



Das neue M3 Verkehrsmodell München: Erfahrungsbericht zur Erstellung

PTV Mobility Anwenderseminar 2024, Düsseldorf
12.06.2024

Dr. Carlos Llorca Garcia



Roman Bublyk



Shravan Shinde



Agenda

1. Hintergrund
2. Überblick
3. Vorgehen bei der Fortschreibung
4. Zusammenarbeit zwischen drei Häusern
5. Qualitätssicherung
6. Herausforderungen
7. Empfehlungen

Hintergrund

Hintergrund

Das Verkehrsmodell der Region München wurde zwischen 2020 und 2023 fortgeschrieben:

- Neue Verhaltensdaten (MiD 2017)
- Veralteter Netzstand
- Zunehmende Bedeutung und Fragenstellungen im Radverkehr
- Wachsender Einfluss des Parkdrucks und der Parkkosten
- Ausweitung des MVV-Tarifgebiets

Überblick

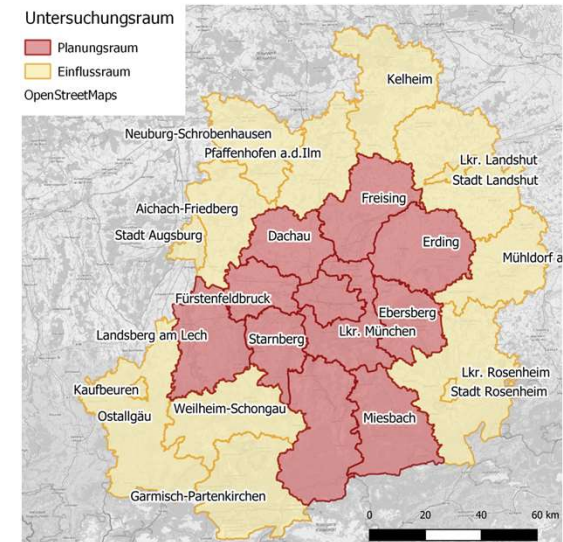
Das Modell M3

Szenarien:

- **Analyse 2019**, basiert auf MiD 2017 und Zähl-/Strukturdaten aus 2019
- **Prognose 2035**

Erweiterung des Modells durch folgende Elemente:

- Wirtschaftsverkehr
- Tourismus- und Flughafenverkehr
- Radverkehrsumlegung
- Tarifmodell
- Park&Ride
- Spitzenstundenmodell IV und ÖV
- Fixe Zielwahl für Pflichtaktivitäten



Vorgehen bei der Fortschreibung

Der lange Weg einer Fortschreibung eines Verkehrsmodells

Teil 1



01

Dezember 2018

Erster Entwurf des Lastenheftes
(ca. 22 Seiten)



02

April 2019

Erster Entwurf
Kooperationsvereinbarung



05

Dezember 2019

Finale
Kooperationsvereinbarung



03

Mai 2019

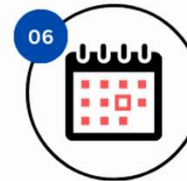
Workshop mit Prof. Friedrich



04

August 2019

Finales Leistungsverzeichnis
(73 Seiten, 13 Kapiteln,
17 Abbildungen, 22 Tabellen)



06

Januar 2020

Offizielle Bestellung

Ausschreibung, wissenschaftliche Begleitung und EVNM-PV

- Enger Austausch zw. Häusern und Prof. Friedrich
- Ganztägigen Workshop mit Prof. Friedrich
 - Definition des Einsatzbereiches des zukünftigen Modells
 - Anforderungen an das Modell
- *Für welche Aufgabenstellungen soll das Modell eingesetzt werden?*
- *Welche Verkehre werden modelliert, welche aus externen Quellen übernommen?*
- *Welche Entwicklungen/Maßnahmen soll das Modell abbilden können?*
- *Was kann VISUM heute, was sie vor 10 Jahren noch nicht konnte?*
- *Was kann VISUM auch heute nicht gut?*



Ergebnisse des Workshops – Einsatzbereiche des Modells

Maßnahmenklasse	Entwicklungen und Maßnahmen	Modellierbarkeit	Wirksamkeit	VNM-MUC
Siedlungsstruktur	Demografische Effekte	+	●	✓
	Erweiterung / Planung von Wohn-, Gewerbe- und Industriegebieten	+	●	✓
	Singuläre Verkehrserzeuger z.B. Flughafen, Messe, Freizeitpark, Fußballstadien	+	●	✓
Infrastruktur	Straßenneubau, -ausbau, -rückbau	+	●	✓
	Linienetzplanung ÖV	+	●	✓
	Bau von Park+Ride Verknüpfungspunkten	○	○	⊕
	Bau von Radverkehrsanlagen	○	○	⊕
Mobilitätswerkzeuge	Änderung Motorisierungsgrad und ÖV-Zeitkartenbesitz	+	●	-
	Einfluss neuer Mobilitätsangebote (Vehiclesharing, Ridesharing) auf Pkw-Besitz	○	?	-
Ordnungspolitisch	Änderungen der zulässigen Geschwindigkeit	+	●	✓
	Umweltzonen	○	-	-
	Parkraummanagement	○	○	⊕
	Durchfahrtsverbote	+	○	?
Kostenbeeinflussend	Fahrpreise	+	●	-
	Kraftstoffpreise	+	●	-
	Straßenbenutzungsgebühren	+	●	-
	Parkraumbewirtschaftung	○	○	⊕
ÖV-Betrieb	Taktveränderung	+	○	✓
	Differenzierte Fahrplanänderung	+	○	✓
	Fahrzeugeinsatz, Fahrzeugkapazität	○	-	⊕

