



## 11. Niedersächsische Energietage

Mobilität der Zukunft –  
was treibt uns an?



# Notwendige Infrastrukturen für eine weitgehend verstromte Mobilitätswelt

Niklas Frerking, Netzentwicklung Strom  
11. NET, FF 2, Hannover, Altes Rathaus, 21.11.2018

# EV, Herbst 2018

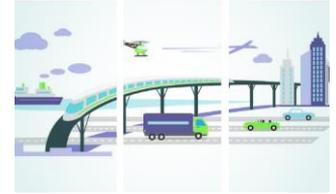


*Ich finde dieses Bild gut. Es zeigt, glaube ich, gar kein Elektroauto. Aber es drückt für mich die Dynamik aus, die wir im Automarkt heute erleben, die Mischung aus Klarem und Verschwommenem, Licht und Schatten, die Schnelligkeit...*

*Vieles davon lässt sich auf das Vortragsthema übertragen. Wie elektrisch, wie autonom ist das Auto von 2030? Und wie können wir in dieser ganzen, vielfach unklaren Situation robuste Lösungen finden?*

## 11. Niedersächsische Energietage

Mobilität der Zukunft –  
was treibt uns an?



- Seit 2012 wächst die Zahl der weltweit verkauften EV<sup>1)</sup> jährlich um 60% - das bedeutet eine Verzehnfachung von 2012 (<0,2 %) bis 2017 (1,6 %) <sup>2)</sup>.
- Bremsend wirken (noch) der Batteriemarkt, Preise und Unsicherheiten, z.B. bei der Reichweite<sup>2)</sup>.
- Auch Lösungen für Busse, Nutzfahrzeuge, Lieferverkehre und Autobahnen sind entwickelt oder im Test.
- Für Netzbetreiber gibt es zwei Kernfragen:
  - ▶ Setzen sich BEV<sup>1)</sup> durch?
  - ▶ Was bedeutet das für das Netz?

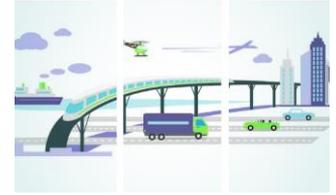
1) Dieser Beitrag nutzt die international gebräuchlichen Termini EV = Electric Vehicle und BEV = Battery Electric Vehicle

2) Quelle: Fraunhofer ISI, Karlsruhe, sowie eigene Untersuchungen im e-Home-Projekt

# Frage und Antwort

## 11. Niedersächsische Energietage

Mobilität der Zukunft –  
was treibt uns an?

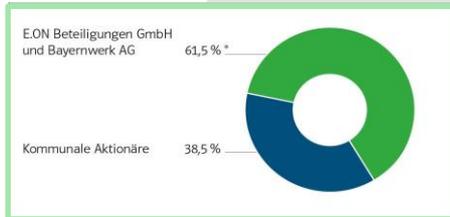


*„Wenn an jedem Haus ein Elektroauto mit 11 oder, noch schlimmer, 22 kW lädt, und dann auch noch überall Schnellladesäulen aufgestellt werden, dann brechen die Stromnetze komplett zusammen, oder? Für sowas ist kein Netz ausgelegt und solche Investitionen kann niemand tragen! Das muss jemand stoppen oder zumindest steuern...“*



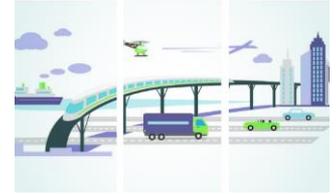
*„Es ist tatsächlich so: In all unseren Untersuchungen der letzten 10 Jahre zur Netzintegration von BEV hat sich nicht ein wirklich ernsthaftes, nicht lösbares Problem finden lassen. Und wir haben nur freies Kundenverhalten untersucht – also Netze, in denen jeder laden kann, wann er will.“*

# about: Avacon



## 11. Niedersächsische Energietage

Mobilität der Zukunft – was treibt uns an?



