

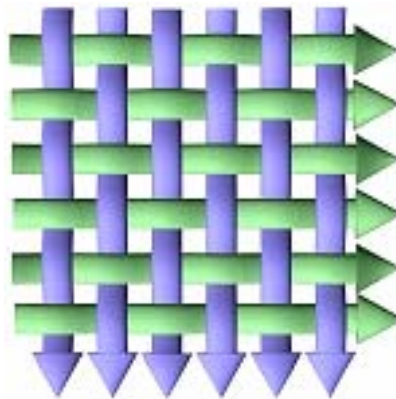


Technical Report 07002

ISSN 1612-1376

Bewertungs- und Dimensionierungsmethoden im Sonderforschungsbereich 559

Arnd Bernsmann, Peter Buchholz, Hilmar Heinrichmeyer,
Egon Jehle, Stephan Kessler, Sana Mehicic-Eberhardt, Dennis
Müller, Britta von Haaren, Andreas Reinholz



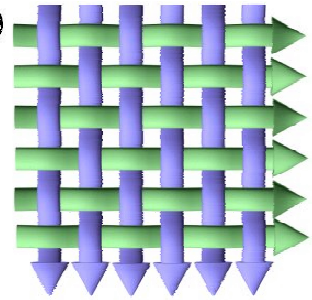
**Sonderforschungsbereich 559
Modellierung großer Netze in der Logistik**

Universität Dortmund
44221 Dortmund



Sonderforschungsbereich 559

Modellierung großer Netze in der Logistik



Technical Report 07002

ISSN 1612-1376

Bewertungs- und Dimensionierungsmethoden im Sonderforschungsbereich 559

Teilprojekt A7:

Hilmar Heinrichmeyer
Arnd Bernsmann
Fraunhofer IML
Joseph-von-Fraunhofer-Strasse 2-4

44227 Dortmund

Teilprojekt M1/M2:

Peter Buchholz
Dennis Müller
Lehrstuhl Informatik IV
August-Schmidt-Strasse 12

44227 Dortmund

Teilprojekt M6:

Stephan Kessler

Lehrstuhl für Fabrikorganisation
Leonhard-Euler-Str. 5

44227 Dortmund

Teilprojekt A15:

Sana Mehicic-Eberhardt

Fraunhofer IML
Joseph-von-Fraunhofer-Strasse 2-4

44227 Dortmund

Teilprojekt M3:

Egon Jehle
Britta von Haaren

Lehrstuhl Industriebetriebslehre
Leonhard-Euler-Str. 2

44227 Dortmund

Teilprojekt M8:

Andreas Reinholz

Lehrstuhl für Systemanalyse
Otto-Hahn-Straße 14

44227 Dortmund

Dortmund, 26.02.2007

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Strukturelle Übersicht und inhaltliche Zusammenhänge der Methoden	5
3	Methoden zur Bewertung und Dimensionierung von GNL	8
3.1	Teilprojekt A7	8
3.1.1	Bewertung von Transportnetzen.....	8
3.1.2	Optimierung von Hub-Standorten	9
3.1.3	Bewertung der Stabilität von Transportnetzen gegenüber Aufkommenschwankungen.....	10
3.2	Teilprojekt A15	11
3.2.1	Organisationmodelle.....	11
3.2.2	Modellierung von SCM-Strategien	12
3.3	Teilprojekt M1	13
3.3.1	Ereignisdiskrete Simulation	13
3.4	Teilprojekte M1 & M2	15
3.4.1	Optimierungsverfahren für dynamische Modelle.....	15
3.5	Teilprojekt M2	16
3.5.1	Numerische Analyseverfahren.....	16
3.5.2	Bewertungsmethoden für Warteschlangennetze	18
3.5.3	Funktionale Analyseverfahren	19
3.6	Teilprojekt M3	21
3.6.1	Netzwerk-Balanced Scorecard (NW-BSC).....	21
3.6.2	Simulationsgestützte Prozesskostenrechnung.....	23
3.6.3	Supply-Chain Target Costing.....	24
3.6.4	Supply-Chain Benchmarking (SC-BM).....	25
3.7	Teilprojekt M6	26
3.7.1	Prozesskettenmanagement (PKM)	26
3.7.2	Prozessketten-Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse PK-FMEA	28
3.8	Teilprojekt M8	30
3.8.1	Iterative Variations-/ Selektionsverfahren (IVS)	30
3.8.2	Nachbarschaftssuchverfahren (NS).....	32
3.8.3	Evolutionäre Algorithmen (EA).....	35
4	Methodenbewertung	38
4.1.1	Leistungsbewertung von Optimierverfahren	38
4.1.2	Bewertung und Vergleich numerischer Analyseverfahren.....	39
5	Zusammenfassung und Fazit	41

1 Einleitung

Der Sonderforschungsbereich 559 beschäftigt sich seit 1998 mit der Modellierung, Analyse, Steuerung und Planung großer Netze der Logistik. In Anwendungs- und Methodenteilprojekten wurden neue und innovative Methoden für die genannten Anwendungsziele entwickelt und an praxisrelevanten Anwendungsbeispielen validiert.

Zur Modellbildung gelang es, das Prozesskettenparadigma nach Kuhn als zentrales Modellierungsparadigma zu etablieren und es in vielen Problemstellungen zur Modellierung von Abläufen einzusetzen. Für die Modellierung von Strukturen wurden andere etablierte Modellierungsparadigmen eingesetzt. Die Vielschichtigkeit und Komplexität der benötigten Resultate bedingt, dass eine Vielzahl von unterschiedlichen und teilweise sehr heterogenen Methoden zur Bewertung und Dimensionierung der Modelle eingesetzt werden muss, um die erforderlichen Resultate zu ermitteln. Für viele praktische Problemstellungen ist das Zusammenspiel mehrerer Methoden notwendig. Dies bedeutet gleichzeitig, dass zum Teil Methoden aus mehreren Disziplinen, die darüber hinaus noch auf stark differierenden Modellen basieren, zum Einsatz kommen müssen. Da die einzelnen Methoden in unterschiedlichen Teilprojekten und damit auch von unterschiedlichen Gruppen entwickelt wurden, existiert kein gemeinsamer Rahmen. Für den Modellierer ohne oder mit nur eingeschränkter Methodenkenntnis ergibt sich das Problem, dass eine Übersicht über vorhandene Analyse- und Dimensionierungsmethoden, eine relativ detaillierte und damit aufwändige Einarbeitung in die einzelnen Methoden erforderlich macht. Gleichzeitig existieren, da Methoden isoliert entwickelt und analysiert wurden, keine Beschreibungen für ihren kombinierten Einsatz. Aus den angesprochenen Gründen wurde beschlossen in der aktuellen dritten Phase des Sonderforschungsbereichs eine Arbeitsgruppe Bewertungs- und Dimensionierungsmethoden zu bilden, die sich mit der Strukturierung und Ordnung der vorhandenen Methoden befassen soll. Die Arbeitsgruppe bestand aus Teilnehmern der Teilprojekte

- A7 Optimierung europäischer Logistik Service-Netze
- A15 Organisationskonzepte für Supply Chains
- M1 Effiziente Simulation
- M2 Effiziente Analyseverfahren
- M3 Netzwerk-Controlling
- M6 Konstruktionsregelwerke
- M8 Aspekte der ganzheitlichen Optimierung großer Netze in der Logistik

Ziel der Arbeitsgruppe ist es, eine anwenderzentrierte Übersicht über vorhandene Methoden zu geben und ihren kombinierten Einsatz voran zu treiben. In mehreren Treffen der Arbeitsgruppe wurden dazu zuerst die vorhandenen Methoden gesichtet und klassifiziert. Wie auf Grund der Vielschichtigkeit der Problemstellungen nicht anders zu erwarten war, sind die vorhandenen Methoden sehr heterogen, so dass eine vollkommen homogene Darstellung nicht möglich ist. Die Arbeitsgruppe ist deshalb bestrebt, eine anwendungsorientierte Zusammenstellung der vorhandenen Methoden zu geben. Dem Praktiker sollen Handlungsempfehlungen gegeben werden, zu welchem Zweck er welche Methode einsetzen kann und wie die vorhandenen Methoden kombiniert werden können. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen Methoden in standardisierter Form beschrieben werden. Dabei stehen die zu lösende Problemstellung und die Schnittstelle der Methodik im Mittelpunkt und weniger der eigentliche Problemlösungsansatz.

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der Arbeitsgruppe zusammen. Im folgenden zweiten Kapitel werden die vorhandenen Methoden klassifiziert und es wird eine globale Übersicht über die Nutzung der einzelnen Methoden gegeben. In den darauf folgenden Abschnitten werden jeweils spezifische Methoden beschrieben. Für jede Methode wird das je-

weilige Einsatzgebiet festgelegt, die Einsatzvoraussetzungen werden dargestellt und es werden die Grenzen der Einsatzmöglichkeiten abgesteckt.

Der zentrale Aspekt für den Methodeneinsatz ist die Eingabe der zugehörigen Modelle und Daten. Im Sonderforschungsbereich wurde Wert auf eine möglichst anwendungsnahe Problemformulierung gelegt. Dazu wurden in vielen Fällen neue Softwarewerkzeuge prototypisch entwickelt. Für die einzelnen Methoden wird deshalb detailliert auf die jeweils benötigten Eingaben und auf die Verfügbarkeit der zugehörigen Software eingegangen. Schließlich werden die erreichbaren Ergebnisse näher beschrieben.

Die Zielsetzung des Sonderforschungsbereichs umfasst einen integrierten Ansatz der Modellierung und Analyse. Es wurde deshalb großer Wert auf die Validierung der Methoden an Anwendungsbeispielen und auf den kombinierten Methodeneinsatz gelegt. Die Vorstellung der Methoden umfasst die Aufzählung, für welche Anwendungsprojekte die jeweilige Methode im Rahmen des Sonderforschungsbereichs eingesetzt wurde und mit welchen anderen Methoden sie kombiniert wurde.

Ein weiteres Ziel des Sonderforschungsbereichs ist die Bewertung und der Vergleich von Methoden in einem Anwendungsgebiet, um so dem Nutzer Handlungsanweisungen zu geben, welcher Lösungsansatz mit welcher Parametersetzung für ein gegebenes Problem gewählt werden sollte.

Da es nicht das Ziel dieses Berichtes ist, Details der einzelnen Methoden darzustellen, beschränkt sich die Vorstellung des internen Lösungsansatzes auf eine ausführliche Literaturliste, die zu jeder Methode erstellt wurde.

Wir hoffen, dass mit dem vorliegenden Bericht dem Modellierer großer Netze der Logistik ein Leitfaden zur Methodennutzung an die Hand gegeben wird und dass es dadurch besser gelingt, das Potenzial der modellgestützten Analyse, Steuerung und Planung in der Praxis zu nutzen.

2 Strukturelle Übersicht und inhaltliche Zusammenhänge der Methoden

Die Methoden lassen sich schwerpunktmäßig nach zwei Kriterien klassifizieren: Einerseits gibt es eine Unterscheidung nach dem **Betrachtungsgegenstand** der Methode in die Klassen Struktur und Ablauf, andererseits können nach dem **Betrachtungszweck** Methoden identifiziert werden, die entweder die Analyse oder die Dimensionierung eines GNL unterstützen. Damit lassen sich die Methoden in die vier Spalten der folgenden Tabelle einordnen, was für die in der Arbeitsgruppe exemplarisch aufgegriffenen Methoden durchgeführt wurde:

Methode	Betrachtungszweck		Betrachtungsgegenstand	
	Dimensionierung	Analyse	Struktur	Ablauf
A7: Bewertung der Stabilität von Transportnetzen				
A7: Optimierung von Hub-Standorten				
A7: Bewertung von Transportnetzen				
A15: Modellierung von SCM-Strategien				
A15: Organisationsmodelle				
M1: Ereignisdiskrete Simulation				
M1/M2: Optimierungsverfahren für dynamische Modelle				
M2: Numerische Analyseverfahren				
M2: Funktionale Analyseverfahren				
M3: Netzwerk Balanced Scorecard				
M3: Supply Chain - Benchmarking				
M3: Supply Chain - Target Costing				
M3: Simulationsgestützte Prozesskostenrechnung				
M6: Prozessketten-FMEA				
M6: Prozesskettenmanagement				
M8: Iterative Variations-/ Selektionsverfahren				
M8: Nachbarschaftsuchverfahren				
M8: Evolutionäre Algorithmen				

Dabei haben die vier Klassen folgende Bedeutung:

Struktur: Ist eine Methode in diese Kategorie eingeordnet, so bedeutet dies, dass mit ihr hauptsächlich die aktuelle Struktur eines Netzwerkes betrachtet und untersucht wird. Es handelt sich also um eine eher statische Sicht auf das Netzwerk.

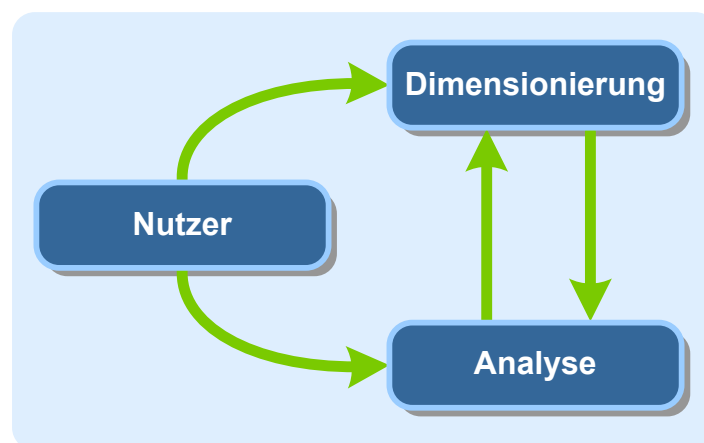
Ablauf: Im Gegensatz dazu betreffen Methoden aus dieser Spalte eher die dynamische Sichtweise. Sie untersuchen die dynamischen Abläufe in Unternehmen bzw. in GNL.

Analyse: Analyse-Methoden bieten eine Abbildung der Ist-Situation der Strukturen bzw. Abläufe und dienen u. a. dazu, Schwachstellen im Netzwerk aufzudecken oder Optimierungspotentiale zu entdecken.

