

Dezentralisierung regelbarer Ortsnetztransformatoren und das „e-home“ Energieprojekt 2020

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck

Dr.-Ing. Ernst-August Wehrmann
Dipl.-Ing. Raimund Schnieder

Energie-Forschungszentrum Niedersachsen und
Institut für Elektrische Energietechnik und Energiesysteme der TU Clausthal

Potsdam, den 11.12.2015

Gliederung

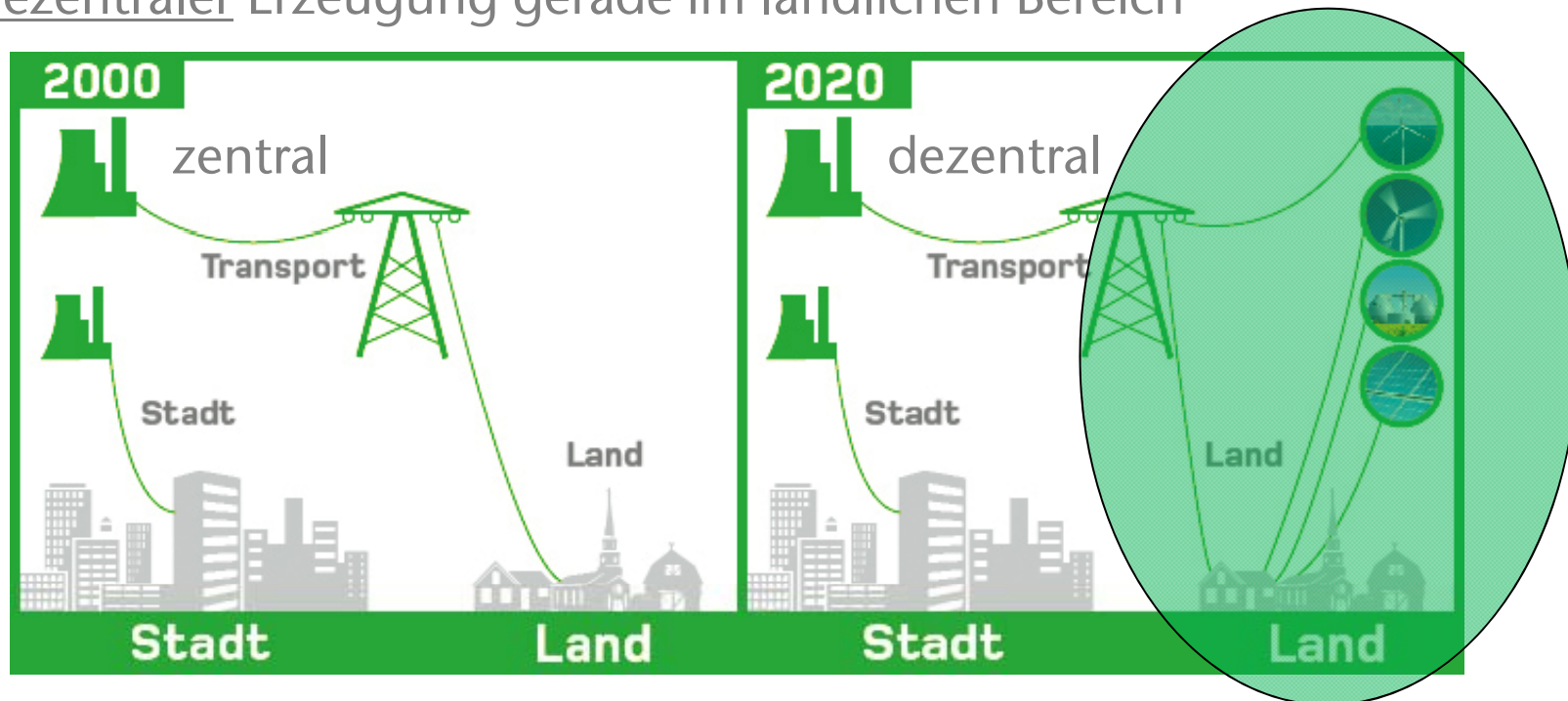
- Transformation des Energiesystems in Deutschland
- Problematik in den Verteilnetzen
- Vorstellung des e-home Energieprojektes 2020
- Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator (rONT)
- Spannungshaltung durch Blindleistung
- Zusammenfassung
- Ausblick

Gliederung

- **Transformation des Energiesystems in Deutschland**
- Problematik in den Verteilnetzen
- Vorstellung des e-home Energieprojektes 2020
- Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator (rONT)
- Spannungshaltung durch Blindleistung
- Zusammenfassung
- Ausblick

Transformation des Energiesystems in Deutschland

- Wandel von einem Energiesystem mit zentralen Erzeugungseinheiten zu einem Energiesystem mit vermehrter dezentraler Erzeugung gerade im ländlichen Bereich



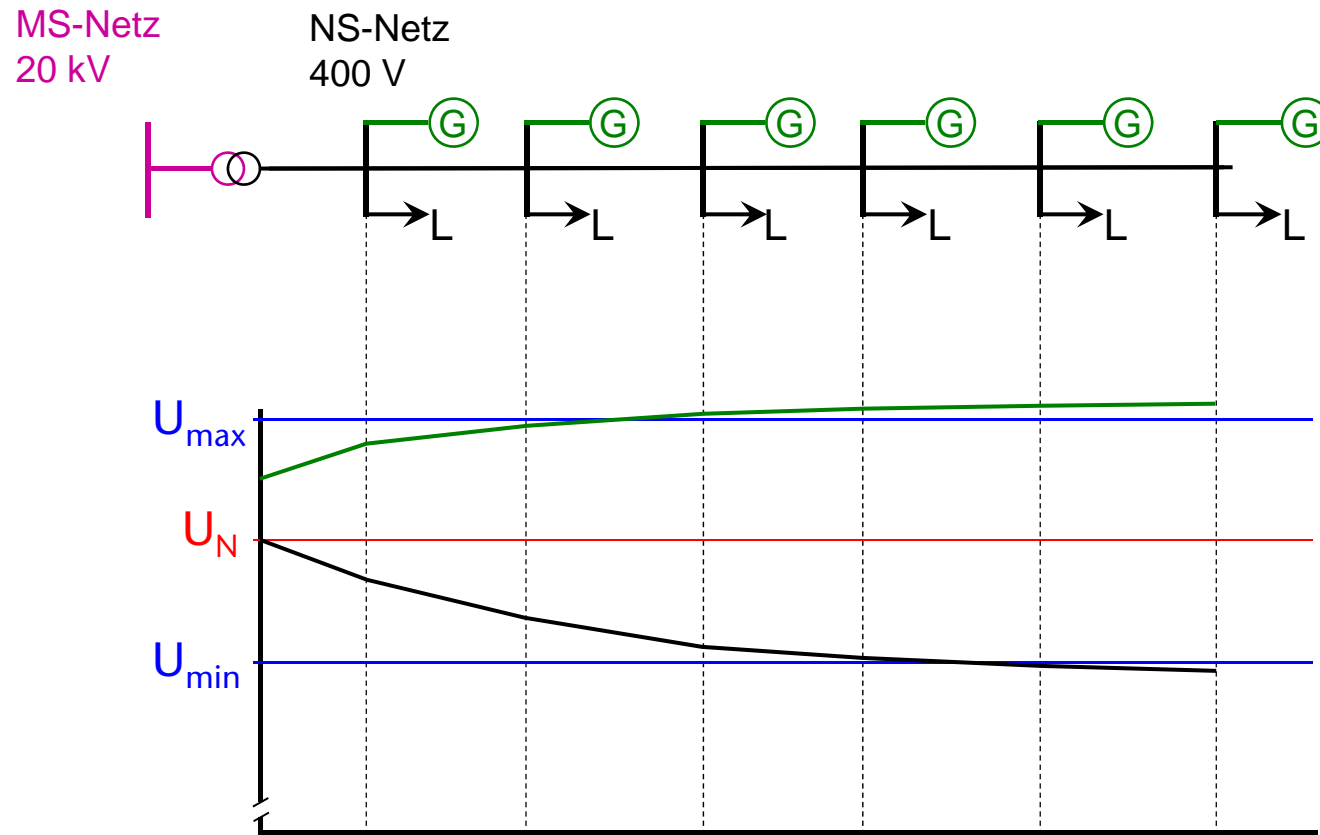
Bildquelle: <http://www.ehomeprojekt.de>

