

Einfluss dezentraler Erzeugung auf Verteilungsnetzstrukturen und Netzentgelte

Impact of decentralised generation on distribution network structures and network tariffs

Dr.-Ing. Wolfgang Fritz, CONSENTEC GmbH, Aachen, Deutschland, fritz@consentec.de

Dipl.-Ing. Christian Linke, CONSENTEC GmbH, Aachen, Deutschland, linke@consentec.de

Kurzfassung

Die Integration dezentraler Erzeugungsanlagen stellt erhöhte Anforderungen an die Auslegung von Stromverteilungsnetzen, kann teilweise aber auch eine kostensenkende Wirkung durch die Reduktion von Bezügen aus vorgelagerten Netzen haben. Diese gegensätzlichen Wirkungen sind im Einzelfall aufgrund lokaler Konzentration von Erzeugungsanlagen oft deutlich stärker ausgeprägt als eine Durchschnittsbetrachtung erwarten lässt. Der Beitrag erläutert die wesentlichen Wirkungszusammenhänge und ihren Einfluss auf Netzkosten und Netzentgelte auf der Grundlage aktueller Planungserfahrungen und Grundsatzuntersuchungen.

Abstract

The integration of decentralised generation causes increased requirements to the dimensioning of electricity distribution networks. At the same time, however, it can also lead to cost reductions as a consequence of the reduction of power flows from upstream distribution and transmission networks. Due to partly high local concentration of generation units, these opposed effects can be much more significant in single cases than an examination of average effects may suggest. This paper discusses the most important interdependencies and their effects on network cost and network tariffs, based on experience from recent network planning studies and fundamental investigations.

1 Einleitung

Durch die dynamische Entwicklung des Zubaus dezentraler Erzeugungsanlagen – insbesondere infolge der gesetzlichen Regelungen zur Einspeisevergütung von Strom aus regenerativen Quellen oder KWK-Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplung) – gewinnt die dezentrale Erzeugung zunehmende Bedeutung als Einflussfaktor bei der Planung von Stromverteilungsnetzen. Hierbei sind in den Niederspannungsnetzen vor allem Fotovoltaik-Anlagen, in den Mittelspannungsnetzen Windenergieanlagen und in beiden Spannungsebenen kleine bis mittlere KWK-Anlagen sowie Biomasse- und Biogas-Kraftwerke relevant. Größere Kraftwerke und Windparks werden an die Hochspannungsnetze angeschlossen, die ebenfalls überwiegend der Verteilung zuzurechnen sind.

Wie bereits in vielfältigen Untersuchungen festgestellt wurde, können dezentrale Erzeugungsanlagen nur in begrenztem Umfang ohne Ausbau- oder Umstrukturierungsmaßnahmen in die bestehenden Netze integriert werden. Soweit Änderungen der Netzstruktur erforderlich werden oder Netze von vornherein mit größeren Kapazitätsreserven für den späteren Zubau dezentraler Erzeugung ausgestattet werden, fallen neben den direkten Kosten für den Anschluss von Erzeugungsanlagen zusätzliche Netzkosten an. Hierbei spielt die örtliche Verteilung von Erzeugungsanlagen eine wesentliche Rolle: Während gleichmäßig und lastnah verteilte Anlagen oft ohne Auf-

wand in die Netze integriert werden können, kann eine starke räumliche Konzentration von Anlagen erheblichen Mehraufwand verursachen, bis hin zur Erfordernis eines Kapazitätsausbaus im Übertragungsnetz wie im Fall des erwarteten umfangreichen Zubaus von Onshore- und Offshore-Windparks in Norddeutschland.

Andererseits entlastet die dezentrale Erzeugung das Netz, soweit hierdurch erzeugungsnahe Lasten gedeckt werden können und so der Bezug aus überlagerten Netzen und von entfernten Erzeugungsanlagen reduziert wird. Dies kann sich positiv auf die Netzkosten auswirken, etwa durch Reduktion der Verlustkosten oder durch die Möglichkeit, ansonsten notwendige Ausbaumaßnahmen aufzuschieben.

Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die wesentlichen Auswirkungen des Zubaus dezentraler Erzeugungsanlagen auf Planung und Betrieb von Verteilungsnetzen und damit auf die Netzkosten. Dabei werden die folgenden Wirkungsmechanismen betrachtet:

- Einfluss auf die quasistationäre Spannungshaltung
- Bedarf nach zusätzlicher Transportkapazität im Verteilungsnetz
- Bedarf nach zusätzlicher Transportkapazität im Übertragungsnetz
- Entlastung vorgelagerter Netze durch lastnahe Erzeugung
- Einfluss auf Netzverluste

Hierbei werden nachfolgend nur Kosteneinflüsse auf das eigentliche Versorgungsnetz berücksichtigt, nicht die Kos-

ten der Errichtung des unmittelbaren Netzanschlusses von Erzeugungsanlagen. Es wird zudem davon ausgegangen, dass die praxisüblichen Anforderungen an Versorgungssicherheit und -qualität auch an Netze mit hohem Anteil dezentraler Erzeugung gestellt werden. Kostenwirkungen im Bereich der Systemdienstleistungen insbesondere durch den Einfluss dezentraler Erzeugung auf den Regelleistungs- und Regelleistungsbedarf werden hier nicht betrachtet.

Abschließend wird unter Berücksichtigung des deutschen Regulierungsrahmens diskutiert, wie sich diese Einflüsse auf die Höhe der Netzentgelte in den vom Zubau dezentraler Erzeugung betroffenen Netzen und in den übrigen Netzen auswirken.

Die Darstellung beruht auf exemplarischen Ergebnissen verschiedener Untersuchungen und verfolgt nicht den Anspruch, quantitative Anhaltspunkte für die Auswirkungen im Einzelfall zu geben. Die beispielhaften Ergebnisse sollen jedoch eine Einschätzung der Größenordnung der Auswirkungen ermöglichen.

2 Einfluss auf die quasistationäre Spannungshaltung

Bei der Diskussion des Einflusses dezentraler Erzeugung auf die quasistationäre Spannungshaltung sind zwei Anforderungen zu beachten:

- Gemäß EN 50160 darf die Spannung am Endkundenanschluss in der Niederspannungsebene (in 95% der Zeit) um max. $\pm 10\%$ um den Nennspannungswert von 400 V schwanken.
- Zusätzlich fordert die VDEW-Richtlinie „Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“, dass das Einschalten einer dezentralen Erzeugungsanlage am Endkundenanschluss in der Niederspannungsebene zu einer (quasistationären) Spannungsanhebung von maximal 3% führen darf. (Vor dem Hintergrund der zunehmenden Netzintegration von Erzeugungsanlagen sollte geprüft werden, ob diese über die Norm hinausgehende und oft auslegungsbestimmende Anforderung grundsätzlich und auch hinsichtlich des konkreten Grenzwerts von 3% zwingend aufrecht erhalten werden muss.)

Das Ausmaß des Einflusses dezentraler Erzeugungsanlagen auf die Spannungshaltung hängt von den Eigenschaften des Netzes, an den der Anschluss erfolgt, aber auch von den Eigenschaften der Erzeugungsanlagen und der angeschlossenen Lasten ab. Wesentlich sind hierbei:

- Die Länge und die elektrischen Eigenschaften (v. a. Impedanzen) der Stromleitungen, da hierdurch die Spannungsabsenkung bzw. die Spannungsanhebung bei gegebener Anschlussleistung bestimmt wird.
- Die Einspeisecharakteristik der Erzeugungsanlagen, da diese in Verbindung mit der Lastcharakteristik und der Anzahl der Verbraucher die Höhe des maximal zeitgleich auftretenden Stroms bestimmt.

Um zu untersuchen, ab welchem Umfang der installierten dezentralen Erzeugungsleistung die Spannungshaltung so

stark beeinflusst wird, dass die Netzdimensionierung hiervon bestimmt wird, wurden Lastflusssimulationen für einen typischen Niederspannungsabgang in einem städtischen Wohngebiet durchgeführt. Dabei wurde beispielhaft davon ausgegangen, dass sich die installierte Erzeugungsleistung gleichmäßig auf Fotovoltaik- und KWK-Anlagen verteilt. Außerdem wurde unterstellt, dass ausschließlich Haushalte zu versorgen sind. Die den Simulationen zu Grunde liegenden Last- und Erzeugungsprofile sind in **Bild 1** dargestellt. Dabei wurde der Einfluss der Jahreszeit auf die Erzeugungs- wie auch die Lastcharakteristik berücksichtigt.

