

Einfluss einer elektrischen Ladeinfrastruktur in städtischen und ländlichen Niederspannungsnetzen auf die Netzplanung

- Einleitung
- Analyse
- Methodisches Vorgehen
- Exemplarische Ergebnisse
- Zusammenfassung

Mirko Wahl

Graz, 15.02.2018

DEMONSTRATION IN THE MODEL REGION

Countries of Aurich, Wittmund, Friesland

Independent city of Emden & Lingen

Area of 2.665 km²

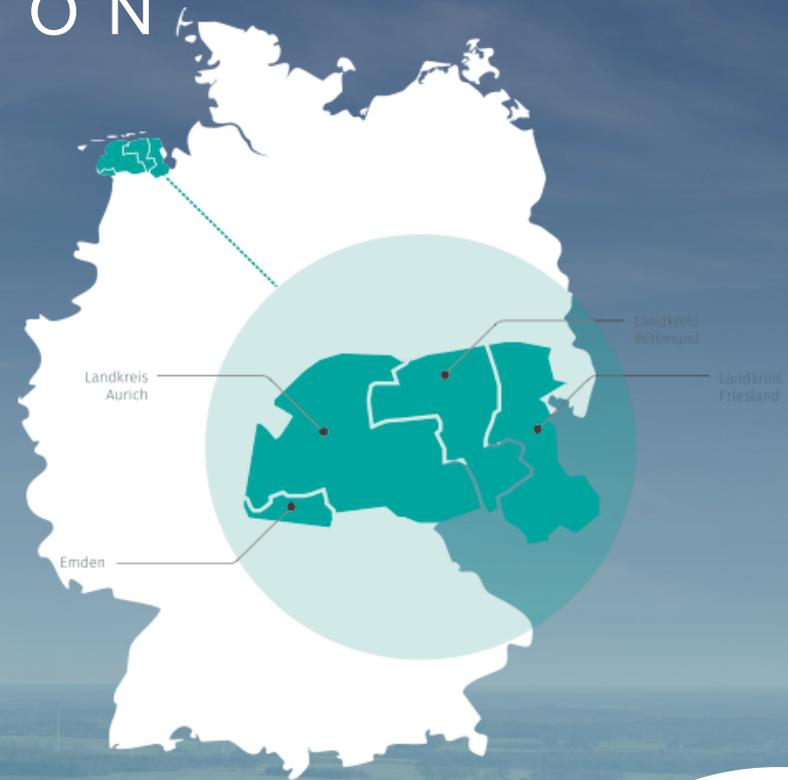
390.000 inhabitants

200.000 households

1,75 GW installed renewable energy generation capacity

1,50 GW generated wind power

>200% renewable energy



The model region is a large renewable power plant!



Einfluss einer elektrischen Ladeinfrastruktur in städtischen und ländlichen Niederspannungsnetzen auf die Netzplanung | 15.02.2016 | Mirko Wahl



Hintergrund und Motivation

Elektrifizierung des Verkehrs

- Deutsche politische Zielsetzung sieht verstärkte Nutzung von Elektromobilität zur Reduzierung der CO₂-Emissionen vor
- Verschiedene Anreizprogramme durch Bundesregierung
 - ◆ Zur Ausbringung einer Ladeinfrastruktur
 - ◆ Kfz-Steuer-Befreiung und Sonderfahrspuren sowie -parkplätze
- ➔ Vermehrte Zulassungen von Elektrofahrzeugen zu erwarten

- Neue Verbraucher und neues Verbrauchsverhalten in den Verteilnetzen
 - ◆ Hohe Gleichzeitigkeit der Ladevorgänge durch Pkw-Nutzung zu erwarten
- Anschluss insbesondere in Mittel- und Niederspannungsnetzen
 - ◆ Netzbetreiber muss sicheren und zuverlässigen Betrieb weiter gewährleisten