- Die Avacon Netz GmbH mit Sitz in Helmstedt ist eine Mehrheitsbeteiligung der E.ON SE
- Sie ist mit einem HS-Netzgebiet von gut 65.000 km<sup>2</sup> einer der größten deutschen HS-Netz-betreiber<sup>3)</sup>
- Mit 21.000 MW regenerativer Erzeugung an eigenen und unterlagerten Netzen ist sie der EE-reichste HS-Netzbetreiber Deutschlands
- Übersicht zu energiewirtschaftlichen Daten:

| Regelzone    | Bezug ↓  | Arbeit ↓   | Rücksp. ↑ | Arbeit ↑  |
|--------------|----------|------------|-----------|-----------|
| Tennet TSO   | 5.391 MW | 17.997 GWh | 5.611 MW  | 7.963 GWh |
| 50 Hz Trans. | 439 MW   | 731 GWh    | 1.839 MW  | 3.716 GWh |

<sup>3)</sup> Zudem Mittel-, Niederspannungs- und Gasnetzbetreiber insbesondere in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt.

# Strategie braucht Bilder!

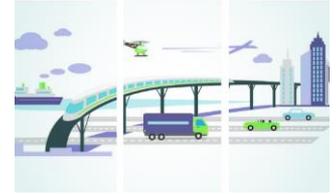


*Das obenstehende Bild zeigt einen Braunkohletagebau. In Deutschland ist die Zukunftsträchtigkeit dieser Form der Stromerzeugung hochgradig umstritten.*

*Die Auseinandersetzung steht dabei im Kontext eines Streits um die Wichtung von CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber Zuverlässigkeit oder günstigen Strompreisen – das alles vor dem Hintergrund erheblicher Konsequenzen in Naturraum, Luftqualität und Klimaschutz führt. Zukunft: Unklar!*

## 11. Niedersächsische Energietage

Mobilität der Zukunft –  
was treibt uns an?



- Veränderungen setzen andererseits strategische Reaktionen – z.B. beim Netzausbau – voraus. Aber:
- Strategischer Netzausbau ist nur dann möglich, wenn ein Bild der Zukunft<sup>4)</sup> existiert.
- Dies gilt auch für die Erzeugung, Digitalisierung, Sektorenkopplung oder eben die „Mobilitätswende“

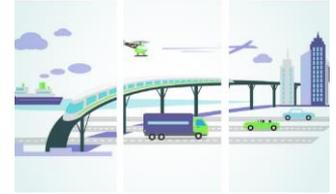


<sup>4)</sup> Ein Bild der Zukunft und die tatsächliche Zukunft sind natürlich nicht identisch. Das macht es aber nicht überflüssig.

# Basisannahmen

## 11. Niedersächsische Energietage

Mobilität der Zukunft –  
was treibt uns an?

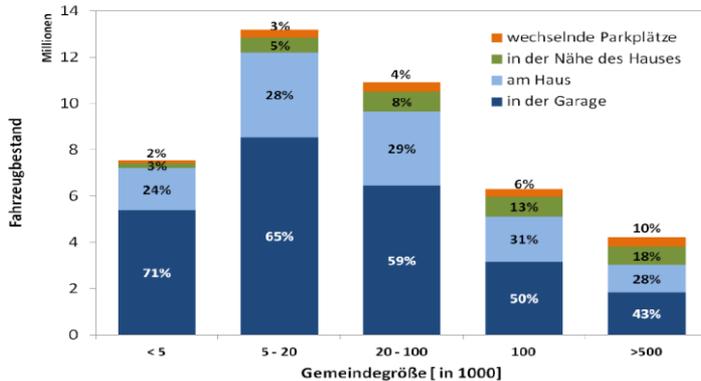


1. Aus unserer Sicht ist der Elektromotor dem Verbrennungsmotor in allen wesentlichen technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Kriterien so sehr überlegen, dass er sich langfristig in Form von BEV mit Batteriegrößen ab 60 kWh weltweit durchsetzen wird.
2. Wir gehen in diesem Sinne nicht davon aus, dass sich in 20 oder 30 Jahren völlig unterschiedliche Traktionsformen in beliebiger Durchmischung finden werden, sondern wir nehmen eine weitgehende Ablösung des klassischen PKW durch BEV an – autonomes Fahren: fraglich?!
3. Wir gehen ebenfalls nicht davon aus, dass sich das Mobilitätsverhalten der Menschen selbst komplett verändert, z.B. hin zu einer Car-Sharing - ÖPNV - Fahrrad-‘Welt‘, sondern dass es insbesondere in ländlichen Räumen dem heutigen weitgehend ähnlich ist.
4. Wir gehen davon aus, dass BEV-Konzepte einfacher in ländlichen Räumen als in Großstädten umzusetzen sind, suchen aber auch nach städtetauglichen Lösungen.
5. Wir wollen als Netzdienstleister unseren Kunden grundsätzlich eine freie und unbeeinflusste Netznutzung ermöglichen.

