Zeitschrift: Rheinfelder Neujahrsblätter

Herausgeber: Rheinfelder Neujahrsblatt-Kommission

Band: 74 (2018)

Artikel: Die Stromversorgung auf dem Weg in die Zukunft : das Projekt VEiN - Verteilte Einspeisung in Niederspannungsnetze

Autor: Mauchle, Peter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-894758

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 06.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die Stromversorgung auf dem Weg in die Zukunft

Das Projekt VEiN – Verteilte Einspeisung in Niederspannungsnetze

Peter Mauchle

Im Niederspannungsnetz der Stromversorgung ab der Trafostation TS Kreuzmatt in Rheinfelden läuft seit dem Jahre 2010 das Projekt VEiN, das von der AEW Energie AG, von anderen mittleren und grossen Verteilnetzbetreibern der Schweiz sowie vom Bundesamt für Energie getragen wird. Über das Projekt VEiN wurde bereits in den Rheinfelder Neujahrsblätter 2011 und 2015 berichtet.

Im Beitrag des Jahres 2011 wurde auf den Beweggrund für das Projekt eingegangen und die Aufgabenstellung erläutert. Die Zielsetzung des Projektes war und ist es immer noch, die Auswirkungen der vermehrten dezentralen Einspeisung – Wind, Sonne, Heizkraftwerk, Speicher – auf den Betrieb und die Qualität der Stromversorgung zu untersuchen. Zudem soll das Projekt auch aufzeigen, wie die Verteilnetzbetreiber mit der Herausforderung der vermehrten dezentralen Einspeisung umgehen müssen, um den Stromkonsumenten weiterhin eine zuverlässige Stromversorgung anbieten zu können. Beim Projektstart vor sieben Jahren wurde die vermehrte dezentrale Einspeisung ab Photovoltaik-Anlagen noch als Prämisse gesetzt. Mittlerweile hat die Realität diese Projektvorgabe eingeholt und die Verteilnetzbetreiber sind bereits mit den Herausforderungen durch die vermehrte dezentrale Einspeisung mit einer Vielzahl von Anlagen konfrontiert.

Im Jahre 2015 wurden die für das Projekt VEiN installierten dezentralen Anlagen in den Neujahrsblättern erläutert und erste Erkenntnisse aus dem Projekt aufgezeigt. Die damals in VEiN installierten dezentralen Einspeisungen sind auch heute noch in Betrieb und tragen zur elektrischen Energieversorgung in Rheinfelden bei. Die maximale Verbrauchsleistung im Niederspannungsnetz ab der TS Kreuzmatt beträgt ca. 600 kW, was ca. 200 Kochstellen entspricht. An sonnigen Tagen im Sommerhalbjahr kann rund ein Viertel davon mit den fünf im VEiN-Netz installierten Photovoltaik-Anlagen gedeckt werden. Im Winterhalbjahr ist die Produktion der PV-Anlagen geringer. Die dezentrale Einspeisung nimmt dann jedoch nicht zwingend ab, da bei

vorhandenem Wärmebedarf die beiden im VEiN-Netz installierten Blockheizkraftwerke auch ca. einen Fünftel des maximalen Strombedarfs liefern können. Zudem ist es möglich, ab den drei im Netz installierten elektrischen Speichern, falls erforderlich, weitere 10% des maximalen Strombedarfs zu beziehen. Die Speicher haben auch die Fähigkeit, bei Überproduktion wie ein Verbraucher zu wirken, d.h. die überschüssige elektrische Energie aufzunehmen und zu speichern.

