

# HPC ABSCHLUSSPRÄSENTATION

HPC Abschlusspräsentation

# Bildung Szenariorahmen und Ableitung des Ladebedarfs

# Aufgaben AP1 – Inhalte

## AP 1.1 Analyse von Mobilitätsdaten

- Identifikation von relevanten Nutzergruppen für eine HPC-Infrastruktur
- Ableitung von Fahrprofilen
- Analyse von Ankunftszeiten, Fahrtzeiten und Fahrstrecken
- Ableitung von Lastprofilen der Nutzergruppen

## AP 1.2 Analyse sozioökonomischer Daten

- Zuordnung von Nutzergruppen zu Sinus-Milieus anhand von sozioökonomischen Daten
- Analyse von regionalen Ladebedarfen

## AP 1.3 Regionale Leitszenarien Elektromobilität

- Kombination von Mobilitätsdaten und sozioökonomischen Daten in verschiedenen Szenarien zur Entwicklung von Ladestrategien
- Szenarien für unterschiedliche Durchdringungsgrade der Elektromobilität
- Anzahl und Regionalisierung von Elektrofahrzeugen

# Identifikation von relevanten Nutzergruppen für HPC-LIS

## Nutzergruppen / Nutzungskonzepte

### 1. Quartierstankstelle / Lade-Hub im Quartier

- Hauptsächlich Mehrfamilienbebauung
- Versorgung von Anwohnern in Quartieren ohne private LIS
- Carsharing?

### 2. Einzelhandel / Supermärkte

- Schnelllademöglichkeit für die Kunden als Synergieeffekt (Vorteil ggü. „klassischer Tankstelle“ – Wartezeit kann genutzt werden)

### 3. Points of Interest / Orte für Freizeitaktivitäten

- Nutzung durch Tagestouristen oder Ausflügler, die touristische Attraktionen besuchen (Stadion, Zoo, Museum,...)

### 4. Firmenparkplätze

- Kunden und Geschäftspartner (B2B) können während eines Termins den aus der Hinfahrt resultierenden Ladebedarf decken

### 5. (Firmenflotten)

- Taxi-Stände oder Lieferdienste, die während der Standzeiten im Hub den Ladebedarf decken können

## Analyse

### 1. Zeitreihen (auf Basis von *MiD-Daten*)

- Ankunfts- und Abfahrtszeit
- Resultierende Verweildauer
- Absolvierte Wegstrecke – einzelne Wege und Routen

### 2. Zuordnung der Nutzung

- **Bedarfsanalyse:**  
Welche Ladebedarfe/Anforderungen ergeben sich für die einzelnen Anwendungskonzepte?
- Anzahl der potentiellen Kunden je Tag

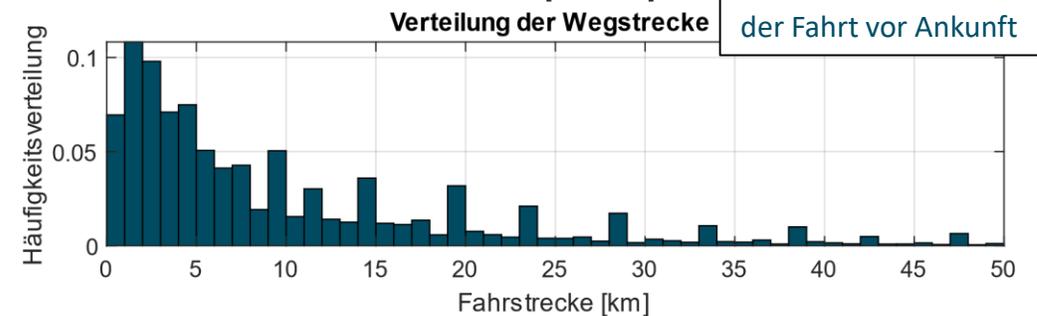
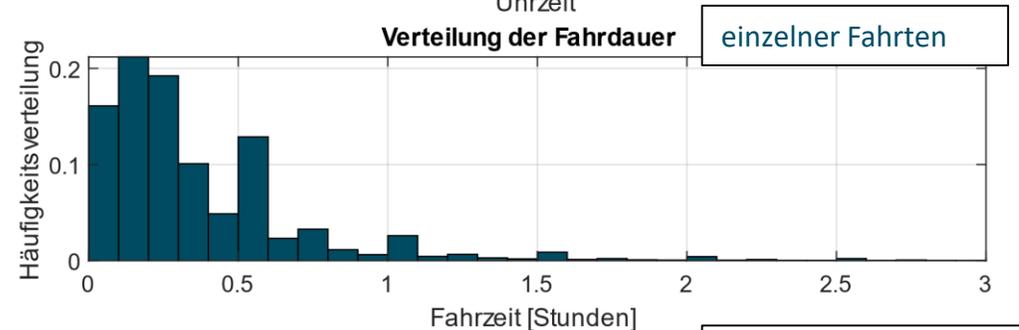
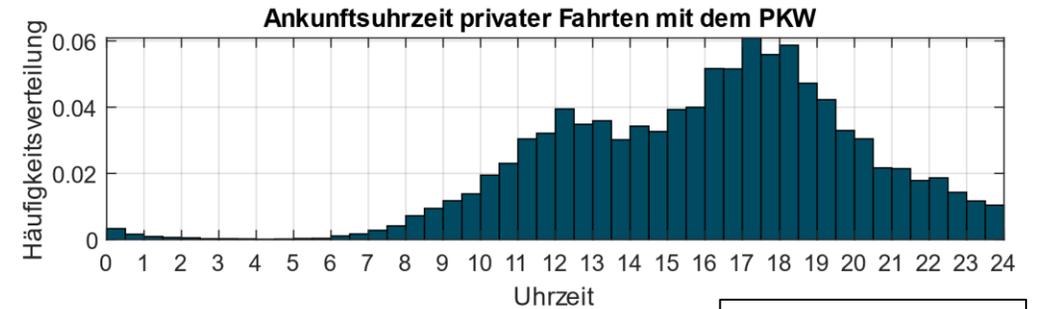
# Identifikation der Nutzungskonzepte - Zeitreihen

## Quartierstankstelle

- Zielgruppe: **Anwohner**, die keine private LIS haben und **Besucher**
- Nutzung des Fahrzeugs für private Zwecke oder für den Weg zur Arbeitsstätte

## Fahrverhalten

- Einkauf, Private Erledigungen, Freizeit, Arbeit
- Ankunftsverhalten der Anwohner im Quartier und zurückgelegte Strecke bestimmen Ladebedarf und dessen zeitlichen Verlauf



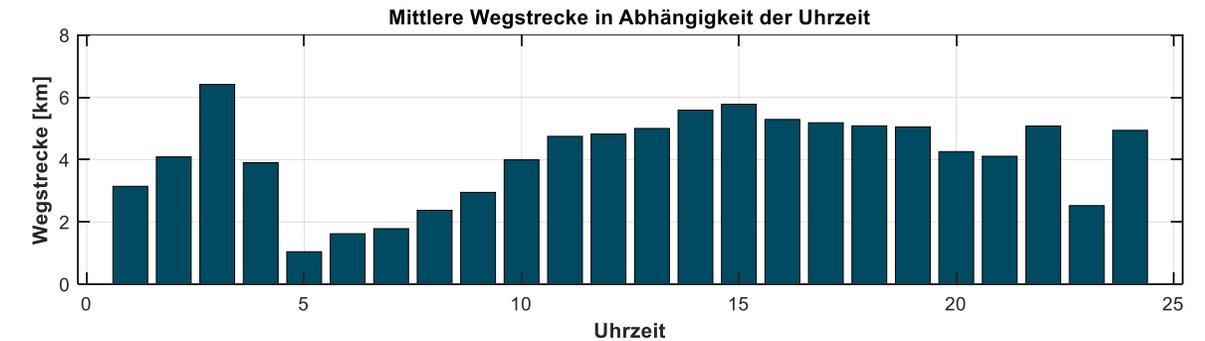
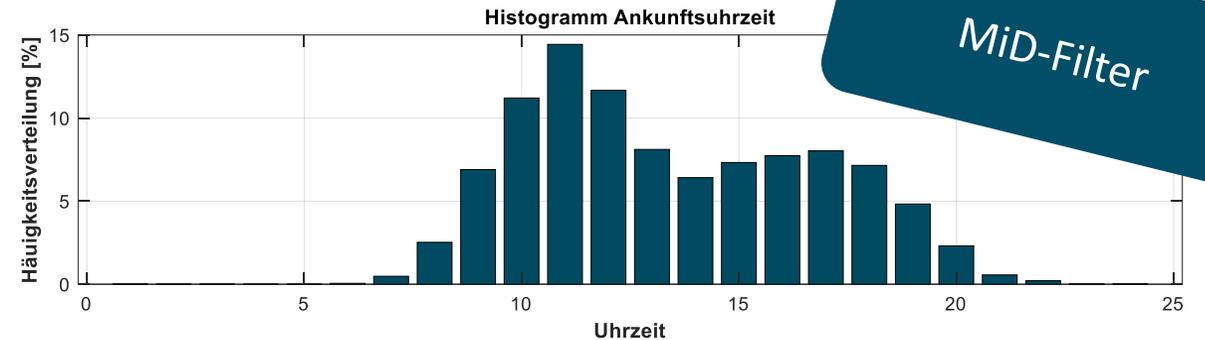
# Identifikation der Nutzungskonzepte - Zeitreihen

## Einzelhandel / Supermarkt

- Zielgruppe: **Kunden ohne eigene LIS** oder mit signifikantem Ladebedarf
- Synergieeffekt „Laden und Einkaufen“ – keine Wartezeit

## Fahrverhalten

- Einkauf
- Berücksichtigung vorangegangener Wege
- Verteilung der Ankunftszeiten und zurückgelegte Wegstrecken bestimmen den Ladebedarf
- Verweildauer begrenzt das Ladepotential



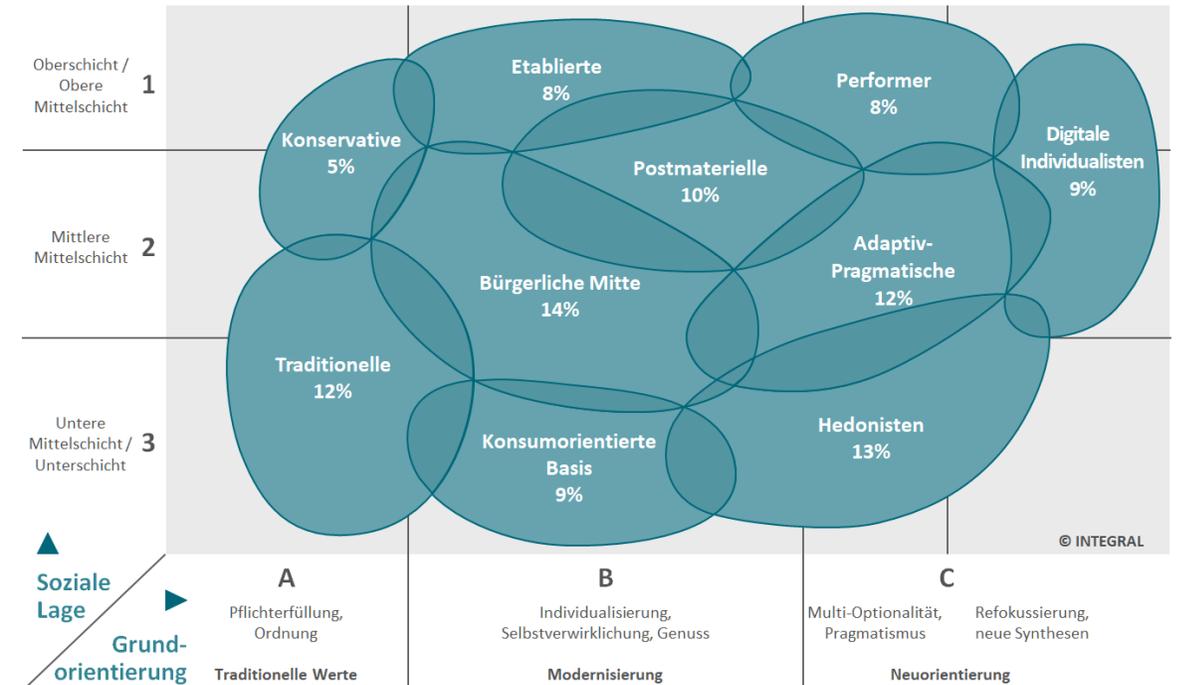
- Weitere Differenzierung nach Wochentagen möglich
- Kundenaufkommen
- Bestimmung der Verweildauer

