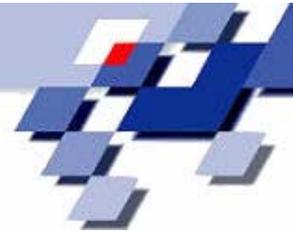


UNIVERSITÄT DORTMUND



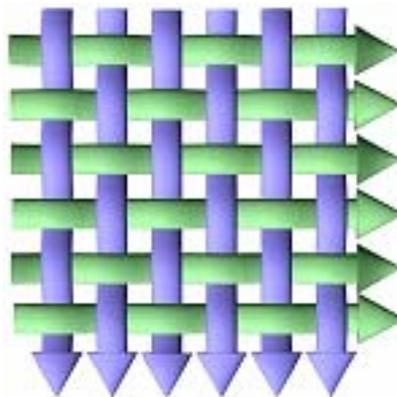
Technical Report 06009

ISSN 1612-1376

Ergebnisbericht der Arbeitsgruppe 5

„Assistenzsysteme für die Entscheidungsunterstützung“

Doris Blutner, Stephan Cramer, Sven Krause, Tycho Mönks,
Lars Nagel, Andreas Reinholz, Markus Witthaut



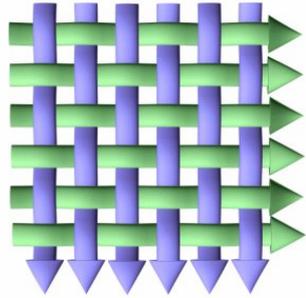
Sonderforschungsbereich 559
Modellierung großer Netze in der Logistik

Universität Dortmund
44221 Dortmund



Sonderforschungsbereich 559

**Modellierung großer
Netze in der Logistik**



Technical Report 06009

ISSN 1612-1379

**Ergebnisbericht der Arbeitsgruppe 5
„Assistenzsysteme für die
Entscheidungsunterstützung“**

Arbeitsgruppe 5:

Doris Blutner (Teilprojekt M14)

Stephan Cramer (Teilprojekt M14)

Sven Krause (Teilprojekt M6)

Tycho Mönks (Teilprojekt M8)

Lars Nagel (Teilprojekt A4)

Andreas Reinholz (Teilprojekt M8)

Markus Witthaut (Teilprojekt A15)

Dortmund, Februar 2007

Inhalt

1	Einleitung	5
2	Konzeptioneller Rahmen (Doris Blutner, Markus Witthaut)	6
2.1	Fokus: Entscheidungsunterstützung.....	6
2.2	Assistenzsysteme zur Entscheidungsunterstützung: Definition und Merkmale	6
2.3	Art der Entscheidungsunterstützung.....	7
2.4	Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine	9
2.5	Einsatzzweck	10
2.6	Qualität und Quantität der Entscheidung.....	10
3	Fallbeispiele	11
3.1	Beladung von Frachtflugzeugen (Doris Blutner).....	11
3.1.1	Institutionelle Voraussetzungen und wirtschaftliche Entwicklung der Luftfracht	11
3.1.2	Systembeschreibung des Assistenzsystems: Beladen und Trimmen eines Flugzeuges.....	12
3.1.3	Einordnung in den konzeptionellen Rahmen	15
3.2	Schiffsführung (Stephan Cramer)	17
3.2.1	Anwendungskontext für das Assistenzsystem NARIDAS	17
3.2.2	Systembeschreibung.....	19
3.2.3	Einordnung in den konzeptionellen Rahmen	21
3.3	Produktionsprogrammplanung (Sven Krause).....	24
3.3.1	Einsatzfeld des Assistenzsystems	24
3.3.2	Systembeschreibung des Assistenzsystems	25
3.3.3	Einordnung in den konzeptionellen Rahmen	27
3.4	Tourenplanung (Tycho Möncks, Doris Blutner, Markus Witthaut, Andreas Reinholz)	28
3.4.1	Einsatzfeld des Assistenzsystems	28
3.4.2	Systembeschreibung.....	29
3.4.3	Einordnung in den konzeptionellen Rahmen	31
3.5	Rohstoffbeschaffung (Markus Witthaut)	34
3.5.1	Systembeschreibung.....	34
3.5.2	Einordnung in den konzeptionellen Rahmen	37
3.6	Ressourcenplanung von Güterverkehrszentren (Lars Nagel).....	40
3.6.1	Einsatzfeld des Assistenzsystems	40

3.6.2	Systembeschreibung.....	40
3.6.3	Einordnung in den konzeptionellen Rahmen	42
4	Vergleichende Betrachtung	45
5	Fazit.....	46
6	Literatur.....	47

Abbildungen

Abbildung 1:	Beispiele für die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine.....	9
Abbildung 2:	Notwendige Angaben zur Bestimmung der sicheren Beladung eines Flugzeugs	12
Abbildung 3:	Beladung eines Flugzeuges	13
Abbildung 4:	Balance Conditions.....	14
Abbildung 5:	Prioritäten der Beladung und des Trimmens	15
Abbildung 6:	Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine beim Beladen und Trimmen eines Flugzeuges	16
Abbildung 7:	Emma Hansa Maersk, größtes Containerschiff der Welt.....	17
Abbildung 8:	Schiffsbrücke	18
Abbildung 9:	NARIDAS.....	20
Abbildung 10:	Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine bei NARIDAS.....	22
Abbildung 11:	Beispiel eines typischen Fahrzeugproduktionsnetzwerkes	24
Abbildung 12:	Grundlegendes Steuerungskonzept der Produktion.....	26
Abbildung 13:	Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine beim Assistenzsystem für die Produktionsprogrammplanung.....	27
Abbildung 14:	Erzeugte Lösungsmengen.....	30
Abbildung 15:	Darstellung der Lösung einer VRP-Instanz (Risikowerte der Kunden sind farblich hinterlegt, um so einen schnellen Überblick zu ermöglichen)	31
Abbildung 16:	Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine bei der Tourenplanung	32
Abbildung 17:	Logistikkette für die Rohstoffbeschaffung zur Roheisenproduktion.....	34
Abbildung 18:	Abbildung des Umschlaglagers im Simulator	35
Abbildung 19:	Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine bei der Rohstoffbeschaffung.....	38
Abbildung 20:	Photo GVZ.....	40
Abbildung 21:	Screenshot Proc/B-Modell	42
Abbildung 22:	Beispiele für die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine bei der Tourenplanung.....	44
Abbildung 23:	Art der Entscheidungsunterstützung.....	45

1 Einleitung

Assistenzsysteme finden in unterschiedlichsten Arbeitsbereichen in zunehmendem Maße Anwendung. Sie treten als „assistance“, „assistance system“, Expertensystem, Onlinehilfe, „user support“ und ähnlichen Begriffen dem Anwender immer häufiger entgegen. Dieses Phänomen verweist nicht nur auf die wachsende Bedeutung von Mensch-Maschine-Schnittstellen. Es stellt darüber hinaus die Notwendigkeit solcher Assistenzen heraus, die sowohl auf Seiten ihrer Entwickler als auch auf Seiten der Nutzer quer zu allen Lebens-, Arbeits- und Wissenschaftsbereichen antizipiert werden. Dies trifft nicht minder für die Logistik zu.

Unsere Vorgehensweise beruht auf einem disziplinübergreifenden Diskurs, indem Erkenntnisse aus der Informatik, der Logistik und der Soziologie eingeflossen sind. Als Ergebnis unserer Diskussionen legen wir mit diesem Beitrag einen konzeptionellen Rahmen in Gestalt einer Taxonomie vor, mittels dem Assistenzsysteme zur Entscheidungsunterstützung in der Logistik klassifiziert werden können. Dieser konzeptionelle Rahmen wird in Kapitel 2 vorgestellt und einer ersten Erprobung in Kapitel 3 unterzogen. Für die Erprobung des konzeptionellen Rahmens greifen wir auf sechs Assistenzsysteme für die Entscheidungsunterstützung in der Logistik, die den einzelnen Forschungsfeldern der Autoren entnommen sind zurück. Die ersten beiden Assistenzsysteme betreffen die Sicherheit des Frachttransports. Das dritte System assistiert bei der Erzeugung von Tourenplänen. Das vierte und fünfte Assistenzsystem unterstützen die Produktionsprogrammplanung bzw. die Rohstoffbeschaffung. In der letzten Fallstudie wird ein Assistenzsystem für die Gestaltung von und die taktische Planung in Güterverkehrszentren behandelt. In Kapitel 4 erfolgt ein Vergleich der untersuchten Assistenzsysteme in Bezug auf die Art der Entscheidungsunterstützung.

2 Konzeptioneller Rahmen (Doris Blutner, Markus Witthaut)

Dieser konzeptionelle Rahmen dient dazu, unterschiedliche Assistenzsysteme unabhängig von ihrer Aufgabe und ihrem Einsatzgebiet zu vergleichen und einzuordnen. Damit wollen wir gleichzeitig einen Beitrag zur Analyse und Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen leisten.

2.1 Fokus: Entscheidungsunterstützung

Die Vielfalt von Mensch-Maschine-Schnittstellen ist unübersehbar. Sie reicht von einfachen Bedienungen einer Maschine oder eines Rechners bis hin zu autonom agierenden Agenten, die unabhängig von Entscheidungen des Menschen ihre Aufgaben erledigen. Die Gestaltung und Einrichtung von Mensch-Maschine-Schnittstellen kann daher durch die Pole „vollständig durch den Menschen durchgeführt“ und „vollständig durch die Maschine durchgeführt“ markiert werden. Alle Phänomene, die sich zwischen diesen Polen abbilden lassen, gehören zweifelsohne in den Bereich Mensch-Maschine-Schnittstellen. Jedoch beinhalten nicht alle Phänomene Assistenzen, die den Menschen unterstützen, ohne ihm das Heft aus der Hand zu nehmen. Einer beabsichtigten Handlung geht immer eine Entscheidung voraus. Auf diesen Aspekt konzentrieren wir uns in dem vorliegenden Beitrag. Unsere besondere Aufmerksamkeit gilt dem menschlichen Entscheidungsfindungsprozess, der durch Maschinen unterstützt wird. Diese Fokussierung ist zweifach motiviert:

(1) Entscheidungsfindungsprozesse und „bounded Rationality“: Unter einer Entscheidung verstehen wir eine bewusste und rationale Auswahl zwischen mindestens zwei Alternativen [Els89], wobei die subjektive Erwartung am antizipierten Nutzen die Wahl der Alternative dominiert [Ess91]. Jede Entscheidung unterliegt der begrenzten Rationalität des Menschen, die sich in der systematischen Unmöglichkeit sicheren Wissens über die Ergebnisse und Folgen der getroffenen Entscheidung zeigt [Wie90]. Die Unsicherheit hinsichtlich der zu treffenden Entscheidung steigt in dem Maße, in dem der Mensch den Nutzen der Alternativen nicht vergleichen kann (Inkommensurabilität der Alternativen) und sich mit Ausnahmesituationen sowie der Komplexität des Lösungsraums konfrontiert sieht.

(2) Aussageziel: Seit den 60iger Jahren des letzten Jahrhunderts nutzen die Menschen Rechner oder Computer, um ihre begrenzten kognitive Fähigkeiten zu überwinden. Die Entwicklung von Assistenzsystemen zur Entscheidungsunterstützung markiert dabei einen wesentlichen Meilenstein in ihren Bemühungen, ihrem Entscheidungsverhalten eine höhere Rationalität zu verleihen. Der konzeptionelle Rahmen soll dabei helfen, Assistenzsysteme hinsichtlich ihrer Entscheidungsqualität und Leistungsfähigkeit bei der Simulation, der Produktion und der Logistik zu bewerten und Vorschläge zu ihrer Gestaltung abzuleiten.

2.2 Assistenzsysteme zur Entscheidungsunterstützung: Definition und Merkmale

Assistenzsysteme sind rechnerbasierte Systeme, die dem Menschen bei der Entscheidungsfindung und -durchführung unterstützen. Der gesamte Entscheidungsprozess lässt sich in die drei Teilprozesse der Entscheidungsvorbereitung, des Entscheidens – im Sinne der Auswahl zwischen mehreren Alternativen – sowie der Entscheidungsausführung

gliedern. Assistenzsysteme zur Entscheidungsunterstützung umfassen Aufgaben der Entscheidungsvorbereitung und/oder der Alternativenauswahl, können aber auch Funktionen zur Entscheidungsausführung und -überwachung bereitstellen.

Ein Assistenzsystem zur Entscheidungsunterstützung ist demnach durch die Merkmale Identifikation einer Lösungsmenge, Auswahl und Bewertung von Alternativen sowie autonomes Agieren gekennzeichnet. Sein Leistungspotential bezieht es aus der Fähigkeit, intelligente Prozeduren durchzuführen, bei deren Ausführung die Menschen angesichts hoher Schwierigkeitsgrade und (System-)Komplexitäten aufgrund ihrer begrenzten kognitiven Fähigkeiten systematisch scheitern. Assistenzsysteme können mehrstufige Entscheidungsfindungsprozesse unterstützen. Diese Eigenschaft stellt jedoch keine hinreichende Voraussetzung ihrer Funktionalität dar.

2.3 Art der Entscheidungsunterstützung

Der Vergleich und die Einordnung unterschiedlicher Assistenzsysteme für die Entscheidungsfindung erfordert eine Systematisierung der Arten der Entscheidungsunterstützung. Unser Vorschlag für diese Systematisierung orientiert sich an den Kriterien Allgemeinheit und Genauigkeit [Wei85]. Mit dem Merkmal Allgemeinheit bilden wir den Grad der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine (*i.S. degrees of automations, [She88]*) ab. Im Abschnitt 2.4 wird dies näher erläutert. Das Merkmal der Genauigkeit betrifft die Abgrenzung der Arten der Unterstützung. In diesem Sinne sind Assistenzsysteme durch folgende sechs Unterstützungsarten gekennzeichnet:

(1) Erzeugen und Aufbereiten (inkl. Filtern) von Informationen: Dies beinhaltet die Analyse und die Integration der Daten, um den menschlichen Operateur in seinen begrenzten kognitiven und wahrnehmungsbezogenen Fähigkeiten zu unterstützen. Der Prozess geht über die Registrierung von Input-Daten i.S. einer Acquisition Automation [Par00, S. 288] hinaus.

(2) Erzeugen von Alternativen: Dieser Prozess beschreibt die Transformation von Daten in Entscheidungsalternativen. Hierbei werden mehrere Entscheidungsalternativen generiert, aus dem der Mensch eine oder mehrere auswählen kann.

(3) Bewerten von Alternativen: Die Entscheidung für eine bestimmte Alternative kann durch ein Assistenzsystem dadurch unterstützt werden, dass es eine Bewertung aller möglichen Alternativen vornimmt. Diese Bewertung erfolgt anhand von Kriterien, die der Mensch zuvor festgelegt hat.

(4) Auswählen von Alternativen: In diesem Prozess wird eine Alternative ausgewählt, d.h. die Entscheidung wird getroffen.

(5) Überwachen/Monitoring der Entscheidungsausführung: Bei dieser Art der Entscheidungsunterstützung wird die getroffene Entscheidung bezüglich der Einhaltung zuvor festgelegter Zielkriterien überwacht.

