



14. Symposium Energieinnovation

Aktuelle Musternetze zur Untersuchung von Spannungsproblemen in der Niederspannung

Marco Lindner, Christian Aigner

Graz, 11.02.2016

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Technische Universität München
Professur für elektrische Energieversorgungsnetze



Technische Universität München



Inhalt

1. Motivation
2. Datengrundlage
3. Klassifizierung
4. Methodik
5. Ergebnisse



Quelle: sakpedia.ch

1. Motivation

- Herzstück der deutschen Energiewende: Integration von dezentralen Erzeugungsanlagen (DEA) zur Stromgewinnung aus volatilen erneuerbaren Quellen
→ Herausforderung im Verteilnetzbereich (Mittel- & Niederspannungsnetz)
- Vielzahl Untersuchungen an Methoden zur Verteilnetzflexibilisierung
- **Problem:** diverse Netzstrukturen in deutschen Niederspannungsnetzen
- **bisher:** stark vereinfachte Netzmodelle bzw. einzelne reale Netze
- **neuer Ansatz:** an Untersuchungszweck angepasste, detaillierte Modellbildung
- **primäres Ziel:** Abbildung auslegungsrelevanter Spannungen im Niederspannungsnetz

2. Datengrundlage

- Ausgangsdaten:
 - 358 Niederspannungsnetze (1550 Stränge)
 - unterschiedliche Regionen Deutschlands
 - Schwerpunkt „ländliche“ Gebiete
 - unterschiedliche Leitungstypen
- Datenverarbeitung:
 - automatisierte Plausibilisierung der digitalen Netzpläne
 - automatisierte Auswertung der elektrischen und geografischen Netzparameter
 - Betrachtung aller Leitungen bis zum Hausanschluss
 - Querschnitte, Längen und Leitungstypen in Modellbildung integriert

3. Klassifizierung

- bisherige Möglichkeiten:
 - subjektive Beurteilung: anhand von Luftbildaufnahmen/Bevölkerungszahlen nach Kerber [1]
 - mathematische Analyse: Faktoranalyse mit Plausibilitätsprüfung & Clusteranalyse (Ward-Methode [2])
 - stranggenau oder transformatorgenau
- Parameter:
 - geografischer Parameter: „mittlerer geografischer Hausabstand“ (= mittlerer Hausabstand zu den jeweils 4 nächsten Nachbarn)
 - elektrischer Parameter: Verbrauchersummenwiderstand (VSW) nach Kerber [1], bildet Leitungswiderstand jedes einzelnen Verbrauchers zum Trafo ab und summiert diese → Maß für Spannungsfall

→ VSW korreliert zu 86,8% mit dem mittleren geografischen Hausabstand, daher als primärer Klassifizierungsparameter benutzt
- Einteilung in 3 Netzklassen: **Land, Dorf, Vorstadt** nach [1]

3. Klassifizierung

Vergleich der Klassifizierungsparameter			
Kerber [1]	Mittlerer, geografischer Hausabstand	Bemessungsscheinleistung des Transformators	Verbraucherspezifische Transformatorleistung
Walker [2]	Leitungssummenlänge	Bemessungsscheinleistung des Transformators	Verbraucherspezifischer Widerstand
U-Control	Mittlerer, geografischer Hausabstand	Bemessungsscheinleistung des Transformators (nur bei Unsicherheit)	Mittlerer geografischer Hausabstand
Spearman-Korrelationskoeffizient	88,38%	-	73,54%

Spearman-Korrelationskoeffizient: rangspezifischer Grad der Korrelation zweier Parameter

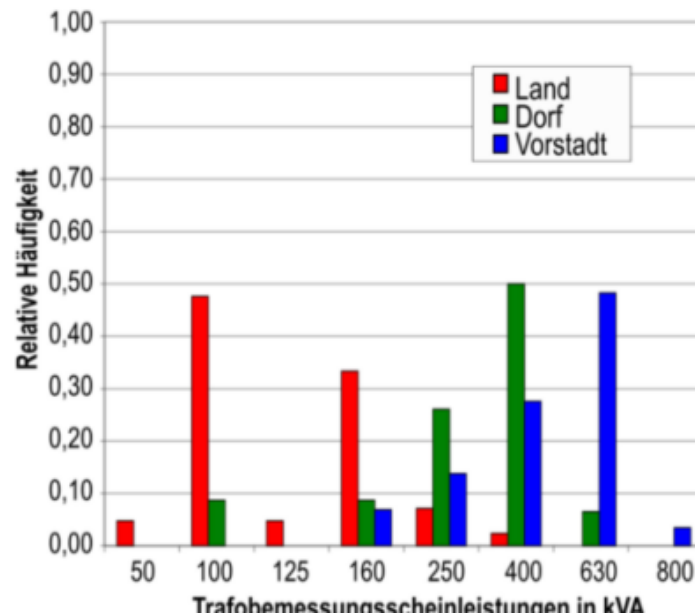
→ Parameter anderer Verfahren korrelieren zu einem hohen Grad mit dem hier verwendeten mittleren geografischen Hausabstand

