Ableitung eines makroskopischen Zugbildungs- und Schienengüterverkehrsumlegungsmodells auf Basis der VP 2030

Lars Kröger / Christian Winkler
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
Institut für Verkehrsforschung

Konferenz Verkehrsökonomik und Politik
Berlin, 23. / 24. Mai 2019

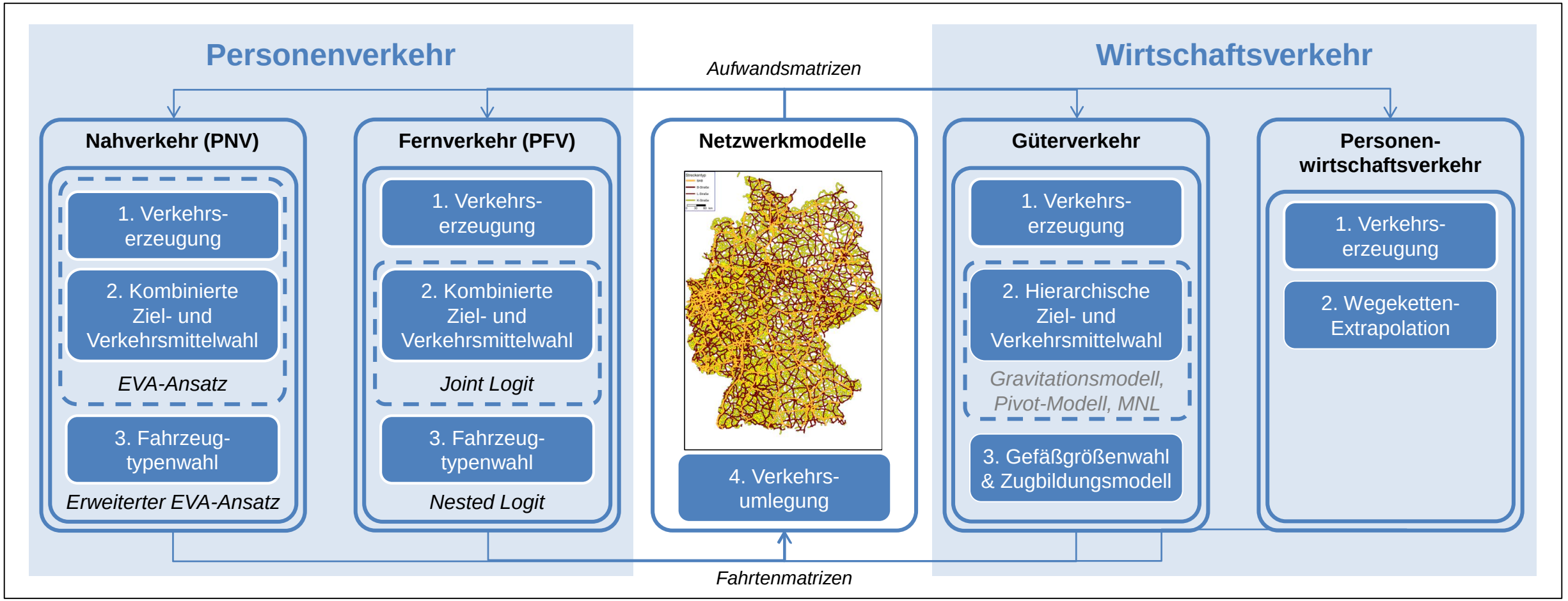
Motivation

- **Analyse** von **Schieneninfrastrukturkapazitäten und -engpässen**
- Betrachtung von Maßnahmen und Nachfrageänderungen des **Schienengüterverkehrs (SGV)**
- Identifikation des **Umfangs notwendiger Infrastrukturerweiterung** bei Steigerung des SGV-Aufkommens

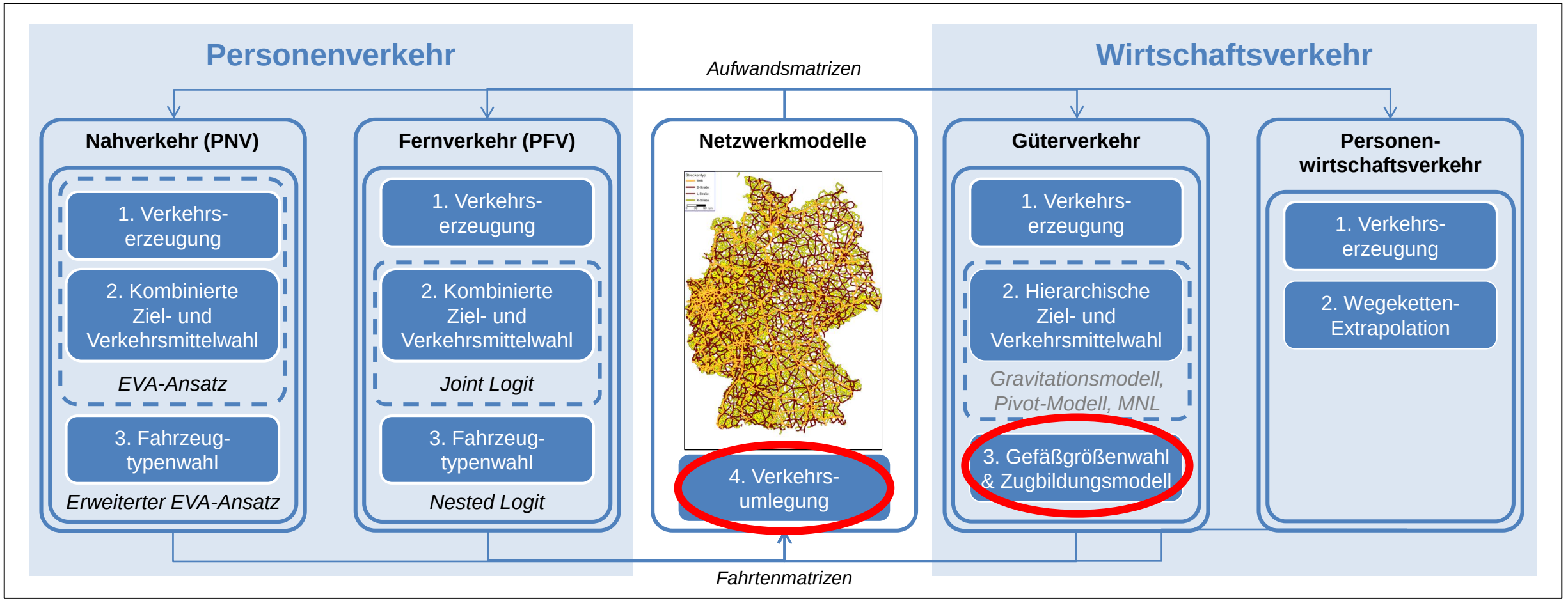
- **Modellerstellung** auf Basis der **Verkehrsprognose (VP) 2030**
  - Aufkommensmatrizen, Umlegungsergebnisse und Netzattribute bekannt
  - **Algorithmen und Parameter unbekannt**

