

Bevorzugter Zitierstil für diesen Vortrag

Axhausen, K.W. (2003) Modelle der Verkehrsnachfrage:
Verlässlichkeit von Prognosen, Vortrag in der Vorlesung
"Computerisierte Wissensproduktion: Wissenschafts-
soziologische Zugänge, ETH Zürich, Mai 2003.

Modelle der Verkehrsnachfrage: Verlässlichkeit von Prognosen

KW Axhausen

IVT
ETH
Zürich

Mai 2003

 *Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme*
Institute for Transport Planning and Systems

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Hintergrund zur Studie

Politisch:

- Sachpläne „Strasse“ und „Schiene“ (Bahn 2000 - 2. Etappe)
- Avanti - Initiative
- Lokale Überprüfungen der Hochleistungsnetze

Bürokratisch/Fachlich

- Fehlende nationale Modelle der Ämter für die Verkehrsmittelwahl und Umlegung
- Abhängigkeit von einem/wenigen Anbietern

Fachlich

- Erstellung der Modelle
- Überprüfung der verschiedenen Datenarten

Vorbemerkungen

- Was ist ein Verkehrsmodell ?
- Was ist der Arbeitsansatz ?
- Vier-Stufen-Ansatz
- Umlegung und Matrix-Berechnung
- Datenquellen für Entscheidungsmodelle

Verkehrsmodell

Bei vollständiger Separierung der Ströme

$$k'_{trmijqz} = f(q'_{trmijgz} (k'_{trmijqz}, B_{igz}), A_{trmijgz})$$

- k' : Geschätzte generalisierte Kosten [sFr/Fahrt]
 q : Geschätzte Verkehrsmenge [Fahrten/Zeiteinheit]
 A : Angebot (Infrastrukturen, Dienstleistungen und Ziel)
 B : Bevölkerung (natürliche und legale Personen)
- t : Tageszeit t i : Quelle i
 r : Route r j : Ziel j
 g : Gruppe g m : Verkehrsmittel m
 z : Jahr z

Arbeitsansatz

- 1) Finde $f(q'_{\text{trmijg},z0} (k'_{\text{trmijq},z0}, B_{\text{ig}z0}), A_{\text{trmijgz0}})$, so dass

$$\begin{aligned} \sum h(q'_{\text{tsm},z0} - q_{\text{tsm},z0}) &\rightarrow \text{Min oder} \\ \sum h(k'_{\text{trm},z0} - k_{\text{trm},z0}) &\rightarrow \text{Min oder} \\ &\text{Mischung der beiden} \end{aligned}$$

$q_{\text{tsm},z0}$: Gemessene Nachfrage
 $k_{\text{trm},z0}$: Gemessene generalisierte Kosten

- 2) Berechne, finde, definiere $B_{\text{ig},z1}$ und $A_{\text{trmijg},z1}$

- 3) Berechne

$$k'_{\text{trmijq},z1} = f(q'_{\text{trmijg},z1} (k'_{\text{trmijq},z1}, B_{\text{ig},z1}), A_{\text{trmijg},z1})$$

Vier-Stufen-Ansatz: Mögliche Teilmodelle

Motorisierungsprognose

Verkehrserzeugung

$$e'_{iz} = f(B_{igz})$$

Verkehrsanziehung

$$a'_{jz} = f(B_{jgz}, A_{jz})$$

Verkehrsverteilung

$$q'_{ijz} = f(e'_{iz}, a'_{jz}, k''_{ij,(m),z})$$

Verkehrsmittelwahl

$$q'_{ijmz} = f(q'_{ijz}, k''_{ijm,z})$$

Ermittlung

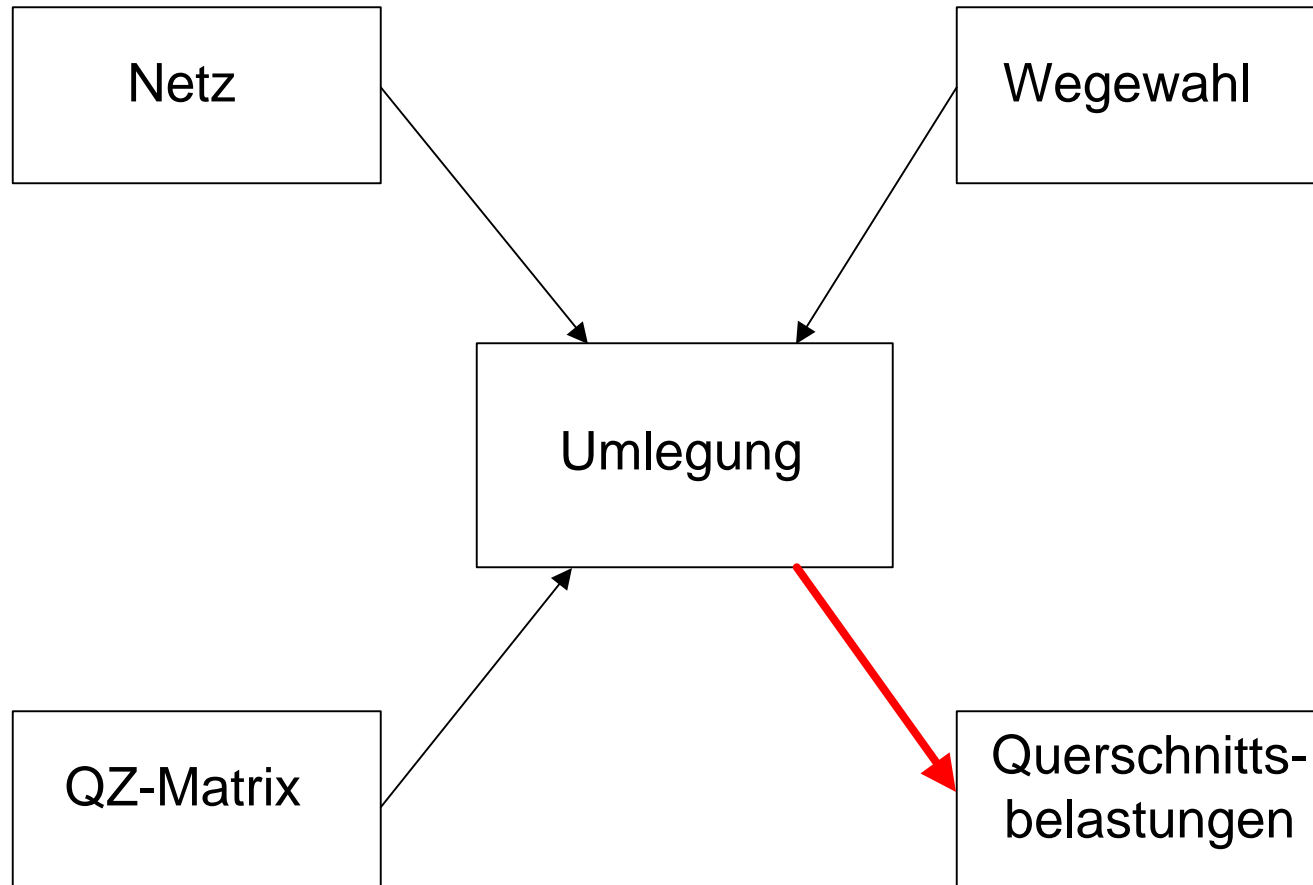
$$q'_{tijmz} = f(q'_{ijmz}) \text{ (z.B. Spitzenstunde)}$$

