

## 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

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

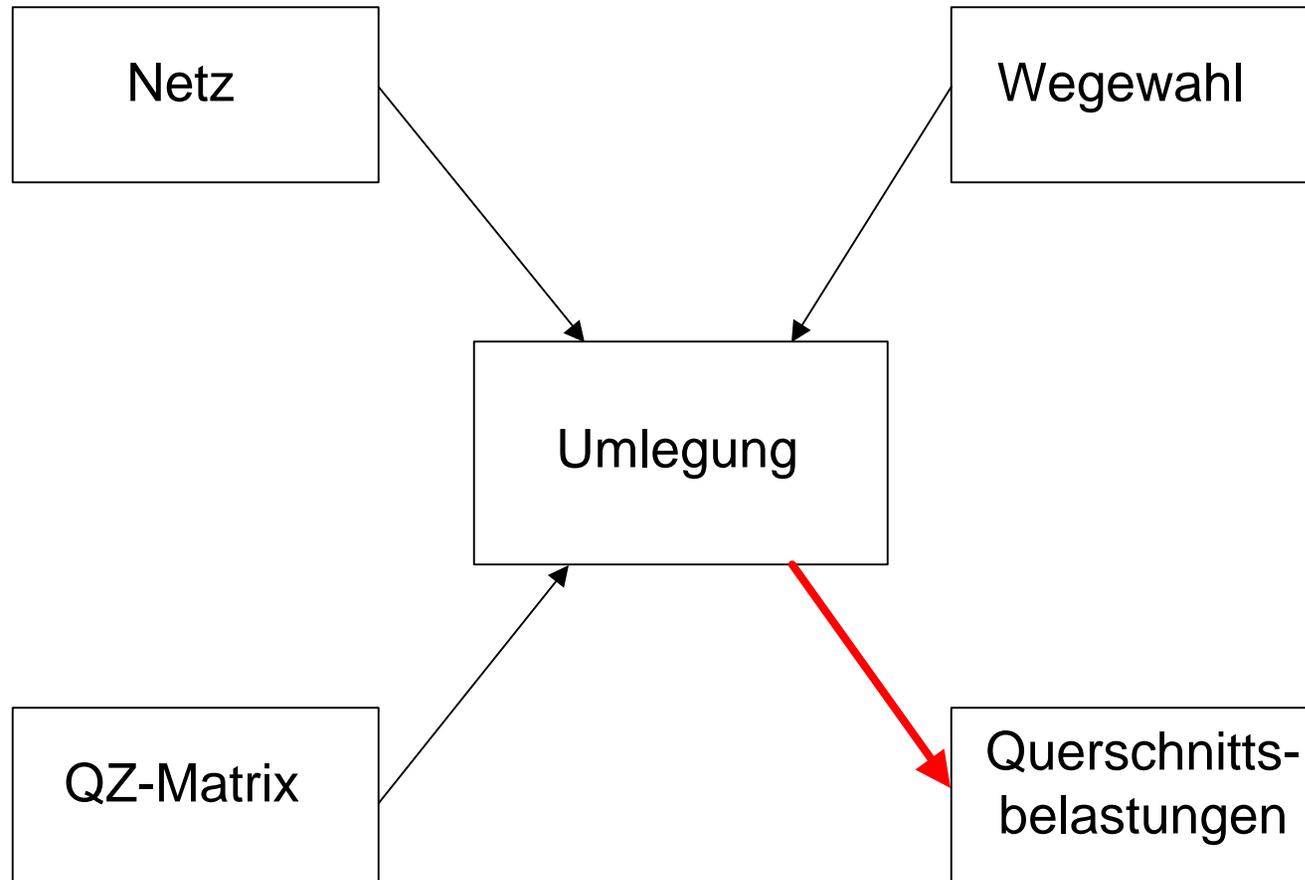
Umlegung

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

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

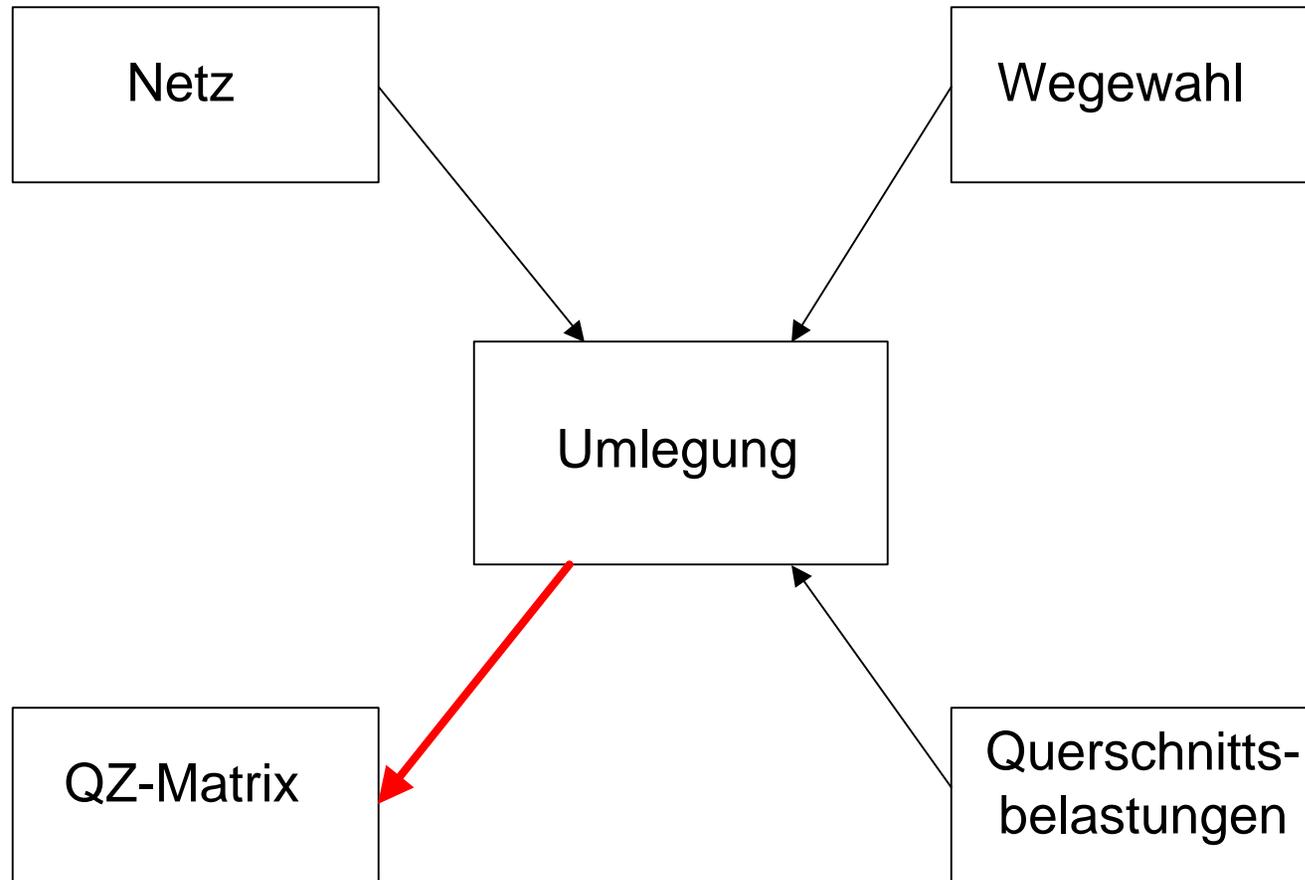
# Ansätze: Umlegung

---



# Ansätze: QZ-Schätzung

---



# Datenquellen für Entscheidungsmodelle

---

Entscheidungsmodelle:

