



Standortfindungsmodell für elektrische Ladeinfrastruktur

Projektbeschreibung und Modellierungsmethodik

Dipl.-Ing.
Waldemar Brost

7. Pegasus Jahrestagung
Stuttgart | 30. September 2016



Schnellladenetz für Achsen und Metropolen

Ausgewählte Projektziele SLAM

- Analyse und Identifizierung der Kriterien eines idealen Standorts
- Implementierung eines Simulationstools, mit dessen Hilfe die potentiellen Standorte für Schnellladestationen bestimmt werden können
- Untersuchung der Auswirkungen des Schnellladenetzwerkes auf die Stromnetze in Deutschland
- Aufbau eines Forschungsladenetzes mit Unterstützung privater Investoren (20,6 M€; ca. 17 M€ im Fond)
- Durchführung von Nutzerstudien am Forschungsladenetz
- Laufzeit: Jan 2014 - Aug 2017



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



DAIMLER

DG VERLAG

EnBW

PORSCHE

RWTHAACHEN
UNIVERSITY



HansE - Aufbau einer auf Verkehrsströme abgestimmten Ladeinfrastruktur in der Metropolregion Hamburg

Ausgewählte Projektziele HansE

- Aufbau von 50 Ladepunkten in der Metropolregion Hamburg (Normal- als auch Schnellladestationen)
- Ermittlung der Standorte mit einem auf andere Regionen übertragbaren Standortbeurteilungsmodell und Strategiekonzept
- Die Projektpartner haben das Ziel, dass ein elektromobiles Bewegen in der gesamten MRH ermöglicht werden soll
- Wertvolle Praxiserfahrungen aus dem LI-Bestand im Stadtgebiet Hamburg können auf die MRH transferiert werden.
- Laufzeit: Mär 2015 - Dez 2017



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

Koordiniert durch:



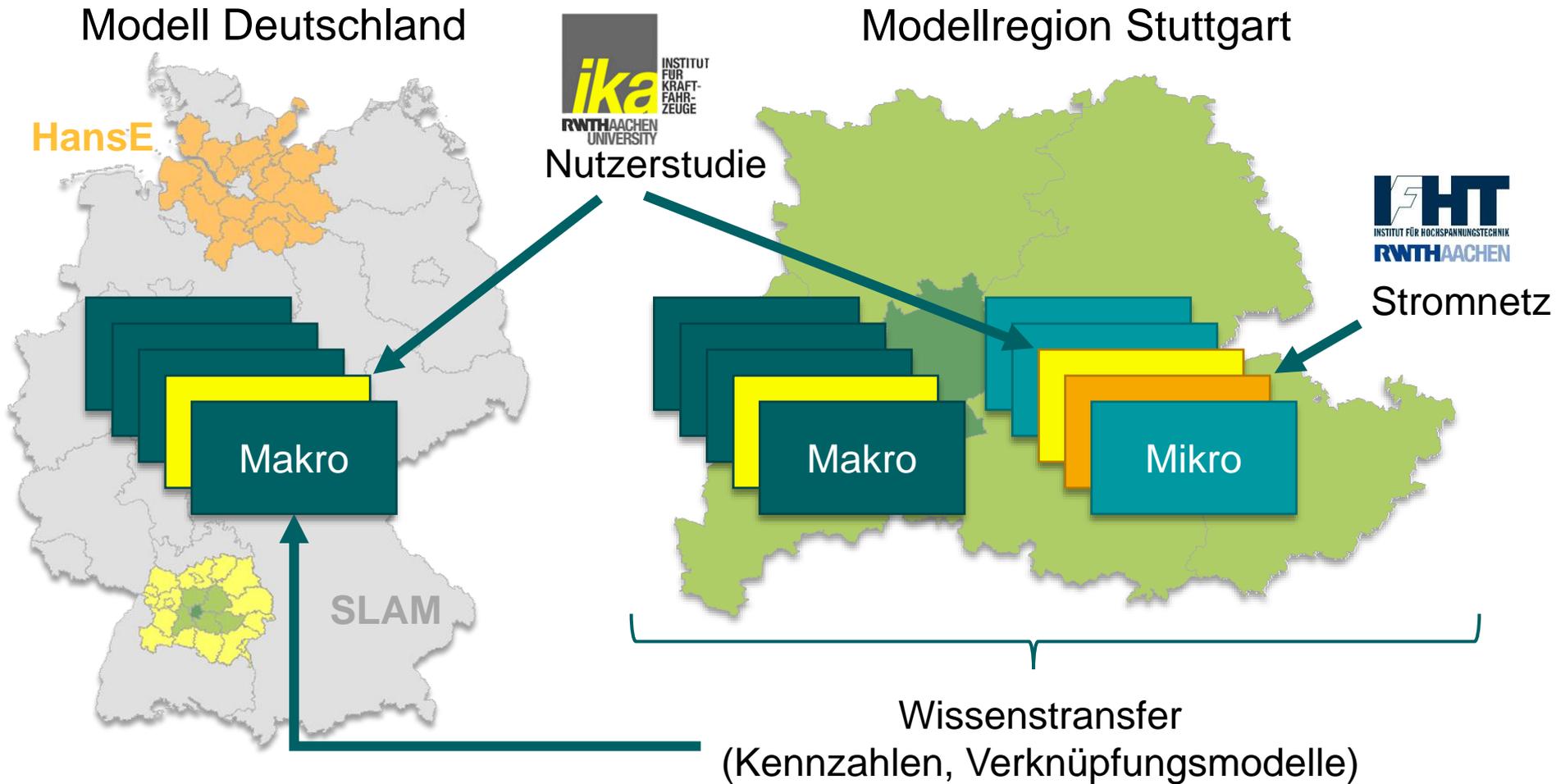
Nationale Organisation Wasserstoff-
und Brennstoffzellentechnologie



