



Simulationsbasierte Kapazitätsanalyse von Bahnterminals



Manfred Gronalt
Martin Posset and Soraya Rojas-Navas

University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna
Department of Economics and Social Science
Institute of Production Economics and Logistics



Agenda

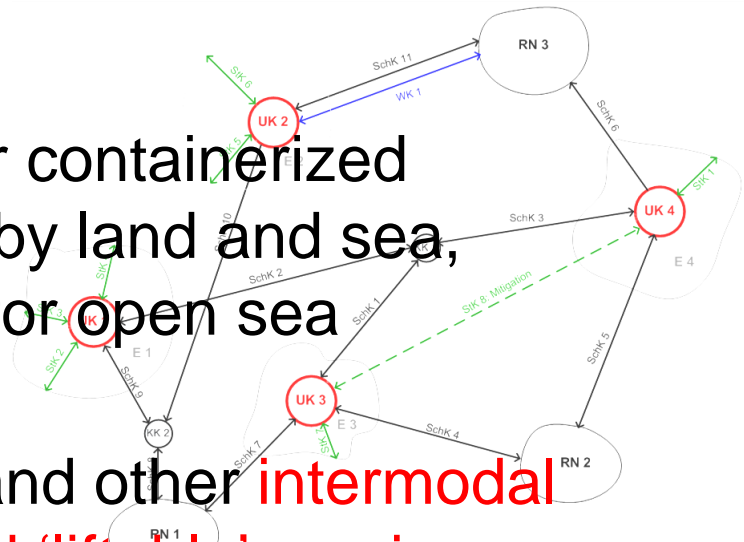
- Einleitung
- Binnenland Terminals
- Simulationsbasierte Kapazitätsanalyse
 - Terminalinfrastrukturen
 - Betriebskonzepte
- Simulationsansatz
- Terminalstudien
- Ausblick



Einleitung

Binnenland Container Terminal

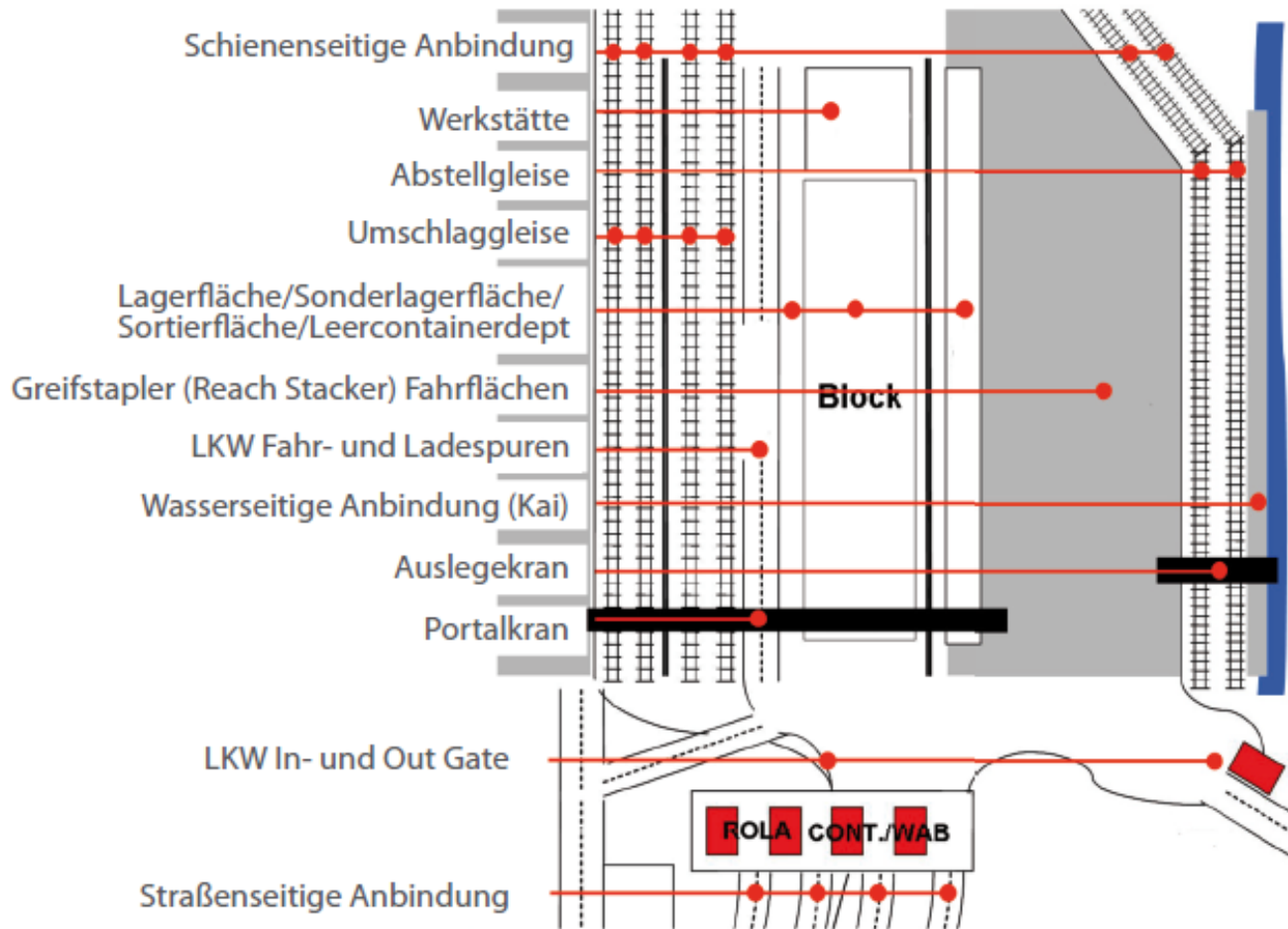
- vital role in modern supply chains
- essential transshipment points for containerized freight between transport modes by land and sea, and function as feeder terminals for open sea terminals
- distribute and collect containers and other **intermodal load carriers like swap bodies and 'liftable' semi trailers.**
- receive and ship containers from sea terminals, another BCT or from local industries.
- In Europe there are approx. 800 BCT of different sizes and networks roles



