



Institut für Energieversorgung und Hochspannungstechnik
Fachgebiet Elektrische Energieversorgung
Prof. Dr.-Ing. habil. Lutz Hofmann



Leibniz
Universität
Hannover



**Methode zur automatisierten Bewertung
des zukünftigen Ausbaubedarfs in der
Niederspannungsebene unter
Berücksichtigung
verschiedener technischer Konzepte**

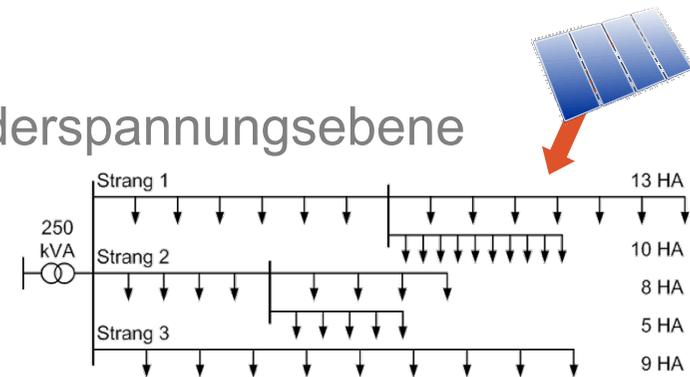
Gerrit Schlömer, 13. Symposium Energieinnovation, 12.-14.02.2014, Graz

Agenda

- › Einführung
- › Synthetische Netzstrukturen
 - Methodik
 - Anwendung
 - Ergebnisse
- › Investitionskosten
- › Fazit

Einführung

- Zubau von Erzeugungsanlagen in der Niederspannungsebene
- Rückspeisung in die überlagerten Netze
- Umkehr des typischen Spannungsgefälles
- Spannungsbandverletzungen und Betriebsmittelüberlastungen
- Netzausbau erforderlich

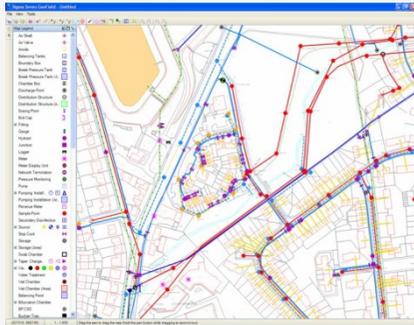


→ untersuchte Lösungen:

- Leitungszubau 
- regelbare Ortsnetztransformatoren (rONT) 
- Bestimmung des technischen Ausbaubedarfs und Kostenschätzung

Einführung – Verfahren zur Bestimmung des Ausbaubedarfs

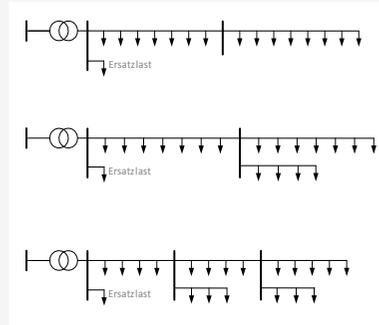
Einzelfalluntersuchung



- + sehr genau
- + angepasste Lösungen
- + Verständnis

- von vielen auf viele
- Rechenaufwand
- Auswertungsaufwand

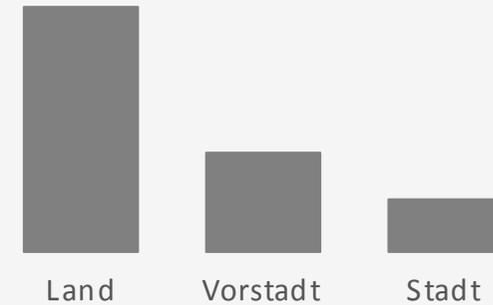
Synthetische Netzstrukturen



- + von wenigen Kenngrößen auf viele Strukturen
- + vereinfachte Erfassung

- korrekte Quantilsbildung

Repräsentative Netze



- + von wenigen auf viele
-
- Gruppenbildung in kontinuierlichen Verläufen
 - Repräsentativität

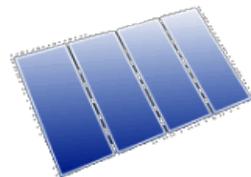
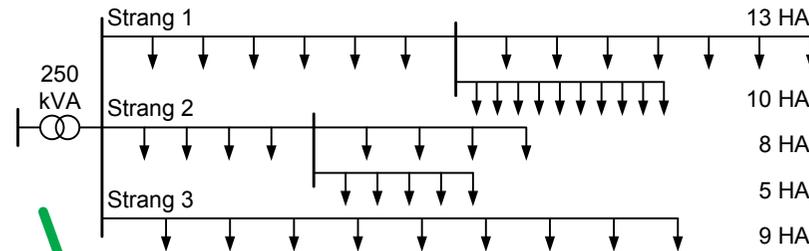
→ Synthetische Netzstrukturen am besten geeignet

