



Verteilnetzausbau für die Energiewende – Elektromobilität im Fokus

Schlussfolgerungen zu einer Studie im Auftrag von Agora Verkehrswende, Agora Energiewende und The Regulatory Assistance Project (RAP)

Agora Verkehrswende
Dr. Urs Maier
urs.maier@agora-verkehrswende.de

Agora Energiewende
Frank Peter
frank.peter@agora-energiewende.de

The Regulatory Assistance Project (RAP)
Andreas Jahn
AJahn@raponline.org

26. August 2019

1 Ein Forschungsprojekt zum Verteilnetzausbau für die Energiewende

Das vorliegende Papier beinhaltet Schlussfolgerungen aus Sicht von Agora Verkehrswende, Agora Energiewende und The Regulatory Assistance Project (RAP) zu einer gemeinsam in Auftrag gegebenen Studie sowie über sie hinausgehende Überlegungen. Der Titel der Studie lautet: Verteilnetzausbau für die Energiewende – Elektromobilität im Fokus. Sie kann von den Internetseiten der Organisationen heruntergeladen werden. Dies empfiehlt sich für diejenigen Leserinnen und Leser, die beispielsweise an einer detaillierteren Darstellung der Annahmen für die in dem Projekt durchgeführten Modellierungen interessiert sind. Die Forschungsnehmer des Projekts sind Navigant, das Kompetenzzentrum Elektromobilität und RE-xpertise. Die Kernergebnisse der Studie zeigt Abbildung 1.

Die Energiewende in Stromverteilnetzen steht für zwei große Herausforderungen: Erstens entstehen Leistungsspitzen aufgrund wetterbedingt hoher Einspeisungen von Strom aus Sonnen- und Windkraftanlagen. Und zweitens verursachen Wärmepumpen und Elektromobilität bei hohen Gleichzeitigkeiten und Leistungsaufnahmen steigende Lastspitzen. Im Ergebnis erhöht sich der so genannte „netzauslegungrelevante Fall“. Aus Sicht der herkömmlichen Netzplanung sorgen die drei Treiber – Einspeisung von Strom aus Erneuerbaren Energien, Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge – dafür, dass Stromverteilnetze ausgebaut werden müssen.

Bekannt ist, dass eine netzdienliche Ladesteuerung von Elektrofahrzeugen Lastspitzen verringern kann. Der Netzausbaubedarf vermindert sich. Für netzdienliches Laden müssen Ladevorgänge zeitlich verschoben werden können.

Abbildung 1: Kernergebnisse der Studie „Verteilnetzausbau für die Energiewende – Elektromobilität im Fokus

1

Die Energiewende in den Stromverteilnetzen gelingt auch bei einer Vollelektrifizierung des Pkw-Verkehrs. Netzdienliches Laden reduziert Lastspitzen durch gleichzeitig ladende Fahrzeuge und elektrische Wärmepumpen. Außerdem verlagert es Verbrauch in Zeiten mit hohen Einspeisespitzen durch Sonnen- und Windenergieanlagen.

2

Netzdienliches Laden und die Mobilitätswende gemeinsam ermöglichen die Energiewende in den Stromverteilnetzen bis 2050 für jährliche Investitionen von 1,5 Mrd. Euro in Leitungen und Trafos. Ohne Mobilitätswende, mit 45 statt 30 Mio. Elektro-Pkw, betragen die jährlichen Investitionen 2,1 Mrd. Euro.

3

Die Elektromobilität finanziert den Verteilnetzausbau bis 2050. Elektromobilität erhöht den Stromabsatz, während die Investitionen in Leitungen und Trafos insgesamt nicht steigen. Allerdings muss die Elektromobilität angemessen an der Zahlung der Netzentgelte beteiligt werden.

4

Gesteuertes Laden lässt sich so gestalten, dass es für die Nutzer kaum merkliche Einschränkungen mit sich bringt. Hierfür muss netzdienliche Ladesteuerung zum Standard werden. Es braucht sichere Informations- und Kommunikationstechnologie, Anreize und gegebenenfalls Verpflichtungen zur Steuerbarkeit. Präventive, indirekte Steuerung über Anreize zum netzdienlichen Laden sollten Vorrang vor direkter Steuerung durch den Verteilnetzbetreiber haben.

Welcher Treiber jeweils wie viel Netzausbau notwendig macht, lässt sich nicht sagen. Denn die drei Treiber beeinflussen sich gegenseitig. Obwohl Elektromobilität im Rahmen des Forschungsprojektes im Fokus stand, beziehen sich alle Aussagen über Investitionsbedarfe immer auf alle drei Treiber.

Neben dem Potenzial netzdienlichen Ladens betrachtet die Studie die Auswirkungen der Mobilitätswende auf den Netzausbaubedarf. Unter Mobilitätswende wird eine Veränderung des Verkehrssystems verstanden: Bei einer gleichbleibenden Personenverkehrsleistung gewinnen Öffentlicher Verkehr, kollaborative Mobilität sowie der Rad- und Fußverkehr Anteile hinzu, während der Motorisierte Individualverkehr bzw. das private Auto Anteile verliert.

Im Rahmen des Forschungsprojektes galt es, folgende Fragen zu beantworten:

1. Wie viel muss für die Energiewende in den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr in Stromleitungen und Transformatoren der Niederspannungs- und Mittelspannungsnetze investiert werden?
2. Wie sehr senkt netzdienlich gesteuertes Laden von Elektrofahrzeugen den Netzausbaubedarf und die damit verbundenen Investitionen?
3. Welche Auswirkungen hat die Mobilitätswende hin zu mehr Öffentlichem Verkehr, Rad- und Fußverkehr sowie kollaborativen Mobilitätsoptionen?
4. Wie sollte der regulative Rahmen für das Laden von Elektrofahrzeugen aussehen?

Auf dem Weg zur Beantwortung der Fragen wurden zunächst Szenarien bezüglich der Entwicklung der drei Netzausbautreiber für die Jahre 2030 und 2050 entwickelt. Mit den darin getroffenen Annahmen wurde ein Modell konfiguriert, das dann die Auswirkungen der Strom-, der Wärme- und der Verkehrswende in unterschiedlichen Szenarien berechnete. Wie sich die ermittelten Potenziale der Minderung der Investitionsbedarfe von der Theorie in die Praxis übersetzen lassen, war abschließend Ziel der Erarbeitung von Empfehlungen für gesteuertes Laden.

