

AUSWIRKUNGEN VON SEKTORKOPPLUNGSMÄßNAHMEN IM ZUKÜNFTIGEN INNERSTÄDTISCHEN NIEDERSPANNUNGSNETZ

Sascha Birk(*)¹, Christian Brosig¹, Eberhard Waffenschmidt¹

Inhalt

In dieser Arbeit wird untersucht, welche Auswirkungen Photovoltaik(PV)-Speicher-Systeme, batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) und Wärmepumpen (WP) auf Niederspannungsnetze haben. Dabei liegt der Fokus auf deren Auswirkungen auf die Netzelemente und -stabilität, sowie auf deren Wechselwirkungen untereinander. Es wird eine Lastflussanalyse in einem realen Netzgebiet der Rheinischen Netzgesellschaft mbH auf Grundlage von zugehörigen real gemessenen Lastprofilen vom 01.01.2017 bis zum 14.07.2017 durchgeführt und mit Zukunftsszenarien zu den einzelnen Technologien, sowie deren Kombinationen verglichen. Bei dem betrachteten Netzgebiet handelt es sich um ein städtisches Netz mit 4 strahlenförmigen Netzsträngen und insgesamt 29 Mehrfamilienhäusern, sowie einem öffentlichen Gebäude.

Methodik

Zunächst werden die Grundlasten der Häuser bestimmt, indem die an jedem Strang gemessenen Lastverläufe durch die Anzahl der angeschlossenen Haushalte geteilt werden. Diese Lastprofile dienen als Grundlage für einen in Python programmierten Lastprofilgenerator. Dieser weist einzelnen Haushalten unter Berücksichtigung einer Zufallskomponente und einem übergeordneten Durchdringungsgrad die oben genannten Technologien zu und bildet daraus ein resultierendes Lastprofil (siehe auch Illustration in Bild1). Die resultierenden Szenarien und ihre Auswirkungen auf das Netz werden mittels PyPSA, einer Python Bibliothek zur Energiesystem-Analyse, simuliert und analysiert.

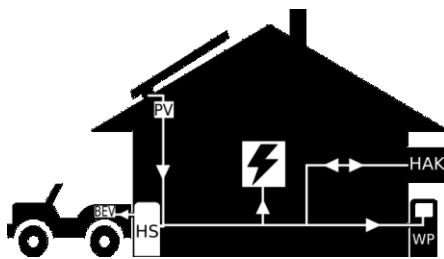


Bild 1: Untersuchte Technologien.

Für die Wärmepumpe wird ein Wärmelastprofil auf Basis des BDEW Leitfadens „Abwicklung von Standardlastprofilen Gas“ erstellt. Es werden eine teillastfähige Luftwärmepumpen ohne Wärmespeicher eingesetzt. Das PV-Erzeugungsprofil basiert auf gemittelten Daten der Firma SMA aus dem Gebiet. Für jedes Mehrfamilienhaus wird eine PV-Anlage mit 8,7 kWp angenommen. Der elektrische Heimspeicher (HS), welcher ausschließlich bei einer vorhandenen PV-Anlage zugeordnet wird, verfügt über wahlweise 8,7 kWh oder 13,05 kWh. Für die batterieelektrischen Fahrzeuge wird ein Verbrauch von 16 kWh/100 km angenommen bei einer täglichen Fahrstrecke zwischen 25 und 93 km.

Ergebnisse

Betrachtet werden der Spannungsabfall über der Leitung, gemessen am Ende der längsten Leitung im Netz, die Auslastung der Leitungen, sowie die Auslastung des Transformators. Im Basisszenario fällt die Spannung maximal auf 0,97 pu über der Leitung ab, wobei die Leitungsauslastung bei 37 % liegt. Um die Ergebnisse für unterschiedlich ausgelegte Transformatoren vergleichbar zu machen, werden die Auslastungen des Transformators zu seiner maximalen Auslastung im Basisszenario

1 Technische Hochschule Köln, Betzdorfer Straße 2, 50679 Köln, +49 221 8275 2193, sascha.birk@th-koeln.de, christian.brosig@th-koeln.de, eberhard.waffenschmidt@th-koeln.de, <https://www.th-koeln.de/>

(Basisauslastung genannt) ins Verhältnis gesetzt. Für einen exemplarischen 500 kVA Transformator beträgt diese 43,5 %, für einen 250 kVA Transformator 87 %.

Zunächst sind die saisonalen Unterschiede der Technologien hervorzuheben. In den Wintermonaten sorgt die Wärmepumpe bereits bei 90%iger Durchdringung für Überlastungen von Leitungen und Transformator. Die Photovoltaik, isoliert im Winter betrachtet, verringert die Leitungsauslastungen leicht um 4% gegenüber dem Basisszenario. In den Sommermonaten sind die Einflüsse der Photovoltaik durch Spannungsanhebungen auf 1,02 pu am größten – dem Ausbau der PV sind also in der Stadt eher durch die Fläche Grenzen gesetzt. In dieser Zeit ist auch die Mehrbelastung durch Wärmepumpen unkritisch.