Ziel des Beitrages

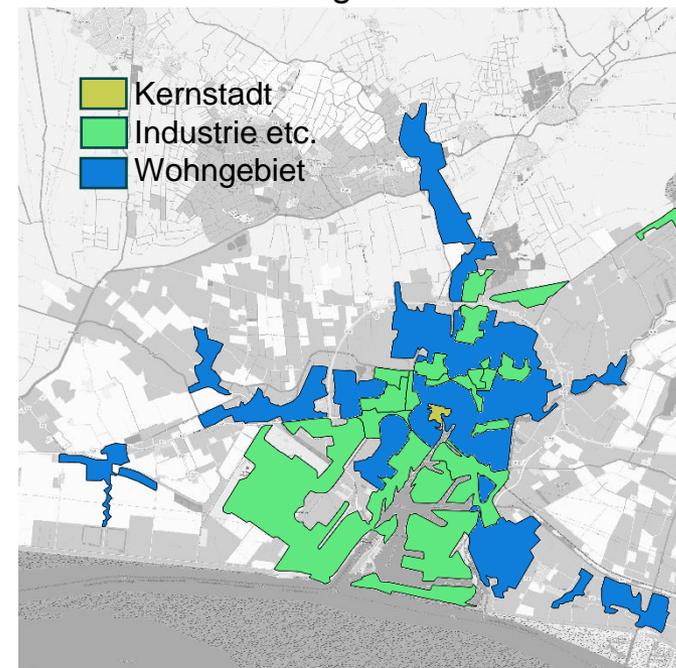
Einfluss einer elektrischen Ladeinfrastruktur in städtischen und ländlichen Niederspannungsnetzen auf die Netzplanung

Elektromobilität – Ladeinfrastruktur in NS-Netzen

Heutige Ladeinfrastruktur

- Normalladen zwischen 3,7 kW und 22 kW Anschluss in NS-Netzen
- Heutige Ladeinfrastruktur zu 85 % privat und 15 % öffentlich
 - ◆ Keine Veröffentlichungspflicht für private Ladepunkte
- Annahme: E-Pkw Käufer werden Zuhause ihr Auto laden wollen
- ➔ Fokus auf Ladevorgänge durch privaten Individualverkehr am Wohnort
- Private Aufstellorte: Garagen, Stellplätze, Parkplätze von Wohnanlagen, Mehrfamilienhäusern oder von Wohnblocks
- ➔ Ladeinfrastruktur wird in NS-Netzen i.d.R. in Wohngebieten installiert werden
- ➔ Flächennutzungsanalyse liefert erste Anhaltspunkte für Prognose

Flächennutzung der Stadt Emden

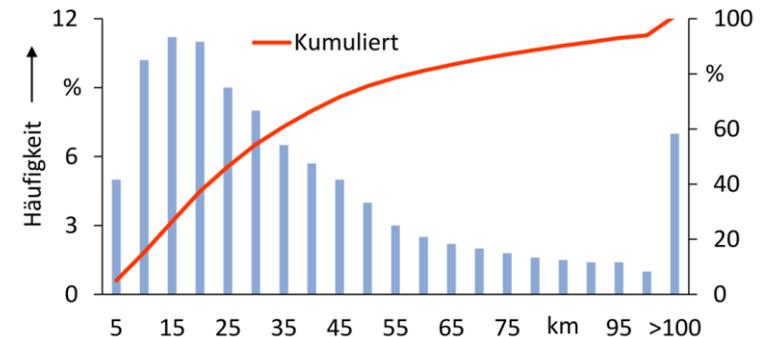


nach CORINE Land Cover

Elektromobilität – Nutzung von Personenkraftwagen

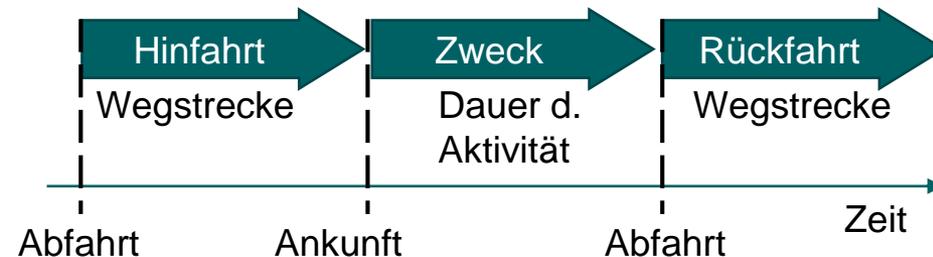
- E-Pkw erfüllen bereits heute weitestgehend das Mobilitätsbedürfnis
 - ◆ Durchschnittliche Reichweite über 200 km
 - ◆ Etwa 90 % aller Wegstrecken sind kürzer als 100 Kilometer
 - ◆ Weiter steigende Batteriekapazität
 - Privates Mobilitätsbedürfnis nach Zweck differenzierbar
 - ◆ Arbeit
 - ◆ Freizeit
 - ◆ Private Erledigungen etc.
 - Abbildung von Fahrten über Parameter
 - ◆ Abfahrtszeit
 - ◆ Wegstrecke und Geschwindigkeit
 - ◆ Dauer der Aktivität
- ➔ Ableiten von Fahrprofilen durch Häufigkeitsverteilung der Parameter