Agenda

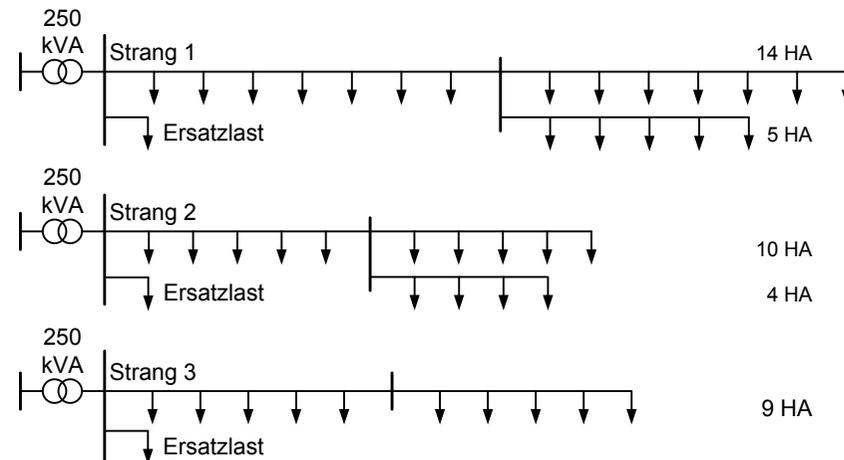
- › Einführung
- › Synthetische Netzstrukturen
 - Methodik
 - Anwendung
 - Ergebnisse
- › Investitionskosten
- › Fazit

Ziel: Automatisierte Bestimmung des Ausbaubedarfs einer hohen Anzahl von Ortsnetzen auf Basis von Stichproben

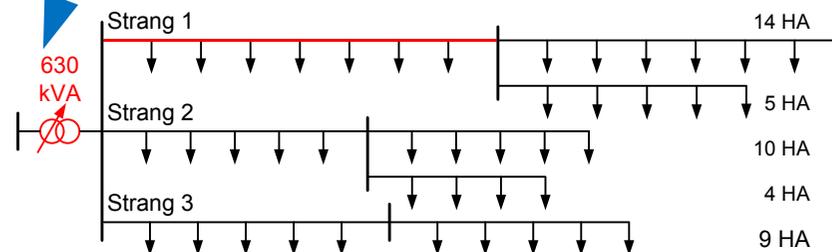
- **Zerlegung** realer Ortsnetze in Stränge
- **Zuordnung** der Stränge zu synthetischen Strangstrukturen



- Berechnung **Szenarien** in synthetischen Strangstrukturen
- Bestimmung des **Ausbaubedarfs**



- **Rekombination** zu synthetischen Ortsnetzen
- **Hochrechnung** Gesamtnetz

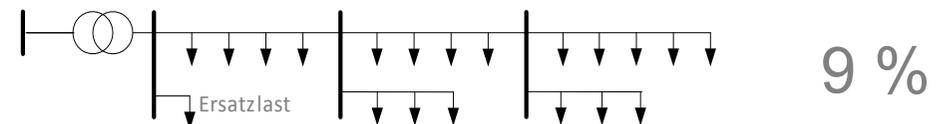
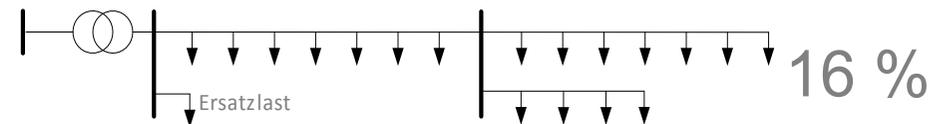
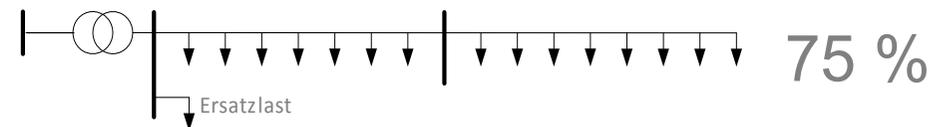


Methodik – Aufbau synthetischer Strangstrukturen

- **Spannungsbandverletzungen und Betriebsmittelüberlastung auf Strangebene reduzierbar**
- Bestimmung der Strangkenngößen → **Analyse** zur Verfügung stehender Netzdaten
- **Kenngößen** der Strangstrukturen → Gruppenbildung

- Transformatoren
- Kabelverteilerschränke
- Gesamtkabellänge und Kabeltypen
- Hausanschlusskabel
- Hausanschlüsse
- Ersatzlast

- **Topologien der synthetischen Netzstrukturen**



Methodik - Automatisierter Netzausbau (1/2)

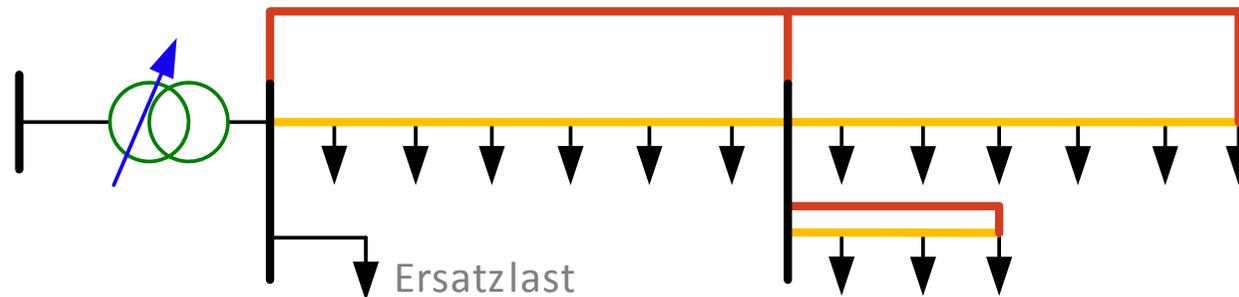
zugrunde gelegte Planungsgrundsätze

- Netzausbau bei **Spannungsabweichungen**
 - maximal zulässiges Spannungsband in der Niederspannungsebene
 $\Delta u_{NS,max} = \pm 10 \%$
 - Erzeugung:
 $\Delta u_{NS} \leq 3 \%$ (VDE-AR-N4105)
- Netzausbau bei thermischen **Betriebsmittelüberlastungen**
 - thermische Überlastung Kabel ($I_{Kabel} > I_{Kabel,max}$)
 - thermische Überlastung Transformator ($S_{rT} > S_{rT,max}$)