# Analyse sozio-ökonomischer Daten

## Ausgangssituation

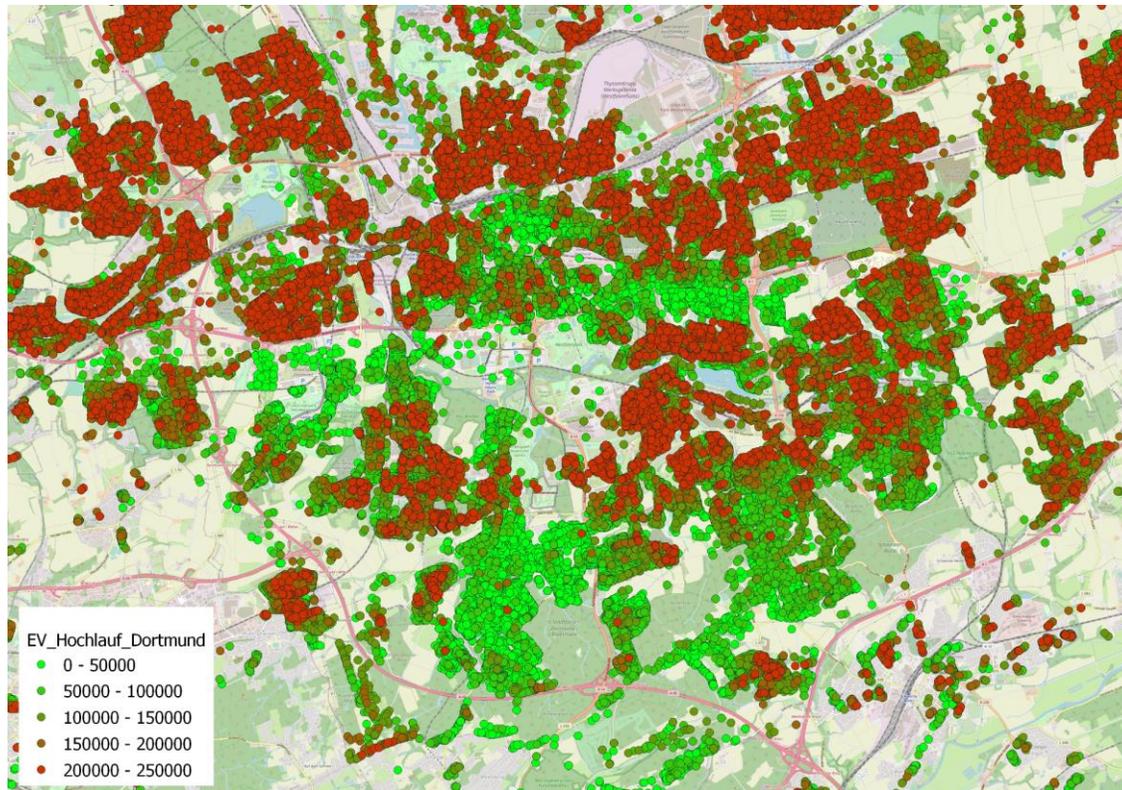
- **Sozio-ökonomische Milieus** sind ein Indikator für die Antriebs-Transformation hin zur Elektromobilität
- Die Verteilung von EV erfolgt über die Zuordnung von **sozio-ökonomischen Milieus** (sinus Milieus)
- Jedem Haushalt kann in Milieu zugeordnet werden
- Herleitung der Affinität zur Substitution eines Fahrzeugs konventioneller Technik mit einem Elektrofahrzeug
- Zuordnung eines **Scorewertes**, welcher sich aus dem Vergleich der Affinitäten miteinander ergibt
- Für die Anwendung ist die Auswahl eines **Beispielquartiers** erforderlich

## Sozio-ökonomische Milieus



# Analyse sozio-ökonomischer Daten

## Verteilung der Elektrofahrzeuge – Beispiel Dortmund

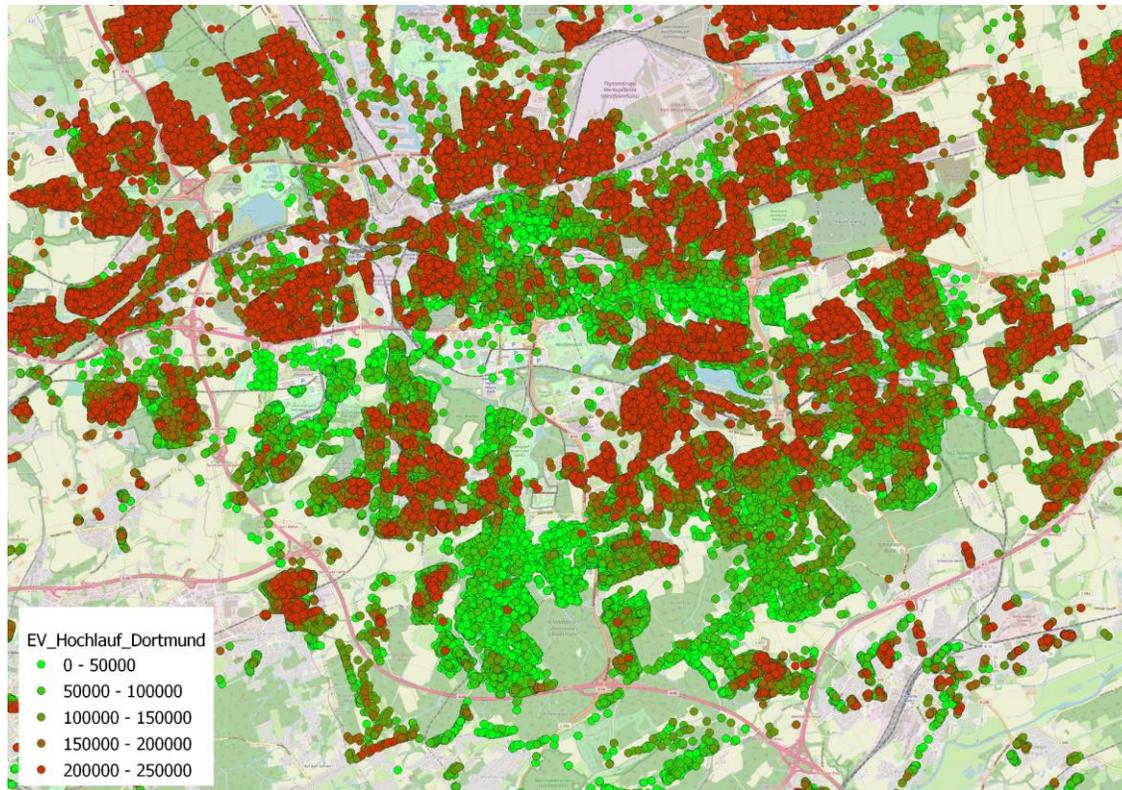


- Angemeldete Fahrzeuge werden auf den Beispielraum (hier Dortmund) verteilt
- Die Verteilung basiert auf der Affinität basierenden **Scorewerte**
- Fahrzeuge werden in Abhängigkeit des regionalen EV-Szenarios dementsprechend substituiert

# Regionalisierung EV - Anwohner

## Hochlauf Einwohner Dortmund

- Affinität als Score-Wert für den Hochlauf von Elektromobilität, bezogen auf Dortmund



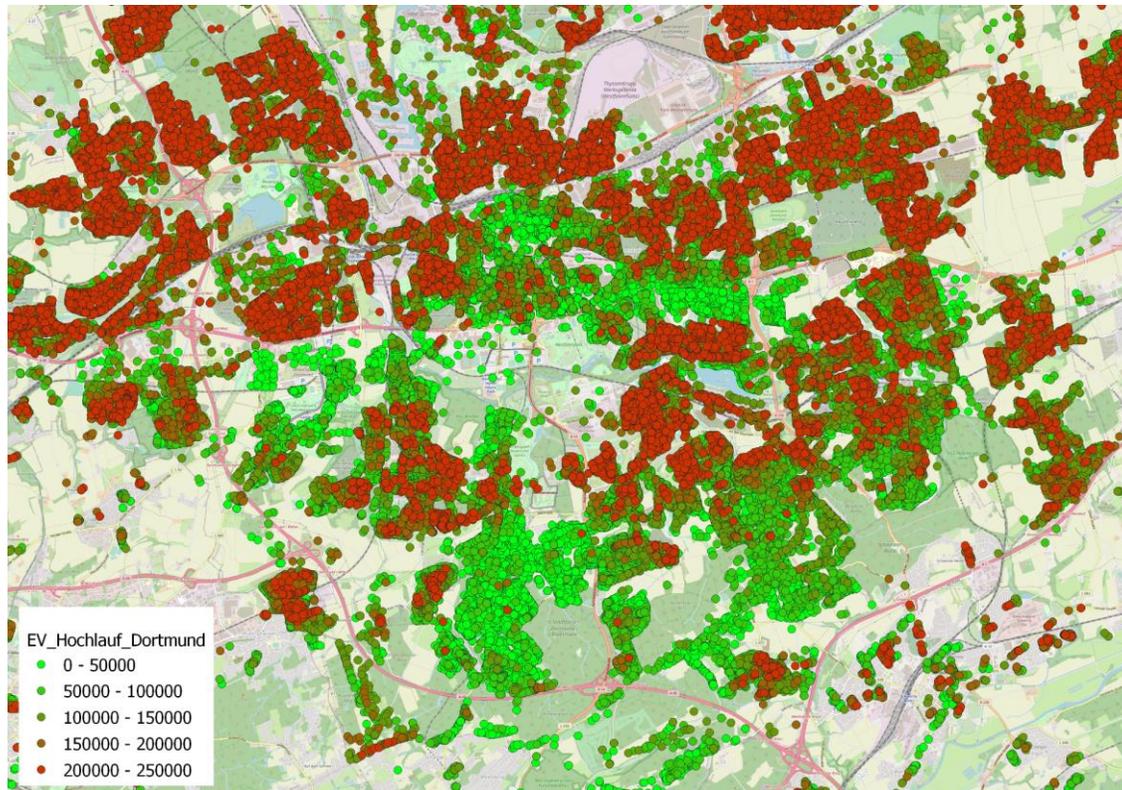
## Methodik

- Auswertung der *microm*-Daten zur Herleitung einer Affinität zur Substitution eines Fahrzeugs mit konventionellem Verbrennungsmotor durch ein Elektrofahrzeuge auf Grundlage von
  - Bildungsgrad
  - Einkommen
  - Familiäre Situation
  - ....
- Verteilung von Garagenflächen auf die Einwohner zur Beeinflussung der Affinität
- Beeinflussung der Nachbarn untereinander (Mund-zu-Mund-Propaganda)
- Abbildung der Reihenfolge einer Elektrifizierung über einen Score-Wert für alle Fahrzeuge in Dortmund

# Regionalisierung EV - Anwohner

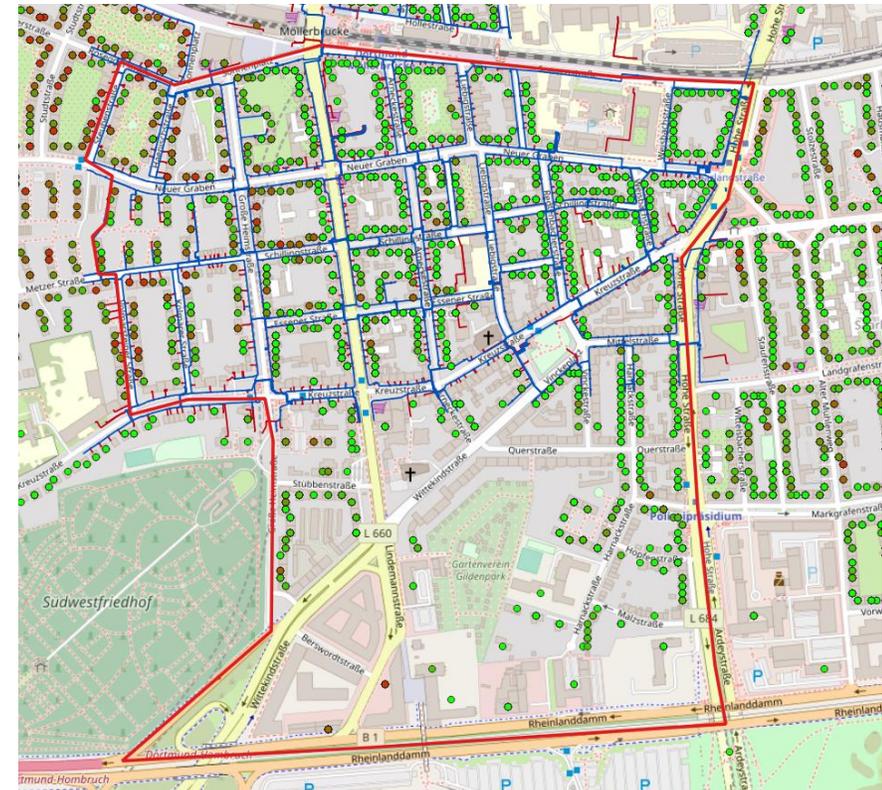
## Hochlauf Einwohner Dortmund

- Affinität als Score-Wert für den Hochlauf von Elektromobilität, bezogen auf Dortmund



