

Bevorzugter Zitierstil für diesen Vortrag

Zöllig, Christof (2009) Wie gut erfassen Reisezeitgewinne den Gesamtnutzen einer Erreichbarkeitsverbesserung?, IVT Seminar “Wie schafft Erreichbarkeit Werte?”, ETH Zürich, Mai 2009.

Wie gut erfassen Reisezeitgewinne den Gesamtnutzen einer Erreichbarkeitsverbesserung?

Christof Zöllig

IVT
ETH
Zürich

Mai 2009

 Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme
Institute for Transport Planning and Systems

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Struktur

- Einführung
- Methode
- Modell
- Resultate
- Schlussfolgerungen

Motivation

Wo entsteht der Nutzen der Erreichbarkeitsverbesserung?

Wie gross ist der Fehler, wenn wir den Nutzensgewinn einer Erreichbarkeitsverbesserung nur in Form von Reisezeitgewinnen messen?

Wie wichtig ist die Integration der Wahl der Abfahrtszeit und des Wohnortes?

Wäre es sinnvoller den Nutzen in Form des maximal erwarteten Nutzens zu messen?



Umsetzung

- Bestimmung des Fehlers bei der Messung des Nutzengewinns anhand von Reisezeitgewinnen bei einer Erreichbarkeitsverbesserung.
 - Erstellung eines Simulationsprogramms, welches erlaubt die folgenden Freiheitsgrade / Wahldimensionen wahlweise freizugeben:
 - Verbindungswahl
 - Wahl der Abfahrtszeit
 - Wahl des Zielortes

Hypothesen

- Unterschätzung des Gesamtnutzens
- Transfer des Nutzens
- Erhöhter Konsum

Methode

- Agentenbasierte Modellsimulation einer exemplarischen Situation
- Simulation von Entscheidungen durch Anwendung eines Multinomialen Logit Modells
 - Durchführung von Simulationsexperimenten
 - Zulassung verschiedener Kombinationen von Entscheidungsdimensionen
- Analyse der Unterschiede in den prognostizierten Nutzenänderungen

Konzept *MiniStadt*

Änderung am Transportsystem

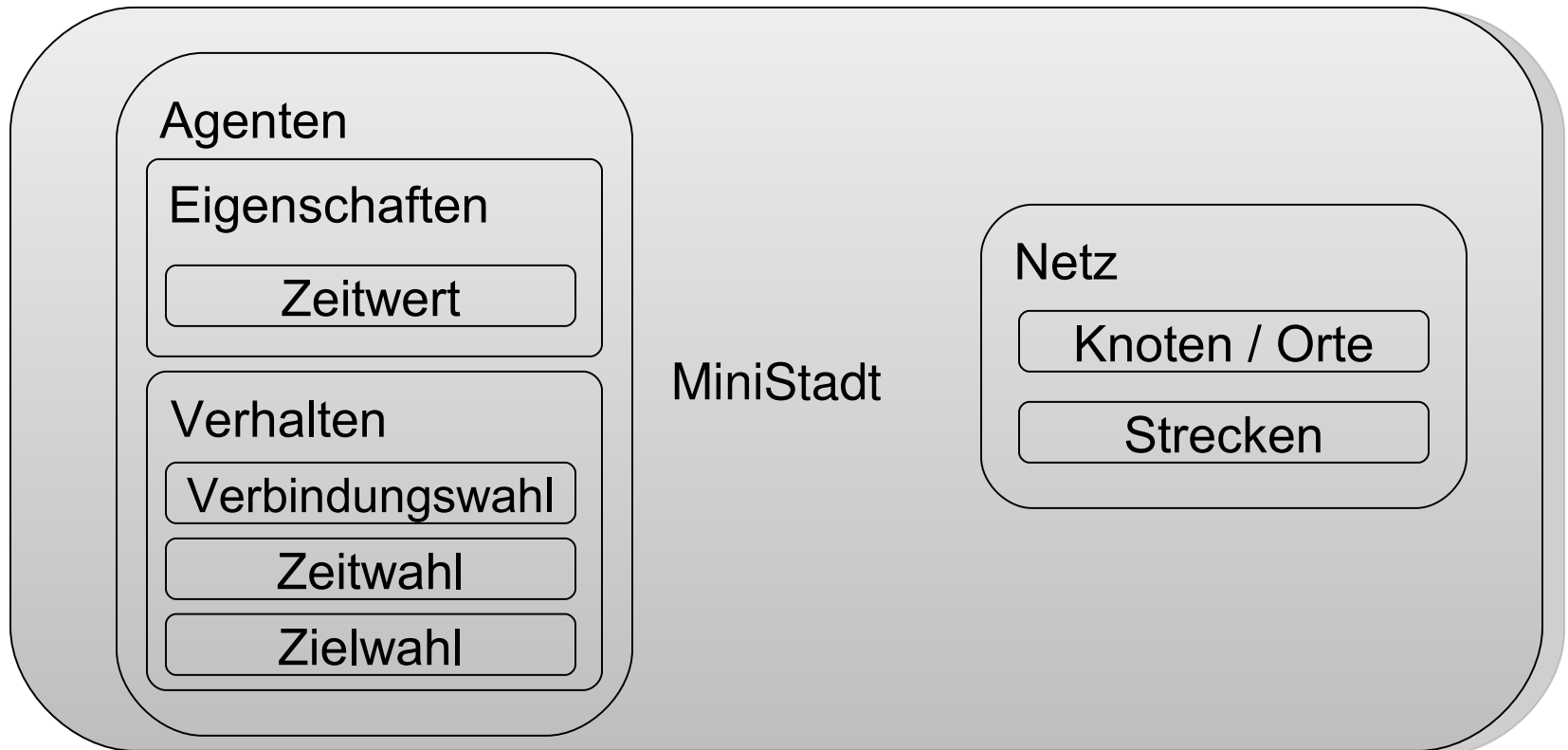


MiniStadt

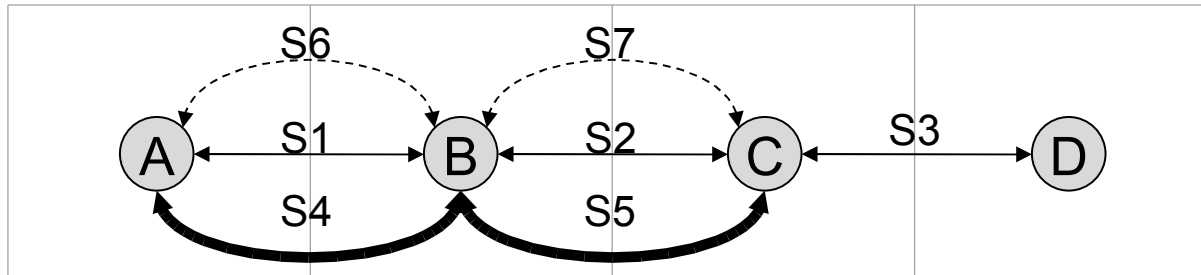


Änderung des Nutzens

Modellskizze *MiniStadt*



Netzkomponenten



Knoten j	Eigenschaften	Variablen
	Kapazität für Bewohner []	L_j
	Anzahl Bewohner []	A_j
Strecken s	Eigenschaften	Variablen
	Reisezeit bei Nullbelastung [h]	T_0
	Kapazität [Mfz / h]	L_s
	Belastung [Mfz / h]	q
	Typ $f(q)$	„Autobahn“, „Hauptstrasse“, „Eisenbahn“

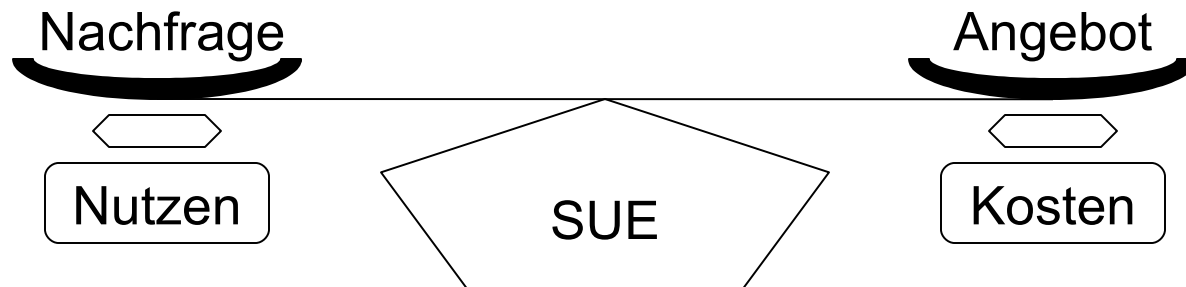
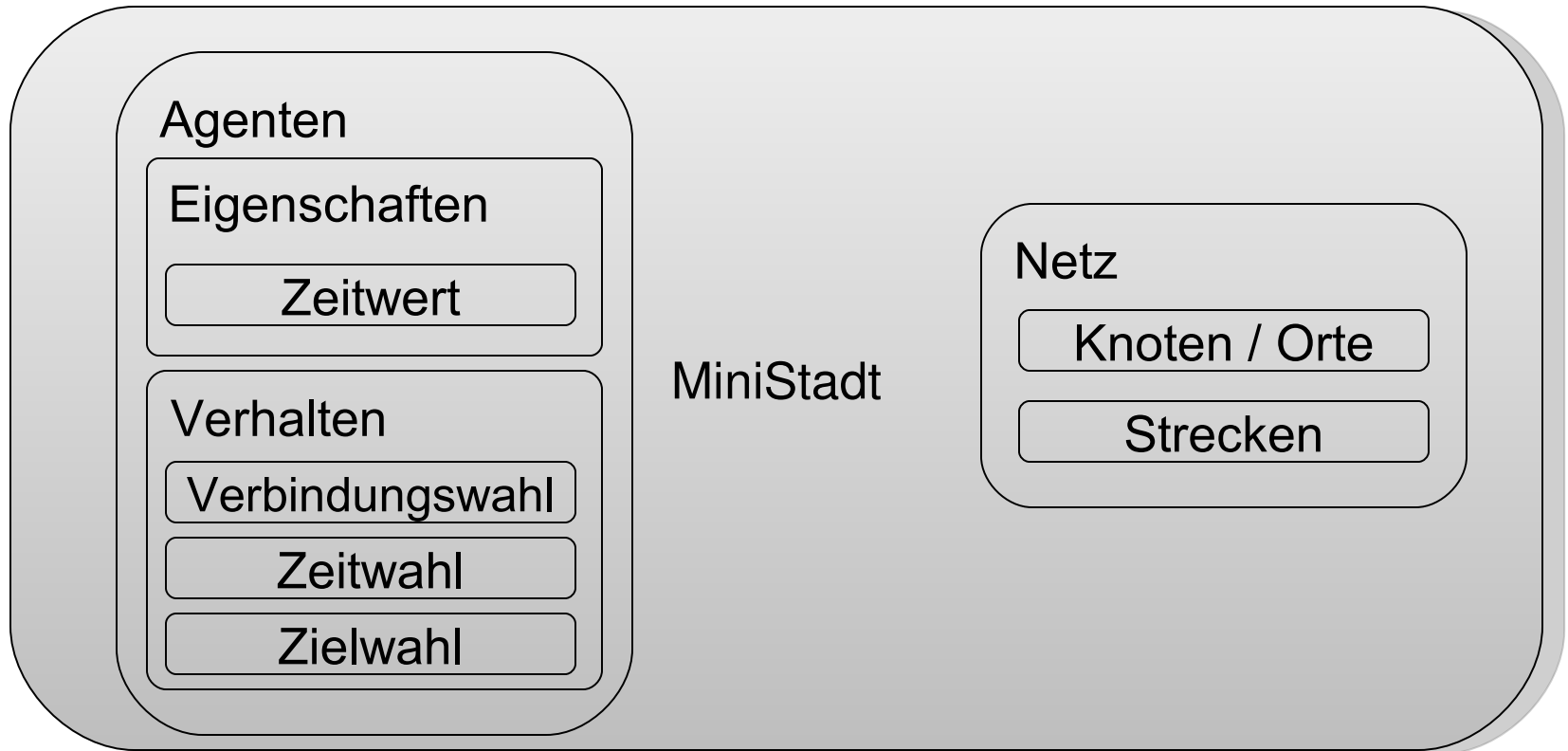
Agenten