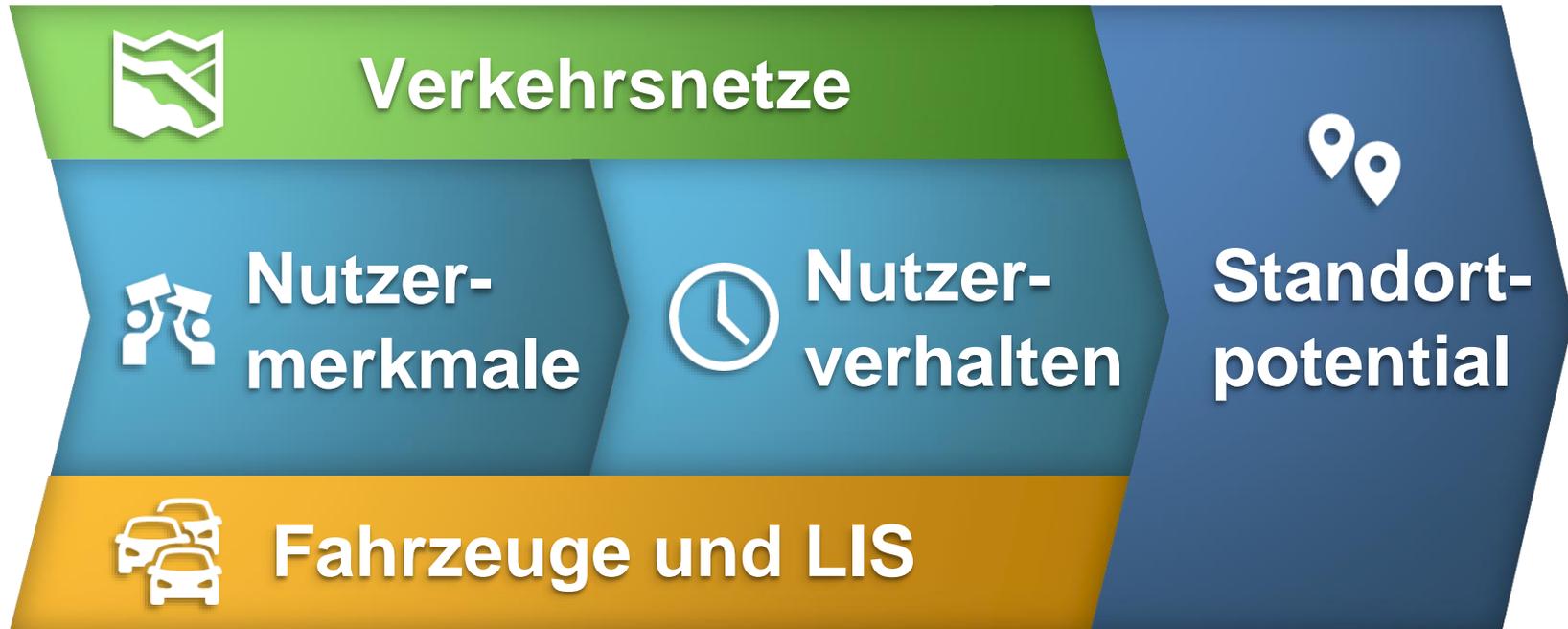
metropolregion hamburg



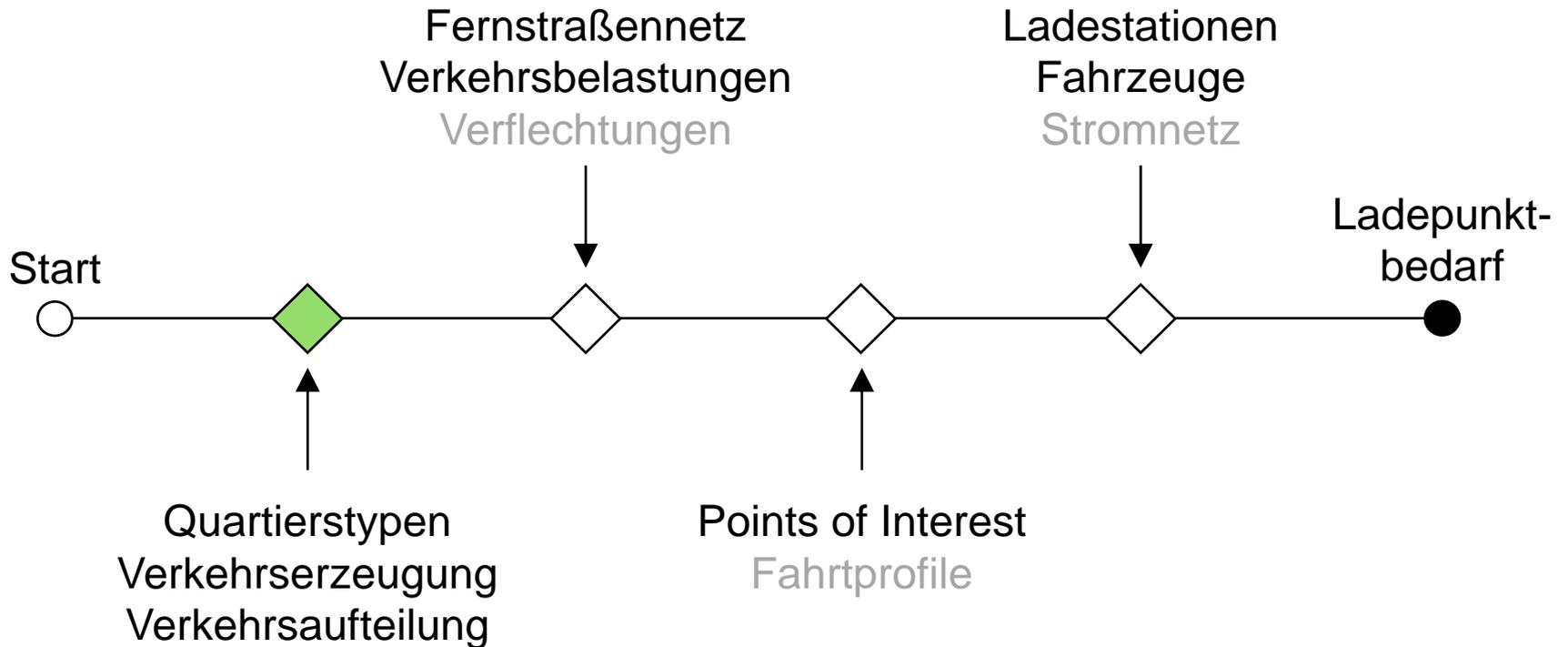
STELLA – Betrachtungsräume



STELLA – Gesamtüberblick

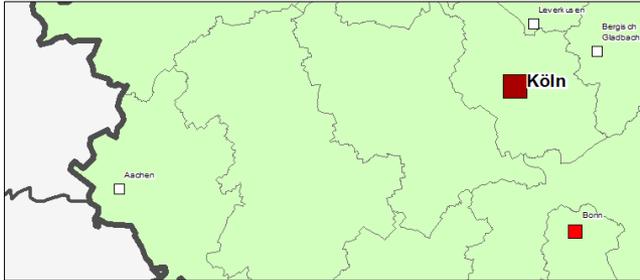


STELLA – Herangehensweise an die Potentialberechnung



Teil der Modellierung
in Bearbeitung

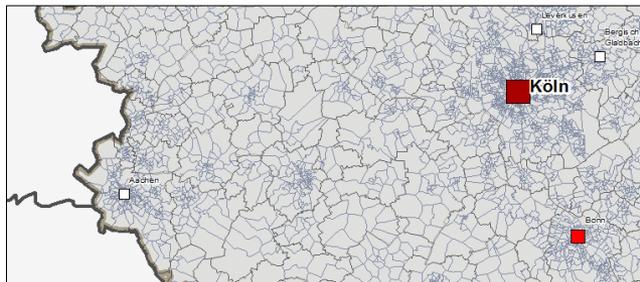
Kreise



Gemeinde



Stadtquartier



Nachfrage in Ebenen

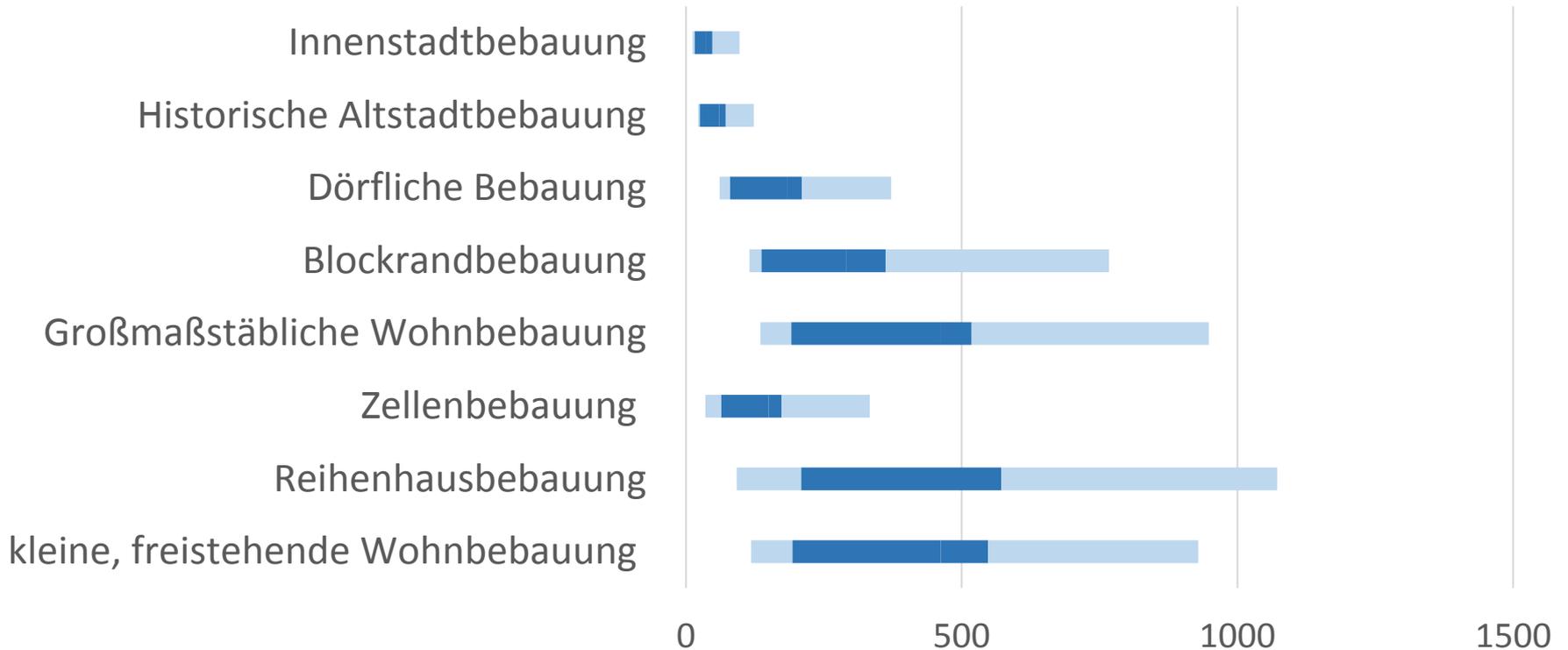
Die auf der Gemeinde-
verbandsebene bestimmte
Nachfrage wird auf die
anderen Ebenen aufgeteilt.

Stadtquartier auf PLZ8-Ebene
circa 500 Haushalte je Gebiet;
Anwendung in ausgewählten Gemeinden

STELLA – Klassifizierung der Stadträume

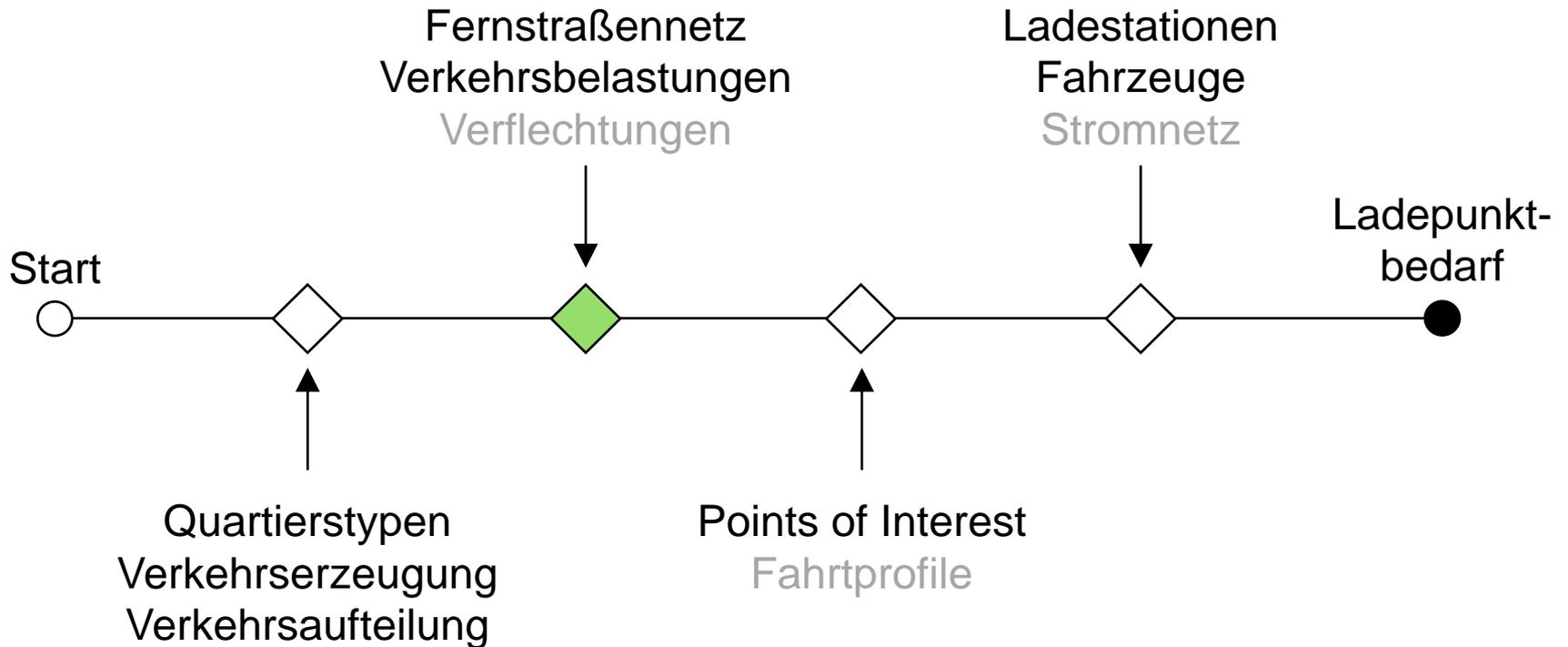
Anzahl Wohneinheiten

[n_WE/ha]



UrbanReNet 2012

STELLA – Herangehensweise an die Potentialberechnung

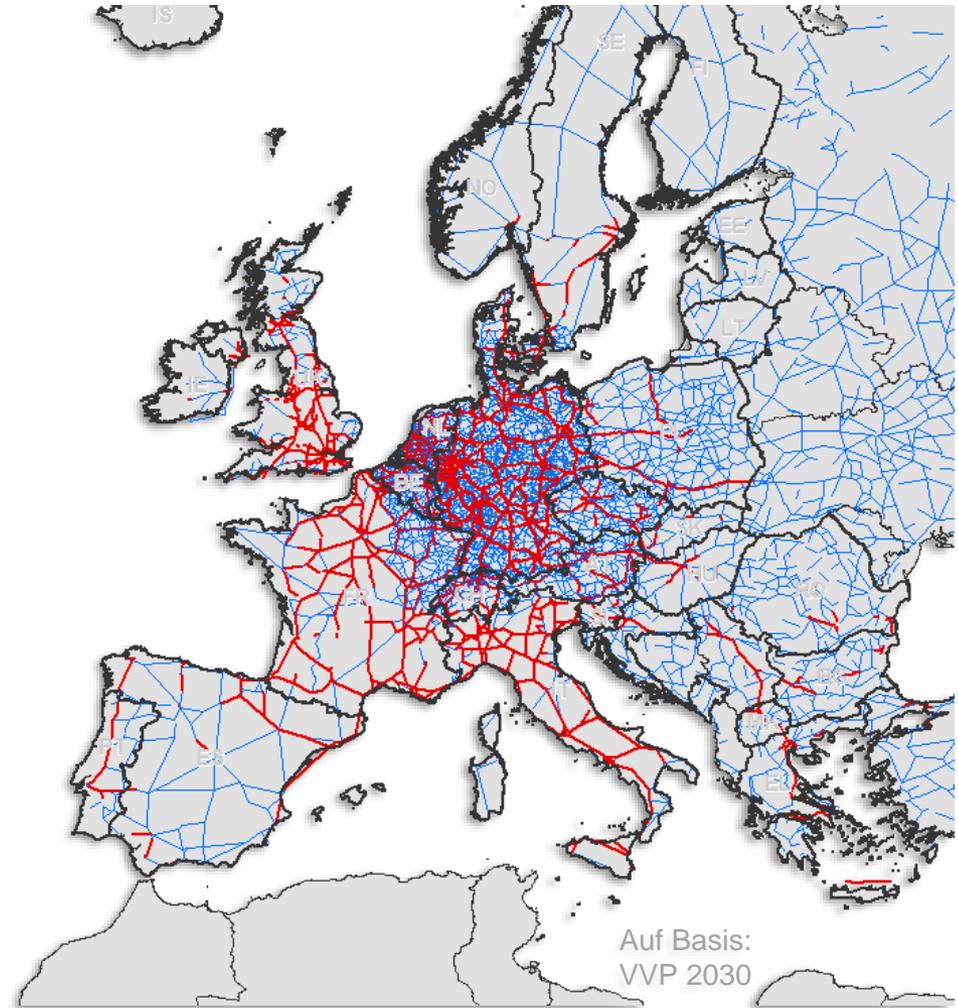


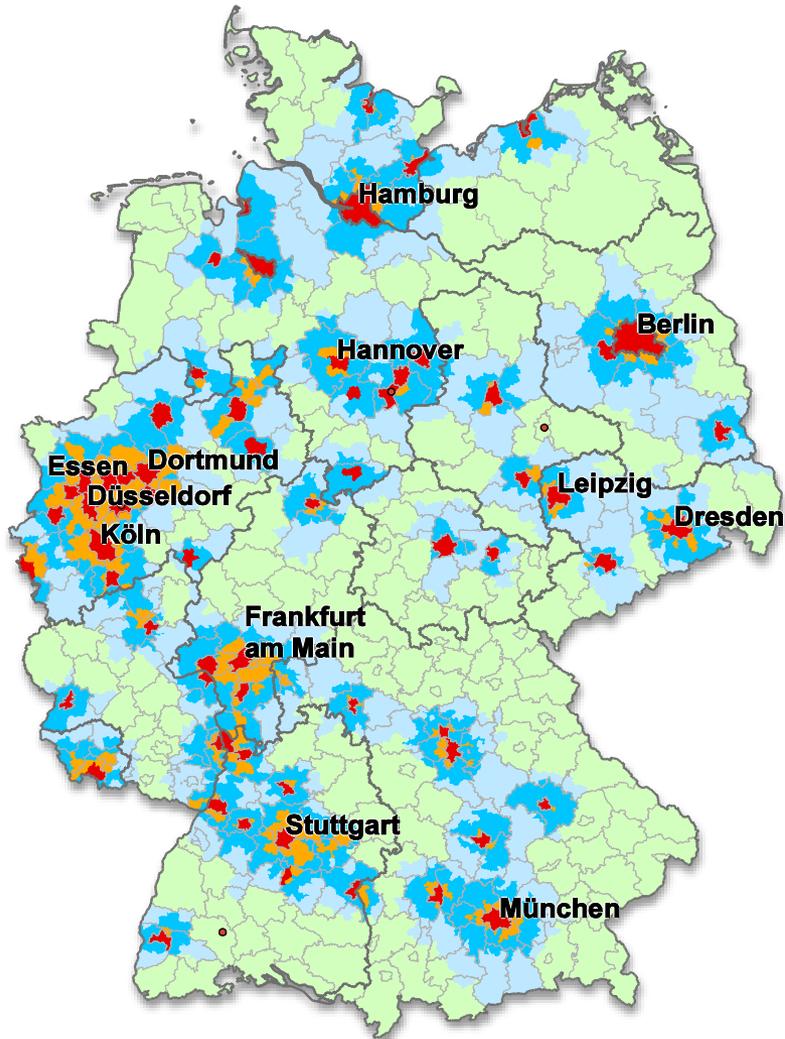
Teil der Modellierung
in Bearbeitung

Klassifiziertes Netz

Dient als Basis für Netzanalysen und für zahlreiche Darstellungen.

Deckt ganz Europa ab und wird je weiter von Deutschland entfernt stärker simplifiziert.





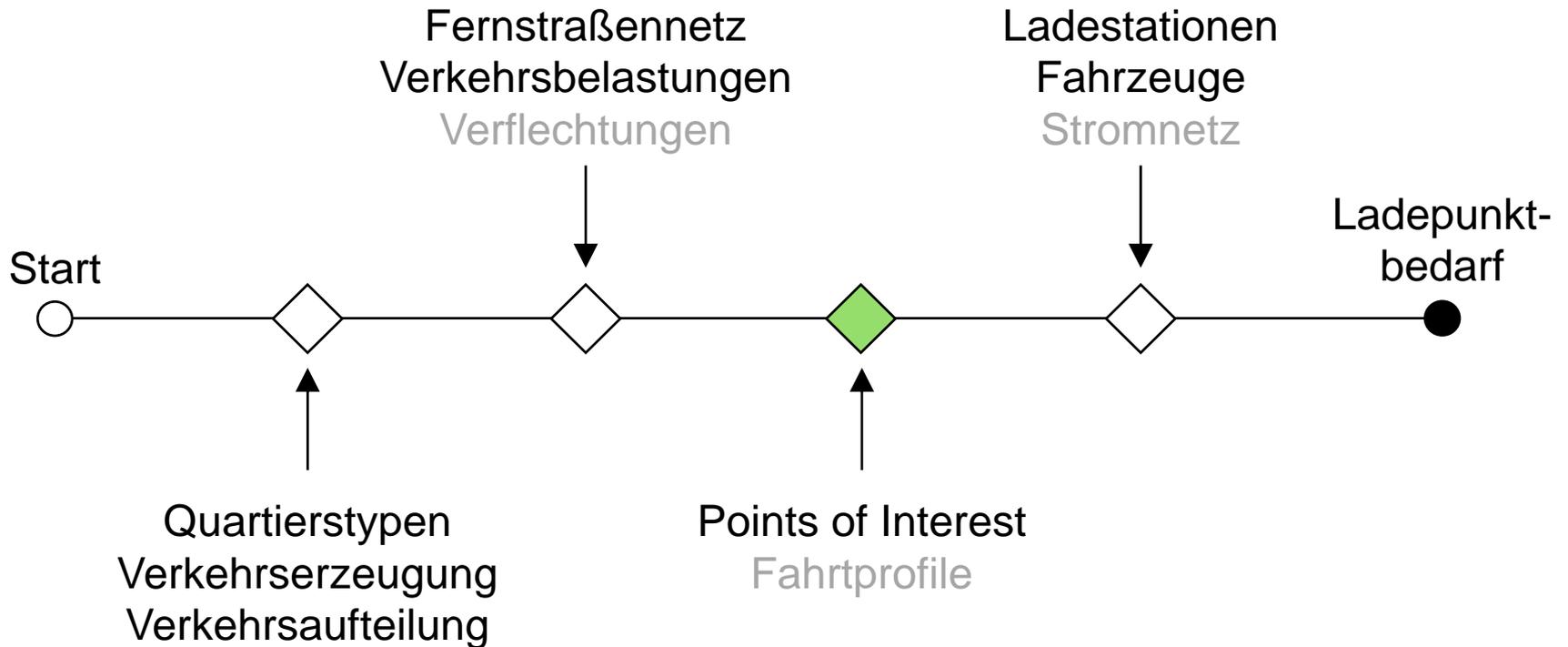
Räumliche Verteilung

Auf der regionalen Ebene entsteht eine Verknüpfung zwischen den einzelnen Gemeindeverbänden.

