

## Bevorzugter Zitierstil für diesen Vortrag

---

Vrtic, M. (2005) Verkehrsmodell für den öffentlichen Verkehr des Kantons Zürich, Abschlusspräsentation, Zürich, November 2005.



# Verkehrsmodell für den öffentlichen Verkehr des Kantons Zürich

Milenko Vrtic

November 2005

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

**ETH**

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Ernst **Basler + Partner** AG

  
solutions for traffic

# Überblick

---

- Anforderungen an die Modelle
- Methodik und Arbeitsschritte
  
- Stated Preference-Befragungen
- Schätzung des Routen- und Verkehrsmittelwahl-Modells
  
- Erstellung des Verkehrsangebots
- Schätzung des simultanen Ziel- und Verkehrsmittelwahl-Modells
  
- Verkehrserzeugung
- Erstellung von Quell-Zielmatrizen (VISEVA)
- Plausibilisierung und Kalibration auf die Querschnittszählungen
  
- Schlussfolgerungen

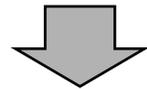
# Wirkung von Maßnahmen

## Verkehrsangebot

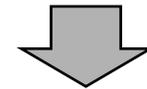
- Straßen- und Schienennetz
- Fahrpläne

## Siedlungsstruktur

- Einwohner
- Arbeitsplätze
- ...

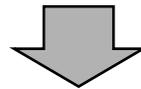


Verkehrsverhalten



## Wirkungsermittlung

Wer fährt wann wohin ?  
Mit welchem Verkehrsmittel ?  
Auf welcher Fahrtroute ?



## Wirkungen

- Verkehrsströme, Belastungen
- Reisezeiten, Emissionen
- ....

# Warum Modelle?

---



vereinfachtes Abbild der realen Welt.  
Modellgestützte Vorbereitung von  
Entscheidungen, die in der realen Welt  
getroffen werden.

# Aufgabe der Modellierung

---

**Verstehen** von Verkehrsverhalten unter heutigen Bedingungen

und

**Vorhersagen** von Verhaltensänderungen unter zukünftigen Bedingungen

# Anforderungen an Modelle

---

## **Logische Konsistenz**

keine inneren Widersprüche im Modellaufbau

## **Massnahmenempfindlichkeit**

zuverlässige Abbildung der untersuchten Maßnahmen

## **Handhabbarkeit**

vertretbarer Aufwand bei der praktischen Umsetzung

## **Transparenz**

Ergebnisse müssen jederzeit nachvollziehbar, wiederholbar und kontrollierbar sein

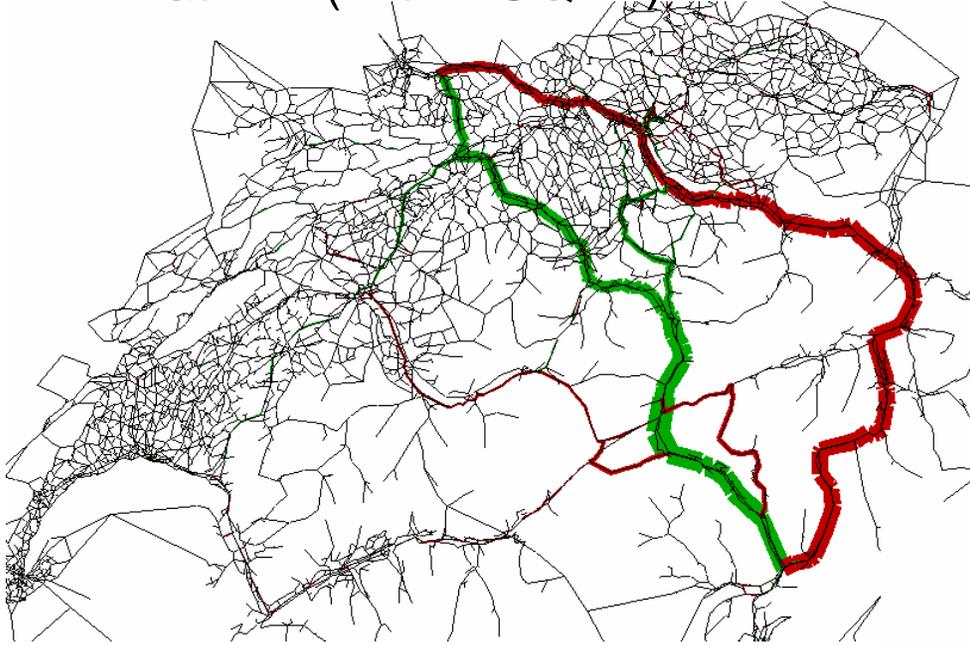
## **Validität**

Eingangsdaten und Ansätze müssen auf realen Erhebungen basieren

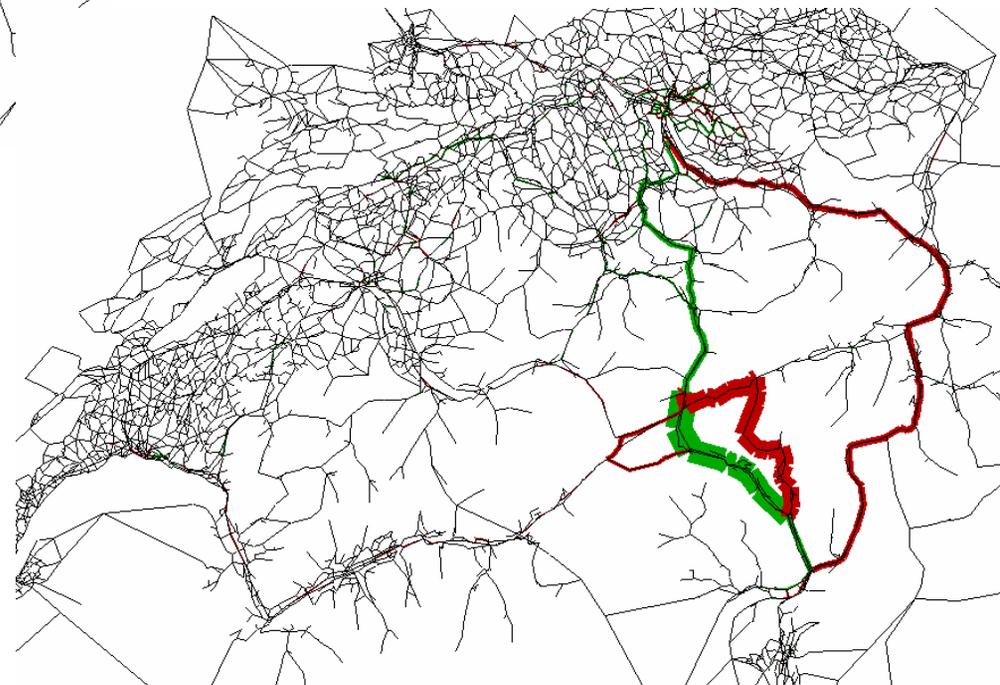
# Wirkung von Maßnahmen: Gotthard (geschlossen)

---

Matrix 1 (mit A+GQPV)



Matrix 2



# Verkehrsmodell für den öffentlichen Verkehr des Kantons Zürich

---

## Ziele

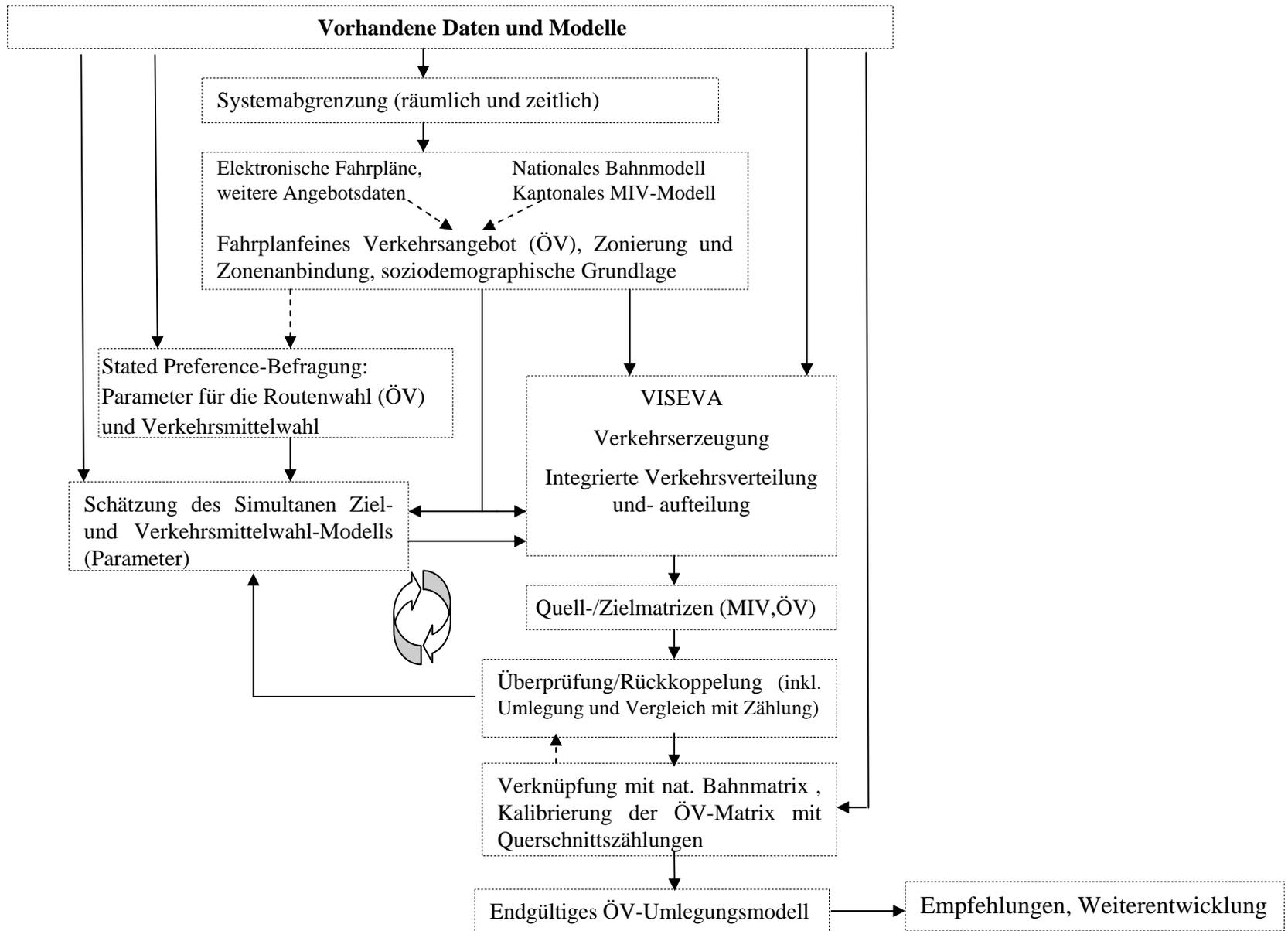
- Erstellung eines prognosefähigen und massnahmensensitiven kantonalen ÖV-Modells, einschliesslich der Schätzung der Parameter des Routenwahlmodells
- Erstellung eines Verkehrsmittelwahlmodells unter Berücksichtigung des ÖV, des MIV und des LIV

# Wesentliche Arbeitsschritte

---

- Durchführung einer Stated Preference-Befragung und die Schätzung des Routen- und Verkehrsmittelwahl-Modells
- Erstellung eines ÖV-Modells für den DWV
  - Abbildung des Verkehrsangebotes, Zonierung und Zonenanbindung
  - Abbildung von Routenwahlparameter und Umlegung
  - Erzeugung und Überprüfung der Quell-/Zielmatrizen, Kalibrierung der Quell-/Zielmatrix im ÖV auf die Querschnittszählungen

# Vorgehen



# Systemabgrenzung

---

- Modell für ein DWV
- Basisjahr 2003
- Untersuchungsgebiet: KVM
- Zonierung und Zonenanbindung
- Fahrtzwecke: Pendler-, Ausbildungs-, Einkauf-, Nutz- und Freizeitverkehr

# SP-Befragung: Routen- und Verkehrsmittelwahl Modell

---

## Zweistufige Stated Preference-Befragung

- Erhebung von durchgeführten Verkehrsverhalten (KEP)
- Durchführung von Stated Preference-Befragungen zum
  - Routenwahl im ÖV
  - Verkehrsmittelwahl
- Situative und standardisierte SP
- Versand: 1229 Fragebogen, Rücklauf: 871 Fragebogen (71%)
- ca. 6'500 Beobachtungen für Modellschätzungen

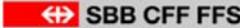
# SP-Befragung: Beispiel

---

| <b>TRAM, BUS &amp; BAHN 1</b>                                       | <b>TRAM, BUS &amp; BAHN 2</b>                                       |
|---|---|
| Zugangszeit zur Haltestelle oder zum Bahnhof:<br><b>15 Minuten.</b> | Zugangszeit zur Haltestelle oder zum Bahnhof:<br><b>12 Minuten.</b> |
| Es gibt eine Verbindung alle<br><b>10 Minuten.</b>                  | Es gibt eine Verbindung alle<br><b>10 Minuten.</b>                  |
| Fahrzeug:<br><b>Tram.</b>   | Fahrzeug:<br><b>Bus.</b>  |
| Reine Fahrzeit ohne Umsteigezeit:<br><b>20 Minuten.</b>             | Reine Fahrzeit ohne Umsteigezeit:<br><b>16 Minuten.</b>             |
| Fahrtkosten gesamt:<br><b>3,00 Fr.</b>                              | Fahrtkosten gesamt:<br><b>2,40 Fr.</b>                              |
| Sie müssen<br><b>1 mal umsteigen.</b>                               | Sie müssen<br><b>2 mal umsteigen.</b>                               |
| Gesamte Zeit für Umsteigen:<br><b>8 Minuten.</b>                    | Gesamte Zeit für Umsteigen:<br><b>5 Minuten.</b>                    |

← Ihre Wahl →

# SP-Befragung: Beispiel (Verkehrsmittelwahl)

|   |   |  |   |                             |   |
|---|---|--|---|-----------------------------|---|
| <b>AUTO</b>   |  | <b>TRAM, BUS &amp; BAHN</b>  |  ZVV<br>Zürcher Verkehrsverbund<br> | <b>Fuss</b>                 |  |
|   |   | Zugangszeit zur Haltestelle oder zum Bahnhof: <b>5 Minuten.</b>  |   |                             |   |
|   |   | Es gibt eine Verbindung alle <b>7,5 Minuten.</b>   |   |                             |   |
| Fahrzeit vom Start- zum Zielort: <b>5 Minuten.</b>  |   | Fahrzeit vom Start- zum Zielort: <b>10 Minuten.</b>  |   | Gehzeit: <b>30 Minuten.</b> |   |
|   |   | Sie müssen <b>nicht umsteigen.</b>   |   |                             |   |
| Fahrtkosten gesamt: <b>1,50 Fr.</b>   |   | Fahrtkosten gesamt: <b>1,80 Fr.</b>  |   |                             |   |
| Wahrscheinlichkeit einer Verspätung von 10 Minuten: <b>20%.</b><br>D.h. im Schnitt bei 20 Fahrten <b>4 mal</b> um 10 Minuten verspätet. |   | Wahrscheinlichkeit einer Verspätung von 10 Minuten: <b>0%.</b><br>D.h. im Schnitt bei 20 Fahrten <b>keinmal</b> um 10 Minuten verspätet. |   |                             |   |
| <input type="checkbox"/>  | <b>← Ihre Wahl →</b>  | <input type="checkbox"/>   | <b>← Ihre Wahl →</b>  | <input type="checkbox"/>    |   |

# SP-Befragung: Ausprägungen (Routenwahl)

---

| Einflussgrösse<br>(nur Route 2 wird variiert) | Ausprägungen   |
|---|--|
| Komfort                                       | Bus, Tram, S-Bahn, Regionalzug, Zug, ICN-Zug   |
| Fahrzeit                                      | - 40%, - 20%, 0%, + 20%, + 40%   |
| Umsteigehäufigkeit                            | - 1, 0, + 1  |
| Umsteigezeit                                  | - 30%, 0%, + 30%   |
| Intervall                                     | 2 Stufen schlechter, 1 Stufe schlechter, gleich,<br>eine Stufe besser, 2 Stufen besser |
| Preis   | - 40%, - 20%, 0, + 20%, + 40%  |

---

# SP-Befragung: Ausprägungen (Verkehrsmittelwahl)

---

| Einflussgrösse          | Ausprägungen  |
|-------------------------|---|
| LIV                     | - 40%, - 20%, 0%, + 20%, + 40%  |
| Zugangszeit (ÖV)        | - 40%, - 20%, 0%, + 20%, + 40%  |
| Fahrzeit im System (ÖV) | - 40%, - 15%, 0%, + 10%, + 30%  |
| Fahrtzeit (IV)          | - 30%, - 10%, 0%, + 20%, + 40%  |
| Umsteigehäufigkeit (ÖV) | -1 mal, 0 mal, + 1 mal  |
| Intervall(ÖV)           | 2 Stufen schlechter, 1 Stufe schlechter, gleich, eine Stufe besser, 2 Stufen besser |
| Preis (ÖV)              | - 20%, - 5%, 0%, + 20%, + 40%   |
| Preis (IV)              | - 15%, 0%, + 15%, + 30%, + 45%  |
| Verlässlichkeit (ÖV)    | <i>Wahrscheinlichkeit einer Verspätung von 10 min</i><br>0%, + 10%, + 25%           |
| Verlässlichkeit (IV)    | <i>Wahrscheinlichkeit einer Verspätung von 10 min</i><br>+ 5%, + 20%, + 30%         |

---

# SP-Modellschätzung: Verkehrsmittelwahl

---

Nutzenfunktionen:

LIV= Konstante LIV \* one + Fahrzeit LIV \* livzeit

MIV = Kosten \* mivpreis + Fahrzeit MIV \* mivzeit +  
Autoverfügbarkeit \* autof + MIV Verlässlichkeit \* mivzuv

ÖV= Kosten \* oevpreis + Fahrzeit ÖV \* oevzeit + Erwerbstätig  
\* erwerb + HalbTax \* ht + GA \* ga + Andere Abos \*  
andabos + ÖV Takt \* takt + Zugangszeit \* zugang +  
Umsteigen \* umsteig + Verlässlichkeit ÖV \* oevzuv

$$P_{gj} = \frac{e^{V_{gj}}}{\sum_{i=1}^N e^{V_{gi}}}$$

# SP-Ergebnisse

---

- Modellparameter
- Zeitwerte
- Nachfrageelastizitäten

# Ergebnisse: Verkehrsmittelwahl Parameter

---

|                   | Parameter |
|-------------------|-----------|
| Konstante LIV     | -6.77     |
| Andere ÖV-Abos    | 1.01      |
| GA                | 1.95      |
| HalbTax           | 0.99      |
| Autoverfügbarkeit | 1.09      |
| <br>              |           |
| Kosten [CHF]      | -0.05     |
| <br>              |           |
| Fahrtzeit LIV [h] | -5.12     |
| Fahrtzeit MIV [h] | -0.89     |
| Fahrtzeit ÖV [h]  | -0.61     |
| <br>              |           |
| ÖV Takt [h]       | -0.45     |
| Umsteigen         | -0.30     |
| Zugangszeit [h]   | -2.10     |

# Verkehrsmittelwahl: Relative Bewertung der Einflussgrößen

---

|   | Alle<br>Fahrtzwecke | Pendler | Nutzfahrt | Einkauf | Freizeit |
|---|---------------------|---------|-----------|---------|----------|
| Zeitwert MIV-Fahrzeit [CHF/h]           | 17.9                | 8.1     | 64.6      | 10.7    | 14.7     |
| Zeitwert ÖV-Fahrzeit [CHF/h]            | 12.2                | 7.4     | 40.3      | 9.3     | 10.9     |
| Zeitwert Intervall [CHF/h]              | 8.9                 | 3.1     | 42.3      | 1.8     | 7.7      |
| Umsteigewert [CHF/Umsteige]             | 6.1                 | 2.2     | 10.7      | 1.4     | 5.1      |
| Verlässlichkeit MIV*<br>[CHF/Wahrsch.%] | 0.2                 | 0.1     |           | 0.2     |          |
| Verlässlichkeit ÖV*<br>[CHF/Wahrsch.%]  | 0.2                 | 0.1     |           | 0.2     |          |

(\*) Wahrscheinlichkeit für eine Verspätung von min. 10 min

# Verkehrsmittelwahl: Nachfrageelastizitäten aus SP-Daten

---

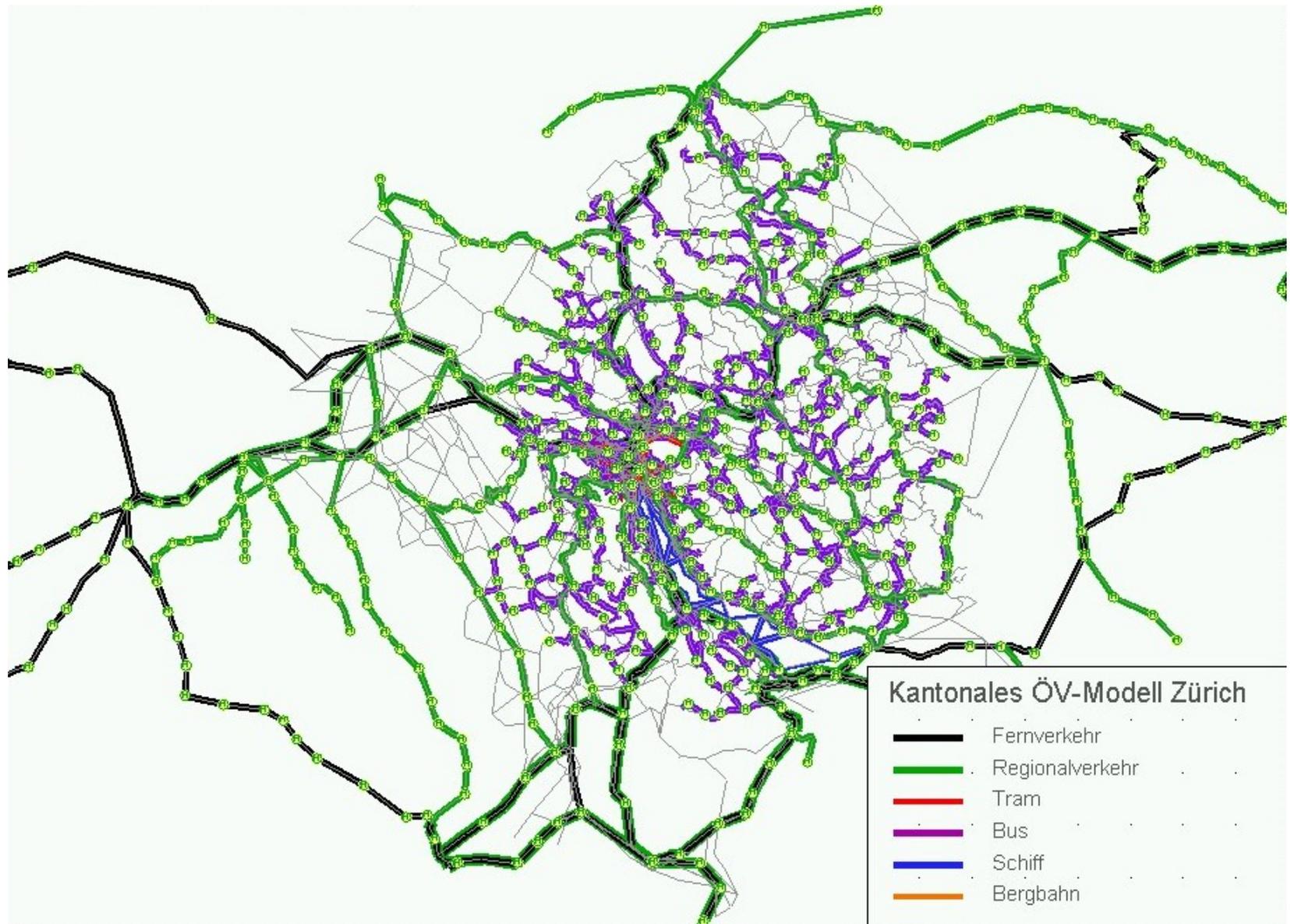
| Variable        | Nachfrage | Alle Fahrtzwecke | Pendler | Freizeit |
|-----------------|-----------|------------------|---------|----------|
| Reisezeit MIV   | PW        | -0.320           | -0.346  | -0.279   |
|                 | ÖV        | 0.598            | 0.513   | 0.578    |
| Preis MIV       | PW        | -0.311           | -0.512  | -0.322   |
|                 | ÖV        | 0.580            | 0.760   | 0.666    |
| Fahrtzeit ÖV    | PW        | 0.275            | 0.373   | 0.230    |
|                 | ÖV        | -0.514           | -0.554  | -0.476   |
| Preis ÖV        | PW        | 0.319            | 0.477   | 0.337    |
|                 | ÖV        | -0.596           | -0.709  | -0.697   |
| Zugangszeit ÖV  | PW        | 0.263            | 0.451   | 0.201    |
|                 | ÖV        | -0.492           | -0.670  | -0.417   |
| Intervall ÖV    | PW        | 0.102            | 0.150   | 0.110    |
|                 | ÖV        | -0.191           | -0.223  | -0.228   |
| Umsteigezahl ÖV | PW        | 0.141            | 0.123   | 0.192    |
|                 | ÖV        | -0.264           | -0.182  | -0.398   |

# Verkehrsangebot

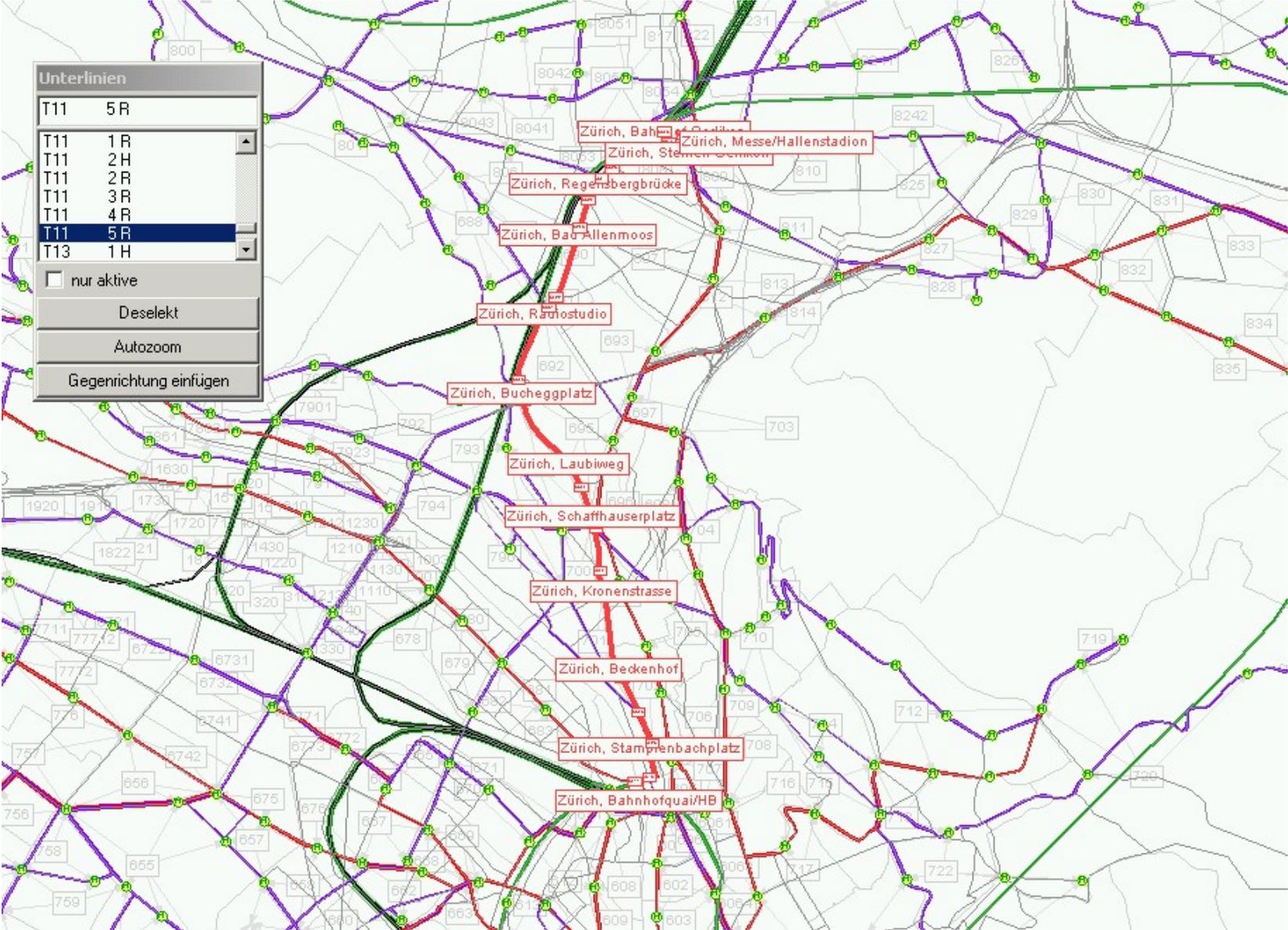
---

- Verkehrsangebot, Zonierung und Zonenanbindung
  - Elektronische Fahrpläne ZVV und SBB
  - Strassennetz aus KVM
  - Zonierung
  - Mehrfache Zonenanbindung
- Vollständiger ÖV-Fahrplan für einen Werktag

# ÖV-Netzangebot



# Darstellung Tram-Linie 11



# Vollständige ÖV-Fahrplan für eine Werktag

---

2721 Haltestellen, 383 Linien mit 1579 Unterlinien

- Fernverkehr: 49 Linien
- Regionalverkehr: 67 Linien
- Tram: 13 Linien
- Bus: 236 Linien
- Schiff: 5 Linien
- Bergbahn: 3 Linien

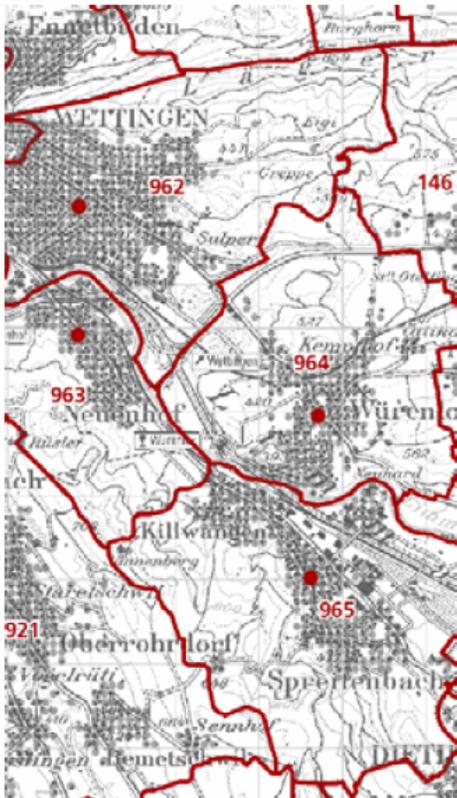
# Zonierung

---

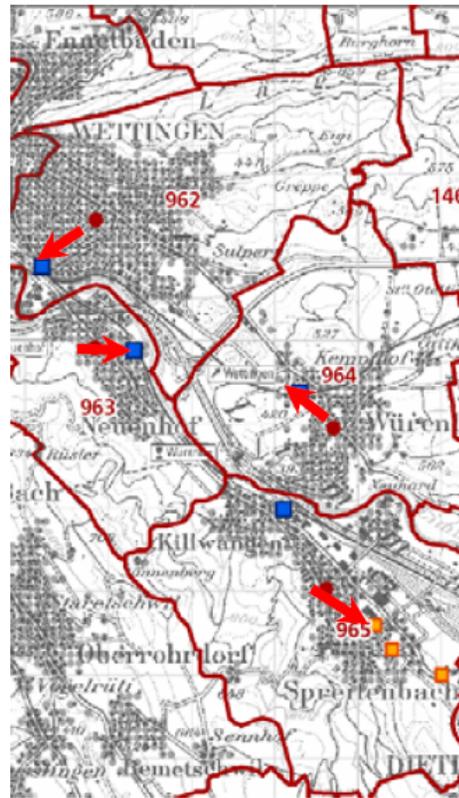


# Anbindungen

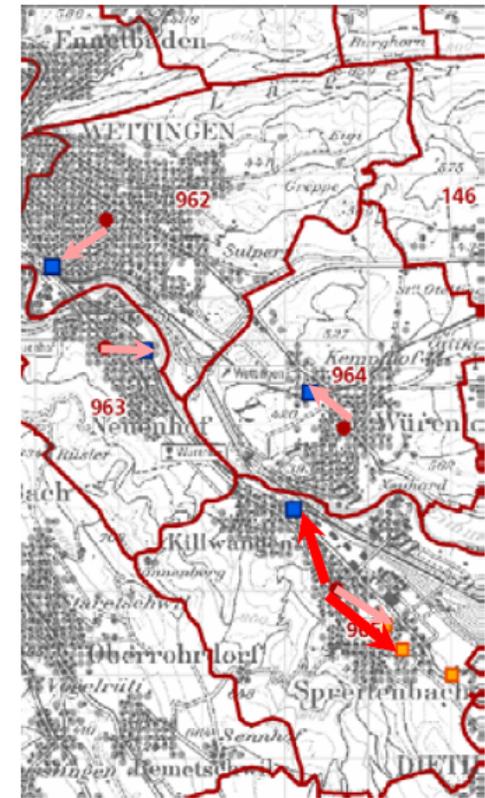
1 Siedlungsschwerpunkte der Zonen (basierend auf Hektarraster VZ1990):



2 Anbindung an nächstgelegene Haltestelle (Bahn oder Bus)



3 Anbindung an weitere Haltestellen (Bus <300m, Bahn <750m und Buffer von 50m um Grenze)

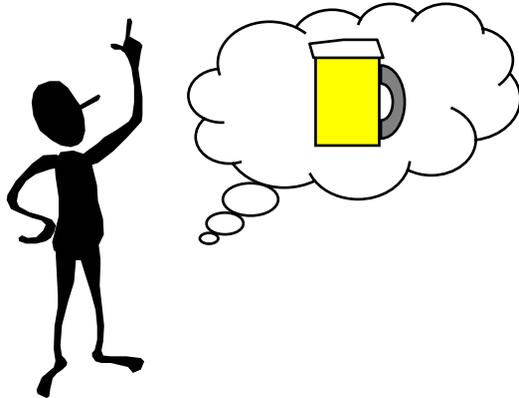


- Manuelle Überprüfung und Anpassung

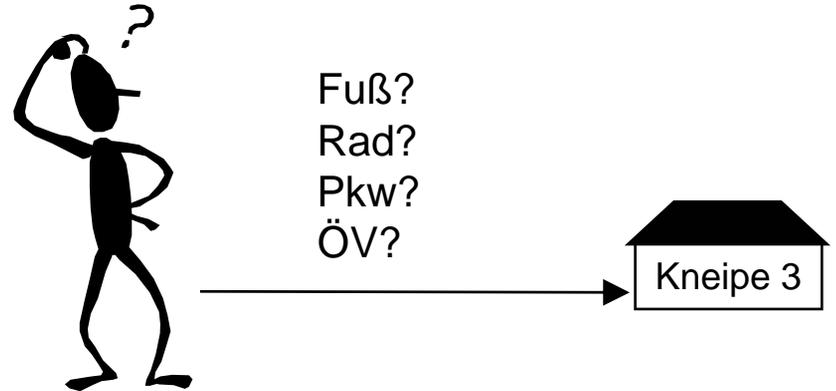
# Wie modelliert man Verkehrsnachfrage?

