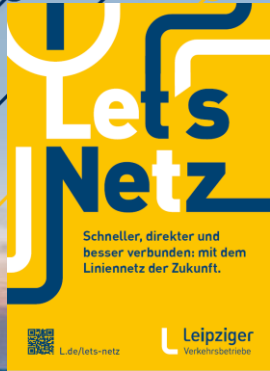


Automatisierte ÖV-Liniennetzkonstruktion mit PTV VISUM für die Angebotsplanung der LVB



PTV Mobility Anwenderseminar am 20.05.2026 in Hannover

Dipl.-Ing. Matthias Schilde / Angebotsplanung & Marketing (LVB)
Verkehrsmodellierung / Projektleiter *MONI*



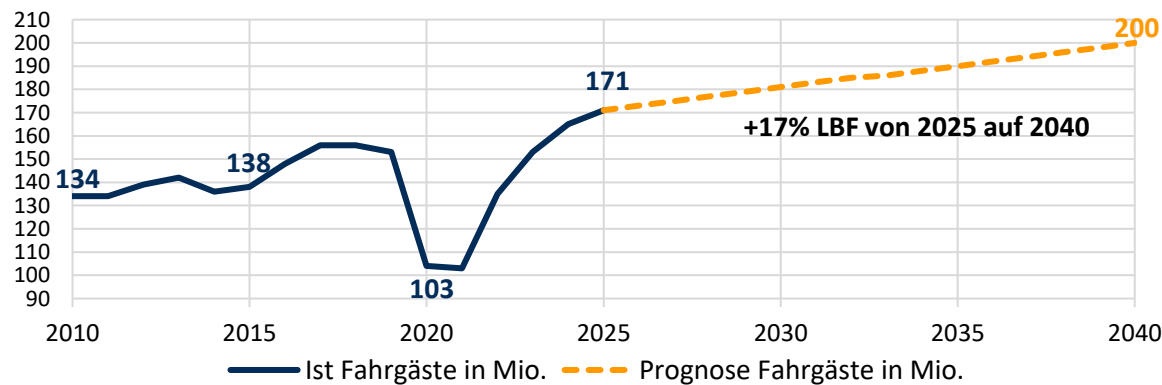
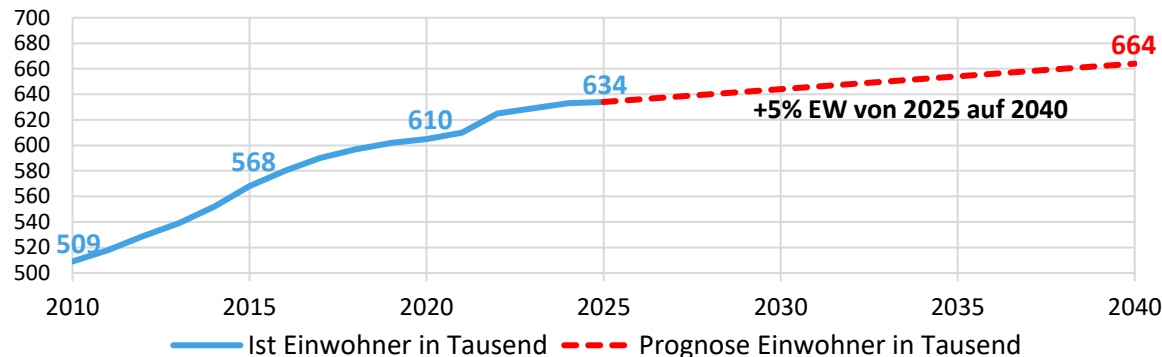
Fahrplan

- 1 Leipzig und das IVML
- 2 Automatisierte
ÖV-Liniennetzkonstruktion
- 3 Testergebnisse Prognose 2040
- 4 Fazit und Ausblick

Fahrplan

- 1 **Leipzig und das IVML**
- 2 Automatisierte
ÖV-Liniennetzkonstruktion
- 3 Testergebnisse Prognose 2040
- 4 Fazit und Ausblick

Leipzig wächst – die ÖV-Nachfrage wächst noch stärker!



