

## 14. Symposium Energieinnovation

### Kombinierte Grundsatzplanung von Mittel- und Niederspannungsnetzen unter Berücksichtigung von Blindleistungsmanagement

- Einleitung
- Analyse und Modellbildung
- Methoden und Verfahren
- Exemplarische Untersuchungen
- Zusammenfassung

Lukas Verheggen, Albert Moser  
Graz, 11. Februar 2016

## Hintergrund und Motivation

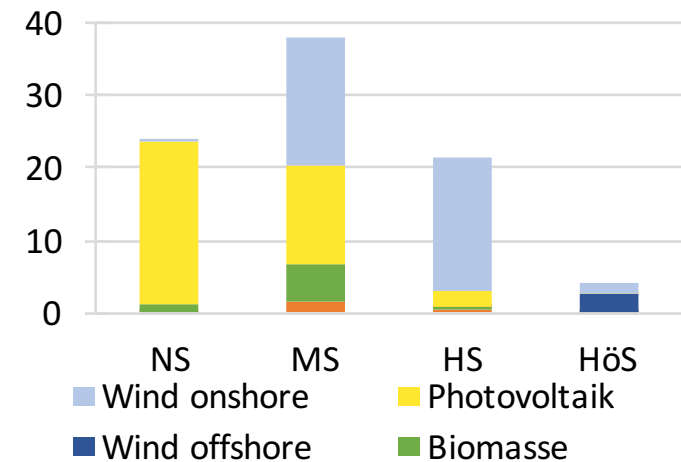
### Entwicklungen in deutschen Verteilnetzen

- Steigende Anzahl dezentraler Erzeugung insbesondere in den Verteilnetzen
- Teilweise sehr hohe regionale Konzentrationen
- ➔ Steigender Ausbaubedarf in den Verteilnetzen
- Einsatz des Blindleistungsmanagements zur Minimierung von Engpässen durch dezentrale Einspeisung
- ➔ Welchen Einfluss hat das Blindleistungsmanagement auf die langfristige Netzplanung von Mittel- und Niederspannungsnetzen

### Ziel der Arbeit

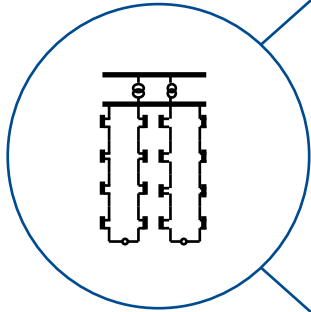
- ➔ Kombinierte Grundsatzplanung von Mittel- und Niederspannungsnetzen unter Berücksichtigung von Blindleistungsmanagement

### Verteilung dezentraler Erzeugung auf Spannungsebenen in DE



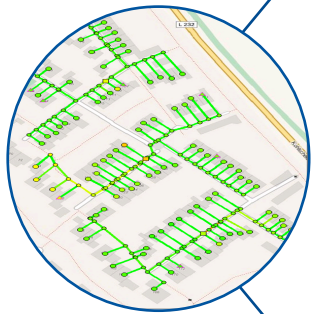
Quelle: Bundesnetzagentur  
Stand 31.12.2013

## Freiheitsgrade in der Netzplanung (1/2)



### Betriebsspannung und Netzstruktur

- Betriebsspannung: NS: 0,4 kV; MS: 10 kV, 20 kV
- Netzstruktur i.d.R. auf radiale Netzstrukturen zurückführbar
  - ◆ MS: offene Ring- und Strangnetze, offene vermaschte Netze
  - ◆ NS: Strahlennetze (ländlich), offene vermaschte Netze (städtisch)



### Betriebsmittel und Trassierung

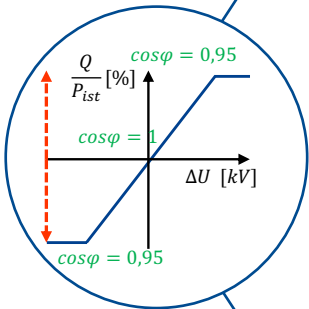
- Mittel- und Niederspannungsnetze weitgehend verkabelt
- Verwendung weniger Standardbetriebsmittel für vereinfachte Instandhaltung
- Trassierung eingeschränkt durch Bebauung, Grünflächen, etc.
- DIN 1998: Verlegung auf öffentlichem Grund
- Orientierung an Straßenverläufen