Gliederung

- Transformation des Energiesystems in Deutschland
- **Problematik in den Verteilnetzen**
- Vorstellung des e-home Energieprojektes 2020
- Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator (rONT)
- Spannungshaltung durch Blindleistung
- Zusammenfassung
- Ausblick

Problematik in den Niederspannungsverteilnetzen

Dezentrale Netze: z.B. Problem der Spannungshaltung



Animation: E.-A. Wehrmann, Erweiterung: R. Schnieder

Problematik in den Niederspannungsverteilsnetzen

Dezentrale Netze: z.B. Problem der Spannungshaltung

Regelbarer Ortsnetztransformator

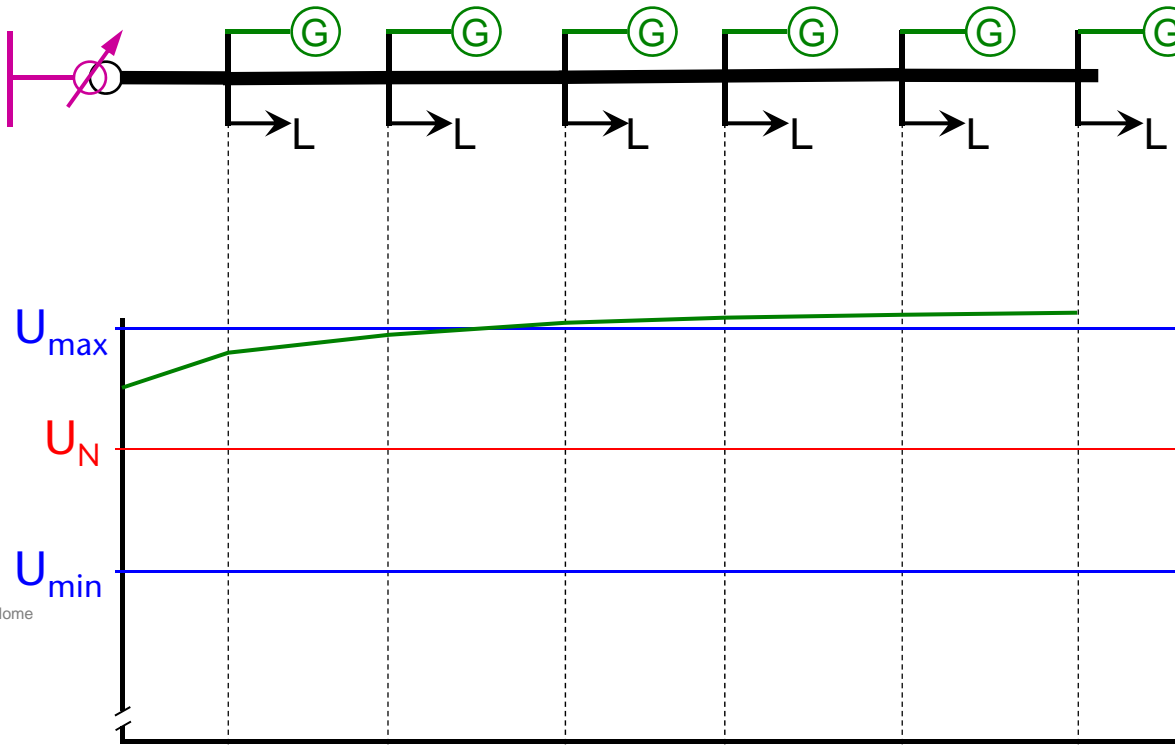
MS-Netz
20 kV

NS-Netz
400 V

Konventioneller Netzausbau



Regelbarer Ortsnetztransformator im e-Home Netz
Foto: R. Schnieder



Animation: E.-A. Wehrmann, Erweiterung: R. Schnieder

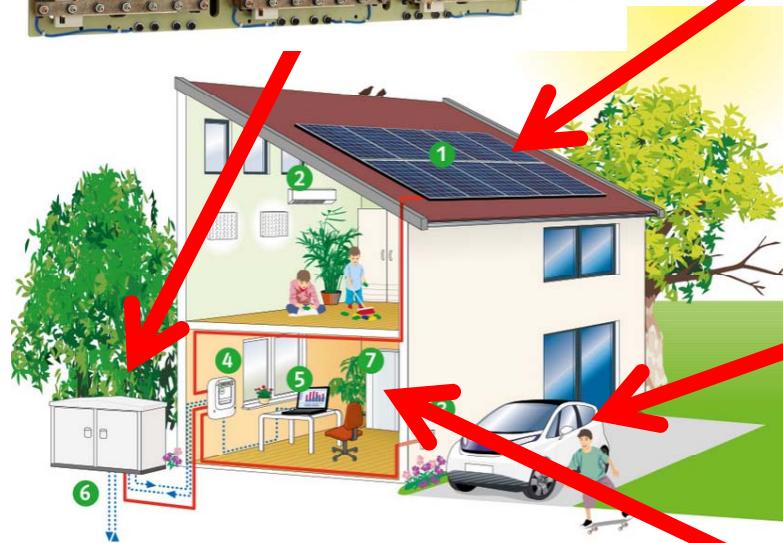
Problematik in den Verteilnetzen

- Zubau dezentraler Erzeugungsanlagen
 - hauptsächlich PV-Anlagen mit fluktuierender Erzeugung
- zukünftig zusätzliche Lasten
 - Klimageräte/Wärmepumpen bei Neubauten (Niedrigenergiehäusern)
 - Ladestationen im häuslichen und öffentlichen Bereich für Elektrofahrzeuge
- Netzausbau im Niederspannungsnetz größtenteils durch Verletzung der zulässigen Spannungstoleranzen nach DIN EN 50160 geprägt
- → dynamische Spannungsregelung erforderlich

Gliederung

- Transformation des Energiesystems in Deutschland
- Problematik in den Verteilnetzen
- **Vorstellung des e-home Energieprojektes 2020**
- Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator (rONT)
- Spannungshaltung durch Blindleistung
- Zusammenfassung
- Ausblick

Vorstellung des e-home Energieprojektes 2020



- | | | | |
|---------------------|--|--------------------------------------|--|
| 1. Photovoltaik | | 5. Transparenz des Energieverbrauchs | |
| 2. Klimatechnik | | 6. Intelligente Ortsnetzstation | |
| 3. Elektromobilität | | 7. Batteriespeicher | |
| 4. Smart Metering | | | |



30 Haushalte mit neuen Technologien

e-home
ENERGIEPROJEKT 2020

Bildquellen: <http://www.ehomeprojekt.de>
Laststufenschalter: Maschinenfabrik Reinhausen (Gridcon iTap)

Vorstellung des e-home Energieprojektes 2020

- Ausstattung von 30 Haushalten in zwei Niederspannungsnetzen in den Gemeinden Weyhe und Stuhr südlich von Bremen (Avacon AG)
- Projektziele u.a.:
 - Untersuchung der aktuellen Entwicklungen im sowie der zukünftigen Netzaufgabe eines Niederspannungsnetzes
 - Untersuchung des regelbaren Ortsnetztransformator-Einsatzpotential zur Vermeidung konventioneller Netzausbaumaßnahmen (Leitungsausbau, zusätzliche Ortsnetzstationen)
- durch die eingesetzte Messtechnik in Verbindung mit einem Datenportal stehen den Forscherinnen und Forschern zwei reale Niederspannungsnetze als Labor zur Verfügung



Quelle: Google Maps

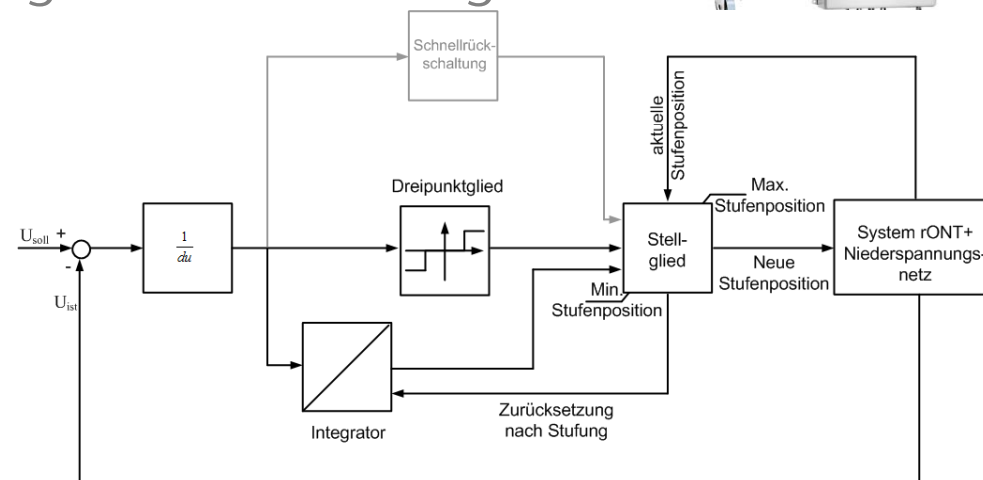
Gliederung

- Transformation des Energiesystems in Deutschland
- Problematik in den Verteilnetzen
- Vorstellung des e-home Energieprojektes 2020
- **Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator (rONT)**
- Spannungshaltung durch Blindleistung
- Zusammenfassung
- Ausblick

Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator

Beispiel: rONT der Maschinenfabrik Reinhausen mit den Parametern, wie sie bei der Avacon AG eingesetzt werden

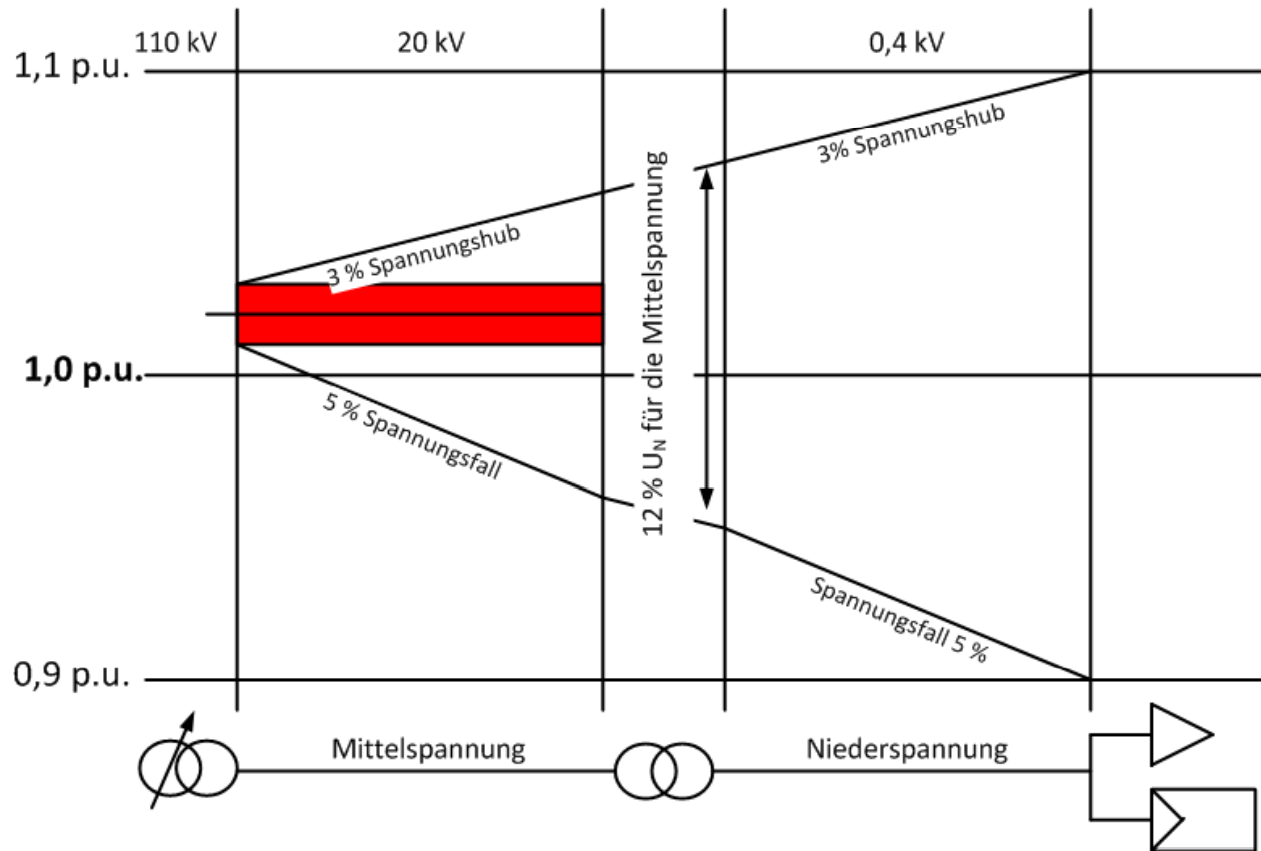
- Regelbereich: 20% der Nennspannung
- Stufenanzahl: ± 4 Stufen $\rightarrow 2,5\% U_N$ (9 Stufen)
- Reglerkonzept: Direktschaltung mit 5 s Zeitverzug
- Laststufenschalter auf der Oberspannungsseite (geringere Ströme)



Bildquelle: Maschinenfabrik Reinhausen (GRIDCON Transformter)

Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator

Netzplanerische Kriterien

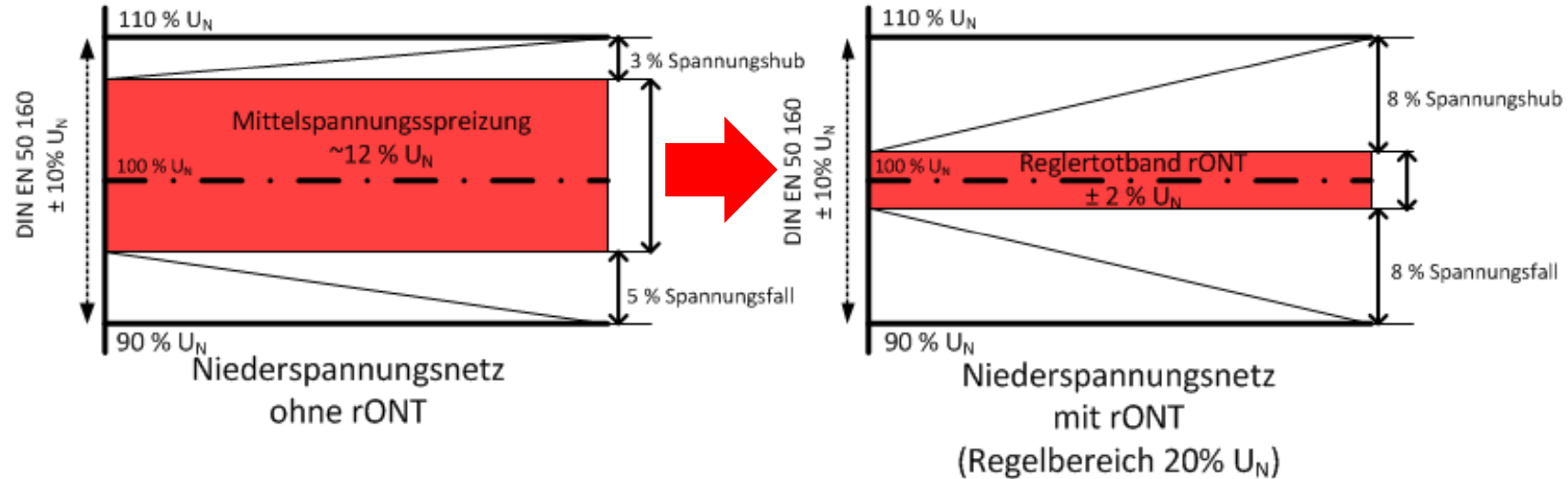
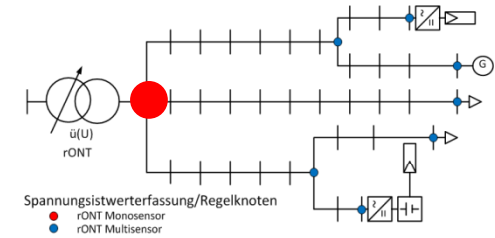


Bisherige Situation:

- Aufteilung des gesamten Spannungstoleranzbandes von $\pm 10\%$ nach Norm auf die Mittel- und Niederspannungsebene
- Spannungsband
 - 3% zul. Hub
 - 5% zul. Fall