# Fakten zum Fahren

- Viele Mobilitätsdiskussionen drehen sich um abnehmenden Autoverkehr, Carsharing, neue urbane Konzepte, Fahrradwelten, Autoverzicht etc.
- Die Realität aber ist von konstantem Autoverkehr, von Pendlern und SUV's geprägt.

## Wo wird nachts geparkt?



# 11. Niedersächsische Energietage

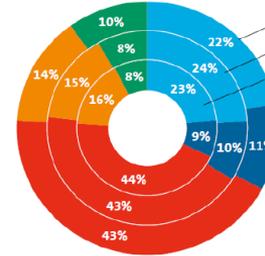
## Mobilität der Zukunft –



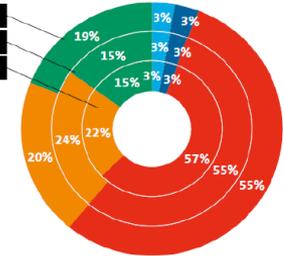
Modal Split



Anteile Wege



Anteile Personenkilometer



Ergebnisse der Studie Mobilität in Deutschland (MiD) 2017:

- Fast 80% der Autos stehen nicht in Großstädten, über 80% am Haus oder in der Garage: Das BEV-Kernthema ist nicht die öffentliche Schnellladung.
- Ein realistisches Zukunftsbild besagt: Es gibt keinen ländlichen Raum ohne privaten Autoverkehr.
- Wenn sich BEV (dort) durchsetzen, brauchen Netzbetreiber geeignete Anpassungsstrategien!

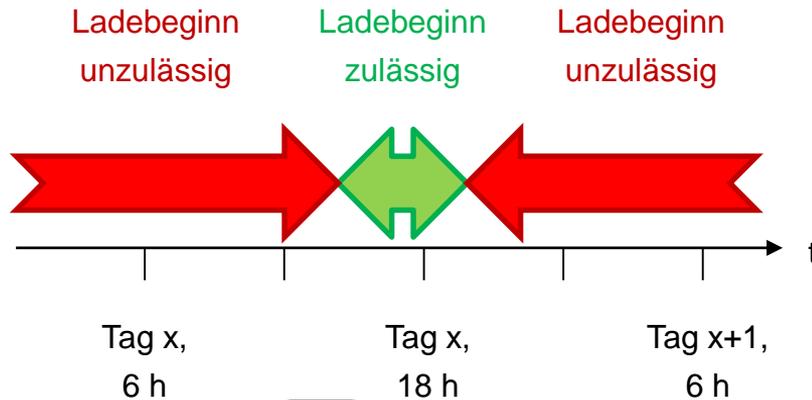
# Geeignete Modellierung

## 11. Niedersächsische Energietage

Mobilität der Zukunft –  
was treibt uns an?



Es ist nicht möglich, das langfristige Verhalten privater BEV-Fahrer mit ihren zukünftigen Fahrzeugen exakt vorherzusagen – zu viele Parameter sind einfach unbekannt. Aber es ist keineswegs unrealistisch, in Kenntnis des heutigen Verhaltens ein plausibles und robustes Modell für kritische Netzzustände zu entwickeln. Diese entstehen vermutlich nachmittags und abends. Ein Vorschlag:



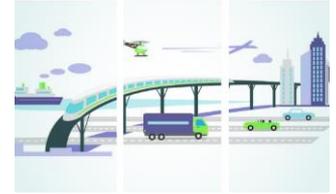
**Komprimierungsschritt:** Im 1. Schritt verschlimmern wir das Ladethema modellhaft dadurch, dass wir einen täglichen Ladestart für eine Durchschnittsfahrtstrecke ausschließlich in diesem Zeitraum zulassen. Alle Parameter sind kritischer gewählt als in der Realität.

**Entspannungsschritt:** Im 2. Schritt werden die Lade-Startzeitpunkte für BEV innerhalb dieses Zeitfenster rein zufällig verteilt. Das ist etwas günstiger als die Realität, aber mathematisch abbildbar.

# Parametrierung

## 11. Niedersächsische Energietage

Mobilität der Zukunft –  
was treibt uns an?