(6) Kontrollieren der Entscheidungsausführung: Das Kontrollieren von Prozessen der Entscheidungsausführung geht über das Feedbackverfahren hinaus. So schließt das Assistenzsystem nicht nur Reaktionen ein, in denen der Mensch aufgefordert wird, Aufgaben zu erledigen, die die Durchführung der von ihm getroffenen Entscheidung voraussetzen, sondern ist zudem auch darauf gerichtet, die ausgewählte Entscheidung zu prüfen sowie ihre

Revision zu empfehlen. Diese Empfehlung kann so weit reichen, dass die vom Menschen beabsichtigte Entscheidung nicht ausgeführt werden kann.

2.4 Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine

Der Vergleich und die Einordnung unterschiedlicher Assistenzsysteme für die Entscheidungsfindung erfordert neben der Systematisierung der Arten der Entscheidungsunterstützung eine genaue Betrachtung der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine (*i.S. degrees of automations, [She88]*).

Die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine kann in jeder Entscheidungsunterstützung unterschiedlich gestaltet sein. Die Spannweite der Arbeitsteilung lässt sich durch die Pole „vollständig durch den Menschen durchgeführt“ und „vollständig durch die Maschine durchgeführt“ markieren. Für die in 2.3 definierten Arten der Entscheidungsunterstützung ergibt sich folgendes:

	Rechner	Verteilt	Mensch
Erzeugen und Aufbereitung von Informationen	Automatische Datenübernahme aus anderen Systemen	Initiale Datenübernahme durch den Rechner mit anschließender manueller Korrektur	Manuelle Dateneingabe
Erzeugen von Alternativen	Vollständige Betrachtung aller Alternativen des Lösungsraums	Rechnergestützte Alternativerzeugung in einem durch den Menschen eingeschränkten Lösungsraum	Beschreibung bzw. Konstruktion von wenigen Alternativen
Bewerten von Alternativen	Ranking aller Alternativen mittels vordefinierter (fester) Bewertungsgrößen	Rechnergestützte Bewertung der Alternativen mittels durch den Menschen fallweise spezifizierter Kriterien	Manuelle Bewertung (z.B. Priorisierung) der Alternativen
Auswählen von Alternativen	Automatische Auswahl einer Alternative basierend auf dem Ranking	Auswahl einer Alternative basierend auf den durch den Menschen festgelegten Kriterien	Manuelle Auswahl
Überwachen der Entscheidungsausführung	Automatische Überwachung bezüglich zuvor festgelegter Zielkriterien	Manuelle Dateneingabe ¹ mit rechnergestützter Überwachung der Zielkriterien	Manuelle Datenerfassung von Zustandsdaten
Kontrollieren der Entscheidungsausführung	Automatische Revision der ausgewählten Entscheidung	Verweigerung der Ausführung der vom Menschen gewählten Alternative und Vorgabe einer neuen Alternative durch den Menschen	Manuelle Revision der ausgewählten Entscheidung

Abbildung 1: Beispiele für die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine

¹ z.B. Fertigmeldung von Aufträgen

2.5 Einsatzzweck

Die Einsatzgebiete von Assistenzsystemen für die Entscheidungsunterstützung in großen Netzen der Logistik sind vielfältig. Eine Übertragung von Erkenntnissen über ein Assistenzsystem auf andere Systeme ohne Berücksichtigung des Einsatzgebietes birgt die Gefahr von Fehlschlüssen.

Um die Vergleichbarkeit von Assistenzsystemen für die Entscheidungsfindung zu ermöglichen, ist daher grundsätzlich eine Systematisierung des Einsatzgebietes erforderlich. Hierbei nehmen wir – basierend auf Hellingrath und Kuhn [HeK02, S. 142 ff.] – eine Unterteilung in drei Einsatzgebiete vor:

- Gestaltung
Hierzu gehören Aufgaben der Standortplanung, der Gestaltung von Transportnetzen sowie der Layoutplanung von Lager- und Produktionsstandorten.
- Taktische Planung
Hierzu gehören Aufgaben der Absatzplanung, der Produktionsplanung, der Distributions- und Transportplanung sowie der Beschaffungsplanung.
- Operative Steuerung
Hierzu gehören Aufgaben der Auftragsabwicklung, der Transportüberwachung (Tracking and Tracing) sowie des Behältermanagements.

2.6 Qualität und Quantität der Entscheidung

Der Vergleich und die Einordnung unterschiedlicher Assistenzsysteme für die Entscheidungsfindung erfordert neben der Systematisierung der Arten der Entscheidungsunterstützung (vgl. 2.3), der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine (vgl. 2.4) und des Einsatzzwecks (vgl. 2.5) Aussagen über die Qualität und Quantität des unterstützenden Entscheidungsprozesses:

(1) Die besondere Qualität eines Assistenzsystems zur Entscheidungsunterstützung sehen wir vor allem in den Merkmalen der Gestaltung und Stabilisierung von komplexen Systemen sowie in der Identifizierung möglicher Konsequenzen menschlichen Entscheidungsverhaltens hinsichtlich des resultierenden Systems [Par00, S. 290]. In diesem Zusammenhang sind die Aspekte Sicherheit, Gefahrenabwehr und Gefahrenbewältigung von herausgehobener Bedeutung. Fragen der Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit des Systems rücken in dem Maße in den Vordergrund, in dem die Sicherheit des Systems gewährleistet werden kann.

(2) Eng verbunden mit dem oben benannten Einsatzzwecken der von uns fokussierten Assistenzsysteme zur Entscheidungsunterstützung rücken quantitative Aspekte eines solchen Systems in den Vordergrund. Sie kommen in den Situationen zum Vorschein, wenn der Fokus darauf gerichtet wird, ob der Einsatz des Assistenzsystems zur Entscheidungsunterstützung geplant oder auch ungeplant möglich ist, welche Einsatzfrequenzen es erlaubt und welchen Zeitbedarf seine Nutzung generiert. Gerade der Zeitfaktor muss als quantitatives Qualitätsmerkmal gebührende Beachtung finden, weil die Wirkung des Assistenzsystems in Abhängigkeit seines Einsatzzweckes variiert.

3 Fallbeispiele

In diesem Kapitel werden sechs Assistenzsysteme für die Entscheidungsunterstützung in der Logistik vorgestellt. Diese Fallbeispiele sind den einzelnen Forschungsfeldern der Autoren entnommen.

3.1 Beladung von Frachtflugzeugen (Doris Blutner)

3.1.1 Institutionelle Voraussetzungen und wirtschaftliche Entwicklung der Luftfracht

Seit fast einem Jahrhundert werden Briefe und Pakete per Luftfracht transportiert. Während 1919 bereits regelmäßige Postflüge in Europa erfolgten, werden heute jährlich ca. 27 Millionen Tonnen Frachtgüter weltweit im Luftfrachtverkehr bewegt [3Sa04; LEX06]. Die Vielfalt der Sendungen und Kunden ist dabei groß. Prognosen, die die weltweite Entwicklung der Luftfracht beinhalten, verweisen auf jährliche Zuwächse von 6% auf 400 Milliarden Tonnen Fracht im Jahr 2015 [LEX06]. Die Gründe für die steigende Nachfrage an Luftfrachtleistungen liegen darin, dass diese erstens fester Bestandteil von internationalen Produktions- und Distributionsketten sind und zweitens inzwischen auch „just-in-time“-Prozesse konstituieren. Die hohe Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Luftfracht zeigt sich nicht nur in kurzen Beförderungszeiten und termingerechten Transporten. Kein anderes Transportmittel bietet darüber hinaus eine so hohe Sicherheit beim Umschlag und Transport [LEX06]. Diese unerlässliche Sicherheit wird trotz steigendem Frachtaufkommen wesentlich durch die Assistenzsysteme gewährleistet, die den Piloten im Flugzeug bzw. den Disponenten und Operateuren im Frachtterminal und auf dem Vorfeld als Entscheidungshilfen zur Verfügung stehen.

Das Assistenzsystem „Beladen und Trimmen eines Flugzeugs“ ist dafür ein Beispiel. Es dient dazu, die Beladung eines Flugzeugs virtuell vorwegzunehmen, um auf diese Weise zu prüfen, ob das Flugzeug bei realer Beladung zu jedem Zeitpunkt, in dem es bewegt wird, sein Gleichgewicht sicher hält und somit keine Gefahr für Personen oder Ladung darstellt. Die Festlegung der sicherheitsrelevanten Parameter wird durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung auf der Grundlage von internationalen und nationalen Regelungen getroffen und kontinuierlich aktualisiert. Die neueste Bekanntmachung der Bestimmungen über die gewerbsmäßige Beförderung von Personen und Sachen in Flugzeugen (JAR-OPS 1 deutsch) stammt vom 10. April 2006. Folgende Festlegungen, die bei der Beladung eines Flugzeugs berücksichtigt werden müssen, sind für den Trimmvorgang relevant: „Vor jedem Flug hat der Luftfahrtunternehmer Unterlagen über Masse und Schwerpunktlage zu erstellen, in denen die Ladung und deren Verteilung angegeben sind. Mit den Unterlagen über Masse und Schwerpunktlage muss der Kommandant feststellen können, ob mit der Ladung und deren Verteilung die Masse- und Schwerpunktgrenzen des Flugzeugs eingehalten werden. Die Person, die die Unterlagen über Masse und Schwerpunktlage des Flugzeugs überwacht, hat durch ihre Unterschrift zu bestätigen, dass die Ladung und deren Verteilung mit den Unterlagen über Masse und Schwerpunktlage übereinstimmen. Diese Unterlagen bedürfen der Zustimmung durch den Kommandanten; seine Zustimmung erfolgt durch Gegenzeichnung oder ein gleichwertiges Verfahren [JAR06, S. 105, siehe auch JAR-OPS 1.1055(a)(12)]. Ferner muss der Luftfahrtunternehmer sicherstellen, dass die Beladung seiner Flugzeuge unter Aufsicht von

qualifiziertem Personal geschieht und dass das Laden der Fracht in Übereinstimmung mit den für die Berechnung der Flugzeugmasse und Flugzeugschwerpunktlage verwendeten Daten erfolgt [JAR06, S. 108]. Neben den Festlegungen hinsichtlich der personellen Aufgabenzuweisung und Verantwortung wurde bestimmt, welche Angaben die Unterlagen über Masse und Schwerpunktlage enthalten müssen [JAR06, S. 111 ff.] (vgl. Abbildung 2).

1	Flugzeugkennzeichen und -nummer
2	Flugnummer und Datum
3	Identität des Kommandanten
4	Identität der Person, die die Unterlagen erstellt hat
5	die Betriebsleermasse und die dazu gehörige Schwerpunktlage des Flugzeuges
6	die Kraftstoffmasse beim Start und die Masse des Kraftstoffs für die Flugphase
7	die Masse von Verbrauchsmitteln außer Kraftstoff
8	die Ladung, unterteilt in Fluggäste, Gepäck, Fracht, Ballast etc.
9	die Abflug-, Lande- und Leertankmasse
10	die Verteilung der Ladung
11	die zutreffenden Flugzeugschwerpunktlagen
12	Grenzwerte für Masse und Schwerpunktlagen

Abbildung 2: Notwendige Angaben zur Bestimmung der sicheren Beladung eines Flugzeugs

Nachdem die formalen Voraussetzungen für einen Beladungs- und Trimmvorgang skizziert worden sind, wird das Assistenzsystem „Beladen und Trimmen eines Flugzeugs“ unter Verwendung von zwei Interviews, die im Jahr 2006 mit Leitstandsmitarbeitern eines Luftfrachtexpressunternehmens zu diesem Thema geführt wurden, in seinen konkreten Anwendungsmöglichkeiten erläutert.

3.1.2 Systembeschreibung des Assistenzsystems: Beladen und Trimmen eines Flugzeuges

Vor Einführung des Assistenzsystems musste der Leitstandsmitarbeiter die erforderlichen 12 Angaben (siehe Abbildung 2) verschiedenen IT-Systemen und Dokumenten entnehmen und mittels eines so genannten „LOAD & TRIM SHEET“-Bogens die Beladung und den Trimm des Flugzeuges manuell ausrechnen. Ein durchgängiger Zugriff auf die notwendigen Daten war demzufolge vor dem Einsatz des Assistenzsystems nicht möglich. An dieser Stelle sei vorweggenommen, dass sich diese Situation durch den Einsatz des Assistenzsystems

verändert hat. Einzig die Spritwerte, die der Pilot unter Berücksichtigung der Gesamtfracht und vorausgesagter Witterungsbedingungen, die die Wahl der Flugroute determinieren, festlegen muss, werden dem Leitstandsmitarbeiter nicht per automatischem Dateninput übermittelt (I3; ZN: 371-378). Das Ausfüllen und Berechnen der zulässigen Beladung und des zulässigen Trimm per Hand dauert nach Einschätzung der Disponenten 20 bis 25 Minuten (I3, ZN: 425-428), wenn sie diese Aufgabe spontan – im inzwischen ungeübtem Zustand – erledigen müssten.



Abbildung 3: Beladung eines Flugzeuges

Das rechnergestützte Assistenzsystem zur Beladung und zum Trimmen der Frachtflugzeuge wurde von der Softwareabteilung desselben Unternehmens erstellt, welches auch die Luftfrachtdienstleistungen anbietet und durchführt. Dieses Assistenzsystem ist so angelegt, dass es den Vorgaben des Luftrechts gerecht wird [JAR06] und die oben genannten Angaben (Abbildung 2) beinhaltet. Der Leitstandsmitarbeiter belädt das Flugzeug virtuell mit den im Assistenzsystem angezeigten, zu ladenden Containern. In diesem Moment kommt der entscheidungsunterstützende Charakter des Assistenzsystems ins Spiel. Schlägt der Leitstandsmitarbeiter eine bestimmte Beladung vor, ist es für ihn sofort ersichtlich, ob die Kriterien „Zero Fuel Weight“ (ZFW = Beladung des Flugzeugs ohne Sprit), Startmasse (TOW = Gewicht bei Start des Flugzeugs) und Landing Weight (LDG = Gewicht des Flugzeuges bei Landung), die durch eine konkrete Beladung des Flugzeugs beeinflusst werden können, im sicheren Bereich liegen. Das Ziel des Leitstandsmitarbeiters, der das Flugzeug (virtuell) belädt und trimmt, ist es demzufolge, das Flugzeug unter Berücksichtigung dieser drei Kriterien im „Operational Limit“ zu halten, um einen sicheren Flug zu gewährleisten. Das IT-System bildet den aktuellen Beladungszustand entlang der drei Kriterien durch eine Reglerschiebergrafik ab (Abbildung 4, FWD und AFT bezeichnen Grenzwerte). Ein

gestichelter Strich auf der obersten Reglerschiene (ZFW) kennzeichnet den optimalen Trimm unter den gegebenen Bedingungen.

