

Verankerung von Flexibilität in der Netzplanung

M.Sc. Thomas Sippenauer, Prof. Dr.-Ing. Oliver Brückl
 OTH Regensburg, Forschungsstelle für Energienetze und Energiespeicher (FENES)
 Seybothstraße 2, 93053 Regensburg

Tel.: +49 941 943-9269, E-Mail: thomas.sippenauer@oth-regensburg.de
www.oth-regensburg.de, www.fenes.net, www.ront.info, www.spannungshaltung.de

An der OTH Regensburg wurden mehrere Mittelspannungsnetze (MS) in der C/sells-Demonstrationszelle „Cham und Umgebung“ modelliert, um die aktuellen Spannungsverhältnisse und Leitungsauslastungen nachbilden zu können. Zudem wurden, angelehnt an den Netzentwicklungsplan, Szenarien für den zukünftigen PV-Zubau und die potenzielle Entwicklung der Elektromobilität entworfen.

Abbildung 1 zeigt ein städtisches Netzgebiet einer 17.000-Einwohner-Gemeinde mit einer installierten Erzeugungsleistung von ca. 29 MW (davon 22,4 MW Photovoltaik und 5,1 MW Biogas). Die Jahreshöchstlast beträgt 27,6 MW, die Jahreshöchstrückspeisung 3,1 MW. Abgeleitet aus dem Netzentwicklungsplan ist mit einem PV-Zubau bis 2030 von 6,5 MW zu rechnen. Um ein Extremszenario abzubilden, wird mit 150 % der prognostizierten Leistung (9,75 MW) simuliert, die abhängig von potenziellen Dach- und Freiflächen knotenscharf im Netz verteilt wird.

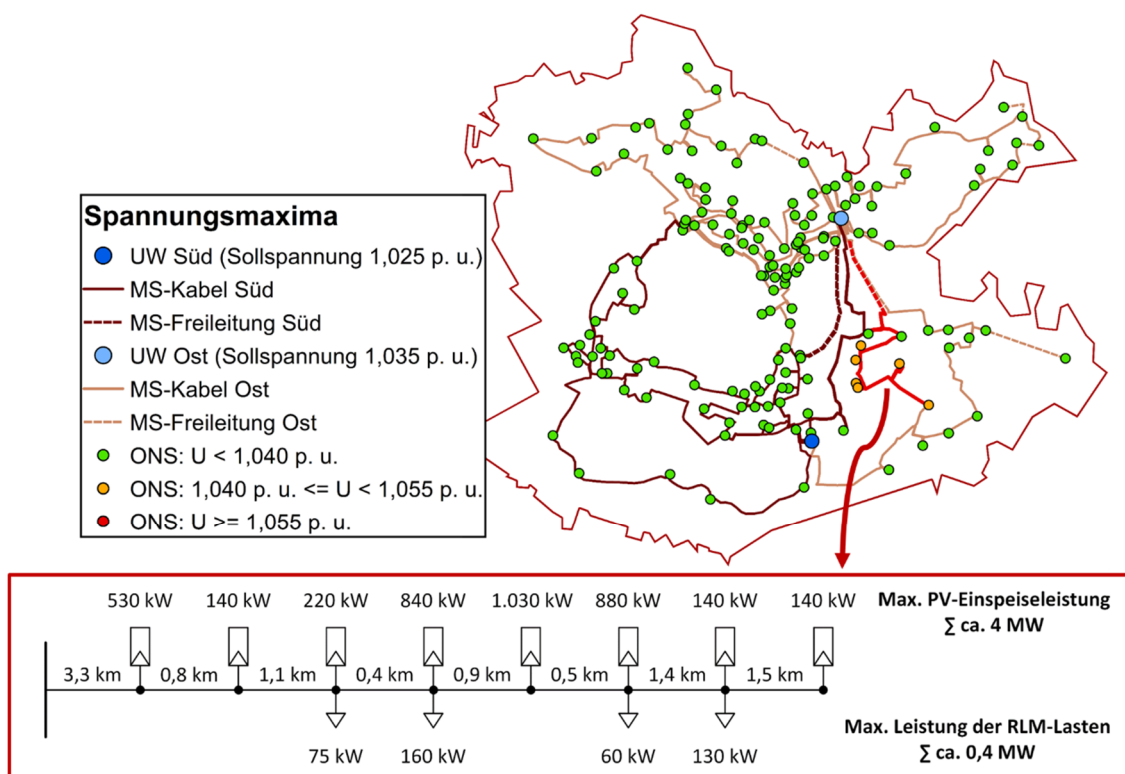


Abbildung 1: Beispiel einer Netzsimulation mit schematischem Plan des kritischen Stranges

Bei der Simulation des Netzes zeigt sich besonders ein kritischer Strang, dessen Knotenspannungen bereits eine erste vom Netzbetreiber festgelegte Warnschwelle von 1,04 p. u. überschritten hat. Verursacht wird dies durch einige größere Lagerhallen, in denen nur geringe Verbrauchslasten angeschlossen sind, aber die ein großes Dachflächenpotenzial für PV-Anlagen bieten.

