



14. Symposium Energieinnovation

Aktuelle Musternetze zur Untersuchung von Spannungsproblemen in der Niederspannung

Marco Lindner, Christian Aigner

Graz, 11.02.2016

Gefördert durch:



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

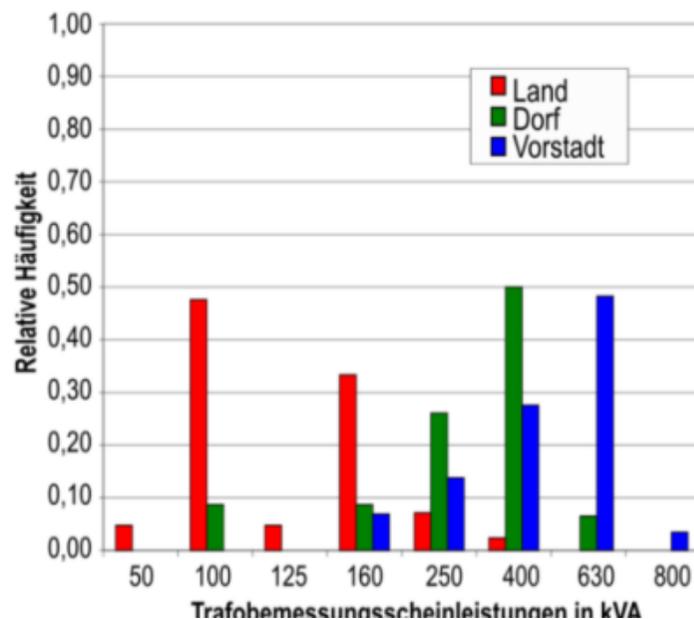
→ Parameter anderer Verfahren korrelieren zu einem hohen Grad mit dem hier verwendeten mittleren geografischen Hausabstand

3. Klassifizierung

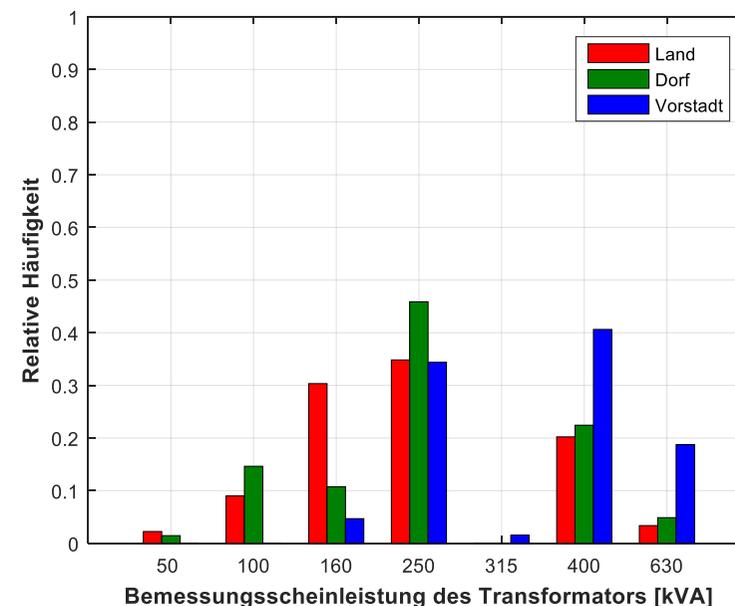
- ungeeignete Klassifizierungsparameter:
 - Transformatorgröße (→ Erhöhung im ländlichen Bereich, durch Zubau von Erzeugungsanlagen in den letzten Jahren)

Vergleich des Parameters „Bemessungsscheinleistung des Transformators“

Kerber [1] (86 Netze - Stand 2011)

