

Free-Floating Carsharing Systeme – Wirkung und Optimierungsstrategien

Dipl.-Math. Simone Weigl, 30.09.2013

WiMobil



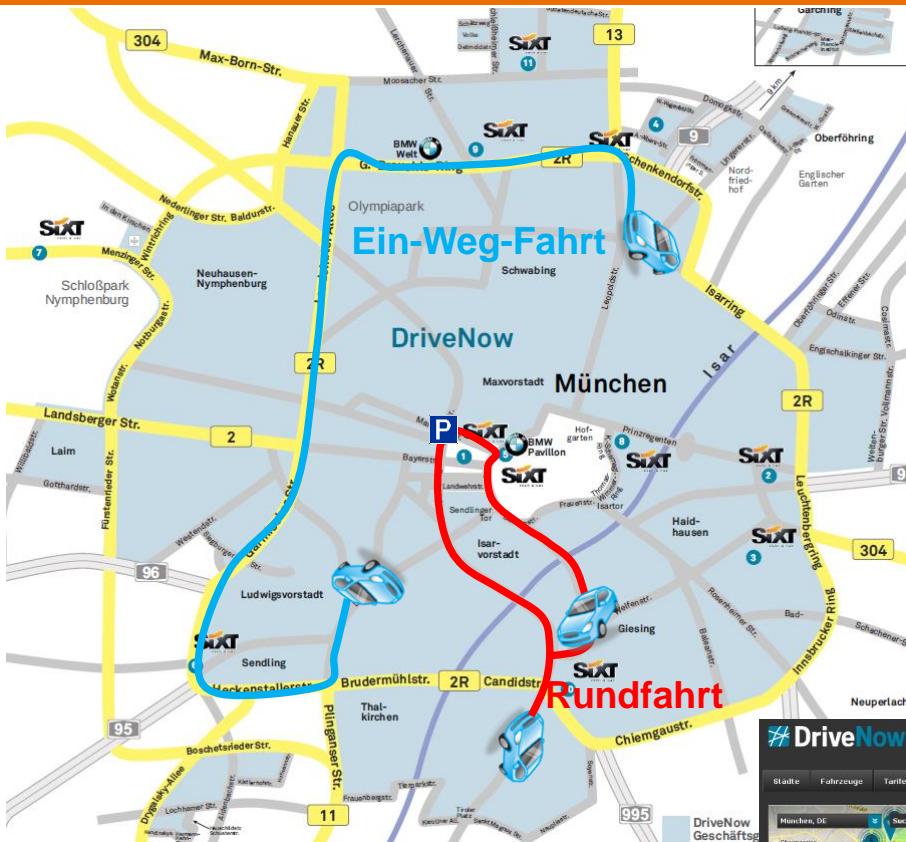
Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

E-PLAN München

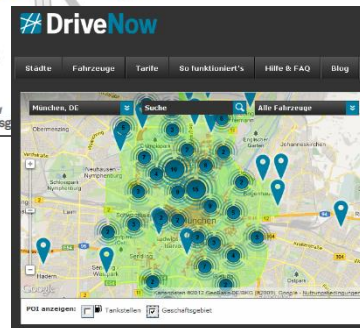


Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung

Car Sharing 2.0 – Free-Floating System (FFCS)



- Anbieter definiert Geschäftsgebiet
- Kauf von Parklizenzen für jedes Fzg
- Rückgabe auf beliebigem Parkplatz
- Keine Stationsbindung
- Möglichkeit von **Ein-Weg-Fahrten**

