

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 106 (2015)
Heft: 3

Artikel: Ökologische Mobilität als Ziel
Autor: Del Duce, Andrea / Zah, Rainer
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856614>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

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

Ökologische Mobilität als Ziel

Grenzen und Möglichkeiten der Elektromobilität

Heute wird der private Personenverkehr vom Verbrennungsmotor dominiert. Die Elektromobilität führt im privaten Personentransport zwar ein Nischendasein, bietet sich aber bei entsprechendem Strom-Mix als nachhaltigere Alternative zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor an. Einige Gedanken zu ihrer Nachhaltigkeit und zu möglichen Entwicklungen.

Andrea Del Duce, Rainer Zah

Der private Personenverkehr ist vom Verbrennungsmotor dominiert. Obwohl die Anzahl an Elektrofahrzeugen in der Schweiz in den letzten Jahren deutlich gestiegen ist und ein Durchbruch dieser Technologie möglich erscheint, handelt es sich heute noch nur um wenige Prozente im Vergleich zur gesamten Flotte. Das war aber nicht immer so. Elektrisch angetriebene Autos gab es schon im 19. Jahrhundert. Am Anfang des 20. Jahrhunderts betrug ihr Anteil in den USA ungefähr ein Drittel aller Strassenfahrzeuge. Zudem war es ein elektrisches Auto, La Jamais Contente, das 1899 mit 105,88 km/h die 100-km/h-Barriere als erstes überwand. Doch dann wurde der Benzinmotor optimiert, die Verfügbarkeit von Öl und Benzin stieg, und das elektrische Auto wurde sehr schnell zu einem Nischenmarkt. Die damalige Schwachstelle ist geblieben: die begrenzte Reichweite.

Nachhaltigkeit von E-Autos

Der Klimawandel und die limitierte Verfügbarkeit von fossilen Ressourcen – die auch deutlich durch den Transportsektor mitverursacht werden – drängen nach einem Wandel in unserem Mobilitätskonzept. Dank den fehlenden direkten Emissionen und der Möglichkeit, elektrische Autos mit Strom aus erneuerbaren Quellen zu betreiben, wurden sie als eine potenziell nachhaltigere Alternative zur traditionellen Mobilität identifiziert. Doch um die tatsächlichen Vorteile und Herausforderungen von Elektroautos im Vergleich mit Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor aufzeigen zu können, ist eine Lebenszyklusperspektive nötig. Bei dieser Perspektive werden die gesamten Umweltauswirkungen der Produktion, Nutzung und Entsorgung dieser

Fahrzeuge mittels Ökobilanzierung quantifiziert. Dabei werden auch die Beiträge aus der Bereitstellung der Materialien und Energievektoren sowie den Produktions- und Entsorgungsprozessen berücksichtigt (**Bild 1**).

Bild 2 zeigt die Treibhausgasemissionen, die während des gesamten Lebenszyklus eines Benzin- (Euro 5), Diesel- (Euro 5) und elektrischen PKWs der Kompaktklasse anfallen. Einige wichtige Aspekte der Umweltauswirkungen von Fahrzeugen lassen sich so gut aufzeigen. Die Ergebnisse sind in kg CO₂-Emissionen pro Personenkilometer angegeben; das heisst, dass die Auswirkungen aus dem Lebenszyklus der Fahrzeuge auf den Transport einer Person über einen km umgerechnet wurden. Die Daten stammen aus der Umweltdatenbank Ecoinvent v2.2 und entsprechen einem Schweizer Durchschnitt. Beim elektrischen Fahrzeug bedeutet dies, dass die Batterie (eine Li-Ionen-Batterie) mit dem Schweizer Strom-Mix geladen wird.