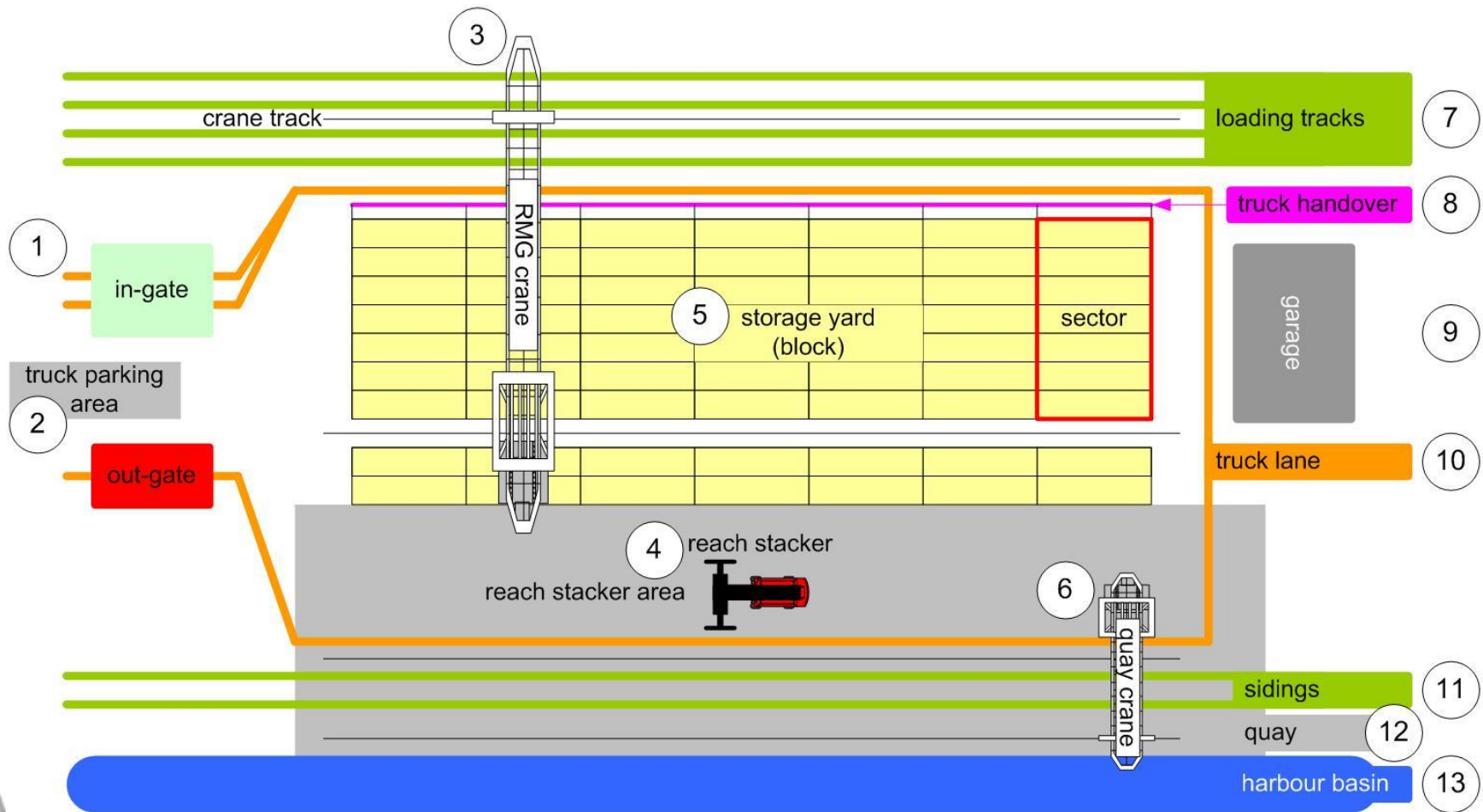
Binnenland Container Terminals

- *Manageable size in terms of space and throughput (~100K TEU)*
- *Storage function for empty and full containers (inventory outsourcing)*
- *Focus on train interchange area and train schedules*
- *Lack of high quality data*
 - *Most work done intuitively*
 - *Optimization opportunities*

