

Diplomarbeit

**Modellierung von Einspeiseprofilen der
Photovoltaik als Eingangsgröße für
Netzberechnungen**

Michael Schedler



Zusammenfassung

Ziele der Diplomarbeit

Ziel der Diplomarbeit ist es die Einflussgrößen, die für den Ertrag von Photovoltaikanlagen maßgeblich sind, zu ermitteln. Des Weiteren soll mit einem geeigneten Simulationsprogramm Tageszeitreihen von Einspeiseleistungen der Photovoltaik erzeugt werden und diese in eine geeignete, der weiteren Netzplanung zweckmäßigen Clustering eingestuft werden. In einem weiteren Schritt soll die im Rahmen des Verbundprojektes IRENE erhobenen Solarpotentialdaten aufbereitet und als Referenzgröße für Summenprofile für das Untersuchungsgebiet Wildpoldsried sowie des relevanten Abschnitts des 20 kV Mittelspannungsringes herangezogen werden.

Hierbei werden mehrere Ausbauszenarien betrachtet. Die generierten Jahresprofile werden so aufbereitet, dass sie zur Verwendung im Netzberechnungsprogramm PSS[®]Sincal Verwendung finden und weiterführenden Arbeiten als Eingangsgröße dienen werden. Abschließend ist, der für die Netzplanung maßgebliche Gleichzeitigkeitsfaktor in Abhängigkeit der PV-Anlagenzahl, soweit möglich, experimentell zu ermitteln.

Vorgehensweise und Ergebnisse der Diplomarbeit

Um diese Ziele zu erreichen wird zunächst die Entwicklung der PV im Allgemeinen, sowie jene im Versorgungsgebiet der AÜW GmbH untersucht, um einen ersten Anhaltspunkt für maßgebliche Einflussfaktoren zu gewinnen. Ferner wird über einen Auszug der technischen Anschlussbedingungen der Rahmen dieser enger bestimmt. Eine Betrachtung der physikalischen Gesetzmäßigkeiten schließt jene Untersuchung ab.

Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse werden für die Lastgangmodellierung in einem geeigneten Softwarepaket herangezogen. Durch Analyse der Simulationsergebnisse und weiterer ergänzender Betrachtungen sind entsprechend aussagekräftige Clusterungen der Einspeisepprofile gefunden worden.

Diese können, bereichert durch die Datenerhebung der Solarpotentialanalyse, über eine selbst erstellte Softwarelösung zusammengefasst und dem zu untersuchenden Netzgebieten bzw. Spannungsebenen zugeordnet werden. Eine Aufbereitung der Daten für den späteren Gebrauch im Netzberechnungsprogramm PSS[®]Sincal stellt ein wichtiges Ergebnis der vorliegenden Arbeit dar.

Des Weiteren kann durch eine Erweiterung dieser Softwarelösung und unter Berücksichtigung des Anlagenbestands der Faktor der Gleichzeitigkeit (in Bezug zur P_{STC} Leistung) ab einer Anlagenzahl von 200 zwischen 0,73 und 0,76 bestimmt werden. Um Missverständnisse zu vermeiden und die bestehenden Unterschiede deutlich hervorzuheben wird der Wert der Gleichzeitigkeit (in Bezug zum Maximum der Einspeiseleistung P_{max}) ebenfalls dargestellt.

Inhaltsverzeichnis

Sperrvermerk	I
Zusammenfassung	II
Danksagung	IV
Abbildungsverzeichnis.....	VIII
Tabellenverzeichnis	X
Abkürzungsverzeichnis	XI
Symbolverzeichnis	XII
1.Einleitung	1
2. Entwicklung der Photovoltaik	3
2.1 Entwicklung im Netzgebiet der AÜW GmbH.....	4
2.2 Entwicklung der Photovoltaik im Untersuchungsgebiet Wildpoldsried	6
3. Technische Anschlussbedingungen von EEG Anlagen	8
3.1 Gesetzlicher Rahmen	8
3.2 Photovoltaikanlagen am Niederspannungsnetz	8
3.2.1 Schaltbedingte Spannungsanhebung.....	9
3.3 Photovoltaikanlagen am Mittelspannungsnetz	10
3.3.1 Schnelle Spannungsänderungen	10
3.4 Dynamische Netzstützung von Photovoltaikanlagen.....	10
3.4.1 Blindleistungsbereich von Anlagen im Mittelspannungsnetz	11
4. Theoretische Grundlagen.....	12
4.1 Funktionsweise Solarer Energiegewinnung	12

4.2 Aufbau einer Photovoltaikanlage	13
4.3 Sonnengang.....	14
4.4 Globalstrahlung	17
4.5 Weitere Einflussfaktoren	19
4.5.1 Temperatur.....	19
4.5.2 Reflexionen / Albedo	20
5. Erstellung von Einspeiseprofilen.....	22
5.1 Verwendete Software.....	22
5.2 Modellierung der Einspeiseprofile	22
5.2.1 Methodik der Zeitreihenerstellung.....	23
5.2.2 Vereinfachungen und Grenzen des verwendeten Modells.....	25
5.3 Darstellung und Erläuterung der Simulationsergebnisse.....	26
5.3.1 Neigungseinfluss.....	26
5.3.2 Ausrichtungseinfluss.....	28
5.3.3 Kombinierte Betrachtung.....	29
5.4 Klassifizierung der Ergebnisse	31
5.4.1 Klassifizierung der Neigung	31
5.4.2 Klassifizierung der Ausrichtung	33
5.4.3 Clusterung der Profile.....	34
6. Erzeugung von Summenprofilen für Netzberechnungen.....	35
6.1 Untersuchungsgebiet	35
6.1.1 Wildpoldsried und Eufnach	35
6.1.2 20kV Ring.....	37
6.2 Datengrundlage.....	38
6.2.1 Vereinbarungen und Einschränkungen	38
6.2.2 Fehler- und Toleranzgrenzen	40

6.3 Vergleich der Potentiale mit dem Anlagenbestand	43
6.3.1 Übersicht über alle Eignungsflächen	44
6.3.2 Übersicht über den Anlagenbestand	47
6.3.3 Vergleich der ermittelten Potentiale mit dem Bestand	49
6.4 Methodik der Summenprofilerstellung	49
6.5 Ausbauszenarien	52
6.5.1 Das „100%“ Szenario	53
6.5.2 Das „Wirtschaftlichkeit“ Szenario	54
6.5.3 Das „Bestand“ Szenario	55
6.6 Verifizierung der Profile	58
7. Untersuchungen der Gleichzeitigkeit.....	62
7.1 Betrachtung in Relation zu P_{STC}.....	63
7.1.1 Einflüsse verschiedener Siedlungskategorien.....	65
7.1.2 Erläuterung und Darstellung der Ergebnisse	65
7.2 Betrachtung in Relation zu P_{max}	67
8. Übertragung der Ergebnisse auf die Netzberechnung	69
9. Zusammenfassung und Ausblick.....	70
Quellenverzeichnis	71
Anhang	75
A.1. Ortsnetze der Modellregion und div. Diagramme	75
A.2. Clusterung der Profile	82
A.3. Auszug aus den Solarpotentialdaten	83
B.1. VBA Code zur Profilerstellung (Auszug).....	84
Erklärung	86
Ermächtigung	86