

Energiewende unter Strom – Durch Elektrifizierung zur Dekarbonisierung

Thomas Vahlenkamp, Ingmar Ritzenhofen, Gerke Gersema, Konrad Bauer, Niklas Beckmann und Fabian Stockhausen

Neueste Studien zeigen, dass eine sektorübergreifende Elektrifizierung gepaart mit Effizienzsteigerungen die Treibhausgasemissionen um 95 % senken kann. Der Veränderungsbedarf hierfür ist besonders hoch im Verkehrssektor, aber auch bei Gebäuden und in der Industrie sind Anpassungen erforderlich. Um das Ziel zu erreichen, braucht es mutige Weichenstellungen aus der Politik – mutigere als heute. Denn die aktuellen Ergebnisse aus dem Energiewende-Index Deutschland 2020 zeigen, dass die Zeit drängt.

Aus Emissionssicht war 2018 ein gutes Jahr – auf den ersten Blick. Die milden Wintertemperaturen und der Rekordsommer bewirkten, dass 50 Millionen Tonnen (Mt) weniger Treibhausgase ausgestoßen wurden als im Jahr zuvor – vor allem Dank des geringeren Energieverbrauchs. Dennoch bleibt die CO₂e-Bilanz insgesamt ernüchternd: Die jüngsten Zahlen aus dem Energiewende-Index zeigen: Deutschland ist mit aktuell 854 Mt CO₂e-Ausstoß im Jahr mehr als 100 Mt von seinem 2020er-Ziel entfernt und fast 300 Mt von seinem Ziel für 2030. Deutschland bewegt sich damit im europäischen Mittelfeld. Seit den 1990er Jahren konnten die CO₂e-Emissionen hierzulande zwar um 25,9 % reduziert werden; Großbritannien kommt im gleichen Zeitraum jedoch auf 36,4 %, Polen allerdings nur auf 15 %. Die in der deutschen Energiewende angestrebten Fernziele jedoch – Reduktion um 55 % bis 2030 und möglichst vollständig bis 2050 – werden auf diesem Pfad absehbar nicht erreicht.

Beim Emissionsrückgang der vergangenen Jahre fällt eines auf: Der Stromsektor konnte seinen Kohlendioxid ausstoß stärker reduzieren als die Sektoren Gebäude/Wärme und Verkehr. Hauptgrund hierfür ist die Umstellung auf erneuerbare Energien bei der Stromerzeugung. Bietet Elektrifizierung möglicherweise die Chance, die CO₂e-Reduktion auch bei Verkehr, Gebäuden und Industrie voranzutreiben? Eine neue Untersuchung des Wirtschaftsverbandes Eurelectric basierend auf Analysen von McKinsey legt dies nahe. Demzufolge kann mit einer Elektrifizierung von 60 % EU-weit eine Dekarbonisierung von 95 % erreicht werden. Was aber muss in den Sektoren geschehen, um diese Effekte zu erzielen, und welche Weichenstellungen wären hierfür notwendig?



Hauptgrund für den Emissionsrückgang im Stromerzeugungssektor ist die Umstellung auf erneuerbare Energien
Bild: Adobe Stock

Energiewende-Index Deutschland: die Indikatoren im Überblick

Der Energiewende-Index mit seinen 14 Indikatoren hat sich seit der letzten Erhebung im Herbst 2018 nicht verbessert: Weiterhin sind nur sechs Indikatoren in ihrer Zielerreichung als „realistisch“ eingestuft. Die Zahl der Indikatoren mit „unrealistischer“ Zielerreichung liegt unverändert bei sieben. Allerdings haben sich 11 Indikatoren im Detail durchaus verändert – sieben haben sich verbessert, vier verschlechtert. Für den Indikator „Interkonnektorkapazität“ liegen keine neuen Zahlen vor; er verbleibt deswegen in der Kategorie „leichter Anpassungsbedarf“.