Eigenschaften	Variablen
Arbeitsort	j
Wohnort	i
Zeitwert [SFr. / h]	β_g
Bevorzugte Ankunftszeit [h]	PAT

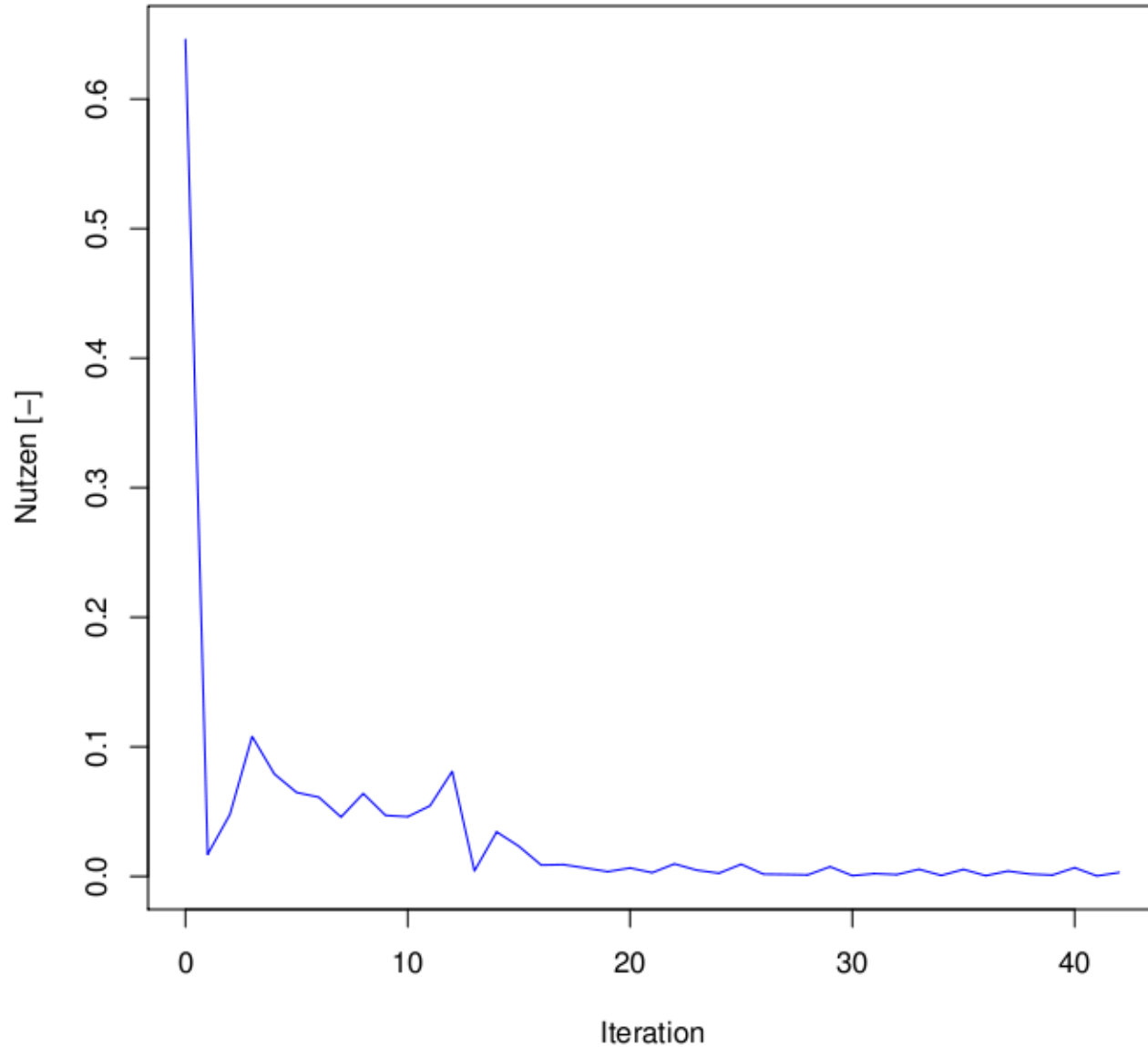
Verhalten der Agenten

- Vollbeschäftigung: Alle Agenten arbeiten in A
- Auspendeln
- kein Populationswachstum, keine Veränderungen der Präferenzen
- Die Agenten wollen ihren persönlichen Nutzen maximieren (homo oeconomicus).

Modellskizze *MiniStadt*

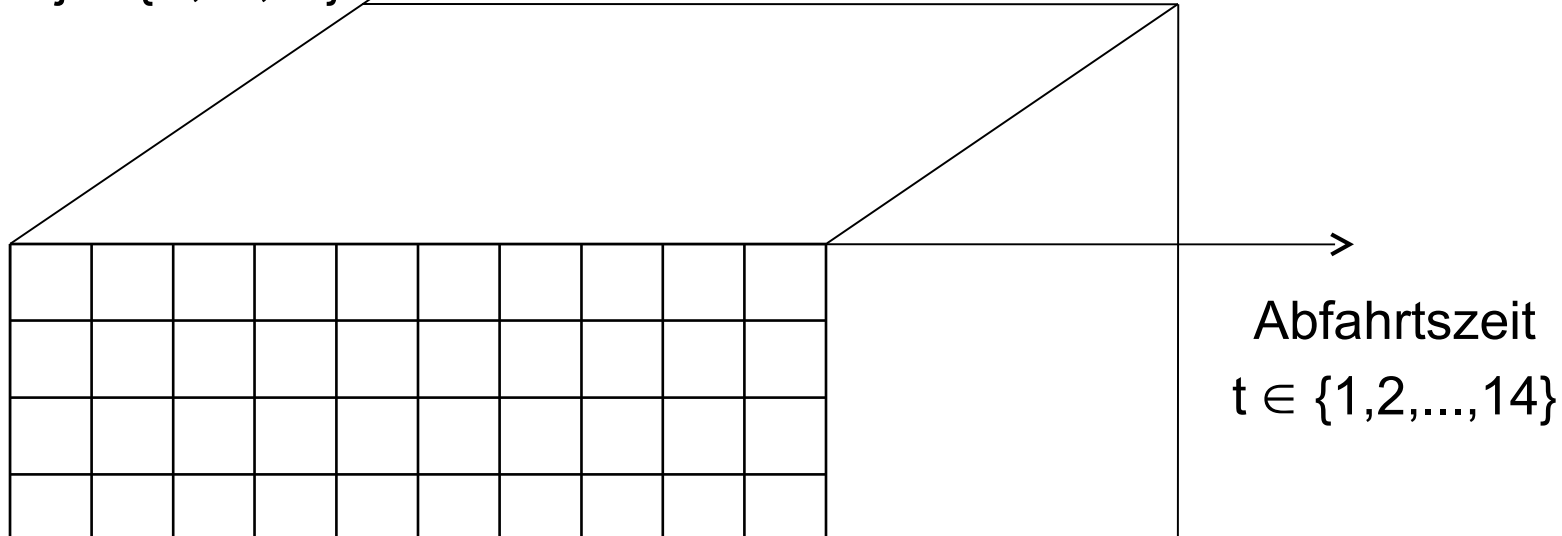


Konvergenzkriterium – Durchschnittlicher Nutzengewinn



Entscheidungsraum / Alternativenmenge

Ziele $j \in \{B, C, D\}$ \nearrow



Alternativenmenge
AM = {294 Kombinationen}

\downarrow Verbindungen $r \in \{\text{Alle Streckenkombinationen von } i \text{ nach } j\}$ 15

Zielfunktion

$$\max E(\max, U)$$

min(Transportkosten + Wohnkosten)

$$\max(U_{grj}) = \max(V_{gr} + V_{gt} + V_{gj} + \varepsilon)$$

Erklärende Variablen des Nutzens:

g...Nutzergruppe (hoher oder tiefer Zeitwert)

r... Verbindung (enthält implizit auch Verkehrsmittel)

t... Abfahrtszeit

j... Ziel

Nutzenfunktion Verbindungswahl

$$V_{igtj}(r) = \beta_r * \beta_g * T_r$$

$$T_r = \sum_s T_s * \delta_s^r \quad \left\{ \begin{array}{l} \delta_s^r = 0, \text{ falls } s \text{ nicht Teil von } r \\ \delta_s^r = 1, \text{ sonst} \end{array} \right.$$

$$T_s(q) = T_{0s} * (1 + \alpha * (q'_s / L_s)^\beta) \quad (\text{BPR-Widerstandsfunktion})$$

T_s ...Fahrzeit der Strecke s bei Belastung q_s

T_{0s} ...Fahrzeit bei Null-Belastung der Strecke s (free-flow)