Dimensionierung: Methoden in dieser Kategorie betreffen ebenfalls entweder die Struktur oder die Abläufe in den Unternehmen und liefern Lösungsvorschläge für Gestaltungsfragen.

Es ist zu beachten, dass diese Klassifizierung nicht absolut zu verstehen ist; vielmehr handelt es sich um eine schwerpunktmäßige Einordnung. D.h., eine Methode kann z.B. hauptsächlich zur Untersuchung der Struktur eines Unternehmens genutzt werden, gleichzeitig möglicherweise aber auch als Analyseinstrument für Abläufe dienen.

Der Zusammenhang zwischen den einzelnen Kategorien lässt sich durch folgende Grafik veranschaulichen:



Der Nutzer hat mit Hilfe der Methoden Zugriff sowohl auf die Dimensionierung als auch auf die Analyse des GNL. Auf der anderen Seite beeinflussen sich Dimensionierungs- und Analysemethoden gegenseitig. Durch die Analyse von Strukturen und Abläufen des Netzwerks wird die Datengrundlage gegeben, aufgrund derer nachfolgend die Dimensionierungsmethoden Lösungsvorschläge für die vorher aufgedeckten Optimierungspotentiale und Schwachstellen generieren können. Nach der folgenden Neugestaltung der Strukturen bzw. Abläufe im Netzwerk, können diese erneut Gegenstand von Analysen sein. So kann sich ein Kreislauf in der Anwendung von Analyse- und Dimensionierungsmethoden bilden, der den Netzwerkplaner bei der Optimierung von GNL unterstützt.

In Kapitel drei werden die einzelnen, oben eingeordneten Methoden anhand der nachfolgend konkretisierten, neun Kriterien beschrieben, so dass trotz der gegebenen Heterogenität des Methodenspektrums ein einheitliches Verständnis bzgl. der Einzelelemente gewonnen werden kann.

1. **Einsatzgebiet:** Unter diesem Punkt wird eine kurze inhaltliche Darstellung der Methode vorgenommen. Zudem wird darauf eingegangen, in welchem Umfeld bzw. im

Zusammenhang mit welchen übergeordneten Fragestellungen die Methode Anwendung findet.

2. **Grenzen:** Das Kriterium beschreibt vorhandene Anwendungsrestriktionen, -risiken oder -probleme, die den Einsatz der Methode limitieren oder eine kritische Hinterfragung der Ergebnisse erforderlich machen.
3. **Voraussetzungen:** Unter diesem Kriterium werden erforderliche Rahmenbedingungen bzw. Einsatzbedingungen aufgezeigt, die der erfolgreichen Anwendung der beschriebenen Methode zugrunde liegen. Darüber hinaus wird auf die Qualifikationserfordernisse und den mit der Nutzung verbundenen Aufwand eingegangen.
4. **Eingaben:** Dieser Punkt adressiert die Inputseite der Methodenanwendung. Art, Qualität und Menge der zur Anwendung der Methode benötigten Datengrundlage (Eingangsparameter, Eingangsvariablen, Informationen etc.) werden an dieser Stelle beleuchtet.
5. **Ergebnisse** sind die konkreten Resultate, die die Methodenanwendung hervorbringt und repräsentieren somit die Outputseite der Methodenanwendung. Die Ergebnisse sollen für spezifische Fragestellungen im Einsatzgebiet der Methode Hilfestellungen liefern und sind hinsichtlich Aussagekraft und Interpretationsspielraum zu bewerten.
6. **Verfügbarkeit:** Das Kriterium Verfügbarkeit stellt auf die Darstellung von nutzbaren Unterstützungswerkzeugen und -tools für den operativen Methodeneinsatz ab. Hierbei ist auch auf die Zugangs- und Nutzungsmöglichkeiten dieser Hilfsmittel einzugehen.
7. **Anwendungen im SFB:** Dieser Punkt geht darauf ein, in welchen Teilprojekten bzw. Kooperationen des SFB 559 die beschriebene Methode bereits zum Einsatz gebracht wurde.
8. **Kombination mit anderen Methoden:** Dieser Aspekt beleuchtet kurz die Abhängigkeiten bzw. Wechselwirkungen der betrachteten mit (potenziellen) weiteren Methoden, die eine kombinierte Anwendung sinnvoll und möglich erscheinen lassen. Dabei wird auch auf den resultierenden Nutzen einer solchen Kombination eingegangen.
9. **Literatur:** Für Anwender, die aufbauend auf den strukturierten Kurzbeschreibungen detaillierte Informationen zu einzelnen Methoden benötigen, liefert eine ausführliche Literaturliste zusätzliche Quellen, die Angaben über die genaue Funktionsweise der Methoden bzw. zu Anwendungsbeispielen machen.

Nach Vorstellung der einzelnen Methoden werden in Kapitel vier an Hand von zwei Anwendungsbereichen, nämlich der Optimierung von Hub-Standorten inklusive der Depotzuordnung und der numerischen Analyse von Markov-Ketten, für die verschiedene Lösungsmethoden verfügbar sind, systematische Vorgehensmodelle zum Methodenvergleich beschrieben. Auf Basis der dort eingeführten Vorgehensweisen und der bereits verfügbaren Resultate werden dem Nutzer Handlungshinweise zur Methodenauswahl und –parametrisierung gegeben.

Im abschließenden fünften Kapitel werden die in diesem Technical Report dokumentierten Ergebnisse der Arbeitsgruppe Bewertungs- und Dimensionierungsmethoden nochmals zusammenfassend dargestellt.

3 Methoden zur Bewertung und Dimensionierung von GNL

3.1 Teilprojekt A7

3.1.1 Bewertung von Transportnetzen

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ablauf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Bei der Optimierung von Anzahl und Lage der Hub-Standorte wie auch bei der Zuordnung der Depots zu den Hubs werden die von den eingesetzten Optimierverfahren gebildeten Netze bewertet. Die Ergebnisse steuern den weiteren Verlauf des Optimierverfahrens.

Grenzen: keine

Voraussetzungen:
Einstellung einer projektspezifischen Gewichtung der konkurrierenden Zielsetzungen „Kostenminimierung“ und „Servicemaximierung“.

Eingaben: Ergebnisdateien aus Optimierungsläufen, insbesondere zu Hub-Standorten und diesen zugeordneten Depot-Standorten, letztere mit ihren Versand- und Empfangsmengen zu bzw. von allen anderen Depots. Außerdem vorgegebene Ankunftszeiten an die Zieldepots, mit denen die tatsächlichen Ankunftszeiten verglichen werden.

Ergebnisse: Kennzahl „Netzqualität“ als Maßstab für die Güte des gebildeten Netzes. In diese Kennzahl fließen sowohl die Transportkosten des Hauptlaufnetzes als auch die Einhaltung vorgegebener Depot-Ankunftszeiten als Maßstab für die zeitliche Qualität des Netzes ein. Beide Aspekte Kosten und Zeiteinhaltung können frei zueinander gewichtet werden, je nach Bedarf für die jeweilige Zielsetzung der Optimierungsläufe.

Verfügbarkeit: keine getrennte. Die Methode ist Teil der Java-Module zur Hub-Standortoptimierung und Depot-Hub-Zuordnung.

Anwendungen im SFB:
A7: Servicenetze
M8: Ganzheitliche Optimierung

Kombination mit anderen Methoden:
Kombination mit Optimierverfahren zur Hub-Standortoptimierung und Depot-Hub-Zuordnung

Literatur:
[1] H. Heinrichmeyer:
Kennzahlen für die Beschreibung von Servicenetzen; Interner Bericht – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“, 2000

3.1.2 Optimierung von Hub-Standorten

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ablauf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Bei der Optimierung des Hauptlaufs von Transportnetzen muss für verschiedene Netzstruktur-Varianten entschieden werden, wie viele Hubs als zentrale Konsolidierungspunkte genutzt werden sollen und wo diese platziert werden sollen. Je weniger Hubs eingesetzt werden, desto größer ist der Konsolidierungsfaktor im Hauptlauf und damit die Kosteneinsparung im Vergleich zu Direktverkehren, desto größer sind allerdings auch die auf einzelnen Start-Ziel-Verbindungen zu fahrenden Umwege und desto später kommen demnach die Sendungen am Ziel an, was zu einer Verschlechterung des Servicegrades führt. Es muss also für verschiedene Anzahlen von Hubs deren optimale Lage gefunden werden, bevor die Ergebnisse der berechneten Netze mit den verschiedenen Hub-Anzahlen miteinander verglichen werden können und so die optimale Anzahl - samt optimaler Lage - von Hubs ermittelt werden kann. Die Obergrenze zu ermittelnder Hubs ist erreicht, wenn jedes teilnehmende Depot gleichzeitig Hub ist. Das entspräche einem Direktverkehrsnetz und damit sinngemäß einem Netz ohne Hubs. Die Untergrenze von Hubs beträgt eins und ist identisch mit einem Zentralhubnetz.

Grenzen: Die meisten der angewandten Optimierverfahren für diese Aufgabe sind Heuristiken, die zwar gute Ergebnisse liefern, aber nicht mit Sicherheit das bestmögliche Ergebnis. Insofern muss sich der Anwender bewusst sein, dass mit weitaus größerem Aufwand ggf. bessere Ergebnisse gefunden werden können. Die unter "Voraussetzungen" genannte Einschränkung in der Praxis auf bestehende Depots als potentielle Hub-Standorte ist eine weitere Grenze in Bezug auf das absolute Optimum. Mit großer Wahrscheinlichkeit würden "bessere" Lösungen gefunden werden, wenn auch andere Standorte - oder gar alle möglichen - als Kandidaten für die Huboptimierung zur Verfügung stünden.

Voraussetzungen: Für die Arbeiten innerhalb des SFB-Teilprojektes A 7 wurde vereinfachend vorausgesetzt, dass Hubs nur dort platziert werden können, wo bereits ein Depot-Standort vorhanden ist. Ein solcher Standort hätte dann sowohl Depot-Funktion (Einsammlung und Verteilung der Sendungen im Nahbereich) als auch Hub-Funktion (Konsolidierungsfunktion im Hauptlauf). Diese Einschränkung wird in der Praxis häufig vorgenommen. Die Alternative wäre die Zulassung einer beliebig großen Anzahl vorgegebener Knoten auf der grünen Wiese als zulässige Hub-Standorte, was für den Einsatz der verwendeten Algorithmen kein Hindernis wäre, allerdings eine drastische Verlängerung der Dauer der einzelnen Optimierungsläufe bedeuten würde.

Eingaben: Depotstandorte und das Mengengerüst der zwischen diesen Depots zu transportierenden Sendungen; Entfernungsmatrix zwischen allen Depots; der zur Verfügung stehende Fahrzeugpark und dessen Kosten- und Leistungsdaten; das zur Verfügung stehende Zeitfenster für den Hauptlauf in Form der spätesten Startdepot-Abfahrtszeiten und der spätesten Zielde-

pot-Ankunftszeiten; projektspezifische Gewichtung der konkurrierenden Zielsetzungen „Kostenminimierung“ und „Servicemaximierung“ für die Berechnung der Kennzahl "Netzqualität", die die berechneten Netze bewertet und somit die Optimierungsläufe steuert.

Ergebnisse: Liste der Depots, die gleichzeitig Hub-Standorte werden sollen.

Verfügbarkeit: keine getrennte. Die Methode ist Teil der Java-Module zur Hub-Standortoptimierung und Depot-Hub-Zuordnung.

Anwendungen im SFB:

A7: Servicenetze

M8: Ganzheitliche Optimierung

Kombination mit anderen Methoden:

Die Methode "Bewertung von Transportnetzen" wird innerhalb der Optimierverfahren für jedes gebildete Netz aufgerufen. Die Leistungskennzahlen der verschiedenen Optimierverfahren zur Optimierung von Hub-Standorten gehen als Input in die übergeordnete Methode "Leistungsbewertung von Optimierverfahren" ein.

Literatur:

[1] H. Heinrichmeyer; A. Reinholz:

Hub-Standortoptimierung und Depotzuordnung; Interner Bericht – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“, 2000

3.1.3 Bewertung der Stabilität von Transportnetzen gegenüber Aufkommensschwankungen

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ablauf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Untersuchung des Verhaltens von optimierten Servicenetzen auf Aufkommensveränderungen in Bezug auf Netzkennzahlen und –strukturen.

Grenzen: Die konkrete Identifikation von Schwellenwerten, an denen eine Neuplanung einer Anpassungsplanung des Netzes vorzuziehen ist, bzw. an denen die Netzkapazität für das Sendungsvolumen nach Kosten und/oder Servicegesichtspunkten nicht mehr ausreicht, ist stark von den Eingangsparametern und dem Bewertungsmaßstab abhängig. Diese können sich je nach vorliegendem Netz ändern. Verallgemeinerungen sind daher nur für gleiche Netztypen und Abhängigkeiten der Parameter untereinander zulässig.

Voraussetzungen:

Für die Untersuchung der Stabilität wird eine eigen entwickelte Suchstrategie angewendet, die auf Netzsimulationsalgorithmen und Optimierungsstrategien aufbaut. Der Kern der Suchstrategie ist die Variation von Sendungsaufkommen und –verteilung mit anschließender Neubewertung, um die Reaktion der Netzstruktur auf die neuen Bedingungen zu analysieren.

Eingaben: Ergebnisse aus vorigen Optimierungsläufen. Prozentuale Veränderungen des Aufkommens über das gesamte Netz, in Teilbereichen des Netzes bzw. bei einzelnen Depots.

Ergebnisse: Ermittlung von Rahmenbedingungen und Schwellenwerten bei Aufkommensveränderungen, ab denen eine Netzneuplanung oder eine Anpassungsplanung anzuwenden ist. Verallgemeinerbare Aussagen über die Stabilität von Netzstrukturen bei Aufkommensveränderungen.

Verfügbarkeit: Eingabe von Ergebnisdateien der optimierten Servicenetze und Veränderung der Mengen über ein Java-gestütztes Tool. Auslesen der Ergebnisse in Excel-geeigneten Formaten. Visualisierung über DISMOD+NET.