Umlegung

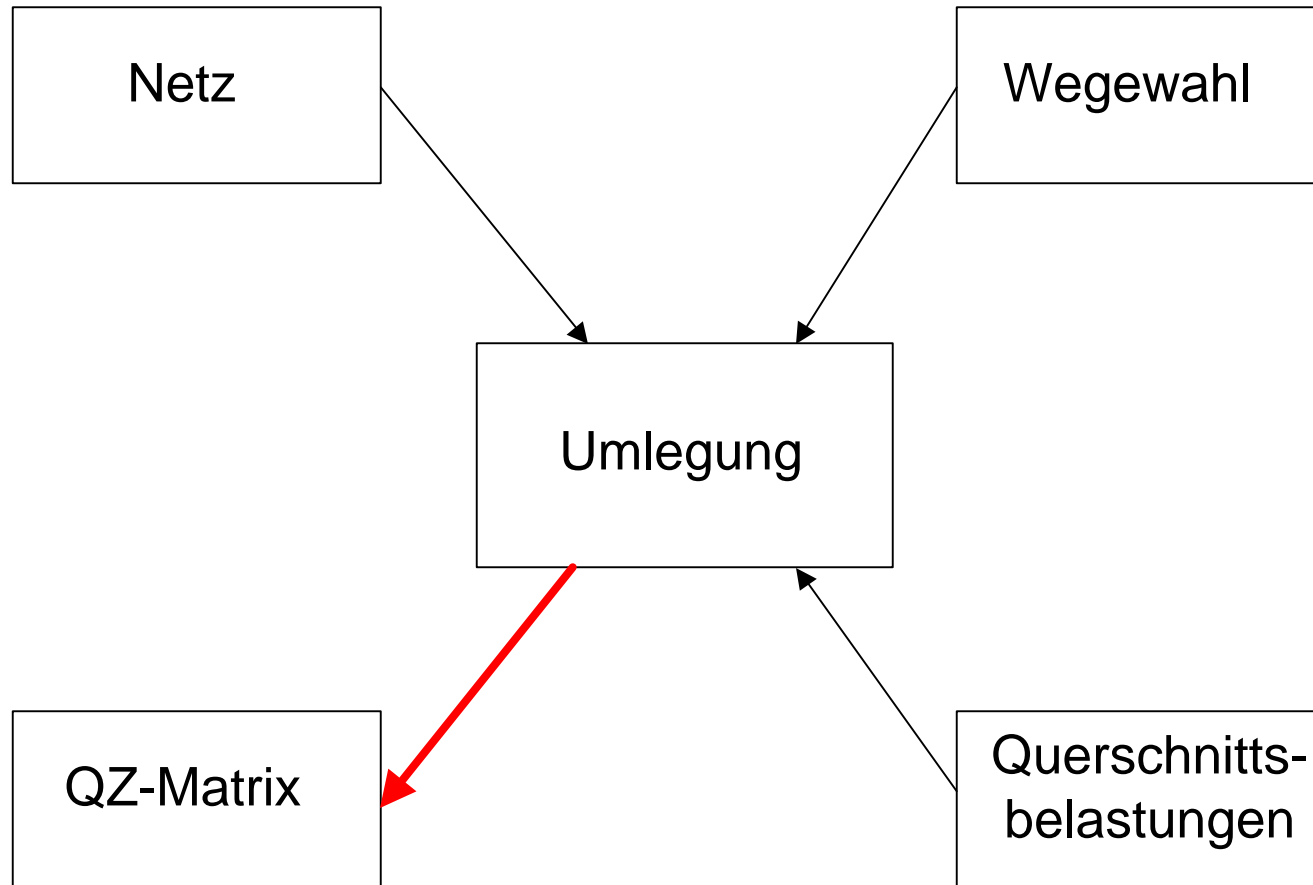
$$q'_{tsrijmz} = f(q'_{tijmz}, k'_{tsrijmz})$$

$$k'_{tsrijmz} = f(q'_{tsrijmz})$$

Ansätze: Umlegung



Ansätze: QZ-Schätzung



Datenquellen für Entscheidungsmodelle

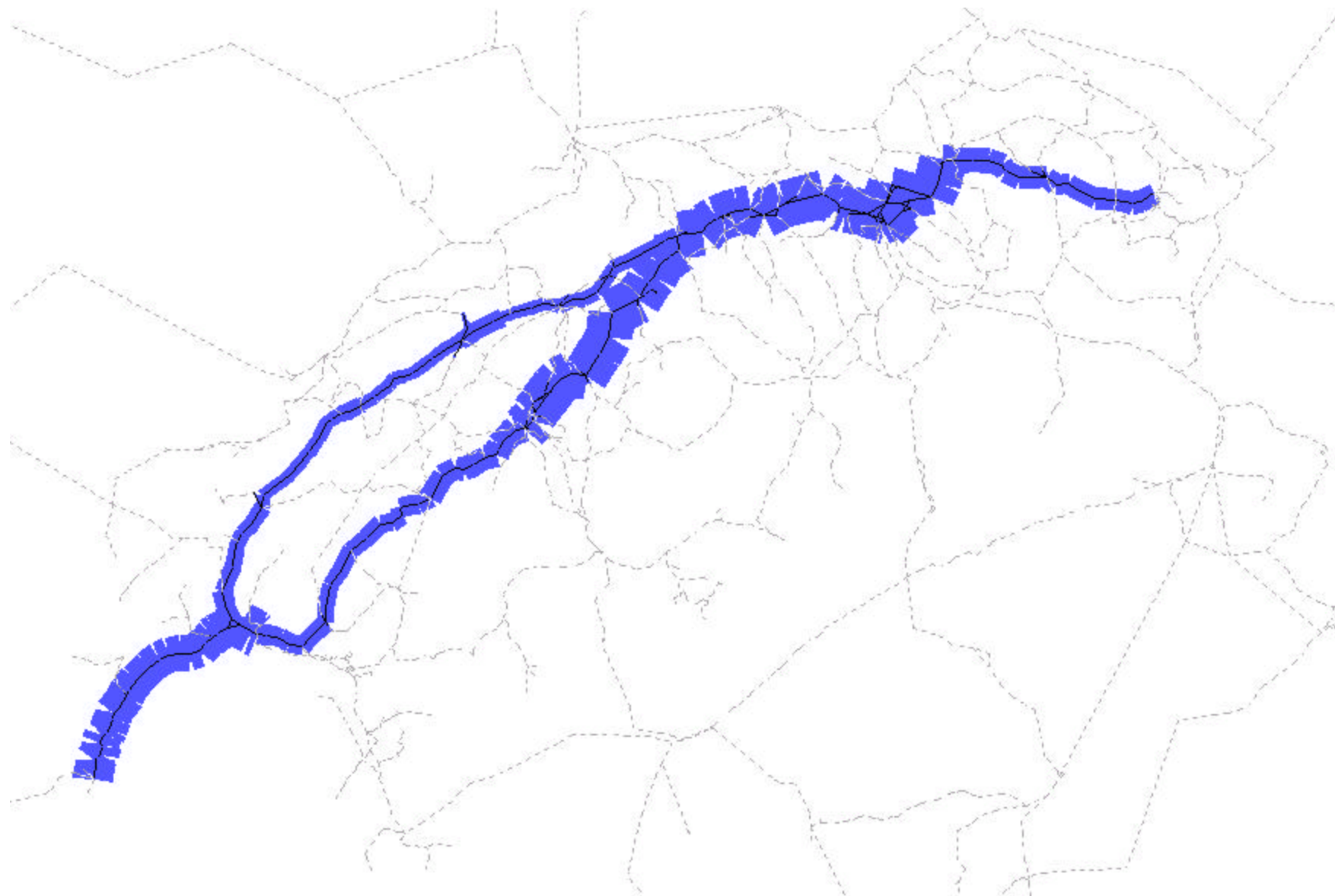
Entscheidungsmodelle:

$$P_j(q) = f(X_{jq})$$

Datenquellen

- Verhalten von Einzelpersonen in realen Märkten (revealed preferences, RP)
- Verhalten von Einzelpersonen in hypothetischen Märkten (stated preferences, SP)
- Verhalten von Aggregaten in realen Märkten (Elastizitäten)

