



# Neue Verkehrssysteme in München

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Bogenberger – Universität der Bundeswehr

19.09.2018

# Herausforderungen



**Urbanization**



**Crowded Systems**



**Emissions**



**Elektromobility**



**Digitalization**



**Shared Economy**



**Automation**

- 1. BIG DATA: Verkehr besser verstehen durch Floating Car Daten**
- 2. CarSharing / Autonome Fahrzeuge / Robotershuttle / Robotertaxis**
- 3. Urbane Seilbahnen**

## **BIG DATA**

**Verkehr besser verstehen durch Fahrzeugdaten**

- Lagos, Nigeria



Quelle: zeit.de | © Akintunde Akinleye/Reuters

# Stau

- Ampel in Taipei, Taiwan



Quelle: zeit.de | © Nicky Loh/Reuters

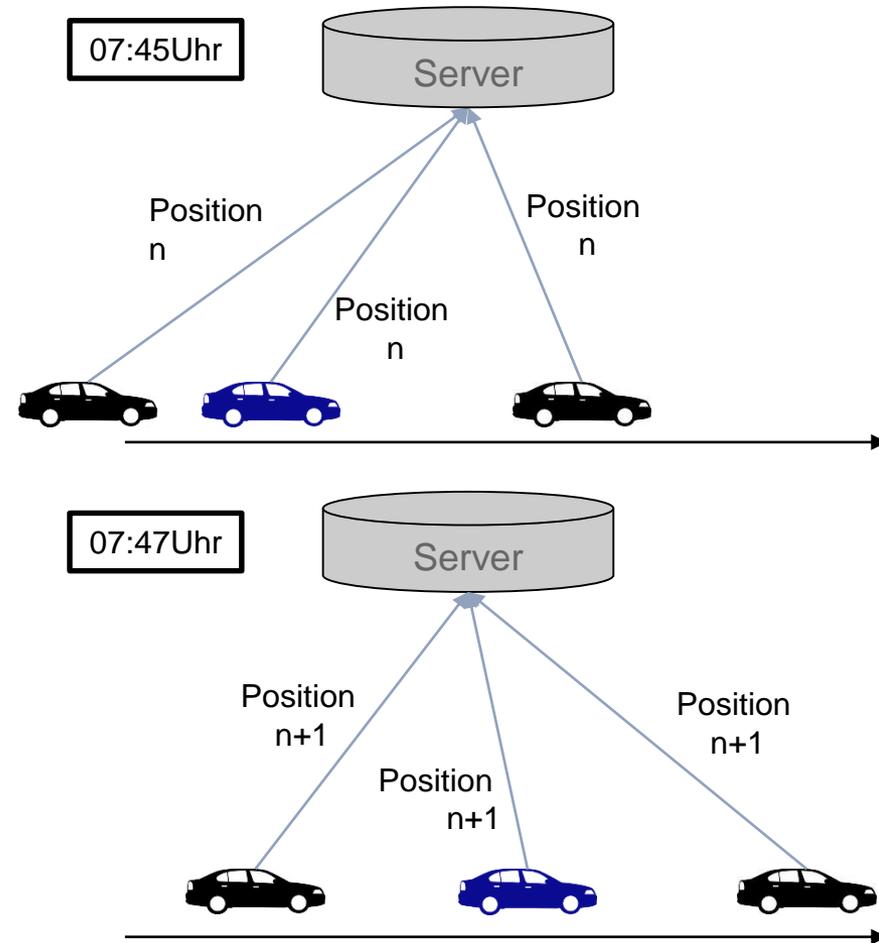
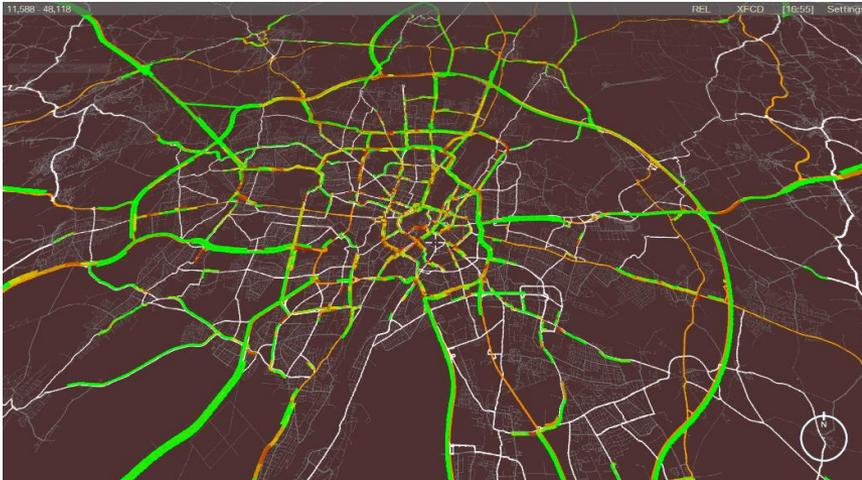
# Thanksgiving 2016 in LA

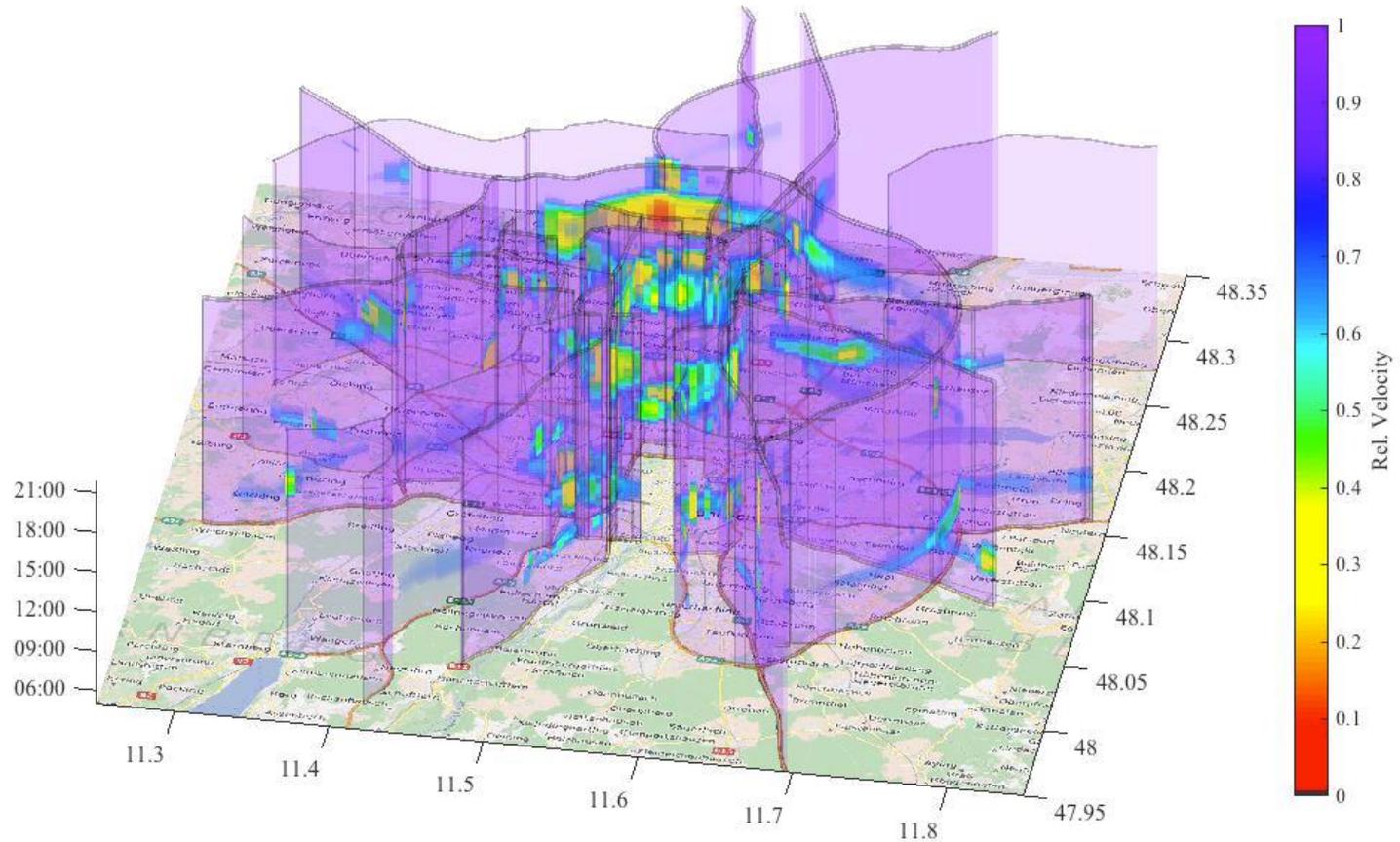


# Stauanalyse aus GPS-Fahrzeugdaten

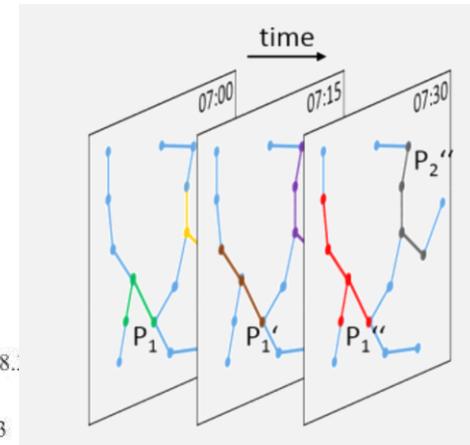
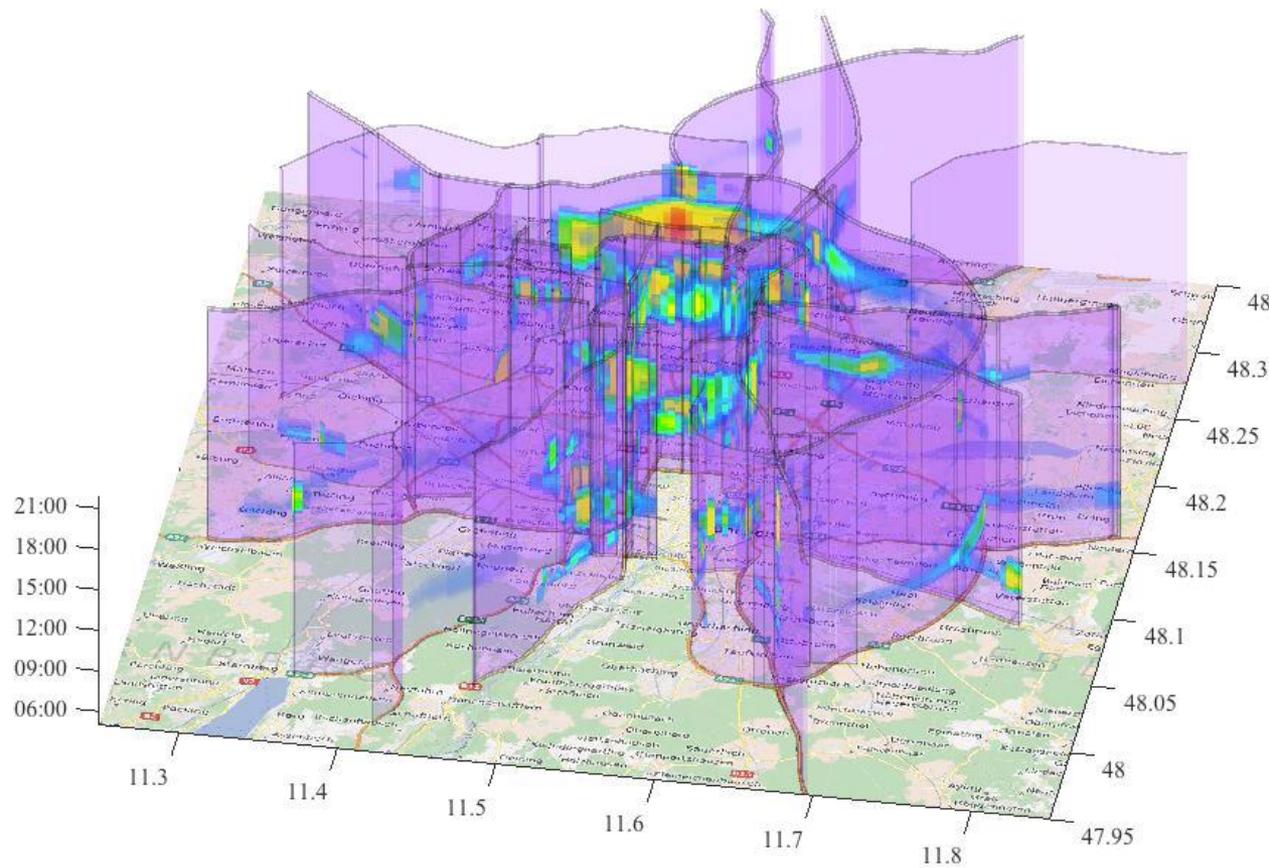
Mit Hilfe von GPS Daten von Fahrzeugen kann die Verkehrslage im Straßennetz bestimmt werden

- Anwendungen:
  - Bestimmung der aktuellen Verkehrslage
  - Identifikation von Engpässen im Straßennetz
  - Prognose der zukünftigen Verkehrslage

