

Messwertskalierte Lastflussberechnung

Netzzustandsanalyse auf Basis von Messwerten

Mit einer messwertskalierten Lastflussberechnung lässt sich eine große Zahl an Netzzustandsanalysen und -diagnosen automatisiert durchführen. Damit ist es möglich, den tatsächlichen Netzzustand und die verfügbaren Netzkapazitäten mit einer hohen Genauigkeit zu ermitteln.

Die Energiebranche steht im Zuge der Energie- und Mobilitätswende in den Stromverteilnetzen durch volatile Energieeinspeisung sowie nur bedingt planbaren Energiebezug durch die Elektrifizierung des Mobilitätssektors neuen Herausforderungen gegenüber. Zu diesen Herausforderungen zählen in der Mittel- und Niederspannung fehlende oder eingeschränkte Netzzustandsüberwachungen und damit prädiktiv nicht erkennbare Betriebsmittelüberlastungen und Spannungsbandverletzungen, die gegebenenfalls von den Netzschutzorganen nicht oder zu spät erkannt werden. Um eine optimierte Netzbetriebsführung und Netzplanungsstrategie zu erreichen, ist eine automatisierte Netzzustandsüberwachung erforderlich, die kontinuierlich die verfügbare Netzkapazität ermittelt.

Eine innovative Option zur automatisierten Netzzustandsüberwachung ist die Verarbeitung von Messwerten in einem Netzberechnungssystem mit verschiedenen Netzzustandsanalyse- und -diagnoseverfahren. Die Messwerte werden erfasst, zu einem Netzbe-

rechnungssystem übertragen und zusammen mit Standardlastprofilen und Jahresenergiemengen in Lastflussberechnungen verarbeitet. Ziel ist es, den aktuellen Netzzustand möglichst genau zu berechnen und die verfügbare Netzkapazität zu ermitteln. Deren kontinuierliche Ermittlung kann unter anderem für die Planung und Genehmigung von Ladeeinrichtungen verwendet werden.

Gemäß Energiewirtschaftsgesetz müssen Stromverteilnetze nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik betrieben werden. Aufgabe der Netzbetreiber ist es unter anderem, Betriebsmittelüberlastungen zu vermeiden und die Netzspannung im zulässigen Spannungsband nach DIN EN 50160 zu halten. Unzulässige Netzzustände sind von Netzschutzorganen zu identifizieren und in angemessener Zeit zu klären.

Konzept der messwertskalierten Lastflussberechnung

Aus den Anforderungen an den Netzbetrieb ergeben sich Bedingungen für die Netzzustandsüberwachung. Betriebs-

mittelüberlastungen und unzulässige Netzspannungen sind zu identifizieren, verfügbare Netzkapazitäten zu erkennen und mit Netzfahrplänen optimal zu nutzen sowie die Selektivität des Netzschutzkonzepts weiterhin sicherzustellen. Durch die Energiewende sowie die Elektrifizierung des Mobilitäts- und des Wärmesektors wird es erforderlich sein, den Netzzustand von Stromverteilnetzen unter Berücksichtigung volatiler dezentraler Einspeisungen und von Ladevorgängen kontinuierlich zu überwachen und zu bewerten. Um diese Ziele zu erreichen, sollte eine Netzzustandsüberwachung den Netzzustand kontinuierlich unter Verwendung von Messwerten mit Lastflussberechnungen ermitteln und bewerten. Dieses Verfahren wird als messwertskalierte Lastflussberechnung bezeichnet.

In **Bild 1** wird das Konzept für den automatisierten Ablauf der messwertskalierten Lastflussberechnung und der automatisierten Ermittlung verfügbarer Netzkapazitäten dargestellt. Messwerte werden über eine sichere Datenverbindung an das Netzberechnungssystem übertragen. Daraufhin kann die messwertskalierte Lastflussberechnung und die Ermittlung der verfügbaren Netzkapazitäten erfolgen und die Ergebnisse dem Netzbetreiber zum Beispiel per E-Mail [7] zur Verfügung gestellt werden.

