

# Elektromobilität im städtischen Niederspannungsnetz – Auswirkungen standortbezogener Szenarien auf ein dynamisches Lastmanagement am Netzanschluss

08. September 2021  
IEWT 2021

Simon Kreutmayr

Dominik J. Storch, Simon Niederle, Christoph J. Steinhart, Maik Günther, Michael Finkel, Rolf Witzmann

Im Rahmen des Projektes:



**Hochschule  
Augsburg** University of  
Applied Sciences

- **Motivation**
- Methodik
- Ladeprofilgenerator
- Szenarien und Simulationsergebnisse
- Erkenntnisse und Ausblick

## Agenda:

## Motivation

## Methodik

## Ladeprofil-generator

## Szenarien & Ergebnisse

## Erkenntnisse

- Stark wachsende Zulassungszahlen von batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) und Ziele zur Vollelektrifizierung bis 2050 (2045)
- Flexible Methodik zur Untersuchung der Zusatzbelastung im städtischen Bereich anhand von drei charakteristischen NS-Netzen

Netz	Wohnen Altbau	Wohnen Neubau	Gewerbe
<b>Bebauungsstruktur</b>	Wohngebiet im Altbestand mit Blockbebauung	Wohngebiet im Neubau mit Zeilenbebauung	Gewerbegebiet für Einzel- & Großhandel
<b>Parkplatzsituation</b>	Wenige Parkplätze in Innenhof, einzelne kleine Tiefgaragen, viele Straßenstellplätze	Keine Parkplätze auf priv. Grund, große Tiefgaragen, wenige Straßenstellplätze	Große Parkflächen vor Gebäuden, keine Straßenstellplätze

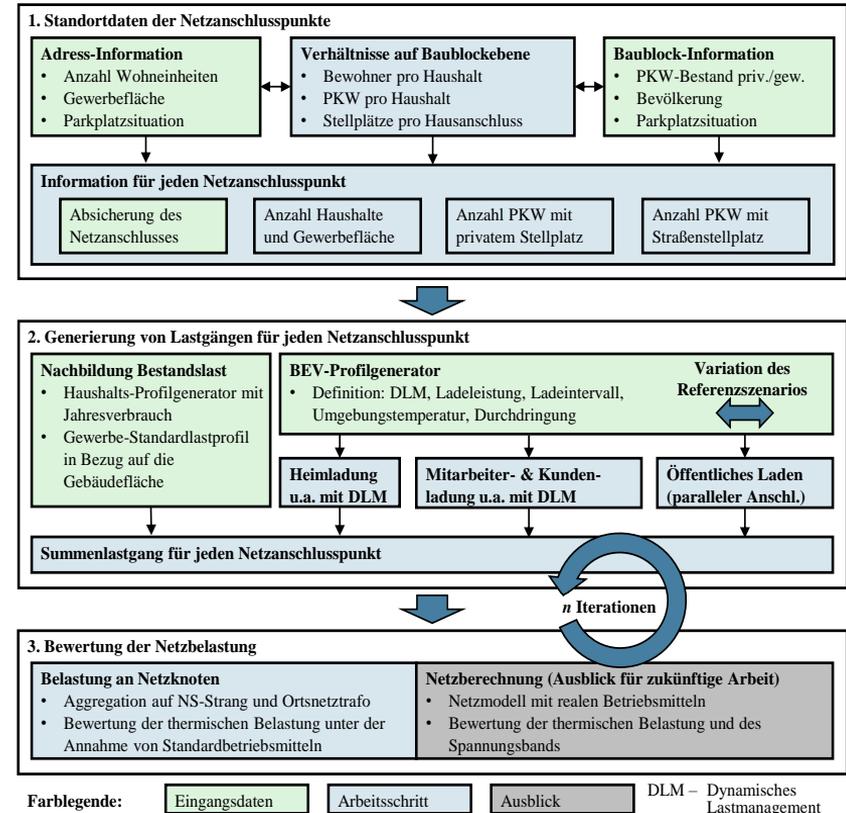
- Berücksichtigung von dynamischem Lastmanagement am Netzanschlusspunkt
- Untersuchung der Einflüsse von: Ladeleistung, Einsteckverhalten, Temperatur, Durchdringung

- Motivation
- **Methodik**
- Ladeprofilgenerator
- Szenarien und Simulationsergebnisse
- Erkenntnisse und Ausblick