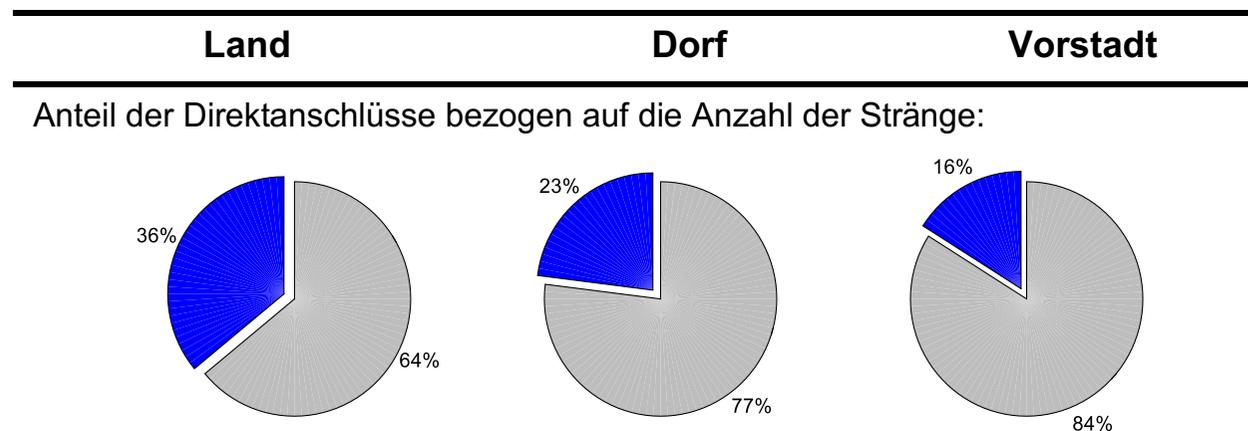


U-Control (358 Netze - Stand 2015)