Aus **Bild 2** ist deutlich zu sehen, wie die CO₂-Emissionen beim Diesel- und beim Benzin-Fahrzeug von der Betriebsphase dominiert sind. Ausschlaggebend sind hier die direkten Emissionen aus der Verbrennung des Treibstoffs. Bei einem elektrischen, mit Schweizer Energie-Mix betriebenen Fahrzeug sind die Treibhausgas-Emissionen aus der Betriebsphase deutlich kleiner. Diese stammen zum grössten Teil aus der Bereitstellung der Elektrizität, mit welcher die Batterie aufgeladen wird. Dafür sind beim elektrischen Fahrzeug die Emissionen aus der Produktion des Fahrzeuges höher – die Batterie spielt hier eine wichtige Rolle. Generell sind aber die Gesamtemissionen unter diesen Rahmenbedingungen beim elektrischen Fahrzeug kleiner.

Die Ergebnisse können sich deutlich ändern, wenn elektrische Fahrzeuge mit anderen Stromquellen geladen werden. In **Bild 3** sind die CO₂-Emissionen aufgezeigt, wenn für das Laden der Batterie Windenergie, Fotovoltaik, der Schweizer Strom-Mix oder Kohlestrom benutzt werden. Zum Vergleich sind im Bild auch die Ergebnisse für den Benzin-PKW (Euro 5) aufgezeigt.

Die Ergebnisse zeigen, welche Rolle der Strom in der Bewertung der Umweltauswirkungen von elektrischen Autos spielt. Während bei der Verwendung von CO₂-armem Windstrom der Beitrag aus der Betriebsphase fast vernachlässigbar ist, kann er beim Kohlestrom die Ergebnisse dominieren – ein elektrisches Fahr-

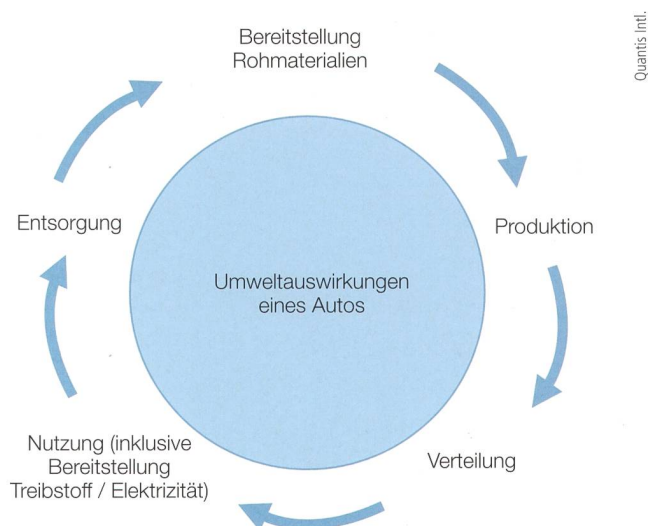


Bild 1 Lebenszyklusperspektive in der Betrachtung der Umweltauswirkungen von Fahrzeugen.

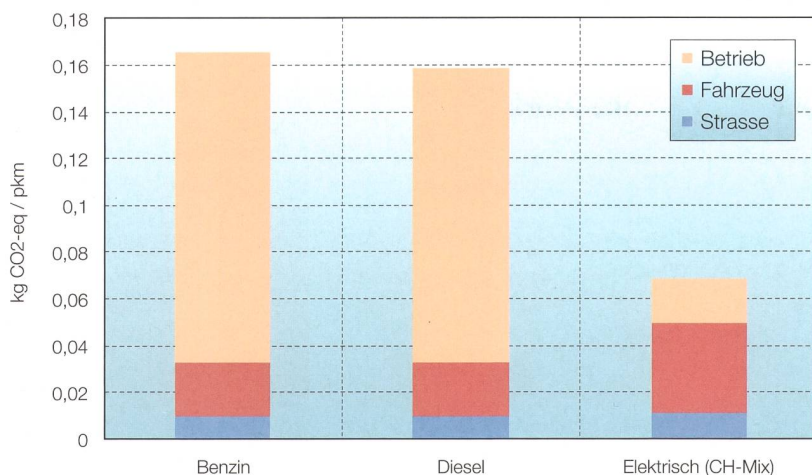


Bild 2 Vergleich der Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus bei einem Benzin-, einem Diesel (beide Euro 5) und einem elektrischen PKW.

zeug schneidet dann schlechter ab als ein Benzinauto. Dieser Trend, der hier für CO₂-Emissionen aufgezeigt wurde, kann verallgemeinert werden: Soll ein elektrisches Auto nachhaltiger als ein Benzin- oder Diesel-Auto sein, dann muss es mit erneuerbarem und sauberem Strom betrieben werden.