1. Ermittlung Ladebedarf und Verteilung der Ladepunkte an Netzanschlüsse auf Basis von Standortdaten

2. Erstellung von Ladeprofilen, die an den Netzanschlüssen angelegt werden

3. Bewertung der thermischen Belastung von Ortsnetztransformatoren und NS-Strängen



- Motivation
- Methodik
- **Ladeprofilgenerator**
- Szenarien und Simulationsergebnisse
- Erkenntnisse und Ausblick

Agenda:

Motivation

Methodik

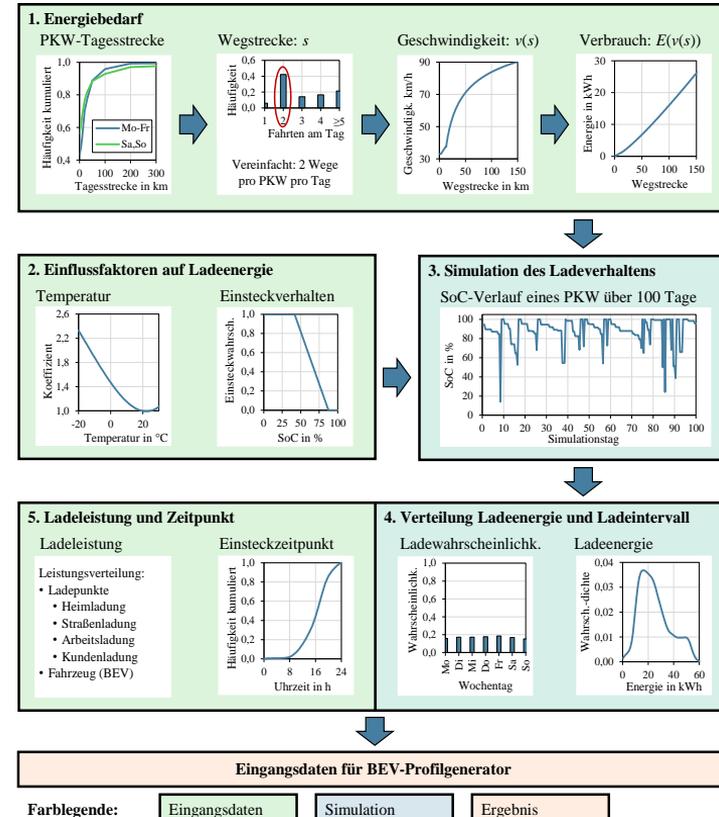
Ladeprofil-Generator

Szenarien & Ergebnisse

Erkenntnisse

Methodik für Heim- und Arbeitsladen auf Basis von MiD2017:

1. Ermittlung Tagesenergiebedarf auf Basis von Wegstrecken
2. Definition des „Einsteckverhaltens“ und der Temperatur
3. Simulation des täglichen Ladeverhaltens über 200.000 Tage
4. Statistische Auswertung von Ladeenergie und Ladeintervall
5. Definition von Ladeleistung und Einsteckzeitpunkte



# Validierung Profilgenerator

Agenda:

Gleichzeitigkeitsfaktoren

Motivation

Methodik

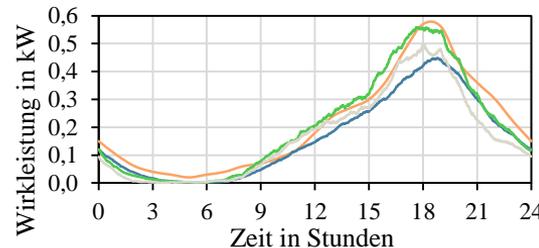
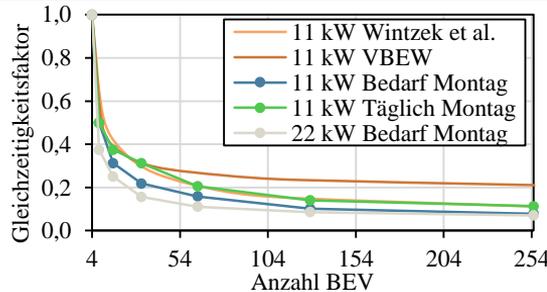
Ladeprofil-Generator