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

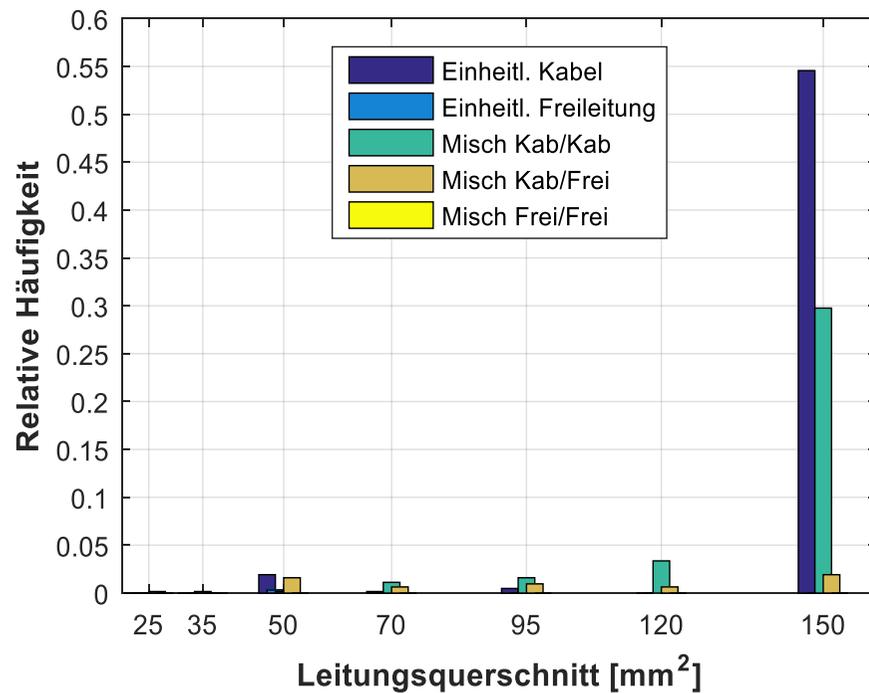
4. Methodik

- 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

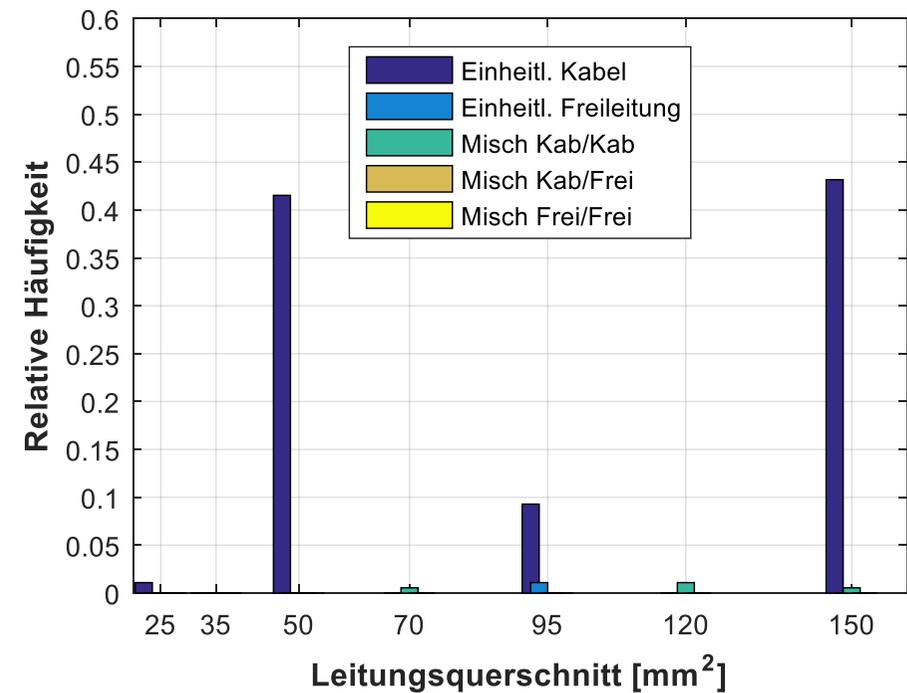
4. Methodik

Beispiel: Auftrittswahrscheinlichkeiten in kabelgeprägten Dorfnetzen