-  Zentrum
-  Ergänzungsgebiet zum Zentrum
-  engerer Verflechtungsraum
-  weiterer Verflechtungsraum
-  Gemeindeverbände außerhalb der Großstadregionen

Datenbasis:
Laufende Raumbewertung
des BBSR
Geometrische Grundlage:
BKG, Gemeindeverbände/
Stadt-Land-Regionen, 31.12.2013
Bearbeitung: P. Kuhlmann

STELLA – Herangehensweise an die Potentialberechnung

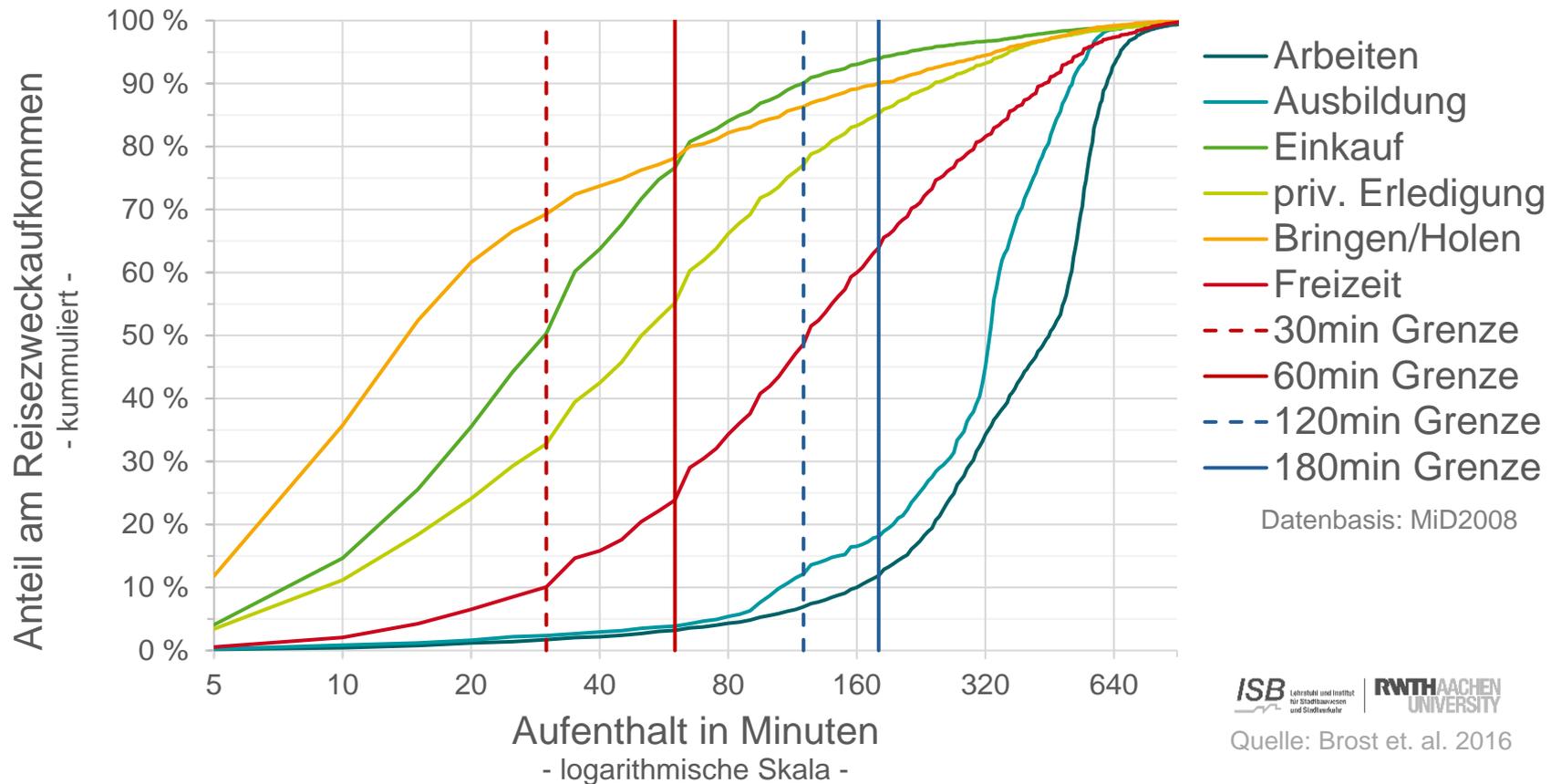


Teil der Modellierung
in Bearbeitung

STELLA – Point of Interest (Auswahl)

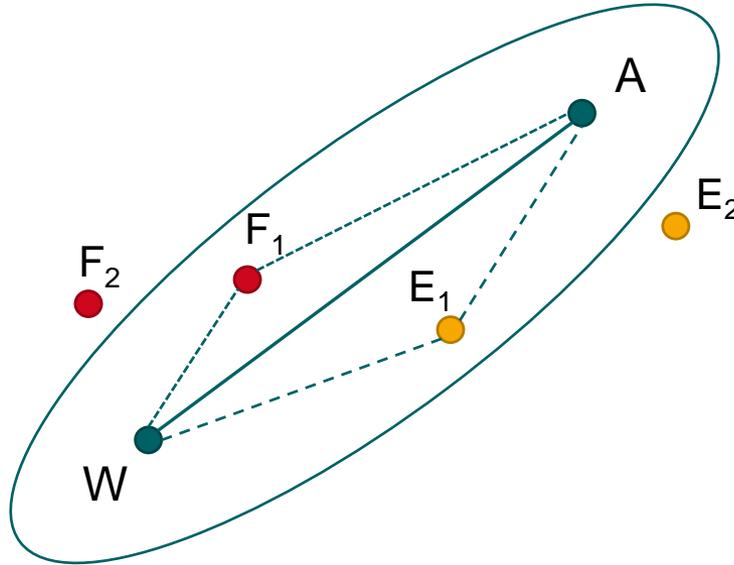
Restaurants	Specialty Stores	School	ATM	Bank	Parking Lot	Hotel	Auto Service	Medical Service
								
ca. 76.600	67.700	38.500	37.600	32.900	22.300	20.500	19.400	19.300
Grocery Store	Clothing Store	Pharmacy	Gas Station	Automobile Dealership	Post Office	Recreation Area	Industrial Zone	Nightlife
								
ca. 19.100	19.000	18.600	14.600	13.900	12.000	11.400	9.000	6.500
Rental Car	Historical Monument	Electronics Store	Sports Centre	Commuter Rail Station	Place of Worship	Sporting Goods	City Hall	Government Offices
								
ca. 5.400	5.300	4.900	4.800	4.400	4.400	4.300	4.100	4.000
Parking Garage	Train Station	Home Specialty Store	Cemetery	Business Facility	Museum	Tourist Attraction	Hospital	etc.
								
ca. 3.900	3.500	3.100	3.100	3.000	2.900	2.800	2.600	

Häufigkeit der Aufenthaltsdauer am Aktivitätenort



ISB Lehrstuhl und Institut für Stadtbaugesamtes und Stadtverkehr | RWTH AACHEN UNIVERSITY
Quelle: Brost et. al. 2016

STELLA – Kleinräumige Zielauswahl



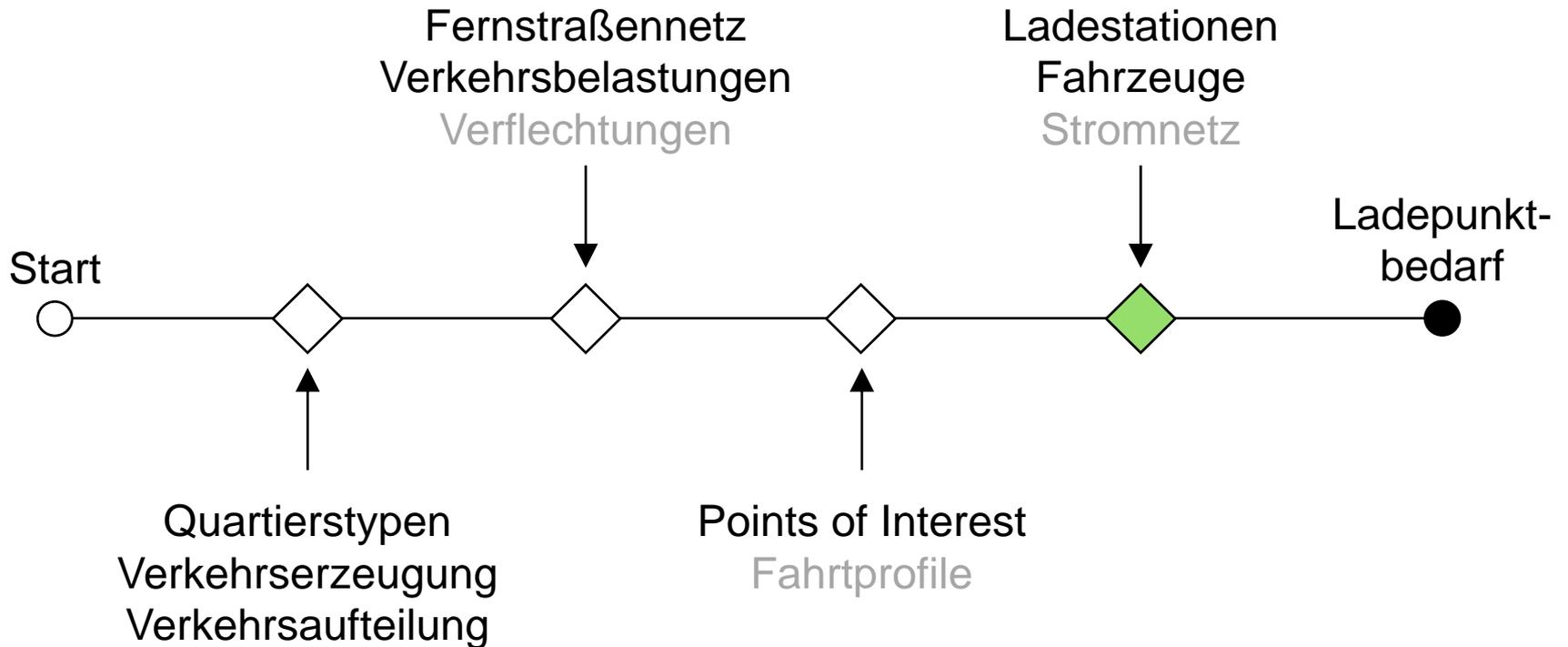
Bipolare Betrachtung der Wegbeziehungen

Durch Identifikation von Einzugsgebieten und Umwegempfindlichkeit kann die Akzeptanz einzelner Standorte benannt werden.

Umweg in km	P ₂₅	Med	P ₇₅
Einkaufen	1.0	2.9	9.5
Erledigung	1.9	4.8	15.5
Brinden/Holen	1.0	3.8	10.0
Freizeit	1.9	5.7	12.4

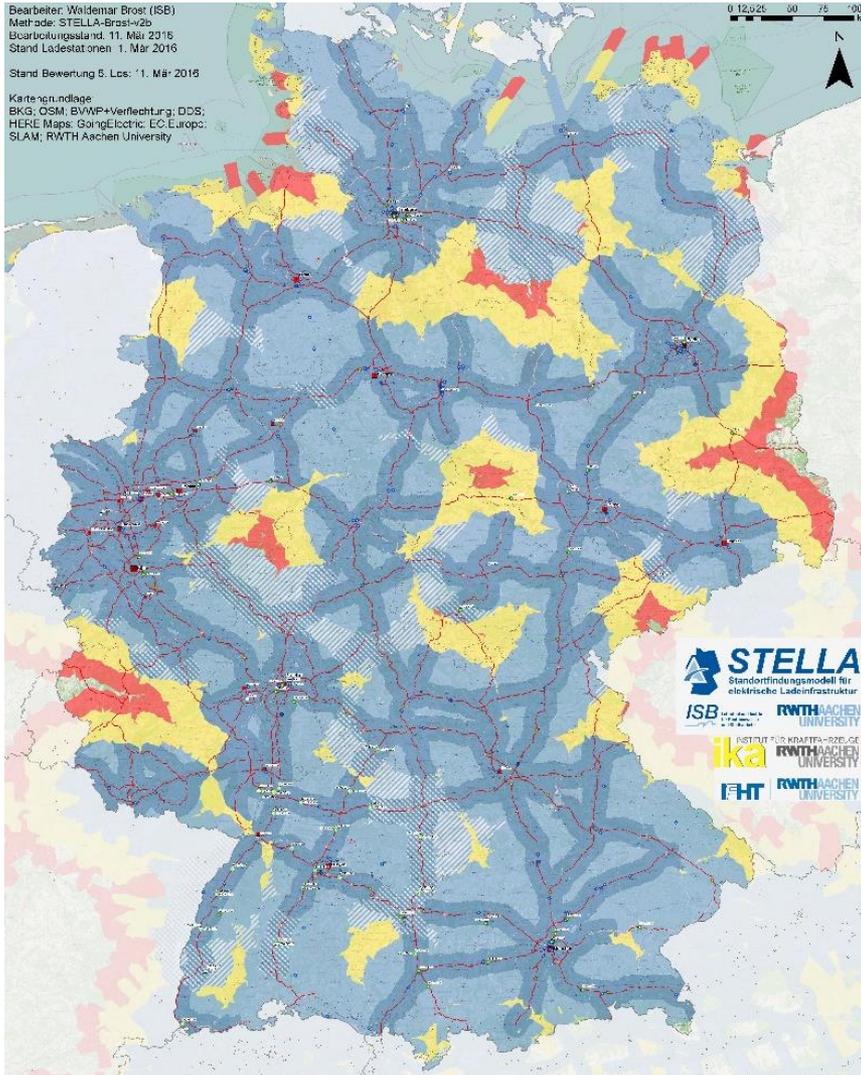
theoretisches Beispiel

STELLA – Herangehensweise an die Potentialberechnung



Teil der Modellierung
in Bearbeitung

STELLA – Erreichbarkeitsanalyse



Erreichbarkeitsradien

Die vorhandenen und geplanten Standorte werden auf dem Netz bezüglich ihrer räumlichen Wirkung analysiert. Die resultierende Abdeckung wird an weitere Modellschritte übergeben.