Konsequenzen für die Angebotsplanung:

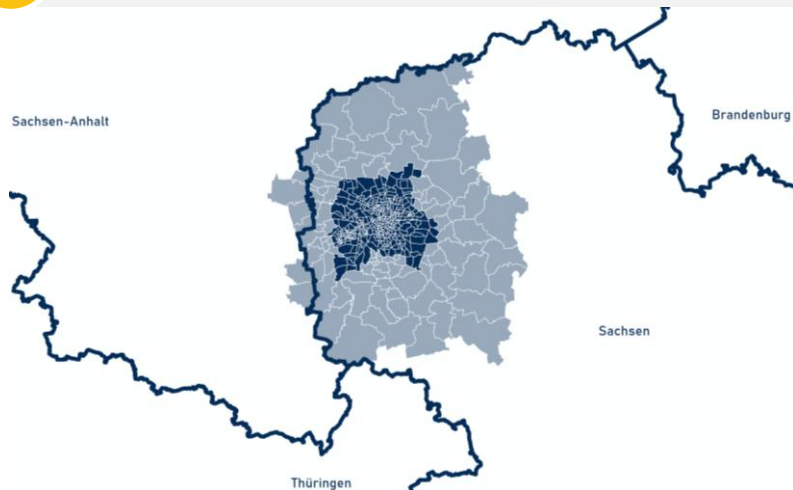
- **Kapazitäten und Linienangebote** müssen mitwachsen
- Planung bis 2040/2045 braucht systematische Unterstützung durch **Modelle und Optimierung**



Leipzig nutzt seit den 1990ern das etablierte **Integrierte Verkehrsmodell Leipzig (IVML)**

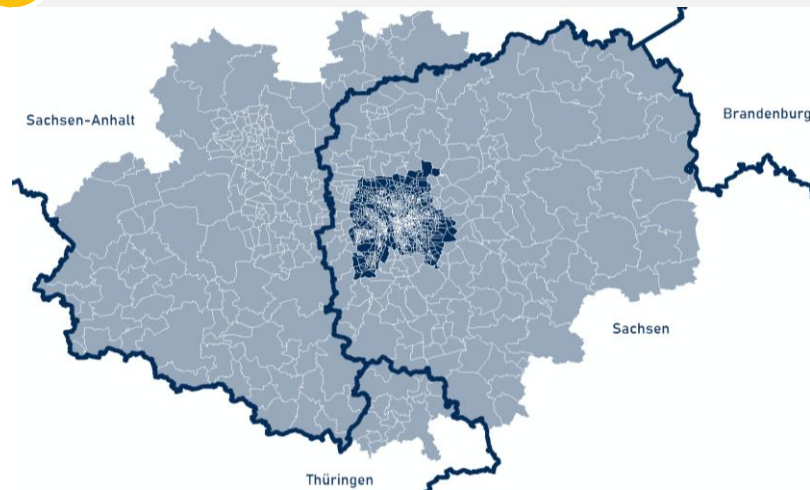
94 -
24

Historisches VISEM-IVML



seit
24

Aktuelles EVA-IVML (Aufbau mit MONI)



Modellqualität ist Grundlage für die automatisierte ÖV-Liniennetzkonstruktion

Fahrplan

- 1 Leipzig und das IVML
- 2 **Automatisierte
ÖV-Liniennetzkonstruktion**
- 3 Testergebnisse Prognose 2040
- 4 Fazit und Ausblick

Von erfahrungsgetriebener Liniennetzplanung zur automatisierten ÖV-Liniennetzkonstruktion

1 Heute: Manuelle Liniennetzplanung

- stark **erfahrungs**basiert („Verkehrsplanerisches Bauchgefühl“)
 - viele manuelle **Varianten und Iterationen** („trial & error“)
 - Teils **hoher Zeit- und Personalaufwand** (Jahre, viele Abstimmungs- und Rechenschleifen)
- Komplex, langsam, schwer reproduzierbar

2 Ziel: Automatisierte Liniennetzkonstruktion

- **Algorithmus** basiert (Infrastruktur, Nachfrage, Budget)
 - **automatische** Erzeugung und Bewertung von Varianten
 - Fokus der Planung auf **Auswahl und Feinjustierung**
- Schneller, systematischer, nachvollziehbar

➤ **Ergebnis:** weniger manuelle Varianten, deutlich kürzere Planungszeiten und bessere Entscheidungsgrundlagen im VISUM-Modell

Unsere Erfahrungen mit automatisierter ÖV-Liniennetzkonstruktion



Externe Optimierungs-Tools bieten hohe Rechenperformance, erfordern jedoch Schnittstellen zu VISUM.
Die automatisierte Liniennetzkonstruktion in VISUM ermöglicht eine direkte Anwendung, höhere Transparenz, bessere Kontrolle und geringeren Programmieraufwand.