Anwendungen im SFB:
A7: Servicenetze

Kombination mit anderen Methoden: Bewertung von Transportnetzen

Literatur:
[1] A. Bernsmann, H. Schneider:
Methodik zur Ermittlung von Grenzkapazitäten in Transportnetzen, Technical Report – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“, Fertigstellung für 03/2007 geplant, 2007, ISSN 1612-1376

3.2 Teilprojekt A15

3.2.1 Organisationmodelle

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ablauf	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Die Organisationsmodelle werden für die Beschreibung und Analyse der Aufbau- und Ablaufstrukturen unternehmensintern und unternehmensübergreifend eingesetzt. Ziel dieser Modelle ist die organisationsgeeignete Strategienentwicklung.

- Systemtheorie-Modell
- Prinzipal-Agent-Modell
- Transaktionskosten-Modell
- IMP-Modell
- Ressourcenbasiertes Modell

Grenzen: Überführung von qualitativen in quantitative Kriterien.

Voraussetzungen: Jedes Organisationsmodell betrachtet einen bestimmten Unternehmensaspekt und dessen Einflussgrößen und vernachlässigt weitere wesentliche Unternehmensmerkmale.

Eingaben: Logistische Problemstellungen der Aufbau- und Ablaufstrukturen

Ergebnisse: Lösungsansätze gemessen an den Kennzahlensystemen

Verfügbarkeit: Organisationsmodelle werden für unternehmensinterne und -übergreifende Problemstellungen eingesetzt. Hierbei können alle Unternehmensbereiche betrachtet werden. Das Teilprojekt A15 betrachtet mit diesen Modellen die unternehmensinternen logistischen Bereiche und die gesamtheitliche Supply Chain.

Anwendungen im SFB:
 Kooperationen z.B. mit:
 M3 Netzwerk-Controlling
 A2 Beschaffungsketten
 M14 Mensch und Technik in der Logistik

Kombination mit anderen Methoden:
 In Kombination mit dem Software-Tool LogiChain, der Modellierung von SCM-Strategien (M7) und der Netzwerk Balanced Scorecard werden die leistungsmäßigen Auswirkungen unterschiedlicher Prozess- und Ressourcenstrukturen aufgezeigt.

Literatur:

[1] B. Hellingrath, S. Mehicic-Eberhardt:
 Analyzing challenges of collaborative supply chain strategies in environment of organizations networks. Konferenzbeitrag IMP-Group 2006.

[2] B. Hellingrath, S. Mehicic-Eberhardt, M. Witthaut:
 Analyserahmen für Organisationskonzepte der Supply Chain, interner Bericht SFB 559, ISSN 1612-1376, 2005.

3.2.2 Modellierung von SCM-Strategien

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ablauf	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Die Umsetzung einer SCM-Strategie zur verbesserten Integration in ein logistisches Netzwerk ist nicht ohne die Neustrukturierung bestehender Prozesse und Organisationsstrukturen und möglicher Investitionen in IT-Systeme bei den einzelnen Unternehmen machbar. Somit sind Verfahren zur Bewertung von Kosten und Nutzen der SCM-Strategien vor deren Einführung erforderlich. Hierbei gilt es nicht nur zu entscheiden, welche SCM-Strategie für eine Supply Chain am besten geeignet ist. Es muss auch festgelegt werden, wie eine SCM-Strategie zu parametrisieren ist. So sind beispielsweise die Frequenz der Weitergabe und der Umfang der Bedarfsinformationen Strategieparameter, die wesentlichen Einfluss auf die Zielerreichung und die Prozesskosten haben.

Grenzen: Für die ersten Schritte der Untersuchung einer SCM-Strategie ist sicherlich ein statischer, d. h. nicht zeitbehafteter Modellierungsansatz ausreichend. Mit der Detaillierung der Materialfluss- und Informationsprozesse kommen aber derart viele Zeitfaktoren ins Spiel, wie z. B. der Zeitbedarf für Trans-

porte und deren statistische Verteilung oder der Zeitbedarf für Planungsvorgänge und für die Informationsweitergabe, dass mit den statischen Methoden keine aussagekräftigen Ergebnisse erzielt werden können. Hier ist eine dynamische zeitbehaftete Modellbildung und Untersuchung notwendig, wie sie das Instrument der Simulation anbietet.

Voraussetzungen:

Vorhandene Aufbau- und Ablaufstrukturen, definierte SCM-Strategien.

Eingaben:

Angaben über Produkte, Netzwerkstrukturen, die Produktions- und Transportressourcen sowie die Systemlast (in Form von Produktbedarfen) für logistische Netzwerke; eingesetzte Dispositionsverfahren.

Ergebnisse:

Bewertung der Eignung unterschiedlicher SCM-Strategien für eine Supply Chain hinsichtlich verschiedener logistischer Kenngrößen.

Verfügbarkeit:

Diese Methode wurde im Teilprojekt M7 entwickelt. Das Teilprojekt wurde zum Ende der zweiten Phase abgeschlossen.

Anwendung im SFB:

Erfolgt im Teilprojekt A15

Kombination mit anderen Methoden:

Einsatz der Prozesskettenmodellierung zur Erhebung von Modellierungsdaten; Methoden der Datenerhebung und -aufbereitung von M9

Literatur:

- [1] Hellingrath, B.; Alberti, A.; Witthaut, M.: Simulation von Verfahren zum Supply Chain Management. In: PPS Management, (9/2004) 1, S. 44-47.
- [2] Witthaut, M.; Hellingrath, B.: Modellierungsrahmen für Dispositionsstrategien in GNL. Technical Report – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ 03007, Juli, 2003. ISSN 1612-1376

3.3 Teilprojekt M1

3.3.1 Ereignisdiskrete Simulation

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ablauf	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Einsatzgebiet:

Durch den Einsatz ereignisdiskreter Simulation kann das typische Verhalten von Prozesskettenmodellen bestimmt werden, wobei sowohl deterministische als auch stochastische Verhaltensweisen berücksichtigt werden. Dabei kann eine Reihe von Kenngrößen für das Modell ermittelt werden. Daraus ergibt sich eine breite Einsetzbarkeit zur quantitativen Analyse von Systemen aus unterschiedlichsten Anwendungsgebieten (z.B. Logistik, Verkehrstechnik, Fertigungstechnik, Kommunikationstechnik, Computersysteme, etc.).

Grenzen: Das Erkennen seltener Ereignisse ist mit Simulationen nur bedingt möglich und stellt damit das größte Problem beim Einsatz von Simulationen dar.

Voraussetzungen:

Das Modell muss im ProC/B-Paradigma modelliert sein. Je nach Art der Abbruchkriterien muss das Modell eine stationäre Phase erreichen können.

Eingaben: Beschreibung der zu analysierenden Modelle als hierarchische Prozesskettenmodelle im ProC/B-Paradigma sowie der zum messenden Größen.

Ergebnisse: Technische Resultate wie Durchsätze, Durchlaufzeiten oder Auslastungen, aber auch ökonomische Maße wie Kosten. In der Regel Ermittlung von Mittelwerten im stochastischen Fall mit den zugehörigen Konfidenzintervallen. Prinzipiell ist aber auch die Bestimmung von detaillierteren Maßen wie Quantilen oder höheren Momenten möglich.

Verfügbarkeit: Die im ProC/B-Editor spezifizierten Modelle können automatisch in ein Simulationsmodell transformiert werden, das dann mit dem Tool Hit analysiert wird. Die Ergebnisse sind anschließend in der Benutzerschnittstelle auf Prozesskettenebene visualisierbar.

Anwendungen im SFB:

Nutzung in zahlreichen Anwendungsprojekten durch Kooperation M1 mit den Anwendungsprojekten, z.B.:

A2 Beschaffungsketten

A3 Management von integrierten Supply Chains

A4 Netze und Güterverkehrszentren

A11 Planung, Steuerung und Optimierung von verteilten Redistributionsnetzen von Mehrweg-Transportverpackungen

Kombination mit anderen Methoden:

Kombination mit analytischen Analysemethoden durch Dekomposition und Aggregation zur effizienteren Analyse. Kombination mit Optimierungsverfahren wie RSM oder Evolutionsstrategien zur Systemoptimierung, dann Teil einer Dimensionierungsmethode. Kombination mit Methoden der Kostenrechnung zur Ermittlung von ökonomischen Maßen aus dynamischen Modellen in Zusammenarbeit mit M3.

Literatur:

- [1] Mirko Eickhoff, Michael Hierweg.
Hands On B1-Tools - Eine beispielorientierte Einführung in die Anwendung der B1-Tools, Sonderforschungsbereich 559, Technical Report 02004, 2002.
- [2] Anne Schulze im Hove, Frank Stüllenberg, Marcus Völker.
Erweiterung des ProC/B-Paradigmas zur Abbildung entscheidungsrelevanter Kosten und zur Kostenverrechnung, Sonderforschungsbereich 559, Technical Report 03019, 2003.
- [3] Micheal Kaczmarek, Marcus Völker.
Entwicklung von Simulationsmodellen für die Analyse von Supply Chain-Strategien und -Strukturen im ProC/B-Paradigma, Sonderforschungsbereich 559, Technical Report 03020, 2003.
- [4] Christian Dilling, Marcus Völker.
Beispielmodellierung eines Güterverkehrszentrums im ProC/B-

3.4 Teilprojekte M1 & M2

3.4.1 Optimierungsverfahren für dynamische Modelle

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ablauf	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Verbesserung des Verhaltens eines Modells bzgl. einer skalaren Zielfunktion unter Ausnutzung der im Prozesskettenmodell vorhandenen Freiheitsgrade.

Grenzen: Die Anzahl der Freiheitsgrade im Modell und das eingesetzte Optimierungsverfahren bestimmen im Wesentlichen die Anzahl der Analysen des Modells während eines Optimierungsdurchgangs. Damit ist die Anzahl der Freiheitsgrade, die ein Modell enthalten darf, aufgrund von Zeitvorgaben nach oben beschränkt.
Aufgrund der Eigenschaften dynamischer Modelle und deren Analyseverfahren kann nicht mit Sicherheit ein Optimum gefunden werden. Die Optimierungsverfahren bestimmen möglichst gute Werte für Freiheitsgrade in Modellen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit besser als viele andere Werte sind. Je nach Optimierungsverfahren besteht ein gewisses Risiko nur den Bereich eines lokalen Optimums zu finden.

Voraussetzungen: Vorzugsweise werden Modelle im ProC/B-Paradigma oder Petrinetze der APNN-Toolbox verwendet. Die Nutzung weiterer Modellierungssprachen ist möglich, sofern eine automatische Analyse der Modelle möglich ist.

Eingaben: Ein Modell eines dynamischen Systems und dessen Freiheitsgrade (z.B. im ProC/B-Paradigma)
Eine entsprechende Analysetechnik (z.B. Simulation)
Eine Zielfunktion mit Nebenbedingungen

Ergebnisse: Werte für gegebene Freiheitsgrade, die bzgl. der Zielfunktion „gut“ sind. Darüber hinaus werden die Einzelergebnisse der Analyseverfahren wie z.B. Durchsätze oder Kosten für eine Menge von Werten bestimmt, die ein tieferes Verständnis des Systems ermöglichen.

Verfügbarkeit: Im Rahmen des Tools OPEDo stehen eine Reihe von Optimierungsverfahren bzw. lokale und globale Suchheuristiken zur Verfügung; zu diesen zählen RSM, Pattern Search, Evolutionäre Algorithmen und Kriging-Modellbasierte Optimierung. Sowohl der Ablauf als auch das Ergebnis der Optimierung werden visualisiert.

Anwendungen im SFB: Nutzung zur Optimierung des Modells einer Stückgutumschlaghalle

Kombination mit anderen Methoden:

Kombination mit verschiedenen Analysemethoden wie z.B. Simulation ist möglich. Sofern eine entsprechende Analysemethode vorhanden ist, können auch weitere Modellierungstechniken genutzt werden.

Literatur:

- [1] P. Buchholz, P. Kemper, D. Müller, M. Stöber, and A. Thümmler.
A Tool for Optimization and Performance Evaluation of Stochastic Models, MMB 2006, Nürnberg, Germany, March 2006
- [2] P. Buchholz and A. Thümmler.
Enhancing Evolutionary Algorithms with Statistical Selection Procedures for Simulation Optimization, Proc. ACM Winter Simulation Conference (WSC), Orlando, Florida, USA, 842-852, Dec. 2005.
- [3] P. Kemper, D. Müller, A. Thümmler.
Combining Response Surface Methodology with Numerical Models for Optimization of Markovian Models, accepted for IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing. Revised and extended version of a paper in Proc. of the 2005 International Conference on Dependable Systems and Networks, Yokohama, JP, June, 2005, pages 550-559, IEEE CS Press, 2005.
- [4] P. Buchholz, D. Müller, and A. Thümmler.
Optimization of Process Chain Models with Response Surface Methodology and the ProC/B Toolset, in: H.O. Günther, D.C. Mattfeld, L. Suhl (Eds.), Supply Chain Management und Logistik, 553-575, Physica-Verlag, Apr. 2005.

3.5 Teilprojekt M2

3.5.1 Numerische Analyseverfahren

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ablauf	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Durch den Einsatz numerischer Analyseverfahren kann das Verhalten von Prozesskettenmodellen bestimmt werden, wobei sowohl deterministische als auch stochastische Verhaltensweisen berücksichtigt werden. Dabei kann eine Reihe von Kenngrößen für das Modell ermittelt werden. Daraus ergibt sich eine breite Einsetzbarkeit zur quantitativen Analyse von Systemen aus unterschiedlichsten Anwendungsgebieten (z.B. Logistik, Verkehrstechnik, Fertigungstechnik, Kommunikationstechnik, Computersysteme, etc.).

Grenzen: Die numerische Analyse setzt voraus, dass das Modell auf einen Markov-Prozess mit endlichem Zustandsraum abgebildet werden kann, der auf Zustandsebene numerisch analysiert wird. Dies bedeutet, dass Systeme mit einer potenziell unendlichen Prozesspopulation nicht analysierbar sind. Praktische Grenzen ergeben sich aus der verfügbaren Rechenleistung und dem verfügbaren Speicherplatz. Da die Zustandsräume sehr schnell mit der Modellgröße wachsen, eignet sich die Methode im Wesentlichen zur Analyse kleiner aber komplexer Modelle.