Geroutete Reichweiten [km]

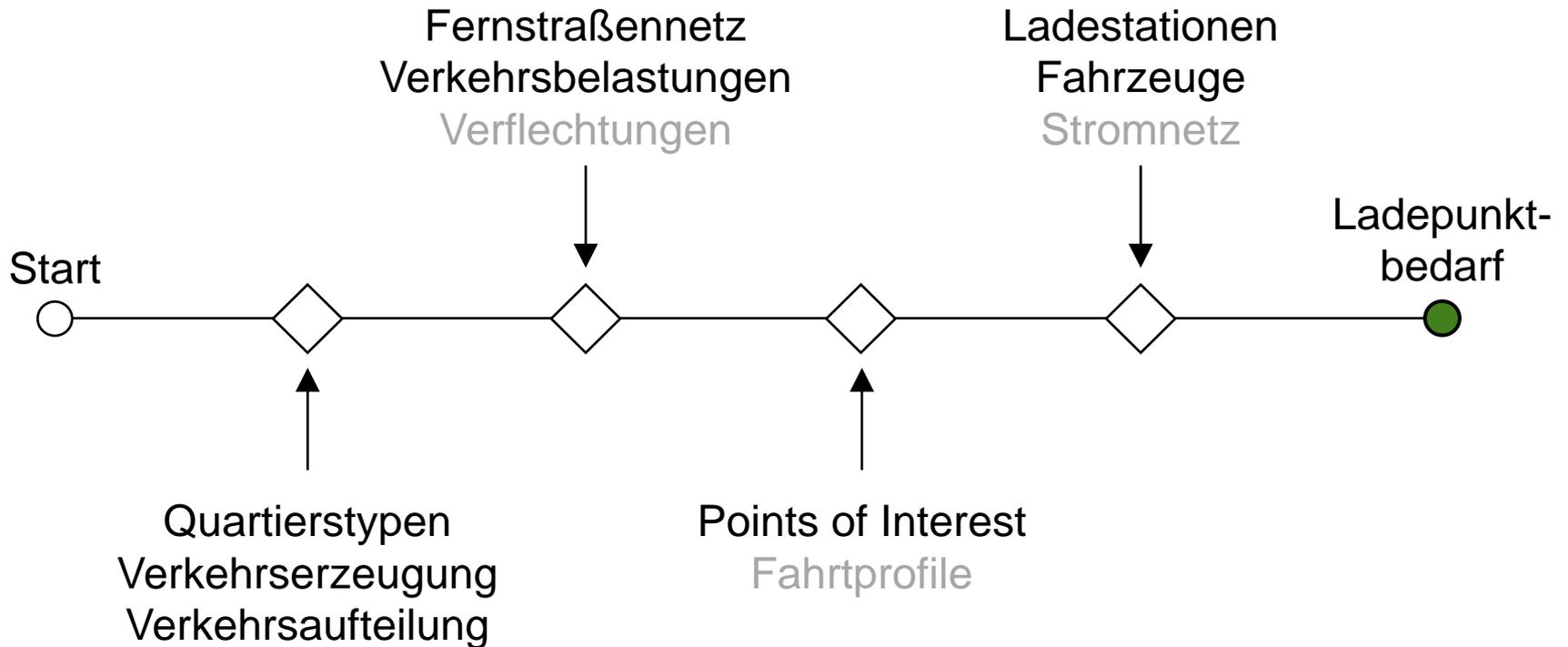
50

10 km
Korridor

80

100

STELLA – Herangehensweise an die Potentialberechnung



Teil der Modellierung
in Bearbeitung

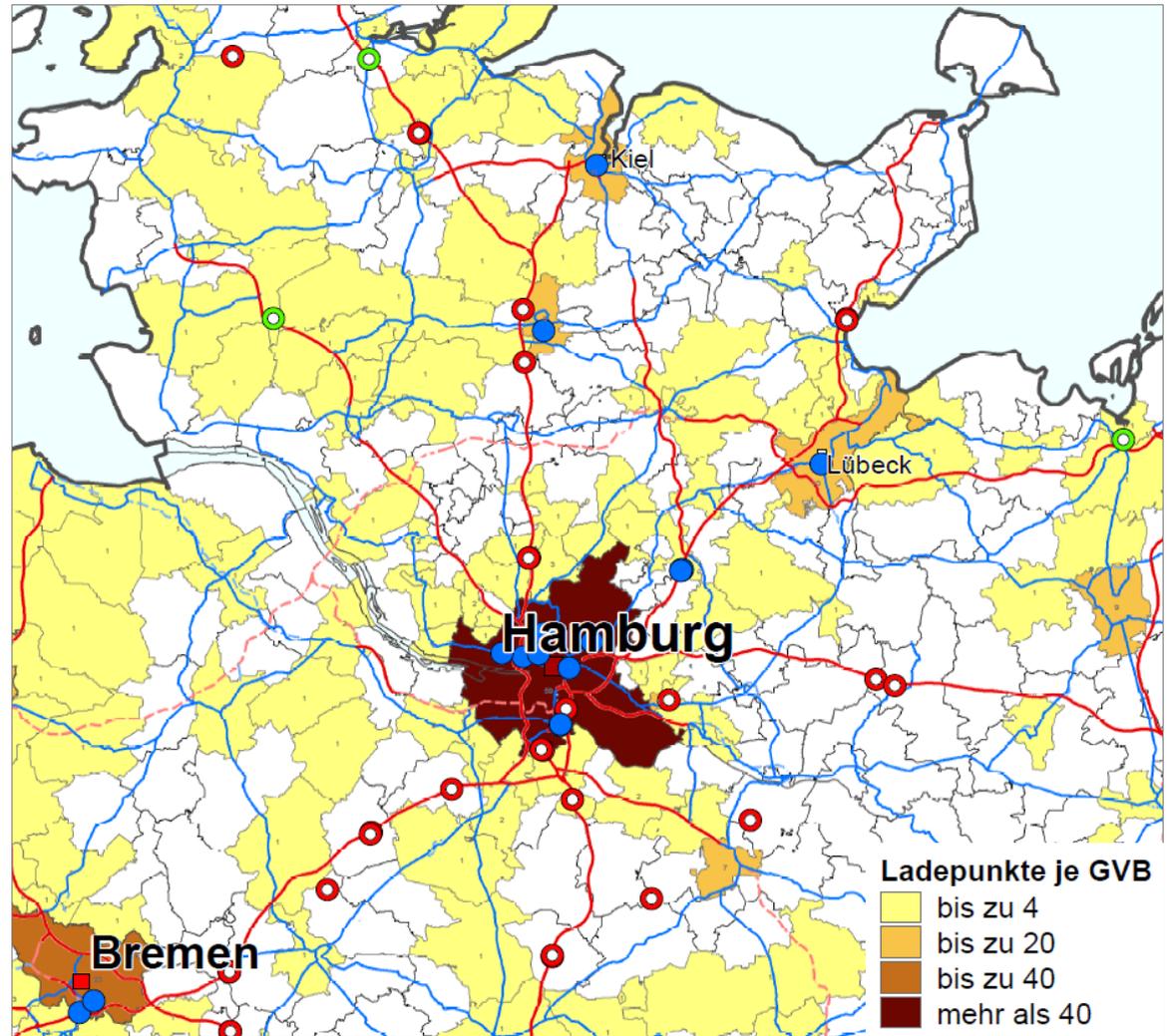
STELLA – Hauptgruppen auf deutschlandweiter Ebene

Indikatoren Teilausgabe

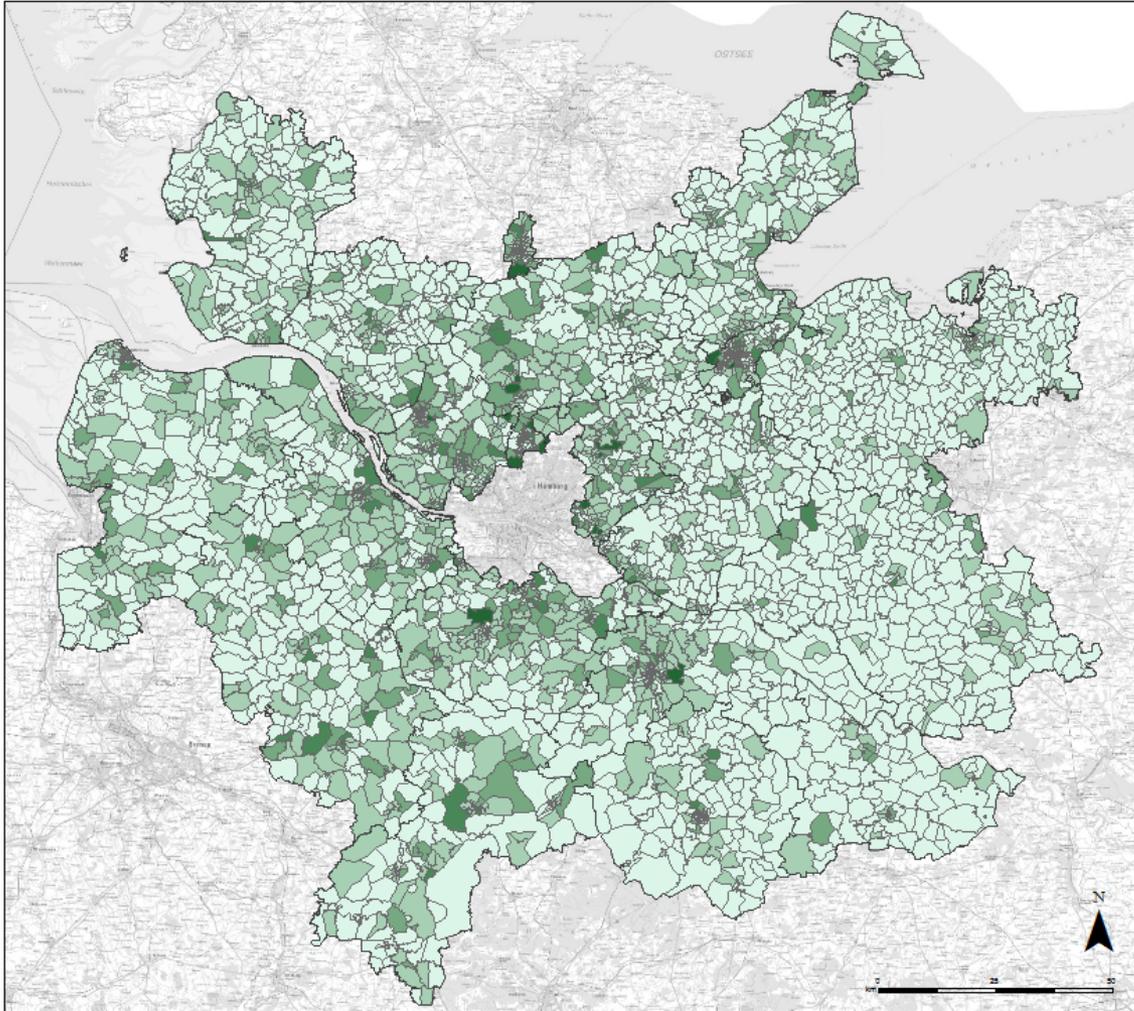
Quantifizierung von
Schnellladepunkten auf
Gemeindeverbandsebene

250.000 BEV im Jahr 2020
auf Siedlungsbasis

Kartengrundlage:
BKG; BVWP; BAST; DDS; OSM
Bundesverflechtungsprognose;
Projekt SLAM; GoingElectric;
RWTH Aachen University



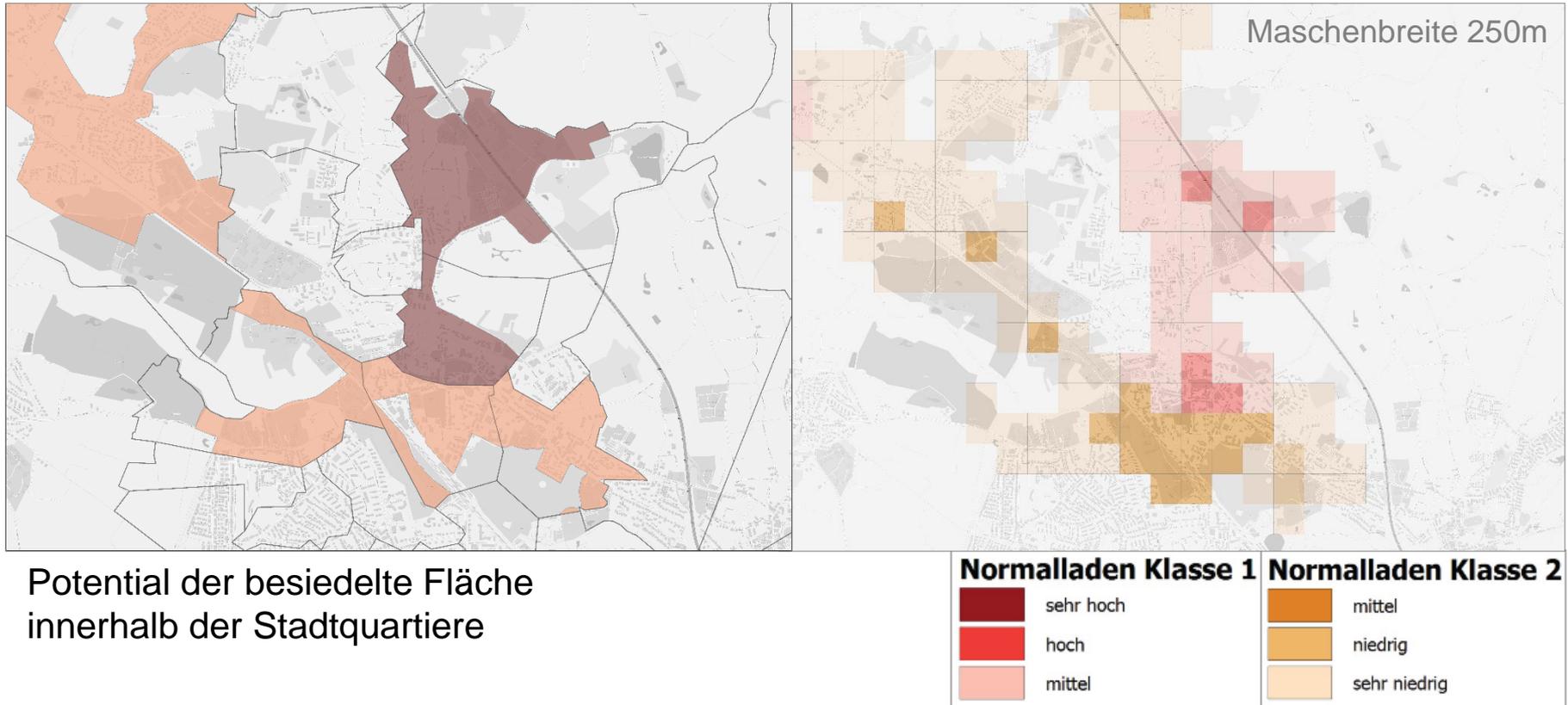
STELLA – Hauptgruppen auf deutschlandweiter Ebene