Methodik - Automatisierter Netzausbau (2/2)

untersuchte Netzausbaumaßnahmen

bei Spannungsabweichungen und Betriebsmittelüberlastungen



- Vergrößerung des Leiterquerschnittes
- Legung eines Parallelkabels
- Einbau eines leistungstärkeren Ortsnetztransformators
- Einbau eines regelbaren Ortsnetztransformators

Agenda

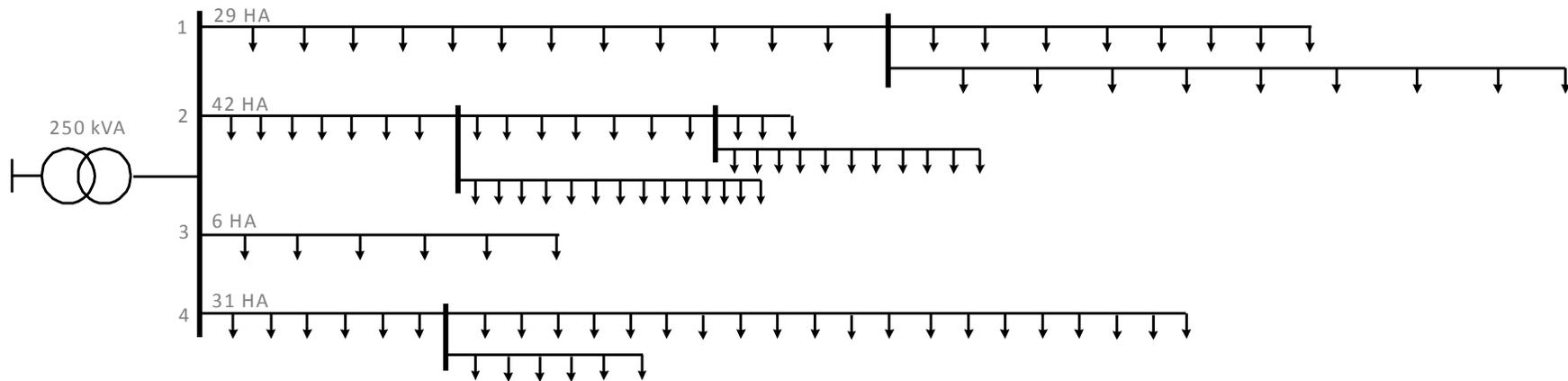
- › Einführung
- › Synthetische Netzstrukturen
 - Methodik
 - Anwendung
 - Ergebnisse
- › Investitionskosten
- › Fazit

Anwendung - Stichprobe aus dem Netzgebiet

- Stichprobe mit 1,34 % des Gesamtnetzes eines Verteilnetzbetreibers untersucht und erfasst
- 172 Ortsnetze, 704 Stränge
- Betriebsstruktur mit 12 Netzbetrieben berücksichtigt
- relevante Netzkenngößen aus Stichprobe und Betriebsmittel-Datenbanken abgeleitet
- Vertrauensintervall: 90 %
- Tolerierter Fehler: $\pm 6,23$ %
- Verdoppelte Stichprobe: $\pm 4,37$ %
- derzeitige mittlere PV-Anlagenleistung pro HA bei rund 1 kWp
- Angaben zu örtlichen PV-Verteilungen liegen nicht vor

→ **Hochrechnung und Kostenabschätzung möglich**

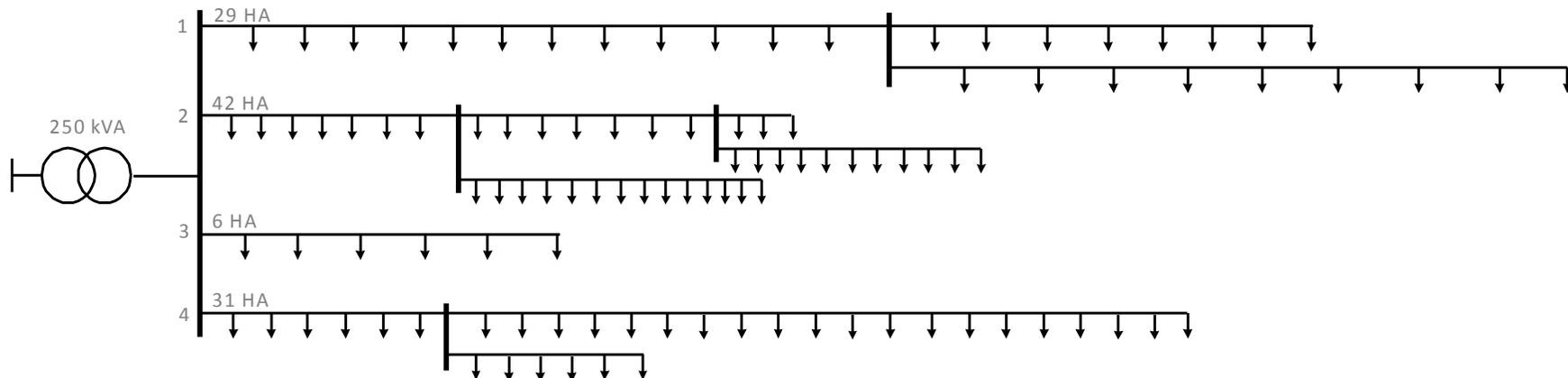
Beispiel - Ortsnetzausbau (1 von 4)



