

DEFINE – POLICY BRIEF

Oktober 2014

Gemeinsamer DEFINE Policy Brief von Öko-Institut und DIW Berlin

Clemens Gerbaulet, Wolf-Peter Schill

DIW Berlin

Peter Kasten

Öko-Institut

Die CO₂-Emissionen künftiger Elektrofahrzeugflotten hängen stark vom angenommenen Kraftwerkspark und den Ladestrategien der Fahrzeuge ab. Unsere Analysen zeigen, dass ein zusätzlicher Ausbau erneuerbarer Stromerzeugungskapazitäten erforderlich ist, um die Emissionsreduktionspotenziale von Elektrofahrzeugen vollständig zu heben. Ohne zusätzliche erneuerbare Energien könnte die Einführung der Elektromobilität – unabhängig von der Ladestrategie – zu erhöhten CO₂-Emissionen führen.

Wir entwickeln zwei Marktszenarien für Elektromobilität in Deutschland bis zum Jahr 2030: Ein Business-as-usual-Szenario (BAU) und ein Elektromobilität+-Szenario (EM+), das Politikmaßnahmen zur Markteinführung von Elektrofahrzeugen enthält (ein Feebate-System, eine angepasste Kraftstoffbesteuerung und ambitioniertere Emissionsstandards für Neufahrzeuge). Plug-in-Hybridfahrzeuge und Range-Extender-Fahrzeuge machen den Großteil der Elektrofahrzeuge in beiden Szenarien aus (insgesamt rund fünf Millionen Elektrofahrzeuge im EM+-Szenario für 2030). Wir untersuchen die Auswirkungen der Integration dieser Fahrzeugflotten in das deutsche Stromsystem mit einem numerischen Kraftwerkseinsatzmodell. Der Energieverbrauch der modellierten Elektrofahrzeugflotten ist verglichen mit dem gesamten Stromverbrauch gering; die stündlichen Ladeleistungen können dagegen sehr hoch werden. Bei einer nutzergetriebenen Ladestrategie werden die Fahrzeuge überwiegend tagsüber und in den Abendstunden geladen, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Höchstlast des Stromsystems. Im Gegensatz dazu verschiebt eine kostengetriebene Ladestrategie die Aufladung größtenteils in die Nachtstunden. Demnach erhöht kostengetriebenes Laden die Auslastung von Stein- und Braunkohlekraftwerken deutlich, während im nutzergetriebenen Fall der zusätzliche Strom überwiegend aus Erdgas- und Steinkohlekraftwerken stammt. Insgesamt sind die spezifischen CO₂-Emissionen der zusätzlichen Stromerzeugung in den meisten Szenarien deutlich höher als die durchschnittlichen CO₂-Emissionen des gesamten Strommixes, da die stärkere Integration erneuerbarer Energien überkompensiert wird durch eine vermehrte Kohleverstromung. Nur wenn die Einführung der Elektromobilität mit einem entsprechenden zusätzlichen Ausbau erneuerbarer Stromerzeugungskapazitäten verknüpft wird (Szenario RE+) erreichen Elektrofahrzeuge eine weitgehende CO₂-Neutralität. Weitergehende Analysen der kombinierten CO₂-Bilanz des Strom- und Verkehrssektors zeigen, dass die zusätzlichen Emissionen im Strombereich die Emissionsminderungen im Verkehrsbereich im BAU-Szenario überkompensieren; im EM+-Szenario kehrt sich dieser Effekt um.

Auf Grundlage dieser Ergebnisse leiten wir folgende politikrelevante Schlussfolgerungen ab: Erstens sollte den Entscheidungsträgern bewusst sein, dass Elektrofahrzeuge den Stromverbrauch und damit auch die Auslastung konventioneller Kraftwerke erhöhen können. Wenn die Einführung der Elektromobilität politisch mit der Nutzung erneuerbarer Energien und Klimaneutralität verknüpft wird, so muss sichergestellt werden, dass ein entsprechender – über bestehende Ausbauszenarien hinausgehender – zusätzli-

cher Ausbau der erneuerbaren Energien erfolgt. Zweitens könnte es in Hinblick auf kritische Spitzenlast-situationen erforderlich werden, eine rein nutzergetriebene Ladestrategie künftig regulatorisch einzu-schränken. Drittens kann kosten- bzw. markt-getriebenes Aufladen nur dann zu emissionsoptimalen Er-gebnissen führen, wenn die Emissionsexternalitäten im Strompreis korrekt wiedergespiegelt sind. Nicht zuletzt weisen wir darauf hin, dass die Einführung der Elektromobilität nicht nur in Hinblick auf mögliche CO₂-Emissionsreduktionen bewertet werden sollte; vielmehr können Elektrofahrzeuge weitere Vorteile mit sich bringen, beispielsweise geringere Emissionen von anderen Luftschadstoffen und Lärm sowie eine verringerte Abhängigkeit von Erdöl im Verkehrsbereich.