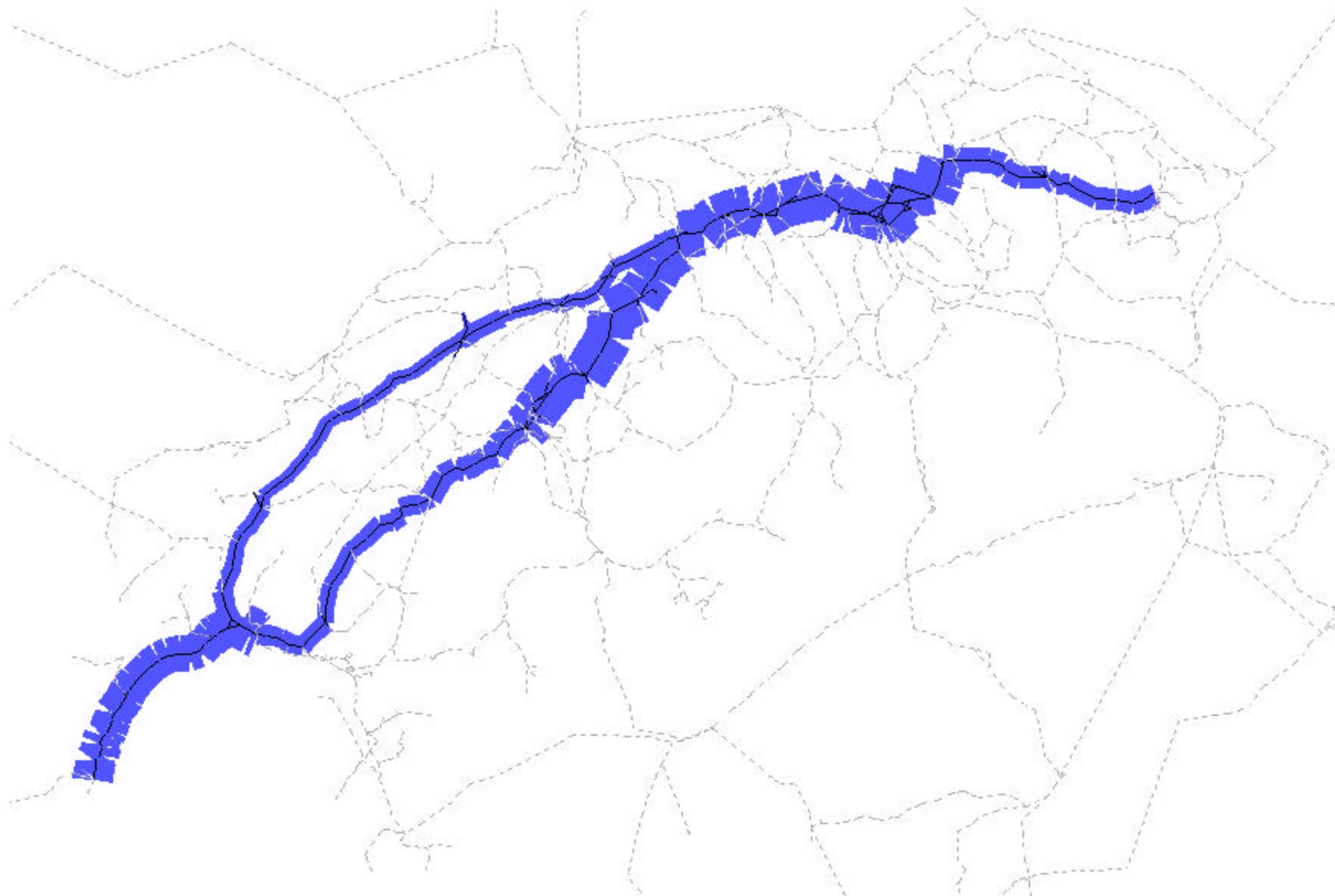
$$P_j(q) = f(X_{jq})$$

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

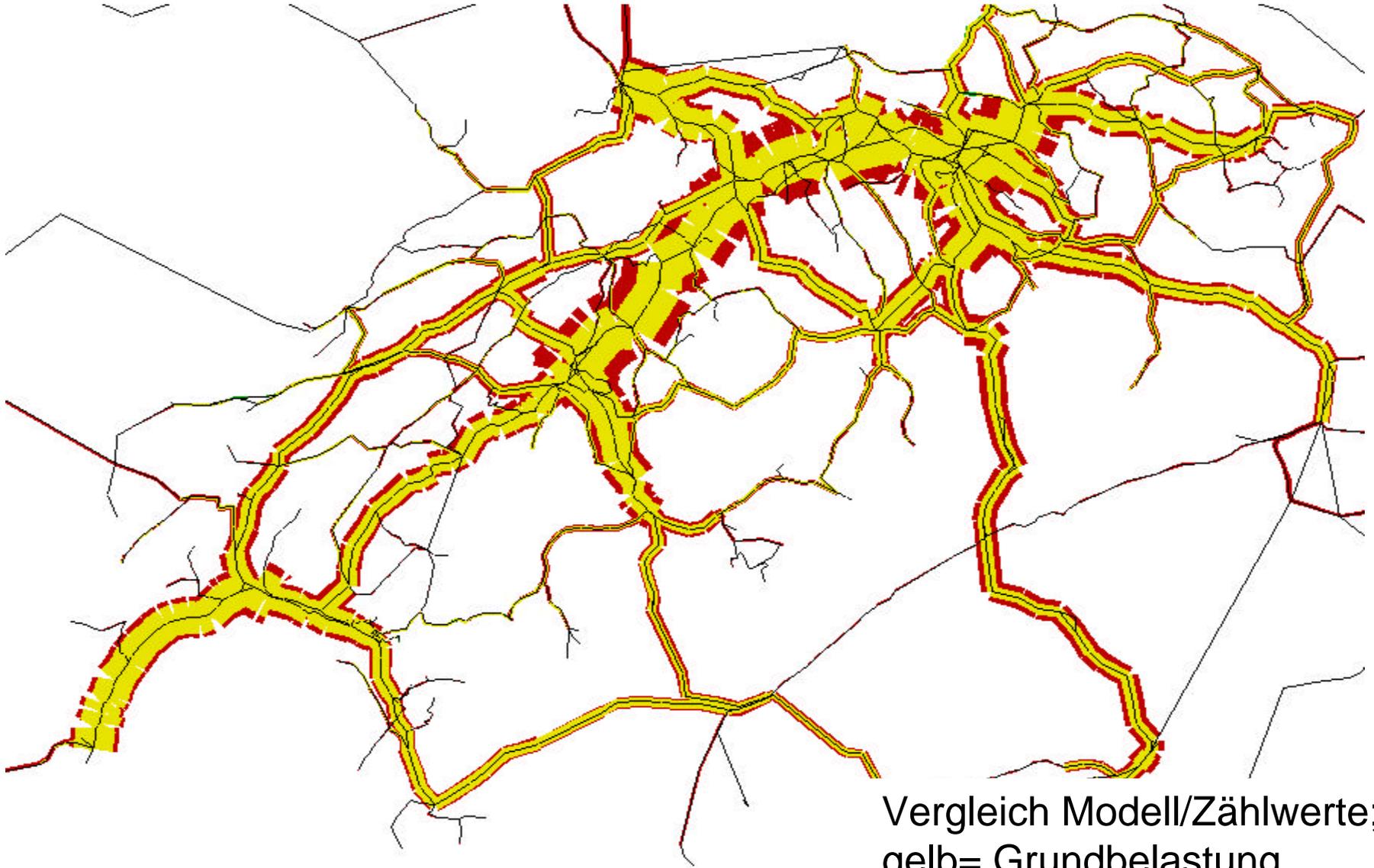