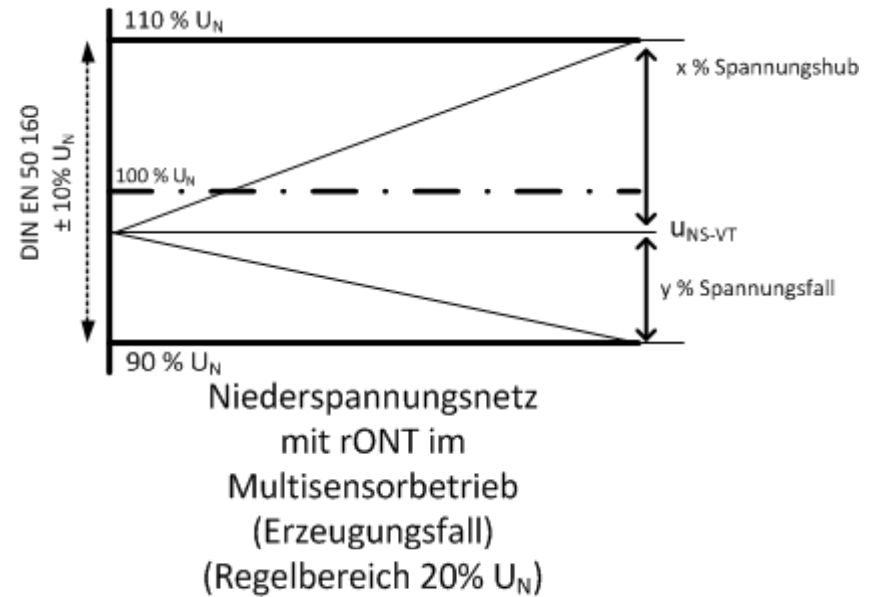
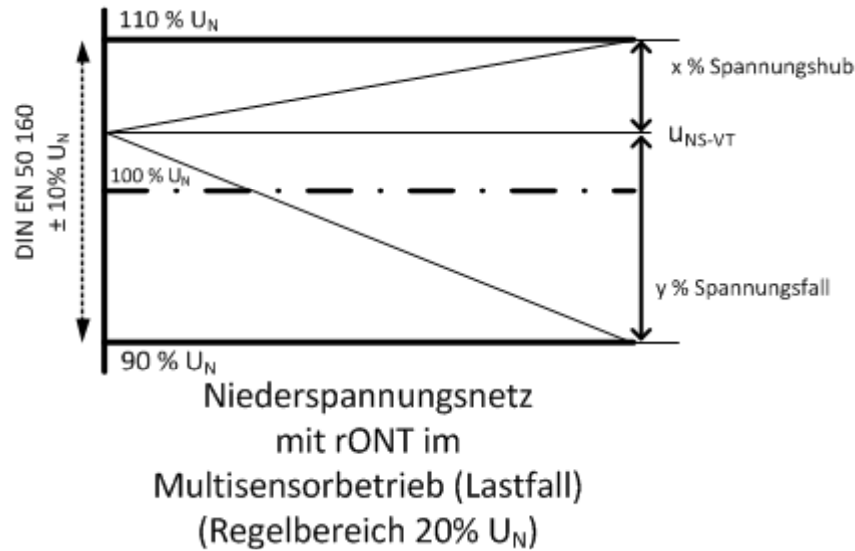
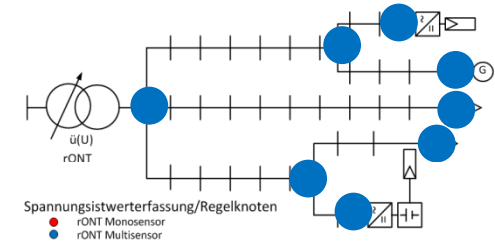
Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator

Monosensorbetrieb



- Ausregelung der Mittelspannungsfuktuationen
 - hier: Parametrierung mit ± 4 Stufen à 2,5% U_N (= 20% Regelbereich)
- Netzplanerische Entkopplung der Niederspannung von der Mittelspannung
- Spannungswertenerfassung ausschließlich an der NS-Verteilung

Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator Multisensorbetrieb



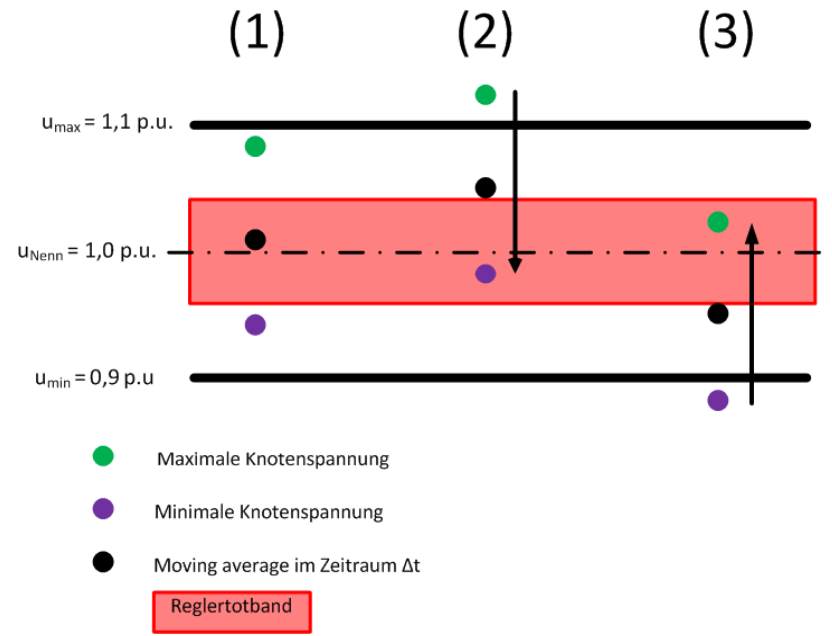
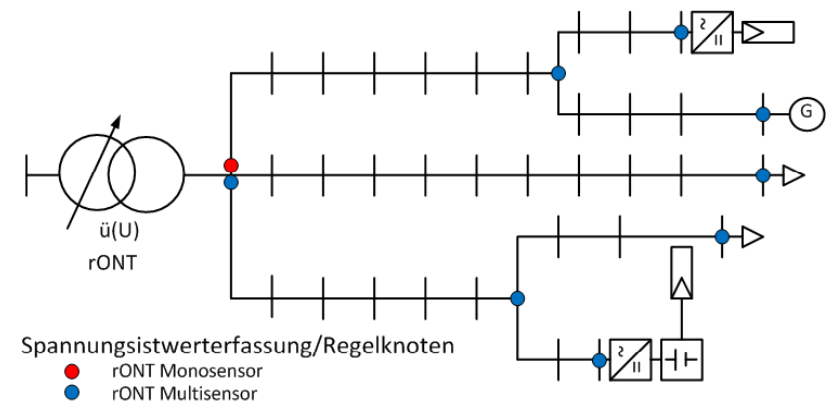
- Spannungswertenerfassung an allen Netzknoten (vollständige Messinfrastruktur)

$$u_{NS-VT} = \left(1,1 - \frac{x}{100}\right) p. u. = \left(0,9 + \frac{y}{100}\right) p. u.$$

Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator

Multisensorbetrieb

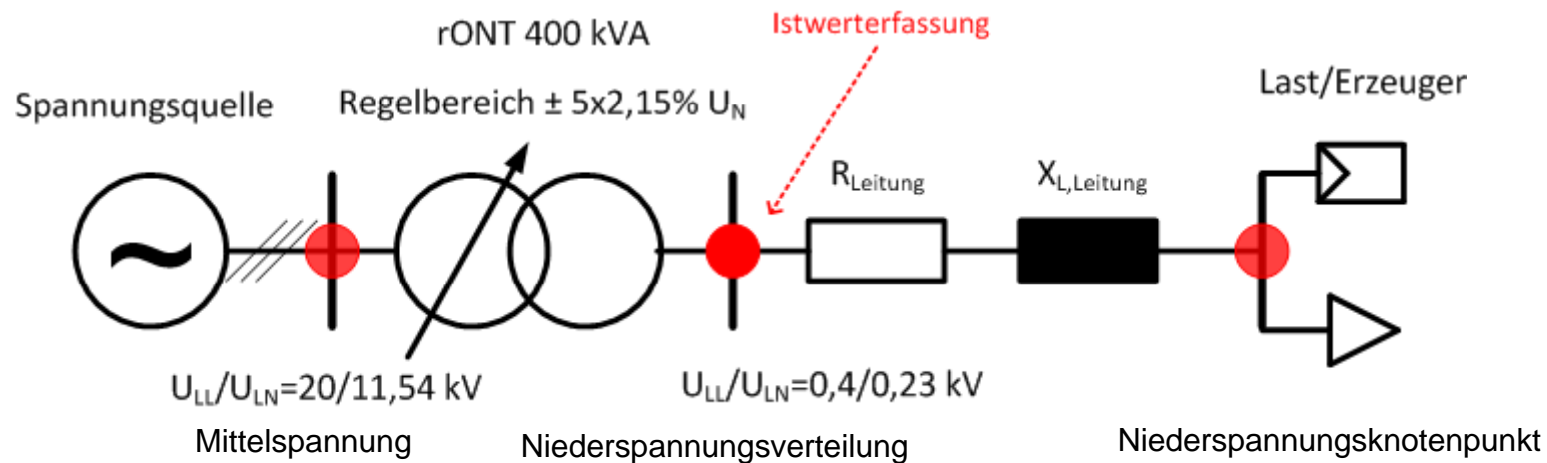
- Multisensorbetrieb bei vollständiger Messinfrastruktur (Idealfall):
 - Spannungsregelung in das Spannungstoleranzband nach DIN EN 50160 ($\pm 10\% U_N$)
- Multisensorbetrieb bei unvollständiger Messinfrastruktur
 - ausgewählte Knoten werden gemessen (Kabelverteilerschränke → Messtechnik im Eigentum des VNB)
 - Spannungsfall-/hub bis zum Netzausläufer muss im Regelalgorithmus (Totband) berücksichtigt werden!



Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator

Wirkung des rONT im Monosensorbetrieb

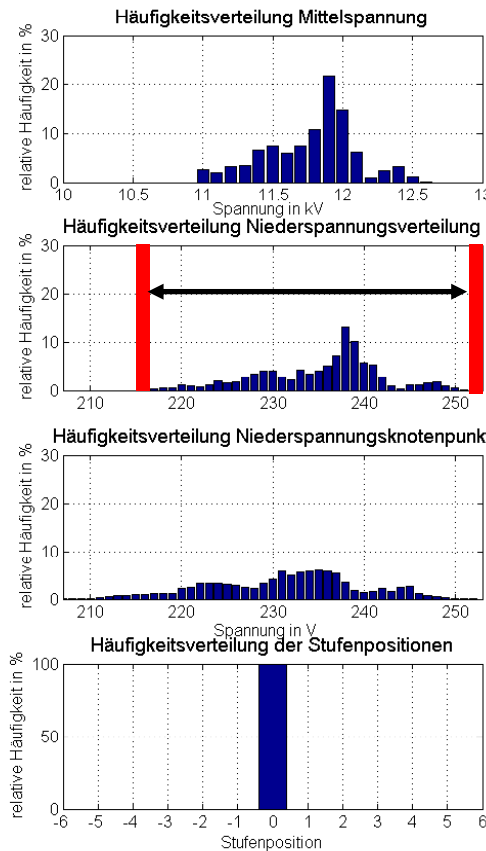
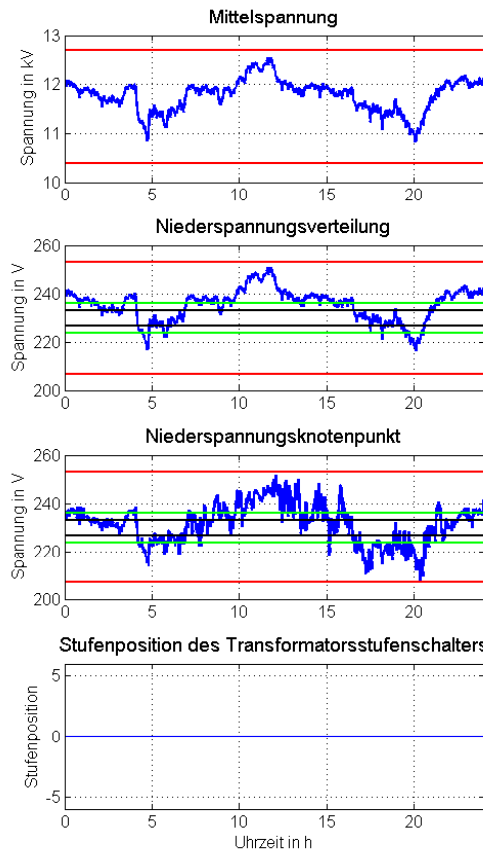
- Modellnetz zur Untersuchung unterschiedlicher Reglerkonzepte



- Spannungsquelle zur Vorgabe eines aus Messdaten generierten MS-Profiles
- Überlagertes Last- und Erzeugerprofil am Niederspannungsknotenpunkt

Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator

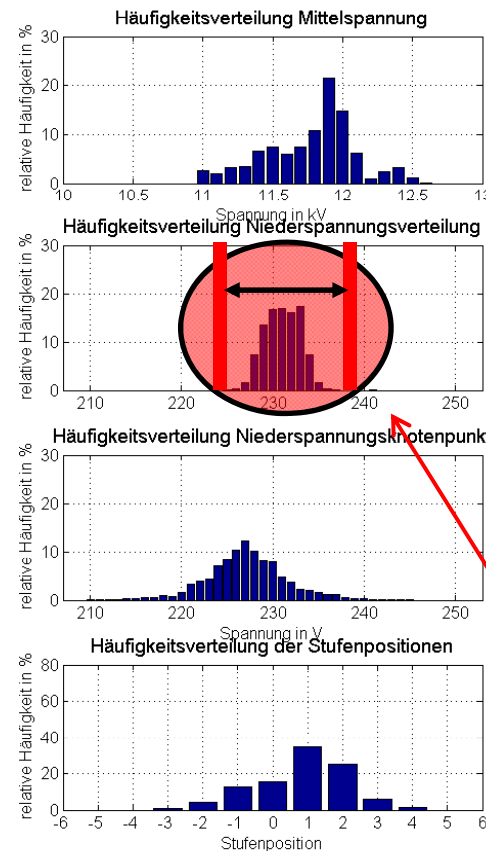
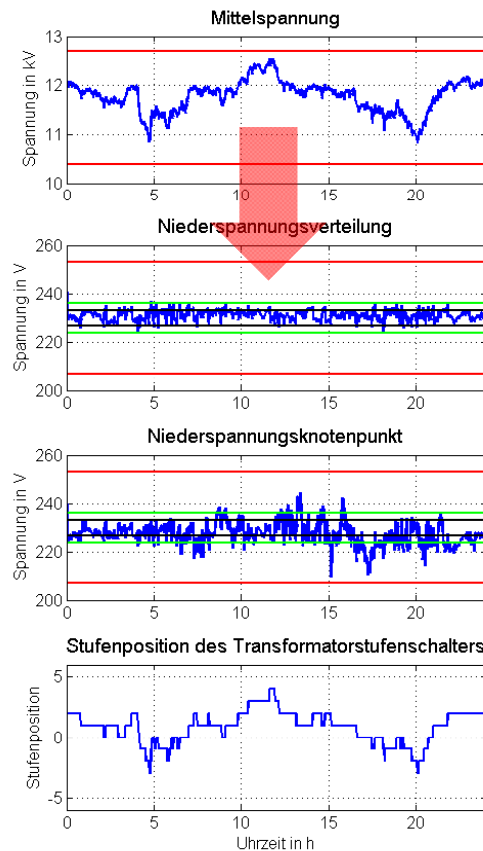
Wirkung des rONT im Monosensorbetrieb



- Knotenspannungen bei deaktiviertem rONT-Regler
- Spreizung MS: ca. 15%
- Spreizung der Mittelspannung direkt in die Niederspannung übertragen (starre Kopplung)

Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator

Wirkung des rONT im Monosensorbetrieb



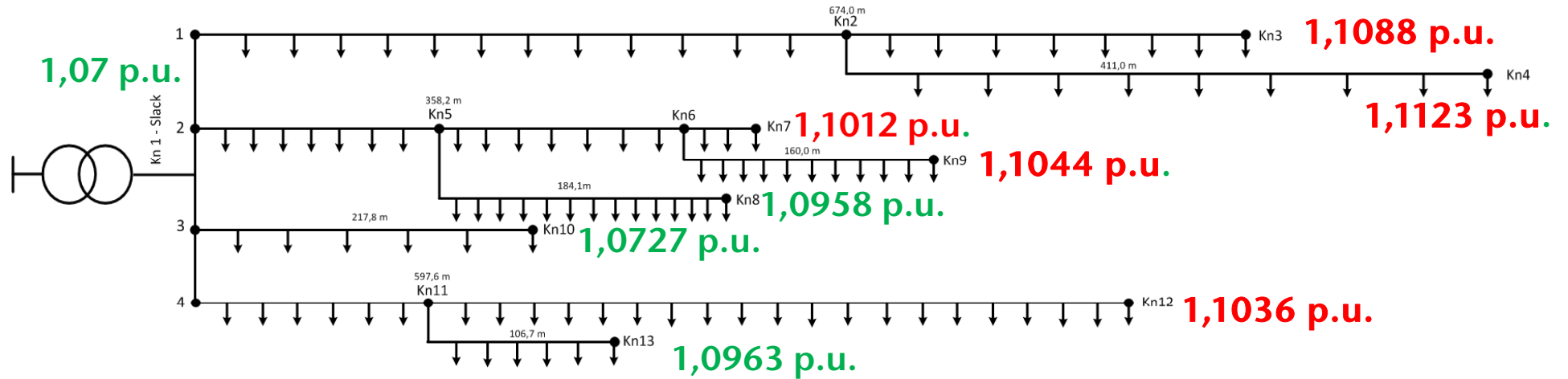
- Knotenspannungen mit aktiviertem rONT-Regler, hier:
 - Totband: $\pm 1,29\%$ UN
 - Zeitkonstante: 120 s
 - Stufvorgänge: 60
- Ausregelung der MS-Fluktuation

Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator

Beispielnetz der Avacon AG – Potential des Multisensorbetriebs

- ohne rONT

Durchschnittliche PV-Anschlussleistung: $3,6 \frac{kWp}{HA}$



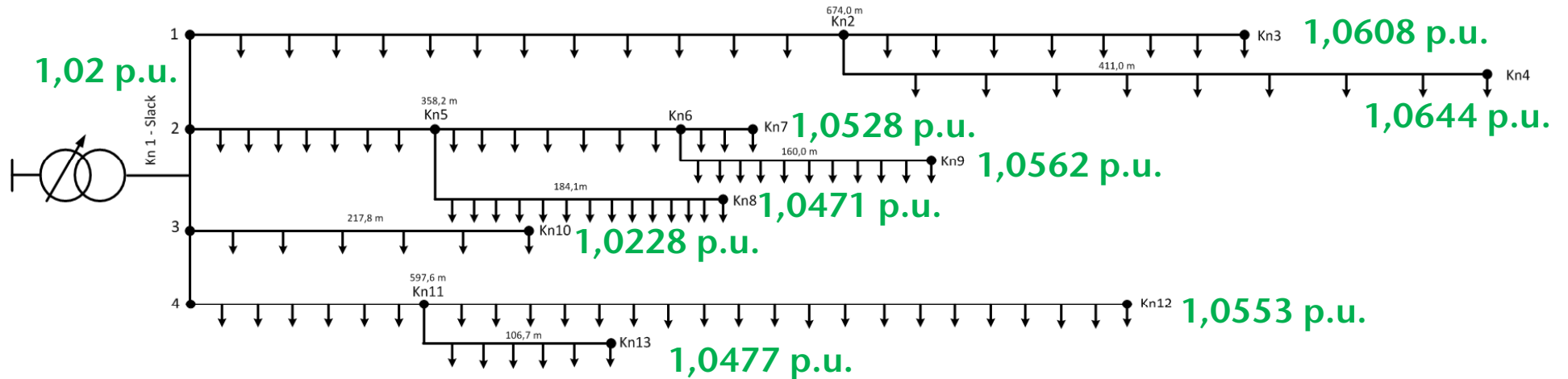
Kein rONT im Einsatz – Ausgangszustand des Niederspannungsnetzes

Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator

Beispielnetz der Avacon AG – Potential des Multisensorbetriebs

- mit rONT (Monosensor)

Durchschnittliche PV-Anschlussleistung: $3,6 \frac{kWp}{HA}$



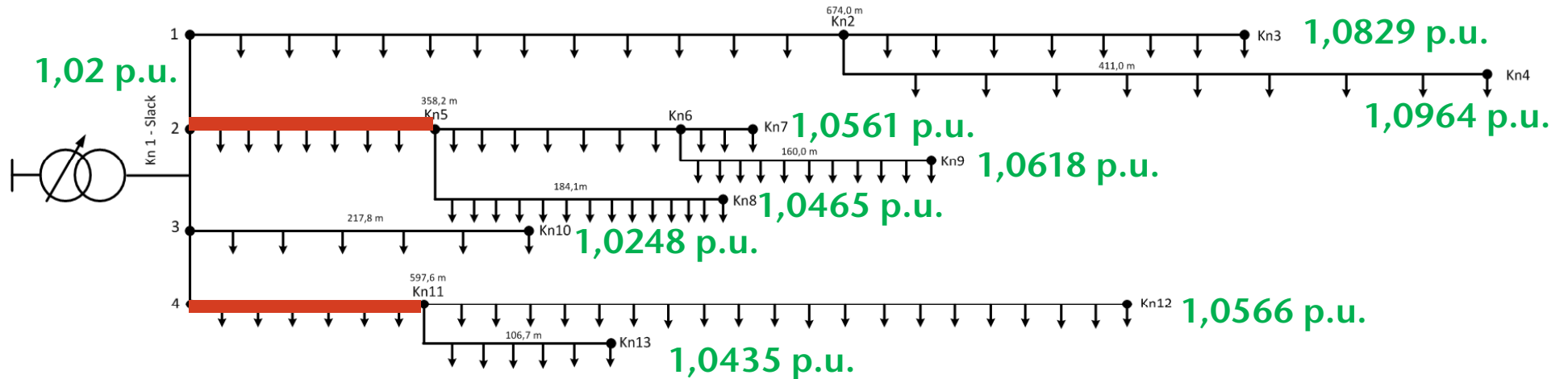
rONT im Monosensorbetrieb: Zuvor bestehende Spannungsbandprobleme behoben!

Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator

Beispielnetz der Avacon AG – Potential des Multisensorbetriebs

- mit rONT (Monosensor)

Durchschnittliche PV-Anschlussleistung: $6,0 \frac{kWp}{HA}$



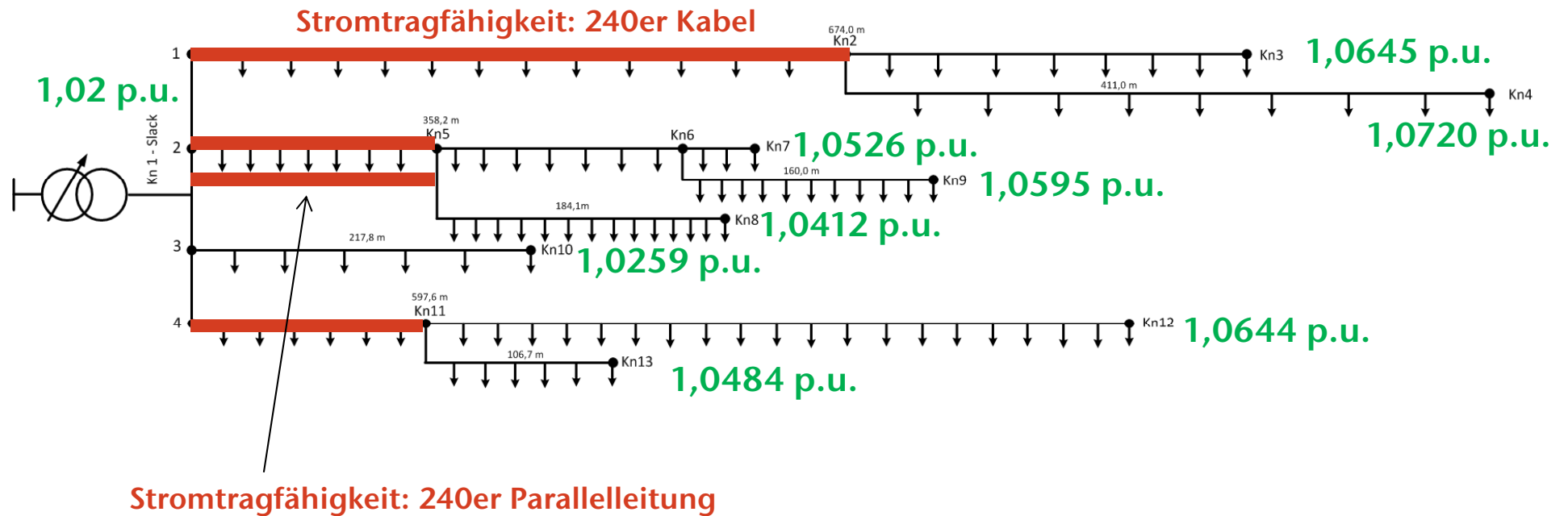
Stromtragfähigkeit: 240er Kabel

Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator

Beispielnetz der Avacon AG – Potential des Multisensorbetriebs

- mit rONT (Monosensor)