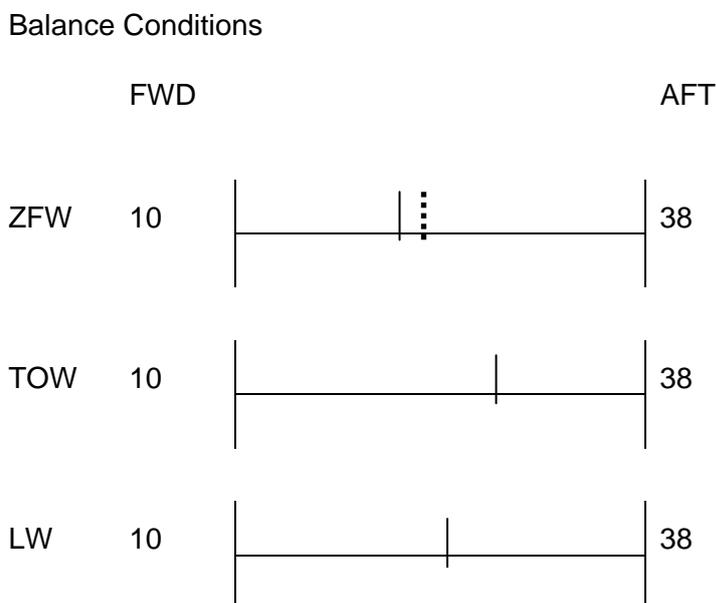


Abbildung 4: Balance Conditions

Eine solche klare Orientierungsmöglichkeit hatten die Leitstandsmitarbeiter nicht, als sie diese Aufgabe noch auf Papierbasis erfüllten. Die Abstimmung dieser Werte führt zu einem Gesamtwert, dem Total Traffic Load (TTL), deren Wert dem Leitstandsmitarbeiter ebenfalls sofort durch das Assistenzsystem sichtbar gemacht wird. Der Leitstandsmitarbeiter greift beim virtuellen Beladen und Trimmen des Flugzeuges per Assistenzsystem auf seine Erfahrungen, den Flugzeugtyp, die Ladung und das Destinationsziel betreffend, zurück. Sobald der Pilot die oben beschriebenen Informationen (tatsächliche Fracht und erwartete Witterungsbedingungen) an den Leitstandsmitarbeiter weitergegeben hat, trägt dieser die Informationen in die Maske des Assistenzsystems ein und überprüft mittels des Assistenzsystems, ob die Beladung und der Trimm unter den neuen Bedingungen noch den Sicherheitsvorgaben entsprechen.

3.1.3 Einordnung in den konzeptionellen Rahmen

Art der Entscheidungsunterstützung

Das Assistenzsystem „Beladen und Trimmen eines Flugzeuges“ ist ein Entscheidungsunterstützungssystem mit eingebauter „Notbremse“. Belädt der Disponent virtuell das Flugzeug unsicher, so verweigert das IT-Programm nach Prüfung der vom Disponenten vorgeschlagenen Beladung den darauf folgenden Schritt, den Ausdruck des „LOAD & TRIM SHEET“-Formulars, welches vom Piloten und dem Disponenten persönlich unterschrieben werden muss (siehe 3.1.1). Bedeutet die vorgeschlagene Beladung ein Sicherheitsrisiko, wird dies dem Leitstandsmitarbeiter durch einen rot eingefärbten Strich visualisiert: „In dem Moment, in dem etwas rot wird, weigert sich das System, die Papiere zu drucken.“ (I3, ZN: 214-215)². In einem solchen Fall generiert das IT-System eine Prüfliste, die der Leitstandsmitarbeiter Punkt für Punkt bearbeiten muss, um auf dieser Basis eine sichere Beladung des Flugzeuges dem System vorzuschlagen. Diesen Vorgang wiederholt er im Zweifelsfall so oft, bis er eine sichere Beladung des Flugzeuges gewählt hat, die kein Sicherheitsrisiko in sich birgt und daher vom Assistenzsystem bestätigt wird: „Es wird quasi vorab durchgespielt, wie das Flugzeug reagiert, wenn man das da und das da hinlegt. Und wenn das dann vom Loadcontroller (dem Leitstandsmitarbeiter – DB) bestätigt ist, wird das Planspiel von den Kollegen auf der Rampe des Flugzeuges beladen.“ [I3, ZN: 161-164].

Nicht nur theoretisch, sondern ebenso praktisch hat der Leitstandsmitarbeiter die Möglichkeit, eine vollständig automatische Beladung und Trimmung des Flugzeuges durch das Assistenzsystem vorzunehmen zu lassen. Davon sehen die Leitstandsmitarbeiter jedoch ab, weil neben der Sicherheit die qualitativen Kriterien Service und Ökonomie als zu berücksichtigende Faktoren Eingang in den Beladungs- und Trimmvorgang finden.

Rang	Legitimation	Entscheidung über Art und Weise der Beladung	Kontrolle
1	Sicherheit	Mensch oder Assistenzsystem	Assistenzsystem
2	Service	Mensch: „...weil, wir sind ein Dienstleistungsunternehmen.“ (I3, ZN: 251)	Assistenzsystem
3	Ökonomie	Mensch	Assistenzsystem

Abbildung 5: Prioritäten der Beladung und des Trimmens

In diesem Sinne bietet das Assistenzsystem Unterstützungsfunktionen beim Erzeugen und Aufbereiten der Informationen, beim Erzeugen von Alternativen und beim Bewerten von Alternativen an. Im automatischen Modus offeriert es genau eine Alternative, die der Leitstandsmitarbeiter nutzen kann, jedoch aus oben beschriebenen Gründen nicht nutzt. Die einzige Unterstützungsfunktion des Assistenzsystems besteht darin, die Sicherheit des Fluges zu gewährleisten. Es interveniert genau dann, wenn die vom Menschen vorgeschlagene Alternative die Sicherheitskriterien nicht erfüllt. In diesem Sinne überwacht

² I3, ZN: 214-215 bedeutet: 3. Interview , Zeilennummern 214 bis 215

und kontrolliert das System die Entscheidungsprozesse zu Festlegung der Beladung des Flugzeuges.

Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine

Folgende Abbildung fasst die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine beim vorgestellten Assistenzsystem zusammen:

	Rechner	Verteilt	Mensch
Erzeugen und Aufbereitung von Informationen		Initiale Datenübernahme durch den Rechner mit anschließender manueller Korrektur: tatsächliche Fracht, erwartetes Wetter	
Erzeugen von Alternativen			Vorschlag einer Beladungsalternative
Bewerten von Alternativen	Bewertung der Alternative mittels vordefinierter, fester Bewertungsgrößen hinsichtlich des Kriteriums Sicherheit		
Auswählen von Alternativen			Entscheidung für die sichere Beladung
Überwachen der Entscheidungsausführung	Abgleich der eingegebenen Daten mittels einer Prüfliste		
Kontrollieren der Entscheidungsausführung	Ausdruck des „Load & Trim“-Formulars als Ergebnis des Kontrollvorgangs.		

Abbildung 6: Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine beim Beladen und Trimmen eines Flugzeuges

Einsatzzweck

Das Assistenzsystem unterstützt die operative Steuerung des Transportprozesses und dient ausschließlich der Sicherheit im Luftverkehr.

Quantität und Qualität der Entscheidung

Die besondere Qualität des Assistenzsystems „Beladen und Trimmen eines Flugzeugs“ besteht in seiner Funktion, die Sicherheit des Frachttransports durch das Transportmittel

Flugzeug zu gewährleisten. Obgleich der Mensch innerhalb des Sicherheitsbereichs die Anordnung der Fracht nach den Gesichtspunkten Kundenservice und ökonomisches Fliegen gestalten kann, dient das Assistenzsystem selbst nicht der Gestaltung eines logistischen Systems. Seine quantitative Stärke besteht darin, dass es jederzeit einsatzbereit ist, sofern die notwendigen Daten vorliegen und dass der Trimmvorgang in seiner schnellsten Anwendung nur wenige Minuten beansprucht.

3.2 Schiffsführung (Stephan Cramer)

3.2.1 Anwendungskontext für das Assistenzsystem NARIDAS

Die Entwicklung des Assistenzsystems NARIDAS (Navigational Risk Detection and Assessment System) stellt eine Reaktion auf die zunehmende Komplexität des Schiffsführungsprozesses unter spezifischen nautischen wie logistischen Rahmenbedingungen dar. Diese Bedingungen sollen kurz umrissen werden.

Ein Großteil des rapide wachsenden internationalen Warenverkehrs wird auf dem Seeweg abgewickelt. Die Containerschiffe erreichen mittlerweile eine Transportkapazität von 11.000 TEUs (Twenty-foot Equivalent Unit, entspricht einem (kleinen) 20 Fuß-Container) und werden von 13 Personen an Bord gefahren. Die Aufrechterhaltung eines wochenlangen Dauerbetriebs auf einem 400 Meter langen Schiff gelingt nur durch den Einsatz von Informations- und Automatisierungstechnik [Mae06], zumal logistische Anforderungen, wie z.B. das Einhalten einer definierten ETA (estimated time of arrival) am Containerterminal, erfüllt werden müssen [Bec05].



Abbildung 7: Emma Hansa Maersk, größtes Containerschiff der Welt

Quelle: [Mar06]

Um diesen unterschiedlichen Aspekten des Bordbetriebs gewachsen sein zu können, ist die Schiffsbrücke längst zum Leitstand für die Überwachung und Steuerung teilautomatisierter Prozesse entwickelt worden. Die Komplexität der Steuerungsaufgaben ergibt sich aus

unterschiedlichen Anforderungen, da nautische, schiffstechnische, wirtschaftliche, logistische sowie arbeits-, verkehrs- und handelsrechtliche Anforderungen unter wechselhaften und z.T. schwierigen Umweltbedingungen – Sturm, Wellen, extreme Temperaturen, enge Fahrwasser und hohe Verkehrsdichte – erfüllt werden müssen. Dazu stehen unterschiedliche (steuerungs-)technische Hilfsmittel wie

- GPS (Global Positioning System, satellitenbasierte Ortung) [Hop02]
- ARPA (Automatic Radar Plotting Aid, Kollisionswarnung) [Ray06]
- ECDIS (Electronic Chart Display and Information System, elektronische Seekarte) [BSH06]
- AIS (Automatic Identification System, UKW-Radiotranspondersystem) [BSH06a]
- Track Control (automat. Bahnregelung) [SOL06] und
- GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System, automat. Seenotassistenzen) [USC06]

zur Verfügung. Weitere Systeme dienen z.B. der Wartung und Instandhaltung, Ladungsüberwachung, Messung der strukturellen und dynamischen Belastung des Schiffsrumpfes sowie der Wetternavigation.



Abbildung 8: Schiffsbrücke
Quelle: [See06]

Mit der Einführung derartiger Systeme sind grundlegende Schwierigkeiten gelöst worden. Das jahrhundert alte Ortungsproblem gehört praktisch der Vergangenheit an. Fahrpläne können präzise eingehalten werden. Trotzdem gilt die Schifffahrt als Hochrisikosystem [Per92]. Es kommt weiterhin zu katastrophalen Unfällen. Nicht immer gelingt es, den Entscheidern an Bord vorhandene Informationen angemessen zu nutzen, um richtige Entscheidungen zu treffen.

3.2.2 Systembeschreibung

Einen Lösungsansatz schlägt Diethard Kersandt mit „NARIDAS“ (Navigational Risk Detection and Assessment System) vor. Trotz vereinfachter Abläufe und zuverlässiger Automaten sei die Arbeit der Entscheidungsträger an Bord durch eine Vielzahl von Informationsquellen, wachsende Verantwortung, zunehmenden Entscheidungsdruck, größere Auswirkung von Fehlern, Prozesskomplexität und Zeitmangel geprägt [Ker05].

Automatisierung führe zu einem Verlust von Hintergrundwissen, verhindere den Erwerb von Fachwissen und erschwere das Hervorbringen und Aufrechterhalten der „situation awareness“, wenn die aktuelle Situation aufgrund der Anzeigen und vorhandenen Informationen „zusammengebaut“ werden müsste [Ker05].

Die Funktion von NARIDAS bestehe darin, Veränderungen des Systemzustandes hervorzuheben und kritische Situationen antizipierbar zu machen. Im Unterschied zu anderen Systemen würden Zustände nicht erfasst und fixiert. Um die schnelle Aufnahme komprimierter und bewerteter Informationen zu ermöglichen, reduziere NARIDAS dazu die Komplexität des Schiffsführungsprozesses auf die Veränderungen acht zentraler Parameter [Ker05, S. 3 ff.]:

- | | |
|------------------------|--|
| 1. SPEED | bildet sichere/unsichere Geschwindigkeiten ab. |
| 2. TRACK | erfasst Probleme der Bahnführung, z.B. bei Untiefen. |
| 3. TARGET | bezieht sich auf die gefährliche Annäherung anderer Fahrzeuge. |
| 4. ENVIRONMENT | berücksichtigt Umweltbedingungen, wie z.B. die Wellenhöhe. |
| 5. HUMAN | bietet Informationen zu Wachzeitdauer und Brückenbesetzung. |
| 6. AVAILABILITY | bildet die Verfügbarkeit von Ruderanlage und Maschine ab. |
| 7. TRAFFIC | warnet vor gefährlichen Annäherungen anderer Fahrzeuge und |
| 8. ECONOMY | berücksichtigt das Verhältnis zwischen Geschwindigkeit, wirtschaftlichem Betrieb und der einzuhaltenden ETA (estimated time of arrival). |

Die für diese acht Dimensionen des Schiffsführungsprozesses bereits vorhandenen Eingangswerte versieht NARIDAS mit einer erfahrungsbasierten „Risikokenngröße“: „Diese Kenngröße ist dimensionslos und bringt den Zustand des partiellen Prozesses zwischen den Grenzwerten 0 und 1 zum Ausdruck“ [Ker02, S. 17]. Die Mensch-Maschine-Schnittstelle kann z.B. als Balkendiagramm (siehe Abb.) gestaltet werden, um dem Operateur eine „auf den ersten Blick“ zu erfassende Übersicht über den Prozesszustand zu ermöglichen. [Ker02, S. 18] Dabei bezeichnet „0“ die Anwesenheit von Gefahr und „1“ eine Gefahr, die sofortiges Handeln erfordert.



Abbildung 9: NARIDAS

Quelle: [ZMM06]

Folgende Vorgaben sollen, so Kersandt in einem am 29.09.2006 vom Autor durchgeführten Interview mit diesem Assistenzsystem erreicht werden:

- NARIDAS dient nicht zur Erstellung und Darstellung von Informationen für den Nautiker auf der Brücke, um die bereits vorhandene Fülle von Informationen nicht noch weiter zu steigern.
- Die Präsentation bewerteter Informationen bietet demgegenüber verbesserte Chancen, in komplexen Situationen rasch die richtigen Entscheidungen zu treffen, ohne dabei die Context Awareness zu verlieren.
- Gefahren können für NARIDAS erfahrungsbasiert eingeschätzt und durch NARIDAS gemessen werden.

Die für den Schiffsführungsprozess entscheidenden Parameter sind daher auf einer Benutzeroberfläche zusammengefasst und vermitteln intuitiv einen Eindruck davon, was in welcher Reihenfolge getan werden sollte, um Gefahren abzuwehren und Systemprozesse stabil und leistungsfähig zu halten (siehe Abb. NARIDAS).

In einer an der TU-Berlin, unter Leitung von Klaus-Peter Timpe, durchgeführten Evaluationsstudie [Ker05, S. 10], konnte mittlerweile der empirische Nachweis erbracht werden, dass die Angaben dieses Assistenzsystems mit den Empfehlungen erfahrener Nautiker übereinstimmen. In Zukunft ist die Ausgabe explizierter Handlungsempfehlungen vorgesehen.

Ein weiteres Projekt dieser Art belegt ein steigendes Interesse daran, den Einsatz und die Nutzung vorhandener Assistenzsysteme bei der Steuerung komplexer Prozesse zu revidieren. Das Projekt „DGON-BRIDGE“ wurde initiiert, um den Entscheider an Bord durch die Entwicklung eines wissensbasierten und integrierten Brückensystems zu unterstützen. Nach dem Vorbild von NARIDAS wird bei der

- Bündelung von Informationen,
- der Behandlung der Informationen in Abhängigkeit vom jeweiligen Kontext sowie der
- situationsabhängigen Einschätzung des Systemzustandes

angesetzt [DEG06, S. 56 f.].