Sharingsysteme	Vehiclesharing-Angebote (Pkw, Rad)	○	?	-
	Ridesharing-Angebote	○	?	-
	Verknüpfung von ÖV und Sharingsystemen	○	?	-
Verkehrstechnisch	Dimensionierung von Knotenpunkten und Verflechtungen	○	○	⊕
	Verkehrsleitsysteme	○	○	-
	Verkehrsmanagement, Baustellenmanagement	○	○	-
Logistik	Standorte für Güterverteilzentren und Güterverkehrszentren	○	?	-
	Logistische Strategien (City-Logistik)	○	?	-
Fahrzeugtechnisch	Änderung der Fahrzeugflottenzusammensetzung	○	-	-
	Verfügbarkeit hochautomatisierter und autonomer Fahrzeuge	○	?	-
Bewusstseinsbildend	Marketing, Incentives	-	-	-
Events	Planung besonderer Events	○	○	-

Legende

Modellierbarkeit	+	Maßnahme ist in einem Nachfragemodell gut abbildbar
	○	Maßnahme ist in einem Nachfragemodell eingeschränkt oder aufwändig abbildbar
	-	Maßnahme ist in einem Nachfragemodell nicht oder nur schwer abbildbar
Wirksamkeit bezogen auf die Nachfrage	?	Wirkung der Maßnahme ist nicht ausreichend bekannt
	-	Wirkung der Maßnahme ist klein und in der Realität nicht messbar
	○	Wirkung der Maßnahme ist klein und in der Realität nur eingeschränkt messbar
	●	Wirkung der Maßnahme ist zumindest lokal deutlich und in der Realität messbar
	●	Wirkung der Maßnahme ist zumindest lokal groß und in der Realität gut messbar
VNM-MUC	✓	Einsatzbereich im bisherigen Modell bereits vorhanden
	⊕	neuer Einsatzbereich
	⊕	neuer Einsatzbereich, optional oder erweiterbar
	-	Einsatzbereich nicht erforderlich
	?	Notwendigkeit des Einsatzbereiches muss geklärt werden

Der lange Weg einer Fortschreibung eines Verkehrsmodells

Teil 2

- **AP Netzmodell:** Netzarbeiten Straße, Verortung Zähldaten;
- Option: Netzvereinfachung Straße
- September 2020

- **AP Modellerstellung:** Kalibrierung;
- **AP Validierung;**
- Option: Wirtschaftsverkehrsmodell
- August 2023

- **AP Netzmodell:** Netzmodelle IV/ÖV, Verkehrszellen, Anbindungen;
- **AP Datenaufbereitung:** Strukturdaten, MiD-Daten, Zähldaten;
- Option: Aktualisierung ÖV für Regionalbusverkehr, Radverkehrsnetz-
- Juni 2021

- **AP Modellprognose;**
- Option: Tageszeitliche Differenzierung, Fixe Zielwahl für Pflichtaktivitäten
- November 2023

- **AP Modellerstellung:** Personenverkehr inkl. P+R, Externer Verkehr, Besucherverkehr
- Dezember 2021

- **AP Dokumentation;**
- Option: Leistungsfähigkeitsuntersuchung IV/ÖV
- Dezember 2023



2020



2021



2022

2023



Zusammenarbeit zwischen drei Häusern

Zusammenarbeit zwischen drei Häusern

Kooperationsvertrag Gesamtverkehrsmodell (Grundvertrag)

Grundlage für den Austausch und die gegenseitige Nutzung des Modells sowie der **Grundsatz der vertrauensvollen Zusammenarbeit** der Partner

§1 Gegenstand der Kooperation

Dieser Kooperationsvertrag regelt die Zusammenarbeit der Partner bei der Erstellung, Nutzung, Fortschreibung und Kalibrierung des Gesamtverkehrsmodells. Darüber hinaus regelt dieser Vertrag die Zulässigkeit der Übermittlung der zum Zwecke der Verkehrsmodellierung überlassenen Eingangsdaten sowie der aus dem Verkehrsmodell generierten Daten.

...