L_s ...Leistungsfähigkeit / Kapazität

β_r ...Gewichtung Verbindungswahl

β_g ...Zeitwert

Nutzenfunktion Abfahrtszeitwahl

$$V_{igrj}(\tau) = \beta_t * (\alpha * SDE(\tau) + \gamma * SDL(\tau))$$

$$SDE = \max(PAT - \tau, 0)$$

$$SDL = \max(\tau - PAT, 0)$$

SDE... schedule delay early

SDL... schedule delay late

PAT...Preferred arrival time

$$\tau = t + T_r$$

τ ...Ankuftszeit

t ...Abfahrtszeit

T_r ...Fahrtzeit

$$T_r = f(q)$$

q ...Verkehrsmenge

Nutzenfunktion Zielwahl

$$U_{igj} = \beta_j * \exp(\zeta * (A'_j / L_j))$$

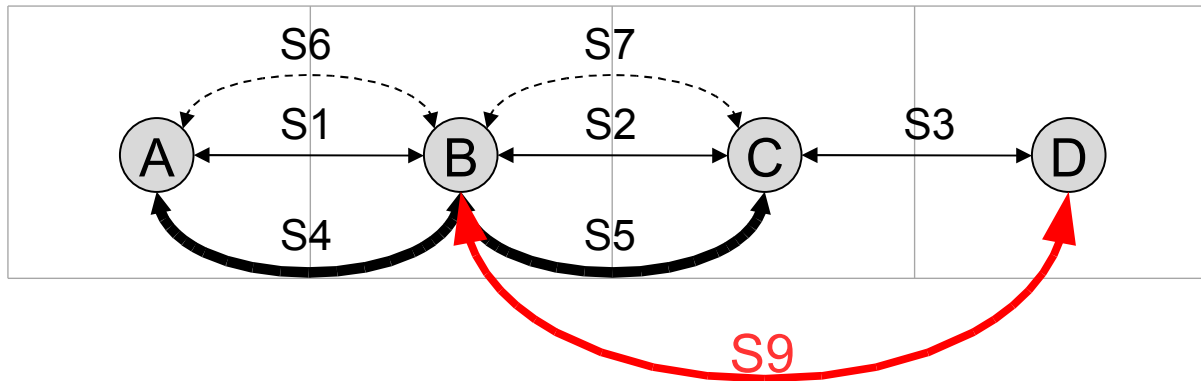
A'_j ...Anzahl Agenten mit Wohnort j

L_j ...Kapazität des Wohnortes j

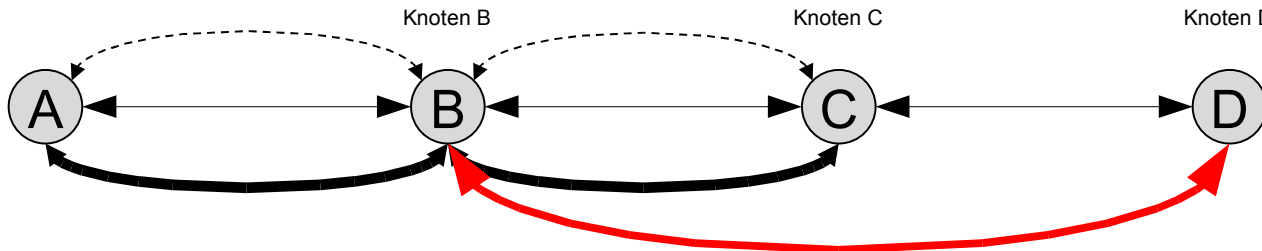
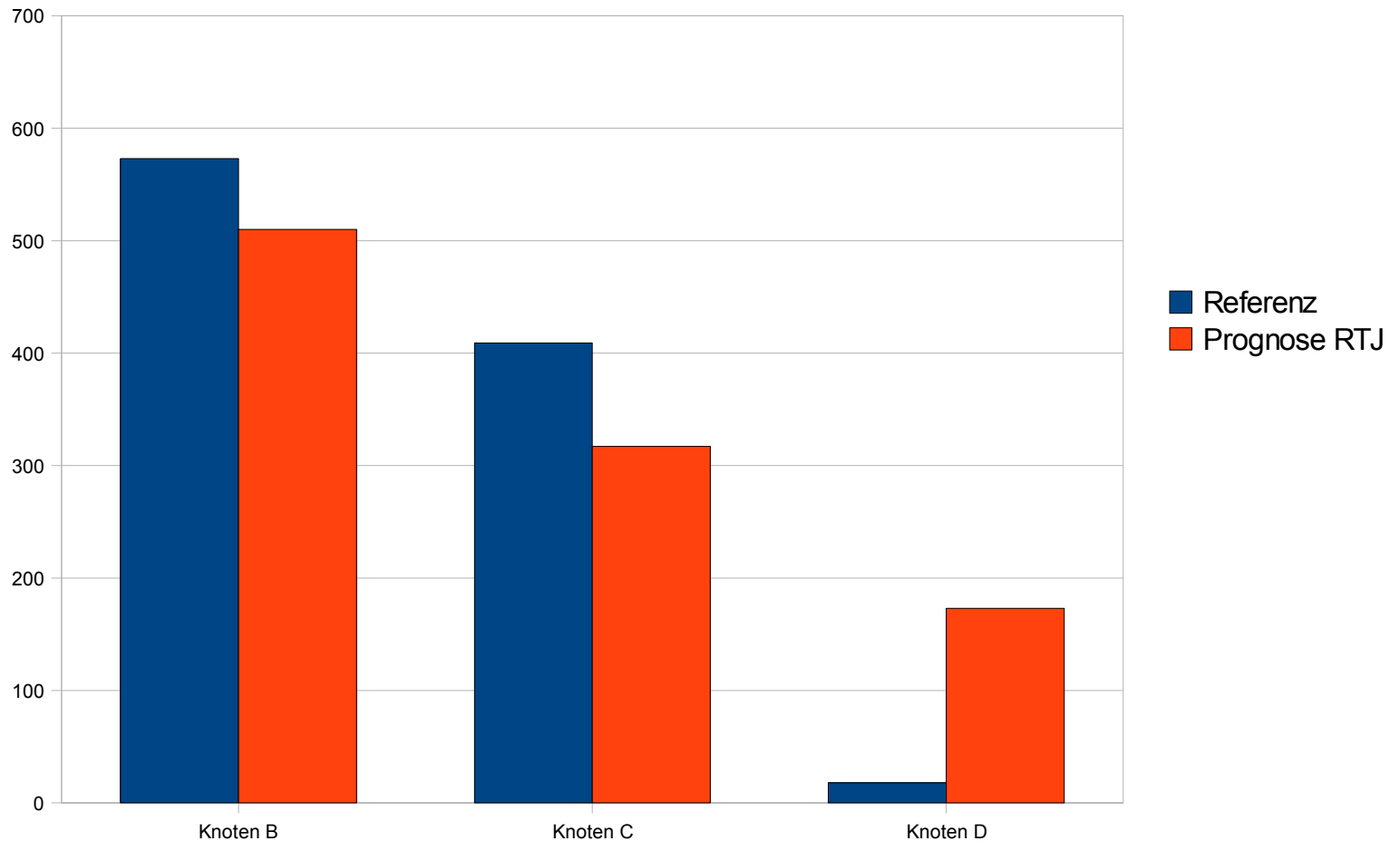
β_j ...Gewichtung Nutzen Zielwahl

Massnahme

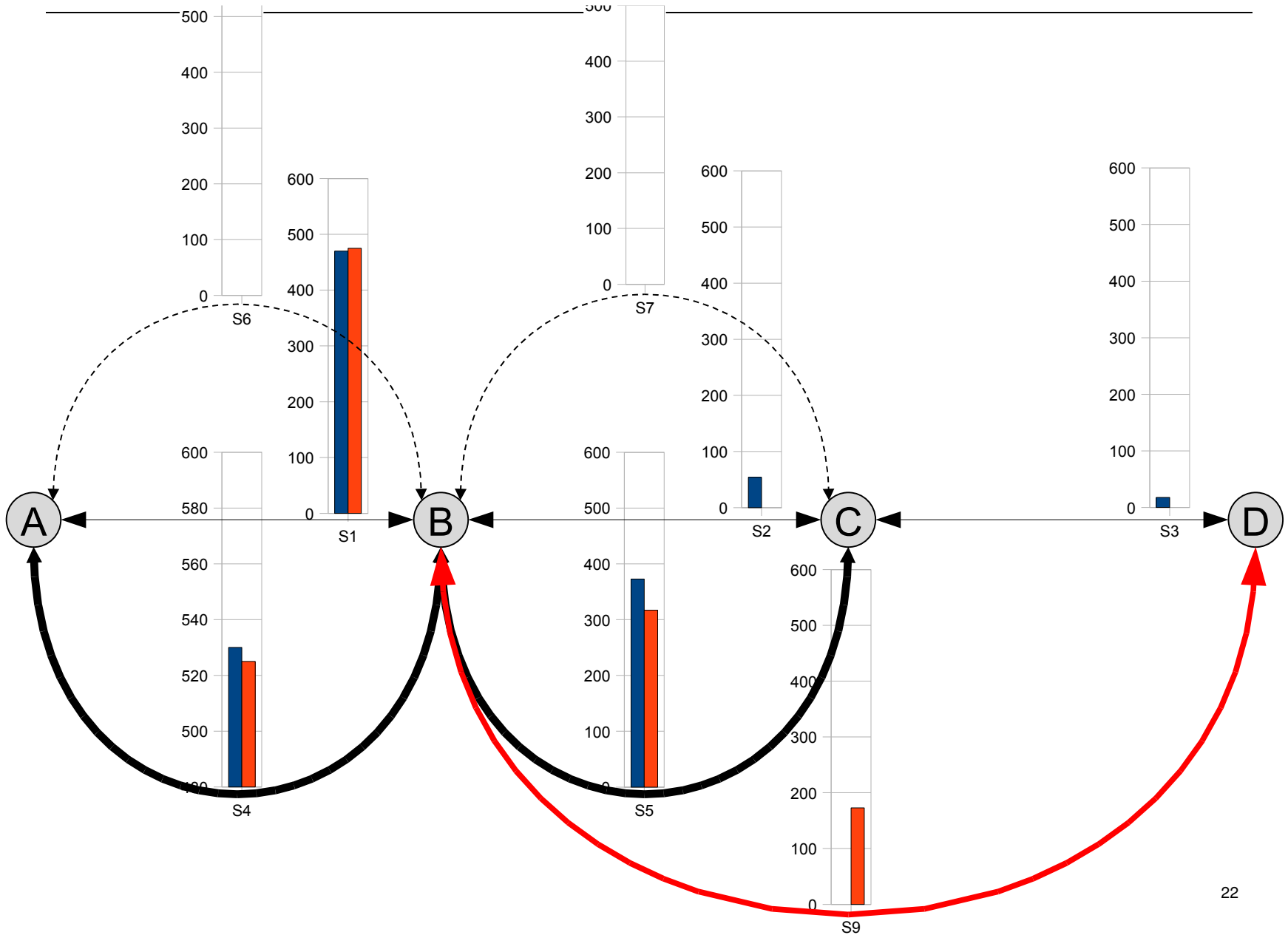
- Umgehung von B nach D mit der Autobahn (S9)



Effekte auf das Mengengerüst



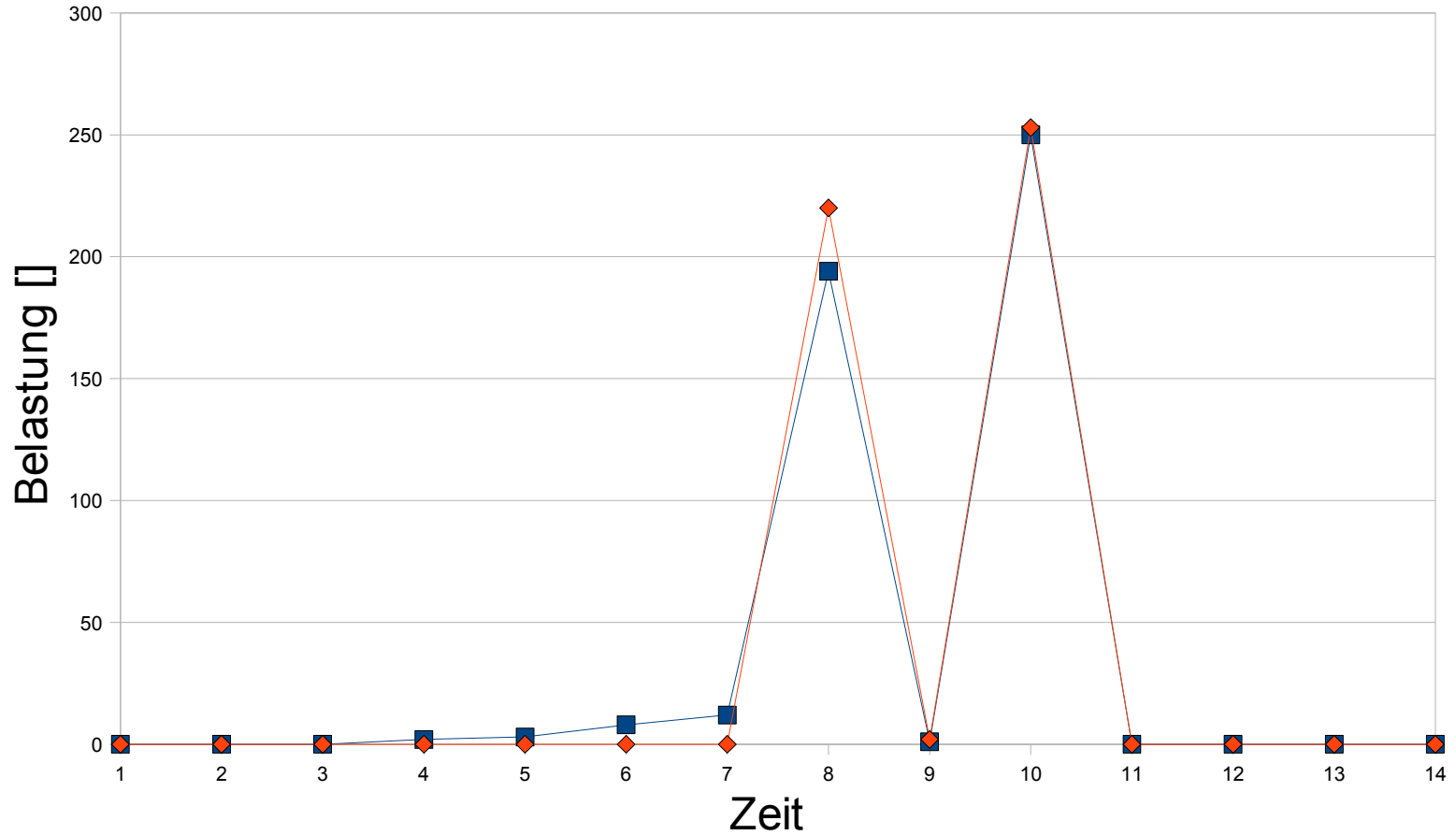
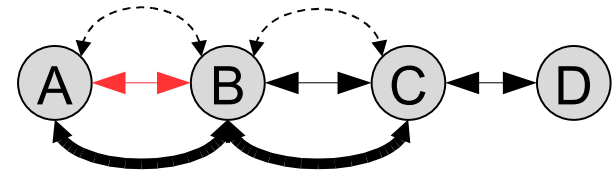
Effekte auf das Mengengerüst