Für zwei weitere Kennzahlen lagen zum Zeitpunkt der Indizierung noch keine neu-

en Daten vor. Somit verbleibt der Indikator „Arbeitsplätze in erneuerbaren Energien“ in der Kategorie „realistisch“. Für „Kosten für Netzeingriffe“ gilt die Zielerreichung weiterhin als „unrealistisch“. Der Indikator „Sektor-kopplung“ bleibt mangels klar formulierter übergeordneter Ziele bislang ohne quantitative Bewertung.

Veränderung bei Indikatoren mit „realistischer“ Zielerreichung

■ *Annäherung der Industriestrompreise in Richtung EU-Level:* Während das Preisniveau für Strom auf EU-Ebene fast unverändert blieb, sanken die Strompreise für Industriekunden in Deutschland um weitere 3 %. Mit jetzt 8,6 ct/kWh liegen sie nur noch 5,1 % über dem europäischen Schnitt und damit unter dem Startwert im Index von 8,5 %, der die durchschnittliche Abweichung in den

Jahren 2008 bis 2010 abbildete. Eine erneute Verschlechterung droht dem Indikator allerdings durch weiter steigende Netzentgelte und Börsenstrompreise (Abb. 1).

■ **Erneuter Anstieg der Arbeitsplätze in stromintensiven Industrien:** Seit 2016 steigt die Anzahl der Beschäftigten in diesem Sektor stetig. Im zweiten Quartal 2018 lag sie um mehr als 34.000 höher als ein Jahr zuvor. Dadurch verbessert sich der Indikator weiter und liegt mit jetzt 135 % klar über seinem Startwert von rund 1,6 Mio. Beschäftigten.

■ **Stromerzeugung aus Erneuerbaren auf Rekordhoch:** Vergangenes Jahr ist der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung nach ersten Schätzungen des Think Tanks Agora Energiewende um weitere zwei Prozentpunkte gestiegen und erreicht mit 38,2 % ein neues Rekordhoch. Damit eilt Deutschland dem gesetzten Ausbaukorridor weiter voraus (Abb. 2).

■ **Mehr Ausfälle in der Stromversorgung:** Der leichte Anstieg der Stromausfälle 2017 ist vor allem im Niederspannungsnetz auszumachen und hauptsächlich durch Extremwetterereignisse verursacht worden. Ein Zusammenhang mit dem hohen Anteil der Erneuerbaren konnte nicht festgestellt werden. Mit zuletzt 15,1 Minuten Stromausfall nimmt Deutschland im Europavergleich bei der Versorgungssicherheit nach wie vor einen Spitzenplatz ein (Abb. 3).

■ **Gesicherte Reservemarge weiterhin über Plan:** Die gesicherte Reservemarge deutscher Kraftwerke bewegt sich mit 4,7 % weiter auf einem hohen Niveau und verzeichnet damit in der Zielerreichung einen erneuten Anstieg gegenüber dem Vorjahr von 331 % auf 362 %.

Veränderung bei Indikatoren mit „unrealistischer“ Zielerreichung

■ **CO₂e-Emissionen vorübergehend gesunken:** Der lange Sommer 2018 und die milde Wintersaison haben sich positiv auf die Emissionsbilanz ausgewirkt. Durch den witterungsbedingt deutlich geringeren Primärenergieverbrauch ist der CO₂e-Ausstoß um 5,6 % gesunken. Das entspricht einer Einsparung von ca. 50 Mt CO₂e gegenüber 2017. Mit aktuell geschätzten 854 Mt CO₂e pro Jahr ist man jedoch noch weit von der Zielmarke von 750 Mt CO₂e für 2020 und 563 Mt CO₂e für 2030 entfernt. Der Indikator erreicht