Häufigkeitsverteilung einer Wegstrecke



Commisariat Général au Développement Durable, Les véhicules électriques en perspective, 2011

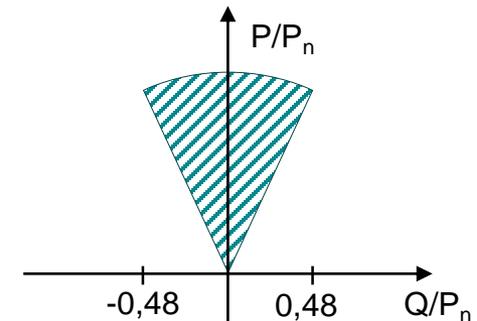
Schematische Darstellung der Parameter



Elektromobilität – Blindleistungsbereitstellung

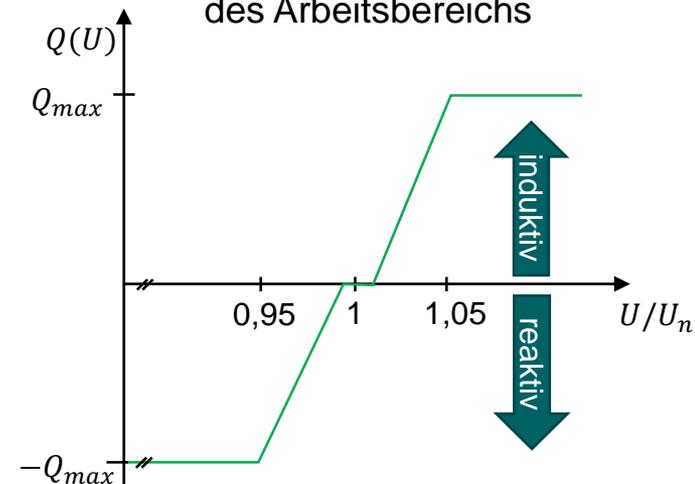
- Wirkleistungsbezug führt i. d. R. zu einer Spannungssenkung
- Gleichzeitige Nachfrage erhöht thermische Belastung der Betriebsmittel
- Laden einer Batterien mit Gleichstrom erfordert Gleichrichter am Anschlusspunkt
 - ◆ Bereitstellung von induktiver und reaktiver Blindleistung im Bereich $\cos(\phi)=0,9_{\text{induktiv}}$ und $\cos(\phi)=0,9_{\text{reaktiv}}$
 - ◆ Kennlinienvorgabe durch Verteilnetzbetreiber möglich: $\cos(\phi)$ - oder $Q(U)$ -Kennlinie gängig
- ➔ Konstante Ladeleistung: $Q(U)$ -Kennlinie geeignet
- Mögliche Blindleistungsregelung
 - ◆ Lokale Regelung am Anschlusspunkt
 - ◆ Regelung auf Ende des NS-Strangs, Fernwirktechnik notwendig
- ➔ Lokale Regelung mittels $Q(U)$ -Kennlinie untersucht

Arbeitsbereich des Gleichrichters



nach VDE-AR-N 4100

Exemplarische Kennlinie im Bereich des Arbeitsbereichs

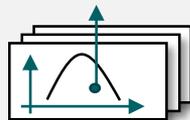


Elektromobilität – Modellierung von Fahr- und Ladeprofilen

- Erstellung von Fahr- und Ladeprofilen basierend auf Häufigkeitsverteilungen der Pkw-Nutzung und Fahrzeugdaten
 - ◆ Durchschnittlicher Energieverbrauch, Batteriekapazität, Ladeleistung etc.

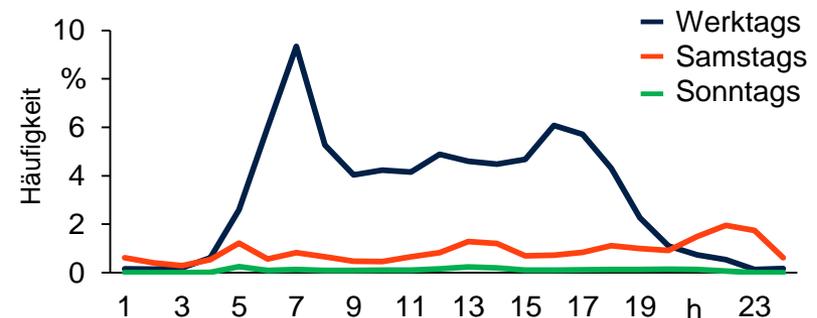
- **Zweck d. Fahrt und Verteilungsfunktionen** zu Zeitpunkt, Strecke, Geschwindigkeit
- **Fahrzeugtypen und -daten** (Verbrauch, Batteriekap., Ladeleistung)

