

Leistungsfähigkeit und Ausbaubedarf der Verteilnetze in Nordrhein-Westfalen

Ergänzung zum Gutachten vom 17. Dez. 2014



Autoren des Gutachtens

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Rehtanz
Dipl.-Wirt.-Ing. Jan Teuwsen
Dipl.-Wirt.-Ing. Volker Liebenau

Impressum

ef.Ruhr GmbH
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 20
D-44227 Dortmund

Technische Universität Dortmund
ie³ - Institut für Energiesysteme,
Energieeffizienz und Energiewirtschaft
Emil-Figge-Straße 70
D-44227 Dortmund

24. Juli 2015

Inhaltsverzeichnis

Kurzbericht.....	4
Endenergieverbrauch Strom in den Bundesländern.....	4
Freie Kapazität in Verteilnetzen.....	7
Schlussfolgerungen.....	12
Kritische Würdigung.....	15
Literaturverzeichnis.....	16
Faktenblatt.....	18

Kurzbericht

Im Folgenden werden in Ergänzung zum Gutachten „Leistungsfähigkeit und Ausbaubedarf der Verteilnetze in Nordrhein-Westfalen“ der ef.Ruhr, welches der Staatskanzlei NRW am 17.12.2014 vorgelegt wurde, weitere Aspekte zur Entwicklung der Verteilnetze in Nordrhein-Westfalen und ganz Deutschland diskutiert.

Im Fokus stehen dabei der Endenergieverbrauch Strom und die Situation der Verteilnetze in den deutschen Bundesländern, sowie Schlussfolgerungen hinsichtlich der Integration von Erneuerbaren Energien in Verbindung mit resultierenden Kosten für die Netzentwicklung und die Betriebssicherheit der Verteilnetze. Ein Ausblick auf die Netzentgeltthematik schließt den Bericht ab.

Endenergieverbrauch Strom in den Bundesländern

Das Bundesland Nordrhein-Westfalen ist mit etwa 17,5 Millionen Einwohnern das bevölkerungsreichste Bundesland der Bundesrepublik Deutschland [1]. Zudem ist Nordrhein-Westfalen das Bundesland mit der höchsten Wirtschaftsleistung. Es trägt einen Anteil von etwa 22,1 % zum deutschen Bruttoinlandsprodukt bei, gefolgt von Bayern mit 17,4 % und Baden-Württemberg mit 14,5 % [2].

Aufgrund der hohen Bevölkerungszahl und der hohen Wirtschaftsleistung weist Nordrhein-Westfalen mit etwa 122 TWh den größten Endenergieverbrauch im Stromsektor auf, wie in Abbildung 1 im Vergleich mit anderen Bundesländern dargestellt ist. Dies entspricht einem Anteil von 23,8 % des deutschen Endenergieverbrauchs Strom. [3]

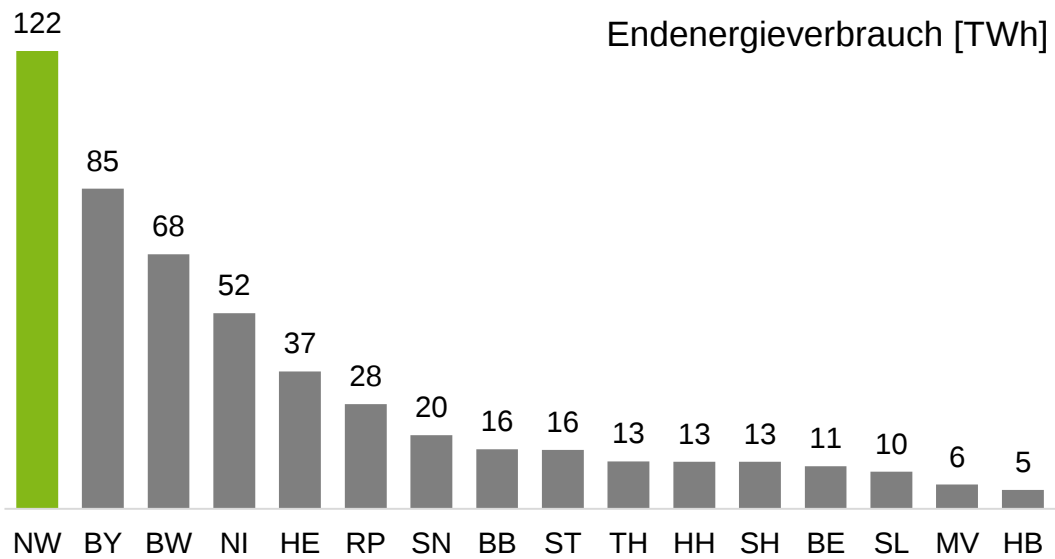


Abbildung 1

Endenergieverbrauch Strom in den deutschen Bundesländern im Vergleich [3]

Der gesamte Endenergieverbrauch Strom in einem Bundesland kann als Indikator für die Belastbarkeit des dort installierten Verteilnetzes angesehen werden. In der Vergangenheit bestand die Aufgabe elektrischer Verteilnetze primär in der Verteilung der über die Übertragungsnetze in die Verteilnetze eingespeisten Leistung zum Endverbraucher. Folglich war die elektrische Last der relevante Parameter bei der Auslegung von Verteilnetzen.