Ermittlung der Flexibilitätsanforderungen

Auf Basis der Ergebnisse lässt sich eine Netzanalyse hinsichtlich Spannungs- und Stromgrenzwertüberschreitungen (ΔU_{Knoten} , $\Delta I_{\text{Leitung}}$) sowie zu deren potenziellen Auftrittszeitpunkten t und Auftrittsdauern Δt durchführen, s. Abbildung 2. Die Auswertung wurde teilautomatisiert, wodurch das Vorgehen auf andere Netzgebiete und Simulationsszenarien übertragbar ist.

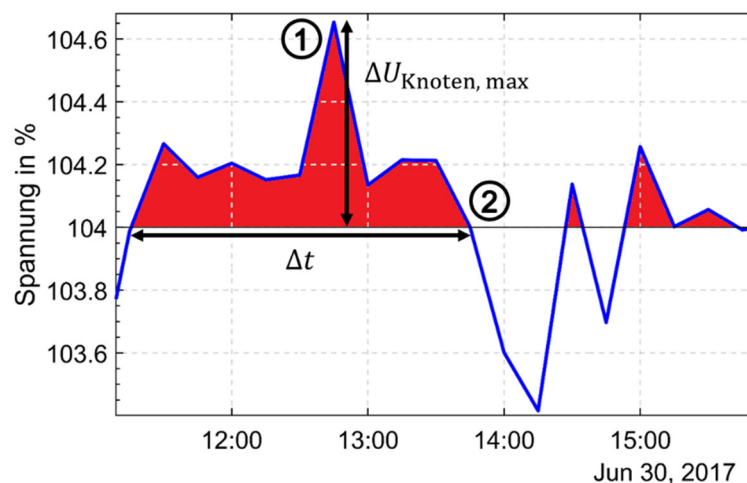


Abbildung 2: Netzanalyse zu Spannungs- und Stromgrenzwertverletzungen

Parallel wird in der Netzberechnungssoftware PowerFactory anhand von Sensitivitätsanalysen untersucht, welche Wirksamkeit Flexibilitätseinsätze an den verschiedenen Netzknoten auf den Engpass haben. Dadurch kann bestimmt werden, wie effektiv die verfügbaren, in der Regel örtlich gebundenen Flexibilitätsanbieter eingesetzt werden können bzw. wie hoch die Leistungsabweichung einer einzelnen Anlage zur (vollständigen) Behebung eines Engpasses sein müsste. Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass die Sensitivitäten steigen, wenn sich die eingesetzte Flexibilitätsleistung näher zum kritischen Knoten am Strangende befindet (vgl. Tabelle 1). Da die Sensitivitäten $(\frac{\delta U_{\text{Knoten}}}{\delta P_{\text{Flex}}}, \frac{\delta I_{\text{Leitung}}}{\delta P_{\text{Flex}}})$ arbeitspunktabhängig sind, werden verschiedene Zeitpunkte im Jahresverlauf berechnet und die jeweilige Verschiebung (Änderungen der Wirksamkeit) ausgewertet (s. Arbeitspunkte 1 und 2 in Abbildung 2). Im Arbeitspunkt 1 mit maximaler Spannungsabweichung $\Delta U_{\text{Knoten,max}}$ ist die Sensitivität am kleinsten – für die weiteren Untersuchungen sind somit diese Werte von Bedeutung, da der Flexibilitätseinsatz dadurch eher unterschätzt als überschätzt wird.

Tabelle 1: Sensitivitäten in den Arbeitspunkten $\Delta U_{\text{Knoten, max}}$ und $\Delta U_{\text{Knoten}} = 0$

Arbeitspunkt ① ($\Delta U_{\text{Knoten, max}}$)		$\frac{\delta U_{\text{Knoten}}}{\delta P_{\text{Flex}}}$ in $\frac{\%}{\text{MW}}$ in Bezug auf Netzknoten...		
		Stranganfang	...	Strangende (kritischer Knoten)
Netzknoten mit Flexibilitätseinsatz	Stranganfang	0,154	...	0,153

	Strangende (kritischer Knoten)	0,154	...	0,385

Arbeitspunkt ② ($\Delta U_{\text{Knoten}} = 0$)		$\frac{\delta U_{\text{Knoten}}}{\delta P_{\text{Flex}}}$ in $\frac{\%}{\text{MW}}$ in Bezug auf Netzknoten...		
		Stranganfang	...	Strangende (kritischer Knoten)
Netzknoten mit Flexibilitätseinsatz	Stranganfang	0,156	...	0,156

	Strangende (kritischer Knoten)	0,156	...	0,390

Neben der Höhe der Leistungsabweichung ΔP_{Flex} wird die Flexibilitätsanforderung auch anhand der Einsatzzeitpunkte t und Einsatzdauer Δt sowie anhand der Häufigkeit der nötigen Flexibilitätseinsätze charakterisiert. Dadurch lässt sich z. B. analysieren, wie hoch die eingesetzte Flexibilitätsenergie zur vollständigen Behebung der Spannungsgrenzwertverletzung sein muss (s. Abbildung 3).