Einleitung

Im Rahmen des Projekts DEFINE haben das Öko-Institut und das DIW Berlin gemeinsam mögliche künftige Interaktionen des Einstiegs in die Elektromobilität mit dem deutschen Stromsystem untersucht. Wir waren dabei besonders interessiert an den Auswirkungen künftiger Elektrofahrzeugflotten auf den Kraftwerkseinsatz, die Integration fluktuierender erneuerbarer Energien und die daraus resultierenden CO₂-Emissionsänderungen, jeweils unter verschiedenen Annahmen zur Ladestrategie der Elektrofahr-zeuge.

Zunächst hat das Öko-Institut zwei Marktszenarien für Elektromobilität in Deutschland bis 2030 entwi-ckelt: ein Business-as-usual-Szenario (BAU) und ein Elektromobilität⁺-Szenario (EM⁺). Auf Basis empiri-scher Mobilitätsdaten und einer Conjoint-Analyse wurden mögliche Entwicklungen der Neuzulassungen und des Bestands von Elektrofahrzeugen abgeleitet. Für die Jahre 2020 und 2030 wurden je 28 verschie-dene Profile des stündlichen Energieverbrauchs und der maximal verfügbaren Ladeleistung generiert. Diese dienten als Inputparameter für eine numerische Modellanalyse des DIW Berlin. Auf Basis eines gemischt-ganzzahligen Kraftwerkseinsatzmodells des DIW Berlin wurde die Integration dieser Elektro-fahrzeugflotten in das deutsche Stromsystem für verschiedene Szenarien analysiert, insbesondere in Hinblick auf verschiedene Ladestrategien. Die errechneten CO₂-Emissionen wurden wiederum an das Öko-Institut übergeben. Sie dienten als Inputparameter für das TEMPS-Modell, mit dem das Öko-Institut den sektorenübergreifenden Netto-Emissionseffekt bestimmt hat. Dabei wurde auch der Emissionseffekt des Ersatzes konventioneller Fahrzeuge durch Elektrofahrzeuge berücksichtigt.

Zwei Elektromobilitätsszenarien

Für den Zeitraum bis 2030 wurden für Deutschland zwei Elektromobilitätsszenarien entwickelt. Im BAU-Szenario werden die heute feststehenden politischen Rahmenbedingungen fortgeschrieben. Im Gegensatz dazu umfasst das EM⁺-Szenario Politikmaßnahmen, die der Förderung der Elektromobilität dienen, wie beispielsweise eine höhere Kraftstoffbesteuerung, ambitioniertere Emissionsstandards für Neufahrzeuge und die Einführung eines Feebate-Systems (Bonus-Malus-System). Für die Abschätzung der Fahrleistung, aber auch um die Restriktionen für die Nutzung elektrischer Fahrzeuge abzubilden, wurden repräsentati-ve Mobilitätsdaten für Deutschland verwendet. Die Kaufentscheidung zwischen Pkw mit verschiedenen Antriebstechnologien wurde mit Hilfe einer Conjoint-Analyse simuliert, für die 1.500 potenzielle Neuwa-genkäufer befragt wurden.

Neben den Anschaffungskosten sind Ladeinfrastrukturanforderungen und lange Fahrten, die über die Reichweite batterieelektrischer Pkw hinausgehen, die hauptsächlichen Restriktionen für die Nutzung und den Kauf elektrischer Pkw. Ungefähr 50% der Pkw-Besitzer in Kernstädten besitzen keine Parkmöglich-keit auf dem eigenen Grundstück und sind damit bei der Nutzung eines elektrischen Pkw vollständig von einer (halb-)öffentlichen Ladeinfrastruktur abhängig. Der Anteil der Pkw-Besitzer ohne Stellplatz auf dem

eigenen Grundstück sinkt in Vororten und im ländlichen Raum auf 30%. Lange Fahrten stellen ein starkes Hemmnis für batterieelektrische Pkw dar, und die Wahrscheinlichkeit, dass eine Fahrt über der Reichweite elektrischer Pkw mehr als vier Mal im Jahr angetreten wird, liegt bei über 70%.

Mit den gesetzten Rahmenbedingungen zeigt sich in der Conjoint-Analyse eine hohe Zustimmung und Akzeptanz für Elektromobilität. Das Marktpotenzial elektrischer Pkw liegt bei ca. 50% im BAU-Szenario und bei ca. 60% im EM⁺-Szenario. Die Akzeptanz von Plug-in Hybrid Fahrzeugen ist dabei höher als die für rein batterieelektrische Pkw. Für die Ableitung des Marktanteils elektrischer Pkw wurde zudem eine Marktdiffusion mit berücksichtigt, um Effekten wie beispielsweise eines notwendigen Aufbaus der Produktionskapazitäten und einer mangelnden Modellvielfalt Rechnung zu tragen.