In den Abbildungen 2 und 3 sind ergänzend zum gesamten Endenergiebedarf Strom der auf einen Einwohner bzw. einen Quadratkilometer bezogene Endenergiebedarf Strom in den deutschen Bundesländern dargestellt. Bei der Interpretation ist zu beachten, dass einige Bundesländer in Deutschland eine starke städtische Prägung aufweisen, während andere Bundesländer sich hingegen aus städtischen und ländlichen Strukturen zusammensetzen. Die Einteilung von Gemeinden in städtische, halbstädtische und ländliche Gemeinden folgt der Definition EU-Stadt-Landgliederung aus [8]. Im Vergleich mit anderen Bundesländern ist der bezogene Endenergiebedarf Strom in Nordrhein-Westfalen ebenfalls überdurchschnittlich hoch. In stark städtisch geprägten Bundesländern ist der bezogene Endenergiebedarf Strom noch höher.

Im Rahmen der Energiewende werden zunehmend kleine Energieumwandlungsanlagen basierend auf erneuerbaren Energiequellen in den Verteilnetzen angeschlossen, so dass sich die grundle-

gende Aufgabe der Verteilnetze und resultierend auch der Netzbetrieb und die Planungsphilosophie der Verteilnetzbetreiber ändern. Aus dem Vergleich der absoluten und bezogenen Indikatoren hinsichtlich des Endenergieverbrauchs Strom in den deutschen Bundesländern folgt die Hypothese, dass in Nordrhein-Westfalen ein im Grundsatz leistungsstarkes Verteilnetz vorzufinden ist. Die Integration von Erneuerbaren Energien sollte somit vergleichsweise kostengünstig realisierbar sein.

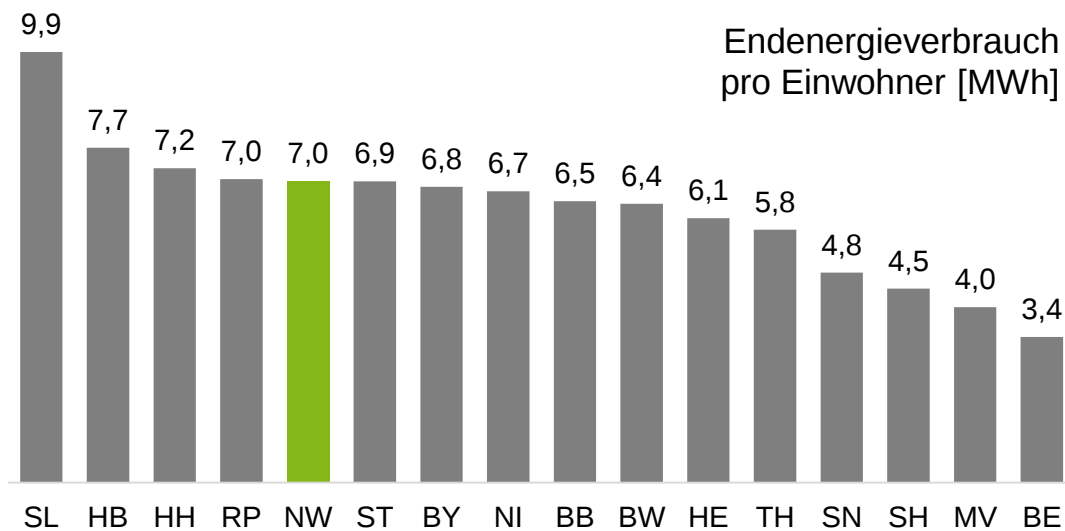


Abbildung 2

Endenergieverbrauch Strom pro Einwohner in den deutschen Bundesländern im Vergleich [2] [3]