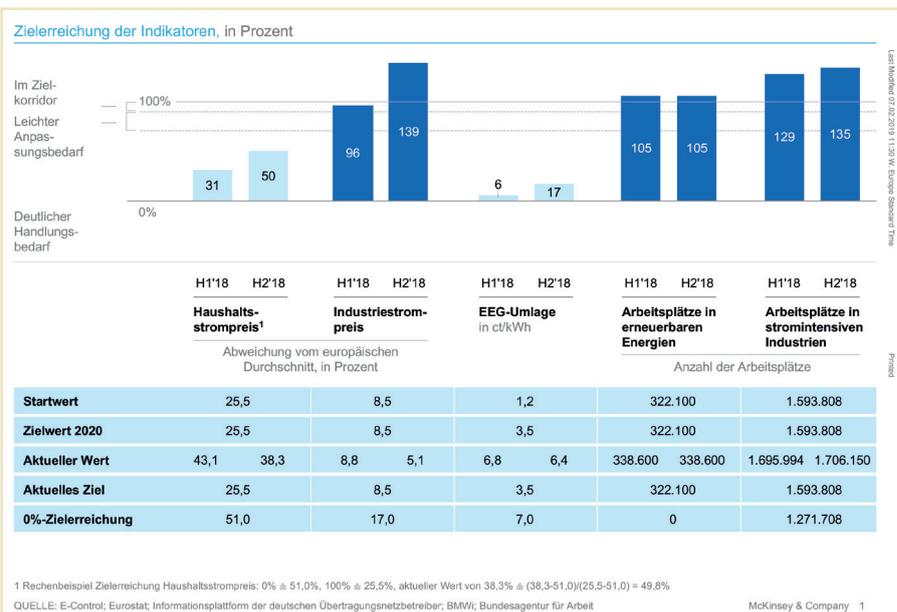


Abb. 1 Wirtschaftlichkeit, Wertung H1 2018 und H2 2018

einen Wert von 66 % und muss – wie seit Beginn der Indexerhebung – als „unrealistisch“ eingestuft werden. Von einer grundlegenden Trendwende kann keine Rede sein.

■ **Deutlich geringerer Primärenergieverbrauch:** Gegenüber 2017 ist der Primärenergieverbrauch nach ersten Schätzungen um 4,8 % gesunken und hat damit wesentlich zur verbesserten CO₂e-Bilanz des Jahres 2018 beigetragen. Ursache ist neben der milden

Witterung auch die leicht gesunkene Nachfrage aus energieintensiven Industrien. Dadurch verbessert sich der Indikator sichtlich, ist aber weiterhin „unrealistisch“ in seiner Zielerreichung. Da die Verbesserung auch hier größtenteils auf den ungewöhnlich hohen Temperaturen des Jahres 2018 beruht, ist der Abwärtstrend voraussichtlich nicht nachhaltig und könnte sich in einem kalten Jahr wieder umkehren.