## Ist-Zustand: Arbeitsschritte

---

- 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

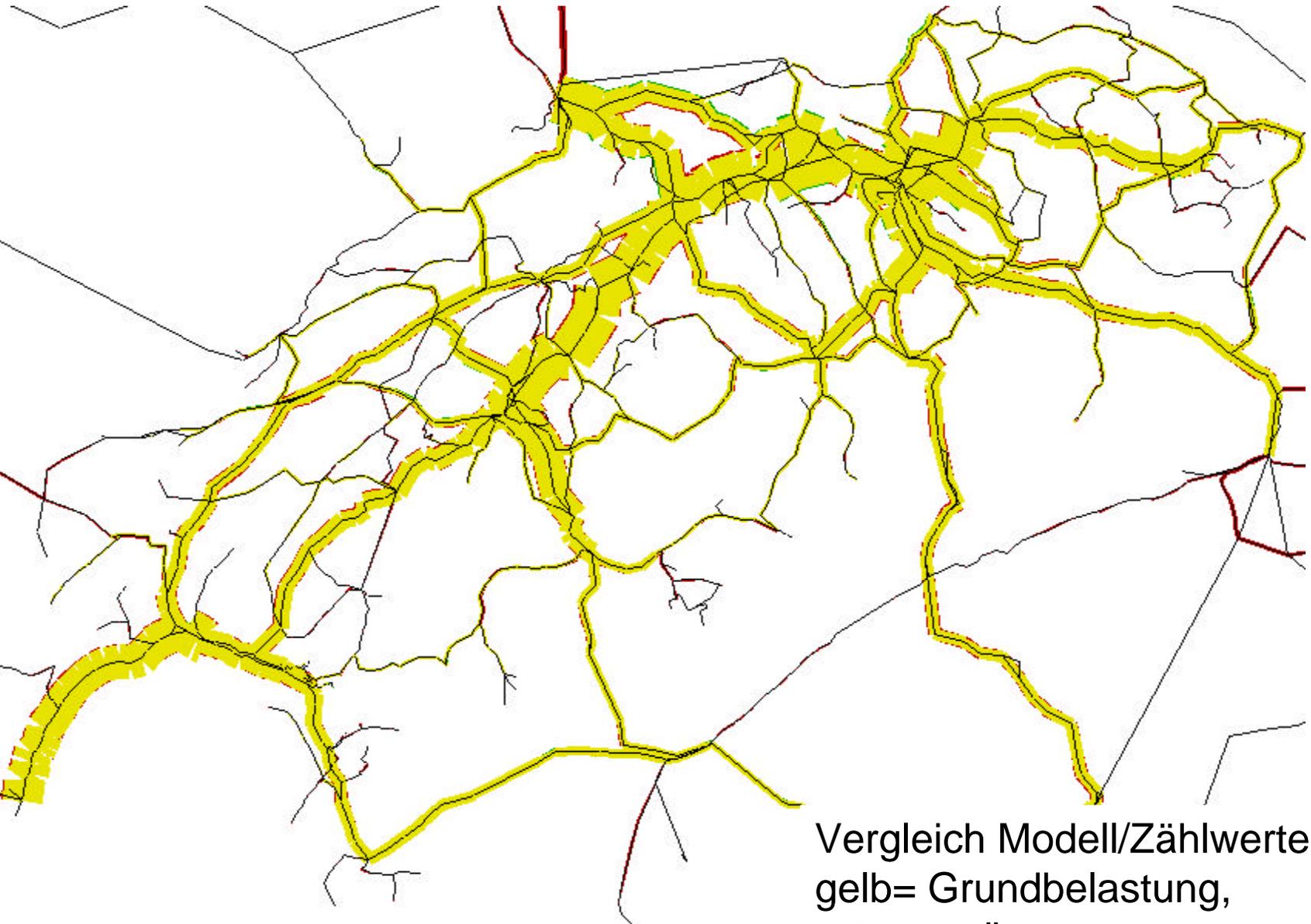
Vrtic; Massstab für Verkehrsmengen ist unbekannt