3.2.3 Einordnung in den konzeptionellen Rahmen

Art der Entscheidungsunterstützung

Ohne NARIDAS bleibt der Wachhabende darauf angewiesen, Daten, Informationen und Leistungen des jeweiligen Systems oder einer spezifischen Gruppe von Systemen zu nutzen: Zahlreiche „Puzzle-Teile“ müssen umgehend zu einem stimmigen Gesamtbild verknüpft werden. Die Einschätzung von Gefahrenpotentialen, oder allgemeiner formuliert, die Einschätzung des Systemzustandes und der Aufrechterhaltung der Systemfunktionalität bleibt in der Praxis dem Wachhabenden auf der Brücke überlassen. NARIDAS übernimmt einen Teil dieser Deutungsarbeit [Wey97].

Ein Gefahrenwert von fast 1 bei „Target“ (siehe Balkendiagramm oben) markiert zunächst eine eindeutige Handlungspräferenz (Kollisionsgefahr). Der nächst höhere Wert von 0,75 bei „Human“ könnte den Entscheider dazu motivieren, ein Ausweichmanöver sofort vorzubereiten, da es z.B. an Personal fehlt oder am Ende der Nachtwache am frühen Morgen mit Übermüdigungserscheinungen gerechnet werden muss.

Geboten wird demnach eine mittelbare Entscheidungsunterstützung, die es dem Entscheider ermöglicht, sich zeitnah die jeweiligen Situation und den Entscheidungskontext zu vergegenwärtigen, um Entscheidungen zur Gefahrenabwehr und Systemstabilisierung an eine korrekte Einschätzung der Lage zu binden. NARIDAS hilft dabei, die durch technische Sensorik erzeugten Zahlen, Diagramme und Bilder so zu präsentieren, dass rasch ein konsistenter Bezug zwischen dem Angezeigten und „der Welt da draußen“ hergestellt werden kann.

Im Hinblick auf die verwendete Klassifikation handelt es sich bei NARIDAS um ein Assistenzsystem, das der Sammlung und Filterung von Daten und Informationen dient. Darüber hinaus werden diese aber auch bewertet und als Handlungsalternativen dargestellt. Diesen Aspekt und die damit verknüpfte Verteilung von Aktivitäten zwischen Mensch und Rechner verdeutlicht die Abbildung 10 auf der folgenden Seite.

Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine

	Rechner	Verteilt	Mensch
Erzeugen und Aufbereitung von Informationen	NARIDAS fasst Daten vorhandener Systeme zusammen (und bewertet diese, siehe „Bewertung“ von Alternativen).		
Erzeugen von Alternativen		Mensch entscheidet, nachdem eine Alternative zuvor von NARIDAS nahegelegt wurde. Bsp.: Gefahrenpotential im Bereich Kollisionsverhütung bei 0,95 (höchster Wert): Impliziert die Empfehlung, zunächst auszuweichen (und nicht irgendetwas anderes vorzuziehen).	
Bewerten von Alternativen	NARIDAS bewertet alternative Entscheidungsmöglichkeiten. Bsp. Ranking: Jeweiliges Gefahrenpotential der acht Parameter des Schiffsführungsprozesses.		
Auswählen von Alternativen			Wachhabender entscheidet, ob und wie ein Ausweichmanöver gefahren wird.
Überwachen der Entscheidungsausführung	Diese Aufgabe wird nicht durch NARIDAS unterstützt.		
Kontrollieren der Entscheidungsausführung	Diese Aufgabe wird nicht durch NARIDAS unterstützt.		

Abbildung 10: Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine bei NARIDAS

Im Unterschied zu den Einzelsystemen – z.B. reduziert ARPA die Aufzeichnung der Bewegungen anderer Fahrzeuge auf deren Identifikationscode, Manöverdaten und Bewegungs-Vektoren – komprimiert NARIDAS Daten auf einem Abstraktionsniveau oberhalb

aller Einzelsysteme und wirkt aufgrund der Ausgabe und Anzeige bewerteter Information deutlicher auf die Entscheidungsfindung ein, als dies bei den Einzelsystemen der Fall ist. Obwohl keine konkreten Handlungsvorschläge (weiche aus!) oder deren Umsetzung (neuer Kurs 270°) bereitgestellt werden, legt das Ranking von Gefahrenpotentialen eine spezifische Auswahl von Alternativen (Ausweichen, nicht Kurs beibehalten) nahe. Während die Datenzusammenfassung (Zeile 1) und das Ranking (Zeile 3) vollautomatisch durch den Rechner bereit gestellt werden, bleibt es dem Menschen überlassen, das Ranking als Set von Alternativen zu interpretieren und eine auszuwählen. Insofern handelt es sich um einen zwischen Mensch und Rechner (Zeile 2) verteilten Prozess.

Einsatzzweck

NARIDAS dient der Gefahrenabwehr im Schiffsführungsprozess und unterstützt den Operateur darin, sich einen raschen Überblick über den aktuellen Systemzustand (Kollisionsgefahr!) zu verschaffen, um Entscheidungen zur Gefahrenabwehr (Ausweichmanöver) und damit die Systemstabilisierung konsistent in aktualisiertes Kontextwissen einzubetten. Die Präsentation bewerteter Information hilft dabei, Entscheidungsprioritäten festzulegen und die Sequenz notwendiger Entscheidungen im Sinne der Gefahrenabwehr und Systemstabilisierung optimal zu gestalten (erst Ausweichen, dann wegen Tiefgangsbehinderung Kurs wechseln, dann technische Funktion der Antriebsmaschine überprüfen...). Letztlich bietet NARIDAS eine Assistenz zur optimierten Nutzung von untergeordneten (Assistenz-) Systemen.

Quantität und Qualität der Entscheidungsunterstützung

Die quantitative Dimension der Entscheidungsunterstützung besteht in der Reduktion vorhandener Daten und Informationen. Das Tempo der Datenverarbeitung wird dabei genutzt, um in Echtzeit die Grundlage für ggf. unmittelbar zu fällende, kontextbewusste und situationsangemessene Entscheidungen anbieten zu können. In qualitativer Hinsicht bewertet das System vorhandene Daten und entlastet die Operateure von Teilen der Deutungsarbeit, die sonst von den Operateuren allein geleistet werden müsste.

3.3 Produktionsprogrammplanung (Sven Krause)

3.3.1 Einsatzfeld des Assistenzsystems

Die Zulieferbranche der Automobilindustrie wird von einer zunehmenden Konsolidierung geprägt. Die Gründe dieser Entwicklung sind vor allem die Realisierung von bisher ungenutzten Skaleneffekten, Aus- oder Aufbau neuer oder bestehender Kernkompetenzen sowie die Erschließung neuer Märkte. Durch die Konsolidierung unter den Herstellern (OEM) sind auch Lieferanten zunehmend gezwungen die sich ergebenden Skaleneffekte effektiv zu nutzen, um nicht in die Lage versetzt zu werden, ungenutzte Kapazitäten liquidieren zu müssen. Unter diesem Aspekt finden viele Restrukturierungsprojekte mit dem Ziel der effizienten Ressourcen- bzw. Kapazitätsnutzung statt.

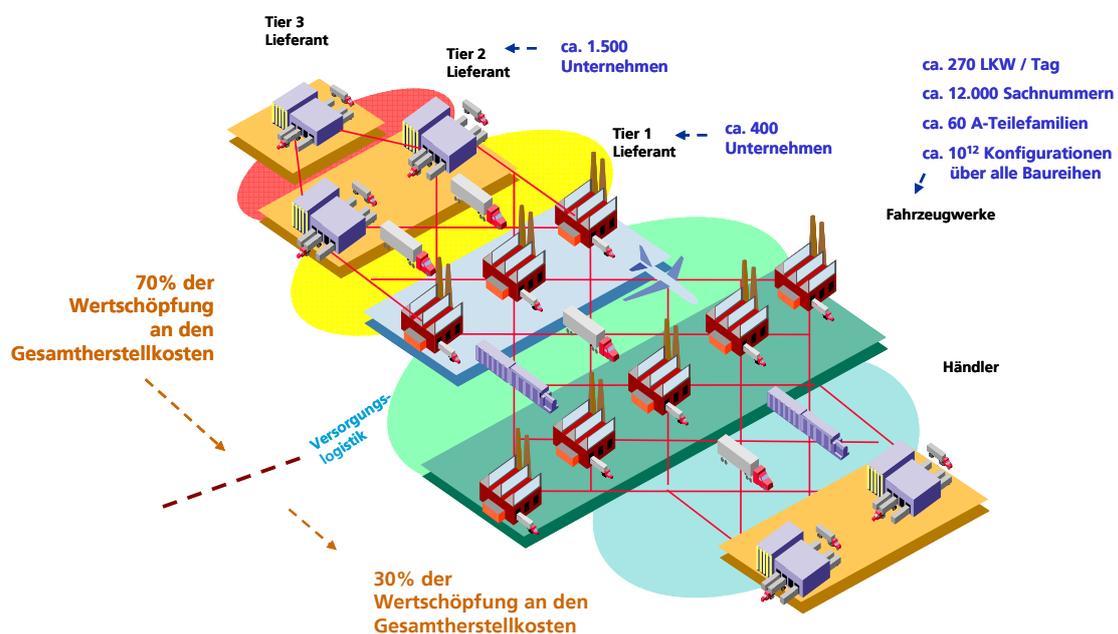


Abbildung 11: Beispiel eines typischen Fahrzeugproduktionsnetzwerkes

Quelle: [HeG07, S. 15]

Im folgenden Fall lag die Herausforderung in der Machbarkeitsüberprüfung eines prognostizierten Vertriebsplanes anhand der vorhandenen Belegschaft und des existierenden Maschinen- und Anlagenpools.

Die zentralen Herausforderungen stellten sich wie folgt dar:

- Aufbau einer neuen Fertigungslinie mit angeschlossener Modulmontage
- Zukünftige Fertigung im 1-Linien-Betrieb
- Hohe Variantenvielfalt innerhalb der Fertigprodukte
- Beschränkter Platzbedarf für die Zwischenlagerung

Darauf basierend wurden folgende Ziele formuliert:

- Entwicklung eines geeigneten Produktionssteuerungs- und Logistikkonzeptes für die Produktion auf Kammlinie im Jahr 2009
- Aufzeigen der Notwendigkeiten und Voraussetzungen zur Realisierung des Konzeptes in Bezug auf Flächenbedarfe und Produktionsparameter (z.B. Rüstzeit und Sicherheitsbestände)
- Grobdarstellung eines Anlaufszenarios bis 2009

Somit müssen bei der Programmplanung die folgenden Fragen beantwortet werden:

- Können alle Kundenbedarfe ohne Produktionsstillstand bedient werden?
- Sind die gewählten Sicherheitsbestände (in der Produktion und im Lager) ausreichend dimensioniert?
- Welche Anzahl von Rüstvorgängen ist erforderlich, um die Kundenbedarfe zu erfüllen?

3.3.2 Systembeschreibung des Assistenzsystems

Für die Programmplanung und Restrukturierung einer Fabrik werden zuerst einfache, statische Berechnungen durchgeführt. In einer anschließenden Simulationsstudie werden dann unterschiedliche Planungsvarianten genauer untersucht. Hierfür wird mit dem Simulator DOSIMIS³ ein Simulationsmodell erstellt, das die Fabrik und die Rahmenbedingungen der Programmplanung abbildet.

Eine Simulationsstudie mit DOSIMIS erfolgt in fünf Schritten: Modellierung, Parametrierung, Simulationsexperimente, Auswertung und Animation. Für die Programmplanung der Fabrik wurde ein DOSIMIS-Modell als Assistenzsystem entwickelt. In diesem Modell wurden die Prozessabläufe auf dem Abstraktionsniveau des Steuerungskonzeptes (vgl. Abbildung 12) abgebildet.

³ DOSIMIS ist ein bausteinorientierter Simulator von Materialflusssystemen, d.h. der Planer kann mit Hilfe der angebotenen Bausteine das Simulationsmodell erstellen. Die Bausteinbibliothek umfasst Elemente wie z.B. Stautrecke, Fahrwege, Be- und Entladestationen, Weichen und Kreuzungen sowie Montage- und Demontageelemente, die die Grundfunktionen der Produktion Fügen, Trennen und Bearbeiten darstellen.

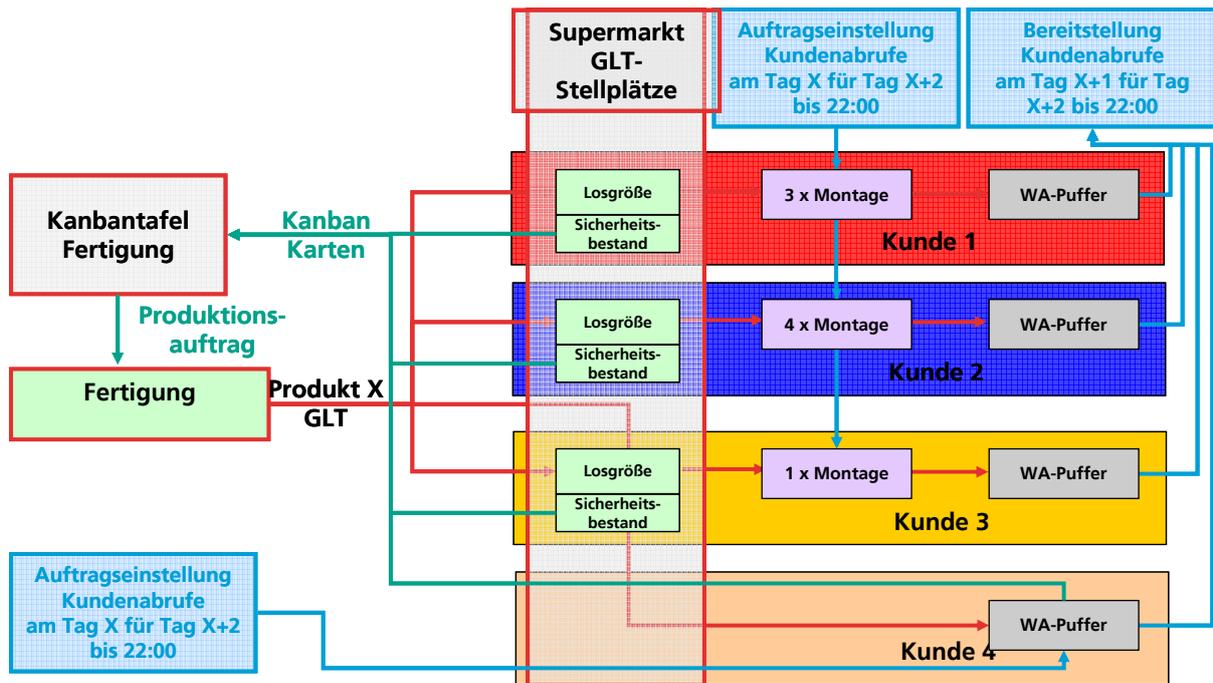


Abbildung 12: Grundlegendes Steuerungskonzept der Produktion⁴

Der Planer nutzt dieses Assistenzsystem durch Veränderung der Modellparameter und der anschließenden Durchführung von Simulationsexperimenten. Weiterhin unterstützt das DOSIMIS-basierte Assistenzsystem den Planer bei der Auswertung der Simulationsexperimente.

