

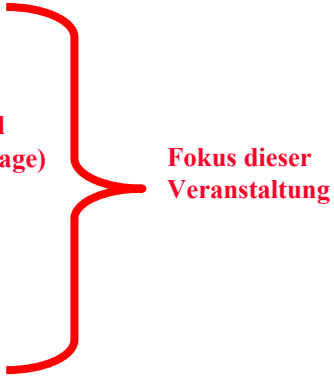
Kapitel 1

Einleitung und Grundlagen

Uwe H. Suhl
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik
Freie Universität Berlin

Optimierungssysteme
Version 1.1 / SS 2008

Konzepte und Werkzeuge für Entscheidungsunterstützung

- Kennzahlensysteme
 - ABC / RSU-Analysen
 - Data Warehouse und Data Mining (Business Intelligence)
 - Entscheidungsregeln (Politiken)
 - Statistische Methoden und Prognoseverfahren
 - Modellbildung und computergestützte, strukturierte Planung
 - Tabellenkalkulation, d.h. matrixorientierte Operationen
 - Computersimulation
 - **mathematische Optimierung (LP und MIP)**
 - Modellierungstechniken
 - Standardmodelle für ausgewählte Anwendungsbereiche
 - ClipMOPS für kleine Modelle im Tabellenformat in Excel
 - Modelle in AMPL (A Mathematical Programming Language)
 - Modellierung und Lösung von Modellen in AMPL und MOPS Studio
 - Softwaredesign von größeren Anwendungen in Visual Studio C#, Visual Basic
 - Aspekte zur Lösung von schwierigen Modellen mit Optimierungssoftware
- 
- Fokus dieser Veranstaltung

Operations Research (OR)

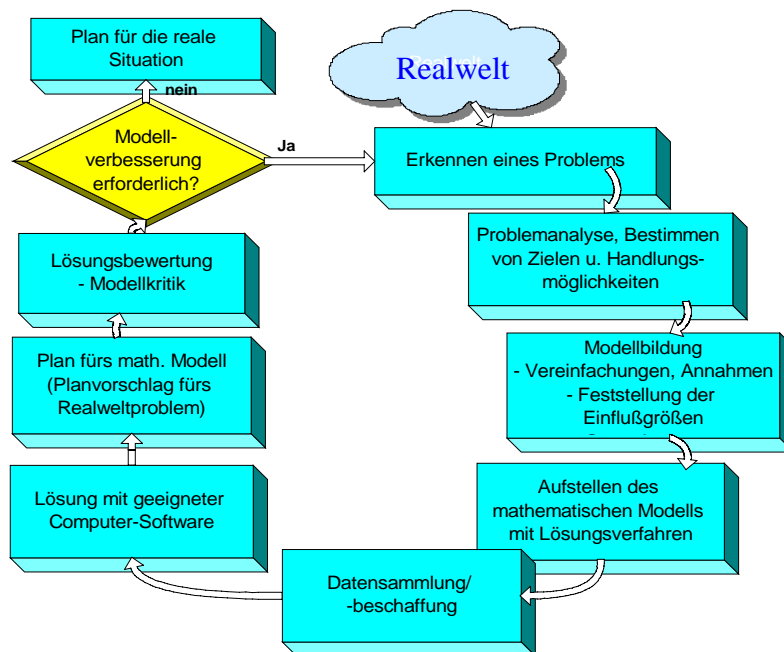
● Operations Research (OR)

- Synonyme Begriffe: Unternehmensforschung, Planungsforschung, Operationsforschung, Operational Research, Management Science (OR/MS)
- Entwicklung und Einsatz mathematischer Modelle und Methoden zur betrieblichen Entscheidungsunterstützung
- Ziel: Kosteneinsparungen, Erlössteigerungen oder allgemein verbesserte Entscheidungen, Risikoabwägungen
- Ansätze:
 - Mathematische Optimierung
 - (Meta) Heuristiken
 - Simulation
 - Entscheidungsanalyse
 - Risikoanalyse unter Unsicherheiten
 - Statistische Methoden. Wahrscheinlichkeitstheorie, Data Mining

● Management Science (MS)

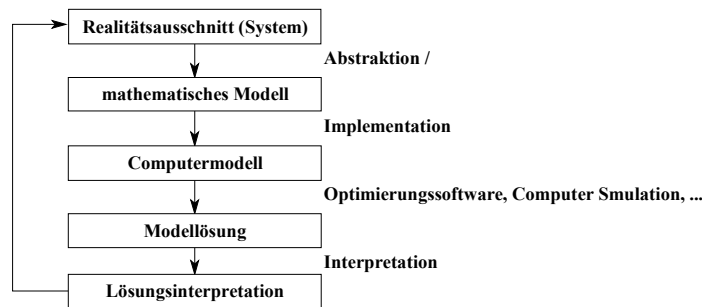
- Nordamerikanische Bezeichnung für wissenschaftliche Methoden des Managements
- Praktische Seite des Operations Research

Modellgestützte Entscheidungsprozesse (OR)



Entscheidungsmodelle (1)

- In vielen Anwendungen werden Modelle als Abbildungen der Realität benutzt:
 - Physikalische Modelle (z.B. Windkanal)
 - Abstrakte Modelle, insbesondere mathematische Modelle
- Wir betrachten hier *quantitative, formale Modelle mit Schwerpunkt auf Linearen und gemischt-ganzzahligen Optimierungsmodellen*
- Der Einsatz von Modellen erfolgt grundsätzlich nach folgendem Schema



- der selektierte Realitätsausschnitt wird als System bezeichnet; der Systemzustand wird durch Attribute beschrieben; konstante Systemattribute werden als Parameter bezeichnet
- *Variablen* sind Systemattribute, die zu verschiedenen Zeitpunkten unterschiedliche Werte annehmen können; man unterscheidet u.a. *Entscheidungsvariablen* und *abhängige Variablen*

Entscheidungsmodelle (2)