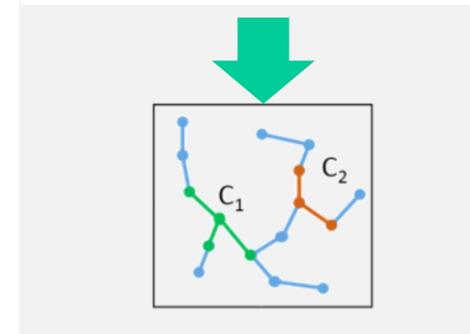




# Stauschwerpunkte- München

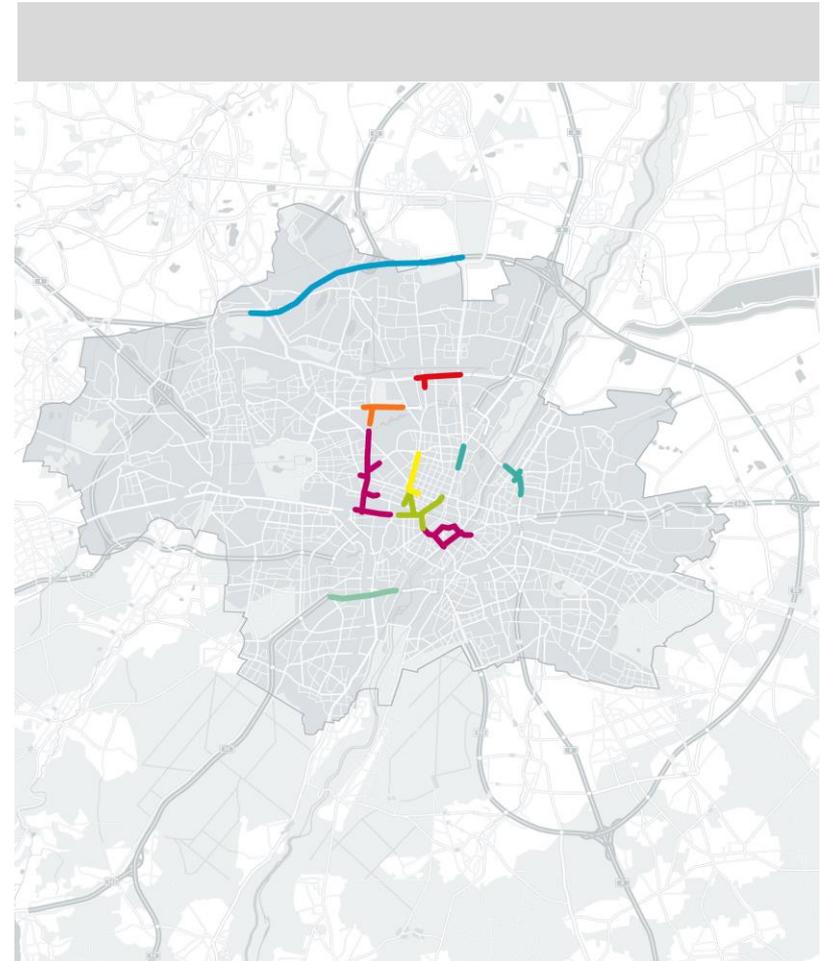
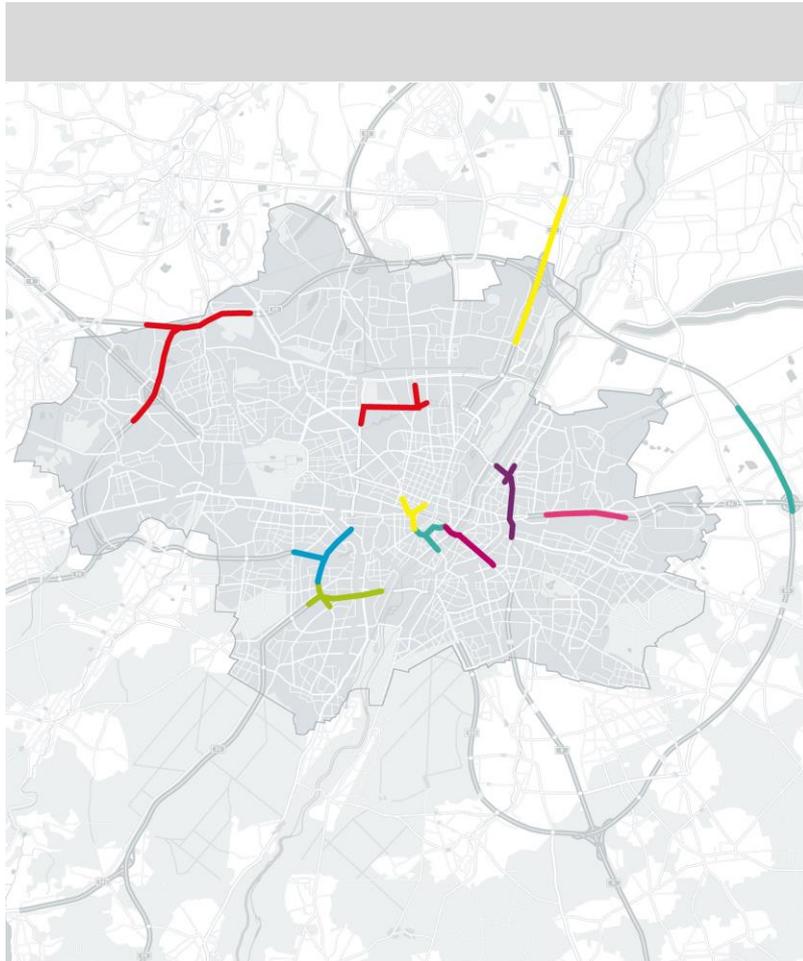


Dynamically changing congested parts



Static and most frequently congested

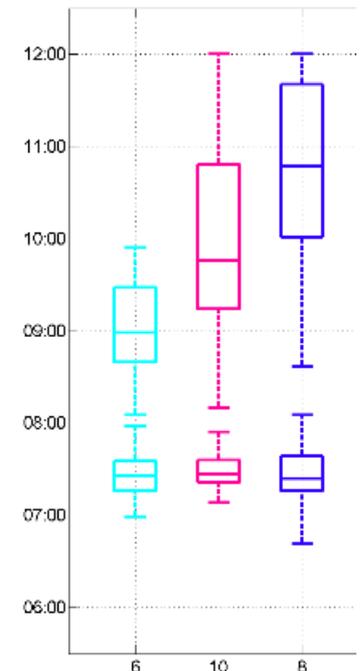
# Stauschwerpunkte



# Häufig gestaute Bereiche

## Beobachtungen:

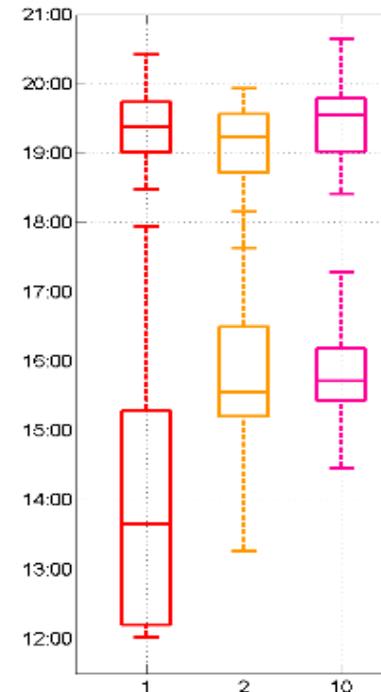
- Der Staubeginn liegt bei den Clustern bei 7:30Uhr +/- 20min (75% der Staus )
- Das Stauende sowie die Varianz des Stauendes steigen, je näher man sich der Innenstadt nähert



# Häufig gestaute Bereiche

## Beobachtungen:

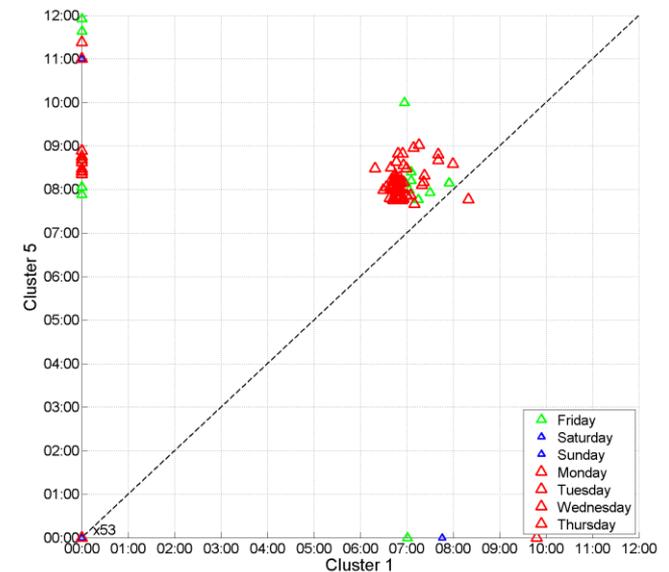
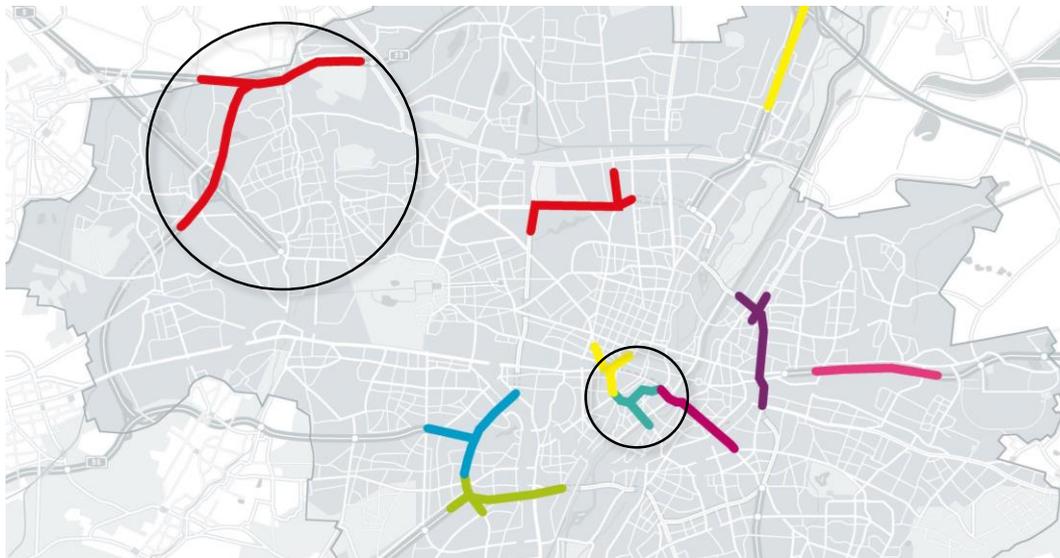
- Der Staubeginn am Nachmittag hat eine recht hohe Varianz
- Das Stauende in allen 3 (und mehr Clustern) befindet sich bei 19.20Uhr +/- 30 min (75% der Werte)



# Zusammenhänge zwischen Stauclustern

## Zwischen einigen Stauherden gibt es deutliche Korrelationen

- Cluster 5 staut sich den allermeisten Fällen ca. 1 Stunde nachdem Cluster 1 sich staut
- staut sich Cluster 1 nicht, staut sich Cluster 5 oft auch nicht



Flussdaten  
 (Simulation)



Verzögerungsdaten  
 (Floating Car Data BMW)



Routendefinition



Region München NW



Region München gesamt

**Berechnung der Staukosten:**

$$\text{Staukosten} = \sum_{\text{Routen}} \text{Zeitverlust} \times \text{Fluss} \times \text{Stundensatz}^1$$

<sup>1</sup> Staukosten nach ADAC

**Berechnung der NOx / CO2 Emissionen:**

$$\text{Emissionen} = \sum_{\text{Routen}} \text{Fluss} \times \text{Verbrauch}^2 \times \text{Strecke}$$

<sup>2</sup> Emissionenswerte je km laut HBEFA

# Staukosten – pro Arbeitstag

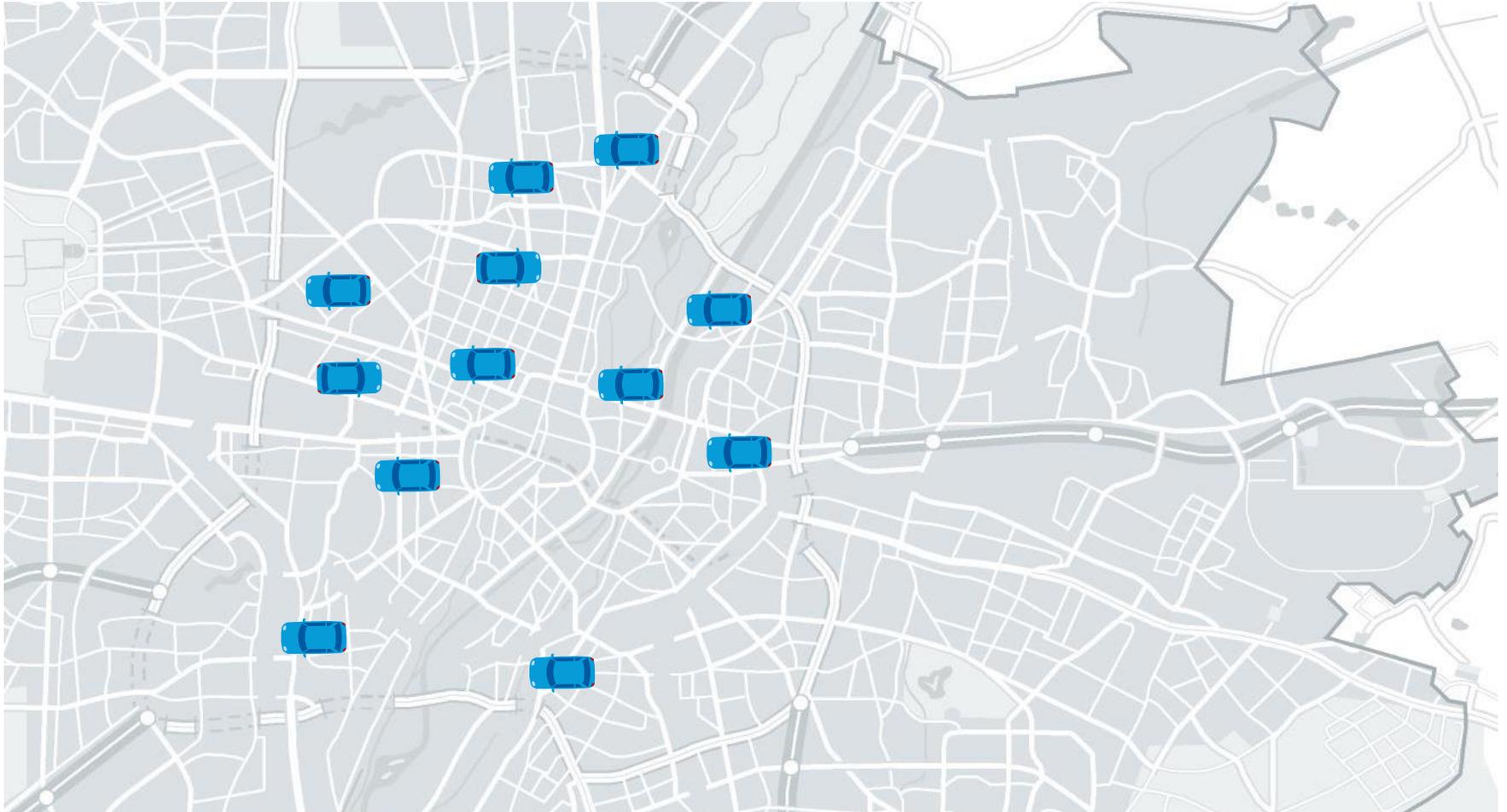
Strassen-klasse	Strecke Total <sup>2</sup> [km]	Reisezeit Verlust <sup>1</sup> [th]	Stau-kosten <sup>1</sup> [t€]	NOx Stau <sup>2</sup> [t]	Rel. NOx Stau <sup>1</sup> [%]	CO <sub>2</sub> <sup>2</sup> Stau <sup>2</sup> [t]	Rel. CO <sub>2</sub> <sup>2</sup> Stau <sup>1</sup> [%]
1	448	21	397	1,96	3,7	709	3,5
2	464	11	199	0,46	4,2	204	4,3
3	1035	11	197	0,27	2,3	134	2,3
<b>Gesamt</b>	<b>1948</b>	<b>43,8</b>	<b>793</b>	<b>2,69</b>	<b>3,5</b>	<b>1056</b>	<b>3,4</b>

<sup>1</sup> Reisezeitverluste im Vergleich zu Reisezeiten bei Geschwindigkeitslimit (130km/h auf BAB angenommen)