a) Netzanschlüsse(Strang)

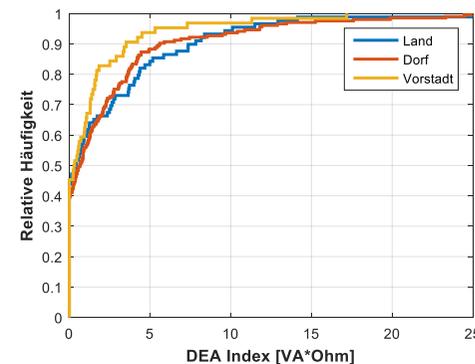
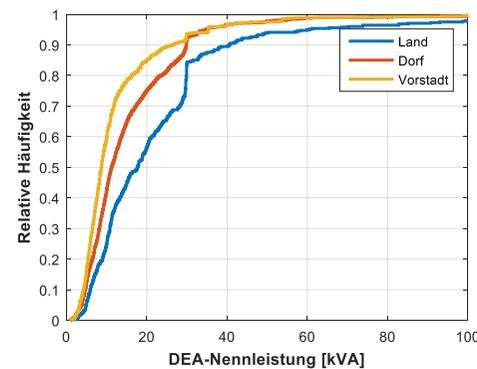


b) Direktanschlüsse



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)

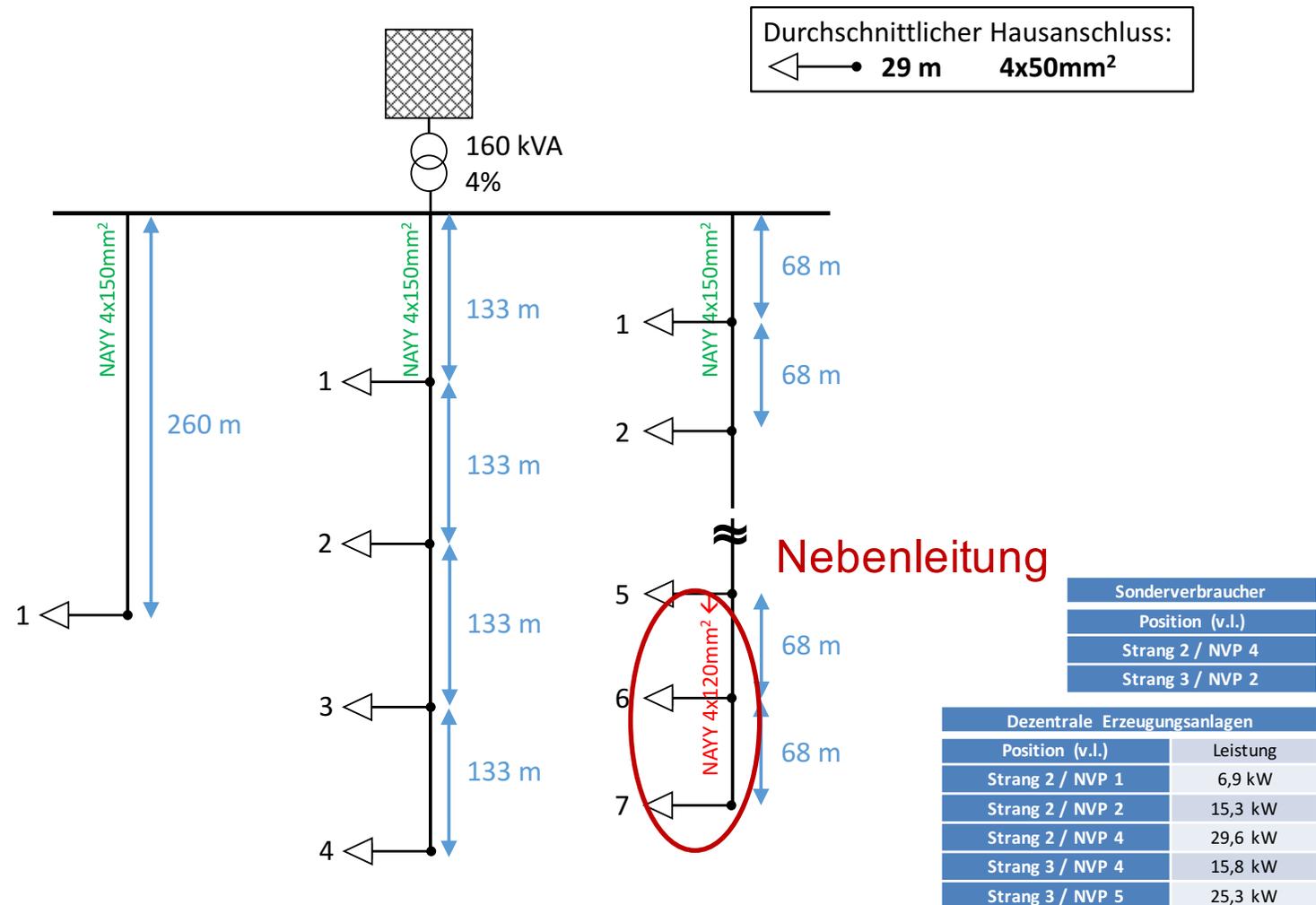
 - Dorf Typ I (kabeldominiertes Netz)
 - Dorf Typ II (teilverkabeltes Netz)