Grundpotential

Berechnung des Grundpotentials aus der Siedlungsstruktur auf Stadtquartiersebene. Verkehrsaufkommen für Wohn-, Misch- und Gewerbegebiete

Aufteilung der Potentiale auf Potentialflächen



Bearbeitete Fragestellung

- Positionierung von Ladeinfrastruktur
- flächendeckend / bedarfsorientiert
- Ladepunktbedarf an den Standorten
- Unterscheidung von Ladestandards (22, 50, 150, 350 kW)
- Nutzer als Ausgangspunkt (Wegeanzahl, -ketten, -weiten, -zwecke)

Inputdaten

Verkehrsnetze, Belastungen, Raumstruktur, Nutzerverhalten, POIs

Modelloutput

Räumlich detaillierte Standorte deutschlandweit (250m)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Lehrstuhl und Institut für
Stadtbauwesen und Stadtverkehr
Leitung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Vallée

Mies-van-der-Rohe-Straße 1
52074 Aachen

Telefon: +49 / 241 / 80 - 25200 (Sekretariat)
Telefax: +49 / 241 / 80 - 22247
Mail: institut@isb.rwth-aachen.de
www.isb.rwth-aachen.de



STELLA
Standortfindungsmodell für
elektrische Ladeinfrastruktur



Lehrstuhl und Institut
für Stadtbauwesen
und Stadtverkehr

RWTHAACHEN
UNIVERSITY

Quellenverzeichnis

Ansorge, Jens (2010): Entwicklung eines Modells zur Abbildung der individuellen Zielwahl auf Basis subjektiver Raumkenntnisse. Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr der RWTH Aachen University. Stadt, Region, Land: Bericht 52. Aachen, 2010.

BASSt (2008): Ausländische Kfz auf BAB und Europastraßen 2008. Verkehrsmengenkarte. Bergisch Gladbach, 2008

BBSR (2013): Großstadregionen. Laufende Raumbeobachtung des BBSR. Bonn, 2013

Brost, Waldemar; Funke, Teresa; Vallée, Dirk (2016): SLAM - Schnellladenetz für Achsen und Metropolen. In: DVWG Jahresverkehrskongress 2016: "Elektromobilität - aktuelle Chancen und Risiken der Umsetzung", Kongress im Rahmen der Jahrestagung 2016 der DVWG, Mai 2016 in München. Berlin, 2016

Intraplan Consult GmbH, BVU Beratergruppe Verkehr+Umwelt GmbH (2014): Verkehrsverflechtungsprognose 2030, Los 3: Erstellung der Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen unter Berücksichtigung des Luftverkehrs, FE-Nr. 96.0981/2011. Im Auftrag des Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Schlussbericht. 2014

BKG (2016): Verwaltungsgebiete. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. Leipzig, 2016

DDS (2014): PLZ8 Deutschland Grenzen, PLZ8 Deutschland XXL. Data Services GmbH. Karlsruhe 2014

GoingElectric (2016): Stromtankstellen Verzeichnis. URL: <http://www.goingelectric.de/>. Abgerufen am 1. März 2016

infas, DLR (2010): Mobilität in Deutschland 2008. Kontinuierliche Erhebung zum Verkehrsverhalten. FE-Projekt 70.801/2006 im Auftrag des BMVBS. Berlin und Bonn, 2010.

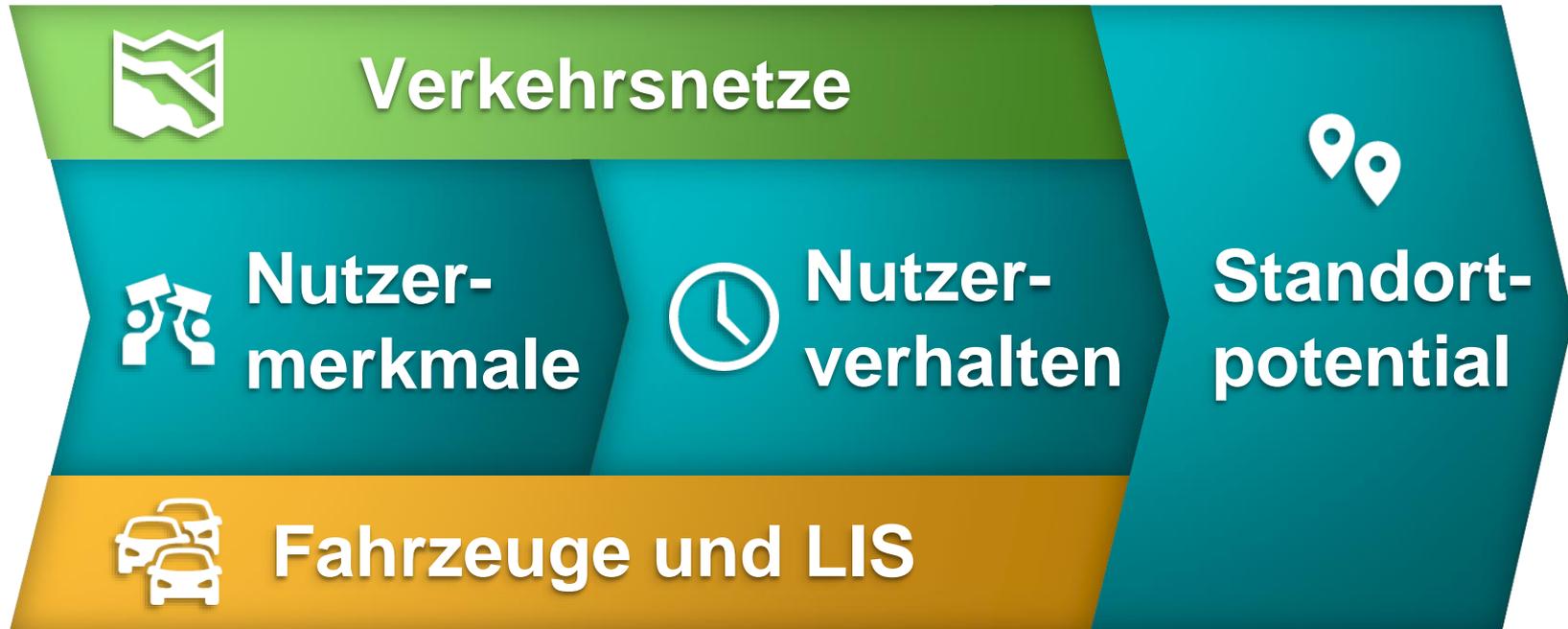
INSPIRE (2014): D2.8.1.2 Data Specification on Geographical Grid Systems – Technical Guidelines, englische Fassung. Herausgeber: INSPIRE Thematic Working Group Coordinate reference systems and Geographical grid systems. 2014

OSM (2016): OpenStreetMap Data Extracts. URL: <http://www.openstreetmap.org/>. 2016

Modellmethode STELLA

Ergänzenden Folien

STELLA – Indikatorenhauptgruppen



STELLA – Hauptgruppen auf deutschlandweiter Ebene



Achse

Betrachtung des Fernstraßennetzes in Deutschland bestehend aus Bundesstraßen und Bundesautobahnen



Metropole

Analyse der Siedlungsstrukturen in Abhängigkeit zu Indikatoren der Raumtypisierung, sowie der Soziodemographie und der -ökonomie

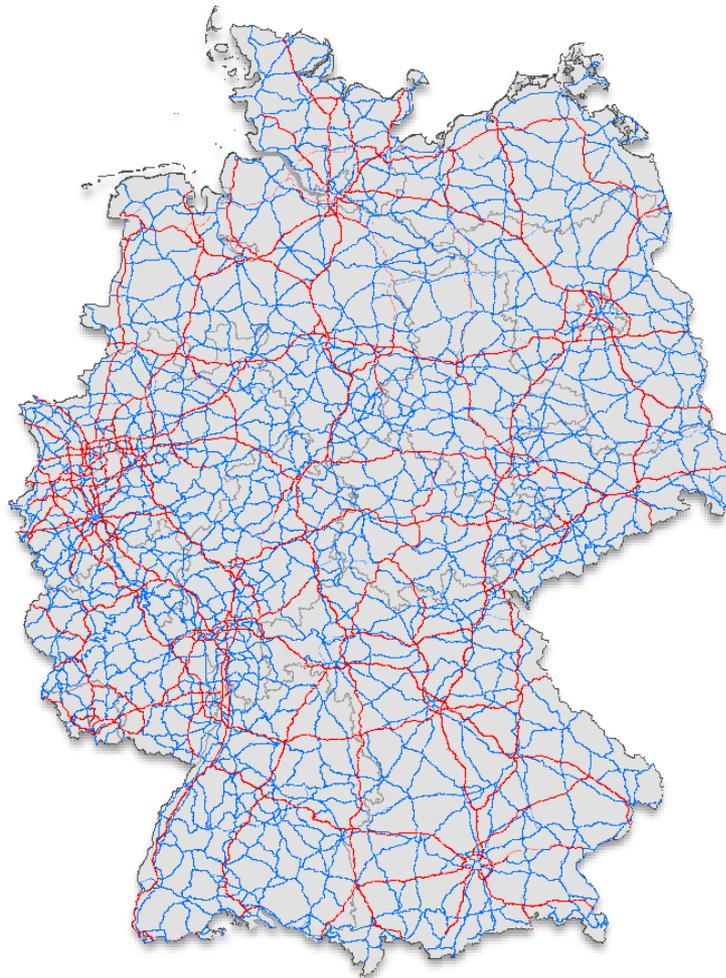


A1

Verkehrsnetz Priorisierung

Auswahlgrundlage:
Einwohnerdichte,
Erreichbarkeiten,
Verkehrsbelastungen und
-verflechtungen, LEP

STELLA – Modellierungsablauf – Achse



Verkehrsnetz Priorisierung

Einwohnerdichte,
Erreichbarkeiten,
Verkehrsbelastungen
und -verflechtungen,
Landesentwicklungspläne

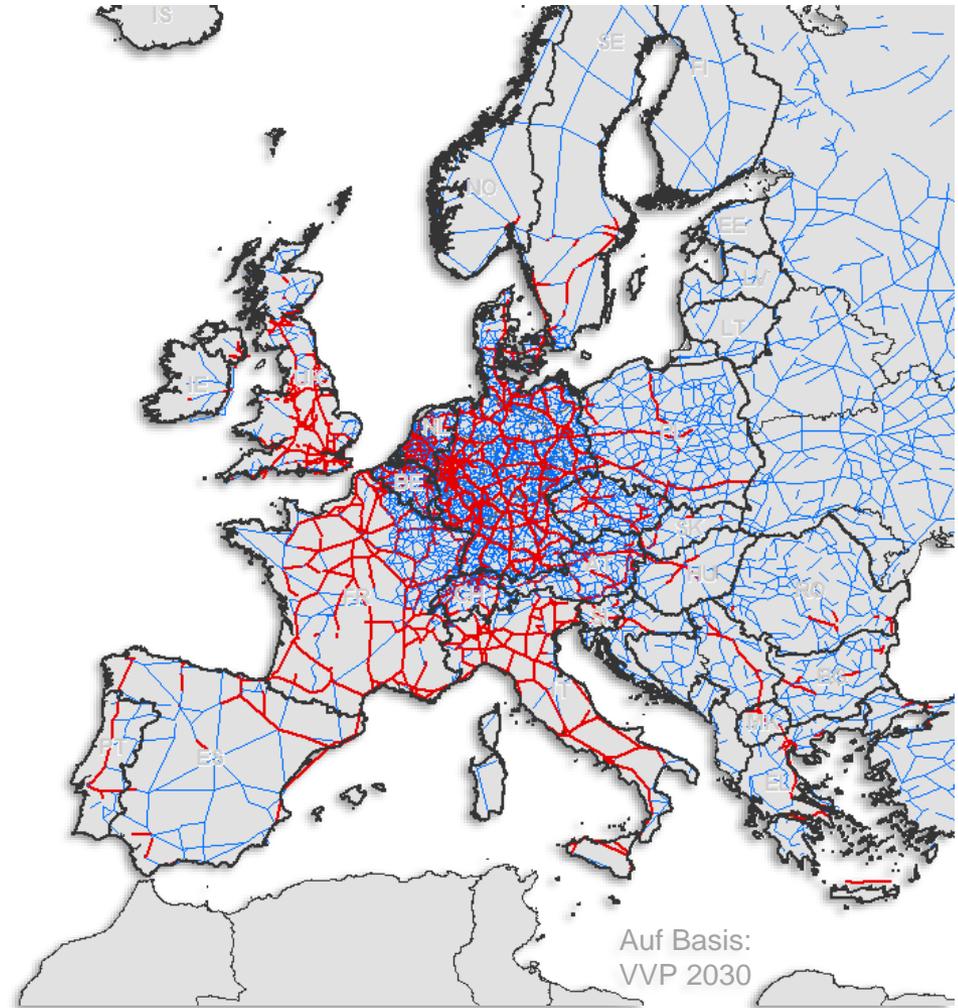
 prioritäres Netz
 weiteres Netz

STELLA – Modellierungsablauf – Achse

Klassifiziertes Netz

Dient als Basis für Netzanalysen und für zahlreiche Darstellungen.