---

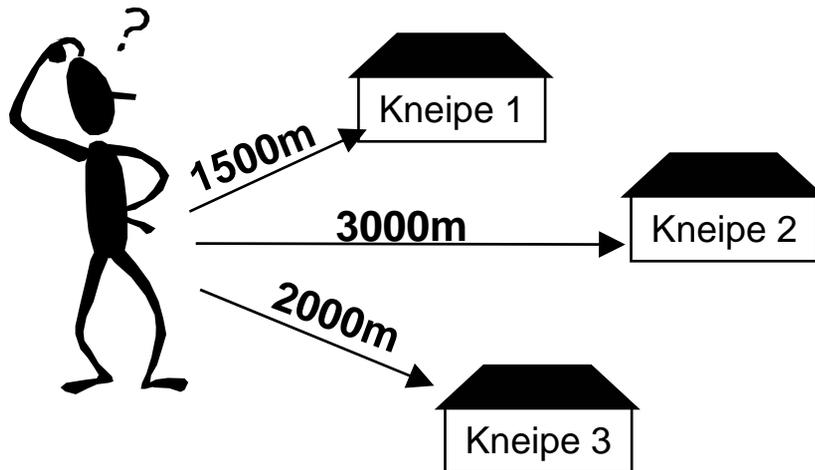
## Aktivitätenbedürfnis ?



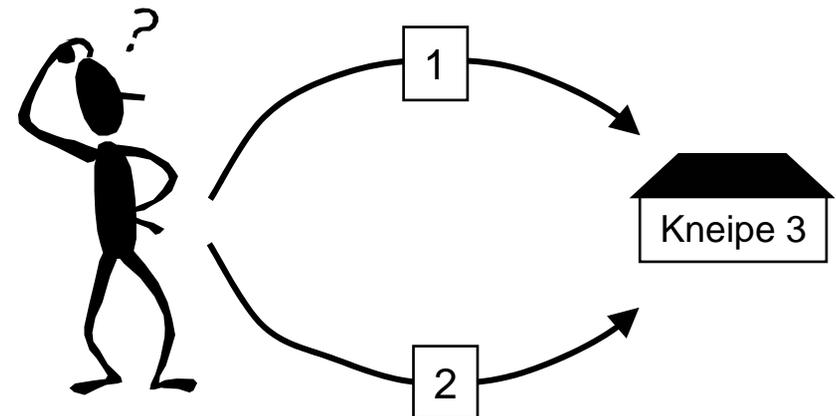
## Welcher Modus ?



## Welches Ziel ?



## Welche Route ?



# Erzeugung der Quell-/Zielmatrizen

---

- Verkehrspotential: Verkehrserzeugung und Verkehrsanziehung der Zonen
- Schätzung von weiteren Modellparametern – simultanes Ziel- und Verkehrsmittelwahl-Modell für die Nachfrageverteilung und -aufteilung
- Berechnung der Quell-Ziel-Matrizen und Eichung der Matrixstruktur (VISEVA)
- Plausibilisierung
- Kalibration auf die Querschnittszählungen

# Matrixerstellung

---

- Matrixerstellung mit VISEVA für 17 Quell-Ziel-Gruppen im
  - MIV
  - ÖV
  - LIV

# Definition der Quell-Ziel-Gruppen (17)

|           |   | Wohnung | Arbeit | Bildung | Nutzfahrt                        | Einkauf | Freizeit |
|-----------|---|---------|--------|---------|----------------------------------|---------|----------|
|           |   | W       | A      | B       | N                                | E       | S        |
| Wohnung   | W | -       | WA (1) | WB (1)  | WN (1)                           | WE (1)  | WS (1)   |
| Arbeit    | A | AW (2)  |        |         |                                  |         |          |
| Bildung   | B | BW (2)  |        |         |                                  |         |          |
| Nutzfahrt | N | NW (2)  |        |         | AS, NS, ES<br>SA, SN, SE, SS (3) |         |          |
| Einkauf   | E | EW (2)  |        |         |                                  |         |          |
| Freizeit  | S | SW (2)  |        |         |                                  |         |          |

# Verkehrserzeugung und Verkehrsanziehung

---

Berechnung des Verkehrsaufkommens der Zone mit disaggregiertem (Quell/Zielgruppen, Personengruppen) und verhaltensorientiertem Kennwertmodell

- Raumstrukturdaten
  - Einwohner nach Altersstruktur
  - Beschäftigte und Arbeitsstätten
  - Auszubildende (Schüler, Fach- und Hochschule)
  - Verkaufsfläche
  - Freizeiteinrichtungen, Gastronomie, Grosseinricht., Kulturangebot, Erholungs- und Grünanlagen usw.
- Verhaltensdaten:
  - Spezifisches Verkehrsaufkommen pro QZG und Strukturgrösse

# Strukturgrößen der Flächennutzung

| QZG  | Strukturgröße $SQ_i$<br>des Quellverkehrsbezirks $i$   | Strukturgröße $SZ_j$<br>des Zielverkehrsbezirk $j$  |
|--|--|---|
| WA (Pendler)<br>WB (Ausbild.)<br>WD (Nutzfahrt)<br>WE (Einkauf)<br>WS (Freizeit,<br>Sonstiges) | Erwerbstätige<br>Einwohner<br>Erwerbstätige<br>Einwohner nach Altersklassen<br>Einwohner nach Altersklassen  | Beschäftigte<br>Ausbildungsplätze<br>Beschäftigte<br>Verkaufsfläche<br>Kulturangebot, Gastronomie, Grosseinricht., Erholungs- und Grünanlagen.... |
| AW (Pendler)<br>BW (Ausbild.)<br>DW (Nutzfahrt)<br>EW (Einkauf)<br>SW (Freizeit,<br>Sonstiges) | Beschäftigte<br>Ausbildungsplätze<br>Beschäftigte<br>Verkaufsfläche<br>Kulturangebot, Gastronomie, Grosseinricht., Erholungs- und Grünanlagen, Einwohner | Erwerbstätige<br>Einwohner<br>Erwerbstätige<br>Einwohner nach Altersklassen<br>Einwohner nach Altersklassen                                       |
| SS (Freizeit,<br>Sonstiges)  | Freizeiteinrichtungen, Beschäftigte, Grosseinricht., Erholungs- und Grünanlagen, Einwohner, Beschäftigte, Verkaufsfläche                                 | Freizeiteinrichtungen, Beschäftigte, Grosseinricht., Erholungs- und Grünanlagen, Einwohner, Beschäftigte, Verkaufsfläche                          |

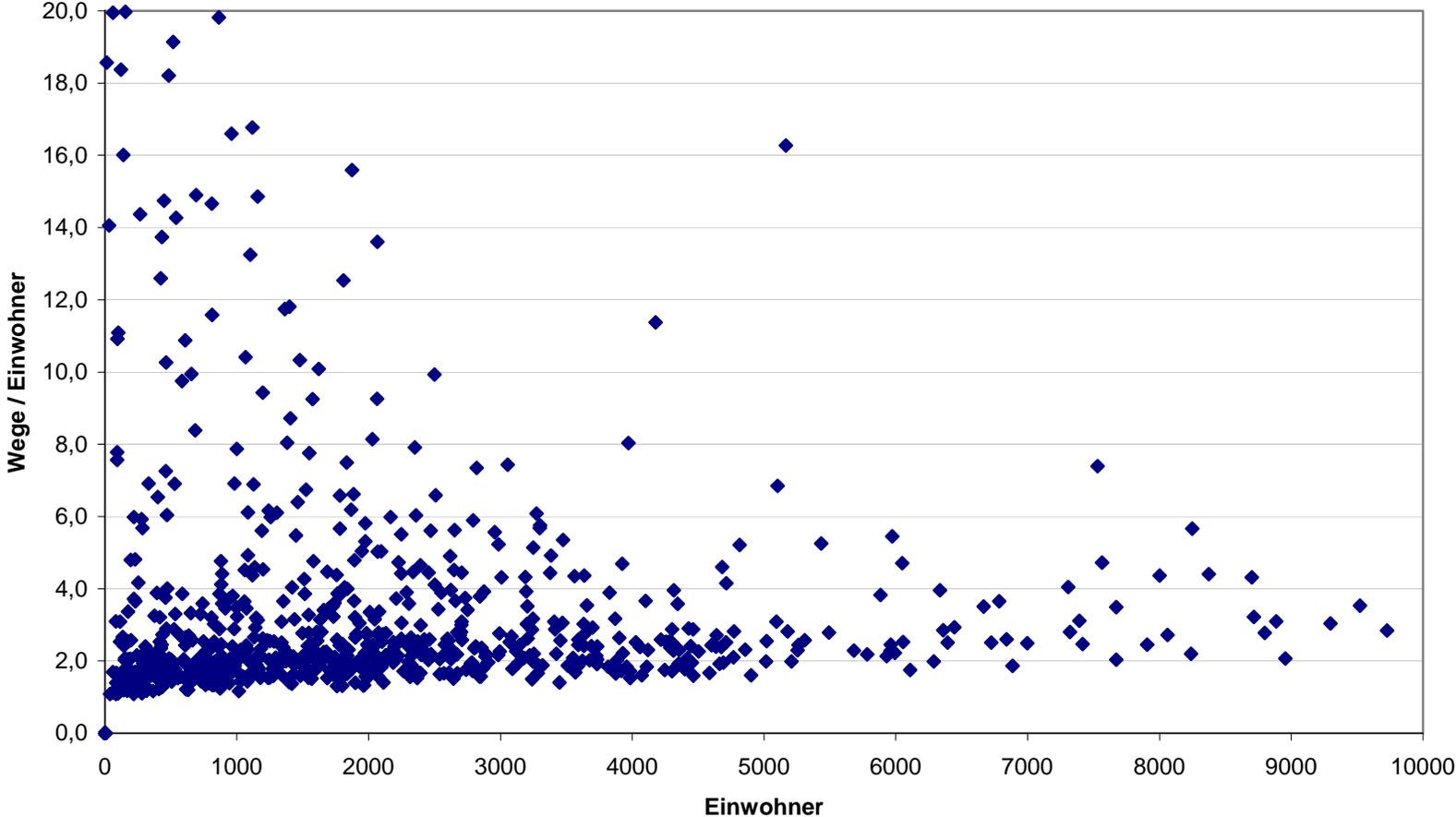
## Berechnetes Verkehrsaufkommen (auf Fahrtzwecke aggregiert)

---

|                         | <b>Berechnete Wege<br/>in Mio. und [%]</b> | <b>MZ 2000 [%] -<br/>Schweiz</b> | <b>MZ 2000 [%] –<br/>Zürich (Modell)</b> |
|-------------------------|--|----------------------------------|--|
| <b>Arbeit</b>           | <b>2.25 Mio. [27.9]</b>                    | <b>28.2</b>                      | <b>24.7</b>                              |
| <b>Ausbildung</b>       | <b>0.82 Mio. [10.2]</b>                    | <b>10.3</b>                      | <b>7.2</b>                               |
| <b>Nutzfahrt</b>        | <b>0.52 Mio. [6.5]</b>                     | <b>5.1</b>                       | <b>6.1</b>                               |
| <b>Einkauf</b>          | <b>1.42 Mio. [17.6]</b>                    | <b>17.9</b>                      | <b>21.1</b>                              |
| <b>Freizeit, Sonst.</b> | <b>3.04 Mio. [37.8]</b>                    | <b>38.5</b>                      | <b>40.9</b>                              |
| <b>Total</b>            | <b>8.06 Mio. [100]</b>                     | <b>100.0</b>                     | <b>100.0</b>                             |

# Spezifisches Verkehrsaufkommen – attraktionsgebundene (Ziel-) Wege

Attraktionsgebundene (Ziel-)Wege



# Einflussgrößen: Ziel- und Verkehrsmittelwahlmodell

---

- Verkehrsangebot
  - Fahrtzeit (LIV, MIV, ÖV)
  - Kosten
  - Zugangszeit
  - Umsteigezahl
  - Bedingungshäufigkeit
- Attraktion
  - Einwohner
  - Erwerbstätige, Arbeitsplätze
  - Ausbildungsplätze
  - Verkaufsflächen
  - Freizeitangebot
  - Parkplatzangebot
  - .....
- Personendaten: Alter, PW Verfügbarkeit, GA, Halbtax, andere Abos

# Simultanes Ziel- und Verkehrsmittelwahl-Modell

---

- Festlegung der Gesetzmässigkeiten für die Ziel- und Verkehrsmittelwahl (Nachfrageverteilung und -aufteilung)
- Datengrundlage:
  - SP - Befragung
  - Mikrozensus Verkehr 2000
  - Netzmodelle
  - Strukturdaten (Attraktion)
- Nutzenfunktion:

$$V_{ij} = \text{const} + \beta_{1j} \cdot X_{1j} + \dots \beta_{1i} \cdot X_{1i} \dots + \dots \beta_{1k} \cdot X_{1k}$$

Verkehrsangebot.... Attraktion..... Person

# Kaffeepause

---

# Matrixerstellung mit VISEVA

---

- Input
  - Verkehrsproduktion und Verkehrsattraktion (17 QZG)
  - Verkehrsangebot (MIV, ÖV, LIV)
  - Verhaltensparameter (Zielwahl und Verkehrsmittelwahl) aus Modellschätzung

Mit harten und weichen Randsummenbedingungen

# Matrixstruktur

---

Eichung der Struktur der Binnenmatrix anhand von

- Pendlermatrix 2000 (Volkszählung)
- MZ 2000
  - Verkehrsmittel- und Fahrtzweckanteile
  - Reiseweitenverteilung
  - Modal-Split und andere Gesetzmässigkeiten

Aussenströme aus Nationalen Personenverkehrsmodell übernommen

# Quell-Ziel-Matrix: Eckwerte

---

|                            | MIV-Wege | ÖV - Wege | LIV - Wege | Summe |
|----------------------------|----------|-----------|------------|-------|
| Alle Wege [in Mio.]        |          |           |            |       |
| Arbeit                     | 1,311    | 0,749     | 0,395      | 2,456 |
| Ausbildung                 | 0,029    | 0,193     | 0,74       | 0,962 |
| Nutzfahrt                  | 0,446    | 0,040     | 0,080      | 0,566 |
| Einkauf                    | 0,746    | 0,214     | 0,612      | 1,572 |
| Freizeit                   | 1,800    | 0,333     | 1,200      | 3,333 |
| Summe                      | 4,333    | 1,529     | 3,027      | 8,889 |
| Interzonale Wege [in Mio.] |          |           |            |       |
| Arbeit                     | 1,134    | 0,681     | 0,224      | 2,039 |
| Ausbildung                 | 0,017    | 0,181     | 0,301      | 0,499 |
| Nutzfahrt                  | 0,380    | 0,038     | 0,033      | 0,451 |
| Einkauf                    | 0,562    | 0,207     | 0,269      | 1,038 |
| Freizeit                   | 1,489    | 0,309     | 0,348      | 2,147 |
| Summe                      | 3,582    | 1,416     | 1,176      | 6,174 |

# Quell-Ziel-Matrix: Mittlere Reisedistanz in km

|   | MIV-Wege | ÖV - Wege | LIV – Wege | Summe |
|---|----------|-----------|------------|-------|
| Alle Wege: Mittlere Reisedistanz in km        |          |           |            |       |
| Arbeit  | 11,8     | 13,2      | 2,8        | 10,8  |
| Ausbildung                                    | 4,9      | 11,9      | 2,3        | 4,3   |
| Nutzfahrt                                     | 12,6     | 21,6      | 1,4        | 11,6  |
| Einkauf                                       | 8,9      | 9,9       | 1,8        | 6,3   |
| Freizeit                                      | 11,8     | 12,2      | 1,3        | 8,1   |
| Summe   | 11,3     | 12,6      | 1,8        | 8,3   |
| Interzonale Wege: Mittlere Reisedistanz in km |          |           |            |       |
| Arbeit  | 13,3     | 14,4      | 3,7        | 12,6  |
| Ausbildung                                    | 7,6      | 12,7      | 3,4        | 6,9   |
| Nutzfahrt                                     | 14,5     | 22,4      | 2,0        | 14,3  |
| Einkauf                                       | 11,3     | 10,2      | 2,3        | 8,8   |
| Freizeit                                      | 13,9     | 13,0      | 2,0        | 11,9  |
| Summe   | 13,4     | 13,5      | 2,7        | 11,4  |

# Plausibilisierung der Binnenverkehrsmatrix

---

- Verkehrsmittel- und Fahrtzweckanteile (Mikrozensus Verkehr 2000)
- Reiseweitenverteilung (Mikrozensus Verkehr 2000)
- Reiseweitenverteilung (Pendlerstatistik aus der Volkszählung 2000)
- Querschnittsbelastungen (Querschnittszählungen ZVV, SBB)
- Ermittelte Netzbelastungen (Pendlerstatistik)
- Quell-Ziel-Ströme (Spinnenanalyse) auf einzelnen Querschnitten (Pendlerstatistik)
- Analyse der Quell-Ziel-Ströme (Spinnenanalyse) auf einzelnen Querschnitten
- Vergleich von Zähldaten und Umlegungsergebnissen der Ein- und Aussteiger an Haltestellen

# Vergleich der Modellergebnisse und des MZ (Hochrechnung): Anzahl interzonale Wege

---

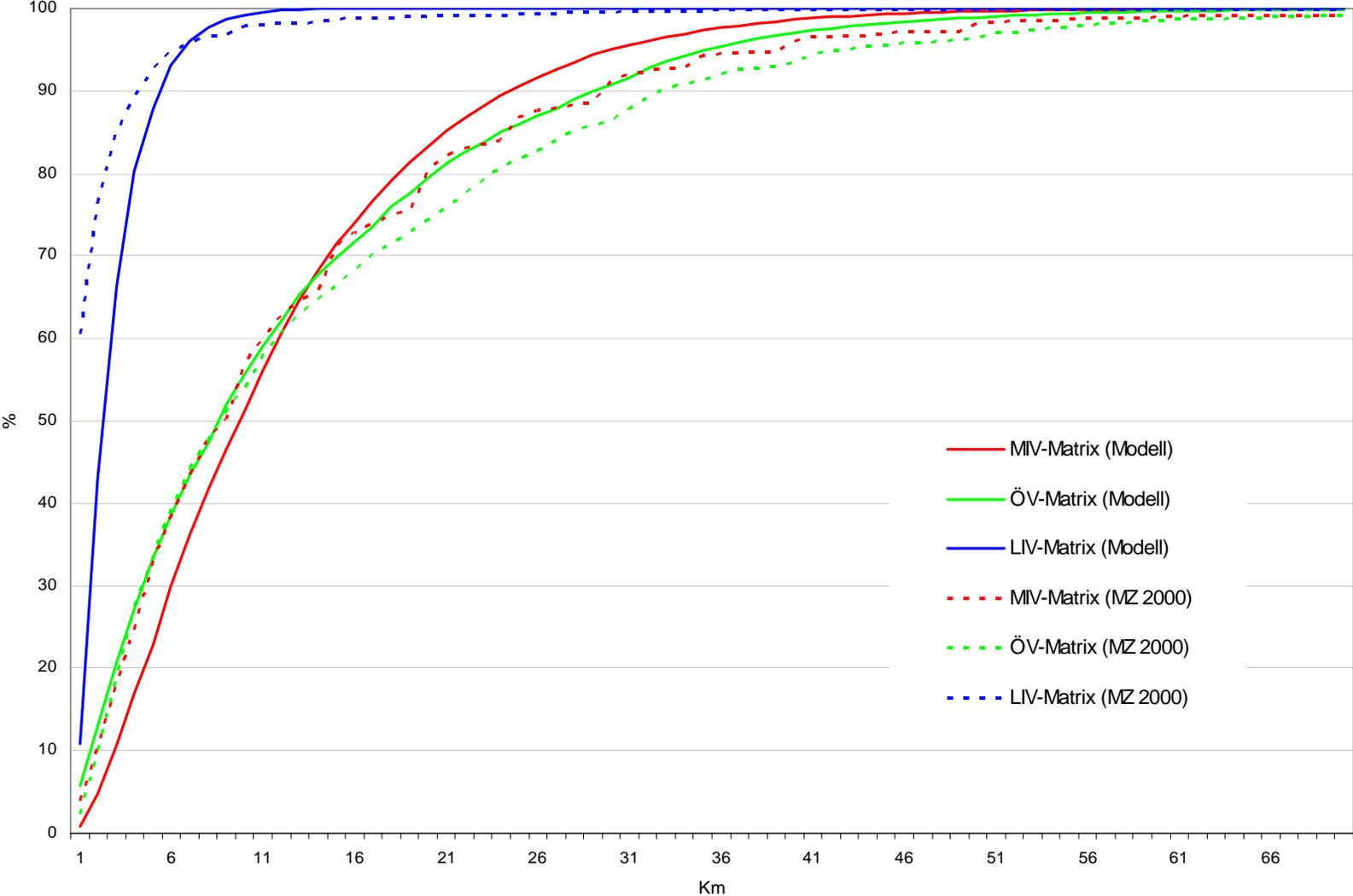
| Binnenmatrix              | MIV - Wege   |              | ÖV - Wege    |              | LIV - Wege   |              |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                           | MZ           | Modell       | MZ           | Modell       | MZ           | Modell       |
| Interzonale Wege [in Mio] |              |              |              |              |              |              |
| Arbeit                    | 1,009        | 1,001        | 0,434        | 0,610        | 0,248        | 0,217        |
| Ausbildung                | 0,048        | 0,015        | 0,130        | 0,151        | 0,155        | 0,286        |
| Nutzfahrt                 | 0,312        | 0,334        | 0,032        | 0,033        | 0,027        | 0,032        |
| Einkauf                   | 0,630        | 0,519        | 0,233        | 0,187        | 0,334        | 0,229        |
| Freizeit                  | 1,335        | 1,266        | 0,431        | 0,260        | 0,532        | 0,336        |
| <b>Summe</b>              | <b>3,334</b> | <b>3,135</b> | <b>1,259</b> | <b>1,241</b> | <b>1,296</b> | <b>1,101</b> |

# Vergleich der Modellergebnisse und der Volkszählung

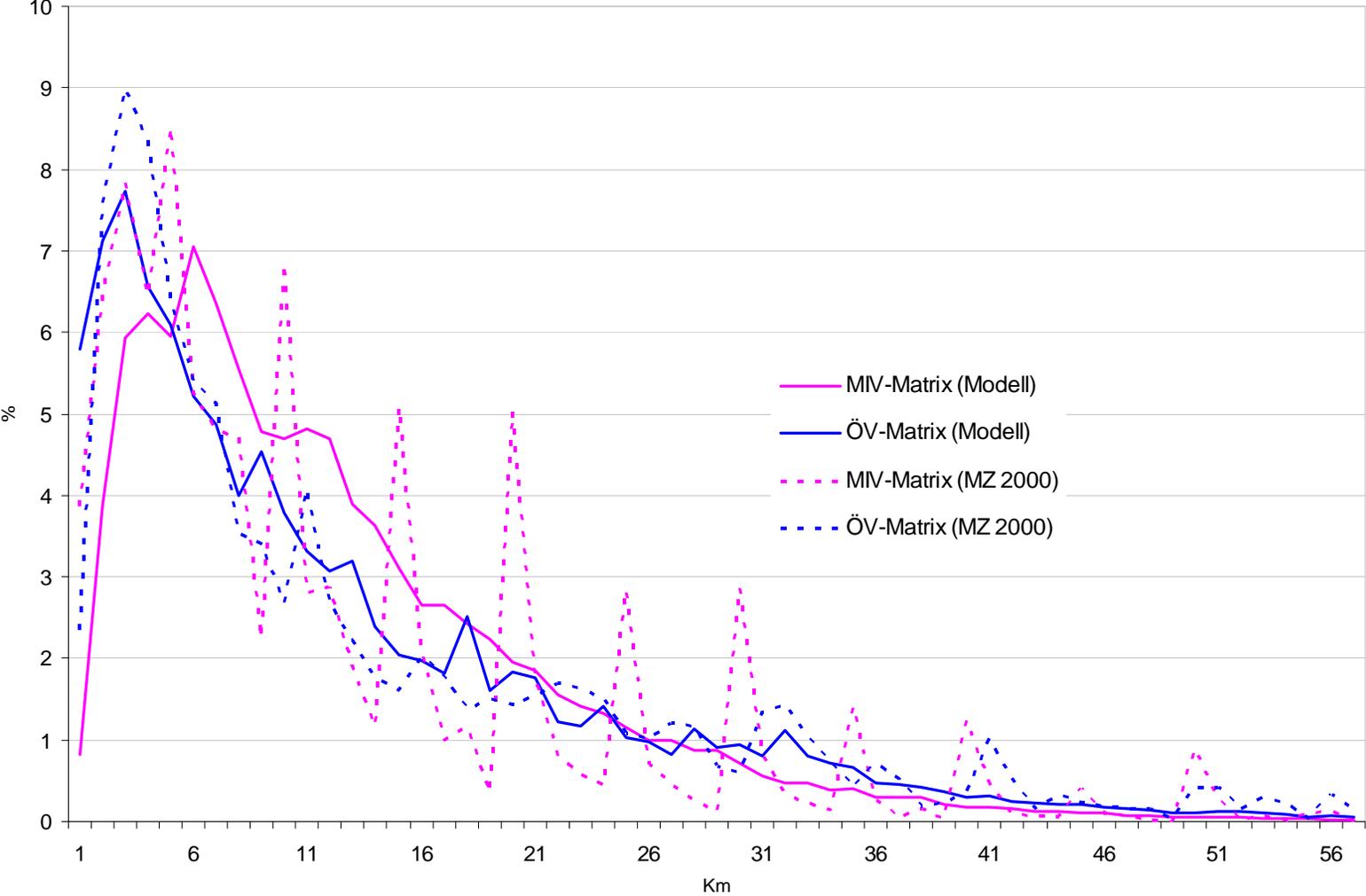
---

|                         | MIV – Wege |        | ÖV – Wege |        | LIV – Wege |        | Alle – Wege |        |
|-------------------------|------------|--------|-----------|--------|------------|--------|-------------|--------|
|                         | VZ         | Modell | VZ        | Modell | VZ         | Modell | VZ          | Modell |
| Alle Wege [Mio.]        |            |        |           |        |            |        |             |        |
| Arbeit                  | 1,09       | 1,14   | 0,62      | 0,67   | 0,33       | 0,35   | 2,04        | 2,16   |
| Ausbildung              | 0,022      | 0,026  | 0,16      | 0,16   | 0,58       | 0,60   | 0,76        | 0,79   |
| Interzonale Wege [Mio.] |            |        |           |        |            |        |             |        |
| Arbeit                  | 0,93       | 1,01   | 0,58      | 0,61   | 0,16       | 0,22   | 1,65        | 1,83   |
| Ausbildung              | 0,013      | 0,015  | 0,13      | 0,15   | 0,24       | 0,29   | 0,38        | 0,45   |