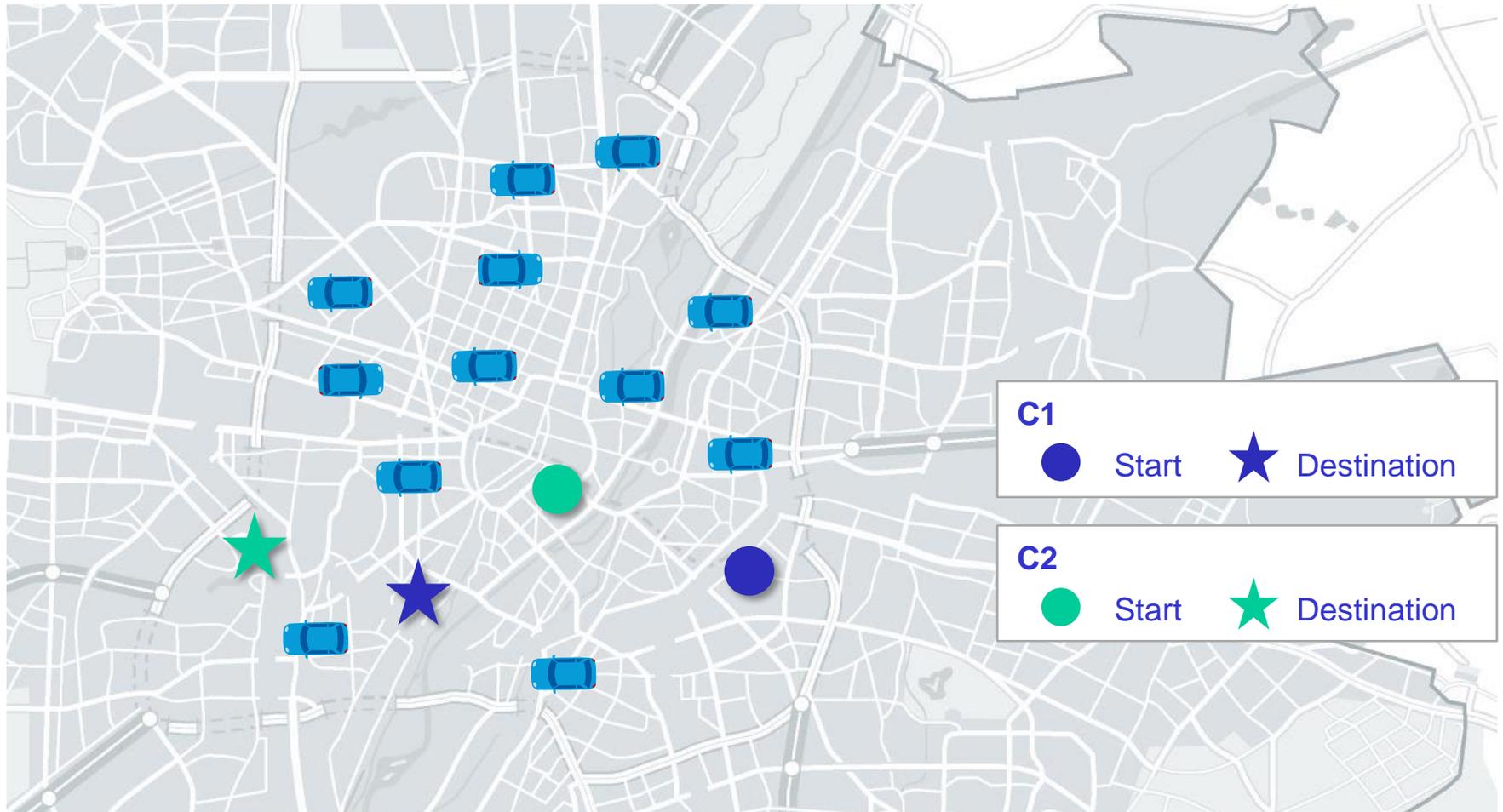
<sup>2</sup> Stauschwellen für die NOx/CO<sub>2</sub> Klasse ist bei Verkehrsgeschwindigkeiten unterhalb 50% des Geschwindigkeitslimits