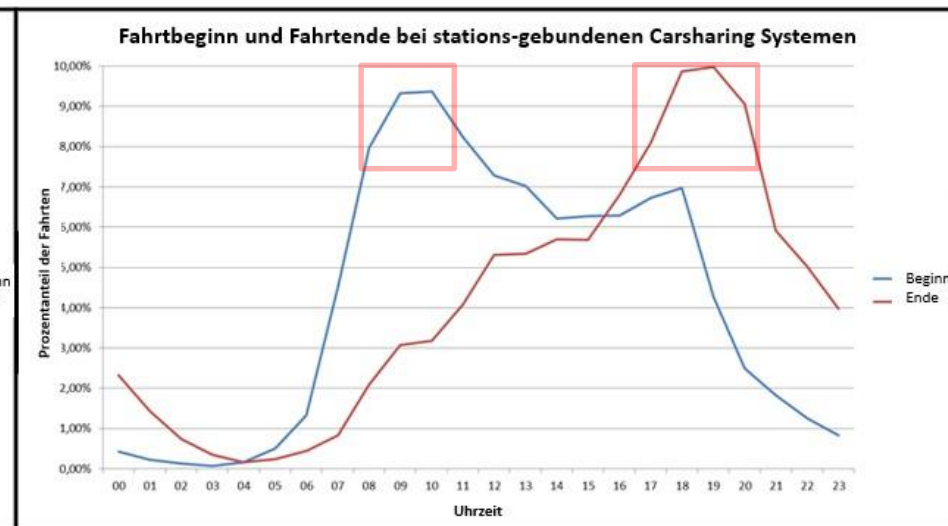
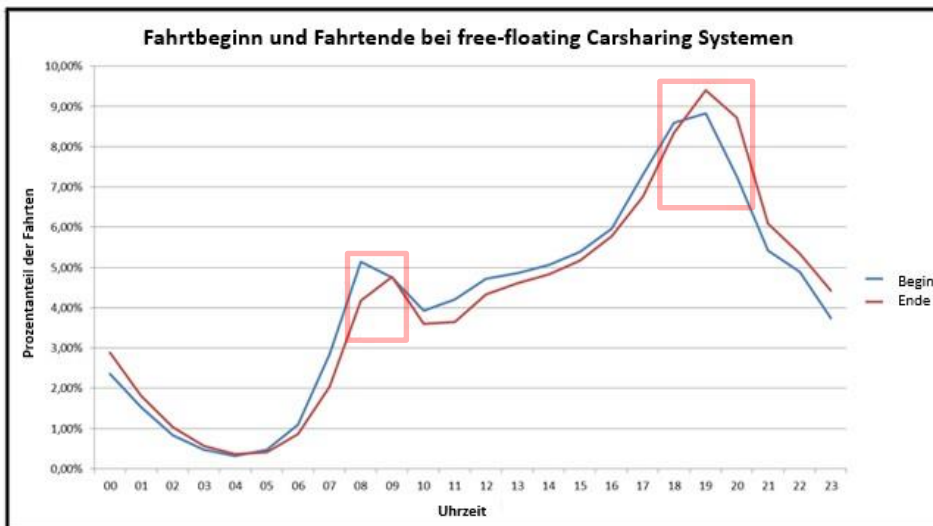


