

Zeitschrift: Energie & Umwelt : das Magazin der Schweizerischen Energie-Stiftung
SES

Herausgeber: Schweizerische Energie-Stiftung

Band: - (2016)

Heft: 4: Energieforschung Schweiz

Artikel: Die Zukunft der Mobilität aus energiesystemischer Sicht

Autor: Boulouchos, Konstantinos

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-685395>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Zukunft der Mobilität aus energiesystemischer Sicht

Die Mobilität ermöglicht zwar Wohlstand, stellt aber gleichzeitig eine grosse Herausforderung dar betreffend Finanzierung der Infrastruktur, Importabhängigkeit fossiler Energieträger und negativer Umwelteffekte. Der vorliegende Beitrag legt aus systemischer Sicht den Fokus der Betrachtung auf die energie- und klimarelevanten Aspekte der zukünftigen Mobilität.



Von **Prof. Dr. Konstantinos Boulouchos**
 ETH Zürich, Institut für Energietechnik – LAV,
 boulouchos@lav.mavt.ethz.ch

Die weltweite Mobilität beansprucht deutlich mehr als 50% des weltweiten Erdölbedarfs und trägt etwa 18% zum weltweiten CO₂-Ausstoss bei. Ähnlich hoch ist die Erdölabhängigkeit des Verkehrssektors in der Schweiz. Dessen Anteil am CO₂-Ausstoss beträgt zurzeit 39%. Wichtiger noch ist aber die Tatsache, dass die Verkehrsleistung sowohl beim Personen- als auch im Güterverkehr weltweit massiv zunehmen wird.¹

Deutliche CO₂-Reduktion – auch beim Verkehr

Insbesondere die Eindämmung des Klimawandels macht also zielgerichtete und effektive Massnahmen zur substanziellen Absenkung der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen unabdingbar. Wie bei jedem anderen Energiesektor ist dazu eine kohärente, langfristige Strategie auf der Nachfrage- und auf der Angebotsseite erforderlich. Orientiert man sich am global verbleibenden CO₂-Budget² für die Einhaltung des 2° C-Ziels mit einer Wahrscheinlichkeit von 66% und übersetzt dies auf die Schweizer Bevölkerung, muss bis 2050 zwingend eine Pro-Kopf-Reduktion des CO₂-Ausstosses um 70–80% realisiert werden. Das soll selbstverständlich auch für den Verkehrssektor gelten, womit das Ausmass der Herausforderung deutlich wird.

Hebel auf der Nachfrageseite

Gemäss den neusten Szenarien des Bundesamts für Raumentwicklung ARE³ für 2040 sind je nach Entwicklung der Bevölkerung und der Wirtschaftsleistung in der Schweiz 20–35% mehr Personenkilometer und 25–50% Tonnenkilometer gegenüber 2010 zu erwarten. Beim Güterverkehr bleiben die Schienen- und Strassenanteile in etwa konstant, beim Personenverkehr gibt es eine überschaubare Verschiebung zu Gunsten der Schiene, trotzdem nimmt die Leistung des motorisierten Individualverkehrs im Referenzszenario um 18% zu; all dies bei Fortführung der jetzigen Verkehrspolitik. Dieser Aufwärtstrend muss natürlich gebrochen werden, indem zuerst eine Stabilisierung und dann eine graduelle Abnahme der Verkehrsleistung anzustreben

ist. Dazu sind «policy»-Massnahmen erforderlich, wie im Weiteren besprochen wird. Schon eine Stabilisierung wird kurz- bis mittelfristig wohl als Erfolg betrachtet werden aufgrund der Wirtschaftsbedürfnisse und der langen Wirkungszeiträume der Raumplanung und Lebenszyklen der Infrastruktur. Deswegen ist es unvermeidbar, dass die Angebotsseite (Technologie und Geschäftsmodelle) einen grossen Beitrag zur CO₂-Absenkung leisten muss.