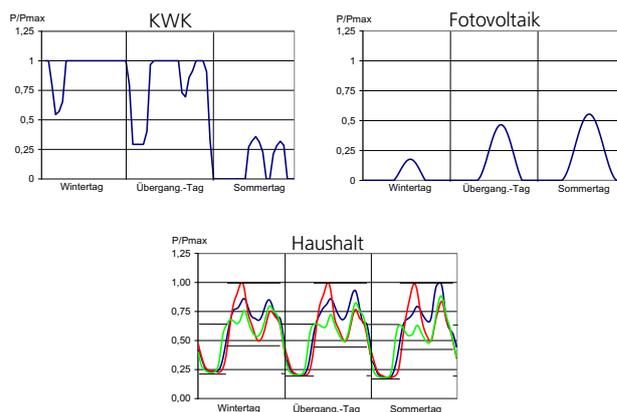


Bild 1 Last- und Erzeugungsprofile für die Analyse von Auswirkungen auf die Spannungshaltung

Als Ergebnis der Simulationen ist in **Bild 2** das sich an den Niederspannungs-Hausanschlüssen ergebende Spannungsband in Abhängigkeit von der Höhe der installierten Erzeugungsleistung im Verhältnis zur durchmischten Last (hier als DEA-Durchdringung bezeichnet) dargestellt. Dabei wird unterschieden zwischen dem Spannungsband, innerhalb dessen die Spannungswerte zu allen Zeitpunkten liegen, und dem Band, innerhalb dessen die Werte in 95% der Zeit liegen. Das letztgenannte Kriterium ist für die Einhaltung der o.g. Norm relevant. Um den Einfluss der Jahreszeit zu verdeutlichen, wird in der Darstellung unterschieden zwischen je einer typischen Sommer- und Winter-Situation. Desweiteren ist das maximal zulässige Spannungsband hier mit 6% angegeben. Dies resultiert aus der Überlegung, dass von den gemäß EN 50160 insgesamt zulässigen 20% Spannungsband ein Großteil für den Spannungsfall in der Mittelspannungs- und der Ortsnetzstationsebene sowie für die Stufung der Transformatoren zwischen Hoch- und Mittelspannungsebene vorgehalten werden muss. (Diese Vorgabe entspricht der individuellen Planungspraxis des hier betrachteten Netzbetreibers. Unter anderen Planungsprämissen und je nach den für die Spannungshaltung eingesetzten Techniken kann sich auch ein größeres zulässiges Spannungsband für das Niederspannungsnetz ergeben.)

Erwartungsgemäß nimmt das Spannungsband mit zunehmender Erzeugungsleistung zu. Dabei ist ein nahezu linearer Zusammenhang zwischen der Höhe der Erzeugungs-

leistung und dem Spannungsband zu erkennen, was auch der Erwartung entspricht. Interessanter ist die Feststellung, dass die Höhe des Spannungsbandes von der Jahreszeit abhängt: Im Sommer liegen die Werte innerhalb eines deutlich engeren Bandes als im Winter, was darauf zurückzuführen ist, dass die aus Spannungssicht relevanten Extremfälle „hohe Erzeugungsleistung und niedrige Last“ und „niedrige Erzeugungsleistung und hohe Last“ im Sommer weniger weit auseinander liegen als im Winter. Dies ist wiederum im Wesentlichen durch die vergleichsweise niedrige Erzeugungsleistung der KWK-Anlagen im Sommer zu erklären. Folglich ist für die Netzdimensionierung eine typische Winter-Situation zu Grunde zu legen.

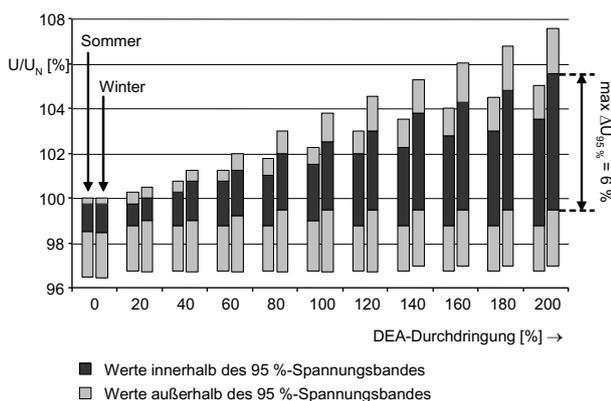


Bild 2 Ergebnisse von Lastflussimulationen zur Bestimmung des Spannungsbandes in Abhängigkeit von der installierten Erzeugungsleistung im Niederspannungsnetz