## Hochlauf Einwohner Kreuzviertel

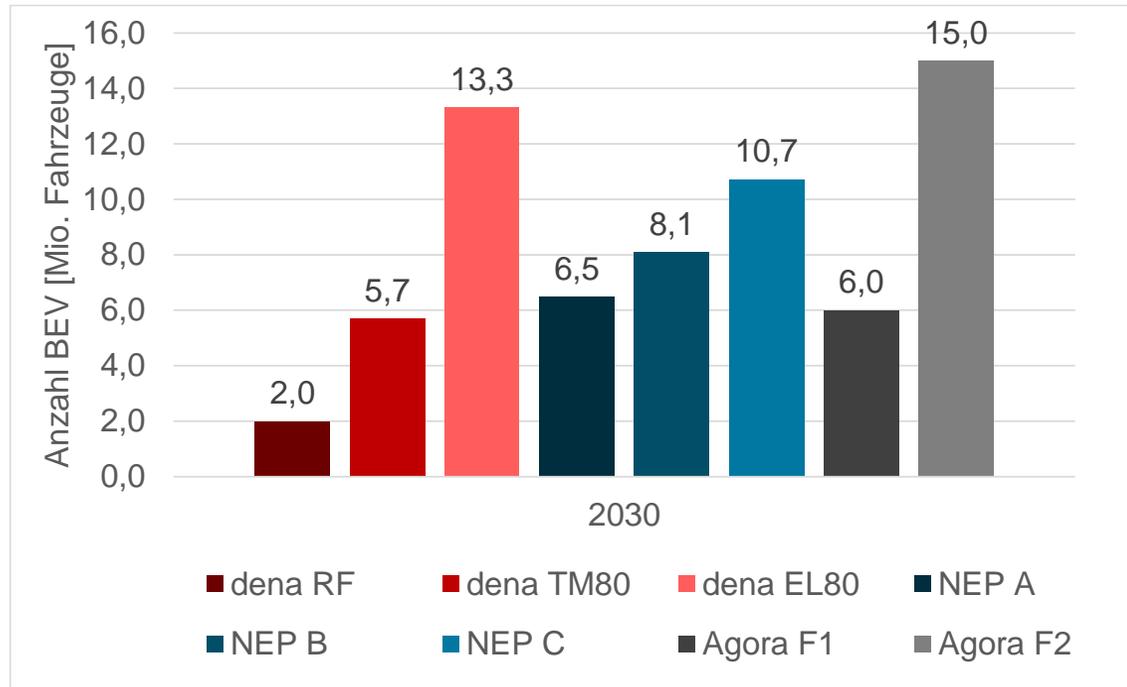
- Ausschnitt des Hochlaufs für das Kreuzviertel mit sehr heterogener Verteilung → Ideales Einsatzgebiet



# Regionale Leitszenarien Elektromobilität

## Recherche Elektromobilitätsszenarien

- „dena-Leitstudie Integrierte Energiewende“
- „NEP Strom 2021“
- „Agora Elektromobilität im Fokus“



## Festlegung Szenario

- Festlegung eines Szenarios für das Jahr 2030 als Grundlage für die Regionalisierung erforderlich

## Beispiel NEP Strom

- Moderate Substitution 8,1 Mio. (17%) Fahrzeuge
- Ambitionierte Substitution 10,7 Mio. (22,5%) Fahrzeuge

# Regionale Leitszenarien Elektromobilität

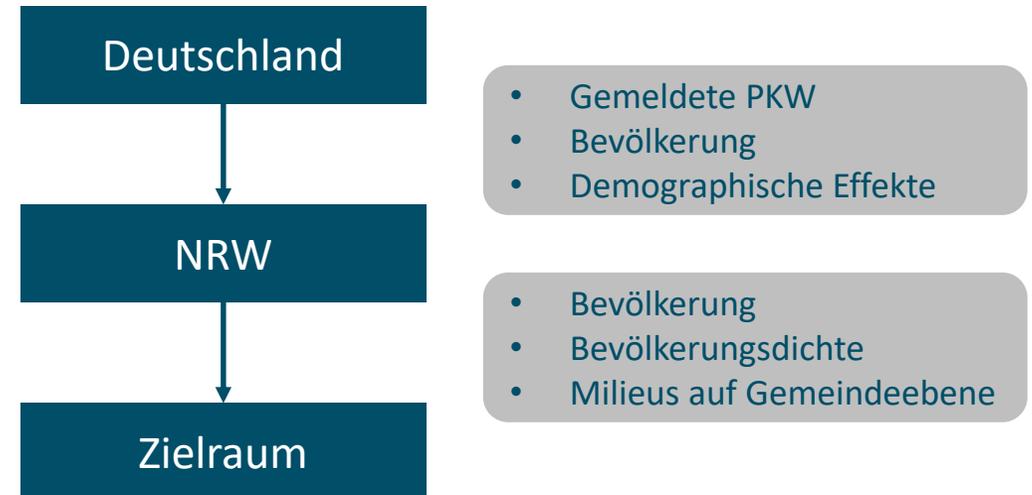
## Verteilung am Beispiel Dortmund

- Zunächst homogene Verteilung des Substitutionsgrades von Deutschland auf Dortmund
- Prozentuale Verteilung von Deutschland wird auf Dortmund übertragen

- **Moderate Substitution**      47.500 (17%) Fahrzeuge
- **Ambitionierte Substitution**      63.300 (22,5%) Fahrzeuge

## Mögliche Differenzierung

- Regionalisierung auf NRW über die Einwohner
- Weiterführende Regionalisierung über die Betrachtung einzelner Gemeinden



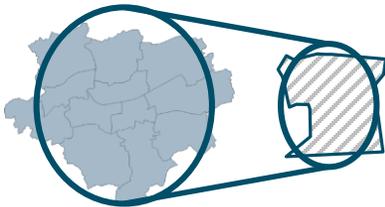
# Regionalisierung EV - Anwohner

## Prozess

1. Begrenzung des Betrachtungsraums über die verfügbaren Daten
2. Zuordnung der elektrifizierten Fahrzeuge je Haushalt über den Elektrifizierungsgrad

## Fahrzeuge Dortmund

- Insgesamt, Stand 2021 **286.461 Fahrzeuge**
- Bei 17.5% Elektrifizierung **50.130 Fahrzeuge**
- Bei 22.5% Elektrifizierung **64.453 Fahrzeuge**

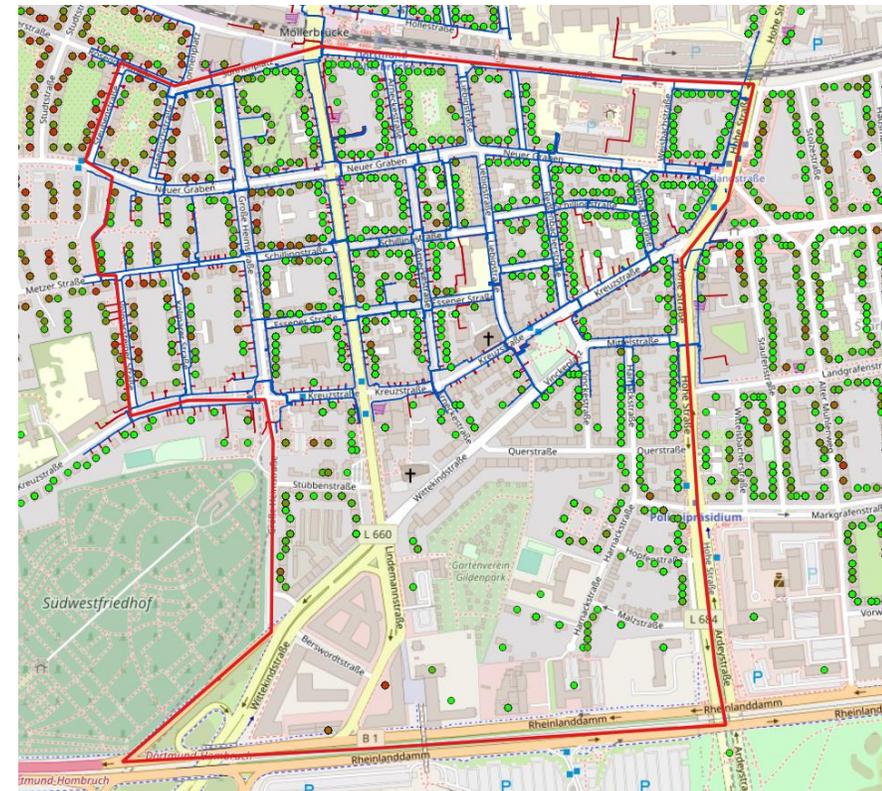


## Fahrzeuge im Kreuzviertel ohne privaten Stellplatz

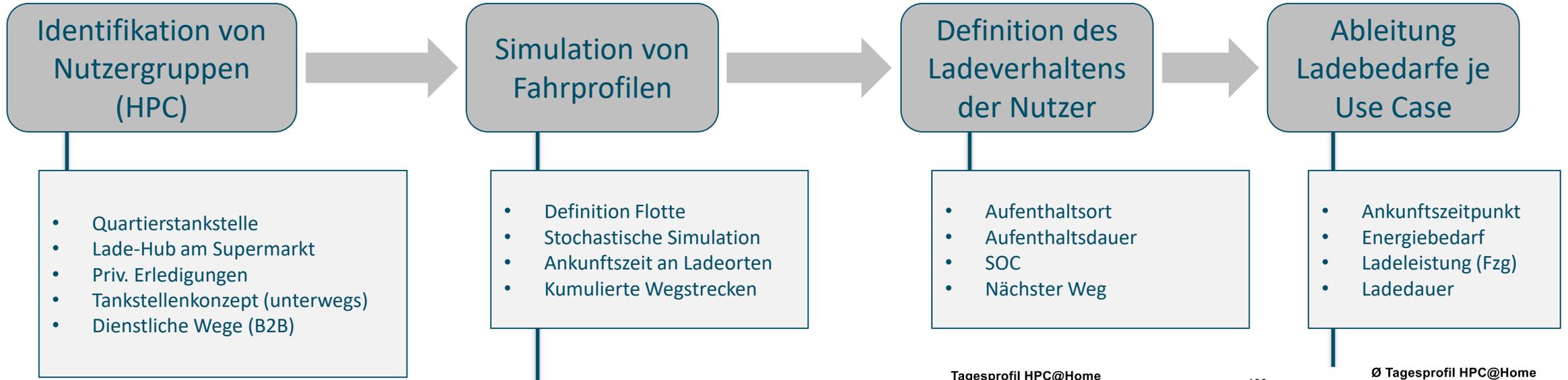
- Bei 17.5% Elektrifizierung **1.007 Fahrzeuge**
- Bei 22.5% Elektrifizierung **1.295 Fahrzeuge**

## Hochlauf Einwohner Kreuzviertel

- Ausschnitt des Hochlaufs für das Kreuzviertel mit sehr heterogener Verteilung → Ideales Einsatzgebiet



# AP1 – Analyse von Mobilitätsdaten

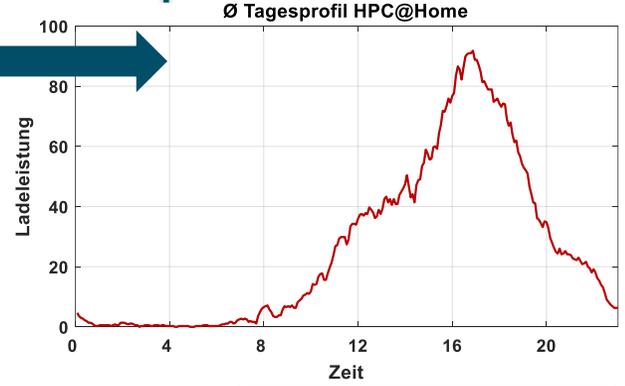
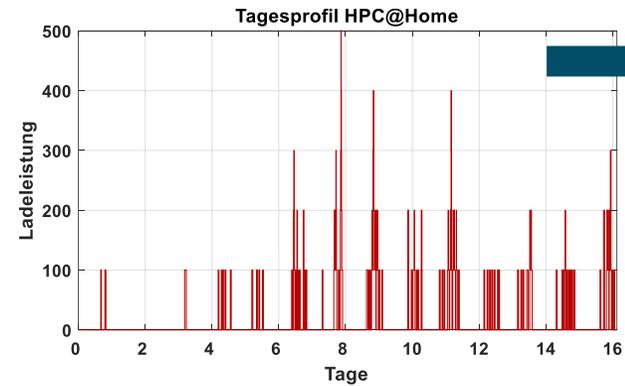
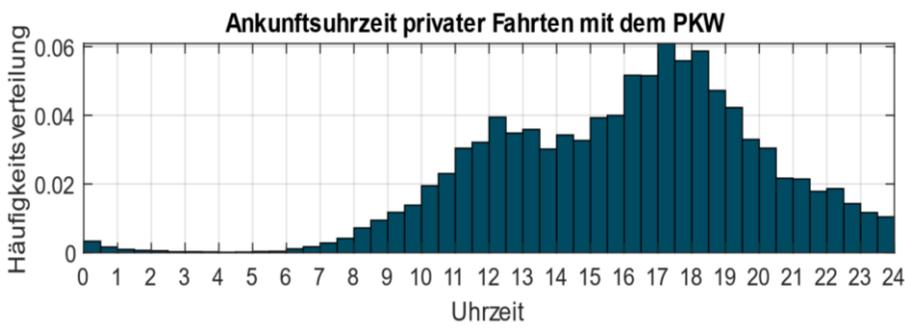


- Quartierstankstelle
- Lade-Hub am Supermarkt
- Priv. Erledigungen
- Tankstellenkonzept (unterwegs)
- Dienstliche Wege (B2B)