§3 Aufgabenbereiche der Partner

§4 Grundsatz der Vertraulichkeit

§5 Verarbeitung und Nutzung von Daten zur eigenen Aufgabenerfüllung

§6 Übermittlung von Daten an Dritte zur eigenen Aufgabenerfüllung

§7 Stadtratsvorlagen

§8 Übermittlung von Daten an sonstige externe Dritte

§9 Sonstige Verarbeitung und Nutzung von Daten

§10 Unentgeltlichkeit der Datenüberlassung

§11 Regelmäßige Fortschreibung des Gesamtverkehrsmodells

...

Zusammenarbeit zwischen drei Häusern

Kooperationsvertrag Fortschreibung Gesamtverkehrsmodell 2020/2021

Die Kooperationspartner beabsichtigen, das gemeinsame Gesamtverkehrsmodell fortschreiben zu lassen. Ziel der Fortschreibung ist die Aktualisierung aller vorhandenen Eingangsdaten des Verkehrsmodells sowie das Modell mit den Daten der Mobilität in Deutschland Erhebung 2017 auf den aktuellen Stand der Technik zu bringen. Dafür soll am Ende ein multimodales, maßnahmensensitives und kalibriertes Verkehrsmodell in Analyse und Prognose vorliegen. Zu diesem Zweck ist die Vergabe von Aufträgen an externe Auftragnehmer beabsichtigt.

§1 Vertragsgegenstand

Dieser Vertrag regelt die Zusammenarbeit der Kooperationspartner in Zusammenhang mit der Fortschreibung des Verkehrsmodells gemäß § 11 Abs. 1 des Grundvertrages Gesamtverkehrsmodell. Alle Bestimmungen des Grundvertrages Gesamtverkehrsmodell bleiben unberührt.

§3 Beauftragung des externen Auftragnehmers

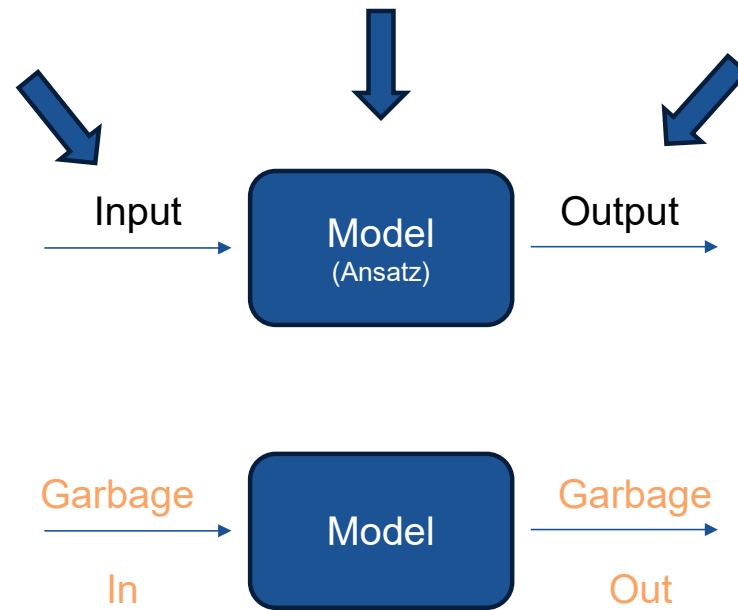
(1) Die MVG beauftragt im Einvernehmen mit den Vertragspartnern einen externen Auftragnehmer mit der Fortschreibung des Gesamtverkehrsmodells gemäß des Leistungsverzeichnisses vom 06.08.2019. Das Auftragsvolumen darf [REDACTED] EUR zzgl. MwSt. nicht übersteigen.

§2 Inhalte der Fortschreibung

- (1) Für die Fortschreibung des Gesamtverkehrsmodells bringen sich die Partner mit ihren Fähigkeiten und Kompetenzen gemäß § 3 des Grundvertrages Gesamtverkehrsmodell ein.
- (2) Die Inhalte der Fortschreibung sind im Leistungsverzeichnis vom 6.8.2019 definiert, das zwischen den Kooperationspartnern abgestimmt ist.
- (3) Die Fortschreibung erfolgt durch einen externen Auftragnehmer. Bei der Beauftragung des externen Auftragnehmers soll das Leistungsverzeichnis vom 6.8.2019 zugrunde liegen.
- (4) Für das Fortschreibungsprojekt soll ein Projektsteuerer beauftragt werden, dessen Hauptaufgabe die Einhaltung des Zeit- und Kostenplans ist.
- (5) Herr Prof. Friedrich soll für die Qualitätssicherung, insbesondere die Abnahme der Meilensteine, das Projekt weiter begleiten.
- (6) Weitere erforderliche Entscheidungen über die Inhalte der Fortschreibung sollen durch die Kooperationspartner einvernehmlich getroffen werden.

Qualitätssicherung

Qualitätssicherung



Qualitätssicherung

Welche Wege gibt es zur Qualitätssicherung?