Potenziale auf der Angebotsseite

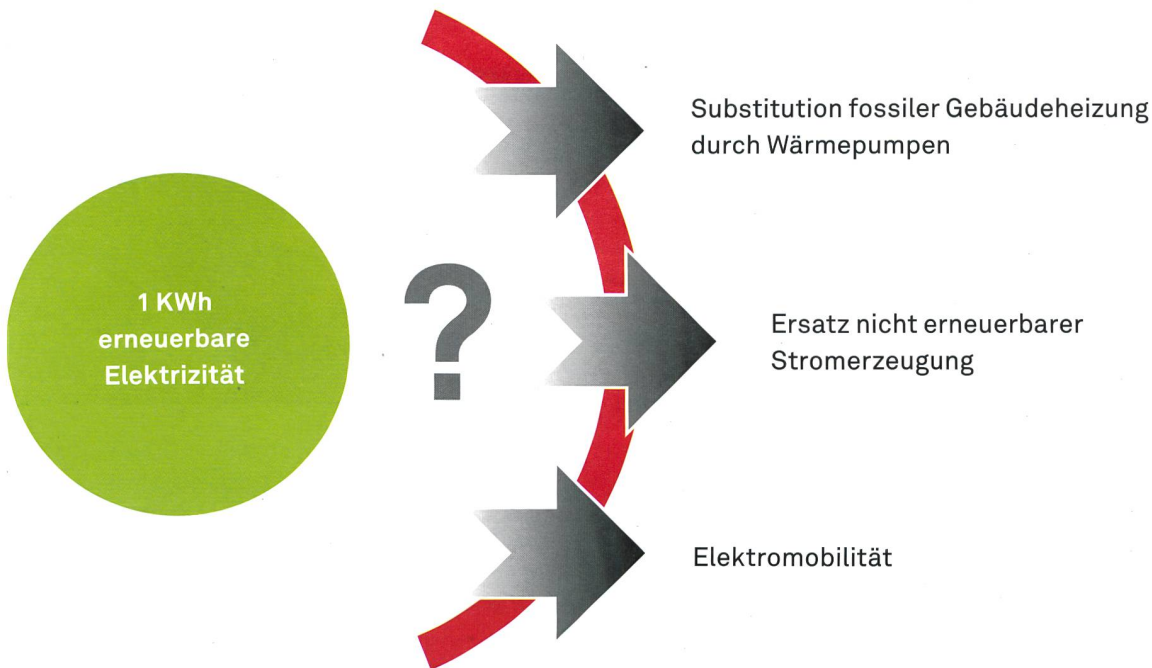
Hier müssen wir zwischen einem evolutionären und einem radikalen Weg unterscheiden. Ersterer betrifft das rasche Ausschöpfen der «tief hängenden Früchte», nämlich der Erhöhung der Effizienz verbrennungsmotorischer Antriebe und Fahrzeuge, verbunden mit flächendeckender Hybridisierung und der Erhöhung des Anteils von Erdgas im Treibstoffmix, inklusive biogener, ökologisch verträglicher Anteile.

Unsere Analysen zeigen, dass sich dadurch bis zu 50% des spezifischen CO₂-Bedarfs für den MIV innerhalb von 15–20 Jahren reduzieren lassen. Zwar reicht diese Reduktion für die Erreichung der Ziele 2050 klar nicht aus. Der Vorteil dieses Weges aber, der übrigens konsequent auch für den Anteil des Überlandgüterverkehrs auf der Strasse verfolgt werden muss, liegt darin, dass damit vorerst kein zusätzlicher Elektrizitätsbedarf entsteht. Zweifellos führt langfristig an einer breiten Durchdringung der Elektromobilität zumindest im Kurz- bis Mittelstreckenverkehr kein Weg vorbei. Sobald aber diese Technologie auf einen grossen Teil der PWK-Flotte hochskaliert wird, entstehen komplexe Wechselwirkungen mit dem gesamten Energiesystem und insbesondere mit dem Elektrizitätssektor.

Wo ist erneuerbare Elektrizität einsetzbar?

Elektromobilität umfasst prinzipiell zwei Technologien: batterieelektrische Fahrzeuge und solche, die von Brennstoffzellen mit Wasserstoff als Energieträger angetrieben werden. Soll die heutige PKW-Flotte der Schweiz batterieelektrisch werden, sind etwa 15 TWh Brutto-Elektrizität erforderlich, die Wasserstoffherstellung für die Brennstoffzellen würde wiederum mindestens 30 TWh erfordern.