- Einbettung in einen **Gesamtmodellverbund** zur Integration mit dem Personenverkehr

DEMO – ein Modellverbund zur Analyse und Prognose des Personen- und Güterverkehrs in Deutschland



DEMO – ein Modellverbund zur Analyse und Prognose des Personen- und Güterverkehrs in Deutschland



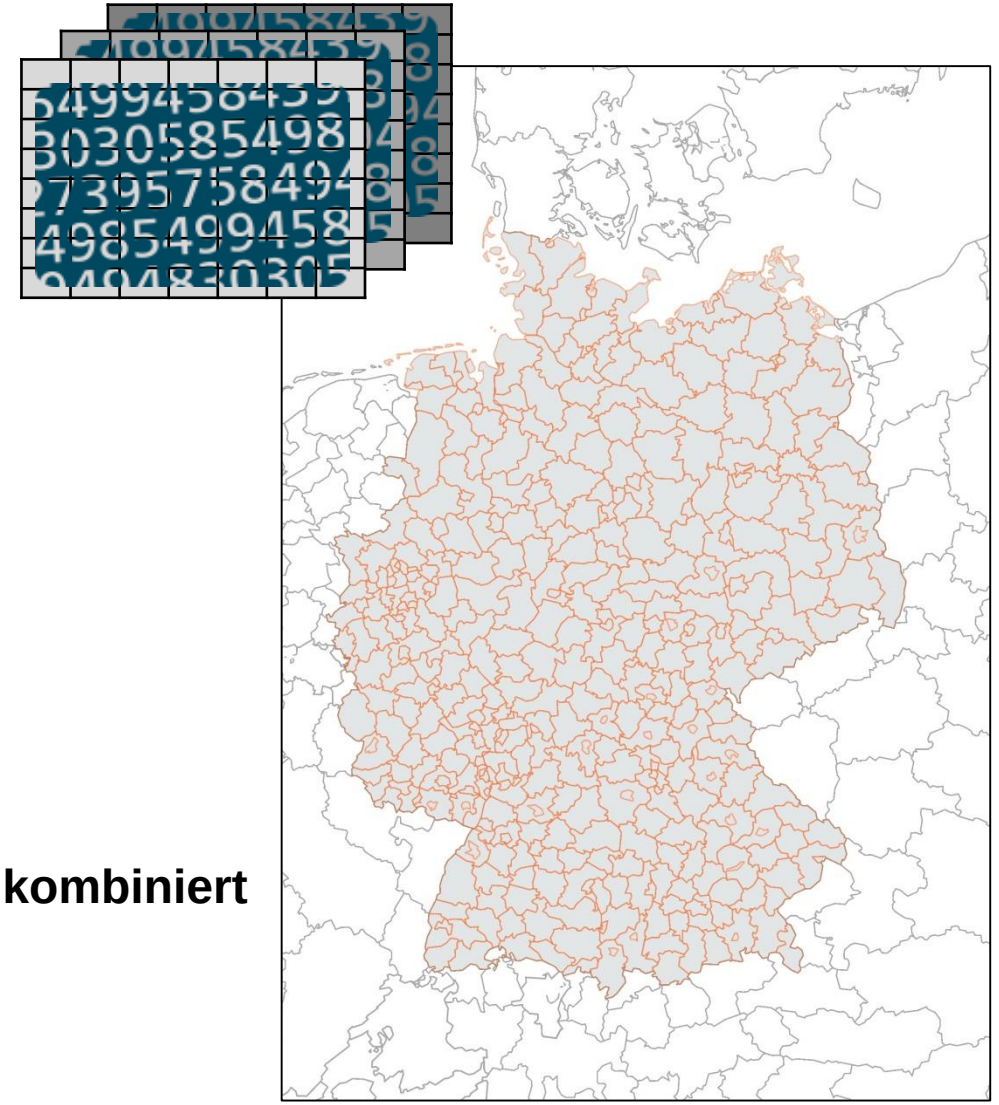
Ausgangssituation und Restriktionen

- **Umlegung** des **Schienenverkehrs** für die **Identifikation von Netzengpässen** notwendig

- **Daten des Schienennetzes** mit Streckenkapazitäten vom BMVI
- **Nutzung der VP 2030** mit Personen- und Güterverkehrsprognosen
- keine Verfügbarkeit des VP-Modells

- **Entwicklung** eines **SGV-Zugbildungs- und SGV-Umlegungsmodells** für die Weiterentwicklung von DEMO
- Notwendigkeit der Nutzung von **“beobachteten” Nachfragedaten des Schienennetzwerks**:
  Nutzung der offiziellen Modellergebnisse der VP 2030 für den Schienengüter- und -personenverkehr

Güterverkehrs-Matrizen



- SGV-Matrizen aus DEMO
- Kalibrierung anhand der offiziellen Ergebnisse der VP 2030

- **Güterverkehrs-Nachfragematrizen** auf Basis **jährlicher Aufkommen in Tonnen**
  - 601 Verkehrszellen
    - **Deutschland: 412 Zonen + 19 Seehäfen**
    - Ausland: 153 Zonen + 17 Seehäfen
  - Verkehrsmittel: Eisenbahn, Straße, Binnenschifffahrt
  - **Arten des (Schienen-)güterverkehrs: konventionell und kombiniert**
  - 25 Gutarten (NST 2007)
    - z.B. Produkte wie landwirtschaftliche Erzeugnisse, Steinkohle und Braunkohle usw.