3. Klassifizierung

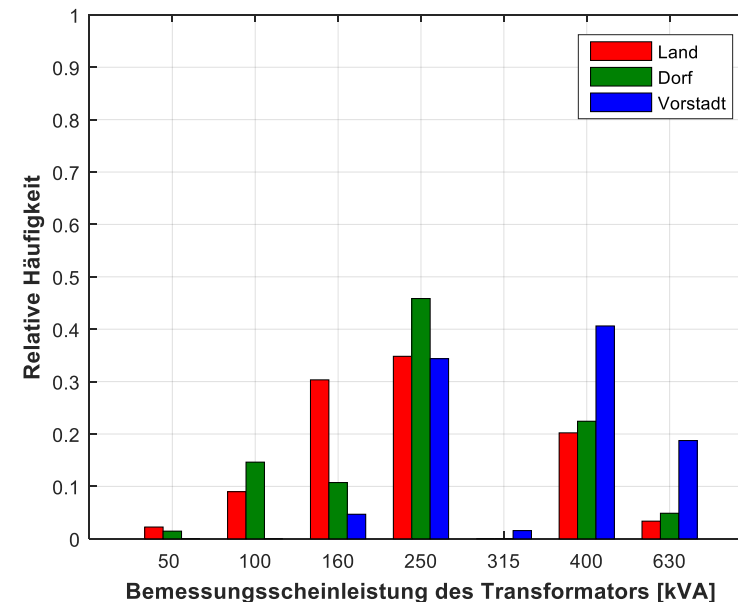
- ungeeignete Klassifizierungsparameter:
 - Transformatorgröße (→ Erhöhung im ländlichen Bereich, durch Zubau von Erzeugungsanlagen in den letzten Jahren)

Vergleich des Parameters „Bemessungsscheinleistung des Transformators“

Kerber [1] (86 Netze - Stand 2011)

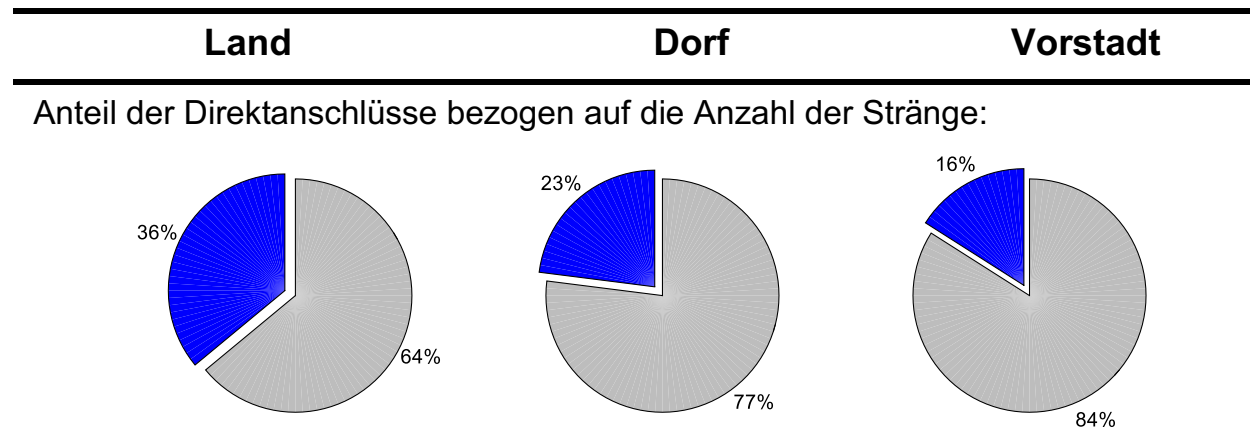


U-Control (358 Netze - Stand 2015)



3. Klassifizierung

- Unterteilung in Subklassen zur Berücksichtigung von Direktanschlüssen



- hohe Anzahl an Teilnehmern mit eigenem Stationsabgang (Direktanschluss) besonders in der Klasse Land/Dorf
- ansonsten Verfälschung der generierten Netze durch übermäßig viele Direktanschlüsse und kurze Stränge