Der Einfluss der Elektromobilität bleibt über das Jahr weitestgehend konstant. Bei 100%iger Durchdringung und 3 kW Ladeleistung erreicht der Transformator das 1,7-fache der Basisauslastung. Die Leitungsauslastung liegt bei maximal 65% und die Spannung bricht auf bis zu 0,95 pu ein. Eine Erhöhung der Ladeleistung auf 11 kW sorgt für eine 2,3-fache Auslastung des Transformators, sowie eine Leitungsauslastung von 96% und Spannungseinbrüche auf bis zu 0,92 pu.

Als netzdienlichstes Szenario stellt sich in dieser Arbeit die Kombination aus PV-Anlage, elektrischem Heimspeicher und batterieelektrischem Fahrzeug heraus. So kann die über den Tag eingespeicherte Energie zum Laden des BEV genutzt werden und damit die Lastspitze, die durch das Laden am Abend verursacht wird, durch den gesenkt. Außerdem können BEV, die bereits ab 16 Uhr zurückkehren den direkten Eigenverbrauch der PV erhöhen und damit gleichzeitig das Netz entlasten. Hier sind an sonnenreichen Tagen Minderungen der Lastspitzen von 18 bis 30 %, abhängig von der Speicherkapazität, möglich. Die maximalen Netzbelastungen, die im Betrachtungszeitraum aufgetreten sind, können jedoch nicht gesenkt werden. Dabei stellt sich heraus, dass durch das schnellere Laden mit 11 kW Ladeleistung über den Betrachtungszeitraum 1% mehr Energie aus der PV-Anlage direkt genutzt werden kann als bei 3 kW Ladeleistung.

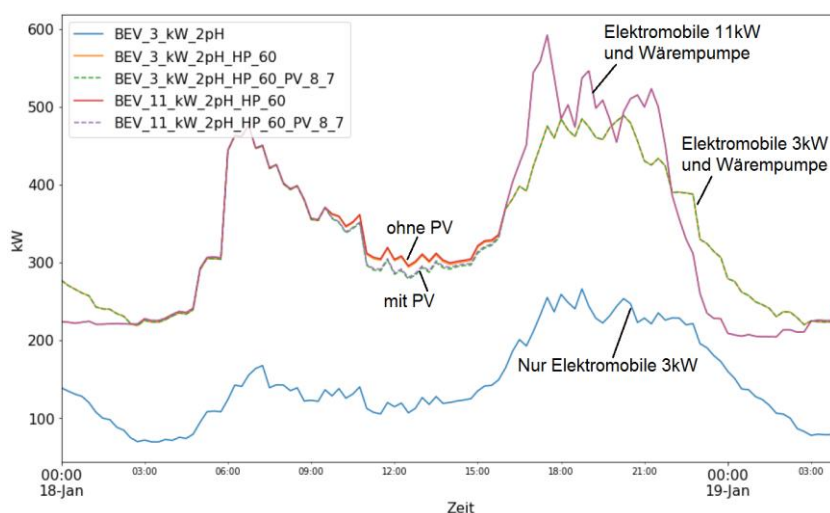


Bild 2: Lastprofile kombiniertes Szenario.

Wärmebedarf besteht, lässt sich hier keine Entlastung feststellen. Es ist aber zu beobachten, dass die Erhöhung der Last durch die Wärmepumpe bereits ohne zusätzliche Speicher eine Steigerung der direkt im Netzstrang genutzten PV-Energie um 22% mit sich bringt. Die elektrischen Speicher erhöhen diese um weitere 10% bis 13%. Bei der Kombination von Wärmepumpe und batterieelektrischem Fahrzeug fällt der Zeitraum für das Laden der Fahrzeugbatterie und die abendliche Lastspitze der Wärmepumpe zusammen (siehe Bild 2). Diese Kombination, gepaart mit der ohnehin erhöhten Grundlast am Abend, bringt eine für das Netz unvorteilhafte Laststeigerung mit sich.

Zusammenfassend konnte gezeigt werden, dass die Netzbelastung im städtischen Raum durch E-Mobilität und Photovoltaik beherrschbar bleibt, ein großflächiger Einsatz von Wärmepumpen jedoch zu einer Überlastung des Netzes führen, was auch der Einsatz von elektrischen Heimspeichern nicht verhindert.

Die Kombination einer Wärmepumpe mit einem PV-Speicher System hat hingegen keine deutliche Netzentlastung gezeigt. Während in den Sommermonaten die abendliche Lastspitze der Wärmepumpen noch durch eingespeicherte Energie minimiert werden kann, ist ein Vorhalten der Energie bis zum Eintreten der morgendlichen Lastspitze nicht möglich. Da am Morgen der größte