Schienennetz

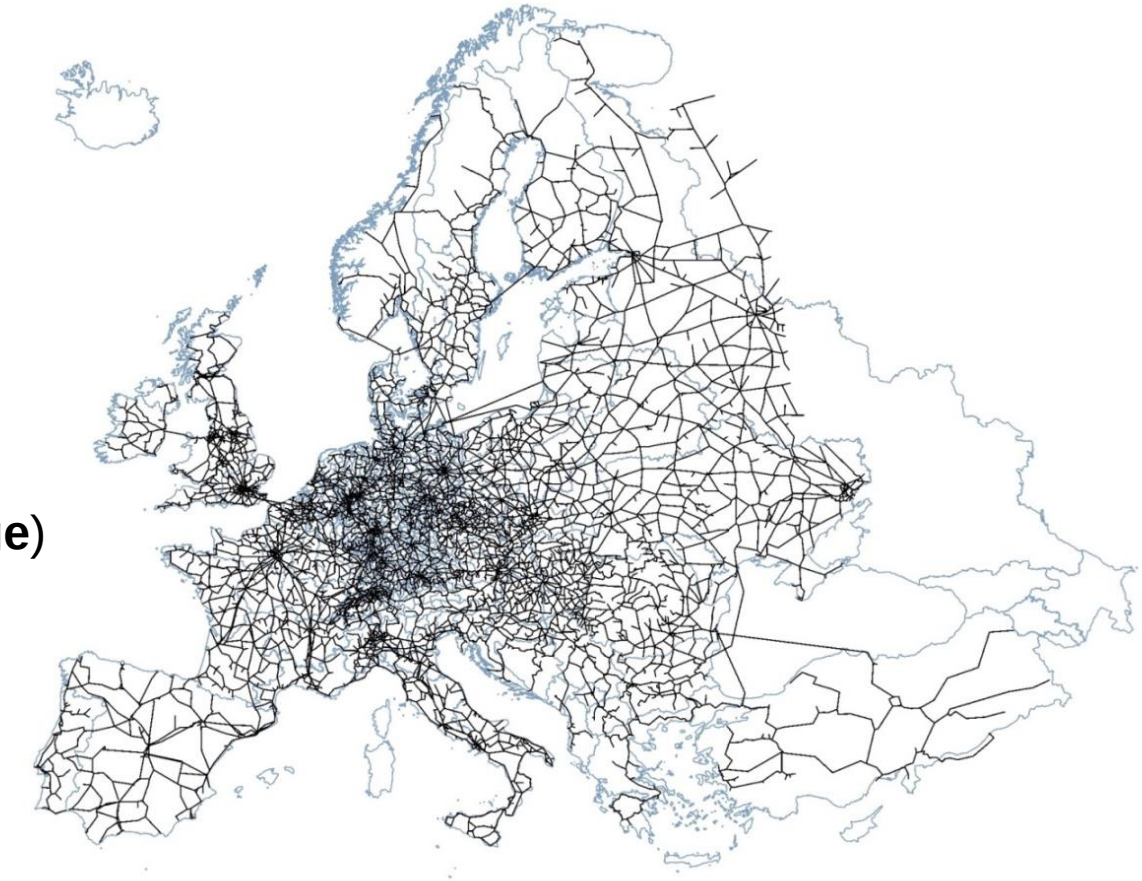
- **Schienennetz** durch das BMVI zur Verfügung gestellt
- Netz umfasst **europaweite Strecken**
- Detailgrad des Netzes in Deutschland am höchsten
- 23.000 Knoten, 27.000 Kanten
- Netzlänge insgesamt 290.000 km

- **Innerhalb Deutschlands**:
- 10.000 Knoten, 12.000 Kanten
- **Netzlänge insgesamt 40.000 km**

Schienennetz

Netzattribute

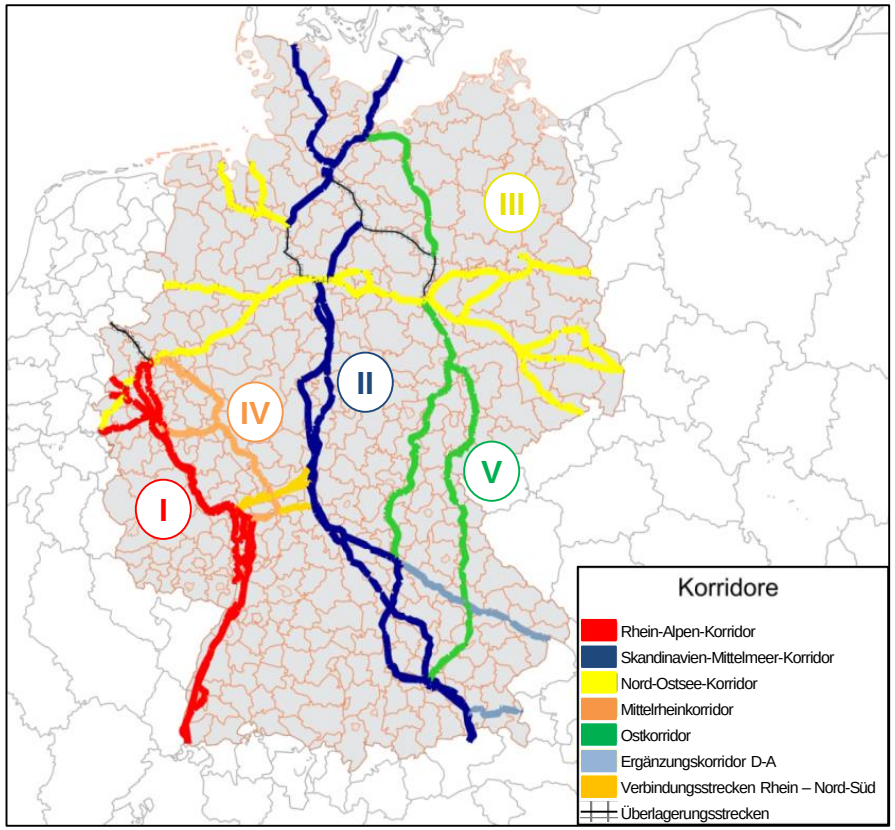
- Basisdatensatz mit **Infrastrukturdaten**, z.B.
  - Kantenlänge
  - Blockabschnittslänge
  - Gleisanzahl
  - Streckenhöchstgeschwindigkeiten
  - Max. Zuglängen
- Weitergehende **Netz-Informationen** je Kante (**Nachfrage**)
  - Anzahl Güterzüge
  - Anzahl Personen-Fernverkehrszüge
  - Anzahl Personen-Nahverkehrszüge



Korridor-Netz-Analyse

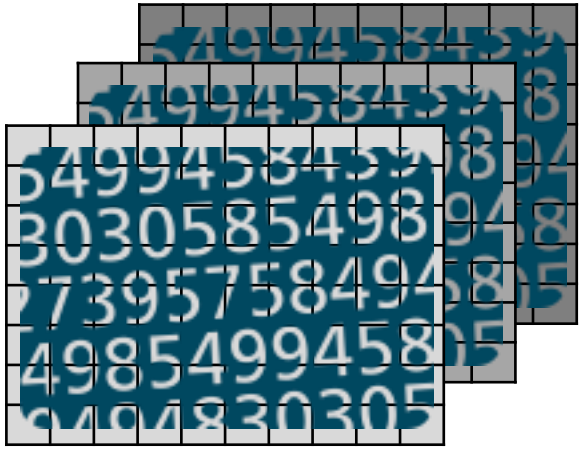
- Fokus auf den Schienengüterverkehrskorridoren:
  Rail Freight Corridors (RFC)