Die Veränderung der Modellparameter (*Parametrierung*) betrifft Daten zur Systemlast, technische Daten der eingesetzten Betriebsmittel und Ablaufregeln des Systems. Zur Darstellung der Systemlast können zufällige Lastprofile generiert oder reale Produktionsprogramme per Datei eingelesen werden. Die technischen Daten umfassen beispielsweise: Geschwindigkeiten, Abholfrequenzen, Bearbeitungs- und Wiederbeschaffungszeiten, Ausschussquoten, Schichtanzahl und -dauer oder Pufferkapazitäten. DOSIMIS bietet zusätzlich die Möglichkeit, manuelle Tätigkeiten wie das Bearbeiten, Rüsten oder Beseitigen von Störungen zu definieren. Die internen Ablaufregeln umfassen Strategien, über die der Materialfluss gesteuert, Transportfahrzeuge disponiert und Werker eingesetzt werden. Dazu können Produktionsprogramme als Darstellung des Prozessablaufes und des Steuerungskonzeptes hinterlegt werden. Zusätzlich können bei der Parametrierung auch noch Stellplatzanzahl, temporäre Lagererweiterungsmöglichkeiten und Auslagerungsmethoden berücksichtigt werden. Die Durchführung von Simulationsexperimenten mit unterschiedlicher Parametereinstellung ermöglicht den Vergleich verschiedener Planungsszenarien.

Vor jedem *Simulationsexperiment* findet eine Validierung statt, die das Modell auf eventuelle Parametrierungsfehler untersucht. Zur Simulation müssen anschließend der

⁴ GLT = Großladungsträger; WA = Warenausgang; Kanban ist eine Methode der Materialversorgung in der Fertigung.

Simulationszeitraum, die Definition der gewünschten Ausgabedaten und der Feinheit der Ergebnisdarstellung eingegeben werden.

Im Rahmen der *Auswertung* bietet DOSIMIS die Darstellung umfassender Statistiken, z.B. bezüglich Termintreue oder Kapazitätsauslastung, die vom Planer gefiltert und gezielt analysiert werden können.

3.3.3 Einordnung in den konzeptionellen Rahmen

Art der Entscheidungsunterstützung

Das Assistenzsystem unterstützt den Planer bei der detaillierten Bewertung von Szenarien für die Produktionsprogrammplanung einer Fabrik.

Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine

Folgende Abbildung fasst die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine beim vorgestellten Assistenzsystem zusammen:

	Rechner	Verteilt	Mensch
Erzeugen und Aufbereitung von Informationen			Manuelle Dateneingabe der Simulationsparameter
Erzeugen von Alternativen			Erzeugung von Szenarien
Bewerten von Alternativen		Rechnergestützte quantitative Bewertung der Alternativen (Durchführung der Simulationsexperimente); qualitative Bewertung durch den Menschen	
Auswählen von Alternativen			Manuelle Auswahl
Überwachen der Entscheidungsausführung	Diese Aufgabe wird nicht durch das System unterstützt.		
Kontrollieren der Entscheidungsausführung	Diese Aufgabe wird nicht durch das System unterstützt.		

Abbildung 13: Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine beim Assistenzsystem für die Produktionsprogrammplanung

Einsatzzweck

Das Assistenzsystem leistet eine Unterstützung in der Machbarkeitsanalyse bestimmter im Vorfeld definierter Produktionsabläufe in der taktischen Planung.

Qualität und Quantität der Entscheidung

Die Entscheidungsunterstützung durch das Assistenzsystem ist – im Vergleich zu einfachen, statischen Berechnungen – qualitativ hochwertig: Komplexes, sich über den Planungszeitraum veränderndes Verhalten der einzelnen Fabrikelemente und der Systemlast (Kundenbedarfe) wird durch das Simulationssystem zuverlässig abgebildet. In der Durchführung der Simulationsexperimente in kurzer Zeit mit der damit verbundenen Möglichkeit, viele Planungsszenarien zu vergleichen, bildet die quantitative Stärke des Assistenzsystems.

3.4 Tourenplanung (Tycho Möncks, Doris Blutner, Markus Witthaut, Andreas Reinholz)

3.4.1 Einsatzfeld des Assistenzsystems

Bei der Tourenplanung werden Transportaufträge zu Transportmitteln (Fahrzeugen) möglichst optimal zugeordnet. Ziele dieser Optimierung sind kurze Lieferzeiten, hohe Liefertermintreue und geringe Transportkosten. Dabei müssen zahlreiche Restriktionen, wie verfügbare Kapazitäten, gesetzliche Vorschriften, Abhol- und Anlieferzeiten, berücksichtigt werden. Neben der Fahrzeug-disposition wird im Rahmen der Tourenplanung entschieden, wie die zu beliefernden Kunden möglichst kostengünstig zu Touren zusammengefasst werden können und in welcher Reihenfolge die ausgewählten Transportmittel die Nachfragepunkte innerhalb einer Tour anfahren sollen.

Unter dem Begriff Tourenplanung (auch: Vehicle Routing Problem, VRP) werden im Wesentlichen Aktivitäten zur Clusterungsentscheidung und Permutationsfestlegung von Belieferungsprozessen zusammengefasst. Das Standard-VRP ist dabei wie folgt definiert. Ausgehend von einem Depot sind eine Menge von Kunden mit Waren zu beliefern, jeder Kunde hat dabei einen individuellen (abstrakten) Warenbedarf. Zur Belieferung stehen homogene Fahrzeuge mit einem definierten Ladevolumen zur Verfügung. Ziel der Tourenplanung ist es nun, eine Zuordnung von Kunden zu Fahrzeugen (Clusterung durch Routenbildung) und eine Reihenfolge der Kunden innerhalb einer Route (Permutation) zu finden, die hinsichtlich eines Bewertungsmaßes möglichst gut ist. Die Bewertungsfunktion basiert dabei prinzipiell auf der Summe aller Distanzen, die von den Fahrzeugen zur Realisierung einer Lösung zurückgelegt werden. Durch die Hinzunahme von Nebenbedingungen, wie beispielsweise Zeitfenster für einzelne Belieferungen, ergeben sich vielfältige Varianten des VRP. Bereits einfache Tourenplanungsaufgaben sind so komplex, dass nicht mehr der beste Tourenplan bestimmt werden kann.⁵ Zur Erstellung von „besten“ Tourenplänen mit mehr als etwa 50 Kunden mittels deterministischer Algorithmen ist die Berechnungszeit für den Einsatz in der Praxis zu lang.

Eine die Optimierung erschwerende Eigenschaft der Tourenplanung ist, dass eine kostenoptimierte Lösung eine hohe Instabilität aufweist. Eine geringfügige Änderung von zu Grunde gelegten Annahmen kann zu einer Lösung führen, die nicht mehr alle Vorgaben erfüllt: Ein nahe liegendes Beispiel sind Zeitfenstervorgaben für die Kundenbelieferung. Bei

⁵ Das VRP ist bereits in seiner einfachsten Form NP-schwierig.

unerwarteten Staus wird mehr Fahrzeit benötigt als angenommen. Anlieferzeitfenster können so nicht eingehalten werden und zusätzliche Kosten (z.B. Mehrfahrten oder Vertragsstrafen) entstehen.

3.4.2 Systembeschreibung

Für die Beurteilung der Güte eines Tourenplans bezüglich geringfügiger Änderungen der zu Grunde gelegten Annahmen nimmt das Assistenzsystem zwei Bewertungen vor. Zum einen werden die Gesamtkosten – unter anderem gefahrene Kilometer und Personalkosten – des Tourenplans bestimmt. Zum anderen wird das Gesamtrisiko⁶ des Plans ermittelt. Dieses Risiko wird durch eine Wahrscheinlichkeit beschrieben und ergibt sich aus den Risikobewertungen für die Belieferungen der Kunden: Wenn sicher ist, dass ein Kunde nach dem erzeugten Tourenplan pünktlich beliefert wird, hat diese Belieferung ein Risiko von 0 %. Ein 30%iges Risiko bedeutet beispielsweise, dass die Belieferung mit einer Wahrscheinlichkeit von 30% nicht entsprechend der Kundenvorgaben erfolgt. Die Risiken aller Belieferungen eines Tourenplans können dann im nächsten Schritt durch Durchschnittsbildung oder aus dem höchsten Einzelrisiko (für eine Belieferung) berechnet werden.

Wie von [JiS03] gezeigt, ist eine integrierte Analyse von Kosten- und Risikozielen bei der Tourenplanung mittels multikriterieller Optimierung sinnvoll. Das Assistenzsystem generiert eine Menge von so genannten unvergleichbaren Lösungen. Zur Veranschaulichung dieser Unvergleichbarkeit betrachten wir zwei Tourenpläne: Der erste Plan hat Gesamtkosten von 1000 € und ein Gesamtrisiko von 10%; der zweite Plan hat Gesamtkosten von 900 € und eine Gesamtrisiko von 15%; keiner der beiden Pläne ist besser als der andere. Jedoch gibt es Tourenpläne, die schlechter als diese beiden „besten“ Pläne sind: So ist ein Plan mit Kosten von 1200 € und einem Risiko von 15% schlechter als beide Pläne und wird demzufolge nicht vom Assistenzsystem dem Disponenten als mögliche Lösung angeboten.

Das Assistenzsystem unterstützt den Disponenten durch die Aufbereitung von Informationen bereits vor der Bestimmung möglicher Tourenpläne. Über die Benutzerschnittstelle werden alle vorhandenen Aufträge (Lieferanfragen) angezeigt, neue Auftragspositionen lassen sich hinzufügen und Bestehende können bearbeitet werden. Mit den bestehenden Stammdaten – z.B. Lokationen, Fahrzeiten, Fahrzeuge und Fahrer – und den zuvor eingespielten Aufträgen erzeugt das Assistenzsystem die Lösungsmenge.

Für die Erzeugung der Lösungsmenge werden Evolutionäre Algorithmen eingesetzt. Hierbei wird eine Menge von „Lösungskandidaten“ zunächst erzeugt und dann schrittweise optimiert. Bei der Optimierung werden schlechte Lösungen (Tourenpläne) durch bessere ersetzt. Ein wichtiger Parameter für die Optimierung ist also die Festlegung der Anzahl der Lösungskandidaten. Ein Beispiel für eine vom Assistenzsystem generierte und bewertete Lösungsmenge ist in Abbildung 14 dargestellt.

⁶ Durch ein in [Mön06] vorgestelltes Modell ist die Quantifizierung des Risikoaspektes in den Tourenplanungsproblemen realisierbar.

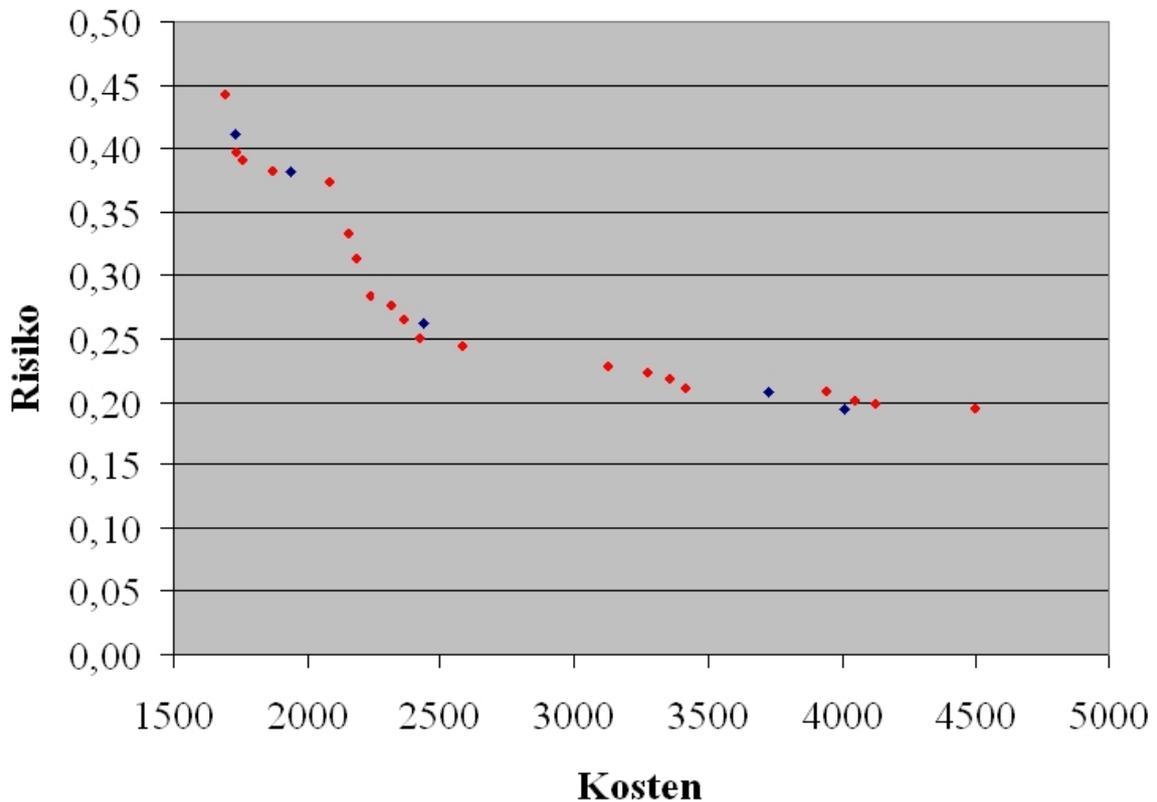


Abbildung 14: Erzeugte Lösungsmengen

(Ergebnisse bei einer Beschränkung auf 5 (blaue Punkte) bzw. 20 (rote Punkte) Lösungen ; Quelle: [Mön06, S. 93]

Aus der angezeigten Lösungsmenge kann der Benutzer nun eine konkrete Lösung auswählen. Das System bietet daraufhin eine detaillierte Darstellung der Lösung. Die Lokationen der Kunden werden auf einer Karte visualisiert und die berechneten Routen eingezeichnet. Weiterhin wird durch eine Farbskala angedeutet, wie hoch das Risiko für jeden einzelnen Kunden ist (siehe Abbildung 15).

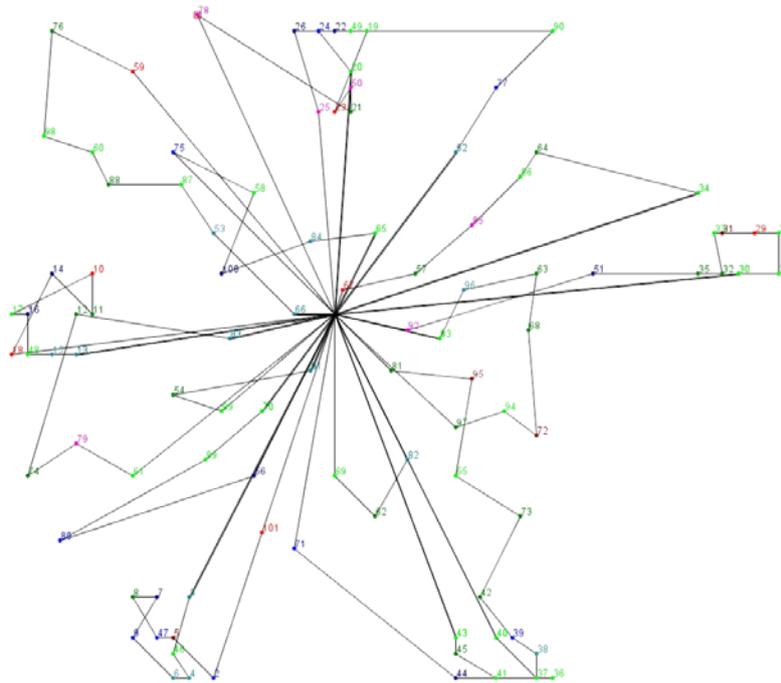


Abbildung 15: Darstellung der Lösung einer VRP-Instanz (Risikowerte der Kunden sind farblich hinterlegt, um so einen schnellen Überblick zu ermöglichen)
Quelle: [Mön06, S. 98]

Der Benutzer hat nun die Möglichkeit, die berechnete Lösung manuell zu verändern. So kann beispielsweise ein bedeutender Kunde mit einem hohen Risiko an eine andere Route bzw. in eine abweichende Position der ursprünglichen Route verschoben werden, um so das Risiko eines spezifischen Kunden gezielt zu beeinflussen. Dies führt ggf. zu einem Anstieg des kumulierten Risikos und/oder einem Kostenzuwachs, was jeweils durch das System berechnet und dem Benutzer angezeigt wird. Dieser kann nun die vorgenommenen Veränderungen auf Basis der Bewertung des Systems übernehmen oder verwerfen. Gleichzeitig verhindert das System, das durch die Interaktion des Benutzers versehentlich ungültige Lösungen (z.B. durch Überschreitung von Lademengen) generiert werden.