- oft kann man das System selbst nicht untersuchen. Man geht zu einem mathematischen Modell über, das ein Abbild des Systems ist; der Modellbildungsprozess basiert wesentlich auf Abstraktion
- bei der Abbildung eines Systems in ein Modell müssen Attribute und Relationen eines Systems quantifiziert werden
- Elemente von Entscheidungsmodellen: Entscheidungsvariablen, Randbedingungen (Restriktionen) und ein Bewertungssystem für die Entscheidungen (Zielfunktion)
- ein Modell muß hinreichend detailliert (komplex) sein, um das zu untersuchende System genau genug abzubilden, andererseits mathematisch einfach genug, um es formalen Methoden zugänglich zu machen und dem Anwender verständlich zu sein
- praktische Entscheidungsmodelle können nur selten ohne Computer bearbeitet werden
- je nach Struktur des Entscheidungsmodells können analytische, iterative oder Simulationsverfahren zur Bestimmung einer „Optimallösung“ des Computermodells eingesetzt werden

Entscheidungsunterstützung / Decision Support Systems

- Am Anfang hat man versucht, betriebliche Management-Entscheidungen voll zu automatisieren (optimieren)
- wegen der hohen Komplexität und Dynamik stellte sich heraus, dass dies oft unmöglich ist
- dennoch können quantitative Methoden wertvolle Informationen zur Unterstützung der Entscheidungsträger bieten
- Der Mensch entscheidet, mit IT werden die Entscheidungen unterstützt!
- Die mathematischen Modelle werden immer mit Computern gelöst
- Außer bei Einmalanwendungen (z.B. eine Standortplanung) müssen Modell und Lösungssoftware in die betrieblichen Informationssysteme eingebettet werden, damit keine isolierten Systeme entstehen
- Die Implementierung solcher Systeme erfordert daher die Technologien der Wirtschaftsinformatik vom Projektmanagement bis zur Implementierung und Integration der Systeme
- Z.B. bietet SAP Zusatzkomponenten zur Entscheidungsunterstützung von Lieferketten (strategische und operative Planungsfragen) für seine ERP-Systeme R/3 bzw. mySAP: APO Advanced Planner and Optimizer

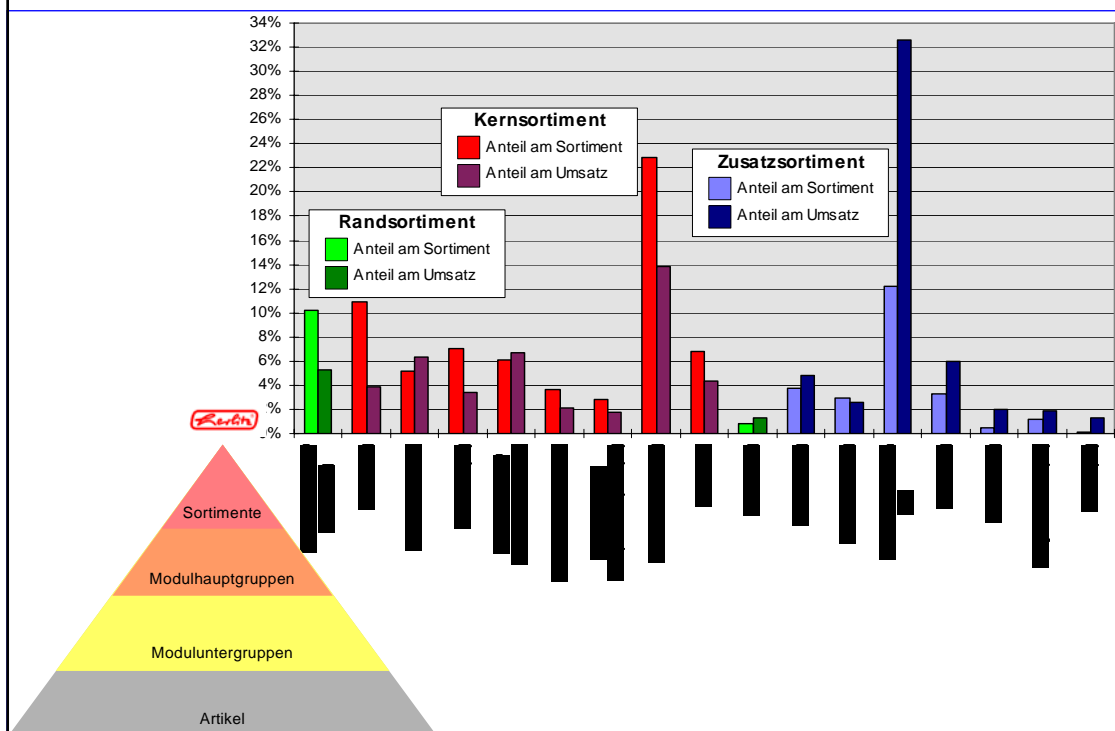
Mathematische Optimierung Modelle und Anwendungen

- lineare (LP) und gemischt-ganzzahlige Optimierung (MIP) sind am wichtigsten, da es viele Anwendungen und hocheffiziente Standardsoftware gibt
- weitere Modellklassen: kombinatorische (nur 0-1-Variablen), nichtlineare, stochastische und Optimierung bei mehrfacher Zielsetzung (Kapitel 2)
- Bestandteile eines LP-Modells:
 - Entscheidungsvariablen, die normalerweise ≥ 0 sein müssen, die auch innerhalb eines reellen Intervalls $[l, u]$ liegen dürfen; sie repräsentieren mögliche Entscheidungen, z.B. eine Produktionsmenge
 - lineare Zielfunktion, die minimiert oder maximiert wird und die Entscheidungen ökonomisch bewertet
 - linearen Restriktionen (Gleichungen oder Ungleichungen) für die Entscheidungsvariablen, z.B. Bilanzgleichungen, Kapazitätsrestriktionen
 - die Lösung von LP-Modellen basiert entweder auf der Simplexmethode oder inneren Punkte Verfahren
 - effiziente Standardsoftware erlaubt die Lösung von LP-Modellen mit vielen tausend Entscheidungsvariablen und Restriktionen im Minutenbereich auf einem PC
- Bei ganzzahligen oder gemischt-ganzzahligen Modellen müssen im Gegensatz zu LP alle oder einige Entscheidungsvariablen ganzzahlige Werte annehmen; obwohl dies der einzige Unterschied ist, sind solche Modelle prinzipiell schwieriger zu lösen (NP-vollständig)