Ganglinien Streckenbelastung

- Referenz
- ◆ Prognose RTJ

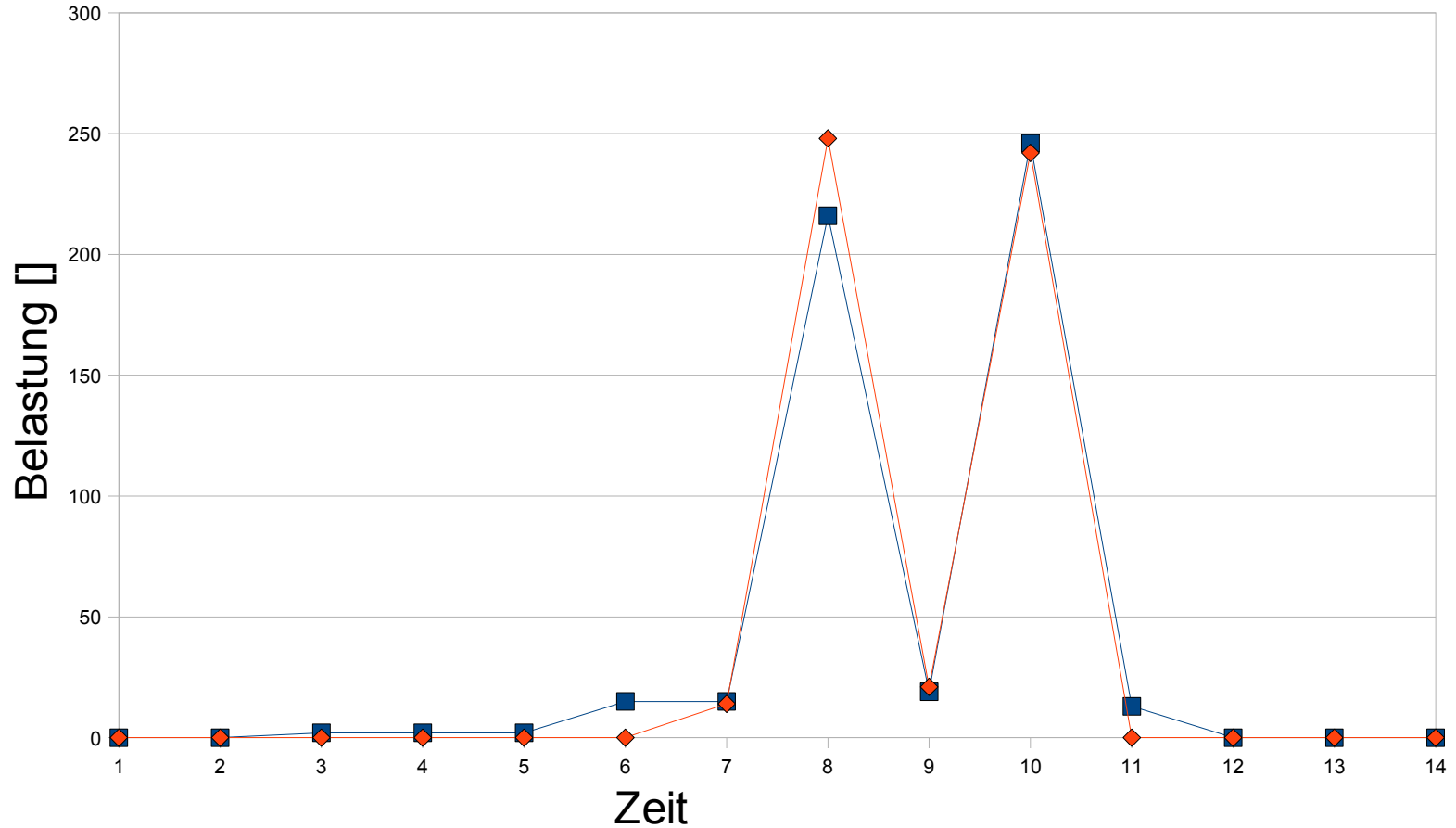
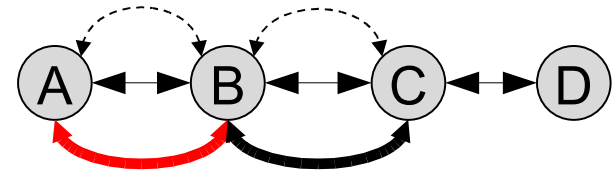
S1



Ganglinien Streckenbelastung

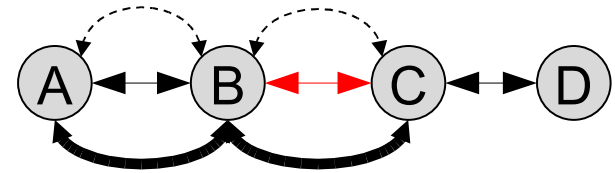
- Referenz
- ◆ Prognose RTJ

S4

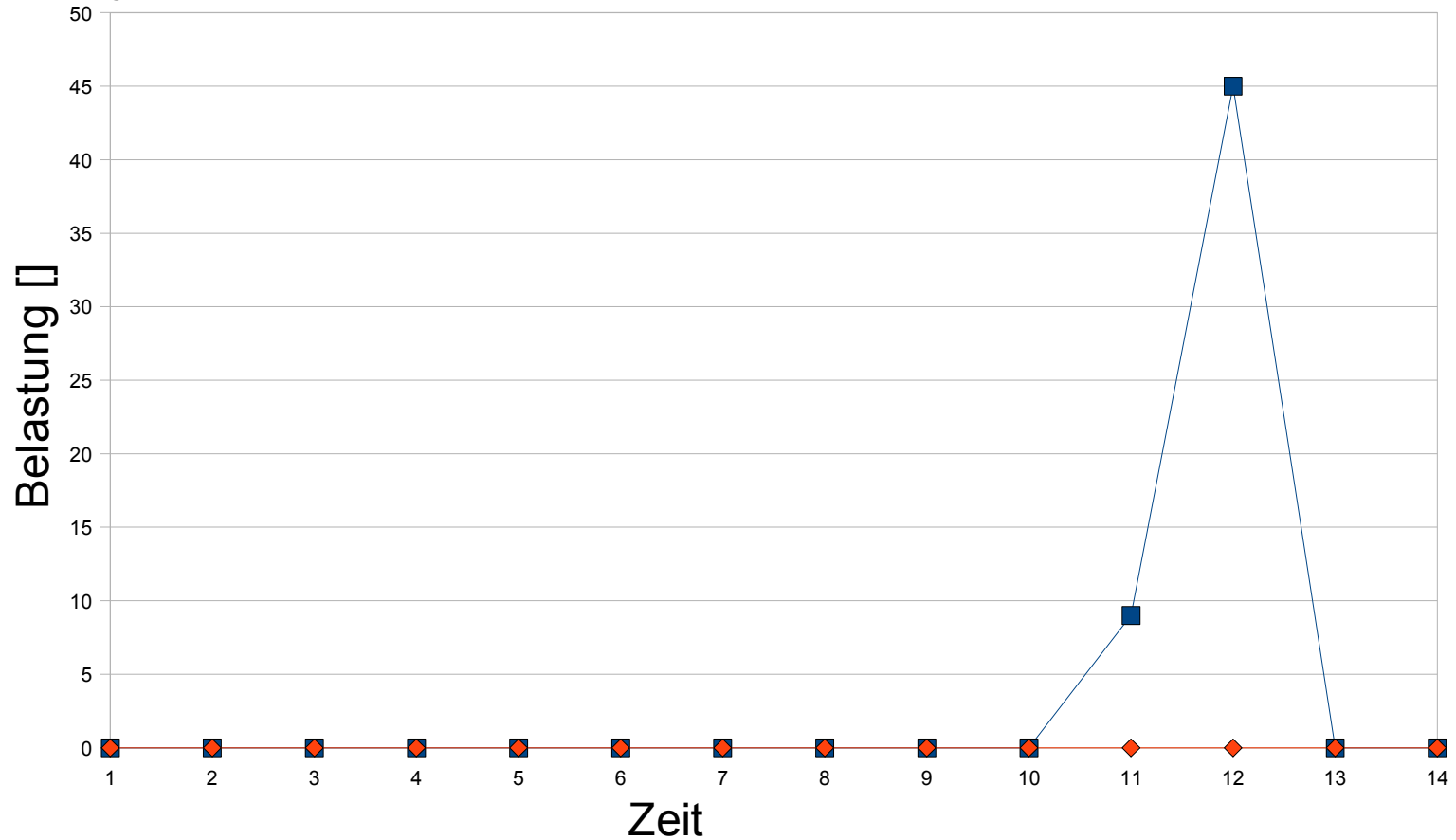


Ganglinien Streckenbelastung

S2



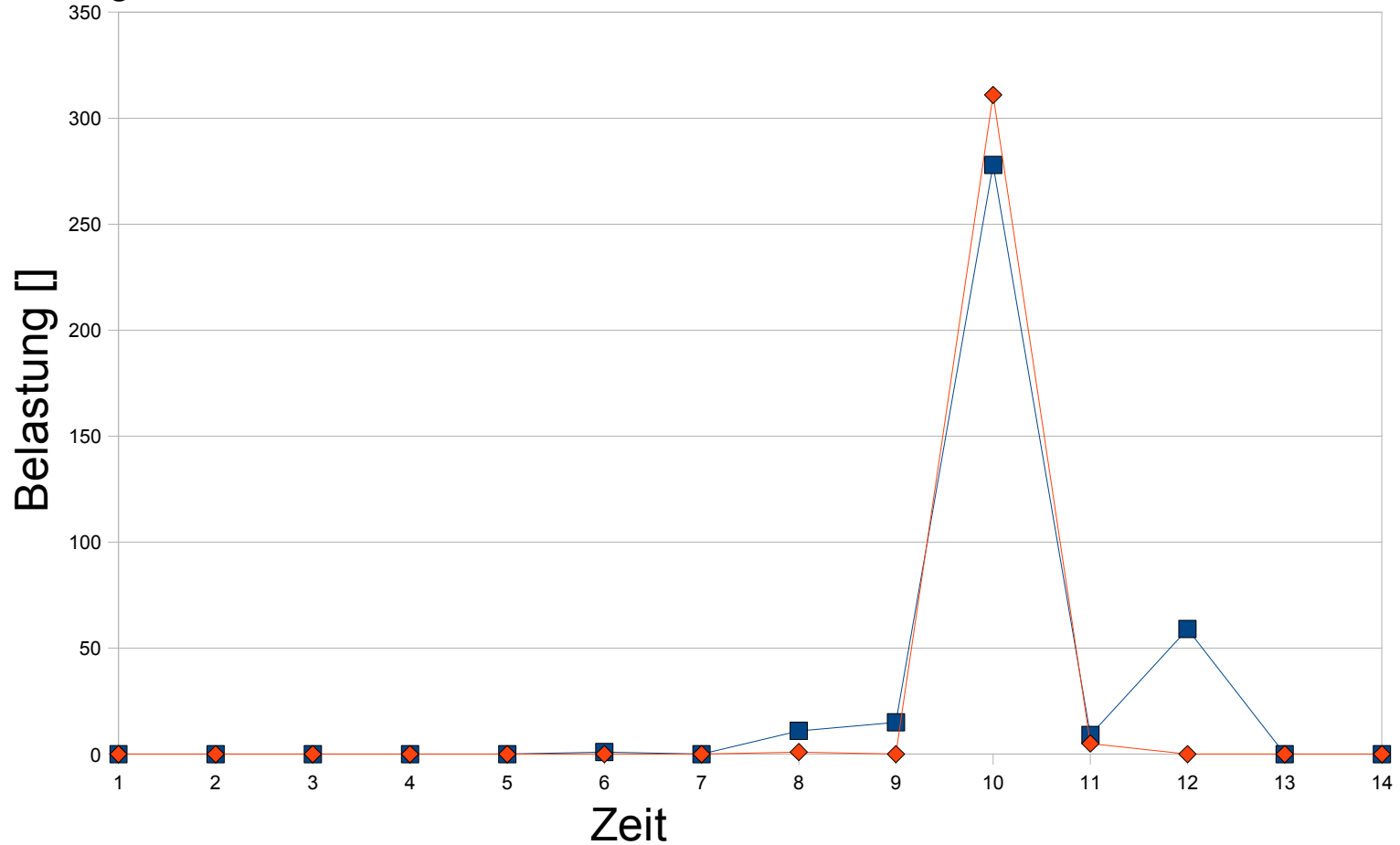
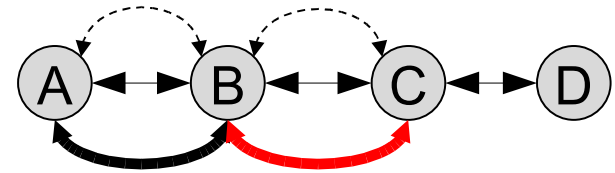
- Referenz
- ◆ Prognose RTJ