Danach werden für die Berechnung konkrete Parameter angesetzt, die das zuvor gezeigte Modell erfordert. Sie ergeben die Wahrscheinlichkeitskurven z.B. für den Gleichzeitigkeitswert  $g(200)$ :

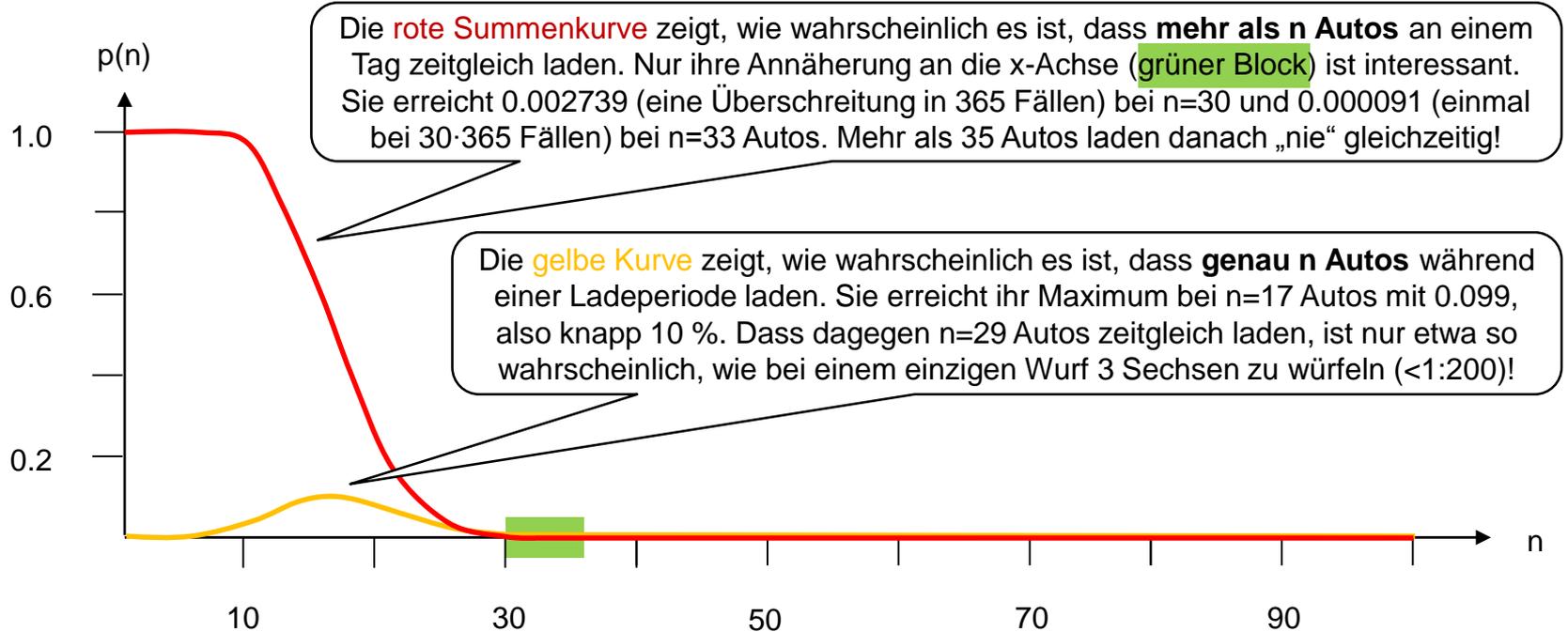
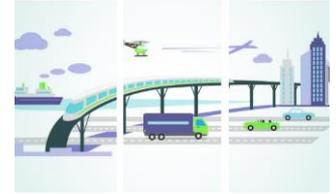
| Parameter             | Wert               | Bemerkung                                  |
|-----------------------|--------------------|--|
| Anzahl der Autos $n$  | 200                | Könnte alle Haushalte einer ONS darstellen |
| Ladestartzeitfenster  | 6 Stunden          | 15.00 h bis 21.00 h                        |
| Mittlere Fahrstrecke  | 40 km/d -> 8 kWh/d | Typische Werte                             |
| Leistung je Ladepunkt | 13,75 kW           | Ansatz: 75% mit 11 kW, 25% mit 22 kW       |

Natürlich können (und müssen) alle diese Größen variiert werden. Um die Gleichzeitigkeitsfunktion  $g(n)$  vollständig zu ermitteln, muss dies für verschiedene  $n$  erfolgen. Daraus kann unter Kenntnis des Unendlichkeitswertes  $g(n \rightarrow \infty)$  eine Exponentialfunktion für  $g$  approximiert werden.