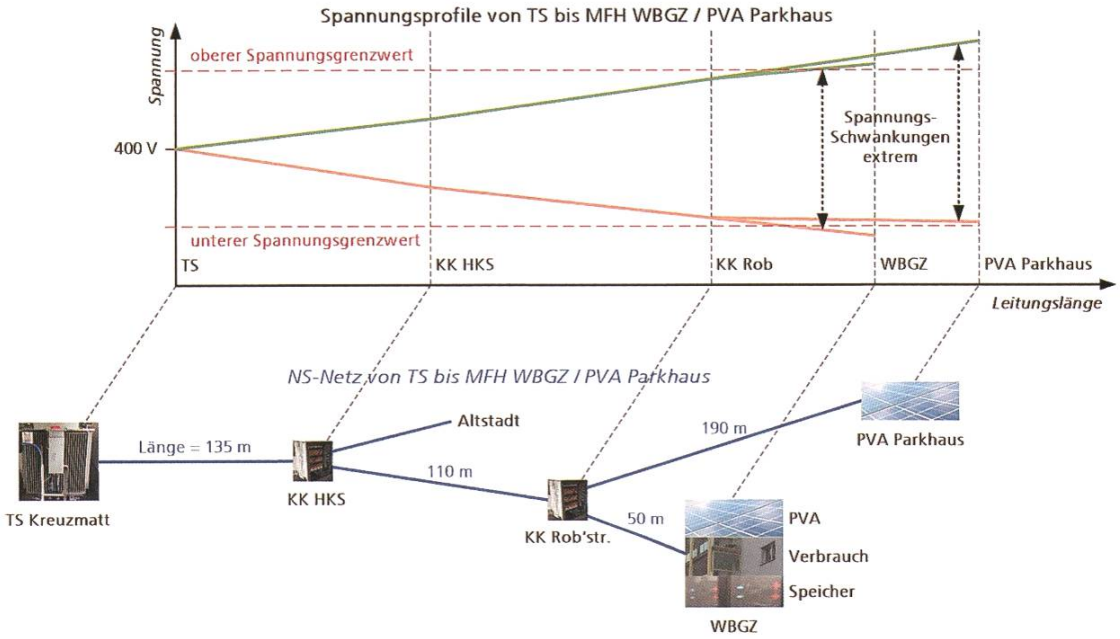
In den letzten drei Jahren wurden mehrere Tests im VEiN-Netz durchgeführt. Mit diesen Tests konnten die Fragen der Aufgabenstellung beantwortet und die Empfehlungen an die Verteilnetzbetreiber für den Umgang mit der vermehrten dezentralen Einspeisung ausgearbeitet werden. Das Projekt VEiN wird per Ende 2017 abgeschlossen. Die Anlagen werden jedoch nicht demontiert, sondern gehen an den Verteilnetzbetreiber AEW Energie AG über, womit weiterhin ein Anteil der Energieversorgung in Rheinfelden aus lokalen Anlagen erfolgen wird.

Die Herausforderungen für die Verteilnetzbetreiber

Wo liegen nun bei der vermehrten dezentralen Einspeisung die Herausforderungen für die Verteilnetzbetreiber? Ihre Aufgabe besteht darin, eine zuverlässige Stromversorgung zu gewährleisten, die der Norm entspricht. Darin ist unter anderem enthalten, dass die oberen und unteren Spannungsgrenzwerte nicht über-, resp. unterschritten werden dürfen, um die angeschlossenen Geräte der Stromkonsumenten nicht zu beschädigen. In diesem Zusammenhang kann festgehalten werden, dass während der mehrjährigen Projektdauer von VEiN die Norm immer eingehalten wurde und dass auch bei Tests mit ausserordentlichen Betriebszuständen dank vorausschauender Planung keine Grenzwertüberschreitungen aufgetreten sind.

Der Bezug von Strom durch die Verbraucher bewirkt, dass die Spannung an den Anschlusspunkten auf der Leitung im Verteilnetz mit zunehmender Entfernung von der Transformatorstation abnimmt. Die bisherige Aufgabe der Verteilnetzbetreiber bestand darin, dafür zu sorgen, dass auch an den weitest entfernten Orten von der Trafostation der untere Grenzwert der Spannung nicht unterschritten wurde. Mit betrieblichen Massnahmen und – falls erforderlich – mit Leitungsverstärkungen konnte dies der Verteilnetzbetreiber gewährleisten. Mit der dezentralen Einspeisung, wie z.B. ab PV-Anlagen mit nahe beieinanderliegenden Netzanschlusspunkten, ändert sich das Verhalten der Spannung im Netz grundsätzlich. Die Spannung an einem zur

Trafostation deutlich entfernten Ort steigt an und fällt dann bis auf das Spannungsniveau des Transformers ab. Für den Verteilnetzbetreiber heisst dies, dass er nicht nur zu tiefe, sondern neu auch zu hohe Spannungen, die ausserhalb der Grenzwerte liegen, vermeiden muss.