- Definition Flotte
- Stochastische Simulation
- Ankunftszeit an Ladeorten
- Kumulierte Wegstrecken

- Aufenthaltsort
- Aufenthaltsdauer
- SOC
- Nächster Weg

- Ankunftszeitpunkt
- Energiebedarf
- Ladeleistung (Fzg)
- Ladedauer



Mobilitätsmodell ef.Ruhr

# Analyse von Mobilitätsdaten

## Definition des Ladeverhaltens der Nutzer

- Festlegung Ladekonzept an einzelnen Orten
- Annahmen für Fahrzeuge ohne privaten Stellplatz

Weg-Zweck	Lade UseCase	LIS Leistung	$\eta$	Lade-W'keit
Zu Hause	LH innerorts	150 kW		56 %
Arbeit	Arbeit	22 kW		48 %
Dienstfahrt	Arbeit	150 kW		56 %
Shopping	Kunden-Parkplatz	150 kW	95 %	61 %
Priv. Erledigung	LH innerorts	150 kW		30 %
Sonst	LH innerorts	150 kW		30 %
Unterwegs	LH Achse	350 kW		P (SoC)

## Ableitung Ladebedarf je Use Case / Standort

1. Durchverfolgung aller Fahrzeuge durch die Mobilitätsdaten
2. Entscheidung an Aufenthaltsort, ob geladen wird  
Berücksichtigung von **Wahrscheinlichkeiten** für Ladevorgänge in Abhängigkeit von **SOC** und **Aufenthaltsort**
3. Bestimmung Ladebedarf an Aufenthaltsort in Abhängigkeit von Ladeleistung des Fzgs und der LIS
4. Standzeit ergibt sich in Abhängigkeit der geplanten Verweildauer

## Ergebnis

- Ladebedarf je Fahrzeug an allen Aufenthaltsorten über ein Jahr als Zeitreihe mit 5-minütiger Auflösung
- Ermöglicht die Ableitung der erforderlichen LIS-Anzahl an einzelnen Aufenthaltsorten
- Grundlage für die Detail-Analyse einzelner Aufenthaltsorte

# Erkenntnisse aus der Definition von Nutzergruppen für HPC-Laden

1. HPC-LIS erhält in den Gebieten besondere Relevanz, in denen keine private LIS verfügbar oder möglich ist.
  - a) Urbane Räume / Mehrfamilienbebauung – überall wo Fahrzeuge öffentlichen Parkraum nutzen
  - b) Besondere Bedeutung für das sog. Quartiersladen
2. Parameter, die zur Identifikation des Ladeverhaltens/Bedarfes in einem Zielraum berücksichtigt werden
  - a) Anteil mit / ohne private LIS
  - b) Anteile Einfamilienhäuser (EFH) und Mehrfamilienhäuser (MFH) in der Untersuchungsregion
  - c) Festlegung von Wahrscheinlichkeiten zum Laden an unterschiedlichen Ladeorten (Grundlage ist Studie der Nationalen Leitstelle Ladeinfrastruktur 2020 zur Ladeinfrastruktur nach 2025/2030)
  - d) Resultat: Flotte, der für jeden potentiellen Ladeort eine Ladewahrscheinlichkeit zugeordnet ist.
  - e) Definition des Anteils dieser Flotte, der HPC-LIS nutzt → hier: Annahme, dass das HPC-System an allen öffentlichen Ladeorten zur Verfügung steht und genutzt wird
3. Es werden in einer stochastischen Simulation basierend auf den MiD 2017-Daten synthetische Fahrprofile (Markov-Ansatz) bestimmt und anschließend Ladebedarfe und –Vorgänge abgeleitet
4. Modell stellt Grundlage zu einer generischen Abschätzung des HPC-LIS-Bedarfs in einer Beispiel-Region dar.
5. Anwendung der Bedarfsermittlung erfolgt beispielhaft für ein urbanes Quartier in Dortmund; Die Integration in das NS-Netz wird anhand von typischen NS-Netzen des SimBench-Datensatz durchgeführt.

HPC Abschlusspräsentation

# Ableitung von DC-Ladebedarfen

# Ableitung Ladebedarf an einem Aufenthaltsort im Untersuchungsraum

## Regionalisierung Elektrofahrzeuge im Dortmunder Kreuzviertel

- Private Fahrzeuge ohne privaten Stellplatz → 1.007 Fahrzeuge
- Simulation des Fahrverhaltens anhand eines Mobilitätsmodells
- Berücksichtigung von Wahrscheinlichkeiten für Ladevorgänge an einzelnen Aufenthaltsorten in Abhängigkeit von SOC und Ort

➤ Ladebedarf am Aufenthaltsort zu Hause wird analysiert

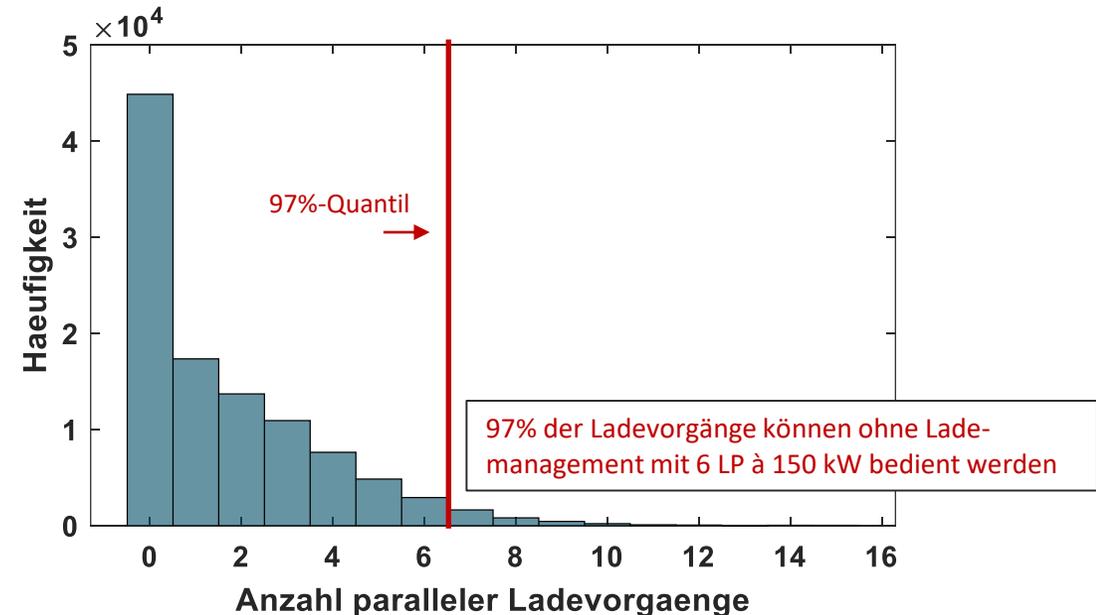
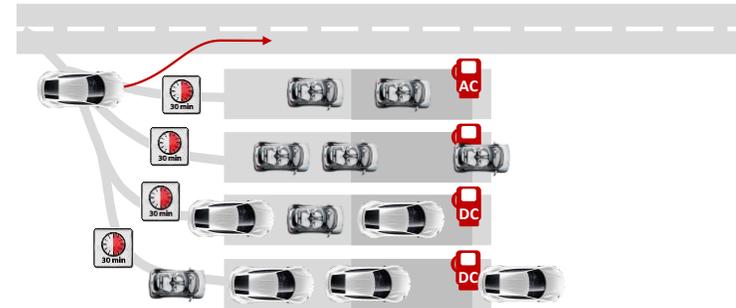
## Rohanalyse zur Bestimmung erforderlicher Anzahl Ladepunkte

- Bestimmung 95% Quantil der Ladeleistung
- Ableitung potentiell erforderlicher Ladesäulen bzw. Ladepunkte
- Mit 6 Ladepunkten à 150 kW können 97% aller parallel angefragten Ladevorgänge bedient werden.

## Ableitung erforderlicher LIS-Anzahl

- 3 LIS à 200 kW Netzanschlussleistung mit 2 LP und  $P_{LP} \leq 200$  kW (entspricht eTower-Konfiguration)
- Annahme: Eine Ladesäule versorgt 350 Fahrzeuge

### Ankunft Fahrzeug an Aufenthaltsort



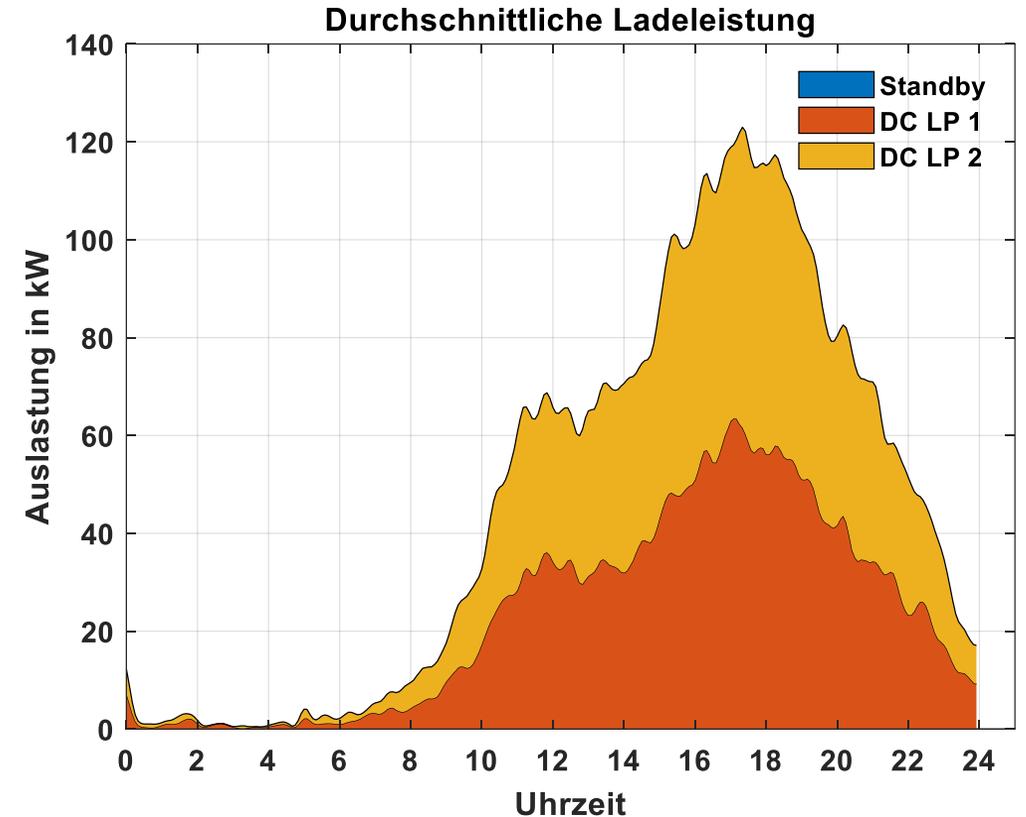
# Analyse Ladeverhalten - Ladesäulenmodell

## Konfiguration Basis-Fall

- 350 Fahrzeuge, 2 LP à 200 kW
- Eine Ladesäule mit einer Netzanschlussleistung von 200 kW
- kein Speicher, keine PV-Anlage

## Analyse

- Versorgungssicherheit wird über den Anteil **nicht versorgter Kunden** abgebildet, der innerhalb der tolerierten Wartezeit keinen Ladepunkt gefunden hat.
- Differenzierung zwischen allen nicht versorgten Kunden und denjenigen mit einem SOC < 30% bei Ankunft



# Analyse Ladeverhalten - Ladesäulenmodell

## Konfiguration Basis-Fall

- 350 Fahrzeuge, 2 LP à 200 kW
- Eine Ladesäule mit einer Netzanschlussleistung von 200 kW
- kein Speicher, keine PV-Anlage