Voraussetzungen:

Die Endlichkeit des Zustandsraums und auch die praktisch relevanten Größenbeschränkungen bedingen, dass nur Modelle mit wenigen Prozesskettenelementen und wenigen Prozessen analysiert werden können. Darüber hinaus müssen sämtliche Entscheidungen im Modell als Zufallsentscheidungen getroffen werden, die allerdings vom Systemzustand beeinflusst werden können. Zeiten müssen entweder durch Exponentialverteilungen oder durch ein Netz von Exponentialverteilungen modellierbar sein. Im praktischen Einsatz können momentan Exponentialverteilungen, Erlang-Verteilungen und Hyperexponentialverteilungen verwendet werden.

Eingaben:

Modelle können im ProC/B-Paradigma spezifiziert werden. Es ergeben sich einige Einschränkungen bei den zu verwendenden Prozesskettenelementen, die im Detail in [2] beschrieben werden. Aus den ProC/B-Modellen wird automatisch ein stochastisches Petri-Netz generiert, welches analysiert wird. Modelle können deshalb auch direkt als farbige Petri-Netze beschrieben werden.

Ergebnisse:

Technische Resultate wie Durchsätze, Durchlaufzeiten oder Auslastungen. Ermittlung von Wahrscheinlichkeiten, die unter anderem zur Berechnung von Mittelwerten aber auch zur Bestimmung von Verteilungen für Zustandsgrößen genutzt werden können. Neben den angegebenen vordefinierten Maßen für ganze Modelle und einzelne Komponenten können durch die Definition von Bewertungsfunktionen auf der Ebene des Petri-Netzes auch komplexe Resultate, die auf dem Zusammenspiel mehrerer Zustandsvariablen basieren, definiert und berechnet werden.

Verfügbarkeit:

Die Modelle können mit dem ProC/B-Editor spezifiziert werden und anschließend automatisch in Petri-Netze transformiert werden. Die Petri-Netze werden mit Hilfe der zugehörigen Analysesoftware, die Teil der frei verfügbaren APNN-Toolbox ist, analysiert. Alternativ können Modelle auch mit Hilfe der APNN-Toolbox spezifiziert und analysiert werden, ohne die Prozesskettenbeschreibung zu nutzen. Ergebnisse sind im ProC/B-Editor oder in der APNN-Toolbox visualisierbar.

Anwendungen im SFB:

A4: Güterverkehrszentrum

Kombination mit anderen Methoden:

Kombination mit Optimierungsverfahren wie RSM oder Evolutionsstrategien zur Systemoptimierung, dann Teil einer Dimensionierungsmethode.

Literatur:

- [1] C. Dilling, M. Fischer.
Analytisch-numerische Techniken zur Lagerbestand-Analyse unter Berücksichtigung einer zeitlich variierenden Belastung, Technical Report – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ 03013, 2003, ISSN 1612-1376
- [2] M. Fischer, P. Kemper, C. Tepper, Z. Wu.
Abbildung von ProC/B nach Petri Netzen – Version 2, Technical Report – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ 03011, 2003
ISSN 1612-1376

- [3] F. Bause, P. Buchholz, C. Tepper.
The ProC/B-Approach from Informal Descriptions to Formal Models, Proc. 1st Int. Symposium on Leveraging Applications of Formal Methods (IsoLA'04).
- [4] P. Buchholz, P. Kemper.
Kronecker Based Matrix Representations for Large Markov Chains. In: B. Haverkort, H. Hermanns, M. Siegle (Hrsg.), Validation of Stochastic Systems, Springer LNCS 2925, 2004, pp. 256-295.
- [5] P. Buchholz, M. Fischer, P. Kemper, C. Tepper.
Model checking of CTMCs and discrete event simulation integrated in the APNN-Toolbox. In: F. Bause (ed.), Tools of the 2003 Illinois Multi-conference on Measurement, Modelling and Evaluation of Computer-Communication Systems. Fachbereich Informatik, Universität Dortmund, Forschungsbericht No. 781 (2003) 30-33
- [6] F. Bause, P. Buchholz and P. Kemper.
A Toolbox for Functional and Quantitative Analysis of DEDES. In: R. Pujanger, N. N. Savino and B. Serra (eds.). Quantitative Evaluation of Computing and Communication Systems, Springer LNCS 1469 (1998) 356-359 (Long-Version Universität Dortmund, Fachbereich Informatik, Forschungsbericht Nr. 680, 1998).

3.5.2 Bewertungsmethoden für Warteschlangennetze

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ablauf	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Durch den Einsatz von Bewertungsmethoden für Warteschlangennetze kann das Verhalten von bestimmten Klassen von Prozesskettenmodellen bestimmt werden, wobei sowohl deterministische als auch stochastische Verhaltensweisen berücksichtigt werden. Dabei kann eine Reihe von Kenngrößen für das Modell ermittelt werden. Daraus ergibt sich eine breite Einsetzbarkeit zur quantitativen Analyse von Systemen aus unterschiedlichsten Anwendungsgebieten (z.B. Logistik, Verkehrstechnik, Fertigungstechnik, Kommunikationstechnik, Computersysteme, etc.).

Grenzen: Es können ausschließlich Prozesskettenmodelle ohne explizite Synchronisation und ohne Datenabhängigkeit analysiert werden. Die Analyse basiert auf der etablierten Mittelwertanalyse für Warteschlangennetze. Dadurch basieren Resultate nur auf Mittelwerten der Modellparameter, insbesondere der einzelnen Zeiten.

Voraussetzungen: Die übergebenen Modelle müssen den Anforderungen der verwendeten Methode genügen. Es werden unterschiedliche Methoden unter der Warteschlangennetzanalyse subsumiert, die unterschiedlich restriktiv sind. Generell können aber nur relativ abstrakte Modelle analysiert werden.

Eingaben: Im Sonderforschungsbereich werden die zu analysierenden Modelle als Prozesskettenmodelle im ProC/B-Editor beschrieben und automatisch der Analyse zugeführt.

Ergebnisse: Technische Resultate wie Durchsätze, Durchlaufzeiten oder Auslastungen. Teilweise ist die Festlegung von Lastpfaden möglich, so dass Leistungsmaße verursacherbasiert ermittelt werden. Je nach Analyseverfahren sind die Ergebnisse exakt bzw. approximativ.

Verfügbarkeit: Auf ProC/B-Ebene ist eine prototypische Implementierungen verfügbar.

Anwendungen im SFB:
A4 Güterverkehrszentrum

Kombination mit anderen Methoden:
Kombination mit Optimierungsverfahren wie RSM oder Evolutionsstrategien zur Systemoptimierung, dann Teil einer Dimensionierungsmethode.

Literatur:

- [1] Markus Arns.
Approximative Verfahren auf erweiterten Fork/Join-Warteschlangennetzen zur Analyse von Logistiknetzen, Dissertation Fachbereich Informatik, Universität Dortmund, 2006.
- [2] M. Arns, H. Beilner, M. Fischer, P. Kemper, M. Völker.
Beispielmodellierung von Beschaffungskanälen – Analyse, SFB 559 Report 00014, 2000.
- [3] M. Arns, M. Fischer, P. Kemper.
Anwendung nicht-simulativer Techniken zur Analyse eines dezentralen Güterverkehrszentrums, SFB 559 Report 03017, ISSN 1612-1376, 2003.

3.5.3 Funktionale Analyseverfahren

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ablauf	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Durch den Einsatz von funktionalen Analyseverfahren kann das Verhalten von Prozesskettenmodellen bestimmt werden, wobei sowohl deterministische als auch stochastische Verhaltensweisen berücksichtigt werden. Ziel ist die Validierung des funktionalen Verhaltens ohne Berücksichtigung quantitativer Aspekte.

Grenzen: Die Dauer dieser Analyseverfahren hängt im Wesentlichen von der Größe des Zustandsraums ab, da Lösungszeit und Speicherplatz der Analyse direkt von der Zustandsraumgröße abhängen. Aufgrund der intern durchgeführten Transformationen können die analysierten Modelle Unterschiede zum Originalmodell aufweisen, da Details weggelassen werden, damit die Modelle analysierbar werden. Insgesamt eignet sich der Ansatz nur für relativ kleine Modelle.

Voraussetzungen:

Es lassen sich nur Modelle analysieren, deren Zustandsraum endlich und nicht zu groß ist. In der Praxis bedeutet dies, dass die Zahl der Prozesse und der Prozesskettenelemente im Modell beschränkt werden muss. Zeit- oder Wahrscheinlichkeitsverteilungen haben auf das Verhalten keinen Einfluss, da beide nicht bei der Analyse betrachtet werden.

Eingaben:

Im Sonderforschungsbereich Beschreibung der zu analysierenden Modelle als hierarchische Prozesskettenmodelle im ProC/B-Paradigma mit automatisierter Abbildung auf andere Modellierungstechniken zur Invarianten- und Lebendigkeitsanalyse (beide über Petrinetze) und zum Modelchecking (über Spin / Promela).

Ergebnisse:

Klassifizierung von Ressourcen als wieder verwendbar bzw. konsumierbar
Bestimmung von Verhältnissen von Dienstaufrufen (Input/Output-Ratio)
Erkennung von Deadlocks
Aussagen über die Einhaltung von Modelleigenschaften

Verfügbarkeit:

Der ProC/B-Editor ist verfügbar, die benötigten Transformatoren wurden prototypisch implementiert. Die verwendeten Analysewerkzeuge sind alle frei verfügbar.

Anwendungen im SFB:

A4 Lager eines GVZ
A5 Flughafennetzwerk
Beschaffungskanal in der Automobilindustrie

Kombination mit anderen Methoden:

Keine direkte Kombination mit anderen Methoden. Die Methode eignet sich aber dazu Fehler in Modellen, insbesondere Simulationsmodellen, zu erkennen und sollte deshalb vor einer quantitativen Analyse zum Einsatz kommen. Dazu ist es oftmals notwendig einzelne Modellteile separat zu analysieren.

Literatur:

- [1] Buchholz, P.; Tepper, C.
Functional Analysis of Process-Oriented Systems, In: H. Fleuren, D. den Hertog, P. Kort (Eds.), Operations Research Proceedings 2004, Tilburg, September 1-3, 2004. Springer 2005, 127-135.
- [2] Kemper, P.; Tepper, C.
A Petri net approach to debug simulation models of logistic networks, In Proc. of the 5th Mathmod Conference, Vienna, Austria, February 8-10, 2006.

3.6 Teilprojekt M3

3.6.1 Netzwerk-Balanced Scorecard (NW-BSC)

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ablauf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Die NW-BSC ist ein Management- und Kennzahlensystem, das insbesondere nicht-monetäre Einflüsse auf finanzielle Größen über Ursache-Wirkungsketten sichtbar macht:

- Identifizierung und Bewertung von bedeutenden finanziellen und nicht-finanziellen Einflussgrößen
- Bewertung von Strategien in GNL (z.B. der Beschaffungsstrategien JIT, VMI, ...)
- Bewertung von Kooperationserfolg bzw. Operationalisierung von Kooperationswirkungen

Die NW-BSC besteht aus fünf verschiedenen Perspektiven, in der die Kennzahlen hinterlegt sind. Für den Einsatz in Supply Chains wurde eine eigene Kooperationsperspektive generiert, welche die kooperationsrelevanten Ziele, Kennzahlen und Maßnahmen abbildet. So kann garantiert werden, dass die Erfolgswirkungen von Kooperationen mit der Gesamtunternehmensstrategie verknüpft werden.

Grenzen: Probleme treten bei der Quantifizierung der nicht-finanziellen Kennzahlen auf. Weiterhin ist der direkte Einfluss der Kennzahlen in den nicht-finanziellen Perspektiven auf die finanziellen Kennzahlen schwer zu messen.

Voraussetzungen: Der Aufwand zur Erstellung der Scorecard hängt vom Umfang und von der gewünschten Aussage ab. Die Anzahl der Kennzahlen ist variabel: Je mehr Kennzahlen aufgenommen und erfasst werden, desto größer ist zwar der Aufwand, aber desto größer ist auch die Aussagekraft. Allerdings können zu viele Kennzahlen zu unübersichtlich werden. (Als Richtlinie können 6-8 Kennzahlen pro Perspektive sinnvoll sein.)

Eingaben: Kennzahlen für die verschiedenen in der NW-BSC betrachteten Perspektiven

Ergebnisse: Ursache-Wirkungsketten bzw. Kennzahlensystem mit verschiedenen Liquiditätskennzahlen zur Bewertung und Messung der Performance von GNL

Verfügbarkeit: Die NW-BSC ist auf viele verschiedene Bereiche des SFB anwendbar (z.B. Beschaffungslogistik, Produktionslogistik, Distributionslogistik). Das Tool ermöglicht es Unternehmen, den aktuellen Stand der Strategieumsetzung anhand von Kennzahlen zu beurteilen. Damit unterstützt die NW-BSC bei Entscheidungen im Management.

Anwendungen im SFB:

Kooperation z.B. mit:

- M1 Effiziente Simulation
- A2 Beschaffungsketten
- A4 Netze und Güterverkehrszentren

Kombination mit anderen Methoden:

In Kombination mit dem ProC/B-Toolset von M1 sollen die kostenmäßigen Auswirkungen unterschiedlicher Prozess- und Ressourcenstrukturen mit Kostensimulationen aufgezeigt werden. Es ist außerdem sinnvoll, die NW-BSC um ein Instrument des Kostenmanagements zu ergänzen (z.B. SC-Prozesskostenrechnung, SC-Target Costing oder SC-Benchmarking).