# Autonome Fahrzeuge / Robotershuttle / Robotertaxis

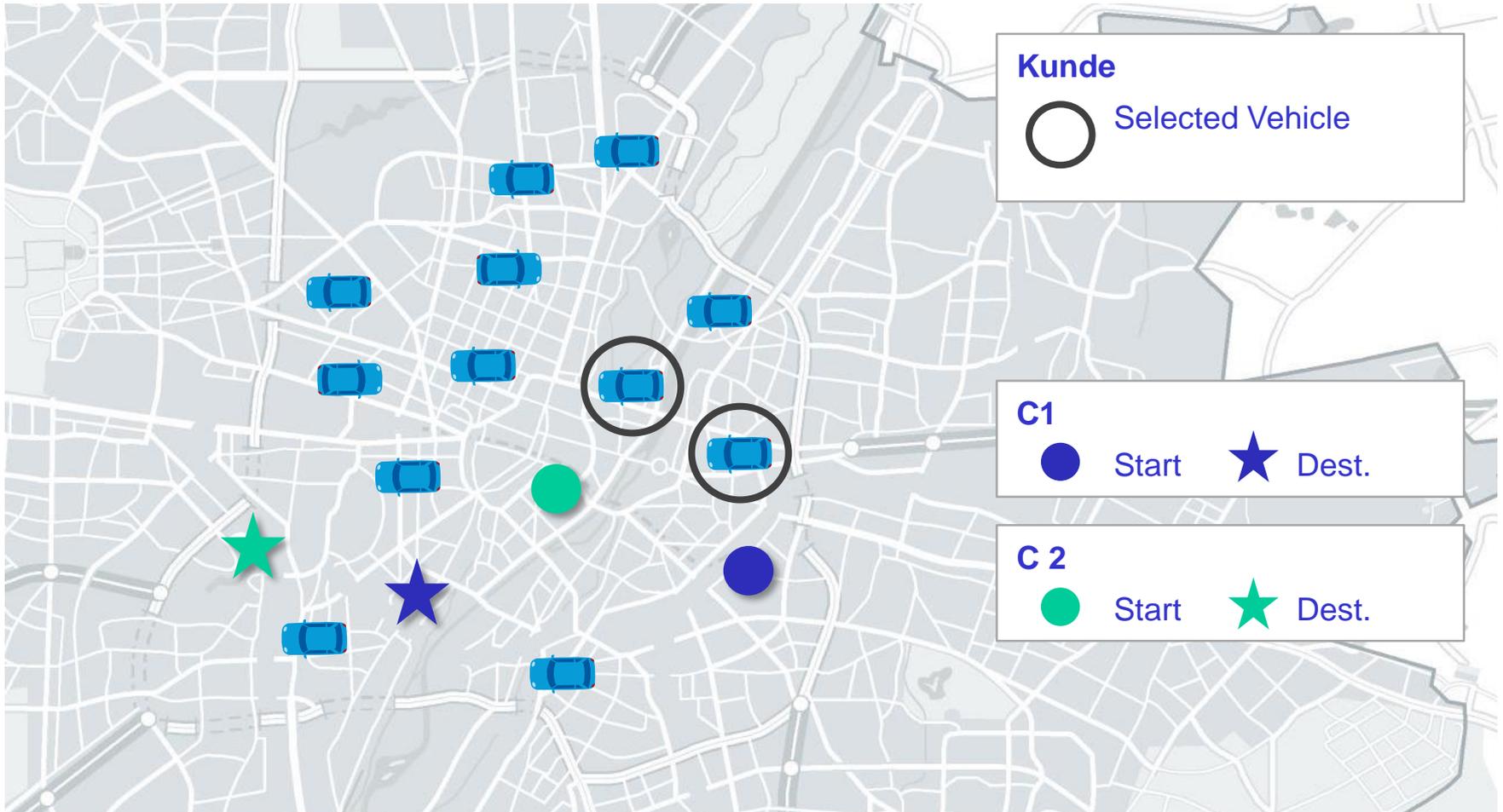
# Free-Floating Car Sharing



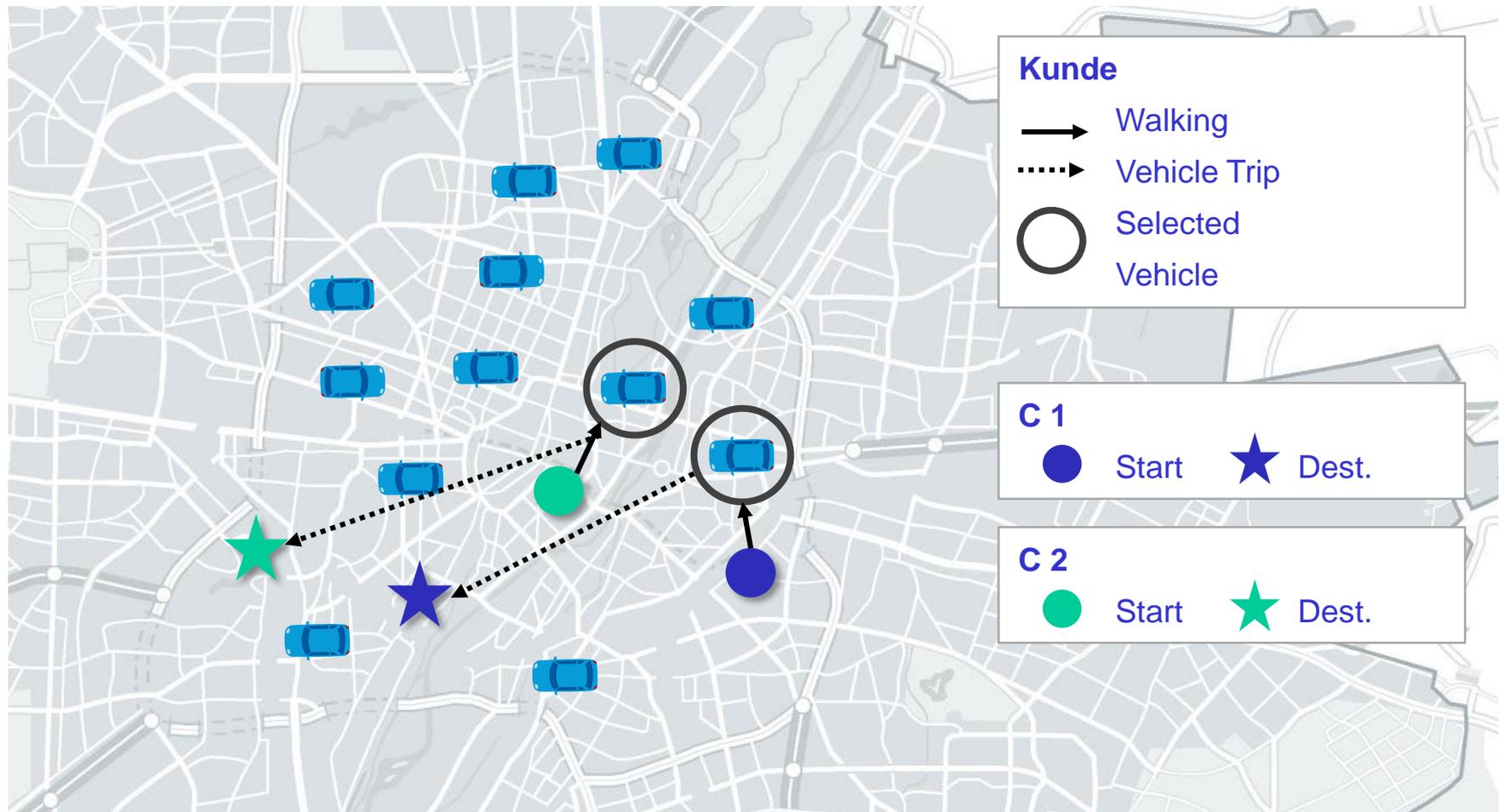
# Free-Floating Car Sharing



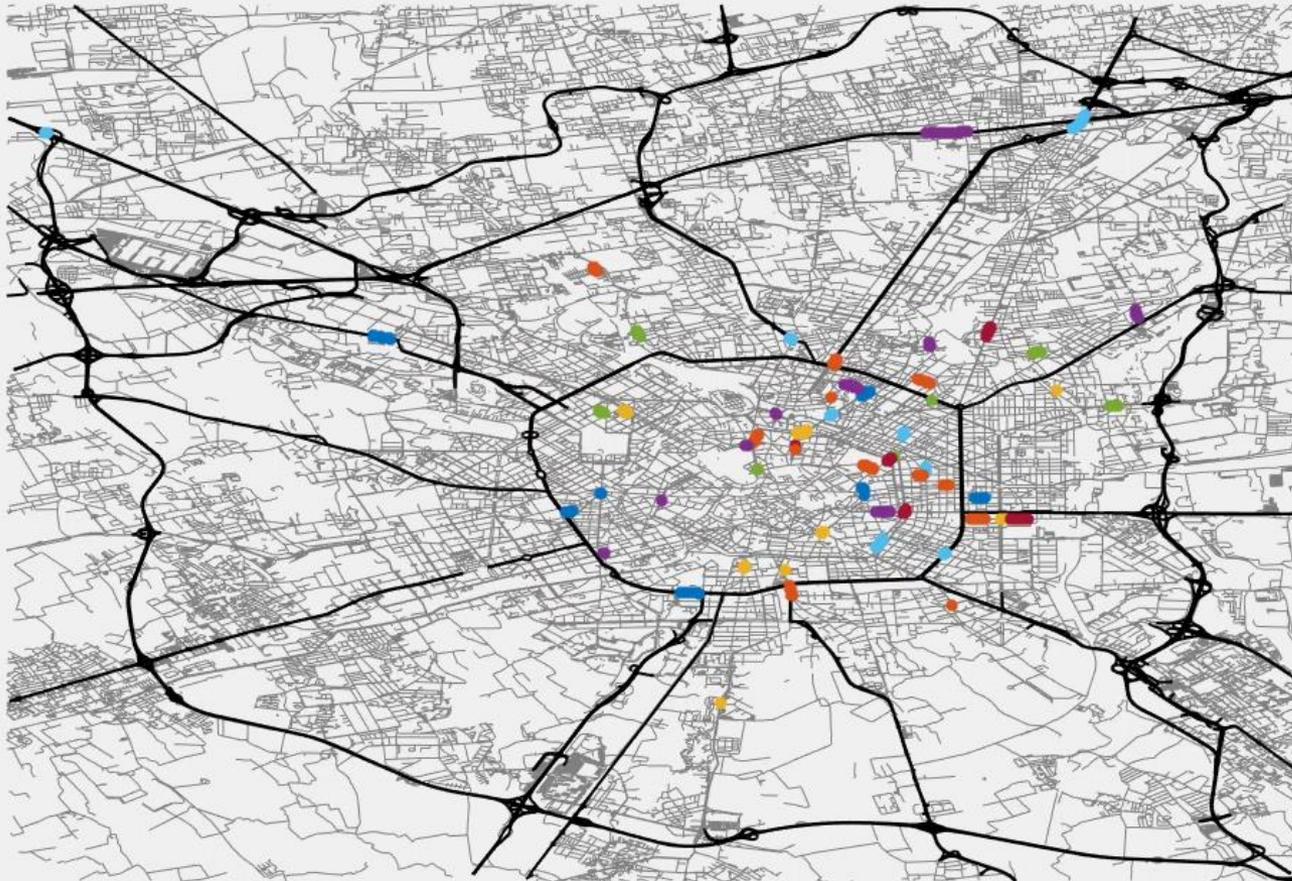
# Free-Floating Car Sharing

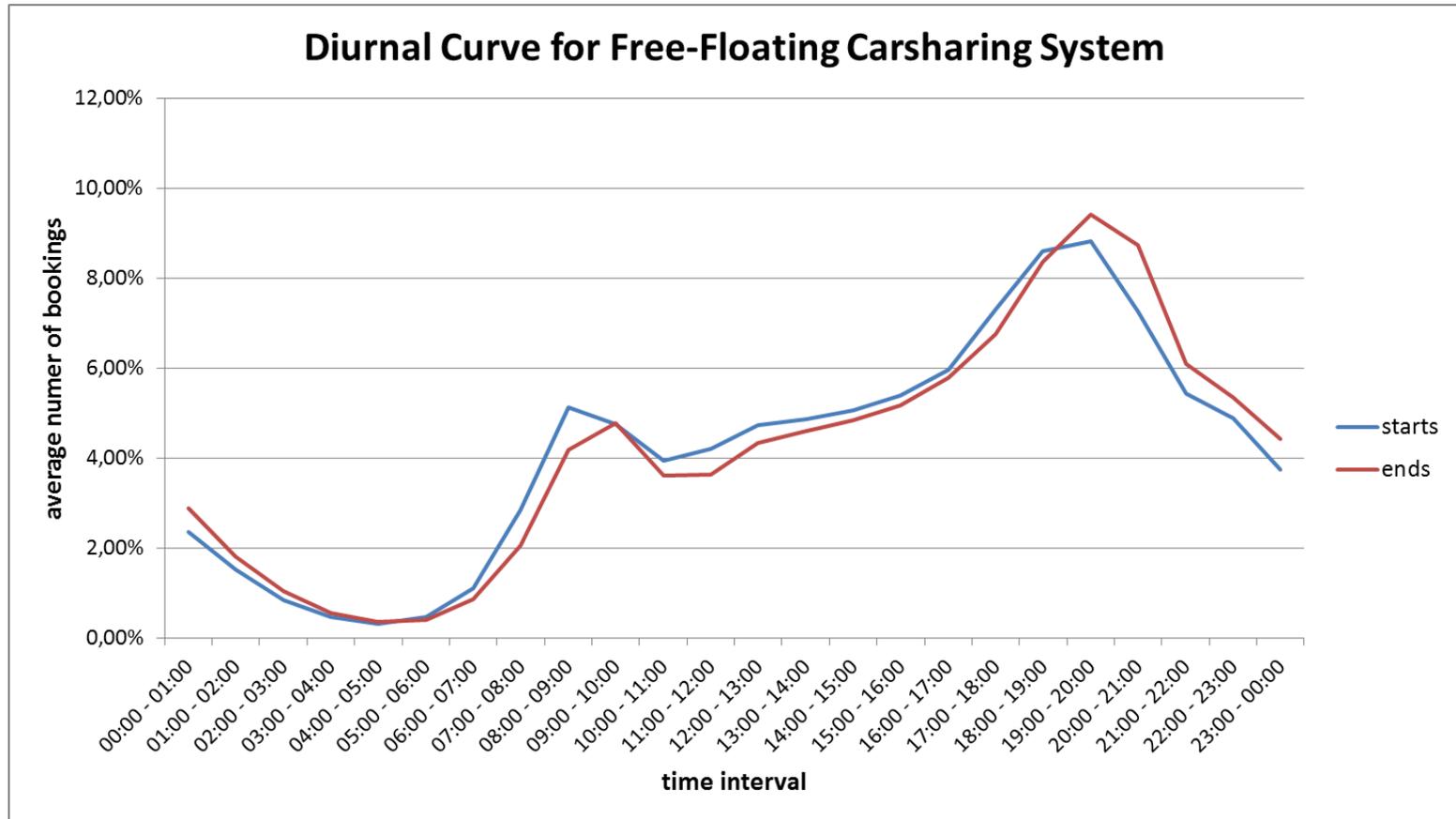


# Free-Floating Car Sharing

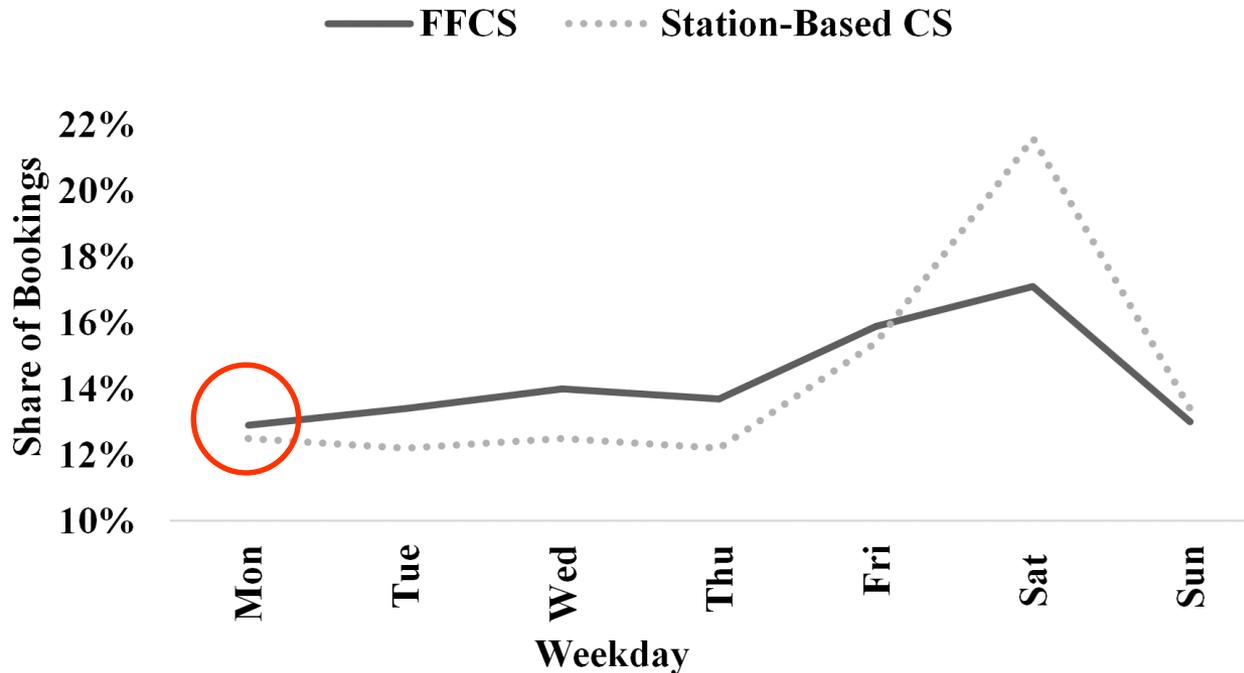


18:00





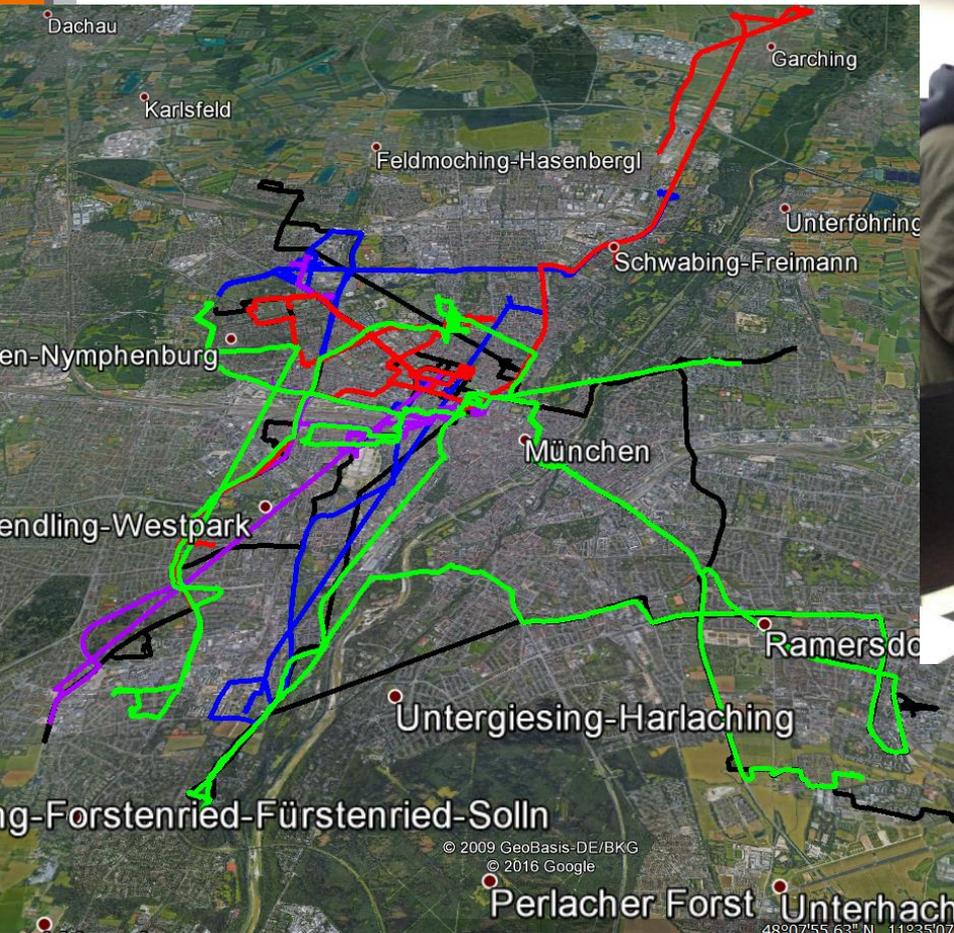
# Vehicle Imbalances in FFCS Systems



**Source:** S. Schmöller and K. Bogenberger. Analyzing External Factors on the Spatial and Temporal Demand of Car Sharing Systems. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 111:8-17, 2014.



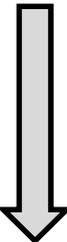
# Real World Field Tests



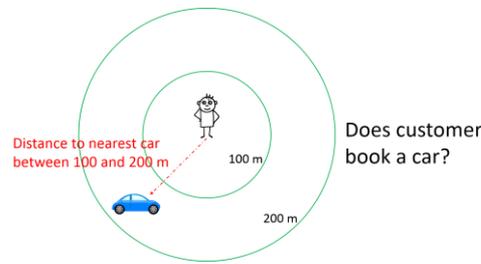
- Three out of four tests have been analyzed
- Positive impacts on system's key performance indicators

Field Test	Booking Minutes per Vehicle	Bookings per Vehicle	Airport Trips per Vehicle	Earnings (incl. airport fee) per Vehicle	Mean Idle Time per Trip End	Difference in idle times between relocated and not relocated neighboring vehicles	Net Profit
1	+ 15%	+ 13%	+ 23%	+ 18%	- 18%	-27%	+4.7%
2	+ 6%	+ 0.4%	+ 26%	+ 7%	- 3%	-14%	+5.4%
3	+ 6%	+ 6%	+ 40%	+ 10%	- 4%	-31%	+5.8%

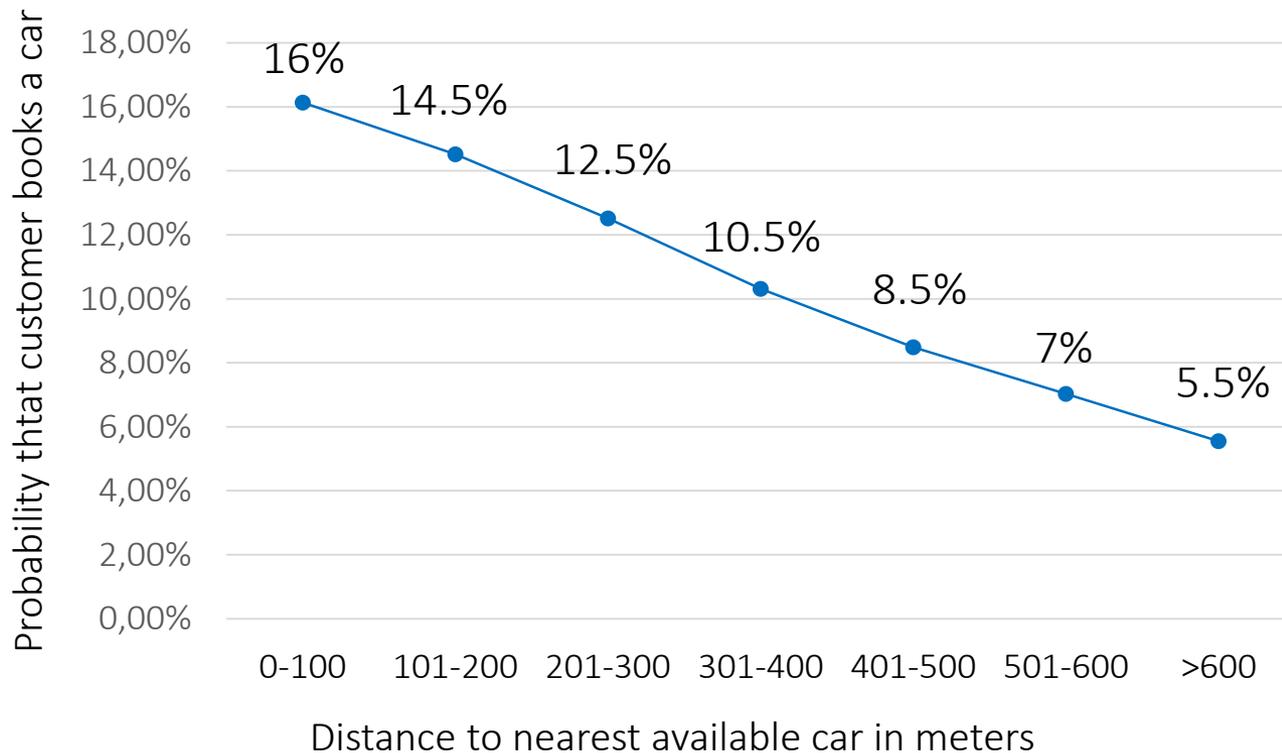
Degree of automation of relocation model

low  
  
 high

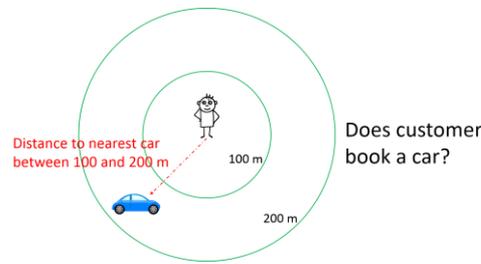
# Empirical Results: Distance Sensitivity