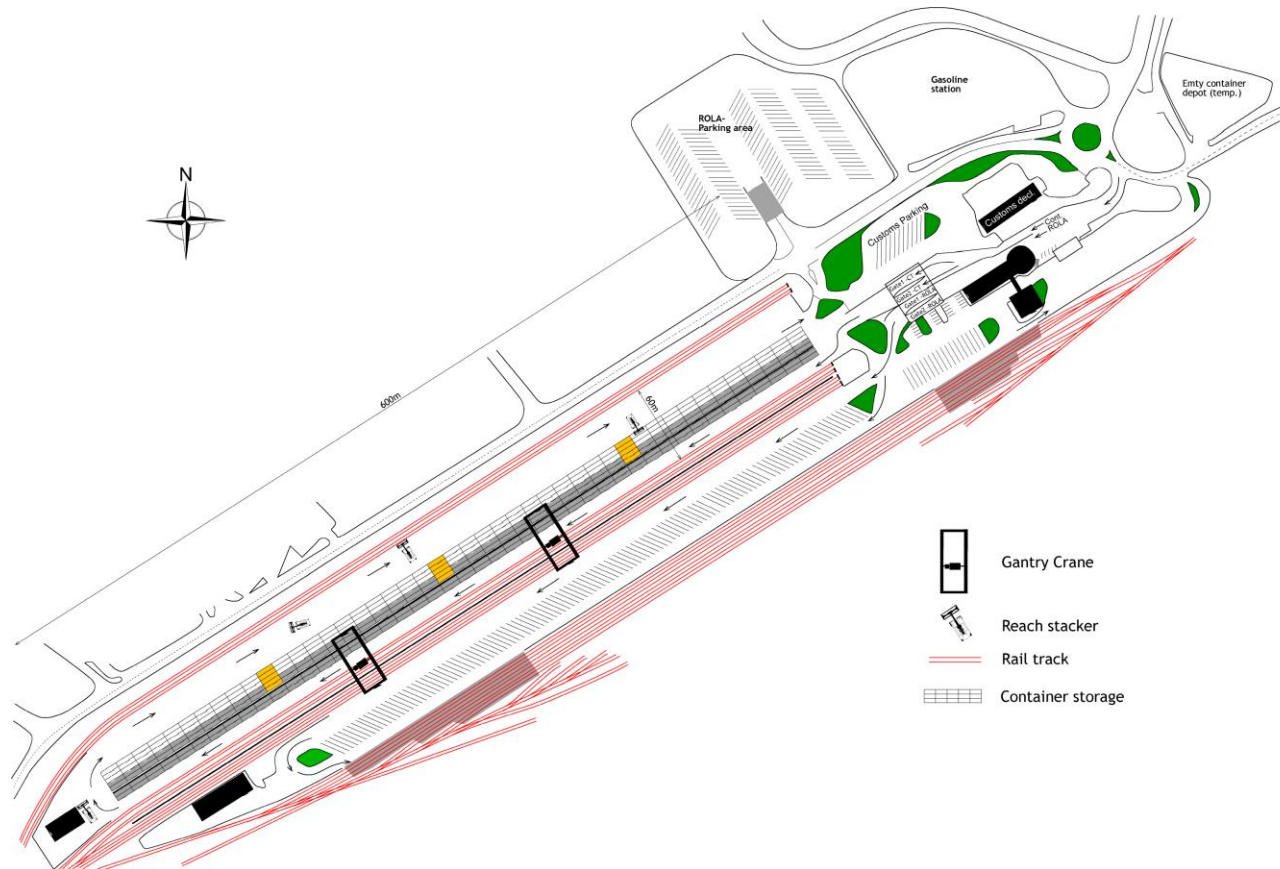
Binnenland Container Terminal



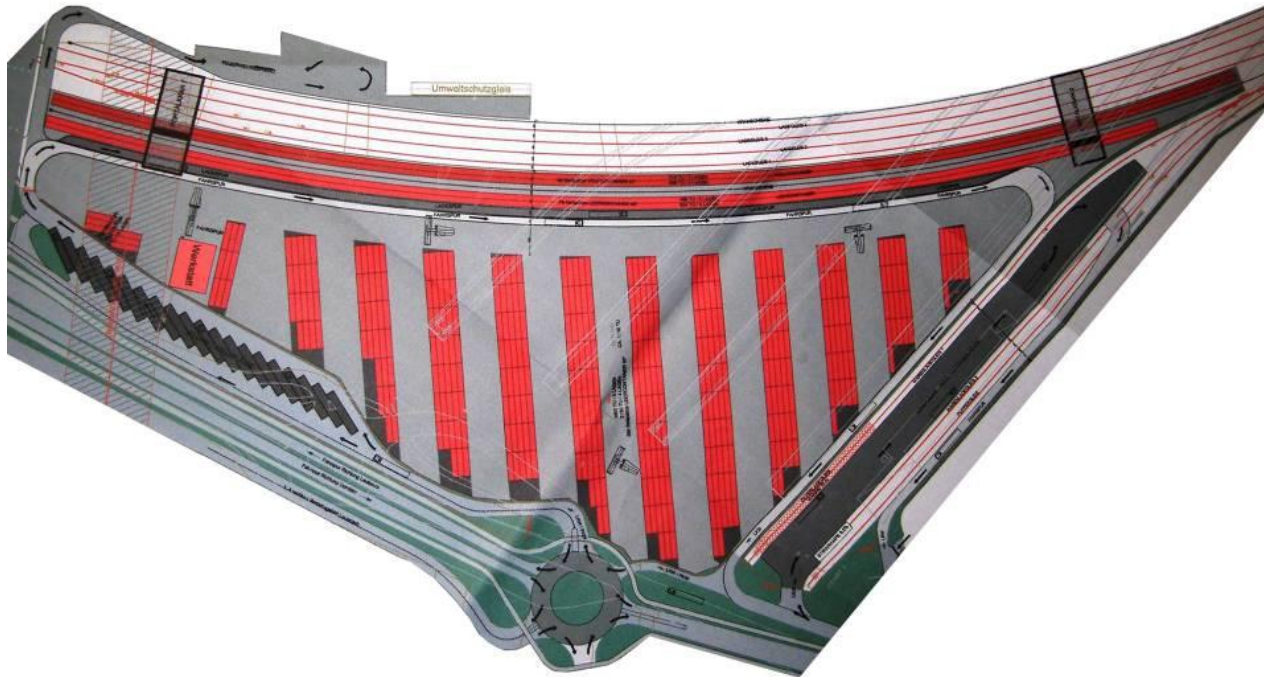
