

Möglichkeiten und Herausforderungen der Digitalisierung bei Übertragungsnetzbetreibern



TenneT TSO GmbH
Axel Kiessling
axel.kiessling@tennet.eu

DBFZ
Martin Dotzauer
martin.dotzauer@dbfz.de

Fraunhofer IEE
André Baier
andre.baier@iee.fraunhofer.de

KIT
Prof. Dr. Wolf Fichtner
wolf.fichtner@kit.edu

Hauptaufgabe eines Übertragungsnetzbetreibers ist die sichere Steuerung des Stromnetzes. Hierfür setzt er Systemdienstleistungen ein, um Ungleichgewichte im Stromnetz auszugleichen. Aufgrund der anstehenden Veränderungen des Energiesystems im Zusammenhang mit der Energiewende, die sich auch auf den Markt für Systemdienstleistungen auswirken, sieht sich der Netzbetreiber mit zunehmenden Herausforderungen bei der Netzsteuerung konfrontiert. Gleichzeitig bietet die Digitalisierung Möglichkeiten zur Bewältigung der Herausforderungen.

Im Folgenden werden nach einer kurzen Beschreibung der relevanten Veränderungen für den Übertragungsnetzbetreiber im Energiesystem Aktivitäten der TenneT als Übertragungsnetzbetreiber vorgestellt, um Lösungen für die Herausforderungen zu entwickeln.

Im Stromnetz der Vergangenheit wurde Strom aus fossilen und nuklearen Großkraftwerken zentral in das Übertragungsnetz eingespeist und über die Verteilnetzebene an die Verbraucher weiterverteilt. Diese Großkraftwerke wurden zudem in der Nähe der Verbrauchszentren angesiedelt. So konnte der Strom bedarfsgerecht erzeugt und über kurze Wege zu den Verbrauchern transportiert werden. Im Zuge der Energiewende werden nun zunehmend regenerative Energiequellen in der Stromgewinnung eingesetzt (► *Abbildung 1*). Gemäß Energiekonzept der Bundesregierung soll der Anteil erneuerbarer

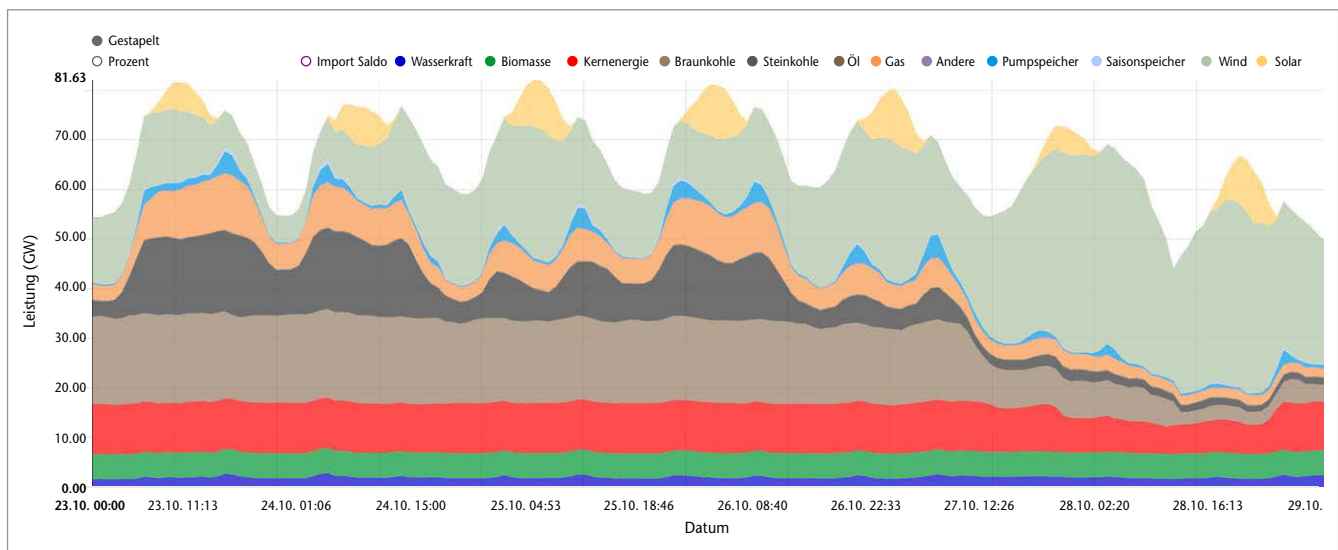
Energien bei der Stromerzeugung auf mindestens 65 % bis 2030 ansteigen, wodurch ihr Einfluss auf die Stromnetze zunehmen wird.