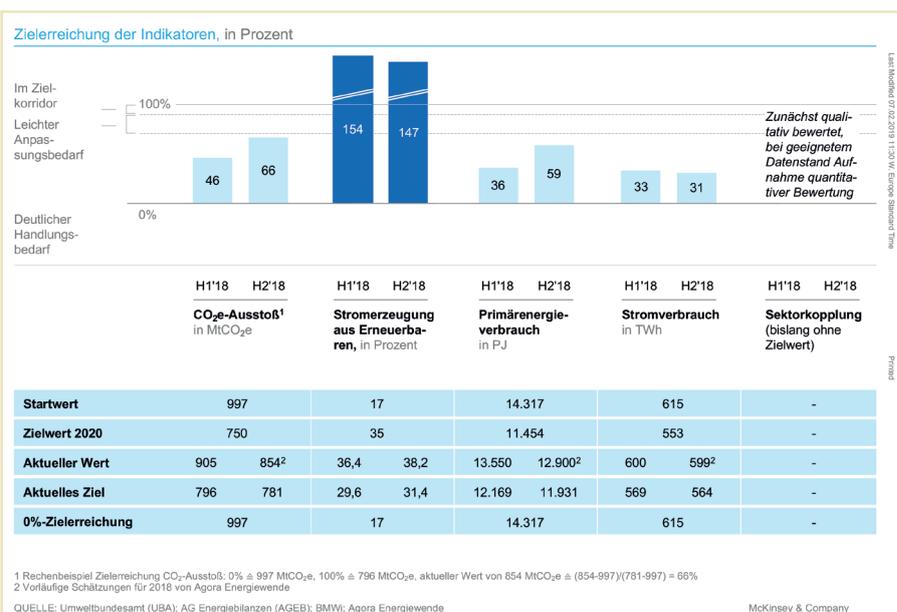


Abb. 2 Umwelt- und Klimaschutz, Wertung H1 2018 und H2 2018

■ **Stromverbrauch unverändert:** Der Bruttostromverbrauch liegt gegenüber dem Vorjahr nahezu unverändert bei rund 600 TWh. Der Indikator steht bei 31 % Zielerreichung und verbleibt damit bis auf Weiteres in der Kategorie „unrealistisch“.

■ **Haushaltsstrompreise europaweit gestiegen:** Sowohl in Europa als auch in Deutschland sind die Haushaltsstrompreise angezogen. Da jedoch das EU-Preisniveau stärker gestiegen ist als in Deutschland, verbessert sich der Indikator leicht, verbleibt aber trotzdem mit einer Differenz von 38,3 % in der Kategorie „unrealistisch“.

■ **EEG-Umlage leicht rückläufig:** Steigende Börsenstrompreise und erhöhter Wettbewerb bei EEG-geförderten Neuanlagen haben zu einer leichten Absenkung der EEG-Umlage für 2019 geführt. Insgesamt verharrt die Umlage seit 2014 auf einem Niveau von knapp unter 7 ct/kWh, während die geförderte Strommenge im gleichen Zeitraum um 50 % gestiegen ist. Alles in allem bleibt der Indikator in seiner Zielerreichung „unrealistisch“.

■ **Stark verzögerter Ausbau der Transportnetze:** Mit nur 49 km Neutrassen in sechs Monaten vollzieht sich der Netzausbau weiterhin schleppend. Von den in den Ausbauplänen von EnLAG und BBPIG vorgesehenen 3.582 km bis 2020 sind insgesamt erst 961 km fertiggestellt. Das entspricht 35 % des aktuellen Zielwerts. Es bleibt

abzuwarten, ob sich das Bautempo nach den Ankündigungen von Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier erhöhen wird. Altmaier hatte im August 2018 einen „Aktionsplan Stromnetz“ vorgelegt, der vorsieht, den Netzausbau durch besseres Monitoring, beschleunigte Planungsverfahren sowie die Schaffung ökonomischer Anreize für die Netzbetreiber zu beschleunigen.

Stromsektor als Motor der Dekarbonisierung

Durch den Ausbau erneuerbarer Energien und die Abschaltung älterer konventioneller Kraftwerke hat der deutsche Stromsektor seine CO₂e-Emissionen seit 1990 überproportional zu anderen Sektoren senken können, nämlich um 29,2 %. Über alle Sektoren hinweg reduzierten sich die Treibhausgasemissionen lediglich um 25,9 %. Hauptsächlich für die gute Emissionsbilanz des Stromsektors war der Ausbau der Erneuerbaren, unterstützt durch den EU-Emissionshandel. Hinzu kommt, dass die Kosten für die Erzeugung aus Erneuerbaren seit 2010 massiv gefallen sind (Onshore Wind: -58 %, Offshore Wind: -38 %, Solar PV: -83 %). Damit ist der technologische und ökonomische Weg für eine emissionsarme Erzeugung des Energieträgers Strom geebnet.

Dieser Trend wird sich aus zwei Gründen fortsetzen. Zum einen wegen der weiter fallenden Kosten der Erneuerbaren: Einschlägige Institutionen wie Bloomberg New Energy Finance und auch die für eher konservative Abschätzungen bekannte International Energy Agency rechnen bis 2040 mit etwa 2 bis 4 % pro Jahr. Zum anderen aufgrund ambitionierter Ziele für den weiteren Ausbau der Erneuerbaren: Bis 2050 sollen sie 80 % der deutschen Stromversorgung decken – im Gegenzug zum Ausstieg aus der Kohleverstromung. Eine vergleichbare Perspektive auf die künftige Emissionsfreiheit von Öl und Gas, den zentralen Energieträgern im Verkehrs- und Gebäudesektor, gibt es derzeit nicht.

