

## **Nachhaltige Netzplanung in der Niederspannungsebene unter Berücksichtigung hochaufgelöster Zeitreihen**

**Marcus Bunk**

Tag der mündlichen Prüfung: 21.09.2015

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel

2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch

3. Prüfer: Dr.-Ing. Harald Waitschat

Vorsitzende: Prof. Dr.-Ing. Regine Mallwitz

Die Anforderungen an die elektrischen Verteilungsnetze sind im Zuge der Energiewende und den damit einhergehenden Veränderungen der politischen und technologischen Rahmenbedingungen stetig gestiegen. Ein nachhaltiger sowie umweltschonender Umgang mit den vorhandenen Ressourcen stellt die Prämisse des zukünftigen Handelns in der Energieversorgung dar und bildet die Grundlage dieser Arbeit.

Ausgehend von der These, dass zukünftig vermehrt Wärmepumpen- und Photovoltaikanlagen Einzug in Neubauvorhaben halten werden, zeigt die erstmalige Anwendung der Annuitätenmethode in Verbindung mit Photovoltaik-Eigenverbrauchs-kennlinien das Potenzial dieser kombinierten Technologien auf. Die zu Grunde gelegten Annahmen konnten im Rahmen einer Messkampagne an einem Referenzhaushalt validiert werden. So kann der Eigenverbrauch von ausschließlich elektrisch versorgten Haushalten im Gegensatz zu konventionellen Haushalten um bis zu 12 Prozentpunkte gesteigert werden.

Der bidirektionale Energiefluss in den Verteilungsnetzen beeinflusst zunehmend den sicheren Netzbetrieb. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, ist ein Paradigmenwechsel bei der derzeitigen Netzplanungspraxis erforderlich. Aufbauend auf den durchgeführten Messungen werden Modelle zur Abbildung der Netzbelastung konventioneller Haushalte, Wärmepumpen- und Photovoltaikanlagen entwickelt. Die resultierenden synthetischen Zeitreihen in einminütiger Auflösung bilden die Grundlage weiterführender Untersuchungen bzgl. künftiger Netzlastanteile derartiger Haushalte. Im Ergebnis liegen angepasste Netzlastanteile für konventionelle Verbraucher sowie erstmalig für neue Technologien kombiniert vor. Diese Belastungsannahmen weisen einen hohen Praxisbezug auf und fließen in ein vereinfachtes Netzberechnungsverfahren ein.

Detailliertere Untersuchungen zur nachhaltigen Netzauslegung sind zudem unter Anwendung mehrerer entwickelter Skripte möglich. Die vorliegenden Werkzeuge ermöglichen eine automatisierte Lastflussberechnung, Ergebnisauswertung sowie Blindleistungsregelung für netzgekoppelte Photovoltaikanlagen.

Die Validierung der Skripte erfolgte anhand zweier realer Niederspannungsnetze. Es zeigte sich hierbei ein deutlich höherer Spannungsanstieg in ländlichen Netzgebieten im Vergleich zu vorstädtischen Bereichen. Durch Umsetzung der geltenden Anwendungsregel VDE-AR-N 4105 kann der Anstieg in beiden Netzgebieten durch eine wirkleistungsabhängige Vorgabe des Verschiebungsfaktors begrenzt werden.

Mit den entwickelten Modellen und Werkzeugen sind Szenarioanalysen neuer Technologien denkbar, die eine nachhaltige Niederspannungsnetzplanung ermöglichen und somit einen Beitrag zur Reduzierung des ansonsten notwendigen Netzausbaus leisten.

## **Abstract**

In course of the German energy turnaround (“Energiewende”) the requirements on electrical distribution networks have increased steadily due to changing technological and political conditions. A sustainable use of resources is implied for future action in the energy sector and forms the basis for this research.

Distributed power generation plants like PV systems as well as heat pumps are increasingly finding their way into future households. The potential of this aggregation of technologies is demonstrated by applying the annuity method in combination with self-consumption characteristics of PV. Measurements in a reference household proved the underlying assumptions. In comparison to conventional households, self-consumption of completely electrical powered households can be increased.

Furthermore, electrical powered homes lead to a change in future network loads. This statement is validated by power measurements in the reference household. The energy consumption of an average household increases as soon as a heat pump is integrated.

The bidirectional flow of energy in distribution networks affects their safe operation progressively. The current practice of network planning needs to be modified in order to meet these upcoming challenges. Simulation models, which represent network loads of households, heat pumps and PV systems, have been generated based on the completed measurements. Including the created synthetic profiles with a resolution of one minute, further analyses concerning future network loads of these households have been conducted. As a result, adjusted components of network loads have been developed for conventional consumers as well as for new technologies. These load assumptions imply a high practical relevance and have been used for a simplified method of network calculation.

More detailed examinations for sustainable network planning have been possible by using the designed tools. They enable an automated load flow calculation and result analysis as well as controlling reactive power of grid connected PV systems. Thus,

scenario analyses can be used in future studies in order to examine the impact of new technologies which support the reduction of grid expansion.

The developed scripts have been validated by using two low-voltage networks. It turns out that the voltage descent is particularly high in rural network areas network.

The voltage rise can be limited by adjusting the displacement factor.

With the completion of this work, a sustainable planning of low-voltage networks is possible and helps to reduce an otherwise required grid extension.