Eine der Herausforderungen für die Übertragungsnetzbetreiber besteht in dem wachsenden Anteil erneuerbarer Energien an der Erzeugungsleistung. Mit Zunahme der Erzeugungsanlagen aus erneuerbaren Energien, insbesondere in den windstarken Regionen an den Küsten und im Norden, fallen Stromerzeugung und Stromverbrauch räumlich zunehmend auseinander. Dies geht einher mit geänderten Stromflüssen innerhalb der Stromnetze. Außerdem steigt der Komplexitätsgrad der Netzsteuerung durch die Zunahme an kleinen dezentralen Anlagen und die damit verbundene fluktuierende Einspeisung.

Zur Bewältigung der wachsenden Komplexität des Energiesystems werden entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Energiewirtschaft Möglichkeiten der Digitalisierung und Automatisierung von Prozessen genutzt [1].

Insbesondere die stark wachsenden Datenmengen erfordern eine moderne Informations- und Kommunikationstechnologie und eine digitale Vernetzung auch zwischen den Wertschöpfungsstufen (vgl. ► *Abbildung 2*). Im Fokus steht deshalb die Nutzbarmachung von Daten, auch in Echtzeit. Das ermöglicht zum einen bessere Prognosen zu erstellen, Anlagen auf dieser Basis zu steuern und somit auch Flexibilität für das Gesamtsystem verfügbar zu machen.

Abbildung 1
Stromproduktion in Deutschland in der KW 43-2017 (in GW)



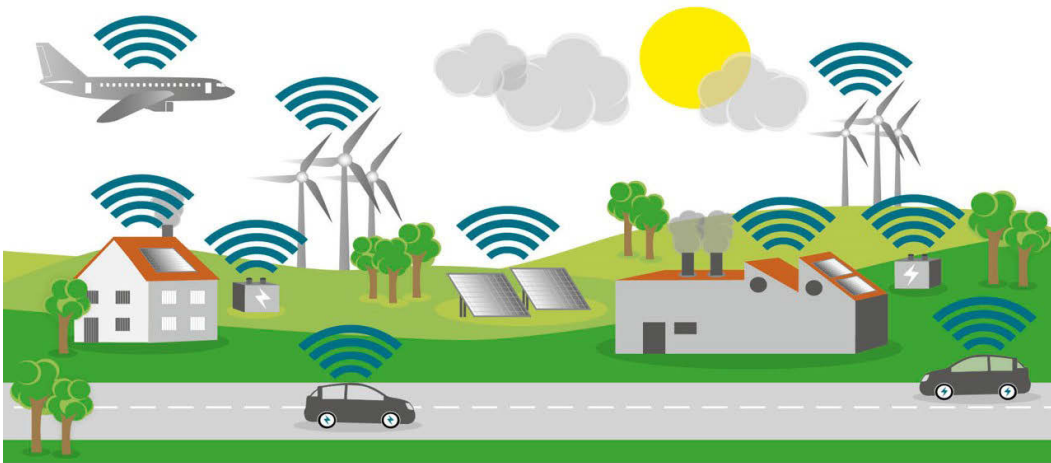


Abbildung 2

Verbreitung von Sensoren
zur Unterstützung der Steuerung des Energiesystems

Zum anderen ermöglicht die Nutzung von Daten Anwendungen im Anlagenbereich der Erzeugung und der Netze, bspw. „Predictive Maintenance“.