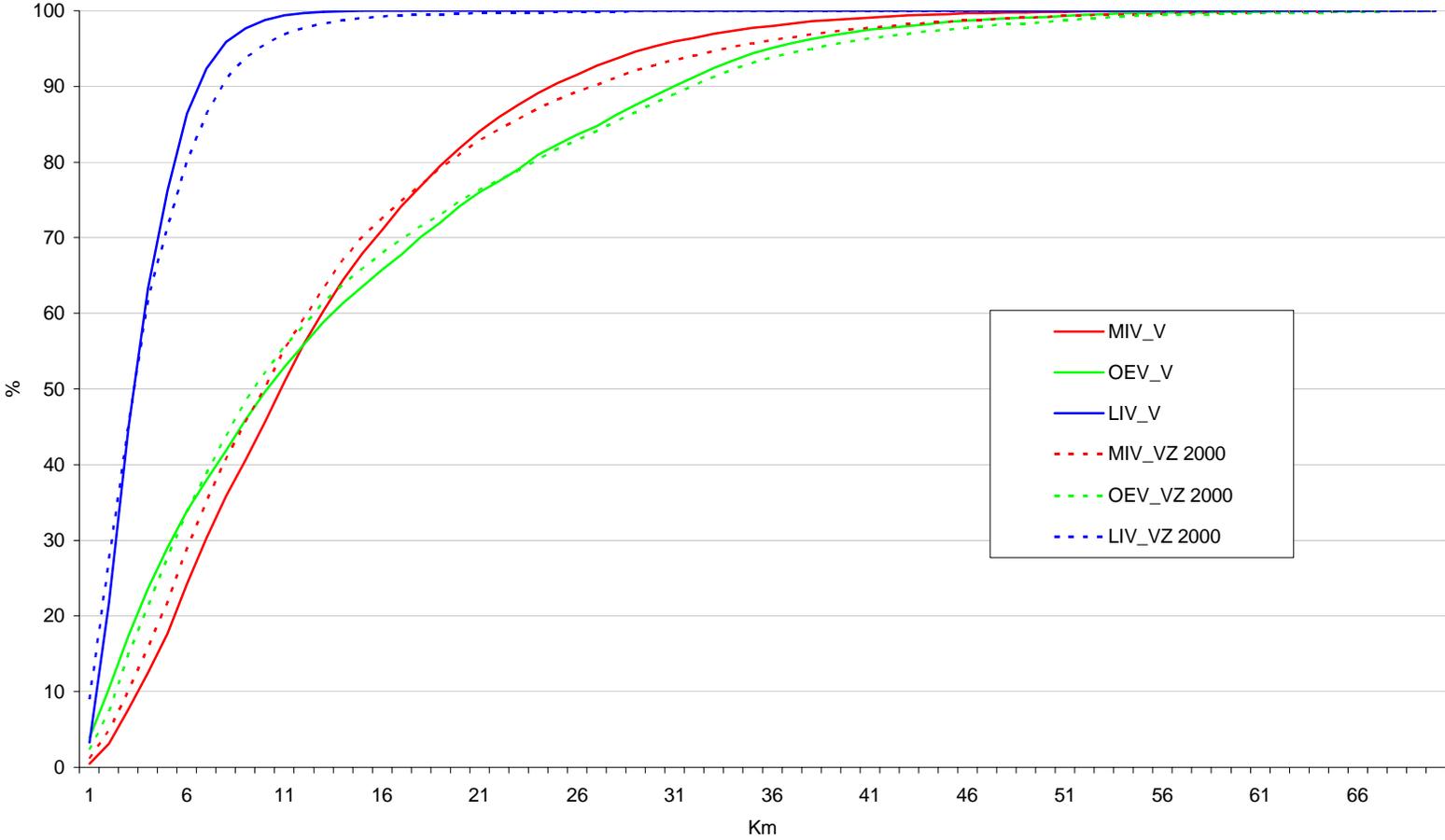
# Reiseweitenverteilung: Alle Wege



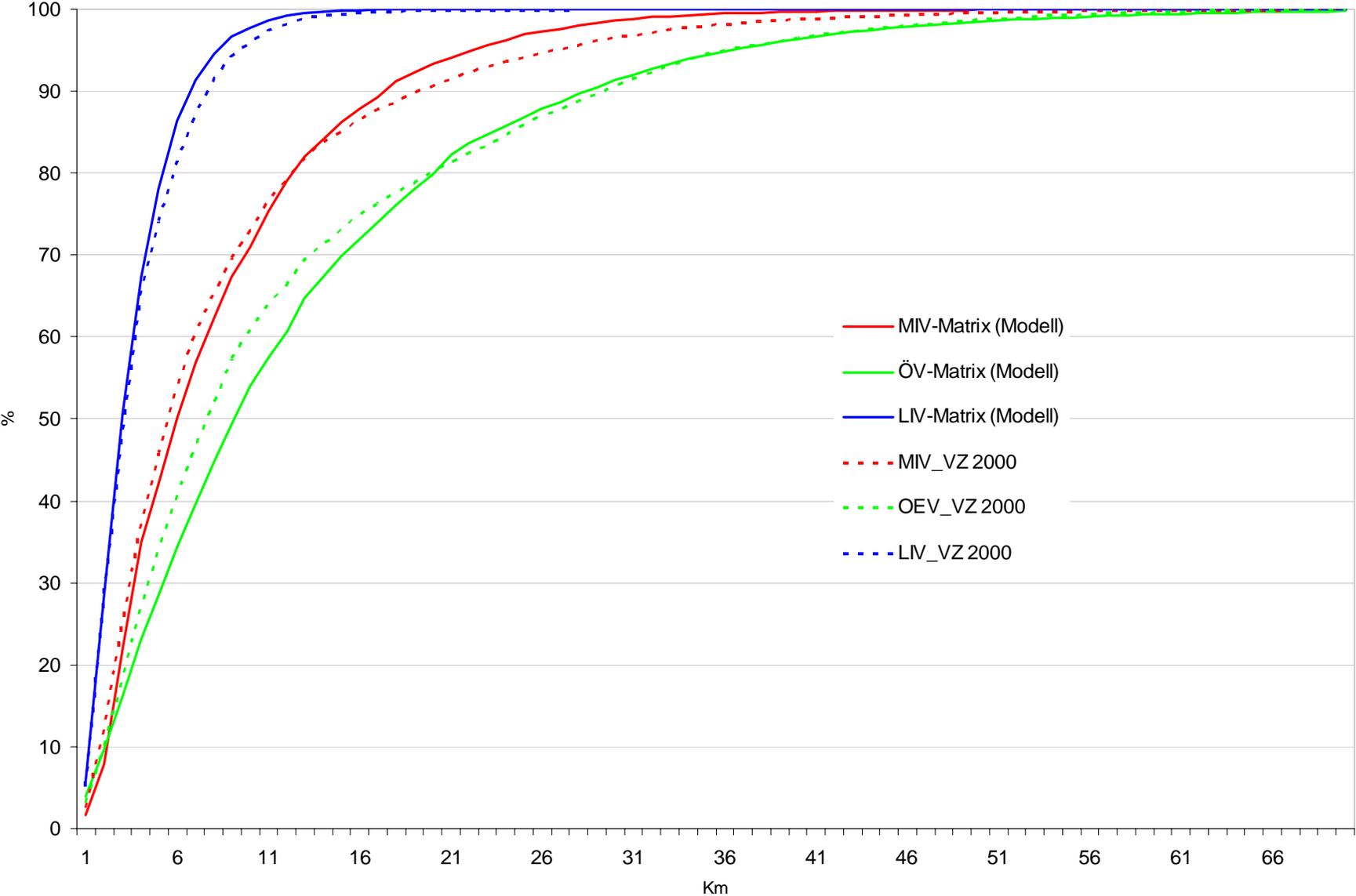
# Reiseweitenverteilung: Alle Wege



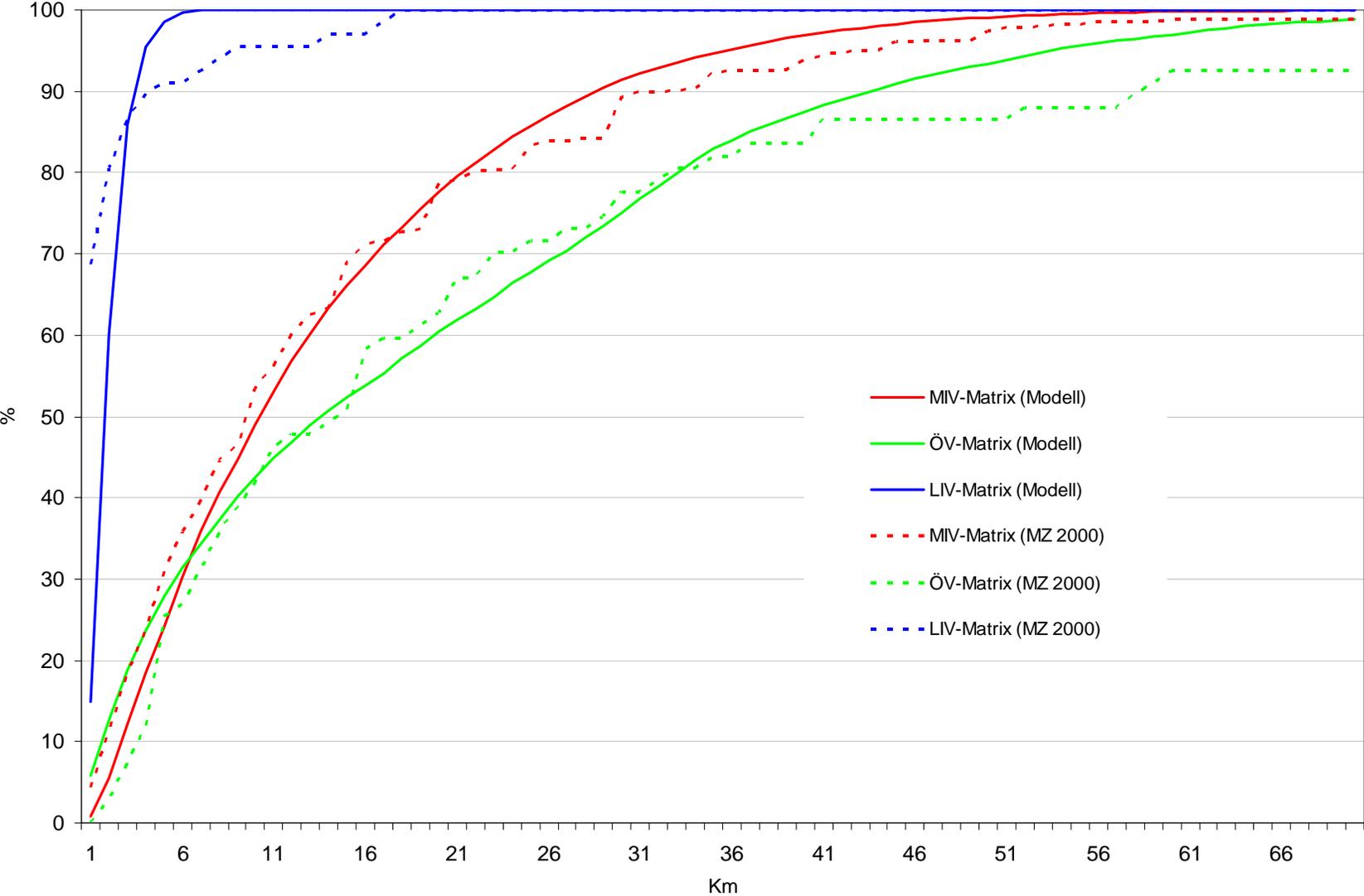
# Reiseweitenverteilung: Fahrtzweck Arbeit



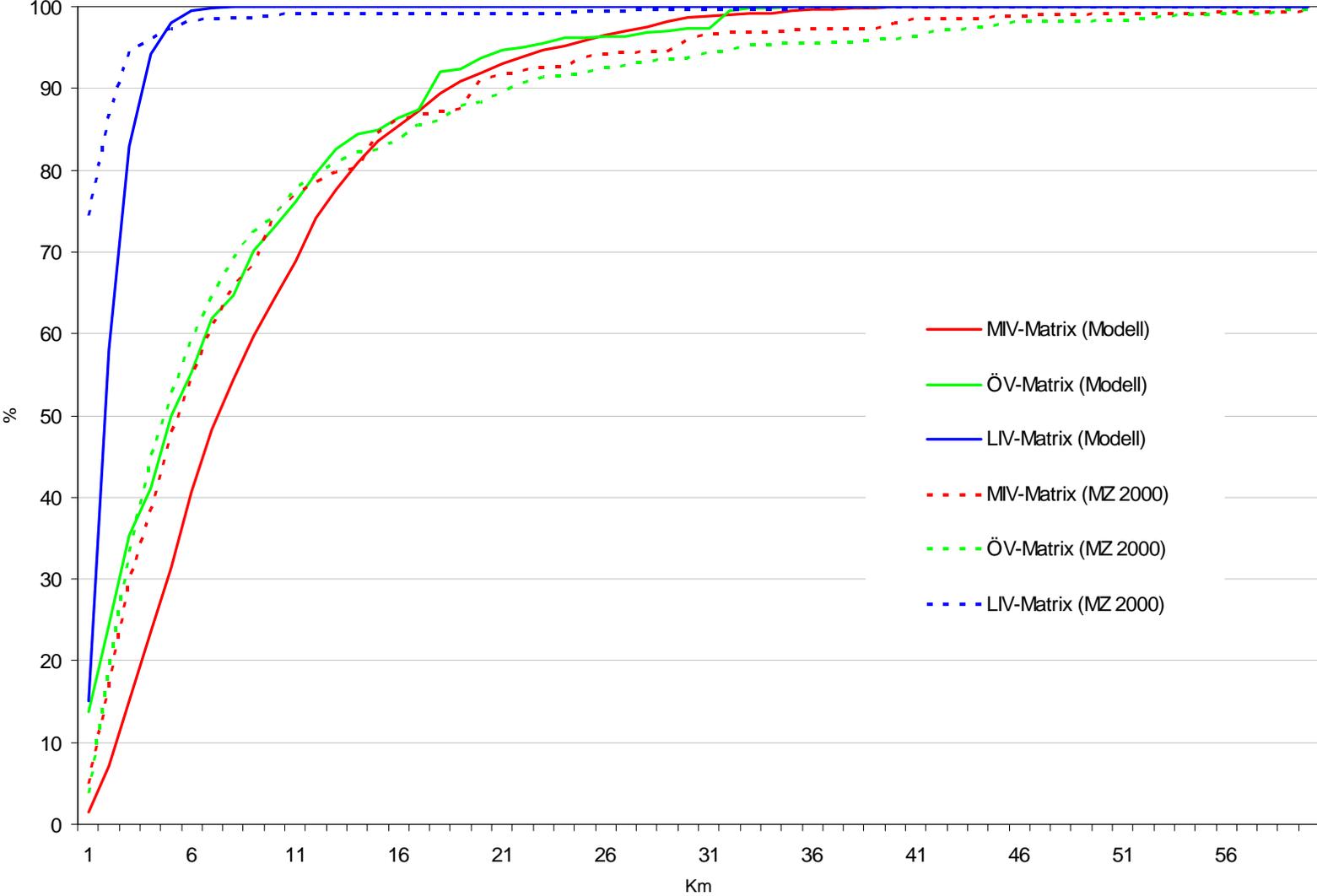
# Reiseweitenverteilung: Fahrtzweck Ausbildung



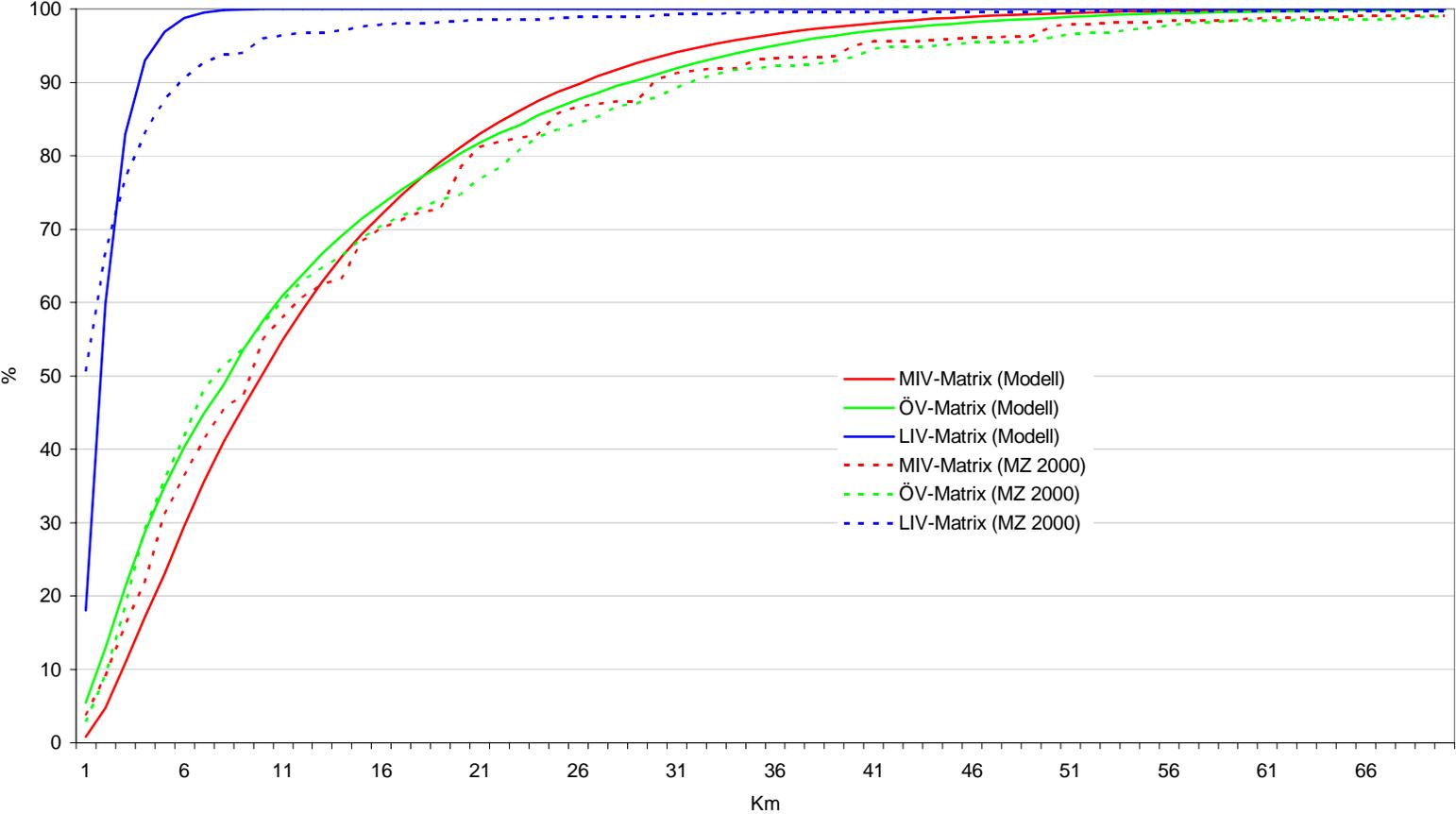
# Reiseweitenverteilung: Fahrtzweck Nutzfahrt



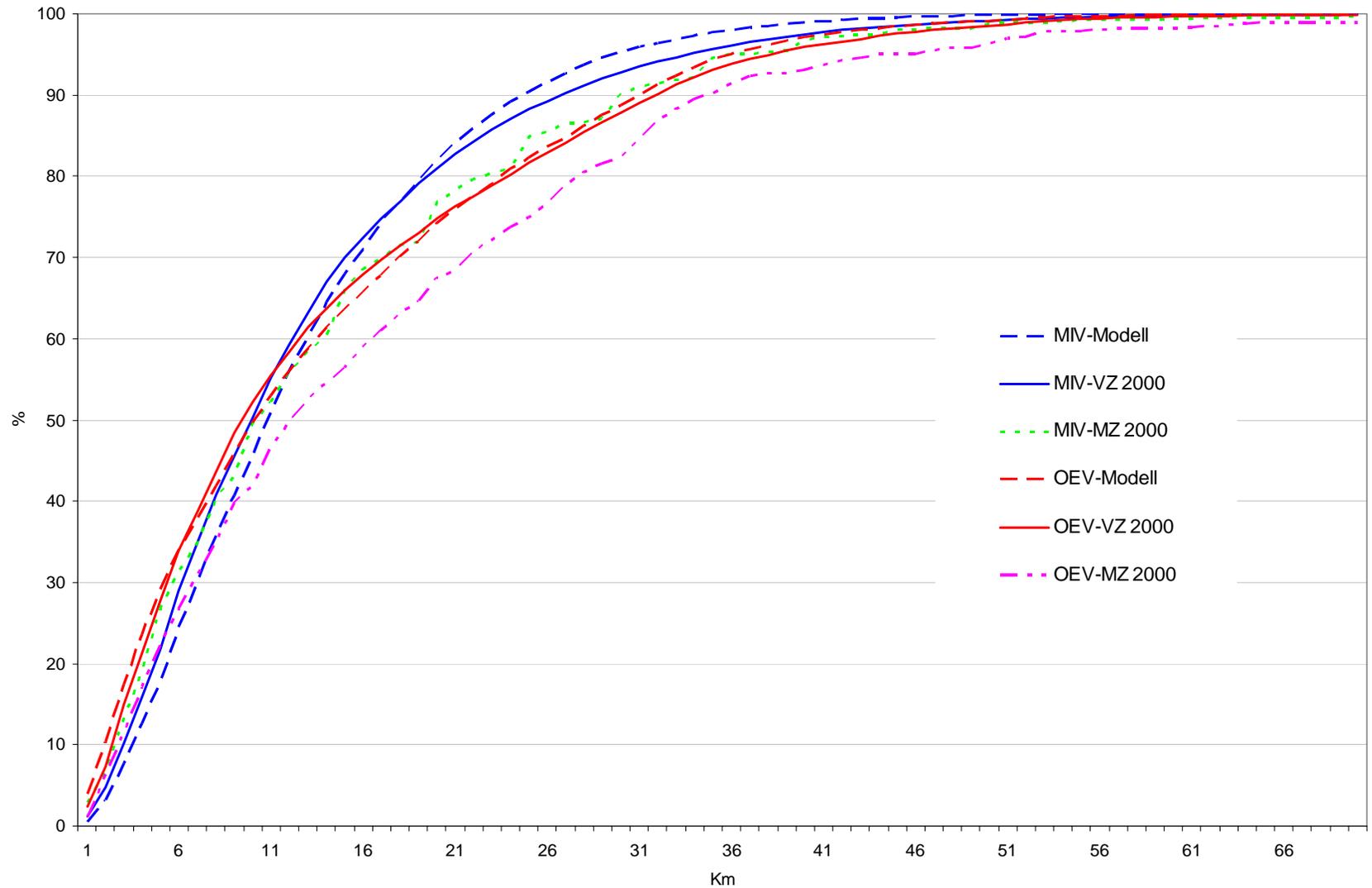
# Reiseweitenverteilung: Fahrtzweck Einkauf



# Reiseweitenverteilungn: Fahrtzweck Freizeit



# Reiseweitenverteilung für den Fahrtzweck Arbeit: Vergleich MZ, Volkszählung und Modell



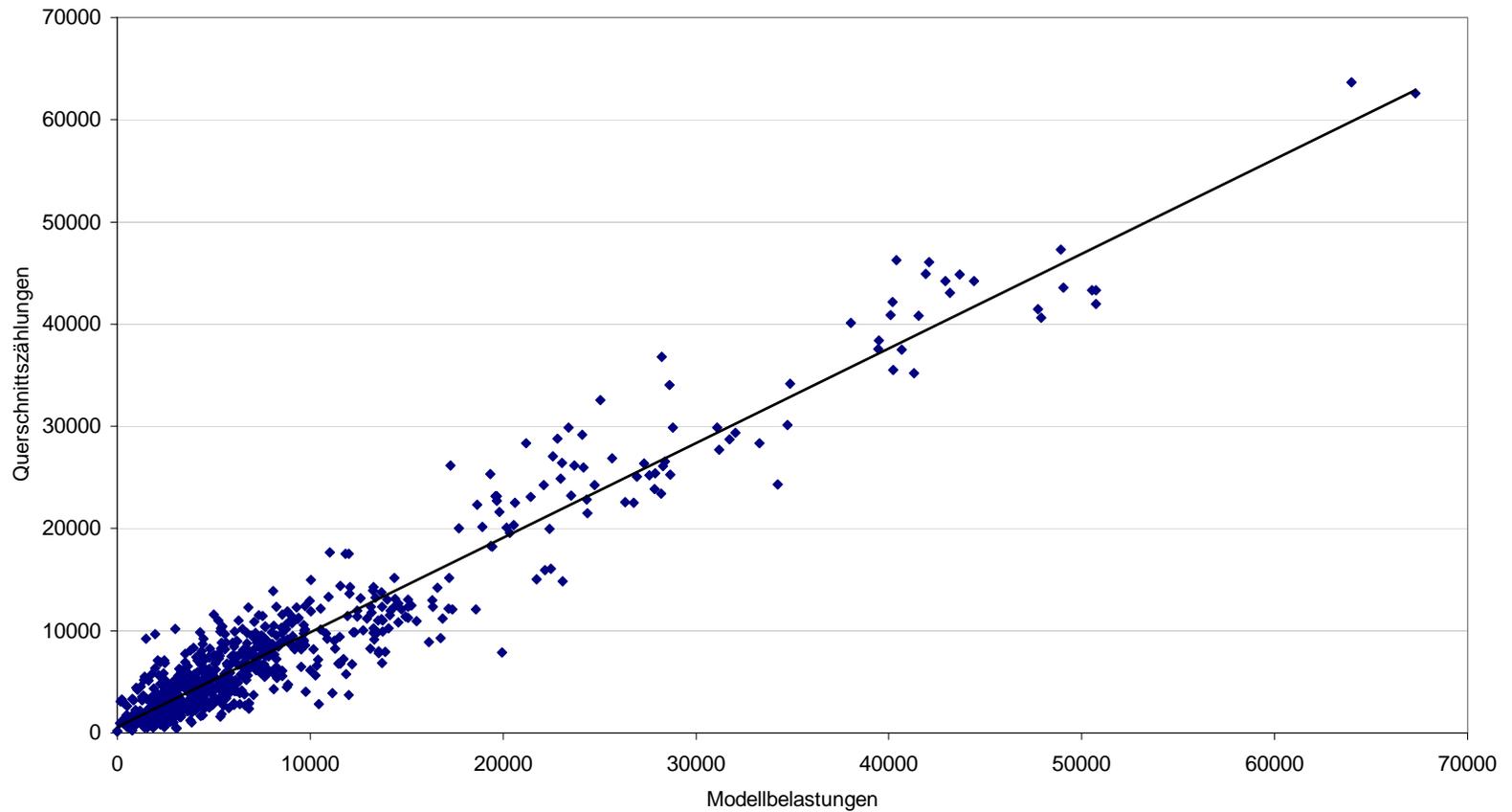
# Netzbelastungen

---

- ÖV: Fahrplanfeine Umlegung
  - Modellparameter aus SP-Befragungen geschätzt
- MIV: Gleichgewichtsumlegung (KVM)

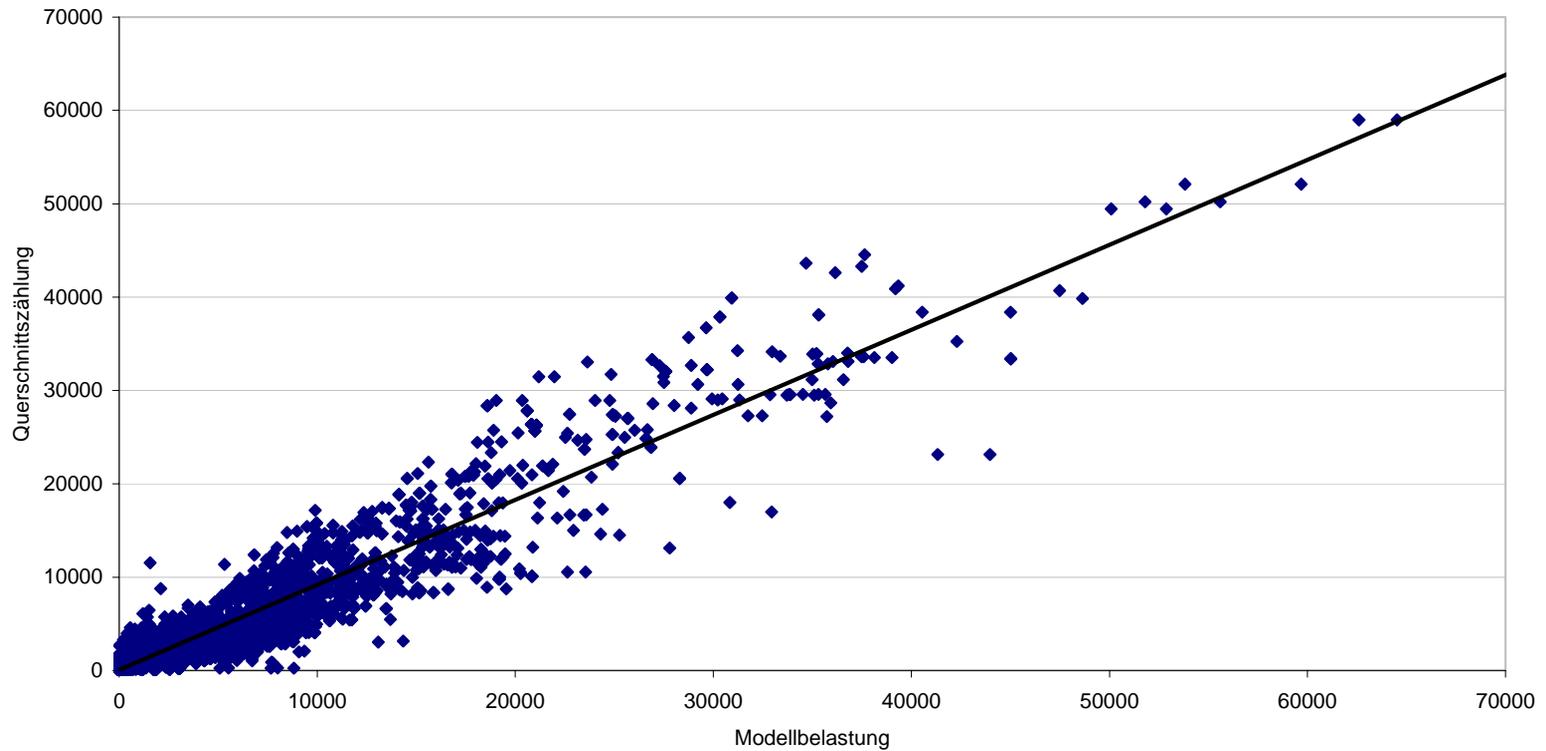
# Vergleich der Streckenbelastungen aus Modell und Zählung - MIV

---



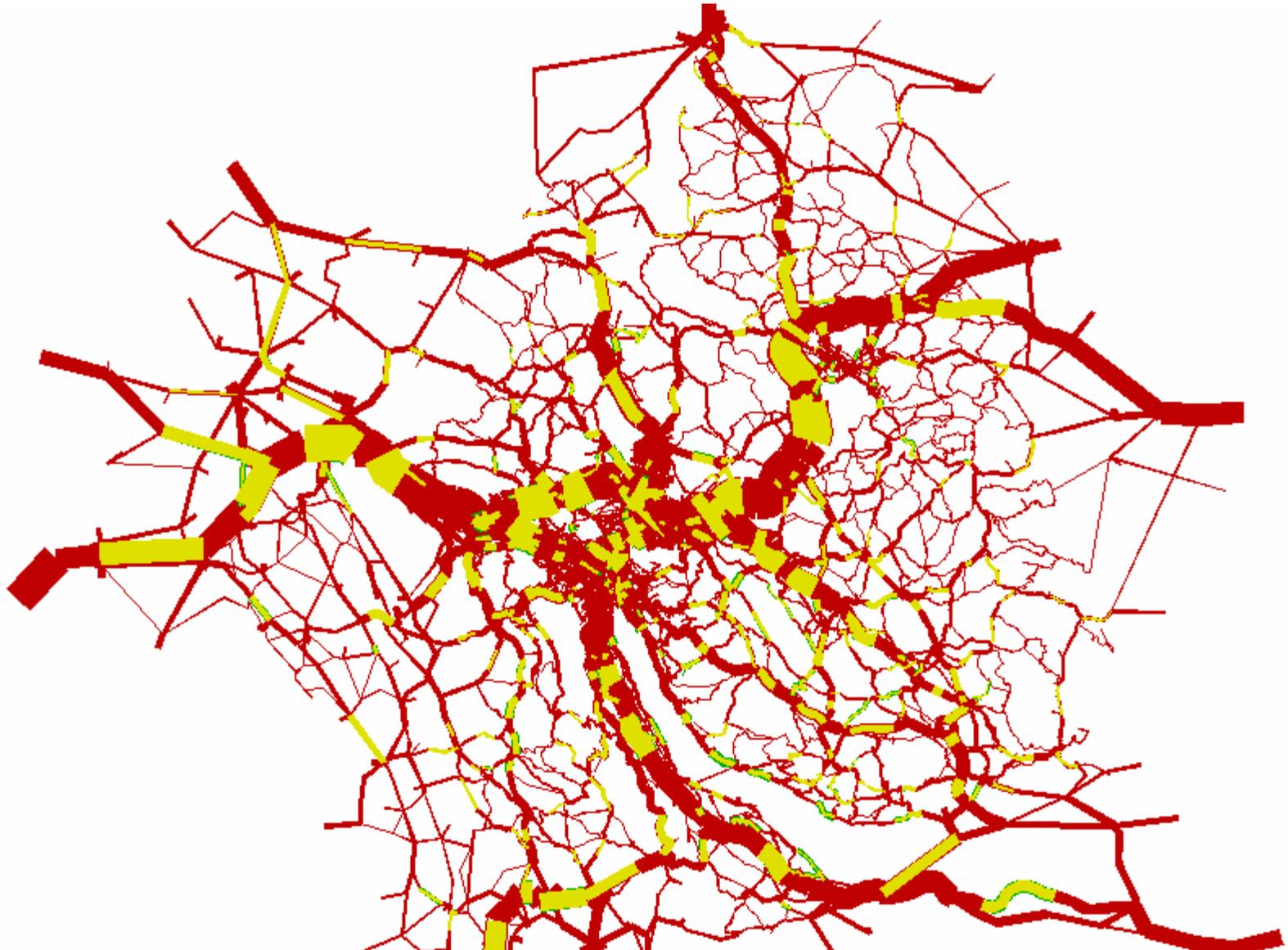
# Vergleich der Streckenbelastungen aus Modell und Zählung - ÖV