## Freiheitsgrade in der Netzplanung (2/2)



### Ortsnetzstation

- Lage, Anzahl und Dimensionierung abhängig von der Versorgungsaufgabe
- Aufgrund geringer Baumaße: Lage der ONS frei wählbar



### Blindleistungsmanagement

- Bereitstellung von Blindleistung zur Spannungsregelung/-steuerung i.d.R. durch dezentrale Erzeugungsanlagen
- Findet bereits Einsatz im Netzbetrieb
- Blindleistungsregelung/-steuerung mittels Kennlinien
- Vereinfachte Annahme: Blindleistungsbereitstellung verringert nicht die maximale Wirkleistungseinspeisung
- Blindleistungsbereitstellung weitestgehend energetisch neutral
- Zeitlich entkoppelt modellierbar

## Technische Randbedingungen der Netzplanung

### Thermische Belastbarkeit der Betriebsmittel

➔ Überprüfung der max. Stromtragfähigkeit mittels thermischen Grenzstroms

### Spannungshaltung

➔ Einhaltung des Spannungsbands nach EN 50160

### Kurzschlussstrom

➔ Kurzschlussstromprüfung nach DIN VDE 0102

### Zuverlässigkeit

○ Anforderung der Zuverlässigkeit nach aktuellen Planungsgrundsätzen:

- ◆ NS-Netze:

- Gewährleistung der zuverlässigen Versorgung nur im „Normalbetrieb“

- ◆ MS-Netze:

- Gewährleistung einer zuverlässigen Versorgung auch im Fehlerfall
- Einzelne Stationen können mittels Notstromaggregaten im Fehlerfall versorgt werden
- Im Fehlerfall Abregelung von Erzeugungsanlagen erlaubt

➔ Überprüfung von kritischen Ausfällen im Starklastfall ausreichend

## Kosten in der Netzplanung

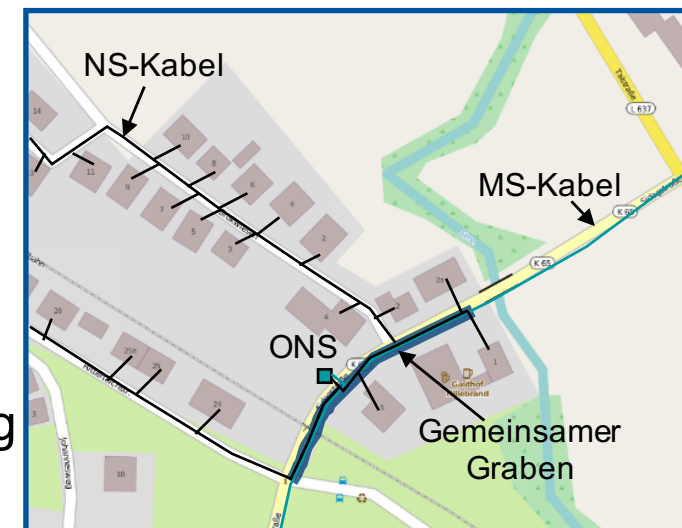
### Ziel der Netzplanung:

Minimierung der Netzkosten unter Einhaltung aller technischen Randbedingungen

$$\text{Gesamtkosten pro Jahr} = \text{Annuitätische Investitionskosten} + \text{Jährliche Betriebskosten}$$

### Kosten Netzplanung

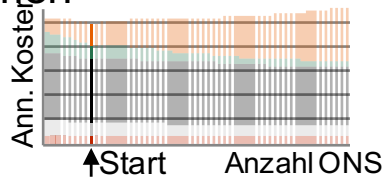
- Kosten für Investition der Betriebsmittel
  - Errichtungskosten für Umspann- und Ortsnetzstationen
  - Verlegungskosten von Kabeln
  - ➔ Berücksichtigung gemeinsamer Grabenbelegung von MS- und NS-Kabeln
- 
- Berücksichtigung von Betriebskosten für Instandhaltung, Wartung und Verlustkosten