Um sich nun auf die neuen Herausforderungen in Bezug auf die Steuerung der Stromnetze in der Zukunft vorzubereiten und Lösungen entwickeln zu können, hat die TenneT vier Innovationsfelder im Kontext erneuerbarer Energien gebildet.

1. Im Cluster „Visibilität und Prognose“ geht es um eine verbesserte Darstellung von energie-relevanten Daten und deren Nutzung für die Prognose von Zuständen, Einspeisungen oder Verbräuchen.
2. Im Cluster „Flexibilität“ sollen neue Flexibilitätsquellen erschlossen werden, um den zunehmenden Bedarf sowie den Wegfall an Flexibilität aus Großkraftwerken kompensieren zu können.
3. Durch die Veränderungen bei den Erzeugungsanlagen und den Verbrauchseinheiten ergeben sich „Neue Netzstrukturen“.
4. Schließlich werden im letzten Cluster die Anpassungsbedarfe an das „Markt Design“ analysiert.

Durch den Einsatz von Sensorik im Zuge der Digitalisierung können Echtzeitdaten über den Zustand des Energiesystems und dessen Umwelt ermittelt werden. Beispielsweise können Fahrzeuge, Flugzeuge und mobile Sensoren lokale Wetterinformationen in Echtzeit übertragen, während intelligente Messgeräte Live-Daten zu Energiekonsum und -erzeugung bereitstellen. Alle diese Daten können dem Netzbetreiber bei der Steuerung der Netze helfen.

Diese Daten werden mit Hilfe von Algorithmen von der TenneT zu steuerungsrelevanten Informationen verarbeitet und in Prognosemodelle integriert, um die Systemkosten zu reduzieren.

Im Rahmen des Förderprojektes C/Sells als Teil von SINTEG (Schaufenster intelligente Energie –

Digitale Agenda für die Energiewende) wurde bspw. in einem Pilotprojekt gemeinsam mit dem Fraunhofer IEE der Nutzen aus mobilen Sensordaten für die Einspeisung von PV-Anlagen untersucht. Dabei wurden in der Testregion Braunschweig Messdaten von Helligkeitssensoren und Sonnenintensitätssensoren aus fahrenden Autos gesammelt, um die Solareinspeisung zu simulieren. Die Sensordaten übertragen dabei unter anderem die Sonneneinstrahlung, die Temperatur sowie die Fahrtrichtung und Position des Fahrzeuges. Aufgrund der Übertragungsrates liegen die Daten in einer hohen zeitlichen und räumlichen Auflösung vor und können die Berechnung der Solareinspeisung für ausgewählte Referenzanlagen verbessern.

Um den Wegfall von Systemdienstleistung aus den großen zentralen Kraftwerken und den damit verbundenen Verlust an Flexibilitätspotenzial zu kompensieren, müssen kleinere, dezentrale Anlagen sowie Speicher für die Systemdienstleistung erschlossen werden.

Das wachsende Flexibilitätspotenzial aus den dezentralen Anlagen wie z. B. durch die stärkere Durchdringung von Elektrofahrzeugen wird dabei zu virtuellen Kraftwerken zusammengefasst.

Neben der Entwicklung der Modelle zur Erschließung des Flexibilitätspotenzials werden die Rahmenbedingungen und Anreizmechanismen für kleine Anlagen geprüft. Dies soll durch die Nutzung intelligenter Technologien (u. a. Blockchain) unterstützt werden.

Wie bereits angedeutet, bieten mobile Speicher aus Elektrofahrzeugen bei zunehmender Marktdurchdringung ein stark wachsendes Flexibilitätspotenzial für Systemdienstleistungen. Hierfür wird die Wirkungsweise von Vehicle-to-Grid-Ansätzen in verschiedenen Use Cases untersucht und bewertet, inwieweit dieses zunehmende Potenzial genutzt werden kann.