Ganglinien Streckenbelastung

- Referenz
- ◆ Prognose RTJ

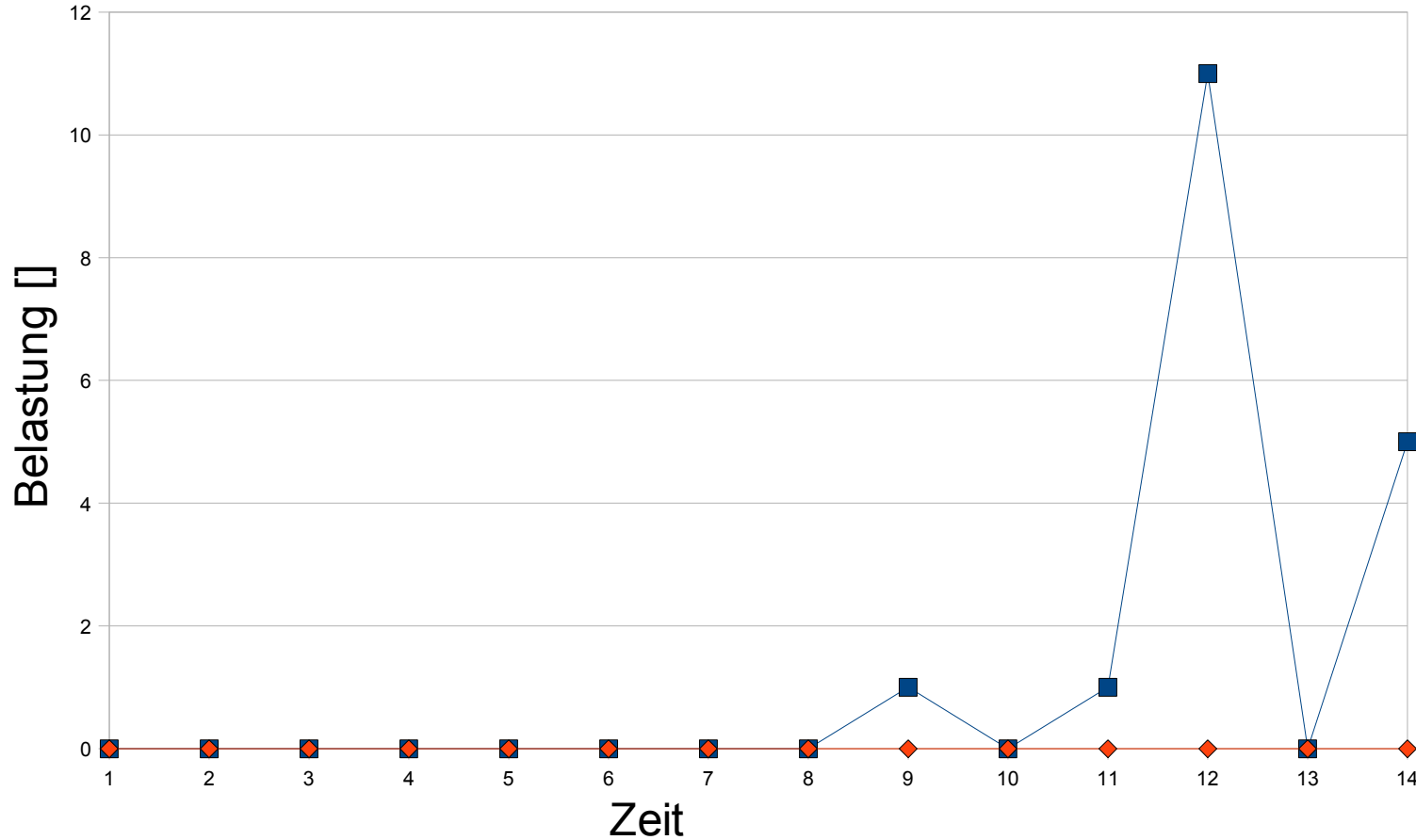
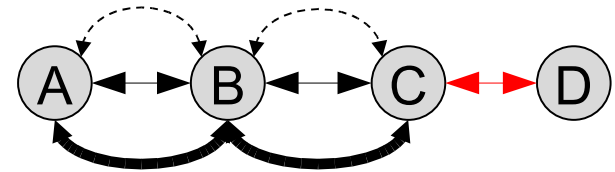
S5



Ganglinien Streckenbelastung

- Referenz
- ◆ Prognose RTJ

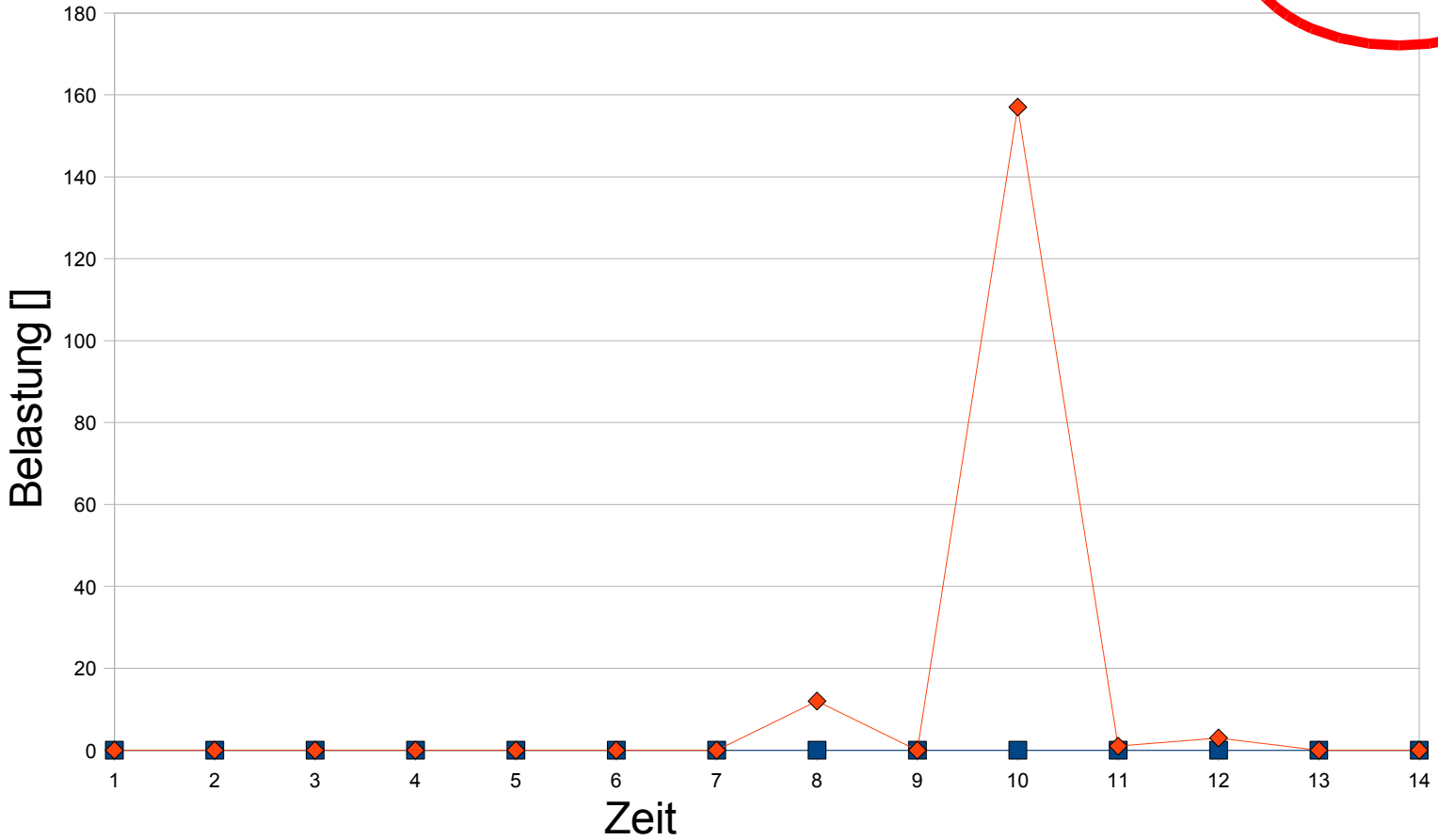
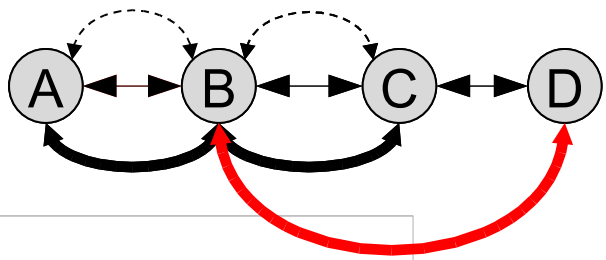
S3



Ganglinien Streckenbelastung

- Referenz
- ◆ Prognose RTJ

S9

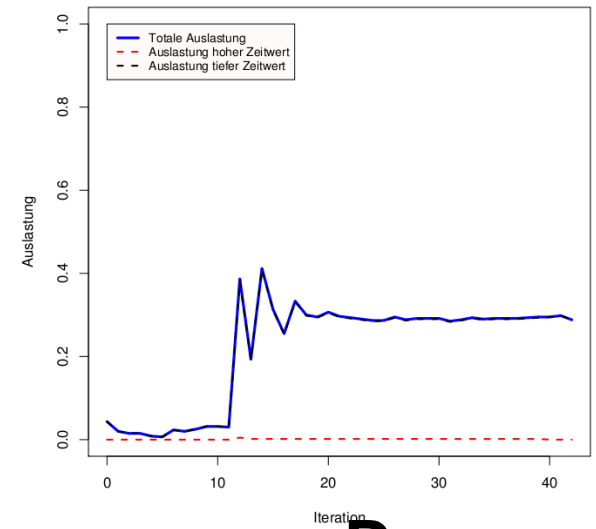
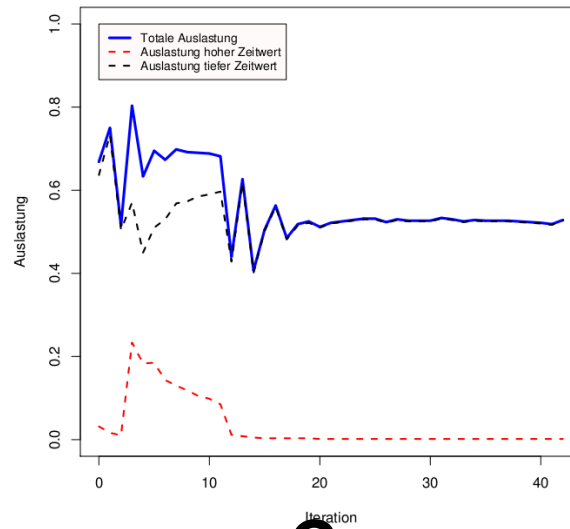
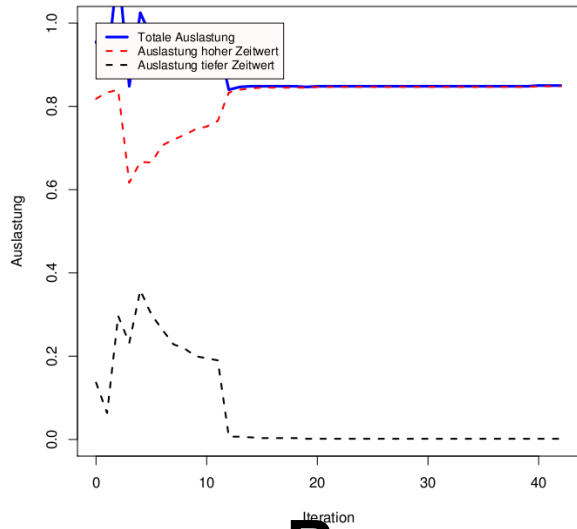