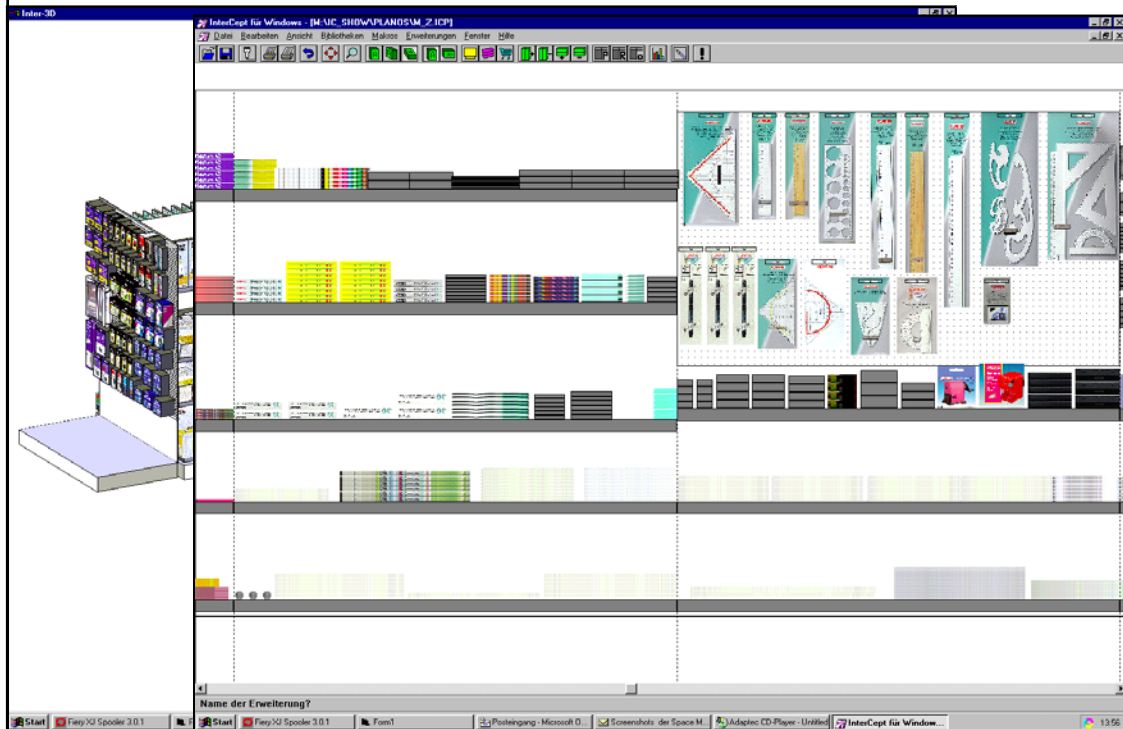
Operative Sortimentsplanung - Problemstellung

- **welche Artikel sollen in einer Verkaufsstelle auf welchen Regalböden platziert werden, um**
 - eine hohe Sortimentsattraktivität zu erreichen
 - einen maximalen Gewinn zu erwirtschaften
- **Zu berücksichtigen sind u.a.**
 - Konkurrenz der Artikel und der Hersteller um Regalflächen
 - große Unterschiede im Rohertrag, Kaufverhalten
 - Einhaltung vieler logischer Regeln
- **bisherige Praxis**
 - Data Mining - Analyse der Daten auf versteckte Zusammenhänge
 - Kennzahlensysteme (Rohertrag-, Verkaufs-, Filialdaten)
 - Marktforschung, Heuristiken und (viel) Erfahrung
- **Probleme dieser Vorgehensweise:**
 - Planungsprozess ist sehr zeitaufwendig – Problem bei Zehntausenden von Artikeln und Tausenden von Filialen
 - Planungsergebnisse liefern i.d.R. keine optimalen Resultate

