

Lagerstandort- und Lagergrößenoptimierung

- eine Logistiksimulation mit Hilfe von SeSAm -

Von

Thomas Kaiser, Christoph Wünnemann, Martin Pellengahr

Gliederung des Vortrags

- Motivation und Ziele
- Beschreibung des Problems
- Fachliche Beschreibung der Simulation
- Technische Realisierung mit SeSAm
- Simulationslauf und Analyse
- Modellqualität
- Bewertung

Motivation und Ziele der Seminararbeit

- Motivation
 - Abkehr von der charakteristischen Anwendung von SeSAM wie üblicherweise der Simulation komplexer Agenten in der Biologie
 - stattdessen: Simulation eines betriebswirtschaftlichen Prozesses mit anderen Anforderungen an die Simulationsumgebung

- Ziele
 - Abbildung eines hinreichend realitätsgetreuen Logistik- und Distributionsprozesses, um Lagerstandorte und –kapazitäten zu optimieren
 - Entwurf einer sinnvollen und zweckmäßigen Modellierung der Abläufe
 - Generierung plausibler Ergebnisse durch das experimentelle Durchlaufen verschiedener Szenarien
 - Bewertung von SeSAM anhand der gesammelten Erfahrungen

Beschreibung des Problems - Ausgangssituation

- ein Unternehmen produziert ein Produkt an mehreren Produktionsstandorten (Fabriken)
- es existiert ein fester Kundenstamm
- die Kunden setzen das Produkt ab und werden von den Lagern beliefert
- die Distribution der Produkte übernimmt ein externer Spediteur zu festen Konditionen
- um kostengünstig zu distribuieren, sucht das Unternehmen die optimalen Lagerstandorte und -kapazitäten
- potenzielle Lagerstandorte sind (meistens) gegeben und die einzelnen Kosten bekannt

Beschreibung des Problems - Lösungsansätze

Klassisch mathematische Lösungsverfahren (z.B. Branch-and-Bound)

- liefern Optimallösung bei gegebener Datengrundlage
- Voraussetzungen
 - qualitativ hochwertige Datengrundlage
 - im Zeitablauf konstante Werte
 - eindimensionale Sicht auf die Lager

Simulation

- liefert heuristische Näherungslösung
- realistischere Abbildung der Problemsituation durch
 - stochastische Einflussgrößen
 - mehrdimensionale Sicht auf die gesamte Supply-Chain möglich
 - beliebige Erweiterbarkeit