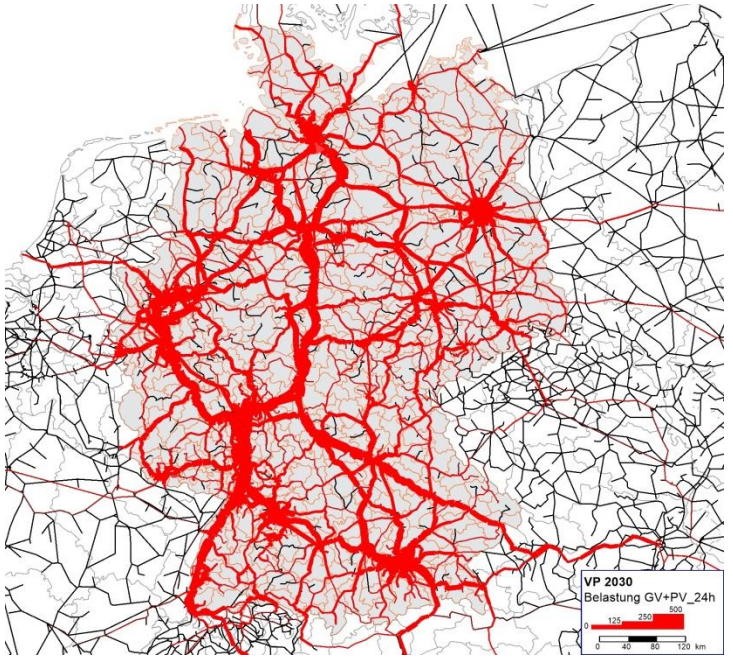
  - Analyse von drei **europäischen Schienengüterverkehrs-korridoren** (RFC) (I / II / III)
  - Zwei weitere **innerdeutsche Bypass-Korridore** (IV / V)
  - Korridor-Netzlänge gesamt: ~9.000 km