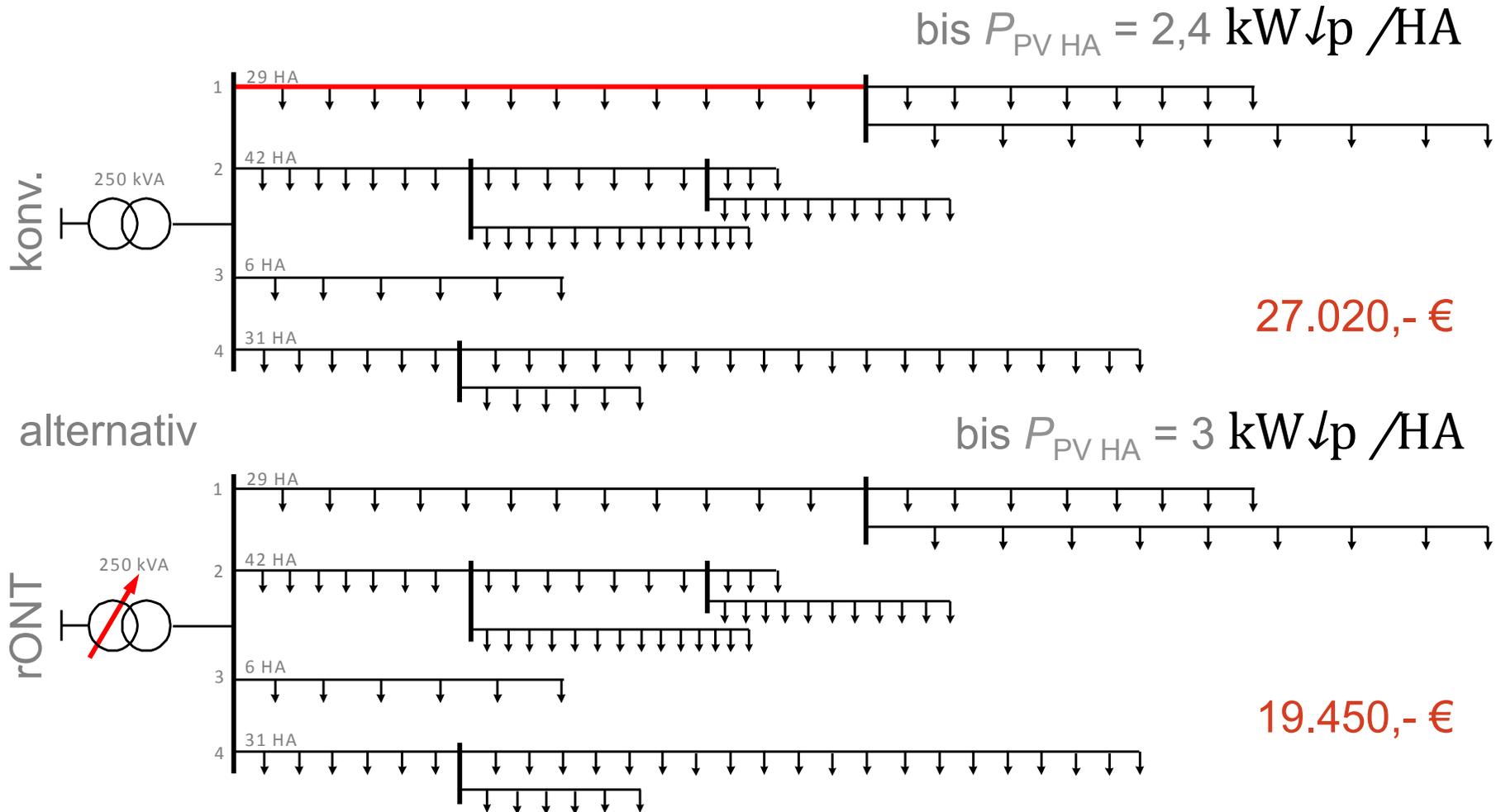
- 250-kVA-Transformator
- 4 Stränge
- $T_{\text{spez}} = 2,31 \text{ kVA/HA}$
- Grundlast: 150 W
- Variation der PV-Anlage je Hausanschluss von 0 bis 12 kW \downarrow p / HA
- Spannungabweichung in der Mittelspannung von + 7%
- Gesamtkabellänge: 2,71 km
- 108 Hausanschlüsse

Beispiel - Ortsnetzausbau (2 von 4)

- Überführung in synthetische Strangstrukturen
- kontinuierliche Steigerung der PV-Anlagenleistung
- Bestimmung des Netzausbaubedarfs und der Kosten
- kein Netzausbaubedarf bis $P_{PV\ HA} = 1,92 \text{ kW} \downarrow p / \text{HA}$