Elektrifizierung weiterer Sektoren als Chance

Aufgrund seiner besseren Emissionsbilanz ist der Stromsektor nicht nur zum Fokusthema der Energiewende geworden – er könnte auch zur treibenden Kraft für eine stärkere CO₂e-Reduktion in anderen Sektoren werden. Die Analysen, die McKinsey im Rahmen der Eurelectric-Studie „Decarbonisation pathways“ durchgeführt hat, zeigen, wie hoch das Dekarbonisierungspotenzial durch Elektrifizierung ist. Ausgangsfrage der Untersuchung war, wie der Stromsektor die Dekarbonisierung in Europa unterstützen kann. In drei Elektrifizierungsszenarien, die für das Jahr 2050 im EU-Raum entworfen wurden, geht die Studie in den wichtigsten energieverbrauchenden Sektoren Transport/Verkehr, Gebäude/Wärme und Industrie von einer Dekarbonisierung von 80, 90 und 95 % aus.

Dies setzt allerdings eine drastisch höhere Elektrifizierungsrate des Energieverbrauchs in allen Sektoren voraus. Diese beträgt derzeit (Stand 2017) gerade einmal 22 % – 2 % im Verkehrssektor, 33 % im Gebäudesektor und 34 % im Industriesektor – hier schlummert noch erhebliches Potenzial. Um die CO₂e-Emissionen bis 2050 um 95 % zu senken, müsste sich die Elektrifizierung auf 60 % erhöhen, gepaart mit einer weiteren Steigerung der Energieeffizienz und indirekten Effekten aus der Elektrifizierung. Eine Reduzierung des CO₂e-Ausstoßes um 80 % erfordert immer noch eine Steigerung der Elektrifizierungsrate auf 38 %. Getrieben würde die Entwicklung der Analyse zufolge

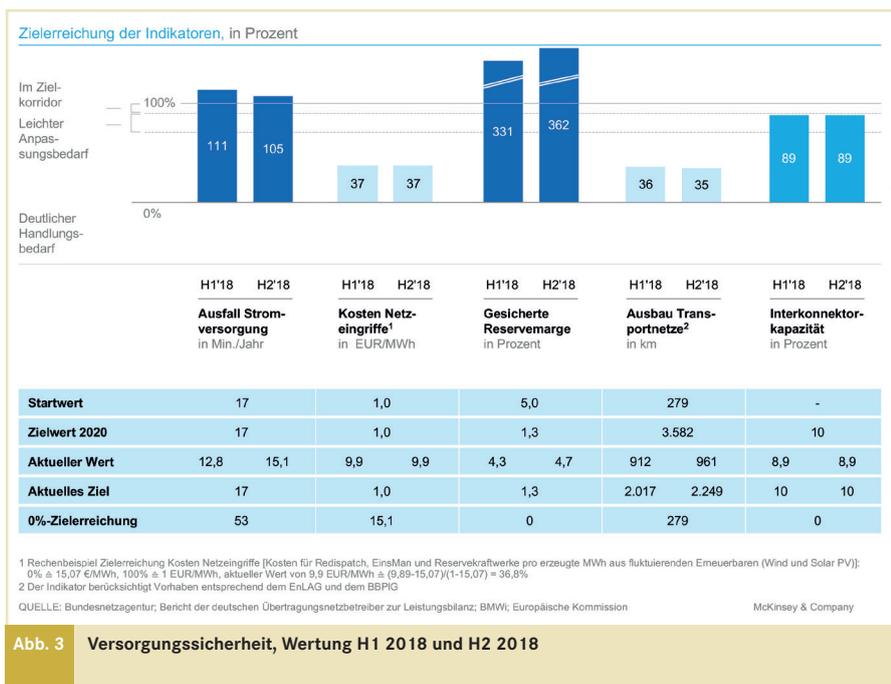


Abb. 3 Versorgungssicherheit, Wertung H1 2018 und H2 2018

in erster Linie vom Verkehrssektor, der im Zuge wachsender E-Mobilität den größten Beitrag liefern würde (Abb. 4).