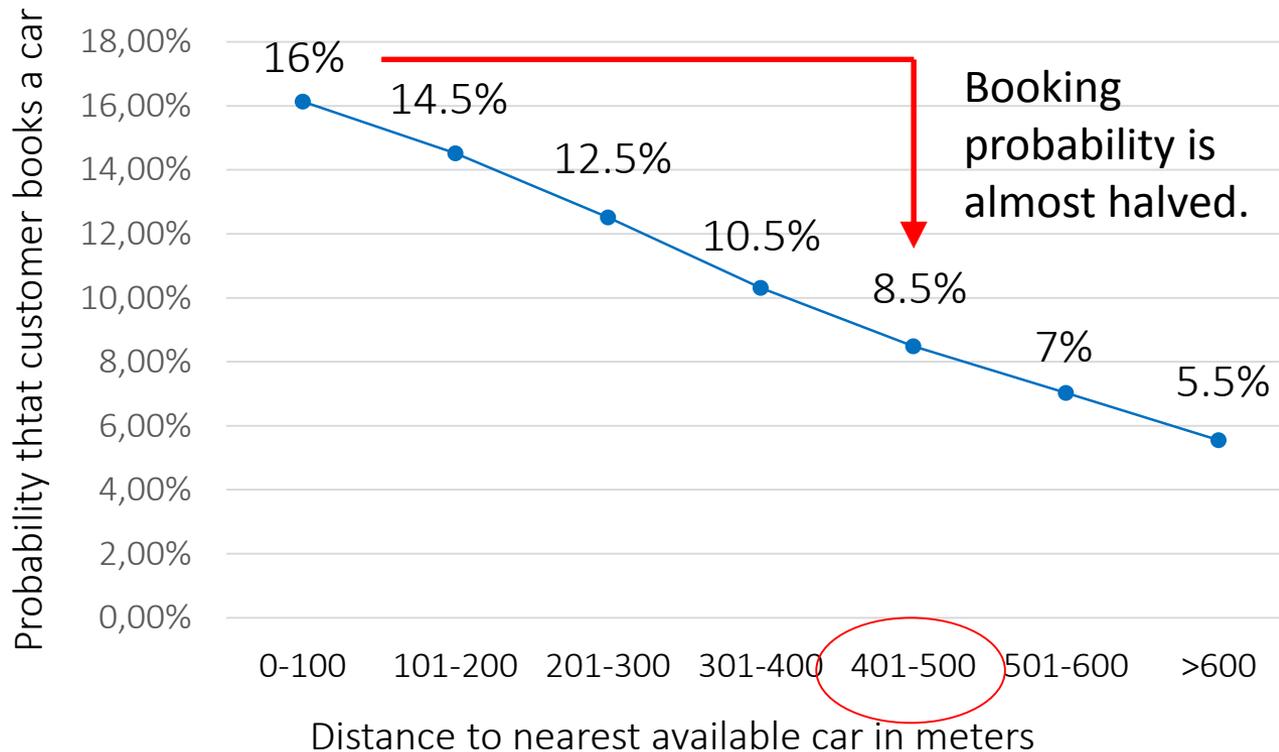
Probability of booking a car depending on the distance to the nearest car



# Empirical Results: Distance Sensitivity

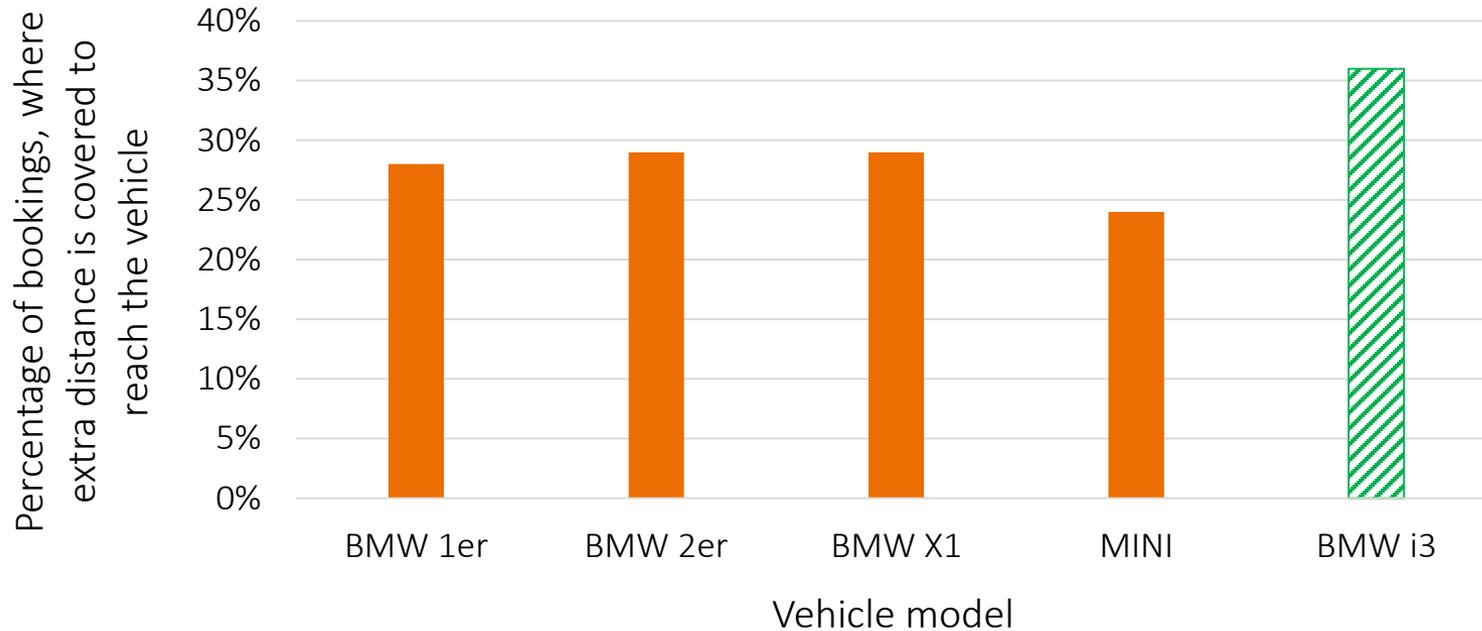


Probability of booking a car depending on the distance to the nearest car

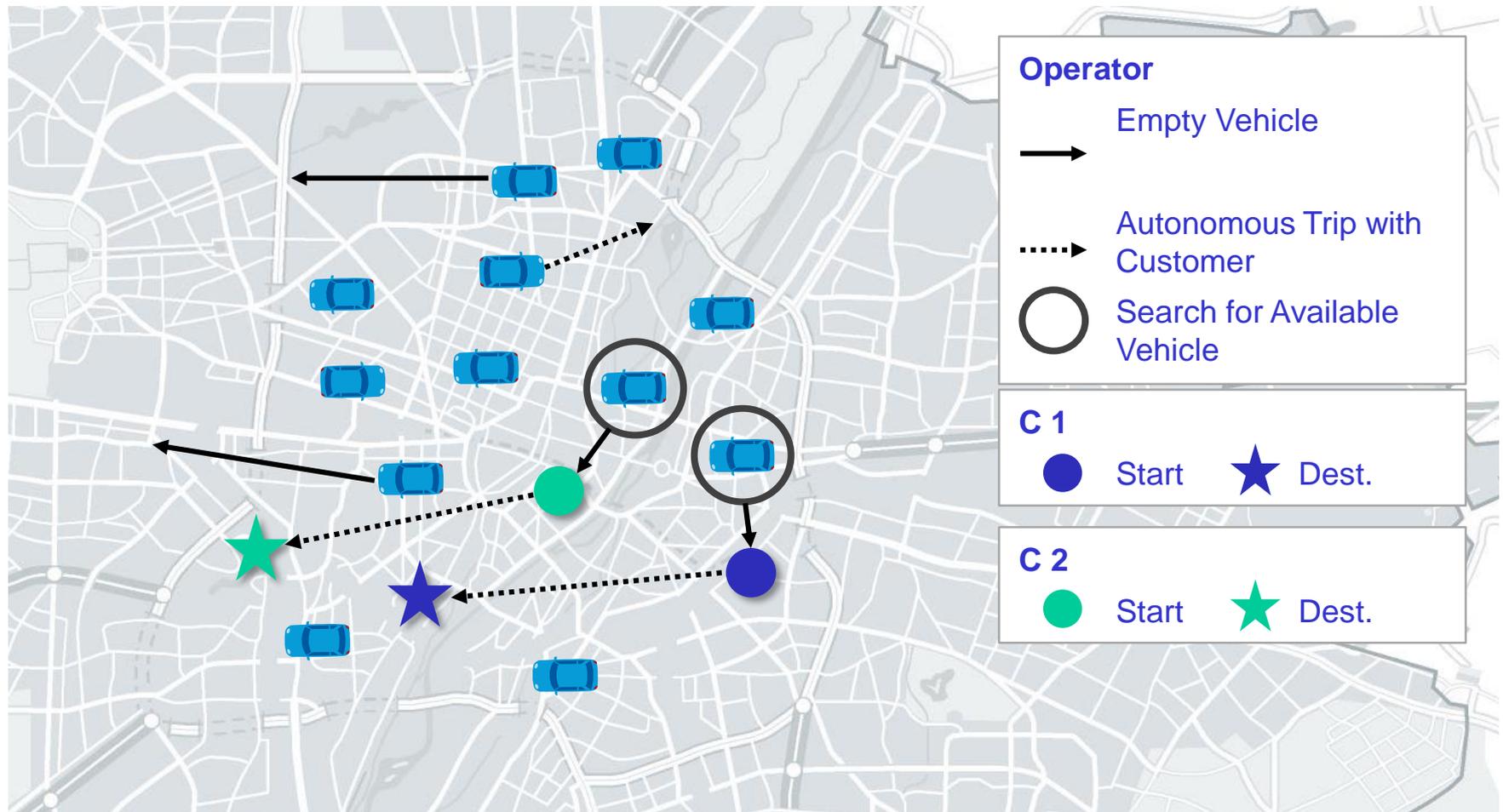


# Empirical Results: Preference of Vehicle Models

Comparison of different vehicle models.



# Robo-Bus-Taxi-System



# space required to transport 60 people



car



bus



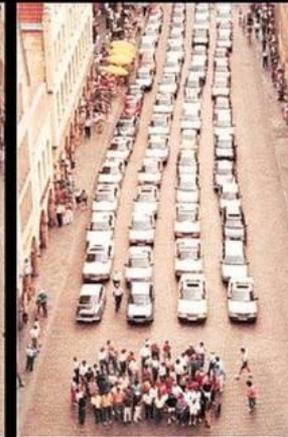
bicycle

(Poster in city of Muenster Planning Office, August 2001) Credit: PressOffice City of Munster, Germany