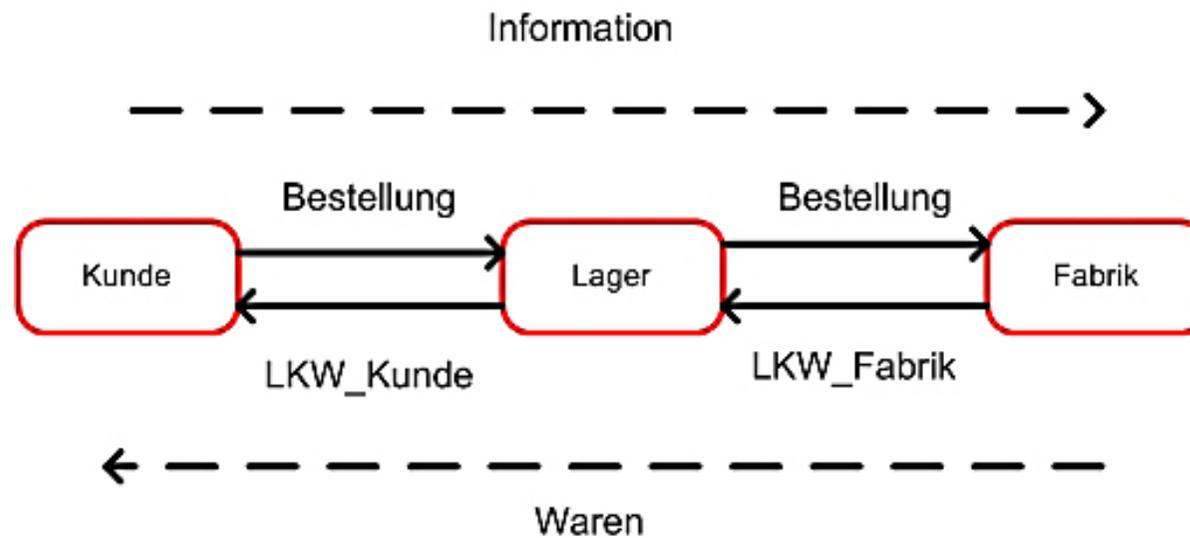
Fachliche Beschreibung – Annahmen

- Beschränkung auf ein Produkt
- Kunde wird vom nächstgelegenen Lager beliefert
- Transport als externe Dienstleistung (unendliche Verfügbarkeit)
- keine festen Straßen
- Produktion wird nicht optimiert
- Entscheidung über Fortbestand/Errichtung eines Lagers nur anhand der aktuellen Kostensituation

Fachliche Beschreibung – Agenten

- Kunde
 - verkauft die Waren an den Endverbraucher
 - bestellt rechtzeitig beim Unternehmen
- Lager
 - organisiert den zentralen Distributionsprozess
 - Schnittstelle und Puffer zwischen Kunde und Fabrik
 - regelmäßige Kontrolle der Wirtschaftlichkeit
 - ggf. Schließung bei negativem Ergebnis
 - Anpassung der Lagerkapazität
- Fabrik
 - Produktion der Waren
- LKW
 - Auslieferung

Fachliche Beschreibung – Informations- und Warenfluss



Fachliche Beschreibung – Wirtschaftlichkeitsprüfung

- Berechnung der Wirtschaftlichkeit eines Lagers am Ende eines Abrechnungszeitraums

Erträge	gel. Ware * Deckungsspanne
- Kosten	fixe Lagerkosten
	variable Lagerkosten
	Transportkosten
= Ergebnis	

- Beurteilungskriterium für den Lagerfortbestand sind das aktuelle Ergebnis und Vergangenheitsdaten