Durchschnittliche PV-Anschlussleistung: $7,2 \frac{kWp}{HA}$

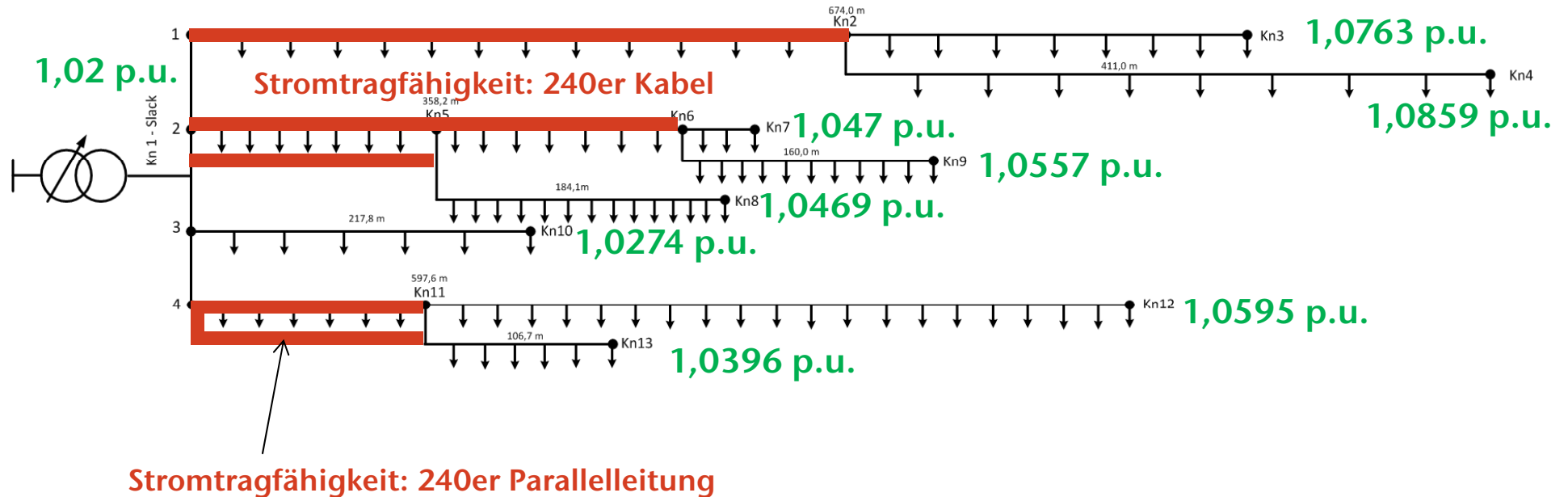


Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator

Beispielnetz der Avacon AG – Potential des Multisensorbetriebs

- mit rONT (Monosensor)

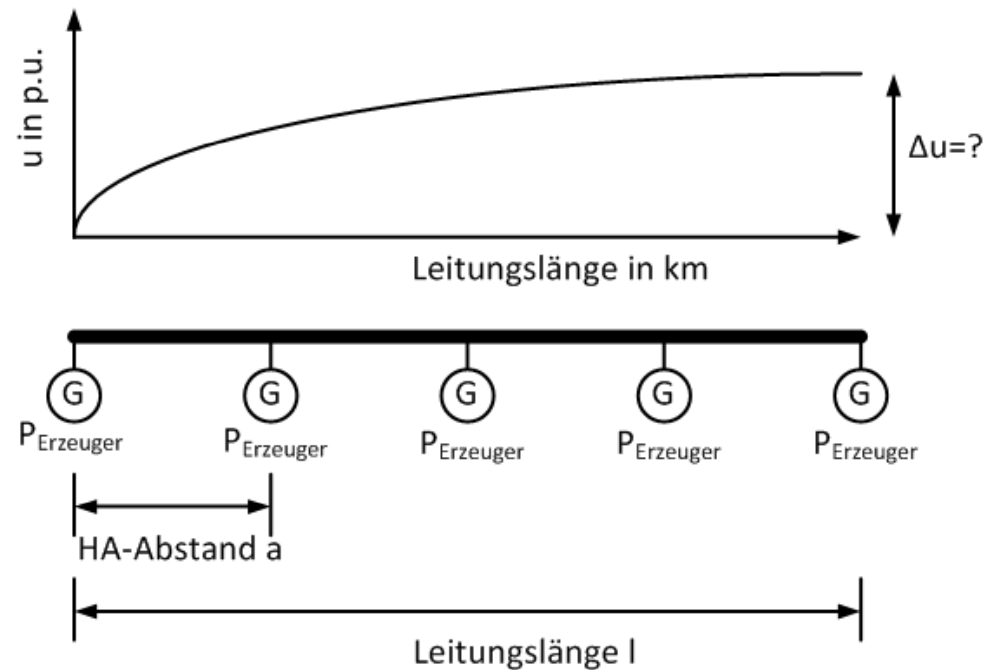
Durchschnittliche PV-Anschlussleistung: $9,0 \frac{kWp}{HA}$



Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator

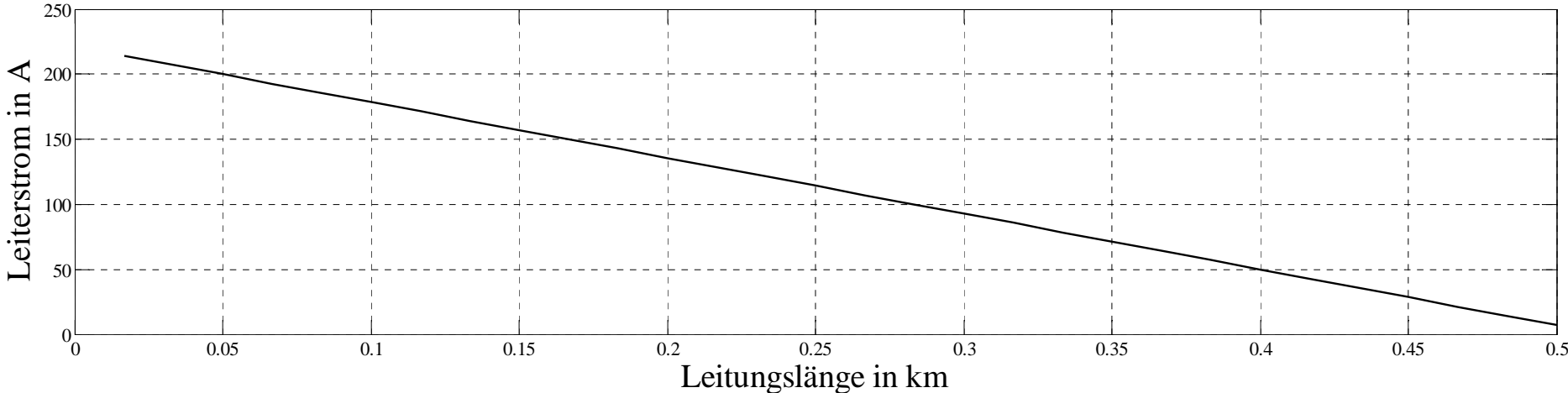
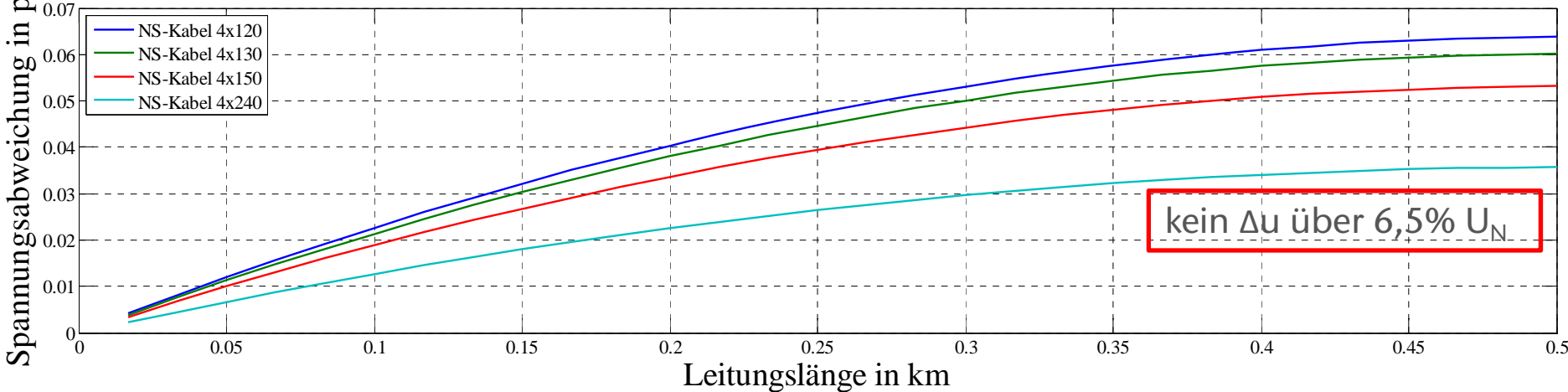
Allgemeine Betrachtung zum Spannungshub an einer Leitung