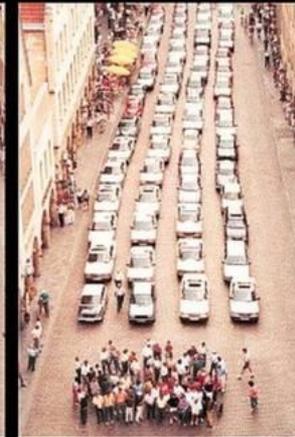
# space required to transport 60 people



car



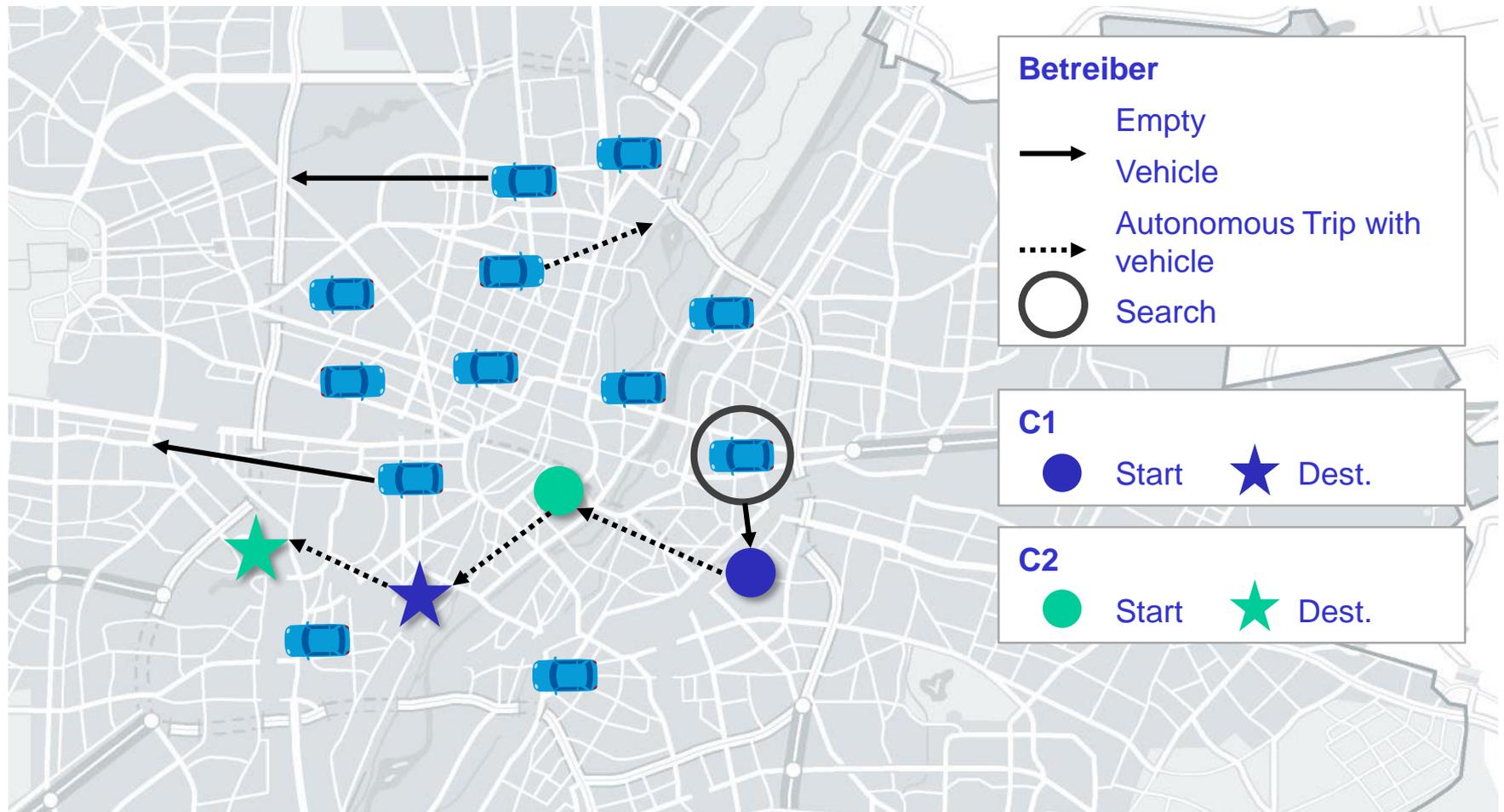
uber



autonomous car



# Ridepooling

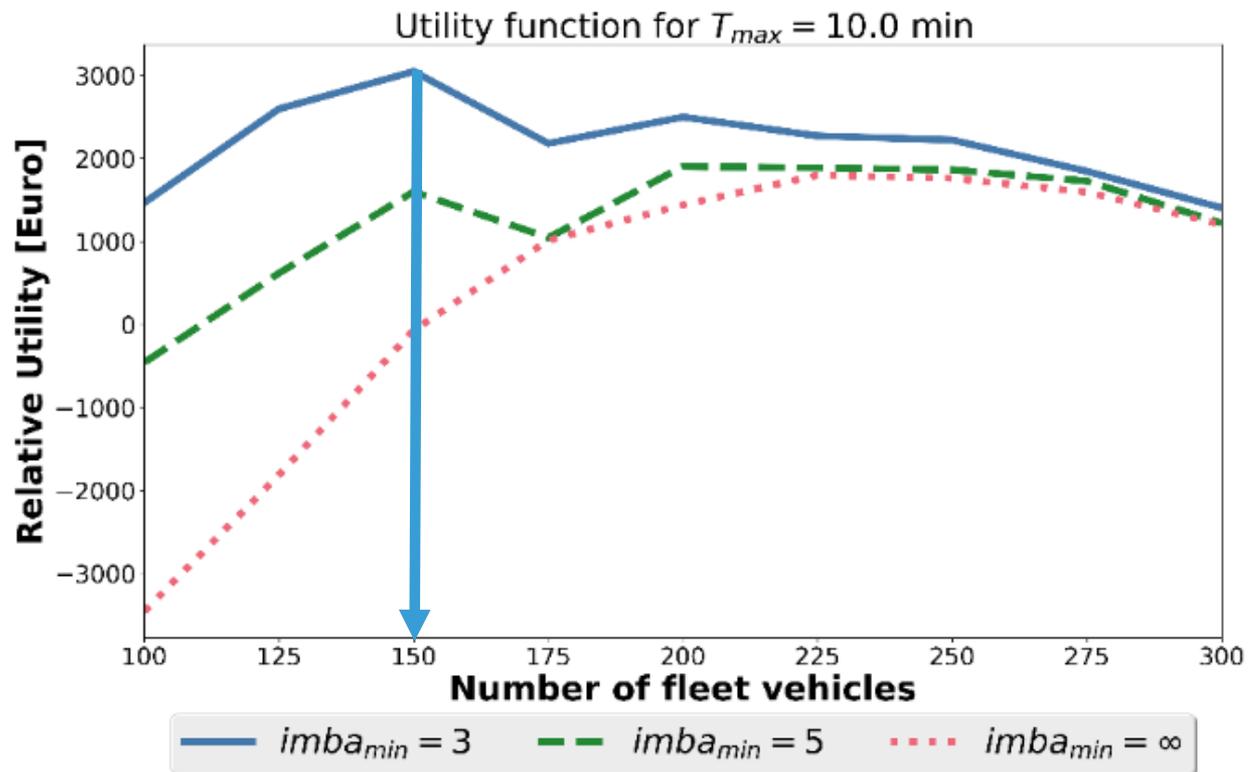


# 1. Szenario

## Free-Floating Car Sharing (600 vehicles)

### Utility Function:

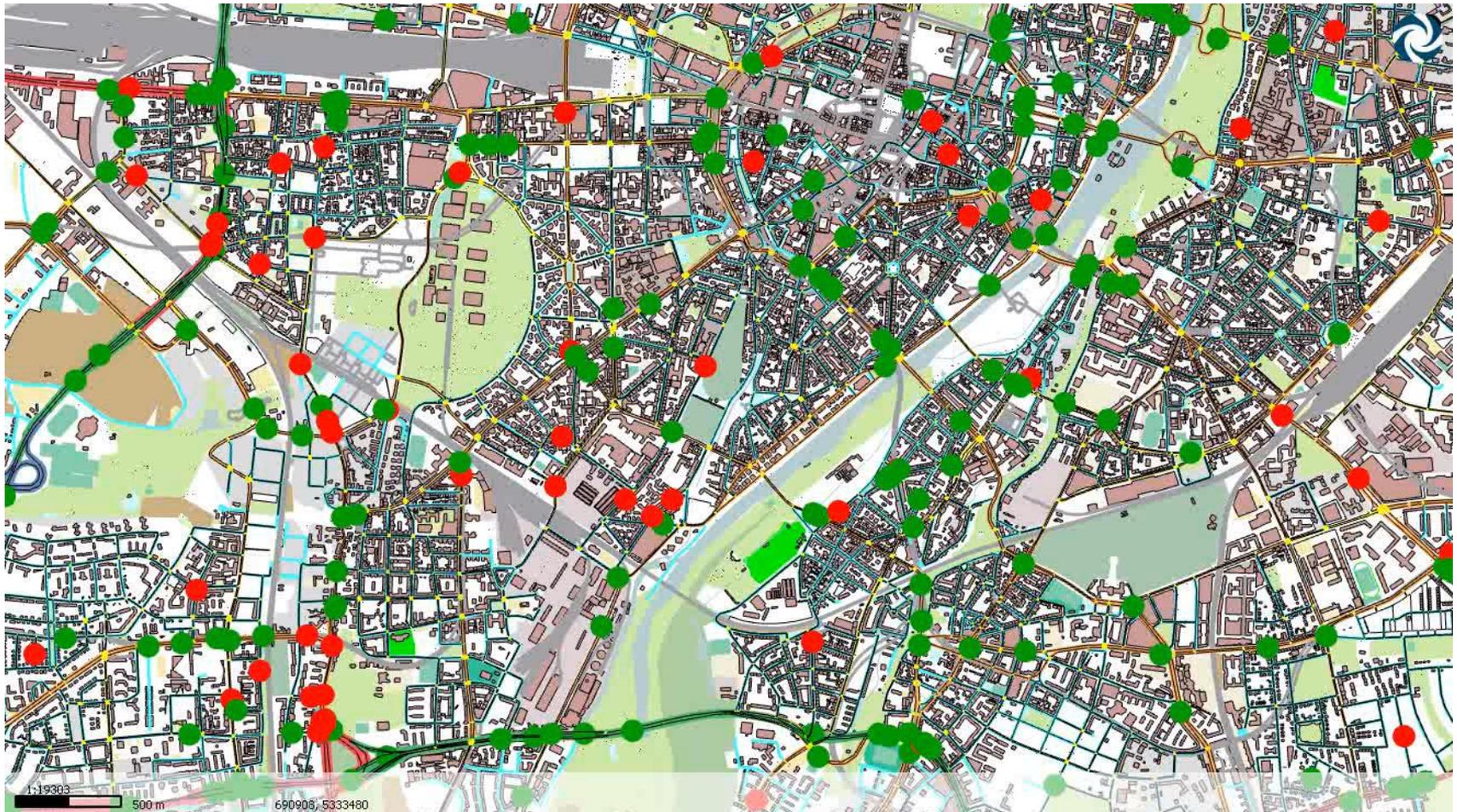
- + Umsatz durch Kundenfahrten (inkl. Flughafengebühr)
- Fixed and variable cost per vehicle
- Penalty cost if customer is not served within  $T_{max}$



## 2. Szenario 10% Binnenverkehr

Szenario	DELAY [s / km]	Total Travelled Distance [1 000 km]	Fleet Milage [1 000 km]	Empty Vehicle Tripsten [%]
10% Binnenfahrten	73,9	7715	303	9,6
Without	73,5	7948	-	-

- Saving up to 42 tons CO2 Emissions, app. 2-3% of all Emissions
- 40.000 private vehicles → 4.000 Robo-Taxis



● Anfahrt zum Kunden

● Fahrt mit dem Kunden



# Urbane Seilbahnen

## Urbane Seilbahnen – innovativ doch nichts neues?



Mailand, Italien 1894



Osaka, Japan 1912



Köln, 1957 - 2017

# Seilbahn Koblenz



chen



# Seilbahnnetz La Paz

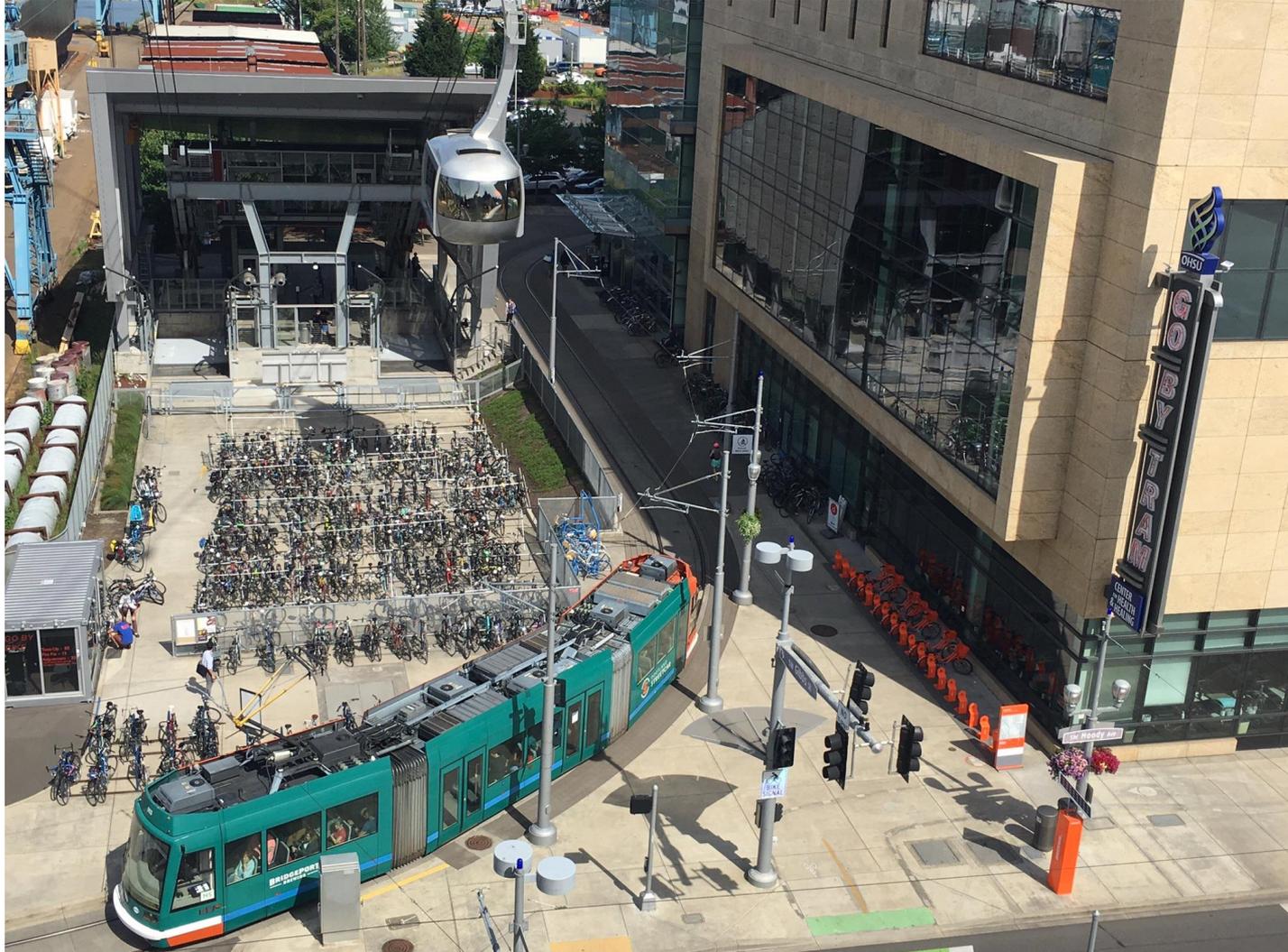


en



© Wikimedia Commons

# MULTIMODALE STATION - PORTLAND



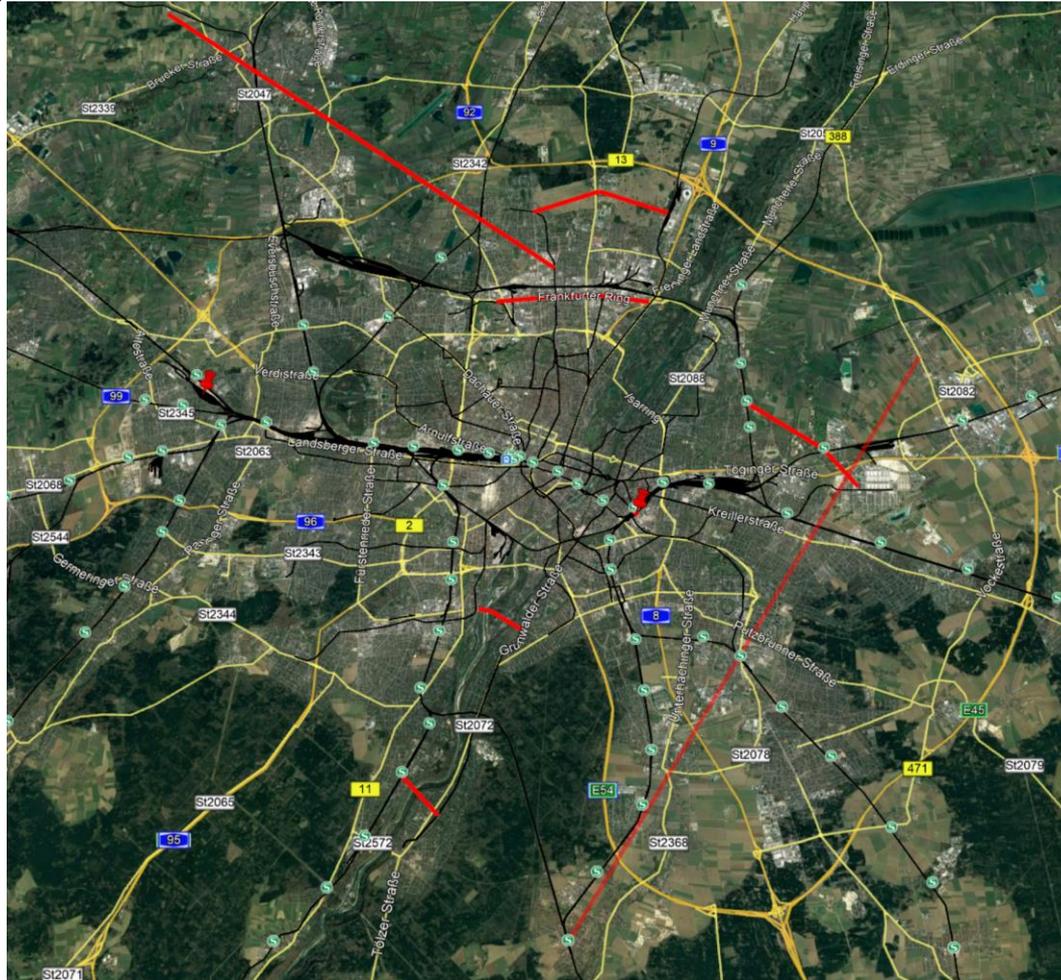
## Überblick Seilbahnprojekte in Deutschland