- SQV + Dashboard Ansatz

- Externe Experten-Beratung

- Realitätstests

Quantitative Prüfung des Modells:
Ob die Quantitative Ergebnisse plausible sind? –
Ein-/Aussteiger, Streckenbelastungen,
Querschnittswerte, etc.

Prüfung der **Modellierungsansätze**:
Ob die technischen Ansätze, die für den
Modellaufbau verwendet wurden, sinnvoll,
logisch und korrekt sind. Oder ob da
irgendwelche Denkfehler bzw. falsche
Annahmen eingeschließen sind.

Prüfung der **allgemeinen Reaktion** des Modells:
Wie reagiert das Modell unter Betracht auf
unterschiedlichen Szenarien

Qualitätssicherung: SQV + Dashboard

Welche Kenngrößen wurde mit SQVs bewertet?

- Modal Split
- Anzahl Wege pro Landkreis
- Querschnittswerte
- Zählwerte an den Haltestellen
- ...

Verwendete SQV-Formel:

$$g_{SQV} = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{(m-c)^2}{f \cdot c}}}$$

mit

- g_{SQV} Gütemaß SQV
- m Wert des Modells
- c Wert der Erhebung
- f Skalierungsfaktor

Qualitätsanforderung in der Leistungsbeschreibung:

85% aller Werte müssen einen SQV von über 0,8 erreichen

Qualitätssicherung: SQV + Dashboard

Zusammenfassung

Mobilität / Matrixebene / Grobkalibrierung

Anzahl Wege pro Einwohner

Raumtyp	Modell	MiD	SQV
RT1		3,1	0,87
RT2		3,2	0,93
RT3		3,0	0,94
Alle Raumtypen		3,1	0,89

siehe Blatt [Anzahl Wege](#)

Modal-Split (Gesamtmodell)

Modus	Modell	MiD	SQV
Fuss		19%	0,98
PKW		37%	0,97
Pkw-Mitfahrer		13%	0,95
Park und Ride		1%	0,92
Rad		16%	0,97
OeV		15%	0,96

1 1

Detail zu Raumtypen siehe Blatt [Modal Split](#)

Reiseweite

Modus	Modell	MiD	SQV
Fuss		1,1	0,93
PKW		10,3	0,95
Pkw-Mitfahrer		7,8	0,80
Park und Ride		30,2	0,95
Rad		3,0	0,92
OeV		10,8	0,99

Detail zu Raumtypen siehe Blatt [mittlere RW](#)

Eckwerte

Betriebszweig-Beförderungsfälle

Erhebung Analyse 2019

Name	Personen	Personen-km	Personen-h
S-Bahn			
Regionalverkehr Schiene			
X-Regionalbus			
Regionalbus			
Regionalbus im Erweiterungsgebiet			

Modell

EINSTEIGER-VSYS(S, AP)

Visum-Name Einsteiger im MVV-Gebiet

S-Bahn	
SPNV	
MVV-Regionalbusse	

Qualitätssicherung: SQV + Dashboard

=: Aggregation nach Landkreisen Zählstellen nach Landkreisen

Landkreis Nr	Landkreis Name	Modellwert	Zählwert 2010/11 ¹	Diff M-Z el Abw [%]	SQV
9162	München, Stadt				0,769
9173	Bad Tölz-Wolfratshausen				0,917
9174	Dachau				0,955
9175	Ebersberg				0,701
9177	Erding				0,795
9178	Freising				0,504
9179	Fürstenfeldbruck				0,895
9184	München, Landkreis				0,906
9188	Starnberg				0,763
9182	(Miesbach informativ)				0,756
Summe					