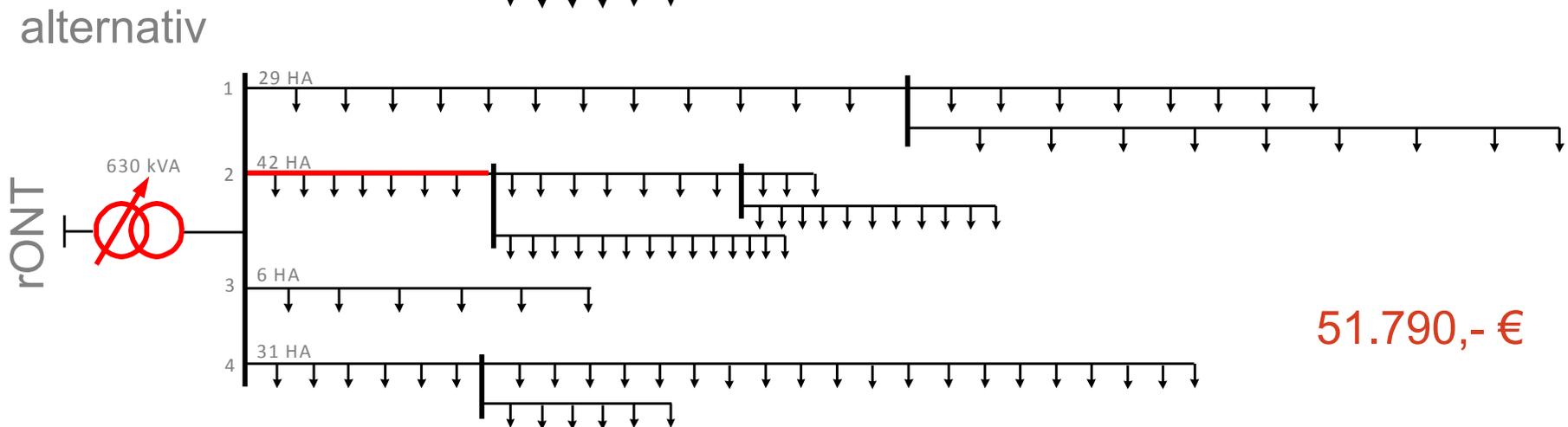
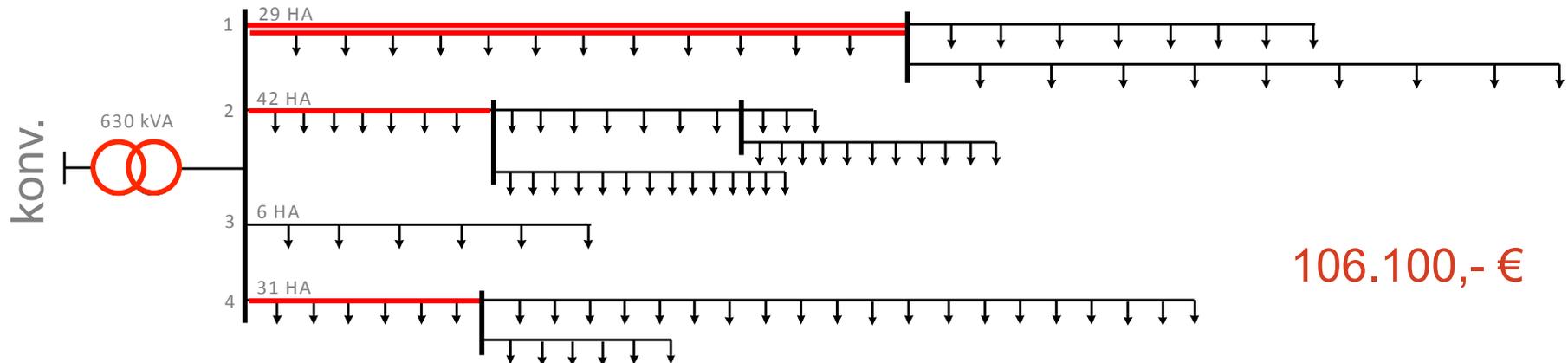
Beispiel - Ortsnetzausbau (3 von 4)