Workflow der automatisierten ÖV-Liniennetzkonstruktion

1

Eingangsdaten und Restriktionen

- Infrastruktur mit Bedienstandards (z.B.: NVP)
- ÖV-Nachfragematrix
- Budget (Anz. Fahrzeuge)
- Fahrzeugplatzkapazitäten
- Endstellen
- Mindestwendezeiten
- Vorgabe Taktmuster

2

Algorithmisches ÖV- Optimierungsmodell

- Konstruiert zwischen Endstellen einen **Linienpool** je Verkehrssystem auf der vorgegebenen Infrastruktur
- Wählt und bewertet mittels **Zielfunktion**, genetischem Algorithmus und Nebenbedingungen einen **nachfrageoptimalen Linienplan** und passende **Takte**

3

VISUM-Wirkungsmodell

- Erstellt aus den Takten **Fahrpläne** (inkl. Taktversatzoptimierung)
- Berechnet anschließend die **Nachfragewirkung** und weitere Kennzahlen

Automatisierte ÖV-Liniennetzkonstruktion könnte die Angebotsplanung über alle Planungshorizonte unterstützen

1

Operative Planungen 1-12 Monate

- Baustellen- und **SEV-Planungen**
- Sonderverkehre und **Großveranstaltungen**:
z.B. Messe, Stadion
- Schnelle Varianten bei **kurzfristigen Änderungen**

2

Mittelfristige Planungen 1-5 Jahre

- Bewertung/Evaluierung und Überarbeitung **Bestandsnetz**
- **Liniennetzanpassungen** bei steigendem oder sinkendem (Fahrzeug-)Budget, NVP
- **Liniennetzreform** mit Vorbereitung von Angebotsausweitungen

3

Strategische Planungen 6-25 Jahre

- **Netzerweiterungsplanung**
Priorisierung von Varianten mit höherer Linien- und Taktdichte
- **Referenznetz** als langfristige Planungsgrundlage

„10 Gebote“ zum Aufbau des Infrastrukturpiloten und zur Anwendung der ÖV-Linienkonstruktion in VISUM

LVB Testbetrieb

1. Du sollst das Teilnetz eng um das PG schneiden, Anbindungen und Haltestellenbereiche reduzieren.
2. Du sollst fixierten Linien genau eine Linienroute, ein Fahrzeitprofil pro Richtung und einen Takt vorgeben.
3. Du sollst Fahrzeiten aus den relevanten Fahrzeitprofilen (HVZ) auf die ÖV-Strecken für jedes VSys übertragen.
4. Du sollst Endstellen und Abbiegeverbote für neue Linien korrekt festlegen und keine U-Turns dulden.
5. Du sollst eine geeignete, am besten „unvoreingenommene“ Matrix verwenden.

LVB Testbetrieb

6. Du sollst minimale Bedienungen je Stunde an Haltepunkten gemäß des Nahverkehrsplanes festlegen.
7. Du sollst die Anzahl der Umstiege auf höchstens zwei begrenzen, um Rechenzeit zu sparen.
8. Du sollst je Vsys die Plätze je Fahrzeug, Fahrzeuganzahl und Mindestwendezeiten verbindlich festlegen.
9. Du sollst die Gewichtungsparmeter der Zielfunktion für deine Aufgabenstellung geeignet festlegen.
10. Du sollst das Netz prüfen und die Fehler- und Hinweis-meldungen bei der Linienkonstruktion korrigieren.