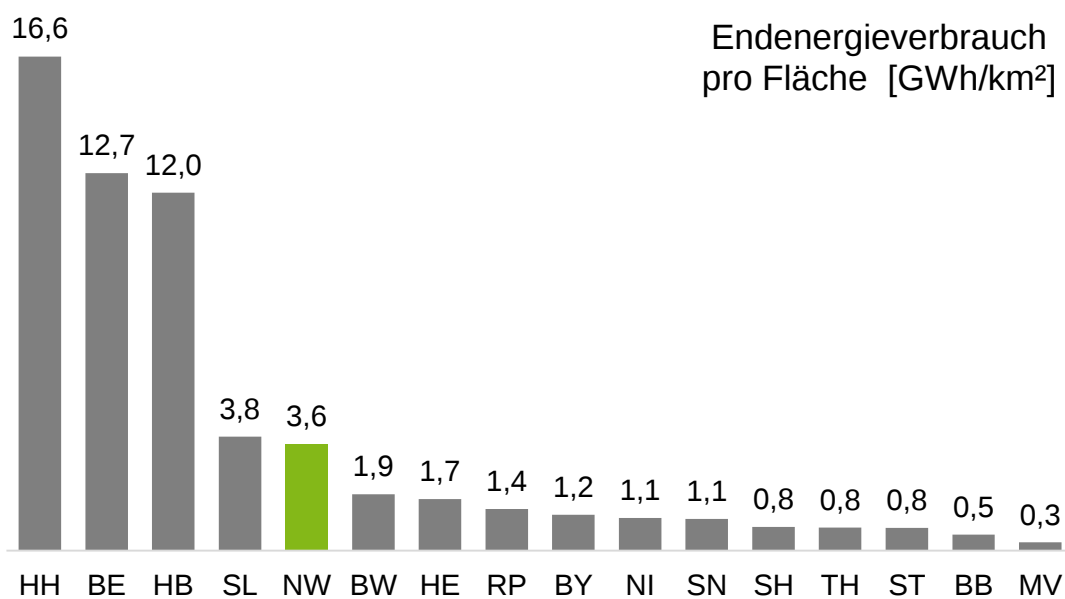


Abbildung 3

Endenergieverbrauch Strom pro Fläche in den deutschen Bundesländern im Vergleich [3] [4]

Freie Kapazität in Verteilnetzen

Im Gutachten „Leistungsfähigkeit und Ausbaubedarf der Verteilnetze in Nordrhein-Westfalen“ wird die freie Verteilnetzkapazität in Nordrhein-Westfalen ausgewiesen.

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse in überarbeiteter Form zusammengefasst. Dabei wird für Windenergie- und Photovoltaikanlagen zunächst der auf technischen Potenzialflächen noch realisierbare Leistungszubau ausgewiesen [5] [6]. Nicht erschließbare Flächen und Potenzialflächen, die bereits von Bestandsanlagen [7] verwendet werden, sind folglich nicht inbegriffen. Anschließend werden je Erzeugungstechnologie der Leistungswert und der relative Anteil der auf den Potenzialflächen noch realisierbaren Leistung angegeben, der von den Verteilnetzen ohne zusätzliche Kosten für Netzerweiterungsmaßnahmen noch aufgenommen werden kann.

Die Werte werden getrennt für städtische, halbstädtische und ländliche Gebiete angegeben. In allen Fällen wird das Verteilnetzpotenzial zunächst durch Windenergieanlagen genutzt. Die Restkapazität steht dann Photovoltaikanlagen zur Verfügung. Konservativ wird davon ausgegangen, dass Windenergieanlagen und Photovoltaikanlagen die Mittelspannungs- und Hochspannungsebene und Photovoltaikanlagen zusätzlich noch die Niederspannungsebene belasten.

Tabelle 1 Aufnahmepotenzial der Verteilnetze in städtischen, halb-städtischen und ländlichen Gebieten in Nordrhein-Westfalen

	Städtisch	Halbstädtisch	Ländlich	Summe
Windenergieanlagen				
Flächenpotenzial	1.075 MW	11.625 MW	13.818 MW	26.519 MW
inkl. Netzpotenzial	1.005 MW	5.507 MW	2.548 MW	9.059 MW
Anteil	93%	47%	18%	34%
Photovoltaikanlagen				
Flächenpotenzial	26.351 MW	44.196 MW	13.960 MW	84.507 MW
inkl. Netzpotenzial	5.256 MW	3.111 MW	549 MW	8.916 MW
Anteil	20%	7%	4%	11%

Aus der Auswertung wird ersichtlich, dass die Verteilnetze in städtischen Gebieten den größten Anteil des noch realisierbaren Leistungspotenzials aufnehmen können. Konkret können 93 % des noch realisierbaren Leistungspotenzials von Windenergieanlagen und 20 % des noch realisierbaren Leistungspotenzials von Photovoltaikanlagen in die Netze integriert werden. Dies entspricht etwa 1 GW Leistung an Windenergieanlagen und 5,3 GW Leistung an Photovoltaikanlagen in städtischen Gebieten in Nordrhein-Westfalen. Auch in den halbstädtischen Gebieten lässt sich noch ein nennenswerter Anteil in den Verteilnetzen installieren, bevor Netzerweiterungsmaßnahmen notwendig werden. Das geringste anteilige Aufnahmepotenzial weisen ländliche Verteilnetze auf.