Fotos: DriveNow, Car2Go

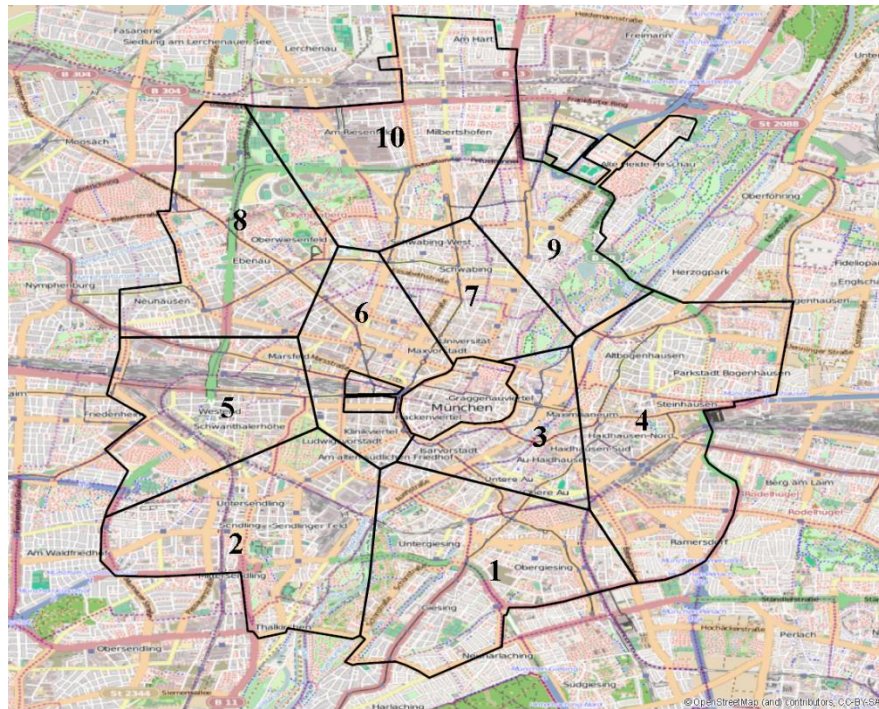
Auswertung von Buchungsdaten

- Ermittlung von zeitlichen und räumlichen Buchungsschwerpunkten
- Clusteranalyse der Buchungen → Buchungsprognose

	Distanz	Buchungsdauer	Fahrtdauer	Parkdauer
DriveNow München	10 km	51 min	36 min	15 min
Flinkster München	115 km	837 min	811 min	-



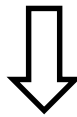
Geschäftsgebiet des betrachteten FFCS – Unterteilung in 10 Analysezonen



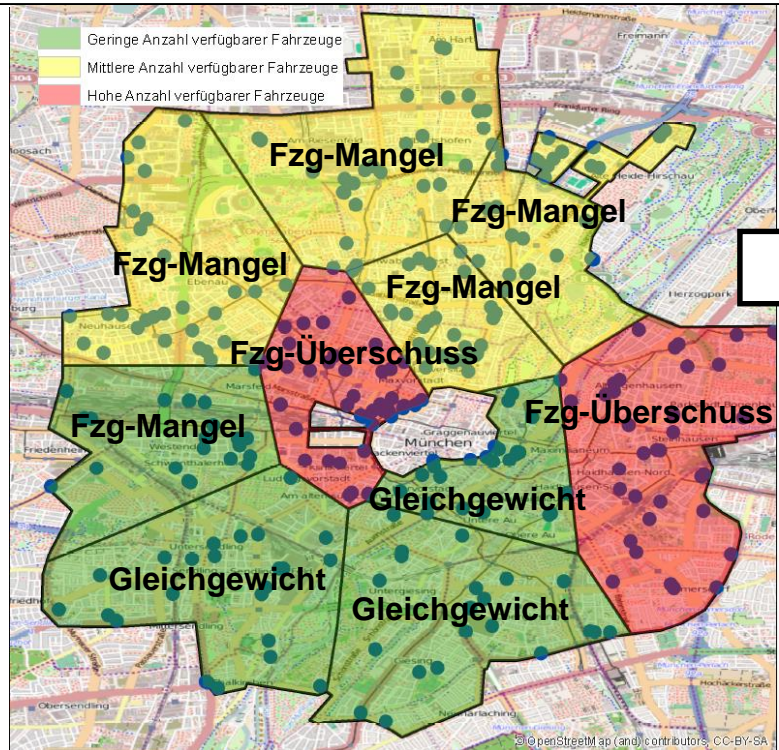
- FFCS: Ein-Weg-Fahrten
- Fahrzeuge werden ständig umgesetzt