Fehlende Elemente

Schienengüterverkehrs-matrizen → … → Aufkommen im Netz



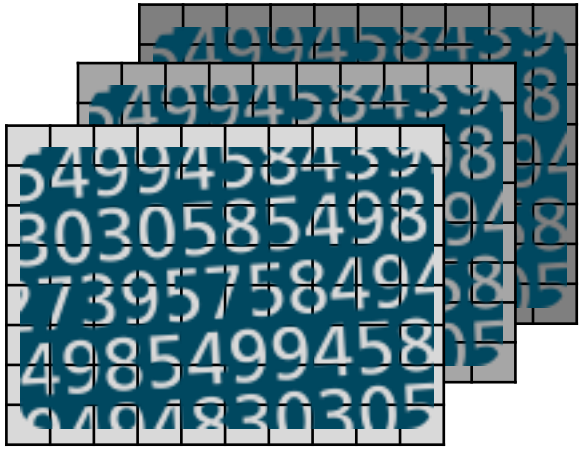


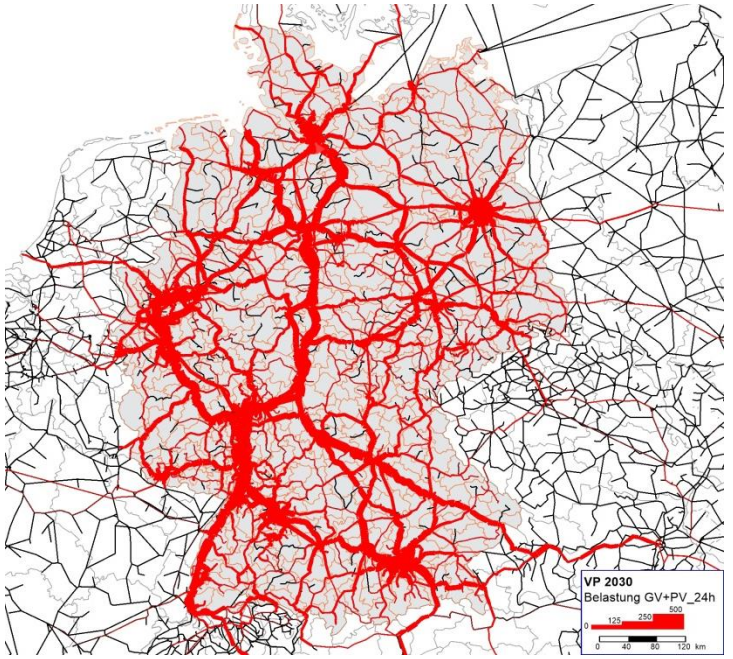
Fehlende Elemente

Schienengüterverkehrs-matrizen

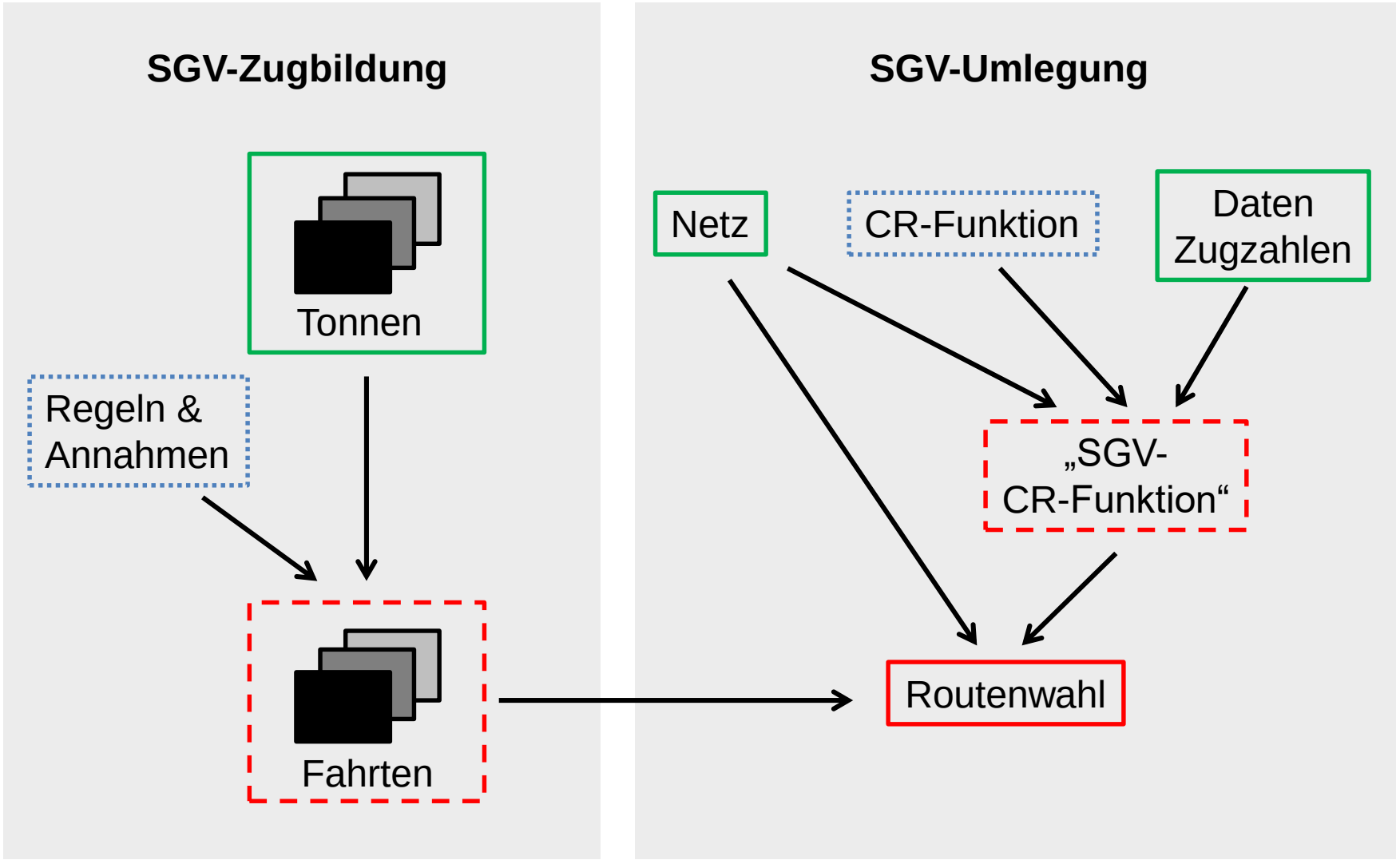
Umwandlung der Matrizen und Umlegung

Aufkommen im Netz

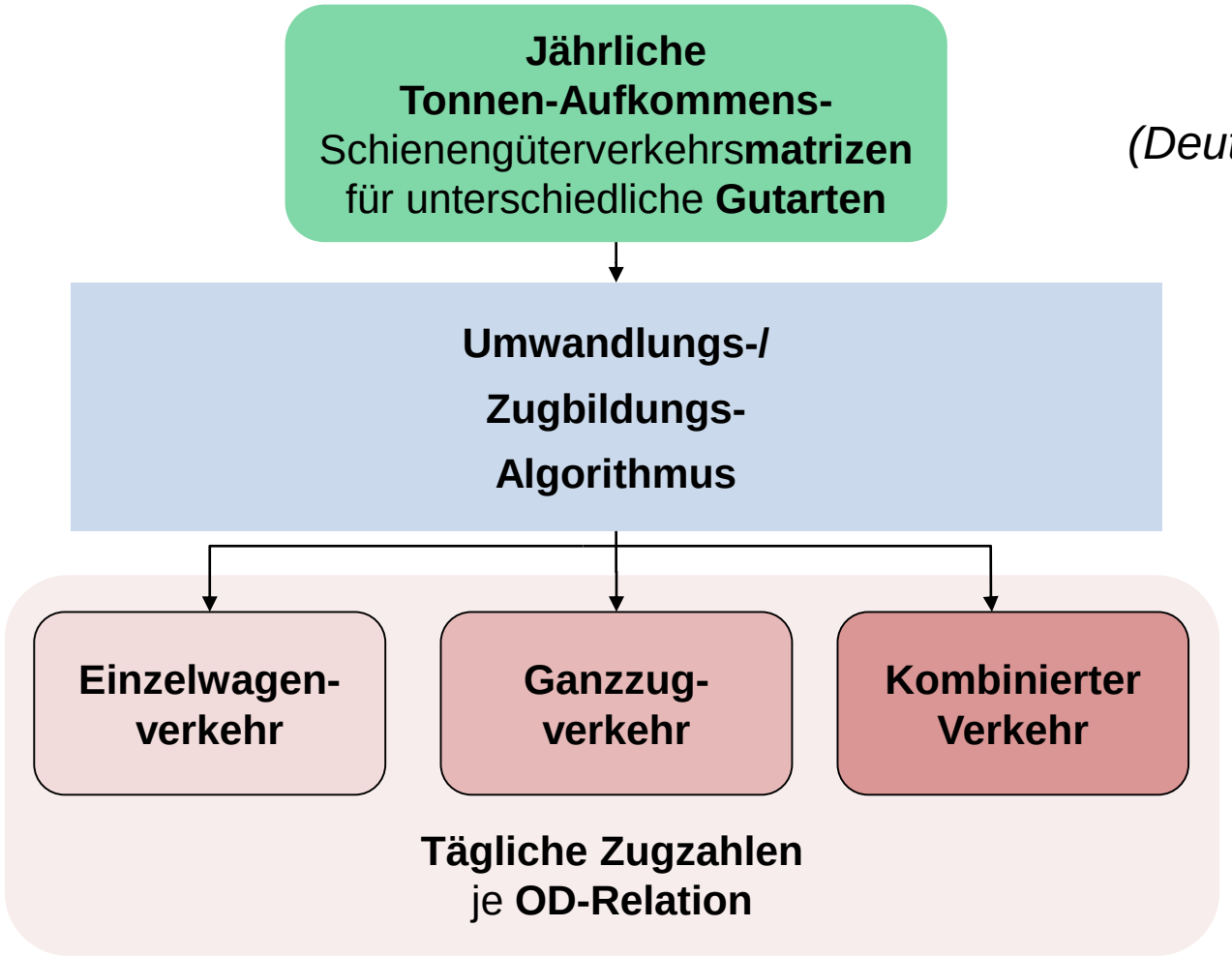




Schematische Übersicht: Methodik



SGV-Zugbildungsmodell – Übersicht

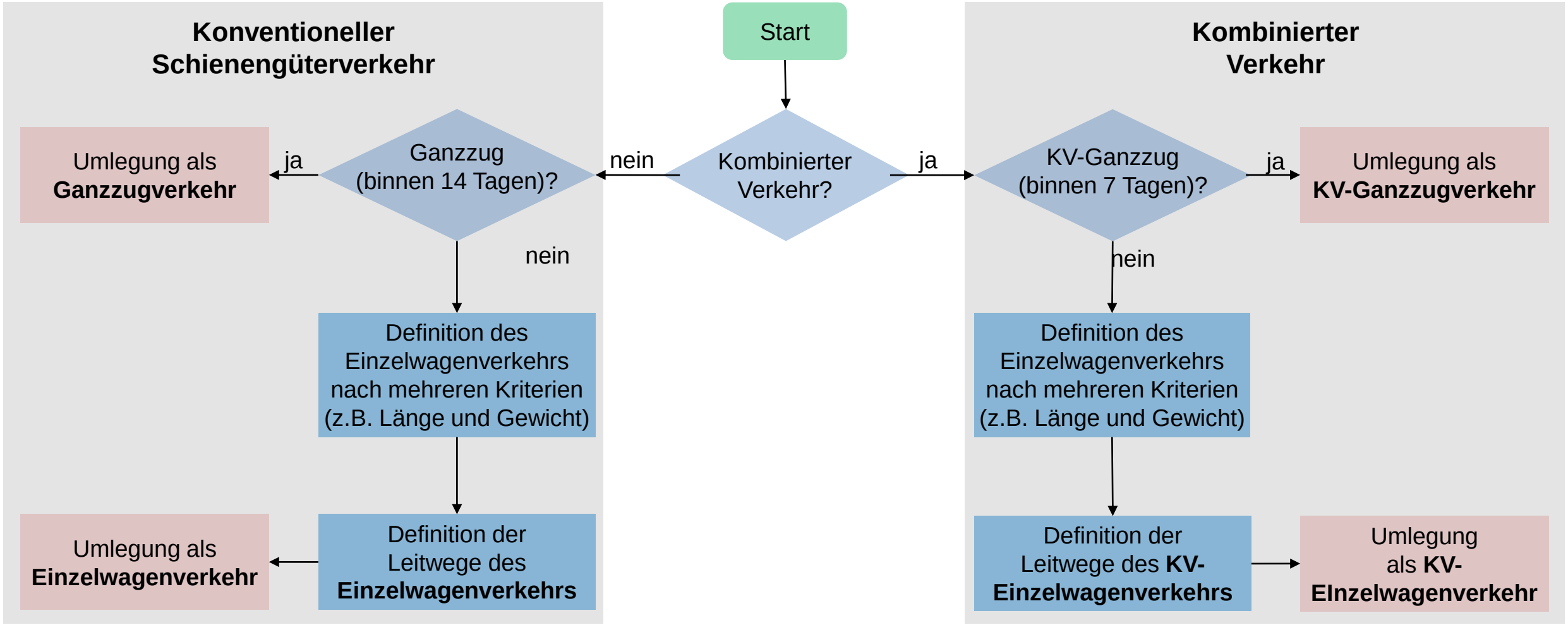


601 Zellen
(Deutschland, Ausland and Seehäfen)

Regeln & Annahmen

840 Anbindungen

SGV-Zugbildungsmodell – Algorithmus

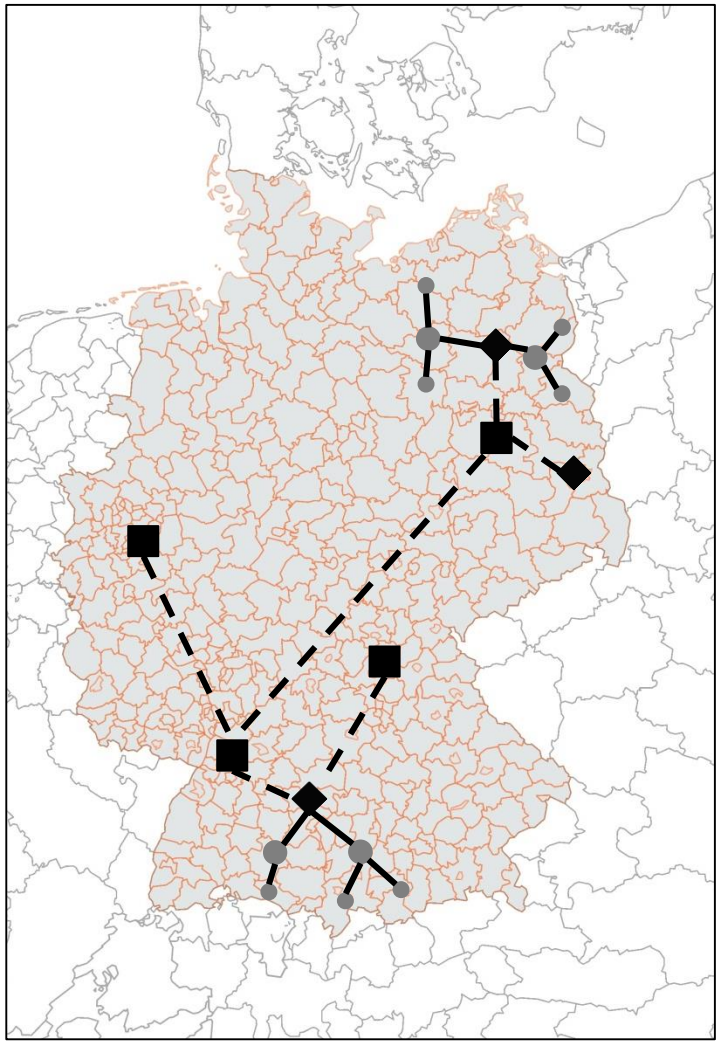


SGV-Zugbildungsmodell – Definieren von Leitwegen

Beispiel: Einzelwagenverkehr

- Rangierbahnhof
- Knotenpunktbahnhof
- Satellit
- Anschlussstelle

- Feste Teilwege
- Alternative Teilwege



SGV-Umlegungsmodell – Annahmen