Im Gutachten „Leistungsfähigkeit und Ausbaubedarf der Verteilnetze in Nordrhein-Westfalen“ wird der Netzerweiterungsbedarf in Nordrhein-Westfalen für ein Leit- und ein Alternativszenario im Jahr 2025 bewertet. Dabei werden maximal 2,8 GW Leistung an Photovoltaikanlagen installiert. Aus Tabelle 1 wird ersichtlich, dass diese Leistung bei entsprechender Aufteilung auf leistungsstarke und leistungsschwache Netzgebiete ohne zusätzliche Kosten für Netzerweiterungsmaßnahmen in die Verteilnetze integrierbar ist. Der Zubau von Neuanlagen müsste also tendenziell verstärkt in städtischen und halbstädtischen Gebieten stattfinden. Aufgrund der Integration von Windenergieanlagen würde im Leitszenario ein Bedarf an Netzerweiterungsmaßnahmen entstehen, da die Zubauleistung in Höhe von 9,4 GW die Kombination aus Potenzialflächen und freier Verteilnetzkapazität leicht übersteigt. Im Alternativszenario beträgt die Zubauleistung an Windenergieanlagen lediglich 6,8 GW und wäre bei entsprechender Aufteilung ohne nennenswerte Erweiterungsmaßnahmen in die Verteilnetze integrierbar.

Damit wird deutlich, dass Verteilnetze in dicht besiedelten Gebieten ein höheres anteiliges Aufnahmepotenzial vorweisen als Netze in weniger dicht besiedelten Gebieten. Im Folgenden wird die im vorigen Kapitel aufgestellte Hypothese aufgegriffen, der Endenergieverbrauch Strom in einem Bundesland sei ein Indiz für die Belastbarkeit der Netze in den entsprechenden Bundesländern. Hierzu ist in Abbildung 4 eine Korrelationsanalyse zwischen den Flächen der städtischen, halbstädtischen und ländlichen Gemeinden [8] und dem Endenergiebedarf Strom [3] der Bundesländer abgebildet.

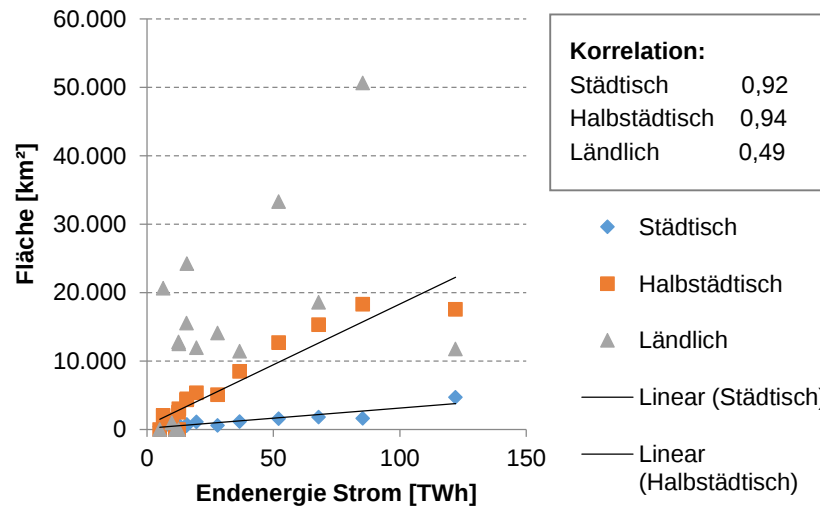


Abbildung 4

Korrelationsanalyse der Flächen städtischer, halbstädtischer und ländlicher Gemeinden und dem Endenergiebedarf Strom der Bundesländer (eigene Abbildung, Daten aus [3] [8])

Die Korrelation zwischen der Fläche städtischer Gemeinden sowie der Fläche halbstädtischer Gemeinden und dem Endenergiebedarf Strom ist hoch, wohingegen die Fläche ländlicher Gemeinden und der Endenergiebedarf Strom nur eine geringe Korrelation aufweisen. Folglich kann basierend auf diesen Zusammenhängen und dem Wissen, dass städtische und halbstädtische Gebiete eine hohe freie Verteilnetzkapazität aufweisen, der Endenergiebedarf Strom eines Bundeslands als Indikator für die Netzkapazität angenommen werden.