**Fahrprofil- und
Zeitreihengenerierung**



Fahr- und Ladeprofile

Abfahrtshäufigkeitsverteilung für Zweck „Arbeit“



Quelle: Mobilität in Deutschland, 2008

- Ziehungen aus den Häufigkeitsverteilung
- Plausibilitätsprüfung führt zur Verwerfung ungültiger Fahrprofile

Netzausbausimulation

- Installation von Ladesäulen anhand der räumlichen Verteilung der Haushalte
- Umfang der Betriebssimulation umfasst vier Wochen
 - ◆ Zeitlicher Simulationsschritt beträgt 15 Minuten

Technische Randbedingungen

Zulässiges Spannungsband

Thermische Belastung

Netzausbau

Zusätzliche Leitung

Zusätzlicher Ortsnetztransformator

Regelbarer Ortsnetztransformator

• Ausbringung der Ladeinfrastruktur im NS-Netz

• Netzausbauplanung

Netzbetriebsplanung

• Blindleistungsregelung

• Tech. Randbedingungen

Netzausbau

Gültig

nein

ja

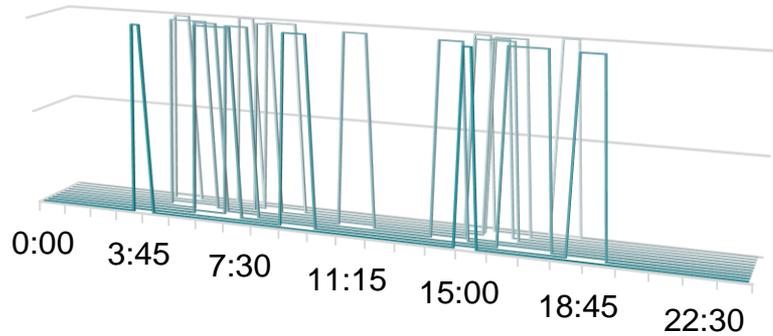
• Netzausbaubedarf

15 min.

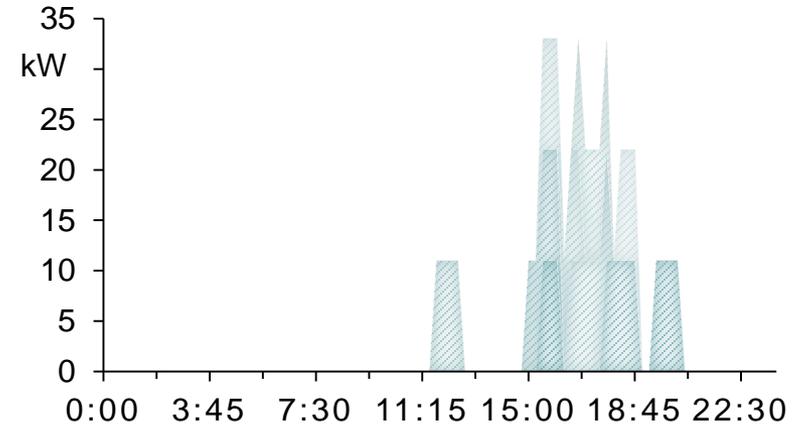
Exemplarische Fahr- und Ladeprofile (11 kW Ladeleistung)