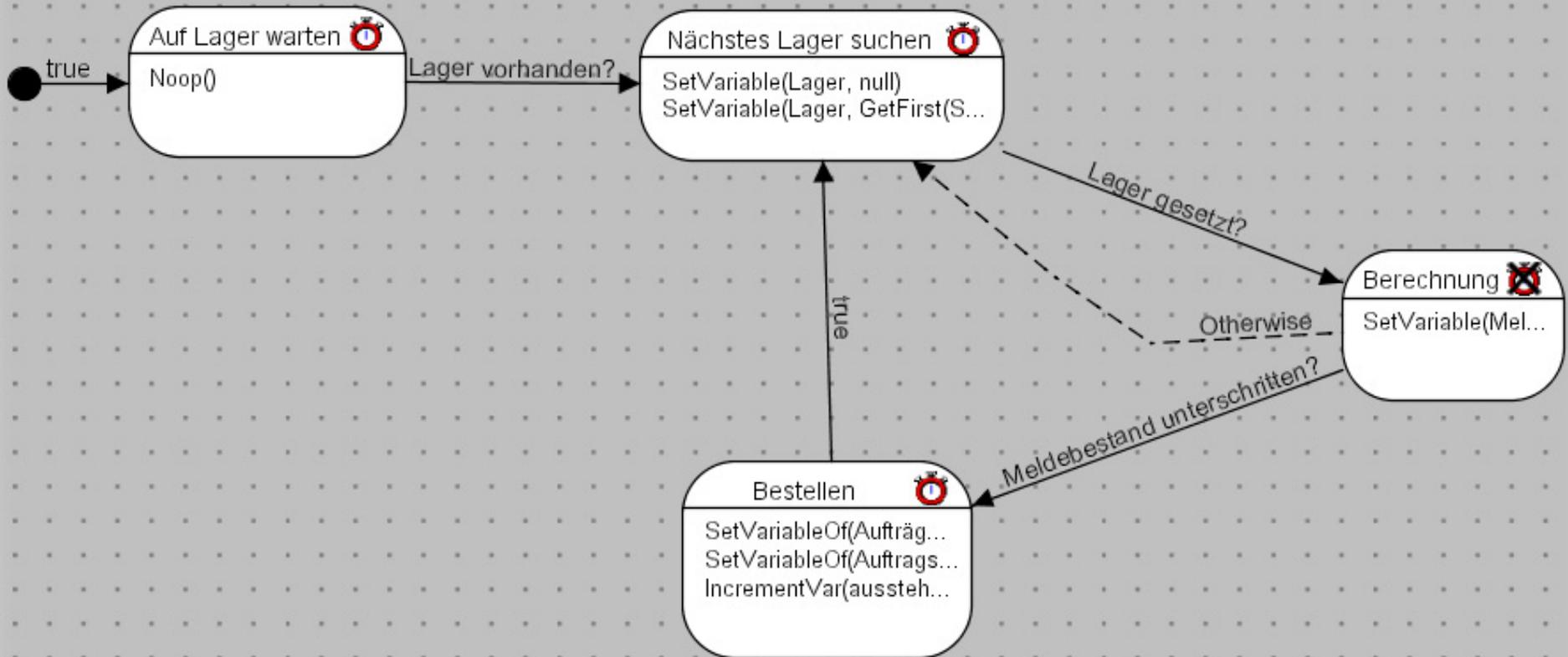
Technische Realisierung - Kunde



- Variablen
 - Wareneingangslager(Number)
 - aktueller Warenbestand
 - Verbrauch (Number)
 - normalverteilter Warenverbrauch des Kunden pro Timestep
 - Fehlmenge(Number)
 - nicht bedienter Verbrauch
 - Lager(SimObject)
 - zuständiges Lager
 - Meldebestand(Number)
 - Warenmenge, unterhalb der eine Bestellung abgeschickt wird; abhängig von der Entfernung zum Lager

Technische Realisierung - Kunde

- Reasoning Engine:



Technische Realisierung - Lager

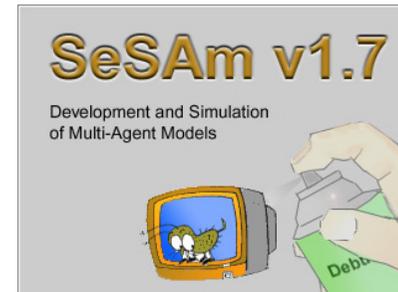
- Variablen
 - Aufträge (List <SimObject>)
 - Liste der verbliebenen Aufträge
 - Bestand (Number)
 - Anzahl der FE im Lager
 - Meldebestand (Number)
 - Grenzbestand, ab dem eine Bestellung abgeschickt wird
 - Lagergrösse (Number)
 - benötigte Maximalkapazität des Lagers
 - Periodenlänge (Number)
 - Abrechnungsperiode des Lagers; gleichbedeutend mit Wiederauffüllzeit

Technische Realisierung - Lager

- Gelieferte Waren (Number)
an Kunden gelieferte Waren in der aktuellen Periode
- Lagerkosten(fix)/Periode (Number)
fixe Lagerkosten der aktuellen Periode
- Lagerkosten(var)/Periode (Number)
variable Lagerkosten der aktuellen Periode
- Einlagerungskosten (Number)
von LKW_Fabrik verursachte Kosten
- Auslieferungskosten (Number)
von LKW_Kunde verursachte Kosten
- Ergebnis (Number)
Endergebnis der Periode (Berechnung s.o.)