Szenarien & Ergebnisse

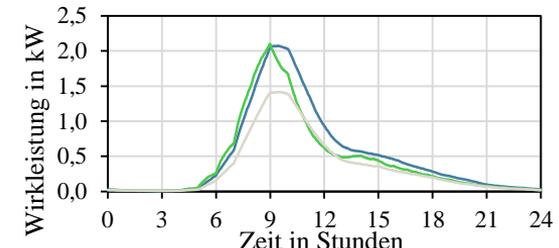
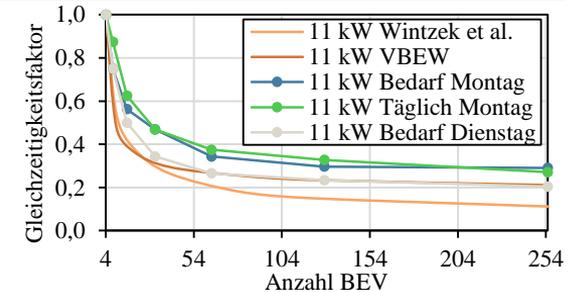
Erkenntnisse

Durchschnittlicher Ladelastgang

## Heimladung



## Arbeitsladung



Temperatur -10°C

Bedarf: Ladung der Batterie abhängig von SoC

Täglich: Ladung der Batterie an jedem Tag mit Fahrt

Agenda:

Motivation

Methodik

Ladeprofil-  
Generator

Szenarien &  
Ergebnisse

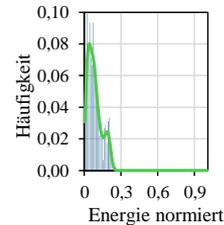
Erkenntnisse

## Ladeort

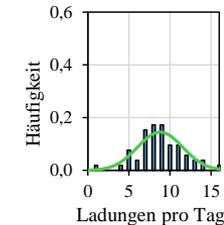
### Supermarkt Kundenparkplatz

- 1x 20 kW DC Ladepunkt oder  
1x 22 kW AC Ladepunkt
- 8 Uhr – 20 Uhr, max. 1 h, kostenlos
- Datenbasis: 450 Ladevorgänge
- Betrachtungszeitraum: Werktage  
von 11/20 bis 01/21

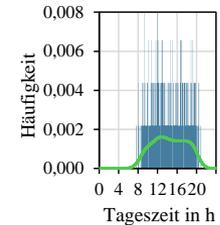
## Energie



## Ladevorgänge

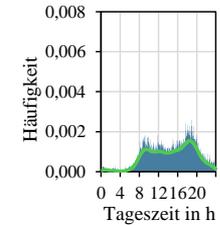
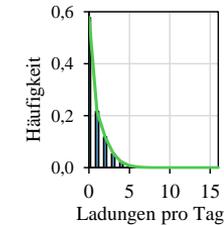
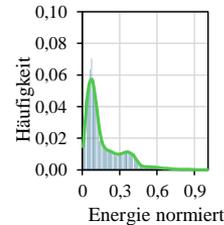


## Tageszeit



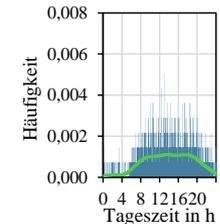
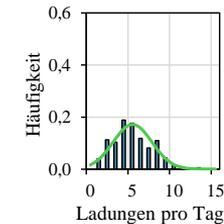
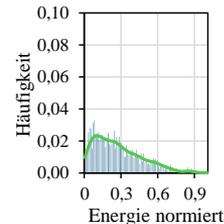
### Straßenladung im Wohngebiet

- 2x 22 kW AC Ladepunkte
- Gebiete mit Flächennutzung:  
Wohnen Allgemein
- Datenbasis: 15.140 Ladevorgänge  
an 219 Ladesäulen
- Betrachtungszeitraum: Werktage  
von 10/20 bis 12/20



### Tankstelle

- 2x DC Ladepunkte  $\Sigma$ 150 kW und  
1x AC Ladepunkt 22 kW
- Datenbasis: 1.375 Ladevorgänge
- Betrachtungszeitraum: Werktage  
von 05/20 bis 05/21