 - Vorstadt Typ I (kabeldominiertes Netz)
- Auswahlparameter:
 - Trafogröße: Median
 - Netzauslastung: Median

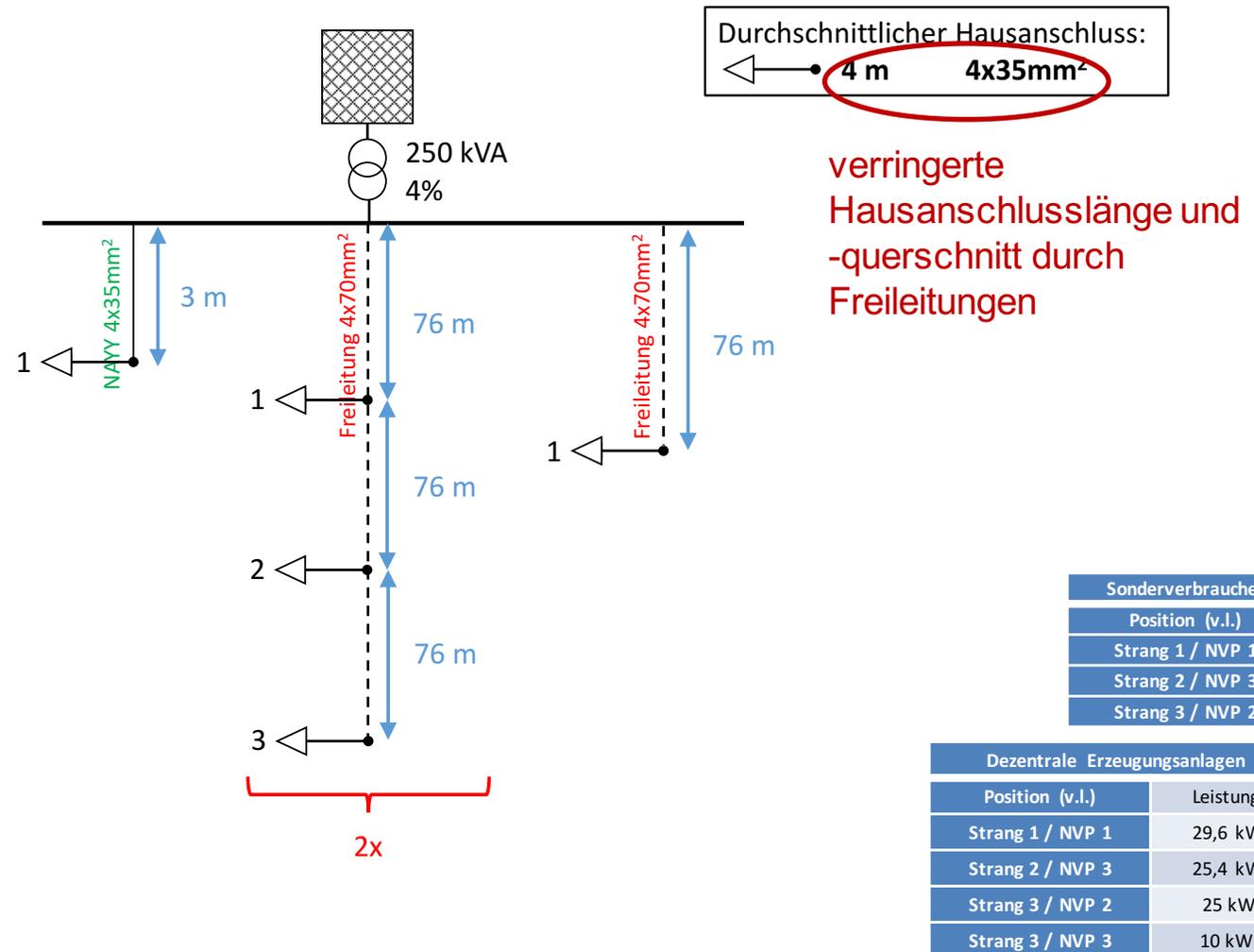


Quelle: Google Earth

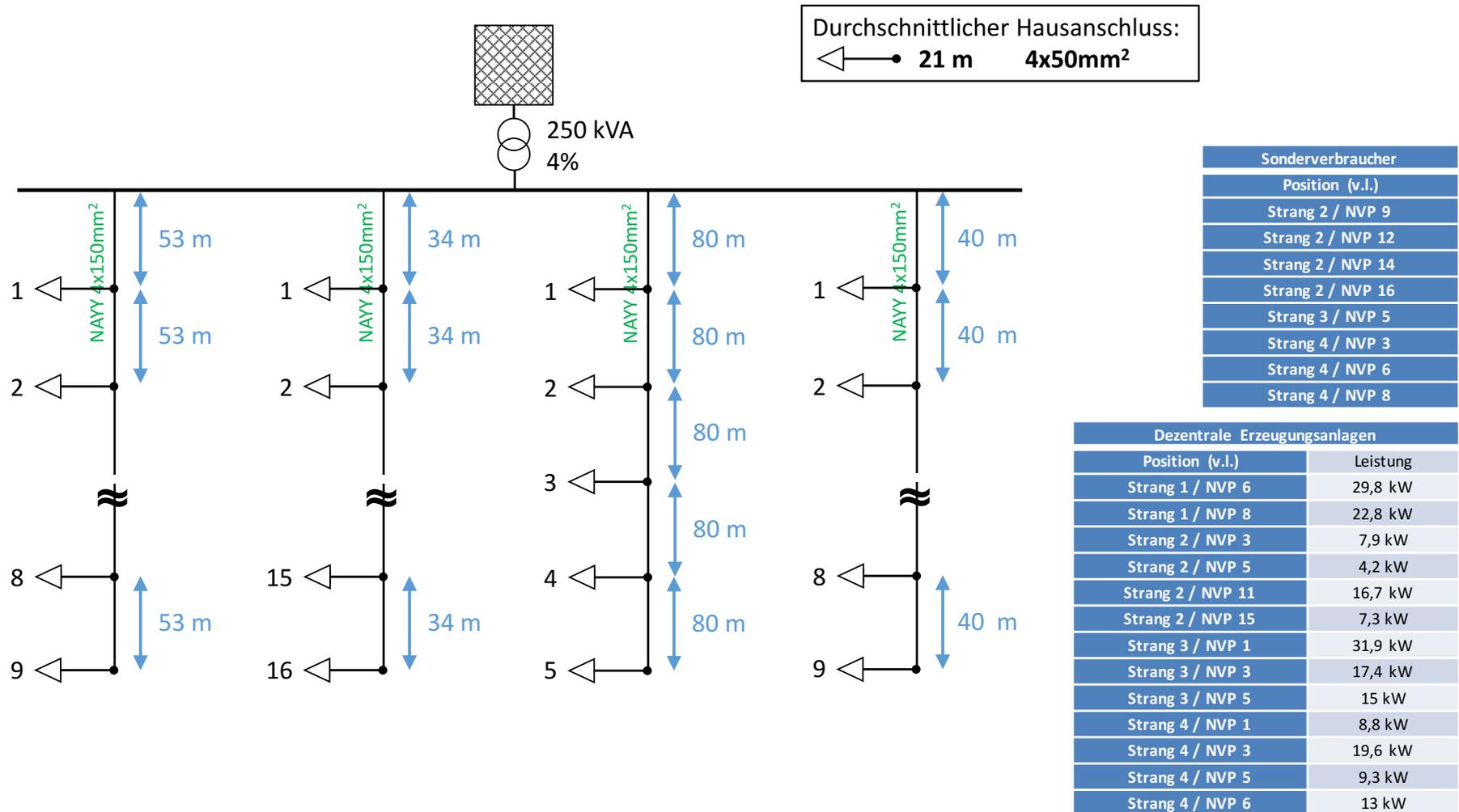
5. Ergebnisse: Landnetz Typ I (kabeldominiert)