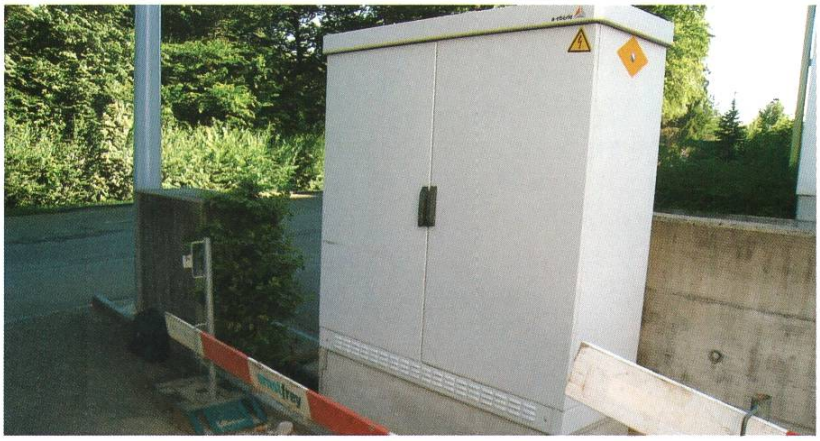
Spannungsabläufe mit und ohne PU-Einspeisung
Prinzipielle Darstellung der extremen Spannungsverläufe (Spannungsprofile) bei grossem Verbrauch (oranger Spannungsverlauf) und bei starker dezentraler Einspeisung (grüner Spannungsverlauf) entlang der Niederspannungs-Leitung von der Trafostation bis zum MFH WBGZ und der PV-Anlage Parkhaus Kurzentrum. Dabei ist zu erkennen, dass die möglichen Spannungsschwankungen der beiden PV-Anlagen unterschiedlich sind.

Im VEiN-Netz besteht ein solcher Ort mit konzentrierter Einspeisung von PV-Anlagen bei der Kabelkabine (KK) Roberstenstrasse. An diese Kabelkabine sind zwei leistungsstarke PV-Anlagen angeschlossen, die sich auf dem Dach des Parkhauses Kurzentrum und auf dem Dach des Mehrfamilienhauses der Wohnbaugenossenschaft Zähringer (MFH WBGZ) befinden. Die Stromversorgung für die Verbraucher im Mehrfamilienhaus erfolgt ebenfalls ab der KK Roberstenstrasse. Da die Einspeisung ab den PV-Anlagen Schwankungen unterliegt, vor allem bei lockerer Bewölkung, kann mittags innerhalb von Minuten ein Wechsel von der maximalen Einspeisung zum maximalen Verbrauch erfolgen. Dieser Wechsel verursacht starke Schwankungen bei der Spannung zwischen den Extremwerten. Solche Situationen muss der Verteilnetzbetreiber zukünftig vermehrt beherrschen. Dabei ist es offensichtlich, dass dies nicht über

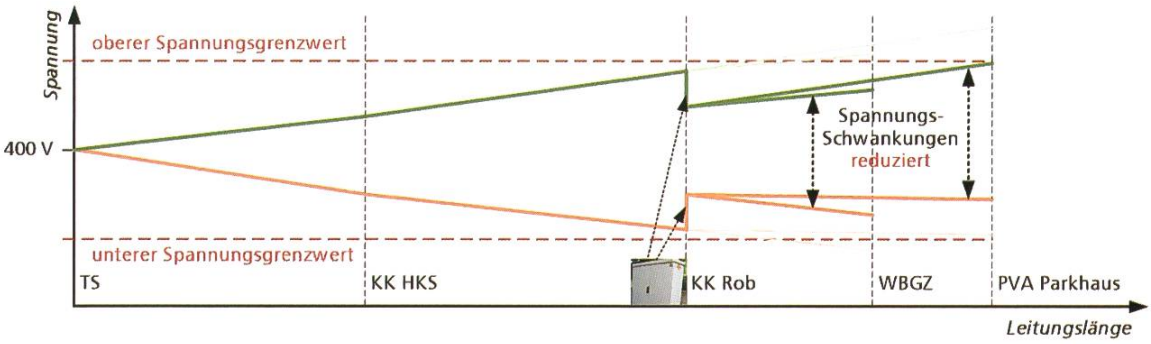
einen manuellen Betrieb, sondern mit geeigneten Netzelementen und den entsprechenden automatisierten Steuerungen erfolgen muss.

Längsregler zur Spannungsstabilisierung

Ein mögliches Netzelement zur Reduktion der Spannungsschwankungen ist ein besonderer Transformator, im Fachjargon Längsregler genannt. Dieser schaltet abhängig von Messwerten einzelne Spannungsstufen zu oder weg, so dass die durch die volatile Einspeisung und den Verbrauch verursachten Spannungsschwankungen im Niederspannungsnetz reduziert werden. Im VEiN-Netz war ein Längsregler von Juli bis September 2016 bei der KK Roberstenstrasse im Einsatz. Der Längsregler erwies sich dabei als zuverlässiges Netzelement, das die Aufgabe der Spannungsstabilisierung erfüllte. Die Platzierung des Längsreglers bei der KK Roberstenstrasse war gut möglich, da dort ausreichend Platz vorhanden ist. Dies ist nicht immer der Fall, so dass weitere Netzelemente zur Reduktion der Spannungsschwankungen in Betracht gezogen werden müssen.