Eine stärkere Elektrifizierung der einzelnen Wirtschaftszweige verbessert nicht nur die Emissionsbilanzen in den Sektoren selbst; sie senkt auch den CO₂e-Ausstoß insgesamt. Daher liegt den von Eurelectric entworfenen Szenarien eine ambitionierte Annahme zur Steigerung der Energieeffizienz von 2,0 % bis 2,8 % pro Jahr zugrunde. Ein Drittel davon ist getrieben von der höheren Effizienz der elektrischen Anlagen. Zum Beispiel benötigen elektrische Antriebe von E-Autos im Vergleich zu konventionellen lediglich ein Drittel bis ein Viertel der Energie. Zusätzlich profitieren alle von den weiter sinkenden Emissionen der Stromerzeugung.

Beide Effekte können auf die Dauer zu deutlichen CO₂e-Einsparungen führen. So verursacht ein E-Auto, das mit dem durchschnittlichen europäischen Strommix 2018 geladen wird, ca. 50 g CO₂e-Emissionen pro gefahrenem Kilometer (km). Der durchschnittliche CO₂e -Ausstoß von EU-Neuwagen hingegen betrug 2017 noch 118,5 g pro km. Jeder elektrisch angetriebene Neuwagen hat nach dieser Rechnung bereits heute ca. 60 % weniger Emissionen als ein neuer Verbrenner – und seine Emissionsbilanz verbessert sich im Laufe der Fahrzeugnutzung durch die fortschreitende Dekarbonisierung der Stromerzeugung kontinuierlich weiter.

Was jetzt geschehen muss

Die in den Szenarien formulierten Ziele sind nur erreichbar, wenn geeignete Rahmenbedingungen diese Entwicklung unterstützen. Erforderlich ist zunächst eine Fortsetzung des Ausbaus der erneuerbaren Energien in mindestens der gleichen Geschwindigkeit wie bisher, flankiert von weiter sinkenden Kosten für die Erneuerbaren und einer Begrenzung der Gesamtsystemkosten für ihre Aufnahme in die Stromversorgung (z.B. bei Netzeingriffen). Analog dazu muss auch der (in Teilen bereits geplante und begonnene) Ausbau der Transportnetze vorangetrieben werden, um einen Ausgleich zwischen Nachfrage- und Erzeugungszentren zu schaffen. Darüber hinaus braucht es einige grundlegende Weichenstellungen in der Energiepolitik, die sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene vorzunehmen sind:

Verständigung über CO₂e-Ziele

Vor dem Hintergrund der immer schwerer zu erreichenden Klimaschutzziele und des Verlustes der deutschen Vorreiterstellung beim Klimaschutz ist es jetzt dringend geboten, das Emissionsproblem europaweit koordiniert anzugehen. Gefordert ist eine länderübergreifende Verständigung über die CO₂e-Ziele und deren Umsetzung. Davon sind die EU-Mitglieder bislang weit entfernt. In Deutschland sind die Emissionsziele vergleichsweise klar formuliert, doch mangelt es an ihrer konsequenten Verfolgung. In

anderen Ländern wie etwa Polen wiederum erscheint bereits die Zielsetzung wenig ambitioniert, wenn weiterhin Vorschläge diskutiert werden, bei denen die Stromerzeugung aus Kohle auch in 2030 noch mehr als 60 % der Gesamterzeugung ausmachen soll. Um jedoch stärkere Investitionen in die Emissionssenkung anzuregen, ist die gemeinschaftliche Formulierung ebenso ehrgeiziger wie belastbarer CO₂e-Ziele unumgänglich, verbunden mit klaren politischen und regulatorischen Vorgaben. Darüber hinaus brauchen alle Länder einen marktbasieren Rahmen, der es ermöglicht, dass sich die günstigsten Lösungen zur Emissionssenkung im Wettbewerb durchsetzen. Denkbare Maßnahmen hierzu wären technologieneutrale Auktionen für Erneuerbare oder – noch effizienter – eine umfassend angelegte, angemessene CO₂e-Bepreisung.