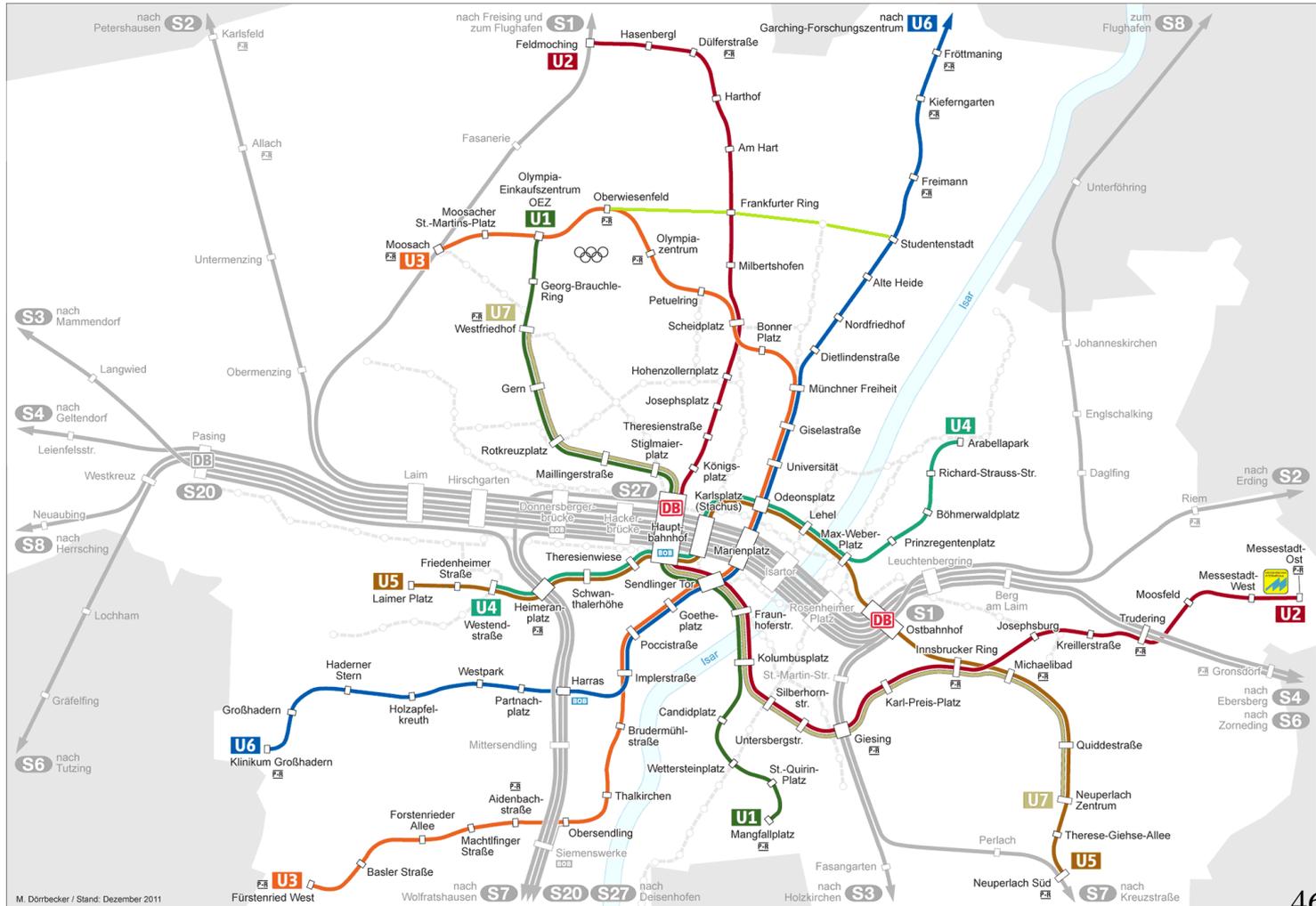
- In Betrieb  
(innerorts; touristisch)
- Aktuell in Planung
- Verworfenne Planungen
- Bürgerentscheid dagegen

Max Reichenbach - Hoch hinaus in Baden-  
Württemberg, Linz 2018

## Seilbahngedanken in und um München



# S-Bahn, U-Bahn, Bus, Tram und Seilbahn im Stadtgebiet München







Ideenskizze zur möglichen Seilbahn über dem Frankfurter Ring. Ob das Projekt tatsächlich einmal so aussehen wird, muss eine Machbarkeitsstudie zeigen.

© Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr . Darstellung: bauchplan ).( 2018

11. Juli 2018, 18:52 Uhr Über dem Stau

## Alle an einem Strang

Stadt, Freistaat und die Schörghuber-Gruppe wollen im Münchner Norden eine Seilbahn bauen. Von 2025 an könnten bis zu 8000 Menschen pro Stunde in 60 Meter Höhe über dem Frankfurter Ring schweben

Von *Andreas Schubert*

Ein richtig schönes Fleckchen Erde ist der Frankfurter Ring im Norden Münchens nicht. Aber womöglich wird er in nicht allzu ferner Zukunft unverhofft zur Touristenattraktion. Vielleicht schon im Jahr 2025, so wünscht sich das Münchens Oberbürgermeister Dieter Reiter (SPD), könnte über der Hauptverkehrsader eine viereinhalb Kilometer lange Seilbahn schweben. Und mit dem Werbeslogan "Entschweben Sie dem Stau" ließe sich das Ganze auch noch gut verkaufen.

ANZEIGE



Aber um Touristen geht es gar nicht bei den Seilbahnplänen, die Reiter am Mittwoch zusammen mit Bayerns Verkehrsministerin Ilse Aigner (CSU) und Jürgen Büllesbach, Chef der zur Schörghuber-Gruppe gehörenden Bayerischen Hausbau, vorgestellt hat. Die Seilbahn soll eine Tangentialverbindung in West-Ost-Richtung werden und so den öffentlichen Nahverkehr bereichern. Sie könnte die U-Bahnstationen Oberwiesenfeld, Frankfurter Ring und Studentenstadt verbinden, dazwischen wäre noch ein möglicher Halt an der Tramstation Schwabing Nord.

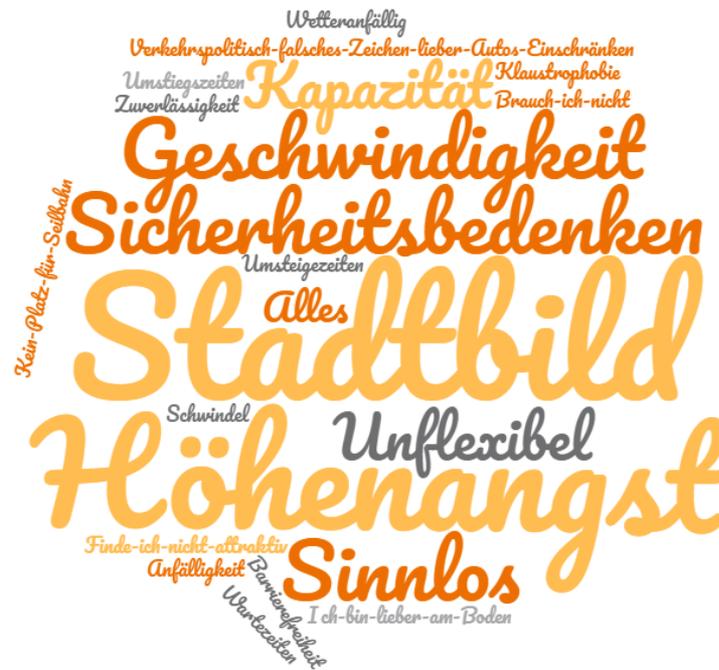


So könnte eine Seilbahn entlang des Frankfurter Rings aussehen - bisher allerdings ist das nur eine "Ideenskizze". (Foto: Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr/Bauchplan (Simulation))

Nach aktueller Überlegung der Schörghuber-Gruppe soll die Seilbahn 4000 Menschen pro Stunde und Richtung transportieren können, wenn in eine Kabine 32 Menschen passen und die Seilbahn mit etwa 28 Stundenkilometern

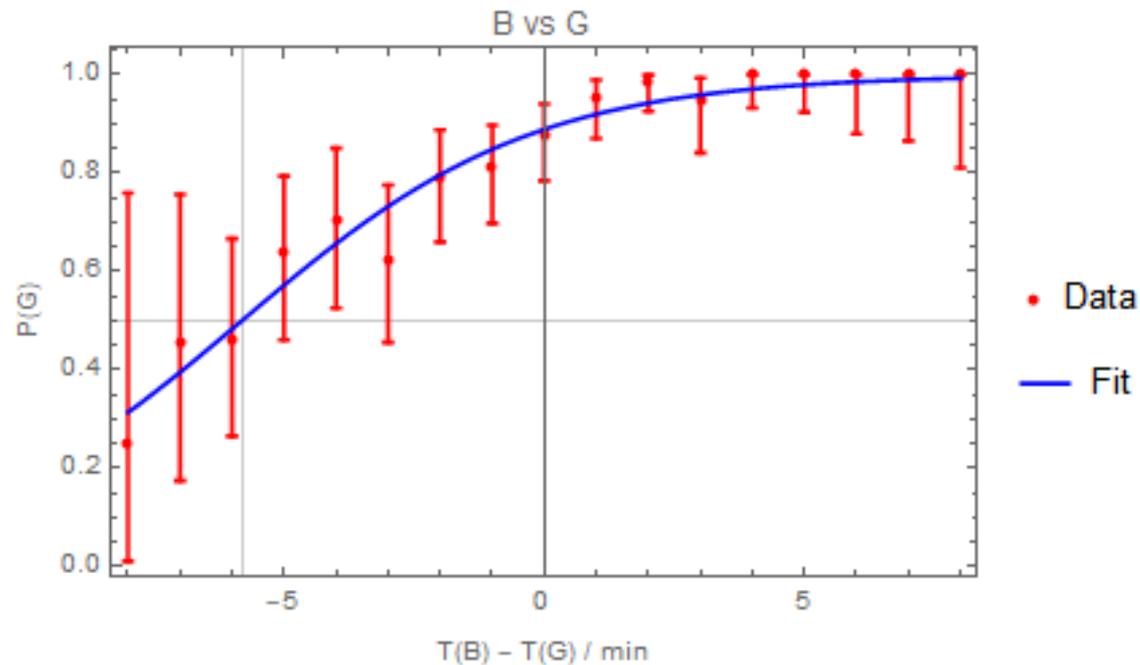


## Was spricht dagegen urbane Seilbahn zu nutzen?



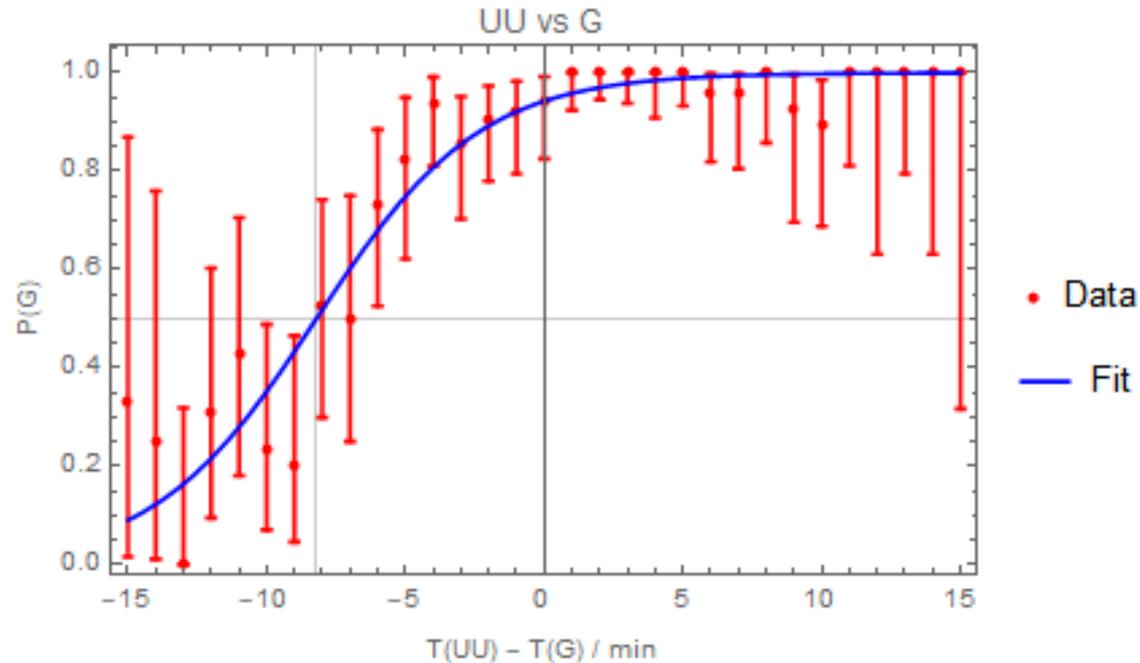


## Umfrageergebnisse



Auswahlmöglichkeit zwischen Bus und Gondel:  
Erst wenn Bus **5-6 Minuten** schneller ist, wird dieser bevorzugt.