Literatur:

- [1] *Jehle, E.; Schulze im Hove, A.:*
Performance Measurement in Supply Chains with the Supply Chain Balanced Scorecard. In: Conference Proceedings. NOFOMA 2005, Kopenhagen, 09.-10.6.2005.
- [2] *Bauseler, A.; Dilling, C.; Schulze im Hove, A.; Stüllenberg, F.:*
Netzwerk-Balanced Scorecard - Bewertung logistischer Kooperationen in Güterverkehrszentren. In: Material Management - Logistik in Produktion und Distribution, 12. Jg. (2005), Nr. 5, S. 22-25.
- [3] *Stüllenberg, F.; Schulze im Hove, A.; Weidt, S.:*
Inhaltliche Ausgestaltung der Netzwerk-Balanced Scorecard für Beschaffungsketten. Technical Report - Sonderforschungsbereich 559 "Modellierung großer Netz in der Logistik" 03024, Dezember, 2003, ISSN 1612-1376.
- [4] *Bauseler, A.; Dilling, C.; Schulze im Hove, A.; Stüllenberg, F.:*
Ausgestaltung der Netzwerk-Balanced Scorecard für Güterverkehrszentren, Technical Report - Sonderforschungsbereich 559 "Modellierung großer Netz in der Logistik" 03015, Dezember, 2003, ISSN 1612-1376.
- [5] *Stüllenberg, F.; Schulze im Hove, A.:*
Die Netzwerk-Balanced Scorecard als Instrument des Netzwerk-Controlling. Technical Report - Sonderforschungsbereich 559 "Modellierung großer Netze in der Logistik" 03002, Mai, 2003, ISSN 1612-1376.
- [6] *Jehle, E.; Stüllenberg, F.; Schulze im Hove, A.:*
Netzwerk-Balanced Scorecard als Instrument des Supply Chain Controlling. In: Supply Chain Management, 2. Jg. (2002), Nr. 4, S. 19-25.
- [7] *Meinke, A.:*
Cost-oriented Supply Chain Management and Supply Chain Controlling – Configuration and Combination of Instruments. Dissertation, Universität Dortmund, 2006.

3.6.2 Simulationsgestützte Prozesskostenrechnung

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ablauf	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Integrierte und ganzheitliche Planung und Steuerung der internen und externen Geschäftsprozesse im Supply-Chain-Controlling.

Grenzen: Die Grenzen dieser Prozesskostenrechnung liegen in der begrenzten Anzahl von Kostentreibern und der teilweise subjektiven Zuordnung von kostenverursachenden Objekten zu den definierten Kostentreibern. Es kann natürlich eine größere Anzahl an Kostentreibern verwendet werden, doch steigt damit der Aufwand und sinkt evtl. die Aussagekraft und Übersichtlichkeit.

Voraussetzungen:

Die an der Supply-Chain beteiligten Unternehmen, über die eine Prozesskostenrechnung vorgenommen werden soll, müssen in Kostenstellen, Kostenträger und Kostenarten aufgeteilt werden. Je nach Größe und Komplexität des Unternehmens, kann sich dies als sehr aufwendig erweisen. Allerdings muss die Aufteilung nur einmalig erfolgen, für alle weiteren Berechnungen ist eine erneute Untersuchung des Unternehmens nicht notwendig. Lediglich die Kosten müssten neu erfasst werden.

Eingaben: Festlegung von Prozesskostensätzen und relevanter Kostentreiber sowie aller Objekte in der Supply Chain, die zur Kostenverursachung beitragen.

Ergebnisse: Transparente Kostenstrukturen sowie Reduzierung der Kosten entlang der gesamten Supply-Chain, um einen langfristigen Wettbewerbsvorteil zu erzielen. Es wird eine genaue Kostenzuteilung zu den verursachenden Objekten in der Supply Chain ermöglicht. Aufgrund der Ergebnisse der Supply-Chain-Kostenrechnung können Beziehungen zwischen Lieferant und Kunde zu optimalen Kosten neu geplant bzw. umstrukturiert werden. (→ Dimensionierung)
Weiterhin wird eine genaue Planung, Steuerung und Beobachtung der Geschäftsprozesse ermöglicht.

Verfügbarkeit: Mit Hilfe des Proc/B-Toolsets kann das Unternehmen modelliert und die Kosten im Sinne der Prozesskostenrechnung simuliert werden. Damit unterstützt die simulationsgestützte Prozesskostenrechnung Entscheidungen im Management.

Anwendungen im SFB:

Kooperation z.B. mit:
M1: Effiziente Simulation

Kombination mit anderen Methoden:

Kombination mit dem Simulationstoolset von ProC/B möglich.
Integration in die Netzwerk-Balanced Scorecard möglich.

Literatur:

- [1] *Schulze im Hove, A.:*
Unterstützung des Netzwerk-Controlling durch ein simulationsgestütztes Prozesskostenmanagement. Vortrag, Intensivseminar des SFB 559, Dortmund, August 2005.
- [2] *Meinke, A.:*
Cost-oriented Supply Chain Management and Supply Chain Controlling – Configuration and Combination of Instruments. Dissertation, Universität Dortmund, 2006.

3.6.3 Supply-Chain Target Costing

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ablauf	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Beim Supply-Chain Target Costing handelt es sich um ein Instrument zur Kostenplanung, -steuerung und -kontrolle innerhalb einer Supply Chain. Es werden alle Teilnehmer der Supply Chain berücksichtigt, die an der Produktion beteiligt sind bzw. Dienste zur Verfügung stellen. Ziel ist die bestmögliche Erfüllung der Marktanforderungen.

Grenzen: Es gestaltet sich als schwierig, alle Teilnehmer der Supply Chain, insbesondere alle Lieferanten, in das SC-Target Costing mit einzubeziehen. Die Gründe hierfür liegen vor allem in mangelndem Vertrauen und heterogenen Zielsetzungen. Außerdem ist es problematisch, die Markt- und Kundenanforderungen entlang der gesamten Supply-Chain zu definieren. Hauptsächlich beziehen sich diese Anforderungen auf das fokale Unternehmen und vorgelagerte Zulieferer.

Voraussetzungen: Als erstes müssen die Marktbedingungen analysiert und ein Ziel-Verkaufspreis sowie eine Ziel-Gewinnspanne festgesetzt werden. Zur Bestimmung der Zielpreise müssen entweder Kundenwünsche analysiert und evaluiert werden oder (bei Orientierung an der Konkurrenz) die Preise desjenigen Konkurrenten bestimmt werden, der zur Zeit marktführend ist. Aus der Differenz von Zielpreisen und Zielgewinnspanne ergeben sich die zulässigen Kosten, die mit den aktuellen abweichenden Kosten verglichen werden.

Eingaben: Als Eingaben für das Supply-Chain Target Costing dienen die im Vorfeld festgelegten Zielpreise und Zielgewinnspanne. Sie bilden die Basis für das weitere Vorgehen und alle weiteren Berechnungen.

Ergebnisse: Das Instrument dient zur Reduzierung der Kosten in der Supply Chain bei gleich bleibend hoher Qualität und ermöglicht eine strategische Planung des Gewinns. Z.B. können nach der Marktanalyse unwichtige Produkteigenschaften herausgefiltert und so die Produktion im Hinblick auf die Kundenwünsche verbessert werden.

Falls die laufenden Kosten die zulässigen Zielkosten übersteigenden, muss das Supply Chain Management entsprechende Maßnahmen zur Kostensenkung ergreifen, indem die Kosten der einzelnen Erzeugnisstufen über die gesamte Supply Chain hinweg analysiert werden, um Kosteneinsparungsmöglichkeiten offen zu legen.

Verfügbarkeit: Das Supply-Chain Target Costing dient als Controlling-Instrument zur Unterstützung des Supply-Chain-Kostenmanagements.

Anwendungen im SFB:
zur Zeit noch keine Kooperation mit anderen Teilprojekten

Kombination mit anderen Methoden:
Integration in die Netzwerk-Balanced Scorecard möglich.

Literatur:

[1] *Meinke, A.:*
Cost-oriented Supply Chain Management and Supply Chain Controlling – Configuration and Combination of Instruments. Dissertation, Universität Dortmund, 2006.

3.6.4 Supply-Chain Benchmarking (SC-BM)

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ablauf	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Supply-Chain Benchmarking ist ein kontinuierlicher und systematischer Prozess, der dazu dient, entweder ausgewählte Objekte innerhalb einer Supply Chain oder aber zwei Supply Chains miteinander zu vergleichen. Es wird also zwischen dem internen und dem externen Supply-Chain Benchmarking unterschieden.

Grenzen: Das SC-Benchmarking lässt sich am besten zum Vergleich von Standardprozessen einsetzen, da beim Vergleich von innovativer Produktentwicklung ein Verlust von Wettbewerbsvorteilen zu befürchten wäre. Außerdem kann es sich beim externen Benchmarking als schwierig erweisen, an Informationen des Benchmarking-Partners zu gelangen, da Vertrauen hier wieder eine große Rolle spielt.

Voraussetzungen: Bevor mit dem eigentlichen Benchmarking, d.h. mit dem Vergleich begonnen werden kann, müssen einige Schritte im Voraus unternommen werden: Dazu gehört die Auswahl von BM-Objekten bzw. die Ziele, welche mit dem Benchmarking in der Supply Chain erreicht werden sollen, anschließend die Ernennung eines Bm-Teams, das für die Durchführung verantwortlich ist und schließlich die Auswahl von BM-Partnern.

Eingaben: Als Eingaben für das SC-Benchmarking dienen einerseits die Daten der ausgewählten Benchmarking-Objekte. Andererseits müssen Daten und In-

formationen über die Objekte des/der Benchmarking-Partner gewonnen werden.

Ergebnisse: Allgemein soll eine Verbesserung des Produktionsprozesses erzielt werden; genauer können z.B. eine Leistungsverbesserung, effizientere Geschäftsprozesse und/oder Reduzierung der Kosten die Folge sein. Im Anschluss an das SC-Benchmarking ist eine genaue Beobachtung, Kontrolle und eventuelle Anpassung der vorher definierten Benchmarking-Objekte notwendig.

Verfügbarkeit: Das Supply-Chain Benchmarking dient zur Unterstützung des Supply-Chain-Managements.

Anwendungen im SFB:
zur Zeit noch keine Kooperation mit anderen Teilprojekten

Kombination mit anderen Methoden:
Integration in die Netzwerk-Balanced Scorecard möglich.

Literatur:

[1] *Meinke, A.:*
Cost-oriented Supply Chain Management and Supply Chain Controlling – Configuration and Combination of Instruments. Dissertation, Universität Dortmund, 2006.

3.7 Teilprojekt M6

3.7.1 Prozesskettenmanagement (PKM)

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ablauf	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Die Methodik des Prozesskettenmanagements liefert eine deskriptive, leicht verständliche Beschreibungsform zur Visualisierung, Planung, Gestaltung und Optimierung von dynamischen Prozessabläufen in und zwischen Organisationen. Insbesondere eignet sie sich zur Modellierung von Materialflussprozessen, Bearbeitungs- und Prüfprozessen, Prozessen in Logistiknetzwerken/Kooperationsprozessen, Informations- und Steuerungsprozessen sowie in strategischen Planungsprozessen. Die einzelnen Prozessbausteine lassen sich anhand der vier Parameter Strukturen, Ressourcen, Prozesse und Lenkung charakterisieren. Durch die einheitliche und selbstähnliche Beschreibungsform von Prozessbausteinen kann der Detaillierungsgrad angepasst und somit das benötigte Verständnis der im Netzwerk ablaufenden, komplexen Prozesse leichter erlangt werden. Auf dieser Grundlage lassen sich Schwachstellen im Ist-Zustand identifizieren und geeignete Verbesserungsmaßnahmen diskutieren.

Grenzen: Grenzen liegen in der Erstellung streng formalisierter, simulationsfähiger Modelle.

Voraussetzungen:

Zur Anwendung der Methode müssen Kenntnisse bzgl. der Modellierungssprache des Prozessketteninstrumentariums gegeben sein, die allerdings relativ leicht zu erwerben sind; schwieriger ist die Beschaffung der zur Modellierung abteilungs- oder gar unternehmensübergreifender Prozessketten benötigten, häufig aber auf verschiedene Prozessbeteiligte verteilten Informationen; darüber hinaus muss für ein Modell ein durchgängiger, einheitlicher Detaillierungsgrad festgelegt und während der im Regelfall interaktiv erfolgenden Modellerstellung eingehalten werden.

Eingaben:

Die Prozessvisualisierung in Form von Prozesskettenplänen ist der wichtigste Schritt, um Transparenz bzgl. der Prozessstruktur zu schaffen. Ausgangspunkt für eine strukturierte Darstellung von Arbeitsabläufen ist der Prozess, der in Form eines einzelnen Prozesskettenelementes dargestellt oder aber in seine Unterprozesse zerlegt werden kann. Um die Abläufe zu erheben und in Prozesskettenplänen darzustellen, ist auf verschiedene Datenquellen (Interviews mit Prozessbeteiligten, Prozessdokumentationen etc.) zurückzugreifen. Ergänzende Informationen können den Ist-Zustand weiterer Prozessparameter spezifizieren (z.B. Layoutpläne zur Beschreibung der Anordnungsstruktur). Die sich anschließende Prozessanalyse erfordert eine Beurteilung der aufgenommenen Ist-Prozessstruktur hinsichtlich unterschiedlicher Kriterien (Beitrag zum Kundennutzen, Prozessart, etc.) sowie die Ermittlung von Schwachstellen und Optimierungspotenzialen. Eine auf dem Prozesskettenmodell und den Analyseergebnissen aufbauende Prozessgestaltung sorgt für die Neugestaltung und Verbesserung von Prozessketten im Rahmen von Veränderungen der Netzwerk- bzw. Unternehmensorganisation. Ziel ist die Festlegung eines zu erreichenden Soll-Zustands. Dabei kommen z.B. unterschiedliche Modulationstechniken zum Einsatz. Im Rahmen der Realisierung sind die erforderlichen Maßnahmen zur Erreichung des Soll-Zustands zu verabschieden und umzusetzen.

Ergebnisse:

Ist- und Soll-Prozesskettenpläne, die Aussagen bzgl. ggf. vorhandener Schwachstellen und erforderlicher Veränderungen zulassen.