Messwertskalierte Lastflussberechnung in einem Netzberechnungssystem

Bild 2 zeigt die Umsetzung dieses Konzepts im Netzberechnungssystem ATPDesigner [1]. Basierend auf einem netzphysikalischen Modell des Stromverteilnetzes werden Netzschutzsysteme, Einspeise- und Bezugsanlagen sowie Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge mit generischen Modellen nachgebildet. Das Netzberechnungs-

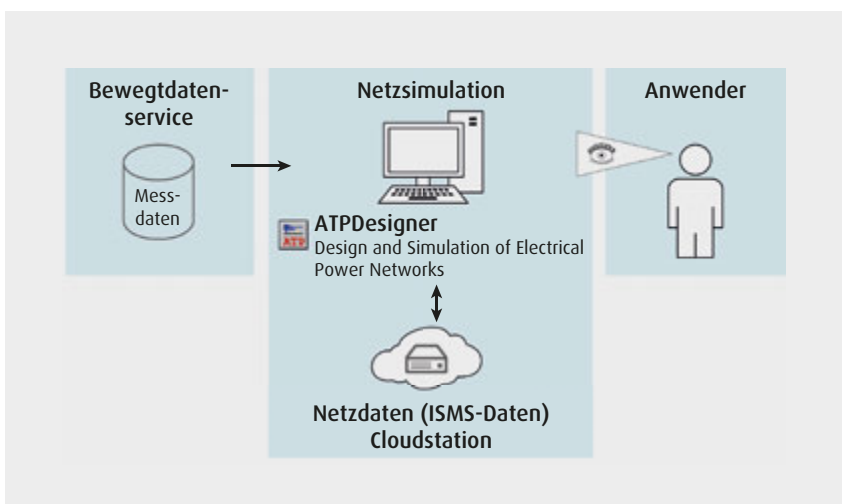


Bild 1. Konzept der messwertskalierten Lastflussberechnung

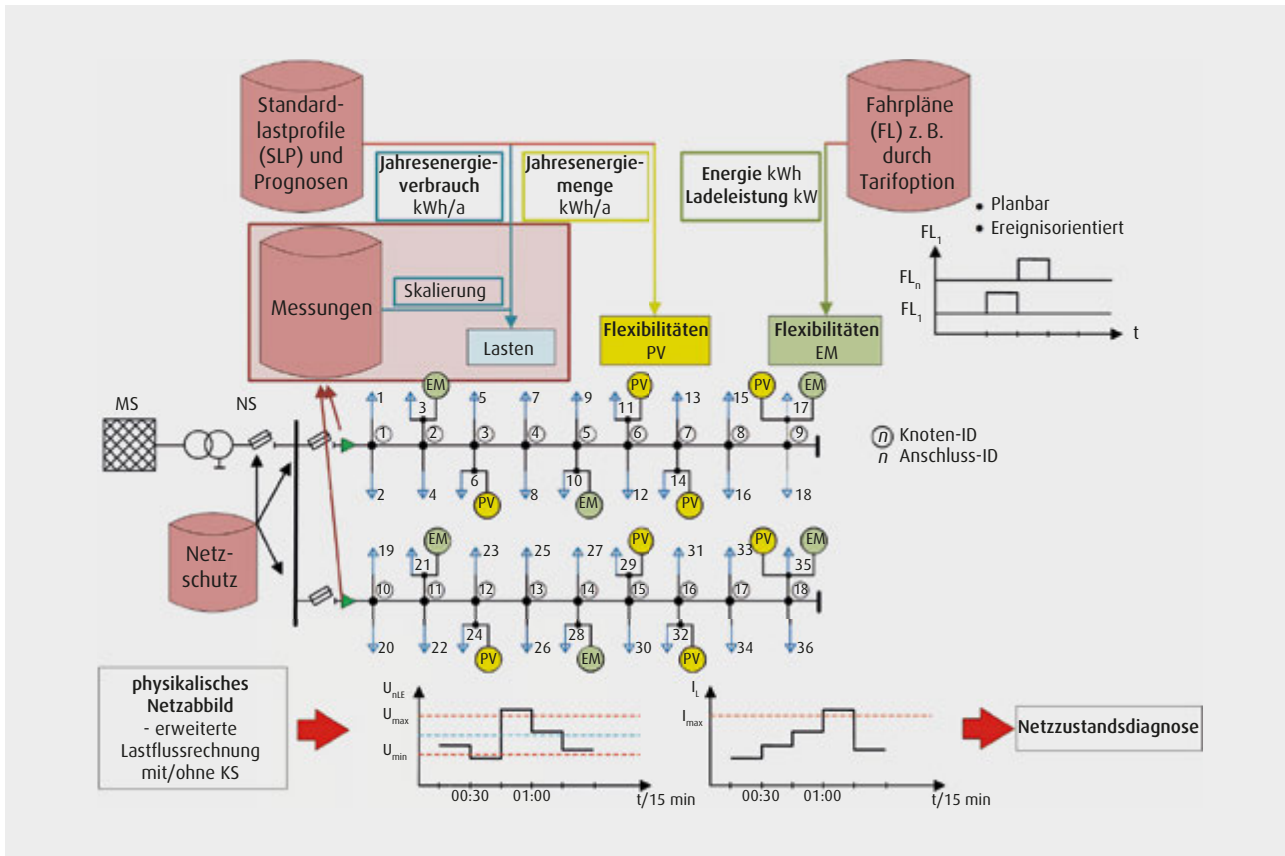


Bild 2. Messwertskalierte Lastflussberechnung im Netzberechnungssystem

system erhält in 15-min-Intervallen Messwerte von Messungen an den Abgängen der Ortsnetzstation (ONS) aus dem Stromverteilnetz und berechnet mit Last- und Einspeiseprofilen, Jahresenergiemengen sowie bekannten Ladevorgängen einen Netzfahrplan in derselben zeitlichen Granularität.