---



# Umlegungsergebnisse: MIV-Matrix (ohne Kalibration)

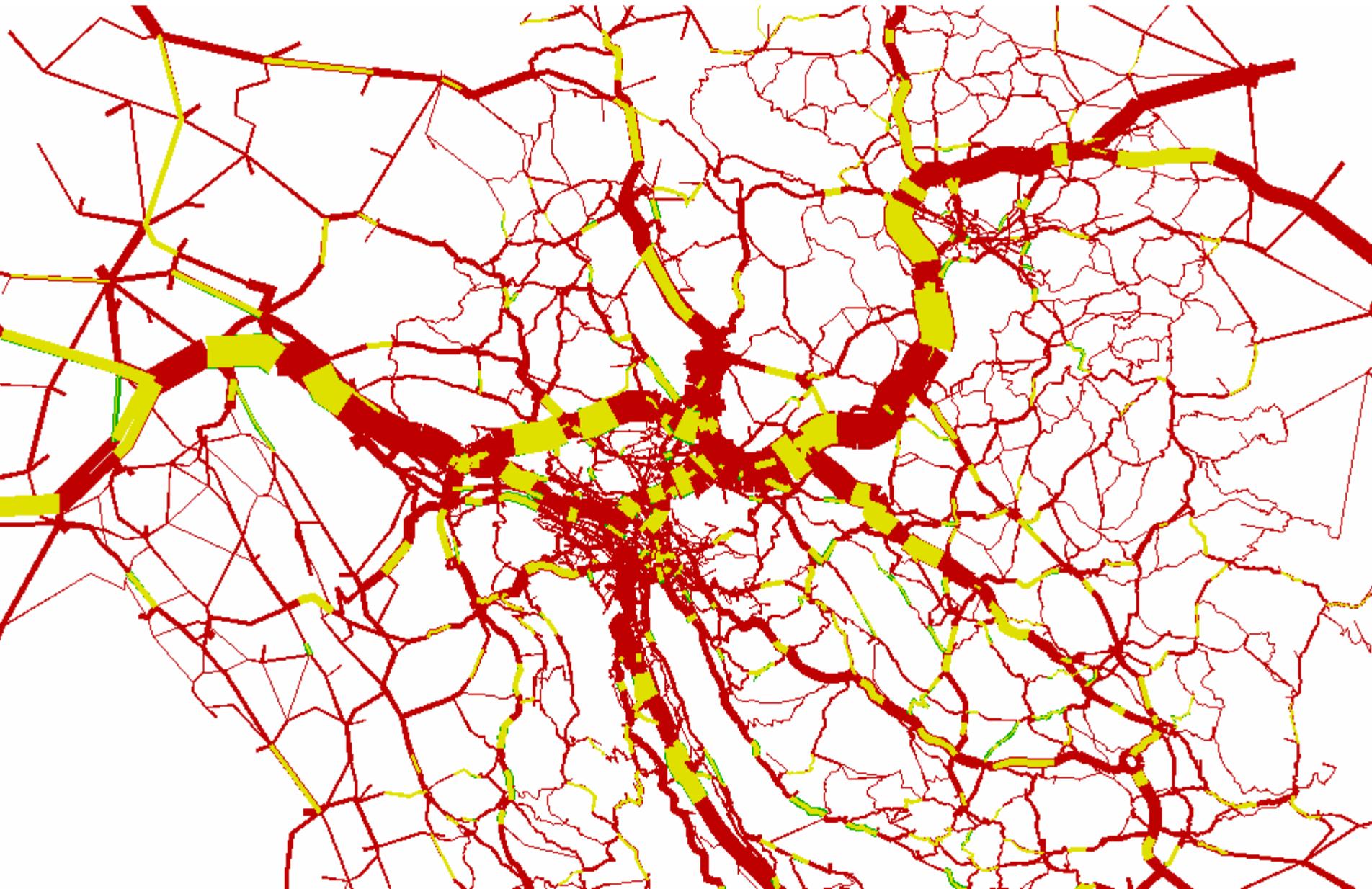
---



gelb = Grundbelastung (keine Differenz), rot= relative positive Differenz (Modellbelastungen höher als Zählwert), grün = negative relative Differenz (Modellbelastungen tiefer als Zählwert), vollständig rote Abschnitte = Zählstelle nicht vorhanden

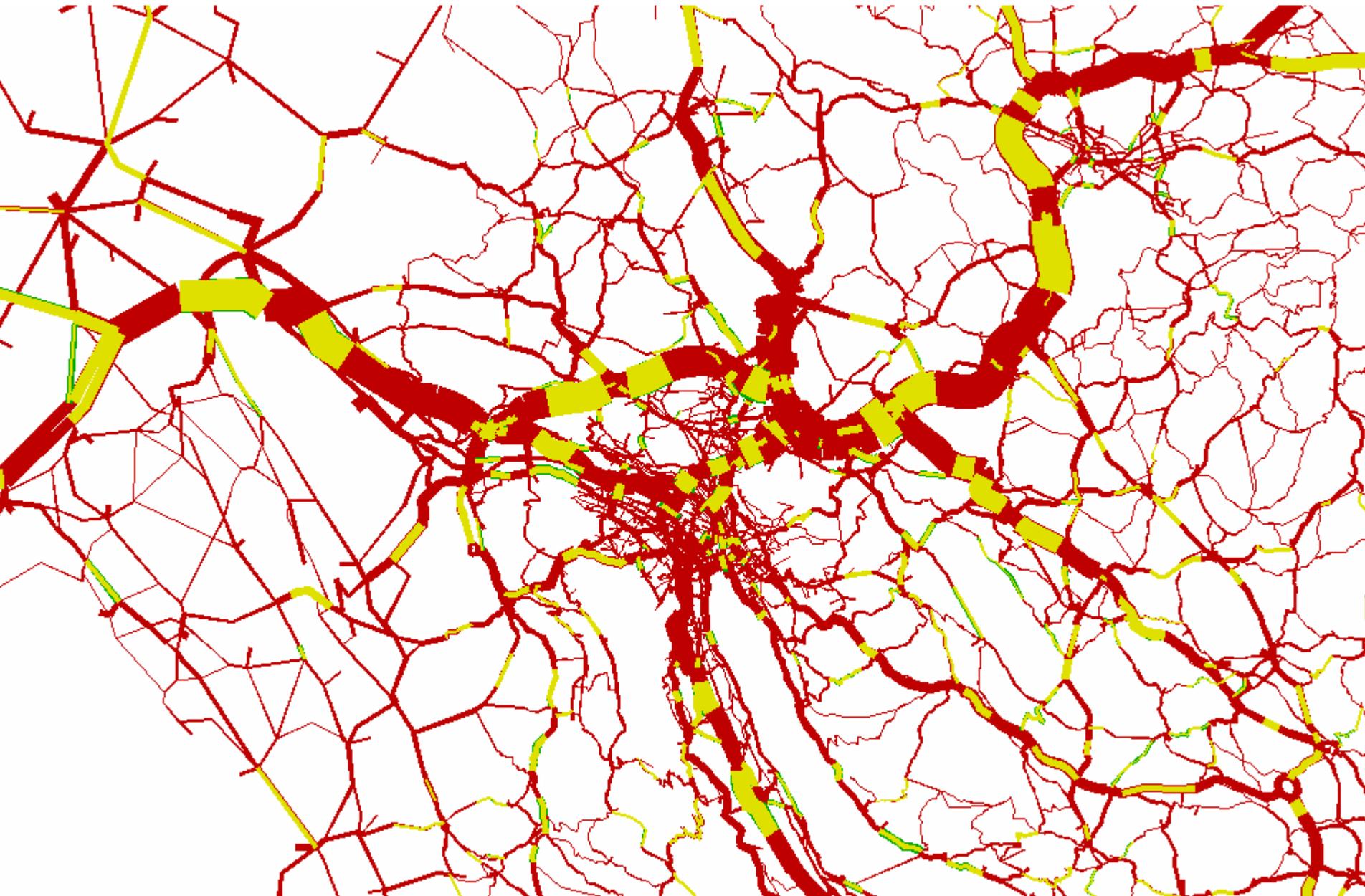
# Umlegungsergebnisse: MIV-Matrix (ohne Kalibration)

---



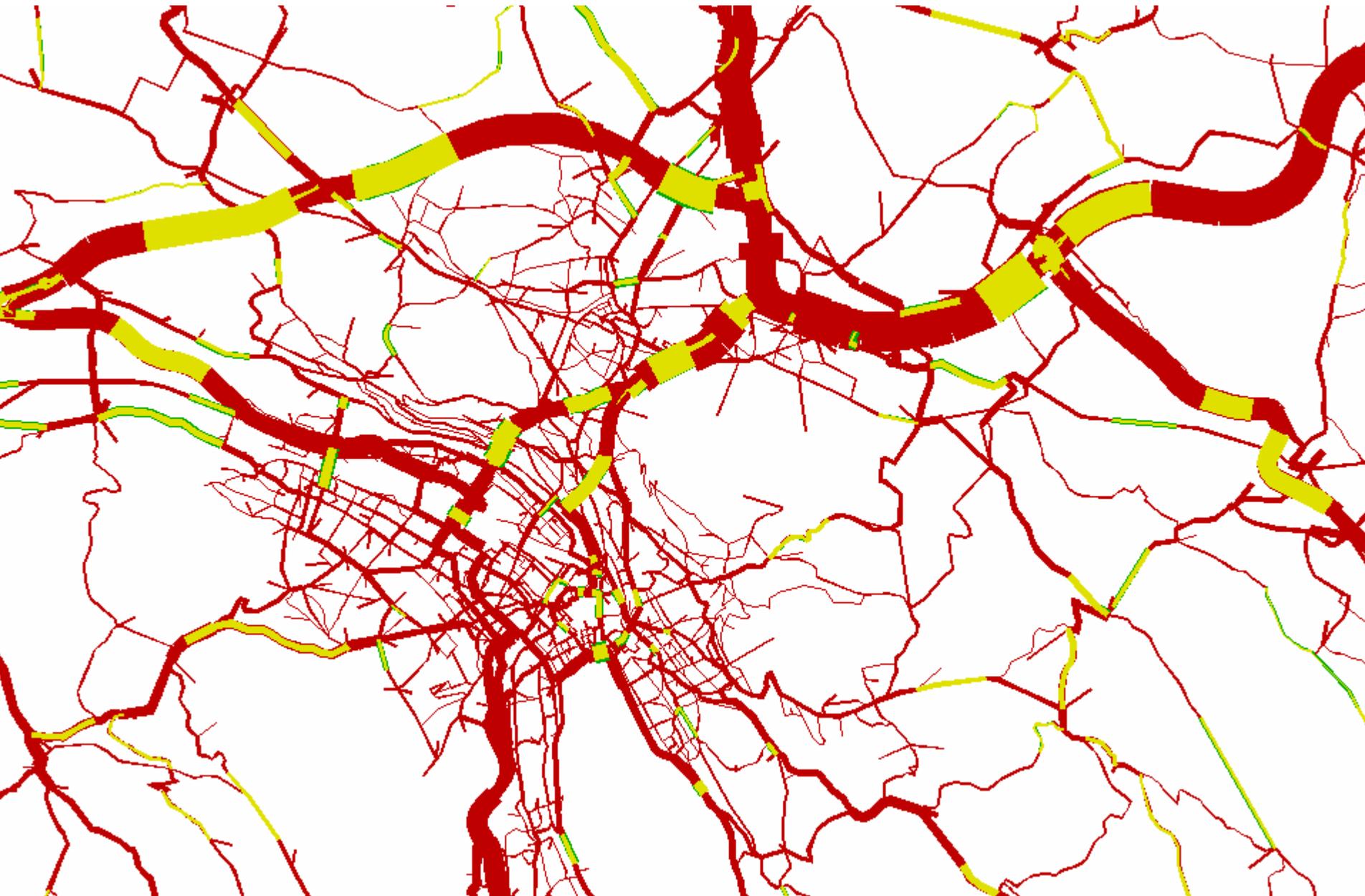
# Umlegungsergebnisse: MIV-Matrix (ohne Kalibration)

---



# Umlegungsergebnisse: MIV-Matrix (ohne Kalibration)

---



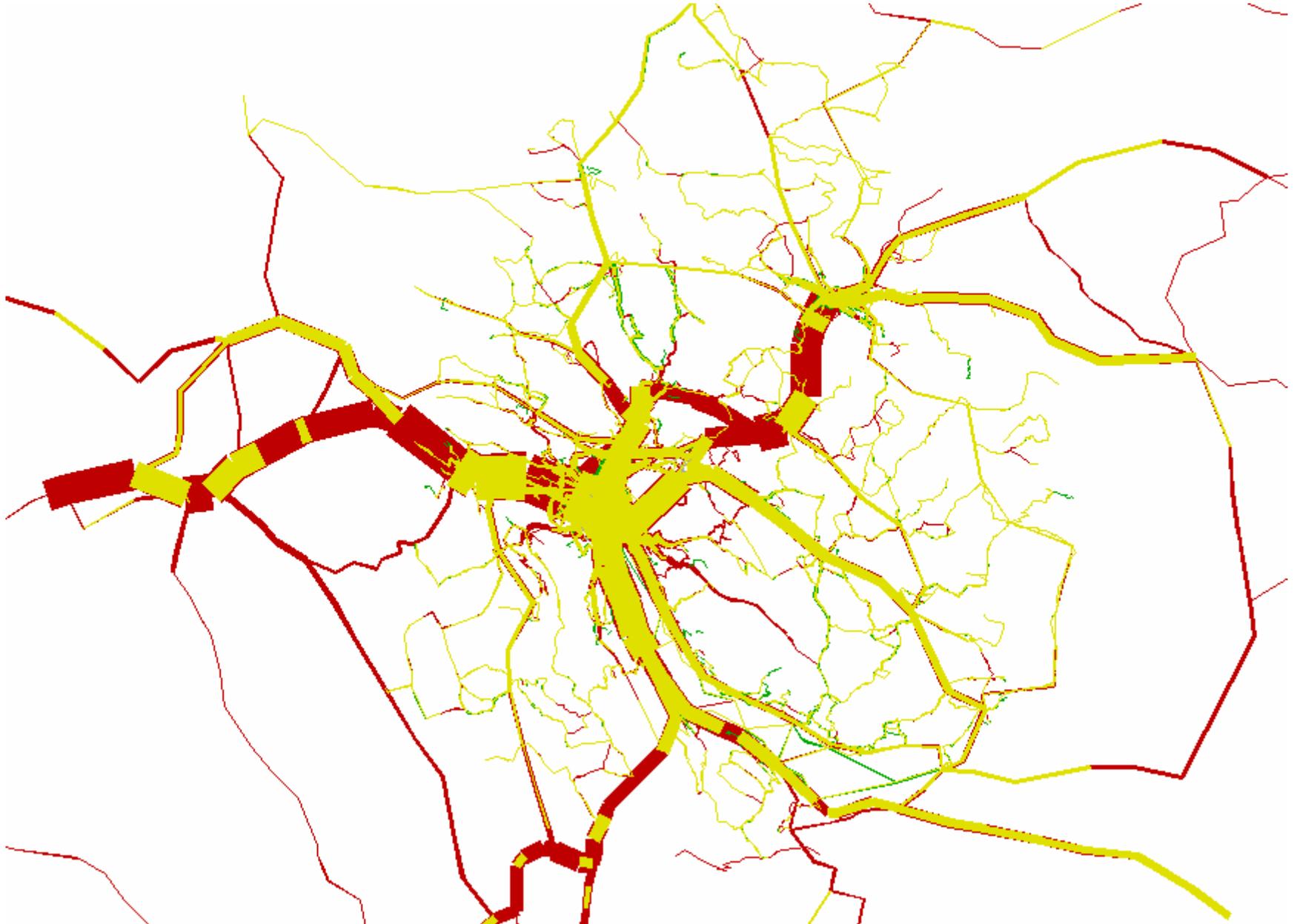
# Umlegungsergebnisse: MIV-Matrix (ohne Kalibration)

---



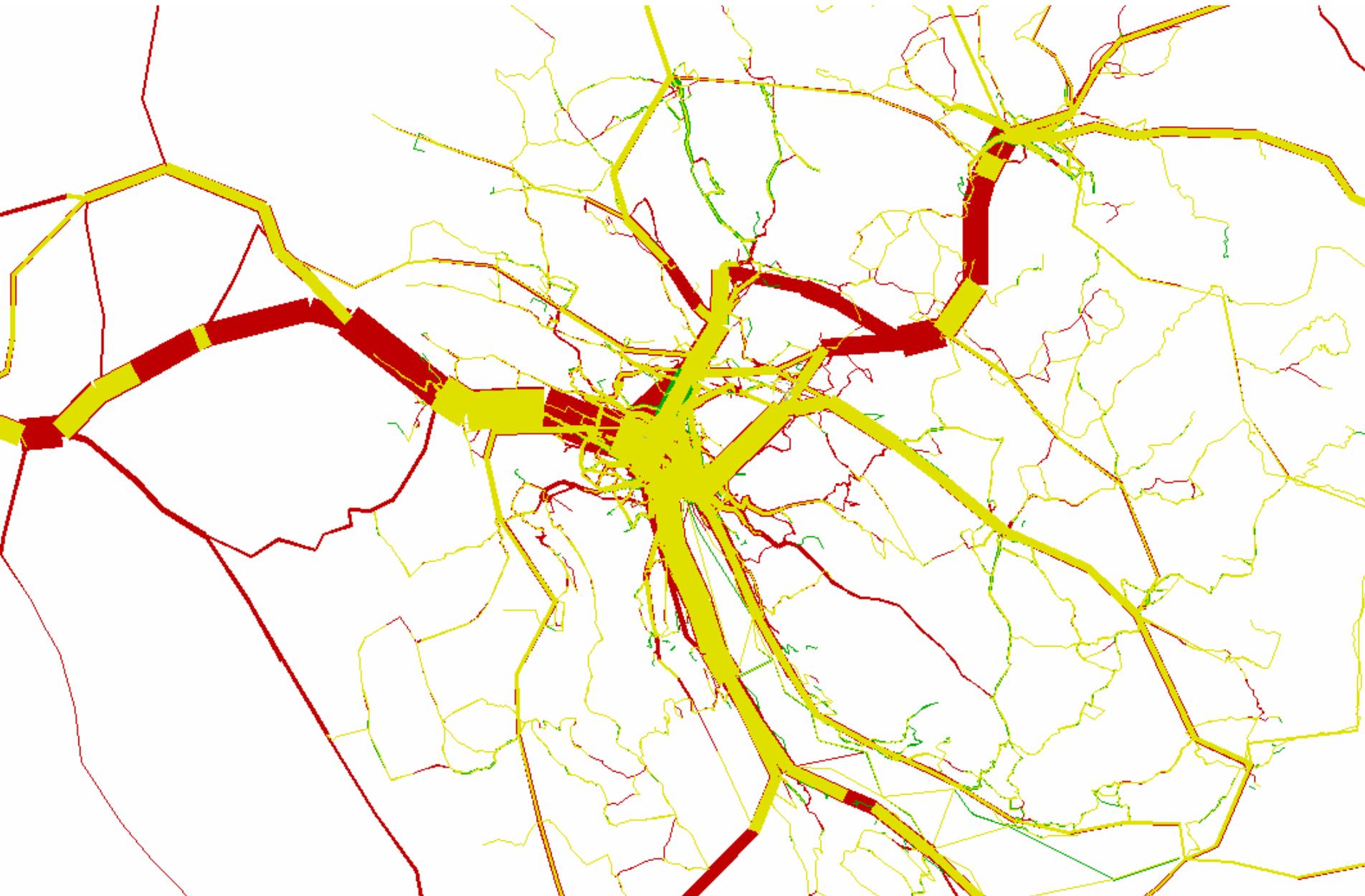
# Umlegungsergebnisse: ÖV-Matrix (ohne Kalibration)

---



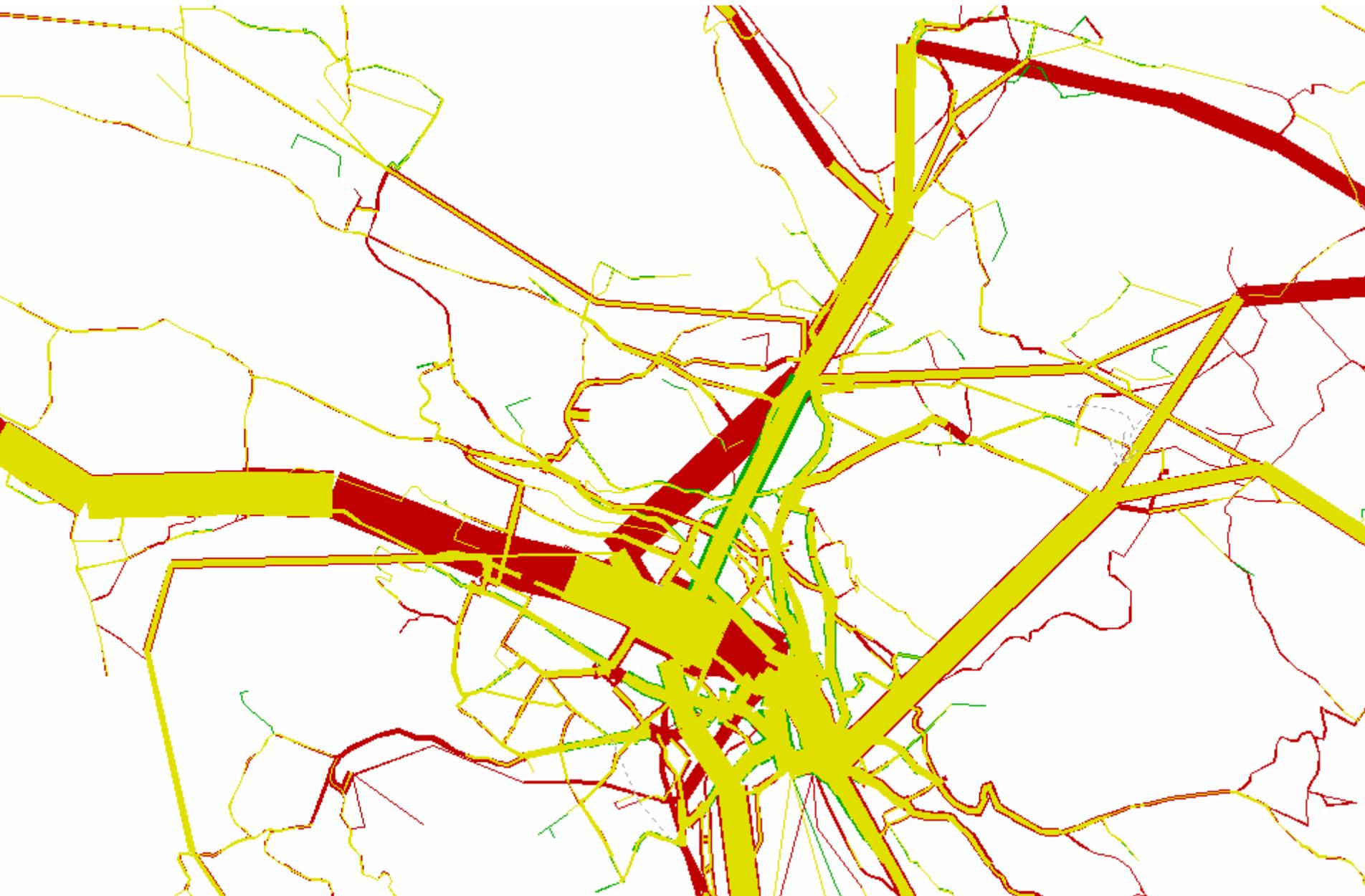
# Umlegungsergebnisse: ÖV-Matrix (ohne Kalibration)

---



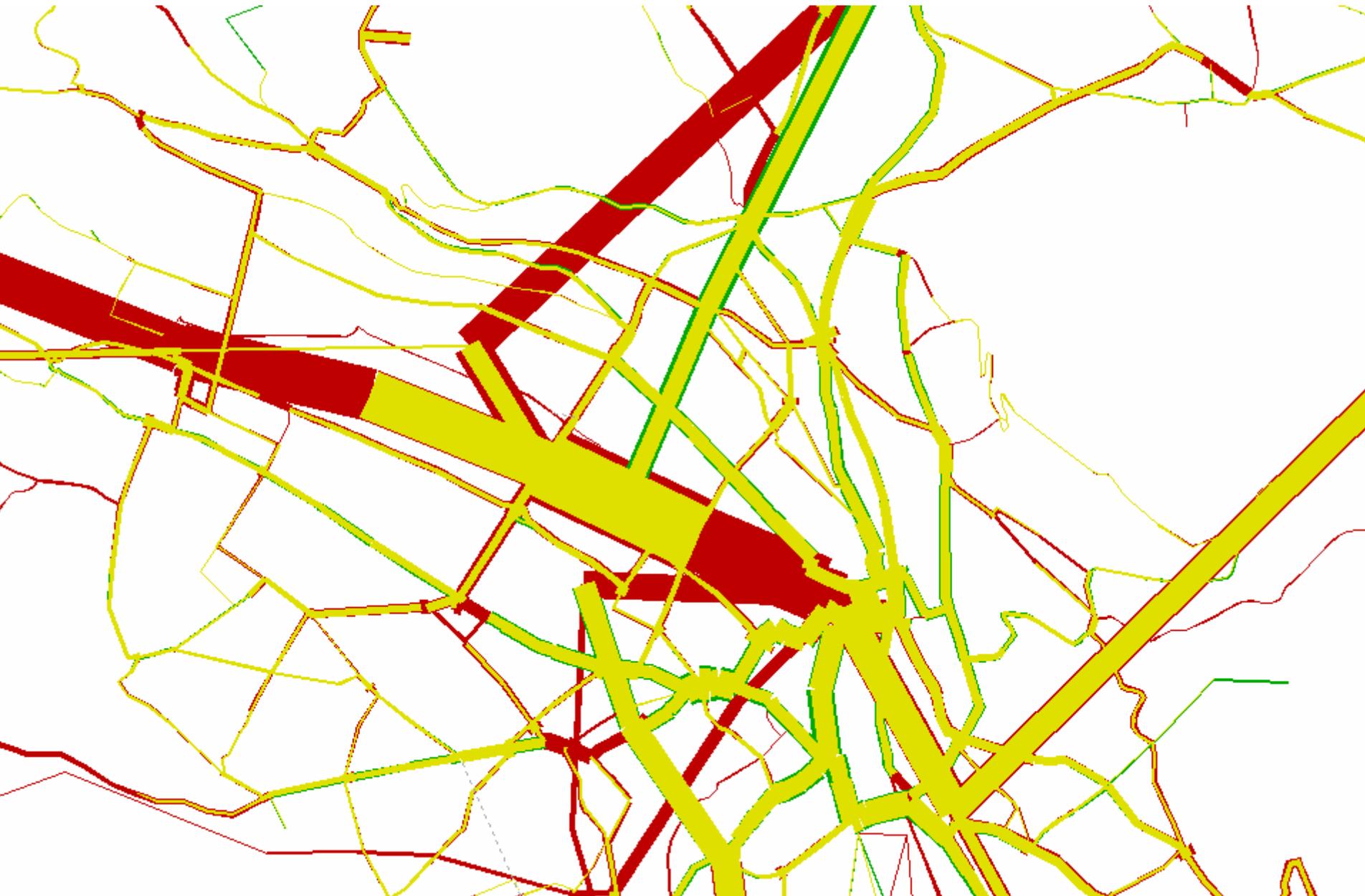
# Umlegungsergebnisse: ÖV-Matrix (ohne Kalibration)

---



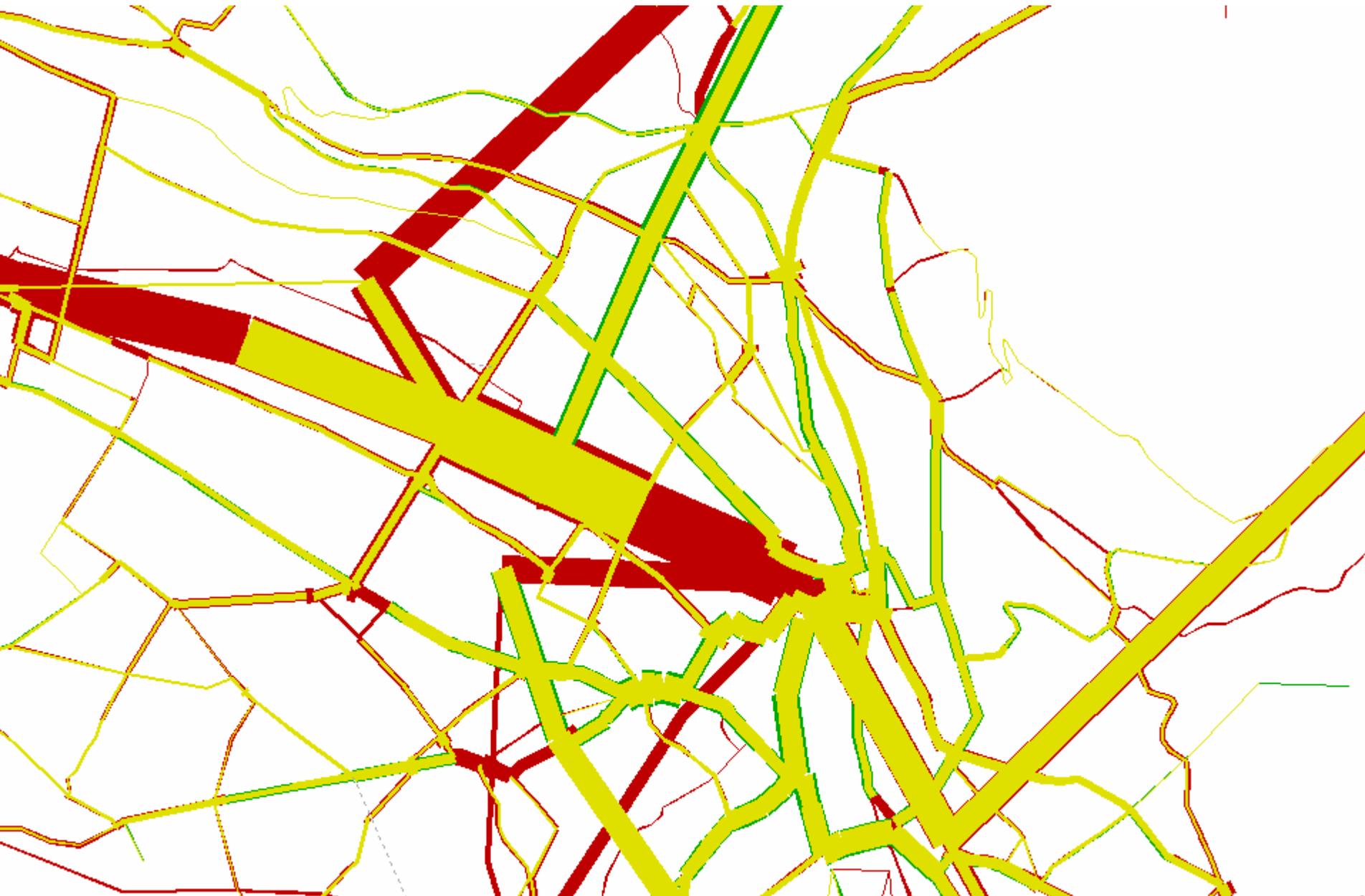
# Umlegungsergebnisse: ÖV-Matrix (ohne Kalibration)

---



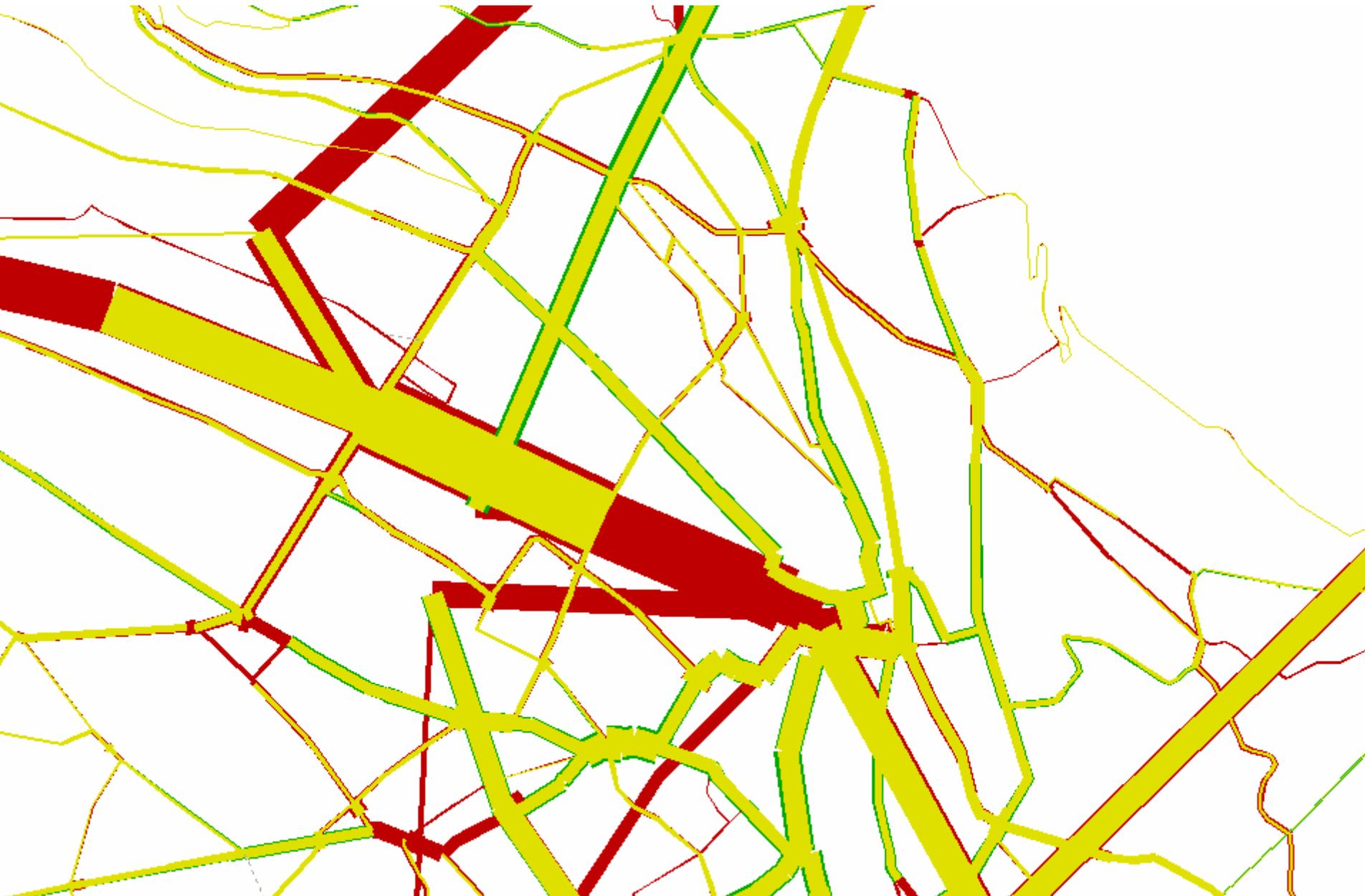
# Umlegungsergebnisse: ÖV-Matrix (ohne Kalibration)