Produktsortimente

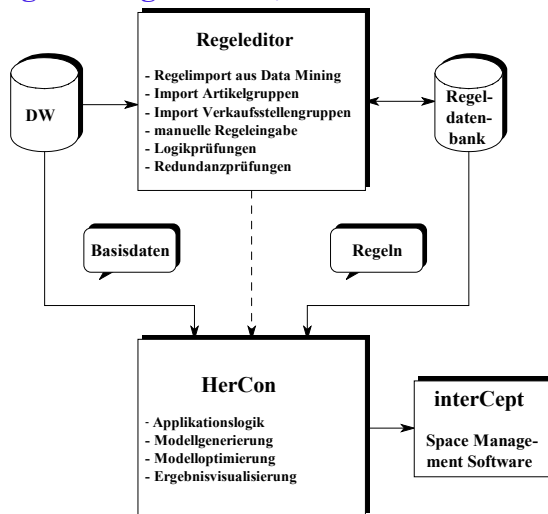


Verkaufsregale



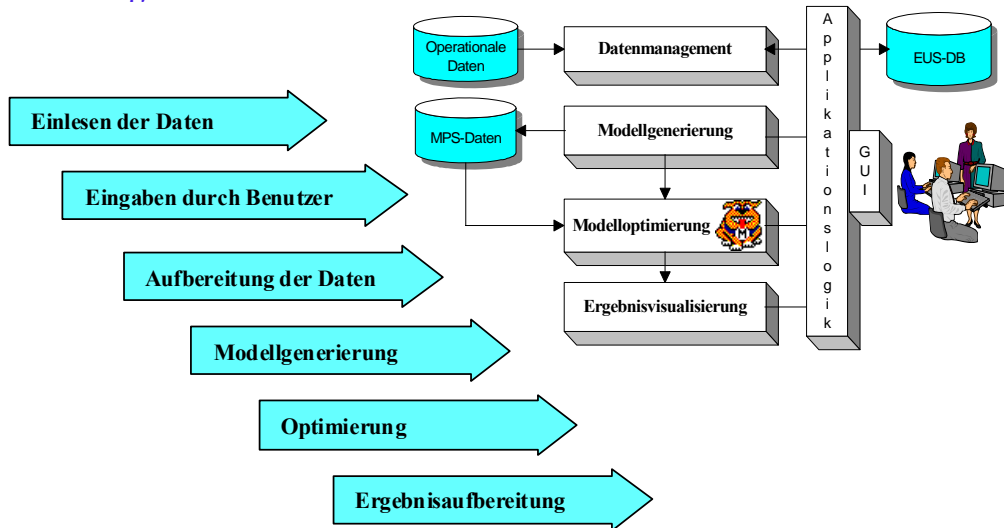
Komponenten von HerCon sind

1. ein Data Warehouse (DW), in dem Stamm-, Leistungs- und Marktforschungsdaten abgelegt sind; diese Daten werden bereits in der manuellen Planung benutzt,
2. eine relationale Regeldatenbank mit einem integrierten Regeleditor, der zur komfortablen Eingabe und Verwaltung von Regeln dient,
3. ein 0-1 Optimierungsmodell, mit dem für jede Filiale unter Einbeziehung aller Restriktionen, Regeln und Basisdaten ein rohertragsmaximales Sortiment bestimmt wird,
4. eine Optimierungskomponente zur Lösung des Optimierungsmodells,
5. einer Visualisierungskomponente, mit der eine optimale Modellösung nach unterschiedlichsten Kriterien aufbereitet und dargestellt werden kann.



Ablauf der Sortimentsoptimierung

- System in Visual Basic implementiert
- als RDBMS wurde Access gewählt
- Optimierungszeit mit MOPS < 1 Minute



Ergebnispräsentation eines optimalen Sortimentes

Liste3

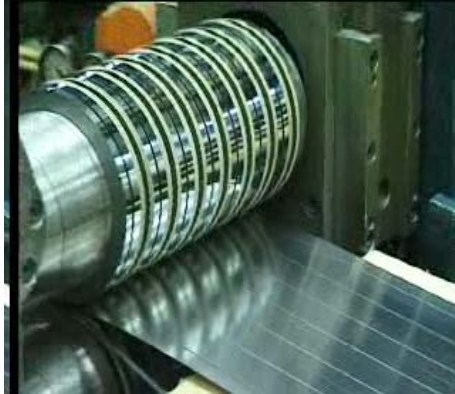
Status	Art.-Nr.	Artikelname	Menge	KS/cm	Boden	RE/DM	Kompetenz
A	996058	PACKP.RL. 5M/100CM NATRON	0	100,00		144,00	-
A	993048	PACKP.BG. 70x100 4ER NATRO	0	24,70		70,50	-
N	8859407	GUMMIR.1KG SORT. 50/60/70	1	14,00	1	74,27	-
A	8859761	BINDFADEN 2ER 80M 20M	0	14,00		43,80	-
X	8733008	KLEBEFILM 10ER 10/12	1	12,50	5	201,00	-
X	8722134	TESAKREPP MALERB. 50/19 HW	1	12,40	2	64,02	-
N	9880881	#KLEBESTIFT 20G	1	12,00	2	64,05	-
X	8580029	PRITT STIFT TRAY. 10G	1	11,80	1	102,00	-
X	8567307	UHU FLINKE FLASCHE 90G	1	11,30	4	117,30	-
X	8567315	UHU FLINKE FL. 100G LSM.FR	1	11,30	3	117,30	-
N	8722928	#TESA FLIEG.FEN. DACHFENS	1	11,20	2	110,82	-
N	8722902	TESA FLIEG.FEN. DISNEY BA	1	11,00	5	81,44	-
N	8722837	TESA FLIEG.FEN. ANTHR. 1.	1	11,00	5	74,84	-
X	8720575	TESAPACK BRAUN 66/38 LW	1	11,00	4	83,28	-
N	8722779	TESA FLIEG.FEN. WEISS	1	11,00	3	101,80	-
N	8722696	TESA KLETTB.ERSATZ. F. FL	1	11,00	3	92,38	-

Zusammenfassung
 VST: 4500153 - Artikel: 55 Stk. - KS: 4,57 m (von 5,00 m) - RE: 4.485,30 DM (Spacer kum.: 27 cm)

Liste drucken Schließen

Verschnittoptimierung – erster Prototype 2003

- Diplomarbeit von Ingmar Steinzen, am LS Leena Suhl, Univ. Paderborn
- Unterstützung durch LS Uwe Suhl im Bereich von MOPS, Entwicklung eines Moduls zur Behandlung von Range Restriktionen
- Praxispartner Stahlwerke Ergste-Westig
 - Vertrieb von Federbandstahl durch ein internes Service-Center
 - Kundenaufträge werden durch Zuschnitt der gewünschten Breite von gelagerten Coils erfüllt
- Ziele
 - Verschnittreduzierung
 - Einhaltung komplexer Regeln
 - halbautomatische Disposition
- Integer Modelle mit z.T. über 100000 0-1-Variablen
- **Verschnittreduktion von über 30%, Rechenzeit mit MOPS im Minutenbereich**
- System befindet sich seit ca. 2 Jahren im operativen Einsatz

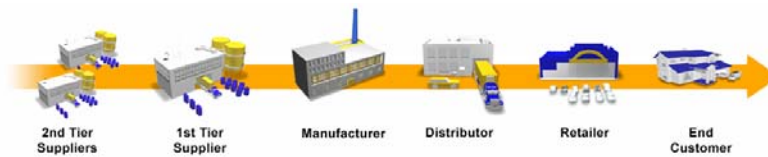


Rahmenbedingungen - Verschnittoptimierung

- **Einsatzmaterialzuordnung**
 - Kundenaufträge können nur durch bestimmte Coils erfüllt werden (Materialmerkmale)
- **Schnittmustersauswahl**
 - technischen Eigenschaften der Maschinen, Abfall, Umspulen, Querteilungen
- **Auftragsmengenrestriktionen**
 - jeder durch den Lagerbestand erfüllbare Auftrag muss beliefert werden
 - Unter- und Überlieferungsquoten erlaubt, Priorität Überlieferung wenn wirtschaftlich
- **Lagerbestandsrestriktionen**
 - Nur vorrätige Rohcoils einsetzbar, jedes Coil darf maximal einmal eingesetzt werden
- **Schmelzenrestriktionen**
 - jedes Coil entstammt einer Schmelze, mehrere Coils können dieselbe Schmelze besitzen
 - ein Auftrag darf u.U. nur einer begrenzten Anzahl von Schmelzen entstammen
- **Zielsetzung**
 - Minimierung des Verschnitts
 - in Abhängigkeit von der Breite wird ein Reststück einer Wertstufe zugeordnet und dementsprechend mit einem Restwert versehen
 - $\text{Kosten} = \text{Rohmaterialwert} - \text{Restwert}$
 - Minimierung der Herstellkosten
 - Rüst- und Belegzeiten der Maschine bestimmen die Herstellkosten
 - Planzeiten können analog zum SAP R/3 Algorithmus bestimmt werden