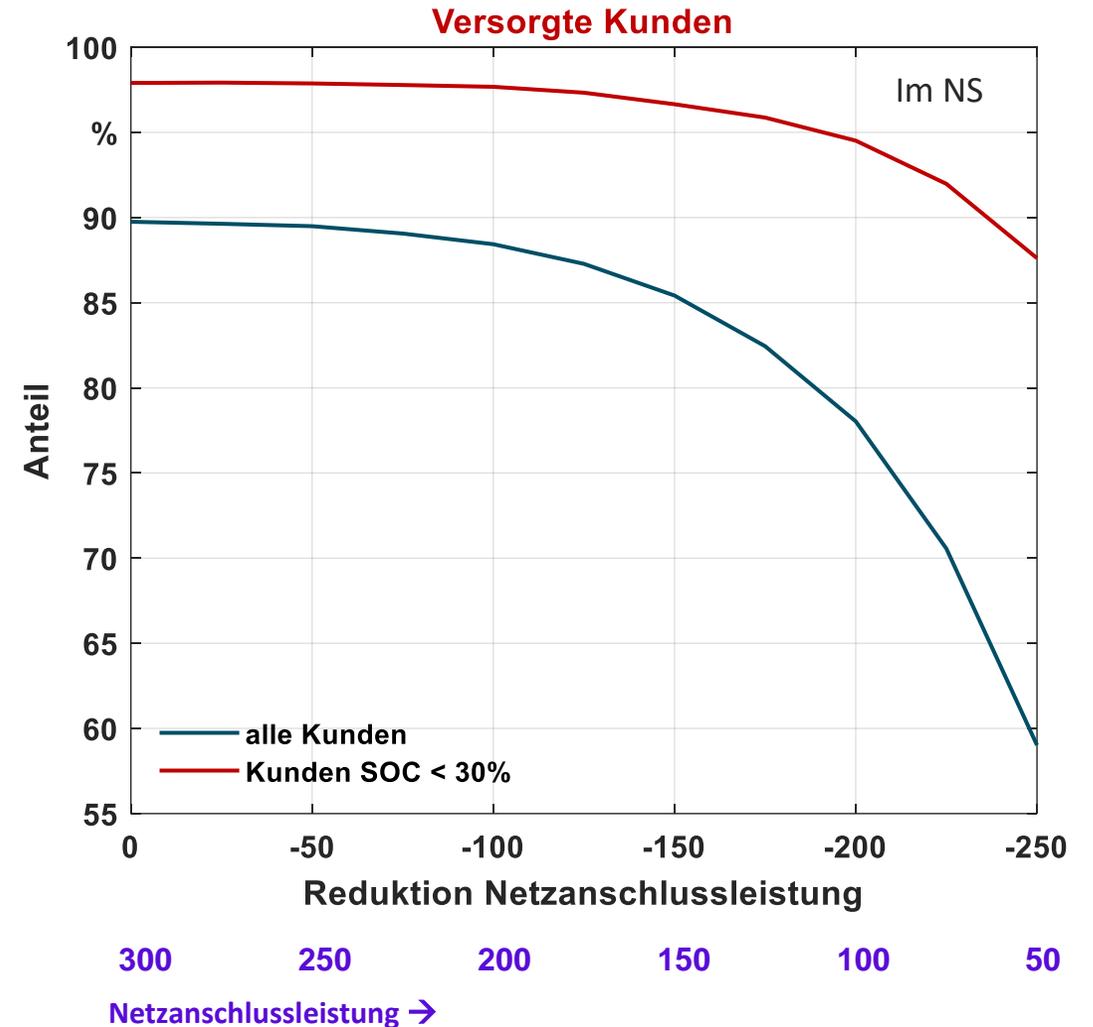
## Analyse

- Versorgungssicherheit wird über den Anteil **nicht versorgter Kunden** abgebildet, der innerhalb der tolerierten Wartezeit keinen Ladepunkt gefunden hat.

➤ Variation der Netzanschlusskapazität

## Ergebnisse

- Kunden nicht versorgt: 11,5 %
- Kunden nicht versorgt mit SOC < 30%: 2%



# Analyse Ladeverhalten - Ladesäulenmodell

## Konfiguration Basis-Fall

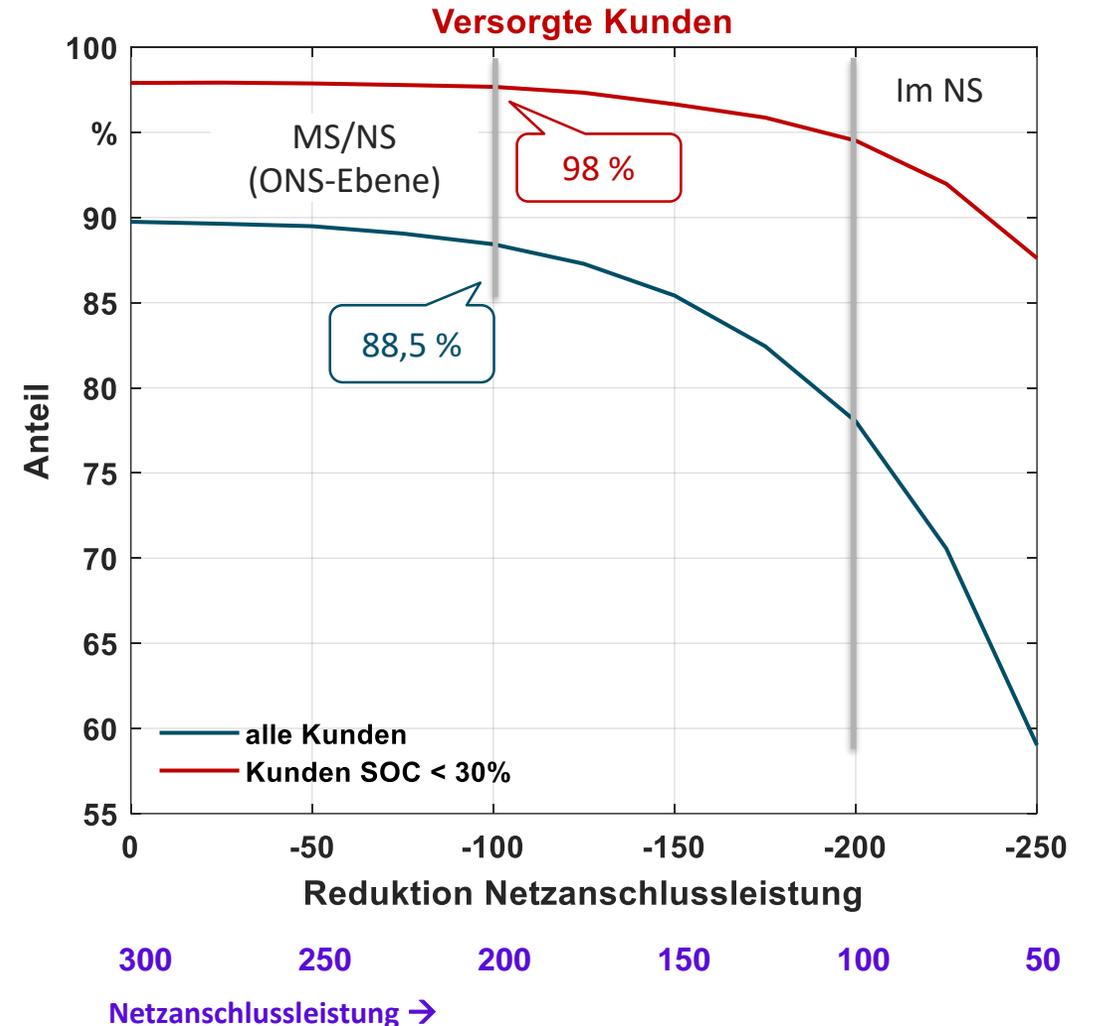
- 350 Fahrzeuge, 2 LP à 200 kW
- Eine Ladesäule mit einer Netzanschlussleistung von 200 kW
- kein Speicher, keine PV-Anlage

## Variation Netzanschlusskapazität

- Eine zuverlässige Versorgung von mind. 90% der Kundenanfragen erfordert 200 kW Netzanschluss-Kapazität
- Darunter setzt ein hoher Komfortverlust ein, gleichwohl alle Fahrzeuge mit einem SOC von kleiner als 30% geladen werden können.

## Ergebnisse

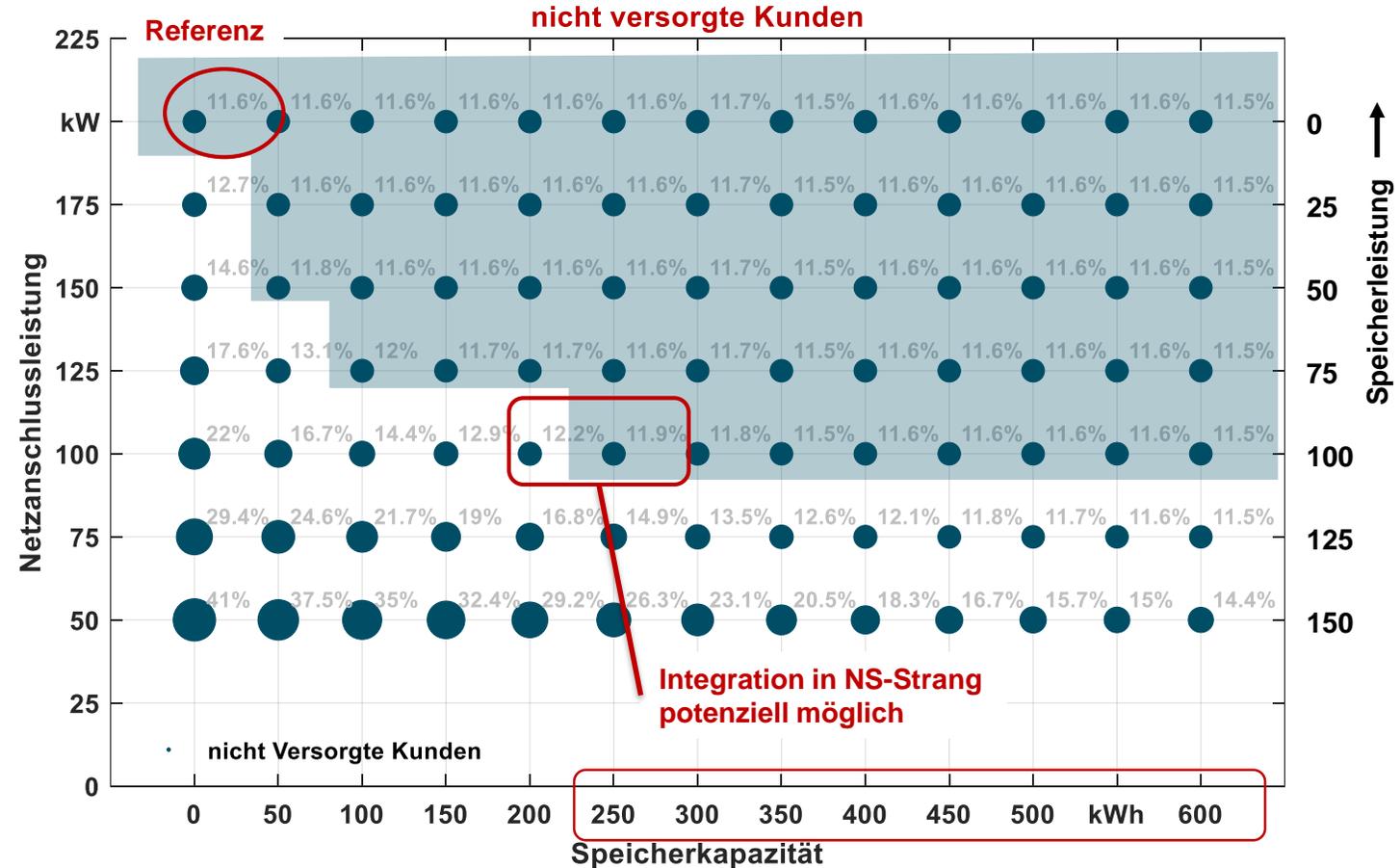
- Kunden nicht versorgt: 11,5 %
- Kunden nicht versorgt mit SOC < 30%: 2%



# Variation Netzanschluss und Speicher – 200 kW LIS

## Konfiguration für die Berücksichtigung von Lademangement inkl. Speicher

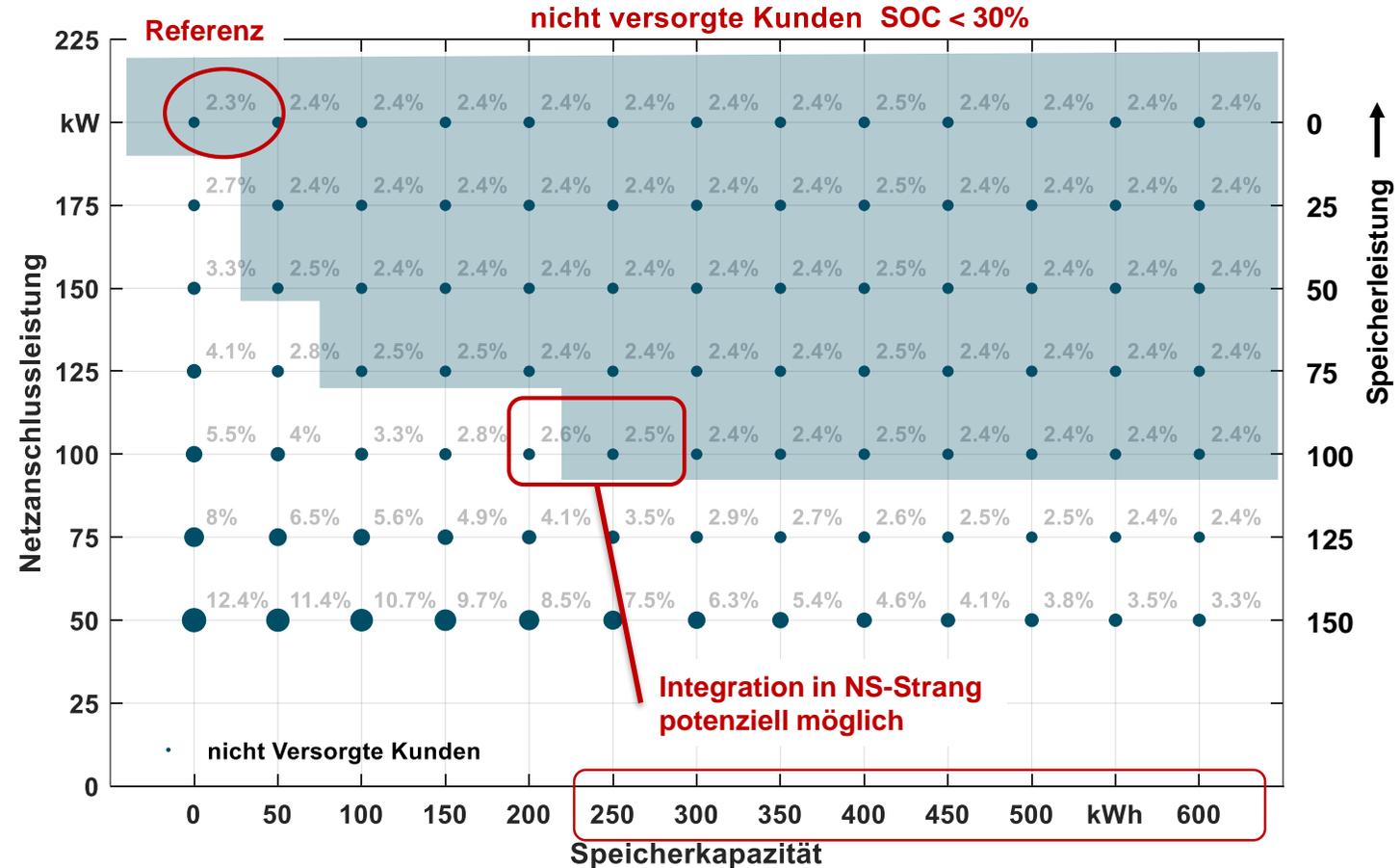
- 350 Fahrzeuge, 2 LP à max. 200 kW
- 1 LIS mit variabler Netzanschlussleistung
- Referenz sind 200 kW Netzanschlussleistung
- Keine PVA
- Speicherleistung ist ebenfalls variabel
- $P_{\text{batt}} = 200 \text{ kW} - P_{\text{netz}}$
- Kapazität des Speichers ist variabel
- 0 bis 600 kWh
- Der Speicher kann aus dem Netz geladen werden