# Wahrscheinlichkeitskurven

## 11. Niedersächsische Energietage

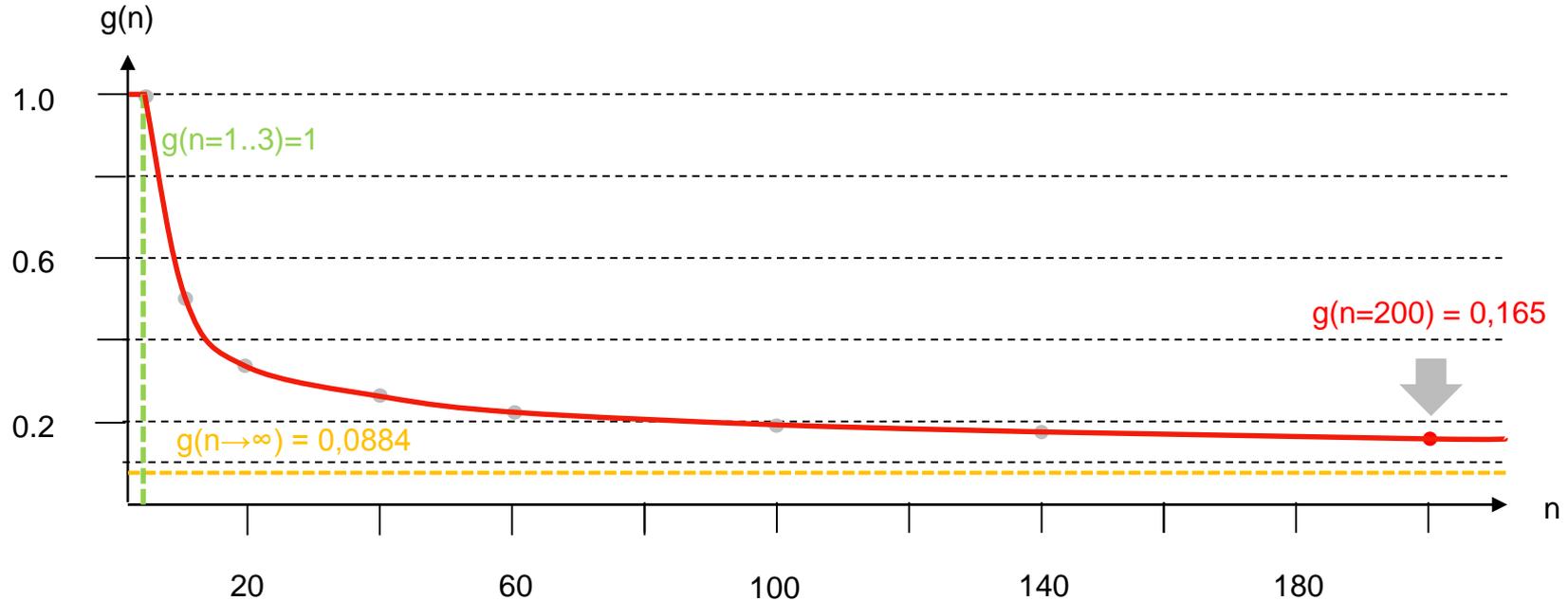
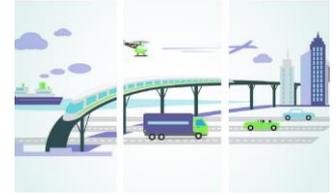
Mobilität der Zukunft –  
was treibt uns an?



# Gleichzeitigkeitskurve

## 11. Niedersächsische Energietage

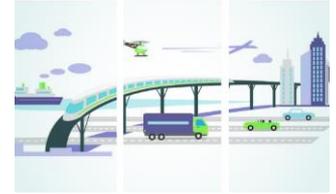
Mobilität der Zukunft –  
was treibt uns an?



# Interpretation

## 11. Niedersächsische Energietage

Mobilität der Zukunft –  
was treibt uns an?