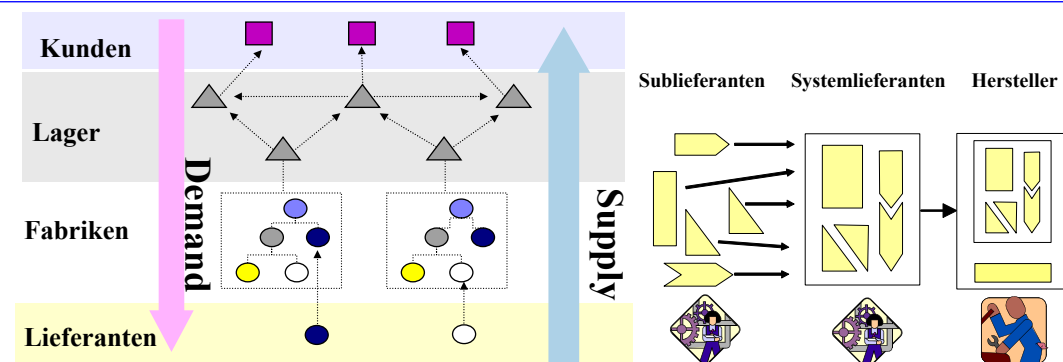
Lieferkette (Supply Chain)

- auch logistische Kette oder auch Wertschöpfungskette genannt



- virtuelle Organisation aus Lieferanten, Produzenten, Händlern, u. Logistikdienstleistern, die Wirtschaftsgüter für einen Zielmarkt (Kunden) produziert
- Supply Chain Management (SCM)
 - ist die unternehmensübergreifende Koordination der Material- und Informations- und Zahlungsflüsse über die Lieferkette, von der Rohstoffgewinnung, über die einzelnen Wertschöpfungsstufen bis zum Endkunden
 - SCM besteht *aus verschiedenen Lösungsansätzen (Konzepten, Prozessen)* die Lieferanten, Hersteller und Lager so zu *integrieren* und zu *steuern*, dass Wirtschaftsgüter in der *richtigen Menge* zum *richtigen Zeitpunkt produziert* und zu den *richtigen Orten verteilt* werden, mit dem Ziel, die *Systemkosten zu minimieren* und dabei *bestimmte Servicegrade* (z.B. Lieferzeiten, max. Fehlmengen) *einzuhalten*.
 - Primärziele sind *Lieferzeiten signifikant zu verkürzen* u. eingesetzte Ressourcen, insbesondere *Bestände drastisch zu reduzieren*, um bei gleicher Qualität u. Servicegrad Kostenvorteile zu haben und schneller auf den Markt zu reagieren

Architektur eines SC-Netzwerkes



● Motive für SCM

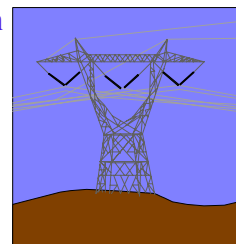
- Das gebundene Kapital in einer großen Lieferkette kann Millionen von € ausmachen
- Nach dem Ausreizen von Fertigungs- u. Logistikstrategien wie z.B. Kanban, Lean Management, Total Quality Management, JIT ist SCM der nächste logische Schritt
- Der Fokus dieser traditionellen Strategien zielt auf Verbesserungen innerhalb eines Unternehmens bzw. auf den flexiblen Lieferabruf von den Lieferanten (JIT)
- Der Fokus beim SCM betrifft die gesamte Lieferkette und ist daher unvergleichlich viel komplexer, da verschiedene Unternehmen betroffen sind, die z.T. unterschiedliche IT-Systeme bzw. Systeme mit unterschiedlichem Customizing einsetzen
- Man unterscheidet strategische Planungsaspekte zur Gestaltung der SC und operative Planungs-, Steuerungs- und Kontrollaufgaben

Produktionsplanung und Supply Chain Management

- Viele Produktionsplanungsprobleme lassen sich als Optimierungsprobleme definieren.
- Unterschiedliche Ressourcen, wie Produktionsmaschinen, Rohstoffe, Teilprodukte und Personal müssen effizient eingesetzt werden
- Dabei sind oft oft begrenzte Ressourcen, komplexe Reihenfolge- und Terminrestriktionen zu berücksichtigen
- Freiheitsgrade bei Mischungsproblemen (z.B. bei der Margarineproduktion) können mit dem kostengünstigen Einkauf von Rohwaren optimiert werden
- die Mineralölindustrie ist traditionell ein Großanwender von mathematischer Optimierung; Teilprobleme sind
 - Rohöleinkaufsplanung, Transportplanung zu den Raffinerien
 - Lösung von Mischungsproblem in den Raffinerien
 - Transportplanung der Endprodukte z.B. zu den Tankstellen
 - Beim Supply Chain Management sind folgende Planungsaufgaben zu lösen
 - Strategische Planung von Standorten für Produktionsstätten und Lager unter Berücksichtigung von Produktions-, Lager- und Transportkosten bzw. Zeiten (mathematische Optimierung)
 - Bedarfsplanung (Prognoseverfahren)
 - Bestellpolitiken und Abrufsysteme um Bestände zu senken (Entscheidungsregeln)
 - Produktionsgrobplanung (mathematische Optimierung)
 - Produktionsfeinplanung (Scheduling): meistens Heuristiken