Flexible Erzeugung und Nachfragemanagement

Um den Ausbau der erneuerbaren Energien und die weitere Elektrifizierung voranzutreiben, ist es erforderlich, dass ausreichend flexible Erzeugung vorgehalten wird. Länder wie Schweden oder Norwegen können dabei traditionell auf die flexible und CO₂e-arme Erzeugung aus Pumpspeicherkraftwerken zurückgreifen. Regionen mit eingeschränktem Zugang zur Wasserkraft hingegen – wie Deutschland oder das Vereinigte Königreich – müssen ihre Energieerzeugung über flexible konventionelle Kraftwerke, Speicherlösungen oder eine Flexibilisierung der Nachfrage sicherstellen. Die Bereitstellung von Flexibilität auf der Erzeugungs- wie auf der Verbrauchsseite steht somit besonders im Fokus. Auch diese Aufgabe wird mit Technologieoffenheit am effizientesten zu lösen sein.

Stärkung der Verteilnetze

Wie in früheren Veröffentlichungen bereits dargelegt, werden sich einige zentrale Probleme auf Verteilnetzebene ergeben. Bereits ein E-Fahrzeuganteil von 25 % kann zu einem Anstieg der Spitzenlast in Verteilnetzen von 30 % führen, wenn der Ausbau der Infrastruktur und die Taktung der Ladevorgänge nicht koordiniert werden. Fortgeschrittene Regionen und Städte mit hoher E-Mobilitäts-

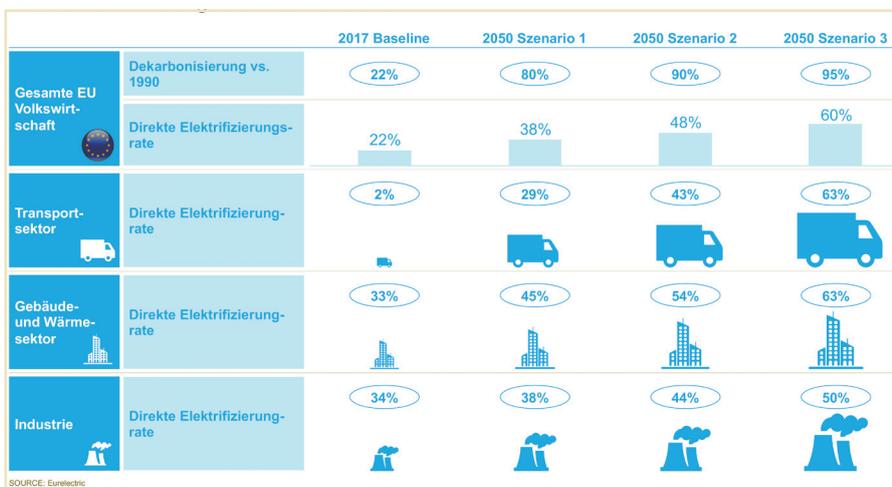


Abb. 4 Direkte Elektrifizierungsraten nach Szenarien

quote wie z.B. Oslo stehen bereits heute vor dieser besonderen Herausforderung.

„Elektrifizierte Energiewende“ schon heute einleiten

Damit die Elektrifizierung im beschriebenen Umfang gelingt, ist enge Zusammenarbeit gefragt – nicht nur im Bereich Verkehr. Im Gebäudesektor zum Beispiel könnten integrierte Lösungen aus Solaranlagen zur Stromerzeugung, kombiniert mit Wärmepumpen im Heizbereich, einen substantziellen Beitrag zur CO₂e-Reduktion leisten. Und auch in der Industrie lassen sich Emissionen spürbar senken, etwa im Zement- und Ethylen-Sektor.