=: Zählstellenliste S-Bahn-Querschnitte

Spaltenname in Form=Liste		NAME		OEV_NAME_HST1		OEV_NAME_HST2		ODELL_QUERSCHNITT		OEV_ZAEHL_QUERSCHNITT		OEV_DIFF_M-Z		OEV_REL_ABW [%]-QUERSCHNITT		LAGE_IN_MUK		LAGE_IN_MUK_E_IN_LANDKREIS	
Nr	Lage	Hst1	Hst2	Modellwert	Zählwert 2010/11 ¹	Diff M-Z el Abw [%]	SQV	LAGE_IN_MUK	Landkreis	Landkreisname									
300400	S (Stadtgrenze)	Unterföhring (S)	Johanneskirchen Bf.	0,939			0,939	U	9.184	München, Landkreis									
300401	S (Stadtgrenze)	Oberschleißheim	Feldmoching	0,726			0,726	U	9.184	München, Landkreis									
300402	S (Stadtgrenze)	Karlsfeld	Dachau	0,932			0,932	U	9.174	Dachau									
300403	S (Stadtgrenze)	Gröbenzell	Lochhausen	0,793			0,793	U	9.179	Fürstenfeldbruck									
300404	S (Stadtgrenze)	Aubing	Puchheim	0,774			0,774	M	9.162	München, Stadt									
300405	S (Stadtgrenze)	Harthaus	Germering-Unterpalf	0,803			0,803	U	9.179	Fürstenfeldbruck									
300406	S (Stadtgrenze)	Lochham (S)	Westkreuz Bf.	0,872			0,872	U	9.184	München, Landkreis									
300407	S (Stadtgrenze)	Großhesselohe Isart	Solln	0,641			0,641	U	9.184	München, Landkreis									
300408	S (Stadtgrenze)	Fasanengarten	Fasanenpark	0,931			0,931	U	9.184	München, Landkreis									
300409	S (Stadtgrenze)	Neuperlach Süd	Neubiberg	0,659			0,659	U	9.184	München, Landkreis									
300410	S (Stadtgrenze)	Haar	Gronsdorf	0,854			0,854	U	9.184	München, Landkreis									
300411	S (Stadtgrenze)	Feldkirchen(b.M)	Riem	0,975			0,975	U	9.184	München, Landkreis									
300500	S (Nicht-MUC)	Neufahrn (b. Freising)	Pulling, Sommerstraße	0,946			0,946	U	9.178	Freising									
300501	S (Nicht-MUC)	München Flug Besuch	Hallbergmoos	0,430			0,430	U	9.178	Freising									
300502	S (Nicht-MUC)	Poing	Markt Schwaben	0,824			0,824	U	9.175	Ebersberg									
300503	S (Nicht-MUC)	Bachern	Dachau Stadt	0,529			0,529	U	9.174	Dachau									
300504	S (Nicht-MUC)	Buchenau(Oberbay)	Schöngesing	0,693			0,693	U	9.179	Fürstenfeldbruck									
300505	S (Nicht-MUC)	Starnberg Nord	Gauting	0,988			0,988	U	9.188	Starnberg									
300506	S (Nicht-MUC)	Neunilchirn	Walldorf Therau	0,731			0,731	II	9.188	Starnberg									

Qualitätssicherung : Prüfung durch externen unabhängigen Berater

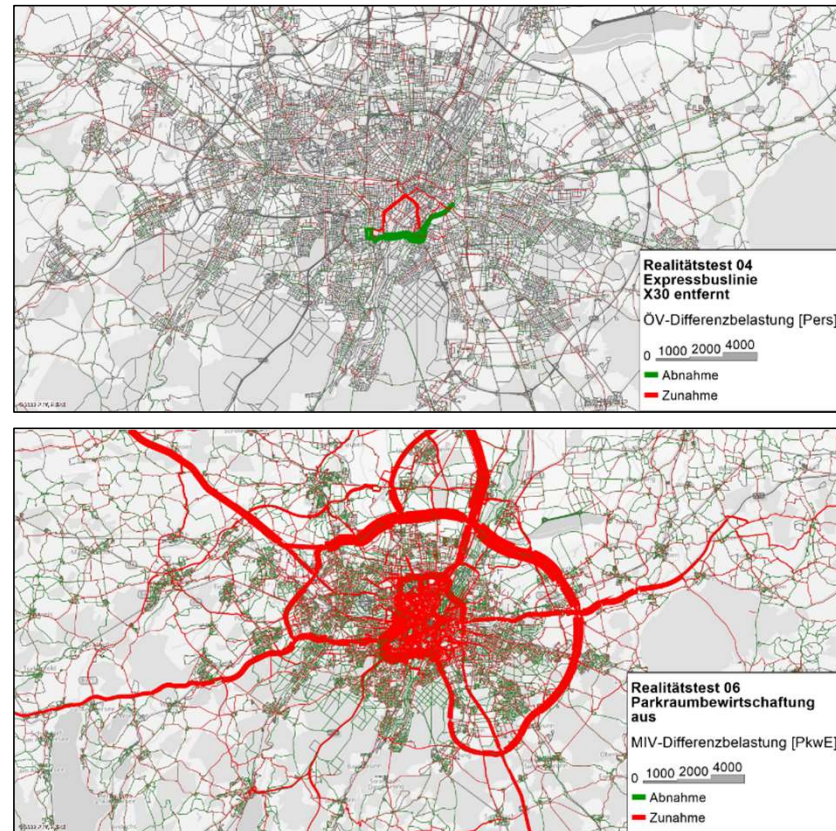
- MiD-Daten (Parameterschätzung) oder Erfahrungswerte (Modellparametersetzung)
- Kürzung der langen Wegekette bzw. Datenbereinigung (z.B. WAAAAW)
- Allgemeiner Austausch bezüglich Modellaufbau & Verfahrensablauf mit dem Auftragnehmer/Modellieren
- Größter Vorteil: Eine **komplette unabhängige Prüfung** des Modells aus Sicht eines externen Experten
 - Das Modell wurde aus **beiden Sichten** (Anwender und in Bezug auf Konzeptioneller Aufbau) geprüft
 - Allgemeine Tipp zur Verbesserung des Modells in Bezug auf „kosmetische“ Aspekte wie z.B. Benennung mancher Attribute, Nummerierungskonzept, etc.