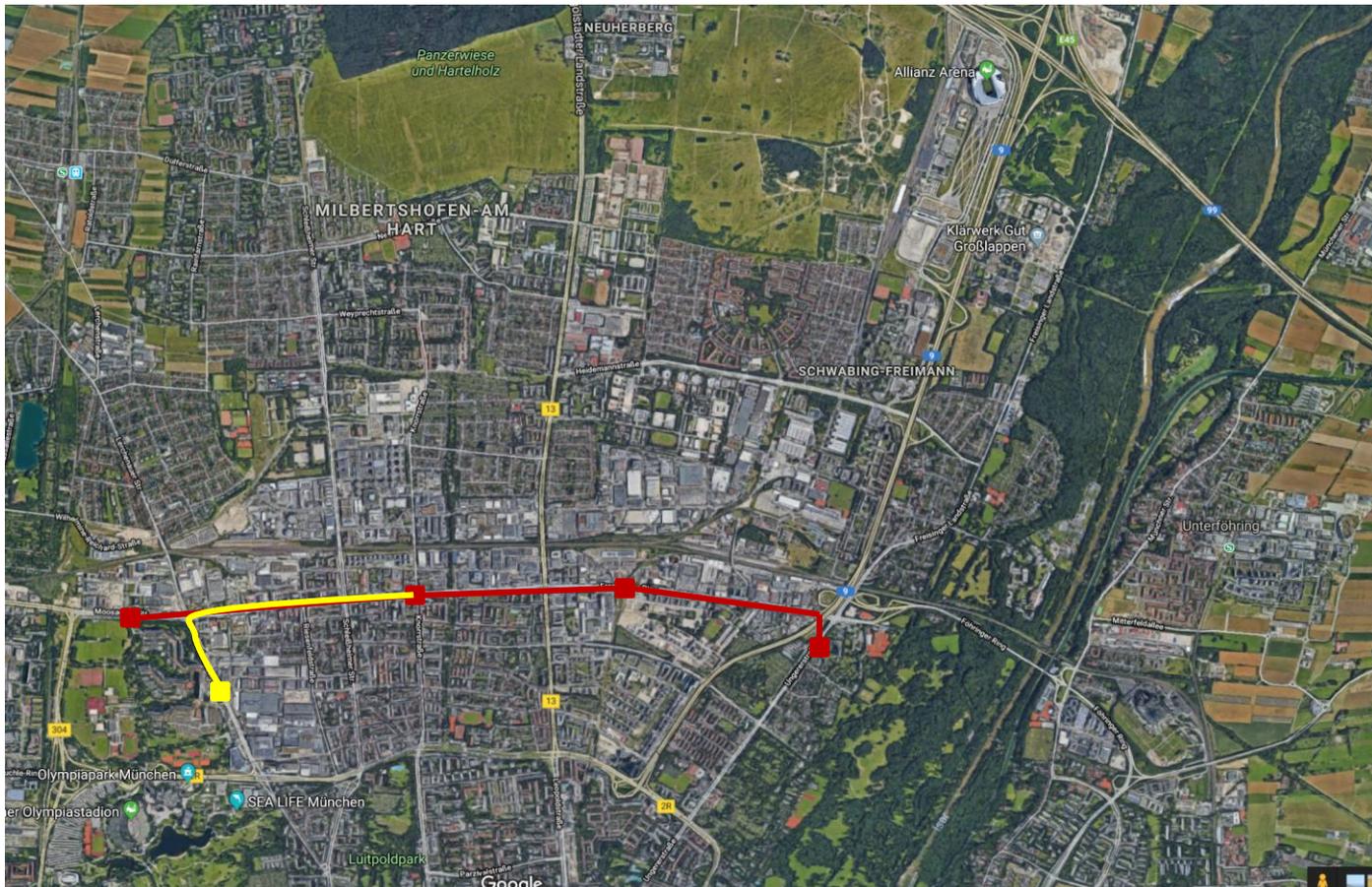
## Umfrageergebnisse



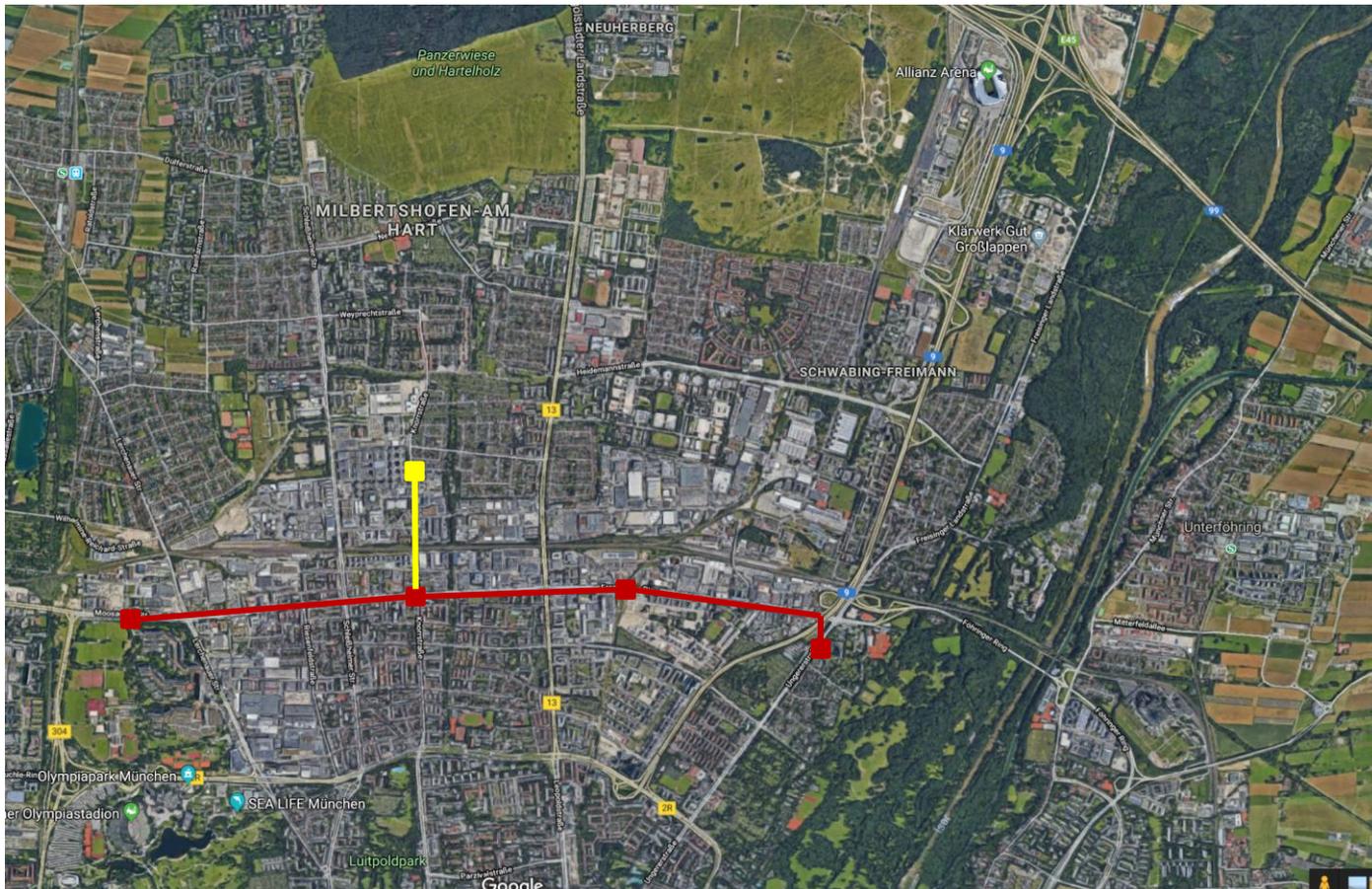
Auswahlmöglichkeit zwischen zwei U-Bahn-Fahrten und einer Gondelfahrt:  
Erst wenn Kombination aus U-Bahn-Fahrten **7-9 Minuten** schneller ist, wird diese bevorzugt.

# Mögliche Alternativen

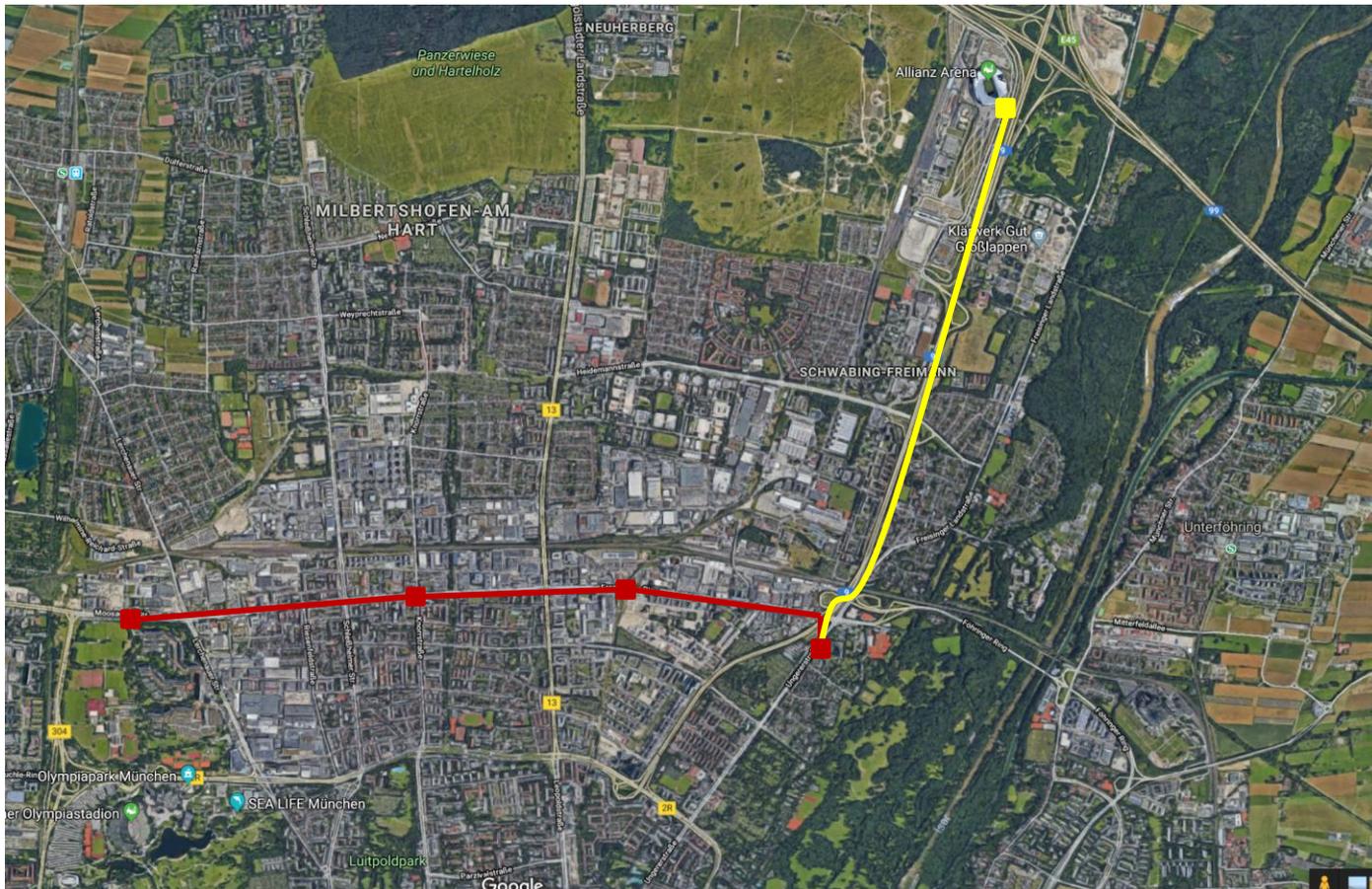
## Alternative 1 - Anschluss BMW/Olympiazentrum



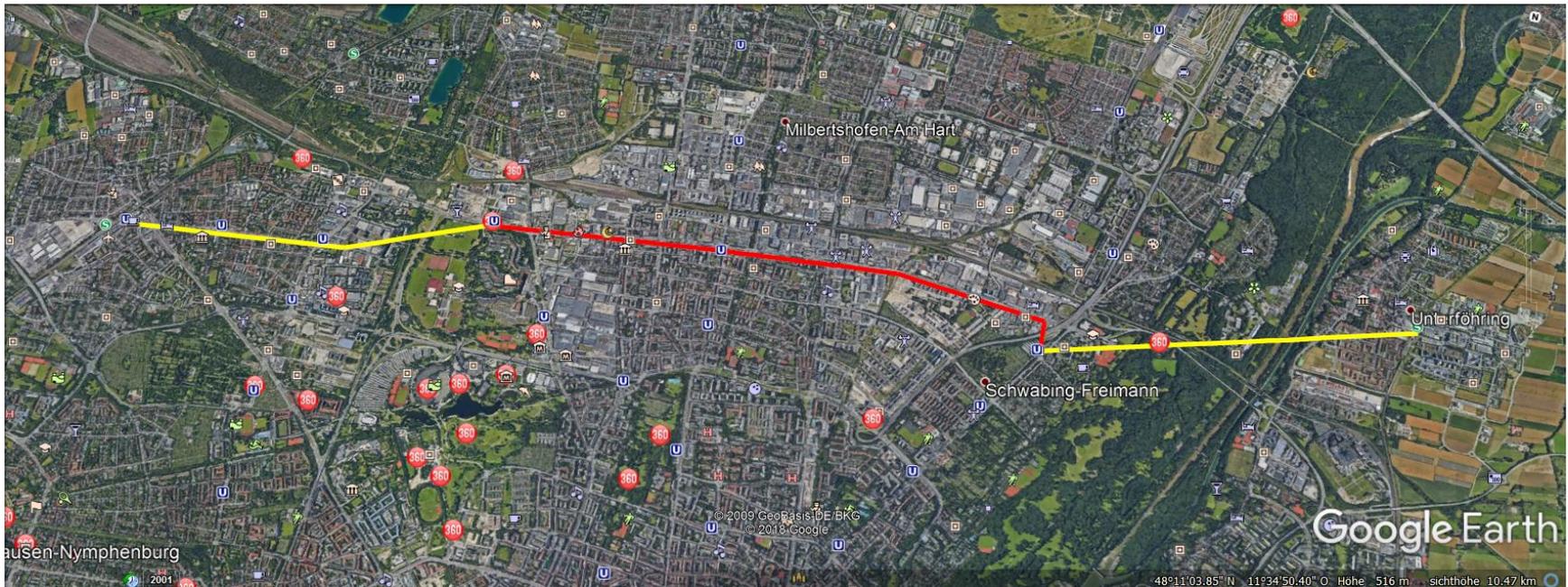
## Alternative 2 – BMW FIZ



## Alternative 3 – Anschluss P&R Allianzarena



# Alternativen



# Problem



Quelle: Aachener Zeitung



Quelle: Stuttgarter Zeitung

# City2Share - Project Overview

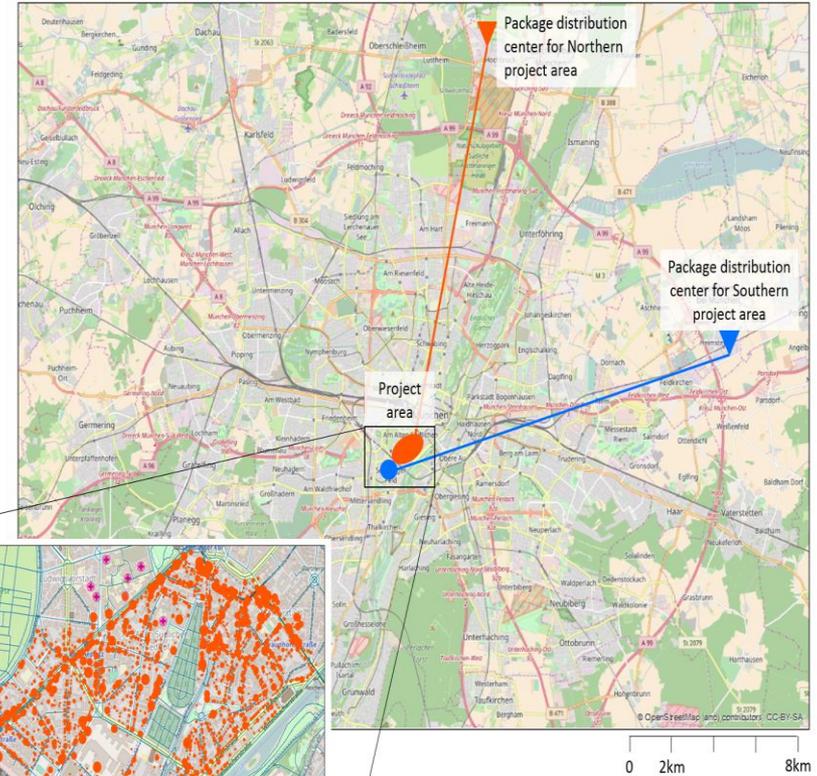
## Partner



Landeshauptstadt  
München

der Bundeswehr  
Universität  München

## Testfeld



UPS Pakete solle mit  
Rad ausgeliefert  
werden

# Projektziel



 Containers with parcels are parked in the city center.

 The parcels are distributed from the containers by bike and e-bike.

 Reduction in vehicle miles traveled, reduction in emissions.

## Container



## Cargo Bicycles



## Annahmen



Diesel consumption: 10 l/100 km



Diesel consumption: 15/100 km



 If five delivery trucks are replaced, 62 kg CO<sub>2</sub> are saved each day, 15.5 t CO<sub>2</sub> are saved each year.

- **Verkehr besser verstehen durch Floating Car Daten**
  - **Analyse des städtischen Verkehrs**
  - **QM der städtischen Verkehrsplanung und des Verkehrsmanagements**
- **Autonome Fahrzeuge / Robotertaxis**
  - **Mittlere Ring als Testfeld**
  - **Neue Technologien fördern**
- **Urbane Seilbahn umsetzen und testen !!!**
- **Neue Logistikkonzepte ausprobieren.**

Thank you for your attention!