- **In der Praxis** erfolgt die **Umlegung** des SGV auf das Netz unter **Berücksichtigung** des **priorisierten Schienenpersonenverkehrs (SPV)**
- In der Praxis **zentrale Trassenvergabe** unter Berücksichtigung des Angebots und der Nachfrage

- Zur **strategischen/langfristigen Netzanalyse**: **Entwicklung** eines **Umlegungsmodells** für den Schienengüterverkehr **angelehnt an Umlegungsverfahren des Straßenverkehrs** mit Berücksichtigung
    - von **Kapazitätsbeschränkungsfunktionen** (CR-Funktion) und
    - eines **Umlegungsverfahrens**

- Keine Veränderung des prognostizierten Aufkommens des SPV (Nah- und Fernverkehr) je Streckenabschnitt

SGV-Umlegungsmodell – Kapazitätsbeschränkungsfunktion für den SGV

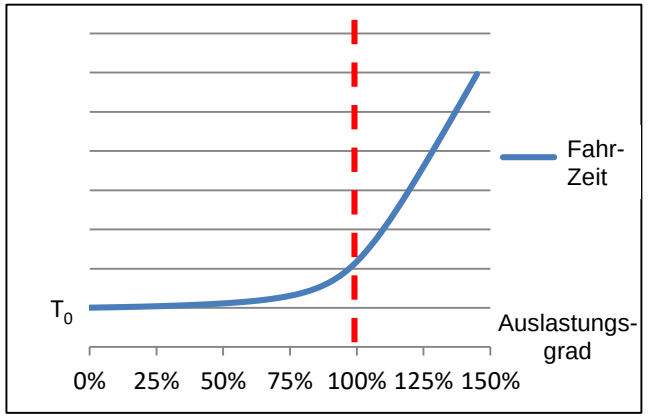
- **CR-Funktion basiert auf der Akçelik-CR-Funktion**
- Höhere Streckenkapazitätsauslastungen führen zu höheren Wartezeiten/Fahrzeiten des Schienengüterverkehrs