Für jedes 15-min-Intervall werden eine Netzzustandsanalyse und -diagnose ausgeführt. Hierbei wird für jedes Betriebsmittel die Auslastung und für jeden Netzknoten die Netzspannung berechnet und bewertet. Schutzorgane wie NH-Sicherungen werden berücksichtigt. So können Anregungen und Auslösungen der Schutzorgane für jedes 15-min-Intervall erkannt und bewertet werden.

Die messwertskalierte Lastflussberechnung wird automatisch gestartet, nachdem neue Messwerte in einem vom Netzberechnungssystem überwachten, projektspezifischen Verzeichnis gespeichert wurden. Für den entsprechenden Zeitbereich, für den die Messwerte erfasst und gespeichert wurden, werden eine Netzzustandsanalyse und -diagnose sowie die Ermittlung der verfügbaren

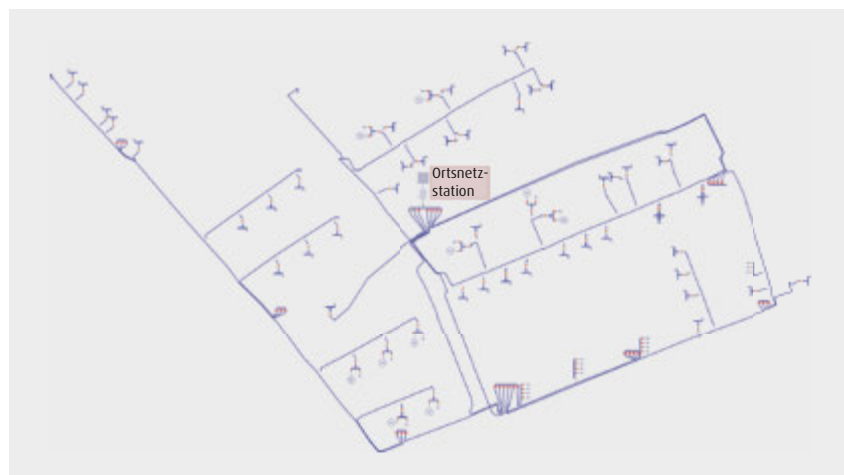


Bild 3. Referenznetz: 0,4-kV-Netz der Stadtwerke Saarbrücken Netz AG

baren Netzkapazitäten automatisch ausgeführt.