- Für das Beispielnetz mit 200 EFH-Hausanschlüssen an einer Station sind langfristig 200 Ladepunkte denkbar, für die ein Gleichzeitigkeitsfaktor benötigt wird, der aus der Gesamtleistung aller Ladepunkte ( $150 \cdot 11 \text{ kW} + 50 \cdot 22 \text{ kW} = 2.750 \text{ kW}$ ) eine planerische Starklast bestimmt.
- Je nach Risikoaffinität des Netzbetreibers liegt dieser Gleichzeitigkeitsfaktor  $g(n=200)$  zwischen  $g(200)=30/200=0,15$  und  $g(200)=33/200=0,165$  → der Unterschied ist letztlich gering!
- Das bedeutet, dass die heutige Abendlastspitze, die ja bei Wohnbebauung planerisch unterstellt wird, um  $P_{\text{BEV,max}}(n=200)=412,5 \dots 453,75 \text{ kW}$  steigt, also von heute z.B. 400 kW auf ca. 850 kW.
- Das ist **natürlich nicht unerheblich**, aber es ist nichts, was einen langfristig agierenden Netzbetreiber mit einer vorausschauenden Ersatz- und Erweiterungsstrategie bei Aussicht auf einen fast verdoppelten Stromabsatz in die Verzweiflung treiben sollte, denn diese Leistungen werden erst nach 2040 erwartet – und bis dahin muss etwa das halbe Netz sowieso ersetzt werden.
- Das heißt aber auch: Es kommt nach unseren Überlegungen sehr wohl darauf an, möglichst frühzeitig auf langfristig geeignete Technologien und Dimensionierungen überzuwechseln.

# Kein Wirrwarr – unsere Ergebnisse



Liegen fundierte Gleichzeitigkeitskurven vor, lassen sich damit Lösungen ermitteln, wie die eigenen Netze fit für bis zu 100% BEV gemacht werden können – hier am Beispiel Avacon:



In NS-Netzen treten bei hohen BEV-Anteilen Probleme mit der Spannungshaltung auf, seltener mit der Tragfähigkeit. Sie werden optimalerweise durch rONT (s. nächster Kasten) gelöst. Der Standardquerschnitt im Kabelnetz wird von NAYY-J 150mm<sup>2</sup> auf NAYY-J 240mm<sup>2</sup> erhöht.



Am ehesten treten Überlastungen von ON-Transformatoren durch BEV auf. Folglich sind neue Stationsgebäude größer zu dimensionieren, ebenso die neu beschafften ONT. Mit Blick auf die Spannungshaltung im NS-Netz werden regelbare ONT benötigt.

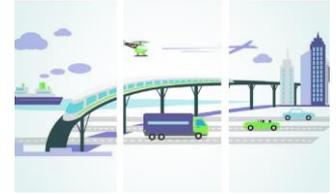


Wegen des deutlich geringeren Gleichzeitigkeitsfaktors und der im ländlichen Raum häufigen EE-Netzausbauten sind die Probleme im MS-Netz tendenziell geringer. Hier wird nun standardmäßig NA2XS2Y-300mm<sup>2</sup> verbaut. Z.T. sind größere UW-Trafos nötig.

# Und sonst so?

## 11. Niedersächsische Energietage

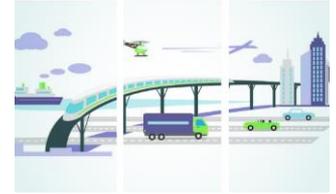
Mobilität der Zukunft –  
was treibt uns an?



- **Städte:** Insbesondere in Großstädten (32 % Bevölkerungsanteil D) haben viele Haushalte keinen festen Stellplatz für ihr zukünftiges BEV. Wir gehen **nicht** davon aus, dass sich hier Straßenrand- oder Laternenladung durchsetzt, sondern die sog. POI („point of interest“)-Ladung.
- Dazu können z.B. Supermarkt-Parkplätze als regelmäßig genutzte POI mit 50 kW-Ladetechnik ausgerüstet werden → MS-Anschluss
- **Autobahnen:** Im HS-Netzgebiet der Avacon (21% Flächenanteil D) reichen voll elektrifizierte (150...350 kW) Raststätten und Autohöfe für einen störungsfreien PKW-Fernverkehr -> häufig UW-Direktanschluss, seltener eigenes UW.
- **Regionale Bus- und Lieferverkehre:** Hier entstehen analog zu den ersten BEV-Bussen und dem StreetScooter der Deutschen Post vielfältige neue Lösungen mit ebenfalls zentralen Ladepunkten, die das NS-Netz ebenfalls nicht berühren.

## 11. Niedersächsische Energietage

Mobilität der Zukunft –  
was treibt uns an?



# avacon

## Netze für neue Energie

---

Bilderquellen: Titel, Folien 2,5, 13 oben und 14: unsplash.com; Folie 7: Fraunhofer ISI, Karlsruhe; Folien 4 und 13 Mitte: eigene u.a.