Ein Use Case ist der Einsatz von Elektrofahrzeugen zum Redispatch. Dafür nehmen im Norden Fahrzeuge überschüssigen Strom aus Windkraftanlagen gesteuert auf, während im Süden gespeicherter Strom aus EV (Electric Vehicles) in das Netz eingespeist bzw. die Beladung unterbrochen wird. Durch die intelligente Be- und Entladung der Fahrzeuge können Netzengpässe gemanagt und die Nutzung der erneuerbaren Energien gesteigert werden.

Voraussetzung für die Nutzung der Flexibilität aus Elektrofahrzeugen ist, dass die Fahrzeuge genau dann, wenn ihre Flexibilität genutzt werden soll, nicht anderweitig benötigt werden und an eine Ladesäule angeschlossen sind. Zur Analyse dieser Fragestellung wurden von Schäuble et al. [2] drei Flottentests ausgewertet, bei denen im Wesentlichen elektrische Flotten- und Dienstfahrzeuge zum Einsatz kamen. Die Analysen zeigen, dass diese Elektrofahrzeuge den Großteil des Tages geparkt sind, zumeist allerdings an Orten, die (noch) keine Ladeinfrastruktur aufweisen, z. B. Arbeitsplätze oder auch Supermärkte (► *Abbildung 3*). Insofern gilt es die Verbreitung von Ladesäulen an diesen Orten zu steigern, um das Flexibilitätspotenzial nutzbar zu machen.

Eine weitere Fragestellung betrifft die Wertigkeit dezentraler Flexibilitäten für die Netzstabilität. In der Studie von Schermeyer, Vegara und Fichtner (2018) [3] und der Dissertation von Schermeyer (2018) [4]

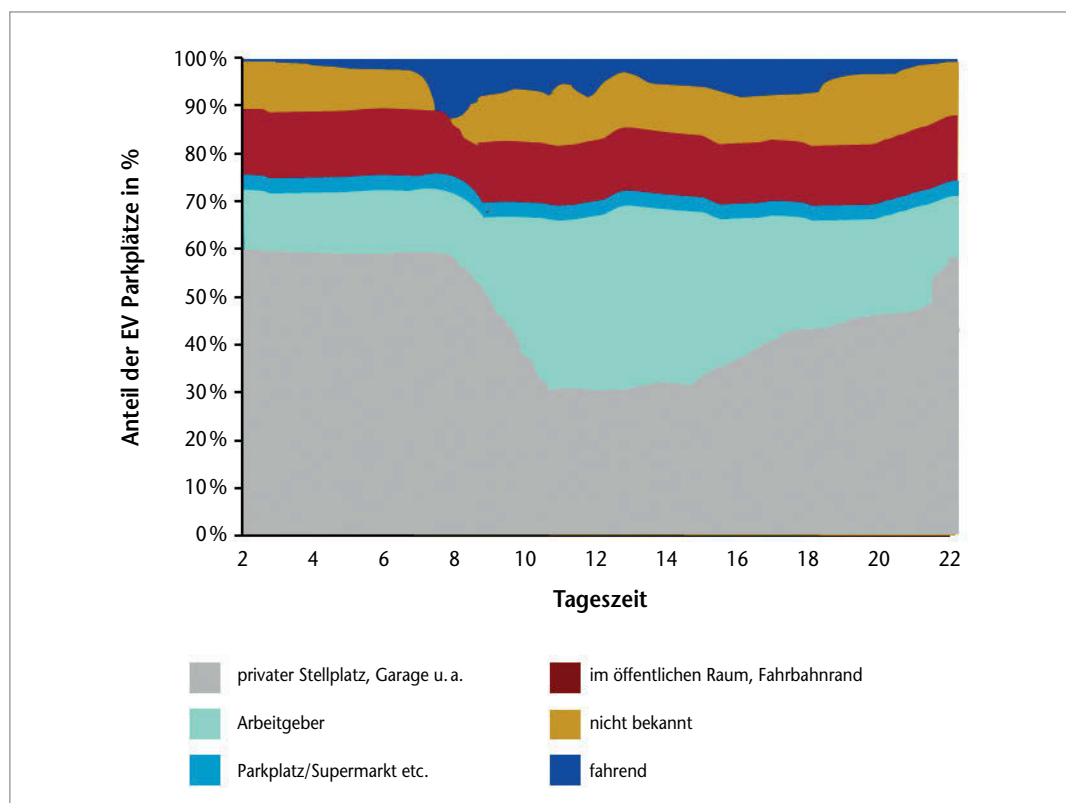
wurden mit einem modellgestützten Ansatz Engpasssituationen für ein norddeutsches Verteilnetz analysiert. Dabei wurde u. a. untersucht, ob durch Sektorenkopplung (Power-to-Heat) die aus netztechnischen Gründen erforderliche Abregelung von Windenergieanlagen reduziert werden kann.

