

LEISTUNGSGRENZEN IN VERTEILNETZEN UND KAPAZITÄTEN FÜR ELEKTRIFIZIERTE WÄRMETECHNOLOGIEN

Hann RUPPERT¹, Simon BRENNER¹, Klaus-Martin GRAF¹

Einleitung

Die Umsetzung der Pariser Klimaschutzziele ist ohne eine Kopplung der Sektoren Strom und Wärme nicht möglich. Wesentliche Technologien sind in dem Zusammenhang elektrifizierte Wärmeerzeuger wie Wärmepumpen und Blockheizkraftwerke (BHKW). Die vermehrte Nutzung elektrifizierter Wärmeerzeugungstechnologien in Wohngebäuden erhöht den Strombezug (Wärmepumpe) bzw. die Stromeinspeisung (BHKW) in den Verteilnetzen. Im Rahmen dieser Studie wird untersucht, welche Leistungsgrenzen in Verteilnetzen und welche Restriktionen bezüglich der Nutzung verschiedener elektrifizierter Wärmetechnologien bestehen (*durchgeführt im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsvorhabens mit dem Darmstädter Institut Wohnen und Umwelt (IWU, Projektkoordination) und dem Büro für Energiewirtschaft und Technische Planung, Aachen, (BET): „EEGebäudeZukunft“ (gefördert vom BMWi / PTJ, Förderkennzeichen: 03ET4019)*)

Methodik

Um den maximalen zusätzlichen Strombedarf bzw. die zusätzliche Stromeinspeisung sowie die Auswirkungen der vermehrten Nutzung elektrifizierter Wärmetechnologien auf die Verteilnetze abschätzen zu können, werden verschiedene Szenarien entwickelt und für den kältesten Tag im Jahr (Heizleistung bei Auslegetemperatur) untersucht. Dabei werden folgende Schritte vorgenommen:

- Auswahl verschiedener Gebäudetypen mit unterschiedlichen Dämmstandards.
- Abschätzung der Nennleistung der Heizung in $\text{kW}_{\text{th}}/\text{m}^2$ je Gebäudetyp und in kW_{th} je Haushalt (HH) [Annahme: $\varnothing_{\text{HH}} = 100\text{m}^2$].
- Bestimmung von ‚Verteilgraden‘ unterschiedlicher elektrifizierter Wärmetechnologien und Definition von zwei unterschiedlichen Betriebsweisen (monovalent und bivalent).
- Ermittlung der elektrischen Leistung für die Wärmeerzeugung.
- Lastflussrechnung (Extremabschätzung) für den kältesten Tag in drei (vereinfachten) Modellnetzen: i) Städtische Struktur, ii) Vorstädtische Struktur und iii) Ländliche Struktur in der Niederspannung (NS) und Mittelspannung (MS).
- Ermittlung der Stromauslastung am Anfang einer MS-Leitung bzw. hinter dem MS-Regeltransformator ($I_{\text{MS-1}}$) und der Spannungsänderung am Ende der letzten NS-Leitung eines Wohngebietes (ΔU_{NS}).

Ergebnisse und Diskussion

Leistungsgrenzen im Verteilnetz

Tabelle 1 zeigt die ermittelten Leistungsgrenzen für Verteilnetze unterschiedlicher Struktur. Die Leistungsgrenzen gelten pro HH bzw. ONT, für einen GLF von 1 und für die Summe des gesamten elektrischen Bezugs bzw. der Einspeisung (technologieübergreifend). Es wird ersichtlich, dass die gleichzeitig verfügbare Leistung in Haushalten in Verteilnetzen städtischer Struktur (geringe Leitungslängen bzw. hohe Einwohnerdichte je km^2) vor allem durch die Strombelastbarkeit der MS-Leitungen begrenzt ist. In Verteilnetzen ländlicher Struktur (große Leitungslängen bzw. geringe Einwohnerdichte je km^2) ist die Leistung hingegen durch die Spannung am Ende der letzten (längsten) NS-Leitung begrenzt. In Verteilnetzen vorstädtischer Struktur überwiegt die Strombelastbarkeit der MS-Leitung knapp. Somit kann die maximal verfügbare Leistung in Verteilnetzen vorstädtischer und ländlicher Struktur durch Ausnutzung des zulässigen Spannungsbands von $\pm 10\%$ erhöht werden.

