



Masterarbeit

Studiengang Master of Electrical Engineering

Definition of investigation area and determination of subregions and measuring points in low-voltage networks in the IRENE project

Rainer Mattes

Aufgabensteller/Prüfer Prof. Dr.-Ing. Ernst Peter Meyer

Arbeit vorgelegt am 20.01.2012

Durchgeführt bei Allgäuer Überlandwerk GmbH, 87435 Kempten

Betreuer Dipl.-Ing. (FH) Robert Köberle

Anschrift des Verfassers Rainer Mattes

Wanderweg 7

88348 Bad Saulgau

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Definitionen	5
3. Daten zum Untersuchungsgebiet	7
3.1. Betriebsmittel	8
3.1.1. Leitungen	8
3.1.2. Transformatoren	9
3.2. EEG-Anlagen	10
4. Größen zur Bewertung des Stromnetzes	12
4.1. Anfangskurzschlusswechselstromleistung S_k''	12
4.2. Spannungsänderung	13
4.4. Anforderungen an das Stromnetz (EN50160)	16
5. Untersuchung der Modellregion	17
5.1. Installierte EEG-Leistung im Untersuchungsgebiet	17
5.2. Einsatz von Elektromobilität	19
5.3. Lastflussrechnung im Untersuchungsgebiet	19
5.3.1. Lastflussrechnung nur Einspeisung	20
6. Bestimmung von Teilgebieten	22
7. Untersuchung der Teilnetze mit Lastflussberechnung	25
7.1. Verteilung der Einspeiser	25
7.2. Spannungsänderung bei Einspeisung	26
7.3. Spannungsänderung bei Last	32
7.4. Anfangskurzschlusswechselstromleistung	36
8. Lastgangberechnung mit Standardlastprofilen	40
8.1. Standardlastprofile	40
8.2. Vereinfachung des Berechnungsmodells	40
8.2.1. Jahresverbrauch	42
8.3. Berechnungsmodell mit Last- und Einspeiseprofilen	45
8.3.1. Sommer	46
8.3.2. Winter	50
9. Untersuchung der Teilnetze mit Lastgangberechnung	54
9.1. Spannungsverlauf im Mittelspannungsnetz	54
9.2. Untersuchung Teilnetz Eufnach	56
9.3. Untersuchung Teilnetz Wolkenberg	59
9.4. Untersuchung Teilnetz Wildpoldsried Nord	62
9.5. Untersuchung Teilnetz Wildpoldsried Salzstraße	65
9.6. Untersuchung Teilnetz Wildpoldsried Mitte	68
10. Zusammenfassung	72
A Anhang – Spannungsänderung mit $\cos\varphi=1$	74

10. Zusammenfassung

Wie bereits in Abbildung 5.4 zu erkennen ist, ist das Netz im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes deutlich stärker belastet als im westlichen Teil. Die Abbildungen 9.1 und 9.2 verdeutlichen dies. Zusätzlich und zeigen aber auch, dass der Abzweig Weidachsmühle stärker belastet ist als der Abzweig Wildpoldsried.

In dieser Arbeit wird aber auch klar, dass das Netz im Untersuchungsgebiet keine Stellen aufweist, an denen größere Probleme im Bereich der Spannungshaltung oder der Überbelastung von Betriebsmitteln auftreten. Es ist klar ersichtlich, dass es keine stark belasteten oder sogar überbelastete Transformatoren oder Leitungen gibt, da das Netz sehr gut ausgebaut ist. Deswegen bleiben als mögliche Messstandorte noch Knoten, mit viel installierter PV-Leistung, schwache Knoten oder Netzausläufer mit geringer Kurzschlussleistung, Haushalte mit Elektroauto und in Transformatorstationen. In Tabelle 10.1 sind nochmals die Ergebnisse der Extremwertbetrachtung mit der Lastflussrechnung zusammengefasst.

Teilnetz	Installierte PV-Leistung	Max. Spannungsanhebung	Max. Spannungsabsenkung	Kurzschlussleistung
WPR Mitte	115 kWp	3,75%	86,84%	0,78 MVA
WPR Salzstraße	404 kWp	3,52%	95,29%	1,28 MVA
WPR Nord	191 kWp	3,21%	95,45%	1,00 MVA
Eufnach	292 kWp	2,73%	96,09%	0,94 MVA
Wolkenberg	246 kWp	4,14%	99,49%	1,22 MVA

Tabelle 10.1: Zusammenfassung der Ergebnisse der Lastflussberechnung

Im Bereich der Station Wildpoldsried Mitte sind der Gärtnerweg und die Kemptenerstraße von Interesse. Obwohl die installierte PV-Leistung die geringste der fünf Teilnetze ist, wirkt sich die Belastung durch Einspeisung aufgrund der geringen Kurzschlussleistung stärker aus. Im Gärtnerweg ist das schwächste Netz im gesamten Untersuchungsgebiet und ist deswegen als Messstandort gut geeignet. Die Abbildungen 9.20 und 9.21 verdeutlichen dies durch die großen Schwankungen im Spannungsverlauf und im Leistungsverlauf im Gärtnerweg.

An der Station Wildpoldsried Salzstraße sind besonders zwei Punkte interessant. Dies sind die Schule in der Schulstraße und die Salzstraße 21, da hier jeweils eine große Fotovoltaikanlage installiert ist. Die 144 kWp auf der Schule und die 166 kWp in der Salzstraße 21 verursachen, wie auch schon in den Abbildungen 9.16 und 9.17 deutlich zu erkennen ist, hohe Spannungs- und Leistungsschwankungen.

Die Station Wildpoldsried Nord ist, im Gegensatz zur Station Salzstraße und Station Mitte, am Zweig Weidachsmühle angeschlossen. Dies hat zur Folge, dass Knoten im Badenberg Grundsätzlich eine höhere Spannungsanhebung aufweisen als in der Salzstraße.

Dies ist auch zu erkennen beim Vergleich der Spannungsverläufe im Gebiet der Station Wildpoldsried Nord und der Station Wildpoldsried Salzstraße. Obwohl in der Salzstraße deutlich größere Fotovoltaikanlagen installiert sind und auch die gesamte installierte Leistung größer ist als im Badenberg, sind die Spannungsüberhöhungen im Badenberg höher als in der Salzstraße. In Abbildung 9.12 ist zu sehen, dass an jedem Knoten im Bereich der Station Wildpoldsried Nord die Spannung hoch ist, unabhängig von der dort installierten PV-Leistung.

Aber auch die Stationen Eufnach und Wolkenberg sind an den Zweig Weidachsmühle angeschlossen und dort ist noch deutlich mehr PV-Leistung installiert. Dort treten auch die höchsten Spannungsüberhöhungen auf, wie in Abbildung 9.8 und 9.4 zu sehen ist. Deswegen sind Messstellen im Bereich Wildpoldsried Nord nur dann sinnvoll, wenn dort mehr Elektromobile eingebracht werden können als in Eufnach.

In Wolkenberg ist auf engem Raum sehr viel Fotovoltaik installiert und ist deswegen besonders gut geeignet zur Untersuchung von schnellen Spannungsänderungen, die zum Beispiel durch ein Gewitter verursacht werden können.