Das Reallokationsproblem bei FFCS

Analyse historischer CS Buchungsdaten

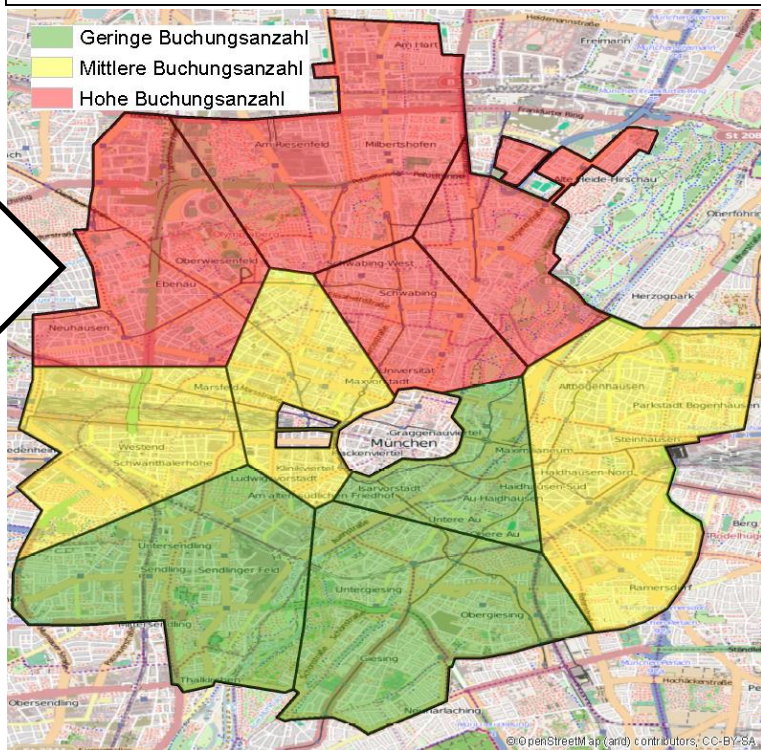


Momentane Fahrzeugverteilung



Reallokation?

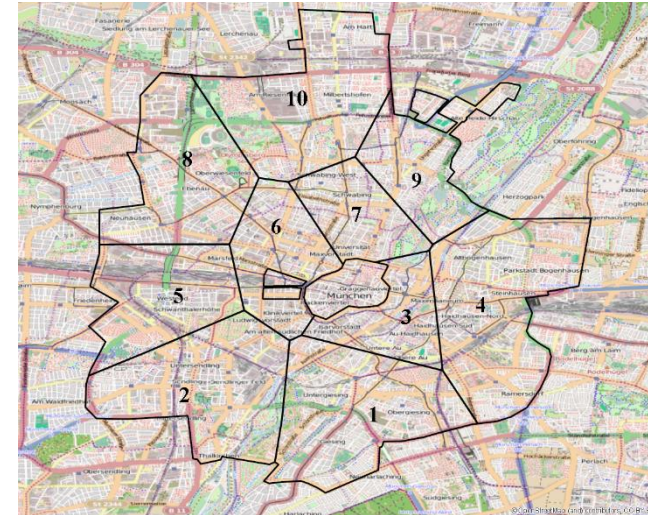
Prognose (+3h)



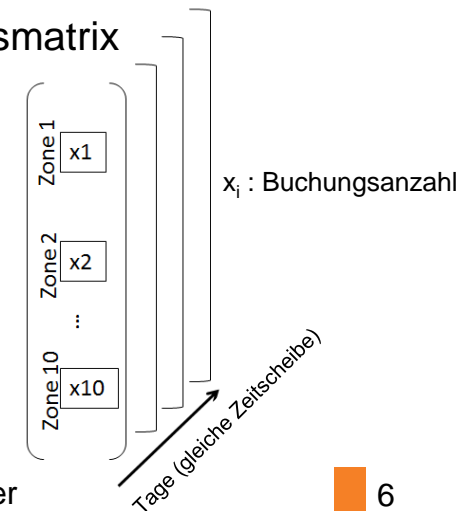
Clusteranalyse historischer Carsharing Buchungsdaten

- Buchungsdaten 6.2012-5.2013
- Unterteilung eines jeden Tags in **7 Zeitscheiben**
- Für jede Zeitscheibe und jeden Tag:
Buchungsanzahl pro Zone
- **Buchungsmatrix** für jede Zeitscheibe
- **Hauptkomponentenzerlegung** → Reduktion
der Buchungsvektoren auf Dim=2
- **K-means Clustermethode** mit 6 Clustern
- Clusteranalyse bündelt Tage mit ähnlichen
Buchungsmustern