Platzierung des Längsreglers auf einem Betonsockel (zweitüriger Schrank) bei der KK Roberstenstrasse (links grauer Betonkasten bei Kandelaber)



Reduktion der Spannungsschwankung mit Längsregler
Auswirkungen des Längsreglers auf die extremen Spannungsverläufe und Spannungsschwankungen; Reduktion der Spannung im Leitungsverlauf ab der Platzierung bei der KK Roberstenstrasse

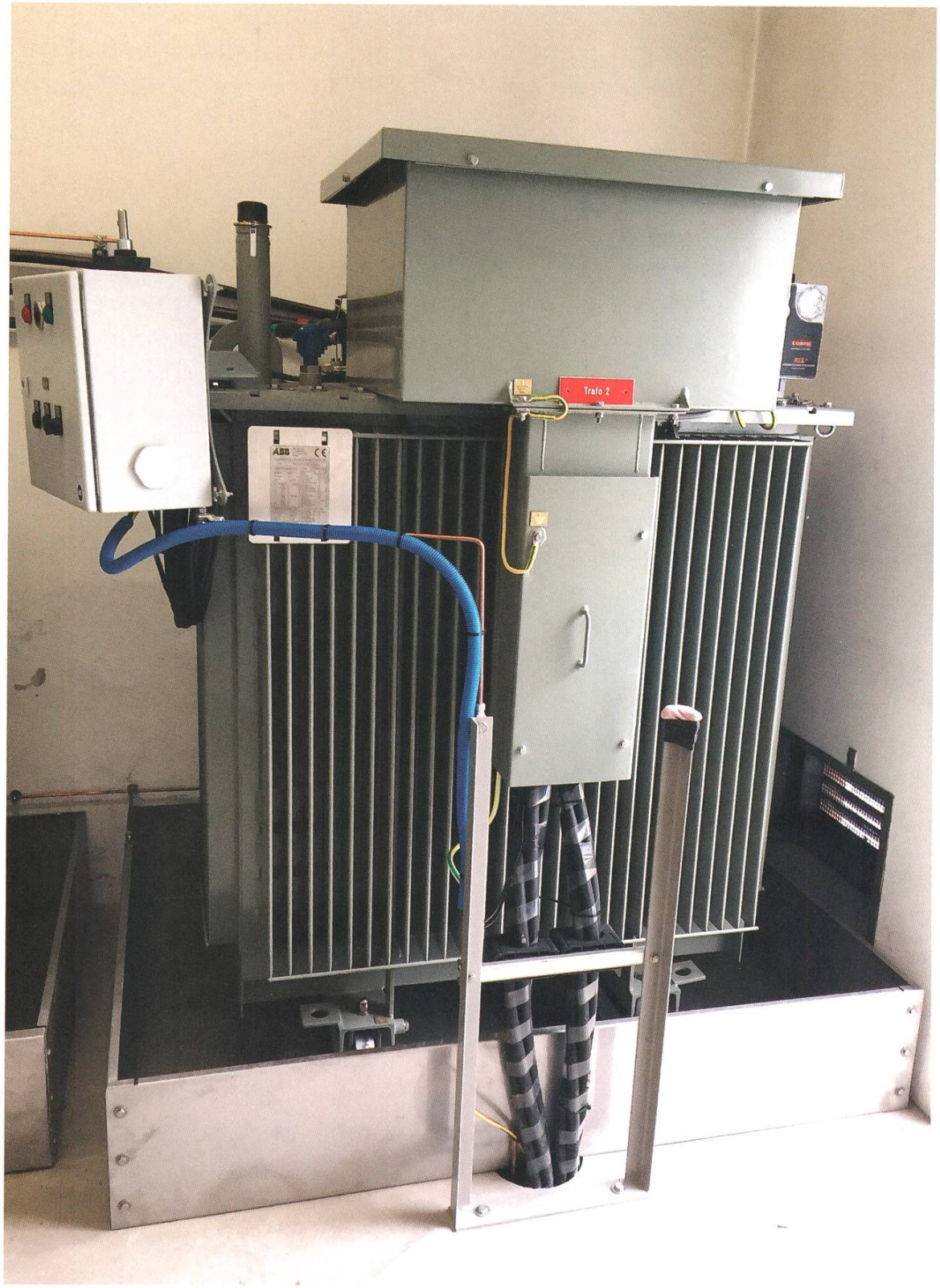
Der Längsregler reduziert ab seiner Platzierung bei der KK Roberstenstrasse die Spannungsschwankungen auf dem nachfolgenden Leitungsteil, so dass die Grenzwerte nicht mehr über- oder unterschritten werden.