Verfügbarkeit:

Die Prozessmodellierungssoftware LogiChain bietet eine rechnergestützte Prozesskettenanalyse und -modulation, die darüber hinaus auch Kosten- und Durchlaufzeitenbewertungen zulässt und grafisch aufbereitet. Die Workbench dient zudem der strukturierten Speicherung der erstellten Modelle und einer problem- und situationsspezifischen Unterstützung bei der Modellierung und Gestaltung von Prozessketten.

Anwendungen im SFB:

A2 Beschaffungsketten
A4 Netze und Güterverkehrszentren
M6 Konstruktionsregelwerke
u. a.

Kombination mit anderen Methoden:

Es existieren Kombinationsmöglichkeiten mit zahlreichen weiteren Methoden und Instrumenten zur Prozessgestaltung und -verbesserung, z.B. der Prozessketten-FMEA oder dem Logistics Function Deployment (LFD). Im Rahmen der ressourcenorientierten Prozesskostenrechnung erfolgt die Kombination mit den Methoden der Kostenrechnung. Durch die Über-

führung der Prozesskettenpläne in formalisierte Modelle gemäß des ProC/B Paradigmas lassen sich zudem Simulationsmodelle ableiten.

Literatur:

- [1] Laakmann, F.:
Konstruktionsmethodischer Gestaltungsansatz für die Logistik - Umsetzung eines Modellierungskonzeptes für Planungswissen in der Logistik, Praxiswissen, Dortmund, 2005
- [2] Käppner, M.; Laakmann, F.; Stracke, N.:
Dortmunder Prozesskettenparadigma – Grundlagen. Sonderforschungsbereich559, Technical Report 02005
- [3] Winz, G.; Quint; M.:
Prozesskettenmanagement, Leitfaden für die Praxis, Praxiswissen, Dortmund, 1997
- [4] Kuhn, A.:
Prozessketten in der Logistik, Praxiswissen, Dortmund, 1995

3.7.2 Prozessketten-Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse PK-FMEA

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ablauf	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Eine Fehler-Möglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) unterstützt bei der systematischen Erarbeitung von Fehler-Ursache-Wirkungszusammenhängen nach einem vorgegebenen Ablaufprinzip. Übertragen auf die Anwendung im Prozessmanagement kann die PK-FMEA daher insbesondere mögliche Schwachstellen und Fehler-Ursache-Wirkungszusammenhänge in den Prozessketten der unternehmensbezogenen und –übergreifenden Leistungserstellungsprozesse aufzeigen und Einflussmöglichkeiten für die Gestaltung von neuen und die Optimierung von bestehenden Prozessabläufen in GNL ableiten. Mit dieser prozessorientierten, analytischen Problemlösungsmethode mit präventivem Charakter lassen sich fehlerhafte Abläufe bereits im Planungsstadium vermeiden oder verhindern.

Grenzen: Der Erfolg des Einsatzes der PK-FMEA hängt von der Gewissenhaftigkeit des durchführenden Teams ab. Da zur Aufdeckung aller Fehlermöglichkeiten auf sehr detaillierter Ebene gearbeitet werden muss, ist die Anwendung der Methode bei großen Systemen, wie sie GNL darstellen, äußerst ressourcenintensiv. Daher sollte man sich beim Analysegegenstand auf die aus Sicht des Kunden kritischen Prozessketten beschränken. Zudem ist die Bestimmung des zur Priorisierung des Fehlers herangezogenen Risikos nicht immer objektiv.

Voraussetzungen: Zur Anwendung der PK-FMEA müssen Modelle der betrachteten Prozessketten in angemessenem Detaillierungsgrad vorliegen und Kenntnisse in der Durchführung einer FMEA gegeben sein. Darüber hinaus müssen die Methodenanwender zur Einschätzung des von einem Fehler ausgehenden Risikos die Auswirkungen von Fehlern auf den Kunden und die Wahr-

scheinlichkeit ihres Auftretens einschätzen können. Dies stellt hohe Anforderungen an die Anwender.

Eingaben: Die bspw. mit dem Prozessketteninstrumentarium erstellten Prozessmodelle werden unter dem Gesichtspunkt analysiert und verbessert, den Nutzen für den Kunden zu steigern. Dies geschieht in systematischer Weise, indem auf die in der Qualitätssicherung bewährte, jedoch vorwiegend auf Produkte angewandte Vorgehensweise der Fehler-Möglichkeiten- und Einflussanalyse (FMEA) zurückgegriffen wird. Ziel der Prozessketten-FMEA ist es, potentielle Fehler in den Prozessabläufen aufzudecken, anhand ihres Risikos zu gewichten, mögliche Ursachen dafür zu nennen und geeignete Abstellmaßnahmen präventiv vorzuschlagen und umzusetzen. Die Risikobeurteilung erfolgt durch Ermittlung einer so genannten Risiko-Prioritätszahl (RPZ). Die Ermittlung der Fehler erfolgt teamorientiert, indem die Prozesseigner bei der Aufstellung der Fehler-Ursache-Wirkungstripel durch ein Formblatt zur systematischen Vorgehensweise angeleitet werden. Das im Unternehmen vorliegende Erfahrungswissen wird somit gesammelt und verfügbar gemacht.

Ergebnisse: Priorisierung der Fehlermöglichkeiten und -auswirkungen in den Prozessketten (kritische Fehler, weniger kritische Fehler) und Ableitung von Maßnahmenplänen, um die Fehlerentstehung in Prozessabläufen zu verhindern.

Verfügbarkeit: Strukturierte Dokumentation und Formulare zur Durchführung der Prozessketten-FMEA.

Anwendungen im SFB:
A2 Beschaffungsketten
M6 Konstruktionsregelwerke

Kombination mit anderen Methoden:
Die beiden Methoden Prozesskettenmanagement und PK-FMEA ergänzen sich bei der Suche nach Fehlern und dem Bemühen Verbesserungen in den Logistikprozessen zu erzielen. Darüber hinaus kann die PK-FMEA als präventive Methode zur Vermeidung potentieller Fehler auf die mit dem Logistics Function Deployment (LFD) interdisziplinär entwickelten und dabei konsequent an den Kundenbedarfen ausgerichteten Prozessketten angewandt werden.

Literatur:

- [1] Käppner, M.; Laakmann, F.; Stracke, N.:
Dortmunder Prozesskettenparadigma – Grundlagen. Sonderforschungsbereich 559, Technical Report 02005
- [2] Winz, G.; Quint; M.:
Prozesskettenmanagement, Leitfaden für die Praxis, Praxiswissen, Dortmund, 1997
- [3] Winz, G.:
Methodik zur Verbesserung der logistischen Qualität, Praxiswissen, Dortmund, 1996

3.8 Teilprojekt M8

3.8.1 Iterative Variations-/ Selektionsverfahren (IVS)

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ablauf	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Das Einsatzgebiet von Iterativen Variations-/ Selektionsverfahren (IVS - Verfahren) sind Optimierungsaufgaben, bei denen die Gestaltungsalternativen des Systems durch eine Menge von Entscheidungsvariablen und Bewertungsfunktionen charakterisiert sind. Da sich sowohl Struktur- als auch Ablaufoptimierungsaufgaben über Entscheidungsvariablen abbilden lassen, sind Evolutionäre Algorithmen beiden Aufgabenklassen zuzuordnen. IVS - Verfahren haben einen breiten Einsatzbereich, da nur geringe Voraussetzungen an eine geeignete Repräsentation der Optimierungsaufgabe gestellt werden.

Iterative Variations-/ Selektionsverfahren sind allgemein verwendbare Metaheuristiken, deren Kopplung an eine konkrete Optimierungsaufgabe über ein ausführbares Bewertungsmodell erfolgt (Modellierung der Optimierungsaufgabe). Die Interaktion zwischen den Optimierungsmethoden und dem Bewertungsmodell findet dabei über eine wohl definierte Schnittstelle statt. Dazu muss das Bewertungsmodell an dieser Schnittstelle den Zugriff auf den Suchraum (die Menge der für die Optimierung relevanten Gestaltungsalternativen) in Form von Entscheidungsvariablen zur Verfügung stellen und zu jeder möglichen Belegung dieser Entscheidungsvariablen eine Menge von Bewertungskennzahlen (Zielfunktionen) zurückliefern können. Das Zusammenspiel zwischen dem Bewertungsmodell und den IVS - Verfahren wird dabei folgendermaßen realisiert: Ausgehend von einem Pool von Ausgangslösungen erzeugen die Iterativen Variations-/ Selektionsverfahren nach verfahrensspezifischen Prinzipien eine Folge von systematisch veränderten Gestaltungsvorschlägen (Variation der bereits vorhandenen Lösungskandidaten). Mit Hilfe des Bewertungsmodells werden anschließend die Bewertungskennzahlen dieser Kandidaten berechnet. Basierend auf diesen Bewertungskennzahlen wird dann gemäß verfahrensspezifischer Selektionsprinzipien entschieden, ob und wie der vorhandene Lösungspool für die weitere Suche zu modifizieren ist (Ausgangslösungspool für den nächsten Iterationsschritt).

Grenzen: Iterative Variations-/ Selektionsverfahren sind Suchheuristiken und stellen daher im Allgemeinen nicht das Finden globaler Optima sicher. Sie haben eine breite, fast universelle Einsetzbarkeit, da sie nur wenige Anforderungen an eine geeignete Aufbereitung der Optimierungsaufgabe stellen. Praktische Grenzen ergeben sich jedoch aus verfügbarer Rechenleistung und Speicherplatz. Da die Laufzeit Iterativen Variations-/ Selektionsverfahren im Wesentlichen von der Bewertungsfunktion, den Variations- und Selektionsoperatoren und dem Populationsmanagement abhängt, ergibt sich dementsprechend häufig eine moderate Skalierung mit der Problemgröße und ein großer sinnvoller Einsatzbereich.

Voraussetzungen:

Optimierungsaufgaben, die sich über eine endliche Menge von Entscheidungsvariablen kodieren lassen, für die effektive Variationsschemata vorhanden sind. Des Weiteren müssen effektive Bewertungsfunktionen (Zielfunktionen) und effektive Bestrafungsfunktionen für Restriktionsverletzungen als Black Box Modul zur Verfügung stehen.

Eingaben: Eingabedaten des Bewertungsmodells und verfahrensspezifische Parameter des Iterativen Variations-/ Selektionsverfahrens.

Ergebnisse: Die besten, während des Suchlaufs generierten Gestaltungsalternativen des Systems in Form von konkreten Belegungen der Entscheidungsvariablen einschließlich der berechneten Bewertungskriterien.

Verfügbarkeit: Das Grundgerüst eines Iterativen Variations-/ Selektionsverfahrens und universell verwendbare Operatoren wie z.B. verschiedene Selektionsoperatoren sind in Toolboxen als Templates verfügbar. Die Repräsentation des Suchraumes (Kodierung) und die zugehörigen Variationsoperatoren müssen jedoch im Allgemeinen problemspezifisch realisiert werden. Für spezielle Gruppen von Entscheidungsvariablen (z.B. binäre Variablen, reelwertige Variablen, Permutationen) sind Standardvorgehensweisen verfügbar.

Anwendungen im SFB:

A2 Beschaffungsketten
A7 Servicenetze
A4 Netze und Güterverkehrszentren
A11 Redistributionsnetze
M8 Ganzheitliche Optimierung

Kombination mit anderen Methoden:

Iterative Variations-/ Selektionsverfahren benötigen ein Bewertungsmodell, das zu jeder möglichen Belegung der Entscheidungsvariablen die geforderte Menge von Zielkennzahlen berechnet. Dies kann z.B. über Kennzahlfunktionen oder Simulationsmodelle realisiert werden. Das Finden einer guten Parametrisierung und einer Leistungsbewertung der Optimierungsverfahren erfolgt über eine empirische Untersuchung. Kombinationen aus mehreren IVS - Verfahren können wiederum (auch rekursiv) zu IVS - Verfahren zusammengeschaltet werden und somit potentiell die Vorteile mehrerer IVS - Verfahren vereinen. Einige Beispiele hierfür sind Hybride Evolutionäre Algorithmen, Iterative Local Search, Variable Neighborhood Search, Rekursive (1+1)-EA, usw.