Geschäftsgebiet

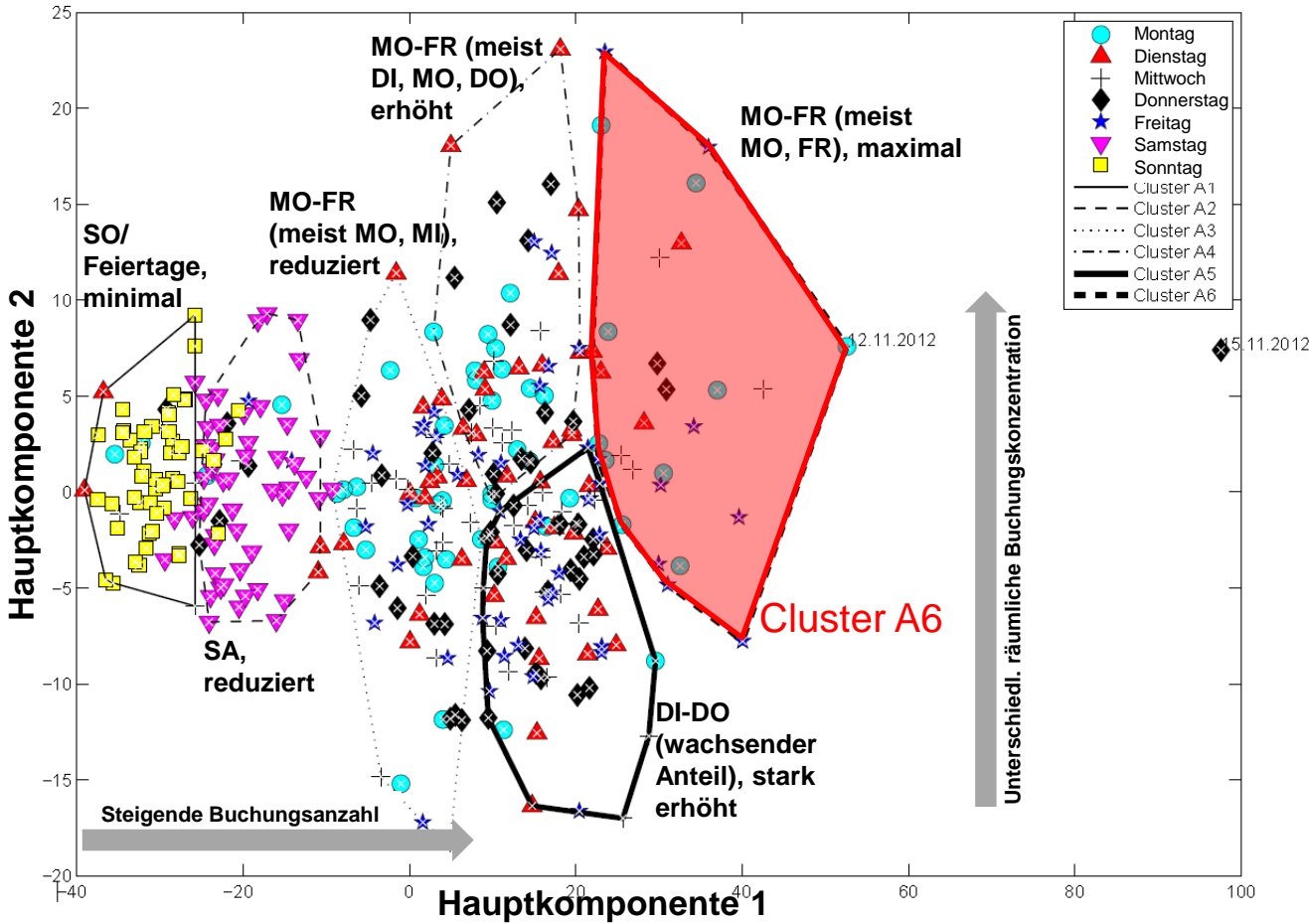


Buchungsmatrix



Vorhersage zukünftiger CS Buchungen

Ergebnisse für Zeitscheibe 1 (6 bis 9 Uhr)