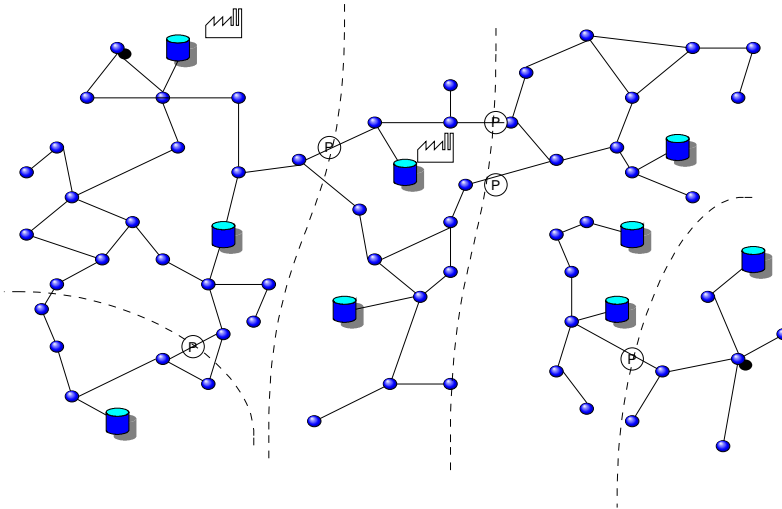
Energieproduktion

- Ein Stromnetz wird i.d.R. von mehreren Kraftwerkstypen gespeist, die sehr unterschiedliche Einsatzbedingungen und Kostenstrukturen aufweisen
- in Westeuropa ist das Stromnetz ein Verbund von Energieversorgungsunternehmen (EVU), um die Last zu verteilen und Bedarfsspitzen kostengünstiger zu decken
- Der Austausch von Strom zwischen den unterschiedlichen EVUs wird durch komplexe Regeln und Tarife zwischen den EVUs bilateral festgelegt
- Strom kann nicht gespeichert werden; daher muss zu jedem Zeitpunkt exakt die Strommenge produziert werden, die als Last im Netz anliegt
- Die Last variiert stark in den einzelnen Tagen (z.B. Sonntag - Wochentag) und der Tageszeit; Spitzen treten Mittags und Abends auf
- Externe Einflußfaktoren wie Wetter (Temperatur) oder Großereignisse sind relevant
- die Strom-Produktion soll möglichst kostengünstig erfolgen
- Die Maschinen zur Stromproduktion z.B. Turbinen in Wasserkraftwerken oder Verbrennungsmaschinen weisen i.d.R. einen nichtlinearen Verlauf mit diskreten Zuständen (An/Abschalten) auf
- Die gemischt-ganzzahlige Optimierung wird für solche Anwendungen kommerziell eingesetzt



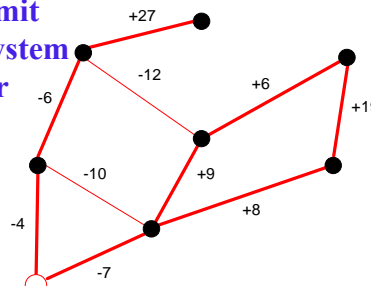
Wasserproduktion

- Im Gegensatz zu Strom kann gereinigtes Wasser gespeichert werden.
- Wann und wo Wasser gereinigt werden soll, um den Bedarf kostenminimal zu befriedigen, kann durch ein netzwerkorientiertes Optimierungsproblem modelliert und gelöst werden



Optimale Ausbauplanung von Gasnetzen

- ein Stadtgasnetz soll in einem mehrjährigen Planungszeitraum optimal ausgebaut werden; Projekt mit der Ruhrgas; ein Softwaresystem wird im In- und Ausland zur Investitionsplanung von Stadtgasnetzen eingesetzt



- unberührter Straßenabschnitt
- in der optimalen Lösung zu verrohren
- Einspeisungsknoten
- anderer Knoten

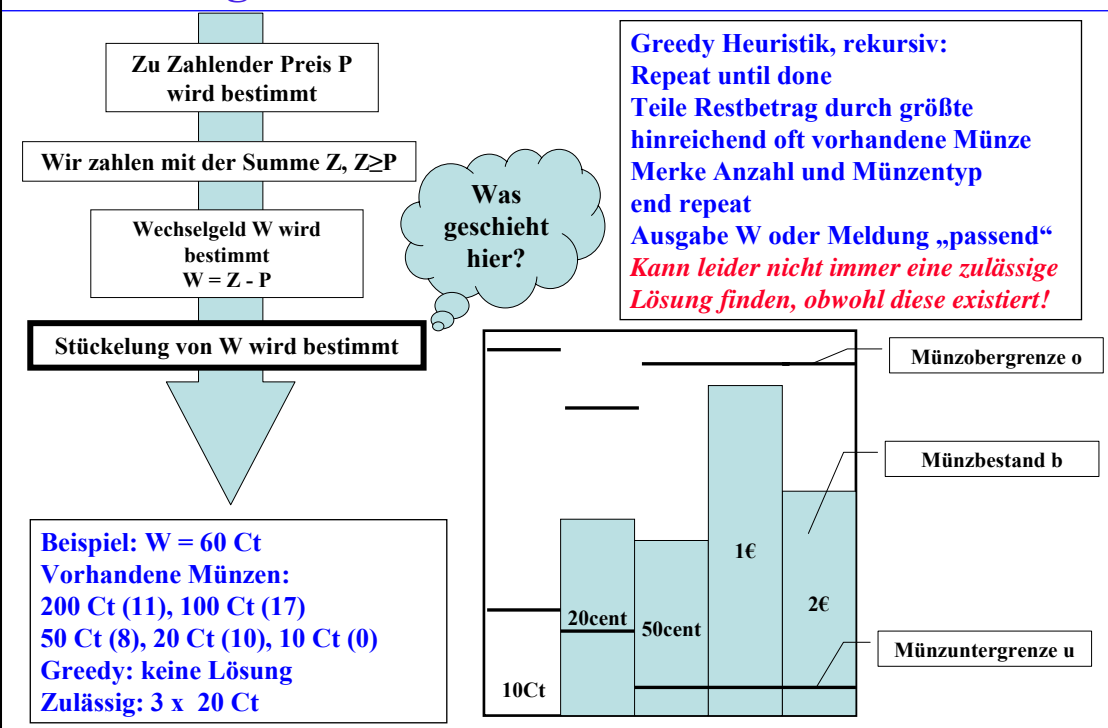
- zu entscheiden ist, ob und in welcher Periode eine Straße verrohrt wird, wobei der Gesamtdeckungsbeitrag maximiert wird und diverse Restriktionen einzuhalten sind
- aus Verrohrungskosten [€/m] und potentiell Gasverbrauch der Objekte jedes Straßenabschnittes werden Jahresdeckungsbeiträge geschätzt
- optimale Lösung: zusammenhängender Teilgraph (Steiner-Graph)
- Steiner Problem in Graphen: NP-hart
- bei 1000 Knoten gibt es ca. 2^{1000} Möglichkeiten !
- Das System Mafiosi von E.on-Ruhrgas basiert auf der MOPS DII und wird in europäischen Stadtgaswerken zur Netzausbauplanung eingesetzt