Binnenland Container Terminal



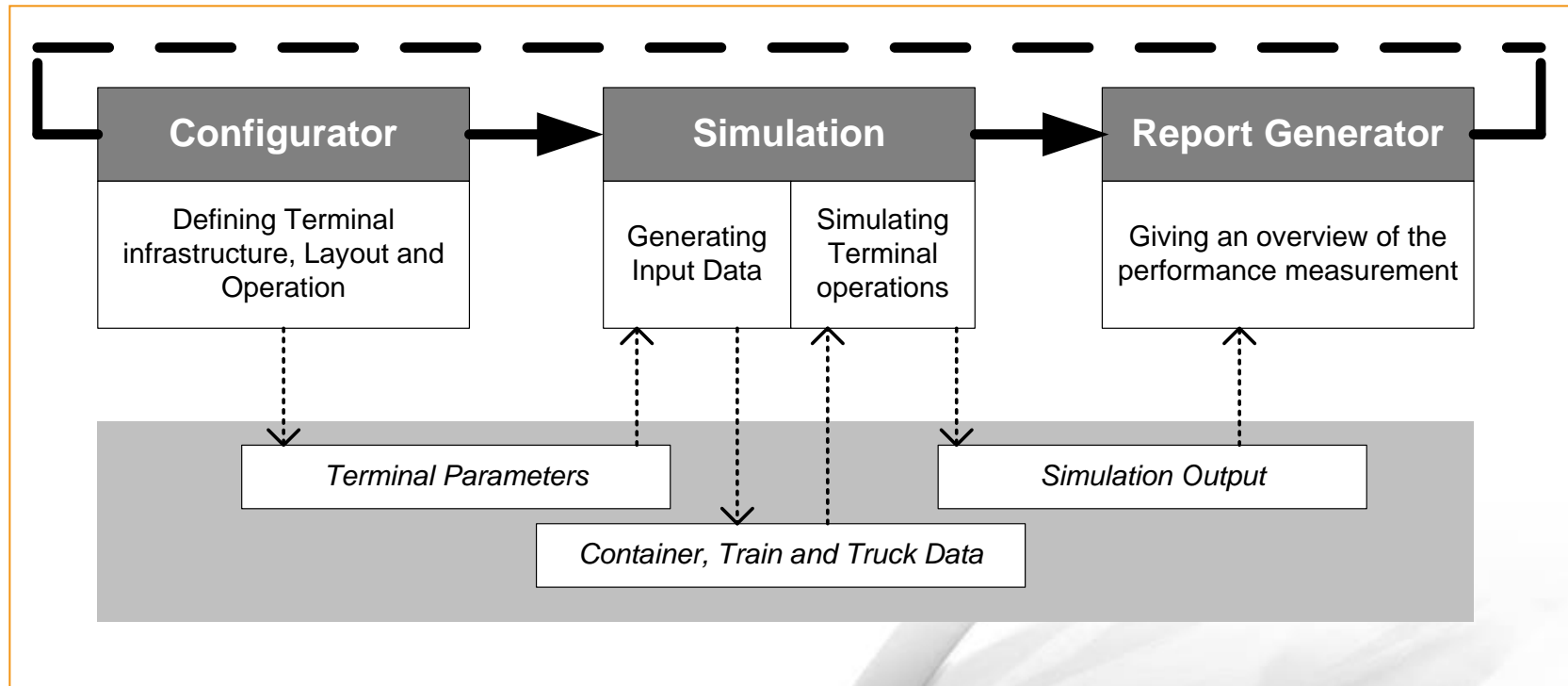
Terminal Layout I



Terminal Layout II (strange?)