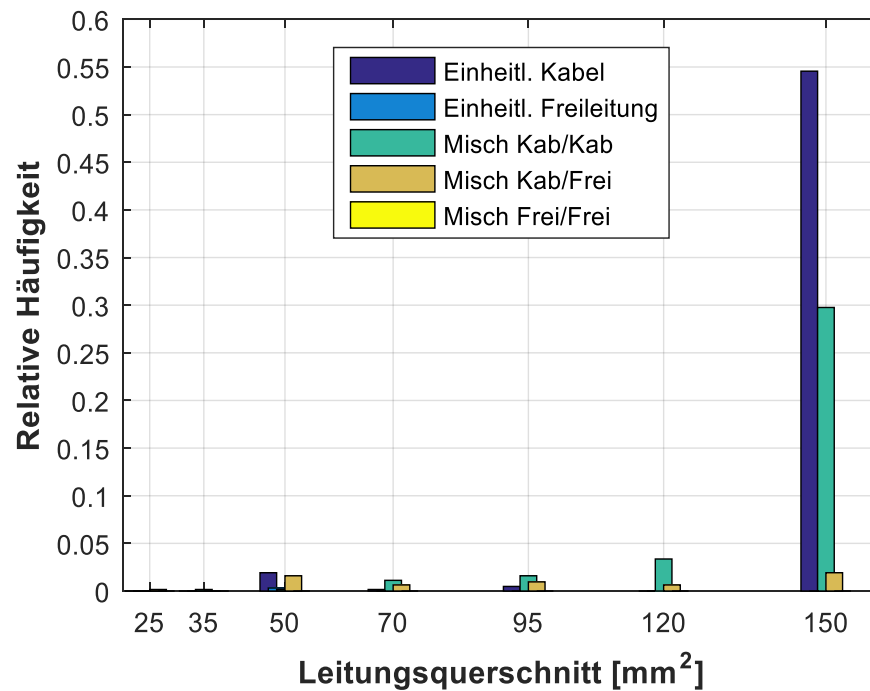
4. Methodik

- Allgemein:
 - Vorgabe: Transformatorgröße und Auslastung per Quantil
→ Berechnung der Anzahl der NVP (Auslastung Trafo)
 - iterative Erzeugung von Netzsträngen aus:
 - Verteilungsfunktion des VSW
 - Leistungsparameter
 - Zuweisung zum Trafo
 - Wechsel zwischen Subklassen nach Auftrittswahrscheinlichkeit
- Festlegung der Leitungsparameter:
 - Verteilungsfunktionen: (Typ, Querschnitt)
 - Mischverhältnis in einem Strang: Haupt- und Nebenleitung

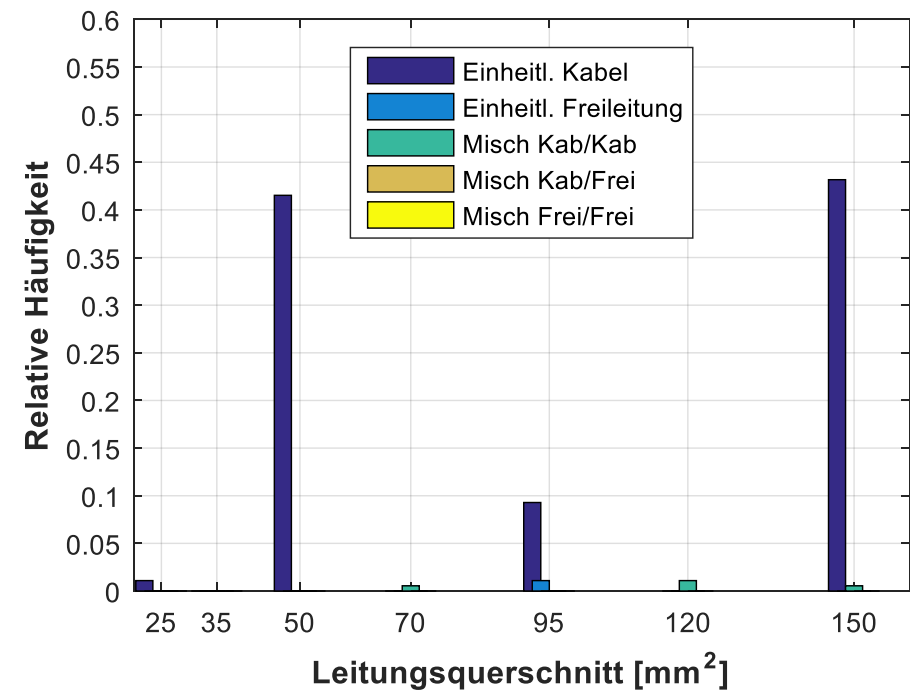
4. Methodik

Beispiel: Auftrittswahrscheinlichkeiten in kabelgeprägten Dorfnetzen

a) Netzanschlüsse(Strang)

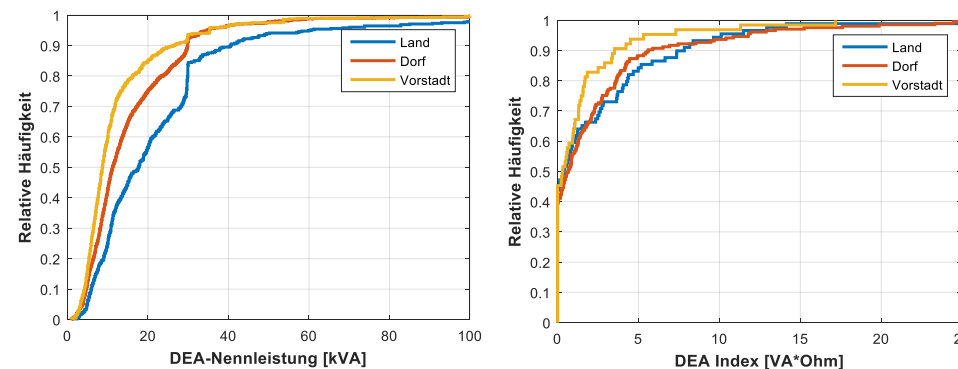


b) Direktanschlüsse



4. Methodik

- Festlegung der Versorgungsaufgabe:
 - **Haushaltslasten:** stochastische Verteilung auf Netzverknüpfungspunkte
 - **Sonderverbraucher:** Zuordnung nach elektrischem Abstand und Leistung: Anteil an Gesamtleistung je nach Netzklasse
 - **Erzeugungsanlagen (PV):** stochastische Verteilung, je Klasse und Trafo aus DEA-Nennscheinleistung und elektrischem Abstand vom Transformator → DEA Zieldurchdringungsgrad