Die weiteren Schritte (Überwachen der Entscheidungsausführung, Kontrollieren der Entscheidungsausführung) werden durch das Assistenzsystem nicht unterstützt.

3.4.3 Einordnung in den konzeptionellen Rahmen

Art der Entscheidungsunterstützung

Das Assistenzsystem unterstützt den Disponenten bei der Erzeugung und Bewertung von Tourenplänen im Rahmen der Transportplanung.

Unterstützungsgrad / Aufgabenverteilung zwischen Mensch und Maschine

	Rechner	Verteilt	Mensch
Erzeugen und Aufbereitung von Informationen	Erzeugen und Aufbereitung von Informationen bezüglich Kosten und Risiko einer Lösung.		
Erzeugen von Alternativen	Das Erzeugen alternativer Tourenpläne erfolgt durch ein multikriterielles Optimierungstool.	Manuelle Modifikationen von Lösungen durch den Mensch möglich, der Rechner verhindert jedoch das Erzeugen von fehlerhaften Lösungen.	
Bewerten von Alternativen		Das Assistenzsystem bewertet die Pläne hinsichtlich Kosten und Risiko; der Mensch bewertet die Einhaltung gesetzlicher Regelungen (Lenk- und Ruhezeiten).	.
Auswählen von Alternativen		Der Rechner trifft eine Vorauswahl unter den Gestaltungsalternativen. Die endgültige Auswahl eines Tourenplanes erfolgt durch den Disponenten.	
Überwachen der Entscheidungsausführung	Diese Aufgabe wird nicht durch das Assistenzsystem unterstützt.		
Kontrollieren der Entscheidungsausführung	Diese Aufgabe wird nicht durch das Assistenzsystem unterstützt.		

Abbildung 16: Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine bei der Tourenplanung

Einsatzzweck

Das Assistenzsystem dient der taktischen Planung und Disposition. Neben der Unterstützung beim Bestimmen eines möglichst guten Tourenplans kann das System auch für folgende Aufgaben eingesetzt werden:

Bewertung von Servicelevel-Kosten

In der logistischen Praxis werden komplexe Lieferaufträge vollständig an externe Dienstleister (Speditionen) ausgelagert. Eine Spedition kann unter Einsatz des Tools in Zusammenarbeit mit dem Kunden verschiedene Risikostufen definieren und Kostenvoranschläge je Risikostufe erstellen. Dem Kunden bleibt dann die Entscheidung überlassen, welches Risikostufe realisiert werden soll.

Eingrenzung von Belieferungs-Zeitfenstern

Bei Vorgabe einer maximalen Versagenswahrscheinlichkeit lassen sich die Zeitfenster für die Kundenbelieferung stark einschränken. Der Kunde bekommt somit eine präzisere Aussage, wann die Anlieferung erfolgen wird. Dies ermöglicht eine bessere Einplanung auf Kundenseite und erhöht insofern das Serviceempfinden.

Standortplanung

Bei der Errichtung von Umschlagplätzen stellte sich die Frage nach einer möglichst optimalen geographischen Positionierung. Durch die Verwendung des Tools können verschiedene Standorte auf der Basis von empirischen Daten miteinander verglichen werden. Für jeden Standort kann der Kosten/Risiko-Tradeoff für repräsentative Belieferungen visualisiert werden. Diese Darstellung ermöglicht eine objektive Bewertung der Alternativen.

Qualität und Quantität der Entscheidung

Das Assistenzsystem ermöglicht dem Disponenten eine schnelle Bestimmung und Bewertung guter Tourenpläne bei der täglichen Planung. Hierbei werden komplexe Tourenpläne mit vielen Kunden, Aufträgen und Ressourcen (Fahrer und Fahrzeuge) unter Berücksichtigung von praxisrelevanten Randbedingungen, wie z.B. Zeitfenster oder Fahrverbote, betrachtet.

Qualitativ bietet das Assistenzsystem dem Benutzer eine visuelle Unterstützung bei der Lösungsauswahl. Weiterhin wird durch ein interaktives Zusammenspiel zwischen Benutzer und System die manuelle Modifikation von Tourenplänen unterstützt.

3.5 Rohstoffbeschaffung (Markus Witthaut)

3.5.1 Systembeschreibung

Die internationale Rohstoffverknappung, die steigenden Frachtraumkosten von Überseetransporten und ein verstärktes Kooperationsbestreben haben zwei deutsche Stahlkonzerne veranlasst, ein gemeinsam zu nutzendes Assistenzsystem für die Rohstoffbeschaffung (hauptsächlich Eisenerz und Koks) für die Roheisenerzeugung zu entwickeln. Der Bezug der Rohstoffe unterliegt einer hohen Komplexität, da die Anzahl der beteiligten Partner hoch ist und sich die Zusammenarbeit recht unterschiedlich gestaltet. Es sind über 20 Organisationseinheiten aus unterschiedlichen Unternehmen an der Beschaffung direkt oder indirekt beteiligt: Rohstofflieferanten, See-Reedereien, Betreiber der Seelöschhäfen, Produktionsplaner, Forschungsabteilungen, Hochofentechniker, Bahntransportunternehmen, Seeschiffs- und Klarierungsagenten, Binnen-Reedereien und Disponenten für die Produktionssteuerung (vgl. auch Abbildung 17).

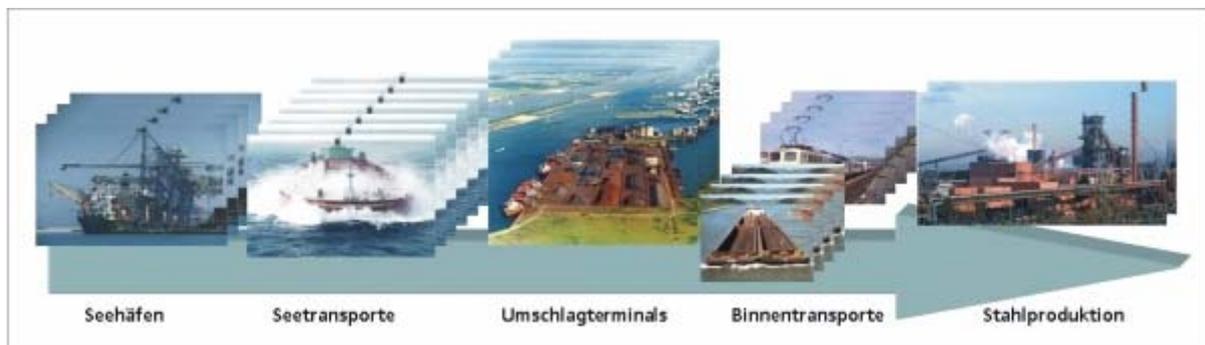


Abbildung 17: Logistikkette für die Rohstoffbeschaffung zur Roheisenproduktion

Vor Einführung des Assistenzsystems wurden die erforderlichen Daten zur Abwicklung der Beschaffungsprozesse in weiten Teilen dezentral in den beteiligten Organisationseinheiten autonom bearbeitet, vorgehalten und oftmals nur im Rahmen von Teamsitzungen mündlich bzw. in Form von Tischvorlagen ausgetauscht. Ein durchgängiger Zugriff auf die gesamten Daten der Beschaffungskette war so nicht möglich.

So wurden zunächst Abläufe entwickelt und definiert, die über den gesamten Beschaffungsprozess eindeutig die Verantwortungen und Pflichten der Partner festlegen. Ziel war es, auf dieser Basis die Abwicklung der komplexen Beschaffungsprozesse und Planungsabläufe für die gesamte Wertschöpfungskette zu verbessern. Grundlegend wurde eine Lösung angestrebt, bei der die überbetriebliche Verzahnung zwischen den Partnern durch den Zugriff auf ein gemeinsames Assistenzsystem zur Rohstoffbeschaffung erreicht wird.

Dieses webbasierte Assistenzsystem wurde von einem Lösungsanbieter für die Stahlunternehmen entwickelt. Die Hauptaufgaben des Systems sind:

- Bereitstellung von Informationen über aktuelle Zulaufmengen auf die Seelöschhäfen, Bestandshöhen in den Lagern und das aktuelle Produktionsprogramm mit seinen Rohstoffbedarfen.

- Unterstützung unterschiedlicher Planungsaufgaben: Mengendisposition (Erze und Brennstoffe), Einsatzplanung der See- und Binnenschiffe, Modifizierung der Einsatz- und Abrufmengen (Erze und Brennstoff) je Stoff und Zeitraum.
- Dokumentation und Verfolgung verschiedener Planungsstatus sowie Abgleich mit der späteren Umsetzung.

Ausgehend von den Rohstoffbedarfen unterstützt das System die gesamte Supply Chain bei Bestellungen, Rahmenverträgen und Abrufen, beim Zusammenstellen und Verfolgen von Transporten, bei Umschlag, Lagerung und Anlieferung sowie beim Einsatznachweis der Bedarfsmengen. Ein umfangreiches Frühwarnsystem informiert Mitarbeiter und Management über alle Abweichungen.

Eine wichtige Komponente des Assistenzsystems, die im Folgenden ausführlicher dargestellt wird, ist ein Simulator. Dieser Simulator dient zur detaillierten Gegenüberstellung und Bewertung der generierten Planungsvarianten (bspw. Beschaffungsjahresplanung durch verschiedene Anwender oder Anwendergruppen) und zur Untersuchung langfristiger strategischer Aspekte. Hierzu wurde die Beschaffungskette von den Überseeverladehäfen über den europäischen Rohstoffumschlag bis hin zum Bedarfsabzug der rohstoffverbrauchenden Verfahrenstechnik in einem Simulator modelliert und mit entsprechenden dispositiven und steuerungstechnischen Strategien hinterlegt. Abbildung 18 zeigt die Umsetzung des Umschlaglagers im Umschlagterminal in das Simulationsmodell.

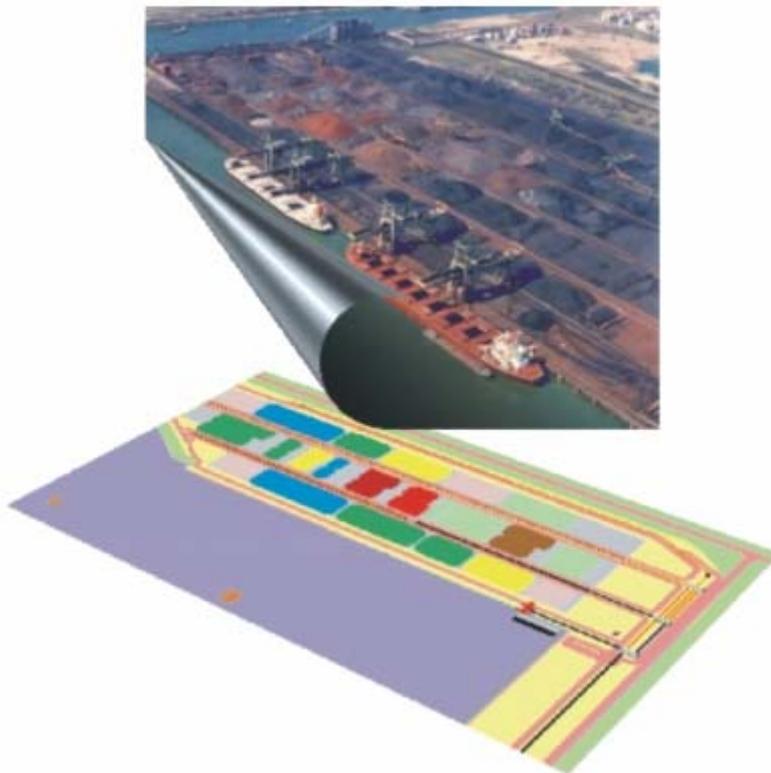


Abbildung 18: Abbildung des Umschlaglagers im Simulator

Das im Simulator abgebildete Modell kann insbesondere bezüglich der Anzahl und der spezifischen Eigenschaften der folgenden Komponenten konfiguriert werden:

- Verladehäfen
- Löschhäfen
- Umschlaglager
- Transportmittel
- Transportrelationen
- Rohstoffe
- beteiligte Partner

Ebenfalls wird der Initialzustand (Lagerbelegungen, disponierte bzw. bereits eingesetzte Transportmittel, etc.) zum Simulationsstart aus den Planungskomponenten des Assistenzsystems in das Simulationsmodell übernommen.

Die Systemlast des Simulators stellen die in der Planungskomponente definierten Bedarfsmengen und Sorten der Einsatzstoffe einer Planungsvariante dar. Unter Beachtung der initialen Randbedingungen werden vom Simulator in einem ersten Schritt Seeschiffe disponiert. Dabei werden die zur Verladung verfügbaren Materialsorten in bestandsoptimalem Verhältnis auf den Transporten gebündelt. Dieser „Zulauf“ wird vor der eigentlichen Simulation dem Anwender zur freien Variation wieder bereitgestellt. Während der nachfolgenden Laufzeit werden die sich einstellenden Prozesse detailliert simuliert. Dabei werden bspw. die zur Materiallagerung notwendigen Flächen über die geometrische Form der entstehenden Schüttguthalden berechnet, ebenso wie die notwendigen Binnentransporte auf dem Detailniveau wasserstandsabhängiger dynamischer Kapazitätsvergaben disponiert werden.

Die Ergebnisse der Simulation werden in einer vom Anwender definierbaren aufbereiteten Form (Grafiken, Tabellen, Reports, etc.) bereitgestellt. Dazu gehören bspw.:

- Durchsätze und Bestandsverläufe
- Lagerkennzahlen
- Kennzahlen zu den Löschvorgängen und Wartevorgängen auf Reede
- Frachtraum- und Transportkennzahlen
- Entstandene Kosten (Materialkosten, Frachtkosten, Liegegelder, Kosten durch Fremdotschlag, Betriebskosten der Läger, Bestandskosten, etc.)

Durch die Integration der Simulators als statistisches Prognosemittel in das Assistenzsystem zur Rohstoffbeschaffung, wird jedem Beteiligten der Supply Chain die Möglichkeit gegeben, die Folgen möglicher Entscheidungen für die betroffenen Organisationseinheiten im Vorfeld zu prüfen.