In den Szenarien liegt der Marktanteil elektrischer Pkw bei den Neuzulassungen im Jahr 2020 bei 5-6%; dieser steigt bis zum Jahr 2030 auf 20–25%. Im Vergleich zu batterieelektrischen Pkw liegen höhere Marktanteile für Plug-In-Hybridfahrzeuge (PHEV) und Range-Extender-Fahrzeuge (REEV) vor. Die Entwicklung der Neuzulassungen wurde in DEFINE für die Bestimmung des Pkw-Bestandes bis 2030 verwendet. Im Jahr 2020 besteht die Flotte elektrischer Fahrzeuge in den Szenarien aus rund 400.000 (BAU) bzw. 500.000 (EM⁺) Pkw. Die Anzahl der elektrischen Pkw steigt bis 2030 im BAU-Szenario auf rund 3,9 Millionen Pkw; im EM⁺-Szenario befinden sich knapp 5,1 Millionen elektrische Pkw im Bestand, was 13% des gesamten Pkw-Bestands ausmacht (Abbildung 1).

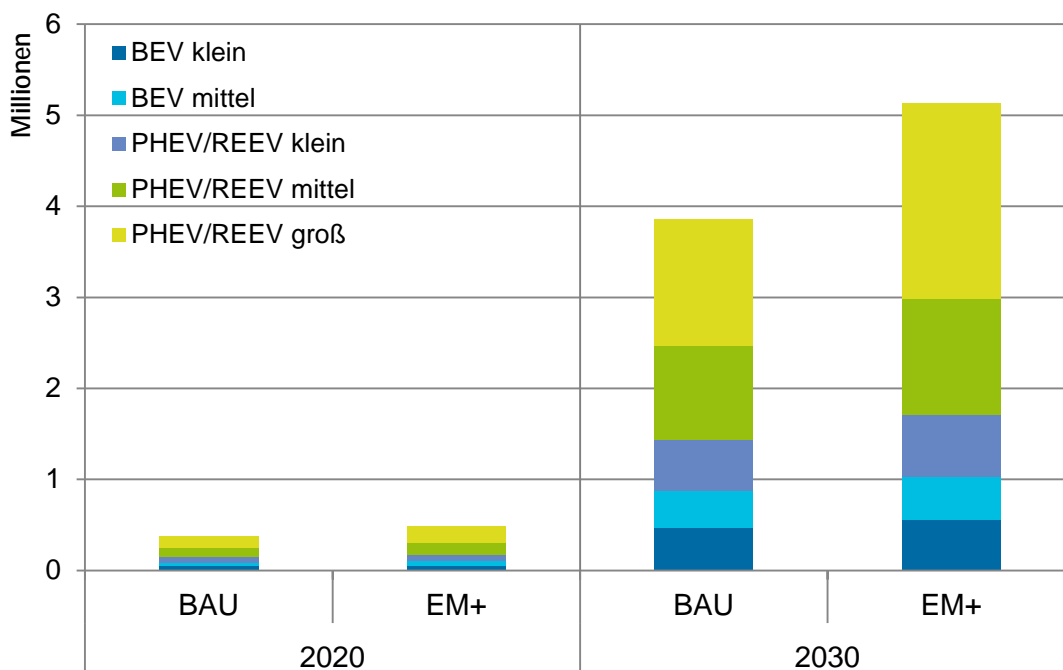


Abbildung 1: Bestand elektrischer Pkw im BAU- und im EM⁺-Szenario

Auswirkungen von Elektrofahrzeugen auf das deutsche Stromsystem

Für die Analyse wurde ein numerisches Kostenminimierungsmodell genutzt, mit dem der Kraftwerkseinsatz und die Aufladung von Elektrofahrzeugen gleichzeitig optimiert werden. Das Modell ermittelt den kostenminimierenden Kraftwerkseinsatz unter Berücksichtigung des thermischen Kraftwerksparks, der Erzeugungsmöglichkeiten fluktuierender erneuerbarer Energien, der verfügbaren Pumpspeicher und den

jeweils mit dem Netz verbundenen Elektrofahrzeugen. Interaktionen mit Nachbarländern werden in dieser Analyse nicht betrachtet. Das Modell hat eine stündliche Auflösung und wird für ein komplettes Jahr gelöst. Es berücksichtigt realistische inter-temporale Restriktionen thermischer Kraftwerke, beispielsweise Mindestlastbedingungen, Mindeststillstandszeiten und Anfahrkosten. Das Modell erfordert eine Reihe exogener Inputparameter, darunter thermische und erneuerbare Erzeugungskapazitäten, fluktuierende Verfügbarkeiten von Windkraft und Photovoltaik, Erzeugungskosten und andere technisch-ökonomische Parameter sowie Nachfragedaten. Wir stützen uns dabei überwiegend auf semi-offizielle Szenarioparameter sowie auf die Datenbank des DIW Berlin.