- Berechnung des Spannungshubs bei gleichverteilten Einspeisungen über den verschiedenen im Niederspannungsnetz vorhandenen Kabeltypen
 - Parameter Gesamtleistung bis zur Stromtragfähigkeit des jeweiligen Leitungstyps festgesetzt
 - Vorgabe Anzahl der Streckeneinspeisungen
 - Vorgabe der (gesamten) Leitungslänge l
 - Ermittlung von a , P_{Erzeuger} und als Ergebnis Δu



Leitungslänge 500 m; 13,67 m Abschnittslänge
30 Hausanschlüsse mit je 4,7 kW

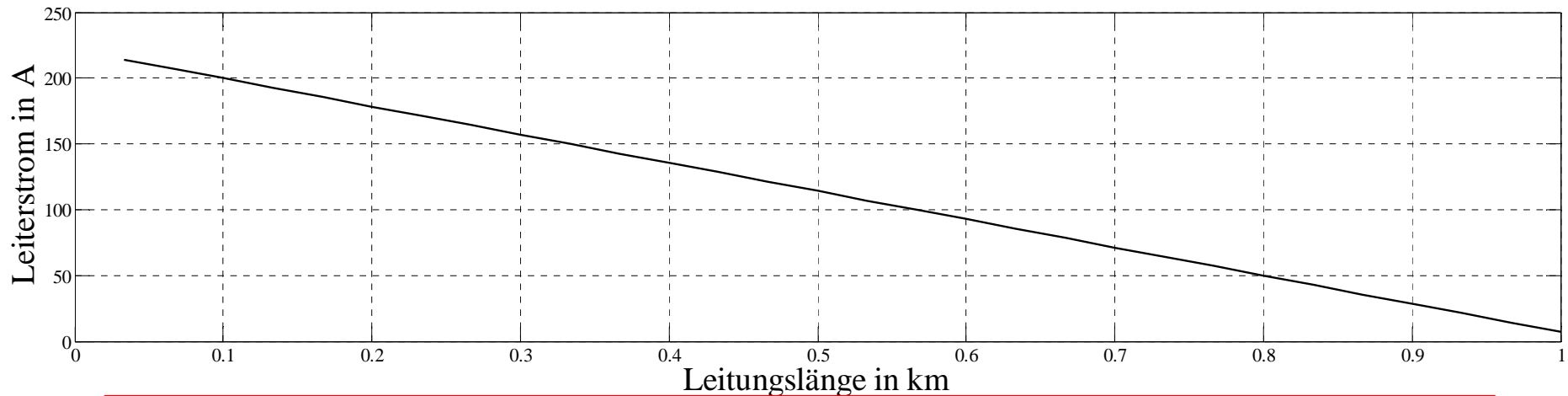
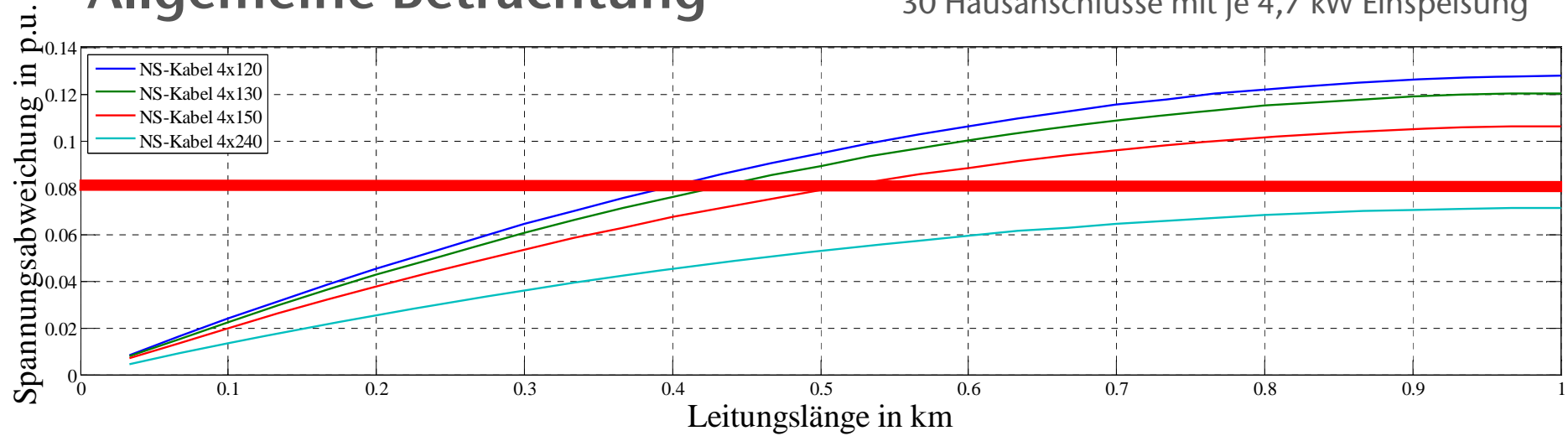
Allgemeine Betrachtung



Spannungsfall bei Maximalstrom (120er-Ltg.) und genannten Parametern $< 7\% U_N$

Allgemeine Betrachtung

Leitungslänge 1000 m; 33,33 m Abschnittslänge
30 Hausanschlüsse mit je 4,7 kW Einspeisung



Spannungsfall bei Maximalstrom (120er-Ltg.) und genannten Parametern $> 10\% U_N$

Gliederung

- Transformation des Energiesystems in Deutschland
- Problematik in den Verteilnetzen
- Vorstellung des e-home Energieprojektes 2020
- Spannungshaltung durch den regelbaren Ortsnetztransformator (rONT)
- Spannungshaltung durch Blindleistung
- **Zusammenfassung**
- Ausblick

Zusammenfassung

Fazit zum regelbaren Ortsnetztransformator

- Monosensorbetrieb des rONT zur netzplanerischen Entkopplung des Niederspannungsnetzes vom Mittelspannungsnetz geeignet¹⁾
 - Regelbereich von 20% U_N notwendig
 - Reduzierung konventioneller Netzausbaumaßnahmen
- Multisensorbetrieb in Netzstrukturen des Projektpartners größtenteils nicht geeignet
 - nach rONT-Einsatz im Monosensorbetrieb sind größtenteils konventionelle Netzausbaumaßnahmen aufgrund der Stromtragfähigkeit (thermische Belastung) erforderlich
 - drohende Spannungsbandverletzungen werden hierbei ebenfalls eliminiert
 - Betriebsart stellt sich als Einzelfallentscheidung bei langen Netzausläufern und zeitlich unterschiedlichen Last- und Erzeugungsspitzen heraus¹⁾

¹⁾ siehe auch: EFZN-Schriftreihe, Band 20: „Netzausbauvarianten in Niederspannungsverteilnetzen – Regelbare Ortsnetztransformatoren in Konkurrenz zu konventionellen Netzausbaumaßnahmen“ von A. Becker, T. Lühn, M. Mohrmann, G. Schlömer, G. Schmidtman, D. Schneider und R. Schnieder unter Beteiligung von L. Hofmann, H.-P. Beck, J. Geldermann und H. Weyer

efzn

Energie-Forschungszentrum
Niedersachsen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Das EFZN ist ein gemeinsames
wissenschaftliches Zentrum der
Universitäten:



efzn

Energie-Forschungszentrum
Niedersachsen