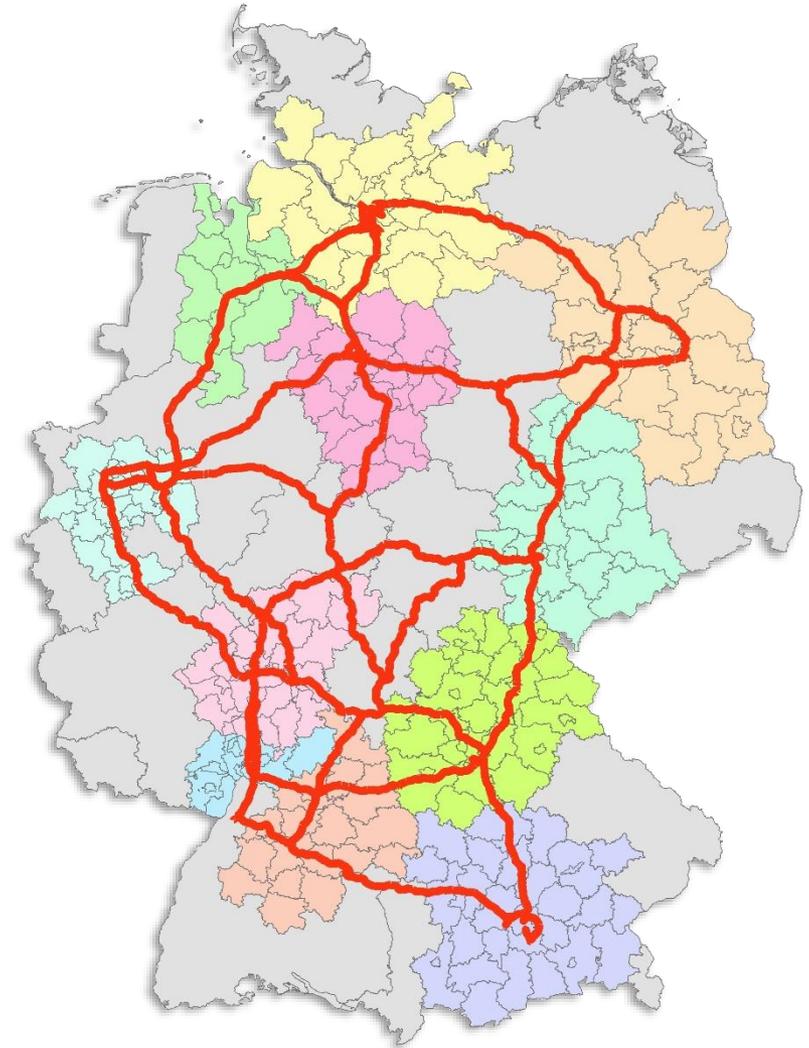
Deckt ganz Europa ab und wird je weiter von Deutschland entfernt stärker simplifiziert.



Metropolennetz / Verflechtung

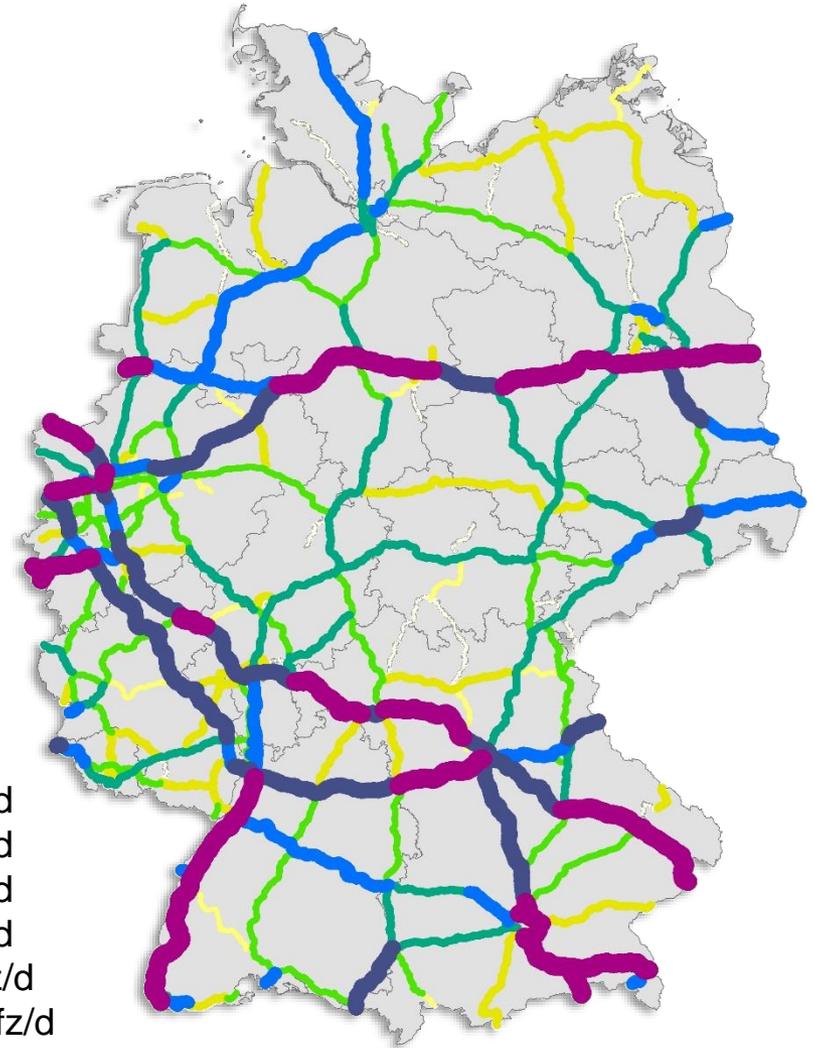
Gewichtung der Routen auf der Basis der Verkehrsverflechtungsprognose 2030

z.B. Auszug über Wegezwecke für
Ruhrgebiet <-> Bremen mit $7301 * 2$ [F/d]
Hamburg <-> Bremen mit $66188 * 2$ [F/d]
(Hin- und Rückfahrt innerhalb 24 Std)



Auslandsverkehre

Ermöglicht die Berücksichtigung einer internationalen Anbindung.





A1



A2

Bewertung der Elemente

Eine Reihe von Indikatoren
werden auf ausgewählte
Zonen bezogen und mit
einander gewichtet
verrechnet



A2

Scoring der Achse

Indikatoren werden jeweils mit einer individuellen Gewichtung versehen.

Eine Auswahl an Indikatoren:

- Durchschnittliche Verkehrsstärke
- Autohöfe und Raststätten
- Aufwände durch Umwege



A1



A2



A3

Auswahl der Zonen

Abhängig von dem Score
und der Lage innerhalb
bestimmter
Reichweitenbereiche
kommt es zur Zonenwahl

STELLA – Modellierungsablauf – Achse



A1



A2



A3



A4

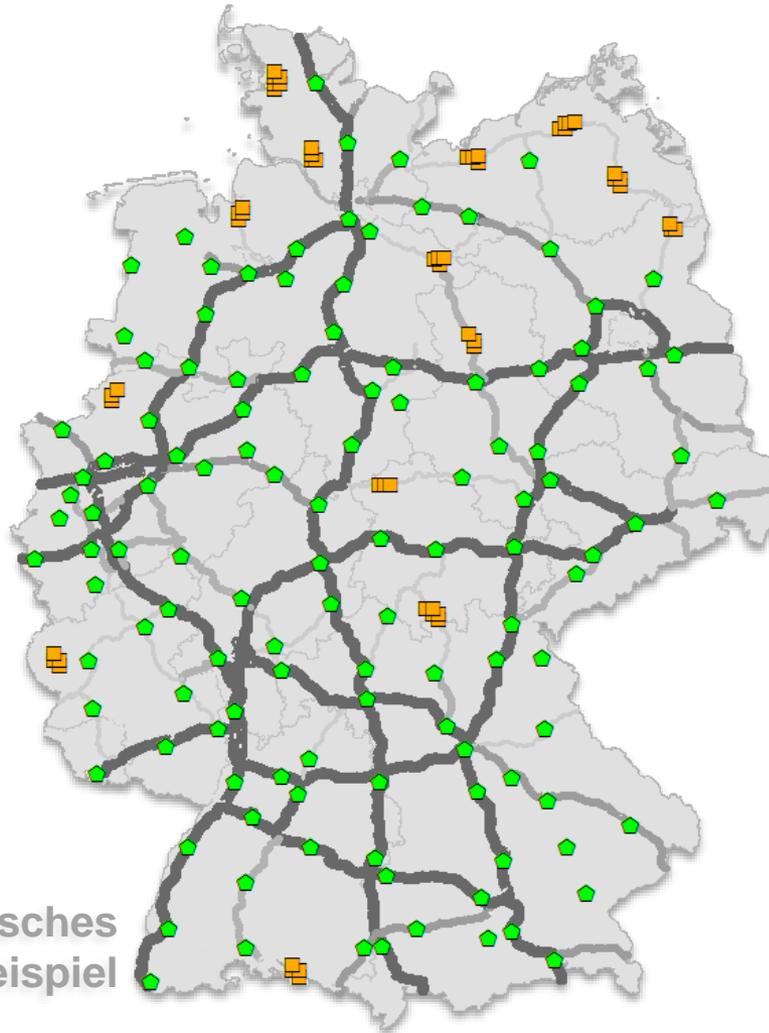
Bestimmung der Standorte

Innerhalb der Zone werden nun die möglichen Standorte für die Positionierung bestimmt

STELLA – Modellierungsablauf – Achse



theoretisches
Beispiel



Bestimmung der Standorte

Innerhalb der Zone
werden nun die
möglichen Standorte
für die Positionierung
bestimmt.

Sollte dies nicht möglich
sein kann ein Suchraum
identifiziert werden.

-  möglicher Standort
-  Suchraum



Achse

Betrachtung des Fernstraßennetzes in Deutschland bestehend aus Bundesstraßen und Bundesautobahnen



Metropole

Analyse der Siedlungsstrukturen in Abhängigkeit zu Indikatoren der Raumtypisierung, sowie der Soziodemographie und der -ökonomie



M1

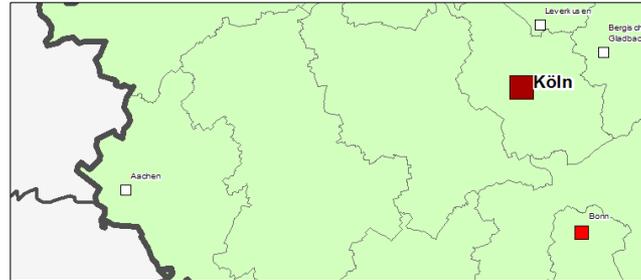
Generierung der Nachfrage

Analyse der Infrastruktur
und Bestimmung der
Pkw-Fahrten mit Kennwerten
aus der Literatur

STELLA – Modellierungsablauf – Metropole



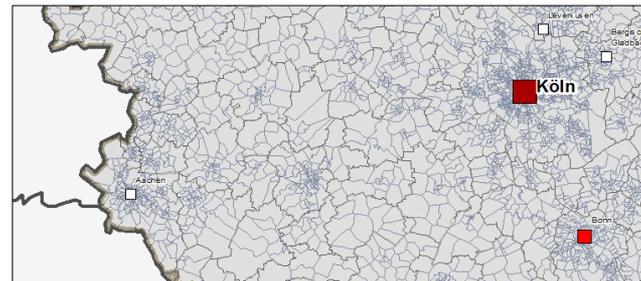
Kreise



Gemeinde



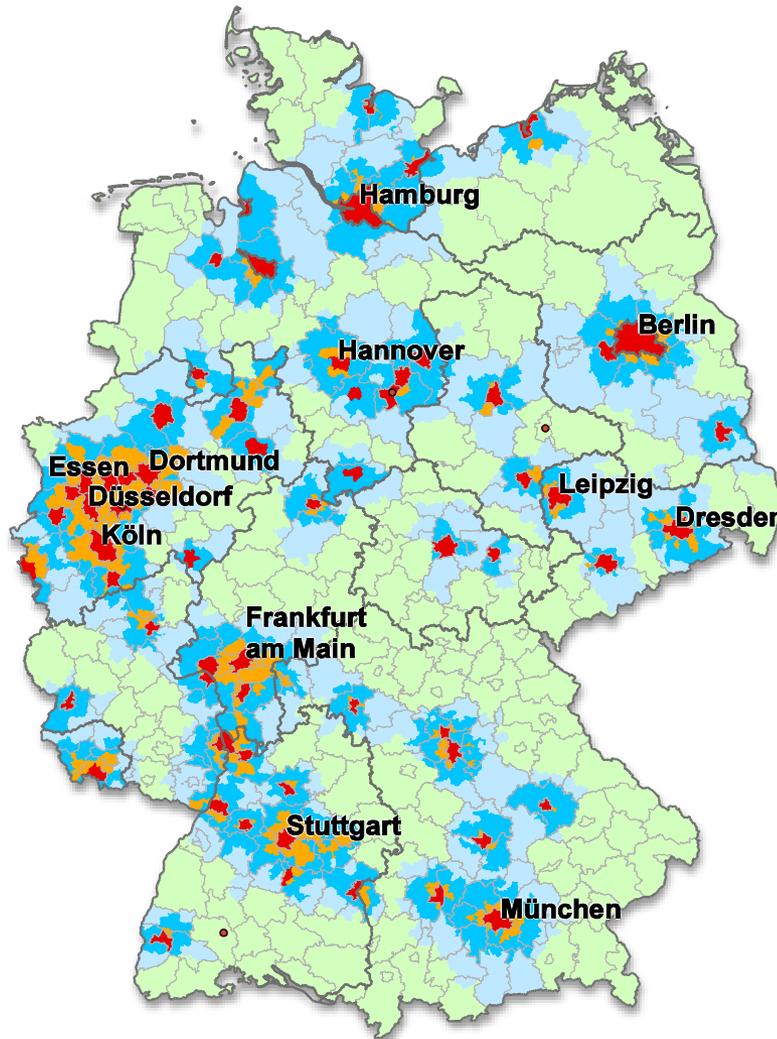
Stadtquartier



Nachfrage in Ebenen

Die auf der Gemeindeverbandsebene bestimmte Nachfrage wird auf die anderen Ebenen aufgeteilt.

Stadtquartier auf PLZ8-Ebene
circa 500 Haushalte je Gebiet;
Anwendung in ausgewählten Gemeinden



Nachfrage räumlicher Verteilung

Auf der regionalen Ebene entsteht eine Verknüpfung zwischen den einzelnen Gemeindeverbänden.