2 Die Szenarien und Annahmen für die Modellierung der zukünftigen Investitionsbedarfe

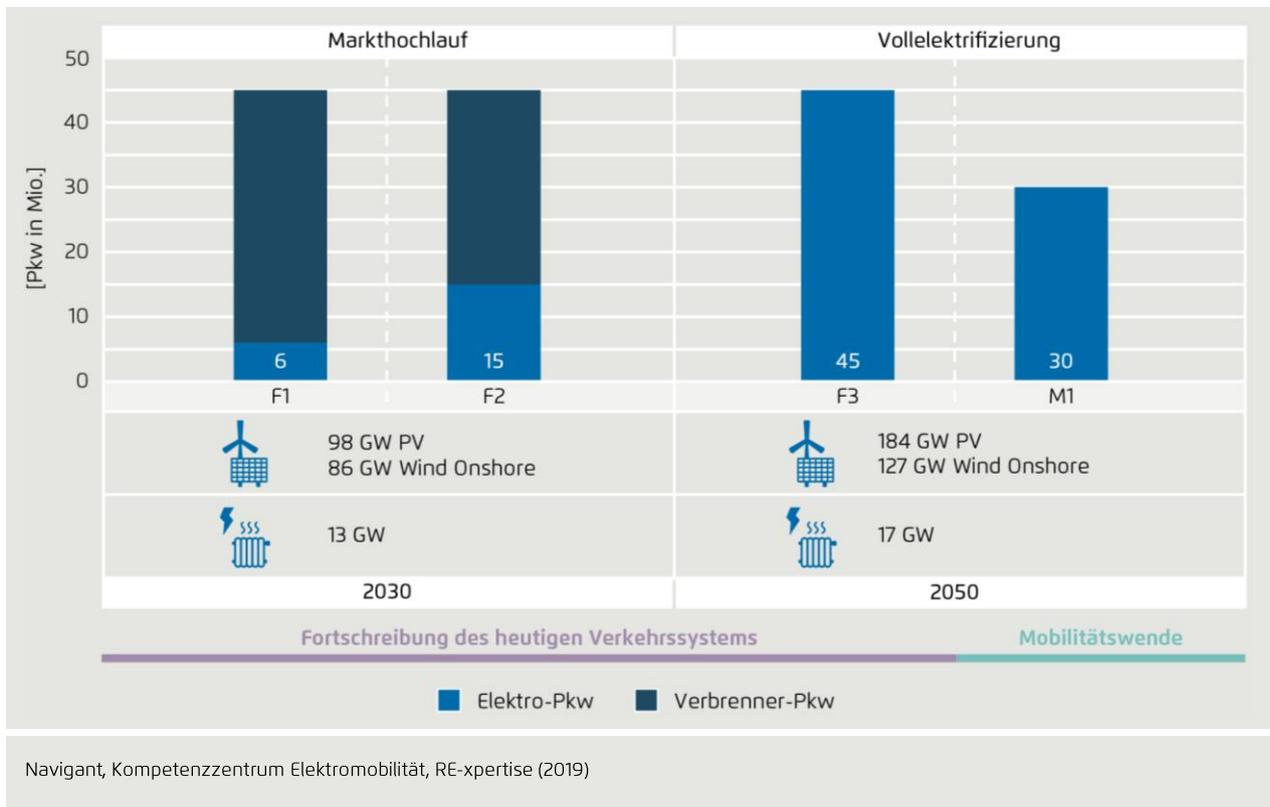
Für die zukünftige Entwicklung der Energiewende in den Verteilnetzen wurden zwei grundsätzlich unterschiedliche Ausprägungen des Verkehrssystems betrachtet.

Im Szenario „Fortschreibung des heutigen Verkehrssystems“ verändern sich die Anteile der Verkehrsmodi an der Verkehrsleistung in Deutschland nicht. Es kommt lediglich zu einer fortschreitenden Elektrifizierung des heutigen Pkw-Bestandes in Deutschland von etwa 45 Millionen Fahrzeugen. Für das Jahr 2030 wurden unter der Überschrift „Markthochlauf“ 6 und 15 Millionen Elektro-Pkw angenommen. Für das Jahr 2050 werden im Szenario „Vollelektrifizierung“ 45 Millionen batterieelektrische Pkw unterstellt. Von den heute in Deutschland gemeldeten 80.000 Bussen werden gemäß den Annahmen im Szenario Vollelektrifizierung im Jahr 2050 60.000 Busse ausschließlich batterieelektrisch betrieben. Die Elektrifizierungsanteile im Jahr 2030 entsprechen dem Anteil elektrischer Fahrzeuge im Pkw-Bestand.

Im Szenario „Mobilitätswende“ werden unter der Überschrift „Vollelektrifizierung“ 30 Millionen Elektro-Pkw und 60.000 batterieelektrische Busse angenommen.

65 Prozent des Stromverbrauchs 2030 stammen aus Erneuerbaren Energien. Im Jahr 2050 sind es 100 Prozent. Sie setzen sich aus 88 Prozent Wind, Solar, Biomasse und Wasserkraft zusammen. 12 Prozent werden über synthetische grüne Gase als residuale Stromerzeugung in Gaskraftwerken bereitgestellt. In Abbildung 1 sind die installierten Leistungen für Photovoltaik und Onshore-Windkraft dargestellt. Wärmepumpen haben 2030 eine installierte Gesamtleistung von 13 Gigawatt (GW) und 2050 von 17 GW. Die betrachteten Netzebenen sind die Niederspannungs- sowie die Mittelspannungsebene.

Abbildung 2: Übersicht der Szenarien



Neben der Anzahl der Pkw sind Anzahl und Leistung der Ladepunkte für die Modellierungsergebnisse entscheidend. Zudem bestimmt die Gleichzeitigkeit, mit der geladen wird, die Ergebnisse maßgeblich. Hohe Gleichzeitigkeiten führen zu Lastspitzen und einem höheren Ausbaubedarf in den Verteilnetzen. Die meisten Ladepunkte im Rahmen der Modellierung unserer Studie sind an die Niederspannungsnetze angeschlossen und weisen beispielsweise zu Hause und am Arbeitsplatz eine eher geringe Gleichzeitigkeit auf. Die Gleichzeitigkeit wird für die privaten Pkw mittels einer so genannten Monte-Carlo-Simulation ermittelt, die das typische Nutzungsverhalten von privaten Pkw abbildet. Für detailliertere Beschreibungen der Annahmen zu Gleichzeitigkeiten verweisen wir auf die Ausführungen in der Studie.

Wie bereits dargestellt, verringert netzdienlich gesteuertes Laden die Gleichzeitigkeit des Ladens, damit die Spitzenlast – und reduziert somit den Bedarf an Netzausbau.

Den Modellierungsrechnungen der Studie liegen drei Ladeansätze zugrunde.

1. Ungesteuertes Laden
2. Gesteuertes Laden
3. Gesteuertes Laden+

Beim **ungesteuerten Laden** werden Pkw unmittelbar an das Stromnetz zum Laden angeschlossen, sobald sie an einem Ladepunkt eintreffen. Der Ladevorgang ist beendet, sobald die Energiemenge nachgeladen wurde, die für die letzte Fahrstrecke des Fahrzeugs aufgewendet wurde, oder das Fahrzeug wieder abfährt (Pegelladen). Die im Modell angenommenen Ankunfts- und Abfahrtszeiten sowie Fahrstrecken basieren auf der Studie Mobilität in Deutschland 2008 des Bundesverkehrsministeriums.