In Abbildung 5 wird diese neue Erkenntnis genutzt und mit der aktuellen [9] und einer abgeschätzten zukünftigen Energiebereitstellung von Windenergie- und Photovoltaikanlagen in jedem Bundesland in Relation gesetzt. Die Abschätzung der zukünftigen Einspeisemenge basiert auf der zukünftig installierten Leistung an Windenergie- und Photovoltaikanlagen und heute auftretenden Vollbenutzungsstunden in den Bundesländern aus [10].

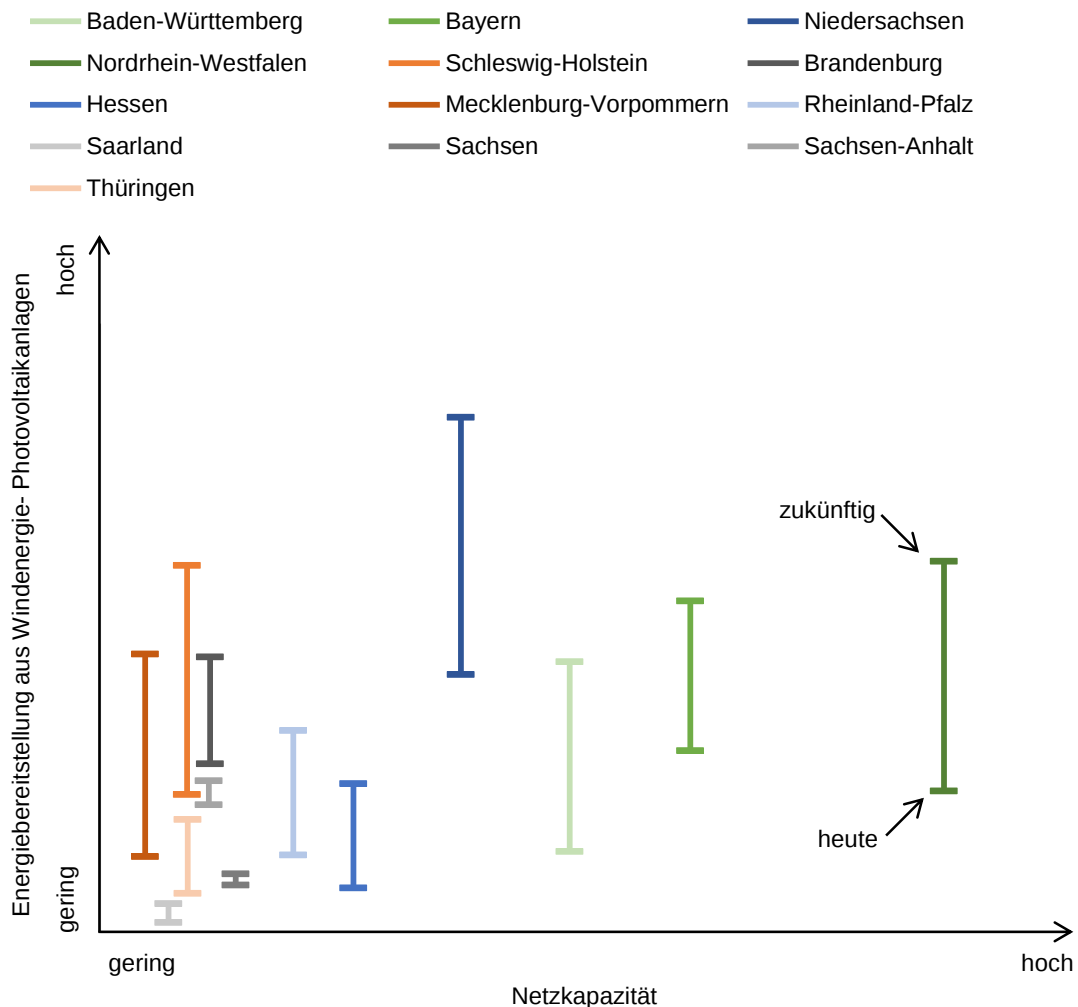


Abbildung 5 Netzkapazität in Relation zur Energiebereitstellung von Windenergie- und Photovoltaikanlagen heute und in Zukunft