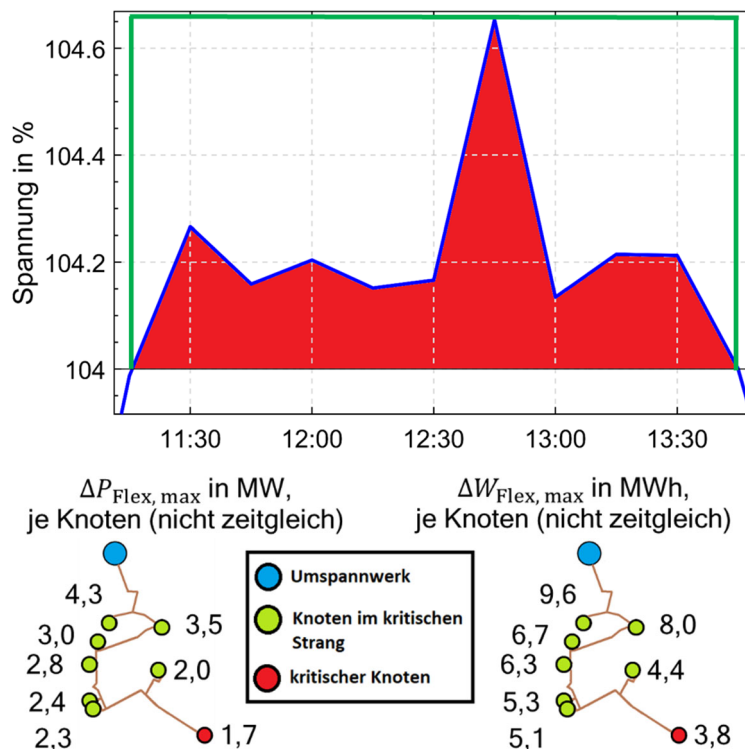


Abbildung 3: Flexibilitätsleistung und -energie zur vollständigen Behebung der Spannungsgrenzwertverletzung

Eine weitere Möglichkeit ist, nur einen Teil des Problems über einen Flexibilitätseinsatz zu beheben und stattdessen auf eine Kombination mit Einspeisespitzenkappung zu setzen. Dieses Vorgehen ist speziell dann sinnvoll, wenn anlagenseitige Flexibilitätspotenziale nicht in ausreichender Größe vorliegen oder nicht in voller Höhe wirtschaftlich einsetzbar sind. In Abbildung 4 ist ein Beispiel dargestellt, inwiefern sich die benötigten Leistungen und Energien verändern.

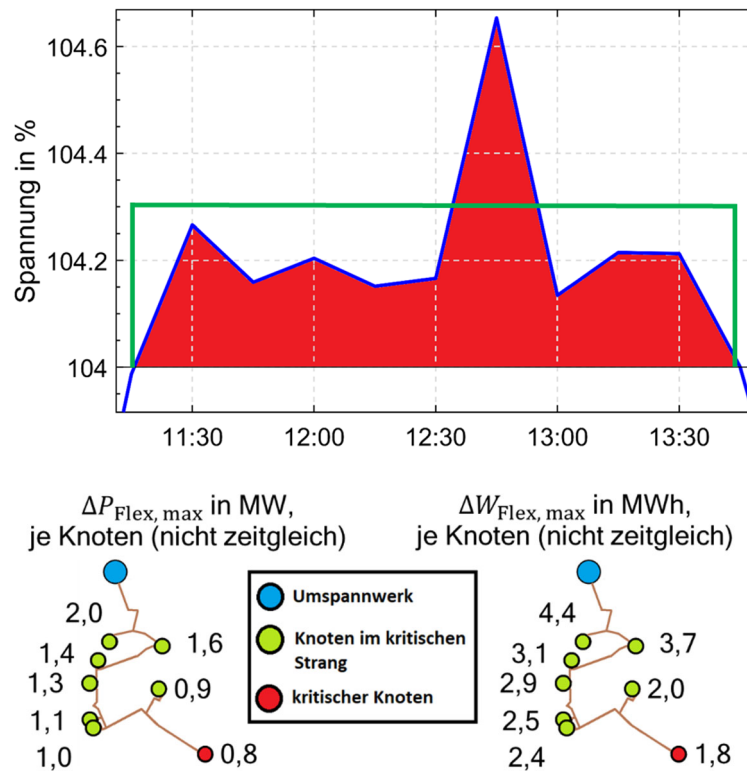


Abbildung 4: Flexibilitätsleistung und -energie zur teilweisen Behebung der Spannungsgrenzwertverletzung