## Methodisches Vorgehen

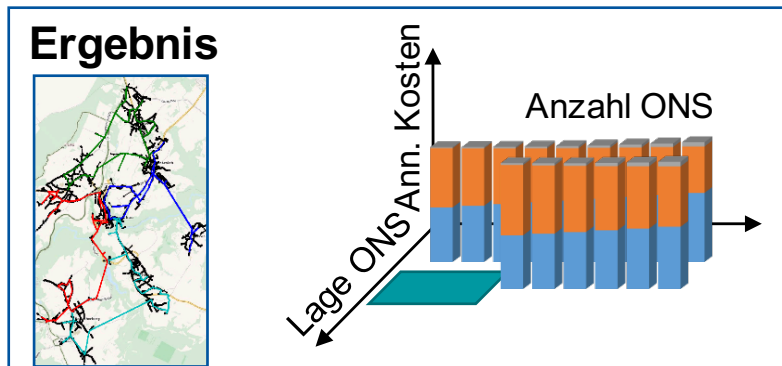


**NS-Netzplanung** mit betrieblichen Maßnahmen



**MS/NS-Netzoptimierung** mit betrieblichen Maßnahme

**Ergebnis**



### Methodischer Ablauf

- Bestimmung der NS-Netzzuschnitte mit Average-Linkage-Algorithmus
- Entwurf des NS-Netzes und Bestimmung der Lage der ONS
- Variation des Standorts der ONS
  - ◆ „Mittige“ Platzierung
  - ◆ Nahe der Umspannwerke
- Entwurf des MS-Netze auf Basis eines Ameisenalgorithmus unter Berücksichtigung des NS-Netzes
- Gemeinsame Betriebssimulation zur Prüfung der technischen Randbedingungen
- **Ergebnis:** Kostenminimale Zielnetze in Abhängigkeit der Lage und der Anzahl der ONS unter Berücksichtigung von Blindleistungsmanagement



## Versorgungsaufgabe

- Ländlich geprägte Versorgungsaufgabe

|                 | Anzahl | Leistung             |
|-----------------|--------|----------------------|
| Haushalte       | 4.207  | 4,4 MW <sup>1</sup>  |
| Industriekunden | 7      | 6,5 MW <sup>1</sup>  |
| DEA             | 669    | 18,1 MW <sup>2</sup> |

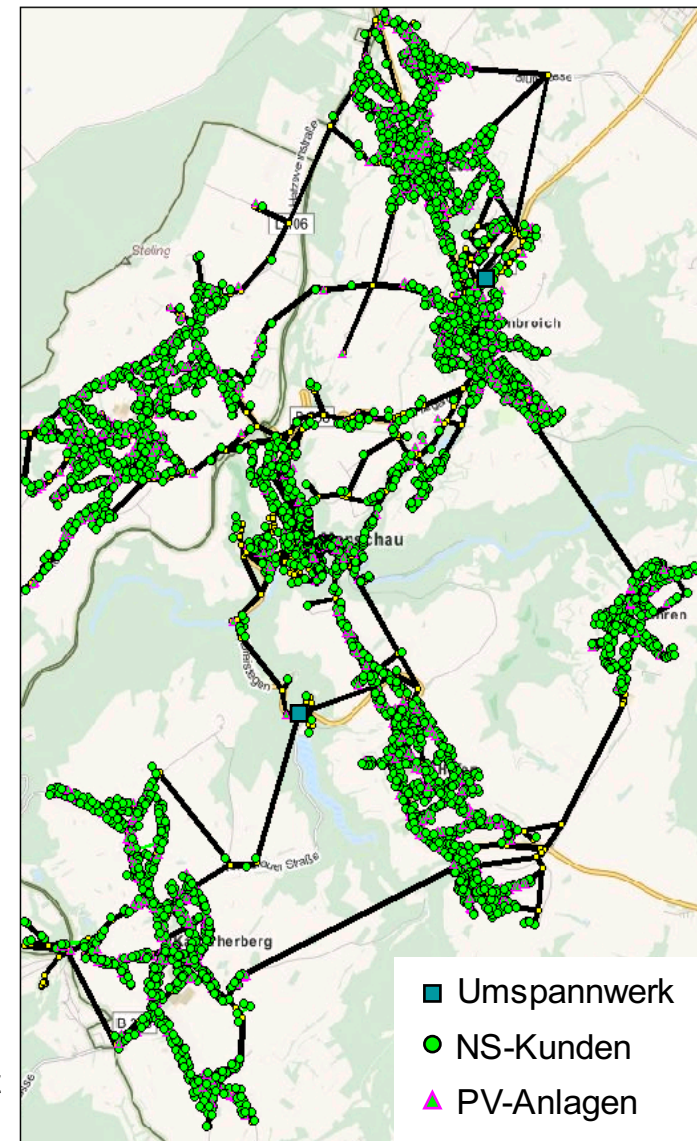
- Betriebsspannung (MS): 20 kV
- 2 Umspannwerke
- $\cos(\varphi)(P)$ -Steuerung für DEA