Qualitätssicherung: Realitätstests

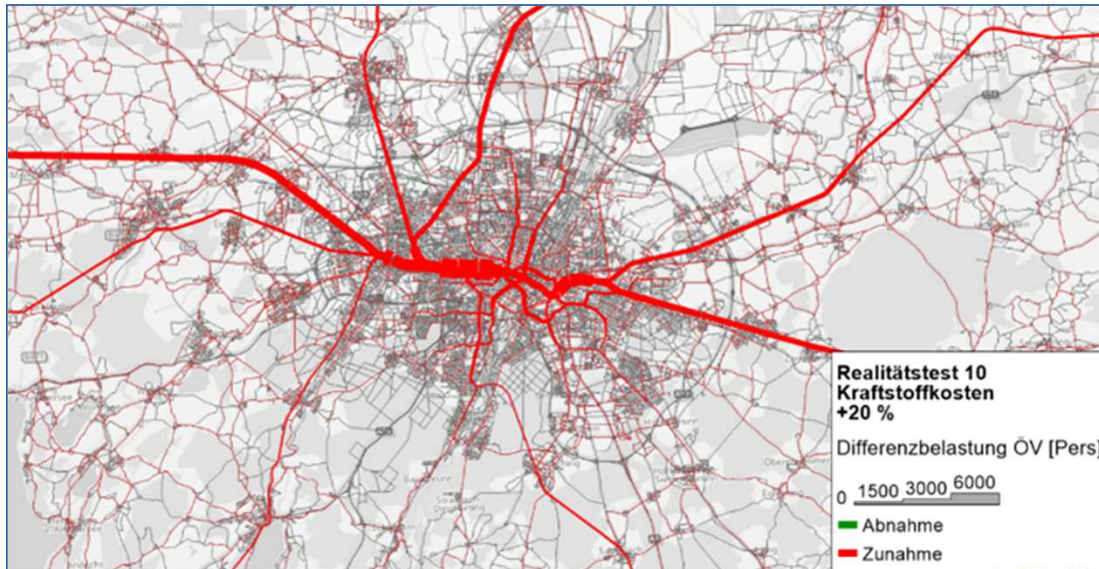
- Mehrere Realitätstests wurden im Vorfeld (in der Leistungsbeschreibung) definiert, um die Modellreaktion in unterschiedlichen Situationen zu prüfen

Nr	Test	Pkw	ÖV	Erwartung
1	Erhöhung der Einwohnerzahl in der LHM um 10%			<ul style="list-style-type: none"> Zunahme der Verkehrsleistung Rückgang der mittleren Reiseweite Rückgang des Pkw-Anteils
2	Reduzierung der Bedienungshäufigkeit (MVG und S-Bahn) – jede zweite Fahrplanfahrt wird gelöscht	+	--	<ul style="list-style-type: none"> deutlicher Rückgang im ÖV
3	Einführung 30 km/h auf allen Straßen innerhalb des Mittleren Rings	-	+	<ul style="list-style-type: none"> Verlagerung von Pkw-Wegen auf andere Modi in kleinem Umfang Geringe Auswirkung auf die Zielwahl
4	Eine heute vorhandene Express-Buslinie (X30) entfernen	+	-	<ul style="list-style-type: none"> Nachfrage im ÖV sinkt Verlagerungen auf andere ÖV-Linien
5	Taktverdichtung auf einer Metrobuslinie von 10 auf 5 Minuten	0	+	<ul style="list-style-type: none"> ÖV Personenfahrten müssen vor allem im betroffenen Gebiet zunehmen Die an die Linie angebotenen Zellen dürfen keinen Rückgang im ÖV aufweisen
6	Die im Analysefall bereits eingeführte Parkraumbewirtschaftung wird ausgeschaltet	+	-	<ul style="list-style-type: none"> Höherer Parkdruck Zurückverlagerungen beim Wegezweck Arbeiten vom ÖV auf den MIV
7	Auswirkungen von Demografieänderungen in einem Stadtbezirk: In allen Zellen eines Stadtbezirks wird die Zahl der Personen mit Pkw Verfügbarkeit halbiert	-	+	<ul style="list-style-type: none"> Nachfrage im Pkw-Verkehr sinkt im ausgewählten Stadtbezirk
8	Tangentiale Expressbuslinie im Umland			<ul style="list-style-type: none"> ÖV Personenfahrten müssen vor allem im betroffenen Gebiet zunehmen Die an die Linie angebotenen Zellen dürfen keinen Rückgang im ÖV aufweisen
9	Neuer S-Bahnhof mit P+R-Anlage im Umland	0	0	<ul style="list-style-type: none"> P+R Anteil steigt auf Relationen im Einzugsbereich der Anlage