Verfahren zur Abbildung von Flexibilität in der Netzplanung

Aus den gewonnenen Erkenntnissen soll abgeleitet werden, inwiefern sich der flexible Einsatz der Verbrauchsanlagen in der Netzplanung verankern lässt. Besonders relevant ist deshalb, mit welcher Verlässlichkeit die Flexibilität abgerufen werden kann. Eine sehr hohe Verlässlichkeit lässt sich je nach Flexibilitätsanbieter möglicherweise nicht oder nur zu sehr hohen Preisen gewährleisten. Die Eignung der Flexibilitätseinsätze wird somit sowohl aus technischer als auch aus wirtschaftlicher Sicht bewertet.

Da eine vollständige Verlässlichkeit ohnehin nicht sichergestellt werden kann (technische Störungen einer Anlage, Wettereinflüsse, etc.), werden auch Fallback-Strategien, z. B. Einspeisespitzenkappung, in die Analyse einbezogen. Abbildung 5 zeigt beispielhaft, wie die Spannung durch einen erfolgreichen Flexibilitätseinsatz in den zulässigen

Bereich abgesenkt werden kann (grün) bzw. wann zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden müssen (rot).

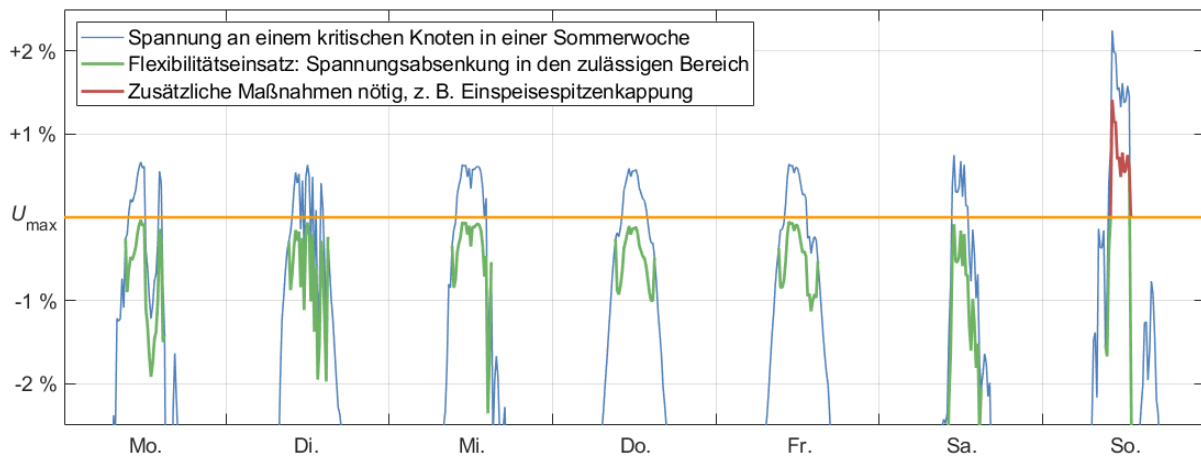


Abbildung 5: Beispiel für die spannungssenkende Wirkung eines Flexibilitätseinsatzes

Ein weiteres Ziel ist, die Risiken für Manipulationen (INC-DEC-Gaming) zu minimieren. Unter dem sogenannten INC-DEC-Gaming ist zu verstehen, dass Anlagenbetreiber durch ihre Fahrweise Netzengpässe hervorrufen bzw. verstärken, um anschließend für die Behebung des Engpasses vergütet und letztlich sogar mit wirtschaftlichen Vorteilen für das netzkritische Vorgehen belohnt zu werden. Eine potenzielle Lösung ist, das Leistungsverhalten zwischen den Netzbetreibern und den Flexibilitätsanbietern konkret zu vereinbaren – Abweichungen davon werden nicht vergütet bzw. im Extremfall sogar sanktioniert. Ebenso müssen Anreize für die Bereitstellung von Flexibilität zur Lösung bzw. Beherrschung von Netzengpässen geschaffen werden. Dies könnte beispielsweise über reduzierte Netzentgelte erfolgen – wohlwissend, dass dies eine umfangreiche Anpassung der bestehenden Netzentgeltsystematik erfordert.