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

# Ist-Zustand: Netzbelastungen Schiene mit Kalibration

Vertic; Massstab für Verkehrsmengen ist unbekannt

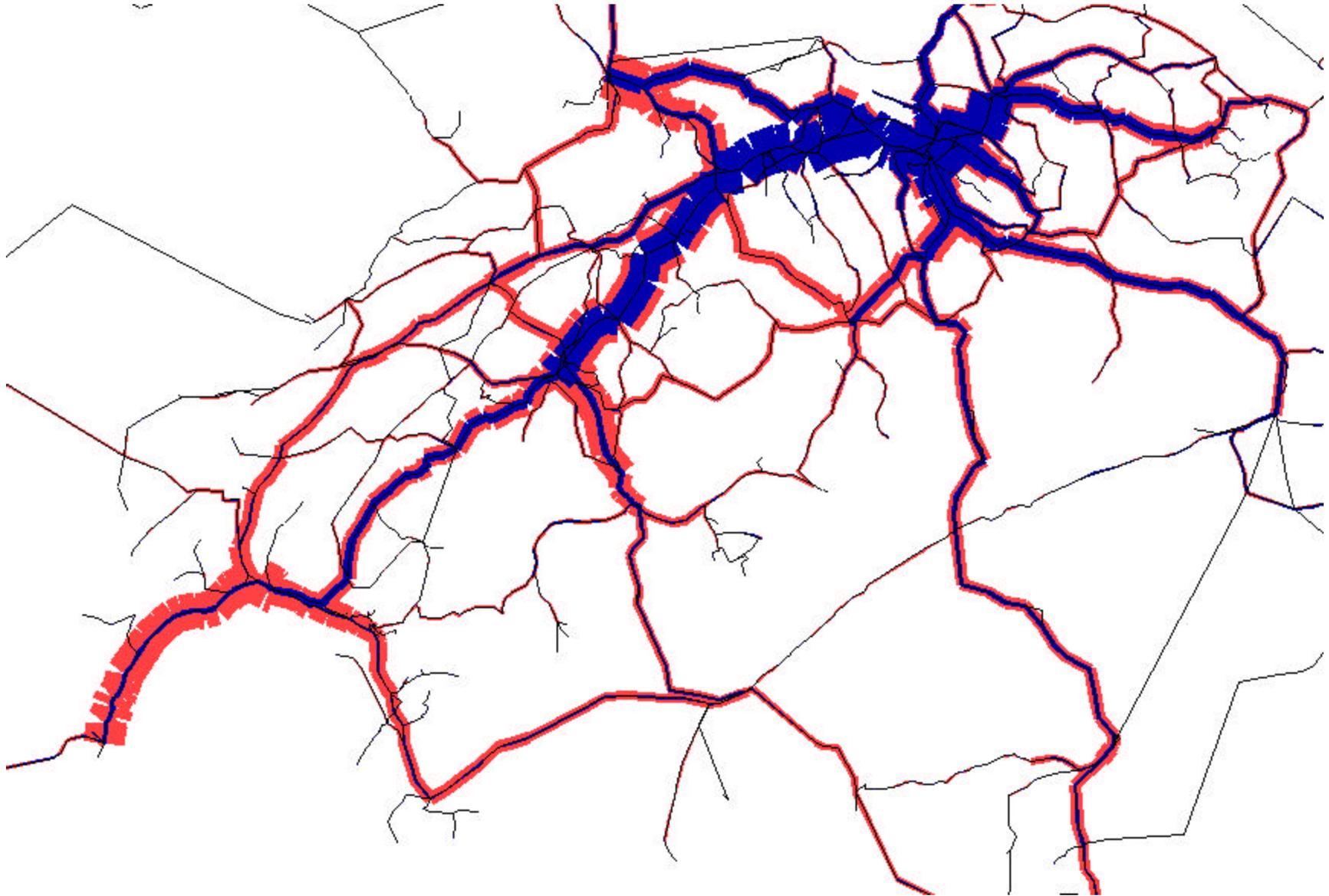


Vergleich Modell/Zählwerte;  
gelb= Grundbelastung,  
rot= +; grün= -

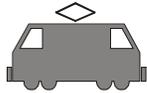
# Ist-Zustand: Knotenpunktsanalyse HB Zürich

---

Vrtic; Massstab für Verkehrsmengen ist unbekannt



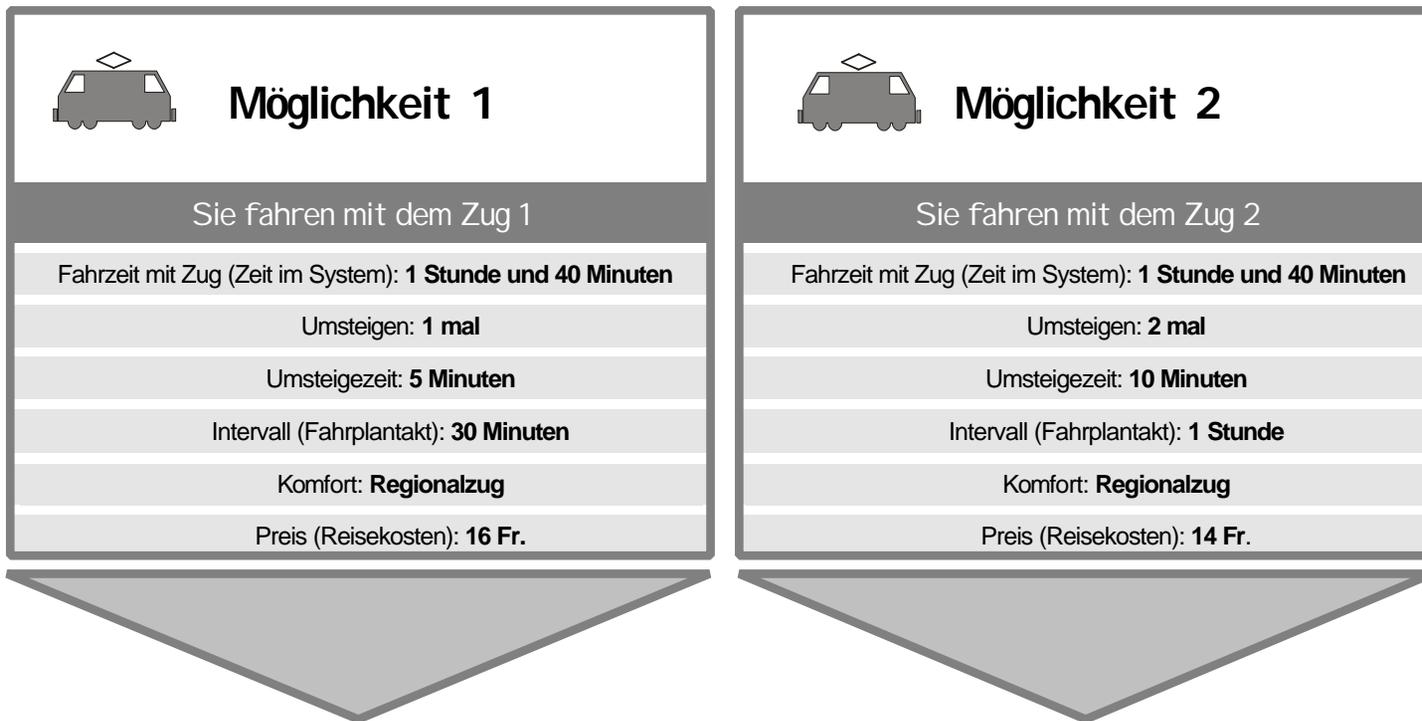
# SP-Befragung: Verkehrsmittelwahl

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

Ihre Wahl ?