Bild 3 zeigt anonymisiert eines der 0,4-kV-Stromnetze der Stadtwerke Saarbrücken Netz AG, das als Referenznetz für einen Feldtest der messwertskalierten Lastflussberechnung verwendet wurde.

Skalierung von Bezugsleistungen von Verbraucherlasten durch Messwerte

Bild 4 zeigt exemplarisch die Verwendung der Messwerte sowie der Standardlastprofile nach VDEW [2] und Jahresenergieverbräuche zur Skalierung der Bezugsleistungen der Verbraucherlasten. Die Verbraucherlasten werden

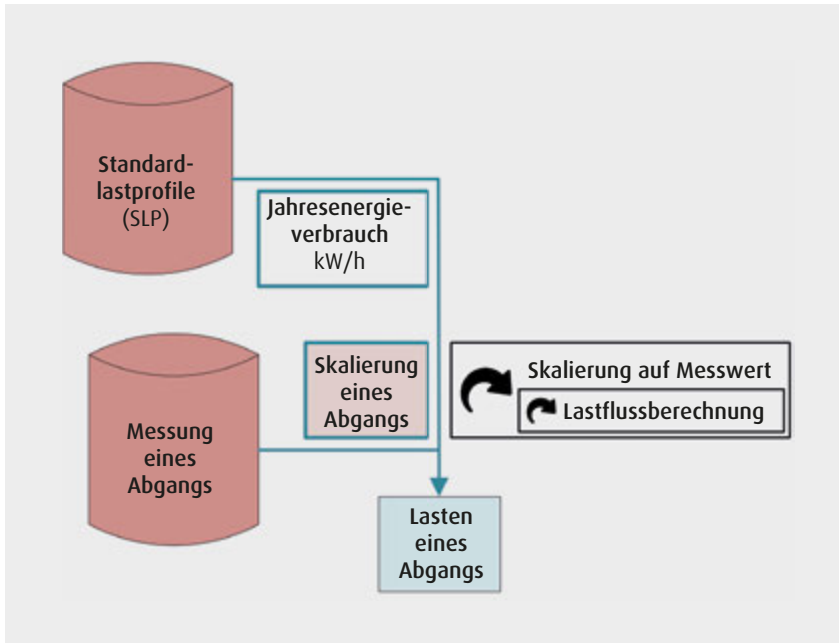


Bild 4. Konzept der Messwertskalierung

zunächst auf Basis eines Standardlastprofils und Jahresenergieverbrauchs definiert. Danach erfolgt eine Lastflussberechnung, die unter anderem die Bezugsleistung jeder Verbraucherlast berechnet.

Messwerte von Abgangsmessungen ermöglichen derzeit nur eine Skalierung der Bezugsleistungen der Verbraucherlasten eines Abgangs unter der Voraussetzung einer strahlenförmigen Netztopologie. Jeder ONS-Abgang mit den darin angeschlossenen Betriebsmitteln wird jeweils einer Zone zugeordnet. Das Netzberechnungssystem ermittelt im nächsten Schritt für jeden Messort der Abgangsmessungen die Wirk- und Blindleistung und vergleicht diese mit den Messwerten. Unter der Voraussetzung, dass die Einspeisung dezentraler Einspeiseanlagen sowie die Bezugsleistung der Ladeinfrastruktur im Abgang bekannt sind, können die Verbraucherlasten jeder Zone skaliert

und die Lastflussberechnung wiederholt werden. Das iterative Verfahren der messwertskalierten Lastflussberechnung wird durch anwenderdefinierte Parameter auf Konvergenz überwacht. Im Konvergenzfall stimmen am Messort Messwerte und berechnete Werte mit einer anwenderdefinierten Genauigkeit überein. Daraus lässt sich ableiten, dass die im gesamten Abgang berechneten Betriebsmittelauslastungen und Knotenspannungen den tatsächlichen Netzzustand mit höherer Genauigkeit abbilden als ohne eine Skalierung der Bezugsleistungen der Verbraucherlasten.