Regulierender Transformator

Die Stromversorgung zu den Endverbrauchern erfolgt über mehrere elektrische Stufen. Die elektrische Spannung der Mittelspannungsnetze wird dabei in den Trafostationen umgewandelt und mit den Niederspanungsnetzen den Endverbrauchern auf dem Spannungsniveau 230/400 V für den Anschluss der Geräte der Verbraucher zur Verfügung gestellt.

Der Grossteil der Transformatoren in den Trafostationen sind konventionelle Trafos, d.h. sie weisen ein konstantes, fest eingestelltes Übersetzungsverhältnis zwischen der Mittelspannung und der Niederspannung auf. Im Verteilnetz der AEW Energie AG erfolgt diese Transformation im Verhältnis von 16'000 V zu 400 V. Der Strombezug oder die Einspeisungen durch die dezentralen Anlagen haben auf die Spannung unmittelbar bei den Trafos nur einen geringen Einfluss, jedoch einen grossen Einfluss bei weit von der Trafostation entfernten Orten im Niederspannungsnetz. Die Ausgestaltung der Transformatoren war bisher auf den Verbrauch ausgerichtet und wurde entsprechend optimiert.

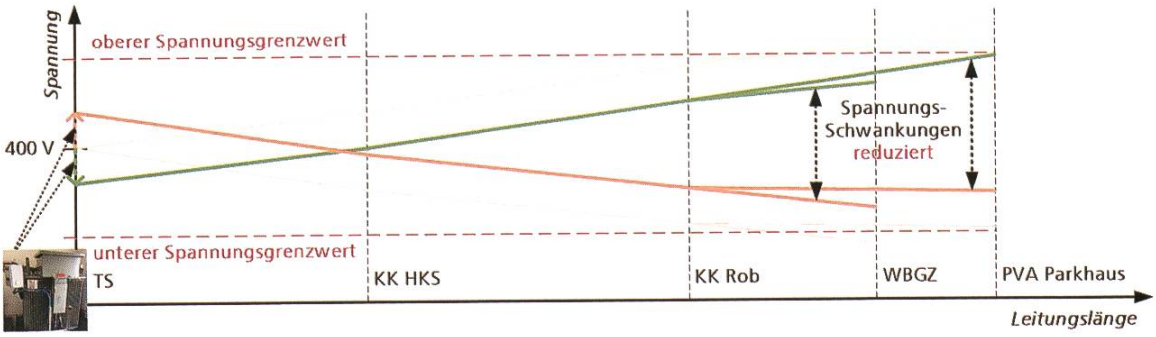
Mit den zunehmenden Spannungsschwankungen im Niederspannungsnetz, die durch die dezentralen Einspeisungen, wie z.B. den PV-Anlagen verursacht werden, entstand die Anforderung an die Trafostationen, diese Schwankungen ausgleichen zu können. Möglich wird dies mit einem Übersetzungsverhältnis, das an die jeweilige Situation angepasst werden kann. Mit einem regulierenden Transformator kann die Anforderung zur Anpassung des Übersetzungsverhältnisses während laufendem Betrieb erfüllt werden. Ermöglicht wird dies durch einen Zusatz im Trafo, der abhängig von Spannungsmesswerten aus dem Niederspannungsnetz das Übersetzungsverhältnis unter Last innerhalb von wenigen Sekunden ändern kann. Erfolgt eine grosse Einspeisung, wie z.B. an einem sonnigen Sommertag, so steigt die Spannung im Niederspannungsnetz an und der regulierende Trafo reagiert darauf mit einer Erhöhung des Übersetzungsverhältnisses, so dass die Spannung im gesamten Niederspannungsnetz reduziert wird. Bei geringer dezentraler Einspeisung und grossem Strombezug, wie z.B. an einem regnerischen Wochentag, wirkt der regulierende Trafo einer



Regulierender Trafo in der TS Kreuzmatt
(links: beiger Steuerkasten für die Regulierung, das Zusatzgerät für die Regulierung ist im Trafo integriert; oben: graue Abdeckung zur Reduktion der elektromagnetischen Felder)

Spannungsabsenkung im Netz entgegen, indem er das Übersetzungsverhältnis reduziert.