Wir wenden das Kraftwerkseinsatzmodell auf die BAU- und EM⁺-Szenarien der Jahre 2020 und 2030 an. In Hinblick auf installierte Stromerzeugungsleistungen unterschiedlicher Technologien stützen wir uns auf den deutschen Netzentwicklungsplan, der den Zielsetzungen der deutschen Bundesregierung entsprechend einen deutlichen Ausbau erneuerbarer Energien enthält. In sechs zusätzlichen Modellläufen simulieren wir aufbauend auf dem 2030 EM⁺-Szenario die Effekte eines zusätzlichen Ausbaus erneuerbarer Energien (RE⁺). Diese zusätzlichen Kapazitäten sind so gewählt, dass sie die Stromnachfrage der Elektrofahrzeugflotte genau abdecken. Dabei wird angenommen, dass der zusätzliche Strom entweder vollständig aus zusätzlichen Windkraftanlagen an Land stammt, vollständig aus zusätzlichen PV-Anlagen, oder je zur Hälfte aus zusätzlichen Windkraft- und PV-Anlagen. In Hinblick auf die Elektromobilität werden die oben genannten 28 Fahrzeugprofile genutzt, die vom Öko-Institut auf Basis repräsentativer Mobilitätsdaten abgeleitet wurden. Die stündlichen Profile des Energieverbrauchs und der verfügbaren Ladeleistung der Elektrofahrzeuge sind wesentliche Inputparameter für die Modellierung. Wir unterscheiden zwei extreme Aufladestrategien: vollständig nutzergetrieben oder vollständig kostengetrieben. Im nutzergetriebenen Lademodus werden Elektrofahrzeuge so schnell wie möglich vollständig aufgeladen, sobald sie mit dem Stromnetz verbunden sind. Im kostengetriebenen Modus kann die Aufladung dagegen innerhalb der durch die Profile gesetzten Grenzen verschoben werden, wobei die Kosten der Aufladung minimiert werden.

Die Modellergebnisse zeigen, dass der gesamte Energiebedarf der modellierten Elektrofahrzeugflotten im Vergleich zur gesamten Stromnachfrage gering ist. Im Jahr 2020 macht die Elektromobilität je nach Aufladestrategie nur ungefähr 0,1% bis 0,2% der gesamten Stromnachfrage aus. Bis zum Jahr 2030 wachsen diese Anteile auf ungefähr 1,3% (nutzergetrieben) bis 1,6% (kostengetrieben) an. Die stündlichen Ladeleistungen können jedoch sehr hoch werden, mit entsprechenden Konsequenzen für das Stromsystem. Die Ladeleistung variiert grundsätzlich erheblich zwischen einzelnen Stunden und unterscheidet sich zudem stark zwischen dem nutzergetriebenen und dem kostengetriebenen Lademodus. Die nutzergetriebene Aufladung erfolgt überwiegend tagsüber und in den Abendstunden (Abbildung 2). Dies kann zu einer deutlichen Steigerung der Spitzenlast des Stromsystems führen, was besorgniserregende Konsequenzen für die Systemsicherheit nach sich zieht. Im nutzergetriebenen Szenario des Jahres 2030 gibt es sowohl im BAU- als auch im EM⁺-Szenario mehrere Stunden, in denen die verfügbare Erzeugungsleistung vollständig erschöpft wird. Im Gegensatz dazu wird im kostengetriebenen Modus die abendliche Spitze des Aufladeprofiles in die Nacht verschoben, was zu einer deutlich geringeren Erhöhung der Spitzenlast des Systems führt. Das durchschnittliche Profil im kostengetriebenen Auflademodus ist insgesamt wesentlich gleichmäßiger als das im nutzergesteuerten Modus.