Konzept zur Ermittlung der verfügbaren Netzkapazität

Ein Ziel der messwertskalierten Lastflussberechnung ist es, die verfügbare Netzkapazität zum Beispiel für weitere Ladevorgänge von Elektrofahrzeugen zu ermitteln. Ausgangspunkt ist der

Netzzustand, der durch eine konvergente messwertskalierte Lastflussberechnung ermittelt wird. Das Bewertungskonzept wurde in Anlehnung an das BDEW-Ampelkonzept um das Anrege- und Auslöseverhalten der Schutzorgane erweitert [3, 4]. Die Analyse- und Diagnoseergebnisse werden für jedes Betriebsmittel und für jedes Schutzorgan einzeln bewertet und angezeigt. Die Bewertungskriterien können durch den Anwender verändert werden. Somit werden Betriebsmittelauslastungen, Knotenspannungen und das Anrege- und Auslöseverhalten der Schutzorgane je 15-min-Intervall einzeln und für den gesamten Netzfahrplan summarisch den Ampelphasen grün, gelb und rot zugeordnet. Die Ermittlung der Netzkapazität erfolgt invers zu dem BDEW-Ampelkonzept für jedes 15-min-Intervall wie in Bild 5 dargestellt. Im Netzplan werden die Betriebsmittel entsprechend den Bewertungsergebnissen eingefärbt.

Automatisierungsgrad der messwertskalierten Lastflussberechnung

Da aufgrund der zu erwartenden großen Zahl geplanter, planbarer und ereignisorientierter Ladevorgänge für Elektrofahrzeuge gerade in städtischen Niederspannungsnetzen eine entsprechend große Zahl von Netzzustandsanalysen und -diagnosen durchzuführen sind, ist ein hoher Autarkie- und Automatisierungsgrad erforderlich. Dies ist durch den automatisierten Ablauf der messwertskalierten Lastflussberechnung und Ermittlung von Netzkapazitäten gegeben.

Zusammenfassung und Fazit

Das Konzept der messwertskalierten Lastflussberechnung ermöglicht es, eine große Zahl von Netzzustandsanalysen und -diagnosen unter Verarbeitung von Messwerten automatisiert durchzuführen.