Im VEiN-Netz ist ein regulierender Trafo in der TS Kreuzmatt installiert. Im Gegensatz zum Längsregler, der temporär bei der KK Roberstenstrasse im Einsatz stand, ist der regulierende Trafo in der Trafostation von den Passanten nicht zu erkennen. Die Steuerung des regulierenden Trafos ist anspruchsvoller, als diejenige des Längsreglers. Während der Einfluss des Längsreglers auf die Spannung beim Anschlusspunkt im Niederspannungsnetz und den davon abgehenden Leitungen beschränkt ist, so wirken sich die Spannungsänderungen durch den regulierenden Trafo im Gegensatz dazu auf das gesamte ab ihm versorgte Niederspannungsnetz aus, also auch auf Netzteile ohne dezentrale Einspeisungen. Betriebserfahrungen mit dem regulierenden Trafo sind somit erforderlich, um die optimalen Einstellungen für die Spannungsregelung zu finden.



Reduktion der Spannungsschwankungen mit regulierendem Trafo
Auswirkungen des regulierenden Trafos auf die extremen Spannungsverläufe und Spannungsschwankungen; Reduktion der Spannung auf der gesamten Leitung und im gesamten Niederspannungsnetz ab dem Trafo.

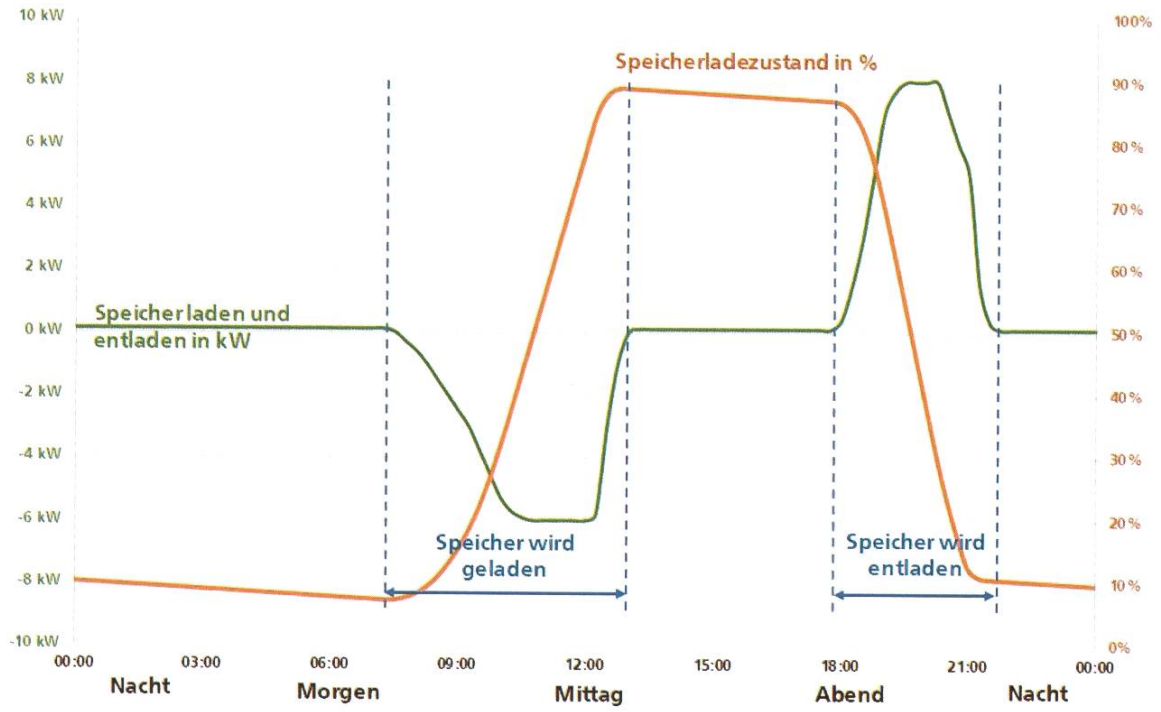
Der regulierende Trafo wirkt auf das gesamte NS-Netz und beeinflusst somit die Spannungsschwankungen auf der gesamten Leitung, so dass die Grenzwerte nicht mehr über- oder unterschritten werden.