Ideen zur Nachfragematrix für automatisierte ÖV-Liniennetzkonstruktion



Modellierte
oder gezählte
ÖV-Bestands-
matrix



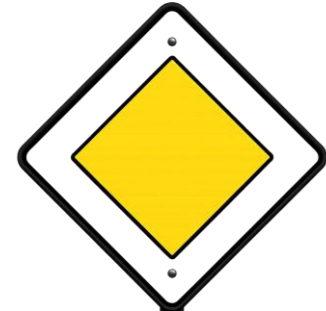
Gesamtstrom-
personenmatrix



Prozentual anteilig
summierte
Matrizen aller
Verkehrsarten



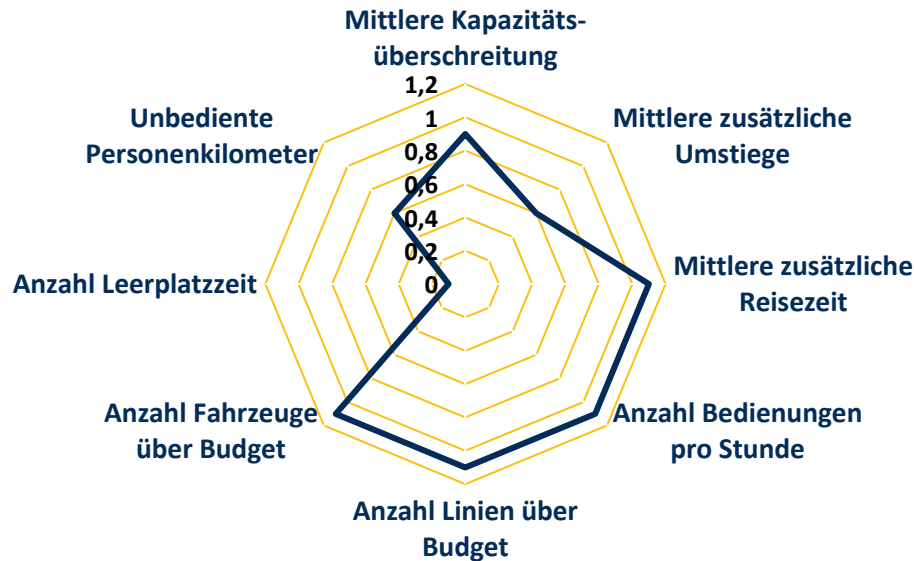
ÖV-
Maximalmatrix



ÖV-Matrix
aus getrackten
Verbindungs-
auskünften

Gewichtung der Zielfunktion – was ist für das Modell bzw. den konkreten Anwendungsfall optimal?

Gewichtungseinstellungen der Zielfunktion?



Wahl: Kamera, Objektiv und Einstellungen?