Personalbedarfsplanung, Personaleinsatzplanung

- Überall wo flexibel in Schichten gearbeitet wird spielen Probleme der Personalbedarfsplanung und der Personaleinsatzplanung eine wichtige Rolle
- Anwendungsbereiche umfassen Call-Center, Krankenhäuser, Endmontage in Automobil-Fabriken, ...
- Bei der Personalbedarfsplanung wird an Hand des Bedarfs und verschiedener Randbedingungen festgelegt, wie viel Mitarbeiter pro Zeiteinheit (z.B. Schicht) minimal benötigt werden
- Bei der Personaleinsatzplanung wird versucht an Hand von Präferenzen und festen Randbedingungen jeden einzelnen vorhandenen Mitarbeiter in einem „optimalen Einsatzplan“ einzusetzen
- Streng genommen sollten diese Aufgaben gemeinsam gelöst werden
- da jedoch die Komplexität dieser diskreten Optimierungsmodelle sehr groß ist, werden sie häufig getrennt behandelt
- Meistens werden heuristische Verfahren statt Mathematische Optimierung eingesetzt

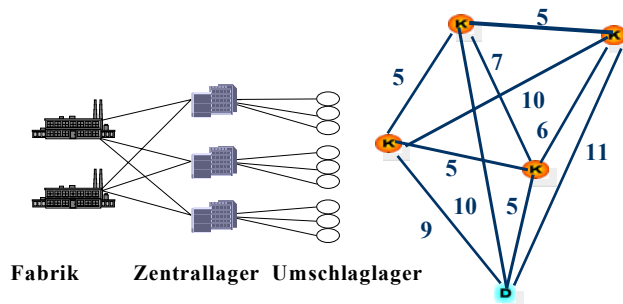
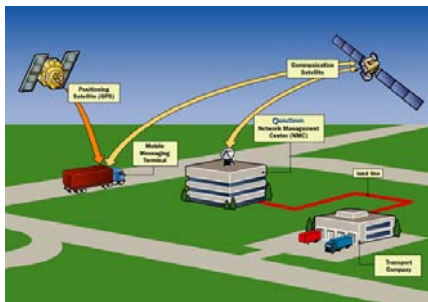


Münzrückgabe an einem Fahrschein-Automaten



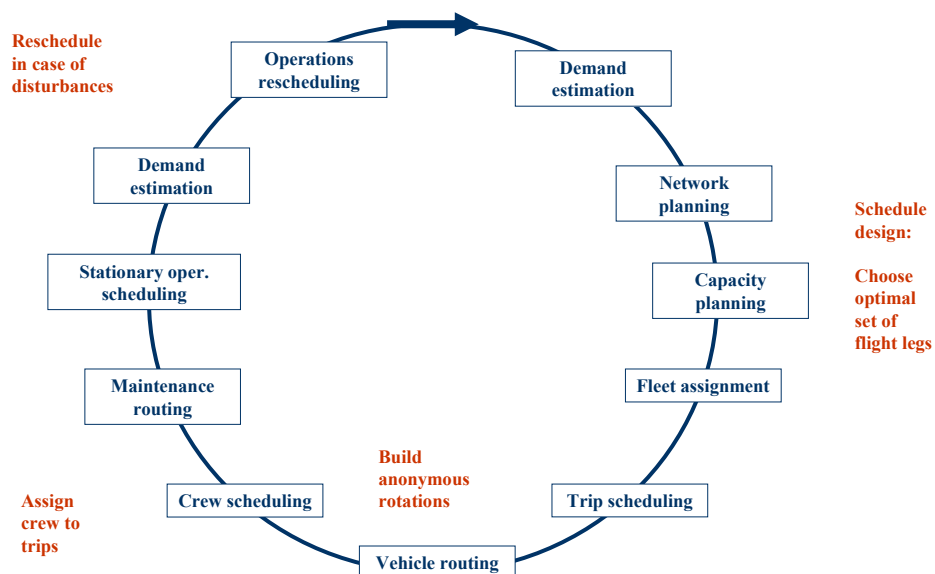
Transport- und Distributionsprobleme

- können oft als Optimierungsmodelle formuliert werden,
- z.B. Suche nach kürzesten oder kostenminimalen Transportwegen
- Eine Vielzahl von Technologien kommt bei der Distributionslogistik zum Einsatz (RFID, GPS, Telematik, ...)
- In Transportproblemen sind sowohl zeitliche als auch örtliche Restriktionen zu berücksichtigen (Tourenplanung, Sammelplanung)
- Strategische Fragestellungen betreffen die Standortplanung, sowie die Festlegung der Architektur von Nabe-Speiche-Distributionssystemen