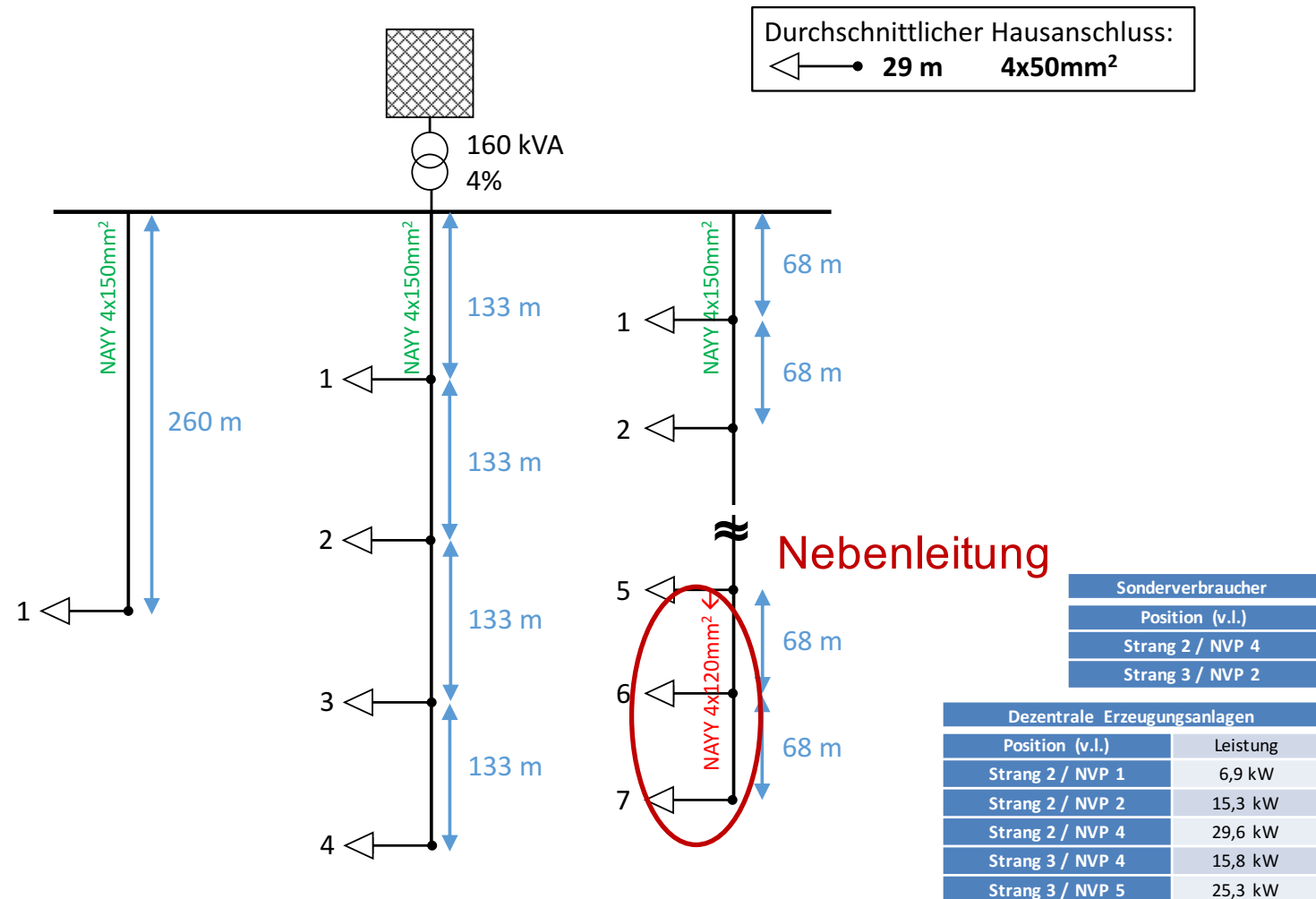
5. Ergebnisse

- erzeugte Musternetze:
 - Land Typ I (kabeldominiertes Netz)
 - Land Typ II (freileitungsdominiertes Netz)
 - Dorf Typ I (kabeldominiertes Netz)
 - Dorf Typ II (teilverkabeltes Netz)
 - Vorstadt Typ I (kabeldominiertes Netz)
- Auswahlparameter:
 - Trafogröße: Median
 - Netzauslastung: Median