## Agenda:

Motivation

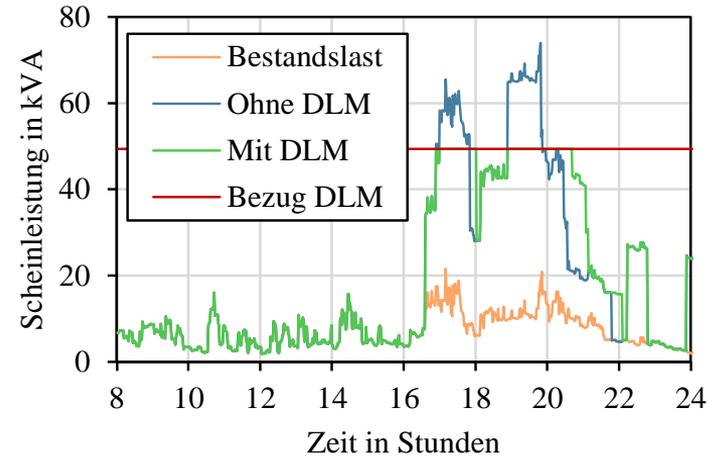
Methodik

Ladeprofil-  
Generator

Szenarien &  
Ergebnisse

Erkenntnisse

- DLM reduziert Ladeleistung, wenn der gemessene Laststrom am Netzanschluss die Sicherungsgröße übersteigt
- Installation und Betrieb des DLM durch Anschlussnehmer zur Vermeidung einer Anschlussvergrößerung
  - ➔ Keine Steuerung auf „Netzzustand“
  - ➔ Keine Steuerung durch Netzbetreiber



Simulationsergebnis an einem exemplarischen Netzanschluss

- 8 Wohneinheiten
- 40 BEV in Tiefgarage

- Motivation
- Methodik
- Ladeprofilgenerator
- **Szenarien und Simulationsergebnisse**
- Erkenntnisse und Ausblick

## S0: Referenzszenario (2050)

- Durchdringung: 100 %
- DLM: Bezogen auf Sicherungswert mit 5 A Reserve
- Ladeleistung: Ladepunkte 22 kW
- Einsteckverhalten: BEV bei 50 % mit 11 kW und 50 % mit 22 kW  
Spätestens bei 125 km Restreichweite,  
frühestens bei 38 km gefahrener Strecke
- Temperatur:  $-10^{\circ}\text{C}$
- Weitere Parameter: ....

## Vergleichsszenarien

- S1: Ohne DLM
- S2: Ladeleistung reduziert
- S3: Einsteckverhalten täglich
- S4: Temperatur  $25^{\circ}\text{C}$
- S5: Durchdringung 50 %

Agenda:

Motivation

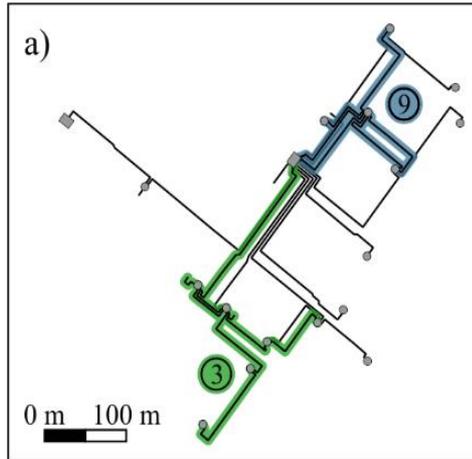
Methodik

Ladeprofil-generator

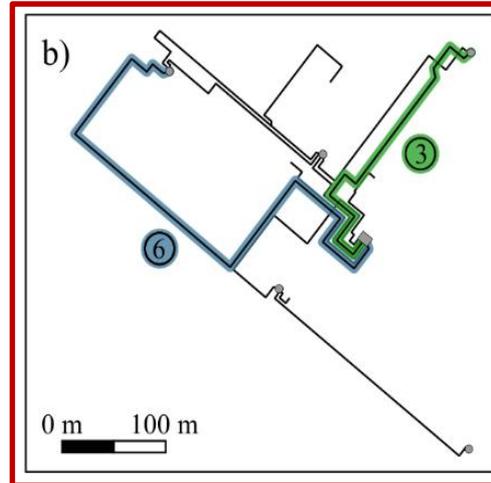
Szenarien & Ergebnisse

Erkenntnisse

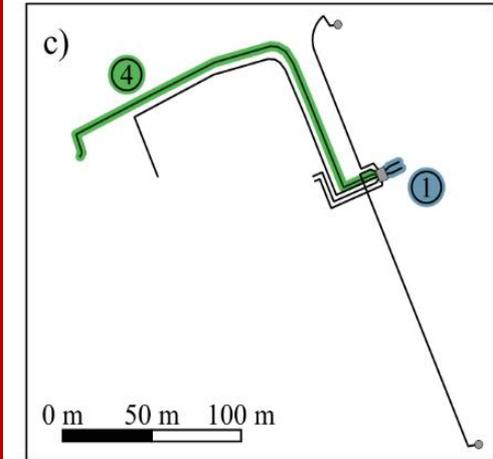
## Wohnen Altbau



## Wohnen Neubau



## Gewerbe mit Einzelhandel



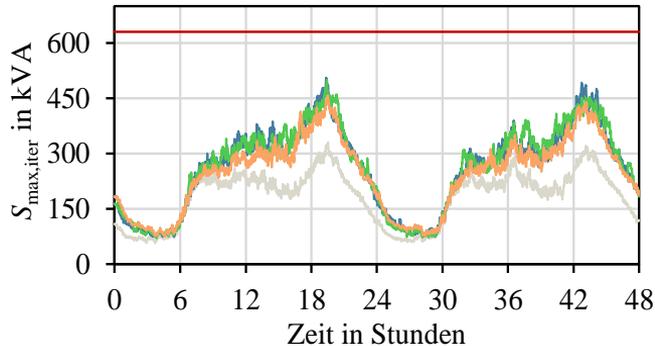
Darstellung aggregierter Lasten an:

- Transformator
- Typischer Strang: blau
- Spezieller Strang: grün

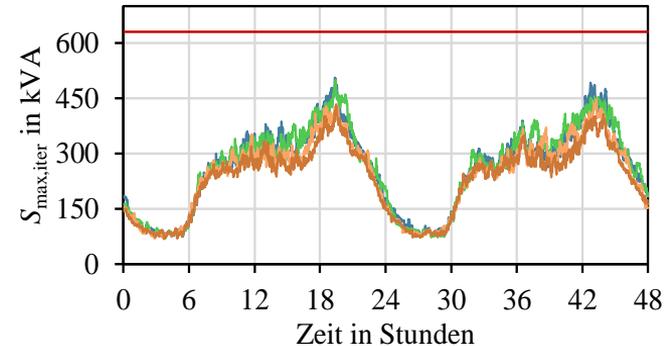
Maximale Scheinleistung zu jedem Zeitschritt (1 min) von 100 Iterationen:

$$S_{\max, \text{iter}}(t) = \max_{1 \leq i \leq n_{\text{iter}}} S_i(t)$$

- Bestandslast
- S0 Referenzszenario
- S1 Ohne DLM
- S2 Ladeleistung reduziert
- Therm. Belastungsgrenze

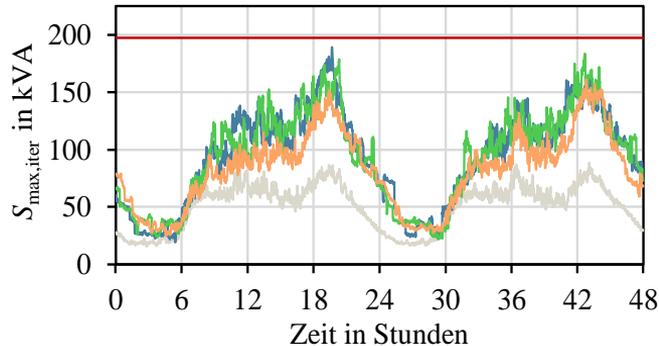


- S0 Referenzszenario
- S3 Einsteckverhalten täglich
- S4 Temperatur 25 °C
- S5 Durchdringung 50 %
- Therm. Belastungsgrenze

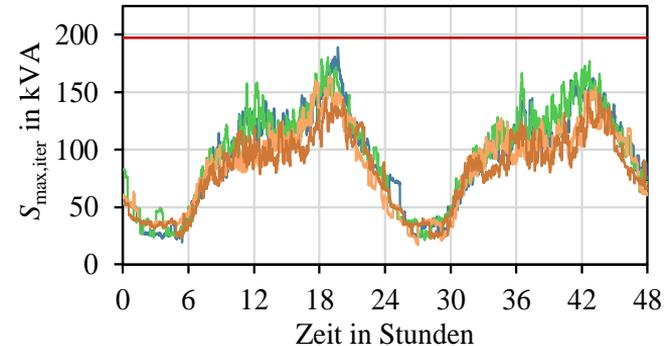


- 100 % E-Mobilität führt zu einem Anstieg der Spitzenlast von ca. 200 kVA
- Kein wesentlicher Unterschied mit und ohne DLM
- Vergleichsszenarien zu Ladeleistung, Temperatur, Durchdringung senken Last