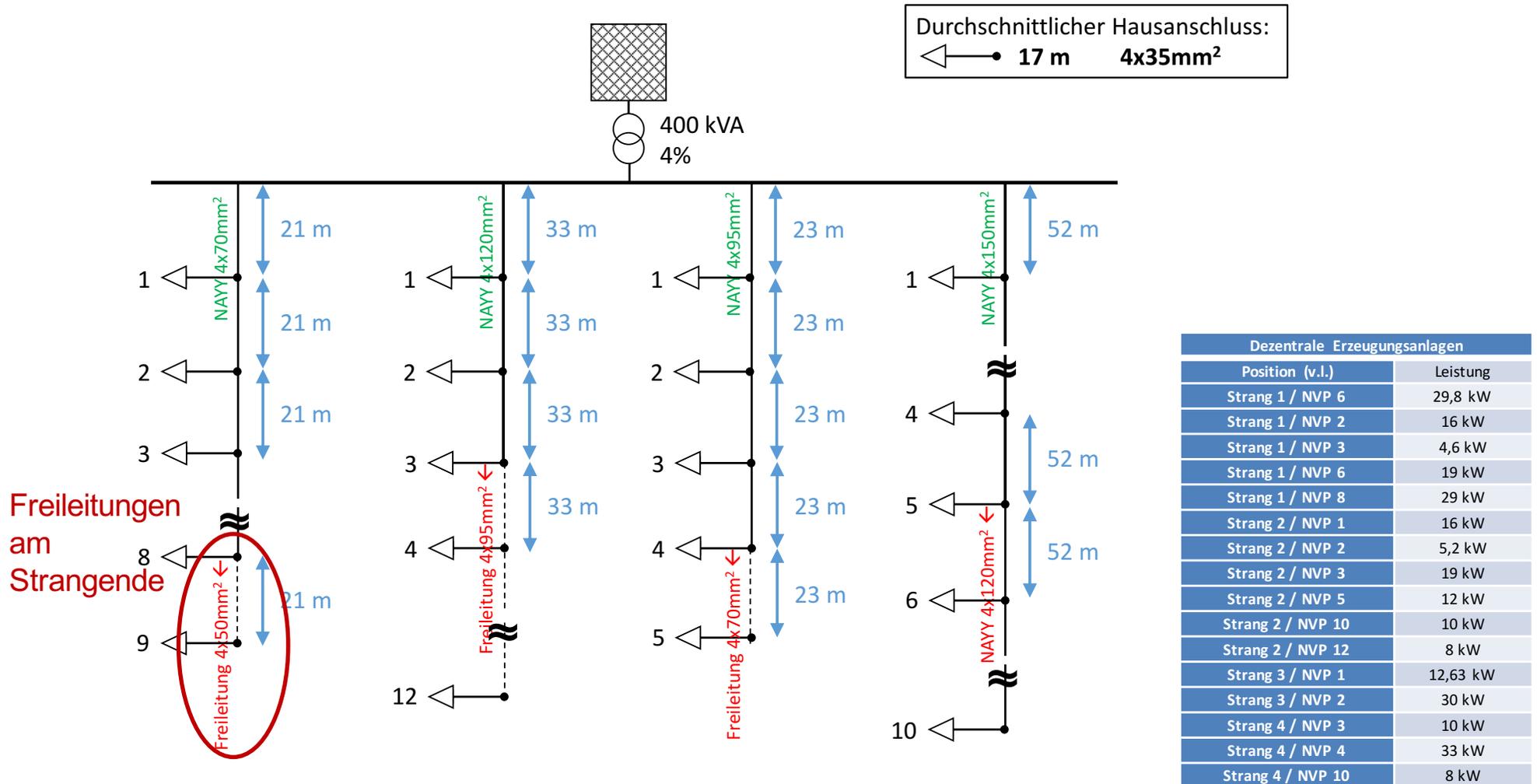
5. Ergebnisse: Landnetz Typ II (freileitungsdominiert)