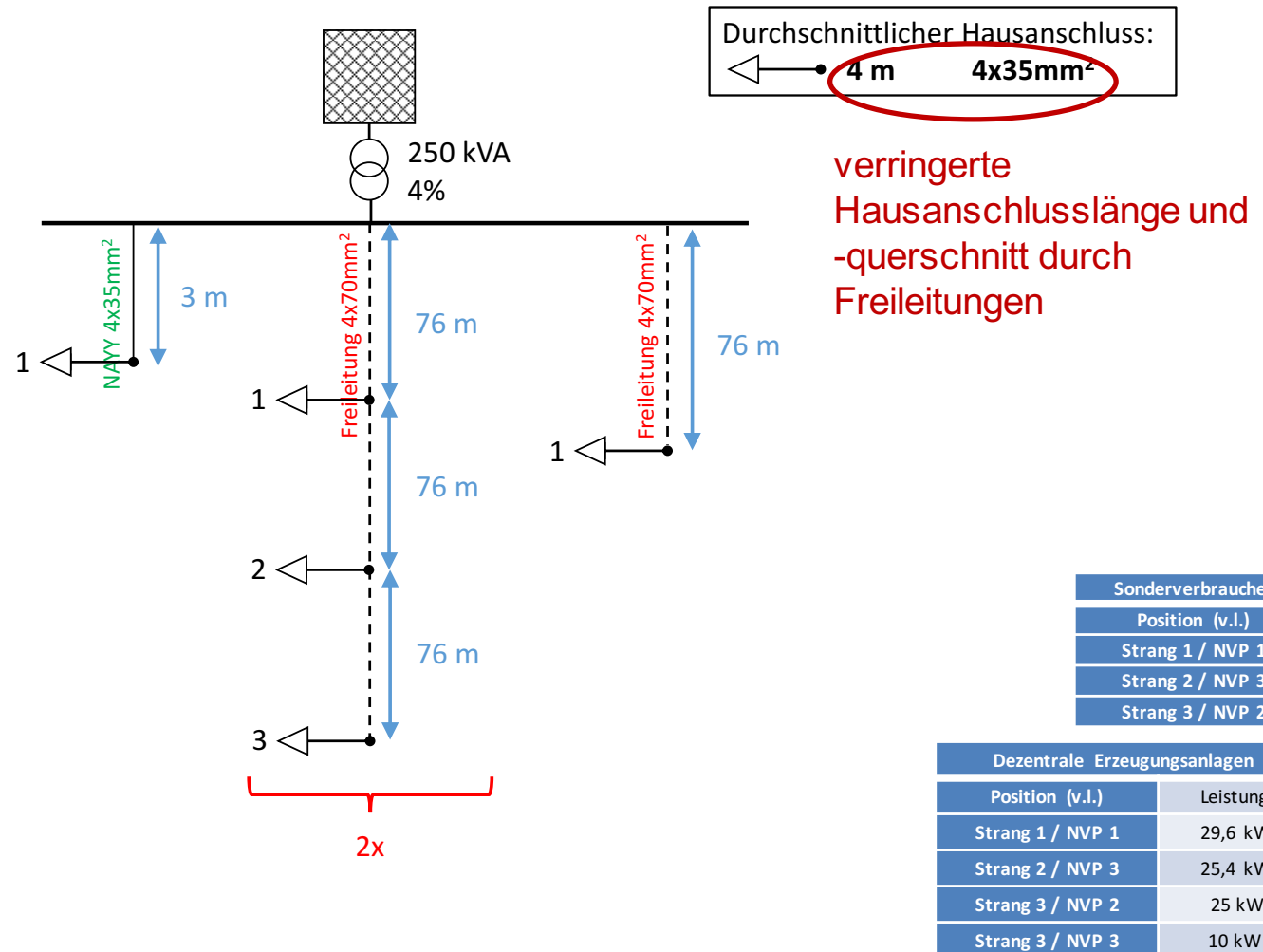


Quelle: Google Earth

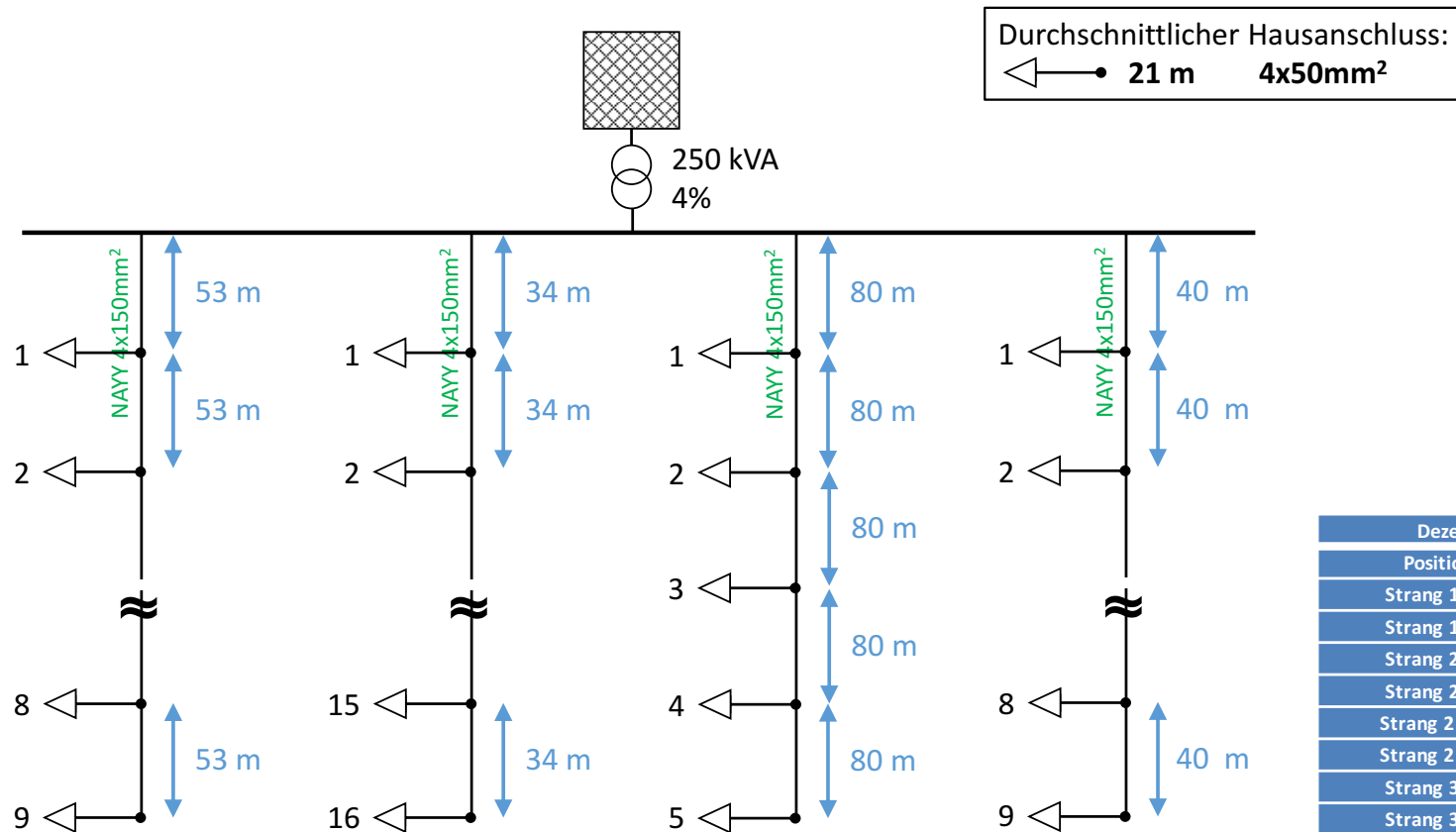
5. Ergebnisse: Landnetz Typ I (kabeldominiert)