Großstadtreionen

- Zentrum
- Ergänzungsgebiet zum Zentrum
- engerer Verflechtungsraum
- weiterer Verflechtungsraum
- Gemeindeverbände außerhalb der Großstadtreionen

Datenbasis:
Laufende Raumbbeobachtung
des BBSR
Geometrische Grundlage:
BKG, Gemeindeverbände/
Stadt-Land-Regionen, 31.12.2013
Bearbeitung: P. Kuhlmann

STELLA – Modellierungsablauf – Metropole

Land- und Forstwirtschaft, Fischerei
Bergbau und Gewinnung von Steinen/Erden
Verarbeitendes Gewerbe
Energieversorgung
Wasserversorgung; Abfallentsorgung,...
Baugewerbe
Handel; Instandhaltung/Reparatur von Kfz
Verkehr und Lagerei
Gastgewerbe
Information und Kommunikation
Finanz- und Versicherungsdienstleistungen
Grundstücks- und Wohnungswesen
wissenschaftl. und techn. Dienstleistungen
Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, ...
Erziehung und Unterricht
Gesundheitswesen und Sozialwesen
Kunst, Unterhaltung, Erholung
Sonstige Dienstleistungen
Private Haushalte, Hauspersonal, ...
Exterritoriale Organisationen und Körperschaften

45 Handel mit Kfz; Instandhaltung, Reparatur
46 Großhandel (ohne Kfz)
47 Einzelhandel (ohne Kfz)

55 Beherbergung
56 Gastronomie

Flächenbezogene Daten

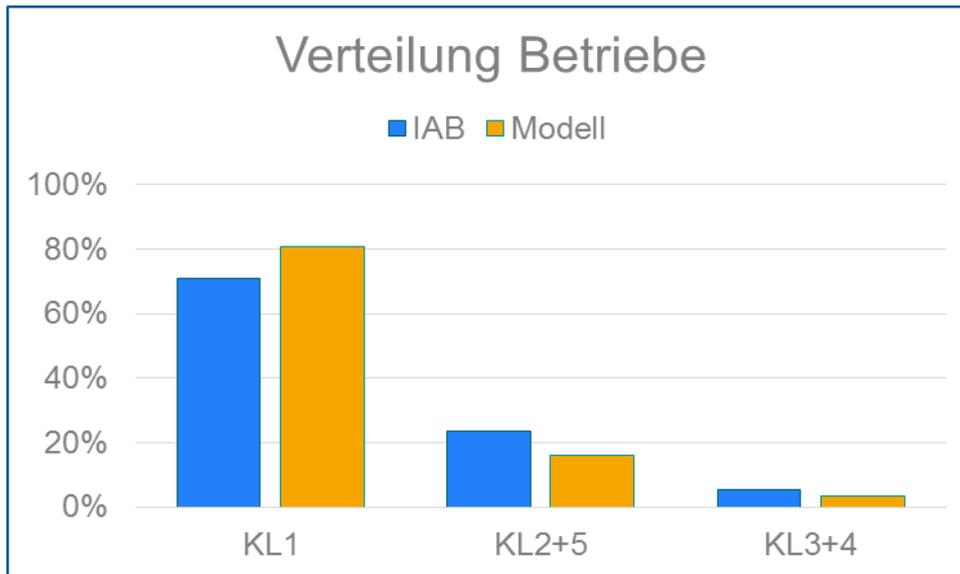
DDS-Daten: Aufgliederung nach Wirtschaftszweigen (WZ08) in 99 Kategorien.

Anzahl Betriebe nach 5 Klassengrößen.

STELLA – Modellierungsablauf – Metropole

Anzahl Betriebe DDS	
Klasse 1	1.717.656
Klasse 2	255.274
Klasse 3	61.197
Klasse 4	7.566
Klasse 5	83.649
Gesamt	2.125.342

Beschäftigtenklassen nach DDS		
Klassen	Min	Max
Klasse 1	1	9
Klasse 2	10	49
Klasse 3	50	399
Klasse 4	400	1000
Klasse 5	unbestimmt	



Flächenbezogene Daten

Abgleich der Anzahl der Betriebe und der Beschäftigten mit Daten des Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung



M1



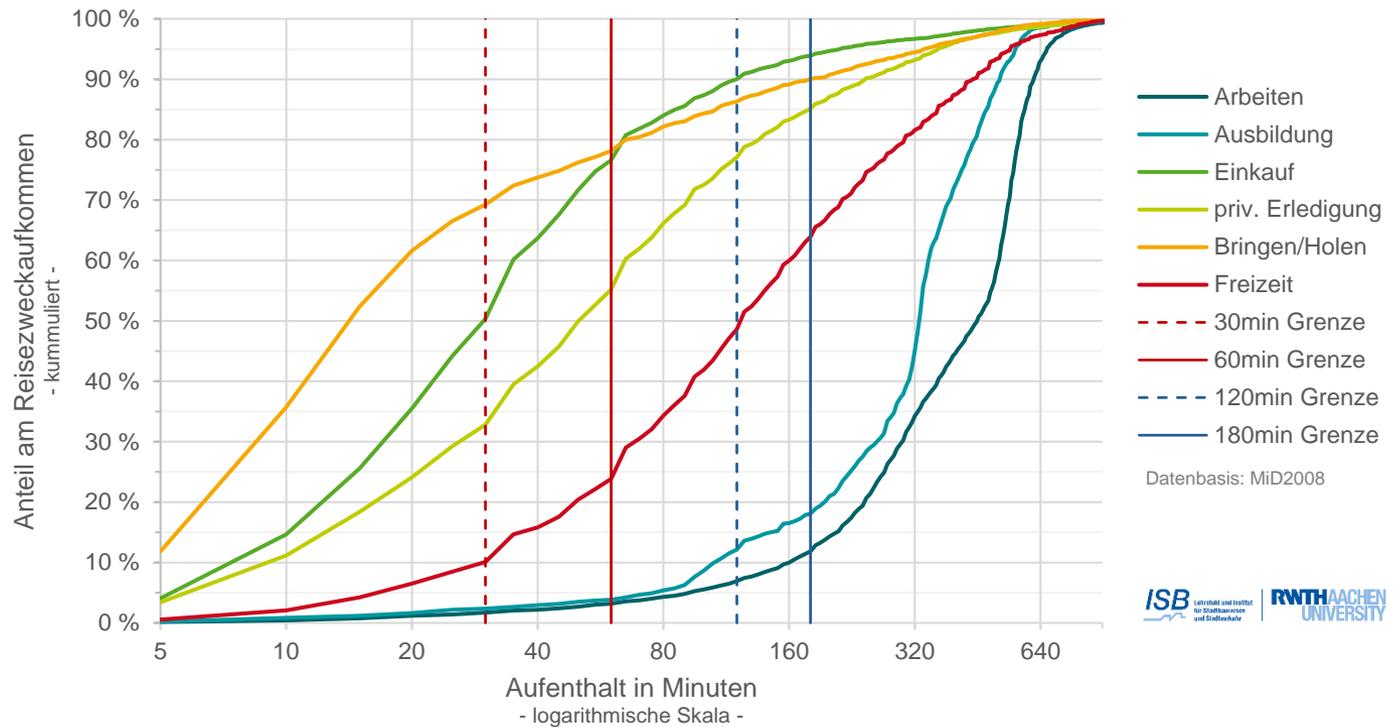
M2

Aufenthalts- dauer vor Ort

Eine Reihe von Indikatoren werden auf ausgewählte Zonen bezogen und mit einander gewichtet verrechnet



Häufigkeit der Aufenthaltsdauer am Aktivitätenort



Quelle: Brost et. al. 2016

STELLA – Modellierungsablauf – Metropole

Restaurants	Specialty Stores	School	ATM	Bank	Parking Lot	Hotel	Auto Service	Medical Service
								
ca. 76.600	67.700	38.500	37.600	32.900	22.300	20.500	19.400	19.300
Grocery Store	Clothing Store	Pharmacy	Gas Station	Automobile Dealership	Post Office	Recreation Area	Industrial Zone	Nightlife
								
ca. 19.100	19.000	18.600	14.600	13.900	12.000	11.400	9.000	6.500
Rental Car	Historical Monument	Electronics Store	Sports Centre	Commuter Rail Station	Place of Worship	Sporting Goods	City Hall	Government Offices
								
ca. 5.400	5.300	4.900	4.800	4.400	4.400	4.300	4.100	4.000
Parking Garage	Train Station	Home Specialty Store	Cemetery	Business Facility	Museum	Tourist Attraction	Hospital	etc.
								
ca. 3.900	3.500	3.100	3.100	3.000	2.900	2.800	2.600	



M1



M2

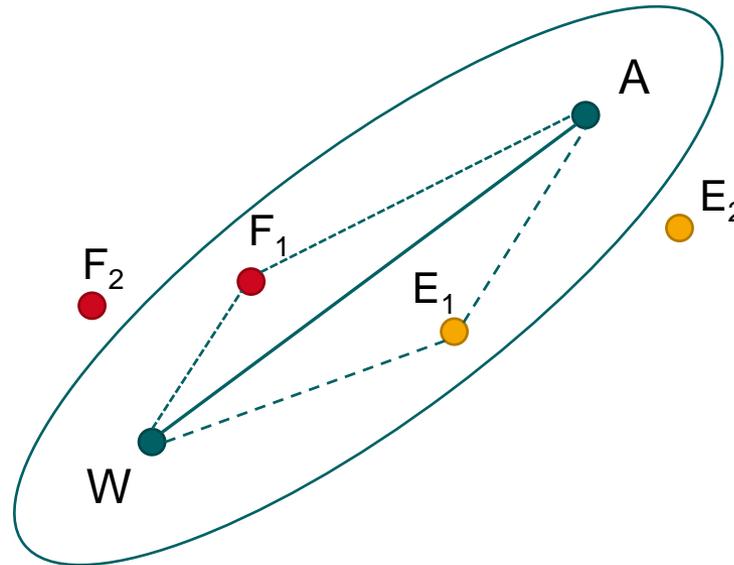


M3

Einzugsbereich der Infrastruktur

Abhängig von der Funktion
der POI werden Einzugs-
bereiche um die POI auf
die Strukturgröße bezogen

STELLA – Modellierungsablauf – Metropole



Bipolare Betrachtung der Wegbeziehungen

Durch Identifikation von Einzugsgebieten und Umwegempfindlichkeit kann die Akzeptanz einzelner Standorte benannt werden.

theoretisches Beispiel

Weitere Rahmenbedingungen

Stromnetzbetrachtung, Nutzererhebung
und geplanten Methodenerweiterungen

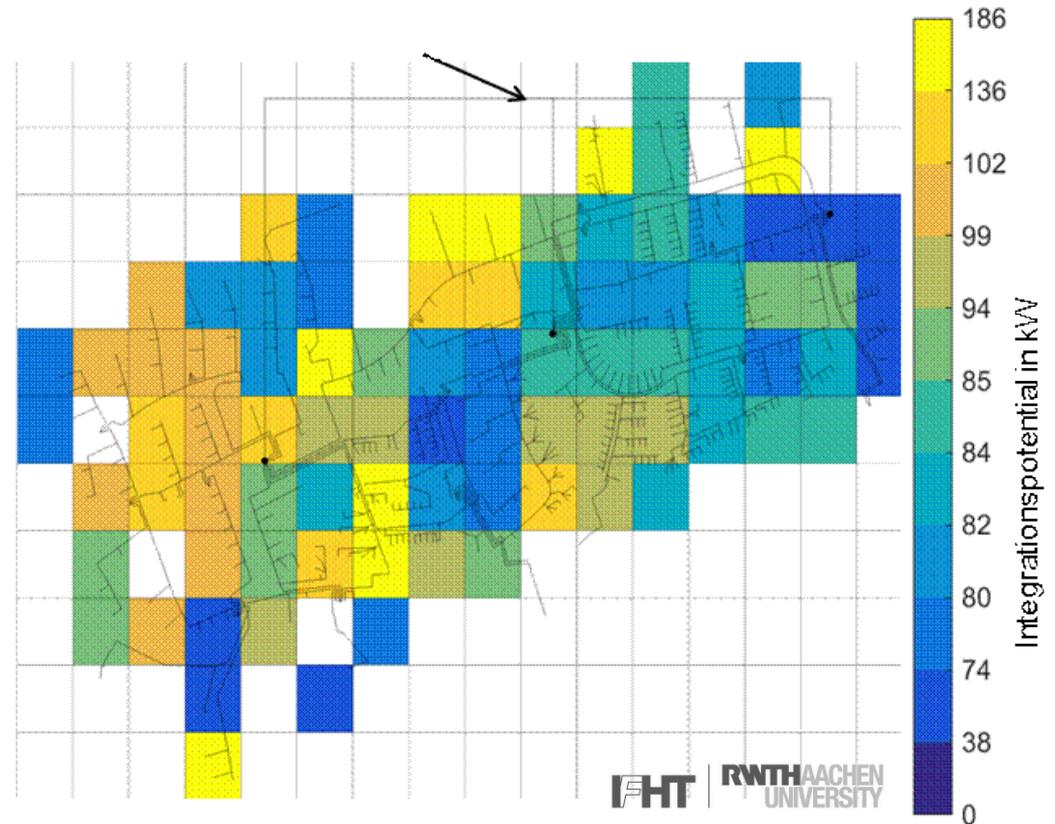
Bestimmung des Integration- und des Beeinflussungspotenzials

Fragestellung: Wie beeinflusst eine zusätzlich angeschlossene Leistung (z.B. $P = 100 \text{ kW}$) das Integrationspotenzial anderer Knoten?

Auswirkungen sind bei engpassbehafteten Ringen im selben Ring zu finden.

Auswirkungen in ähnlicher Größenordnung wie die Ursache.

Daten liegen für die Stadt Stuttgart im Projekt SLAM vor.



Bestimmung des Nutzung und Ladeszenarien

Befragung zum Thema:
Schnellladestationen für
Elektrofahrzeuge
(Schnellladen ≥ 43 kW)

Als Elektrofahrzeuge werden
hierbei elektrisch betriebene
Fahrzeuge (z. B. e-up!, MiniE)
angesehen, Hybrid- und Plug-
In-Hybride werden in dieser
Studie ebenfalls als
Elektrofahrzeug definiert.



SLAM Schnellladnetz
für Achsen und Metropolen

Helfen Sie mit, Ladeinfrastruktur
weiter zu verbessern ...



... und sagen Sie uns Ihre Meinung!