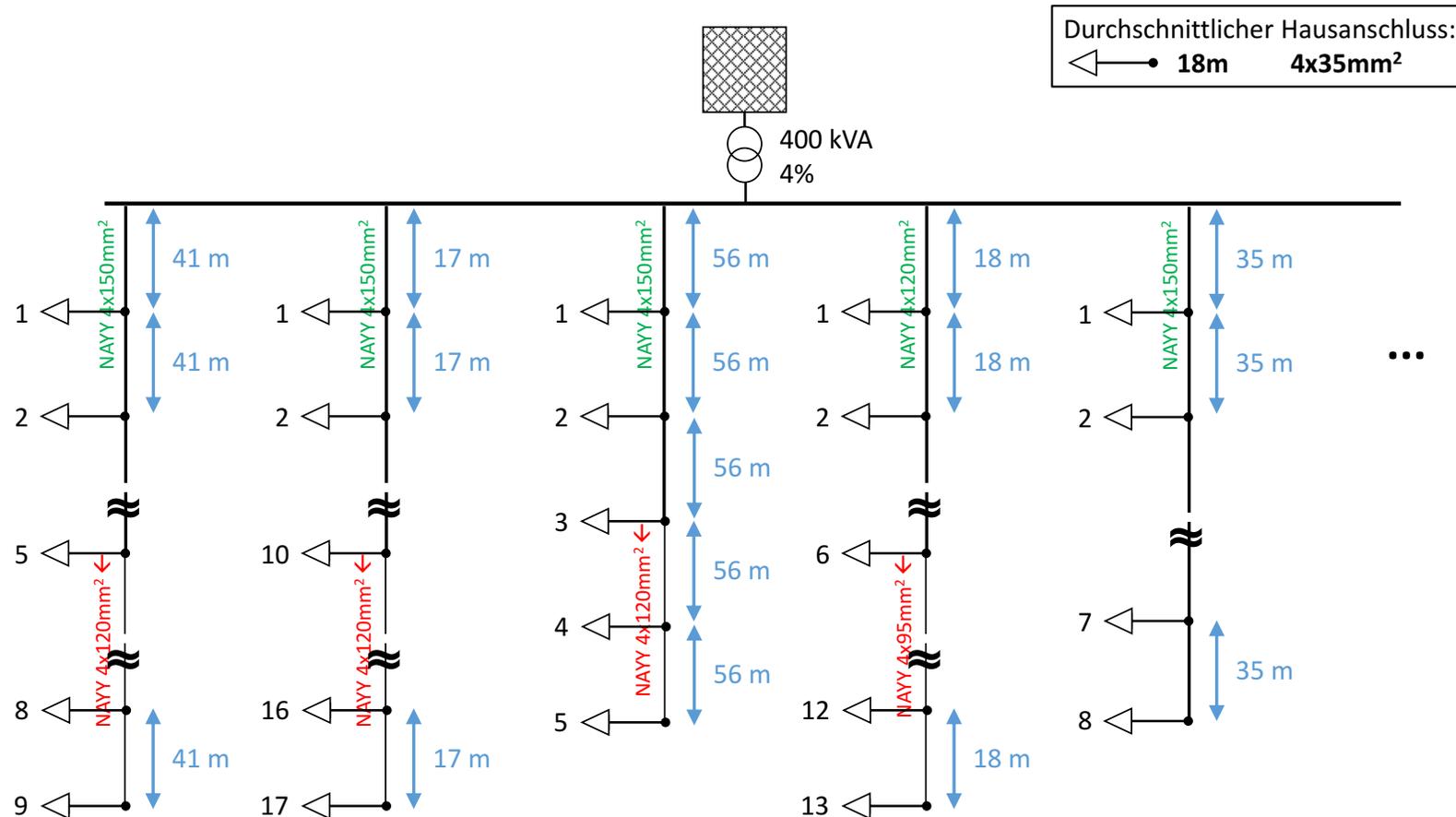
5. Ergebnisse: Dorfnetz Typ I (kabeldominiert)