Aktuelle Verbreitung

Die E-Mobilität ist ein wichtiges Thema geworden. Die meisten Autohersteller haben schon elektrische Autos auf den Markt gebracht oder sind gerade dabei. Während einige Konzerne, auch aus Image-Gründen, in diesem Wettrennen mitmachen, ist bei manchen Akteuren der Wille, die Technologie-Führerschaft zu halten, erkennbar. Der Markt und die Industrie fangen also an zu spielen, obwohl trotz generell steigendem Interesse elektrische Autos auch in den nächsten Jahren ein Nischenmarkt bleiben. Dafür gibt es zwei Gründe: Der hohe Anschaffungspreis von E-Autos (Batteriekosten), und die limitierte Reichweite. Beide Aspekte hängen vom Stand der Batterietechnologie ab. Um das Problem des Preises zu umgehen, bieten einige Hersteller einen Leasingvertrag für die Batterie an. Dadurch sinken zwar die Anschaffungskosten, aber durch die Verlagerung der Batteriekosten auf die Betriebsphase reduziert sich eine der Stärken von E-Fahrzeugen: Die bei den heutigen Strompreisen deutlich tieferen Betriebskosten im Gegensatz zu Diesel- und Benzin-Autos.

Bezüglich Reichweite bieten heute Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor immer noch eine höhere Flexibilität. Sie können Hunderte von Kilometern fah-

ren und nach einem kurzen Tankstellenstopp mit vollem Tank wieder weiterfahren. Bei den meisten elektrischen Autos liegt die vom Hersteller versprochene Reichweite zwischen 100 bis 200 km. Einige Modelle bieten höhere Reichweiten durch den Einsatz von grösseren Batterien an – mit den entsprechenden Auswirkungen auf den Fahrzeugpreis. Doch auch bei diesen Modellen bleibt das Problem der längeren «Tankzeit» von E-Autos im Gegensatz zu Autos mit Verbrennungsmotor.

Die limitierte Reichweite und Flexibilität von elektrischen Fahrzeugen beeinflussen das Kaufverhalten der Fahrer. Und dies, obwohl im Durchschnitt Autofahrer weniger als 50 km pro Tag zurücklegen – eine Strecke, für die heutige E-Autos einsatzfähig sind. Für Autofahrer ist also die hohe Flexibilität von Autos mit Verbrennungsmotor wichtig, obwohl sie diese nur selten nutzen.

Neuen Mobilitätskonzepten, die sich auf «Car-Sharing» und auf ein stärkeres Zusammenspiel von privaten und öffentlichen Verkehrsmitteln abstützen, gehört die Zukunft. Ein Fahrer kann heute ein kleines Elektroauto für den Alltag kaufen und für längere Strecken ein anderes Fahrzeug mieten. Dank Car-Sharing lassen sich auch lange Strecken mit öffentlichen Verkehrsmitteln fahren (wo dann die Zeit zum Arbeiten oder für andere Aktivitäten genutzt werden kann), um dann am Ziel ein individuelles Fahrzeug flexibel zu nutzen. Aus der Umwelt- und Budgetperspektive eignen sich elektrische Fahrzeuge besonders gut für Car-Sharing-Konzepte. Da die Umweltauswirkungen der Herstellung und die Anschaffungskosten tendenziell grösser sind als die von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor, ist es bei E-Autos noch wichtiger, diese maximal auszunutzen. Es lohnt sich, die Kosten unter mehreren Nutzern zu teilen. Elektrische Fahrzeuge und innovative Car-Sharing-basierte Mobilitätskonzepte haben also das Potenzial, sich gegenseitig positiv zu beeinflussen.