3.5.2 Einordnung in den konzeptionellen Rahmen

Art der Entscheidungsunterstützung

Das Assistenzsystem für die Rohstoffbeschaffung unterstützt die Anwender in sehr hohem Maße bei der Erzeugung und Aufbereitung von Informationen bezüglich des aktuellen und geplanten Rohstoffbedarfs sowie die geplanten Rohstoffzugänge am Umschlaglager und bei den Stahlwerken. Hierbei werden Informationen aus einer Vielzahl unterschiedlicher Systeme gesammelt und für die weitere Nutzung aufbereitet.

Das Assistenzsystem unterstützt die Erzeugung von Alternativen durch Speicherung von „Rezepten“ für die Roheisenerzeugung und dem dadurch gegebenem Bedarf für Erze und Brennstoffe. Die Auswahl dieser Rezepte obliegt jedoch den Disponenten. Entsprechend einer auf Monatsraten basierenden Verteilung werden vom Assistenzsystem somit Transportbedarfe für Erze und Brennstoffe ermittelt.

Diese Pläne (Verbrauchs- und Transportplan) werden im nächsten Schritt durch das Assistenzsystem hinsichtlich der technischen Machbarkeit – insbesondere wird hier die Lager- und Umschlagkapazität des Umschlaglagers berücksichtigt – und der Wirtschaftlichkeit bewertet. Die Unterstützung der Bewertung von Alternativen ist somit sehr hoch.

Die weiteren Schritte (Alternativenauswahl, Überwachen der Entscheidungsausführung, Kontrollieren der Entscheidungsausführung) werden durch das System nicht unterstützt.

Unterstützungsgrad / Aufgabenverteilung zwischen Mensch und Maschine

Ein wichtiger Aspekt bei diesen Planungs- und Dispositionsaufgaben ist die systemgestützte Integration der zunächst dezentral erstellten Pläne für die Teilbereiche der Supply Chain. Hierbei können von den Benutzern unterschiedliche Planungsszenarien erzeugt werden, die dann durch das System bewertet werden. Die Entscheidung für ein Szenario erfolgt ausschließlich durch die Anwender. Entsprechendes gilt für Entscheidungen im Betrieb bezüglich der Störungsbeseitigung bzw. Anpassung der Disposition.

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Aufgabenverteilung zwischen Mensch und Maschine beim hier vorgestellten Assistenzsystem für die Rohstoffbeschaffung:

	Rechner	Verteilt	Mensch
Erzeugen und Aufbereitung von Informationen	Erzeugen und Aufbereitung von Informationen bezüglich des aktuellen und geplanten Rohstoffbedarfs sowie der geplanten Rohstoffzugänge.		
Erzeugen von Alternativen		Die Erzeugung alternativer Beschaffungspläne (Planszenarien) erfolgt auf Basis von im Assistenzsystem hinterlegten „Rezepten“. Die Mengenverteilung über den Planungszeitraum erfolgt hauptsächlich durch den Disponenten.	
Bewerten von Alternativen	Die Pläne werden hinsichtlich der technischen Machbarkeit und der Wirtschaftlichkeit bewertet.		
Auswählen von Alternativen			Die Auswahl eines Planszenariums erfolgt ausschließlich durch den Disponenten.
Überwachen der Entscheidungsausführung	Diese Aufgabe wird durch ein anderes System unterstützt.		
Kontrollieren der Entscheidungsausführung	Diese Aufgabe wird durch ein anderes System unterstützt.		

Abbildung 19: Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine bei der Rohstoffbeschaffung

Einsatzzweck

Das System dient der kurzfristigen Planung und Disposition (Verbrauchsplanung für die nächsten 3 Monate) bei der Rohstoffbeschaffung.

Qualität und Quantität der Entscheidung

Das System leistet eine Unterstützung in der Umsetzung von Planungsvergaben aus der Jahresplanung sowie von bestehenden Kontrakten mit Rohstofflieferanten in einen machbaren kurzfristigen Verbrauchsplan. Die mit dem Assistenzsystem erstellten Pläne berücksichtigen hierbei, neben Kostenfaktoren für Transport und Lagerung, auch die Verfügbarkeit knapper Ressourcen: Schiffe für den Seetransport, Lager- und Umschlagkapazität im Terminal sowie Binnenschiffe für den Transport von den Umschlaghäfen zum Stahlwerk.

Das System wird bei der Planerzeugung durch mehrere Benutzer sehr intensiv genutzt. Die Benutzer benötigen oft mehrere Tage, in denen sie unterschiedliche Planvarianten erstellen, dann vom System bewerten und diese anschließend wieder zu verändern. Weiterhin wird der erzeugte Beschaffungsplan rollierend aktualisiert. Hierbei wird der Beschaffungsplan für die nächsten Wochen täglich aktualisiert.

Die Unterstützung der operativen Prozesse durch die Warnkomponente (Alertsystem) erfolgt ständig während des Betriebs.

3.6 Ressourcenplanung von Güterverkehrszentren (Lars Nagel)

3.6.1 Einsatzfeld des Assistenzsystems

Der Güterverkehr im europäischen Raum hat seit einigen Jahren insbesondere auf der Straße stark zugenommen. Eine Lösung der daraus resultierenden Verkehrsprobleme verspricht das Konzept des Güterverkehrszentrums (GVZ), welches durch die Bündelung von Güterströmen zur Verkehrsreduzierung und -vermeidung beitragen kann. Ein GVZ bildet die Schnittstelle sowohl für Schiene und Straße als auch für Güterfern- und Nahverkehr. Abbildung 20 zeigt ein Luftfoto eines solchen GVZ. Auf einer Gewerbefläche sind Betriebe des Transport- und Logistik-Gewerbes, logistische Dienstleister und Service-Einrichtungen sowie ein Terminal des kombinierten Verkehrs angesiedelt. Zu den Unternehmen eines GVZ gehören Transportbetriebe, Speditionen, Express- und Paketdienste, Lagerbetreiber, Distributionszentren, Fahrzeugservice, Behälterdienstleister, Beratungs- und Informationsdienstleister sowie Anbieter von logistischen Leistungen.



Abbildung 20: Photo GVZ

3.6.2 Systembeschreibung

Damit ein GVZ möglichst gut funktioniert, wurde ein Assistenzsystem zur Ressourcenplanung eines GVZ entwickelt. Dieses Assistenzsystem unterstützt einen Planer in Form eines Generalunternehmers oder einer GVZ-Entwicklungsgesellschaft sowohl bei der Neuplanung eines GVZ als auch bei der Restrukturierung bestehender GVZ hinsichtlich Ressourcendimensionierung und Ressourcenauswahl.

Das Assistenzsystem zur Ressourcenplanung eines Güterverkehrszentrums bezweckt die Bestimmung von leistungsfähigen und wirtschaftlichen Layout- und Betriebsparametern. Ziel ist es, Planungsszenarien für günstige Kombinationen und Dimensionierungen der

Betriebsmittel zu finden sowie Auswirkungen von Änderungen der Systemlast vergleichend zu bewerten.

Die bei einem Güterverkehrszentrum auftretenden Aufgaben lassen sich aufgrund der Komplexität und Dynamik des Systems nur mit speziellen Planungs- und Steuerungsmethoden lösen. Die Materialflusssimulation ist eine Methode, die es erlaubt, komplexe dynamische Systeme zu analysieren und zu bewerten. Bei dieser Methode wird mittels einer Simulationssoftware ein auf die Aufgabe angepasstes Simulationsmodell erstellt. Dieses Modell ermöglicht dann die Durchführung von Experimenten, indem Modellparameter variiert werden. Das Simulationsmodell mit der Simulatorsoftware zur Durchführung der Simulationsexperimente ist somit ein Assistenzsystem. Für die Ressourcenplanung von GVZ wurde mit dem im SFB 559 entwickelten Simulator ProC/B [Tep04] ein entsprechendes Assistenzsystem geschaffen (siehe Abbildung 21). Das Simulationsmodell bildet ein GVZ modular ab und berücksichtigt die einzelnen Subsysteme des GVZ:

- Stückgutumschlaghalle
- KV-Terminal
- Schienenhauptlauf
- Vor- und Nachlauf
- Vorholung und Ausrollung

Das Assistenzsystem für Ressourcenplanung eines GVZ dient folgenden Zwecken:

- Bestimmung der Auftragsdurchlaufzeit
- Dimensionierung der GVZ-Ressourcen
- Bestimmung von kritischen Zeitpunkten in GVZ-Prozessen
- Bestimmung der Tagesgangkennlinien der Ressourcen

Durch Auswertungsfunktionen des Assistenzsystems zur Ressourcenplanung von GVZ können die zuvor in den Simulationsexperimenten generierten Daten hinsichtlich folgender Fragen untersucht werden:

- Können die von Speditionen und KEP⁷-Dienstleistern geforderten Zeitfenster mit den eingesetzten Ressourcen eingehalten werden?
- Welche Dimensionierung der Ressourcen ist für das Güterverkehrszentrum ausreichend, um die logistische Leistung der Transportdienstleistung zu gewährleisten?
- Wie können Ressourcen dynamisch und variabel eingesetzt werden, um Lastspitzen entgegenzuwirken?

Mit dem Assistenzsystem kann ein Planer den aktuellen Stand eines GVZ abbilden und die Reaktion auf eine veränderte Systemlast bewerten oder die Auswirkung von veränderten Prozessen und Ressourcendimensionierungen für eine gegebene Systemlast untersuchen.

⁷ Kurier-Express-Paket

Das Assistenzsystem kann durch Veränderung von Parametern und Systemlasten dem Planer Hilfe bei der Beantwortung folgender Fragen geben:

- Kann die Funktionalität der Technik und der Systemorganisation überprüft werden?
- Können technische und organisatorische Alternativen verschiedener Systementwürfe während der Planungs- und Systemfindungsphase verglichen werden?
- Können Leistungsgrenzen bei bestehenden Systemen mit bekannter Ressourcenkonfiguration ermittelt werden?
- Können allgemeingültige Aussagen über typische Systemstrukturen bei Variation sowohl der Systemlast als auch der Systemkonfiguration getroffen werden?

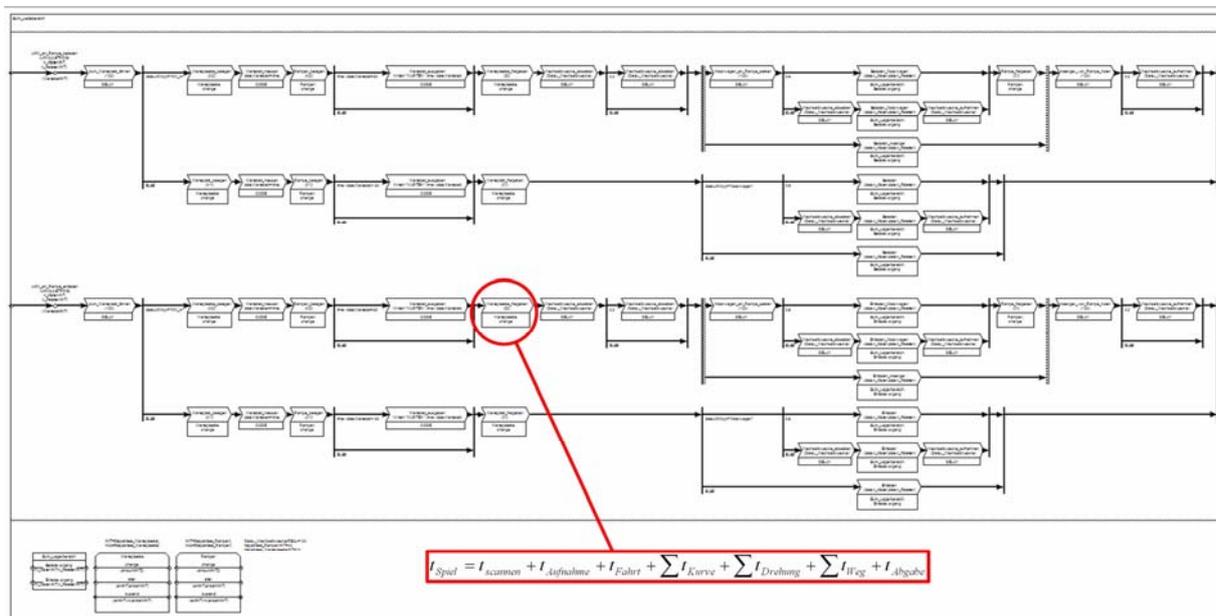


Abbildung 21: Screenshot Proc/B-Modell

3.6.3 Einordnung in den konzeptionellen Rahmen

Art der Entscheidungsunterstützung

Durch das inhärente Prozesswissen und den Aufbau des Modells werden Informationen aufbereitet und für den Entscheidungsprozess bezüglich der Gestaltung eines GVZ bereitgestellt. Dabei wird der Anwender bei der Generierung der Systemlast und bei der Konfektionierung eines Güterverkehrszentrums im Modell unterstützt. In diesem Modell sind Strategien des Umschlags, Reihenfolgen von Prozessen, Prioritätsregeln und Prozessalternativen hinterlegt. Der Anwender dimensioniert lediglich die einzelnen Ressourcen und bestimmt das Routing innerhalb des GVZ. Bei der Systemlastbeschreibung können Verteilungen über die Woche, Ladungsmenge und Zeitfenster dimensioniert werden. Die Generierung der Daten für die Simulationsexperimente übernimmt das Assistenzsystem.

Unterstützungsgrad / Aufgabenverteilung zwischen Mensch und Maschine

Das Assistenzsystem unterstützt den Anwender beim Erzeugen, Bewerten und Auswählen von Alternativen, da genau diese Parameter durch das Simulationstool berechnet und präsentiert werden. Das Erzeugen und Aufbereiten von Informationen erfolgt verteilt zwischen Rechner und Mensch, als dass der Mensch Eingangsdaten in Form von Parametern in das Assistenzsystem einspeist und die Systemkonfiguration übernimmt. Der Rechner bereitet die Daten für die Simulationsläufe auf. Das Erzeugen von Alternativen erfolgt allein durch den Rechner. Als Ergebnisse der Simulationsläufe entstehen Alternativen von Systemkonfigurationen, aus denen der Anwender gemäß seiner Zielformulierungen auswählt.

Hinsichtlich der Umsetzung der Entscheidung kann das Simulationstool keine Hilfestellung leisten, da die kreative Gestaltung des Systems sowie die Realisierung in der Hand des Anwenders liegen. Eine Überwachung der Entscheidungsausführung und das Kontrollieren werden von anderen Systemen übernommen, die nicht Teil des beschriebenen Assistenzsystems sind. Zu diesen Systemen gehören z.B. Systeme zur Unterstützung der Dispositionsentscheidungen im KV-Terminal.

	Rechner	Verteilt	Mensch
Erzeugung und Aufbereitung von Informationen		Der Anwender konfiguriert rechnergestützt das System und gibt den Rahmen der Eingangsdaten vor, der Rechner generiert die Systemlast.	
Erzeugen von Alternativen	Der Rechner erzeugt gemäß der Modelllogik und dem Experimentierplan das Simulationsergebnis.		
Bewerten von Alternativen			Der Anwender bewertet das Simulationsergebnis.
Auswählen von Alternativen			Der Anwender wählt ein Szenario gemäß seiner Ziele aus.
Überwachen der Entscheidungsausführung	Diese Aufgabe wird von einem anderen AS unterstützt.		
Kontrollieren der Entscheidungsausführung	Diese Aufgabe wird von einem anderen AS unterstützt.		