---



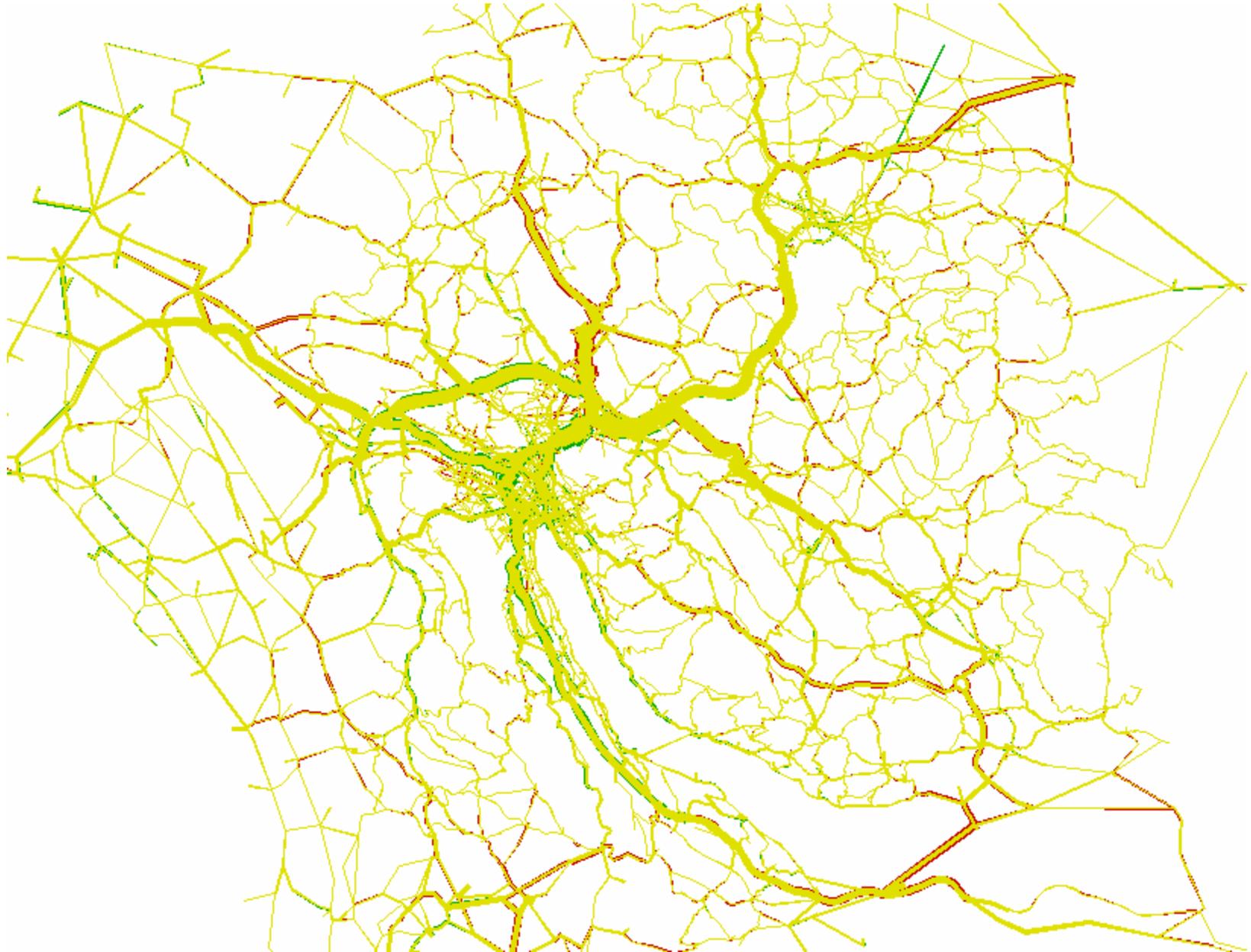
# Umlegungsergebnisse: ÖV-Matrix (ohne Kalibration)

---



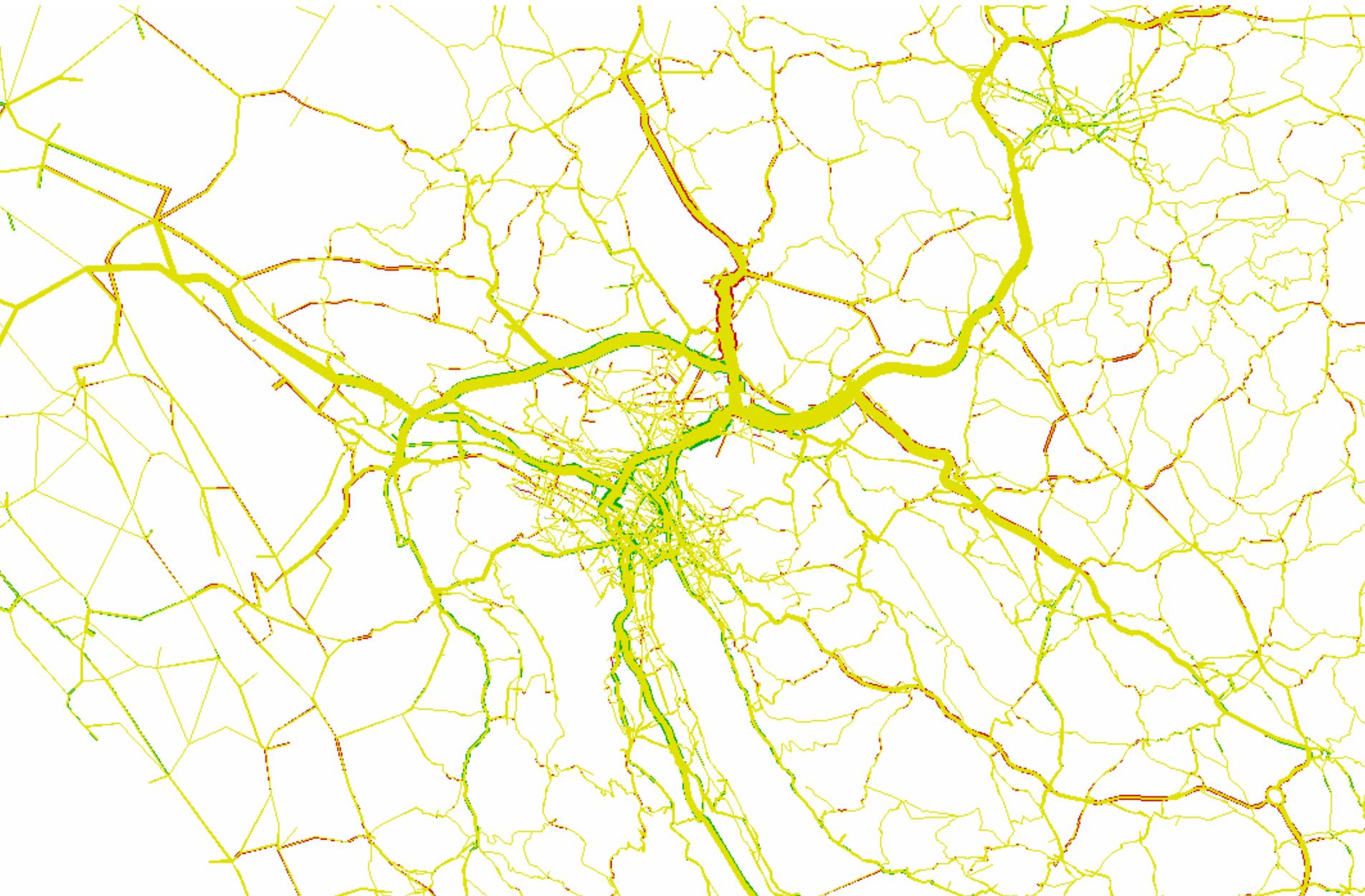
# Vergleich Modell/Volkszählung: Streckenbelastungen aus der MIV-Matrix

---



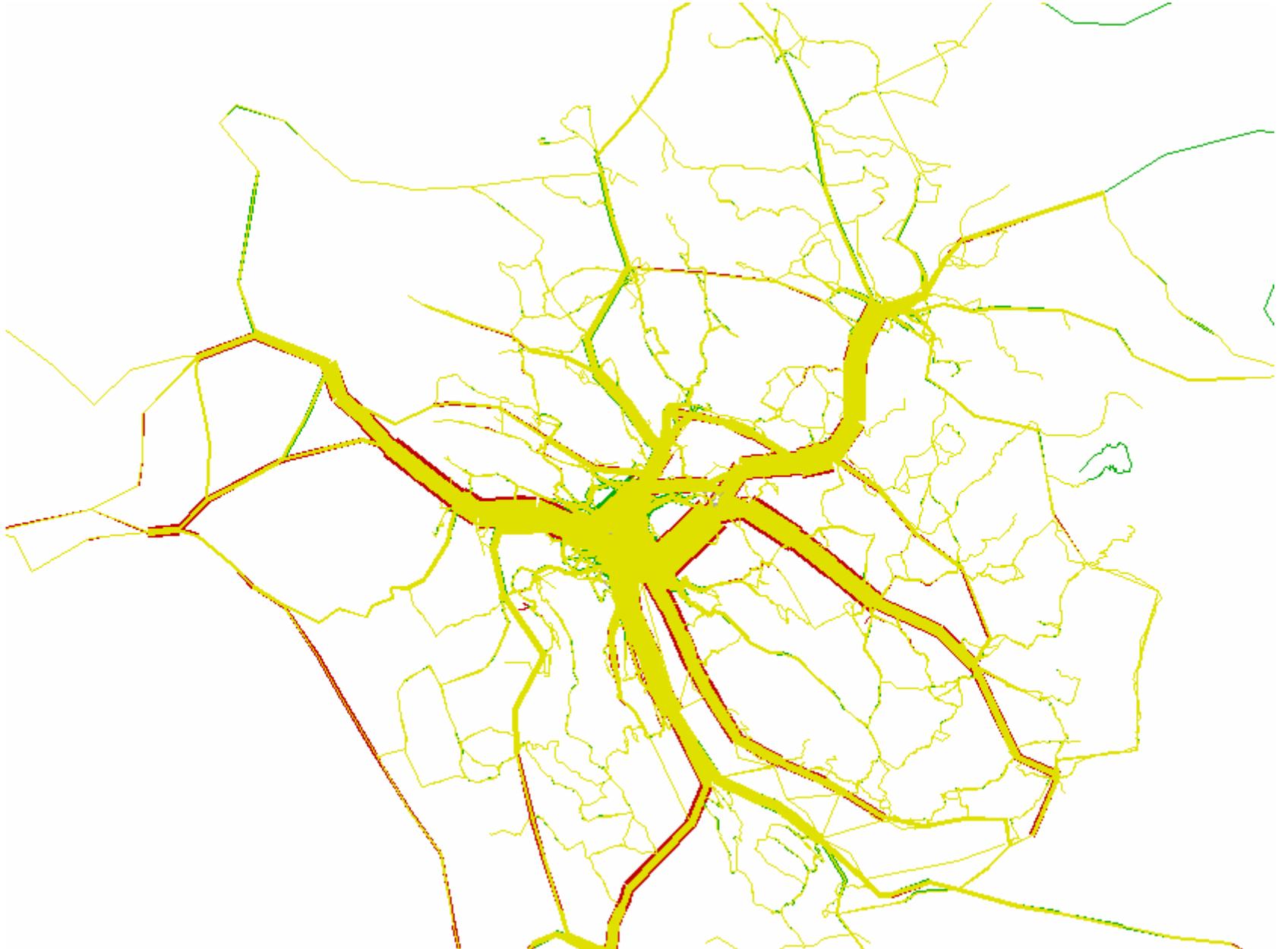
# Vergleich Modell/Volkszählung: Streckenbelastungen aus der MIV-Matrix

---



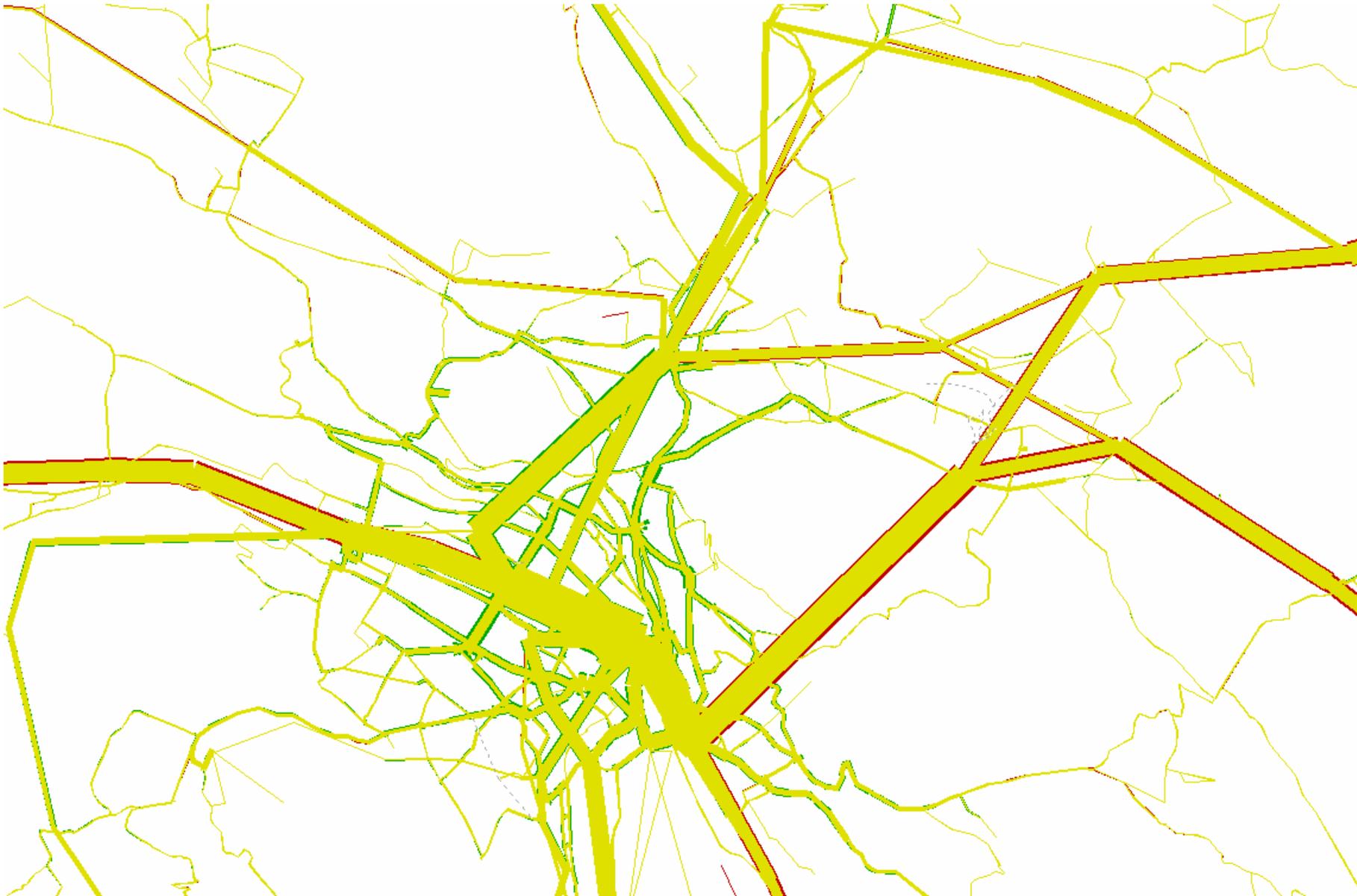
# Vergleich Modell/Volkszählung: Streckenbelastungen aus der ÖV-Matrix

---



# Vergleich Modell/Volkszählung: Streckenbelastungen aus der ÖV-Matrix

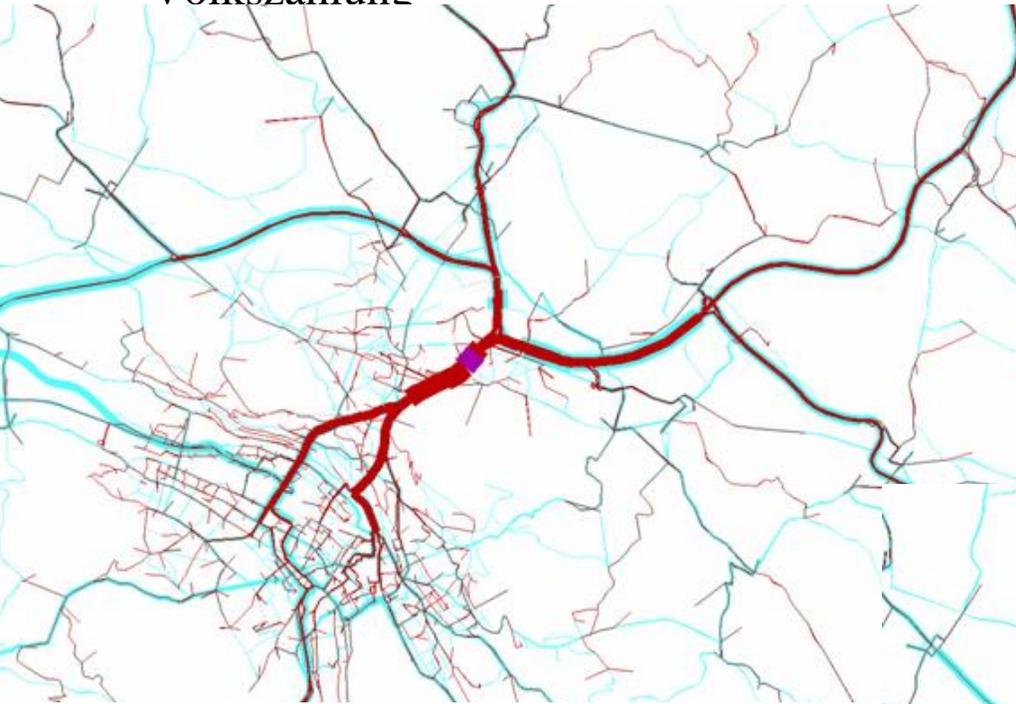
---



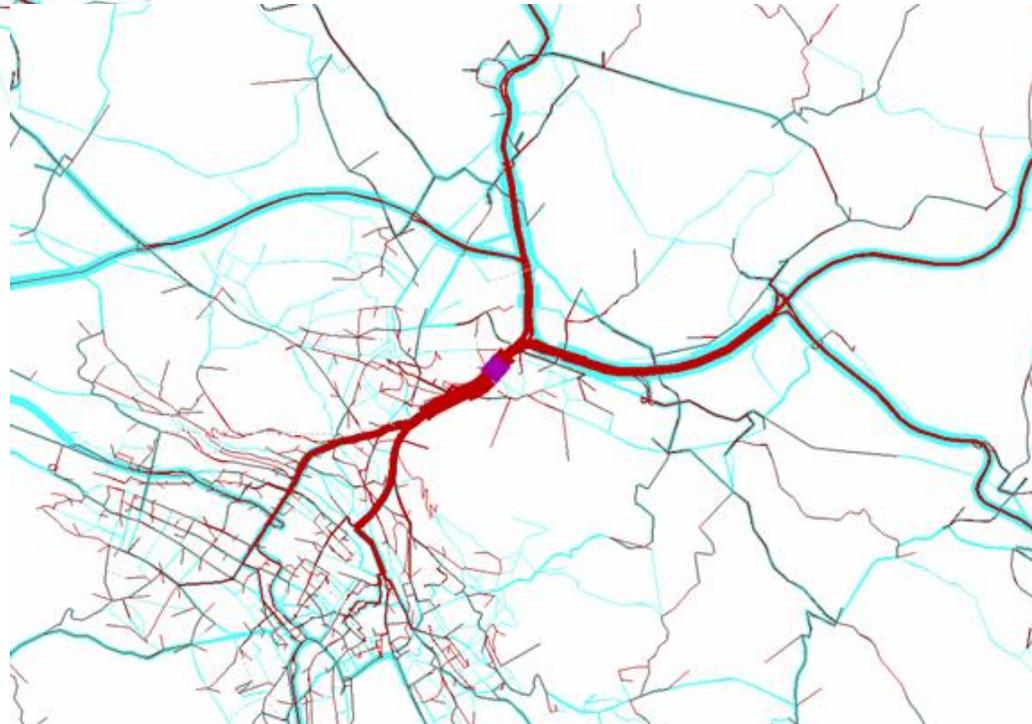
# Vergleich Pendlerströme MIV Volkszählung/Modell

---

Volkszählung



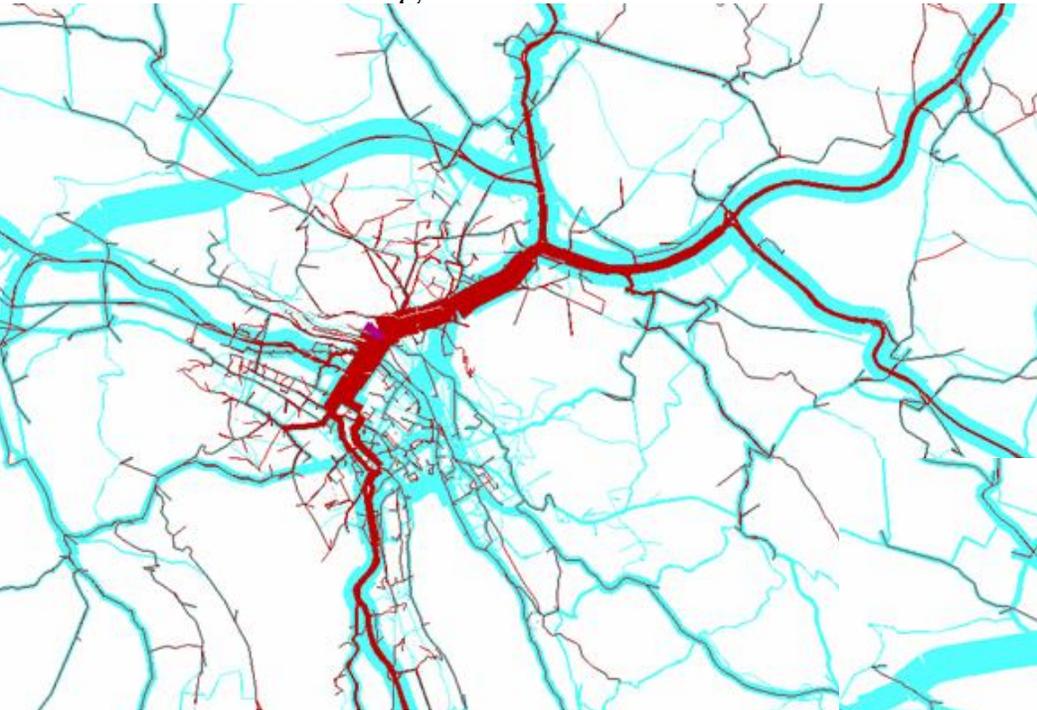
Modell



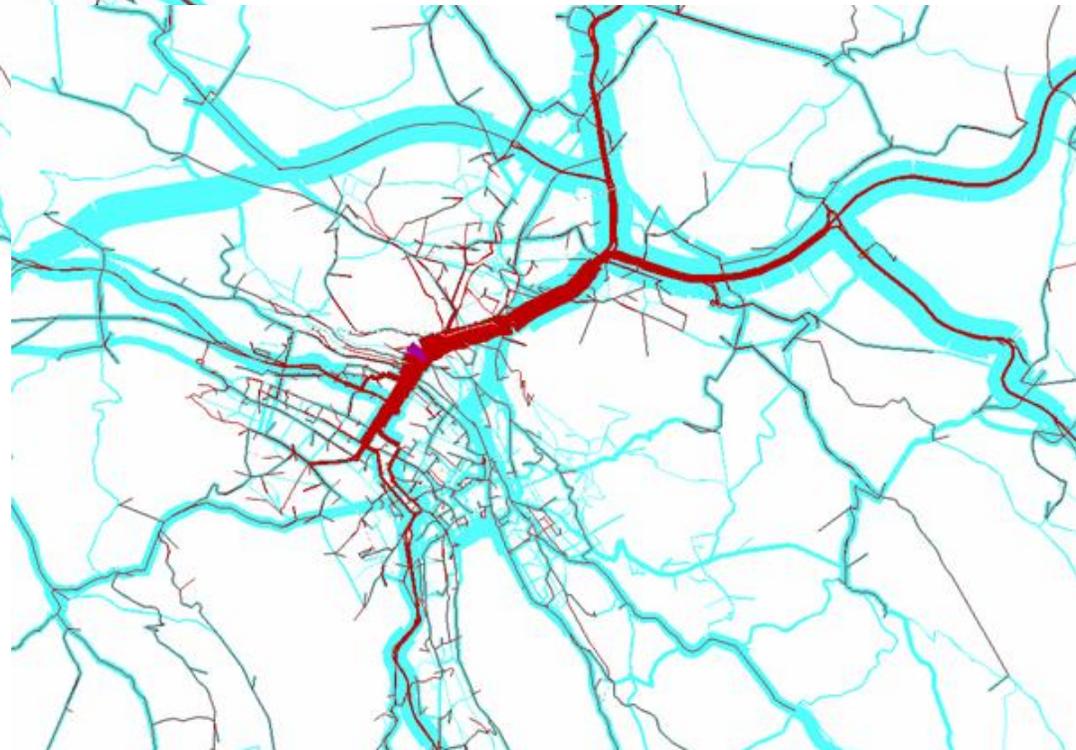
# Vergleich Pendlerströme MIV Volkszählung/Modell

---

Volkszählung



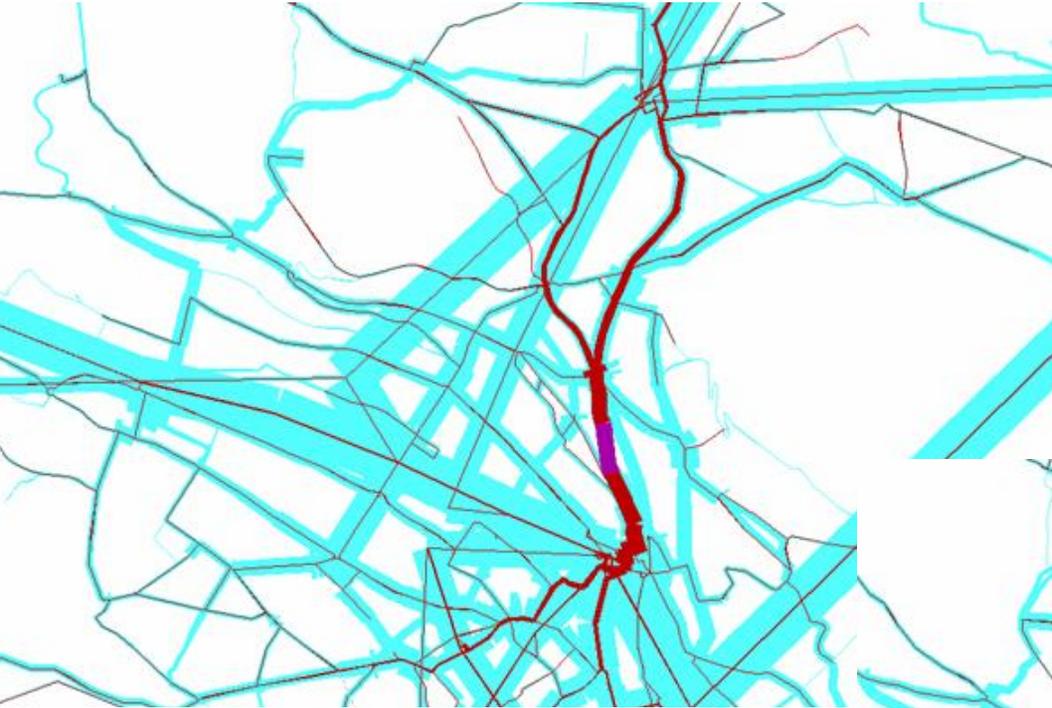
Modell



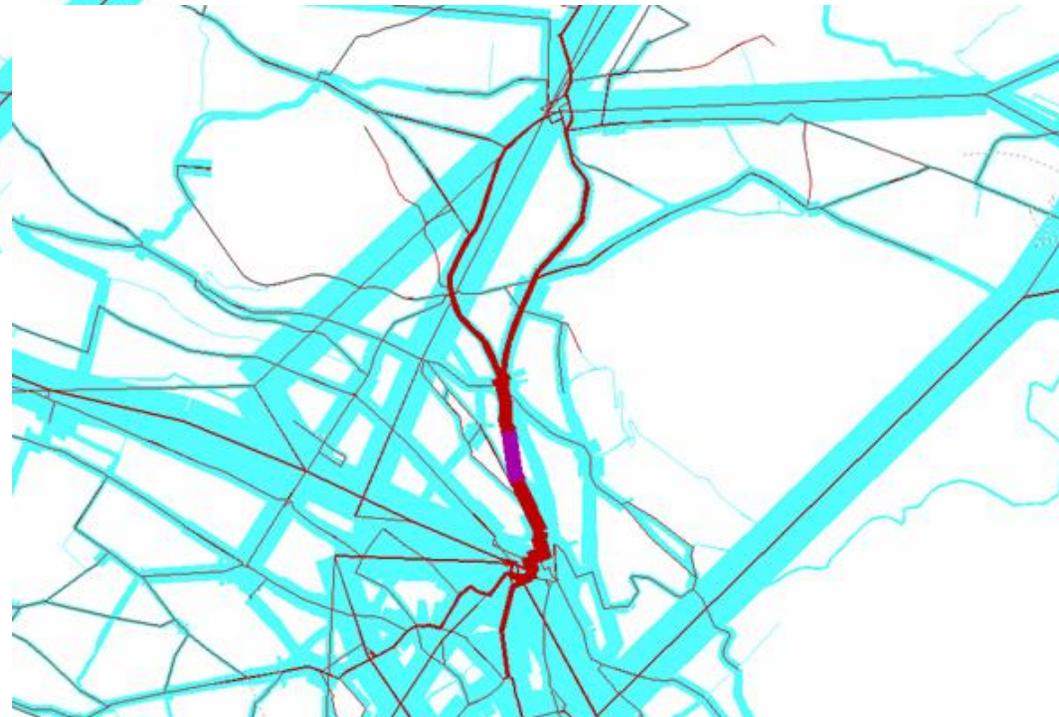
# Vergleich Pendlerströme ÖV Volkszählung/Modell