# Variation Netzanschluss und Speicher – 200 kW LIS

## Konfiguration für die Variation

- 350 Fahrzeuge, 2 LP à max. 200 kW
- 1 LIS mit variabler Netzanschlussleistung
- Referenz sind 200 kW Netzanschlussleistung
- Keine PVA
- Speicherleistung ist ebenfalls variabel
- Pbatt = 200 kW - Pnetz
- Kapazität des Speichers ist variabel
- 0 bis 600 kWh
- Der Speicher kann aus dem Netz geladen werden



HPC Abschlussbericht

# Aufnahmefähigkeit des Niederspannungsnetzes

# Aufnahmefähigkeit von Netzen (Fokus NS)

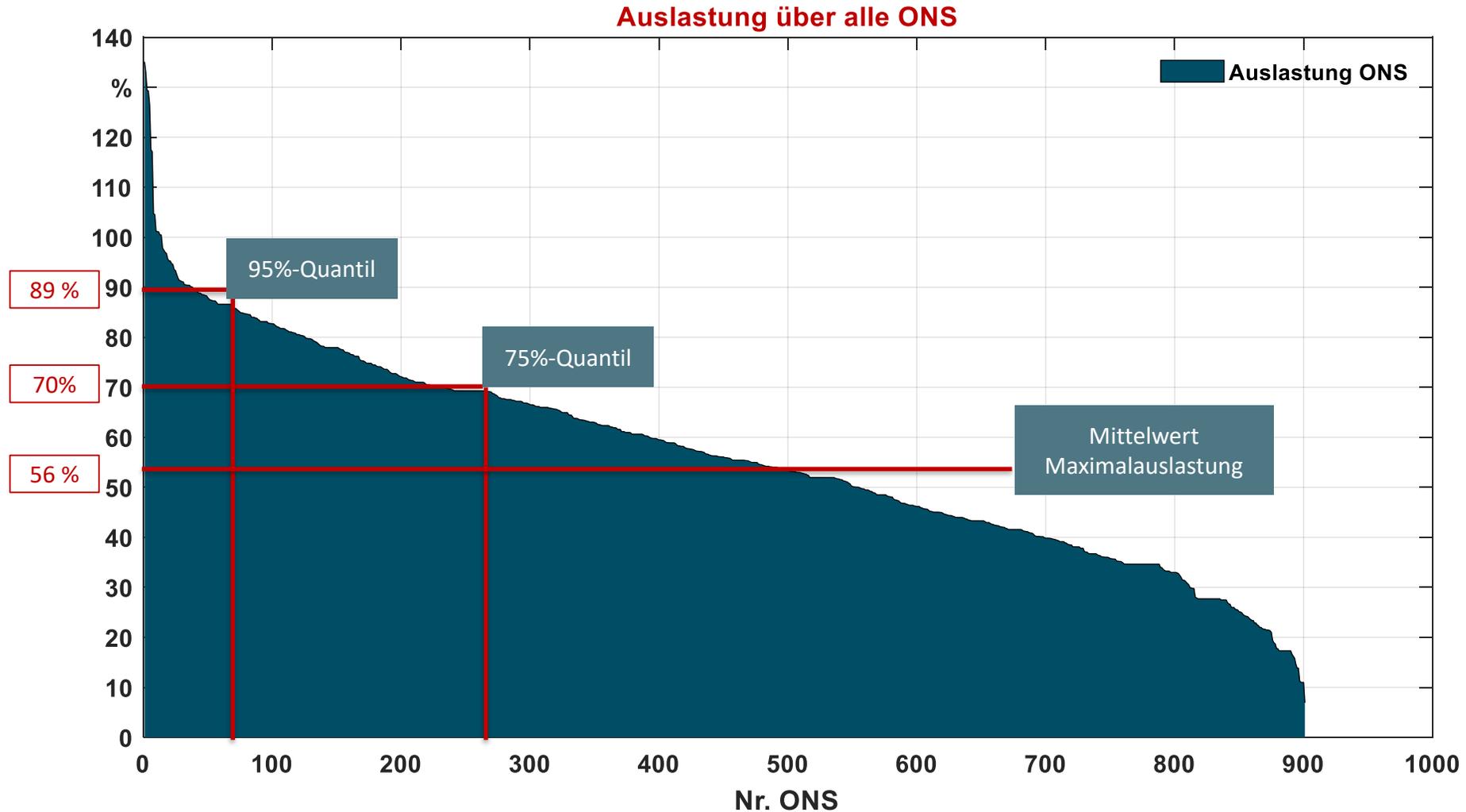
## Ziel:

- Identifikation von freien, nutzbaren Kapazitäten in der Niederspannung.
- Grundlage bilden **Betriebsmittelgrenzen** der Netzbetriebsmittel (Leitungen, Trafos) sowie die vorhandene Reserve im Netz
- Die Bewertung der Aufnahmefähigkeit von NS-Netzen erfolgt auf Basis von **Planungsgrundsätzen** der Netzbetreiber

## NS

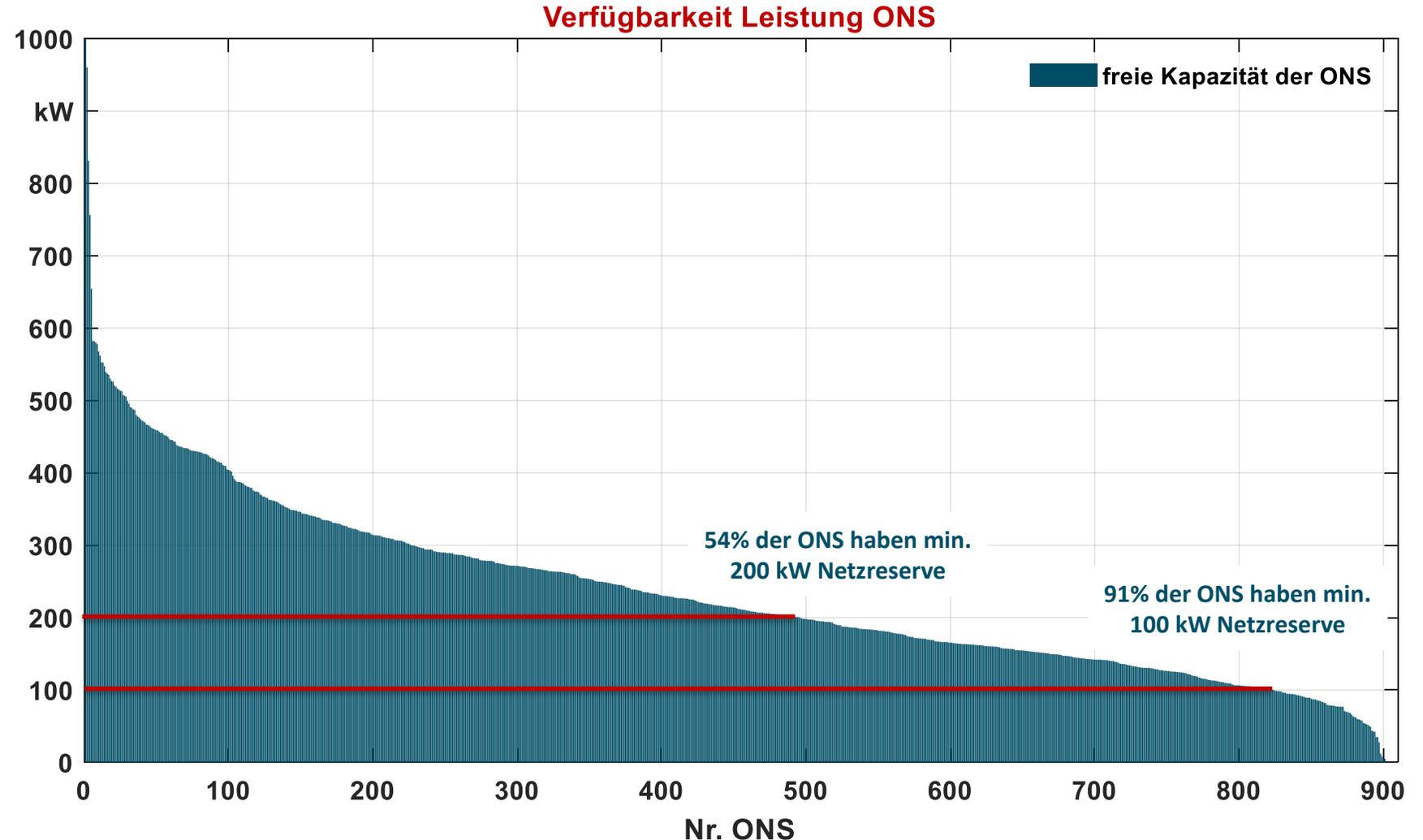
- Unmittelbar an der ONS können maximal 200-300 kVA installiert werden
- Auf einem NS-Strang können spannungsbedingt maximal 100 kVA installiert werden, auch wenn die thermische Belastungsgrenze oft bei bis zu 200 kVA liegt.
- Laut FNN-Hinweis können LIS bis 50 kW in der NS angeschlossen werden
- **Auswertung** von Messdaten eines halbstädtisch/ländlichen NB und eines städtischen NB

# Auswertung ONS eines NB mit halbstädtischer und ländlicher Prägung



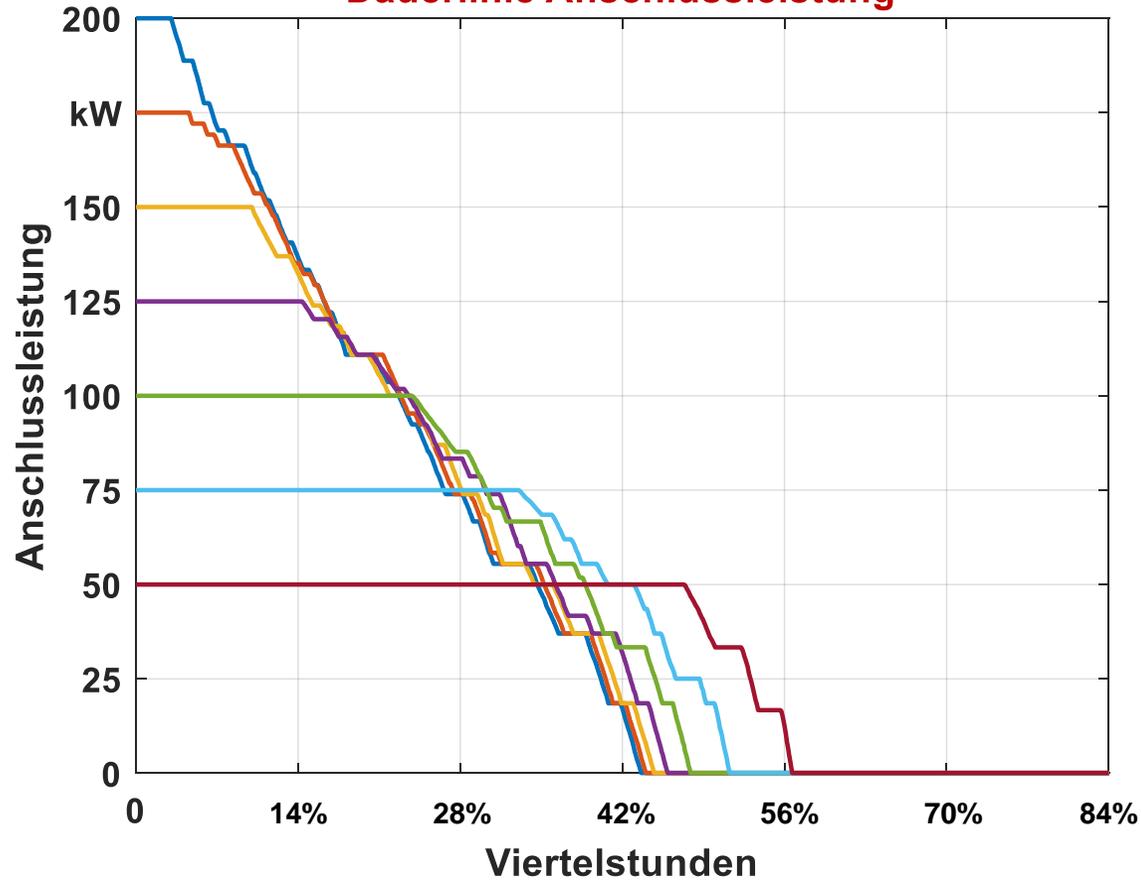
# Verfügbare Netzkapazität eines NB halbstädtischer und ländlicher Prägung