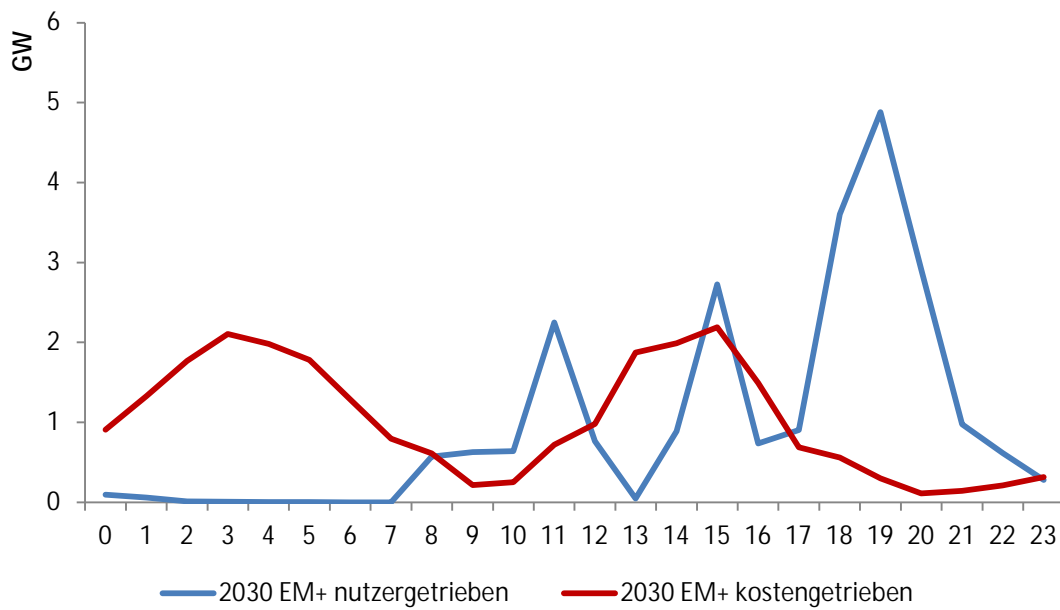


Abbildung 2: Durchschnittliche Ladeleistung über 24 Stunden

Die unterschiedlichen Aufladeprofile gehen mit entsprechenden Änderungen im Kraftwerkseinsatz einher. Im EM⁺-Szenario des Jahres 2030 erhöht sich bei einer kostengetriebenen Ladestrategie vor allem die Auslastung von Stein- und Braunkohlekraftwerken stark gegenüber einem Szenario ohne Elektrofahrzeuge. Bei einer nutzergetriebenen Aufladung, die häufig in Stunden durchgeführt wird, in denen Braunkohlekraftwerke bereits voll ausgelastet sind, stammt die zusätzliche Stromerzeugung überwiegend aus erdgasbefeuerten Gas- und Dampfkraftwerken sowie in geringerem Umfang aus Stein- und Braunkohlekraftwerken (Abbildung 3).

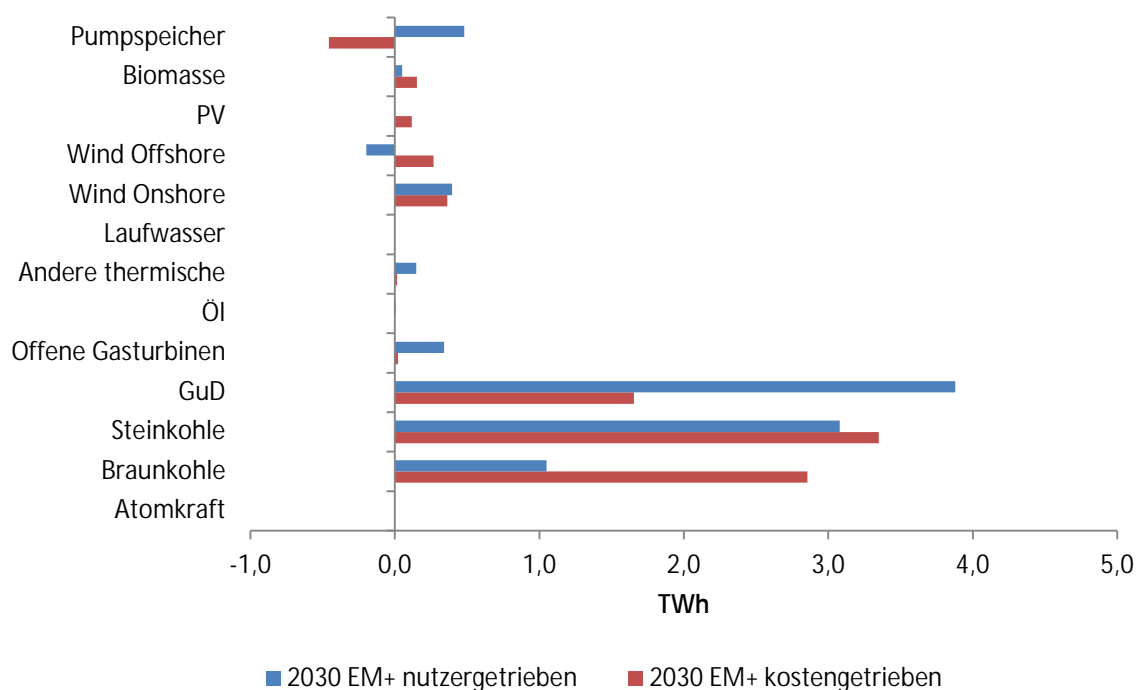


Abbildung 3: 2030 EM+: Änderungen im Kraftwerkseinsatz gegenüber einem Szenario ohne Elektrofahrzeuge

In zusätzlichen Modellläufen (RE⁺) verknüpfen wir die Einführung der Elektromobilität direkt mit einem zusätzlichen Ausbau erneuerbarer Stromerzeugungskapazitäten. Bei nutzergetriebener Aufladung führt dies im Vergleich zu einem Szenario ohne diese zusätzlichen Erzeugungskapazitäten und ohne Elektrofahrzeuge – wie zu erwarten – zu einer deutlich Erhöhung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, aber auch zu einem gewissen Rückgang der Braunkohleverstromung und einer Zunahme der Stromerzeugung in Gaskraftwerken. Bei kostengetriebener Aufladung dagegen ermitteln wir einen gegenteiligen Effekt: hier steigt die Braunkohleverstromung an, während die Stromerzeugung aus Gaskraftwerken sinkt. Grund hierfür ist die zusätzliche nachfrageseitige Flexibilität der Elektrofahrzeugflotte.