# SP-Befragung: Routenwahl



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

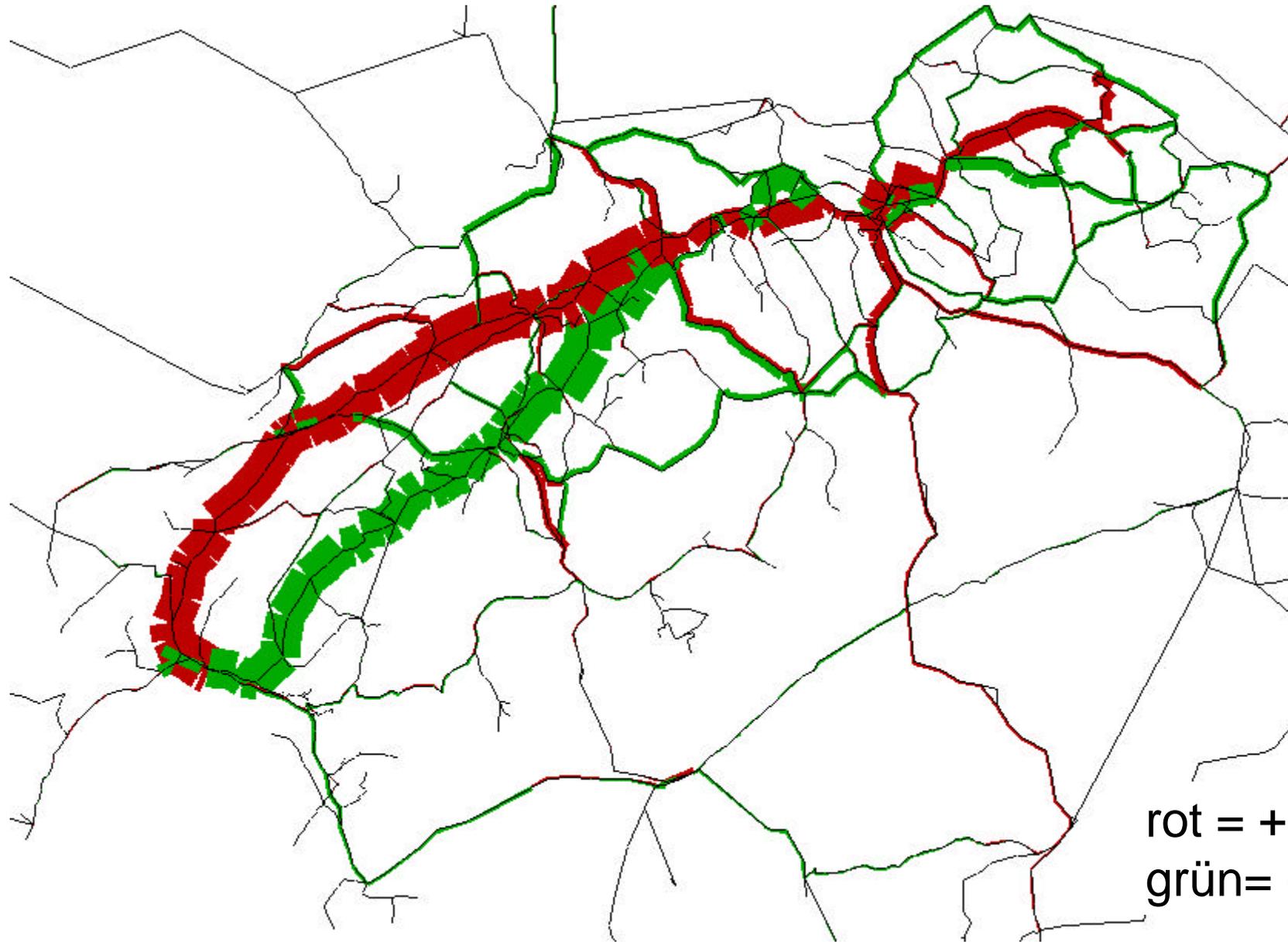
---

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