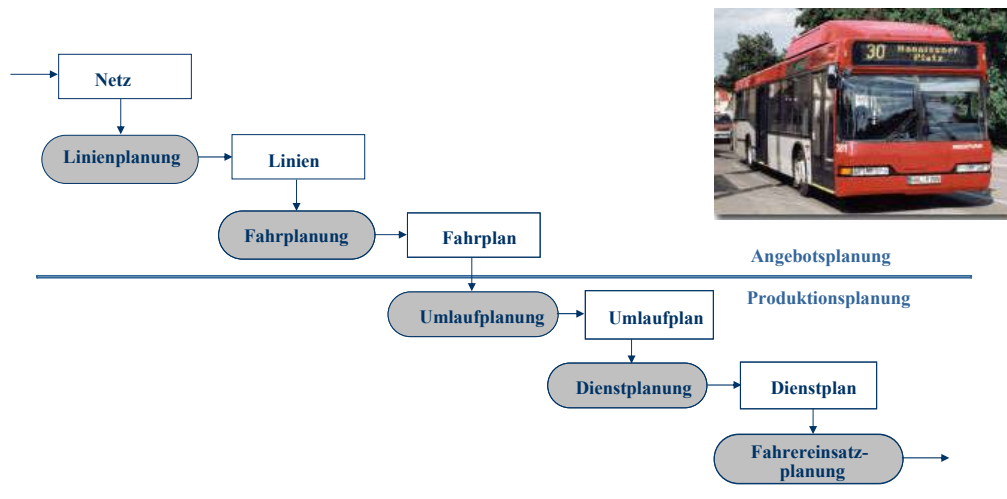
Planungsprozesse in Linien-Transportsystemen

- Gilt im Prinzip für Linienflugverkehr, ÖPNV, Container-Schifffahrt ...



Planungsprozesse im ÖPNV

- Hierarchische Planungsprozesse
- Netz – Linien – Fahrplan – Umlaufplan – Dienstplan
- Unterschiedliche mathematische Techniken
- Mathematische Optimierung ist eine wichtige Technologie
- Signifikante Einsparungen an Bussen und damit Fahrern sind möglich



Umlaufplanung: ÖPNV, Linienflüge, ...

- Eine Zuordnung der gegebenen Fahrplanfahrten zu Fahrzeugen, so dass:
 - Jede Fahrt von genau einem Fahrzeug bedient wird
 - Ein Fahrzeug zu dem selben Depot zurückkehrt, aus dem es ausrückt
 - Gesamtkosten des Umlaufplans minimiert werden
- Besonderheiten in den Busunternehmen:
 - Uneingeschränkte Leerfahrten zwischen Endhaltestellen (Deadheading)
 - Mehrdepot-Umlaufplanung - mehrere Bus-Depots und /oder verschiedene Fahrzeugtypen
- Umlaufplanungsproblem:
 - Aktivitäten eines Arbeitstages, insb. Ausrücken, Linienfahrten, Leerfahrten, Standzeiten und Einrücken einplanen
 - mit minimalen Gesamtkosten, bestehend aus fixen Fahrzeugkosten, Personalkosten und aus variablen Kosten
- Umlaufplanungsproblem kann als Integer-Optimierungsproblem formuliert und für praktische Anwendungen eingesetzt werden
- Modelle für Großstädte weisen über 1.000.000 ganzzahlige Variablen und über 150.000 Restriktionen auf

Revenue Management

- umfasst Methoden zur Preis- und Kontingentbildung, Entscheidungsregeln über Annahmen und Ablehnung unsicherer, zeitlich verteilt eintreffender Nachfrage unterschiedlicher Wertigkeit
- Beispiel: Preisbildung in Linienflügen, Mietwagen, Hotels usw.
- Ziel ist es, die verfügbare feste Kapazität in einem Zeitraum möglichst effizient zu nutzen und die Maximierung des erzielten Gesamterlöses anzustreben
- Die Leistungsnachfrage soll also über den Preis so gesteuert werden, dass:
 - einerseits kein Umsatzverlust durch ungenutzte Kapazitäten entsteht
 - andererseits auch keine Umsatzverdrängung erfolgt, d.h. Produkte werden zu einem niedrigeren Preis verkauft, obwohl am Markt ein höherer Preis erzielbar wäre
 - Der Preis der Produkte ist also eine Funktion vom Zeitablauf und weiteren Restriktionen, die den Wert des Produktes für den Kunden beeinflussen
- Der Begriff *Perishable Assets* verdeutlicht, dass es sich um verderbliche Produkte handelt, d.h. sie müssen zu einem Zeitpunkt verkauft sein
- De facto wird also das gleiche Produkt zu unterschiedlichen Preisen verkauft; dies ist bei anonymen Kunden (Linienflügen, Hotels usw.) auch kein Problem
- In einzelnen Branchen unterscheiden sich die Probleme; z.B.
 - Bei Linienfluggesellschaften spielen Überbuchungen (No Shows) eine wichtige Rolle
 - Bei Mietwagen kann man bei Engpässen eine höhere Klasse preisgleich anbieten

Revenue Management

- **Komponenten eines RM-Systems**
- **Prognosemodul (wichtigste Komponente)**
 - benötigt wird die Vorhersage der Nachfrage als Funktion des zeitlichen Verlauf
 - Grundlage sind die Vergangenheitsdaten mit Reservierungs-, Stornierungsverlauf sowie der aktuelle Nachfragestand
 - Die Prognosen müssen korrigiert werden bei Sonderfällen, wie Konferenzen, Messen, Feiertage sowie die Konkurrenzsituation berücksichtigen
- **Preis-Mengen-Regeln und Preisdifferenzierung**
 - Die Einteilung von Preis- und Kapazitätsklassen soll so erfolgen, dass die Summe der verkauften Leistungen den Erlös maximiert
 - Dazu werden Regeln definiert, die an bestimmte Restriktionen gebunden sind, z.B. Frühbucher, Buchung über einen Sonntag usw.
 - Die Preisdifferenzierung erfolgt als Funktion der Buchungszeit und Restriktionen, die die Wertigkeit der Produkte bestimmen, z.B. Umbuchungsmöglichkeiten, weitere Qualitätsmerkmale (Business Class)
- **Optimierungskomponente**
 - Ist die Preis-Absatz-Funktion bekannt, dann können mit einem mathematischen Optimierungsmodell die Kapazitäten für die einzelnen Preisklassen optimal bestimmt werden