Die temporäre Abregelung fluktuierender erneuerbarer Stromerzeuger ist im Rahmen der getroffenen Annahmen grundsätzlich in allen Szenarien gering. Die Modellergebnisse zeigen jedoch, dass das Potenzial der Elektromobilität zur Vermeidung der Abregelung erneuerbarer Energien bei kostengetriebener Aufladung deutlich höher ist als bei nutzergetriebener Aufladung. Im EM⁺-Szenario des Jahres 2030 vermindert eine kostengetriebene Aufladung den Anteil der Abregelung erneuerbarer Energien von 0,65% im Fall ohne Elektrofahrzeuge auf 0,29%. Unter den RE⁺-Szenarien weist der reine PV-Zubau die geringsten Abregelungsniveaus auf, der reine Zubau von Offshore-Windkraft dagegen die höchsten. Demnach dürften die Einspeisemöglichkeiten der Photovoltaik insgesamt besser zu den Elektrofahrzeugen passen als die der Offshore-Windkraft.

Die spezifischen CO₂-Emissionen der zusätzlichen Stromnachfrage von Elektrofahrzeugen hängen sowohl vom zugrunde liegenden Kraftwerkspark als auch von der Ladestrategie ab. Elektrofahrzeuge können sowohl die Auslastung von emissionsintensiven Erzeugungstechnologien wie Braun- und Steinkohle als auch die Systemintegration fluktuierender erneuerbarer Energien verbessern. Während ersteres zu erhöhten CO₂-Emissionen führt hat letzteres einen gegenteiligen Effekt. In den BAU- und EM⁺-Szenarien der Jahre 2020 und 2030 dominiert der zuerst genannte Effekt die Emissionsbilanz; dies gilt insbesondere bei

einer kostengetriebenen Ladestrategie. Die spezifischen Emissionen des Ladestroms sind daher – unabhängig vom Auflademodus – deutlich größer als die spezifischen Emissionen des gesamten Strommixes (Abbildung 4). Im Gegensatz dazu liegen die Emissionen bei einem gleichzeitigen zusätzlichen Ausbau erneuerbarer Energien (RE+) deutlich darunter und werden in einigen Fällen sogar leicht negativ. Wir weisen darauf hin, dass derartige Effekte grundsätzlich stark von der Struktur des Kraftwerksparks und dem Grad der Abregelung erneuerbarer Energien abhängen. In Zukunft könnte sich die Emissionsbilanz der kostengetriebenen Aufladung deutlich verbessern, wenn emissionsintensive Kraftwerke das System verlassen und die Abregelung erneuerbarer Stromerzeuger an Bedeutung gewinnt.

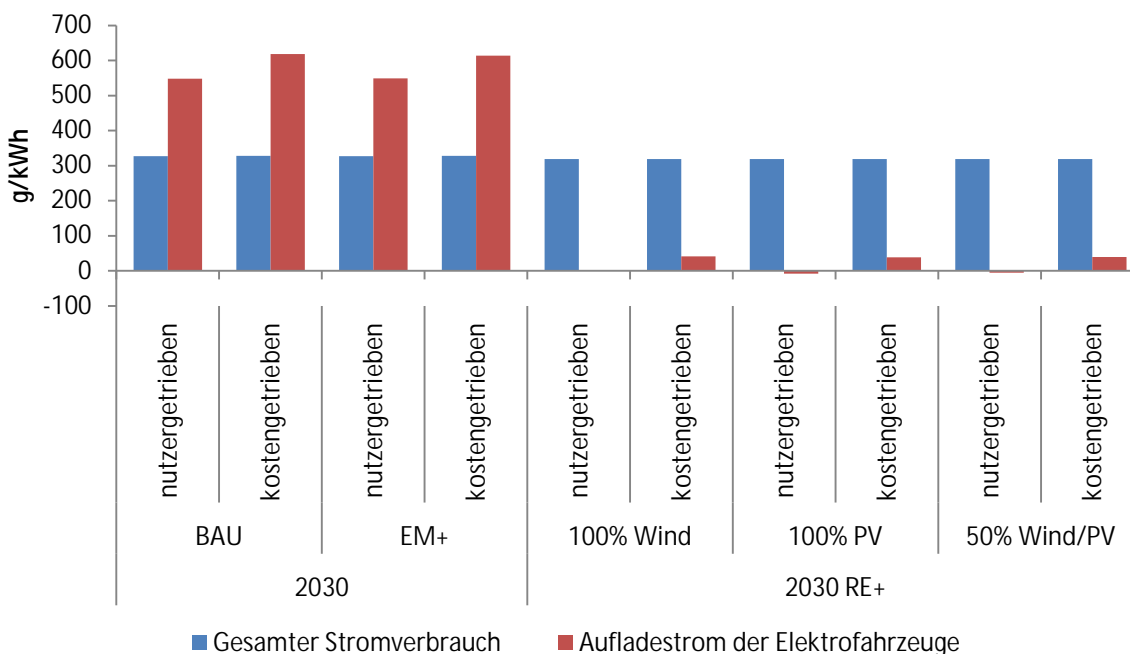


Abbildung 4: Spezifische CO₂-Emissionen der Stromerzeugung in den Szenarien des Jahres 2030