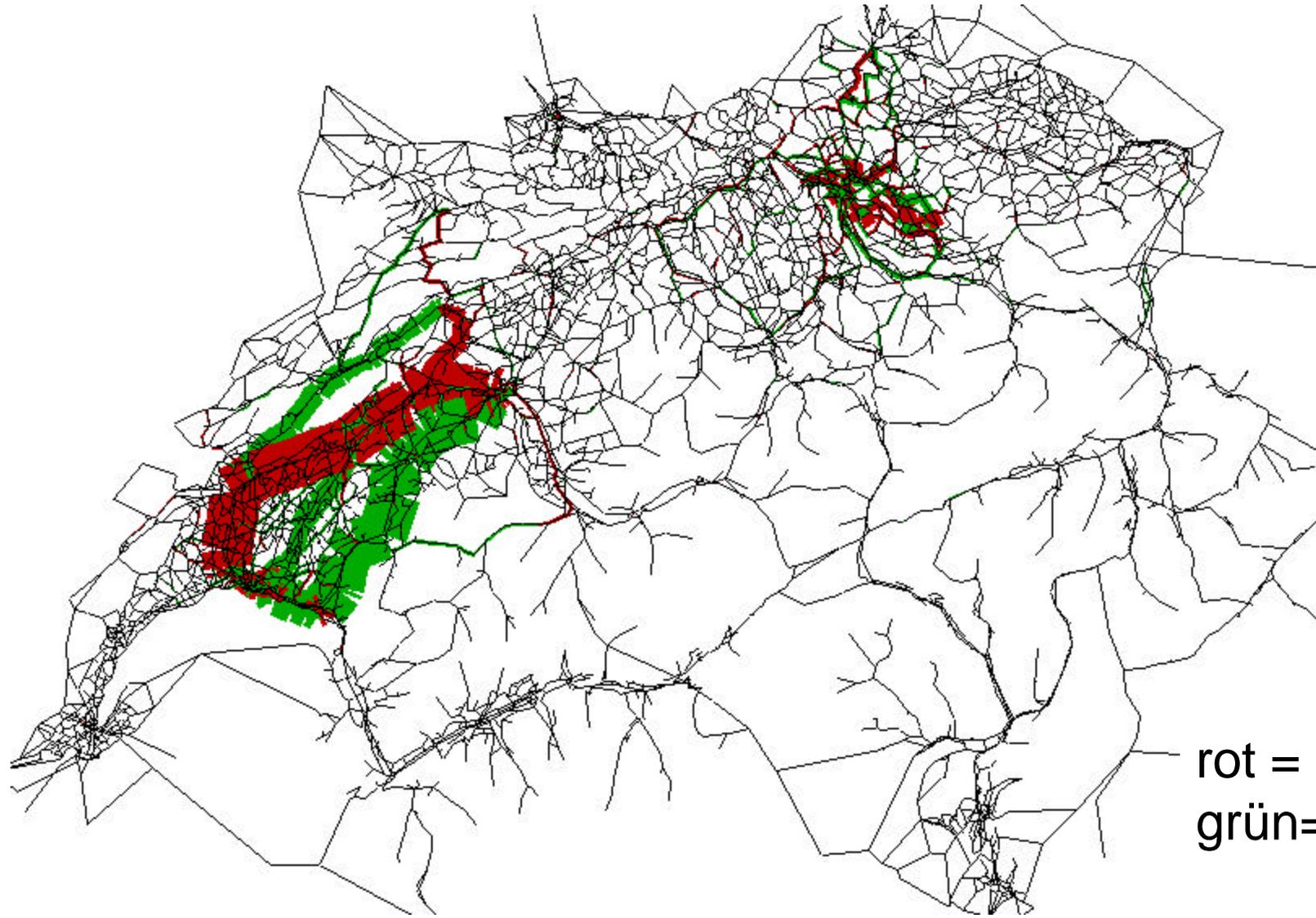


rot = +  
grün = -

# Veränderungen Routenwahl: Strassennetz (S1)

---

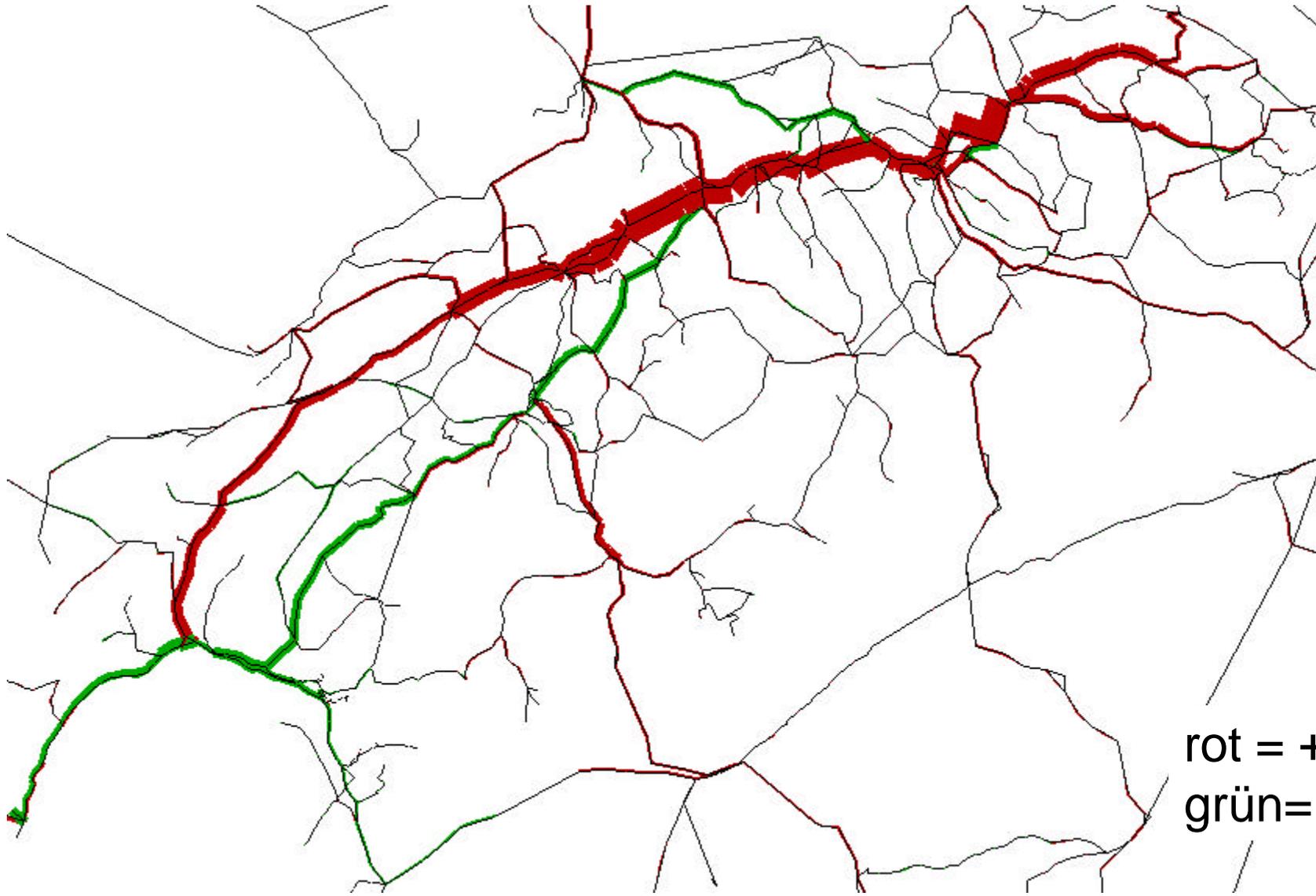
Vrtic; Massstab für Verkehrsmengen ist unbekannt