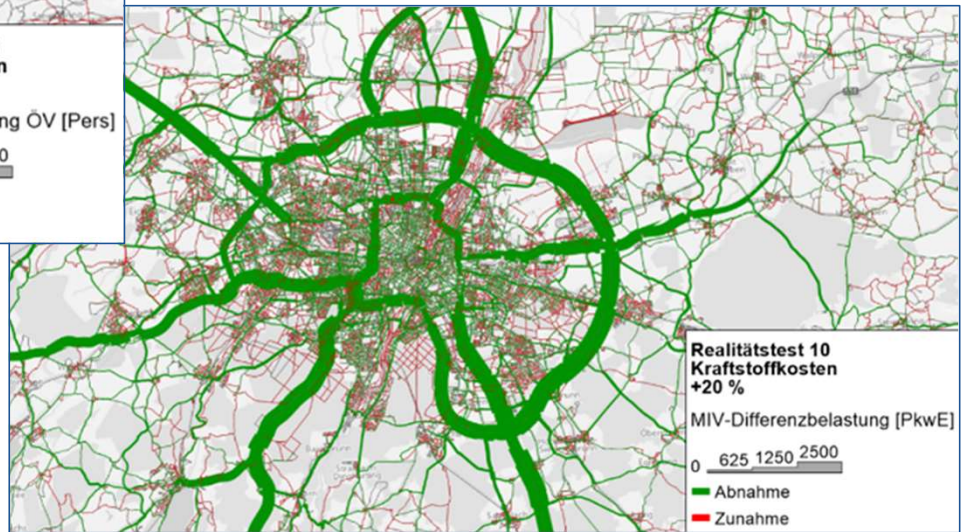
Qualitätssicherung: Realitätstests



Qualitätssicherung: Realitätstests



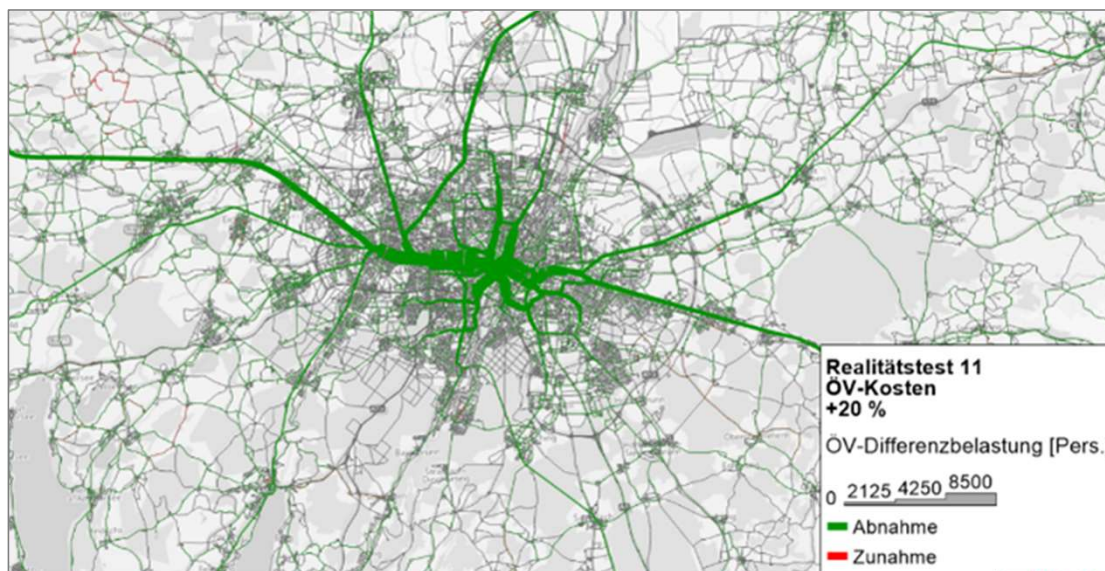
Differenzplot MiV



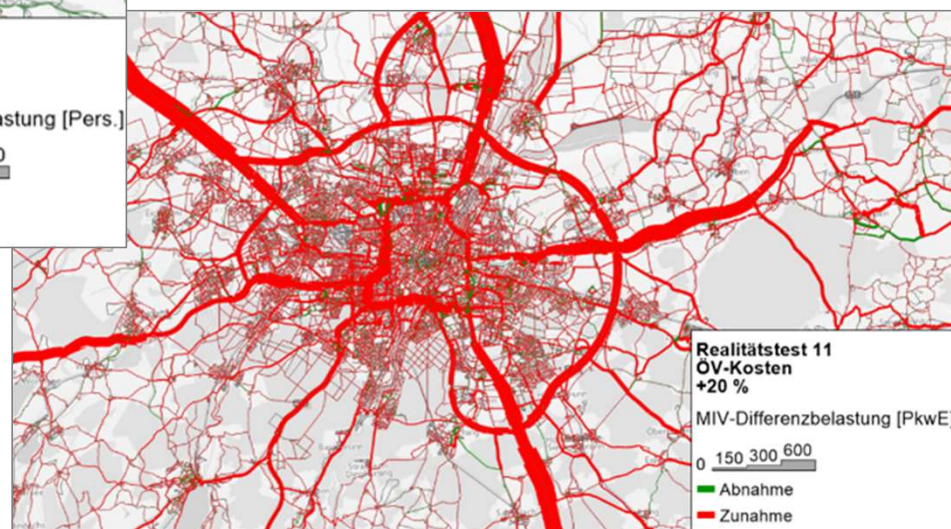
Differenzplot ÖV

- Nachfrage gestiegen
- Nachfrage gesunken

Qualitätssicherung: Realitätstests



Differenzplot MiV



Differenzplot ÖV

- Nachfrage gestiegen
- Nachfrage gesunken

Herausforderungen

Herausforderungen

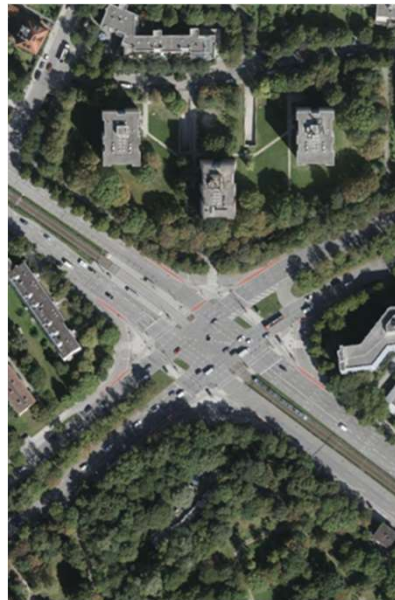
- Verwendung von MiD-Daten für die Modellparameterabschätzung
- Zusammenführen von Daten aus unterschiedlichen Quellen (z.B. Daten aus DIVA+ Bayern Modell, Unterschiedliche Formate der Zähldaten, etc.),
- Lange Rechenzeiten und Datei-Größe
- Anwendung der neuen Teilmodelle: Rad-Umlegung, Tarifmodell, Spitzenstunden
- ...

Empfehlungen

Empfehlungen

Netzvereinfachung

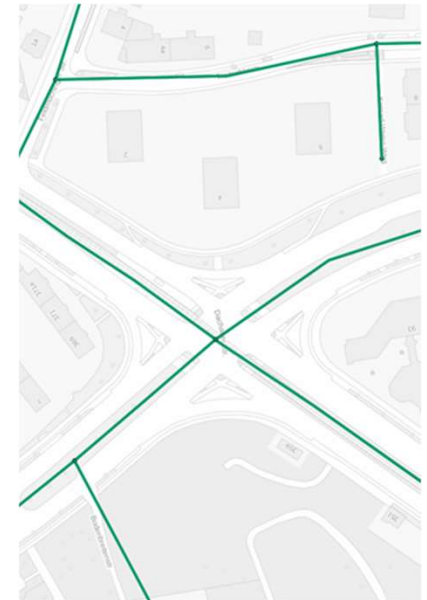
- Zusammenfassung von Richtungsfahrbahnen
- Vermeidung von Oberknoten