- Erhöhter Ladebedarf in den Abendstunden durch Zweck „Arbeit“

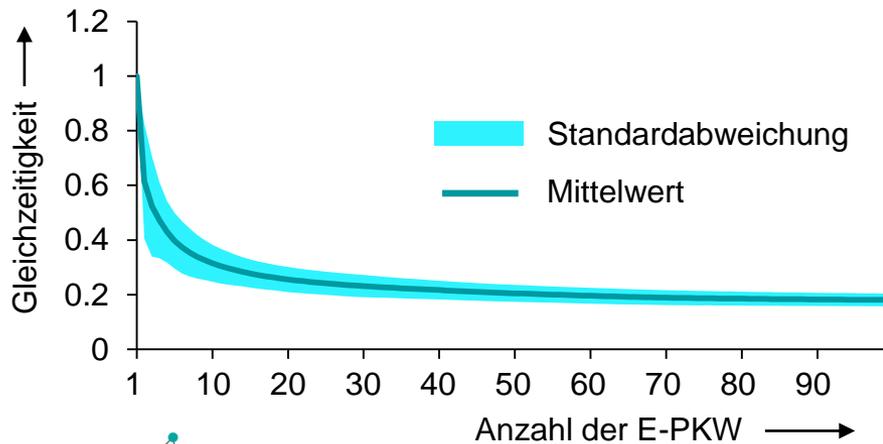
Exemplarische Fahrprofile



Resultierende Ladeprofile



Erwartete Gleichzeitigkeit bei 1000 Ziehungen

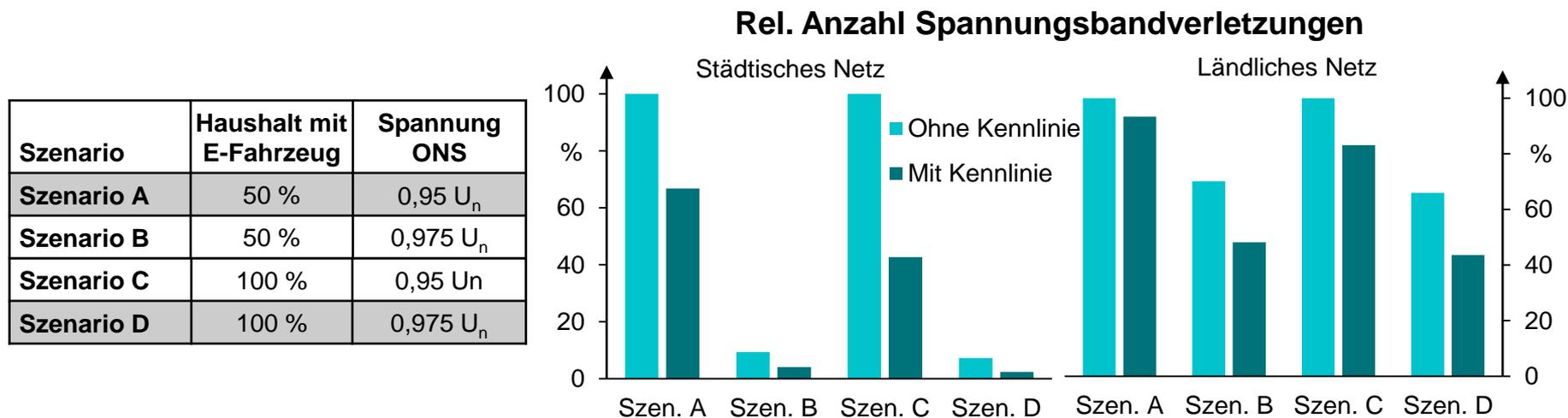


- 1000 Ziehungen
- Jeweils 100 Fahrprofile
- 11 kW Ladeleistung
- ➔ Mittelwert der Gleichzeitigkeit nähert sich 0,18 (18%) an

Einfluss einer Ladeinfrastruktur auf die Netzplanung

Untersuchungsrahmen

- Exemplarisches städtisches NS-Netz mit 9 PV-Anlagen mit 44 kW
- Exemplarisches ländliches NS-Netz mit 50 PV-Anlagen mit 385 kW



- Q(U)-Blindleistungsregelung reduziert die Spannungsbandverletzung deutlich
 - ◆ Installation eines regelbaren Ortsnetztransformator (ONT) nicht zu verhindern
- Im ländlichen Netz kommt es zu keiner thermische Überlastung
- Im städtischen Netz kommt es zu einer Überlastung des ONT

Wesentliche Erkenntnisse

Motivation

- Elektrifizierung des Verkehrs in Deutschland zur Reduktion von CO₂-Emissionen
- Anschluss von privaten Ladesäulen wird in NS-Netzen erwartet

Analyse und Modellbildung

- Fahr- und Ladeprofile des privaten Individualverkehrs lassen sich über statistische Häufigkeitsverteilungen geeignet abbilden

Exemplarischen Ergebnisse

- Gleichzeitigkeit der der Ladevorgänge mit 11 kW liegt bei 0,18
- Anwendung einer Blindleistungsregelung reduziert die Spannungsbandverletzung deutlich verhindert jedoch die Installation eines regelbaren ONT nicht
- Im städtischen Netz kommt es zu einer Überlastung des ONT

Fragen und Diskussion

Kontaktdaten

Mirko Wahl

Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW),
RWTH Aachen University

Tel: +49 241 80-97689

E-Mail: mw@iaew.rwth-aachen.de

<http://www.iaew.rwth-aachen.de>

Institutsleiter

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Albert Moser



Einfluss einer elektrischen Ladeinfrastruktur in städtischen und ländlichen
Niederspannungsnetzen auf die Netzplanung | 15.02.2016 | Mirko Wahl