---

Volkszählung



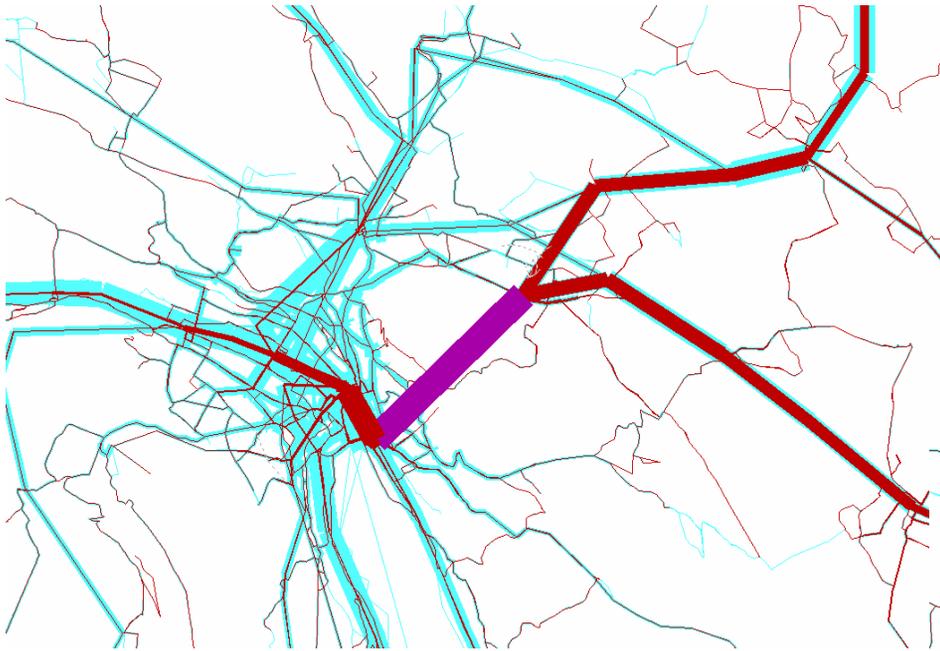
Modell



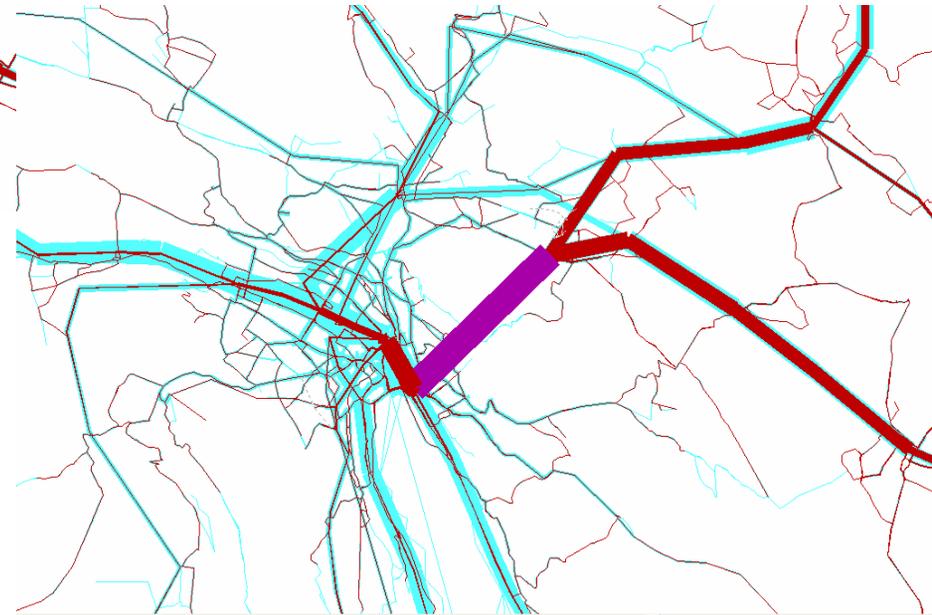
# Vergleich Pendlerströme ÖV Volkszählung/Modell

---

Volkszählung

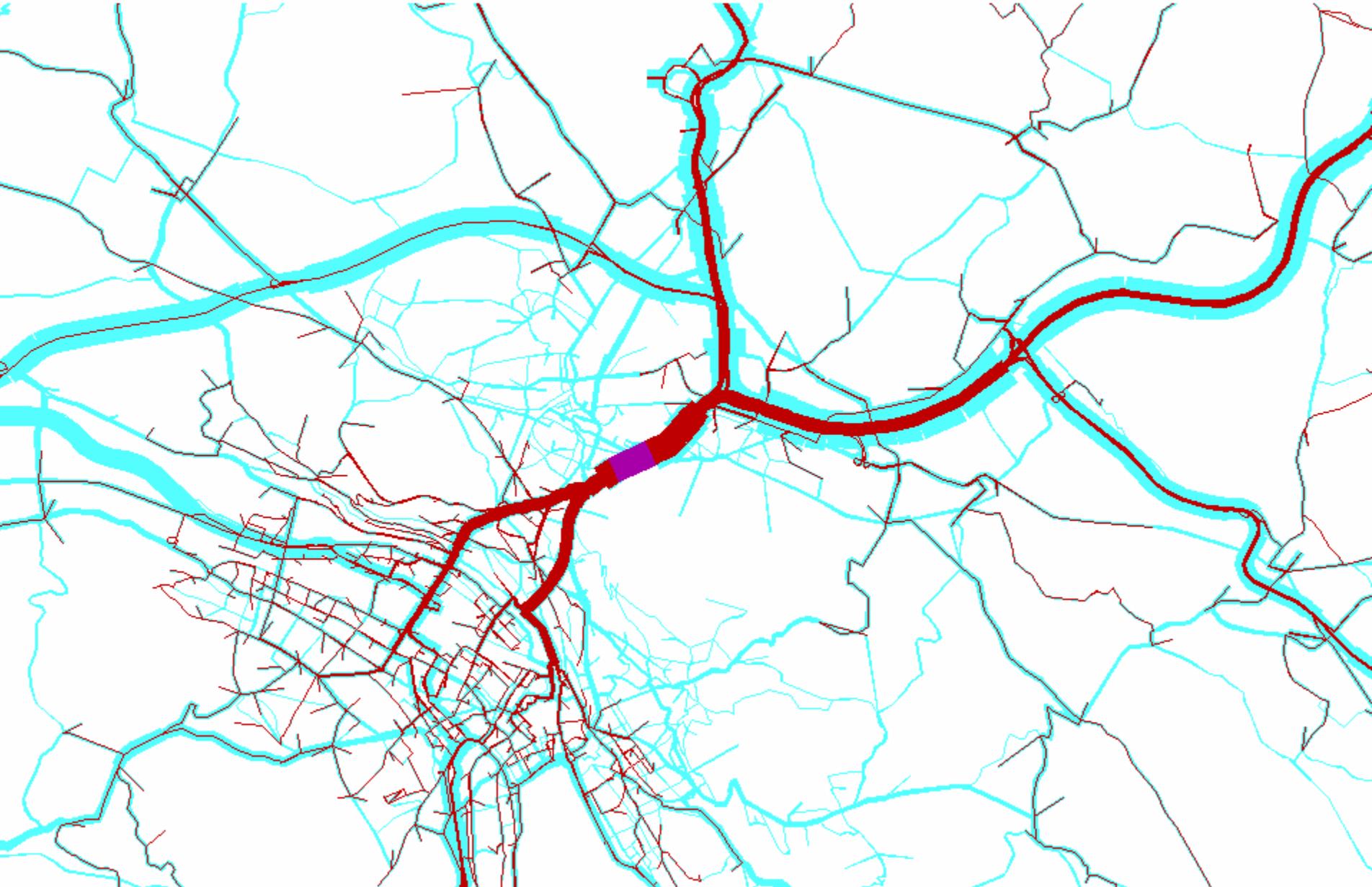


Modell



# Spinnenanalyse: MIV-Ausgangsmatrix (Schöneichtunnel)

---



# Spinnenanalyse: MIV-Ausgangsmatrix (A1 bei Dietikon)

---



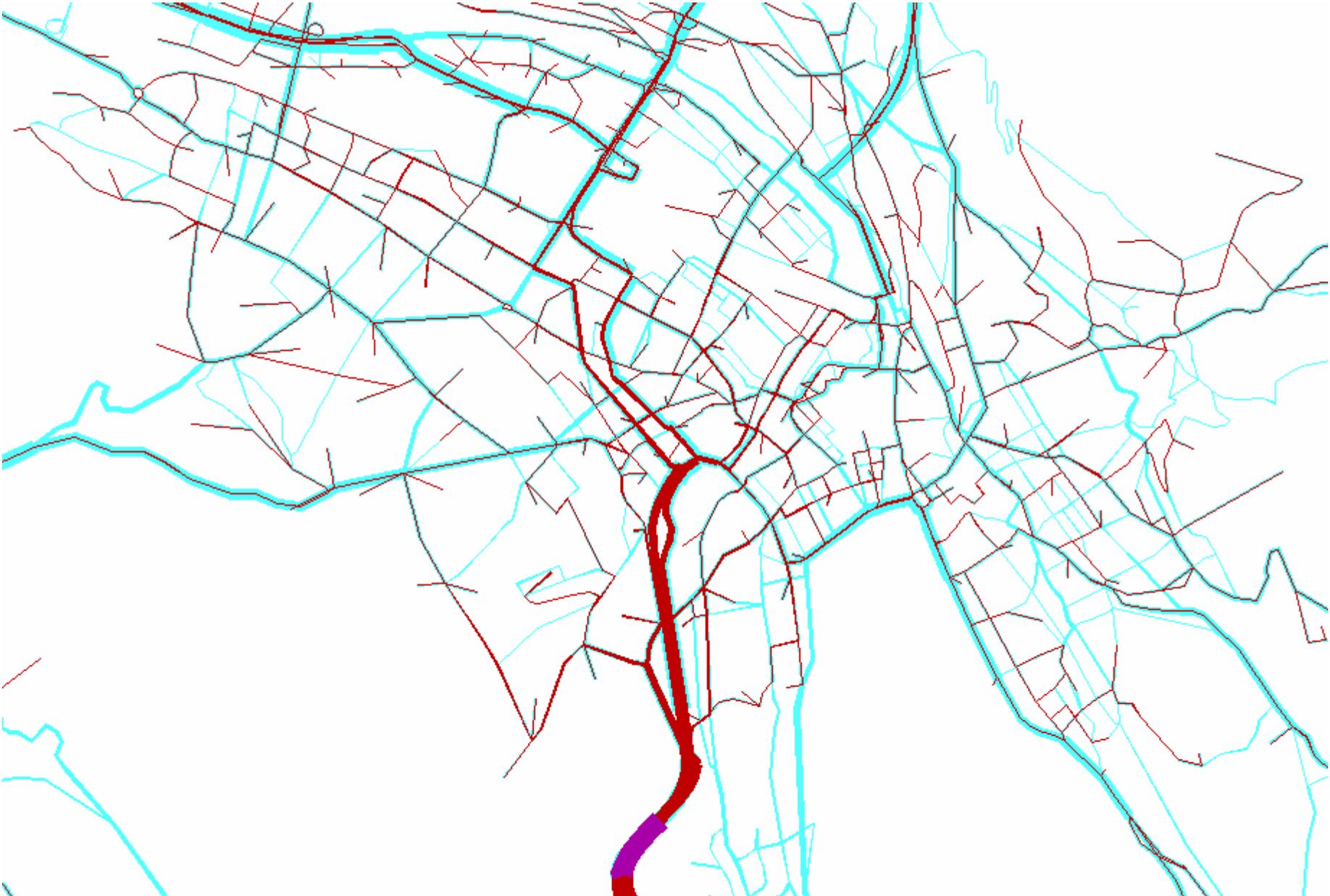
# Spinnenanalyse: MIV-Ausgangsmatrix (Rosengartenstrasse)

---



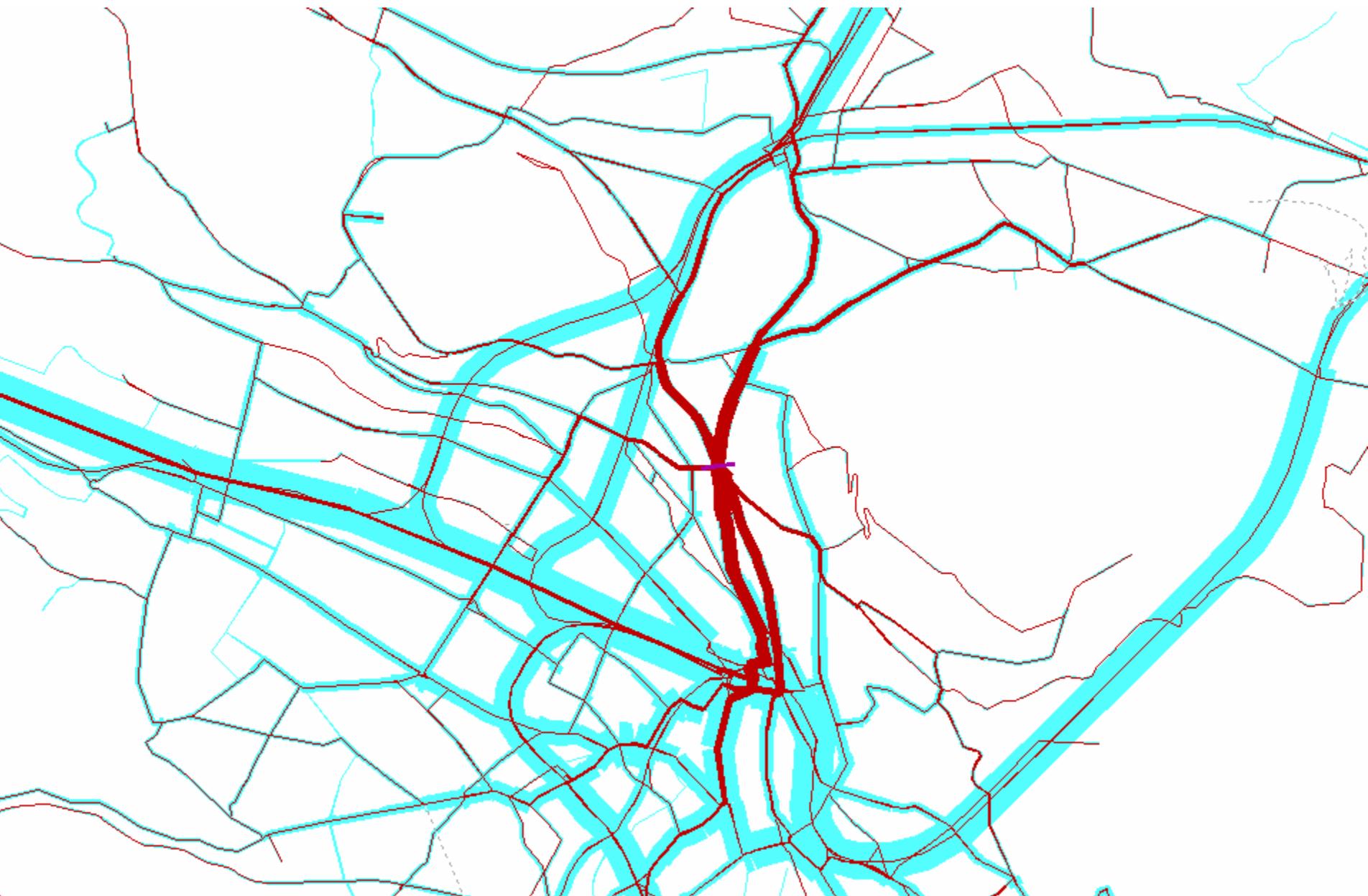
# Spinnenanalyse: MIV-Ausgangsmatrix (.....)

---



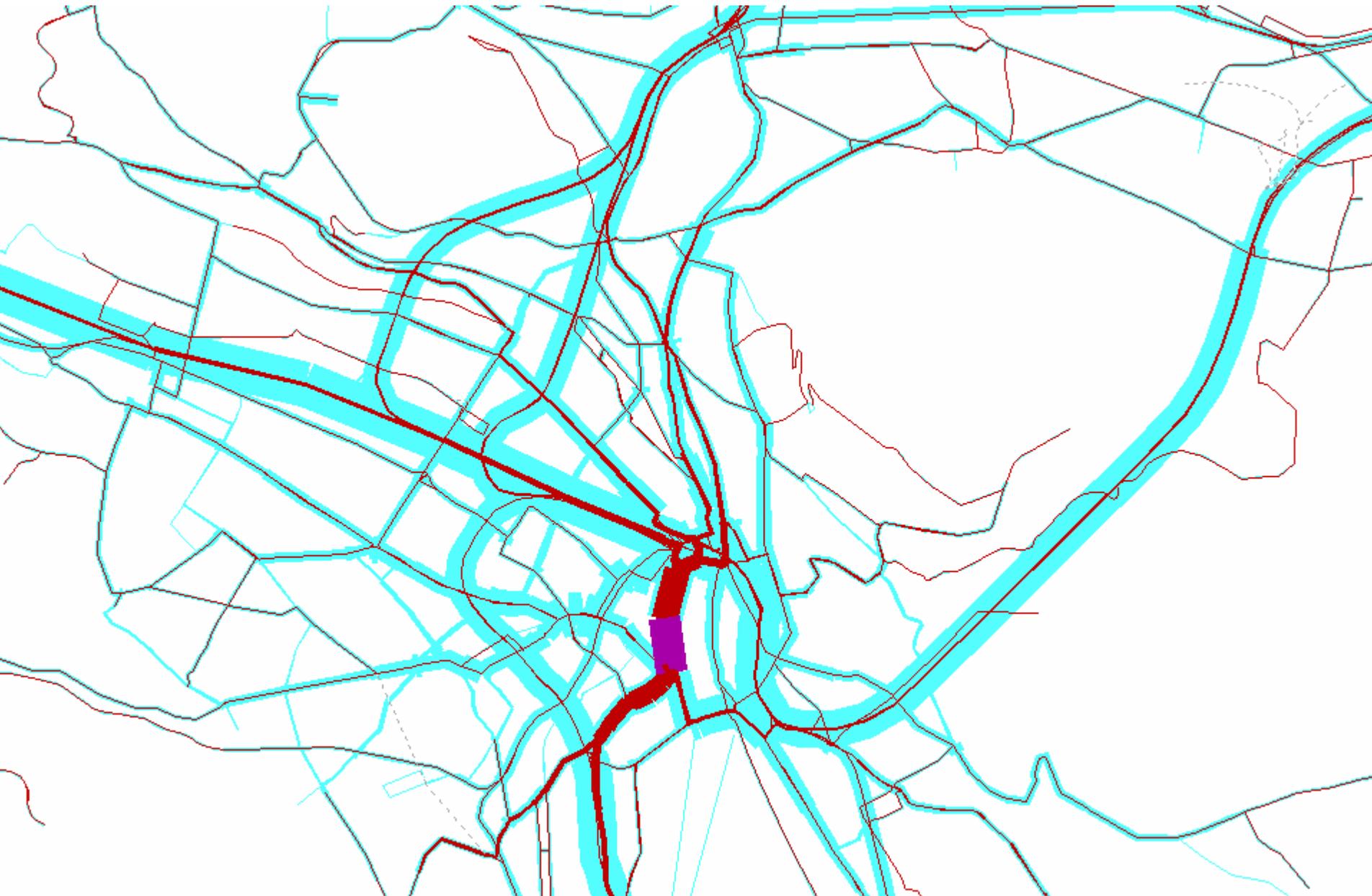
# Spinnenanalyse: ÖV-Matrix (Schaffhauserplatz)

---



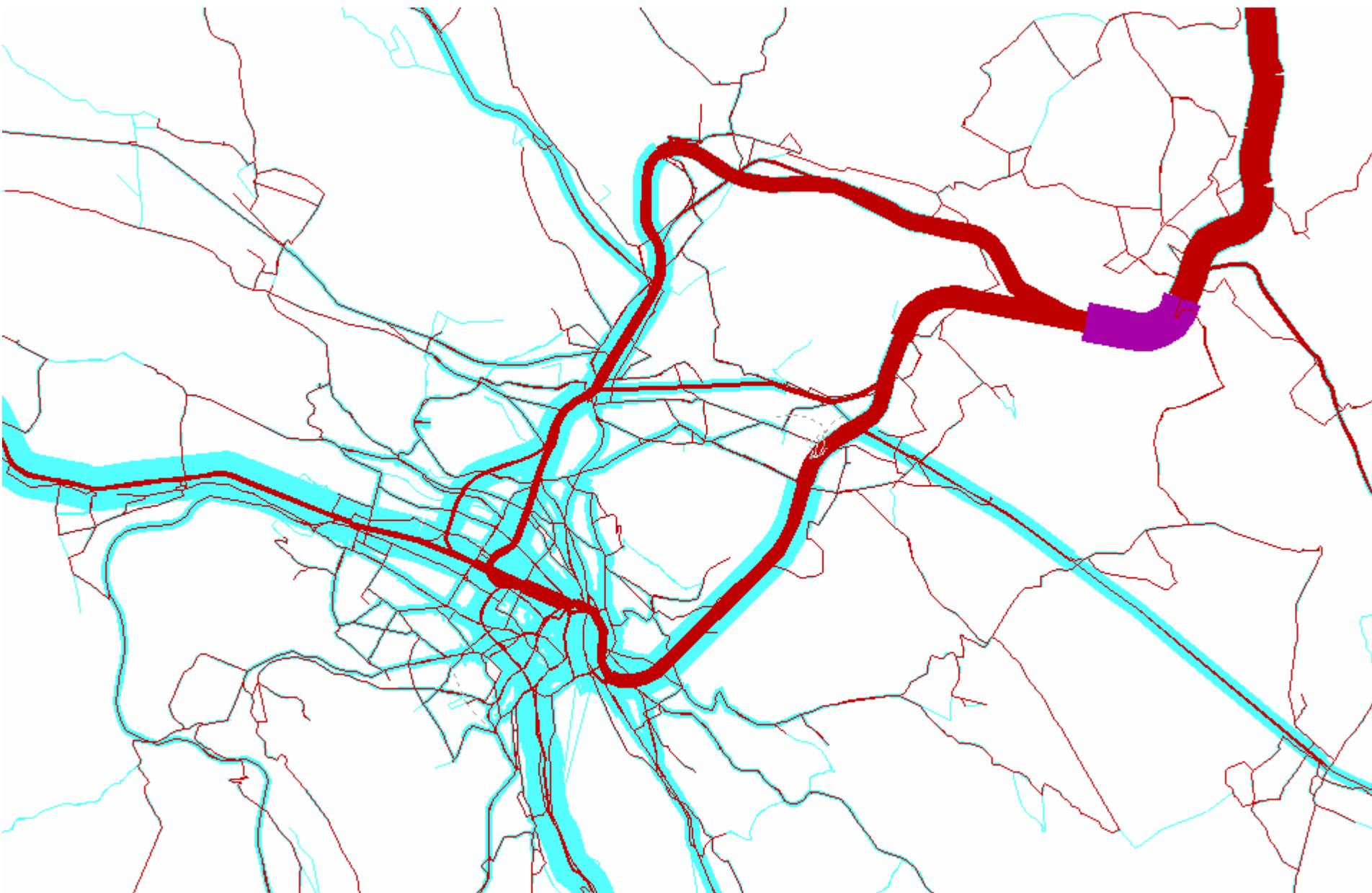
# Spinnenanalyse: ÖV-Matrix (Rennweg-Paradeplatz)

---



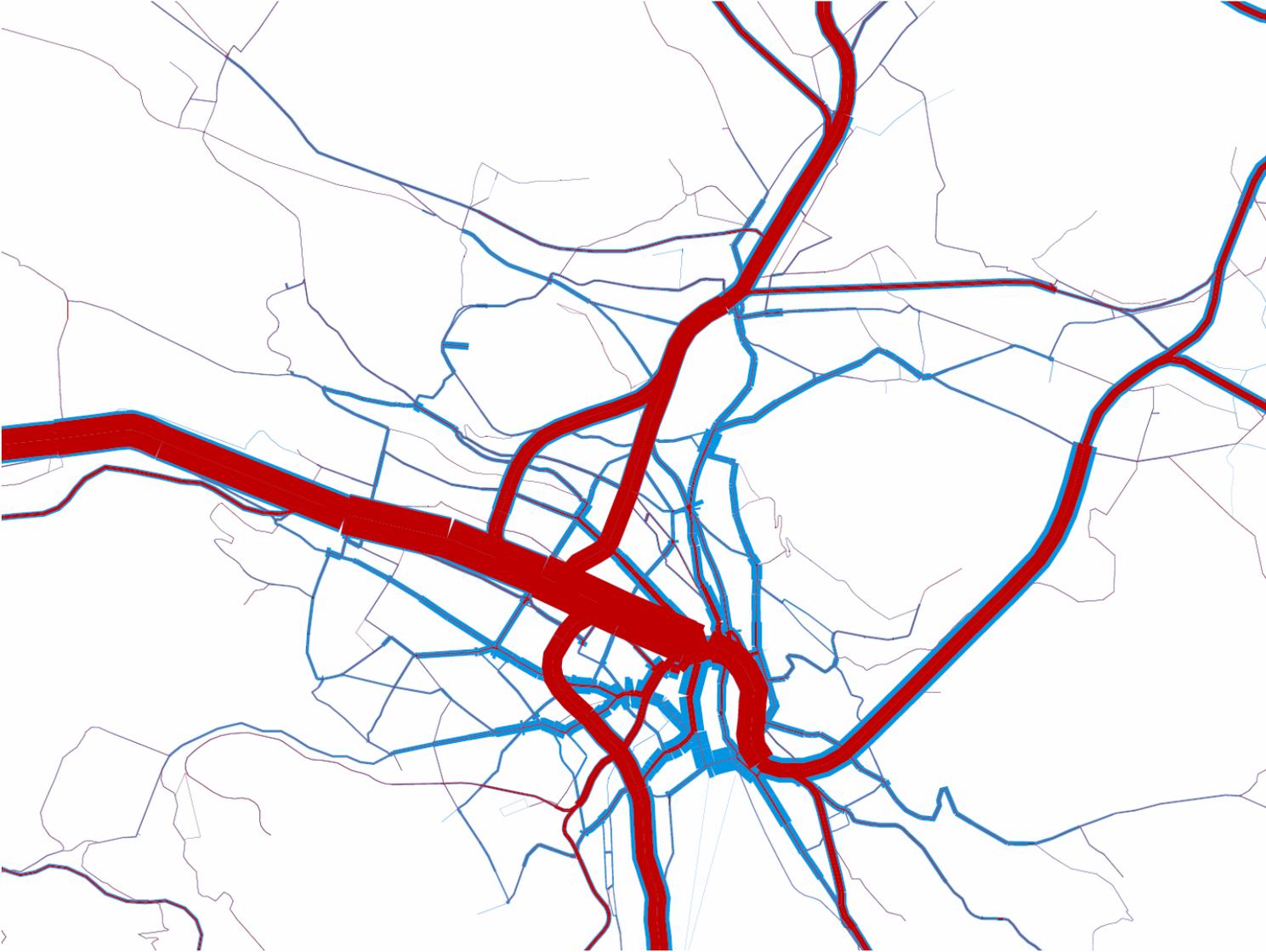
# Spinnenanalyse: ÖV-Matrix (Effretikon-Abzweigung Hürlistein)

---



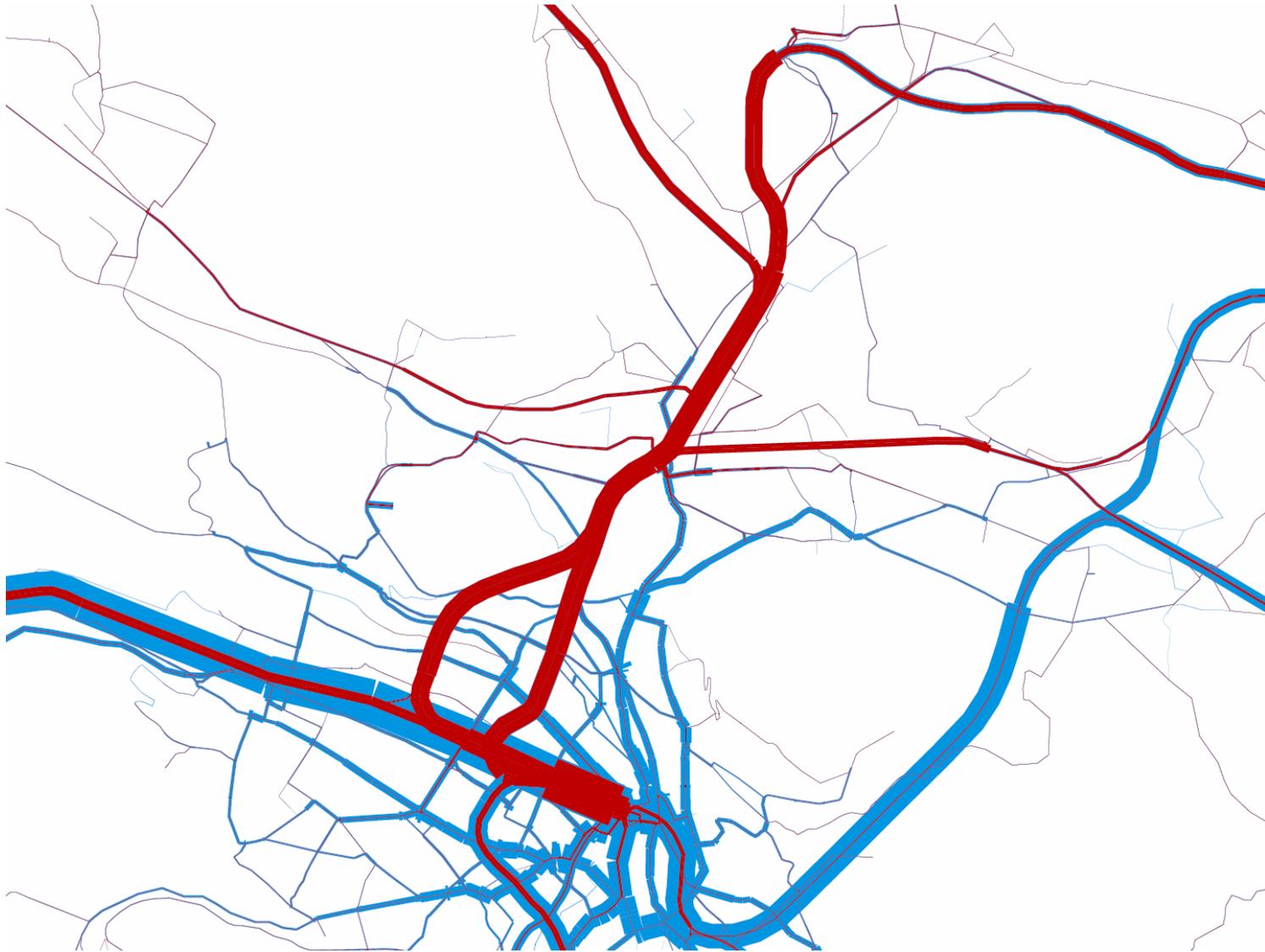
# Knotenspinne Zürich HB Stadtansicht

---



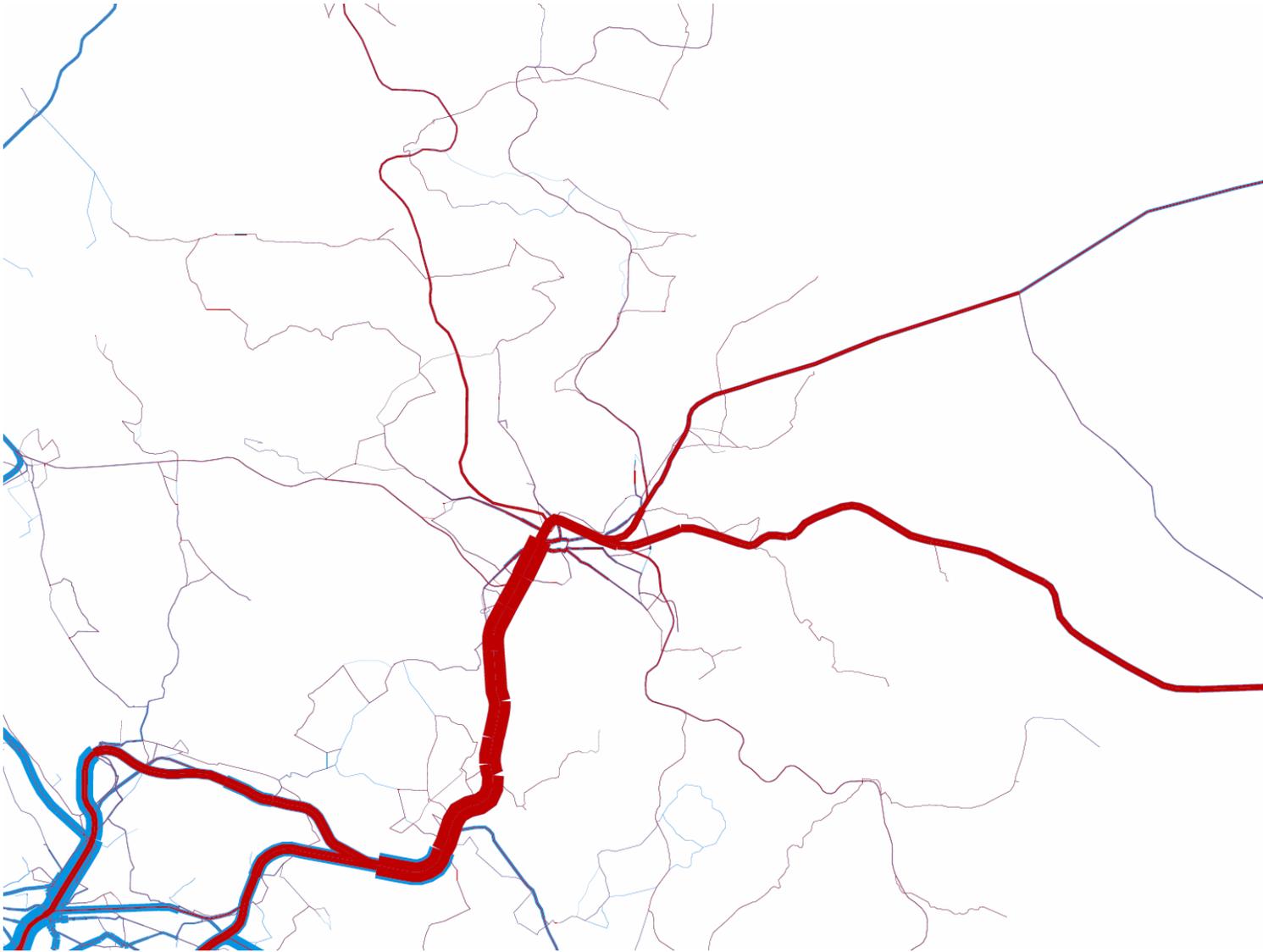
# Knotenspinne Bahnhof Zürich-Oerlikon

---



# Knotenspinne Bahnhof Winterthur

---



# Kalibration auf die Querschnittszählung: ÖV-Modell

---

Vor der Kalibration:

- Überprüfung / Korrektur
  - Zonenanbindungen / Anbindungszeiten
  - Verkehrsangebot (Fahrplanfehler und Netzattribute)
  - Routenwahlverhalten
  - Zähldaten (Konsistenz)
- Keine automatische Kalibration
- Manuelle Eichung der Matrix durch ein sukzessives Vorgehen

# Zähldaten

---

- Zähldaten
  - SBB (Fern- und Regionalverkehr)
  - ZVV (übrige Strecken)
- Die Eichung der Matrix wurde nur für die Binnenströme durchgeführt
- Voraussetzung: Die Matrixstruktur soll unverändert bleiben

# Quell-Zielmatrizen vor und nach der Kalibration

---

---

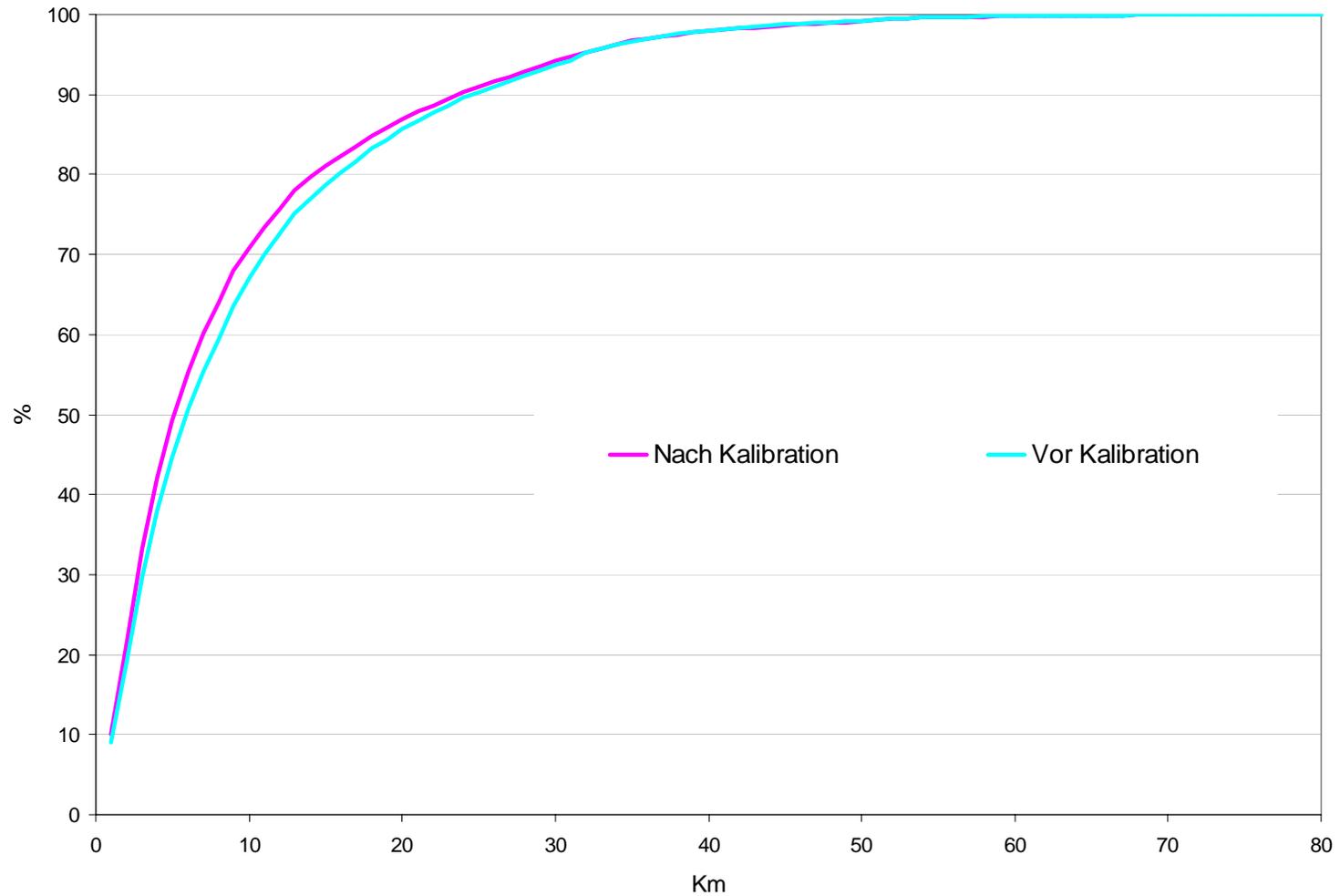
| ÖV-Matrix       | Ausgangsmatrix<br>aus VISEVA | nach Kalibration | Veränderung |
|-----------------|------------------------------|------------------|-------------|
|                 |                              | In Wege          |             |
| Binnenströme    | 1'239'586                    | 1'118'844        | - 9.8%      |
| Gesamte Matrix* | 1'402'295                    | 1'281'553        | - 9.8%      |

---

(\*) Mit Aussenströmen aus dem nationalen Modell

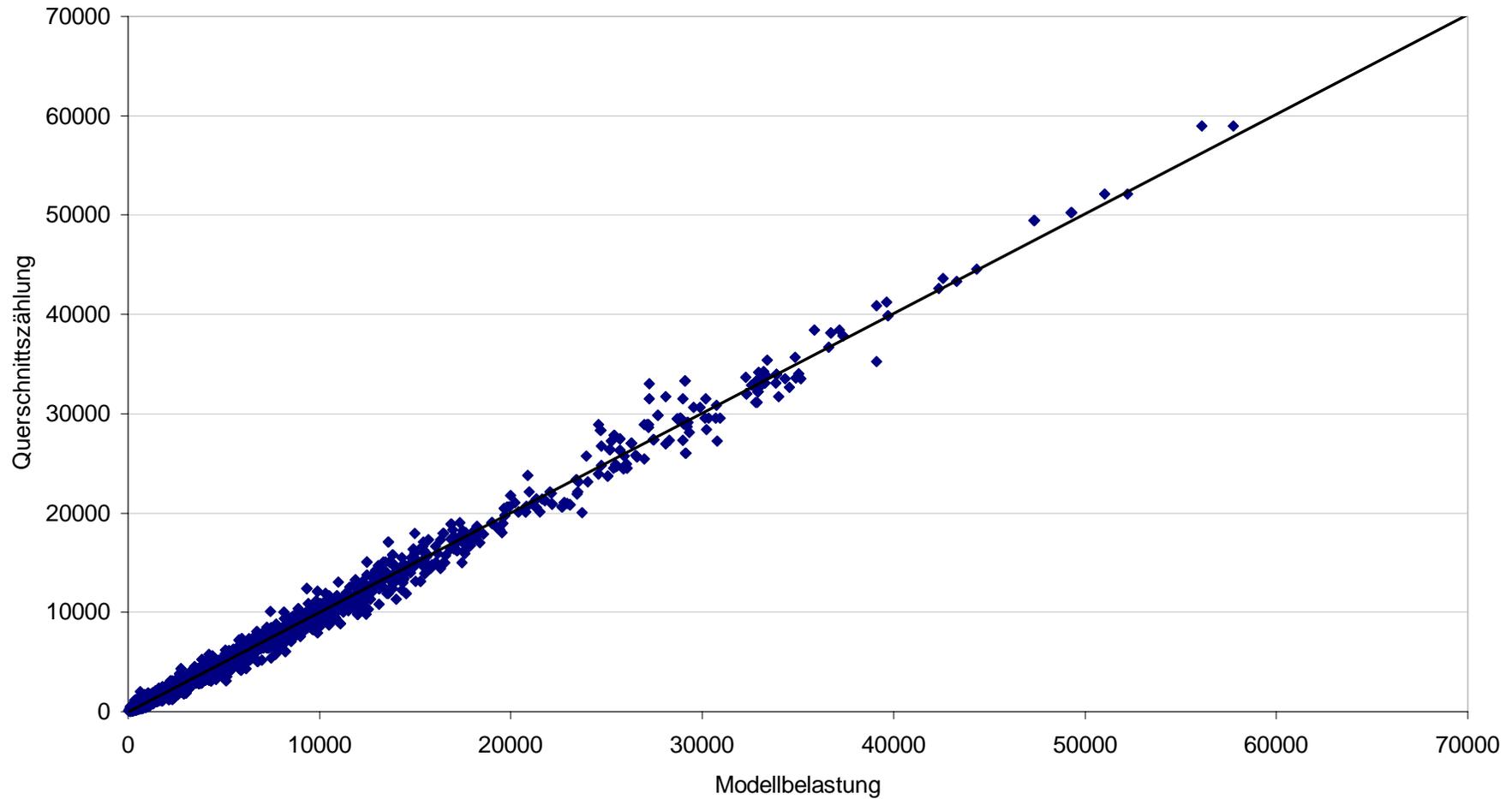
# Veränderung der Reiseweiteverteilung: Alle Fahrtzwecke

---



# Vergleich der Streckenbelastungen aus Modell und Zählung - ÖV

---



# Vergleich der Streckenbelastungen aus Modell und Zählung - ÖV

---

|  | ÖV-Modell |
|--|-----------|
| Anzahl Zählstellen   | 5916      |
| Mittlere gewichtete<br>Abweichung der<br>Absolutwerte in % | 8.2%      |
| Korrelationskoeffizient                                    | 0.996     |