5. Ergebnisse: Landnetz Typ II (freileitungsdominiert)



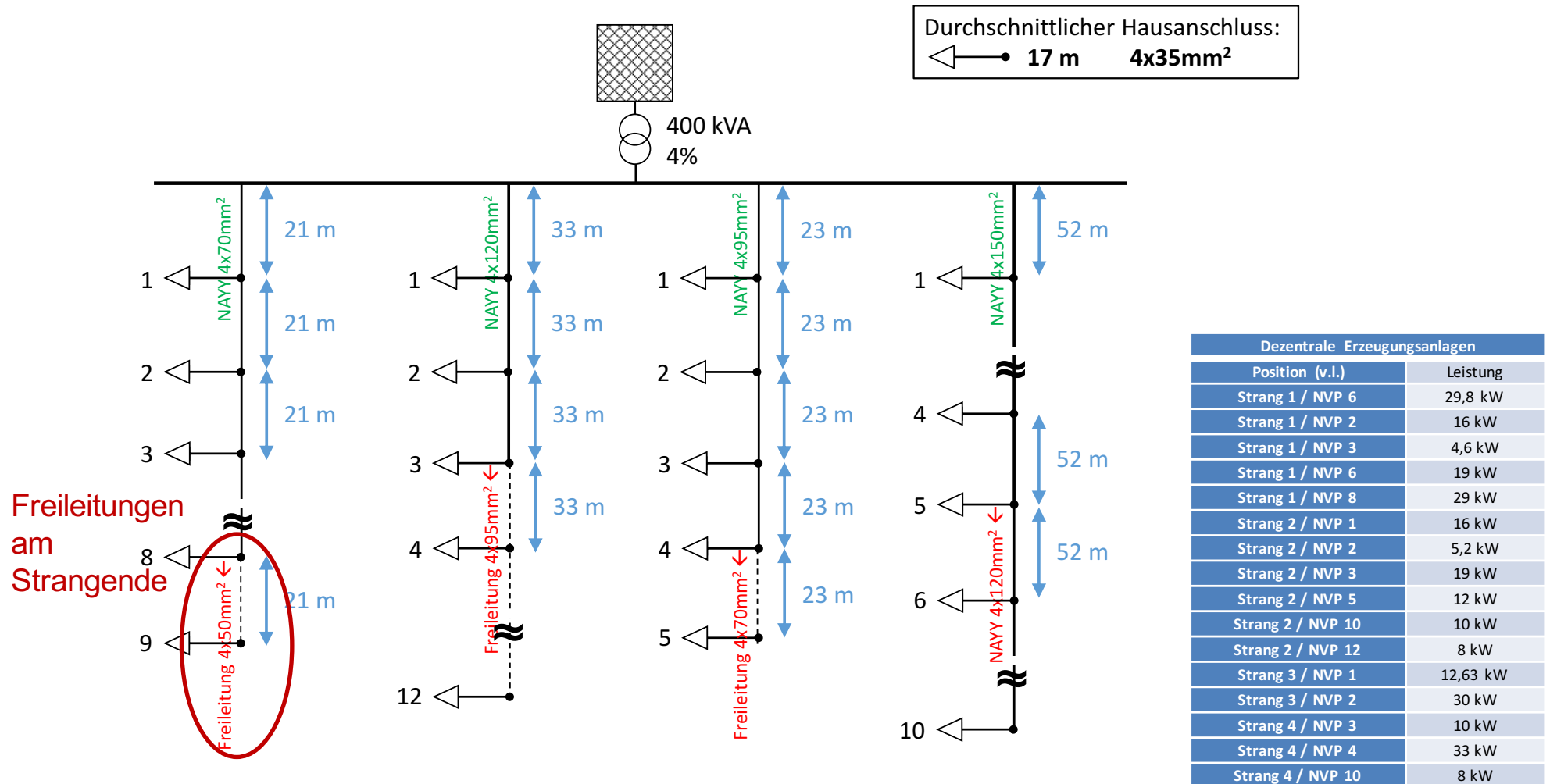
5. Ergebnisse: Dorfnetz Typ I (kabeldominiert)