Gesteuertes Laden setzt ebenfalls Pegelladen als Kundenpräferenz voraus. Der Unterschied zu ungesteuertem Laden besteht darin, dass der Ladevorgang innerhalb der Standzeit des Fahrzeugs verschoben

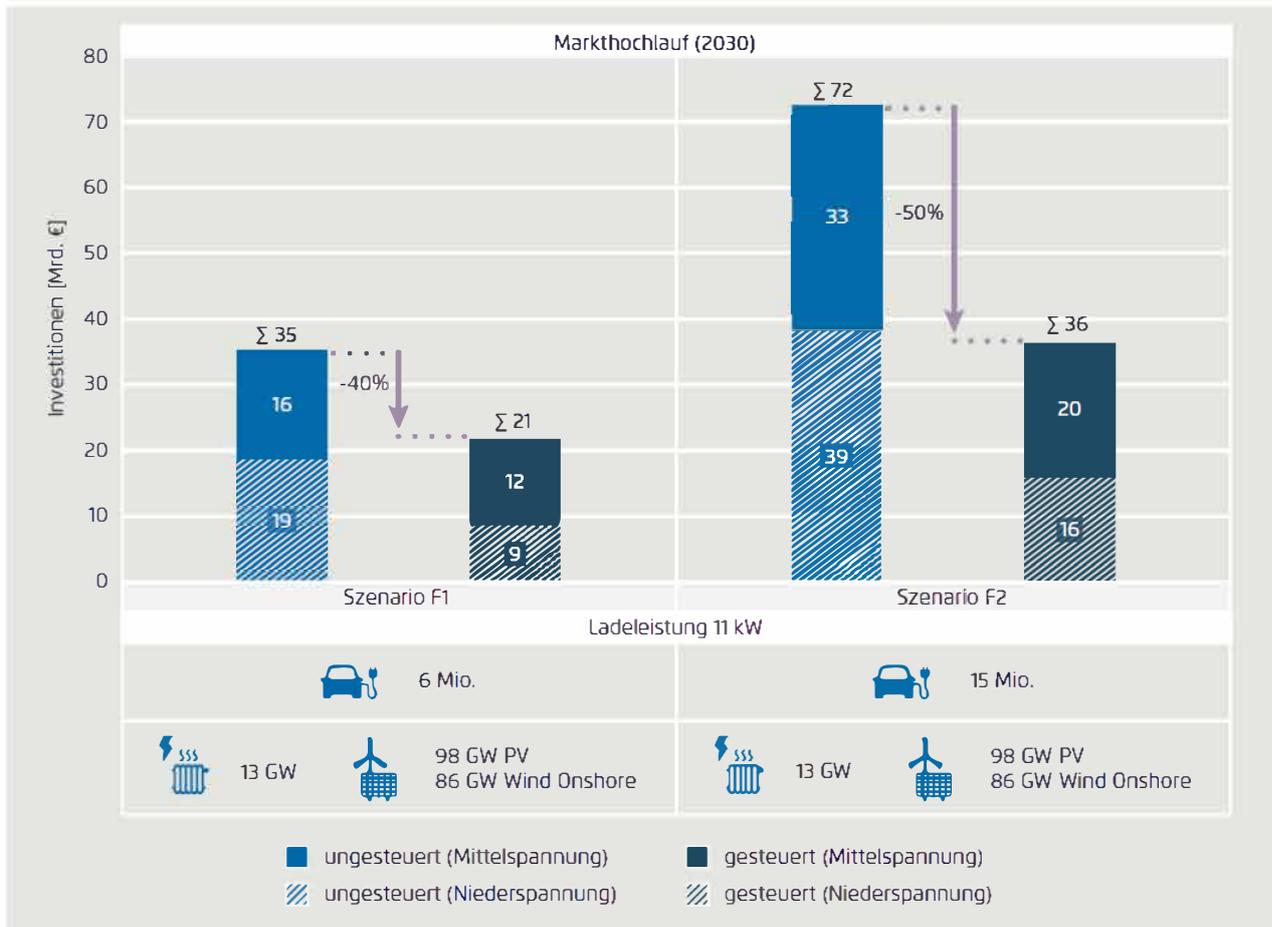
werden kann. Auf diese Weise können Lastspitzen vermieden, und die Netzauslastung in Schwachlastzeiten gesteigert werden. Dieses Ladekonzept hat jedoch die Grenze, dass eine Verschiebung eines Ladevorgangs über die Standzeit hinaus nicht möglich ist. Es treten somit immer noch Lastspitzen auf.

Gesteuertes Laden+ optimiert das Laden über einen Standvorgang hinaus. Die bei gesteuertem Laden verbleibenden Lastspitzen können somit weiter reduziert werden. Ein Pkw-Nutzer oder eine entsprechende Optimierungssoftware weiß im Idealfall zukünftig, dass es vorteilhaft ist, die gewünschte Energiemenge zu einer anderen Standzeiten zu laden. Es erfolgt somit eine Optimierung des Ladens über mehrere Nutzungen und Standzeiten hinweg. Der

Nutzer wäre somit von keiner „Spitzenkappung“ betroffen und gesteuertes Laden+ hätte einen größeren netzentlastenden Effekt als gesteuertes Laden. Als letzte Möglichkeit wird im Modell in diesem Szenario aber auch die Möglichkeit gelassen, dass 3% der Jahresspitzen gekappt werden, wenn es die Netzsituation nicht zulässt. In diesem Fall müsste der Nutzer beispielsweise von seinem privaten Ladepunkt an eine Schnellladestation ausweichen.

Wie der regulatorische Rahmen aussehen könnte, der diese optimierte Ladesteuerung vom Elektro-Pkw-Nutzer unbemerkt ermöglicht, wird in Kapitel 4 dieses Kurzpapiers erörtert.

Abbildung 3: Reduktion des kumulativen Verteilnetz-Investitionsbedarfs durch gesteuertes Laden



Navigant, Kompetenzzentrum Elektromobilität, RE-xpertise (2019)

3 Modellierungsergebnisse und deren Einordnung

Gesteuertes Laden reduziert die Investitionen in die Verteilnetze bis 2030 um bis zu 50 Prozent.