ICN Korridor



Ziele der Untersuchung

- Die Nachfragewirkung der “ICN-Einführung” vorherzusagen und anschliessend die Resultate mittels Vorher-/Nachher-Analyse zu verifizieren
- Die Grenzen und Möglichkeiten von verschiedenen Datenarten aufzeigen
- Empfehlungen zum Einsatz der Modelle und Prognosen

Arbeitsprogramm

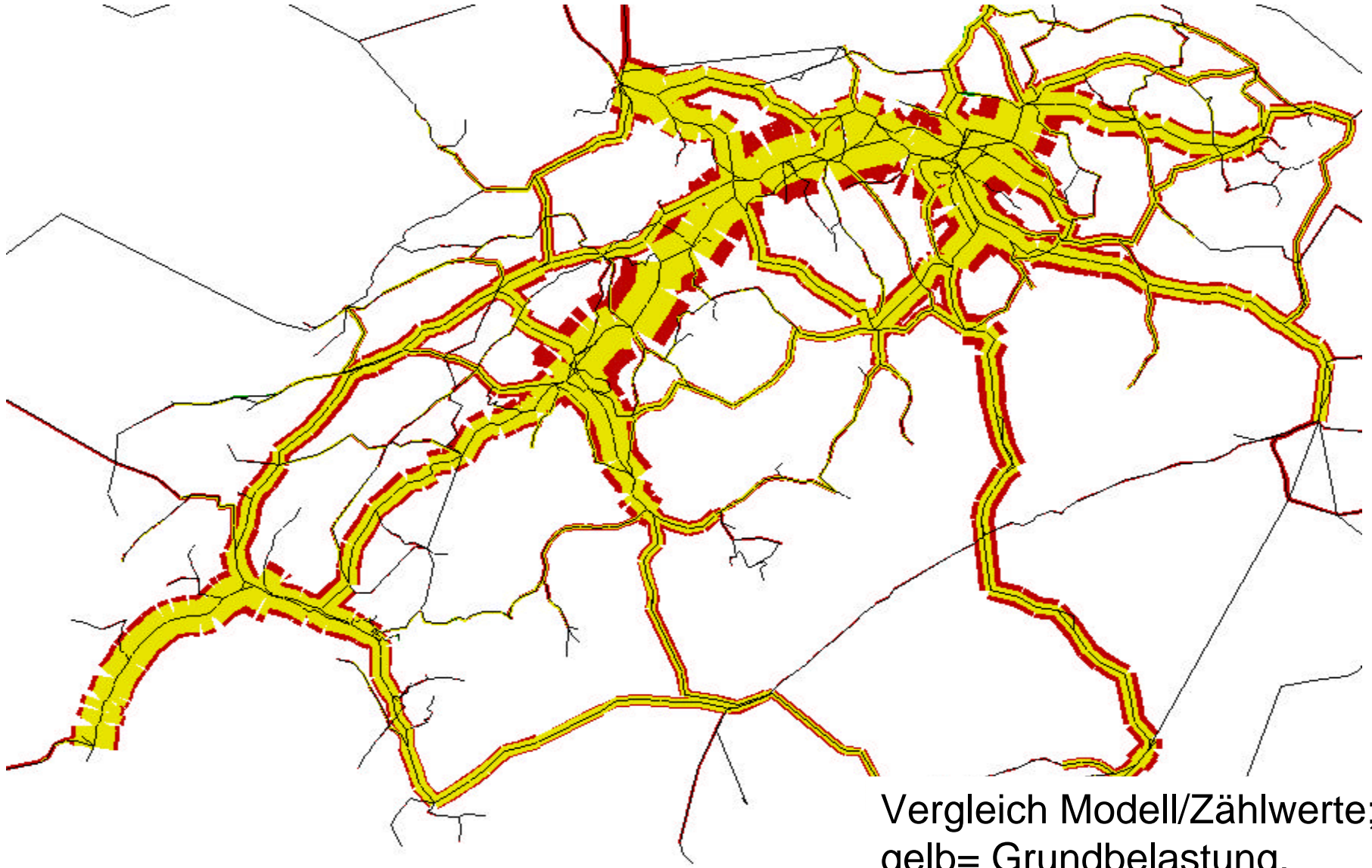
- Aufnahme des Ist-Zustands (Vorher-Zustand)
- Stated - Preference Befragung und Modellschätzung
- Prognosen der Nachfrageänderungen
- Überprüfung der Prognosen im Nachher-Zustand
- Empfehlungen

Ist-Zustand: Arbeitsschritte

- Vorbereitung und Plausibilitätsprüfung der Datengrundlagen (Angebots- und Nachfragedaten)
 - Strasse: ARE
 - Bahn: SBB
- Umlegung und Modellkalibration
 - Strasse: Gleichgewicht Umlegung
 - Bahn: Fahrplanfeine Umlegung
- Modellauswertung und Plausibilitätsprüfung