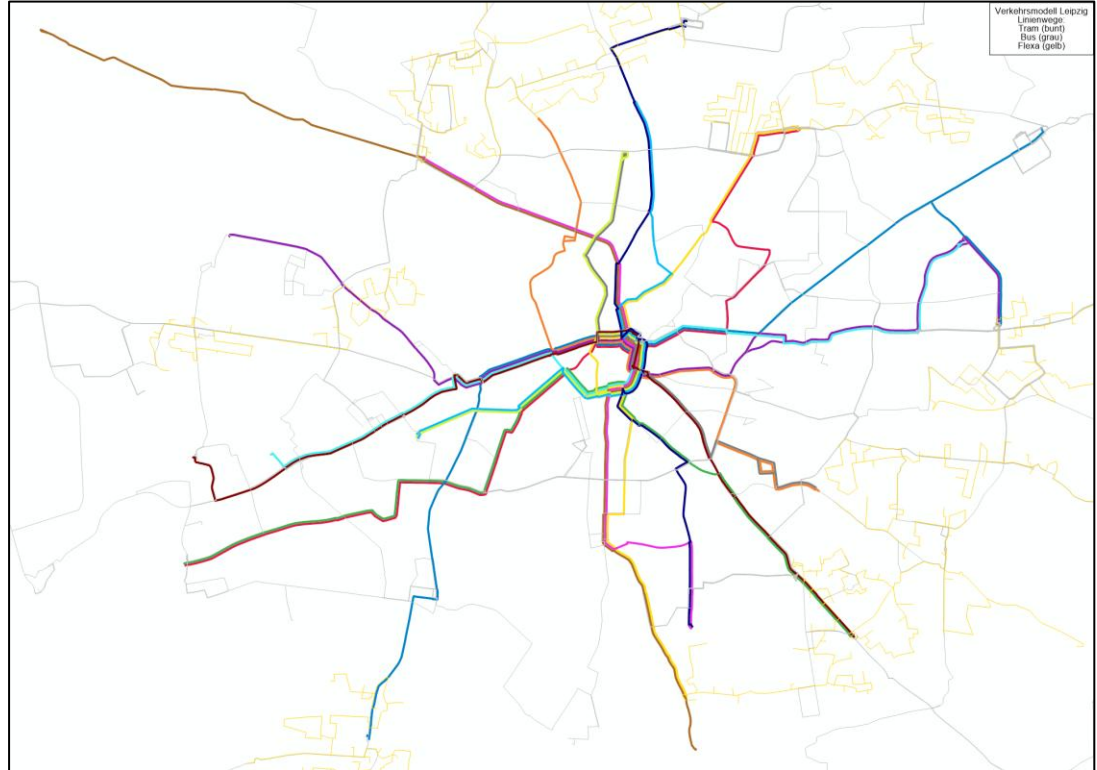
©Foto: M. Schilde, 2026

Fahrplan

- 1 Leipzig und das IVML
- 2 Automatisierte
ÖV-Liniennetzkonstruktion
- 3 Testergebnisse Prognose 2040**
- 4 Fazit und Ausblick

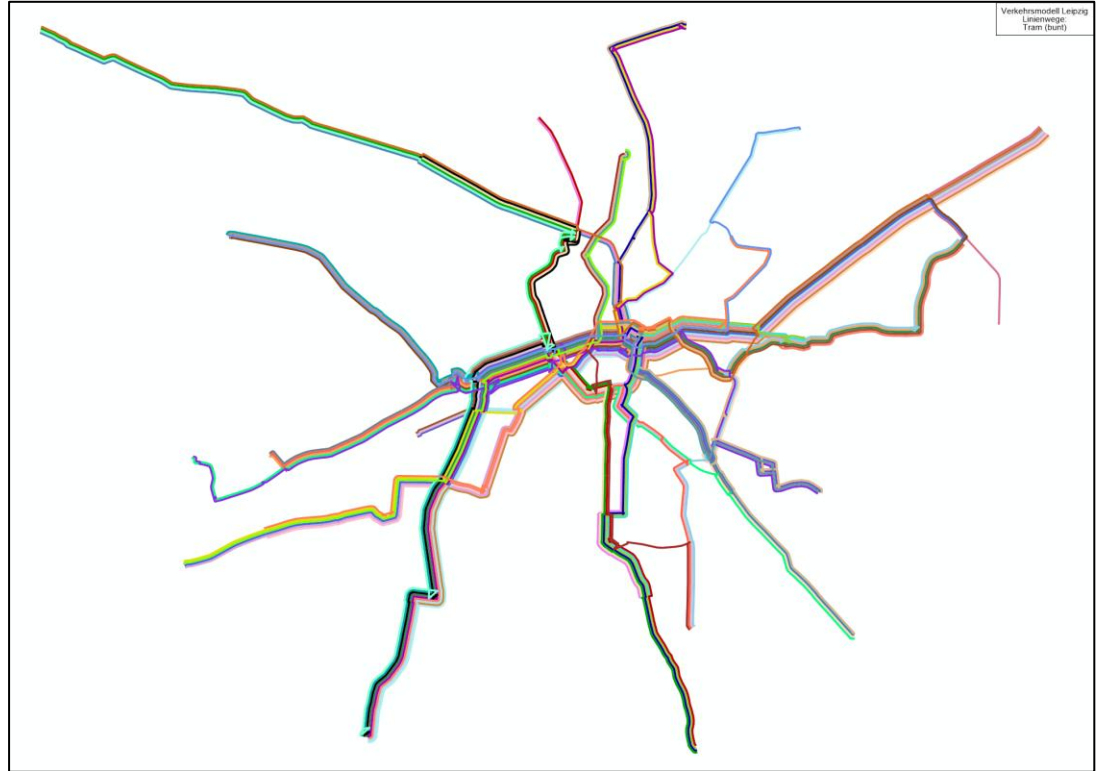
Nullfall 2040 mit *Liniennetz der Zukunft* ist Vergleichsfall:

- Das LNdZ wird aktuell von 2024 bis 2027 umgesetzt
- 13 Straßenbahnlinien mit Ergänzungslinien (E)
10 min-Takt und 168 Kurse (HVZ)
- 35 Buslinien mit Ergänzungslinien (E)
10/20/30/60 min-Takt
- 5 On-Demand-FLEXA-Gebiete am Stadtrand