Bei der in diesem Beispiel gewählten Erzeugungsstruktur (Fotovoltaik- und KWK-Anlagen) und Gebietsstruktur (städtisches Wohngebiet) sind die Netze ab einer Erzeugungsleistung von 200% der durchmischten Höchstlast aus Gründen der Spannungshaltung stärker zu dimensionieren als ohne Erzeugungsleistung. In dünner besiedelten Versorgungsgebieten, in denen die Grenzen der Spannungshaltung bereits ohne dezentrale Erzeugung stärker ausgeschöpft sind oder sogar die Spannungshaltung das bindende Kriterium bei der Netzplanung darstellt, kann dieser Schwellenwert erheblich niedriger liegen (siehe Abschnitt 3, Ergebnisse einer Modellnetzanalyse für ein dörfliches Versorgungsgebiet).

3 Transportkapazität im Verteilungsnetz

Neben den Anforderungen an die Spannungshaltung kann auch der Bedarf an Transportkapazität für den Abtransport der dezentral erzeugten Energie Strukturänderungen in den Verteilungsnetzen erforderlich machen. Ein solcher Mehrbedarf an Transportkapazität tritt allerdings erst auf, wenn die Summe der installierten Erzeugungsleistung „hinter“ einem betrachteten Netzelement, also einer Leitung oder

einem Transformator, die bei der Auslegung dieses Netzelements zugrundegelegte Höchstlast der darüber versorgten Verbraucher übersteigt. Erst dann kann der maximale Leistungsfluss in Abtransport-Richtung höher sein als der maximale Fluss in Verbrauchsrichtung, wodurch die maximale Erzeugungsleistung zum auslegungsbestimmenden Faktor für die Transportkapazität des Netzelements wird.

Eine solche Situation ist jedoch nicht unrealistisch:

- In Netzbereichen mit geringer räumlicher Ausdehnung, also insbesondere in den Mittel- und Niederspannungsnetzen, sind die Erzeugungsleistungen von dargebots- oder wärmebedarfsabhängigen Erzeugungsanlagen oft stark korreliert, so dass die Gesamterzeugung der Summe der installierten Leistungen entsprechen kann. Gleichzeitig sind in kleinen Netzbereichen Situationen mit sehr geringer Summenlast, in denen die dezentral erzeugte Leistung fast vollständig in andere Netzbereiche abtransportiert werden muss, durchaus möglich.
- Aufgrund der geringen Benutzungsdauern insbesondere der dargebotsabhängigen Erzeugungsanlagen ergeben sich auch bei moderaten Lastdeckungsgraden durch dezentrale Erzeugung naturgemäß hohe Spitzenleistungen der dezentralen Erzeugung.
- Dezentrale Erzeugungsanlagen treten oft räumlich stark konzentriert auf, wie etwa auch in einer kürzlich veröffentlichten VDE-Studie festgestellt wurde [1]. Mitunter kann dies neben den unterschiedlichen Standortqualitäten auch auf einen „nachbarschaftlichen Nachahmefekt“ zurückgeführt werden. Dies hat beispielsweise ein süddeutscher Regionalnetzbetreiber festgestellt, in dessen Niederspannungsnetz in einzelnen Netzbezirken Fotovoltaik-Anlagen mit Summenleistungen von mehreren 100% der lokalen Höchstlast installiert sind.

Um die Auswirkungen einer solchen lokalen Überdeckung der Last durch dezentrale Erzeugung zu untersuchen, wurde beispielhaft für einen typischen dörflichen Netzbezirk eine Modellnetzanalyse durchgeführt. **Bild 3** zeigt die Ergebnisse dieser Untersuchung für eine Bandbreite der im Niederspannungsnetz installierten Erzeugungsleistung von 0 bis 500% der Höchstlast im betrachteten Netzbezirk. Das Diagramm stellt die jährlichen Netzkosten der jeweiligen Netzentwürfe dar, aufgeschlüsselt nach den Netzebenen Niederspannung, Ortsnetzstationen (ONS) und Mittelspannung. (Die Auswirkungen auf weitere überlagerte Netzebenen, in denen grundsätzlich sowohl ein Mehraufwand als auch eine Entlastung durch die dezentrale Erzeugung auftreten kann, wurden hier nicht betrachtet. Der potenziell entlastende Wirkungsmechanismus wird in Abschnitt 5 diskutiert.)