Die Umsetzung der oben erläuterten Szenarien erfordert der Analyse zufolge europaweit jährlich etwa 90 bis 110 Mrd. € Investitionen –

dies entspricht 0,65 % des europäischen BIP. Zum Vergleich: Aktuell werden pro Jahr rund 55 Mrd. € in Erneuerbare und mehr als 30 Mrd. € in Stromnetze investiert. Umgerechnet könnte somit die in den Szenarien angepeilte CO₂e-Reduktion zu Kosten von 18 bis 65 €/t realisiert werden. Dies entspricht, wenn man einmal von teuren Technologien wie CCS (Kohlendioxid-Abscheidung und -Speicherung) absieht, zumindest am unteren Ende der Kostenspanne in etwa dem aktuellen CO₂-Preis.

Die geforderten Investitionen stellen für die europäische Wirtschaft zweifellos einen Kraftakt dar. Es scheint allerdings, dass die sektorübergreifende Elektrifizierung zur Zeit der einzige technologisch und ökonomisch gangbare Weg ist, um unsere Treibhausgasemissionen in ausreichendem Maße zu senken. Die Umsetzung einer solchen „elektrifizierten

Energiewende“ gestaltet sich aufgrund zahlreicher Abhängigkeiten komplex, sollte aber wegen der langen Investitionszyklen bereits heute eingeleitet werden.

Dr. T. Vahlenkamp, Senior Partner, McKinsey & Company, Düsseldorf; Dr. I. Ritzenhofen, Associate Partner, McKinsey & Company, Köln; Dr. G. Gersema, Engagement Manager, McKinsey & Company, Berlin; K. Bauer, Senior Expert, McKinsey & Company, Stuttgart; N. Beckmann, Junior Research Analyst, McKinsey & Company, Düsseldorf; F. Stockhausen, Research Analyst, McKinsey & Company, Düsseldorf
thomas_vahlenkamp@mckinsey.com

Die Studie „Decarbonisation pathways“ finden Sie zum Download unter <https://mck.de/trvcx>

Feedback erwünscht

Der Energiewende-Index bietet alle sechs Monate einen Überblick über den Status der Energiewende in Deutschland. Reaktionen und Rückmeldungen seitens der Leser sind ausdrücklich erwünscht und werden bei der Aktualisierung des Index berücksichtigt, sofern es sich um öffentlich zugängliche Daten und Fakten handelt. Auf der Website von McKinsey besteht die Möglichkeit, den Autoren Feedback zum Thema Energiewende zu geben: www.mckinsey.de/energiewendeindex

EPCON – Was die Energiebranche bewegt

Die EPCON ist vom 02.-04.04.2019 bereits zum 24. Mal Treffpunkt für die österreichische Energiebranche. Über die Jahre und Jahrzehnte hat die EPCON tausende Teilnehmer bei den Herausforderungen der E-Wirtschaft – von der Liberalisierung des Strommarktes über die Energieeffizienzgesetze bis zum SmartMeter Roll-out – begleitet, unterstützt und den einen oder anderen Weg durch turbulente Zeiten gewiesen.

Einige der Themen, die im Jahr 2019 verhandelt werden, wären Anfang der 2000er noch undenkbar gewesen. Andere, wie Preisentwicklungen und Herstellungskosten, waren gewiss auch damals bereits Hot Topics, auch wenn man sich nicht über den Einsatz von Blockchain für den Börsenhandel unterhalten hat.

Seit einigen Jahren ist Mauerbach die Heimat der EPCON. So beschaulich das Dorf im Wiener Wald auch scheint, pulsiert hier für drei Tage das Herz der österreichischen Energiebranche. 2019 gibt es neben dem gemeinsamen Plenum mit (inter-)nationalen Keynotes und Podiumsdiskussion mit Vorständen und CEOs fünf Konferenzen, die sich der Gaswirtschaft, neuen Geschäftsmodellen, den neuen Gesetzeslagen, dem Energiehandel und Smart Meter widmen.

Zudem zeichnet die imH GmbH im Zuge des Kongresses die innovativsten Energie-Produkte und Konzepte, die auch die Endverbraucher überzeugen können, mit dem EPCON AWARD aus. Information und Anmeldung unter www.imh.at/veranstaltungen/hub/epcon/