Ist-Zustand: Netzbelastungen Schiene ohne Kalibration

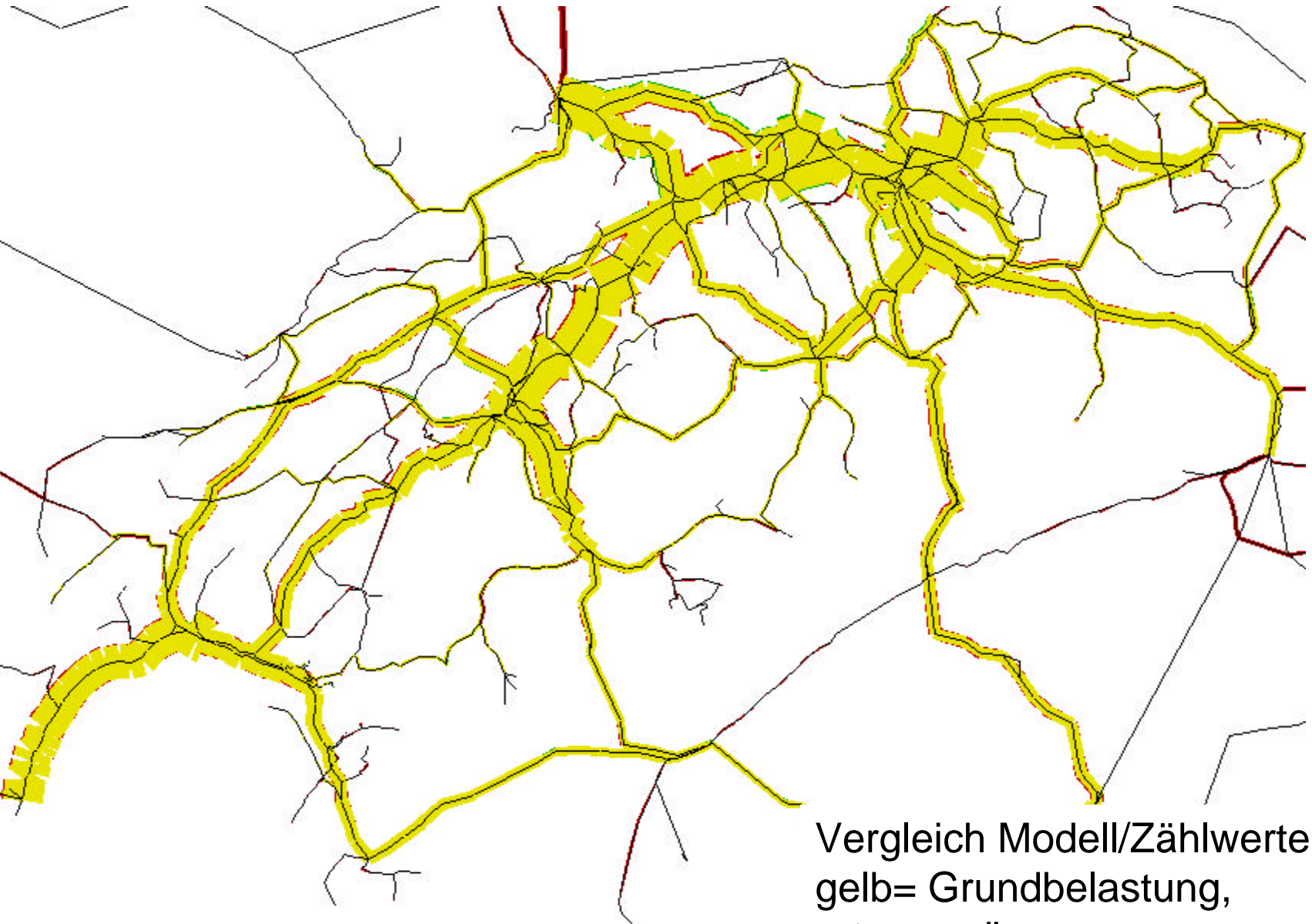
Vrtic; Massstab für Verkehrsmengen ist unbekannt



Vergleich Modell/Zählwerte;
gelb= Grundbelastung,
rot= +; grün= -

Ist-Zustand: Netzbelastungen Schiene mit Kalibration

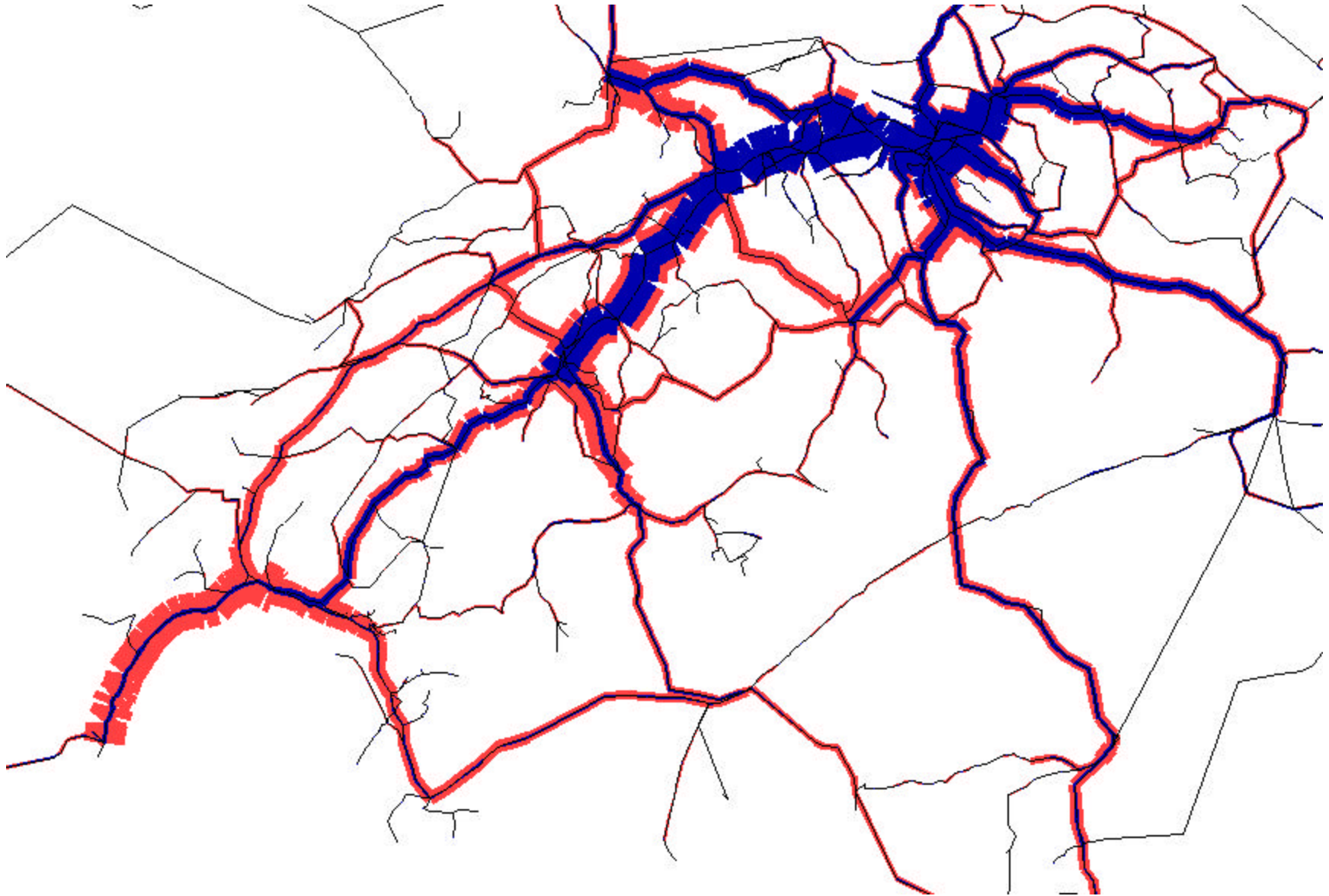
Vertic; Massstab für Verkehrsmengen ist unbekannt




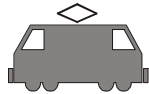
Vergleich Modell/Zählwerte;
gelb= Grundbelastung,
rot= +; grün= -

Ist-Zustand: Knotenpunktsanalyse HB Zürich

Vrtic; Massstab für Verkehrsmengen ist unbekannt



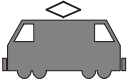
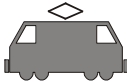
SP-Befragung: Verkehrsmittelwahl


 Möglichkeit 1	 Möglichkeit 2
Sie fahren mit dem Auto	Sie fahren mit dem Zug
Fahrzeit (Tür zu Tür) : 35 Minuten	Zugangszeit (von zu Hause/Ausgangsort zum Bahnhof): 15 Minuten
	Fahrzeit (Zeit im System) : 20 Minuten
	Umsteigen: 2 mal
	Intervall (Fahrplankontakt): 15 Minuten
	Komfort: ICN
Preis (Reisekosten): 5 Fr.	Preis (Reisekosten): 6 Fr.
Wahrscheinlichkeit für eine mindestens 10-Min. Verspätung ist: 20%	Wahrscheinlichkeit für eine mindestens 10-Min. Verspätung ist: 5%

Ihre Wahl ?