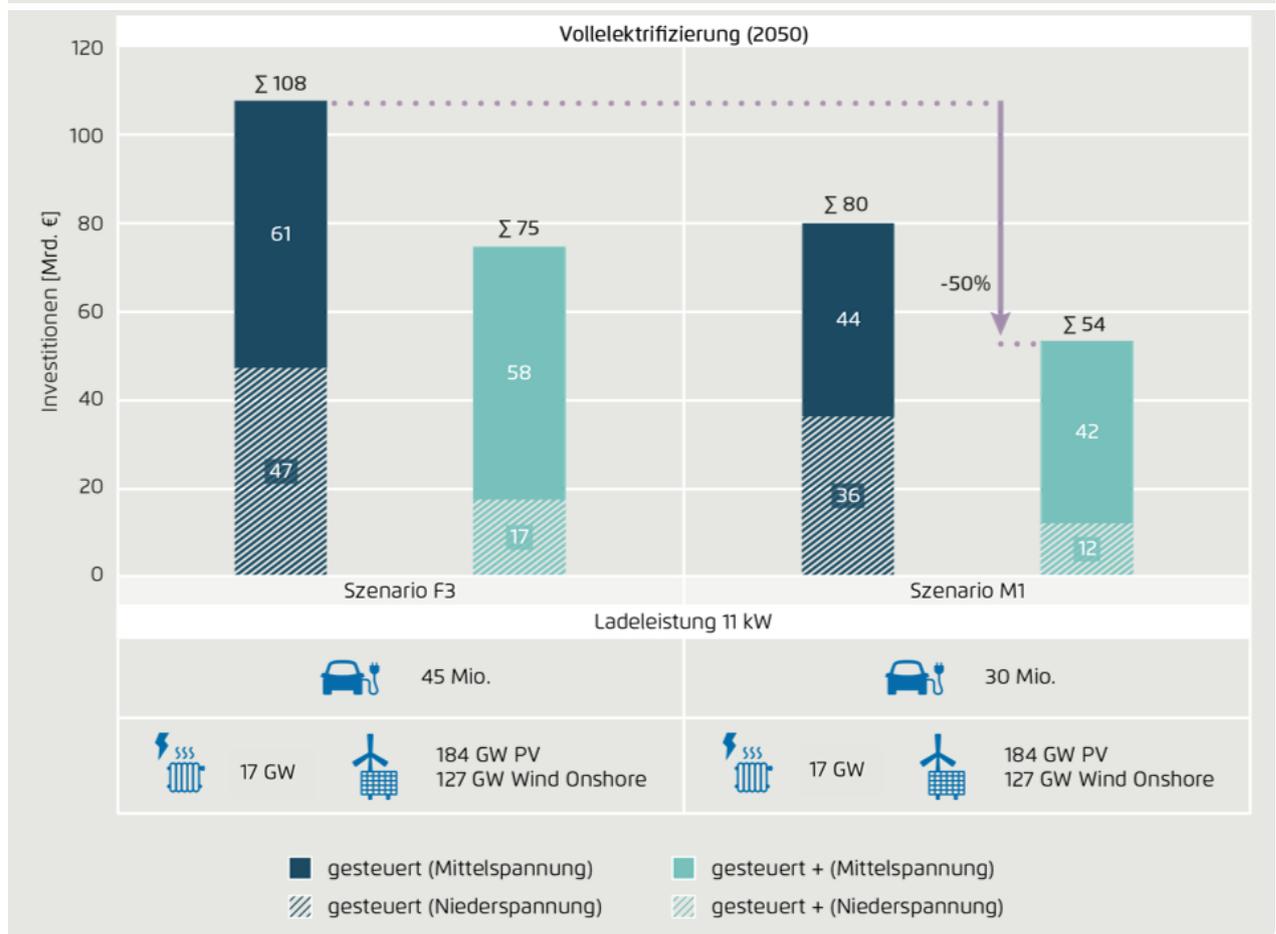
Die Investitionen in die Verteilnetze (für die Strom-, die Wärme- und die Verkehrswende) betragen bei sehr ambitionierten 15 Mio. Elektro-Pkw bis 2030 36 Mrd. Euro oder jährlich 2,4 Mrd. Euro (2015-2030). Bei weniger ambitionierten 6 Mio. Elektro-Pkw sind im gleichen Zeitraum Investitionen in die Verteilnetze in Höhe von 21 Mrd. Euro oder 1,4 Mrd. Euro jährlich notwendig (vgl. Abbildung 3). Diese Investitionen beinhalten ebenfalls einen Großteil der

Ohnehininvestitionen, die durch den altersbedingten Ersatzbedarf von Anlagen zu tätigen wären.

Die Mobilitätswende und gesteuertes Laden+ reduzieren die Investitionen in die Verteilnetze bis 2050 um die Hälfte.

Abbildung 4 zeigt, dass sich die Investitionen in die Verteilnetze bis 2050 um weitere 50 Prozent reduzieren lassen, wenn gesteuertes Laden+ angewandt und die Mobilitätswende umgesetzt wird. Die Mobilitätswende alleine senkt den Investitionsbedarf gegenüber der Fortschreibung des Verkehrssystems um bis zu 28 Prozent. Gesteuertes Laden+, isoliert betrachtet, verringert den Investitionsbedarf gegenüber

Abbildung 4: Reduktion des kumulativen Verteilnetz-Investitionsbedarfs durch gesteuertes Laden+ und durch die Mobilitätswende



gesteuertem Laden um bis zu 33 Prozent. Die Energiewende in den Verteilnetzen erfordert mit Mobilitätswende und gesteuertem Laden+ bis 2050 Investitionen in Höhe von 54 Mrd. Euro bzw. 1,5 Mrd. Euro jährlich (2015–2050).

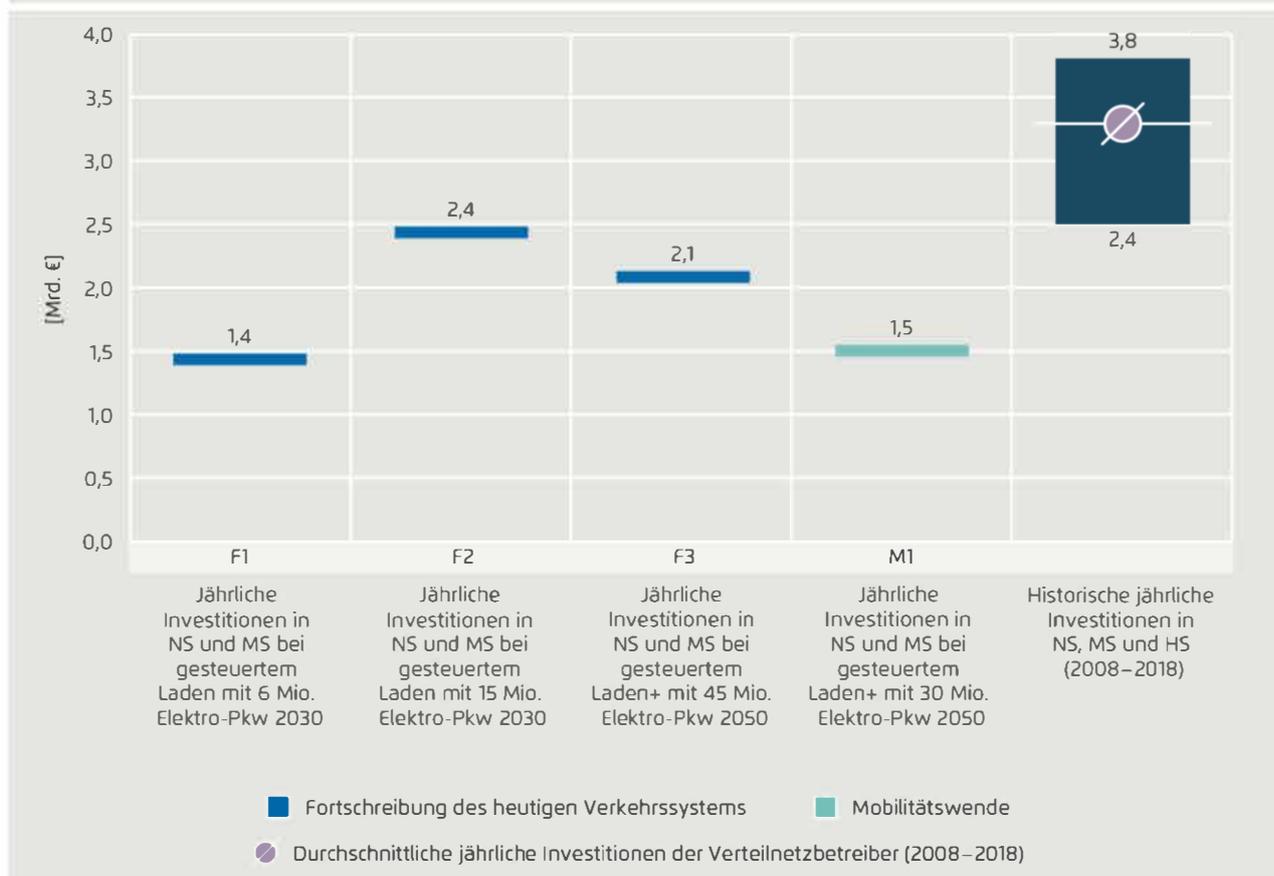
Ohne Mobilitätswende verursacht die Energiewende in den Verteilnetzen einen Investitionsbedarf von 75 Mrd. Euro bzw. 2,1 Mrd. Euro jährlich.