- **Akçelik CR-Funktion:**

$$T = T_0 + p_1 * T_f * \left((sat - 1) + \sqrt{(sat - 1)^2 + \frac{p_2 * sat}{C * T_f}} \right)$$

Mit:

T_0 … Fahrzeit im freien Netz
C … Streckenkapazität [Fzg/Stunde]
sat … Auslastungsgrad
T_f … Zeitdauer
p_1, p_2 … Parameter



SGV-Umlegungsmodell – Kapazitätsbeschränkungsfunktion für den SGV

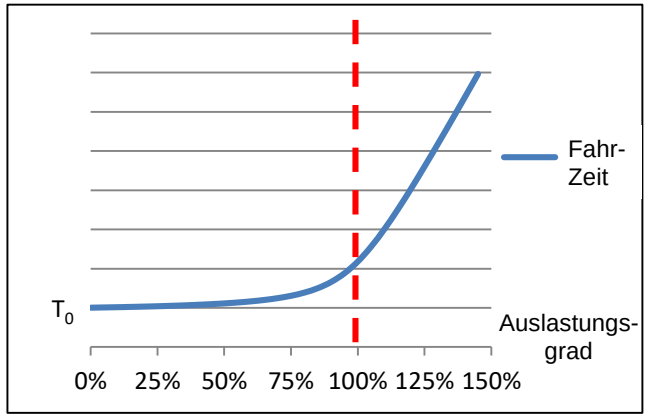
- **CR-Funktion basiert auf der Akçelik-CR-Funktion**
- Höhere Streckenkapazitätsauslastungen führen zu höheren Wartezeiten/Fahrzeiten des Schienengüterverkehrs

- **Akçelik CR-Funktion:**

$$T = T_0 + p_1 * T_f * \left((sat - 1) + \sqrt{(sat - 1)^2 + \frac{p_2 * sat}{C * T_f}} \right)$$

Einflussvariablen:

- *Streckenkapazität*
- *Gleisanzahl*
- *Streckenhöchstgeschwindigkeit*
- *Blockabschnittslänge*
- *Abstand der Überholbahnhöfe*
- *Anzahl an SPV-Zügen (SPNV und SPFV)*
- *Differenzen zwischen den Geschwindigkeiten des SPV und SGV*



SGV-Umlegungsmodell – Routenwahl

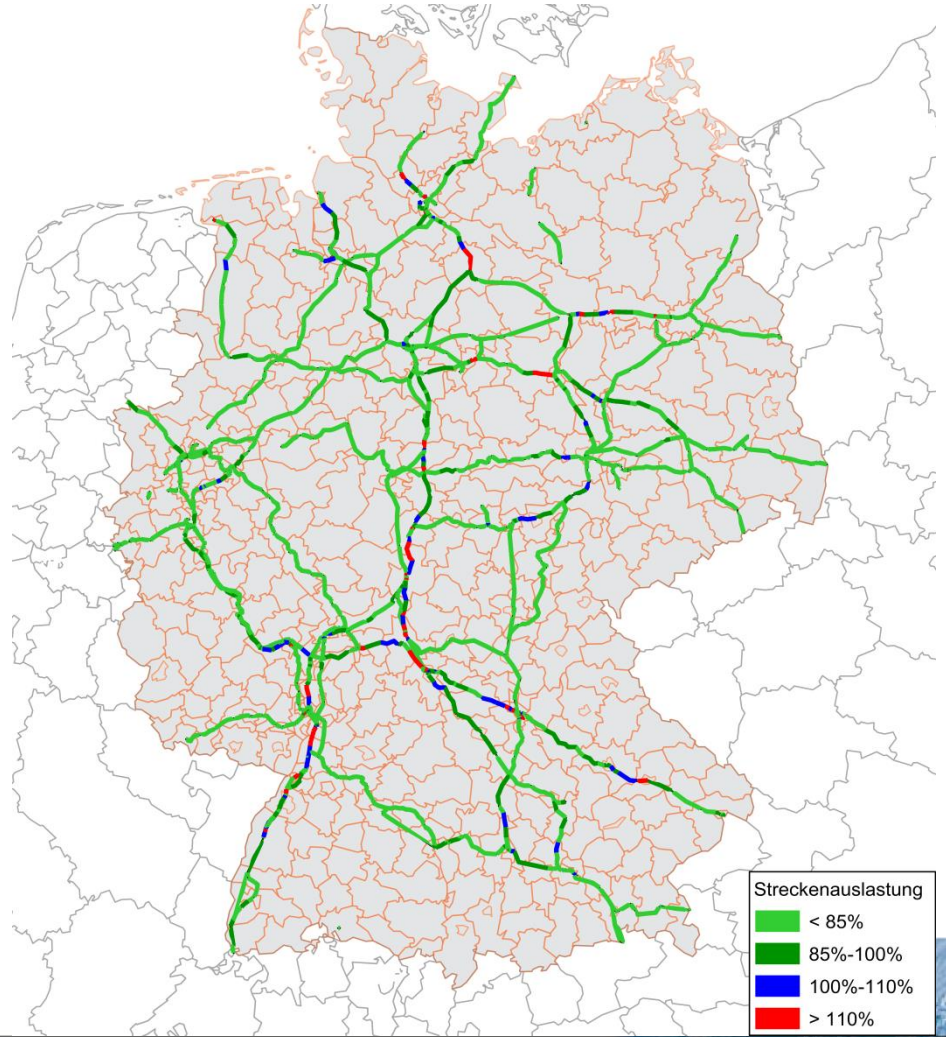
- Die **Routenwahl** hängt unmittelbar mit der entwickelten **CR-Funktion zusammen**
- Die Zahl der Züge des SPV (**Personenverkehr**) bleibt je Streckenabschnitt **unverändert**

- **Stabiles Ergebnis** wird durch das **Nutzergleichgewicht** ermittelt

- **Output** sind **SGV-Zugzahlen** je **Streckenabschnitt**
- **Vergleich** der Modellergebnisse mit den Streckenbelastungen der **VP 2030** (Kalibrierung)