Elektrische Speicher

Im Mehrfamilienhaus WBGZ, das elektrisch an die KK Roberstenstrasse angeschlossen ist, hat VEiN einen elektrischen Speicher installiert. Dieser Speicher ist ein weiteres Netzelement, mit dem die durch die PV-Anlagen verursachten Spannungsschwankungen reduziert werden können. Erfolgt eine grosse Stromproduktion mit den beiden unmittelbar in der Nähe installierten PV-Anlagen auf dem Dach

des Mehrfamilienhauses und auf dem Dach des Parkhauses Kurzentrum, so wird der Speicher geladen. Die Folge davon ist, dass die resultierende Einspeisung ins Niederspannungsnetz verringert wird und somit auch die Spannung am gemeinsamen Einspeisepunkt, dem KK Roberstenstrasse weniger stark ansteigt. In der Nacht liefert der Speicher einen Anteil am Verbrauch des Mehrfamilienhauses, wobei er wieder entladen wird. Dies bewirkt, dass weniger Strom aus dem Niederspannungsnetz bezogen und somit auch die Spannung im Netz am Anschlusspunkt weniger stark reduziert wird.

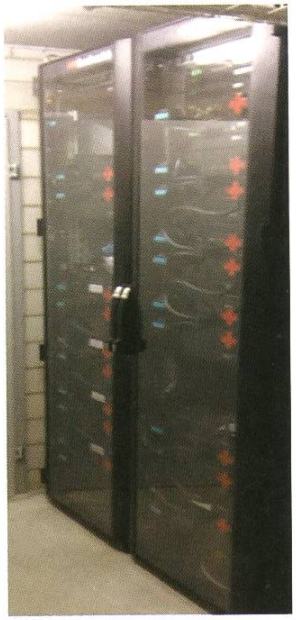
Zusätzlich zur Möglichkeit der Speicher, elektrische Energie einzulagern und wieder abzugeben, verfügen die Speicher auch über die Fähigkeit mittels der Aufnahme oder Abgabe von Blindleistung die Spannung am Anschlusspunkt zu beeinflussen, ohne dabei von der Speicherkapazität der Batterien abhängig zu sein.



Bewirtschaftung des elektrischen Speichers im MFH WBGZ mit
- Laden vormittags bei PV-Einspeisung
- Entladen abends entsprechend Verbrauch

Betrieb von BHKW zur Stützung der Spannung

Mit dem regulierenden Transformator, dem Längsregler und dem elektrischen Speicher können die Spannungsschwankungen, die durch die dezentralen Einspeisungen erzeugt werden, reduziert werden.
Bei sehr grossem Verbrauch kann es für einen Verteilnetzbetreiber



Batterieschränke des elektrischen Speichers im Mehrfamilienhaus der Wohnbaugenossenschaft Zähringer

von Interesse sein, wenn er in seinem Netz über dezentrale Einspeisungen verfügt, wie z.B. Blockheizkraftwerke, die er bei Bedarf einsetzen kann, um einen Teil des elektrischen Verbrauchs mit einer lokalen Produktion abdecken zu können. Dadurch kann die Spannung im Niederspannungsnetz gestützt werden. Blockheizkraftwerke werden üblicherweise wärmegeführt betrieben. Dabei produzieren die BHKW Wärme und Strom nur dann, wenn die Wärme genutzt werden kann, um zu gewährleisten, dass die eingesetzte Primärenergie Gas mit einem maximalen Wirkungsgrad verbraucht wird. Die Voraussetzung für den Betrieb der beiden BHKW, die im Schulhaus Robersten und im Alters- und Pflegeheim (APH) Lindenstrasse in VEiN installiert sind, ist somit gegeben, wenn ein Wärmebedarf des Wärmeverbundes Rheinfelden Ost besteht oder wenn der Wärmespeicher im APH geladen werden muss. Besteht im VEiN-Netz die Anforderung zur Stützung der Spannung, so können die beiden BHKW ab dem Leitsystem gestartet werden, vorausgesetzt die Wärme kann in den Wärmeverbund abgegeben oder im Wärmespeicher eingelagert werden.