Wo lässt sich erneuerbare Elektrizität am nachhaltigsten einsetzen?



Es ist für die nächsten etwa 20 Jahre viel zweckmässiger, in den Stromsektor zu investieren, um diesen nachhaltig zu gestalten, als zum jetzigen Zeitpunkt die Elektromobilität massiv zu forcieren.

Sowohl in der Schweiz als auch in den Nachbarländern Frankreich und Deutschland stehen wir in den nächsten 15–25 Jahren vor der grossen Herausforderung, den grossen Anteil an nuklearer oder fossiler Elektrizitätserzeugung durch erneuerbare Energiequellen zu ersetzen. In der Schweiz sind das etwa 35%, in Deutschland 70% und in Frankreich um die 80% des Gesamtbedarfs. Insbesondere mit Bezug auf den maximalen Effekt bei der Eindämmung des Klimawandels ist darauf zu achten, dass neue erneuerbare Elektrizität mit hoher Priorität ältere Kohlekraftwerke ersetzt. Damit spart man pro 1 KWh erneuerbaren Strom mindestens 1000 g CO₂; in der gleichen Grössenordnung liegt die CO₂-Reduktion beim Ersatz älterer Ölheizungen durch hocheffiziente Wärmepumpen, wo immer dies möglich ist. Setzt man die gleiche erneuerbare KWh_{el} für Elektrofahrzeuge ein, spart man hingegen gegenüber einem Benzinhybridauto die Hälfte, im Vergleich zu einem Gashybridfahrzeug sogar nur ein Drittel davon.

Es ist für die nächsten etwa 20 Jahre viel zweckmässiger, in den Stromsektor zu investieren, um diesen nachhaltig zu gestalten, als zum jetzigen Zeitpunkt die Elektromobilität massiv zu forcieren. Sobald aber die Stromproduktion grossmehrheitlich erneuerbar ist, wird die Elektromobilität den PKW-Markt durchdringen.

Digital-Technologien erbringen wohl keine Wunder

Die zukünftig lokal verfügbaren, vielfältigen Informationen zu umweltfreundlichen Mobilitätsangeboten und innovativen – auch multimodalen – Geschäftsmodellen kann zur erwünschten Effizienzsteigerung und einer gewissen Reduktion der Nachfrage nach Verkehrsleistung führen. Zusätzlich kann eine Marktdurchdringung

autonomer und sicherer Fahrzeuge zur besseren Nutzung der Infrastruktur und einer kleineren Anzahl der Autos beitragen. Wie oft in der Vergangenheit beobachtet, besteht jedoch hier die klare Gefahr eines starken «Rebound»-Effekts. Je komfortabler und billiger nämlich die Mobilität wird, desto deutlicher die Ausweitung der Nachfrage nach individueller Mobilität und desto unvorteilhafter die Wettbewerbsfähigkeit des öffentlichen Verkehrs. Von «game-changing» digitalen Technologien die Wunderlösung zu erwarten, wird sich deswegen wohl als Trugschluss erweisen.

Nur Kostenwahrheit führt zum Ziel

Letztlich wird sich das gesamte Energiesystem und damit auch die Mobilität nur dann zur Nachhaltigkeit transformieren lassen, wenn verursachergerechte Preise unter Einbezug aller externer Kosten durchgesetzt werden und dadurch das Marktgeschehen geeignet steuern können. Dies wird sowohl auf der Nachfrage- als auch auf der Angebotsseite die optimale Verteilung der Mittel ermöglichen quer über alle Energiesektoren und Technologiepfade. Dies ist eine zentrale Aufgabe für eine zielgerichtete und effektive Energie- und Verkehrspolitik. <

Literatur/Referenzen

- 1 OECD/ITF (2015), *ITF Transport Outlook 2015*, www.oecd-ilibrary.org/transport/itf-transport-outlook-2015_9789282107782-en
- 2 Brennpunkt Klima Schweiz/Akademien der Wissenschaften Schweiz, Vol.11, No 5, 2016, www.proclim.ch/brennpunkt
- 3 *Verkehrsperspektiven der Schweiz 2040*, Bundesamt für Raumentwicklung, August 2016, www.are.admin.ch