PF 1: ÖV-Linientramnetzkonstruktion **ohne Gewichtung der Zielfunktion**

- Vorgabe **der Tram-Fahrzeuge des Nullfalls** (HVZ)
- sonstige Linien und Takte fixiert!
- Taktmustervorgabe für Tram:
5/7,5/10/15/30 min-Takte (HVZ)
- 42 Straßenbahnlinien im Test als **Verästelungsnetz** wurden in ca. 6h konstruiert:
 - 34 Linien im 30min-Takt,
 - 8 Linien im 15min-Takt



PF 1: ÖV-Linientramnetzkonstruktion ohne Gewichtung der Zielfunktion

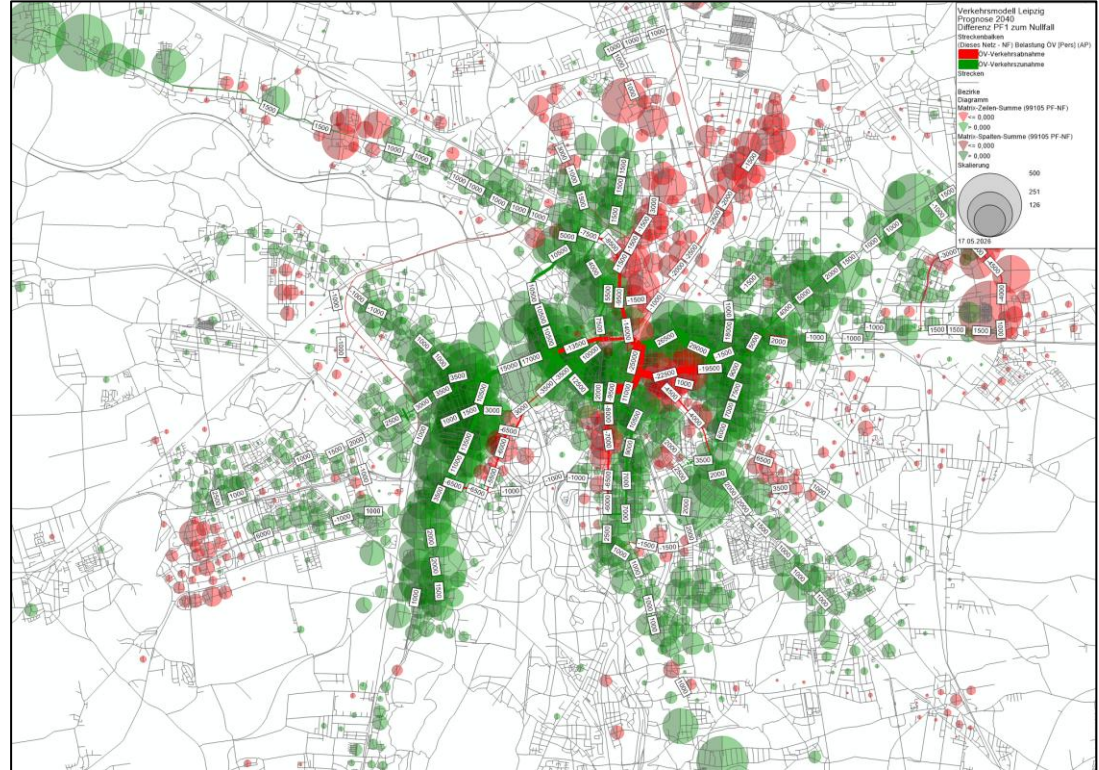
1. Mit Taktvorgaben Fahrplan erzeugen
2. ÖV-Import in den Nullfall 2040, (vorher alte Tramlinien dort löschen)
3. Fahrzeugkombination, Betreiber, Tarifsystem auswählen
4. Einmal ÖV auf die Linien umlegen
5. Taktversatzoptimierung durchführen
6. Kompletter Nachfragedurchlauf

Modellierte LVB-Fahrgastdifferenzen im PF1 im Vergleich zum Nullfall 2040:

-3 Mio. LBF/a

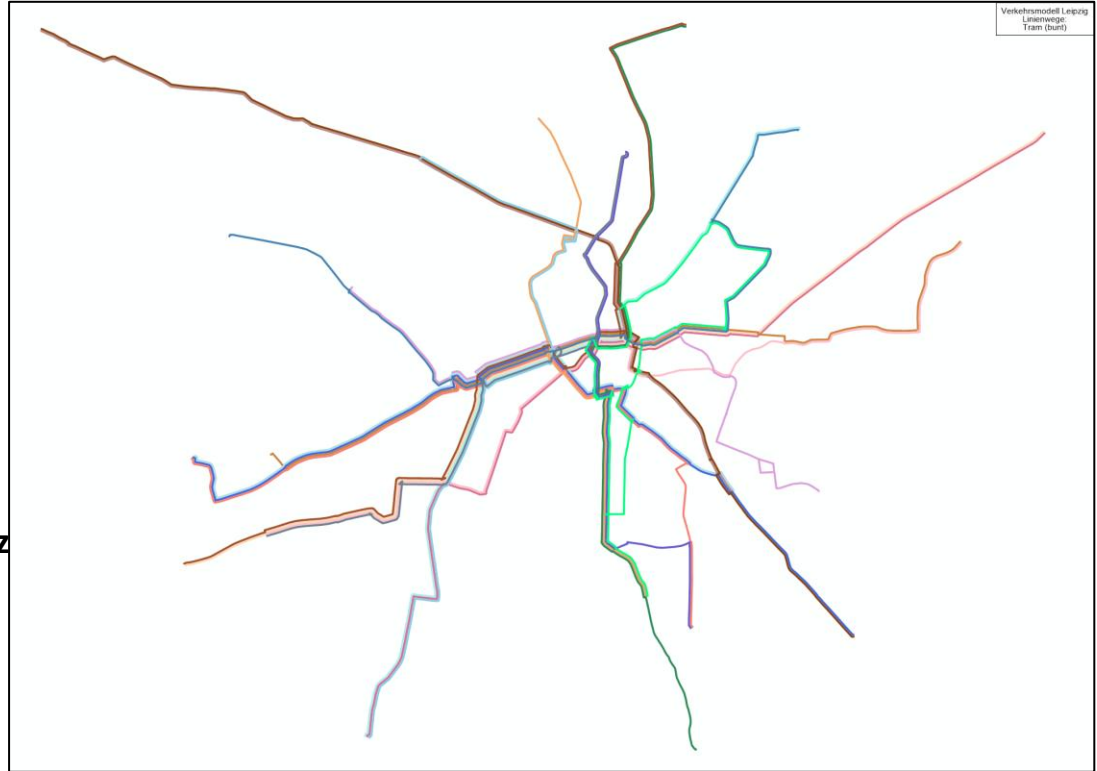
+5 Mio. UBF/a

+14 Mio. Direktfahrer/a



PF 2: ÖV-Linientramnetzkonstruktion mit erster Gewichtung der Zielfunktion

- Vorgabe **der Tram-Fahrzeuge des Nullfalls** (HVZ) und der Bedienstandards des Nahverkehrsplans
- sonstige Linien und Takte fixiert!
- Taktmustervorgabe für Tram war: **5/7,5/10/15/30 min-Takte** (HVZ)
- 19 Straßenbahnlinien im Test mehr als **Achsennetz statt Verästelungsnetz** wurden in ca. 5h konstruiert:
1x7,5min-Takt, 1x10min-Takt
12x15min-Takt, 5x30min-Takt