## Untersuchungsprogramm

- Einfluss der Anzahl der NS-Netzzuschnitte und Positionierung der ONS
- Einfluss des Blindleistungsmanagements

1: zeitgleiche Jahreshöchstlast  
2: installierte Leistung

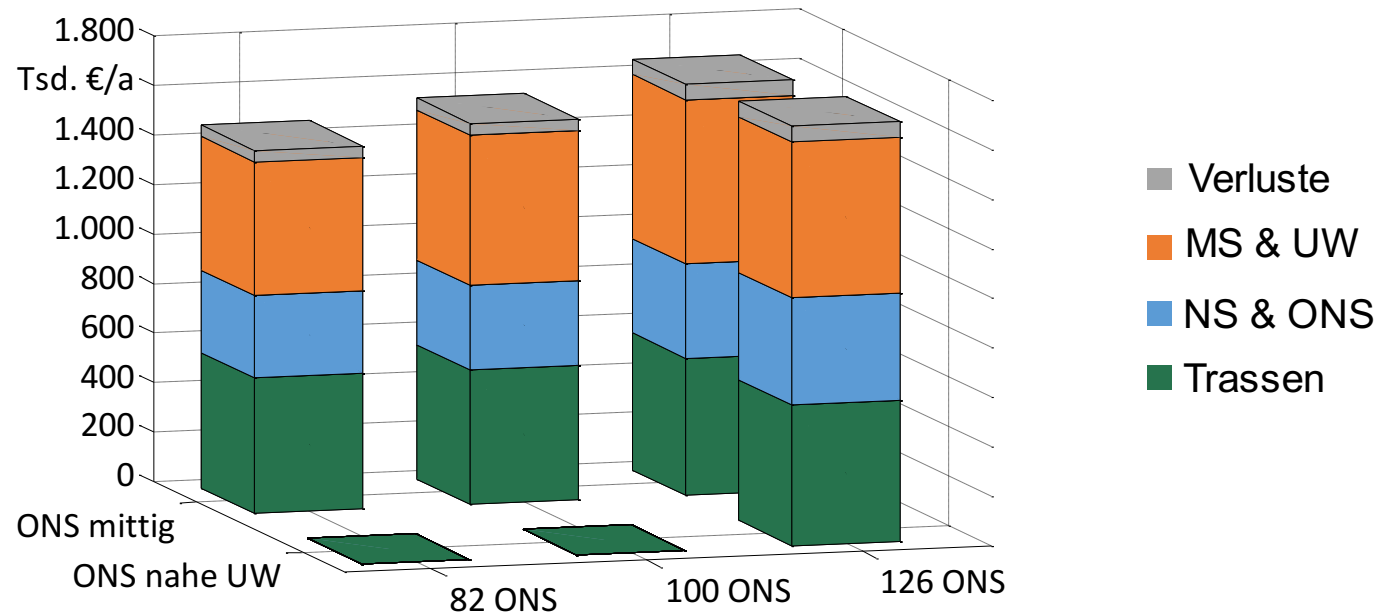
Kombinierte Grundsatzplanung von Mittel- und Niederspannungsnetzen unter Berücksichtigung von Blindleistungsmanagement | 11.02.2016 | Lukas Verheggen





## Einfluss der Ortsnetzstationen auf die Netzplanung

- Einfluss der Lage und der Anzahl der Ortsnetzstationen auf das Ergebnis der Netzplanung