Zukünftig muss im Mittel nicht mehr in Leitungen und Transformatoren investiert werden als in der Vergangenheit.

Die notwendigen kumulierten Investitionen in die Verteilnetze unterscheiden sich in den Szenarien

deutlich. Sie lassen sich über die Zeiträume 2015 bis 2030 und 2015 bis 2050 aufteilen. 2015 ist das Jahr, auf das sich die im Modell hinterlegten Netzdaten beziehen. Verglichen mit den Investitionen der Vergangenheit liefern die Szenarien Ergebnisse in vergleichbaren Größenordnungen. In Abbildung 5 werden die Szenarienergebnisse mit den in der Vergangenheit getätigten Investitionen in Verteilnetze verglichen. Grundlage für den historischen Vergleich sind die Daten wie sie die Bundesnetzagentur in ihrem jährlichen Monitoringbericht veröffentlicht. Dargestellt sind die Investitionen der Jahre 2008 bis 2018. Zu beachten ist, dass die Zahlen der Bundesnetzagentur auch die Hochspannungsebene beinhalten. Dies ist in unserer Studie nicht der Fall. Einen Anhaltspunkt für die Höhe der zukünftigen

Abbildung 5: Jährlicher Verteilnetz-Investitionsbedarf der Szenarien 2015-2030 und 2015-2050 im Vergleich zu historischen Investitionen der Verteilnetzbetreiber



Navigant, Kompetenzzentrum Elektromobilität, RE-xpertise (2019)

jährlichen Investitionen in die Hochspannungsverteilnetze gibt die dena-Leitstudie Integrierte Energiewende 2017. Die Höhe der Investitionen, die laut der dena-Studie bis 2050 notwendig sind, wurde nicht durch eine Modellierung, sondern durch eine Extrapolation vergangener Investitionen und im Hinblick auf den zukünftigen Ausbau von Erneuerbare-Energien-Anlagen ermittelt: Es sind 67 Mrd. Euro oder jährlich 1,9 Mrd. Euro im Zeitraum 2015 bis 2050. Die dena-Angaben beziehen sich auf eine um ein Viertel höhere Wind-Onshore- und eine um ein Siebtel geringere Photovoltaik-Stromerzeugung im Jahr 2050. Der im Agora-RAP-Projekt berechnete Investitionsbedarf für 2050 ergibt zusammen mit den dena-Zahlen für die Hochspannungsebene im höchsten Fall 4 Mrd. Euro jährlich. Die historischen Investitionen der Jahre 2008 bis 2018 lagen maximal bei 3,8 Mrd. Euro. Aufgrund der höheren installierten Leistung von Windkraftanlagen 2050 bei der dena und entsprechend höheren Investitionen in die Hochspannungsebene, lässt sich argumentieren, dass zukünftig im Mittel nicht mehr in Leitungen und Transformatoren der Verteilnetze investiert werden muss als in der Vergangenheit.

Selbstverständlich beinhaltet dieser Vergleich eine gewisse Unsicherheit bezüglich des Eintreffens dieser Aussagen über die Zukunft. Es ist nicht nur denkbar, dass sich die Rahmenbedingungen ändern. Es ist selbstverständlich auch möglich, dass die Investitionen zwar im Mittel nicht höher liegen als die der Vergangenheit, einzelne Jahre aber deutlich nach oben oder unten ausschlagen.

Gesteuertes Laden verringert insbesondere die Pro-Kopf-Investitionen der Landbevölkerung in Netzausbau.

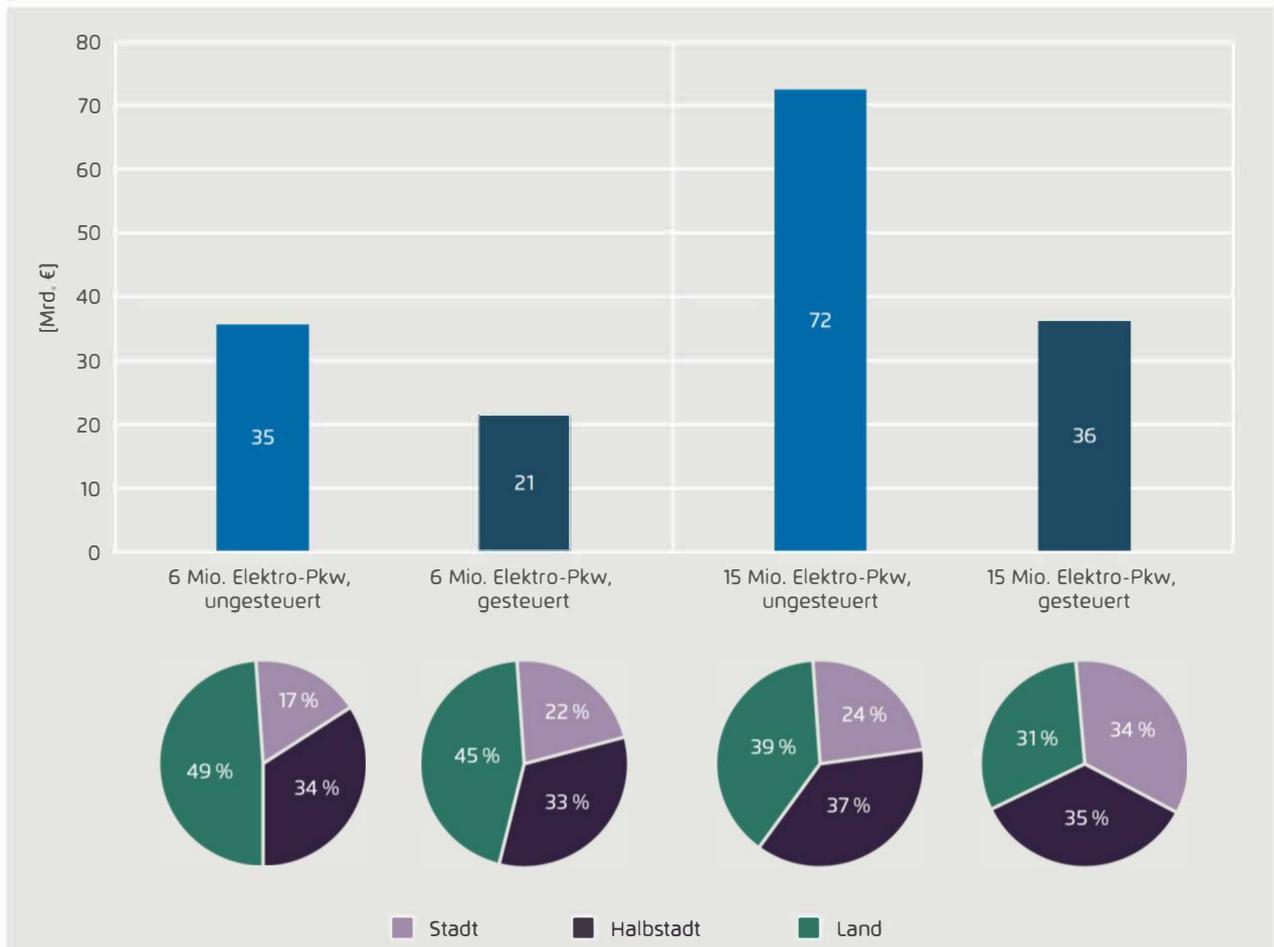
Nicht nur die Höhe der jährlichen Investitionen in den Verteilnetzausbau ist von Relevanz. Die Verteilungsfrage der Energiewende zeigt sich insbesondere bei der Frage, wo die Investitionen strukturell getätigt werden und wer dem entsprechend für die Investitionen in die Verteilnetze aufkommt.