Vorhersage zukünftiger CS Buchungen

Zeitliche Entwicklung der Buchungscluster der Zeitscheibe 1

Cluster 9 – 12 Uhr

VON/ZU Cluster	B1	B2	B3	B4	B5	B6
A1	42%	14%	33%	9%	2%	0%
A2	10%	8%	14%	30%	2%	37%
A3	40%	32%	16%	7%	3%	3%
A4	11%	29%	25%	15%	16%	4%
A5	2%	37%	12%	16%	26%	7%
A6	0%	24%	3%	28%	41%	3%

Cluster 6 – 9 Uhr

6 – 9 Uhr:
A6, Montag - Freitag,
maximale Buchungsanzahl

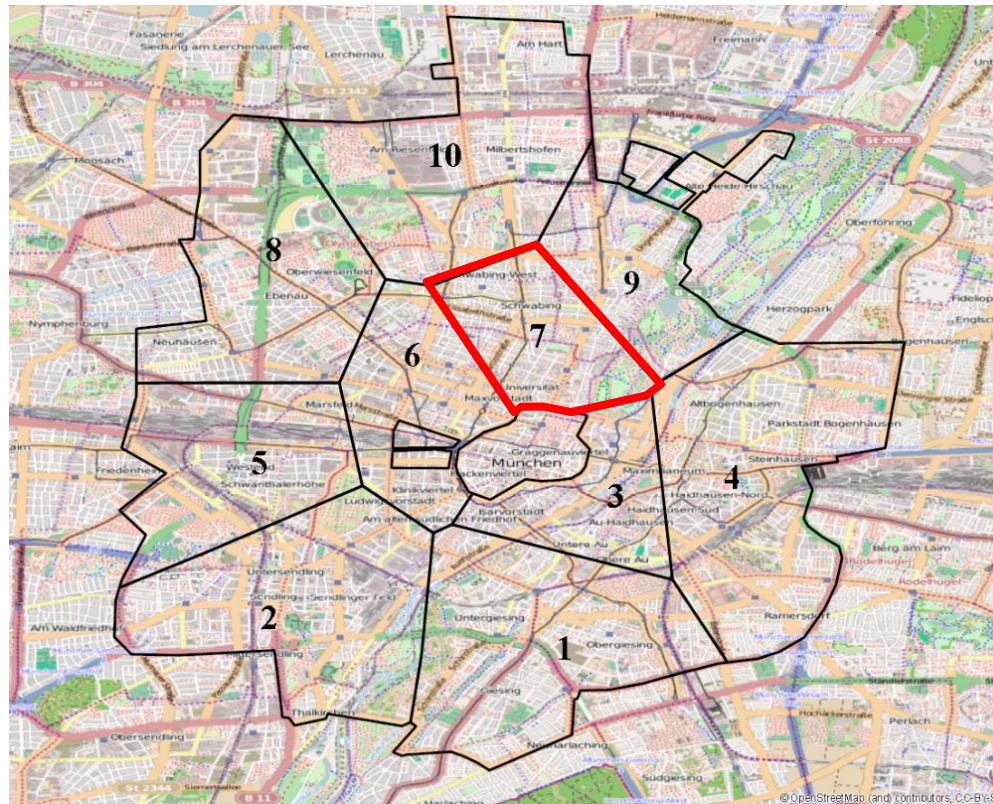
Prognose der
Buchungsanzahl

9-12 Uhr:
B5, Montag-Freitag,
erhöhte Buchungsanzahl



- **Integration von „Service Depots“:**
 - Zeitweise Aufbewahrung von (überschüssigen) Fahrzeugen zur Instandhaltung, Reinigung und **Aufladung (von E-Fahrzeugen)**
 - Entnehmen von Fahrzeugen bei Fahrzeugmangel
- **Makroskopische Reallokation (auf Zonenebene)**
 - **Input:** Abweichung zwischen prognostizierter Buchungsanzahl und aktueller Fzg-Anzahl pro Zone
 - **Output:** Optimale Reallokationen (zwischen Zonen bzw. zwischen Zonen und Service Depots)
- Nur **betreiberbasierte Reallokationen**