Miteinbezug von Prognosen für den optimalen Betrieb

Der Einsatz der Netzelemente soll massvoll erfolgen. So soll nicht unmittelbar auf jede leichte Spannungserhöhung im VEiN-Netz mit einer Gegenmassnahme reagiert werden, da dies den sogenannten Flickerpegel, eine weitere Grösse der Spannungsqualität, im Niederspannungsnetz erhöht. Ein hoher Flickerpegel ist optisch als flackerndes Licht wahrnehmbar. Für einen massvollen Einsatz der Netzele-

Blockheizkraftwerk (BHKW) in der Heizzentrale Alters- und Pflegeheim Lindenstrasse (links) mit Wärmespeicher (rechts hinten)

mente spricht auch die nach wie vor von diesen technischen Anlagen erwartete lange Lebensdauer. So ist die Schalteinheit des regulierenden Trafos wohl für mehrere Hunderttausend Schaltungen ausgelegt. Von einem Trafo wird jedoch eine wartungsfreie Lebensdauer von 30 bis 40 Jahre erwartet, womit eine Schaltung jede Stunde schon an der oberen Grenze läge. Auch die Anzahl der Schaltungen des Längsreglers sind begrenzt und die Lade- und Entladezyklen der Batterien des elektrischen Speichers sowieso. Zur Vermeidung von unnötigen Schalthandlungen der Netzelemente müssen Prognosen über den Verbrauch und die dezentralen Einspeisungen beigezogen werden.

Verbrauchsprognosen können basierend auf den historischen Messdaten erstellt werden. So können an den einzelnen Messstellen im VEiN-Netz die Muster für das Verbrauchsverhalten einzelner Teilnetze im Tagesverlauf und auch die Unterschiede zwischen Werktagen und Sonntagen erkannt werden. Schwieriger ist es mit den von der Witterung abhängigen Prognosen für die Produktion der PV-Anlagen. So kann für zuverlässige Wetterprognosen nicht auf historische Daten zurückgegriffen werden und bekanntlich schert sich das Wetter auch nicht um die Wochentage. In Zusammenarbeit mit dem Projekt VEiN hat die Fachhochschule Nordwestschweiz in Olten einen theoretischen

Ansatz für eine lokale Wetterprognose entwickelt, der es ermöglicht, eine Kurzzeitprognose für die Entwicklung der Bewölkung in einem kleinräumigen Gebiet mit PV-Anlagen zu erstellen. Diese lokale Kurzzeitwetterprognose basiert auf den Produktionsdaten von PV-Anlagen in benachbarten Gebieten. Mit Hilfe dieser Kurzzeitprognosen für die unmittelbare Entwicklung der Bewölkung wird es möglich sein, den Netzelementen die Information zu liefern, ob eine Spannungsänderung von längerer Dauer ist oder nicht. Damit kann eine Abschätzung erfolgen, ob eine Schalthandlung erforderlich ist oder ob nur eine kleine Wolke die Sonneneinstrahlung verringert, so dass keine Schalthandlung durchgeführt werden muss. In den Steuerungen der Netzelemente zur Spannungsstabilisierung von VEiN sind die Prognosen noch nicht enthalten. Bei den weiterführenden Aktivitäten im Nachfolgeprojekt von VEiN soll diese Thematik weiterverfolgt werden.

Erkenntnisse aus VEiN und Einsatz der Netzelemente in der Zukunft

Wie bereits erwähnt wird das Projekt VEiN per Ende 2017 abgeschlossen. Mit dem Projekt konnte aufgezeigt werden, dass die Spannungsqualität im Niederspannungsnetz auch bei vermehrter dezentraler Einspeisung die Grenzwerte der Norm nicht überschreitet. Der Verteilnetzbetreiber muss jedoch dafür besorgt sein, die zusammen mit der vermehrten dezentralen Einspeisung auftretenden Spannungsschwankungen mit geeigneten Massnahmen in den Griff zu bekommen.

Im Projekt VEiN wurden mehrere Möglichkeiten aufgezeigt und getestet, wie ein Verteilnetzbetreiber auf die Herausforderung der Spannungsschwankungen reagieren kann. Mit dem regulierenden Trafo, dem Längsregler, den elektrischen Speichern und den Blockheizkraftwerken stehen dem Verteilnetzbetreiber die dafür erforderlichen Netzelemente zur Verfügung. Welches dieser Netzelemente für die Reduktion der Spannungsschwankungen am besten geeignet ist, muss auf die jeweilige Situation der dezentralen Einspeisungen und des Niederspannungsnetzes abgestimmt werden.

Auch wenn das Projekt VEiN per Ende 2017 abgeschlossen wird, bleiben im Niederspannungsnetz ab der TS Kreuzmatt in Rheinfelden die dezentralen Eisspeisungen und die für den Verteilnetzbetreiber erforderlichen Netzelemente bestehen. Bezüglich des Zusammenspiels und des Einsatzes dieser Netzelemente besteht noch Optimierungspotenzial, das in den kommenden Jahren mit allfälligen Nachfolgeprojekten von VEiN genutzt werden kann.