---

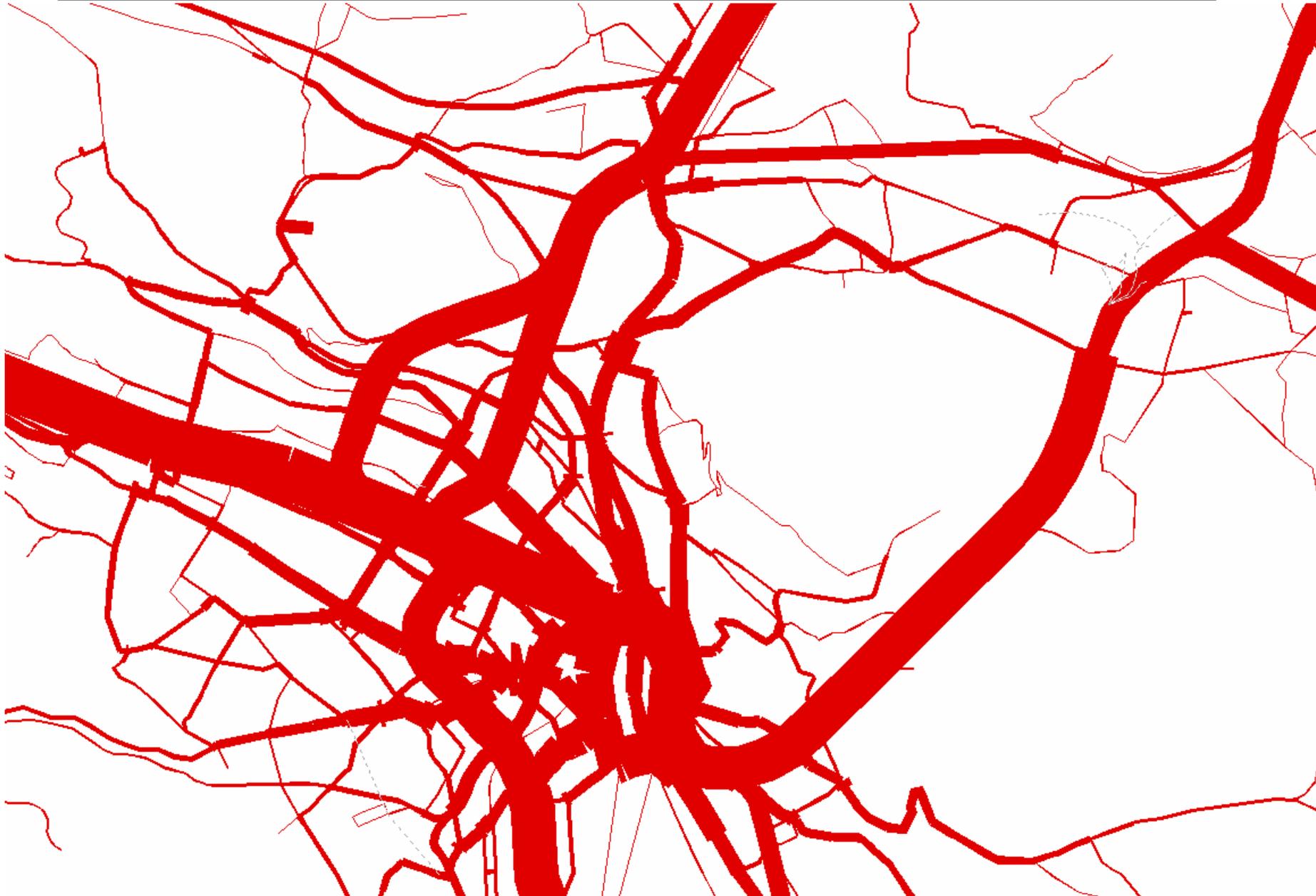
# Netzbelastung – ÖV Modell

---



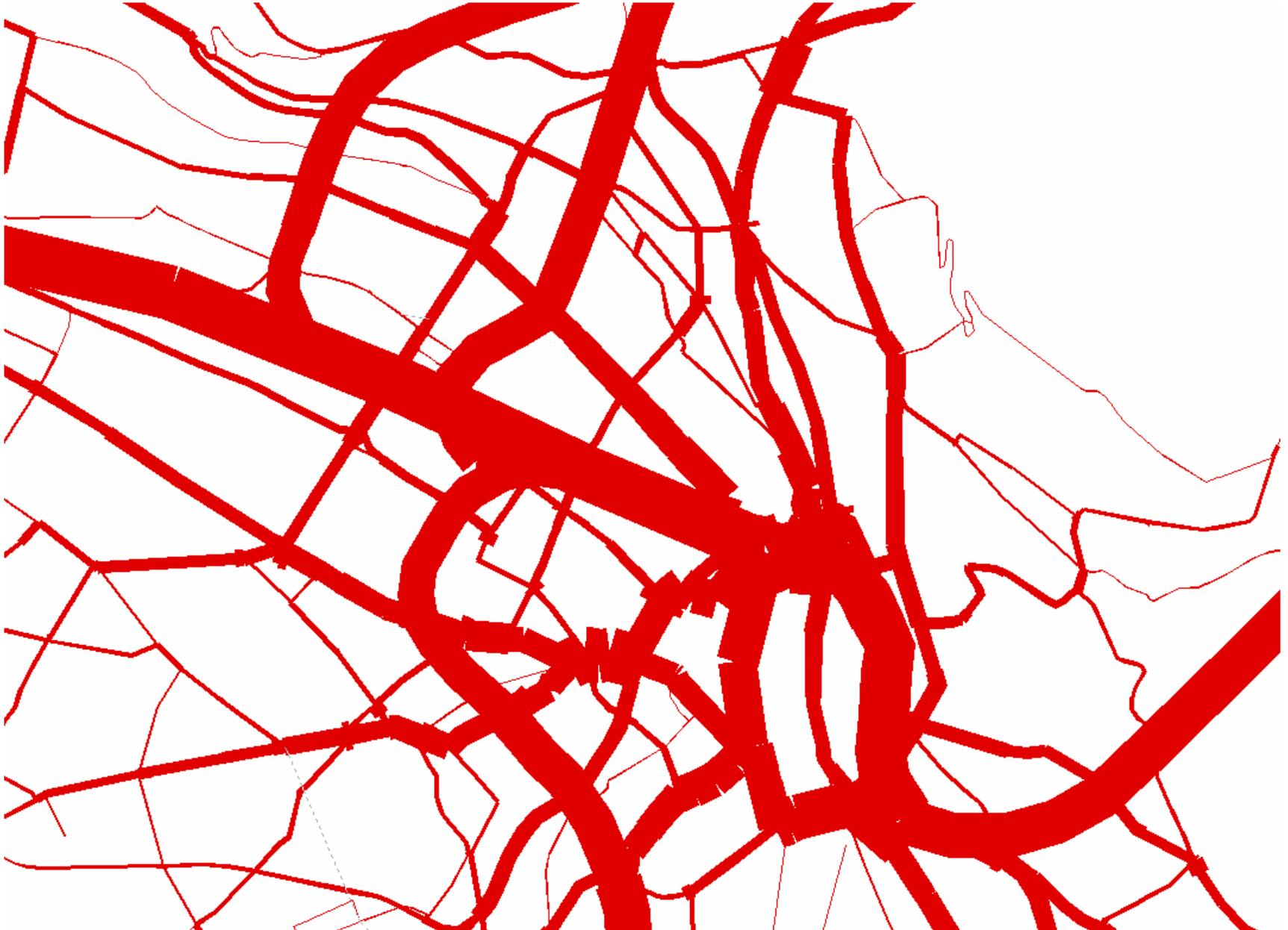
# Netzbelastung – ÖV Modell

---



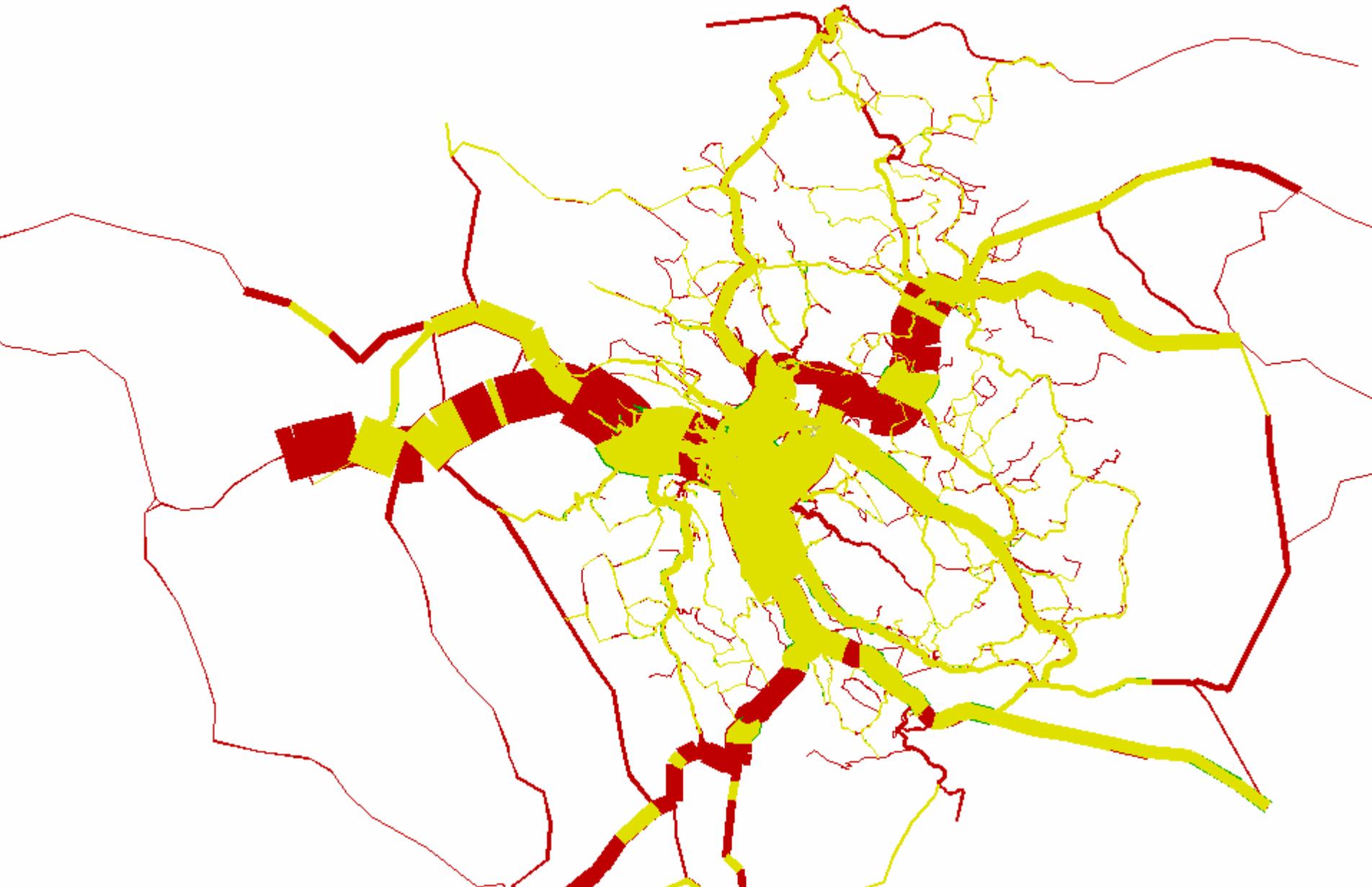
# Netzbelastung – ÖV Modell

---



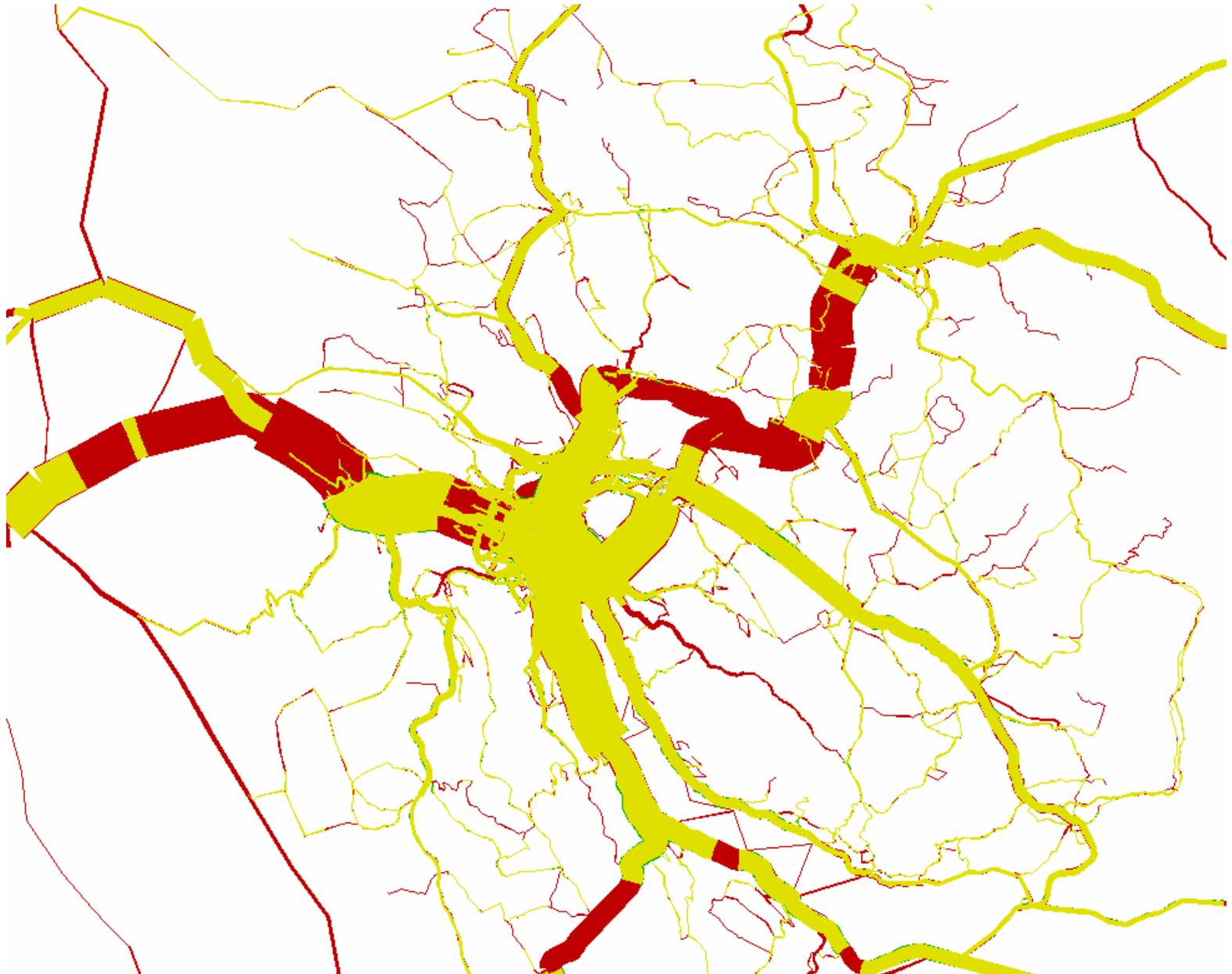
# Umlegung / Zählung

---



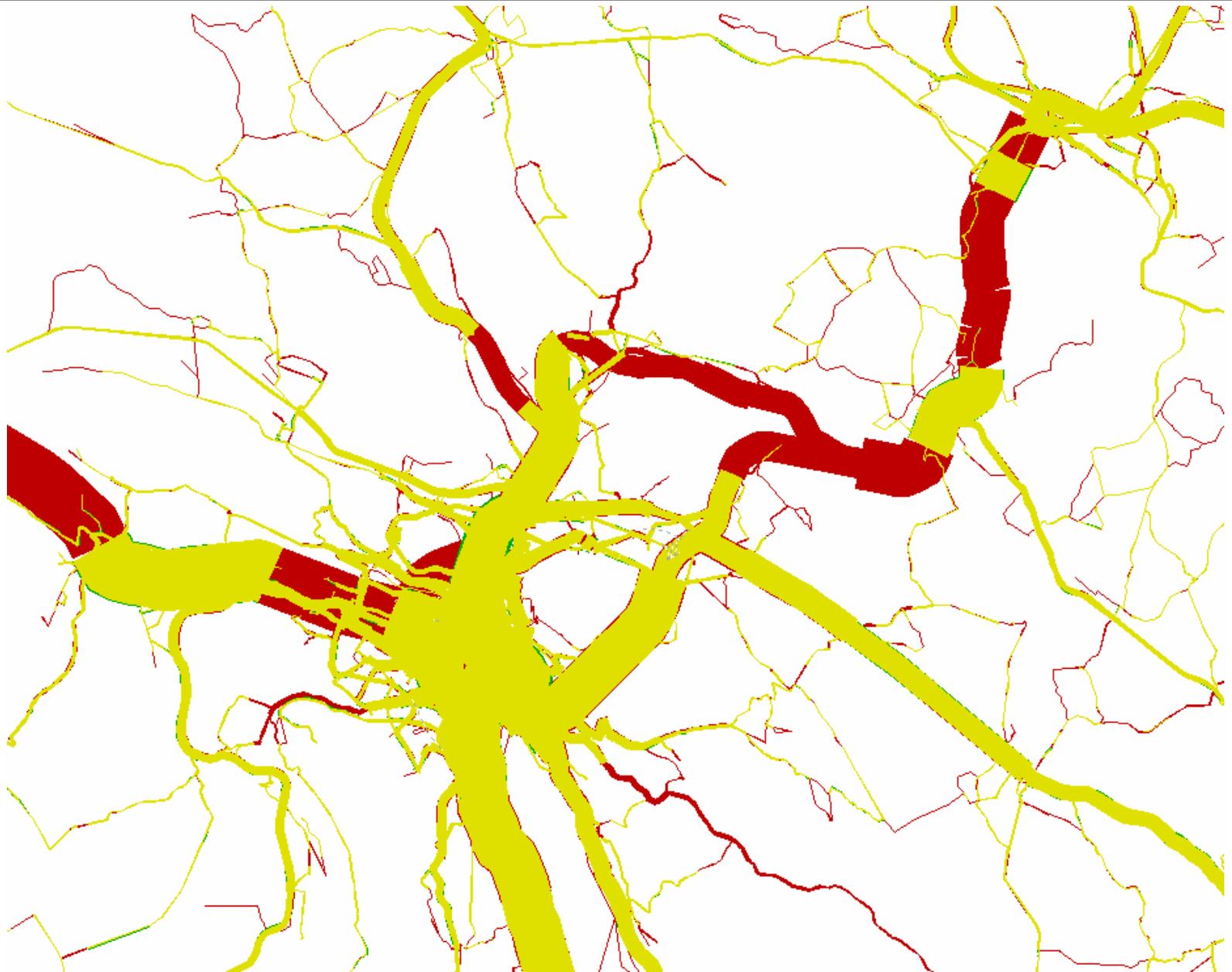
# Umlegung / Zählung

---



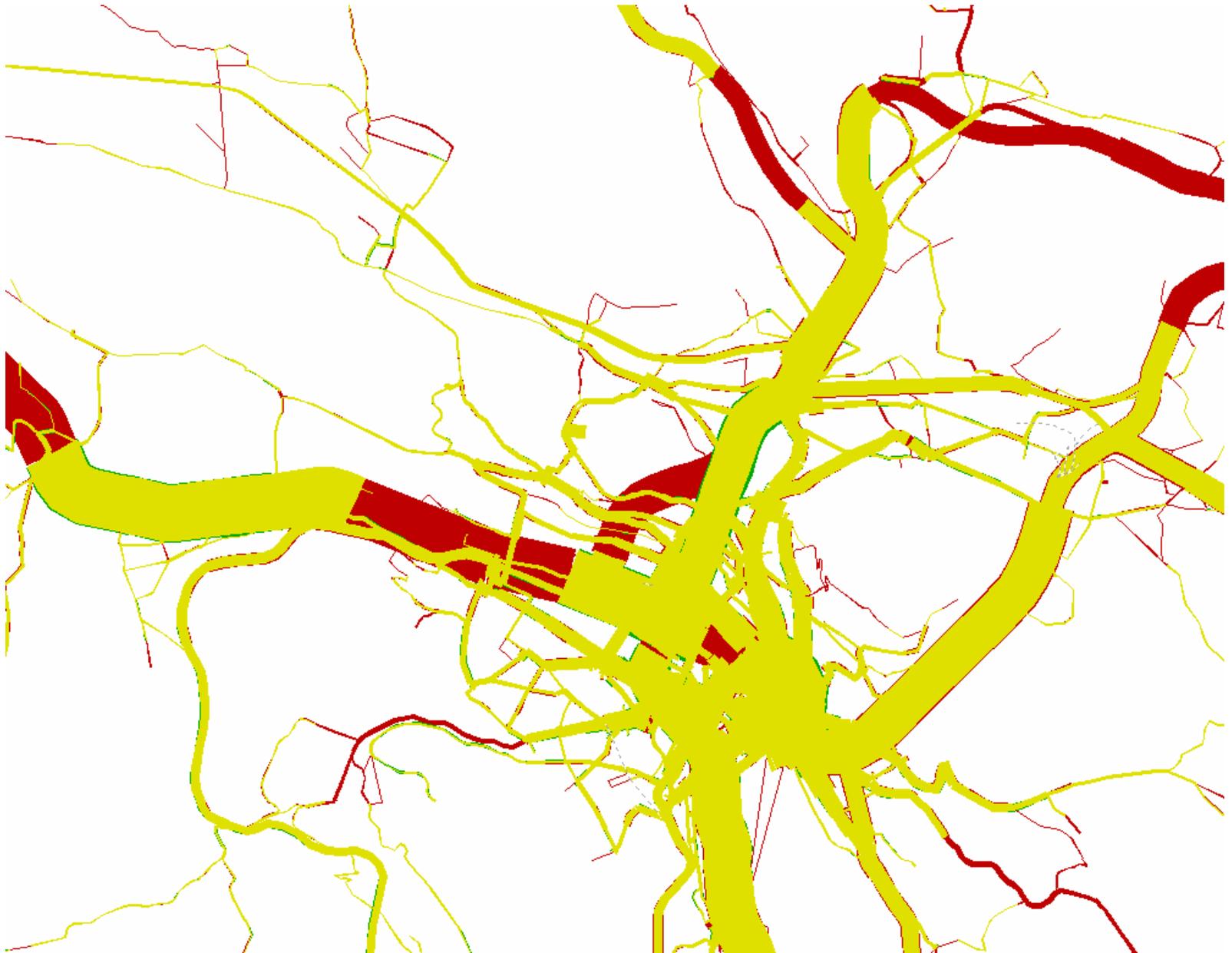
# Umlegung / Zählung

---



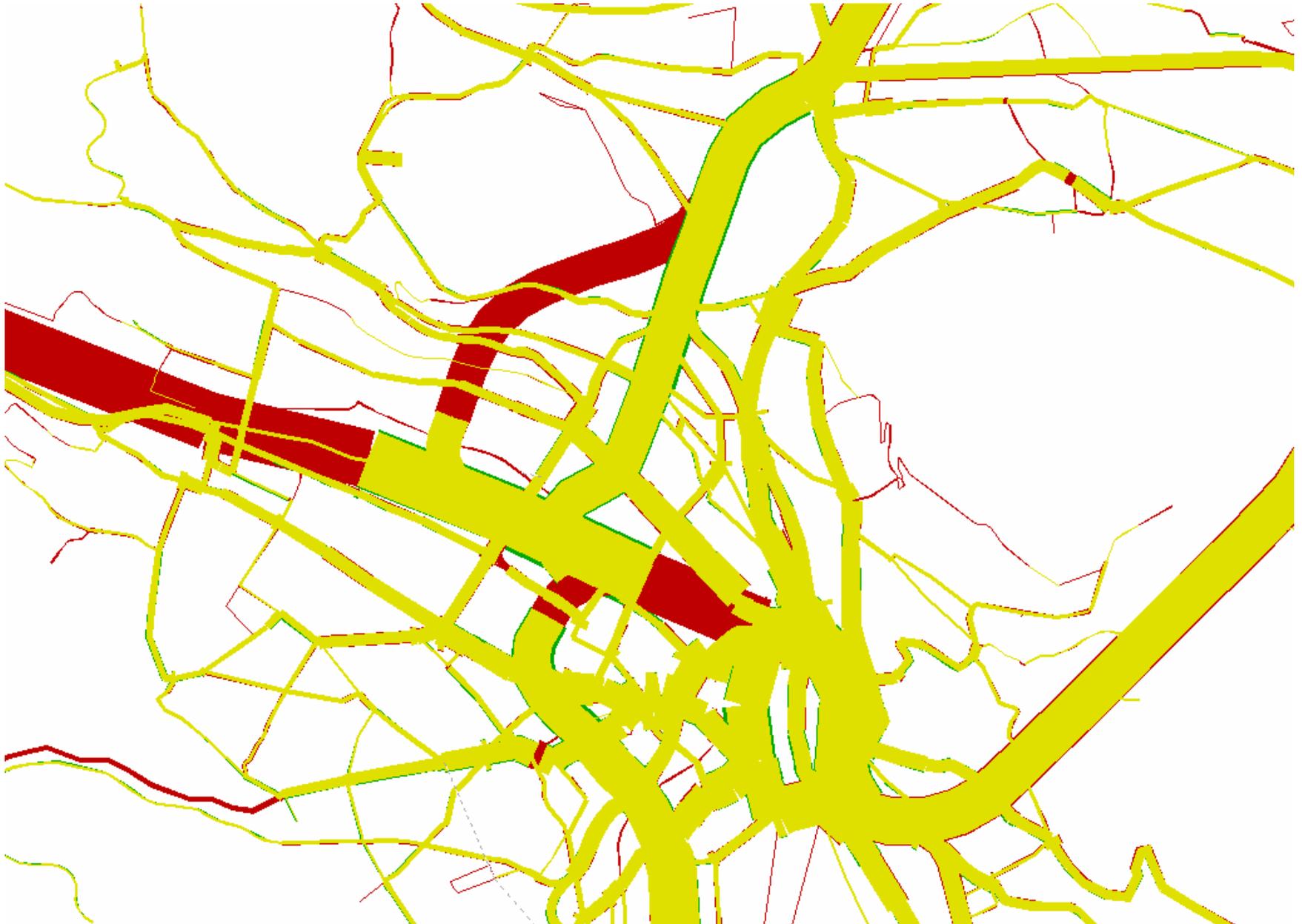
# Umlegung / Zählung

---



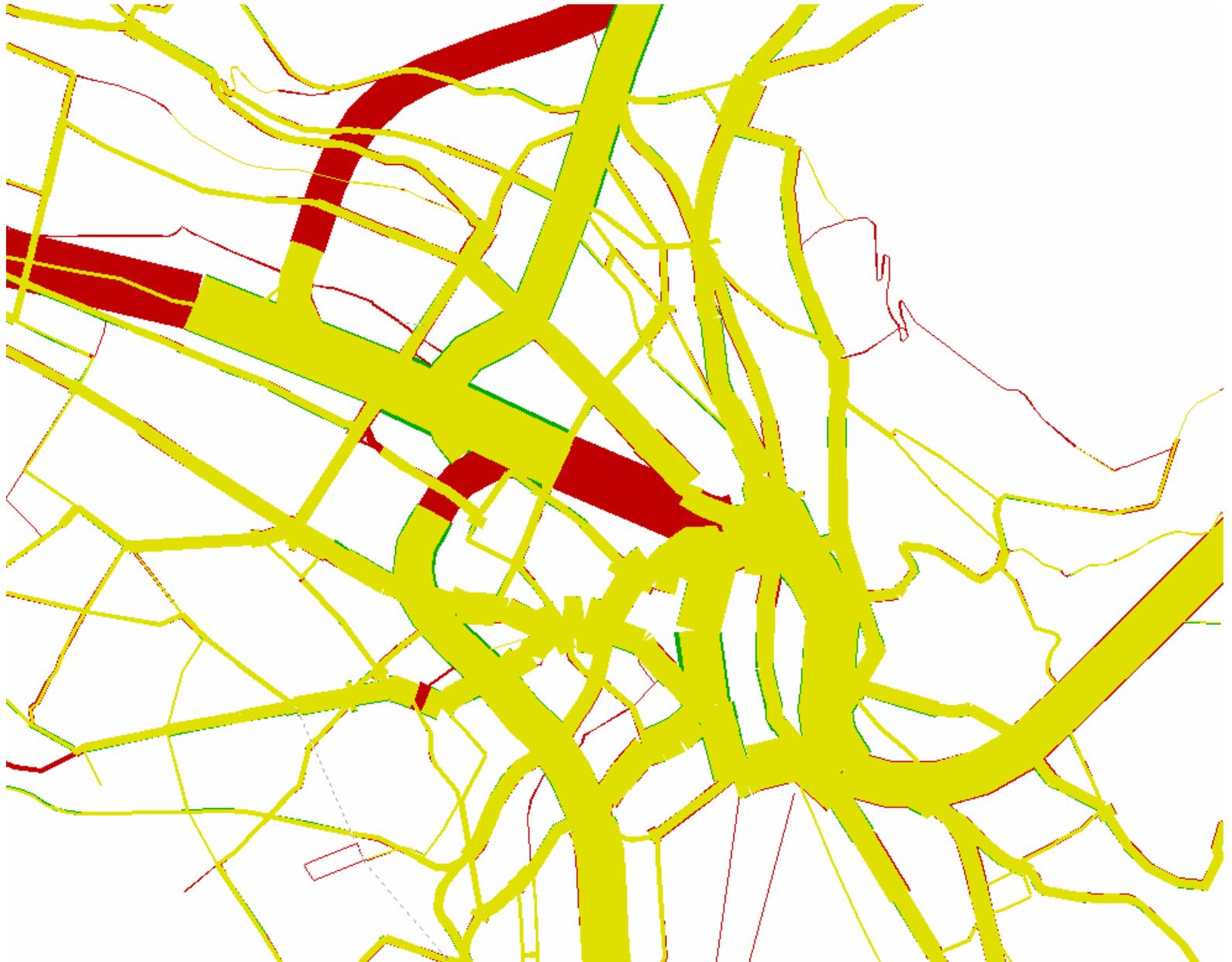
# Umlegung / Zählung

---



# Umlegung / Zählung

---



# Umlegung / Zählung

---



# Umlegung / Zählung

---



# Umlegung / Zählung

---



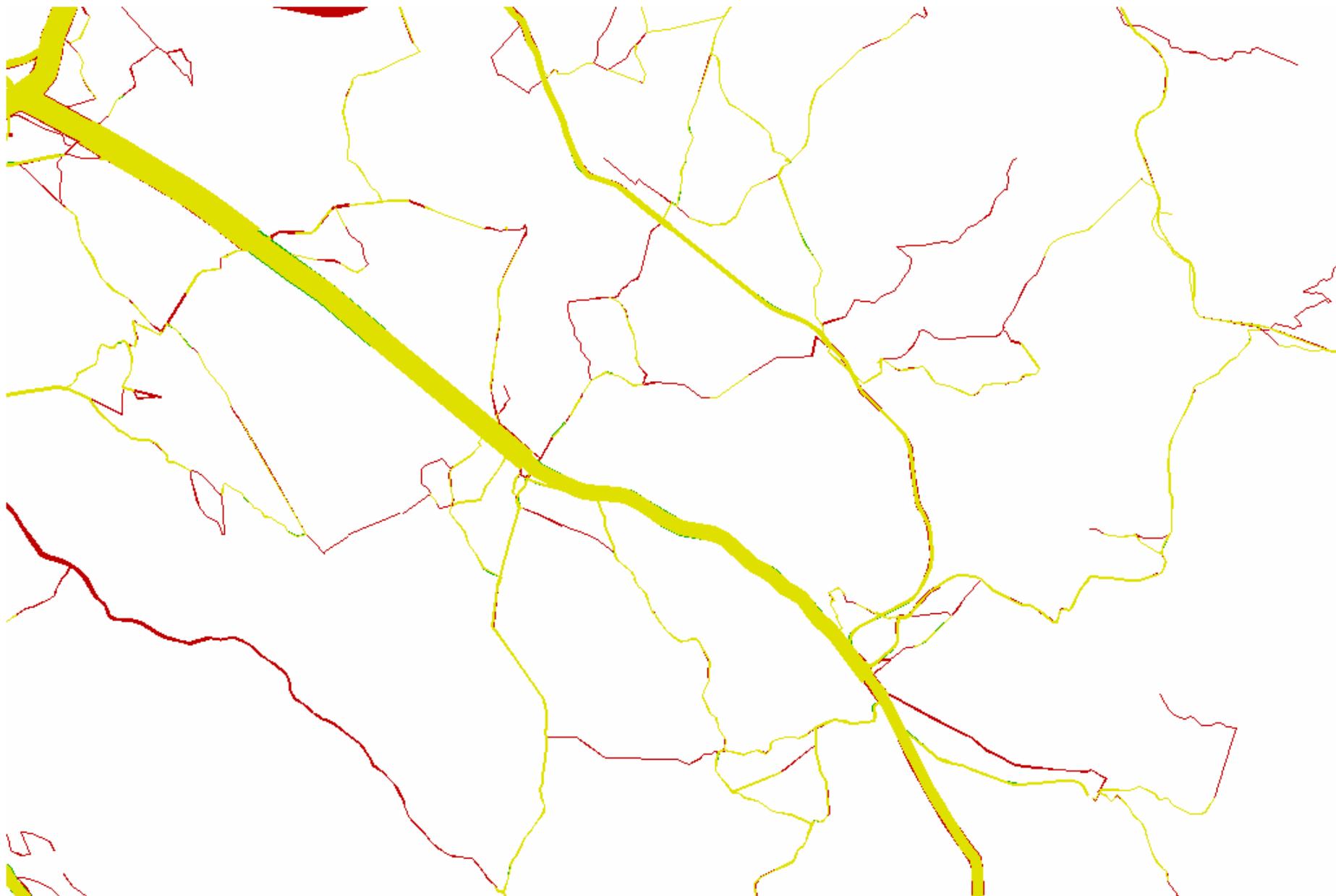
# Umlegung / Zählung

---



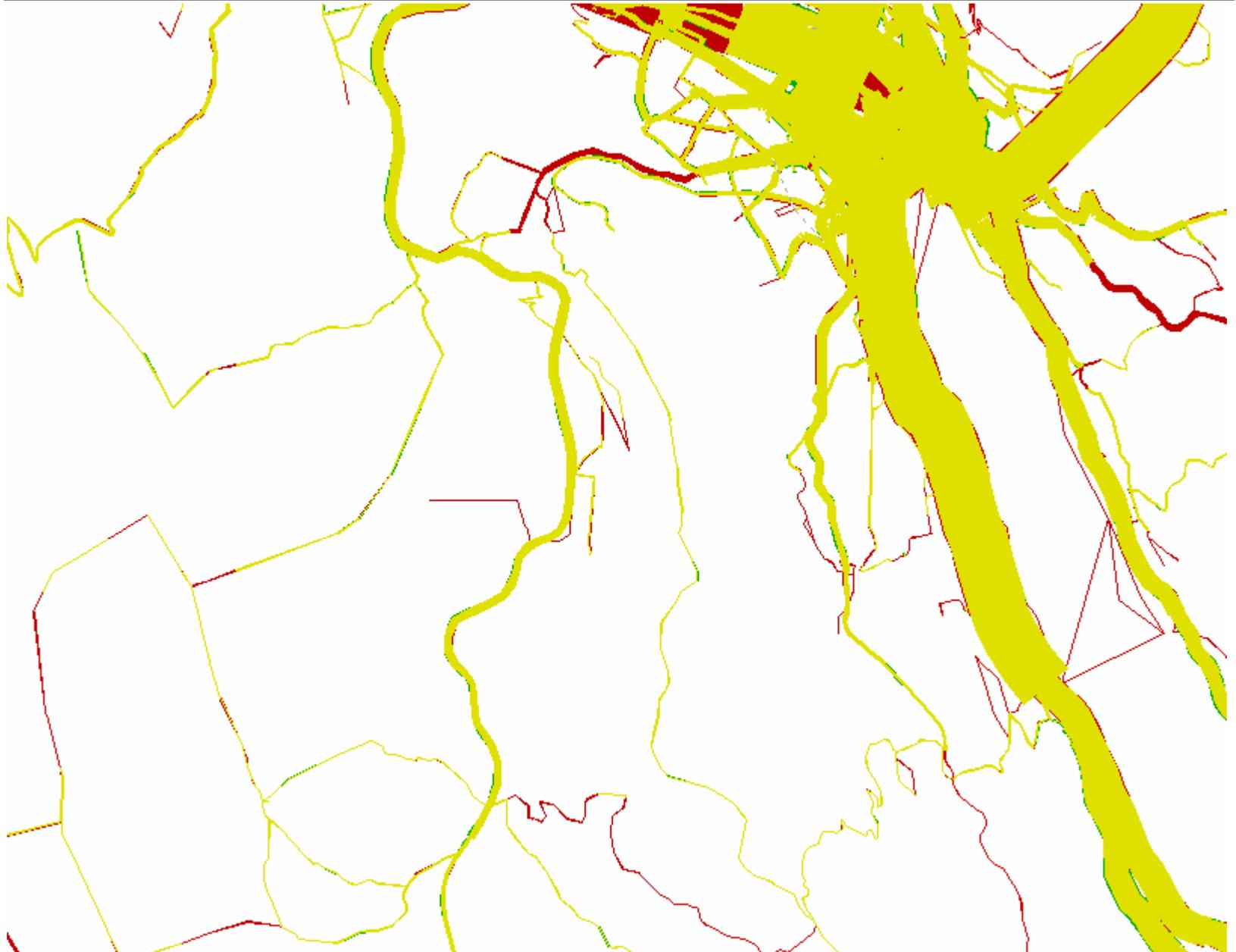
# Umlegung / Zählung

---



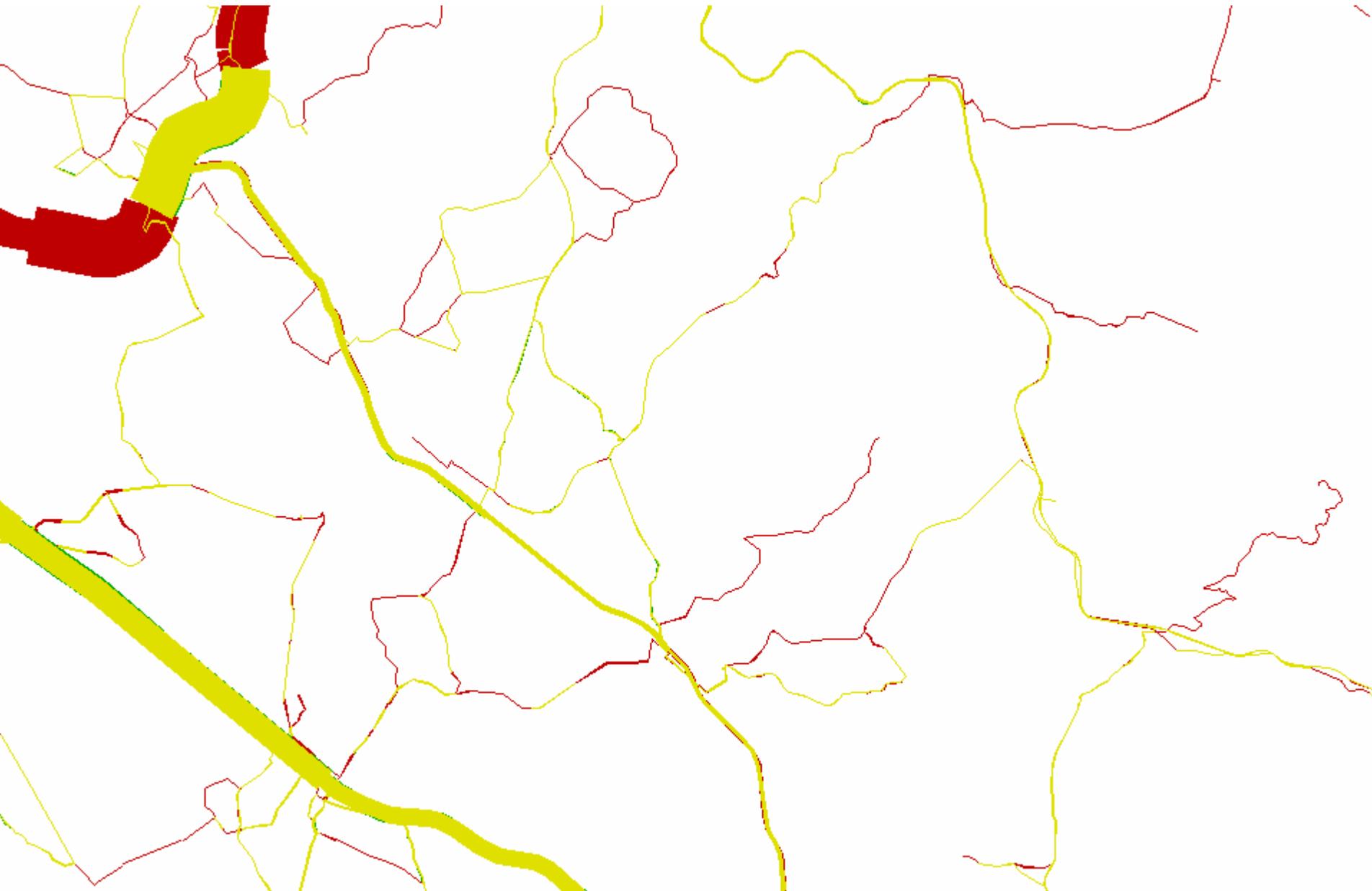
# Umlegung / Zählung

---



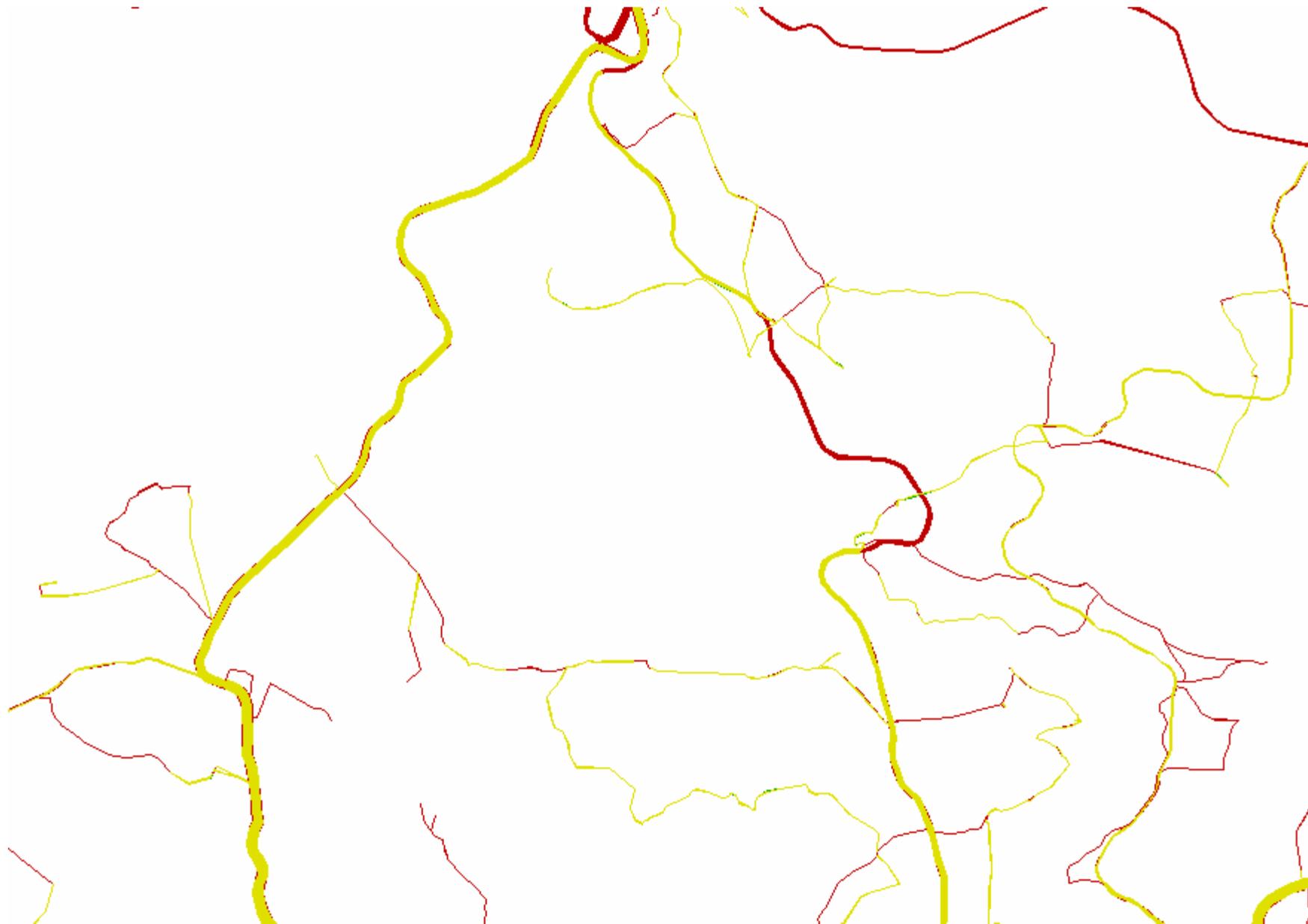
# Umlegung / Zählung

---



# Umlegung / Zählung

---



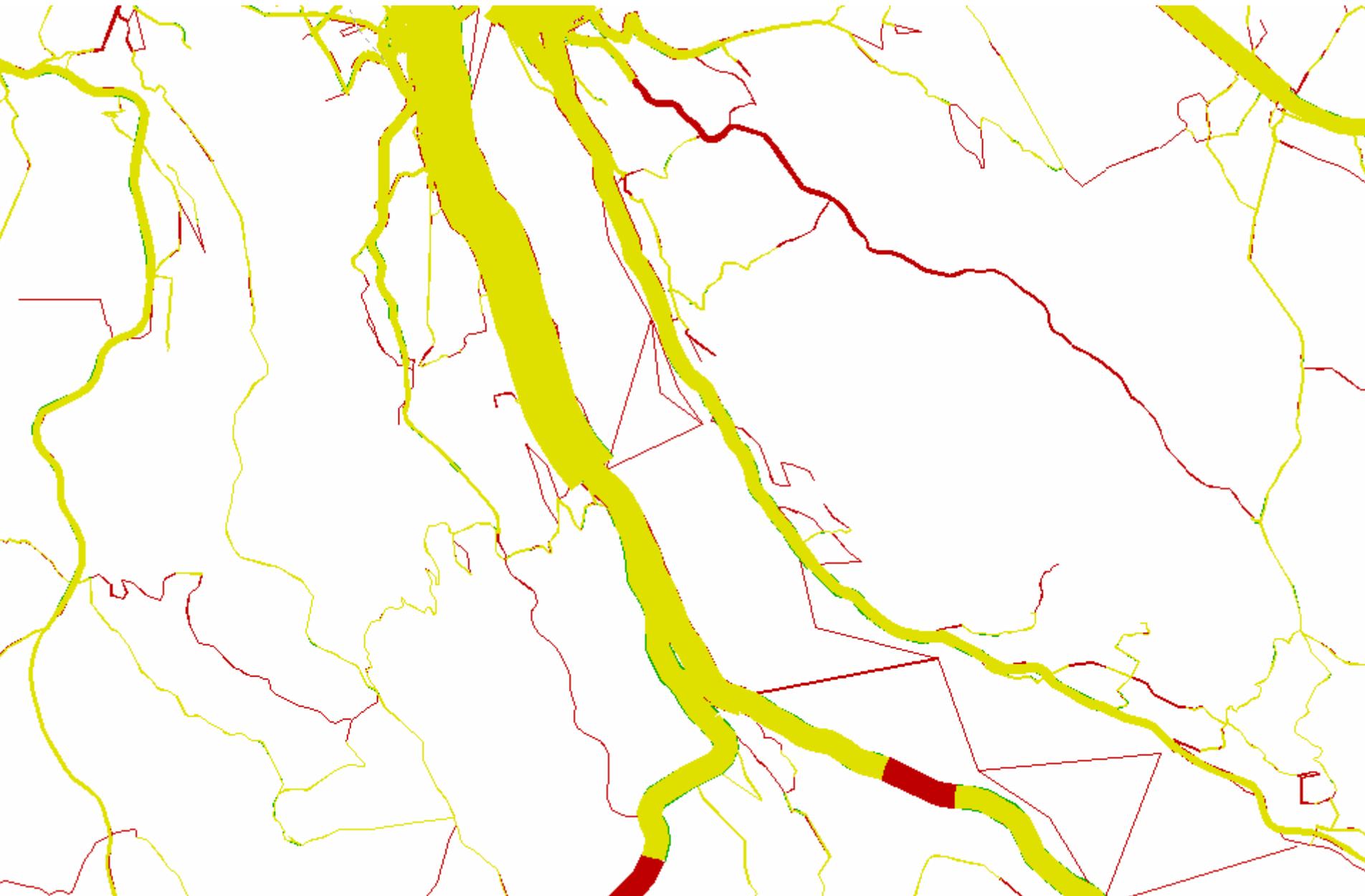
# Umlegung / Zählung

---



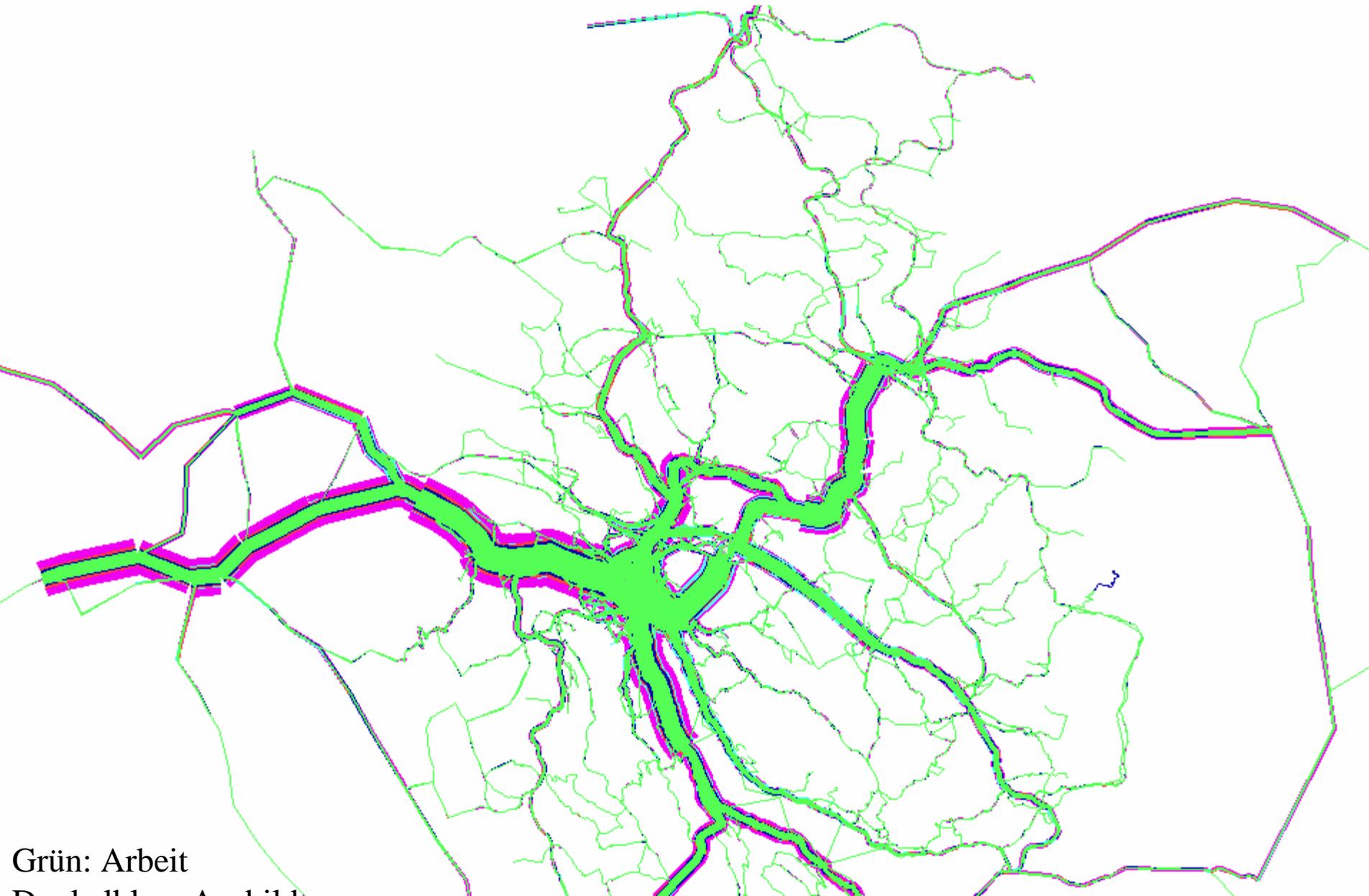
# Umlegung / Zählung

---



# Netzbelastungen nach Fahrzweck

---



# Netzbelastungen nach Fahrzweck

---



Grün: Arbeit  
Dunkelblau: Ausbildung  
Rot: Nutzfahrt  
Hellblau: Einkauf

# Schlussfolgerungen

---

- Die Projektziele
  - die Erstellung eines prognosefähigen und massnahmensensitiven kantonalen ÖV-Modells  
  
und
  - die Grundlagen für ein Verkehrsmittelwahlmodell

**sind erreicht**
- Damit wurden die fehlenden Grundlagen für die Berechnung von Verkehrsnachfrage-Veränderungen und -Prognosen im Kanton Zürich geschaffen

# Schlussfolgerungen

---

- Modellstruktur (Verkehrsangebot, Quell-Zielmatrizen und Verhaltenparametern) entspricht den vorhandenen Erhebungsdaten
- Geeichte Quell-Zielmatrix auf der Ebene der Matrixstruktur und Querschnittsbelastungen
- Durch die SP-Befragungen und Modellschätzungen sind die Grundlage für die ÖV-Routenwahl, die Verkehrsmittelwahl und die Zielwahl gestellt
- Durch ein der Realität entsprechendes Verkehrsangebot, die Matrixstruktur sowie durch minimale Abweichungen gegenüber den Erhebungsdaten ist die **Prognosefähigkeit des Modell gewährleistet**

# Schlussfolgerungen

---

Die höhere **Genauigkeit** ist vor allem auf

- eine sehr detaillierte Segmentierung des Modells (Quell-Ziel-Gruppen)
- entsprechende Erzeugungs-, Ziel- und Verkehrsmittelwahl-Modelle
- und die Überprüfung und Eichung des Modells anhand von vorhandenen Erhebungsdaten

zurückzuführen.

# Schlussfolgerungen: Möglichkeiten

---

**Veränderungen** von:

Verkehrsangebot  
soziodemographischen und  
räumlichen Charakteristiken  
(alle im Modell berücksichtigten Variablen)

**Auswirkungen** auf die

Verkehrserzeugung,  
Routen-,  
Verkehrsmittel- und  
Zielwahl.

Voraussetzung ist, dass das bestehende MIV-Modell (KVM) konsistent, prognosefähig und massnahmensensitiv ist (war nicht Gegenstand dieser Untersuchung)

# Weiterentwicklung / Empfehlungen

---

- Überprüfung und Weiterentwicklung des **MIV-Modells**, Eichung der in diesem Projekt erstellten MIV-Matrix auf die Querschnittszählungen
- Erstellung eines **Prognosenmodells mit soziodemographischen und räumlichen Veränderungen** als Grundlage für die konkreten Massnahmenanwendungen
- **Dynamisierung** der Quell-Zielmatrizen (Stundenfein)
- Analyse und Pflege der vorhandenen und notwendigen **Datengrundlage** (Angebotsdaten, MZ, KEP, Volkszählung, Zählraten, Spinnenerhebungen usw.)

# Diskussion

---