Als Maßstab zur Normierung der Kostengrößen wurden die Jahreskosten des Netzentwurfs für den Fall ohne dezentrale Erzeugung gewählt. Bei allen Netzentwürfen wurde eine Auslastungs-Reservemarge gleicher Höhe für beide Transportrichtungen berücksichtigt. Zudem wurde – der üblichen Planungspraxis entsprechend – unterstellt, dass für alle Netzentwürfe Betriebsmittel gleicher Dimensionierung, d. h. einheitliche Leitungs- und Transformatortypen, eingesetzt werden.

Aus den Untersuchungsergebnissen geht hervor, dass bereits ab einer Erzeugungsleistung von ca. 30% geringe Mehrkosten zu verzeichnen sind. Diese sind zunächst durch die zuvor diskutierten Auswirkungen der Erzeugungsanlagen auf die Spannungshaltung bedingt: Als Reaktion auf die Ausschöpfung eines Teils des zur Verfügung stehenden Spannungsbandes durch die Erzeugungsanlagen werden die Niederspannungsabgänge kürzer ausgelegt, so dass ein Mehraufwand an Leitungslänge für die Anbindung der Abgänge an die Ortsnetzstationen entsteht. Ab einer Erzeugungsleistung von 100% der Höchstlast tritt der deutlich stärker kostentreibende Effekt des Mehrbedarfs an Transportkapazität für den Abtransport der erzeugten Energie auf. Dieser Effekt ist in erster Linie durch den zunehmenden Bedarf an Umspannkapazität in den Ortsnetzstationen und damit – wegen der Verwendung einheitlicher Transformatortypen – der steigenden Zahl der Stationen bedingt. Mit der Stationszahl steigt zudem der Aufwand für deren Anbindung an das Mittelspannungsnetz an. Insgesamt ergeben sich erhebliche Mehrkosten von – in diesem Fall – mehr als 60% der Netzkosten der betrachteten Spannungsebenen bei einem Ausbau der dezentralen Erzeugung auf 500% der Höchstlast.

Ein solches Ausmaß an dezentraler Erzeugung ist heute sicherlich noch ein ungewöhnlicher Fall, der nur in eng begrenzten Netzbezirken auftritt. Andererseits ist die Modellnetzanalyse eine Grüne-Wiese-Betrachtung, die den zusätzlichen Aufwand für die Umstrukturierung eines bestehenden Netzes bei Netzausbaubedarf nicht berücksichtigt. Der dargestellte kostentreibende Effekt ist daher in der Praxis durchaus relevant.

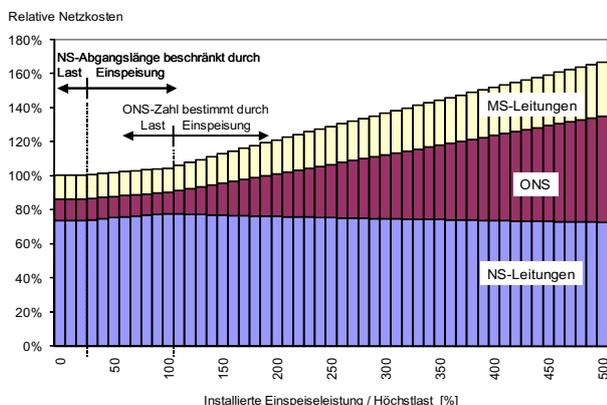


Bild 3 Ergebnisse einer Modellnetzuntersuchung der Netzkosten in Abhängigkeit von der installierten Erzeugungsleistung im Niederspannungsnetz in einem typischen dörflichen Versorgungsgebiet

4 Transportkapazität im Übertragungsnetz

Die zuvor diskutierte Auswirkung dezentraler Erzeugung auf die Netzdimensionierung durch Bedarf nach zusätzlicher Transportkapazität für den Energie-Abtransport kann

bei besonders starker Konzentration der Erzeugungsanlagen an lastfernen Standorten sogar im Übertragungsnetz auftreten. Bedingung hierfür sind allerdings Erzeugungskapazitäten, die kaum noch als dezentral im üblichen Sinne bezeichnet werden können.

Besonders deutlich hat dies die Diskussion über die Integration von Onshore- und Offshore-Windparks in das norddeutsche Übertragungsnetz gezeigt. Die von der Deutschen Energie-Agentur initiierte und verantwortete Netzstudie, die im Februar 2005 vorgestellt wurde, hat einen durch den Windenergieausbau bedingten Ausbaubedarf des Höchstspannungsnetzes von rund 850 Trassenkilometern allein bis 2015 identifiziert [2]. Zur Realisierung dieses Netzausbaus werden derzeit erhebliche politische Anstrengungen unternommen.