¹ Hochschule Darmstadt, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik, Birkenweg 8-10, 64295 Darmstadt, Tel.: +49 6151 16-{37792|38461}, {hann.ruppert|klaus-martin.graf}@h-da.de, www.h-da.de

Leistungsgrenze	Grenzwert/Bedeutung	Städtisch	Vor-städtisch	Ländlich
$P_{HH\pm, U4\%} [kW_{el}]$	Verletzung der dena-Empfehlung eines 4%-Spannungsbands für die NS-Ebene [dena12]	± 1,8	± 4,3	± 2,0
$P_{ONT\pm, U4\%} [kW_{el}]$		± 739,2	± 173,2	± 20,1
$P_{HH\pm, U10\%} [kW_{el}]$	Verletzung des zulässigen Spannungsbands nach EN 50160 (kritische Grenze $U_N \pm 10\%$)	± 4,3	± 10,6	± 4,9
$P_{ONT\pm, U10\%} [kW_{el}]$		± 1.793,4	± 424,0	± 48,9
$P_{HH\pm, I_{max}} [kW_{el}]$	Überschreitung der Strombelastungsgrenze (kritische Grenze)	± 1,8	± 9,6	± 22,5
$P_{ONT\pm, I_{max}} [kW_{el}]$		± 756,0	± 384,8	± 224,9

Tabelle 1: Elektrische Leistungsgrenzen [kW_{el}] in Verteilnetzen städtischer, vorstädtischer und ländlicher Struktur (leistungsbegrenzende Grenze farbig und fett markiert)

Szenarien

Beispielhaft sind in Tabelle 2 Grenzwertverletzungen im städtischen Modellnetz aufgeführt (die Ergebnisse zu vorstädtischen und ländlichen Netzgebieten finden sich in der Langfassung).

Städtisches Modellnetz	Monovalent				Bivalent			
	SH	LWP	BAL	D-LWP	SH	LWP	BAL	D-LWP
Unmodernisiert	SH	LWP	BAL	D-LWP	SH	LWP	BAL	D-LWP
	EWP	BHKW	D-EWP	D-BHKW	EWP	BHKW	D-EWP	D-BHKW
Teilmodernisiert	SH	LWP	BAL	D-LWP	SH	LWP	BAL	D-LWP
	EWP	BHKW	D-EWP	D-BHKW	EWP	BHKW	D-EWP	D-BHKW
Vollmodernisiert	SH	LWP	BAL	D-LWP	SH	LWP	BAL	D-LWP
	EWP	BHKW	D-EWP	D-BHKW	EWP	BHKW	D-EWP	D-BHKW
Neubau	SH	LWP	BAL	D-LWP	SH	LWP	BAL	D-LWP
	EWP	BHKW	D-EWP	D-BHKW	EWP	BHKW	D-EWP	D-BHKW
Gebüdemix (ausgeglichen)	SH	LWP	BAL	D-LWP	SH	LWP	BAL	D-LWP
	EWP	BHKW	D-EWP	D-BHKW	EWP	BHKW	D-EWP	D-BHKW
OPT (optimistisch)	SH	LWP	BAL	D-LWP	SH	LWP	BAL	D-LWP
	EWP	BHKW	D-EWP	D-BHKW	EWP	BHKW	D-EWP	D-BHKW
REAL (realistisch)	SH	LWP	BAL	D-LWP	SH	LWP	BAL	D-LWP
	EWP	BHKW	D-EWP	D-BHKW	EWP	BHKW	D-EWP	D-BHKW
PESS (pessimistisch)	SH	LWP	BAL	D-LWP	SH	LWP	BAL	D-LWP
	EWP	BHKW	D-EWP	D-BHKW	EWP	BHKW	D-EWP	D-BHKW

Tabelle 2: Grenzwertverletzungen im städtischen Modellnetz für verschiedene Gebäudeszenarien, Betriebsweisen und Verteilgrade (rot = kritischer Grenzwert verletzt)

In Verteilnetzen städtischer Struktur besteht demnach eine Vielzahl an Restriktionen. Eine vollständig elektrifizierte Wärmeerzeugung ist nur mit einem Mix aus strombeziehenden und -einspeisenden Technologien möglich. Eine bivalente Betriebsweise erlaubt auch die überwiegende Nutzung der Wärmepumpentechnologie bzw. ausgeglichener Anteile.

Fazit

Im Hinblick auf die Wärmewende bestehen mehrere nutzbare Optionen unterschiedlicher elektrifizierter Wärmetechnologien, die bereits heute in die bestehenden Verteilnetze integriert werden können um die Sektoren Wärme und Strom zu koppeln. Ein Ausbau der Verteilnetze ist für eine erfolgreiche Umsetzung der Wärmewende allein nicht notwendig.

Hinsichtlich der Integrierbarkeit verschiedener elektrifizierter Wärmetechnologien bestehen je nach Verteilnetzstruktur unterschiedliche Restriktionen. Die wichtigsten sind:

- In Verteilnetzen städtischer Struktur ist ein Mix aus strombeziehenden (Wärmepumpen, Stromheizung) und -einspeisenden (BHKW) Wärmetechnologien vorzuziehen. Alternativ kann eine bivalente Betriebsweise mit nicht-elektrischer Spitzenlastherzeugung umgesetzt werden.
- In Verteilnetzen vorstädtischer Struktur bestehen keine Restriktionen.
- In Verteilnetzen ländlicher Struktur ist von einer übermäßigen Nutzung von Stromheizungen und Luftwärmepumpen abzugehen. Unter Ausnutzung des zulässigen Spannungsbandes können ansonsten nahezu alle Optionen umgesetzt werden.