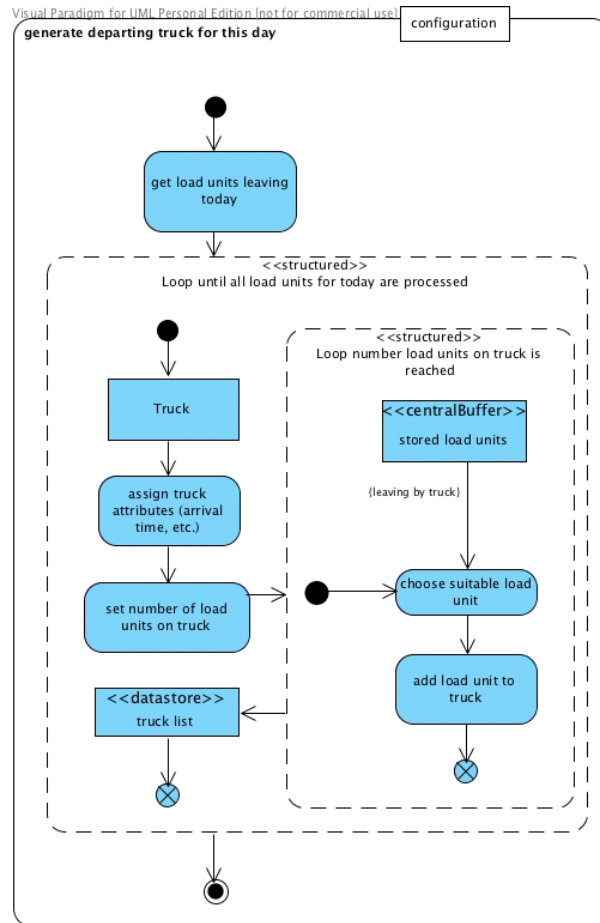
SimCont Elemente



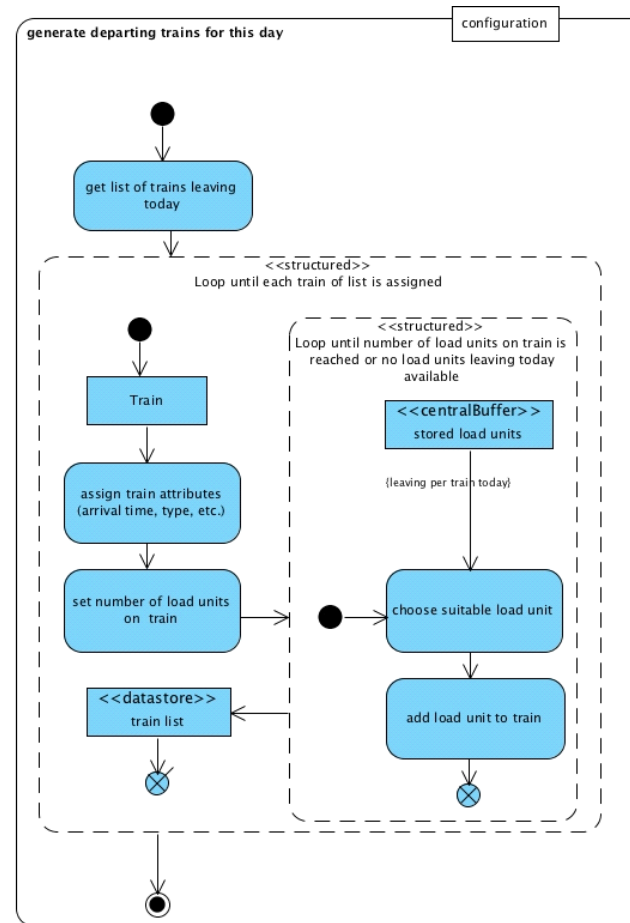
SimCont – Terminal Konfiguration

- **Infrastruktur**
 - rail yard tracks, cranes, stacker for single or multi terminal environment and terminal infrastructure network for movement of stackers, trucks, terminal tractors and storage capacity and portion of dedicated storage
- **Aufträge**
 - arrival pattern of trains and trucks, the ITE-mix on trains and the relation between import and export ITE as order systems of the BCT.
- **Betriebsstrategien**
 - floating or fixed train processing; container stacking, truck priorities, gateway, block segregation

SimConT Model elements



Truck arrival



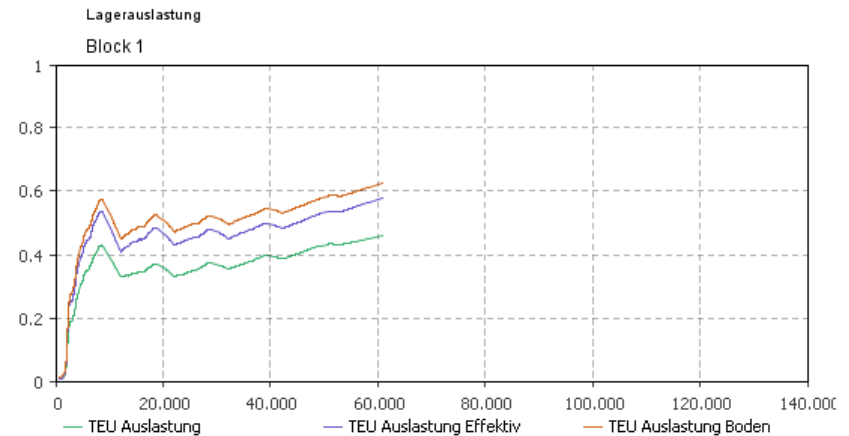
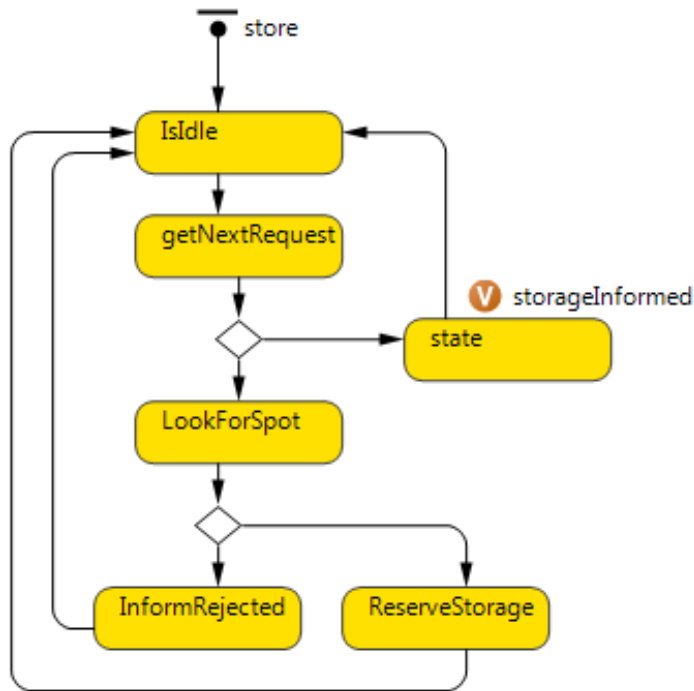
Train arrival

Steuerungselemente der Terminalsimulation

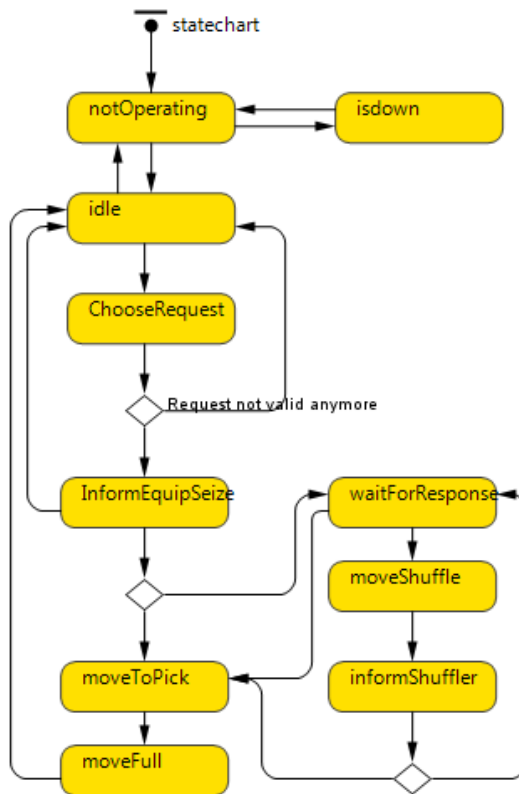
Simulation control

- Handover control,
- Track control,
- Equipment control and
- Storage control.