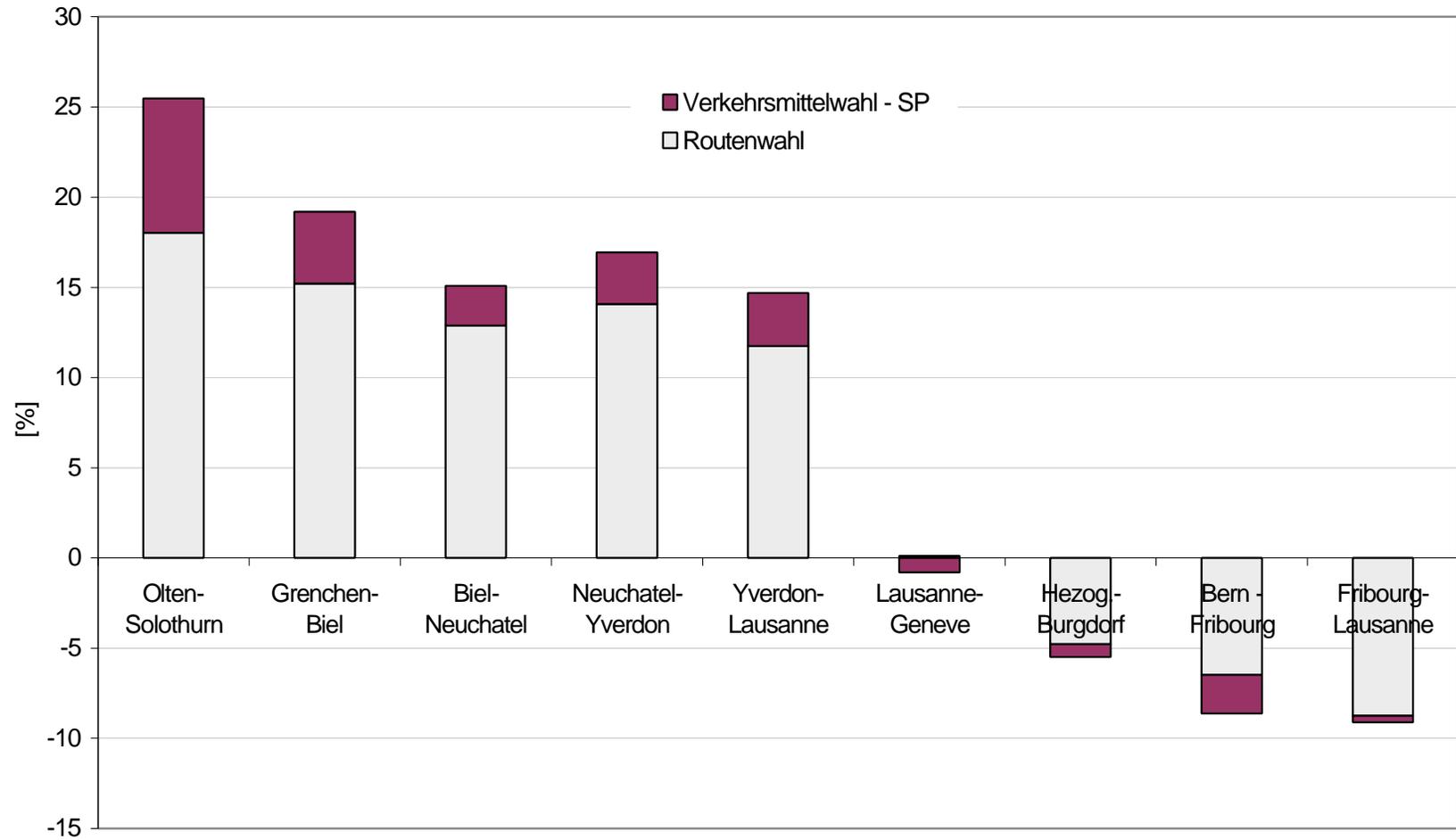
rot = +  
grün = -

# Veränderungen Verkehrsmittelwahl: Schienennetz (BS)

Vrtic; Massstab für Verkehrsmengen ist unbekannt

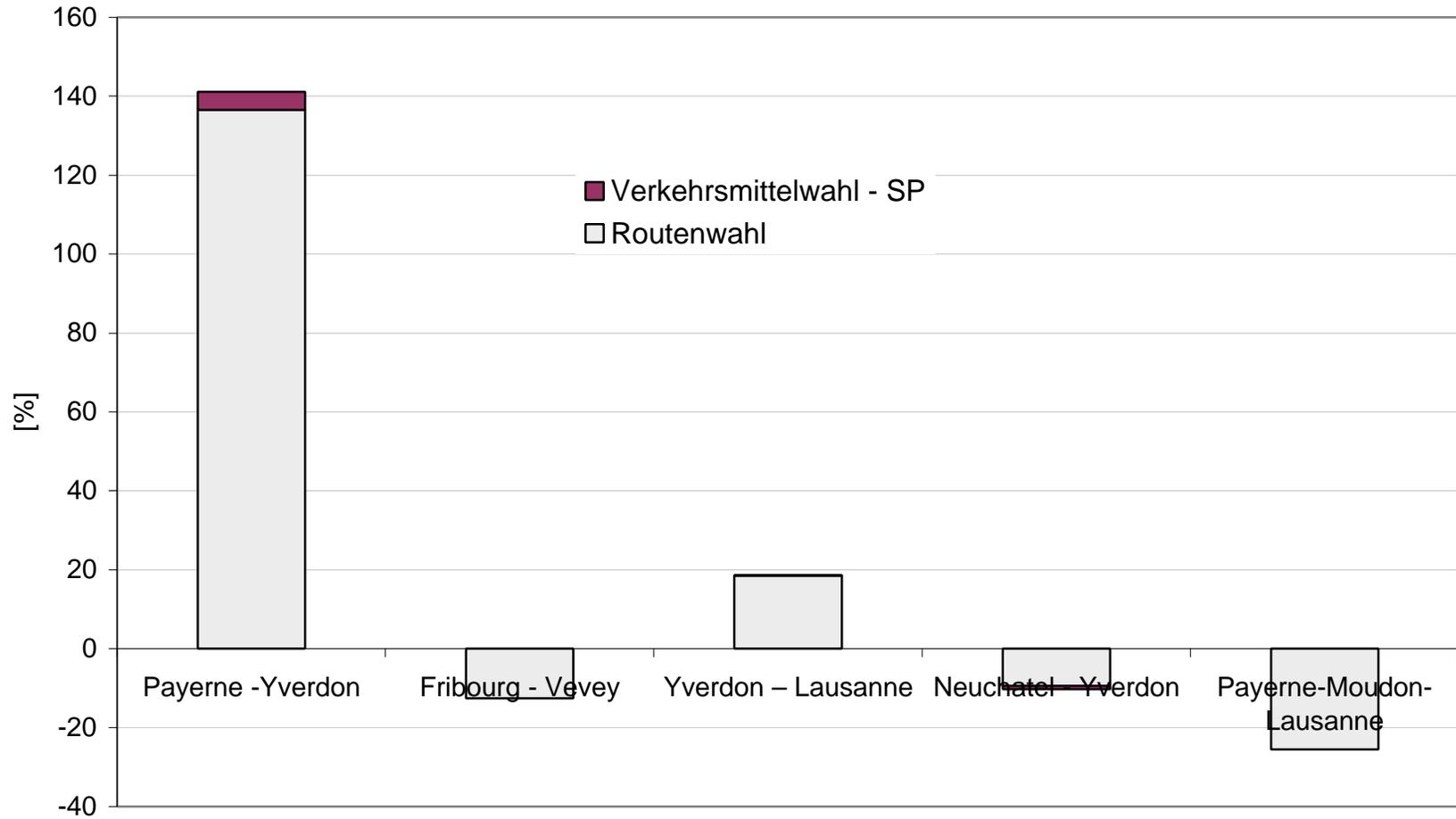


# Summe der Veränderungen: Bahn (BS)



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