Abbildung 6 veranschaulicht nicht nur die Höhe der Investitionen in die Verteilnetze bei 6 und 15 Millionen Elektro-Pkw im ungesteuerten sowie im gesteuerten Fall. Sie zeigt darüber hinaus die Verteilung der Investitionen auf städtische, halbstädtische und ländliche Gemeinden in Deutschland. Es wird deutlich, dass der Anteil der Investitionen, die auf den ländlichen Raum entfallen, sich im Falle einer flächendeckenden Ladesteuerung sowie bei steigenden Elektroautozahlen verringert. Entfallen bei 6 Mio. Elektro-Pkw im ungesteuerten Fall 49 Prozent der Investitionen auf den ländlichen Raum und nur 17 Prozent auf den städtischen, verändert sich die Verteilung bei 15 Mio. Elektro-Pkw mit Ladesteuerung auf nur noch 31 Prozent im ländlichen Raum und 34 Prozent im städtischen Raum.

Erklären lässt sich die dargestellte Verschiebung damit, dass Ladepunkte zu Hause in ländlichen Gemeinden aufgrund der höheren Anteile von Ein- und Zweifamilienhäusern eine größere Rolle spielen. Beim Laden zu Hause (und am Arbeitsplatz) ist die Möglichkeit der Verschiebung der Ladevorgänge am größten, wodurch sich gesteuertes Laden auf den ländlichen Raum überproportional positiv auswirkt. Zudem führt die Verschiebung von Ladevorgängen mit dem Ziel einer Residuallastglättung zu einer Reduktion von Einspeisespitzen. Folglich kann insbesondere im ländlichen Raum mit höheren Anteilen Erneuerbarer Energien im Verteilnetz eine Reduktion des netzauslegungsrelevanten Rückspeisefalles erzielt werden.

Die Entlastung des ländlichen Raumes bei den Investitionen in den Verteilnetzausbau durch netzdienliche Ladesteuerung gewinnt Relevanz, wird die Bevölkerungsverteilung mit in die Betrachtung aufgenommen. So haben die ländlichen Gebiete zwar einen Anteil von 67 Prozent an der Fläche Deutschlands. Der Anteil der in ländlichen Gebieten lebenden Bevölkerung an der Gesamtbevölkerung ist aber aufgrund der niedrigeren Bevölkerungsdichte mit 23 Prozent sehr gering. Zum Vergleich: 35 Prozent der

Abbildung 6: Kumulativer Verteilnetz-Investitionsbedarf der Szenarien 2015-2030 und 2015-2050 im Vergleich zu historischen Investitionen der Verteilnetzbetreiber



Navigant, Kompetenzzentrum Elektromobilität, RE-xpertise (2019)

Menschen in Deutschland leben in Städten und 42 Prozent der Menschen in halbstädtischen Bereichen.

Tabelle 1 zeigt, wie sich der Investitionsbedarf 2015-2030 pro Kopf auf die verschiedenen Netzgebietenklassen verteilt. Durch unterschiedliche Netzentgeltberechnungen und verschiedene strukturelle Eigenschaften einzelner Netzgebiete kann daraus jedoch keine direkte Aussage zur Höhe zukünftiger Netzentgelte abgeleitet werden. Der bereits festgestellte ausgleichende Effekt, den Ladesteuerung auf die Verteilung von Netzausbauinvestitionen hat, wird angesichts der Pro-Kopf-Darstellung noch

deutlicher. So würden die Menschen auf dem Land bei 6 Mio. Elektro-Pkw im ungesteuerten Fall mit 61 Euro etwa viereinhalbmal so viel zahlen wie die Menschen in der Stadt. Bei 15 Mio. Elektro-Pkw und netzdienlicher Ladesteuerung würden die Menschen auf dem Land nur noch rund 40 Prozent mehr für den Netzausbau bezahlen als die Menschen in der Stadt.

Elektromobilität kann den vollständigen Verteilnetzausbau finanzieren.

Die Verkehrswende und insgesamt die Energiewende sollen sozial ausgewogen ausgestaltet werden. Eine

Tabelle 1: Jährliche Pro-Kopf-Verteilnetzinvestitionen 2015-2030 im städtischen, halbstädtischen und ländlichen Raum

Jährliche Pro-Kopf-Investitionen in € (2015-2030)	6 Mio. Elektro-Pkw		15 Mio. Elektro-Pkw	
	ungesteuert	gesteuert	ungesteuert	gesteuert
Stadt	14	11	40	28
Halbstadt	23	13	52	24
Land	61	33	99	39

Navigant, Kompetenzzentrum Elektromobilität, RE-xpertise (2019)

wichtige Frage in diesem Zusammenhang lautet: Wer zahlt die Integration von Elektromobilität in Stromverteilnetze? Wie bereits betont, stellt die hier diskutierte Studie von Navigant et al. den Netzausbaubedarf, der von Wärmepumpen, erneuerbaren Energien und Elektromobilität ausgelöst wird, in Summe dar. Eine getrennte Darstellung ist methodisch nicht sinnvoll, weil sich die Treiber jeweils gegenseitig beeinflussen. Es kann also nicht gesagt werden, wie „teuer“ die Integration der Elektromobilität allein sein wird. Es lässt sich allerdings der Beitrag der Elektromobilität zur Finanzierung der Investitionen abschätzen. Die Relevanz dieser Größenordnung ergibt sich aus der Tatsache, dass zwar die Einspeisung von Erneuerbarem Strom der Bevölkerung insgesamt zu Gute kommt, aber nicht alle Teile der Bevölkerung private Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge nutzen können. Das private Auto hat nicht denselben Stellenwert. Wenn aber deutlich wird, dass die private Elektromobilität einen großen finanziellen Beitrag zum Verteilnetzausbau leisten kann, erhöht dies die Akzeptanz der Elektromobilität in der Bevölkerung. Die Elektromobilität – auch die private – hat für die Erreichung der Klimaschutzziele im Verkehr eine besondere Bedeutung. Dies belegen unter anderem zahlreiche Studien von Agora Verkehrswende.