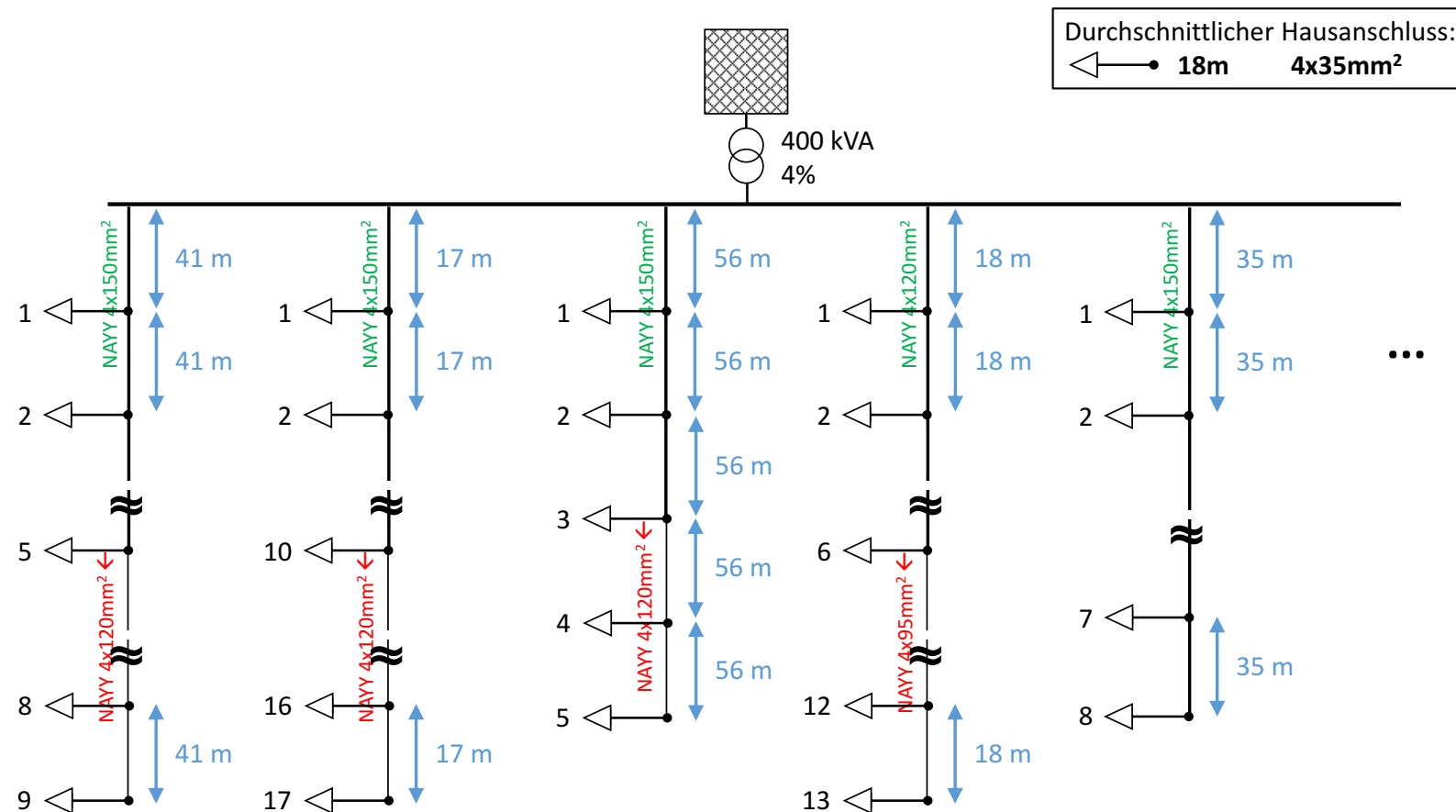
Sonderverbraucher
Position (v.l.)
Strang 2 / NVP 9
Strang 2 / NVP 12
Strang 2 / NVP 14
Strang 2 / NVP 16
Strang 3 / NVP 5
Strang 4 / NVP 3
Strang 4 / NVP 6
Strang 4 / NVP 8

Dezentrale Erzeugungsanlagen	
Position (v.l.)	Leistung
Strang 1 / NVP 6	29,8 kW
Strang 1 / NVP 8	22,8 kW
Strang 2 / NVP 3	7,9 kW
Strang 2 / NVP 5	4,2 kW
Strang 2 / NVP 11	16,7 kW
Strang 2 / NVP 15	7,3 kW
Strang 3 / NVP 1	31,9 kW
Strang 3 / NVP 3	17,4 kW
Strang 3 / NVP 5	15 kW
Strang 4 / NVP 1	8,8 kW
Strang 4 / NVP 3	19,6 kW
Strang 4 / NVP 5	9,3 kW
Strang 4 / NVP 6	13 kW