SP-Befragung: Routenwahl

 Möglichkeit 1	 Möglichkeit 2
Sie fahren mit dem Zug 1	Sie fahren mit dem Zug 2
Fahrzeit mit Zug (Zeit im System): 1 Stunde und 40 Minuten	Fahrzeit mit Zug (Zeit im System): 1 Stunde und 40 Minuten
Umsteigen: 1 mal	Umsteigen: 2 mal
Umsteigezeit: 5 Minuten	Umsteigezeit: 10 Minuten
Intervall (Fahrplanktakt): 30 Minuten	Intervall (Fahrplanktakt): 1 Stunde
Komfort: Regionalzug	Komfort: Regionalzug
Preis (Reisekosten): 16 Fr.	Preis (Reisekosten): 14 Fr.

Ihre Wahl? 

Modellschätzungen: Einflussgrößen

		SP	RP
MIV			
• Fahrzeit	[h]	✓	✓
• Preis	[CHF]	✓	
• Verlässlichkeit		✓	
ÖV			
• Fahrzeit (System)	[h]	✓	✓
• Preis	[CHF]	✓	
• Umsteigehäufigkeit		✓	✓
• Intervall	[h]	✓	✓
• Verlässlichkeit		✓	
• Zugangszeit	[h]	✓	✓
• Komfort		✓	

Prognosen: Arbeitsablauf

Element	Ebene
Generelles Wachstum 1999-2001	Matrix
Umlegung (SP - Parameter)	Generalisierte Kosten Streckenbelastungen
Verkehrsmittelwahl (Alle 3 Datenarten)	Matrix
Endgültige Umlegung (SP - Parameter)	Generalisierte Kosten Streckenbelastungen

Angebotsunabhängiges Wachstum

Zeitreihen-basierendes Modell (Rossera und Maggi)

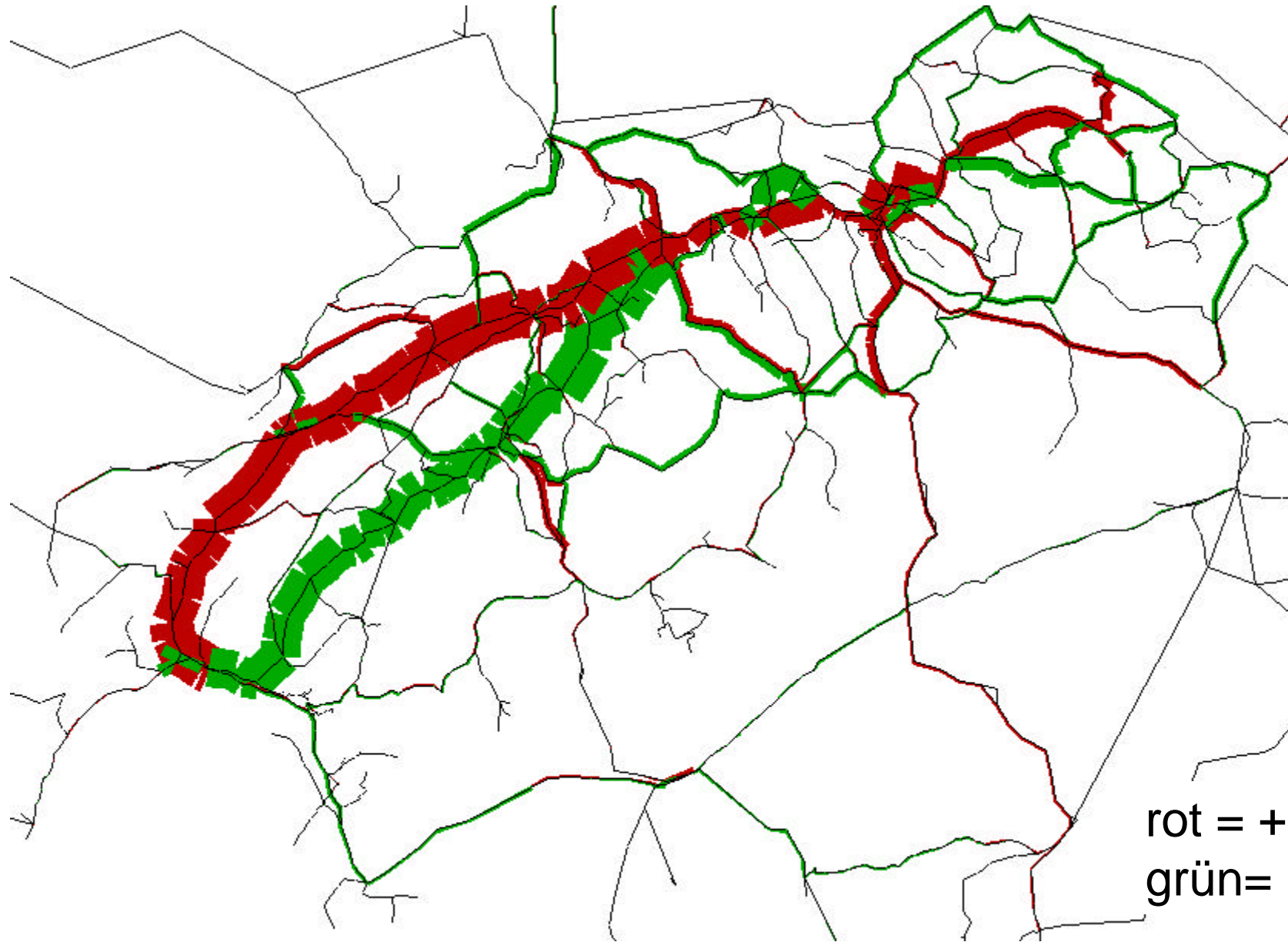
- Schiene 4.6%
- Strasse 4.8%

Prognosen - Varianten

Angebots- veränderungen	Variante							
	S1	B1	B2	B3	B4	B5	B6	BS
Nur Strasse	✓							✓
ICN		✓			✓		✓	✓
IR Basel-Genf A.			✓		✓		✓	✓
IR Zürich-Biel				✓	✓		✓	✓
“Plateau”						✓	✓	✓

Veränderungen Routenwahl: Schienennetz (B1)