Aus Abbildung 1 und 5 wird deutlich, dass Nordrhein-Westfalen, Bayern und Baden-Württemberg die leistungsstärksten Verteilnetze besitzen, wohingegen die Verteilnetze in Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein und Thüringen am wenigsten belastbar sind. Die Stadtstaaten wurden bei der Auswertung aufgrund ihrer geringen Größe nicht berücksichtigt. Gleichzeitig fällt auf, dass der Zubau von Windenergie- und Photovoltaikanlagen entsprechend der Meldungen der Bundesländer bei der Abstimmung des Szenariorahmens 2025 [10] nicht in Relation zur Belastbarkeit der Verteilnetze in den Bundesländern steht. So wird die Energiebereitstellung aus Windenergie- und Photovoltaikanlagen in Mecklenburg-Vorpommern, einem Bundesland mit einem leistungsschwachen Verteilnetz, um etwa 12 TWh erhöht. Im Vergleich dazu wird in Nordrhein-Westfalen die Energiebereitstellung dieser Technologien um

etwa 13 TWh erhöht. Nordrhein-Westfalen hingegen besitzt ein leistungsstarkes Verteilnetz.

In der dena-Verteilnetzstudie [11] wird der Netzerweiterungsbedarf je Bundesland ausgewiesen. Berechnet man den Netzerweiterungsbedarf pro GW installierter Leistung an Windenergie- und Photovoltaikanlagen in Bundesländern mit leistungsstarken und leistungsschwachen Verteilnetzen und vergleicht die Ergebnisse, ergibt sich die folgende Relation. In den Bundesländern Nordrhein-Westfalen, Bayern und Baden-Württemberg mit leistungsstarken Verteilnetzen betragen die Kosten für Netzerweiterungsmaßnahmen im Mittel etwa 300 Mio. € pro GW. In den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein und Thüringen mit leistungsschwachen Netzen liegt dieser Wert hingegen bei etwa 512 Mio. € pro GW. Die Kosten für Netzerweiterungsmaßnahmen pro GW installierter Leistung an Windenergie- und Photovoltaikanlagen sind in Gebieten mit leistungsschwachen Netzen also etwa 70 % höher als in Gebieten mit leistungsstarken Netzen. Wie zuvor basierend auf den Ergebnissen des Gutachtens „Leistungsfähigkeit und Ausbaubedarf der Verteilnetze in Nordrhein-Westfalen“ bereits angedeutet, lässt sich der Ausbaubedarf durch zielgerichtete regionale Verteilung der Anlagenleistung voraussichtlich noch reduzieren.

Die BMWi-Verteilernetzstudie [12] unterstützt die Aussage der dena-Verteilnetzstudie in der Tendenz. Der dort ausgewiesene Netzerweiterungsbedarf für die Regionen Nord, Süd, Ost und West entspricht in Relation in etwa dem in der dena-Verteilnetzstudie ausgewiesenen Ausbaubedarf. Für die Region West prognostiziert die BMWi-Verteilernetzstudie sogar einen noch geringeren Bedarf an Netzerweiterungsmaßnahmen als die dena-Verteilnetzstudie. Grundsätzlich unterstützen die Verteilnetzstudien der dena und des BMWi also die Rückschlüsse, die zuvor aus den Ergebnissen des Gutachtens für die Staatskanzlei NRW abgeleitet wurden.

Anhand von Indikatoren wurde dargelegt, dass der Zubau von Erneuerbaren Energien in dicht besiedelten Gebieten hinsichtlich der resultierenden Kosten für Netzerweiterungsmaßnahmen vorteilhaft ist. Ein Zubau an Anlagenleistung in weniger dicht besiedelten Gebieten bringt die Verteilnetze schneller an ihre Belastungsgrenze und erzwingt somit vergleichsweise schnell den Bedarf an Netzerweiterungsmaßnahmen.

Schlussfolgerungen

Aus dem Erweiterungsbedarf der deutschen Verteilnetze resultiert ein Anstieg der Netznutzungsentgelte, anhand derer die Kosten für die Netzerweiterungsmaßnahmen anteilig auf die Netznutzer im Netzgebiet des jeweiligen Netzbetreibers umgelegt werden. In der BMWi-Verteilernetzstudie wird ausgewiesen, dass die Netzentgelte in den Regionen in Nord- und Ostdeutschland bis zu viermal so stark ansteigen als in Regionen in Westdeutschland [12]. Aus diesem Grund werben nördlich und östlich gelegene Bundesländer für ein bundeseinheitliches Netzentgelt. Ein solches Instrument würde eine Umlage der regionalen Kosten für Netzerweiterungsmaßnahmen im Verteilnetz auf alle Netznutzer in Deutschland forcieren. Inwieweit dieses Vorgehen verursachungsgerecht ist und den politischen Leitlinien entspricht, steht allerdings zur Diskussion. Denn den zusätzlichen Kosten für die Netznutzer stehen positive Effekte bspw. durch regionale Arbeitsnachfrage und Gewerbeeinnahmen gegenüber. Zudem ist zu bedenken, dass die Kosten für Netzerweiterungsmaßnahmen im Rahmen der Netzentgeltthematik nur ein Bestandteil der Diskussion sind und dieser folglich nicht vollumfänglich gerecht werden. Ebenfalls sind bspw. Bevölkerungsschwund und –zuwachs oder die Systematik vermiedener Netzentgelte von großer Relevanz.