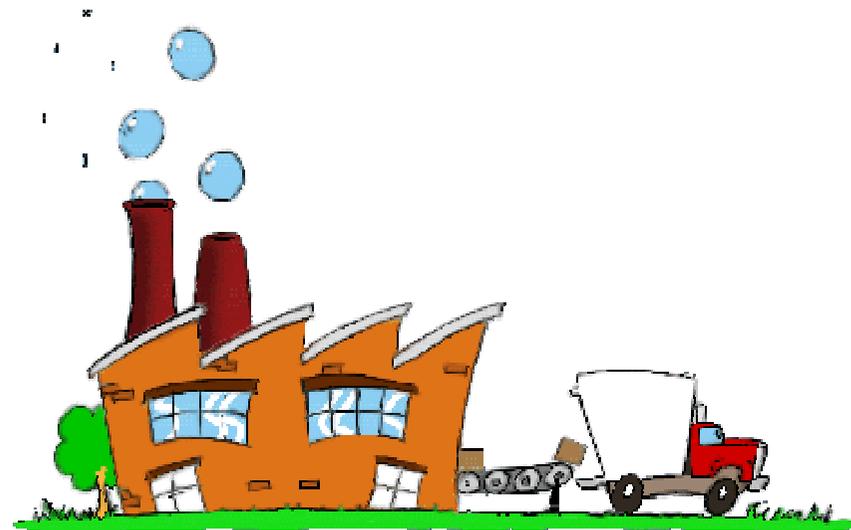
Technische Realisierung - Lager

- Detaillierte Erläuterung folgt in der Simulationsumgebung



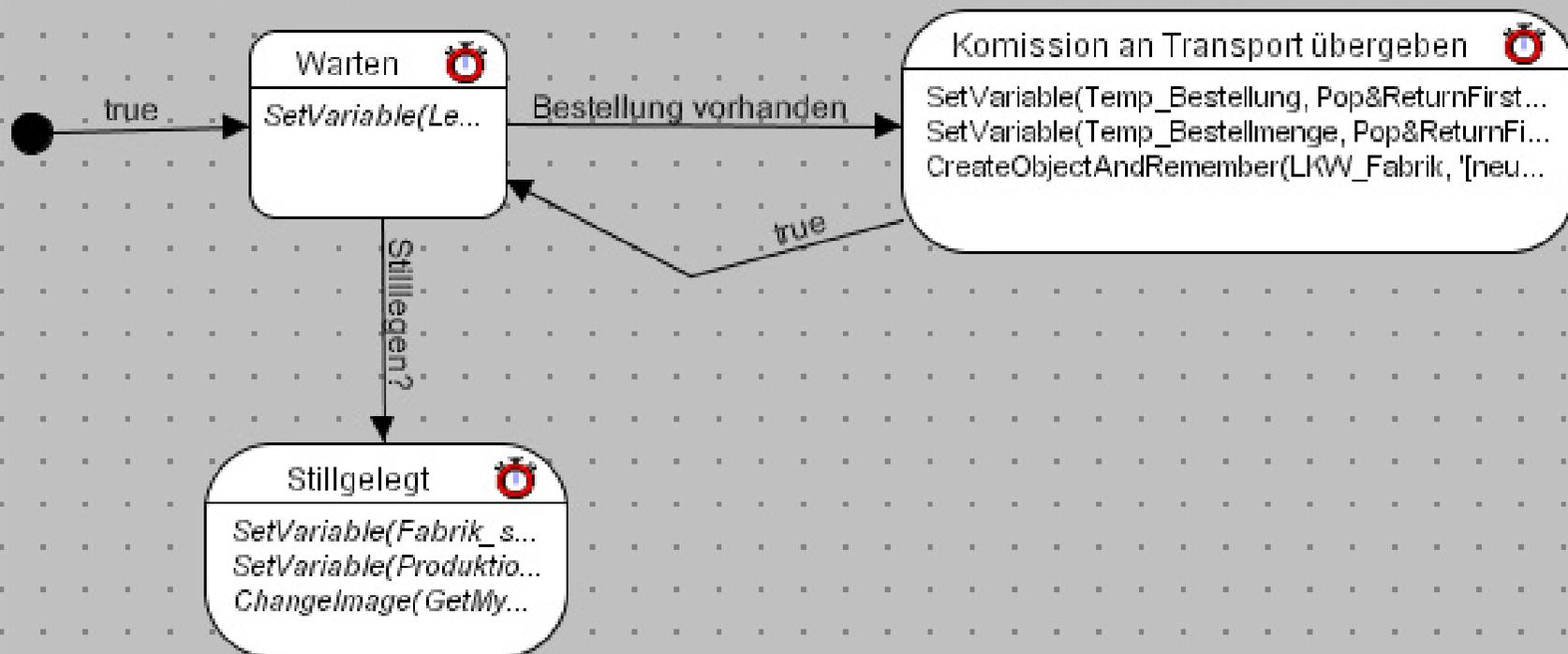
Technische Realisierung - Fabrik

- Variablen
 - Produktionsmenge (Number)
pro Timestep produzierte Warenmenge
 - Warenausgangslager (Number)
noch nicht abgeholte Produktionsmenge
 - Bestellungen (List <SimObject>)
Liste der zu beliefernden Lager



Technische Realisierung - Fabrik

- Reasoning Engine:



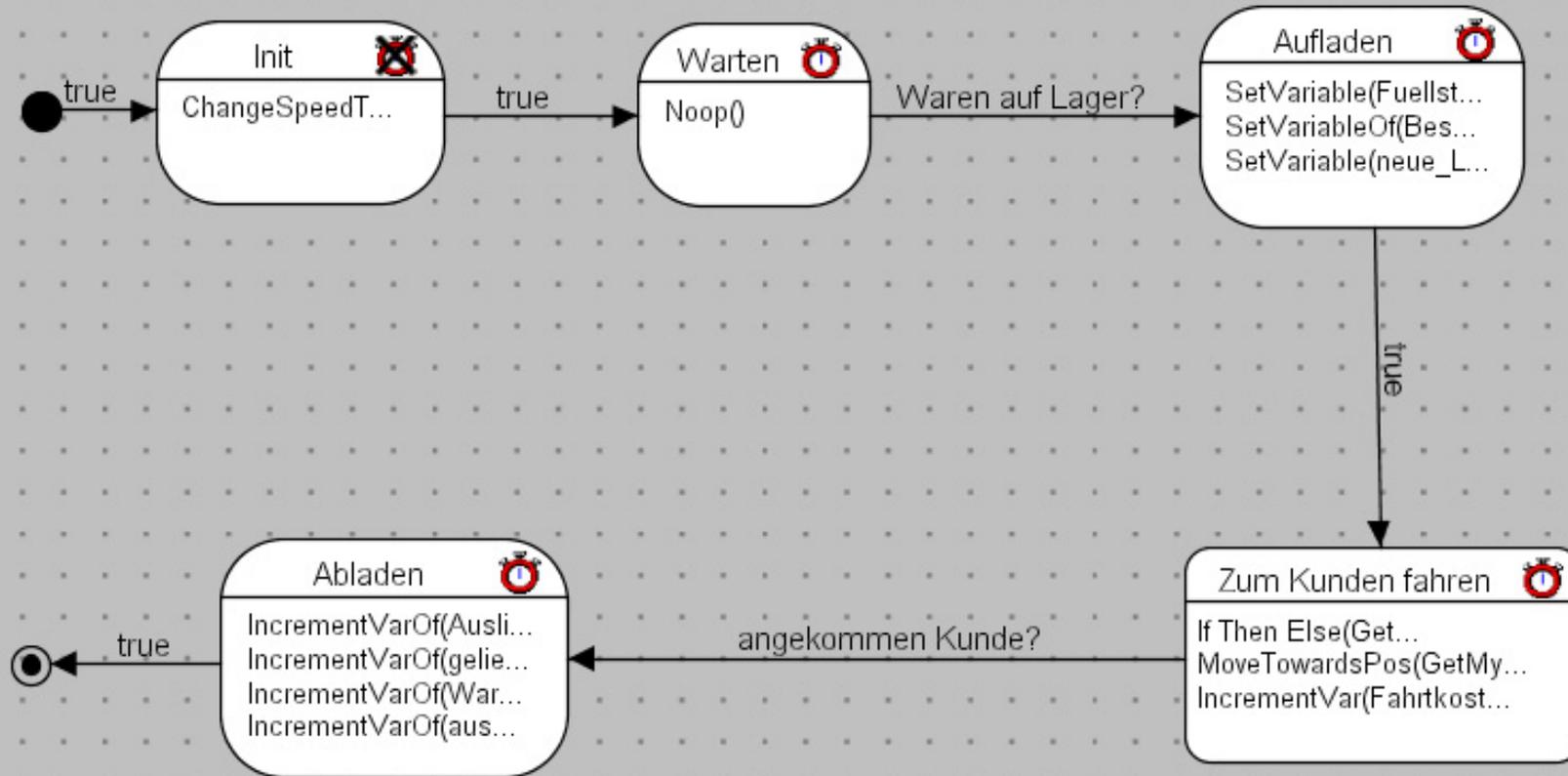
Technische Realisierung - LKW

- Variablen
 - Laderaum (Number)
Fassungsvermögen
 - Fuellstand (Number)
geladene Menge FE
 - Ziel (SimObject)
Abladeort (Lager oder Kunde)
 - Fabrik (SimObject) bzw. Lager (SimObject)
Auftraggeber
 - Frachtkilometerpauschale (Number)
Füllstand-abhängiger Kostensatz
 - Fahrtkilometerpauschale (Number)
fester Kilometerkostensatz
 - Fahrtkosten (Number)
Summe der Transportkosten



Technische Realisierung - LKW

- Reasoning Engine:



Technische Realisierung - World

- Variablen
 - Geschwindigkeit (Number)
 - Regulierung der Geschwindigkeit der Simulationsläufe
 - DSP (Number)
 - Deckungsbeitrag pro Stück (konstanter Parameter)
 - Sicherheitsfaktor (Number)
 - Faktor zur Regulierung des Lagerbestands (konstanter Parameter)

 - Anzahl Lager (Number)
 - Anzahl der existierenden Lager
 - Kosten/FE (Number)
 - Durchschnittliche Kosten pro ausgelieferter Frachteinheit
 - Gesamtergebnis/FE (Number)
 - Durchschnittliches Ergebnis pro ausgelieferter Frachteinheit

Technische Realisierung - World

- Lager-Ergebnisliste
Liste mit den Gesamtergebnissen der einzelnen Lager
- Summe Auslieferungen (Number)
Summe der an die Kunden ausgelieferten Waren
- Summe Fehlmengen (Number)
Summe des nicht gedeckten Bedarfes (Unterbestände)
- Fehlquote (Number)
Prozentsatz des nicht gedeckten Bedarfes
= $\text{Summe Fehlmengen} / (\text{Summe Fehlmengen} + \text{Summe Auslieferungen})$