In einer weiteren Studie wurde analysiert, inwieweit eine stärkere Durchdringung mit Photovoltaik- und Batteriesystemen aus Sicht des Übertragungsnetzbetreibers einen Beitrag zur Reduktion der Abregelung von erneuerbaren Energien leisten kann [5].

In diesen Studien zeigt sich sehr deutlich, dass Flexibilität nicht gleich Flexibilität ist, sondern deren Wert ganz wesentlich vom Standort der Flexibilität im Stromsystem abhängt.

Steuerbare Bioenergieanlagen können als Flexibilitätsoption im Übertragungsnetz genutzt werden, wenn diese regional einen Mindestanteil der erneuerbaren Leistung stellen. Die maßgeblich für die volatilen Erzeugungsschwankungen verantwortlichen Erzeugungsformen Windkraftanlagen und PV, sind räumlich sehr heterogen verteilt. Die bei bestimmten Witterungsbedingungen hieraus resultierenden räumlichen Ungleichgewichte im Übertragungsnetz können zu temporären Engpässen führen. Als Maßstab dafür, in welchem Umfang Bioenergieanlagen zum Engpassmanagement genutzt werden können,

Abbildung 3
Parksituationen von E-Autos
In Anlehnung an Schäuble et al. (2017) [2]



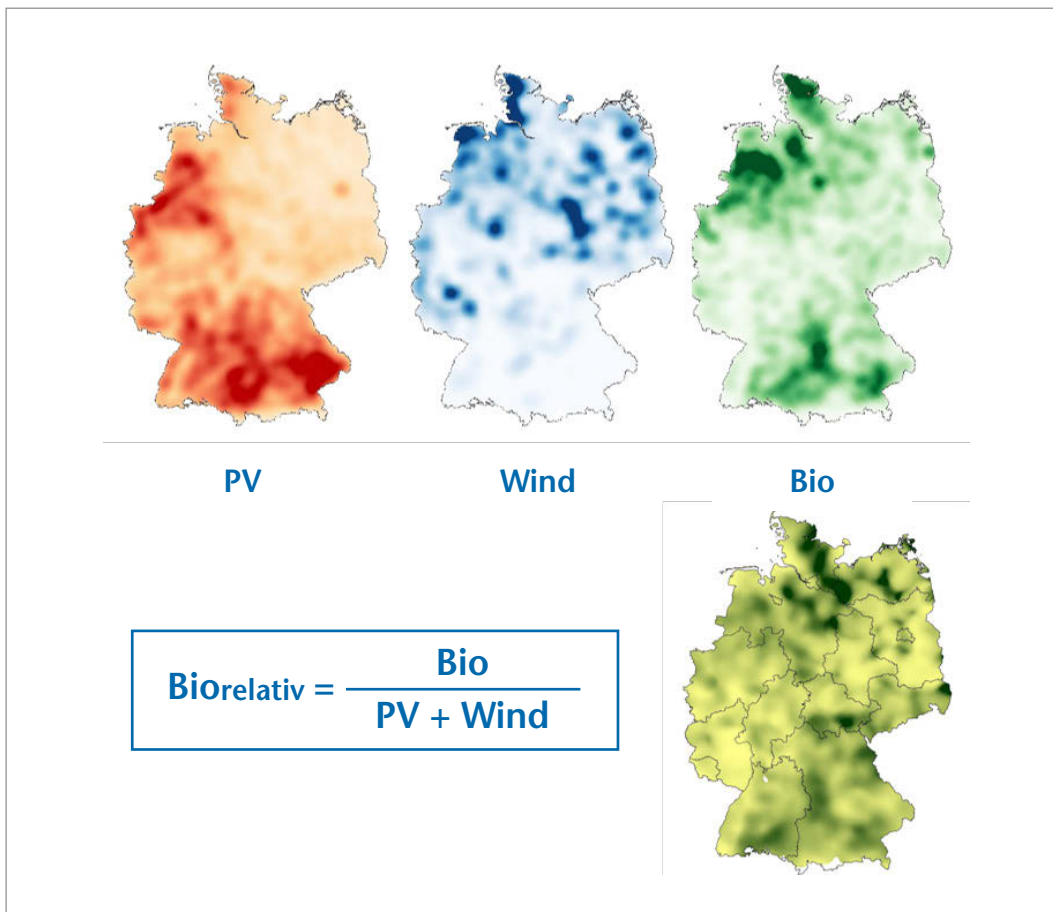


Abbildung 4

Regionale Bedeutung von Bioenergieanlagen als steuerbare Erzeuger

kann der Quotient aus der installierten Leistung der Bioenergie und der Summe der volatilen Einspeiseleistung herangezogen werden (► *Abbildung 4*). Im Ergebnis können Regionen identifiziert werden, in denen eine Bündelung von Anlagen zum Redispatch zielführend ist.