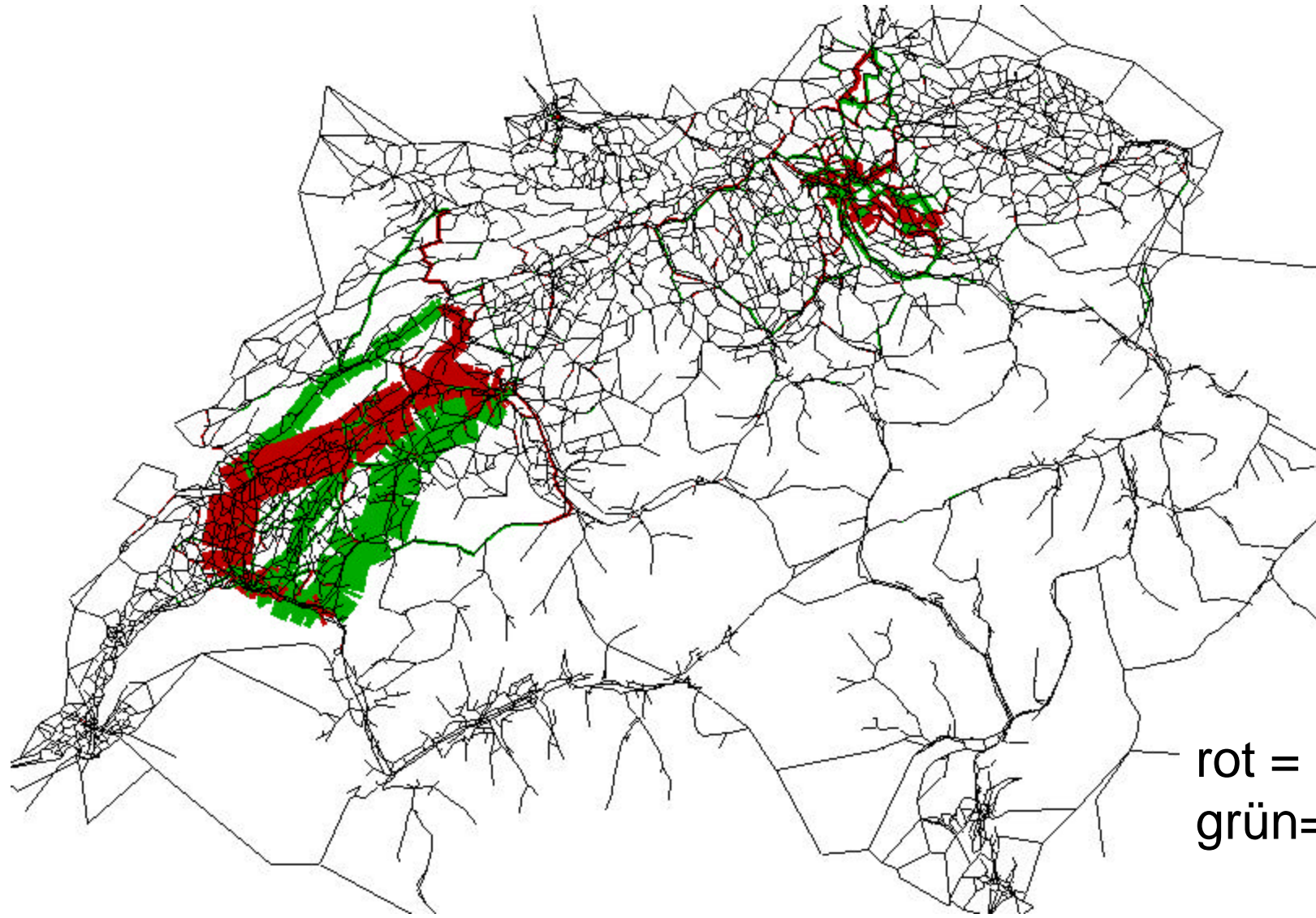
Vrtic; Massstab für Verkehrsmengen ist unbekannt



rot = +
grün = -

Veränderungen Routenwahl: Strassennetz (S1)

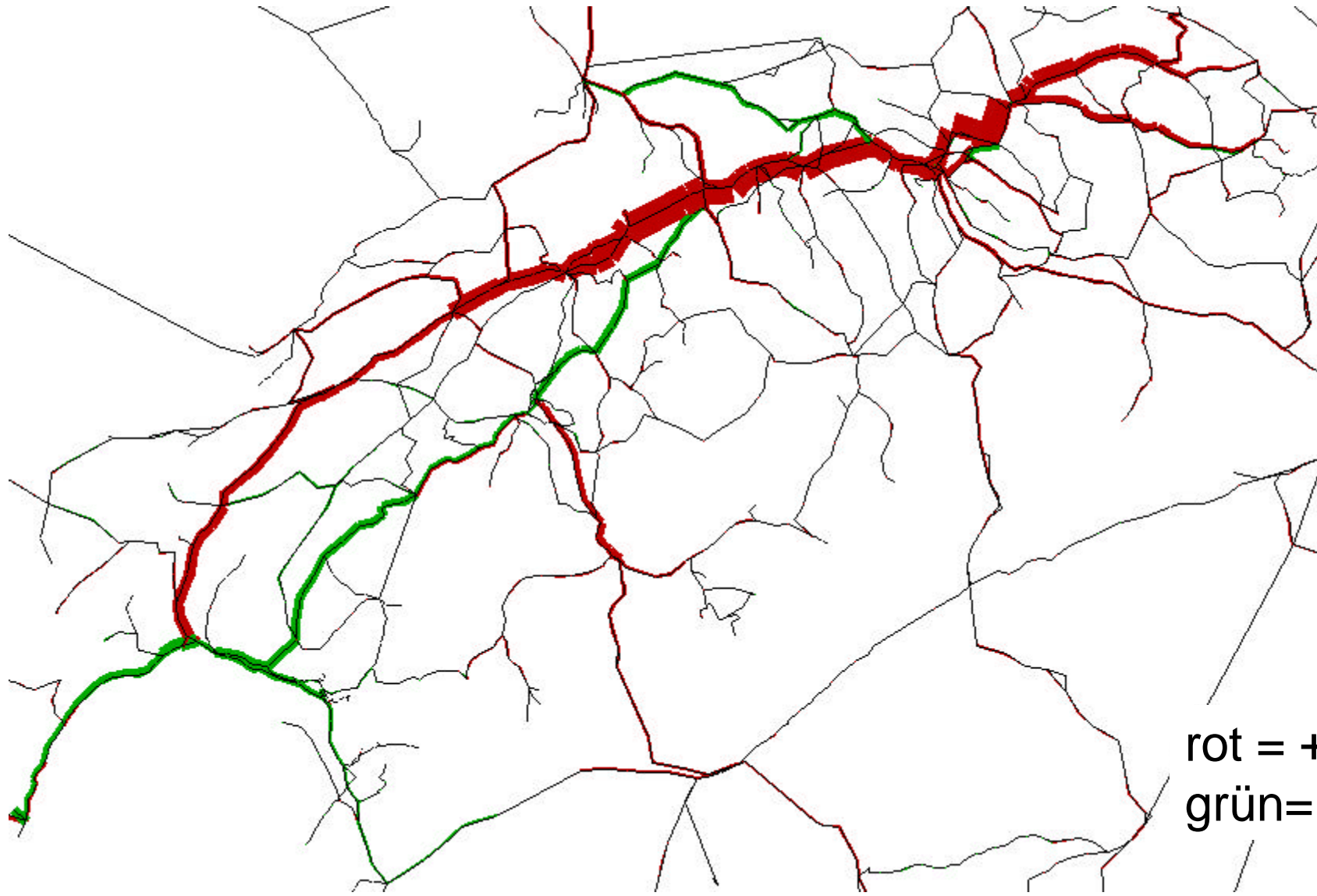
Vrtic; Massstab für Verkehrsmengen ist unbekannt