Wird unterstellt, dass der Stromabsatz in Deutschland sich um den Stromverbrauch der

Elektromobilität erhöht, und dieser mit 18 Kilowattstunden (kWh) je 100 km bei durchschnittlichen 14.700 km im Jahr liegt, dann haben 45 Millionen Elektro-Pkw im Jahr 2050 einen Stromverbrauch von rund 120 Terrawattstunden (TWh). In allen Jahren davor erhöht sich der Verbrauch mit ansteigenden Elektroautozahlen. Nimmt man zusätzlich an, dass Elektroautos mindestens rund die Hälfte der heute für alle Verbraucher üblichen Netzentgelte von rund 7 Cent je kWh zahlen werden, dann liegt der Netzentgelterlös durch Elektromobilität in der gleichen Größenordnung wie der Investitionsbedarf für 45 Millionen Elektro-Pkw, 17 GW Wärmepumpen sowie 184 GW Photovoltaik und 127 GW Onshore-Wind. Diese Überschlagsrechnung verdeutlicht, dass Raum für eine Reduktion von Netzentgelten für Anreize zur Verlagerung des Ladevorgangs in Schwachlastzeiten gegeben ist, ohne dass eine ausreichende Finanzierung der Investitionen in die Verteilnetze durch die Elektromobilität in Frage gestellt wird.

Die Mobilitätswende und eine netzdienliche Ladesteuerung haben das Potenzial, den Netzausbaubedarf und die damit verbundenen Investitionen deutlich zu verringern. Notwendig ist nun, einen regulativen Rahmen zu schaffen, der das theoretische Potenzial praktisch nutzt.

4 Die richtigen Anreize in der Regulierung setzen

Nur mit guter Regulierung lassen sich die theoretisch hergeleiteten und berechneten Einsparungen bezüglich der Investitionen in die Stromverteilnetze auch erreichen. Navigant et al. geben in der diesem Papier zugrundeliegenden Studie vier Handlungsempfehlungen für den regulatorischen Rahmen für gesteuertes Laden.

Erstens sollte sichergestellt werden, dass Ladepunkte für Elektrofahrzeuge über 3,7 kW Ladeleistung dem örtlichen Verteilnetzbetreiber als flexibel gemeldet werden. Der Betreiber des Ladepunktes sollte dem Verteilnetzbetreiber also erlauben, Ladevorgänge bei Bedarf netzdienlich zu steuern. Aktuell bieten Verteilnetzbetreiber Elektromobilitätskunden reduzierte Netzentgelte an, wenn sie im Gegenzug die Einwilligung zur Steuerung erhalten. Wenn diese Reduktion als Anreiz nicht ausreicht, sollte die Differenz zwischen „steuerbar“ und „nicht steuerbar“ erhöht werden. Eine Möglichkeit hierfür besteht in der Einführung eines Baukostenzuschusses auch für Netzanschlüsse unter der bisherigen Grenze von 30 kW Netzanschlussleistung. Von diesem Baukostenzuschuss könnten jene Betreiber eines Ladepunktes befreit werden, die sich steuern lassen. Wenn die Anreize nicht ausreichend attraktiv sind, entscheiden sich möglicherweise zu wenige Kunden für die Steuerung. Die staatlichen Anforderungen an Ladeeinrichtungen sollten deshalb mindestens eine zukünftige Steuerung ermöglichen oder sie leicht nachrüstbar machen. Neben finanziellen Anreizen ist es wichtig, die Auswirkungen einer Steuerbarkeit möglichst umfassend zu definieren und darüber hinaus transparent zu erklären.

Zweitens sollten Anreize dafür sorgen, dass Nutzer von Elektroautos ihre Fahrzeuge in Zeiten laden, in denen die Netzbelastung gering ist. Hierfür bieten sich zwei Instrumente an. Zeitvariable Netzentgelttarife und durch den Verteilnetzbetreiber vorgegebene Maximalfahrpläne für die Nutzung des

Ladepunktes. Bei zeitvariablen Tarifen muss pro geladener Kilowattstunde ein reduzierter Centbetrag in Zeiten niedriger Netzbelastung gezahlt werden und in Zeiten hoher Netzbelastung ein entsprechend höherer. Bei Maximalfahrplänen gibt der Verteilnetzbetreiber Kapazitätsfenster vor, innerhalb derer der Elektroautokunde die Leistung bis zu einer Obergrenze verändern kann. Lädt er doch mit einer höheren Leistung, ist eine Pönale an den Verteilnetzbetreiber zu zahlen. Für beide Instrumente ist eine steuerfähige Ladevorrichtung erforderlich. Diese kostet mehr als eine Ladevorrichtung ohne Steuermöglichkeit. Die Anreize bei zeitvariablen Tarifen und bei Maximalfahrplänen müssen also so hoch sein, dass sie die erhöhten Anfangsinvestitionen für eine Wallbox rechtfertigen und die Einschränkungen für den Kunden müssen vertretbar sein. Der besondere Vorteil von zeitvariablen Tarifen liegt darin, dass sie schnell und intuitiv verstanden werden und auch die damit potenziell verbundenen Einschränkungen für die meisten Kunden gut abschätzbar sind.

Drittens ist es wichtig, Software zur Prognose von Netzkapazitäten zu entwickeln und zu verbreiten. Derartige Prognosetools stellen hohe Anforderungen an Informations- und Kommunikationstechnik. So müssen Netzzustandsdaten in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung erhoben, kommuniziert und analysiert werden. Besteht ein Netzmodell, mit dem auf der Basis von Netzzustandsdaten zukünftige Engpässe gut prognostiziert werden können, dann lassen sich auf der Basis von Prognosen Fahrpläne an Kunden kommunizieren. Lassen sich zeitvariable Tarife quasi noch mit besseren Zeitschaltuhren nutzen, benötigen Maximalfahrpläne bereits intelligenterer Technik auf der Seite des Fahrzeugs bzw. des Ladepunktes. Perspektivisch sollten Fahrpläne auf der Basis von Prognosetools erlauben, dass nicht genutzte Flexibilität bzw. Kapazität auf Sekundärmärkten z. B. über Flexibilitätsplattformen gehandelt werden können.