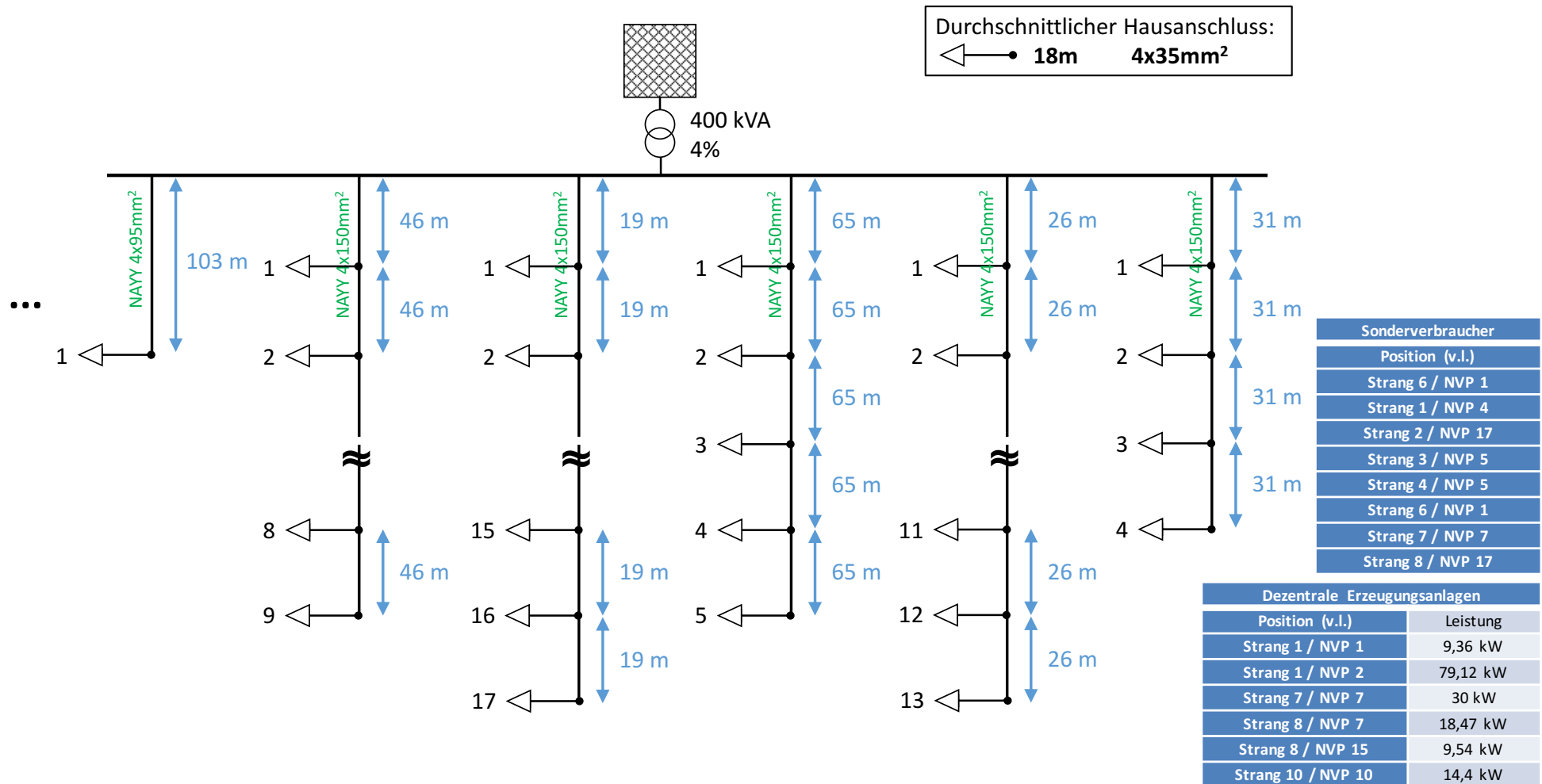
5. Ergebnisse: Dorfnetz Typ II (teilverkabelt)



5. Ergebnisse: Vorstadtnetz Typ I (kabeldominiert)



5. Ergebnisse: Vorstadtnetz Typ I (kabeldominiert)





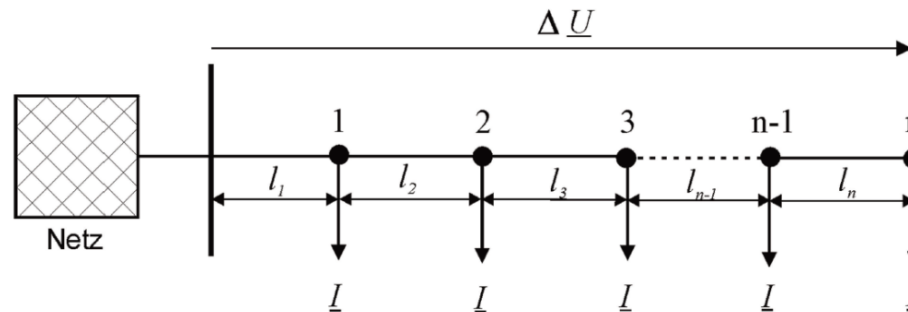
Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Literatur

- [1] G. Kerber, “Aufnahmefähigkeit von Niederspannungsverteilnetzen für die Einspeisung aus Photovoltaikkleinanlagen”, 2011.
- [2] G. Walker, “Ein Standardisierter Ansatz zur Klassifizierung von Verteilnetzen”, *VDE-Kongress*, 2014.

Anhang: Verbrauchersummenwiderstand

- Maß für den Spannungsfall an einem einseitig gespeisten Strang nach [1]



$$\Delta \underline{U} = \underline{I} \cdot (R' + jX') \cdot [l_1 + (l_1 + l_2) + \dots + (l_1 + l_2 + \dots + l_{n-1} + l_n)]$$