Experimente – Kombination der Wahldimensionen

<i>Kürzel</i>	<i>Verbindungswahl</i>	<i>Zeitwahl</i>	<i>Zielwahl</i>
RTJ	x	x	x
RT	x	x	
R	x		
RJ	x		x
T		x	

Auslastungen in den Knoten

RTJ

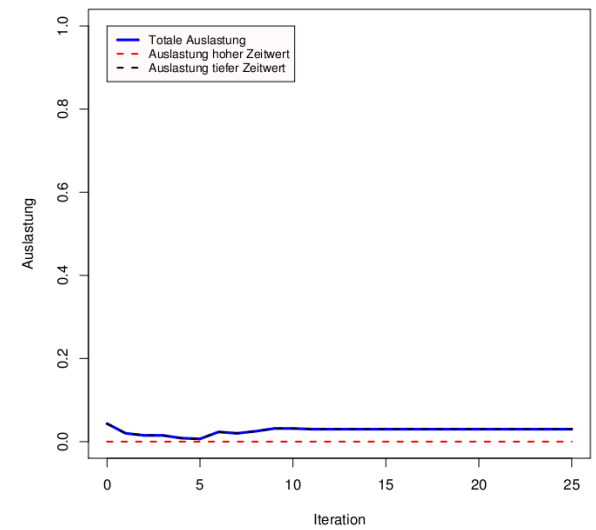
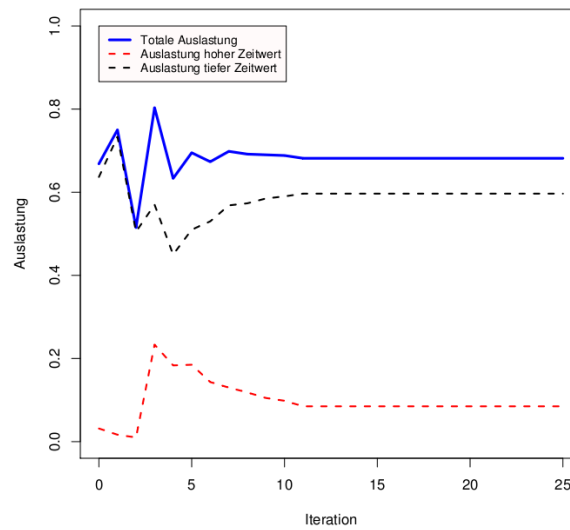
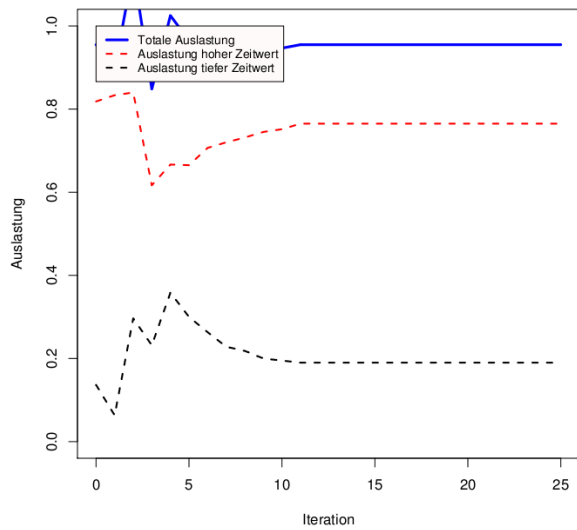


RT

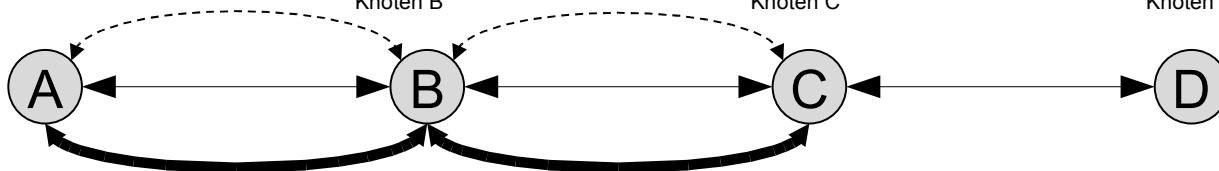
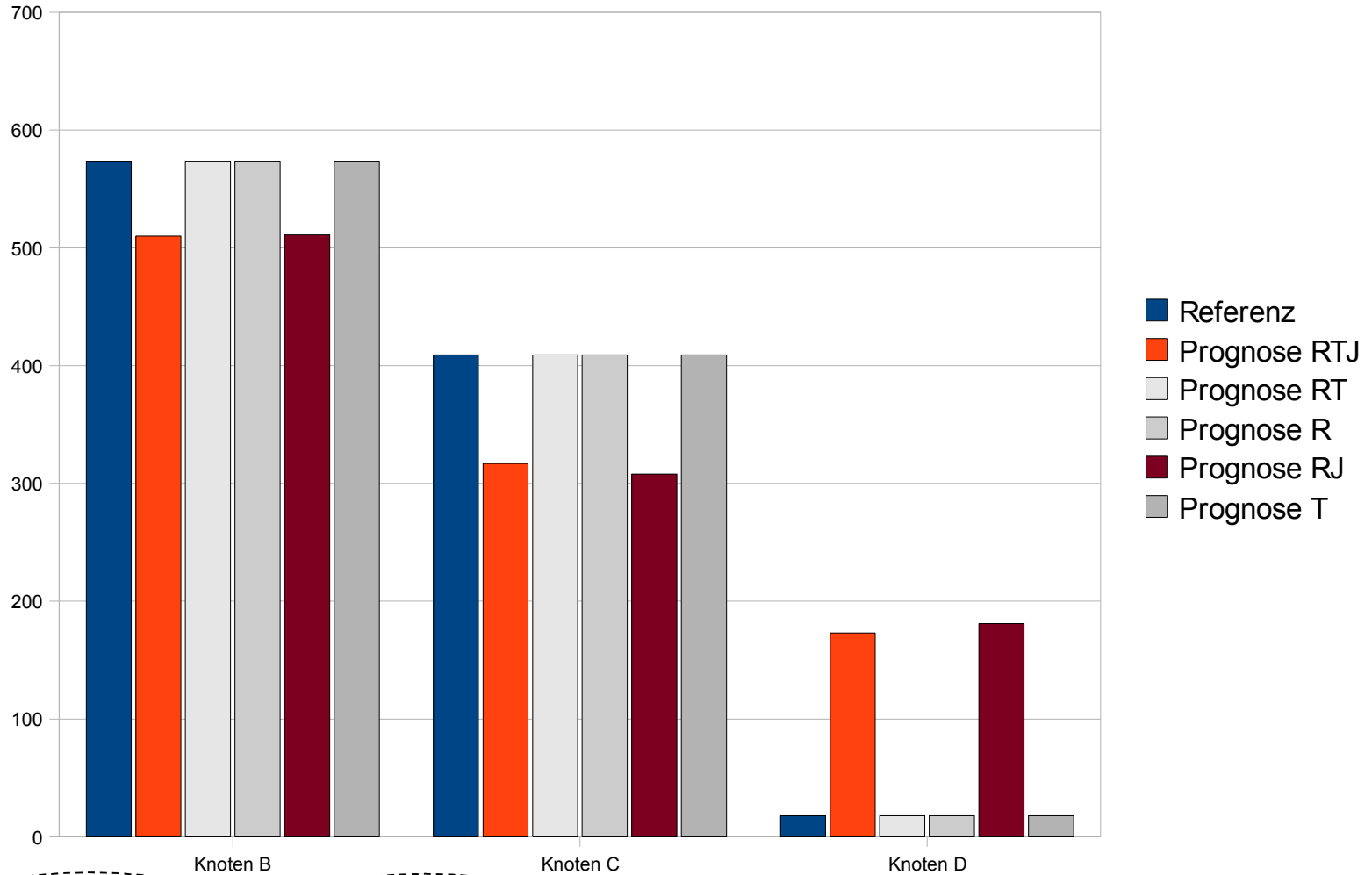
B