Abbildung 22: Beispiele für die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine bei der Tourenplanung

Einsatzzweck

Das Assistenzsystem zur Ressourcenplanung von GVZ wird zur Beschreibung wechselseitiger Abhängigkeiten von Durchlaufzeit, Kosten und Dimensionierung von Ressourcen, zur Bestimmung der auf die Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit Einfluss nehmenden Layout- und Betriebsparameter sowie zur Quantifizierung des Einflusses von Steuerungsstrategien auf die betrachteten Kennzahlen eingesetzt.

Das Assistenzsystem kann für die strategische Planung im Rahmen der Neugestaltung eines Güterverkehrszentrums eingesetzt werden, um die erforderlichen Ressourcen bei unterschiedlich prognostizierten Systemlasten auszuwählen und zu dimensionieren sowie darüber hinaus Prozessvarianten zu bewerten. Dabei werden Fragen des betrieblichen Layouts, der Dimensionierung und Auswahl von Fördertechniken bzw. Lagersystemen sowie der Steuerung geklärt.

Auch in der taktischen Planung wird das Assistenzsystem eingesetzt. Dabei wird ein in seiner Struktur bestehendes GVZ mit unterschiedlichen Systemlasten belastet, um Varianten von Ressourcenkombinationen oder Varianten von Ressourcendimensionierungen zu bewerten.

Qualität und Quantität der Entscheidung

Das Assistenzsystem unterstützt die Neuplanung und die Restrukturierung von GVZ. Die Neuplanung zählt zu dem Aufgabenbereich der strategischen Planung und findet im Lebenszyklus eines GVZ nur einmal statt, die Restrukturierung ist der taktischen Planung zuzuordnen und hat aufgrund sich ändernder Verkehrsströme u. Ä. einen Planungshorizont von Monaten bis zu wenigen Jahren.

Die Anwendung des Assistenzsystems zur Ressourcenplanung von GVZ kann im Falle der Neuplanung die Bewertung von Ressourcen- und Prozessvarianten bei wechselnden Systemlasten unterstützen, im Falle der Restrukturierung Optimierungspotential hinsichtlich der Ressourcendimensionierung bei wechselnder oder statischer Systemlast aufzeigen.

Die Qualität der Entscheidung, die mit einem Simulationstool getroffen wird, liegt besonders in der Unterstützung bei der Gestaltung und Stabilisierung eines Güterverkehrszentrums, da relevante Parameter im Vorfeld bestimmt und bewertet werden können. Zudem lassen sich bei der Bewertung von Planungsvarianten mögliche Konsequenzen menschlichen Entscheidungsverhaltens identifizieren, so dass noch in der Planungsphase Änderungen der Systemkonfiguration vorgenommen werden können.

4 Vergleichende Betrachtung

Der Vergleich bezüglich der Art der Entscheidungsunterstützung durch Assistenzsysteme offenbart drei Befunde. Erstens ist der Rechner fast immer bei der Erzeugung und Aufbereitung von Informationen beteiligt. Zweitens ist der Mensch bei der Alternativenerzeugung fast immer beteiligt. Drittens wählt nur der Mensch die Alternativen aus. Die Art der Entscheidungsunterstützung bei der Bewertung von Alternativen lässt keine Aussage zu. Das selbe gilt für die Überwachung und Kontrolle der Entscheidungsausführung, da hier nur ein Assistenzsystem betrachtet werden konnte.

	Erzeugen und Aufbereiten von Informationen	Erzeugen von Alternativen	Bewerten von Alternativen	Auswählen von Alternativen	Überwachen der Entscheidungsausführung	Kontrollieren der Entscheidungsausführung
Beladung von Frachtflugzeugen	M/R	M	R	M	R	R
Schiffsführung	R	M/R	R	M	–	–
Produktionsprogrammplanung	M	M	R	M	–	–
Tourenplanung	R	M/R	M/R	M	–	–
GVZ-Planung	M/R	R	M	M	–	–
Rohstoffbeschaffung	R	M/R	M	M	–	–

Legende:

- Arbeitsverteilung
- R Überwiegend vom Rechner ausgeführt
- M/R Zwischen Mensch und Rechner und verteilt
- M Überwiegend vom Menschen ausgeführt
- diese Aufgabe wird durch das Assistenzsystem nicht unterstützt

Abbildung 23: Art der Entscheidungsunterstützung

5 Fazit

Ziel dieses Beitrags ist die Analyse von Assistenzsystemen für die Entscheidungsunterstützung in der Logistik, um Erkenntnisse für die Gestaltung dieser Systeme, insbesondere der Mensch-Maschine-Schnittstelle, zu gewinnen. Hierfür wurde ein konzeptioneller Rahmen entwickelt, welcher auf Befunden der Logistik, der Entscheidungstheorie, der Soziologie und der Informatik beruht. Der konzeptionelle Rahmen wurde an sechs Assistenzsystemen, die Entscheidungen in der Logistik unterstützen, geprüft. Es konnte gezeigt werden, dass immer dann, wenn qualitative Entscheidungen getroffen werden müssen, diese ausschließlich vom Menschen gefällt werden. Aber auch an der Generierung der Entscheidungsalternativen ist der Mensch fast immer beteiligt. Selbst die Bewertung von Alternativen wird nicht vollständig dem Rechner überlassen. Sobald qualitative Aspekte berücksichtigt werden müssen, wird die Alternativenbewertung mindestens teilweise durch den Menschen vorgenommen. Dieser Befund legt den Schluss nahe, dass, wenn qualitative Aspekte der Entscheidung von Bedeutung sind, der Mensch unabdingbar ist. Zur Überprüfung dieser These wäre eine umfassende Erhebung einer repräsentativen Stichprobe von Assistenzsystemen für die Entscheidungsunterstützung in der Logistik erforderlich. Sollte sich dieser Befund bestätigen, dann erfordert der Einsatz dieser Assistenzsysteme immer ausreichend qualifizierte Anwender. Die notwendigen Kompetenzen des Anwenders werden dabei wahrscheinlich von der jeweiligen logistischen Aufgabe abhängen.

6 Literatur

- [3Sa04] 3Sat-online: www.3sat.de/3sat.php://www.3sat.de/specials/68325/index.html, Stand 29.11.2006.
- [Arn02] Arnold et al. (Hrsg).: Handbuch der Logistik, Kapitel A2.4. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 2002.
- [Bec05] Becker: Herr Becker Leiter Operations auf dem EUROGATE-Containerterminal, Bremerhaven in einem vom Autor geführten Interview am 22.09.2005.
- [BSH06] Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. ECDIS: <http://www.bsh.de/de/Produkte/Karten/Elektronische%20Seekarten/356.jsp>, Stand 12.12.2006.
- [BSH06a] Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. AIS – Schiffsidentifikationssystem: <http://www.bsh.de/de/Schifffahrt/Berufsschifffahrt/AIS-Schiffsidentifikationssystem/index.jsp>, Stand 12.12.2006.
- [BWe04] Bernhard, J.; Wenzel, S.: Eine Taxonomie für Visualisierungsverfahren zur Anwendung in der Simulation in Produktion und Logistik. SimVis 2004, Magdeburg, S. 85-96, 2004.
- [DEG06] DEGON. In: Hansa International Maritime Journal, 07/2006, S. 56 f., 2006.
- [DSS06] DSS_DC: aus einem Flyer zum Projekt, hrsg. von der TU-Berlin: <http://www.tu-berlin.de/zuv/IIIC/fordat/05/33/12593.htm>, Stand 12.12.2006.
- [Els89] Elster, J.: Nuts and Bolts. Cambridge: University Press, 1989.
- [End97] Endsley, M. R.: Situation Awareness, Automation & Free Flight, 1997: <http://atmseminar-97.eurocontrol.fr/endsley.htm>, Stand 10.12.2006.
- [Ess91] Esser, H.: Alltagshandeln und Verstehen. Zum Verhältnis von erklärender und verstehender Soziologie. Tübingen: J.C.B. Mohr (Paul Siebeck), 1991.
- [HeG07] Hellingrath, B.; Gehr, F.: Logistik in der Automobilindustrie – Innovatives Supply Chain Management für wettbewerbsfähige Zulieferstrukturen. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 2007.
- [HeK02] Hellingrath, B.; Kuhn, A.: Supply Chain Management – Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 2002.
- [Hop02] Hoppe, M.: Fachstelle der WSV für Verkehrstechniken. Funknavigationstechnik. Grundlagen der Satellitennavigation: http://www.wsv.de/fvt/funknavi/gpsvt_1/gpsvt_1.html, Stand 12.12.2006.
- [HTi02] Hauss, Y.; Timpe, K.-P.: Automatisierung und Unterstützung im Mensch-Maschine-System. In: Timpe, K.-P.; Kolrep, H.: Mensch-Maschine-Systemtechnik. Konzepte, Modellierung, Gestaltung, Evaluation. Düsseldorf: Symposion Verlag, S. 41-62, 2002.

- [JAR06] JAR-OPS 1625: Unterlagen über Masse und Schwerpunktlage. In: Bekanntmachung der Bestimmungen über die gewerbsmäßige Beförderung von Personen und Sachen in Flugzeugen (JAR-OPS 1 deutsch) stammt vom 10.04.2006 (BAnz Nr. 131a vom 15.07.2006): www.luftrecht-online/regelwerke/pdf/JAR-PPS1.pdf, Stand 29.11.2006.
- [JiS03] Jin, J.; Sendhoff, B.: Trade-off between performance and robustness: An evolutionary multiobjective approach. EMO, 237–251, Heidelberg, Springer-Verlag, 2003.
- [Mön06] Möncks, T.: Risikomanagement und Kostenoptimierung bei Vehicle Routing Problemen mit hybriden EMOA. Diplomarbeit, Universität Dortmund, Lehrstuhl für Algorithm Engineering, November 2006.
- [Mae06] Maersk: Maersk Line takes delivery of EMMA MÆRSK – the world's largest container vessel: <http://www.maerskline.com/link/?page=news&path=/news/news20060901>, Stand 12.11.2006.
- [Mar06] Marine Log: Fachzeitschrift für die Schiffsindustrie, New York. <http://www.marinelog.com/DOCS/NEWSMMVI/2006aug00140.html>, Stand 05.12.06.
- [Ker02] Kersandt, D.: Schiffsführungsprozesse. In: Hansa, 12/2002, S.14-18.
- [Ker05] Kersandt, D.: NARIDAS: Assistenzsystem zur Erkennung und Abschätzung von Risiken in der Schiffsführung. In: Hansa, 05/2005, <http://www.hansa-online.de/print.asp?artikelID=540>; Stand 29.11.2006.
- [Kuh95] Kuhn, A.: Prozessketten in der Logistik, Entwicklungstrends und Umsetzungsstrategien. Dortmund: Verlag Praxiswissen, 1995.
- [Kuh99] Kuhn, A.: Prozesskettenmanagement: Erfolgsbeispiele aus der Praxis. Dortmund: Verlag Praxiswissen, 1999.
- [KWe02] Kuhn, A.; Wenzel, S.: Simulation logistischer Systeme. In Arnold et al. (Hrsg.): Handbuch der Logistik, Kapitel A2.4. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, SA2.59, 2002.
- [LEX06] LEXITV: www.lexitv.de/script/printpage.asp?loc=/lexikon/thema.asp?InhaltID=3, Stand 29.11.2006.
- [Par00] Parasuraman, R. et al.: A model of types and levels of human interaction with automation. IEEE Transaction in Systems, Man and Cybernetics, S. 230-253, 2000.
- [Per92] Perrow, C.: Normale Katastrophen – Die unvermeidlichen Risiken der Großtechnik. New York: Campus Verlag, 1. Aufl., 1987.
- [Röt05] Rötting, M.: Mensch-Maschine-Systemtechnik. In: Urbas, L.; Steffens, Ch. (Hrsg.): Zustandserkennung und Systemgestaltung. 6. Berliner Werkstatt, Mensch-Maschine-Systeme, 13 bis 15. Oktober (ZMMS Spektrum Band 19), Düsseldorf: VDI-Verlag, S. 27-32, 2005.

- [Ray06] Raytheon-Anschütz: ARPA radar system NSC 25. <http://www.raytheon-marine.de/highseas/pdf/brochures/RadarNSC25NSC34.pdf>, Stand 12.12.2006.
- [See06] Seefunk+Seeschifffahrt: www.seefunknetz.de/radar.htm, Stand 22.12.2006.
- [She88] Sheridan, T. B.: Task allocation and supervisory control. In: Handbook of Human-Computer-Interaction, Helander, M. (Hrsg.): Amsterdam, North-Holland: Elsevier Science Publishers, S. 159-177, 1988.
- [SOL06] SOLAS 2006: International Convention Safety of Life at Sea, Chapter V. – Regulations, 19. Shipborne Navigation Systems, Annex 18 – Steering Gear, Heading and Track Control Systems: https://mcanet.mcga.gov.uk/public/c4/solas/solas_v/Annexes/Annex18.htm, Stand 12.12.2006.
- [Sta06] Statistisches Bundesamt, Luftfracht 2005: Einladungen + 6,8%, Ausladungen + 10,8%: www.destatis.de/presse/deutsch/pm2006/p0750192.htm; Pressemitteilung vom 22.02.2006.
- [SVe78] Sheridan, T. B.; Verplank, W.: Human and Computer Control of Undersea Teleoperators. Cambridge, MA: Man-Machine Systems Laboratory, Department, of Mechanical Engineering, MIT, 1978.
- [Tep04] Tepper, C.: Prozessablauf-Visualisierung von ProC/B-Modellen. Technical Report – Sonderforschungsbereich 559 „Modellierung großer Netze in der Logistik“, 04003, ISSN 1612-1376, 2004.
- [USC06] U.S. Coast Guard (2006) Navigation Center: An Overview of the Global Maritime Distress & Safety System: <http://www.navcen.uscg.gov/marcomms/gmdss/default.htm>, Stand 12.12.2006.
- [Wal03] Wallentowitz, H. et al.: Zukünftige Entwicklungen von Fahrerassistenzsystemen und Methoden zu deren Bewertung. Bericht vom 9. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik – Institut für Kraftfahrwesen Aachen, RWTH Aachen und Bundesanstalt für Straßenwesen, 2003, www.pelops.de/pdf/ACKolloquium_2000_3.pdf, Stand 22.02.2006.
- [Wei85] Weick, K.: Der Prozess des Organisierens. Frankfurt a.M.: Suhrkamp Verlag, 1985.
- [Wey97] Weyer, Johannes: Die Risiken der Automationsarbeit. Mensch-Maschine-Interaktion und Störfallmanagement in hochautomatisierten Verkehrsflugzeugen. In: Zeitschrift für Soziologie, Jg. 26, Heft 4, S. 239-257, August 1997.
- [Wie90] Wiesenthal, H.: Unsicherheit und Multiple-Self-Identität. Eine Spekulation über die Voraussetzungen strategischen Handelns. Discussion Paper 90/2. Köln: Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung, 1990.
- [Wit04] Wittig, W.: So Kapt. Willi Wittig, Dozent im Fachbereich Nautik der Hochschule Bremen in einem von Autor geführten Interview am 02.09.2004.
- [ZMM06] Zentrum Mensch-Maschine-Systeme, Technische Universität Berlin. http://www.zmms.tu-berlin.de/de/grafik/NARIDAS_GUI.jpg, Stand 12.12.06.

Sonderforschungsbereich 559

Bisher erschienene Technical Reports

- 05003 Dennis Müller, Mathias Stöber, Axel Thümmler: Einsatz der Response Surface Methode zur Optimierung komplexer Simulationsmodelle
- 05004 Dirk Jodin, Andreas Mayer: Automatisierte Methoden und Systeme der Datenerhebung
- 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“

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