- **Output:** Reallokationsmatrix $R = (r_{ij})_{i,j=1:k}$ und Depotmatrix $D = (d_{ij})_{i=1:l,j=1:k}$
- Graphische Repräsentation der mögl. Zu- und Abflüsse von Zone 7 ($i = 7$):



- Output: Reallokationsmatrix $R = (r_{ij})_{i,j=1:k}$ und Depotmatrix $D = (d_{ij})_{i=1:l,j=1:k}$
- Graphische Repräsentation der mögl. Zu- und Abflüsse von Zone 7 ($i = 7$):

Fzg-Zuflüsse Depots \rightarrow Zone 7

$$D_{in,i} = \sum_{p=1}^l 1_{\{d_{pi} > 0\}} d_{pi}$$

Fzg-Abflüsse Zone 7 \rightarrow Depots

$$D_{out,i} = \sum_{p=1}^l 1_{\{d_{pi} < 0\}} |d_{pi}|$$

Fzg-Zuflüsse andere Zonen \rightarrow Zone 7

$$R_{in,i} = \sum_{j=1}^k 1_{\{r_{ij} < 0\}} |r_{ij}|$$

Fzg-Abflüsse Zone 7 \rightarrow andere Zonen

$$R_{out,i} = \sum_{j=1}^k 1_{\{r_{ij} > 0\}} r_{ij}$$



Fzg, die aus Kapazitätsgründen nicht in Depot aufgenommen werden können (Nullkosten) a_i

Nachfrage, die nicht erfüllt werden kann (Strafkosten) p_i

Makroskopisches Reallokationsmodell

- Minimierung der Kosten für den CS Betreiber
- Zeit- und distanzabhängige** Reallokationskosten (Benzin fp , Wertverlust lv , Personal w , etc.) und **Strafkosten** g_i (Opportunitätskosten)

$$\begin{aligned}
 \min c(R, D, P, A) = & \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k 1_{\{r_{ij} > 0\}} * r_{ij} * (dist_{ij} * (fp + lv) + tt_{ij} * w) && \text{Reallokationskosten: Zone zu Zone} \\
 & + \sum_{p=1}^l \sum_{i=1}^k sgn(d_{pi}) * d_{pi} * (dist_{pi} * (fp + lv) + tt_{pi} * w) && \text{Reallokationskosten: Zone zu Depot und umgekehrt} \\
 & + \sum_{i=1}^k p_i * g_i + \sum_{i=1}^k a_i * 0 && \text{Nullkosten für Fahrzeugüberschuss in Zonen} \\
 & \text{Strafkosten für Buchungsanfragen, die nicht erfüllt werden können}
 \end{aligned}$$

- + mehrere zu erfüllende **Nebenbedingungen**
- Modellierung: MATLAB/TomSym
- Optimierung: TOMLAB solver package CPLEX

- **Nutzerbasierte Zu- und Abflüsse** im Optimierungsintervall ✓
- Begrenzte Anzahl möglicher Reallokationen pro Zeitintervall ✓
- **Vorgabe maximaler/ minimaler Fzg-Anzahlen** pro Zone (z.B. durch lokale Behörden) ✓
- **Zonen höherer Priorität** ✓
- **E-Fahrzeuge**: Ladestände, Anzahl freier Ladestationen etc.
- Wiederholte **dynamische** Nachfrageprognose und Optimierung

- Makroskopisches Optimierungsmodell für das Reallokationsproblem bei FFCS
- Integration von Service Depots
- **Nächste Schritte:**
 - Formulierung eines **mikroskopischen Optimierungsmodells**
→ optimale Ausführungspläne für die makroskopischen Reallokationen
 - Anwendung auf reales CS System und anschließende Evaluierung

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Dipl.-Math. Simone Weikl
Institut für Verkehrswesen und Raumplanung
Universität der Bundeswehr München

Tel.: 089/6004-2442
Email: Simone.Weikl@unibw.de
Homepage: <http://www.unibw.de/ivr>