Die Netto-CO₂-Bilanz der Elektromobilität

Die CO₂-Emissionen des Verkehrssektors reduzieren sich beim Ersatz von verbrennungsmotorischen Fahrzeugen durch elektrisch angetriebene Pkw. Im Gegensatz dazu können die Emissionen im Stromsektor durch die erhöhte Stromnachfrage ansteigen (siehe oben). Im EM+-Szenario werden aufgrund der Annahme einer strikteren CO₂-Regulierung im Vergleich zum BAU-Szenario zudem niedrigere spezifische CO₂-Emissionen bei verbrennungsmotorischen Pkw angenommen. Daher wurde eine Netto-CO₂-Bilanz für die Emissionen aus Strom- und Verkehrssektor durchgeführt, um den vollständigen CO₂-Effekt der Markteinführung der Elektromobilität mit abzubilden. Für das Jahr 2030 zeigt sich im BAU-Szenario, dass die CO₂-Reduktion im Transportsektor durch die Mehremissionen im Stromsektor überkompensiert wird. Insgesamt steigen die CO₂-Emissionen im Vergleich zum Szenario ohne Elektromobilität je nach Lademodus um 1,0 bzw. 1,6 Millionen Tonnen (Abbildung 5). Im EM+-Szenario wird dagegen eine negative CO₂-Bilanz erreicht; die Emissionen reduzieren sich um 1,3 bzw. 2,1 Millionen Tonnen, wobei dieses Ergebnis aufgrund der niedrigeren CO₂-Emissionen der verbrennungsmotorischen Pkw erreicht wird. In beiden Szenarien sind die spezifischen CO₂-Emissionen, die durch die Stromnachfrage der elektrischen Pkw entstehen, im Jahr 2030 höher als die der verbrennungsmotorischen Pkw, da die Emissionsverbesserungen

bei konventionellen Pkw größer sind als die im Kraftwerkspark. Die elektrischen Pkw werden in den Simulationsläufen mit zusätzlichen Kapazitäten an erneuerbarer Stromerzeugung (RE+) nahezu CO₂-neutral, auch wenn die Emissionen des Stromsektors in die Bilanz mit einbezogen werden. Die Netto-CO₂-Bilanz weist dann eine Verringerung von 6,9 Millionen Tonnen CO₂ gegenüber einem Szenario ohne Elektromobilität auf. In den Szenarien mit zusätzlichen erneuerbaren Energien wird das CO₂-Minderungspotenzial daher vollständig ausgeschöpft.