Bei entsprechend hoher Konzentration und Summenleistung können „dezentrale“ Erzeugungsanlagen somit Erweiterungen des Übertragungsnetzes bedingen, die in Art und Umfang mit dem Ausbaubedarf für die Netzintegration von Großkraftwerken an (neuen) lastfernen Standorten vergleichbar sind.

5 Entlastung vorgelagerter Netze

Den in den vorstehenden Abschnitten diskutierten kostentreibenden Wirkungen der dezentralen Erzeugung kann ein kostensenkender Effekt durch Zunahme der lastnahen Erzeugung entgegenwirken: Soweit die in ein Verteilungsnetz eingespeiste Energie dort zur Lastdeckung genutzt werden kann, werden die Bezüge aus vorgelagerten Netzen reduziert. Dies hat unmittelbare Auswirkungen auf die Netzverluste in den vorgelagerten Netzen und mittelbare Auswirkung auf deren Dimensionierung. Beispielsweise ist vorstellbar, dass Netzerweiterungen, die durch Lastzuwachs erforderlich werden, länger aufgeschoben oder sogar gänzlich erübrigt werden können.

Diesen qualitativ unzweifelhaften Zusammenhang, der häufig auch zur Rechtfertigung der Zahlung eines Entgelts für vermiedene Netzentgelte an Betreiber dezentraler Erzeugungsanlagen (siehe unten) herangezogen wurde, haben die Autoren vor einigen Jahren im Auftrag der österreichischen Regulierungsbehörde Energie-Control GmbH näher untersucht und grob quantifiziert [3, 4].

Diese Untersuchung hat allerdings gezeigt, dass der kostensenkende Effekt auch bei starkem Ausbau der dezentralen Erzeugung relativ schwach ist. **Bild 4** zeigt die ermittelten theoretischen Kostenreduktionspotenziale, wobei die zwei Ausbauszenarien „heute“ und „Zubau“ mit Deckungsgraden des Gesamtverbrauchs durch dezentrale Erzeugung von 16% bzw. 20% betrachtet werden.

Die theoretisch, d. h. nur im Zusammenhang mit Netzumstrukturierungs- und/oder -erneuerungsmaßnahmen realisierbaren Kostensenkungen liegen jeweils nur im kleinen einstelligen Prozentbereich und treten auch nur in wenigen Netzebenen auf, insbesondere in den Umspannebenen zwischen Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetz sowie im Hochspannungs-Leitungsnetz. Diese Potenziale sind zudem infolge verschiedener Abschätzungen und Vereinfachungen

chungen tendenziell überschätzt. Die in den Abschnitten 3 und 4 diskutierten kostentreibenden Effekte wurden in dieser Untersuchung gänzlich außer Betracht gelassen.

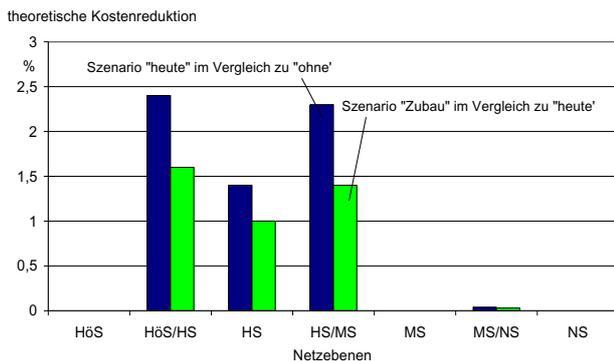


Bild 4 Theoretische Potenziale der Netzkostensenkung durch dezentrale Erzeugung gemäß einer Untersuchung für die Energie-Control GmbH

Für die auf den ersten Blick überraschend geringe kostensenkende Wirkung der dezentralen Erzeugung lassen sich verschiedene Gründe anführen:

- Die Netzkosten hängen bei gegebener Struktur eines Versorgungsgebiets nur relativ schwach von der Höchstlast ab, da für die Betriebsmittel in der Regel nur wenige Standarddimensionierungen eingesetzt werden und die Kosten eines Betriebsmittels bei weitem nicht proportional zu seiner Transportkapazität sind. (Diese Erkenntnis steht nicht im Widerspruch zu der Tatsache, dass die Auslegung eines Netzes von der zu deckenden Höchstlast bestimmt wird.)
- Die auslegungsrelevante Höchstlast wird durch dezentrale Erzeugung nicht um deren installierten Leistungsumfang reduziert, sondern nur um den Anteil der Erzeugungsleistung, der im Höchstlastzeitpunkt „sicher“ im Sinne der üblichen Kriterien für die Netzauslegung verfügbar ist. Dieser ist aufgrund von Einschränkungen der technischen Verfügbarkeit, der Einsatzcharakteristik und ggf. des Primärenergie-Dargebots in der Regel erheblich geringer als die Summe der installierten Leistungen.
- Die Entlastungswirkung für ein Netzelement hängt zudem davon ab, wie groß das Kollektiv der Erzeugungsanlagen in dem über dieses Netzelement versorgten Netzbezirk ist. Der „Leistungsnutzen“ eines Anlagenkollektivs, d. h. der Anteil der als sicher verfügbar zu betrachtenden Erzeugungsleistung an der installierten Gesamtleistung, hängt ganz wesentlich von der Zahl der Einzelanlagen in dem Kollektiv ab. Bei kleinen Kollektiven ist der Leistungsnutzen sehr gering. Dies bedeutet beispielsweise, dass ein Niederspannungs-Leitungsabgang, an den nur wenige Erzeugungsanlagen angeschlossen sind, auf die unverminderte Höchstlast ausgelegt werden muss, da nicht mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann, dass im Höchstlastzeitpunkt keine oder nur sehr geringe Erzeugungsleistung verfügbar ist.

6 Einfluss auf die Netzverluste

Neben den Auswirkungen auf die Gestaltung und Dimensionierung der Netze hat die dezentrale Erzeugung unmittelbaren Einfluss auf die Höhe der Netzverluste und damit die Kosten der Verlustdeckung. Auch dieser Effekt kann je nach Situation ein positives oder negatives Vorzeichen annehmen:

- Sofern die dezentral erzeugte Energie über mehr oder weniger große Distanzen abtransportiert werden muss und hierzu ggf. zusätzliche Transportkapazität im Verteilungs- oder Übertragungsnetz benötigt wird, ist in der Regel von zusätzlichen Netzverlusten auszugehen.
- Soweit die dezentrale Erzeugung hingegen vorwiegend zur lokalen Lastdeckung beiträgt und die Bezüge aus vorgelagerten Netzen reduziert, kann sie zur Verlustreduktion im Nahbereich des Anschlusses und in den vorgelagerten Netzen beitragen.

In beiden Fällen hängt die Höhe der Verluständerung stark vom Erzeugungsprofil und der Vorbelastung der Netze ab, so dass eine pauschale Aussage kaum möglich ist. Generell scheinen die hiermit verbundenen Auswirkungen auf die Netzkosten aber eine Größenordnung unter den Auswirkungen der anderen betrachteten Wirkungszusammenhänge zu liegen. Für die verlustreduzierende Wirkungskomponente und mit Blick auf Verteilungsnetze hat dies z. B. die bereits erwähnte Studie für die österreichische Regulierungsbehörde Energie-Control gezeigt, wonach die Auswirkungen der betrachteten Szenarien auf die Netzverlustkosten und -entgelte im Vergleich zu anderen Effekten fast vernachlässigbar sind [3].

Verluständerungen in relevanter Größenordnung – vor allem Verluststeigerungen – können hingegen auftreten, wenn große Mengen dezentral eingespeister Energie über große Distanzen in Richtung der Lastschwerpunkte transportiert werden müssen.

7 Einfluss auf die Netzentgelte

Die dargestellten Einflüsse der dezentralen Erzeugung auf die Netzkosten wirken sich auch auf die Netzentgelte der deutschen Verteilungs- und ggf. auch Übertragungsnetzbetreiber aus, da die Entgelte auch im zukünftigen Anreizregulierungsrahmen auf verschiedene Weise mit den Netzkosten gekoppelt sind: Die Ausgangspunkte für die Erlöspfade einer Regulierungsperiode werden durch eine regulatorische Kostenprüfung im Vorfeld der Periode bestimmt, und signifikante Kostenänderungen innerhalb von Regulierungsperioden können sich durch das Instrument des Erweiterungsfaktors auch zeitnah auf die Erlösobergrenzen auswirken. Direkten Einfluss auf die Erlösobergrenzen haben außerdem Netzausbaumaßnahmen, für die Investitionsbudgets beantragt und bewilligt werden.