- Bestandslast
- S0 Referenzszenario
- S1 Ohne DLM
- S2 Ladeleistung reduziert
- Therm. Belastungsgrenze

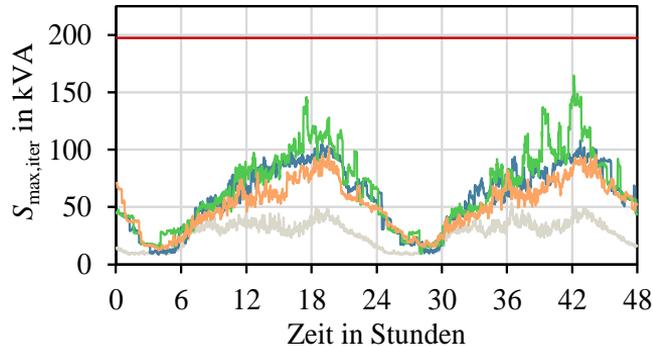


- S0 Referenzszenario
- S3 Einsteckverhalten täglich
- S4 Temperatur 25 °C
- S5 Durchdringung 50 %
- Therm. Belastungsgrenze

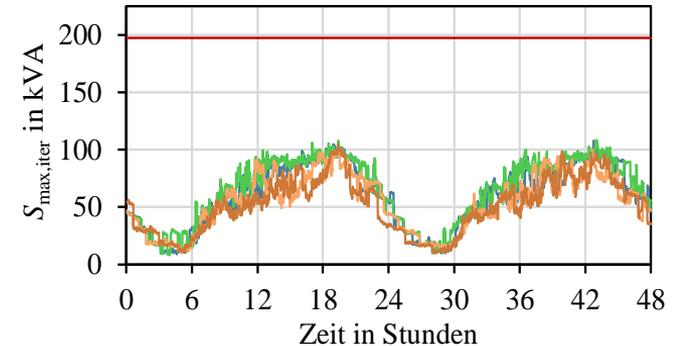


- Spitzenlast verdoppelt sich im Vergleich zur Bestandslast
- Kein wesentlicher Unterschied mit und ohne DLM
- Unterschiedliches Einsteckverhalten (Bedarf / Täglich) ändert das Ergebnis nicht

- Bestandslast
- S0 Referenzszenario
- S1 Ohne DLM
- S2 Ladeleistung reduziert
- Therm. Belastungsgrenze



- S0 Referenzszenario
- S3 Einsteckverhalten täglich
- S4 Temperatur 25 °C
- S5 Durchdringung 50 %
- Therm. Belastungsgrenze



- Reduzierung der Spitzenlast um ca. 50 kVA durch DLM
- Strang versorgt nur zwei Netzanschlüsse, einer davon mit 57 BEV und DLM
- Bei 50 % Durchdringung ist die Spitzenlast in etwa gleich groß

- Motivation
- Methodik
- Ladeprofilgenerator
- Szenarien und Simulationsergebnisse
- **Erkenntnisse und Ausblick**

## Agenda:

Motivation

Methodik

Ladeprofil-  
generator

Szenarien &  
Ergebnisse

Erkenntnisse

## Standortanalyse

- Fehlende Infos zur regionalen Verteilung werden durch Annahmen ersetzt
- Übertragbarkeit auf andere Netzgebiete ist möglich
- Herausforderung bei Abschätzung von Orten und Stellplätzen priv. Tiefgaragen

## Lastprofilgenerator

- Validierung zeigt Übereinstimmung mit bestehender Literatur
- Arbeitsladen verursacht deutlich höhere Gleichzeitigkeitsfaktoren als Heimladen

## Simulationsergebnisse

- Ausschließlich Extremszenarien führen zu kurzzeitiger Überlastung
- DLM am Netzanschluss reduziert die maximale Belastung am Trafo kaum
- An gewissen Niederspannungssträngen führt DLM zur Entlastung

## Ausblick

- Lastflussberechnungen zur Bewertung der Spannungsqualität
- Untersuchung der Zusatzbelastung im Mittelspannungsnetz

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Simon Kreutmayr  
Hochschule Augsburg  
Fakultät für Elektrotechnik  
An der Hochschule 1  
86161 Augsburg

Tel.: + 49 821 5586 3634

E-Mail: [simon.kreutmayr@hs-augsburg.de](mailto:simon.kreutmayr@hs-augsburg.de)

Im Rahmen des Projektes:



<https://www.hs-augsburg.de/E-Motion-to-Grid.de>