Simulationslauf



Modellqualität

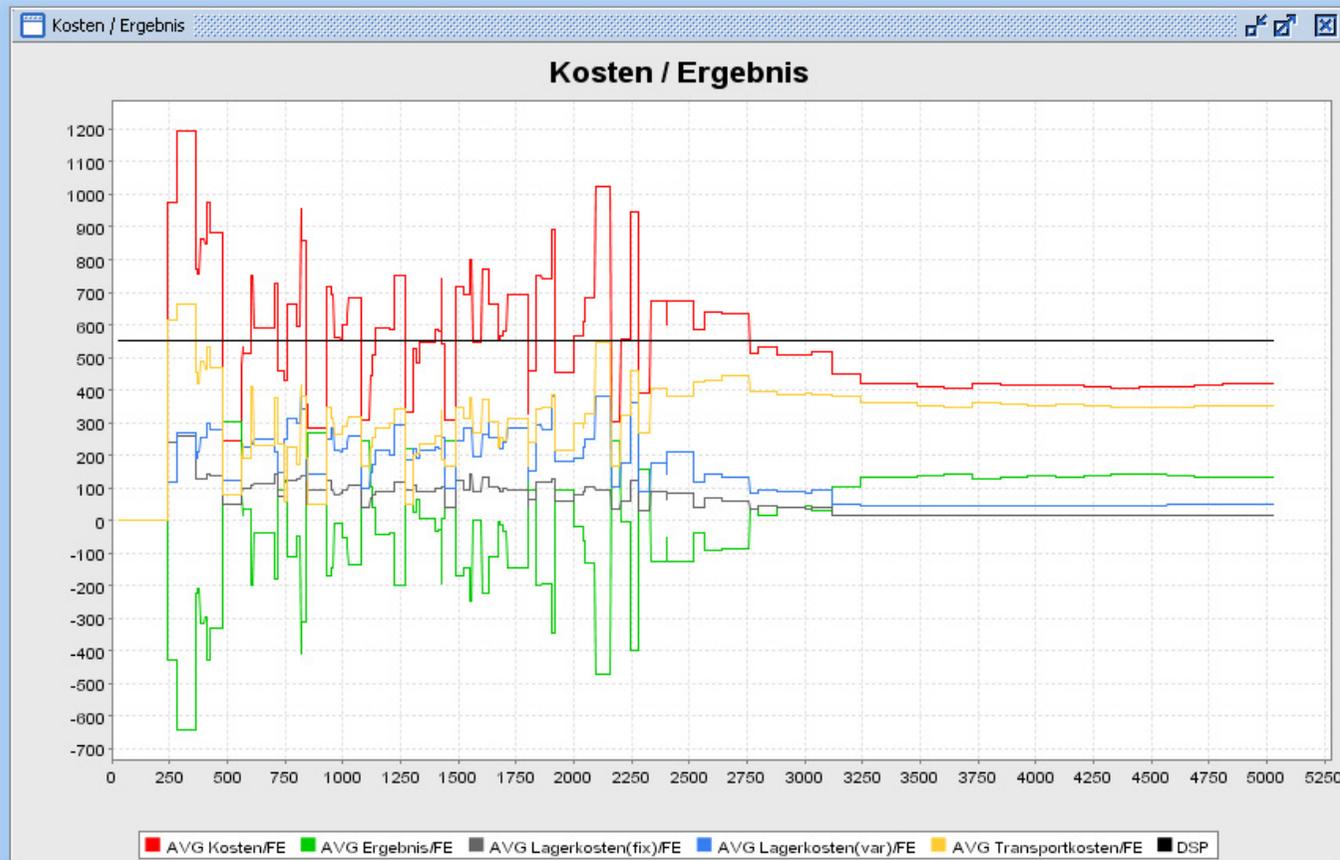
Indikatoren für eine qualitativ gute Simulation:

- Plausibilität:
 - Sind die Ergebnisse fachlich sinnvoll?
 - Sind die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Faktoren logisch richtig abgebildet?
- Stabilität:
 - Liefert der mehrfache Durchlauf mit gleichem Input ähnlichen Output?