Soll der Anstieg der Netznutzungsentgelte in diesen Regionen reduziert werden, so kann dies Einzelfallabhängig anhand der gezielten Nutzung freier Verteilnetzkapazität erreicht werden. Da elektrische Verteilnetze in der Vergangenheit auf die regional auftretende Last ausgelegt wurden, weisen Verteilnetze in städtisch und halb-städtisch geprägten Regionen größere Kapazitäten zur Aufnahme von Erneuerbaren Energien auf als in ländlich geprägten Regionen. Bei der Integration von Erneuerbaren Energien in ländliche Netze werden die Kapazitätsgrenzen schnell erreicht und es resultiert ein Netzausbaubedarf. Die Netznutzer würden diesbezüglich unverhältnismäßig belastet, da als Alternative auch die Installation neuer Anlagenleistung in städtischen Gebieten besteht. Dies wurde zuvor am Beispiel der Aufnahmefähigkeit der Verteilnetze in Nordrhein-Westfalen gezeigt. Insofern kann gezielt dafür gesorgt werden, dass Erneuerbare Energien bevorzugt in Netzgebieten mit hohen Kapazitäten installiert werden. Dort gelegene nutzbare Flächen müssten

somit gegenüber nutzbaren Flächen in leistungsschwächeren Netzgebieten bevorzugt verwendet werden.

Das bedeutet am Beispiel der Photovoltaikanlagen, dass diese bevorzugt auf Dachflächen in besiedelten Gebieten und nicht auf Scheunendächern in ländlichen Gebieten installiert werden müssen. Wenn Photovoltaikanlagen als Freiflächenanlagen geplant werden, sind bevorzugt lastnah gelegene Konversionsflächen zu nutzen, bspw. brach liegende Militär-, Industrie- oder Gewerbeflächen. Da sich die Einspeisemenge von Photovoltaikanlagen in verschiedenen Regionen nicht wesentlich unterscheidet, ändert sich der Energieertrag der Anlagen aufgrund der regionalen Neuordnung nur geringfügig. Die Potenziale von Photovoltaikanlagen variierten deutschlandweit im Jahr 2013 um ca. 150 Vollbenutzungsstunden im Bundeslanddurchschnitt [9]. Der durch den Zubau von Photovoltaikanlagen bedingte Netzausbaubedarf kann aufgrund der großen Flächenpotenziale und der hohen Netzkapazität in dicht besiedelten Gebieten nahezu vollkommen vermieden werden. Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass unter dicht besiedelten Gebiete nicht zwangsläufig städtisch geprägte Gebiete zu verstehen sind. Auch die Installation einer Photovoltaikanlage im Dorfzentrum anstatt auf dem abgelegenen Bauernhof kann die Notwendigkeit von Netzerweiterungsmaßnahmen stark reduzieren. Allerdings ist die freie Verteilnetzkapazität in kleinen Dörfern wesentlich geringer als in Städten und Großstädten, so dass Ballungsräume insgesamt ein größeres Gesamtpotenzial aufweisen.

Bezüglich der Energiebereitstellung von Windenergieanlagen ist die regionale Verortung von größerer Bedeutung, da die Potenziale sich regional stärker unterscheiden und der Effekt mehr als viermal so groß ist als bei Photovoltaikanlagen. Die Energieertragspotenziale von Windenergieanlagen variierten deutschlandweit im Jahr 2013 um ca. 660 Vollbenutzungsstunden [9]. Dennoch könnte auch hier eine Minderung der Netzausbaukosten durch die bevorzugte Nutzung von lastnahen Gebieten mit hoher freier Verteilnetzkapazität realisiert werden. Dies kann zunächst bedeuten, dass in jeder Region Potenzialflächen in Verteilnetzen mit hoher freier Kapazität bevorzugt verwendet werden. In Gebieten mit hohem Ertragspotenzial im Norden und Osten Deutschlands können Netzerweiterungsmaßnahmen beim Anschluss von Windenergieanlagen bereits reduziert werden, wenn der Abstand zum nächstgelegenen Übertragungs-

netzknotten bei der Standortwahl als Nebenbedingung berücksichtigt wird. Unter Umständen ist auch die Planung neuer Anschlusspunkte an das Übertragungsnetz eine Option (wie dies bereits heute bei Windenergieparks die Praxis ist). Damit könnte verhindert werden, dass Verteilnetze in abgelegenen Regionen die Aufgabe der Übertragungsnetze übernehmen, für welche sie nicht ausgelegt sind (vgl. [11]).