PF 2: ÖV-Linientramnetzkonstruktion mit erster Gewichtung der Zielfunktion

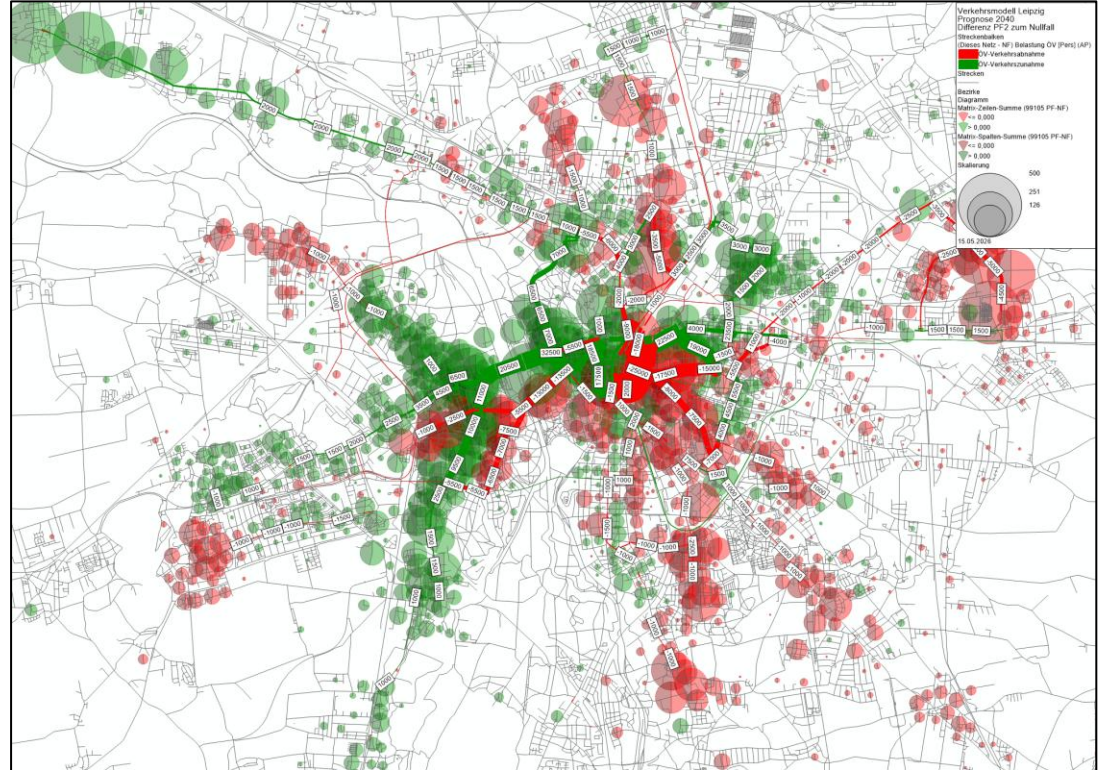
Modellierte LVB-Fahrgastdifferenzen im PF2 im Vergleich zum Nullfall 2040:

-4 Mio. LBF/a

+0,1 Mio. UBF/a

+4 Mio. Direktfahrer/a

- Gutes Ergebnis für einen ersten Rechenlauf mit Berücksichtigung der Bedienstandards des Nahverkehrsplanes
- Bessere Gewichtung der Zielfunktion allerdings noch erforderlich



Fahrplan

- 1 Leipzig und das IVML
- 2 Automatisierte
ÖV-Liniennetzkonstruktion
- 3 Testergebnisse Prognose 2040
- 4 Fazit und Ausblick**

Fazit und Ausblick für die Angebotsplanung in Leipzig



Fazit: Automatisierte ÖV-Liniennetzkonstruktion

- **ergänzt** die **planerische Arbeit wirkungsvoll** und **berücksichtigt stärker** die **Nachfrage**
- **Schnelle erste Ergebnisse „auf Knopfdruck“**
- Aber teils hoher **Rechen- und Initialaufwand** bei großen, komplexen ÖV-Netzen (Bedarf leistungsstarker Hardware & Vereinfachung)
- Weiterer **Forschungs- und Testbedarf** bei Parameter Zielfunktion, Restriktionen, Taktmodelle z. B. (10-Min-)Systemtakt vs. variable Muster, Linienpoolreduktion, Auswertetabellen & Einordnung Bestandsnetz



Ausblick: gute Ergebnisse setzen hohe Datenqualität voraus

- Ganzheitliche **nachfrageorientierte Optimierung** (Linien, Fahrpläne, Fahrzeuge) und die **integrierte systemübergreifende Planung** (Bus + Tram) werden zunehmend realisierbar
- Einsatz neuer **Optimierungsmodelle und -methoden**
- **Erarbeitung langfristiger Zielnetze** (2040+) für Netzerweiterung und strategische Planung



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dipl.-Ing. Matthias Schilde

Projektleiter *Modellierung nachhaltig intelligent (MONI)*

Angebotsplanung / Verkehrsmodellierung
Abteilung Angebot / Bereich Marketing

Telefon: +49 341 492 2153
matthias.schilde@L.de

Abteilung Angebot

www.L.de

 **Leipziger**
Verkehrsbetriebe