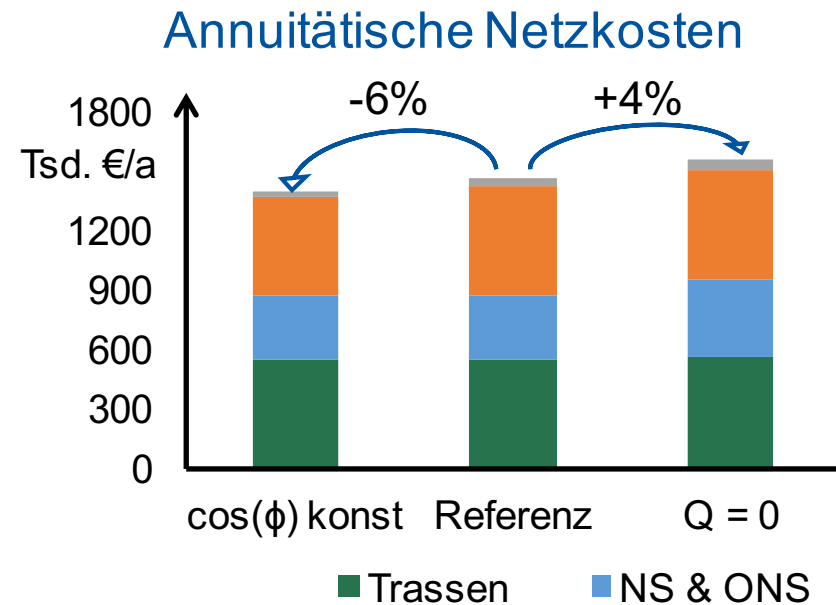


- Annuitätische Kosten zwischen 1.450 Tsd. €/a und 1.700 Tsd. €/a
- ➔ Größtes Optimierungspotential in Mittelspannungsnetzen
- ➔ Kleinere Anzahl an Ortsnetzstationen wirkt sich positiv auf MS-Planung aus
- ➔ Durch mittige Positionierung der Ortsnetzstationen in NS-Netzzuschnitt geringere Anzahl an ONS möglich und geringere Gesamtkosten

## Einfluss der Blindleistungsteuerung dezentraler Anlagen

- Untersuchung des Einflusses der Blind-leistungssteuerung dezentraler Anlagen
  - ◆ Konstanter  $\cos(\phi)$
  - ◆  $\cos(\phi)(P)$ -Kennlinie
  - ◆ Keine Blindleistungsbereitstellung
- Referenzrechnung unterstellt Blindleistungssteuerung mit  $\cos(\phi)(P)$ -Kennlinie

- ➔ Minimale Netzkosten bei konstanten  $\cos(\phi)$ , da höchste Blindleistungseinspeisung
- ➔ Blindleistungsmanagement hat Einfluss auf die Netzauslegung



|                   | cos( $\phi$ ) konst | Referenz cos( $\phi$ ) (P)* | Q = 0  |
|-------------------|---------------------|-----------------------------|--------|
| cos( $\phi$ ) DEA | 0,95/0,9            | 0,98/0,95                   | 1      |
| Netzlänge (MS)    | 92 km               | 100 km                      | 111 km |
| Netzlänge (NS)    | 100 km              | 104 km                      | 110 km |

\*: in Stunde mit min. Residuallast (starker Einspeisung)

# Zusammenfassung

## Ziel der Arbeit

### Kombinierte Planung von Mittel- und Niederspannungsnetzplanung unter Berücksichtigung von Blindleistungsmanagement

- Freiheitsgrade der MS- und NS-Netzplanung sind:
  - ◆ Kabelverlegung und -dimensionierung
  - ◆ Positionierung und Dimensionierung der Ortsnetzstationen
  - ◆ Blindleistungsmanagement dezentraler Erzeugungsanlagen
- Zerlegung des Problems in NS-Planung und MS-Planung aufgrund des hohen Netzmengengerüst notwendig
- Gemeinsame Bewertung beider Spannungsebenen
- Ergebnisse zeigen:
  - ◆ Einfluss der Positionierung und Anzahl an ONS auf das Ergebnis
  - ◆ Einfluss des Blindleistungsmanagements in der Netzplanung

## Weitere Fragen?

Dipl.-Ing. Lukas Verheggen  
Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW),  
RWTH Aachen University

Tel: +49 (0)241 80-96713  
E-Mail: [lv@iaew.rwth-aachen.de](mailto:lv@iaew.rwth-aachen.de)  
<http://www.iaew.rwth-aachen.de>

## Institutsleiter

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