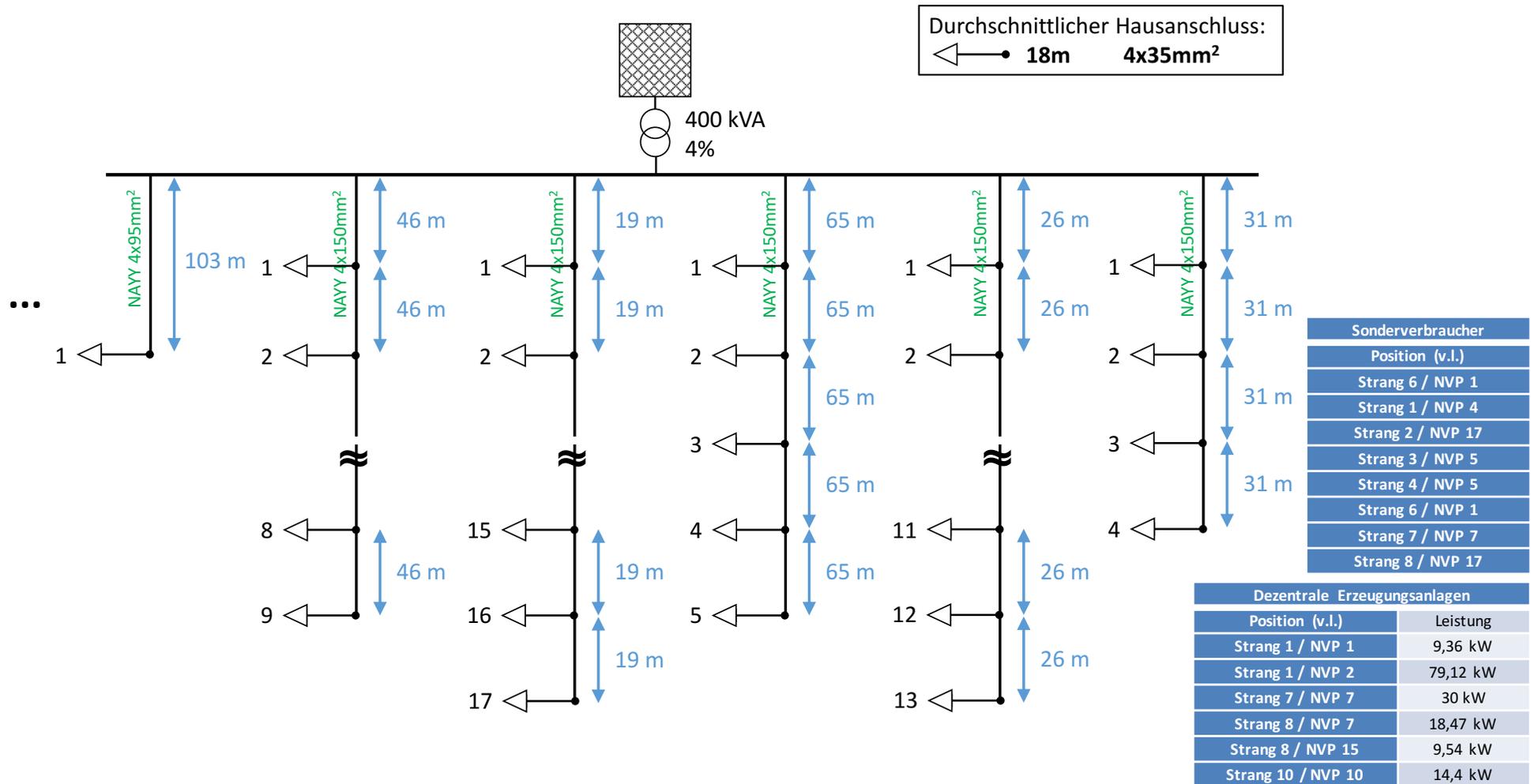
5. Ergebnisse: Dorfnetz Typ II (teilverkabelt)



5. Ergebnisse: Vorstadtnetz Typ I (kabeldominiert)



5. Ergebnisse: Vorstadtnetz Typ I (kabeldominiert)





Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

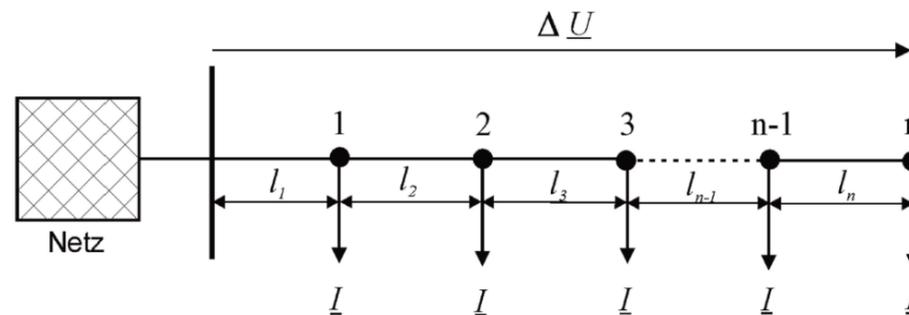


Literatur

- [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]



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