- Kürzere Laufzeit
- Bessere Darstellung
- Das Netz ist einfacher editierbar



Hintergrund: Geodatenservice, Openstreetmap



Ohne Vereinfachung (40 Kanten, 12 Knoten)

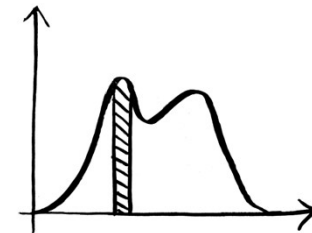


Mit Vereinfachung (8 Kanten, 1 Knoten)

Empfehlungen

Spitzenstundemodelle

- Segmentierung der Nachfragematrizen anhand Ganglinien
- Auswertung der Auslastung und Leistungsfähigkeit



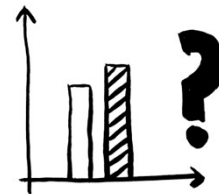
Fixierte Zielwahl für Pflichtaktivitäten

- Ziel der Pflichtaktivitäten ist kurz- oder mittelfristig stabil
- Realistischere Ergebnisse von kurzfristigen Maßnahmen



Realitätstests

- Überprüfung der Modellreaktion



Empfehlungen

Anwendung von Standards

- FGSV - Empfehlungen zum Einsatz von Verkehrsnachfragemodellen für den Personenverkehr
- Standardisierte Qualitätskriterien (e.g. SQV)

Externe, unabhängige Qualitätssicherung

- Unabhängig vom Auftraggeber und Auftragnehmer



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