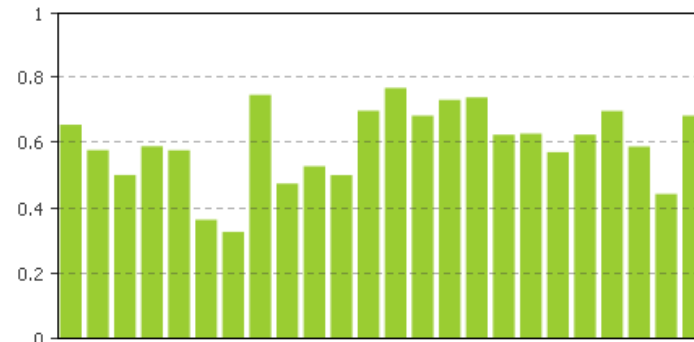
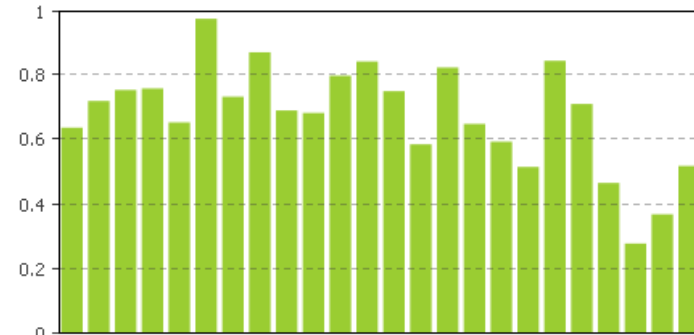
Simulation der Lagerbelegung



Simulation der Kranbewegungen



State chart Kran



Kran auslastungen
Tagesverlauf

Ergebnisse der Simulation

Basiskennzahlen – Auslastung

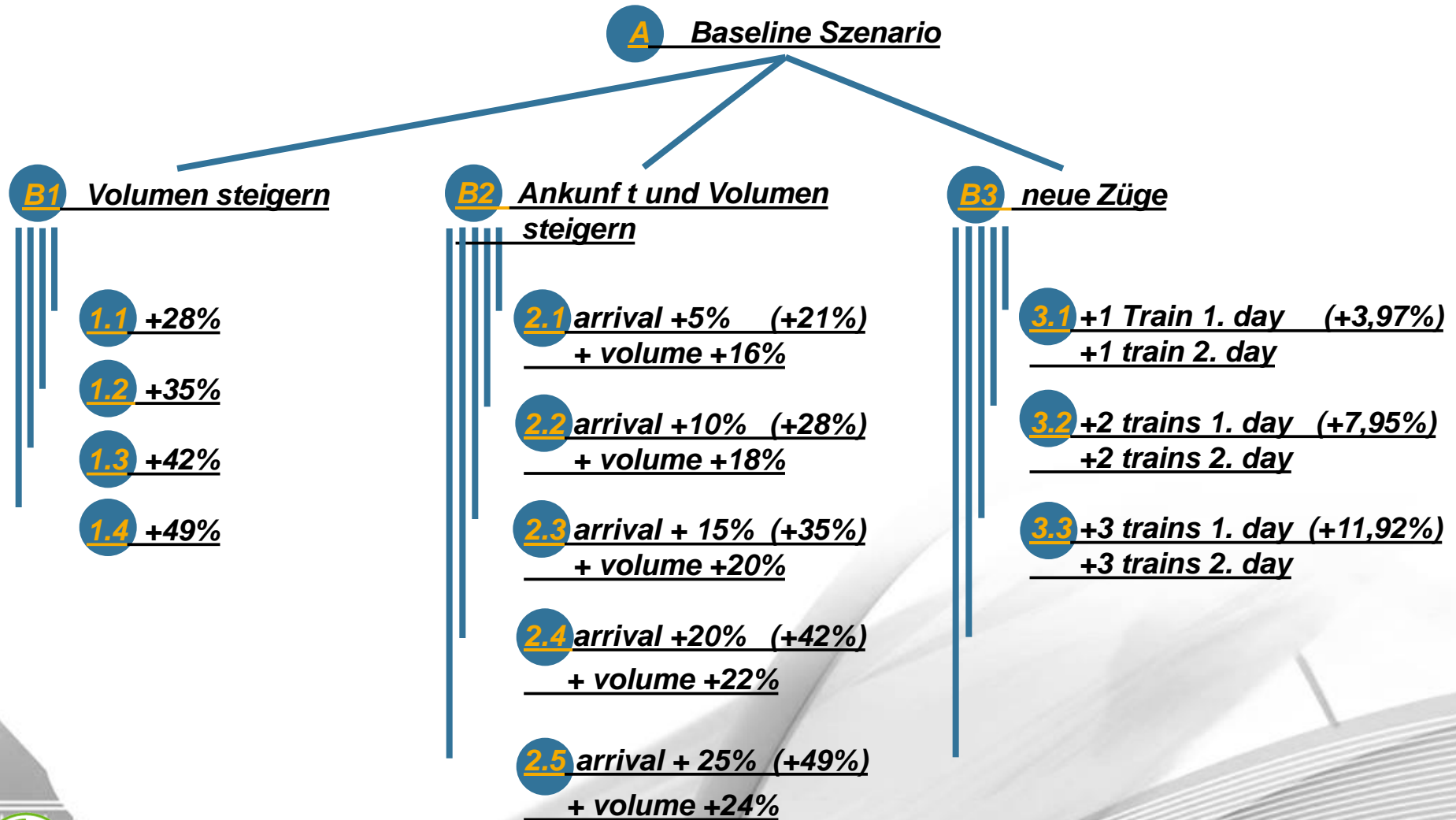
- storage capacity of loaded containers, empty container, trailers and swap bodies,
- total storage capacity,
- number and length of tracks,
- number of cranes per terminal unit,
- number of stackers,
- number of gates and
- number of container handover places.