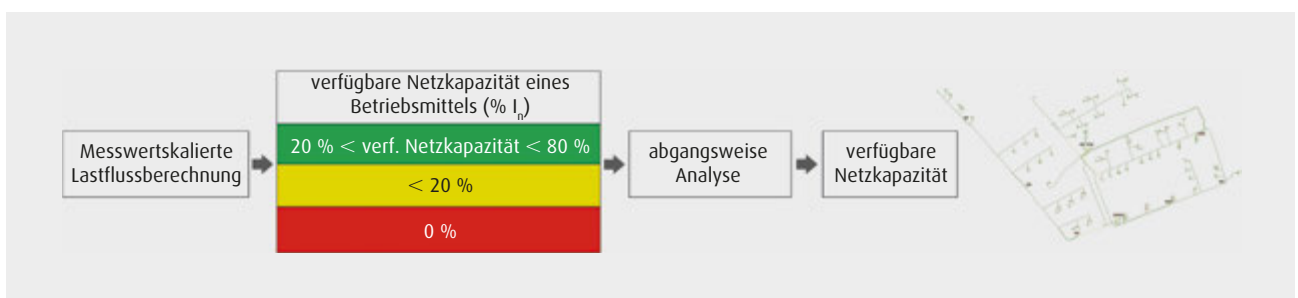


Bild 5. Ermittlung der Netzkapazitäten im Netzberechnungssystem

ren und durch Verwendung von Messwerten und den bekannten Verfahren der Lastflussberechnung den tatsächlichen Netzzustand mit verbesserter Genauigkeit in strahlenförmigen Netztopologien zu ermitteln. Weiterentwicklungen hinsichtlich des Verfahrens für einen topologieunabhängigen Einsatz werden angestrebt. Die Netzzustandsanalyse verwendet ein netzphysikalisches Modell des Stromverteilnetzes mit generischen Modellen für Schutzorgane, dezentrale Erzeugungsanlagen und Ladeeinrichtungen. Die Lastflussberechnungen werden unter Berücksichtigung des Netzschutzkonzepts für 15-min-Intervalle durchgeführt und die Bezugsleistungen der Verbraucherlasten durch die Messwerte skaliert. Die Netzzustandsdiagnose bewertet die Analyseergebnisse mit einem um den Netzschutz erweiterten Ampelkonzept. Invers zum Ampelkonzept erfolgt eine Ermittlung der verfügbaren Netzkapazitäten.

Literatur

- [1] ATPDesigner: Design and Simulation of Electrical Power Networks. www.atpdesigner.de
- [2] Bitterer, R.; Schieferdecker, B.: Repräsentative VDEW-Lastprofile. VDEW, Cottbus, 1999.
- [3] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW): Elektromobilität als Anwendungsfall des Ampelkonzepts im Verteilnetz. Berlin, 2018.
- [4] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW): Konkretisierung des Ampelkonzepts im Verteilnetz. Berlin, 2017.

>> **Selina Gerard** M.Sc.,
 Institut für Elektrische Energiesysteme,
 Hochschule für Technik und Wirtschaft
 des Saarlandes, Saarbrücken

Andreas Winter M.Sc.,
 Institut für Elektrische Energiesysteme,
 Hochschule für Technik und Wirtschaft
 des Saarlandes, Saarbrücken

Prof. Dr.-Ing. **Michael Igel**,
 Institut für Elektrische Energiesysteme,
 Hochschule für Technik und Wirtschaft
 des Saarlandes, Saarbrücken

Marvin Mosbach M.Sc.,
 Stadtwerke Saarbrücken Netz AG,
 Saarbrücken

Jan Stauner M.Sc.,
 Stadtwerke Saarbrücken Netz AG,
 Saarbrücken

>> selina.gerard@htwsaar.de
andreas.winter@htwsaar.de
michael.igel@htwsaar.de
marvin.mosbach@sw-sb.de
jan.stauner@sw-sb.de

>> www.htwsaar.de
www.powerengs.de
www.atpdesigner.de
www.saarbruecker-stadtwerke.de

Anzeige

VDE

VERLAG

Technik. Wissen. Weiterwissen.

NEU

2020

Anlagentechnik
 für elektrische Verteilungsnetze

Hell Raabger Cichowski (Hrsg.)

Mit Technikwissen Energie sicher nutzen:
Anlagentechnik 2020
 für elektrische Verteilungsnetze

► Beiträge zur Planung, zum Bau, zum Betrieb, zur Instandhaltung, zu neuen Techniken und zu Prozessen bzw. Verfahren für und um die Anlagentechnik elektrischer Verteilungsnetze

2021
 ca. 300 Seiten
 ca. 42,- € (Buch/E-Book)
 ca. 58,80 € (Kombi)

www.vde-verlag.de

Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten. Sowohl das E-Book als auch das Kombiangebot (Buch + E-Book) sind ausschließlich auf www.vde-verlag.de erhältlich. Dieses Buch können Sie auch in Ihrem Onlineportal für DIN-VDE-Normen, der Normenbibliothek, erwerben.

Werb-Nr. 201073

Bestellen Sie jetzt: (030) 34 80 01-222 oder www.vde-verlag.de/buecher/664837