Modellqualität – Plausibilität

- Die Distributionskosten sind am Ende der Simulation minimal

Beispielhaftes Ergebnis eines Simulationslaufes:



Modellqualität – Plausibilität

- bei sinkender Deckungsspanne sind Lager weniger rentabel und werden daher eher entfernt
- nur Lager mit positivem Ergebnis bleiben übrig
- bei negativem Gesamtergebnis/FE werden alle Lager geschlossen

Sensitivitätsanalyse mit variierender Deckungsspanne:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Configuration			EndValues					
2		Date	Duration		DSP	Anzahl Lager	Ergebnis/FE	Lager-Ergebnisliste	
3		Nov 5, 2004	4798		550	2	126,36	[38169,86; 71837,56]	
4		Nov 5, 2004	5031		500	1	86,22	[48995,55]	
5		Nov 5, 2004	5031		450	1	31,81	[13853,35]	
6		Nov 5, 2004	5731		400	0	-212,52	[]	
7									
8									
9									

Modellqualität – Plausibilität

- Je höher der Sicherheitsfaktor der Lager desto geringer sind die Fehlmengen

Sensitivitätsanalyse mit variierendem Sicherheitsfaktor:

	B	C	D	E	F	G	H	I
ation			EndValues					
	Date	Duration		Sicherheitsfaktor	Anzahl Lager	Summe Auslieferungen	Summe Fehlmengen	Fehlquote
	Nov 5, 2004	4798		2	2	15551	284,70	1,80
	Nov 5, 2004	4565		1,75	3	15551	320,18	2,02
	Nov 5, 2004	4798		1,5	2	15051	537,56	3,45
	Nov 5, 2004	4798		1,25	2	14301	1640,02	10,29
	Nov 5, 2004	4798		1	2	9551	6172,07	39,25
	Nov 5, 2004	5031		0,75	1	6301	9338,67	59,71
	Korrelation Sicherheitsfaktor/Fehlquote:			-0,895273932				

Modellqualität – Stabilität

- bei mehreren Simulationsläufen mit gleichem Input streuen die Endwerte der Variablen relativ gering

Beispielerperiment mit konstanten Parametern:

	A	B	C	D	E	F	G
1			EndValues				
2	Date	Duration		DSP	Sicherheitsfaktor	Summe Auslieferungen	Kosten/FE
3	Nov 5, 2004	4798		550	1,5	14901	424,25
4	Nov 5, 2004	5031		550	1,5	12401	432,11
5	Nov 5, 2004	5031		550	1,5	12351	432,44
6	Nov 5, 2004	5031		550	1,5	12351	419,74
7	Nov 5, 2004	5031		550	1,5	12401	415,29
8	Nov 5, 2004	4798		550	1,5	15001	421,41
9	Nov 5, 2004	4798		550	1,5	15501	420,10
10	Nov 5, 2004	4798		550	1,5	15501	422,36
11	Nov 5, 2004	5031		550	1,5	12551	421,74
12	Nov 5, 2004	4798		550	1,5	15151	417,48
13							
14					Standardabweichung	1488,44	5,64
15					Variationskoeffizient	0,107771842	0,013345461
16							
17							

Bewertung von SeSAm

- umfassende Funktionalität gewährleistet die Implementierung vielfältiger Modellanforderungen
- hohe Systemanforderungen
 - bei der Darstellung umfangreicher Analysecharts
- interne Datenhaltung lässt keine Zusammenführung modularer Teilmodelle zu
- aufwändige bzw. ungewohnte Art zu programmieren
 - Präfixnotation
- absolute Präzision ist aufgrund der zufälligen Ausführungsreihenfolge der Agenten nicht erreichbar
 - LKW prüft u.U. den Lagerbestand bevor die produzierten Güter eingelagert wurden
 - Lager wertet u.U. die Auftragsliste aus bevor der Kunde bestellt hat

Bewertung der Vorgehensweise

- aufgrund der dürftigen Dokumentation mangelte es an genügend Know-how im Umgang mit SeSAm
- daher: Start mit einem rudimentären Anfangsmodell
- Entwicklung eines Prototypen auf dieser Basis
- schrittweise Verfeinerung und Erweiterung
- bei wegweisenden Konzeptionsentscheidungen Rücksprung in Modellierungsphase
- dabei: Nutzung der gesammelten Erfahrungen

Fragen & Diskussion