C

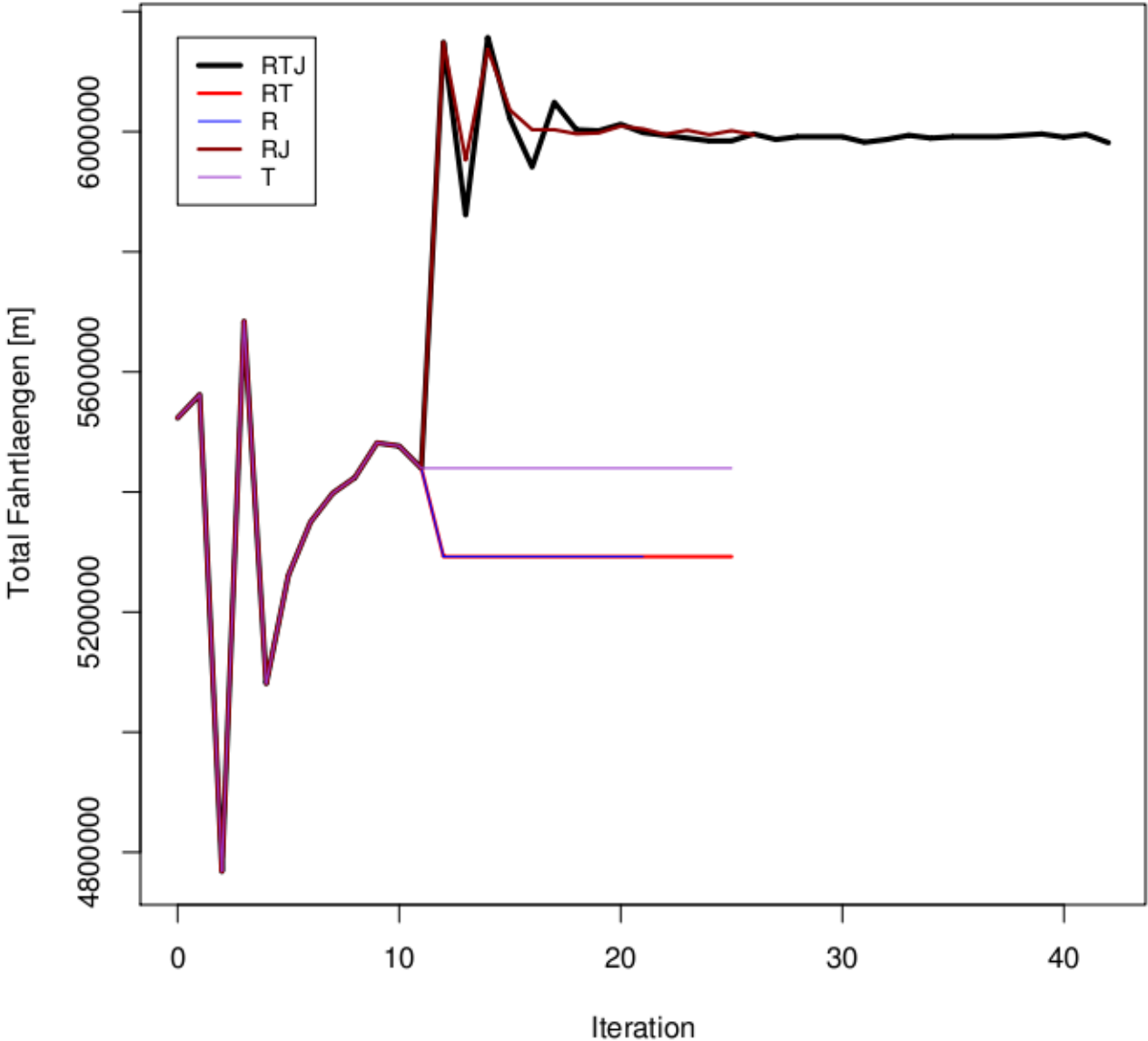
D



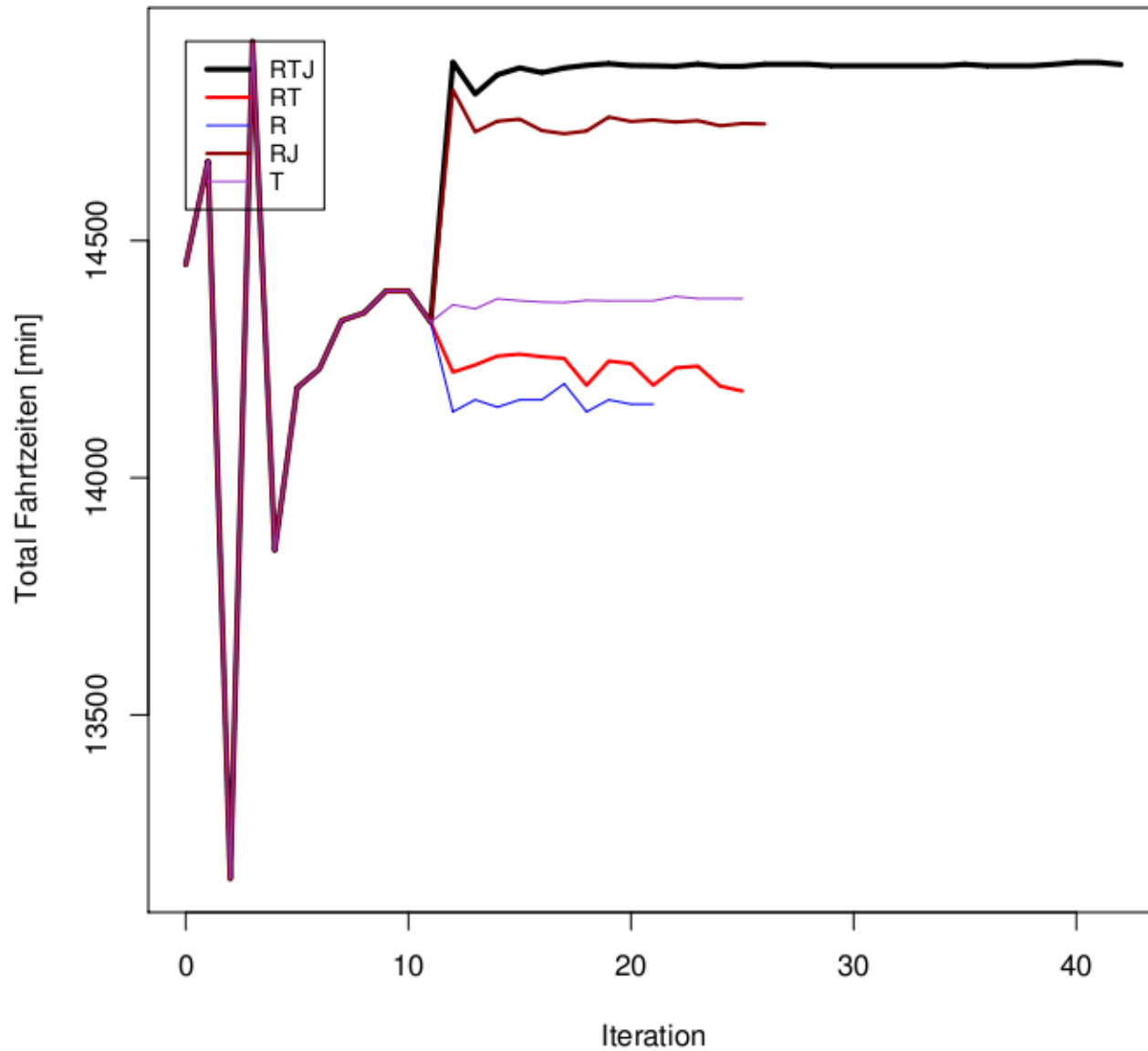
Bewohnerzahlen in den Knoten



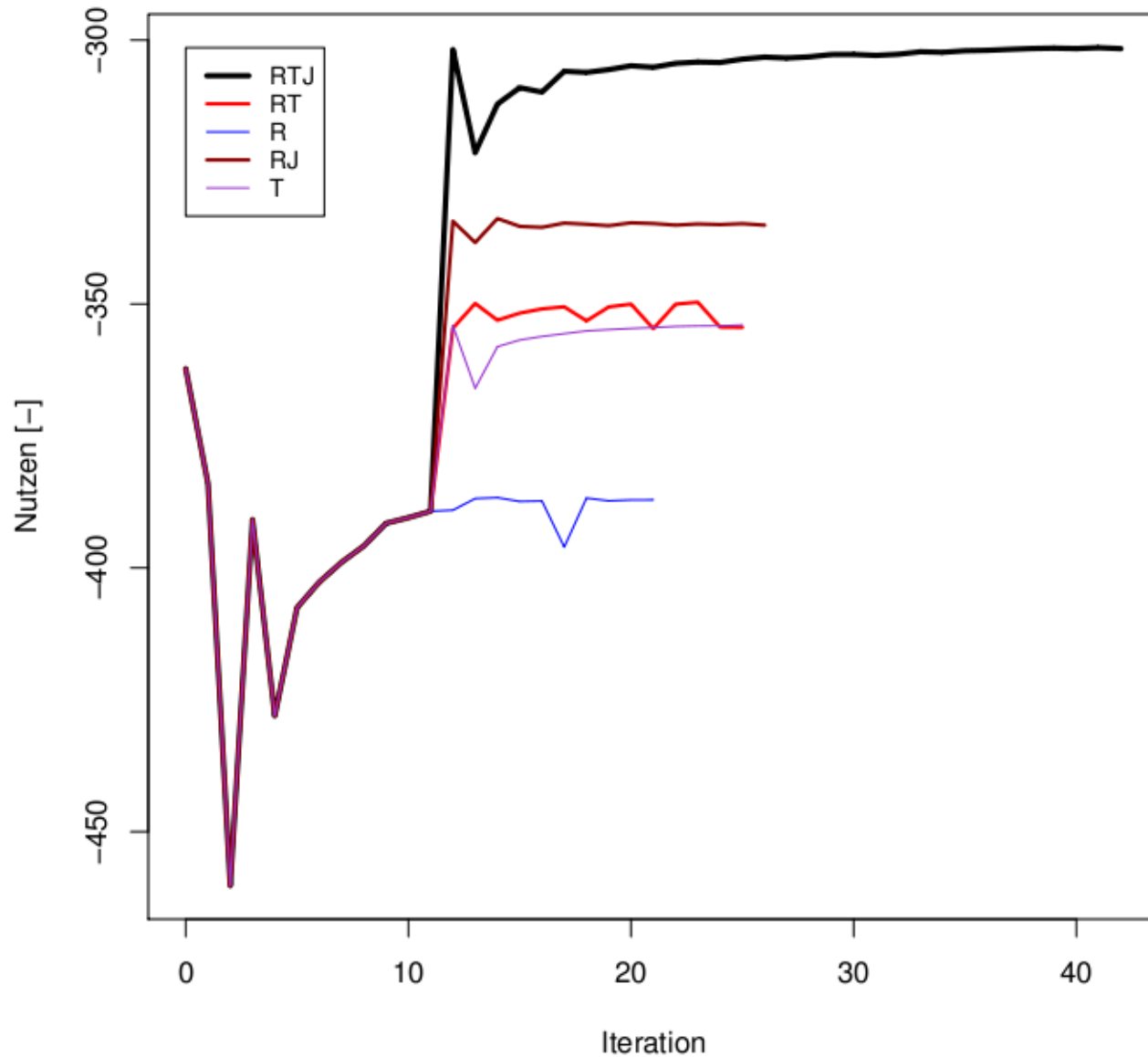
Fahrtlängen



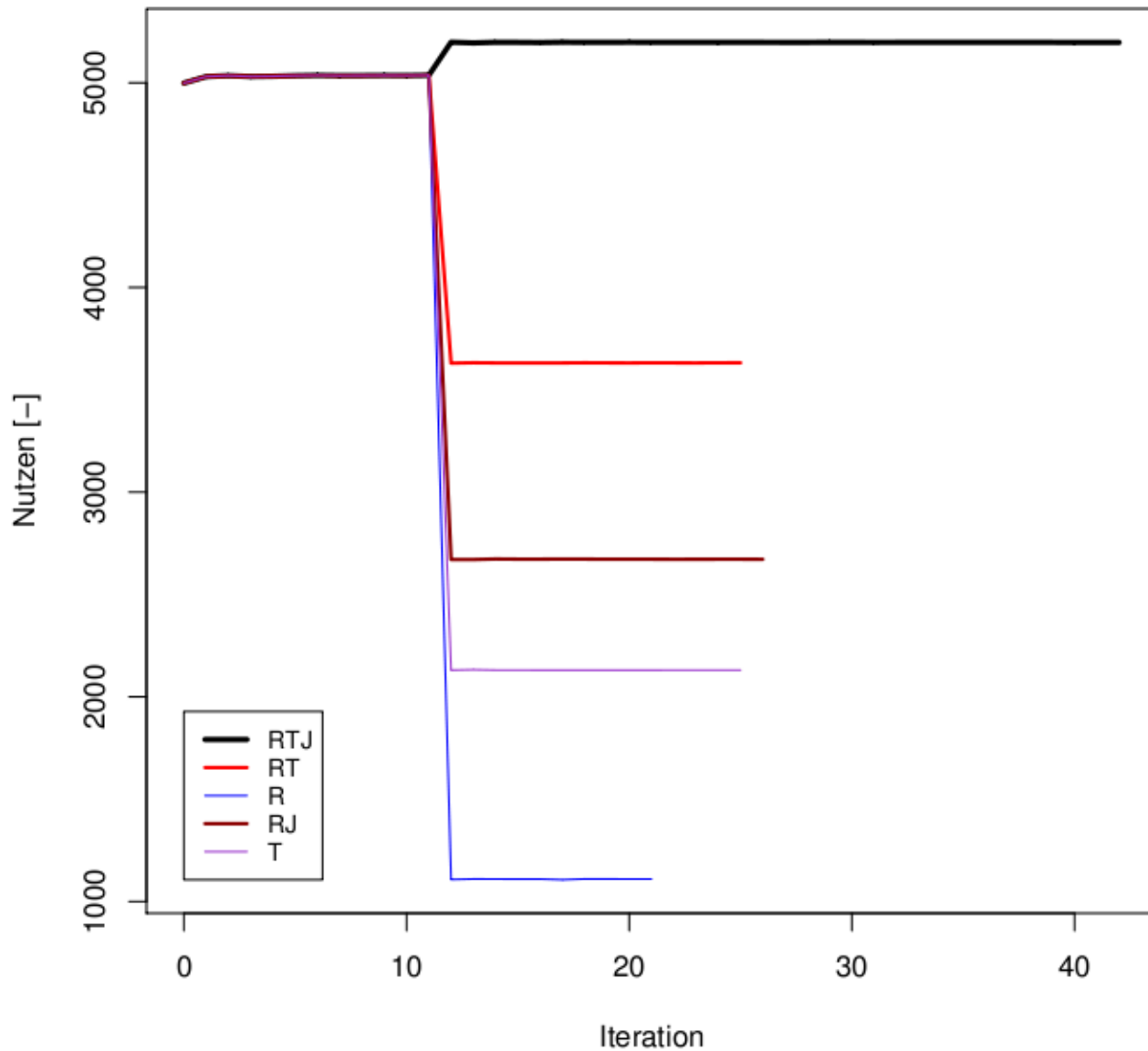
Fahrtzeiten



Nutzensummen der gewählten Alternativen



Expected Maximum Utility



Kennwerte nach Entscheidungsräumen

<i>Mittelwerte</i>	<i>RTJ</i>	<i>RT</i>	<i>R</i>	<i>RJ</i>	<i>T</i>	<i>Referenz</i>
Summe						
Fahrtzeiten	2970.59	2857.41	2853.50	2960.85	2893.17	2893.48
Summe						
Fahrdistanzen	6006518.14	5339754.97	5339754.97	6021706.08	5504962.49	5504962.49