rot = +
grün = -

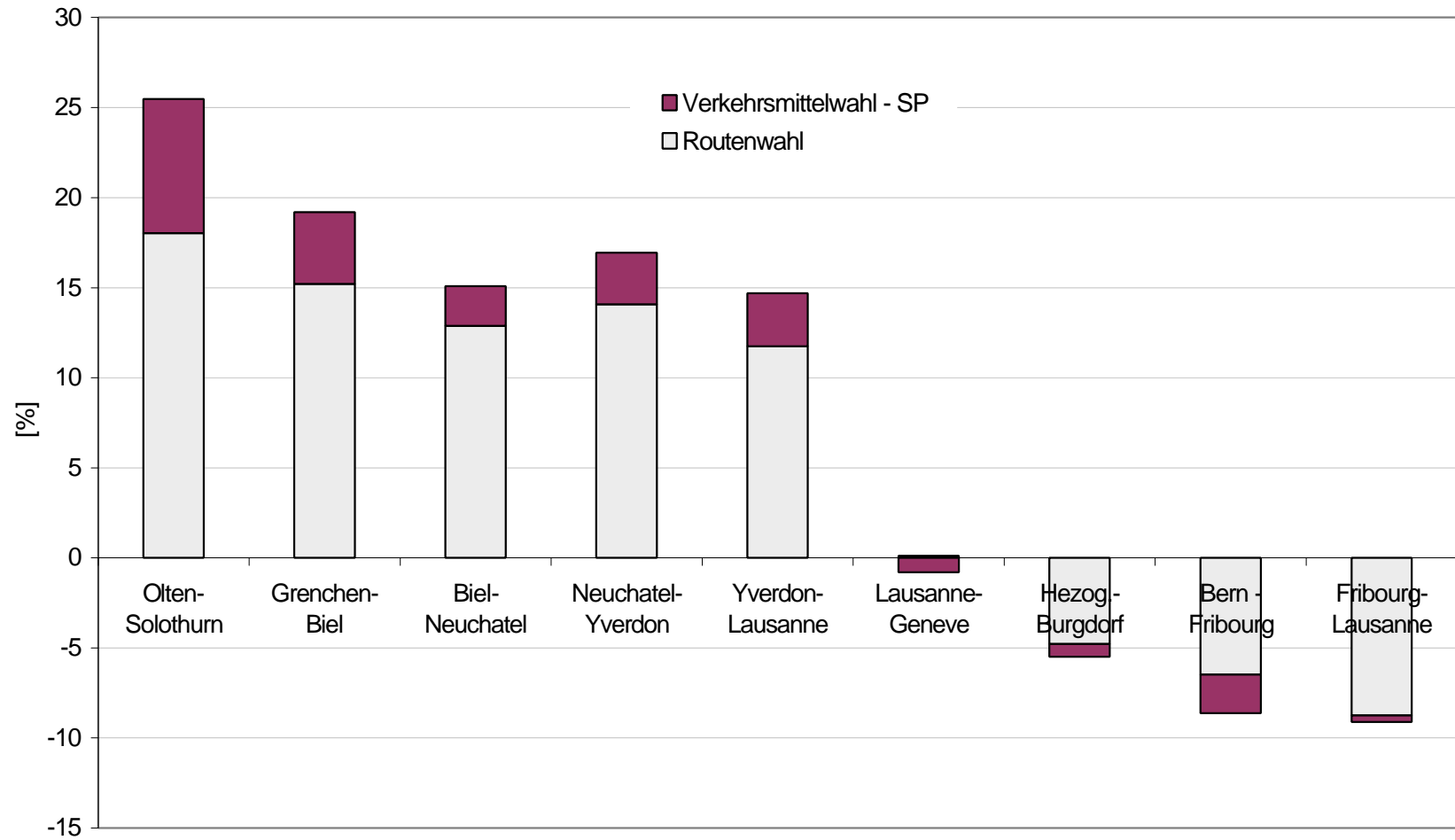
Veränderungen Verkehrsmittelwahl: Schienennetz (BS)

Vrtic; Massstab für Verkehrsmengen ist unbekannt



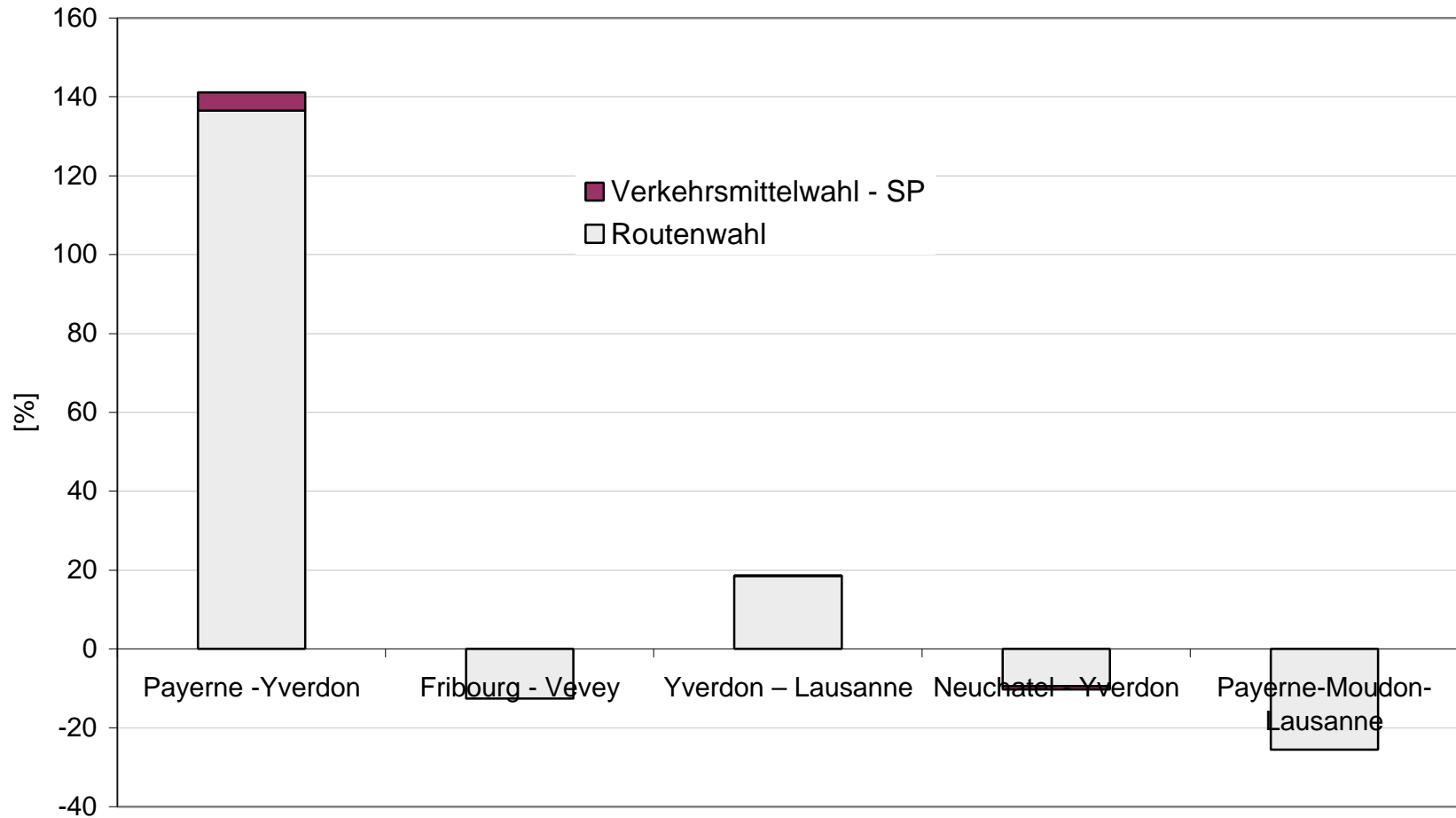
rot = +
grün = -

Summe der Veränderungen: Bahn (BS)