Ein weiterer Einfluss auf die Netzentgelte resultiert aus der Verminderung von Netzentgelt-Zahlungen an vorgelagerte Netzbetreiber: Die Leistungs- und Energiebezüge aus vorgelagerten Netzen und damit auch die hierfür zu zahlenden Netzentgelte reduzieren sich in Verteilungsnetzen mit de-

zentraler Erzeugung. Dieser Vorteil kommt jedoch nicht den betroffenen Verteilungsnetzbetreibern und damit der Allgemeinheit ihrer Netzkunden zugute, sondern nur den Betreibern der Erzeugungsanlagen: Gemäß § 18 der Stromnetzentgeltverordnung zahlen Netzbetreiber den Betreibern dezentraler Erzeugungsanlagen in ihrem Netz ein Entgelt, das den vermiedenen Netzentgelt-Zahlungen für vorgelagerte Netz- und Umspannebenen entspricht.

Diese Regelung gilt nicht für Erzeugungsanlagen, die nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz vergütet werden oder die nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz vergütet werden und hierüber bereits eine Vergütung für vermiedene Netzentgelte erhalten. Auch in diesen Fällen kommt der Vorteil jedoch nicht dem Verteilungsnetzbetreiber und seinem Kundenkollektiv zugute, sondern wird über einen Verrechnungsmechanismus innerhalb der jeweiligen Regelzone sozialisiert.

Die zuletzt diskutierten Wirkungszusammenhänge infolge der gesetzlichen Rahmenbedingungen für die Ermittlung von Netzentgelten führen allerdings im Gegensatz zu den Auswirkungen auf die Höhe der Netzkosten nur zu einer Umverteilung der Kostenträgung zwischen unterschiedlichen Kollektiven von Netzkunden.

8 Schlussfolgerungen

Der Zubau dezentraler Erzeugungsanlagen kann, wie die vorstehenden Ausführungen zeigen, sowohl kostentreibende als auch kostensenkende Auswirkungen auf die Verteilungsnetze und bei hoher räumlicher Konzentration auch auf die Übertragungsnetze haben. Kostentreibend wirken vor allem die Ausschöpfung eines Teils der nutzbaren Spannungsbänder bei der quasistationären Spannungshaltung sowie – bei Einspeiseleistungen oberhalb der lokalen Höchstlast – der Bedarf nach zusätzlichen Transport- und Umspannkapazitäten für den Abtransport der erzeugten Energie. Kostensenkend wirkt dagegen die Reduktion der Leistungs- und Energiebezüge aus vorgelagerten Netzen durch lastnahe Erzeugung.

Die Beiträge dieser gegensätzlichen Wirkungen hängen von vielen fallspezifischen Einflussfaktoren ab und können daher nur für den Einzelfall genauer quantifiziert werden. Bisherige Untersuchungen lassen jedoch erkennen, dass der kostentreibende Effekt der dezentralen Erzeugung überwiegt, insbesondere angesichts der Notwendigkeit, Erzeugungsanlagen in bestehende Netze zu integrieren, die ursprünglich nicht für die Aufnahme dezentraler Einspeisung im mittlerweile praxisüblichen Umfang ausgelegt wurden.

Diese tendenziell kostentreibende Wirkung zieht – auch im Anreizregulierungsrahmen – entsprechende Auswirkungen auf die Netzentgelte nach sich. Daneben beeinflusst die dezentrale Erzeugung die Netzentgelte auch über die Regelungen zur Vergütung vermiedener Netzentgelt-Zahlungen für vorgelagerte Netze. Dies führt allerdings nur zu einer Umverteilung der Kostenträgung zwischen unterschiedlichen Kollektiven von Netzkunden.

9 Literatur

- [1] VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.: Smart Distribution 2020 – Virtuelle Kraftwerke in Verteilungsnetzen. Frankfurt am Main, Juli 2008
- [2] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): Energiewirtschaftliche Planung für die Netzintegration von Windenergie in Deutschland an Land und Offshore bis zum Jahr 2020 (dena-Netzstudie). Berlin, Feb. 2005 (www.dena.de)
- [3] Consentec GmbH: Ökonomische Aspekte der dezentralen Stromerzeugung in Österreich. Studie im Auftrag der Energie-Control GmbH, Abschlussbericht, Aachen, Dez. 2004 (www.e-control.at)
- [4] Fritz, W.; Linke, C.; Haber, A.: Vermiedene Netzausbaukosten durch Zubau dezentraler Erzeugung. *Energiwirtschaftliche Tagesfragen*, Jg. 55 (2005), Heft 11, S. 798-801