Schließlich kann durch die netzdienliche Ausgestaltung von Industrieprozessen, insbesondere Kühlen und Heizen, zusätzlich Flexibilitätspotenzial erschlossen werden. Bei der Sektorkopplung wird in Zeiten hoher Elektrizitätseinspeisung die vorhandene Überschussenergie zum Kühlen oder Heizen von Lageräumen und anderen Industrieanlagen eingesetzt und somit ein Beitrag zur Netzstabilität erbracht.

Die Energiewende stellt den Übertragungsnetzbetreiber vor große Herausforderungen. Zur Bewältigung untersucht die TenneT in verschiedenen Ansätzen neue Lösungsalternativen unter Berücksichtigung der Möglichkeiten der Digitalisierung. Dabei werden insbesondere neue Datenquellen und Flexibilitätspotenziale für die Systemführung erschlossen. Einen Schwerpunkt bilden mobile Speicher aus Elektrofahrzeugen. Um das wachsende Potenzial jedoch nutzen zu können, wird TenneT noch in weiteren Projekten Lösungsmöglichkeiten untersuchen und geeignete Konzepte in Produktsysteme überführen.

Quellenangaben

- [1] Vgl.: In Anlehnung an Forschungsradar Energiewende, Metaanalyse: Digitalisierung der Energiewende, Aug. 2018
- [2] Schäuble, J. et al. (2017): Generating electric vehicle load profiles from empirical data of three EV fleets in Southwest Germany. In: Journal of Cleaner Production 150, S. 253-266
- [3] Schermeyer, H.; Vergara, C.; Fichtner, W. (2018): Renewable energy curtailment: case study on today's and tomorrow's congestion management. In: Energy Policy 112, S. 427-436
- [4] Schermeyer, H.: Dissertation: Netzengpassmanagement in regenerativ geprägten Energiesystemen, KIT, 2018
- [5] Hebbeln, I.: Masterarbeit: Impact of different incentive schemes regarding the dispatch of batteries on the electricity grid and market, KIT, 2017