Szenariodefinition - Basis

Parameter (Auszug)

- Zuglängen Verteilung,
- Ankunftshäufigkeiten der Züge,
- ITE mix am Zug
- Anteil Direktübergabe Container
- Lagerplatzzuordnung: dedicated storage for containers/swap bodies/trailers,
- Anzahl von Terminal Traktoren und
- Anteil von kranbaren Sattelaufliegern.

Szenarioanalyse



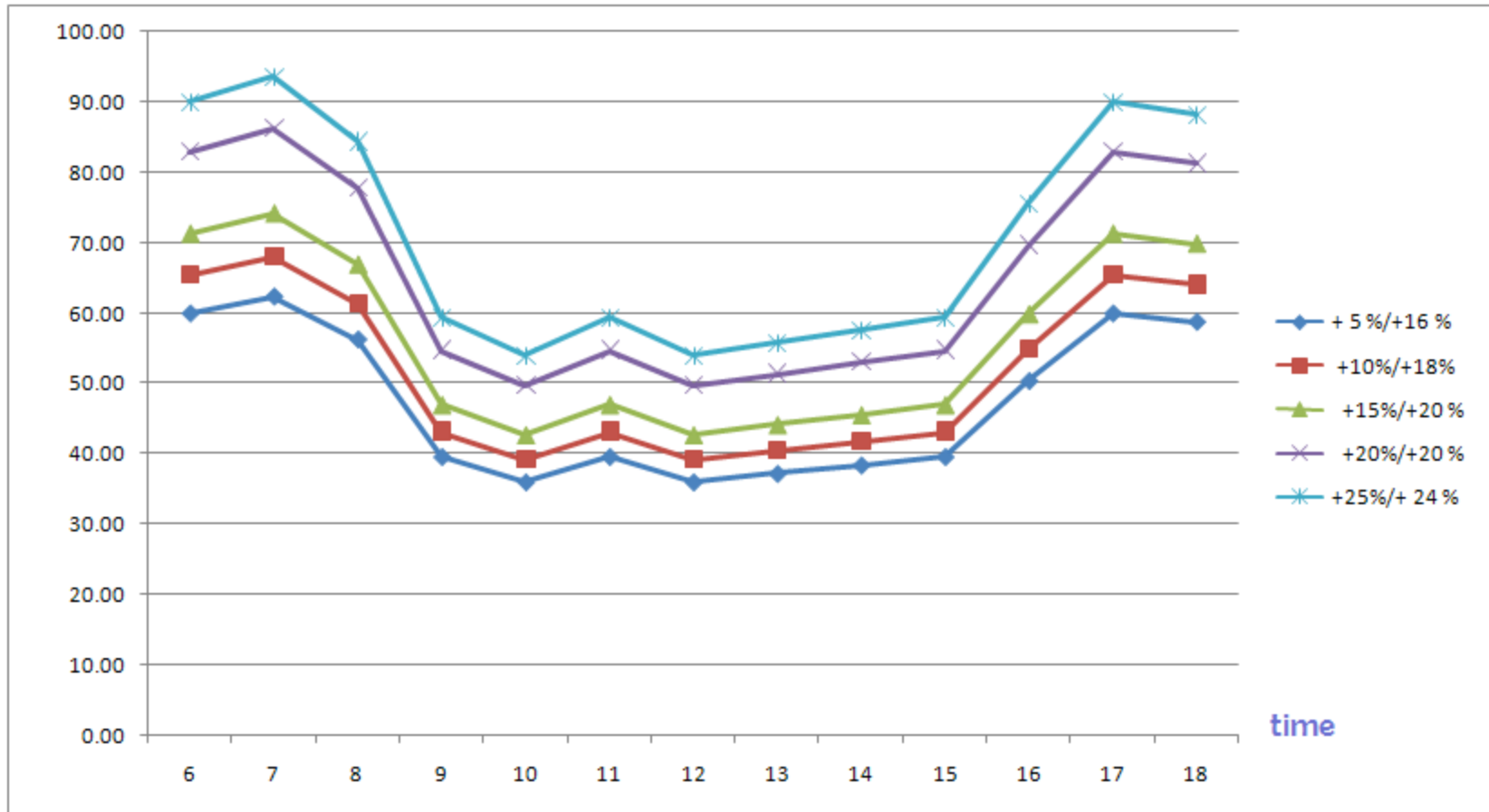
Simulationsergebnisse

		Scenario				
		A	B1			
		50.000 ITE	+28%	+35%	+42%	+49%
full container storages		0,29	0,29	0,30	0,34	0,33
empty container storage		0,28	0,29	0,31	0,30	0,39
crane utilization		0,40	0,51	0,56	0,63	0,76
track utilization		0,57	0,62	0,70	0,75	0,78
handover places used at same time		14,00	16,00	18,00	18,00	18,00
truck parking utilization		0,45	0,55	0,58	0,58	0,64

		Scenario			
		A	B3		
		50.000 ITE	8 trains	16 trains	24 trains
Volume		50.000 ITE	+3,97%	+7,95%	+11,92%
full container storages		0,29	0,29	0,29	0,29
empty container storage		0,28	0,29	0,29	0,29
crane utilization		0,40	0,43	0,47	0,50
track utilization		0,57	0,58	0,59	0,61
handover places used at same time		14,00	14,00	18,00	18,00
truck parking utilization		0,45	0,45	0,46	0,48