→ rONT-Einsatz ist sinnvoll

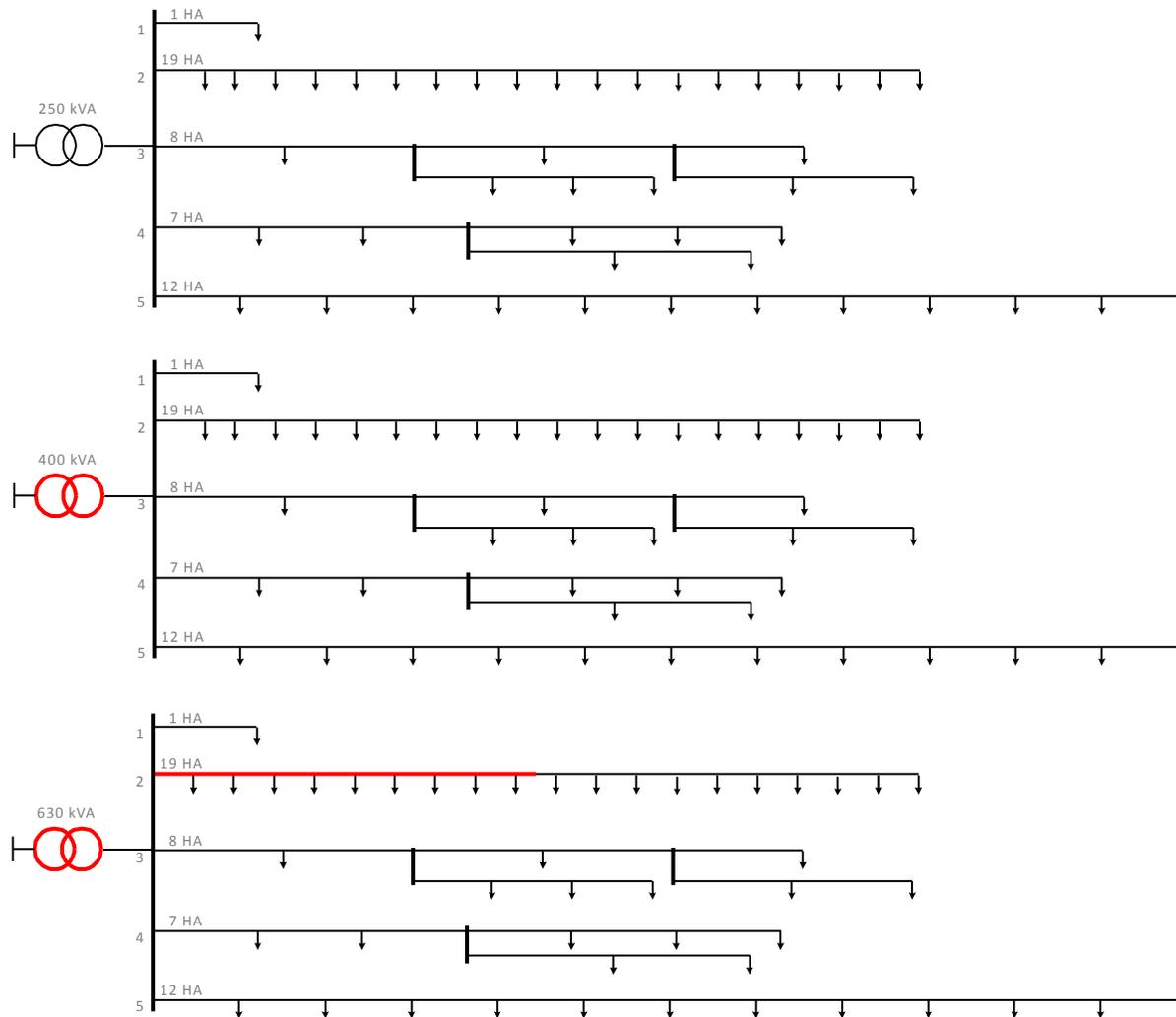
Beispiel - Ortsnetzausbau (4 von 4)

bis $P_{PV HA} = 5,4 \text{ kW/p /HA}$



→ rONT-Einsatz ist sinnvoll

Beispiel 2 – Ortsnetzausbau



- 250-kVA-Transformator
 - 1,6 km Kabellänge
 - 47 Hausanschlüsse
 - $T_{\text{spez}} = 5,32 \text{ kVA/HA}$
 - Transformatortausch ab $5,5 \text{ kWp/HA}$
 - Leitungsüberlastung in Strang 2 ab $10,8 \text{ kWp/HA}$
- rONT-Einsatz nicht sinnvoll**