- Lediglich etwas mehr als die Hälfte der analysierten ONS weisen genügend Netzreserve für eine direkte Anbindung ohne Energiemanagement auf
- Die Integration des HPC-Konzepts in das bestehende Niederspannungsnetz erfordert zur Ausnutzung des Schnellladepotentials bei Reduktion der Netzanschlussleistung die Einführung eines Energiemanagements mit Speichern
- Selbst ONS-nah im bestehenden Netz bestehen Kapazitäts-Einschränkungen



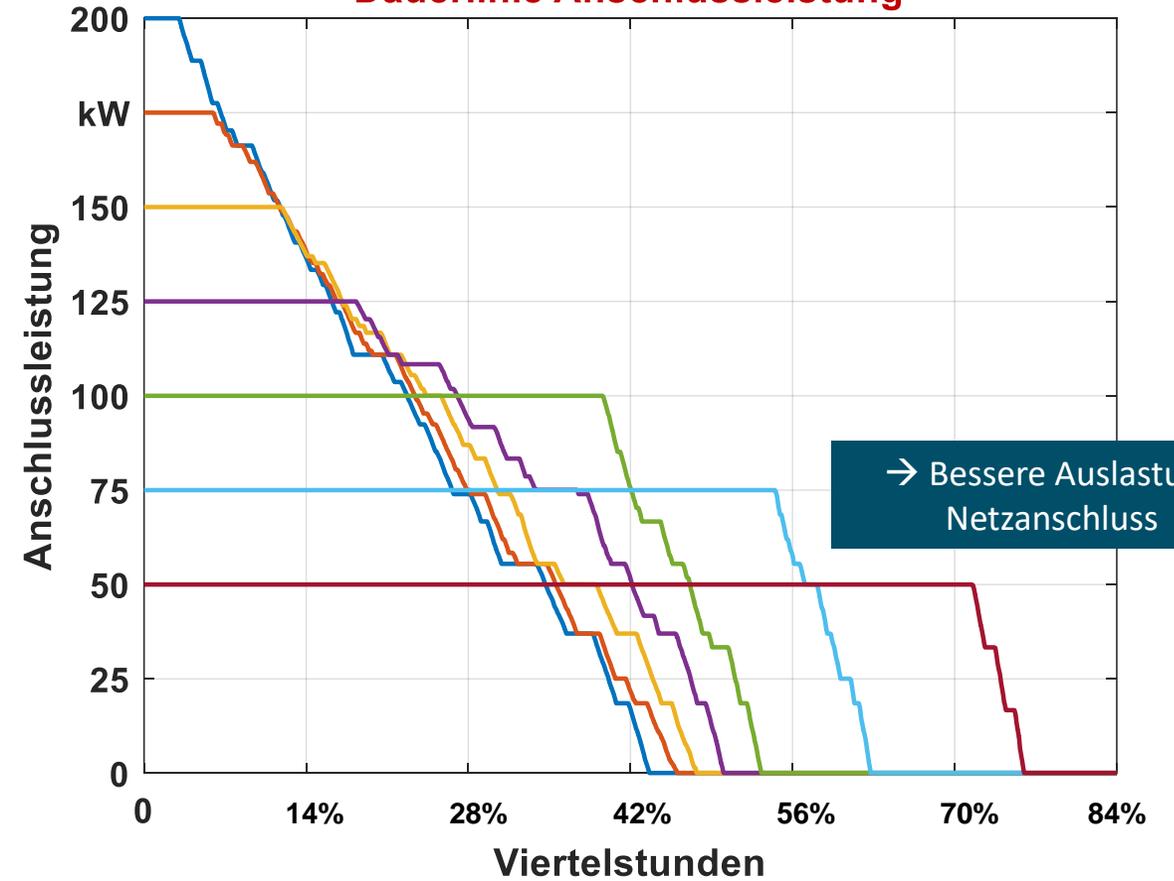
Ohne Speicher

Dauerlinie Anschlussleistung

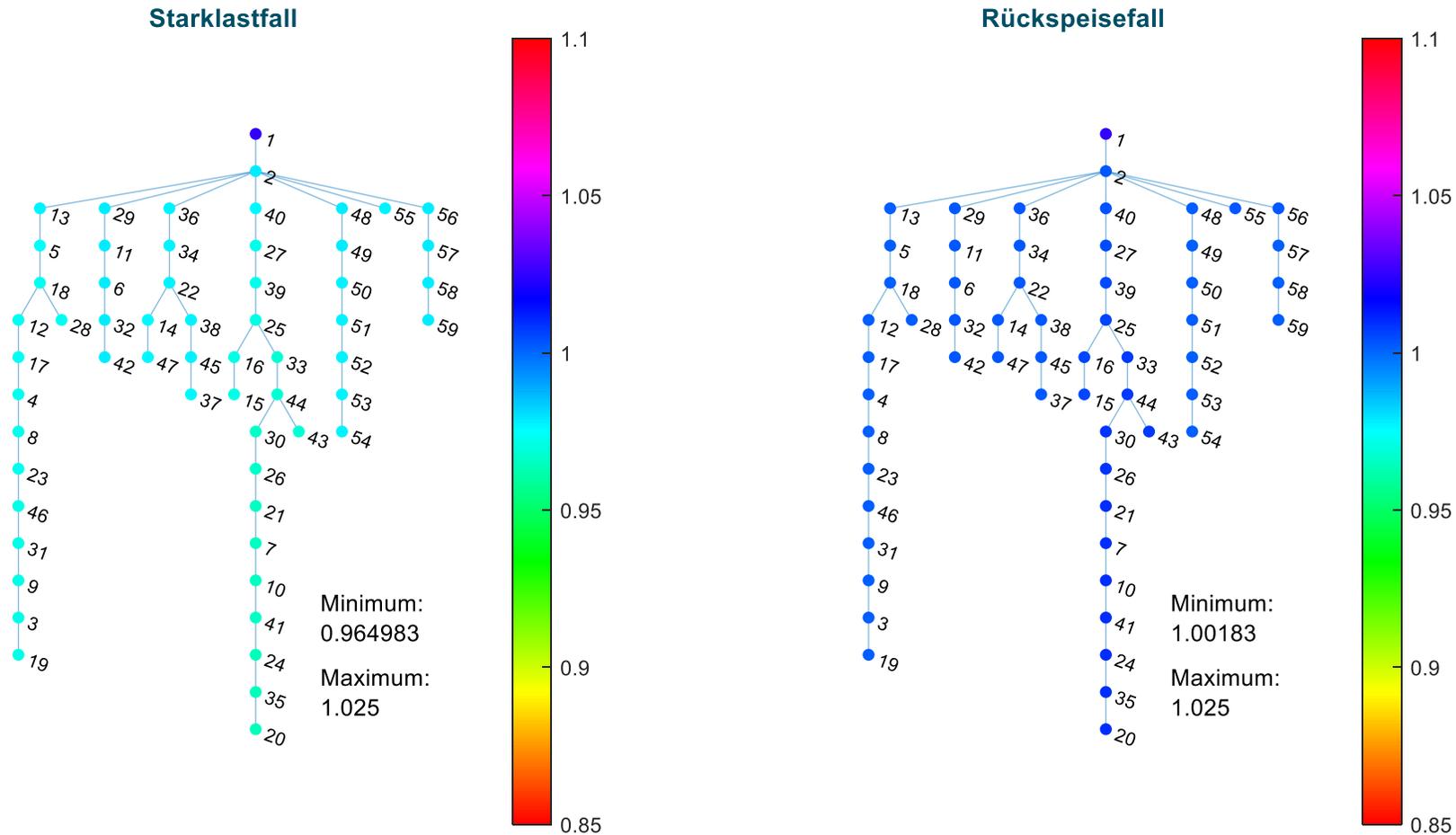


mit Speicher

Dauerlinie Anschlussleistung



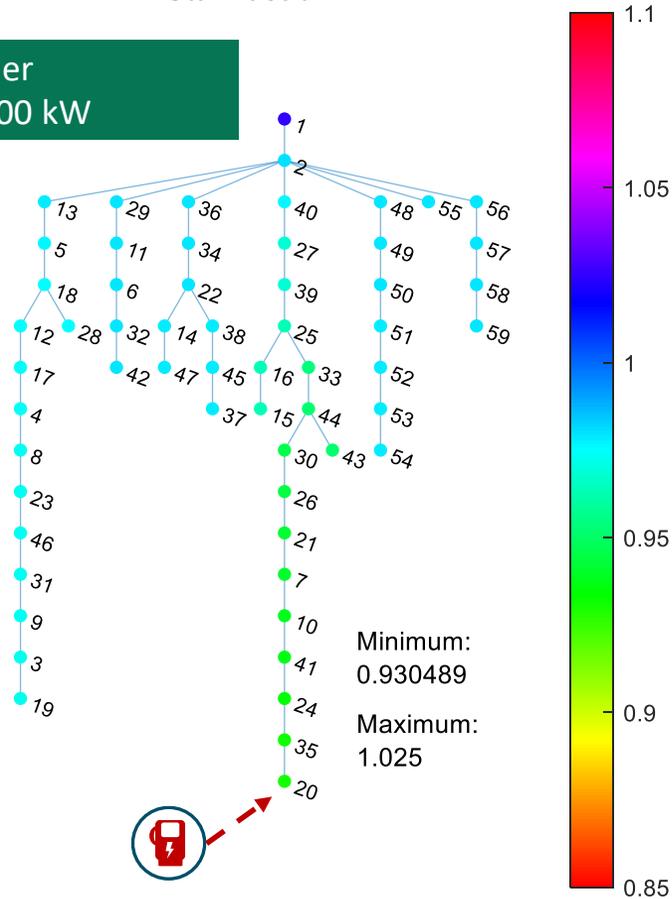
## Auswertung Knotenspannung SimBench LV6-Urban - ohne HPC Ladesäule



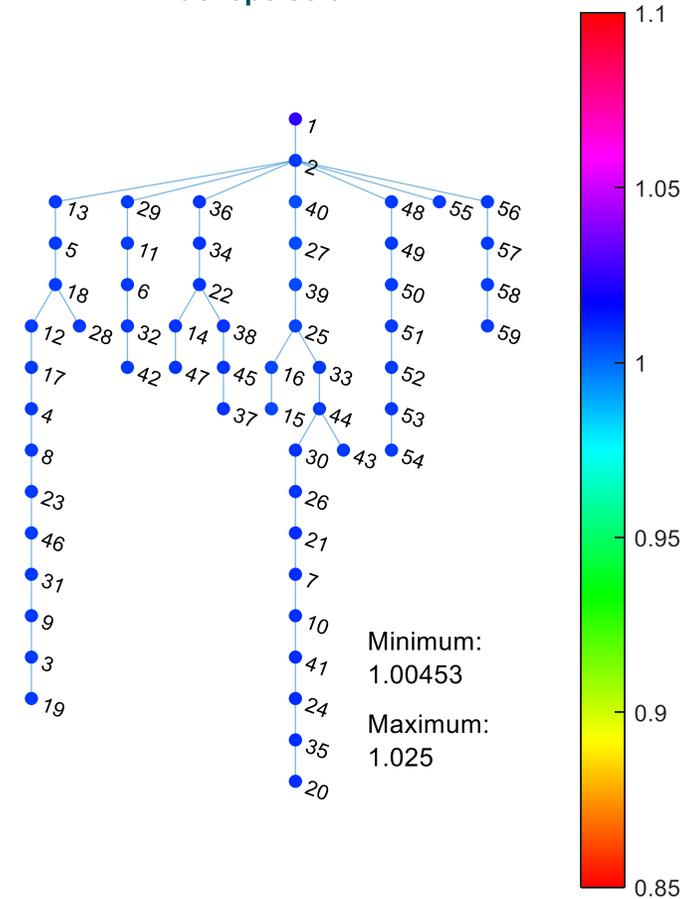
## Auswertung Knotenspannung SimBench LV6-Urban - mit HPC Ladesäule