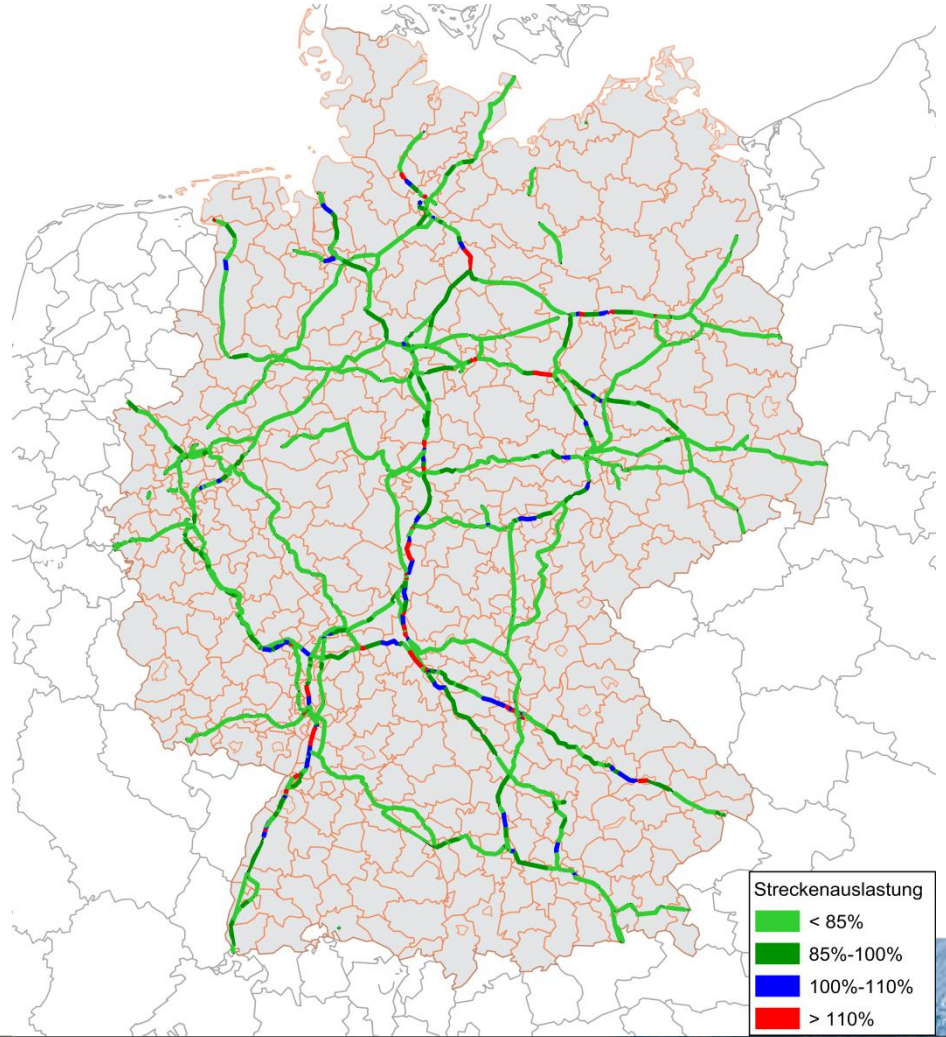
Schienengüterverkehrsumlegung – Ergebnisse und Vergleich

Modellergebnisse

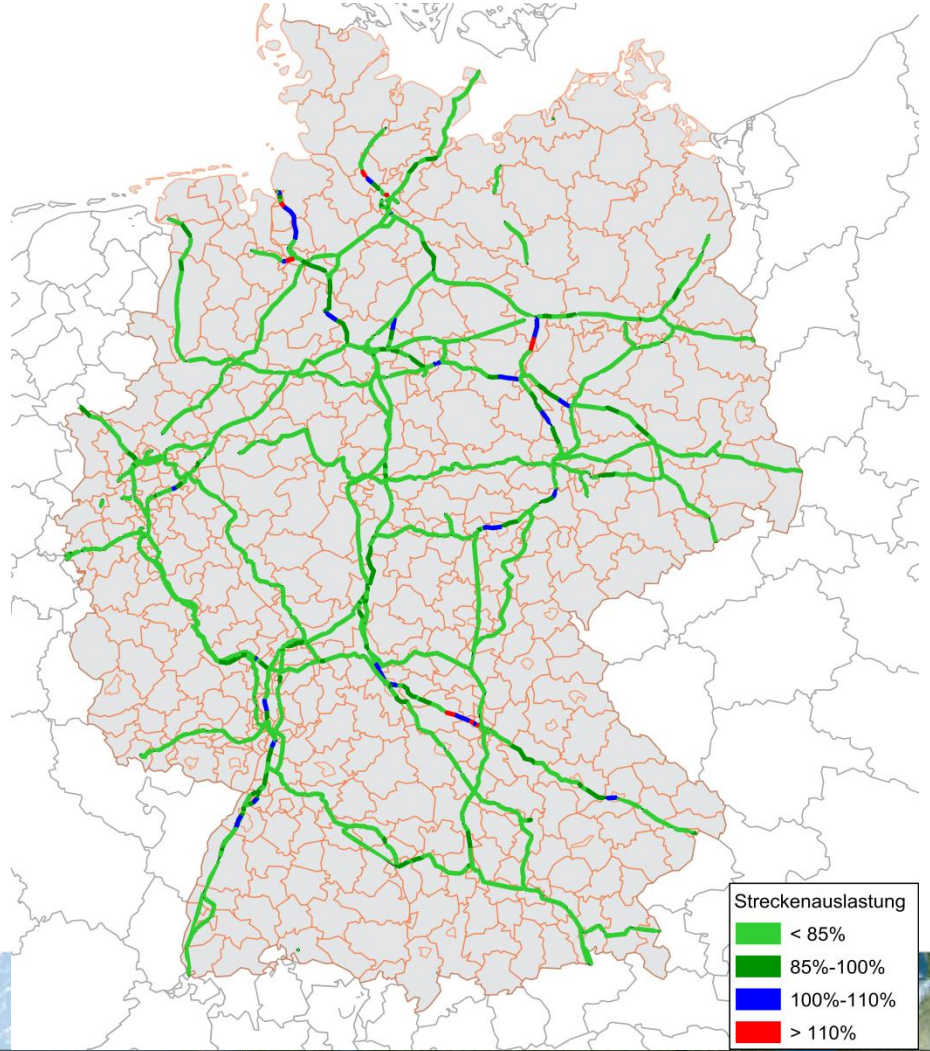


Schienengüterverkehrsumlegung – Ergebnisse und Vergleich

Modellergebnisse



Referenzwerte der VP 2030



Schlussfolgerungen

- Umsetzung der **Entwicklung** eines **Zugbildungsmodells und Umlegungsmodells** für den SGV
- Nutzen von softwaregestützter Datenauswertung sowie von Ansätzen der Verkehrsplanung
- **Implementierung** des hier dargestellten Modells im DEMO-Modell (**Nationales Personen- und Güterverkehrsmodell**) zur Nutzung der Analyse und Bewertung von Zukunftsszenarien
- Das **Modellkonzept** ist **übertragbar** auf **andere Verkehrsmodelle** und **Länder**

Lars Kröger
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
Institut für Verkehrsforschung

Phone: +49 30 67055 - 252
E-Mail: Lars.Kroeger@dlr.de