Weiterentwicklungen

Die Akzeptanz von elektrischen Autos hängt hauptsächlich von der Batterietechnologie ab: Die Energiedichte von Li-Ionen-Batterien (die heute meistbenutzte Technologie bei elektrischen Autos) ist zu niedrig, um die gleiche Reichweite wie bei konventionellen Fahrzeugen zu ermöglichen, und die Kosten sind heute noch zu hoch. Würde die Industrie wirklich auf elektrische Autos setzen und sich auf eine Massenproduktion einstellen, dann ist zu erwarten, dass durch Innovation und optimierte Produktion die

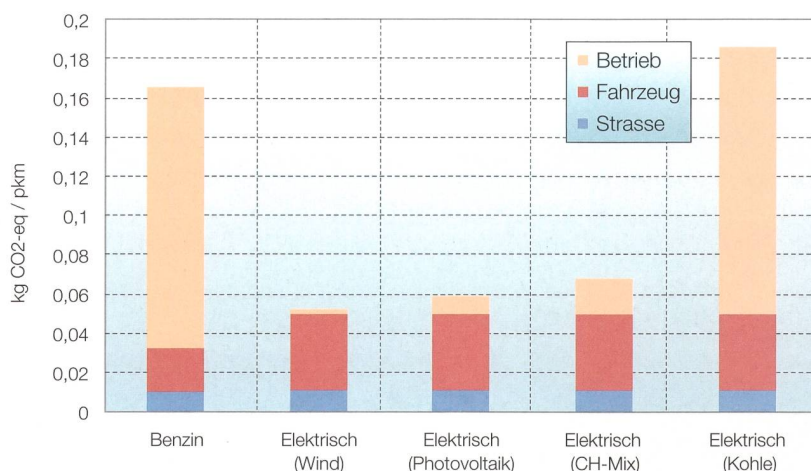


Bild 3 Einfluss der Stromquelle beim Laden von elektrischen Fahrzeugen.

Energiedichte von Lithium-Ionen-Batterien noch um einiges verbessert werden könnte. Ohne auf komplett neue Technologien wie Lithium-Luft-Batterien umzusteigen, ist bis 2050 mit einer Verdoppelung der Energiedichte (und somit der Reichweite) zu rechnen. Unter diesen Rahmenbedingungen würde die typische Reichweite von elektrischen Autos der von konventionellen Fahrzeugen sehr nahe kommen. Die Massenproduktion würde sich auch positiv auf die Kosten der Batterie auswirken. Ähnliche Trends bezüglich Energiedichte und Kosten konnten in der Vergangenheit bereits im ICT-Sektor beobachtet werden.

Aber das Problem der Ladezeit wird hiermit nicht gelöst. Auch bei Schnellladestationen sieht es zurzeit so aus, als ob das «Tanken» bei elektrischen Autos länger dauern wird als bei konventionellen Treibstoffen. Für eine Ladung von zirka 80% spricht man von Ladezeiten in einer Grössenordnung von ungefähr 20 bis 30 Minuten. Hier stellt sich die Frage, ob der Vergleich mit dem konventionellen Tanken überhaupt nötig ist, oder ob durch das Ändern unserer Fahrgewohnheiten neue Mobilitätskonzepte möglich werden. Schliesslich reicht die Reichweite für die täglichen 50 km, sodass das Fahrzeug am Abend zu Hause oder tagsüber im Geschäft wieder aufgeladen werden kann, während für längere Fahrten alternative Mobilitätsstrategien eine bessere Lösung bieten.