Literatur:

- [1] A. Reinholz.
Iterative Variation & Selection Methods and Rapid Branch & Bound (R-B&B) for transportation; The IFORS Triennial 2005 Conference (IFORS2005), Honolulu, Hawaii, July 11-15, 2005.
- [2] H. Heinrichmeyer, A. Reinholz.
Leistungsbewertung von Optimierungsverfahren für die Hub-Auswahl und die Depot-Hub-Zuordnung bei Servicenetzen; Technical Report – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ 03028, 2003, ISSN 1612-1376

- [3] A. Reinholz.
A Hybrid (1+1)-Evolutionary Algorithm for Periodic and Multiple Depot Vehicle Routing Problems; The 6th Metaheuristics International Conference (MIC2005), Vienna, Austria, August 22-26, 2005.
- [4] A. Reinholz.
Hybrid Evolutionary Algorithms, Recursive Iterated Local Search (R-ILS) and Rapid Branch & Bound (R-B&B) techniques for the Quadratic Assignment Problem (QAP); The IFORS Triennial 2005 Conference (IFORS2005), Honolulu, Hawaii, July 11-15, 2005.
- [5] A. Reinholz.
Herausforderungen bei der Optimierung großer Netze der Logistik: Beispiel Tourenplanung; 37. Sitzung der Arbeitsgruppe „Logistik und Verkehr“ der Gesellschaft für Operations Research (GOR), Bonn, March 09-10, 2006, URL: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00002467>
- [6] H. Heinrichmeyer.
Performance evaluation of different methods for the p-hub problem; The IFORS Triennial 2005 Conference (IFORS2005), Honolulu, Hawaii, July 11-15, 2005.
- [7] A. Krabs, A. Reinholz.
Simulation of returnable transport item system, In Y. B. Kim, Hrsg., Proc. First Seoul Int'l Simulation Conf. (SeoulSIM 2001): Simulation in the Digital Era, Seiten 83-89, The Korea Society for Simulation, Seoul, 2001.
- [8] A. Krabs, M: Ohlbrecht, A. Reinholz.
Das KOMPASS-Modell: Grundlage für die Simulation von Mehrwegsystemen; In D. Ziems, K. Inderfurth, und M. Schenk, Hrsg., Proc. 7. Magdeburger Logistik-Tagung: Logistikplanung im e-Zeitalter, Seiten 171-182, LOGiSCH GmbH, Magdeburg, 2001

3.8.2 Nachbarschaftssuchverfahren (NS)

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ablauf	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Das Einsatzgebiet von Nachbarschaftssuchverfahren (Neighborhood Search) sind Optimierungsaufgaben, bei denen die Gestaltungsalternativen des Systems durch eine Menge von Entscheidungsvariablen und Bewertungsfunktionen charakterisiert sind. Da sich sowohl Struktur- als auch Ablaufoptimierungsaufgaben über Entscheidungsvariablen abbilden lassen, sind Nachbarschaftssuchverfahren beiden Aufgabenklassen zuzuordnen. Nachbarschaftssuchverfahren haben einen breiten Einsatzbereich, da nur geringe Voraussetzungen an eine geeignete Repräsentation der Optimierungsaufgabe gestellt werden. Abstrakt betrachtet gehören Nachbarschaftssuchverfahren zur Klasse der Iterativen Variations-/ Selektionsverfahren. Bei NS-Verfahren besteht der Ausgangslösungspool einer jeden Iteration aus genau einer Lösung. Der Variationsoperator ist der so genannte Nachbarschaftsgenerierenden Operator (NG-Operator), der die Ausgangslösung gemäß einer festgelegten Systematik verändern kann. Alle Möglichkeiten, diese Ausgangslösung gemäß der festgelegten Systematik

tik zu verändern, erzeugen die Nachbarschaftsmenge (kurz Nachbarschaft) dieser Lösung. Gemäß einer Reihenfolgestrategie, die potenziell die komplette Nachbarschaft der Ausgangslösung des jeweiligen Iterationsschritts erzeugen kann, werden Kandidaten für den Selektionsschritt generiert. Der Selektionsoperator lässt prinzipiell nur Verbesserungen als Kandidaten für den nächsten Iterationsschritt des NS - Verfahrens zu. Wird keine Verbesserung mehr gefunden, bricht das Verfahren mit Ausgabe der lokal Optimalen Lösung ab.

Als elementare Standardselektionsverfahren haben sich hier die beiden Verfahren „Übernahme der ersten Verbesserung gemäß der Reihenfolgestrategie (next ascent)“ und „Übernahme einer Lösung mit bester Verbesserung (steepest ascent)“ etabliert. Bei mehrstufigen Reihenfolgestrategien gibt es auch Mischformen aus den beiden elementaren Auswahlmethoden. NS-Verfahren können häufig den Vorteil einer beschleunigten Funktionsauswertung nutzen, der darauf beruht, dass die Berechnung der Bewertungskriterien einer nur leicht modifizierten Lösung gespeicherte Berechnungsschritte der Ausgangslösung effizient verwenden kann. Des Weiteren induziert die Einschnittübergangsnachbarschaft auf dem Suchraum einen gerichteten Graphen. Falls dieser zusammenhängend ist, kann dadurch ein Abstandsmaß definiert werden. Hierüber können auch elegant potentiell mächtigere Mehrschrittübergangsnachbarschaften definiert werden.

Grenzen: Nachbarschaftssuchverfahren sind lokale Suchheuristiken und stellen daher im Allgemeinen nicht das Finden globaler Optima sicher. Sie haben eine breite, fast universelle Einsetzbarkeit, da sie nur wenige Anforderungen an eine geeignete Aufbereitung der Optimierungsaufgabe stellen. Praktische Grenzen ergeben sich jedoch aus verfügbarer Rechenleistung und Speicherplatz. Da die Laufzeit von Nachbarschaftssuchverfahren im Wesentlichen von der Bewertungsfunktion, dem elementaren NG-Operator, dem Selektionsoperator und der Nachbarschaftsgröße abhängt, ergibt sich dementsprechend häufig eine moderate Skalierung mit der Problemgröße und ein großer sinnvoller Einsatzbereich.

Voraussetzungen: Optimierungsaufgaben, die sich über eine endliche Menge von Entscheidungsvariablen kodieren lassen, für die ein effektiver Nachbarschaftsgenerierender Operator vorhanden ist. Des Weiteren müssen effektive Bewertungsfunktionen (Zielfunktionen) und eine geeignete Restriktionsbehandlung (z.B. über effektive Bestrafungsfunktionen für Restriktionsverletzungen) als Black Box Modul zur Verfügung stehen.

Eingaben: Eingabedaten des Bewertungsmodells und verfahrensspezifische Parameter des Nachbarschaftssuchverfahrens.

Ergebnisse: Das NS-Verfahren konvergiert in einem lokalen Optimum bzgl. des NG-Operators und gibt damit die beste, während des Suchlaufs generierte Lösung einschließlich ihrer berechneten Bewertungskriterien aus. Diese lokal optimale Lösung repräsentiert eine Gestaltungsalternative des Systems und wird in Form einer konkreten Belegung der Entscheidungsvariablen ausgegeben.

Verfügbarkeit: Das Grundgerüst eines Nachbarschaftssuchverfahrens und die elementaren Selektionsoperatoren sind in Toolboxen als Templates verfügbar. Die Repräsentation des Suchraumes (Kodierung), der zugehörigen NG-

Operator und die Reihenfolgestrategie müssen jedoch im Allgemeinen problemspezifisch realisiert werden. Für spezielle Gruppen von Entscheidungsvariablen (z.B. binäre Variablen, reelwertige Variablen, Permutationen) sind Standardvorgehensweisen verfügbar.

Anwendungen im SFB:

A2 Beschaffungsketten
A7 Servicenetze
A4 Netze und Güterverkehrszentren
A11 Redistributionsnetze
M1 Effiziente Simulation
M8 Ganzheitliche Optimierung

Kombination mit anderen Methoden:

Nachbarschaftssuchverfahren benötigen ein Bewertungsmodell, dass zu jeder möglichen Belegung der Entscheidungsvariablen die geforderte Menge von Zielkennzahlen berechnet. Dies kann z.B. über Kennzahlfunktionen oder Simulationsmodelle realisiert werden. Da Nachbarschaftssuchverfahren häufig in lokalen Optima konvergieren, die noch viel Optimierungspotential übriglassen, bietet sich eine Hybridisierung mit anderen Metaheuristiken wie z.B. Evolutionären Algorithmen an, die lokale Optima auch verlassen können.

Literatur:

- [1] A. Reinholz.
Iterative Variation & Selection Methods and Rapid Branch & Bound (R-B&B) for transportation; The IFORS Triennial 2005 Conference (IFORS2005), Honolulu, Hawaii, July 11-15, 2005.
- [2] H. Heinrichmeyer, A. Reinholz.
Leistungsbewertung von Optimierungsverfahren für die Hub-Auswahl und die Depot-Hub-Zuordnung bei Servicenetzen; Technical Report – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ 03028, 2003, ISSN 1612-1376
- [3] A. Reinholz.
A Hybrid (1+1)-Evolutionary Algorithm for Periodic and Multiple Depot Vehicle Routing Problems; The 6th Metaheuristics International Conference (MIC2005), Vienna, Austria, August 22-26, 2005.
- [4] A. Reinholz.
Hybrid Evolutionary Algorithms, Recursive Iterated Local Search (R-ILS) and Rapid Branch & Bound (R-B&B) techniques for the Quadratic Assignment Problem (QAP); The IFORS Triennial 2005 Conference (IFORS2005), Honolulu, Hawaii, July 11-15, 2005.
- [5] A. Reinholz.
Herausforderungen bei der Optimierung großer Netze der Logistik: Beispiel Tourenplanung; 37. Sitzung der Arbeitsgruppe „Logistik und Verkehr“ der Gesellschaft für Operations Research (GOR), Bonn, March 09-10, 2006, URL: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00002467>
- [6] H. Heinrichmeyer.
Performance evaluation of different methods for the p-hub problem; The IFORS Triennial 2005 Conference (IFORS2005), Honolulu, Hawaii, July 11-15, 2005.

[7] H. Heinrichmeyer.

Leistungsbewertung verschiedener Optimierverfahren für das p-hub-Problem,; 37. Sitzung der Arbeitsgruppe „Logistik und Verkehr“ der Gesellschaft für Operations Research (GOR), Bonn, March 09-10, 2006, URL: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00002467>

3.8.3 Evolutionäre Algorithmen (EA)

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ablauf	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Das Einsatzgebiet von Evolutionären Algorithmen sind Optimierungsaufgaben, bei denen die Gestaltungsalternativen des Systems durch eine Menge von Entscheidungsvariablen und Bewertungsfunktionen charakterisiert sind.

Da sich sowohl Struktur- als auch Ablaufoptimierungsaufgaben über Entscheidungsvariablen abbilden lassen, sind Evolutionäre Algorithmen beiden Aufgabenklassen zuzuordnen. Evolutionäre Algorithmen haben einen breiten Einsatzbereich, da nur geringe Voraussetzungen an eine geeignete Repräsentation der Optimierungsaufgabe gestellt werden. Abstrakt betrachtet gehören Evolutionären Algorithmen zur Klasse der Iterativen Variations-/ Selektionsverfahren. Die Selektion wird über Paarungsselektion (Mating Selection) und Umweltselektion (Acceptance Selection) realisiert, während Mutations- und Rekombinationsoperatoren die Variationsoperatoren darstellen.

Grenzen: Evolutionäre Algorithmen sind Suchheuristiken und stellen daher im Allgemeinen nicht das Finden globaler Optima sicher. Sie haben eine breite, fast universelle Einsetzbarkeit, da sie nur wenige Anforderungen an eine geeignete Aufbereitung der Optimierungsaufgabe stellen. Praktische Grenzen ergeben sich jedoch aus verfügbarer Rechenleistung und Speicherplatz. Da die Laufzeit von Evolutionären Algorithmen im Wesentlichen von der Bewertungsfunktion, den Variations- und Selektionsoperatoren und der Populationsgröße abhängt, ergibt sich dementsprechend häufig eine moderate Skalierung mit der Problemgröße und ein großer sinnvoller Einsatzbereich.

Voraussetzungen: Optimierungsaufgaben, die sich über eine endliche Menge von Entscheidungsvariablen kodieren lassen, für die effektive Variationsschemata vorhanden sind. Des Weiteren müssen effektive Bewertungsfunktionen (Zielfunktionen) und effektive Bestrafungsfunktionen für Restriktionsverletzungen als Black Box Modul zur Verfügung stehen.

Eingaben: Eingabedaten des Bewertungsmodells und verfahrensspezifische Parameter des Evolutionären Algorithmus.

Ergebnisse: Die besten, während des Suchlaufs generierten Gestaltungsalternativen des Systems in Form von konkreten Belegungen der Entscheidungsvariablen einschließlich der berechneten Bewertungskriterien.

Verfügbarkeit: Das Grundgerüst eines Evolutionären Algorithmus und universell verwendbare evolutionäre Operatoren wie z.B. verschiedene Selektionsoperatoren sind in Toolboxen als Templates verfügbar. Die genetische Repräsentation des Suchraumes (Kodierung) und die zugehörigen Variationsoperatoren müssen jedoch im Allgemeinen problemspezifisch realisiert werden. Bereits vorhandene Nachbarschaftsgenerierende Operatoren (NG-Operatoren) definieren durch eine allgemein verwendbare Vorgehenssystematik parametrisierbare Mutationsoperatoren. Für spezielle Gruppen von Entscheidungsvariablen (z.B. binäre Variablen, reelwertige Variablen, Permutationen) sind Standardvorgehensweisen verfügbar.

Anwendungen im SFB:

- A2 Beschaffungsketten
- A7 Servicenetze
- A4 Netze und Güterverkehrszentren
- A11 Redistributionsnetze
- M1 Effiziente Simulation
- M8 Ganzheitliche Optimierung

Kombination mit anderen Methoden:

Evolutionäre Algorithmen benötigen ein Bewertungsmodell, das zu jeder möglichen Belegung der Entscheidungsvariablen die geforderte Menge von Zielkennzahlen berechnet. Dies kann z.B. über Kennzahlfunktionen oder Simulationsmodelle realisiert werden. Das Finden einer guten Parametrisierung und einer Leistungsbewertung der Optimierungsverfahren erfolgt über eine empirische Untersuchung. In Kombination mit Nachbarschaftssuchverfahren (NS) können hybride evolutionäre Algorithmen die Vorteile beider Verfahren vereinen (beschleunigte Funktionsauswertung und Glättung des Suchraumes durch NS, Möglichkeiten zum Verlassen lokaler Optima durch den umschließenden EA)

Literatur:

- [1] H.-P. Schwefel.
Evolution and Optimum Seeking; Sixth-Generation Computer Technology, Wiley Interscience, New York, 1995, ISBN0-471-57148-2A.
- [2] A. Reinholz.
Iterative Variation & Selection Methods and Rapid Branch & Bound (R-B&B) for transportation; The IFORS Triennial 2005 Conference (IFORS2005), Honolulu, Hawaii, July 11-15, 2005.
- [3] H. Heinrichmeyer, A. Reinholz.
Leistungsbewertung von Optimierungsverfahren für die Hub-Auswahl und die Depot-Hub-Zuordnung bei Servicenetzen; Technical Report – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ 03028, 2003, ISSN 1612-1376
- [4] A. Reinholz.
A Hybrid (1+1)-Evolutionary Algorithm for Periodic and Multiple Depot Vehicle Routing Problems; The 6th Metaheuristics International Conference (MIC2005), Vienna, Austria, August 22-26, 2005.
- [5] A. Reinholz.
Hybrid Evolutionary Algorithms, Recursive Iterated Local Search (R-ILS) and Rapid Branch & Bound (R-B&B) techniques for the Quadratic Assignment Problem (QAP); The IFORS Triennial 2005 Conference (IFORS2005), Honolulu, Hawaii, July 11-15, 2005.