Absolute Wertänderung

<i>Mittelwerte</i>	<i>RTJ</i>	<i>RT</i>	<i>R</i>	<i>RJ</i>	<i>T</i>
Summe					
Fahrtzeiten	77.11	-36.07	-39.98	67.37	-0.31
Summe					
Fahrdistanzen	501555.66	-165207.52	-165207.52	516743.60	0.00

Kennwerte nach Entscheidungsräumen

Absoluter Fehler

<i>Mittelwerte</i>	<i>RT</i>	<i>R</i>	<i>RJ</i>	<i>T</i>
Summe				
Fahrtzeiten	-113.17	-117.09	-9.74	-77.42
Summe				
Fahrdistanzen	-666763.17	-666763.17	15187.94	-501555.66

Relativer Fehler

<i>Mittelwerte</i>	<i>RT</i>	<i>R</i>	<i>RJ</i>	<i>T</i>
Summe				
Fahrtzeiten	-1.50	-1.55	-0.10	-1.02
Summe				
Fahrdistanzen	-1.33	-1.33	0.03	-1.00

Nutzen im Gleichgewicht

<i>Mittelwerte</i>	<i>RTJ</i>	<i>RT</i>	<i>R</i>	<i>RJ</i>	<i>T</i>	<i>Referenz</i>
EMU	5197.34	3646.21	1128.23	2674.96	2135.26	5035.79
V_r	-190.23	-183.00	-186.00	-189.36	-185.47	-186.93
V_t	-2.00	-1.44	-30.66	-31.27	-1.97	-32.73
V_j	-115.34	-166.19	-166.19	-115.02	-166.19	-166.19
V_{rtj}	-307.57	-350.63	-382.86	-335.65	-353.63	-385.85

RTJ...Verbindungs-, Abfahrtszeit- und Zielwahl erlaubt

RT...Verbindungs- und Abfahrtszeitwahl erlaubt

R...Verbindungswahl erlaubt

RJ...Verbindungs- und Zielwahl erlaubt

T...Abfahrtszeitwahl erlaubt

Absolute Nutzenänderung

<i>Mittelwerte</i>	ΔRTJ	ΔRT	ΔR	ΔRJ	ΔT
EMU	161.55	-1389.58	-3907.56	-2360.83	-2900.53
V_r	-3.29	3.93	0.93	-2.42	1.46
V_t	30.72	31.29	2.06	1.45	30.76
V_j	50.85	0.00	0.00	51.17	0.00
V_{rtj}	78.28	35.22	2.99	50.20	32.22

$\Delta RTJ = RTJ - \text{Referenz}$ (Prognose Nutzenänderung)

$\Delta RT = RT - \text{Referenz}$

$\Delta R = R - \text{Referenz}$

$\Delta RJ = RJ - \text{Referenz}$

$\Delta T = T - \text{Referenz}$

Absolute Fehler der berechneten Nutzenänderung

<i>Mittelwerte</i>	F_{RT}	F_R	F_{RJ}	F_T
EMU	-1551.13	-4069.11	-2522.38	-3062.08
V_r	7.22	4.22	0.87	4.75
V_t	0.56	-28.66	-29.27	0.03
V_j	-50.85	-50.85	0.32	-50.85
V_{rtj}	-43.06	-75.29	-28.08	-46.06

$$F_{RT} = \Delta RT - \Delta RTJ$$

$$F_R = \Delta R - \Delta RTJ$$

$$F_{RJ} = \Delta RJ - \Delta RTJ$$

$$F_T = \Delta T - \Delta RTJ$$

Relative Fehler der berechneten Nutzenänderung

<i>Mittelwerte</i>	f_{RT}	f_R	f_{RJ}	f_T
EMU	-9.60	-25.19	-15.61	-18.96
V_r	-7.24	-3.24	0.19	-3.04
V_t	0.02	-0.92	-0.96	0.00
V_j	-1.00	-1.00	0.01	-1.00
V_{rtj}	-0.56	-0.96	-0.35	-0.60

$$f_{RT} = F_{RT}/\Delta RTJ$$

$$f_R = F_R/\Delta RTJ$$

$$f_{RJ} = F_{RJ}/\Delta RTJ$$

$$f_T = F_T/\Delta RTJ$$

Schlussfolgerungen

- Der Vergleich des Nutzens des EMU mit dem Nutzen der Reisezeitgewinne ist problematisch
- Die Vernachlässigung von Nutzendimensionen führt zu anderen Prognosen des Mengengerüsts.
- Dies führt zu anderen Bewertungen der Nutzen einer Erreichbarkeitsverbesserung.
- Der Nutzengewinn wird unterschätzt, wenn Wahldimensionen vernachlässigt werden.
- Berücksichtigung von mehr Entscheidungsdimensionen erlaubt mehr Massnahmen zu beurteilen (9-Uhr-GA)

Schlussfolgerungen

- Reisezeitgewinne erfassen nur einen Teil des Nutzengewinns.
- Reisezeitgewinne weisen nicht alle Endbegünstigten aus (Bsp.: Grundbesitzer).
- Reisezeitgewinne entstehen auch durch andere Wahl der Abfahrtszeiten, was aber nicht unbedingt mit einem erhöhten Nutzen einhergehen muss (Verspätung, Verfrühung).

Vielen Dank für das Interesse!

Literatur

Kaiser, P. und J. Ernesti (2008) Python, Das umfassende Handbuch - Aktuell zu Python 2.5, http://www.galileocomputing.de/openbook/python/index.htm#_top, Galileo Press, September 2008.

Metz, D. (2008) The Myth of Travel Time Saving, *Transport Reviews*, **28** (3) 321-336.

Ortúzar, J. d. D. und L. G. Willumsen (2001) *Modelling Transport*, 3. Aufl., John Wiley & Sons, Chichester.

Vrtic, M. (2005) *Mehrwegumlegung*, Materialien zur Vorlesung Verkehrsplanung, IVT, ETH, Zürich.

Parametrisierung

Verbindungswahl

$$\beta_r = -2.5$$

$$\beta_g = [1, 2] \text{ (agentenspezifischer Zeitwert)}$$

$$\text{Autobahn: } \alpha = 0.4, \beta = 6$$

$$\text{Hauptstrasse: } \alpha = 0.7, \beta = 5$$

Abfahrtszeitwahl

$$\beta_t = -2.0, \alpha = 0.6, \gamma = 2.5, \text{PAT} = 12$$

Zielwahl

$$\beta_j = -1.0, \zeta = 2.5$$

Anhang - Statistiken

Standardabweichungen	RTJ	RT	R	RJ	T	Referenz
EMU	0.41	9.06	17.16	7.45	3.34	1.75
V_r	1.67	2.50	2.33	1.26	1.96	2.89
V_t	0.81	0.29	9.80	7.73	0.41	9.00
V_j	1.10	2.37	2.37	1.19	2.37	2.37
V_{rtj}	0.57	4.94	12.95	7.52	3.45	13.14
Summe Fahrzeiten	5.40	12.95	15.49	7.75	11.76	16.80
Summe Fahrdistanzen	29727.67	28452.61	28452.61	42495.37	43825.39	43825.39

Coefficient of variation	RTJ	RT	R	RJ	T	Referenz
EMU	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
V_r	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02
V_t	-0.41	-0.20	-0.32	-0.25	-0.21	-0.28
V_j	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
V_{rtj}	0.00	-0.01	-0.03	-0.02	-0.01	-0.03
Summe Fahrzeiten	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
Summe Fahrdistanzen	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Anhang - Statistiken

Standardabweichungen	$\Delta RTJ = RTJ - \text{Referenz}$ (Prognose Wertänderung)	$\Delta RT = RT -$ Referenz	$\Delta R = R -$ Referenz	$\Delta RJ = RJ -$ Referenz	$\Delta T = T -$ Referenz
EMU	1.88	9.26	16.57	6.18	3.54
V_r	3.91	2.70	1.59	2.36	2.16
V_t	8.88	8.90	1.59	2.29	9.20
V_j	1.76	0.00	0.00	2.53	0.00
V_{rtj}	13.24	10.73	2.10	5.96	10.50
Summe Fahrzeiten	20.59	4.30	4.26	9.34	8.19
Summe Fahrdistanzen	31708.09	21169.76	21169.76	65434.42	0.00

Coefficient of variation	$\Delta RTJ = RTJ - \text{Referenz}$ (Prognose Wertänderung)	$\Delta RT = RT -$ Referenz	$\Delta R = R -$ Referenz	$\Delta RJ = RJ -$ Referenz	$\Delta T = T -$ Referenz
EMU	0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
V_r	-1.19	0.69	1.70	-0.98	1.48
V_t	0.29	0.28	0.77	1.58	0.30
V_j	0.03 #DIV/0!	#DIV/0!		0.05 #DIV/0!	
V_{rtj}	0.17	0.30	0.70	0.12	0.33
Summe Fahrzeiten	0.27	-0.12	-0.11	0.14	-26.12
Summe Fahrdistanzen	0.06	-0.13	-0.13	0.13 #DIV/0!	

Anhang - Statistiken

	$F_{RT} = \Delta RT -$	$F_R = \Delta R -$	$F_{RJ} = \Delta RJ -$	$F_T = \Delta T -$
Standardabweichungen	ΔRTJ	ΔRTJ	ΔRTJ	ΔRTJ
EMU	8.87	17.00	7.39	3.22
V_r	3.72	2.82	1.70	3.29
V_t	0.62	9.78	7.78	1.02
V_j	1.76	1.76	1.97	1.76
V_{rtj}	5.34	13.01	7.57	3.67
Summe Fahrtzeiten	16.89	19.79	12.03	14.72
Summe Fahrdistanzen	22080.97	22080.97	61719.79	31708.09

	$F_{RT} = \Delta RT -$	$F_R = \Delta R -$	$F_{RJ} = \Delta RJ -$	$F_T = \Delta T -$
Coefficient of variation	ΔRTJ	ΔRTJ	ΔRTJ	ΔRTJ
EMU	-0.01	0.00	0.00	0.00
V_r	0.51	0.67	1.95	0.69
V_t	1.11	-0.34	-0.27	30.10
V_j	-0.03	-0.03	6.09	-0.03
V_{rtj}	-0.12	-0.17	-0.27	-0.08
Summe Fahrtzeiten	-0.15	-0.17	-1.24	-0.19
Summe Fahrdistanzen	-0.03	-0.03	4.06	-0.06

Anhang - Statistiken

Standardabweichungen	$f_{RT} =$		$f_{RJ} =$	
	$F_{RT} / \Delta RTJ$	$f_R = F_R / \Delta RTJ$	$F_{RJ} / \Delta RTJ$	$f_T = F_T / \Delta RTJ$
EMU	0.13	0.28	0.15	0.22
V_r	7.99	2.55	1.10	2.91
V_t	0.02	0.07	0.08	0.05
V_j	0.00	0.00	0.04	0.00
V_{rtj}	0.07	0.03	0.04	0.08
Summe Fahrtzeiten	0.17	0.14	0.13	0.12
Summe Fahrdistanzen	0.06	0.06	0.12	0.00

Coefficient of variation	$f_{RT} =$		$f_{RJ} =$	
	$F_{RT} / \Delta RTJ$	$f_R = F_R / \Delta RTJ$	$F_{RJ} / \Delta RTJ$	$f_T = F_T / \Delta RTJ$
EMU	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
V_r	-1.10	-0.79	5.94	-0.96
V_t	1.13	-0.07	-0.08	-16.60
V_j	0.00	0.00	6.08	0.00
V_{rtj}	-0.13	-0.03	-0.12	-0.13
Summe Fahrtzeiten	-0.11	-0.09	-1.31	-0.12
Summe Fahrdistanzen	-0.04	-0.04	3.98	0.00