Ohne Speicher  
Netzanschluss 200 kW

Starklastfall



Rückspeisefall

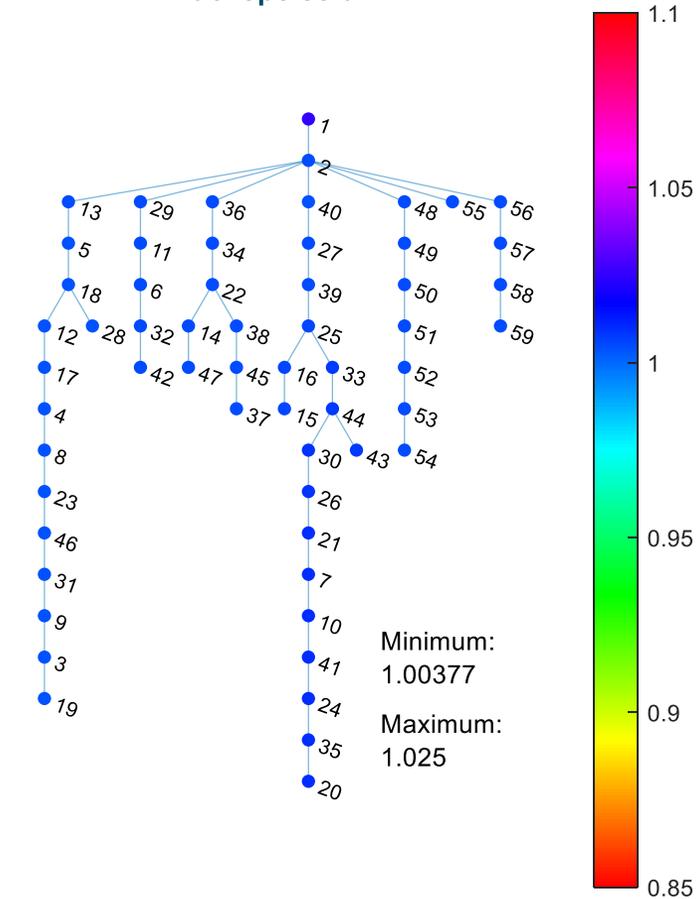
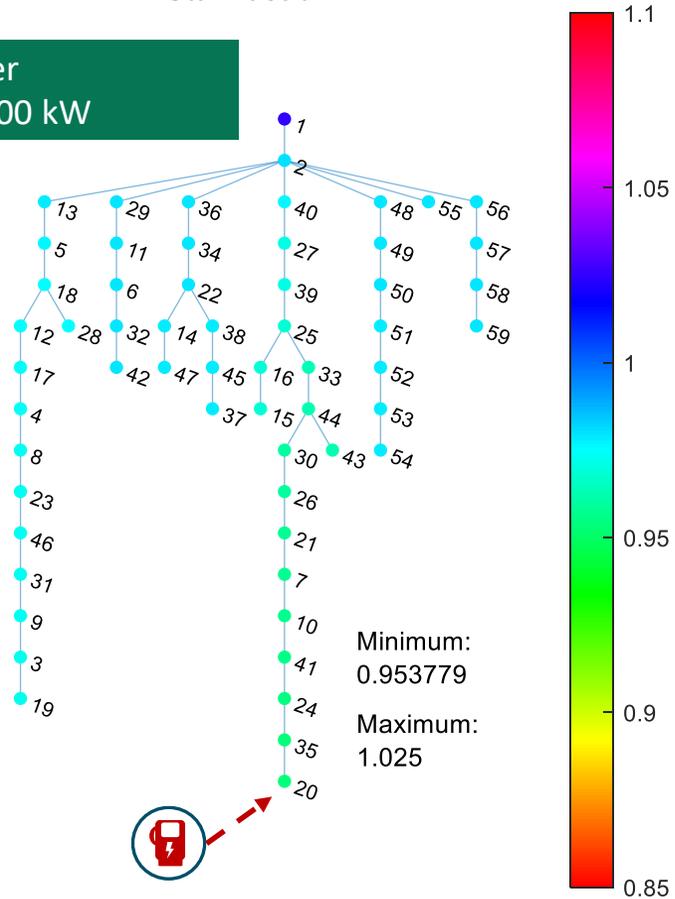


## Auswertung Knotenspannung SimBench LV6-Urban - mit HPC Ladesäule

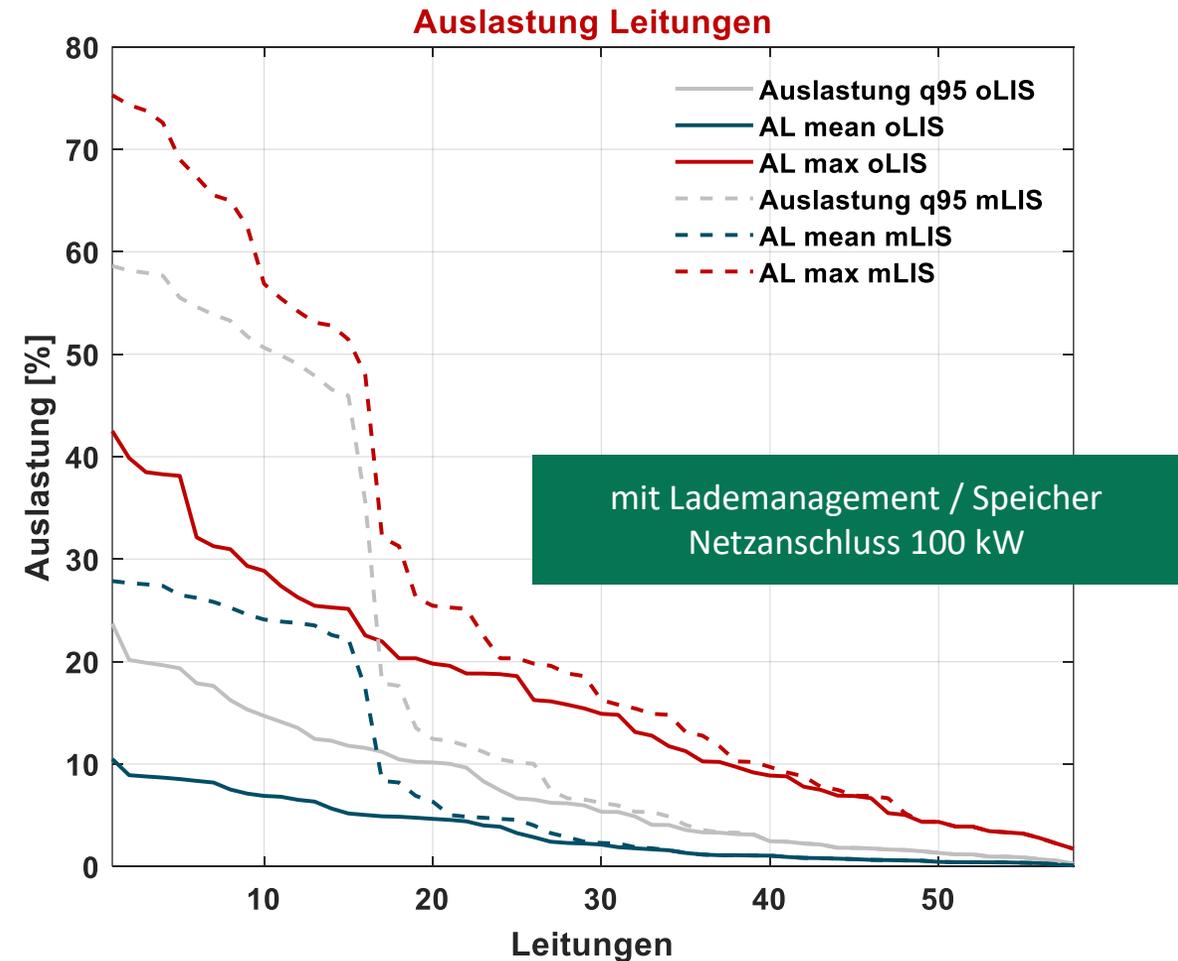
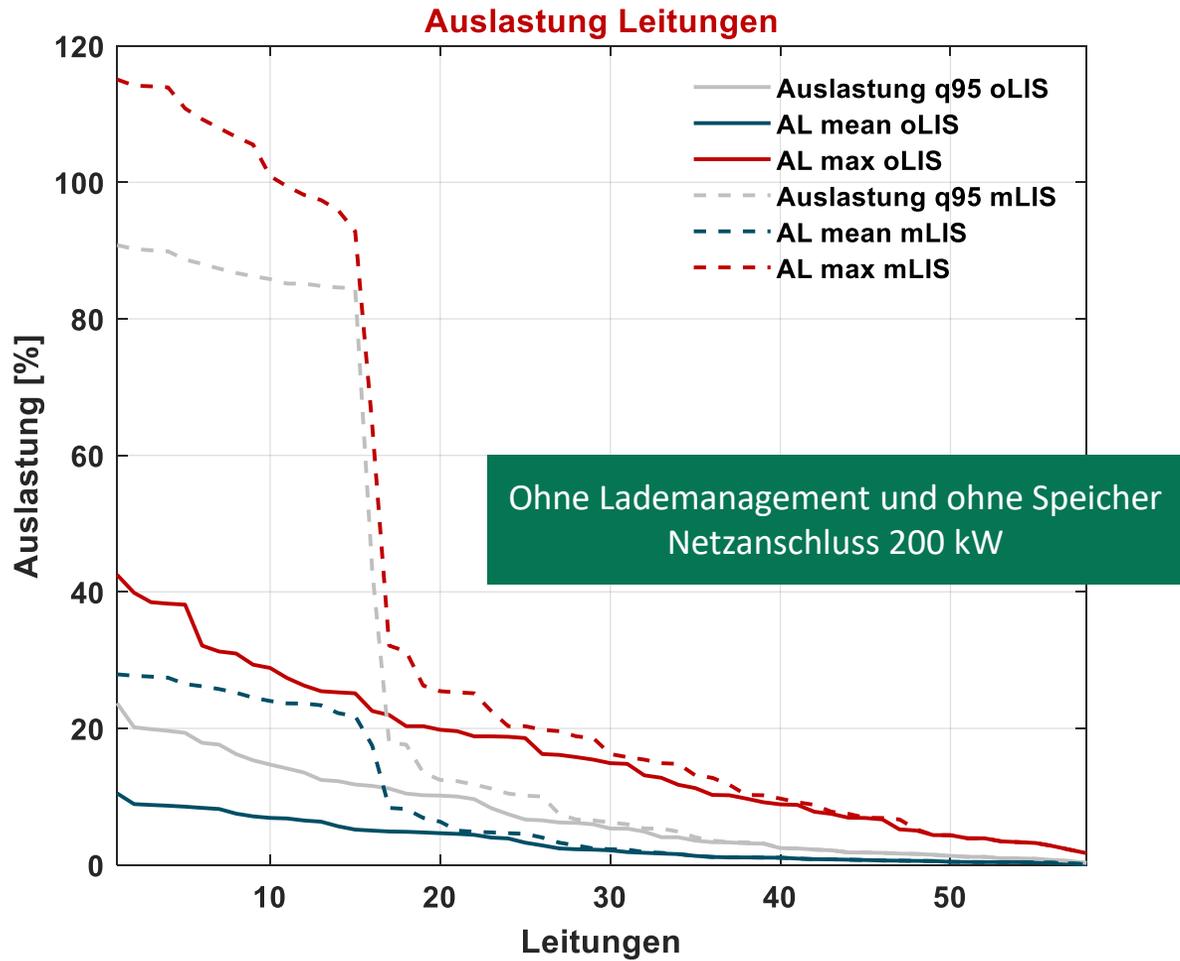
Starklastfall

Rückspeisefall

Mit Speicher  
Netzanschluss 100 kW



# Leitungsauslastungen bei LIS am Strangende



# Schlussfolgerungen

- **Rein technisch** ist die Integration eines HPC-Systems entsprechend der eTower-Konfiguration in das Niederspannungsnetz möglich
- Die **Vorauslastung** des Netzes und die **Planungsgrundsätze** des betreffenden Netzbetreibers sind entscheidend, welche Anschlussleistung zur Verfügung gestellt werden kann
- **Ausbau** steigt durch viele **Energiewendetechnologien** weiter an.
- Insbesondere **Wallboxen und Wärmepumpen** sorgen für weiteren Anstieg der Auslastung und verringern die Reserve weiter
- Für den Anschluss eignen sich vor allem durch Rückspeisung geprägte Stränge
  - Ggf. können 14a-Netze hierdurch entlastet werden
- **Ökonomische Abwägung** zwischen Integration eines Speichers oder MS-Anschluss
- Flexible Netzanschlusskapazität für den Charger?

# ef ■ RUHR

DIE ENERGIEDENKFABRIK

**ef.Ruhr GmbH**

Emil-Figge-Straße 76  
D-44227 Dortmund

**Dr.-Ing. Jonas von Haebler**

Tel: +49 (0) 151 28062678  
E-Mail: [jonas.vonhaebler@efruhr.de](mailto:jonas.vonhaebler@efruhr.de)  
[www.efruhr.de](http://www.efruhr.de)