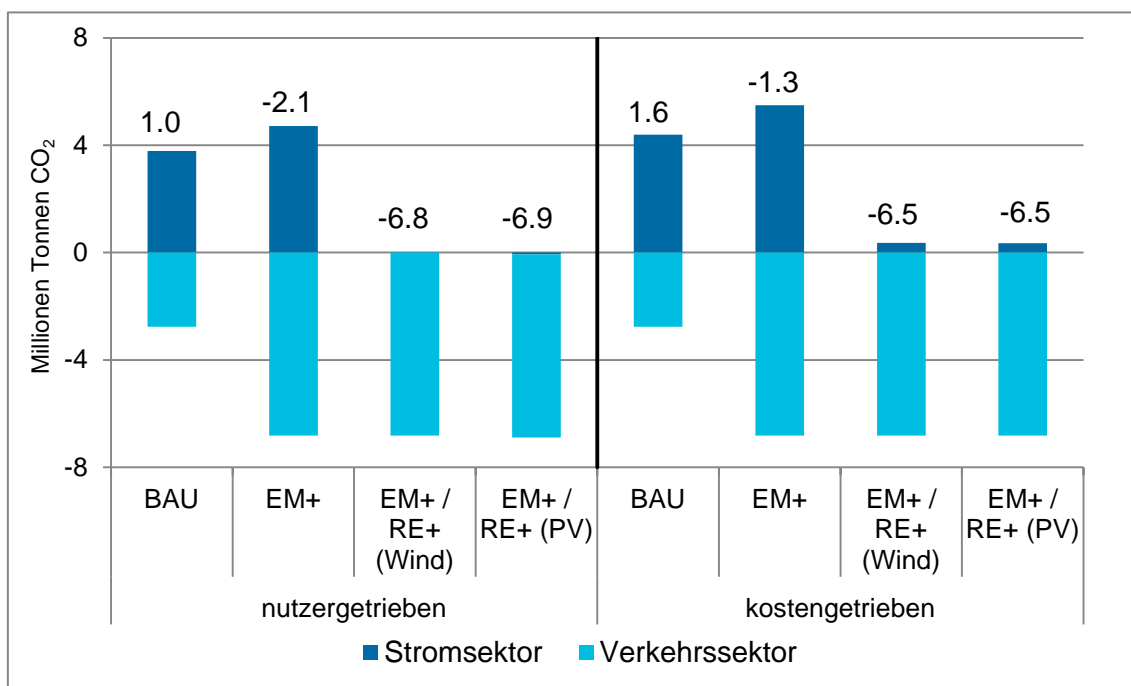


Abbildung 5: Netto-CO₂-Bilanz von Verkehrs- und Stromsektor für 2030 (in Millionen Tonnen CO₂, Vergleich zu Szenario ohne Elektromobilität und ohne zusätzliche erneuerbare Energien)

Politische Schlussfolgerungen

Auf Basis der Modellergebnisse leiten wir mehrere politische Schlussfolgerungen ab. Erstens müssen sich die Entscheidungsträger zumindest auf absehbare Zeit keine Sorgen um den Gesamtstromverbrauch künftiger Elektrofahrzeugflotten machen, über die möglichen Leistungsspitzen der Fahrzeugaufladung hingegen durchaus. In Hinblick auf Ladespitzen und die Systemsicherheit ist eine kostengetriebene Aufladung einer nutzergetriebenen Aufladung klar vorzuziehen. Aufgrund begrenzter gesicherter Erzeugungskapazitäten könnte es erforderlich werden, die rein nutzergetriebene Aufladung künftig regulatorisch einzuschränken, spätestens wenn die Fahrzeugflotten so groß werden wie hier in den Szenarien des Jahres 2030 unterstellt.

Zweitens sollten die politischen Entscheidungsträger sich bewusst sein, dass eine kostengetriebene, d.h. optimierte Aufladung nicht nur die Systemintegration erneuerbarer Energien verbessern kann, sondern auch die Auslastung von Stein- und Braunkohlekraftwerken. Wird die Einführung der Elektromobilität politisch mit der Nutzung erneuerbarer Energien verknüpft, wie von der deutschen Bundesregierung mehrfach geäußert, so muss sichergestellt werden, dass ein entsprechender – über bestehende Ausbauszenarien hinausgehender – zusätzlicher Ausbau erneuerbarer Energien erfolgt. In Hinblick auf CO₂-Emissionen ist ein derartiger zusätzlicher Ausbau erneuerbarer Energien besonders wichtig solange noch erhebliche – und zunehmend unterausgelastete – Stromerzeugungskapazitäten emissionsintensiver Technologien am Netz sind. Dabei spielt es aus einer Systemperspektive keine Rolle, ob die zusätzliche

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien **komplett** durch eine passgenaue Aufladung von Elektrofahrzeugen in den jeweiligen Stunden verbraucht wird, oder ob sie die sonstige Stromnachfrage deckt.

Drittens kann eine kostengetriebene Aufladung, die einer marktgetriebenen bzw. einer gewinnmaximierenden Aufladung in einem perfekt wettbewerblichen Markt entspricht, nur dann zu emissionsoptimalen Ergebnissen führen, wenn die Emissionsexternalitäten adäquat eingepreist sind. Andernfalls kann eine optimierte Aufladung zu überdurchschnittlich hohen spezifischen CO₂-Emissionen führen, und sogar zu höheren Emissionen als eine nutzergetriebene Aufladung. Demnach sollte die Politik sicherstellen, dass CO₂-Emissionen hinreichend bepreist werden. Andernfalls müsste eine andere, Emissions-orientierte Ladestrategie verfolgt werden, die theoretisch denkbar wäre, deren Implementierung in der Praxis aber äußerst unwahrscheinlich ist.

Nicht zuletzt wollen wir darauf hinweisen dass die Einführung der Elektromobilität nicht nur in Hinblick auf CO₂-Emissionen bewertet werden sollte. Elektrofahrzeuge können weitere Vorteile mit sich bringen, beispielsweise geringere Emissionen von anderen Luftschadstoffen und Lärm sowie eine verminderte Abhängigkeit von Erdöl im Verkehrsbereich. Insbesondere erlauben Elektrofahrzeuge die Nutzung heimischer erneuerbarer Energien im Verkehrssektor, ohne dass auf Biokraftstoffe zurückgegriffen werden muss.

Quellen

- Schill, W.-P., Gerbaulet, C. (2014): Project Report: Power System Impacts of Electric Vehicles in Germany. Project: Development of an Evaluation Framework for the Introduction of Electromobility. 6 September 2014.
- Kasten, P., Hacker, F. (2014): DEFINE: Development of an Evaluation Framework for the Introduction of Electromobility. Two electromobility scenarios for Germany: Market development and their impact on CO₂ emissions of passenger cars in DEFINE. Deliverables: 4.1 – 4.5 and 5.1. November 2014.