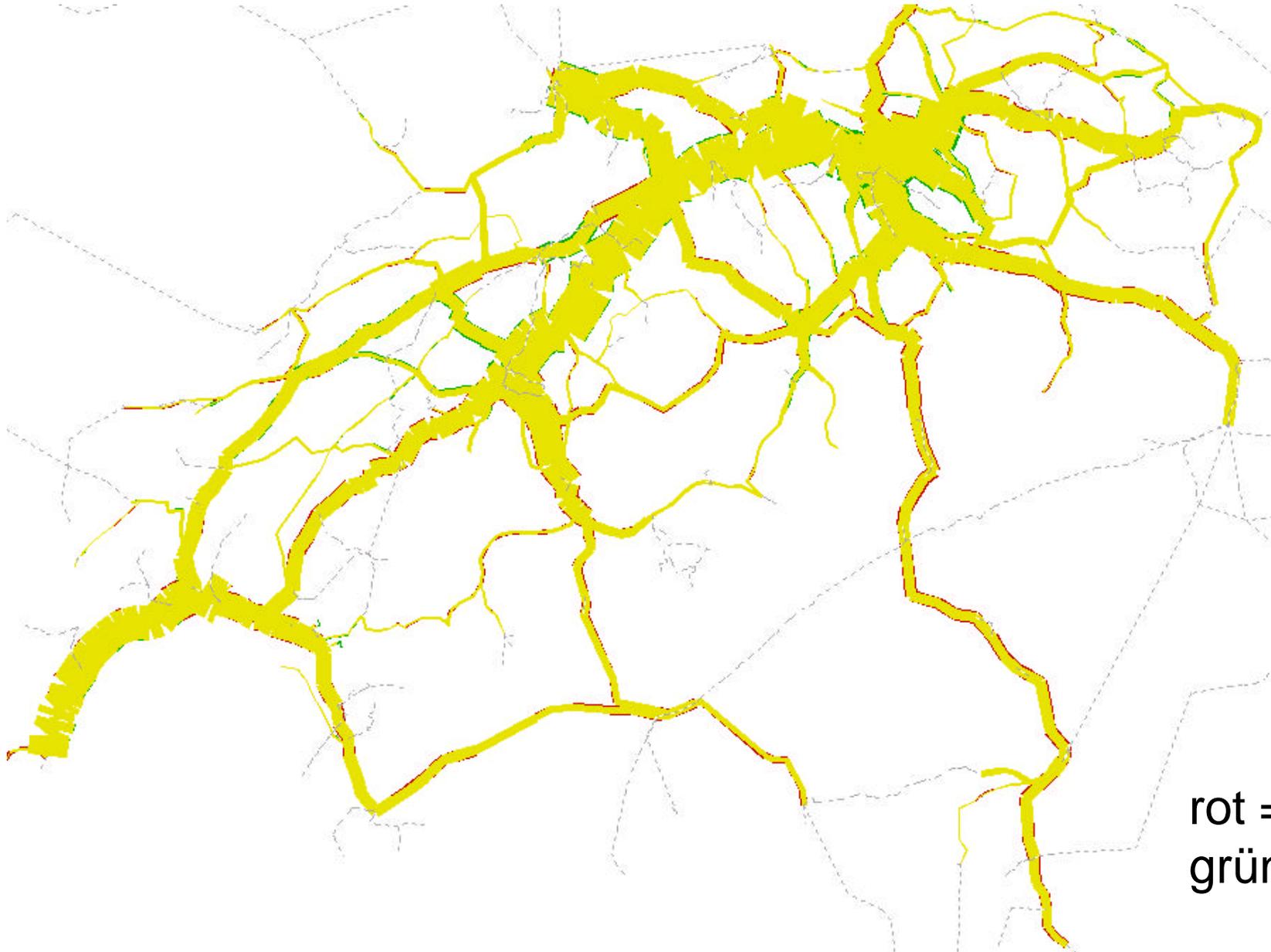
---

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

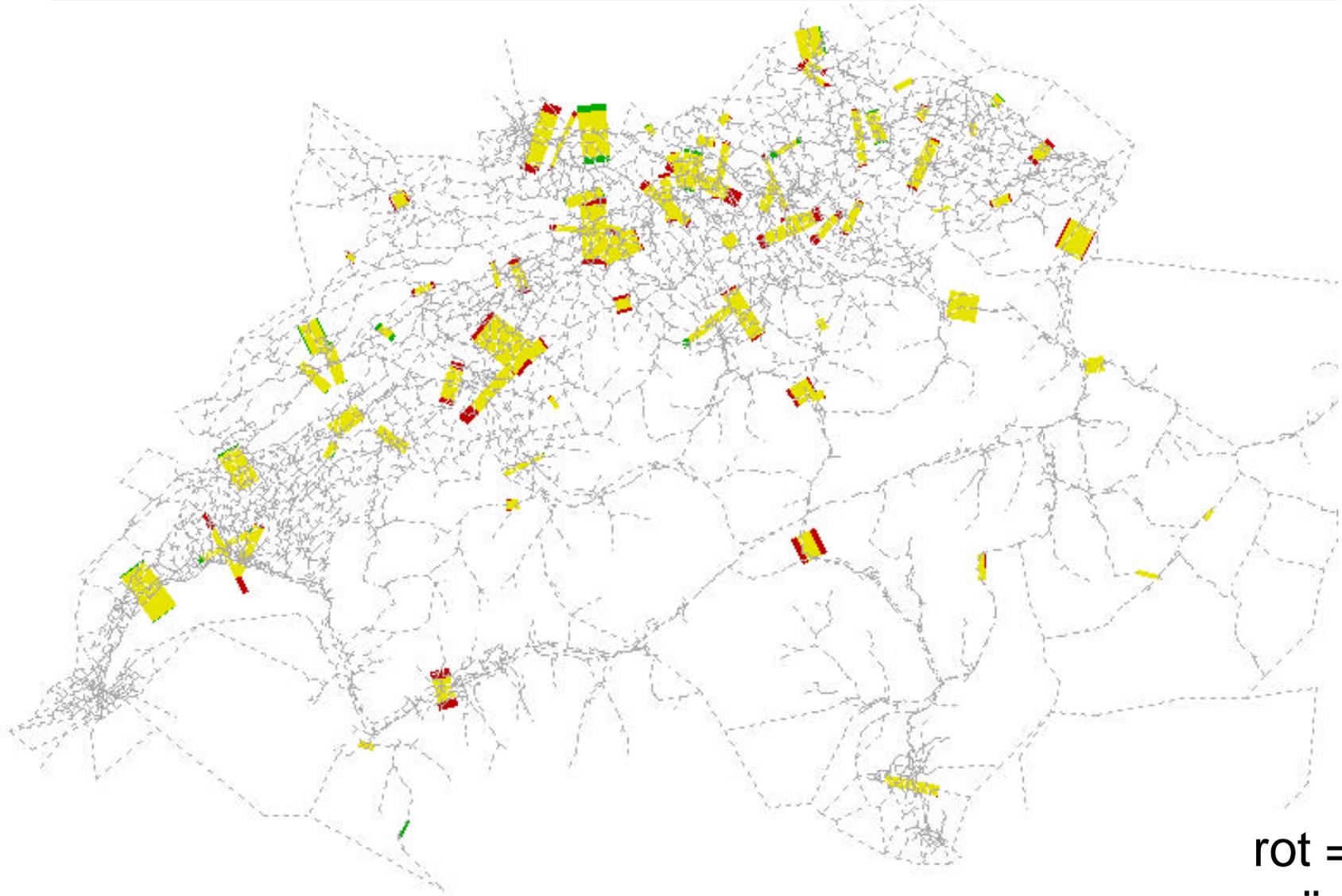


rot = +  
grün = -

# 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, Inglewood.