Agenda

> Einführung

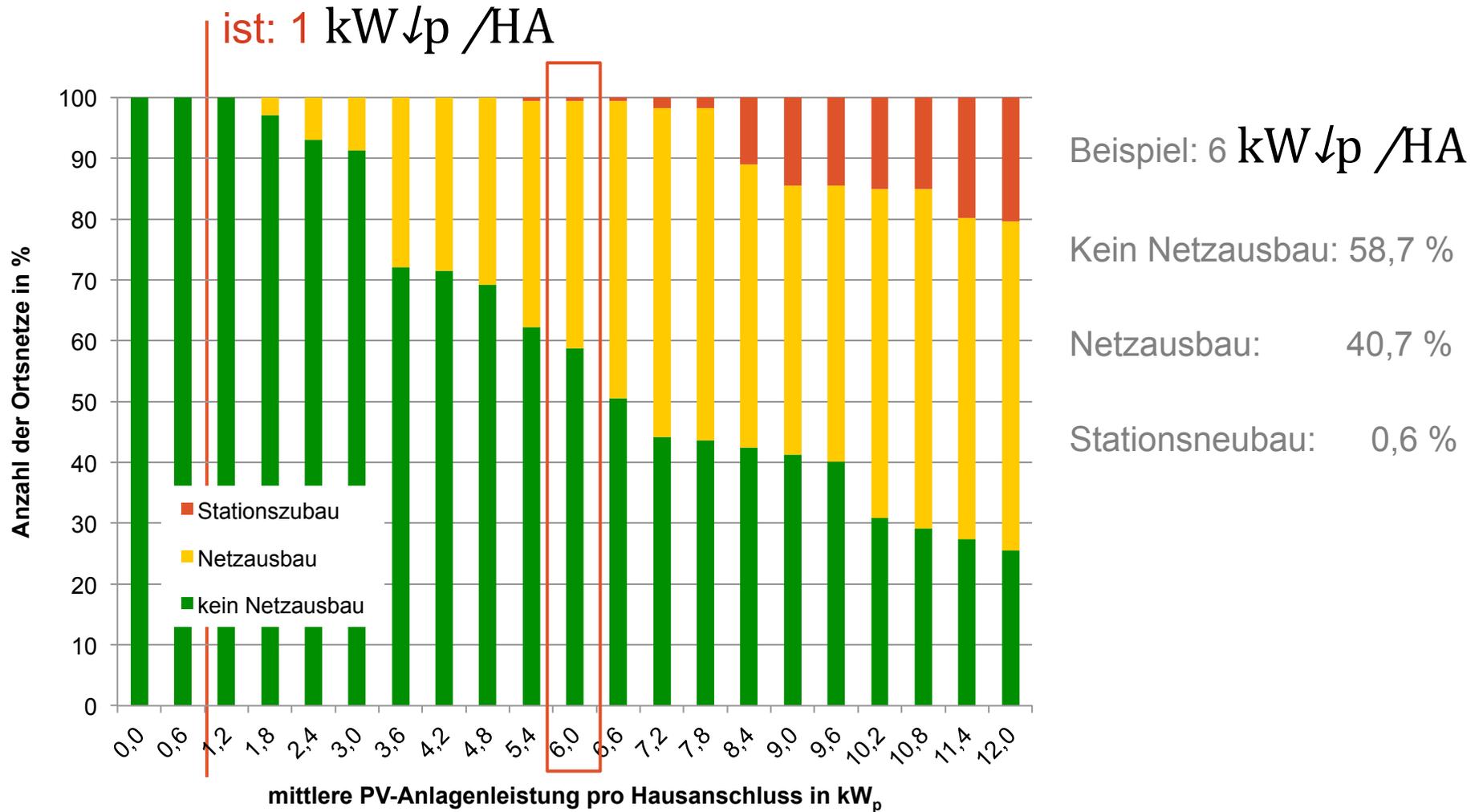
> Synthetische Netzstrukturen

- Methodik
- Anwendung
- Ergebnisse

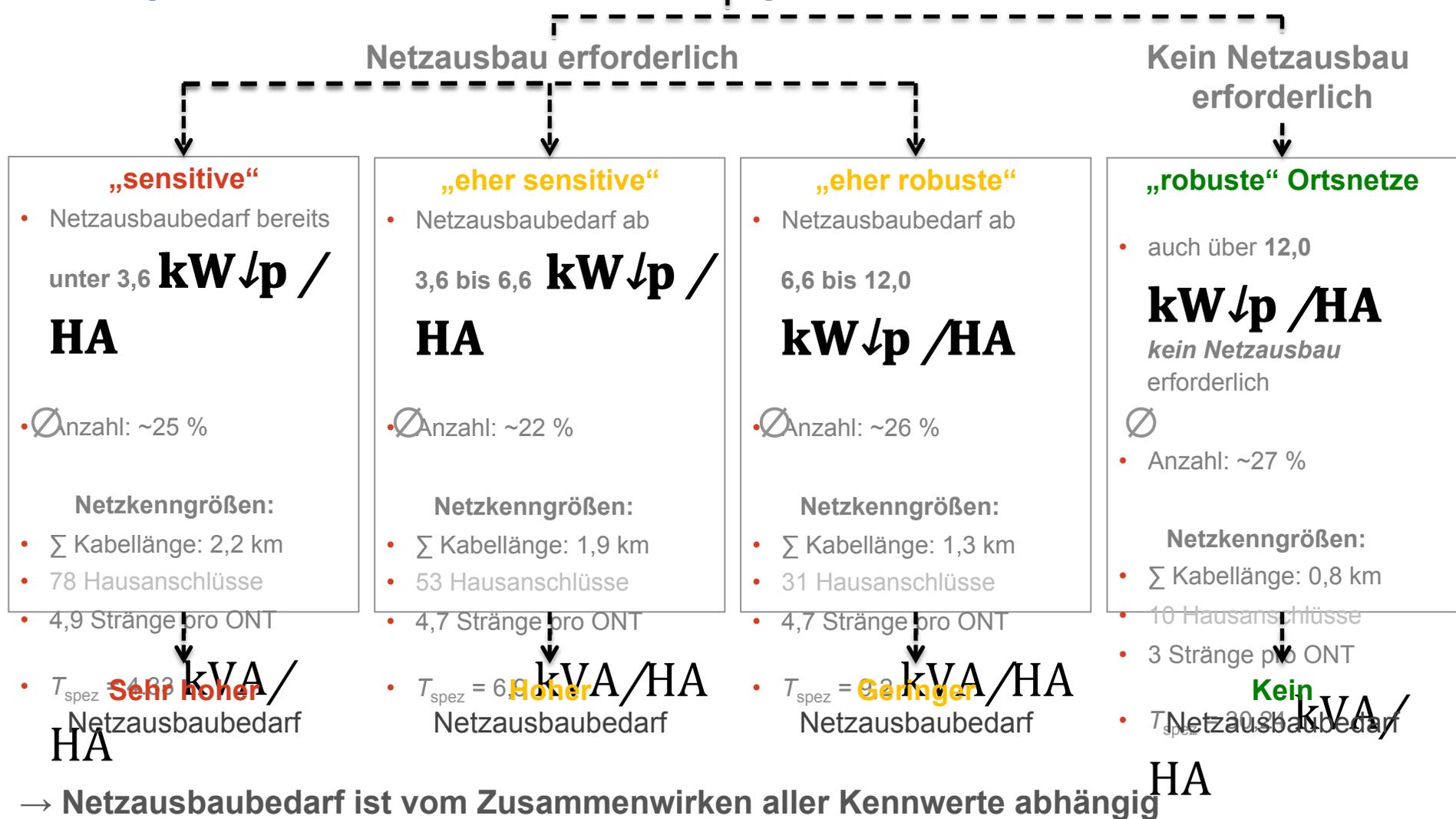
> Investitionskosten

> Fazit

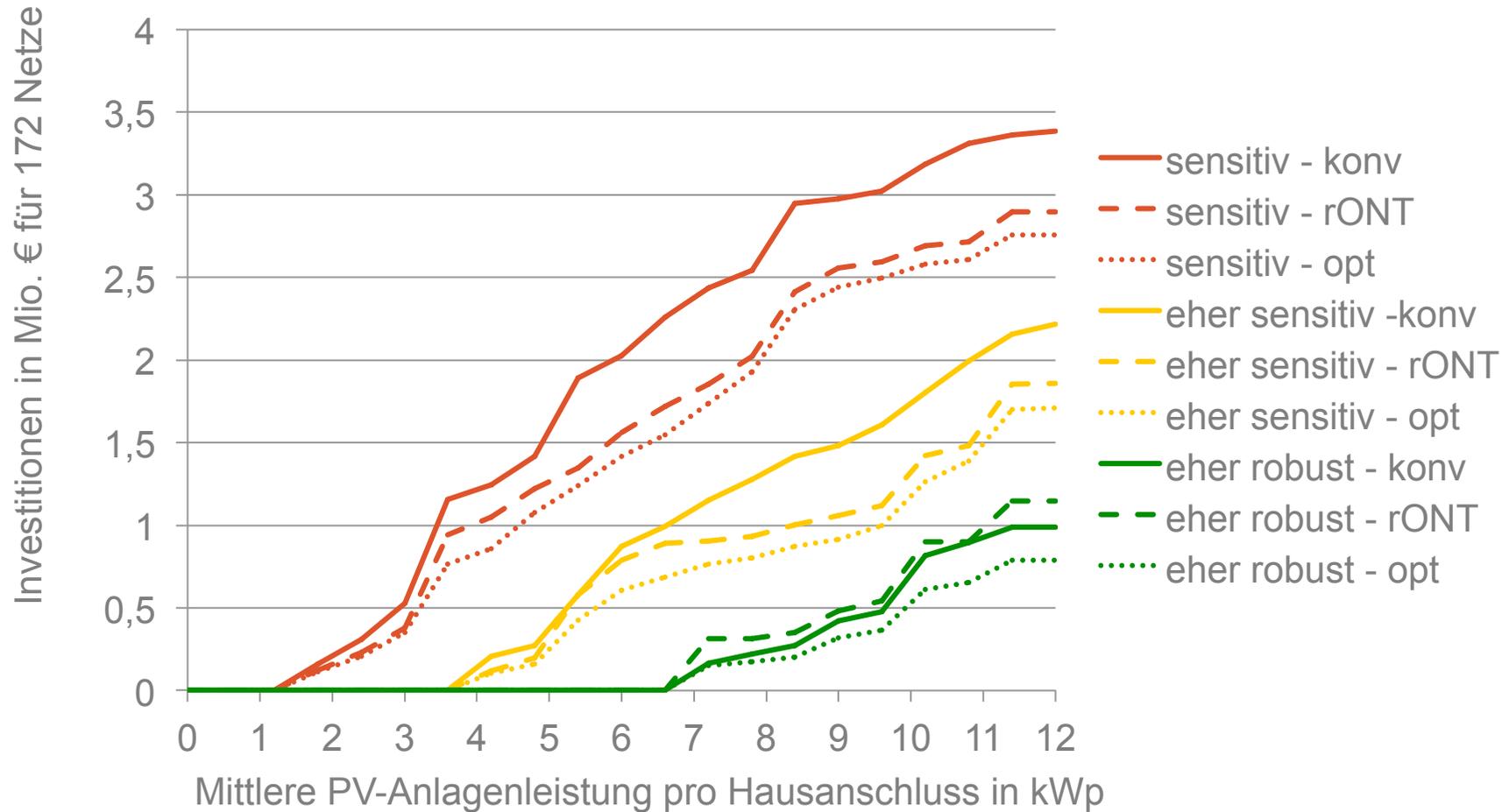
Ergebnisse – Netzausbaubedarf für PV-Szenario



Ergebnisse - Klassifizierung der Ortsnetze



Investitionskosten für das PhotovoltaikszENARIO



Fazit

- Etwa 25 % der untersuchten Ortsnetze werden selbst bei $12 \text{ kW} \downarrow \text{p} / \text{HA}$ keine Probleme mit dezentraler Energieeinspeisung bekommen.
- Der regelbare Ortsnetztransformator hat das Potential zur Investitionskosten-einsparung und sollte der Netzplanung als Betriebsmittel zur Verfügung stehen.
- Der Einsatz von rONT sollte in sensitiven Netzen mit mehreren potentiell problematischen Strängen bei Problemen zeitnah erfolgen. Sobald erste längere Kabelstücke getauscht sind, fällt der Kostenvorteil des rONT geringer aus.
- In eher robusten Netzen ist der rONT-Einsatz fraglich.
- In den untersuchten Netzen ist bei Aktivierung des Blindleistungsbezug durch Photovoltaikanlagen kein Multisensorbetrieb des rONTs erforderlich.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dipl.-Ing. Gerrit Schlömer
schloemer@iee.uni-hannover.de | +49 511 762 2808