Durch die zuvor beschriebenen Maßnahmen, nämlich den Zubau von Erneuerbaren Energien unter der Berücksichtigung der freien Verteilnetzkapazität, kann die Problematik der regional verschiedenen Netzentgelte vermindert werden. Eine bundeslandübergreifende Subventionierung von regionalen Verteilnetzausbaumaßnahmen wäre somit gar nicht erst notwendig und würde eine kontroverse Auseinandersetzung über ein einheitliches Netzentgelt im Verteilnetzbereich im Ansatz vermeiden.

Kritische Würdigung

Für die Erstellung dieser Kurzstudie mussten vereinfachende Annahmen getroffen werden, die in Hinblick auf die Zielstellung eine qualitative Aussage zulassen. Aus den Verteilnetzstudien der dena und des BMWi wird deutlich, dass sich der Ausbaubedarf in den Verteilnetzen regional und in den Spannungsebenen unterscheidet. Im Rahmen dieser Kurzstudie wurde mit Indikatoren gerechnet, welche die Netzsituation in den einzelnen Gemeinden nicht exakt aber typisiert und somit in der Tendenz abbilden.

Bei der Abschätzung der noch in die Verteilnetze integrierbaren Leistung unter Berücksichtigung vorhandener Potenzialflächen kann die Überdeckung der Potenzialflächen mit der freien Netzkapazität der jeweiligen Verteilnetze nicht exakt bestimmt werden. Hierbei wird davon ausgegangen, dass diese Überdeckung existiert. Die Potenziale werden daher bezogen auf die jeweils betrachteten Verteilnetze tendenziell überschätzt.

Die Kosten zur Integration von Erneuerbaren Energien können keinesfalls vollständig vermieden werden. Selbst wenn keine Kosten für Netzerweiterungsmaßnahmen entstehen, so resultieren bereits durch die Bearbeitung der Netzanschlussbegehren und der Netzanträge Kosten seitens der Verteilnetzbetreiber. Zudem werden technisch realisierbare Potenziale ausgewiesen. Aspekte wie die Akzeptanz der Installation von Windenergieanlagen in städtischen und halbstädtischen Gebieten werden nicht berücksichtigt.

Literaturverzeichnis

- [1] Statistisches Bundesamt; *80,5 Millionen Einwohner am Jahresende 2012 – Bevölkerungszunahme durch hohe Zuwanderung*; Pressemitteilung Nr. 283 vom 27.08.2013
- [2] Arbeitskreis "Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder im Auftrag der Statistischen Ämter der 16 Bundesländer, des Statistischen Bundesamtes und des Bürgeramtes, Statistik und Wahlen, Frankfurt a. M.; *Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in den kreisfreien Städten und Landkreisen der Bundesrepublik Deutschland 2008 bis 2010 Reihe 2, Band 1*; August 2011
- [3] Länderarbeitskreis Energiebilanzen; *Endenergieverbrauch nach Energieträgern in Terajoule (2012)*; (Stand 23.07.2015)
- [4] Statistisches Bundesamt; *Bundesländer mit Hauptstädten nach Fläche, Bevölkerung und Bevölkerungsdichte am 31.12.2013*; Stand: 16.10.2014
- [5] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen; *Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 1 – Windenergie, LANUV-Fachbericht 40*. Recklinghausen, Aktualisierte Fassung, Januar 2013
- [6] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen; *Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 2 – Solarenergie, LANUV-Fachbericht 40*. Recklinghausen, 2013
- [7] 50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TransnetBW GmbH, TenneT TSO GmbH; *EEG-Anlagenstammdaten zum 31.12.2012 Gesamtdeutschland*. Stand 31.12.2012; Online, Abruf: 05.11.2013, www.netztransparenz.de (ehemals www.eeg-kwk.net)
- [8] Statistisches Bundesamt; *Gemeindeverzeichnis, Gebietsstand: 31.12.2011*; September 2012
- [9] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.; *Foliensatz "Erneuerbare Energien und das EEG", Ausgabe 2015*; Mai 2015

- [10] 50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH; *Szenariorahmen für die Netzentwicklungspläne Strom 2015, Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber*; April 2014
- [11] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena); *Ausbau- und Innovationsbedarf der Stromverteilnetze in Deutschland bis 2030 (kurz: dena-Verteilnetzstudie)*. Berlin, 2012.
- [12] Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi); *Moderne Verteilernetze für Deutschland (Verteilernetzstudie)*; Abschlussbericht, 12.09.2014