Doch wenn elektrische Autos künftig wirklich eine relevante Rolle spielen sollen, dann müssen noch weitere Aspekte betrachtet werden. Elektrische Fahrzeuge brauchen wegen dem höheren Anteil an Elektrik und Elektronik mehr Kupfer, Edelmetalle und seltene Erden. Um zu vermeiden, dass wertvolle Ressourcen verloren gehen, ist es wichtig, dass effektive Recycling- und Wiederverwendungs-Strategien implementiert werden. Es stellt sich auch die Frage, ob in der Schweiz die zukünftige Verfügbarkeit

Résumé

La mobilité écologique comme objectif

Les évolutions en matière de mobilité électrique

Il y a un siècle, la mobilité électrique était davantage répandue qu'aujourd'hui. Celle-ci ne constitue en effet qu'un marché de niche à l'heure actuelle. Toutefois, un revirement s'opère, judicieux d'un point de vue écologique pour autant que les véhicules électriques soient rechargés avec une électricité produite à base d'énergies renouvelables. La batterie représente toujours le point faible de ces véhicules en raison de son prix élevé et de son temps de charge relativement long, et ce, bien que le développement et la production de masse soient encore susceptibles d'entraîner de nombreux changements dans ce domaine. Par ailleurs, cette technologie convient particulièrement bien aux concepts de transport innovants, tels que l'autopartage (« car sharing »).

No

von Elektrizität für eine höhere Penetration von elektrischen Fahrzeugen ausreichen würde. Studien zeigen, dass auch bei Szenarien, in der eine Verbreitung der elektrischen Mobilität gefördert wird, die vom Bund für den elektrischen Transport angenommene Elektrizität bis 2050 ausreichen würde.

Insgesamt könnte sich der Energiebedarf des Transportsektors sogar durch einen höheren Anteil an elektrischen Fahrzeugen in der Zukunft verringern, da elektrische Motoren effizienter als Verbrennungsmotoren sind. Für eine verbreitete Nutzung von elektrischen Fahrzeugen im privaten Transport ist aber der Aufbau eines dichten Netzes von Ladestationen nötig.

Fazit

Werden elektrische Fahrzeuge mit erneuerbarem und sauberem Strom betrieben, so können diese einen wichtigen Beitrag im Wandel zu einem nachhaltigeren Transportsystem leisten, da die Umweltauswirkungen der Betriebsphase im Vergleich zu Diesel- und Benzin-Fahrzeugen deutlich reduziert werden können und dabei keine fossilen Ressourcen verbraucht werden. Doch bei der Transformation des heutigen Transportsystems geht es nicht um ein «entweder/oder» zwischen elektrischen und konventionellen Fahrzeugen. Vielmehr ist es nötig, das richtige Fahrzeug für unterschiedli-

che Bedürfnisse benutzen zu können, was durch die Verbreitung von Car-Sharing-Konzepten und deren Integration mit öffentlichen Verkehrsmitteln gefördert werden kann.

Erwähnenswert ist zudem, dass auch bei Verbrennungsmotoren nach Einsatz der Euro-Normen in den letzten Jahren viele Verbesserungen im Bereich Effizienz und Emissionen beobachtet werden konnten und dass auch bei Verbrennungsmotoren die Möglichkeit besteht, erneuerbare Treibstoffe zu benutzen. Insofern kann der Betrieb von Autos mit Verbrennungsmotoren noch deutlich umweltfreundlicher gestaltet werden. Ihre Nutzung in spezifischen Situationen, wo eine grosse Reichweite und Flexibilität im Tanken nötig sind, könnte kompatibel mit einem Wandel zu nachhaltigeren Transportsystemen sein. Die Herausforderung ist also nicht, konventionelle Autos durch elektrische zu ersetzen, sondern das optimale und umweltfreundlichste Zusammenspiel dieser Technologien zu erreichen.

Autoren

Dr. **Andrea Del Duce** hat an der Empa im Bereich Mobilität geforscht und ist nun Projektmanager und Analyst bei Quantis.

andrea.delduce@quantis-intl.com

Dr. **Rainer Zah** ist Geschäftsführer der Quantis-Niederlassung in Zürich. Seit über 20 Jahren forscht er im ökologischen Bereich und in der Mobilität.

Quantis International, 8004 Zürich
rainer.zah@quantis-intl.com

Anzeige

Die Beiträge dieser Ausgabe finden Sie auch unter
www.bulletin-online.ch