Vrtic

Summe der Veränderungen: Strasse (BS)



Aufnahme Nachher - Zustand

- Erfassung der Zählungen für 2001 (Strasse und Schiene)
- Hochrechnung der 1999 Matrizen auf 2001 anhand der Zählungen

Vergleich der Nachher- und der Prognose-Nachfrage

Veränderung 2001/1999	Bahnmatrix		Strassenmatrix	
	Veränderung [%]	Abweichungen [%]	Veränderung [%]	Abweichungen [%]
erhobene / kalibrierte Matrizen	6.31		4.26	
SP – Prognosen	5.12	-1.19	4.66	0.40
RP – Prognosen	3.79	-2.52	4.80	0.54
EL – Prognosen	4.93	-1.38	4.74	0.48

Differenz Prognosen (SP) zu Zählungen 2001 (Schiene)

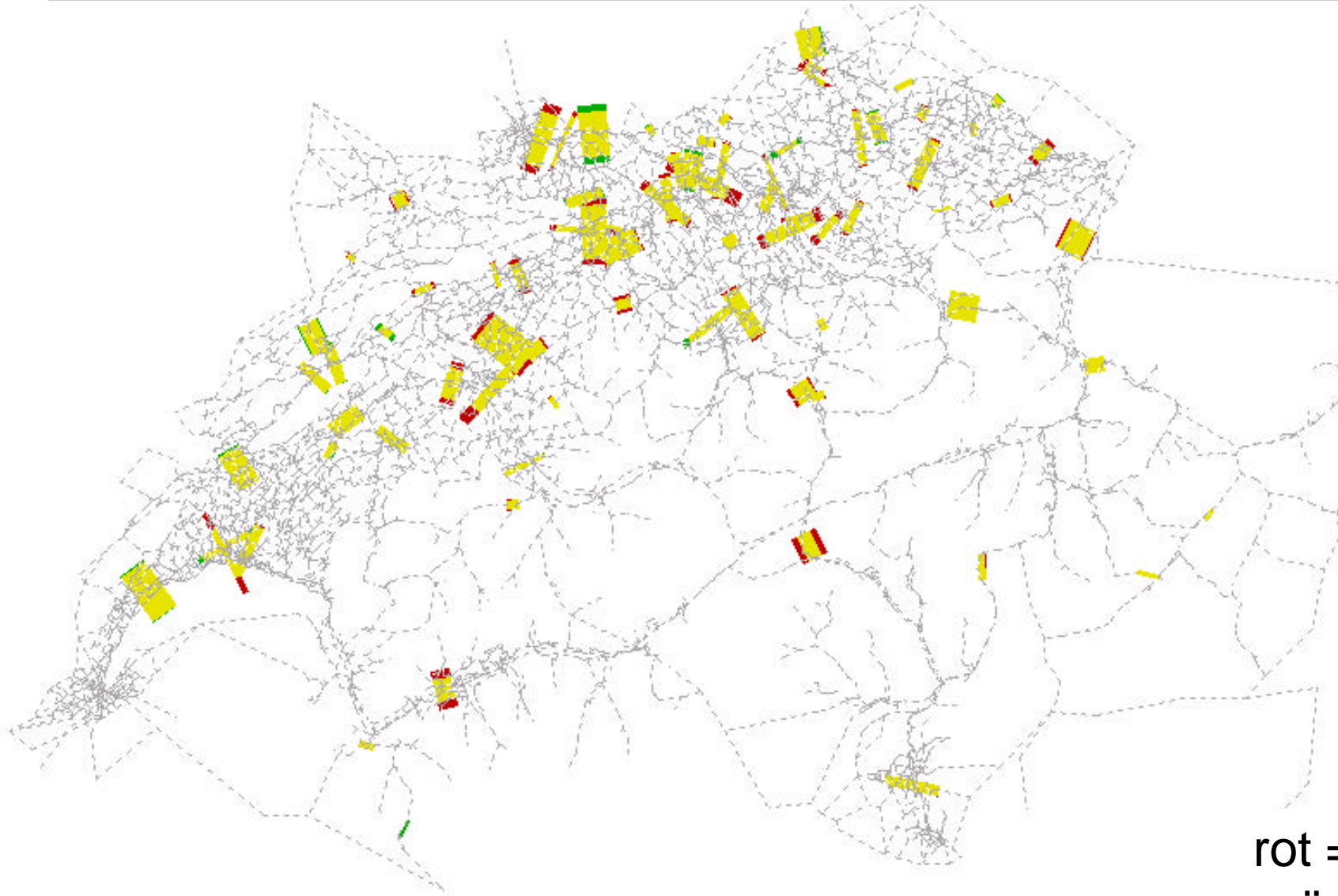
Vrtic; Massstab für Verkehrsmengen ist unbekannt



rot = +
grün = -

Differenz Prognosen (SP) zu Zählungen 2001 (Strasse)

Vrtic; Massstab für Verkehrsmengen ist unbekannt



rot = +
grün = -

Methodische Schlussfolgerungen der Studie

- Die SP - Modelle waren vollständiger und glaubwürdiger
- Die Prognose des Gesamtwachstums lag zu niedrig
- Die SP-basierten Prognosen hatten in dieser Studie im ganzen auf allen Ebenen der Überprüfung kleinere Abweichungen von den Zählungen

Neue Daten

- Strassen- und Schienennetz 1999 und 2001
- Verbesserte Nachfragematrizen

- Parameter der Routenwahl Schiene
- Parameter der binären Verkehrsmittelwahl im Regional- und Fernverkehr
- Eigen- und Kreuz- Elastizitäten der Verkehrsmittelwahl im Regional- und Fernverkehr

- Weiterer Datenpunkt für die Rechtfertigung der SP - Befragungen

(Neue) Fähigkeiten

- Massnahmensensibles Werkzeug für regionale und überregionale Infrastrukturausbauten in der Schweiz

Literatur zum Projekt

Vrtic, M. und K. W. Axhausen (2003) The impact of tilting trains in Switzerland: A route choice model of regional- and long distance public transport trips, Vortrag, 83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., Januar 2003.

Vrtic, M., K.W. Axhausen, F. Rossera und R. Maggi (2003) Verifizierung von Prognosemethoden im Personenverkehr: Ergebnisse einer Vorher-/Nachher Untersuchung auf der Grundlage eines netzbasierten Verkehrsmodells, Synthesebericht, ARE und SBB, Bern.

Vrtic, M., P. Fröhlich und K.W. Axhausen (2003) Schweizerische Netzmodelle für Strassen- und Schienenverkehr, in T. Bieger, C. Laesser und R. Maggi (Hrsg.) *Jahrbuch 2002/2003 Schweizerische Verkehrswirtschaft*, 119-140, SVWG, St. Gallen.

Literatur zur Verkehrsmodellierung

Ben-Akiva, M.E. und S.R. Lerman (1985) *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, MIT Press, Cambridge.

Ortuzar, J. de D. and L.G. Willumsen (1995) *Modelling Transport*, Wiley, Chichester

Schnabel, W. und D. Lohse (1997) *Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Straßenverkehrsplanung*, Band 2, 2. Auflage, Verlag für Bauwesen, Berlin.

Sheffi, Y. (1985) *Urban Transportation Networks*, Prentice-Hall, Englewood.