Simulationsergebnisse

Tagesganglinie zur Kranauslastung im Szenario B2



Layout 2: Ankunft und Volumen steigern

Erläuterung Szenarien	Ist Volumen	Ankunft + Menge erhöhen				
		+ 5 %	+ 10 %	+ 15 %	+ 20 %	+ 25 %
Menge ▲	-	+ 5 %	+ 10 %	+ 15 %	+ 20 %	+ 25 %
Ankunft ▲	-	+ 16 %	+ 18 %	+20 %	+20 %	+ 24 %
Anzahl neue Züge im Eingang und Ausgang (EW, GZ, SZ)	-	-	-	-	-	-
Ein- und Ausgang (ITE)	51,301	61,153	65,498	68,487	73,446	76,232
Lagerbestand Avg	981	1,010	1,010	1,261	1,280	1,460
Maximaler Lagerbestand	1,210	1,390	1,399	1,480	1,560	1,580
Anteil Vollcontainer- Auf Lager	28.9%	29.0%	28.9%	29.1%	29.0%	29.0%
Anteil Leercontainer- Auf Lager	71.1%	71.0%	71.1%	70.9%	71.0%	71.0%
Mittlere Containerlänge	26.3	26.1	26.2	26.3	26.2	26.2
Auslastung Vollcontainer-Bereich	28.6%	28.9%	29.5%	33.2%	33.6%	33.2%
Maximale Vollcontainer -Bereich Auslastung	34.9%	35.4%	43.1%	46.8%	49.5%	53.2%
Auslastung Leercontainerbereich	28.0%	28.8%	29.5%	30.5%	39.9%	41.0%
Anteil nicht stapelbar Auf Lager	7.2%	7.1%	7.2%	7.2%	7.1%	7.1%
Auslastung Kran 1	40.2%	47.2%	51.5%	56.1%	65.5%	76.1%
Auslastung Kran 2	39.7%	46.9%	51.4%	55.9%	65.4%	76.0%
Auslastung RS 1	15.4%	17.0%	18.2%	19.5%	20.9%	22.0%
Auslastung RS 2	14.7%	16.8%	18.2%	19.1%	20.8%	21.8%
Benötigte Auslastung Gleise						
Gleis 1	23.5%	26.5%	30.1%	33.6%	35.6%	37.0%
Gleis 2	23.4%	26.5%	30.0%	33.5%	35.0%	37.0%
Gleis 3	23.0%	25.3%	29.8%	33.5%	35.0%	36.9%
Gleis 4	22.7%	25.1%	29.8%	33.3%	35.0%	36.7%

Layout 2: Ankunft und Volumen steigern

Erläuterung Szenarien	Ist Volumen	Ankunft + Menge erhöhen				
Menge ▲	-	+ 5 %	+ 10 %	+ 15 %	+ 20 %	+ 25 %
Ankunft ▲	-	+ 16 %	+ 18 %	+20 %	+20 %	+ 24 %
Anzahl neue Züge im Eingang und Ausgang (EW, GZ, SZ)	-	-	-	-	-	-
Auslastung Gleise inkl. Hinterstellung						
Gleis 1	56.9%	59.3%	63.0%	70.1%	75.0%	77.9%
Gleis 2	56.9%	59.0%	63.0%	70.1%	74.8%	77.9%
Gleis 3	56.4%	59.0%	62.7%	70.0%	74.8%	77.7%
Gleis 4	55.9%	58.8%	62.5%	69.8%	74.5%	77.6%
Gleisbedarf für Hinterstellung Ausserhalb Avg	5 Wagen	11 Wagen	15 Wagen	17 Wagen	18 Wagen	20 Wagen
Gleisbedarf für Hinterstellung Ausserhalb Max	14Wagen	30 Wagen	34 Wagen	39 Wagen	48 Wagen	52 Wagen
Service						
Auslastung Übergabeplätze	7.7%	8.1%	10.5%	12.3%	13.0%	14.2%
Maximale Anzahl Übergabeplätze	14	15	16	18	18	18
Bedarf 2. Ebene für Übergabeplätze in %	-	-	-	0.1	2.5	2.8
Auslastung Parkplatz	44.8%	49.4%	55.1%	57.9%	58.0%	64.5%
Auslastung Gate	27.9%	32.1%	37.9%	40.0%	40.7%	42.5%
Durchlaufzeit LKW (mittel in Min.)	13.5	15.3	16.6	18.9	22.5	23.6
Durchlaufzeit Züge (mittel in Min.)	78.7	97.4	118.5	122.5	136.4	137.5
Anteil Service Hübe	26.3%	27.9%	30.6%	33.5%	34.5%	35.4%

Ausblick - Plattform für simulationsbasierte Optimierung von Güterverkehrsknoten der Bahn

- **SimCont**
 - generisches Modell für Kapazitätsanalyse von Binnenland Container Terminals
 - Szenarioanalyse
 - Multi terminal module
 - **Betriebsoptimierung**
- **SimShunt**
 - generisches Modell für Kapazitätsanalyse von Vershubknoten
 - Anschlussbahnsimulation
- **KanBahn**
 - Kapazitätsanalyse von Vorbahnhöfe und Terminals

Ausblick - Simulation und Optimierung Intermodaler Netze

- **SimNet**
 - Agentenbasierte Simulation
 - Intermodales Netzwerk mit 28 Knoten
 - Optimierung schlägt Terminalstandorte vor
 - Simulation analysiert Sendungen im Netzwerk

- **TetraNet**

- konkrete Anwendung der Methode



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



manfred.gronalt@boku.ac.at