Und viertens sollten Verteilnetzbetreiber den Einsatz direkter Steuerung minimieren. Droht ein

Netzengpass, muss es immer möglich sein, bei einem Ladevorgang die Ladeleistung zu drosseln oder ihn ganz zu unterbrechen. Für die Akzeptanz gesteuerten Ladens ist es aber wichtig, dass dies nur kurz der Fall ist bzw. der Ladestand des Fahrzeugs ausreichend hoch ist. Gleichwohl lassen sich Netzkapazitäten sehr effizient nutzen, wenn es eine sehr weite Verbreitung von steuerbaren Fahrzeugen gibt und die Verteilnetzbetreiber gemäß der Auslastung ihrer Netze Ladevorgänge effektiv anreizen, so dass diese gesteuert werden und nur bei Bedarf durch Anweisung des Netzbetreibers unterbrochen werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Staat mit der Regulierung für gesteuertes Laden folgende Ziele erreichen sollte:

- Die netzdienliche Steuerbarkeit von Elektrofahrzeugen stellt den Standard dar.
- Netzdienstliches Laden geschieht in der Regel freiwillig und ist in seiner Ausgestaltung von den Elektroautokunden individuell einstellbar. Optionen hierfür sind zeitvariable Netzentgelttarife und durch den Verteilnetzbetreiber vorgegebene Maximalnutzung des Ladepunkts.
- Prognosen über die Auslastung und mögliche Optimierung der Kapazitäten von Stromverteilnetzen sind aufgrund sicherer und besser werdender Hard- und Software möglich und führen zu einer kunden- und energiewendefreundlichen Nutzung von Flexibilitäten.
- Der direkte Einsatz von Steuerung von Seiten des Verteilnetzbetreibers erfolgt kundenfreundlich und nur, wenn er unvermeidlich ist.
- Für Übergangsphasen, in denen die notwendige Informations- und Kommunikationstechnik noch nicht weit verbreitet ist, ermöglichen technisch weniger aufwendige Lösungen und eine vorbereitete Nachrüstbarkeit hinsichtlich intelligenter Steuerbarkeit, dass es nicht zu *stranded assets* kommt.

5 Ausblick

Die Ergebnisse der Studie von Navigant, dem Kompetenzzentrum Elektromobilität und RE-xpertise im Auftrag von Agora Verkehrswende, Agora Energiewende und The Regulatory Assistance Project (RAP) sowie die darüber hinausgehenden Schlussfolgerungen der Auftraggeber haben gezeigt, dass die Energiewende in den Stromverteilnetzen auch bei einer Vollelektrifizierung des Pkw-Bestandes erfolgreich gestaltet werden kann, die notwendigen Investitionen in Leitungen und Transformatoren hierfür nicht höher sind als Investitionen in Leitungen und Trafos der Verteilnetze in der Vergangenheit, wenn die Möglichkeiten gesteuerten Ladens genutzt werden. Die Mobilitätswende bringt weitere Einsparungen und sollte auch aus einer auf die Verteilnetze fokussierten Sicht fester Bestandteil der Verkehrswende sein. Außerdem konnte gezeigt werden, dass Elektromobilität die Verteilung von Investitionen in Stromverteilnetze zwischen der Bevölkerung auf dem Land und in der Stadt ausgeglichener gestaltet – und dass Elektromobilität die Finanzierung der notwendigen Investitionen in die Verteilnetze vollständig übernehmen kann.

Nicht in den Blick genommen hat die Studie, welche Veränderungen an der Regulierung der Stromverteilnetzbetreiber vorgenommen werden sollten, damit es für sie attraktiver wird, in Informations- und Kommunikationstechnik zu investieren. Bisher ist es angesichts der Anreizregulierungsverordnung attraktiver, bei drohenden Kapazitätsengpässen in physische Infrastruktur zu investieren als in intelligente Betriebsmittel. Hier sehen wir Reformbedarf. Außerdem sollte Regulierung möglicherweise besser als bisher beachten, dass Grabungsarbeiten den größten Teil der Netzausbauinvestitionen bezüglich Leitungsbau ausmachen, d. h. es sollte der Frage nachgegangen werden, ob nicht eine längerfristige Planung unterm Strich zu Investitionseinsparungen führt. Oder ob zukünftig aus Systemsicht das eine oder andere Windrad verzichtbar ist, weil der eingespeiste Strom aufgrund von Verteilnetzen mit höheren

Kapazitäten besser zu den Verbrauchern transportiert werden kann. Eine andere Frage lautet: Wie lassen sich Netzinvestitionen besser mit ohnehin anstehenden Maßnahmen der Instandhaltung verbinden? Diese Aspekte sowie über die in dieser Studie bzw. in diesem Kurzpapier betrachteten Mechanismen der Verteilung knapper Kapazitäten hinausgehende Erkenntnisse werden Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und The Regulatory Assistance Project (RAP) in einer voraussichtlich ebenfalls 2019 veröffentlichten Studie zur Diskussion stellen.

Außerdem hat unsere Studie viele Aspekte der Ladeinfrastruktur weniger intensiv in den Blick genommen. Diverse Charakteristika zukünftiger Ladeinfrastruktur sind aber für die Ausgestaltung der Verteilnetze sehr relevant. Von besonderer Bedeutung sind beispielsweise die Fragen zur idealen Ladeinfrastruktur in Städten. Beispielsweise: Ist es zu leisten, hier zügig parallel viele private Ladepunkte und Normalladepunkte am Straßenrand zu installieren, gleichzeitig eine leistungsfähige Schnellladeinfrastruktur aufzubauen und Busse im ÖPNV in Betriebshöfen mit hohen Ladeleistungen versorgen zu können? Wie sähe der Investitionsbedarf aus, wenn in Städten, wo Netzinvestitionen höher ausfallen, verstärkt auf zentrale Schnellladekonzepte und weniger auf das Laden am Straßenrand gesetzt würde? Sind Tankstellen, wie wir sie heute kennen, möglicherweise der Ort für zukünftige Schnellladestationen? Diese offenen Fragen verdeutlichen, dass gerade in den Städten langfristige Strategien und Pläne zu erstellen sind, wie die optimale Ladeinfrastruktur aussieht, wenn große Teile der städtischen Fahrzeugflotten elektrifiziert sind. Auf dieser Basis können die Investitionen in Ladeinfrastruktur heute effizient vorgenommen und die Risiken für Fehlinvestitionen minimiert werden.



Agora Verkehrswende

Anna-Louisa-Karsch-Straße 2 | 10178 Berlin

P +49. (0) 30. 7001435-000

F +49. (0) 30. 7001435-129

www.agora-verkehrswende.de

info@agora-verkehrswende.de

Agora Energiewende

Anna-Louisa-Karsch-Straße 2 | 10178 Berlin

P +49. (0) 30. 7001435-000

F +49. (0) 30. 7001435-129

www.agora-energiewende.de

info@agora-energiewende.de