- [6] A. Reinholz.
Herausforderungen bei der Optimierung großer Netze der Logistik: Beispiel Tourenplanung; 37. Sitzung der Arbeitsgruppe „Logistik und Verkehr“ der Gesellschaft für Operations Research (GOR), Bonn, March 09-10, 2006, URL: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00002467>
- [7] A. Krabs, A. Reinholz.
Simulation of returnable transport item system, In Y. B. Kim, Hrsg., Proc. First Seoul Int'l Simulation Conf. (SeoulSIM 2001): Simulation in the Digital Era, Seiten 83-89, The Korea Society for Simulation, Seoul, 2001.
- [8] A. Krabs, M: Ohlbrecht, A. Reinholz.
Das KOMPASS-Modell: Grundlage für die Simulation von Mehrwegsystemen; In D. Ziems, K. Inderfurth, und M. Schenk, Hrsg., Proc. 7. Magdeburger Logistik-Tagung: Logistikplanung im e-Zeitalter, Seiten 171-182, LOGiSCH GmbH, Magdeburg, 2001
- [9] T. Bartz-Beielstein, M. Preuß, A. Reinholz.
Evolutionary algorithms for optimization practitioners; Interner Bericht des Sonderforschungsbereichs 531 Computational Intelligence CI-151/03, Universität Dortmund, Juli 2003.
- [10] A. Reinholz. A Hybrid (1+1)-Evolutionary Algorithm for Periodic and Multiple Depot Vehicle Routing Problems; The 6th Metaheuristics International Conference (MIC2005), August 22-26, 2005, Vienna, Austria.
- [11] A. Reinholz.
Integrating Variable Neighborhood Search Techniques in Hybrid (1+1)-Evolutionary Algorithms for Periodic and Multiple Depot Vehicle Routing Problems; XVIII Mini EURO Conference on VNS (MECVNS), Puerto de la Cruz, Teneriffa, November 23-25, 2005.

4 Methodenbewertung

4.1.1 Leistungsbewertung von Optimierverfahren

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ablauf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Für die Optimierung von Anzahl und Lage der Hub-Standorte wie auch für der Zuordnung der Depots zu den Hubs können verschiedene Optimierverfahren eingesetzt werden, die unterschiedlich schnell zu unterschiedlich guten Ergebnissen kommen. Mit Hilfe der Leistungsbewertung werden die effizientesten dieser Verfahren ermittelt.

Grenzen: Die Methode untersucht nur Verfahren, die den besten Wert finden, der von irgendeinem der Verfahren gefunden worden ist. Alle Verfahren, die diesen Wert nicht finden, können nicht verglichen werden bzw. gelten a priori als schlechtere Verfahren. Eine Anpassung des Verfahrens dahingehend, dass ein Werte-Intervall anstelle eines Spitzen-Wertes untersucht wird, ist denkbar.

Voraussetzungen: Alle Verfahren müssen mit der gleichen Kennzahl „Netzqualität“ gelaufen sein und mit der gleichen Anzahl von Läufen (Startsituationen). Diese Zahl muss ausreichend groß sein, damit die Auswertung eine statistische Relevanz besitzt (Empfehlung: mindestens 100 Läufe).

Eingaben: Ergebnisdateien aus Optimierungsläufen, insbesondere Angaben zur Anzahl von Netzen, die während eines Optimierungslaufes gebildet worden sind, zur besten erreichten Netzqualität und zur Häufigkeit, mit der die beste Netzqualität bei einer vorgegebenen Zahl von Läufen gefunden worden ist.

Ergebnisse: Kennzahl „Anzahl Netzberechnungen, um mit x-prozentiger Wahrscheinlichkeit die beste Netzqualität zu erreichen“; Kennzahl „Effizienzbewertung“.

Verfügbarkeit: Die Methode ist als solche nicht implementiert, sondern eine Vorgehensbeschreibung. Siehe Literatur.

Anwendungen im SFB:
A7: Servicenetze
M8: Ganzheitliche Optimierung

Kombination mit anderen Methoden: Kombination mit Optimierverfahren zur Hub-Standortoptimierung und Depot-Hub-Zuordnung; erweiterbar auch für die Kombination mit Optimierverfahren zur Depot-Standortoptimierung und Kunden-Depot-Zuordnung bzw. für andere Optimierungs-Aufgabenstellungen, bei denen mit verschiedenen Methoden gearbeitet werden kann.

Literatur:

- [1] H. Heinrichmeyer, A. Reinholz:
Leistungsbewertung von Optimierungsverfahren für die Hub-Auswahl und die Depot-Hub-Zuordnung bei Servicenetzen, Technical Report – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“ 03028, 2003, ISSN 1612-1376
- [2] H. Heinrichmeyer:
Performance evaluation of different methods for the p-hub problem; Folien des Vortrags bei der Session RD-12 im Cluster „Transportation“ bei der IFORS Triennial Conference 2005 Hawaii; Honolulu, 13.07.2005;
- [3] H. Heinrichmeyer:
Leistungsbewertung verschiedener Optimierverfahren für das p-hub-Problem, Folien des Vortrags bei der 37. Sitzung der Arbeitsgruppe „Logistik und Verkehr“ der Gesellschaft für Operations Research (GOR); Bonn, 10.03.2006;
URL: <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00002467>

4.1.2 Bewertung und Vergleich numerischer Analyseverfahren

	Analyse	Dimensionierung
Struktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ablauf	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Einsatzgebiet: Numerische Analyseverfahren eignen sich für die Analyse kleiner und komplexer Modelle, deren Zeitverhalten durch Phasenverteilungen gekennzeichnet ist. Es existiert eine Vielzahl von Methoden, die teilweise noch unterschiedlich parametrisiert werden können, so dass die Auswahl einer guten Methode für ein gegebenes Problem selbst für Spezialisten schwierig ist. Die hier entwickelten Ansätze zum Methodenvergleich und die verfügbaren Daten unterstützen den Modellierer bei der Auswahl und Parametrisierung eines geeigneten Lösungsverfahrens.

Grenzen: Es ist nur in Ausnahmefällen möglich theoretische Resultate über das Konvergenzverhalten und die Konvergenzgeschwindigkeit der iterativen Verfahren zur numerischen Analyse zu gewinnen. In fast allen praktisch relevanten Fällen kann eine Bewertung der Verfahren nur auf Basis von empirischen Vergleichen erfolgen. Mit Hilfe empirischer Daten lassen sich im besten Falle gewisse Modelleigenschaften charakterisieren, für die bestimmte Methoden geeignet oder ungeeignet sind. Allgemeingültige Aussagen lassen sich nicht treffen.

Voraussetzungen: Alle Verfahren müssen unter identischen Bedingungen analysiert werden. Die zum Vergleich benutzten Modelle müssen für das Anwendungsgebiet relevante Charakteristika aufweisen.

Eingaben: Laufzeiten, Iterationszeiten und Ergebnisgenauigkeiten verschiedener Experimente, die jeweils aus der Anwendung eines Lösungsverfahrens mit festen Parametern auf ein Beispielmmodell bestehen.

Ergebnisse: Mittlere Laufzeiten der einzelnen Verfahren, prozentualer Anteil an Läufen, in denen ein Verfahren nicht konvergiert. Auf dieser Basis erfolgt eine Rangbildung der einzelnen Verfahren bezüglich Berechnungsdauer und Zuverlässigkeit. Darüber hinaus können die Verfahren bezüglich ihres Verhaltens für Modelle mit bestimmten Eigenschaften, z.B. loser Kopplung der modellierten Komponenten, bewertet werden.

Verfügbarkeit: Es handelt sich nicht um eine implementierte Methode, sondern um ein Vorgehensmodell. Dieses wird durch die Verfügbarkeit entsprechender Skripte zur Steuerung von Experimenten unterstützt.

Anwendungen im SFB:
A4: Güterverkehrszentrum

Kombination mit anderen Methoden:
Numerische Analysemethoden können zur Lösung von Teilproblemen komplexerer Analysen eingesetzt werden, z.B. bei der Optimierung von Systemen. In diesem Fall ergeben sich spezifische Anforderungen an die verwendeten numerischen Lösungsmethoden, die vorab bewertet werden können.

Literatur:

- [1] P. Buchholz.
Structured Analysis of Markov Models.
Tutorium auf der Tagung QEST 2004, September 2004, Enschede, Niederlande.
- [2] P. Buchholz.
Structured Analysis Techniques for Large Markov Chains.
In: Proc. 1st Workshop on Tools for solving structured Markov Chains, ACM Press, CD Edition, 2006.
- [3] P. Buchholz, T. Dayar.
Comparison of Multilevel Methods for Kronecker Based Markovian Representations.
Computing 73, 2004, 349-371.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen der Forschungsarbeiten des SFB 559 wurde eine große Bandbreite an Methoden und Hilfsmitteln zur Unterstützung der Modellierung und Gestaltung großer Netze in der Logistik entwickelt. Da nicht alle Ansätze in einem technischen Bericht behandelt werden können, wurden in der Arbeitsgruppe „Bewertungs- und Dimensionierungsmethoden“ aus dieser Vielfalt die für die sieben beteiligten Teilprojekten zentralen Methoden ausgewählt und in standardisierter Form beschrieben. Darüber hinaus wurden die heterogenen Methoden der einzelnen Methoden- und Anwendungsprojekte anhand der Kriterien Betrachtungsgegenstand und -zweck einheitlich klassifiziert. Diese einheitliche Dokumentation und Einordnung lässt erkennen, welche Vorteile und Einsatzmöglichkeiten aber auch Grenzen und Anforderungen jede einzelne Methode mit sich bringt. Zudem werden das methodenübergreifende, interdisziplinäre Zusammenspiel und Kombinationsmöglichkeiten deutlich. Die zweigeteilte Darstellung der Methoden durch tabellarische Einordnung und textuelle Beschreibung ermöglicht dem Netzwerkplaner eine effektive Suche nach geeigneten Methoden zur Bearbeitung spezifischer Planungsprobleme in großen Netzen der Logistik.

Trotz der über die betrachtete Methodenmenge hinaus bestehenden Vielfalt und Heterogenität ergänzender Ansätze wird durch die einheitliche Darstellung der Methoden in diesem Bericht bereits deutlich, dass im Rahmen des SFB 559 ein weiter Bereich von Problemstellungen im Zusammenhang mit der Modellierung großer Netze der Logistik erfolgreich bearbeitet wurde. Um dieses Logistik- und Planungswissen wieder verwendbar und verfügbar zu machen, werden die in der Arbeitsgruppe erarbeiteten Methodenbeschreibungen daher in den Methodenbaukasten des von Teilprojekt M6 entwickelten Informationsmanagementsystems »Workbench« aufgenommen. Planungs- und Methodenwissen zur Gestaltung logistischer Netze wird darin in einer datenbankgestützten Plattform gesammelt, gegliedert, vernetzt und für die Planer logistischer Netze zugänglich gemacht.

Die Komplexität der Gestaltungs- und Modellierungsaufgaben in großen Netzen der Logistik wirft trotz der Vielzahl der bereits entwickelten Methoden eine Reihe von unbeantworteten Fragestellungen auf, die teilweise erst durch die aktuelle Forschung aufgegriffen oder durch die fortschreitende technische Entwicklung bearbeitbar werden. Die hier vorgestellten Methoden sind daher auch als Standortbestimmung und als Ausgangspunkt für weitere Entwicklungen zu verstehen.

Sonderforschungsbereich 559

Bisher erschienene Technical Reports

- 05005 Thomas Fender, Anne Krampe, Sonja Kuhnt: Kriterien für die Kategorisierung statistischer Methoden im Rahmen eines Methodennutzungsmodells zur Informationsgewinnung in GNL
- 05006 Kay Hömberg, Dirk Jodin, Maik Langenbach, Christian Kellner: Konzept einer logistischen Informationsbedarfsanalyse mit Hilfe von Basisprozessen und standardisierten Logistikdaten
- 05007 Hans-Werner Graf: Festlegung der Abfahrts- und Ankunftszeiten (Fahrplangestaltung)
- 06001 Iwo Riha: Grundlagen des Cost-Benefit-Sharing
- 06002 Jens Finzel, Michael Hierweck, Andreas van Almsick, Jan Sören Kriege, Mathias Schwenke: ProC/B-Editor – Handbuch
- 06003 Mirko Eickhoff, Michael Hierweck, Mathias Schwenke: Hands On ProC/B-Tools – Eine beispielorientierte Einführung in die Anwendung der ProC/B-Tools
- 06004 Doris Blutner, Stephan Cramer, Tobias Haertel: Der Mensch in der Logistik: Planer, Operateur und Problemlöser
- 06005 Tobias Haertel: UsersAward: Ein Beitrag zur optimalen Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen in der Logistik
- 06006 Falko Bause, Tim Geißen, Anne Meinke, Veye Tatah, Marcus Völker: Performance Evaluation for Cost Calculation of Business Processes
- 06007 Peter Kemper, Carsten Tepper: Trace Analysis – Gain Insight through Modelchecking and Cycle Reduction
- 06008 Jochen Bernhard, Dirk Jodin, Kay Hömberg, Sonja Kuhnt, Christoph Schürmann, Sigrid Wenzel: Vorgehensmodell zur Informationsgewinnung – Prozessschritte und Methodennutzung
- 06009 Doris Blutner, Stephan Cramer, Sven Krause, Tycho Mönks, Lars Nagel, Andreas Reinholz, Markus Witthaut: Ergebnisbericht der Arbeitsgruppe 5 „Assistenzsysteme für die Entscheidungsunterstützung“
- 07001 Falko Bause, Tobias Hegmanns, Stefan Pietzarka, Veye Tatah, Markus Witthaut: Ergebnisbericht der Arbeitsgruppe Neues Problemverständnis: Ergänzung des Modellierungsparadigmas
- 07002 Arnd Bernsmann, Peter Buchholz, Stephan Kessler, Andreas Reinholz, Britta von Haaren, Markus Witthaut: Bewertungs- und Dimensionierungsmethoden im Sonderforschungsbereich 559

Alle Technical Reports können im Internet unter
<http://www.sfb559.uni-dortmund.de/>
abgerufen werden. Für eine Druckversion wenden Sie
sich bitte an die SFB-Geschäftsstelle
e-mail: andrea.grossecappenberg@iml.fraunhofer.de