H, Müller W (2000) Visualisierung – Grundlagen und allgemeine Methoden. Springer, Berlin
- [SVö05] Sieke H, Völker M (2005) Process-oriented simulation of air cargo flows within an airport network. In: Hülsemann F, Kowarschik M, Rüde U (Hrsg) Simulationstechnique 18th Symposium in Erlangen, Frontiers in Simulation, Society for Modeling and Simulation International, SCS Publishing House e.V., Erlangen, Erlangen, S 248–253
- [SWe97] Storch V, Welsch U (1997) Systematische Zoologie. Springer, Berlin
- [VDI03] VDI 3633 Blatt 11 (2003) Simulation und Visualisierung. Gründruck. VDI-Handbuch Materialfluss und Fördertechnik, 8. Aufl. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, Beuth Verlag, Berlin
- [VDI08] VDI 3633 Blatt 1 (2008) Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, Beuth Verlag, Berlin
- [VGu01] Voß S, Guttenschwager K (2001) Informationsmanagement. Springer, Berlin
- [WBe08] Wenzel S, Bernhard J (2008) Definition und Modellierung von Systemlasten für die Simulation logistischer Systeme. In: Nyhuis P (Hrsg) Beiträge zu einer Theorie der Logistik. Springer, Berlin, S 487–509
- [Wen02] Wenzel S (2002) VDI 3633, Blatt 11 Simulation und Visualisierung – Ein Statusbericht. In: Tavangarian D, Grützner R (Hrsg) Tagungsband zum 16. Symposium ASIM 2002 Simulationstechnik, Rostock, Fortschrittsberichte Simulation, Frontiers in Simulation, SCS-Europe BVBA, Ghent, S 492–497
- [Wey01] Weyerke M (2001) Entwicklung eines rechnergestützten, benutzerorientierten Systems zur Informationsgewinnung in Produktionsunternehmen. Reihe VDI: Fortschritt-Berichte 16, Nr 134, VDI Verlag, Düsseldorf
- [WJB03] Wenzel S, Jessen U, Bernhard J (2003) A taxonomy of visualization techniques for simulation in production and logistics. In: Chick S, Sánchez PJ, Ferrin D, Morrice DJ (eds) Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference, New Orleans, 7–10 December 2003, pp 729–736

Große Netze der Logistik

Die Ergebnisse des Sonderforschungsbereichs 559

Buchholz, P.; Clausen, U. (Hrsg.)

2009, XVI, 405 S., Hardcover

ISBN: 978-3-540-71047-9