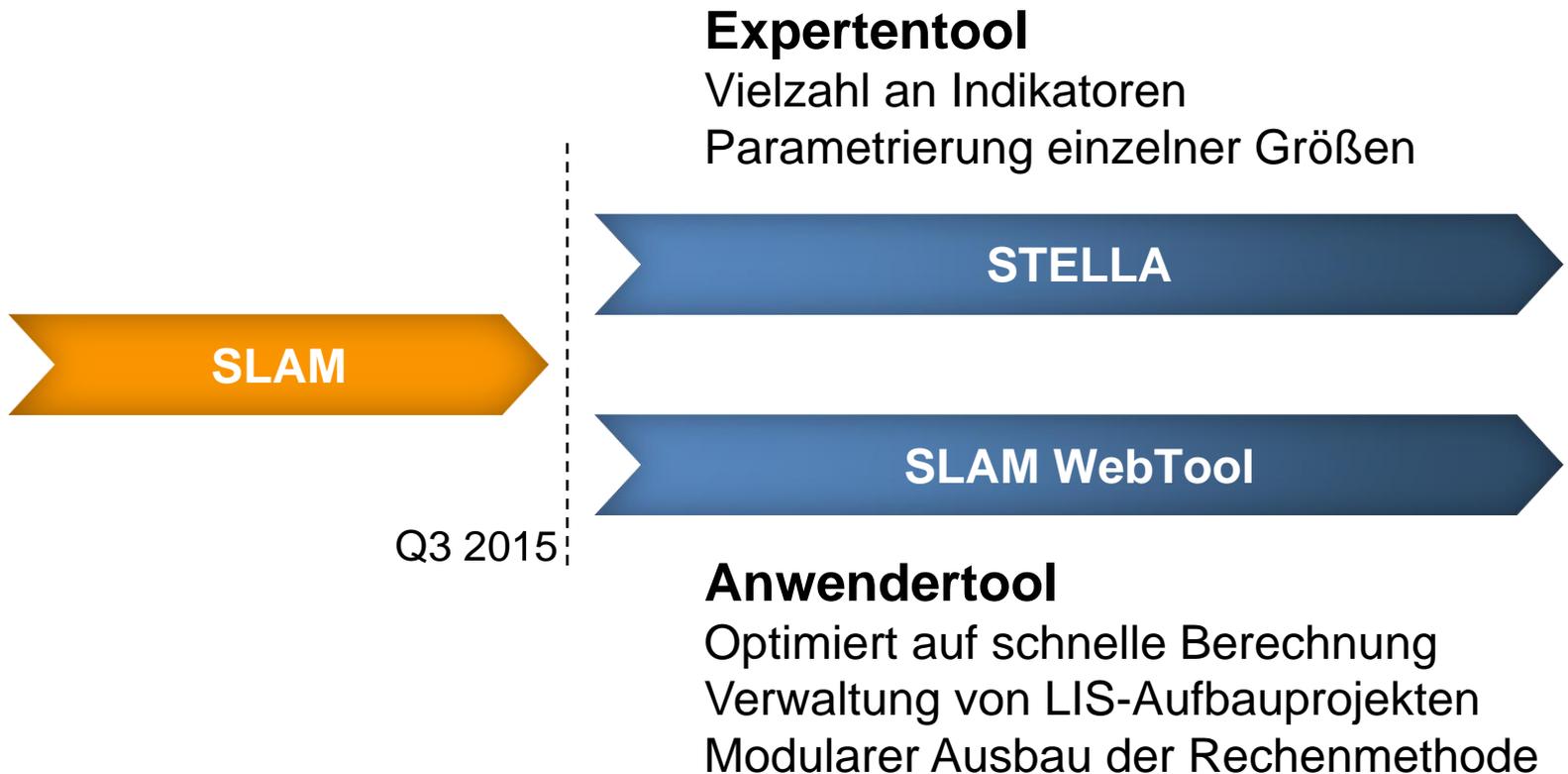
BMW
GROUP
PORSCHE

DAIMLER
RWTH AACHEN
UNIVERSITY

DG VERLAG
Universität Stuttgart
Technische Universität München

EnBW
VW

Auskopplungen – SLAM WebTool



STELLA – Verbindung von Indikatoren

Querverbindung der Eingangsparameter

Nutzerabgrenzung

Soziodemografie, Familienstruktur, Bildung, Arbeitstätigkeit, Einkommen / Kaufkraft, GVB-Typ / Stadtquartierstyp

Siedlungsstruktur

Kreis- / GVB-Typ, Stadtquartiere, Attraktionen WAEF, touristisches Potential, Straßennetzanschluss, Wirkung in die Fläche

Anwendungsbereiche

ländlich, Vorstadt, Stadt, Kernstadt

Ladestrategien

Nutzungsszenarien



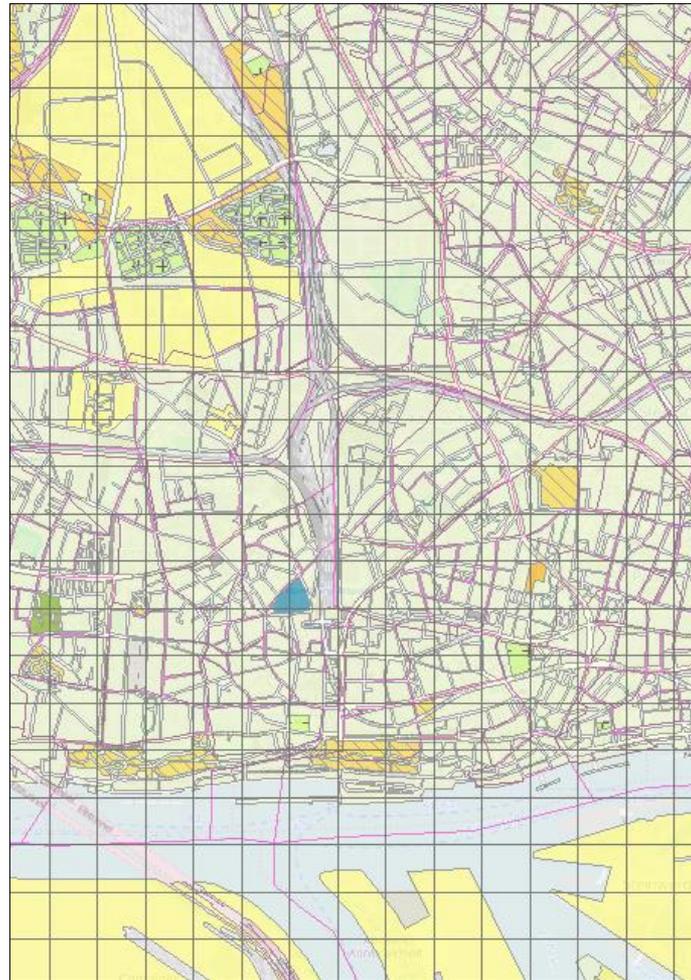
Sowohl als einzelne Szenarien als auch Kombination möglich.

STELLA – Gitterliniennetz als Anzeigeebene

Räumliche Ausgabebasis

Durch räumliche
Zuschnitt der
Bewertungselemente
erfolgt die Ausgabe
der Potentiale auf der
INSPIRE-Spezifikation
basierendem
Rasternetz.

Maschenbreite 250m

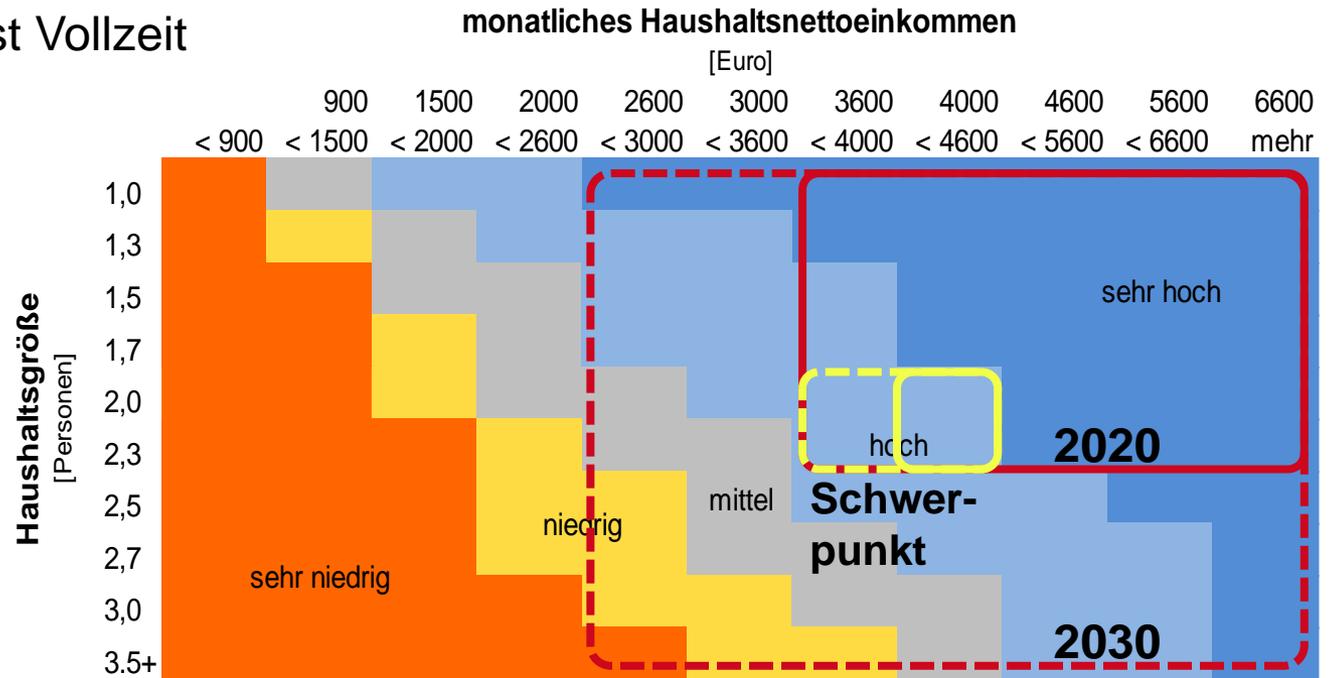


Beispiel an der
Stadt Hamburg

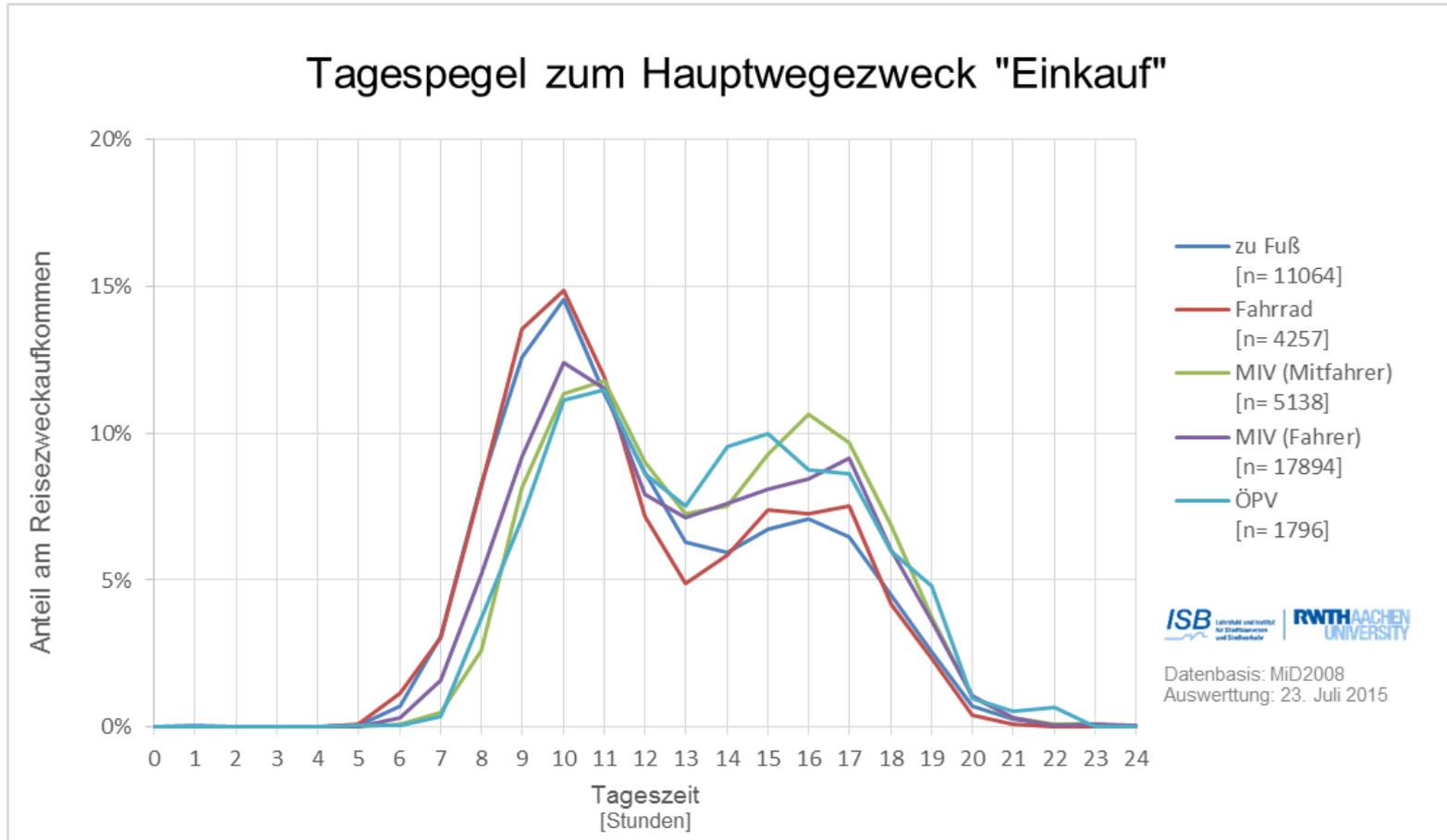
Nutzerschichten

Wer sind die E-Mobilen heute und morgen?

Der heutige private E-Nutzer ist männlich, rund 50 Jahren alt mit Hochschulabschluss, wohnt in einen EFH und ist meist Vollzeit beschäftigt (Studium).



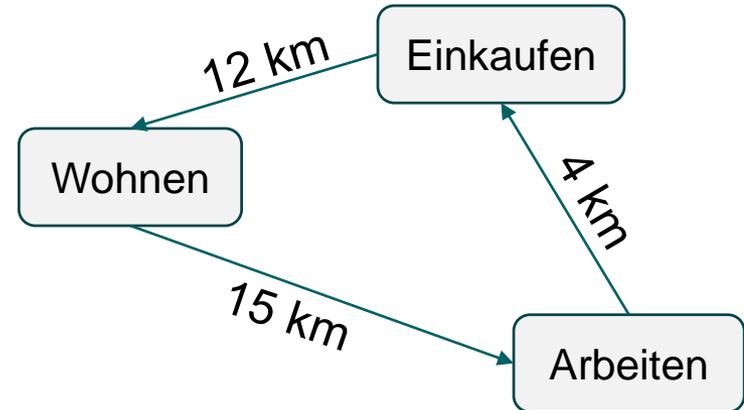
Aufenthaltszeiten



Mobilitätskennwerte / Verkehrsnetze

Akzeptanz für Umwege

- Gewichtung durch Befragung (z. B. Nutzerbefragung durch das ika)
- Vergleich der Wege der MiD
Unterschied zwischen den Hin- und Rückwegen
- RIN-Analyse des Netzes
Entfernung bis zum Qualitätswechsel



Umweg in km	P ₂₅	Med	P ₇₅
Einkaufen	1.0	2.9	9.5
Erledigung	1.9	4.8	15.5
Brinden/Holen	1.0	3.8	10.0
Freizeit	1.9	5.7	12.4