Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 99 (2008)
Heft: 1

Artikel: Fahren mit Strom
Autor: Ursin, Max / Höckel, Michael
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-855807

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: 08.07.2025

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

Fahren mit Strom

Eine Chance für die Elektrizitätsbranche und die Umwelt

Mit batteriebetriebenen Elektroautos könnten wir schon in naher Zukunft pro Liter Treibstoff 2-mal so weit fahren. Das Elektroauto ist effizient, sauber, leise und frei von Schadstoffen. Das Elektroauto ist ein Teil des Elektrizitätssystems: Millionen Autobatterien könnten grosse Mengen Strom speichern und dabei die unregelmässige Stromproduktion aus erneuerbaren Energien besser nutzen und ausgleichen. Elektroautoflotten würden so tatkräftig zu einer grüneren und trotzdem stabilen und sicheren Stromwirtschaft beitragen. Und das Beste: Auch wenn wir wegen der Elektroautos viel mehr Strom brauchen, werden Primärenergieverbrauch und Schadstoffausstoss insgesamt sinken – und das selbst dann, wenn wir den Mobilitätsstrom aus fossilen Energiequellen gewinnen würden.

Erdöl ist die Energie, die uns bewegt. Trotz seiner Endlichkeit gehen wir achtlos mit diesem wertvollen Rohstoff um: Ein Auto mit Verbrennungsmotor nutzt für den

Max Ursin, Michael Höckel

Kern der Sache, die Fortbewegung, nur einen verschwindend kleinen Teil der getankten Energie. Fast alles verpufft nutzlos über Kühlwasser, Auspuffgase, Luftwiderstand, Wärmeabstrahlung, Motorreibung und Rollwiderstand.

Es geht besser: Während Verbrennungsmotoren etwa 80% der getankten Energie verlieren, werden bei modernen Elektroantrieben auf dem Fahrzeug über 80% genutzt. Das Elektroauto ist ein Musterbeispiel für Energieeffizienz. Die zukünftige Mobilität muss deshalb elektrisch sein. Die Effizienzwunder elektrische Eisenbahn, das Tram und der Trolleybus haben sich bereits durchgesetzt, das Elektroauto und das Elektrozweirad werden die individuellen Verkehrsmittel der Zukunft sein.

Wie viel Strom brauchen 1 Million Elektroautos?

Das Laden der Elektrofahrzeugbatterien braucht Kraftwerksleistung und Energie. 1 Million Fahrzeuge würden etwa eine Ladeleistung in der Grössenordnung von 1500 MW_{el} nachfragen (3 kW pro Auto, 50% der Autos laden gleichzeitig). Ein Kleinauto wie der Think (siehe auch Seite 59) braucht für 20000 km/a etwa 3500 kWh, Batterieverluste eingerechnet. 1 Million Thinks würden also 3500 GWh Energie pro Jahr verbrauchen. Sie könnten 20 Mia. km zurücklegen oder 25000-mal die Distanz Erde–Mond retour.

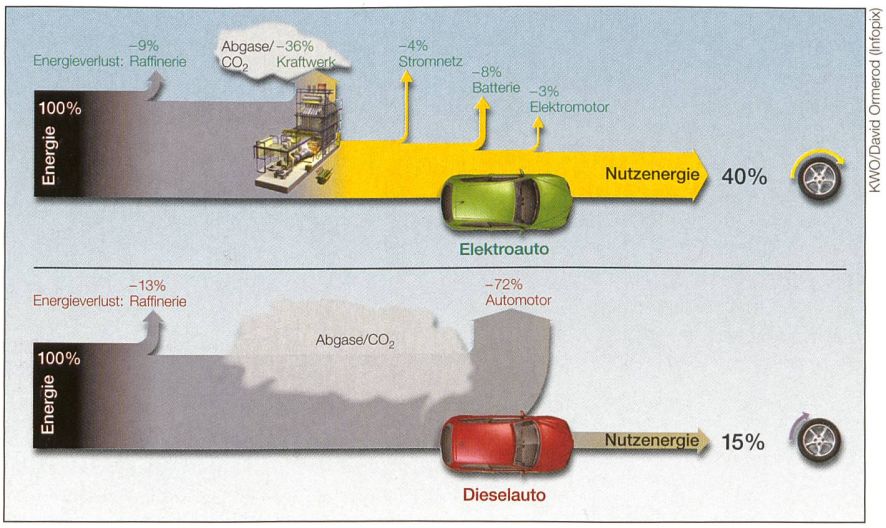
Bei einer mittleren Tagesdistanz von 40 km in der Schweiz, wofür ein Think etwa 7 kWh Strom (umgerechnet 0,7 l Benzin) benötigt, würden bei 1 Million Thinks rund 7 GWh Ladestrom gebraucht. Die 7 GWh könnten bei 1500 MW Leistung während der 8 Nachtstunden produziert werden.

Woher kommt die Energie?

Der Königsweg wäre, den «Mobilitätsstrom» aus erneuerbaren Energien und Effizienzsteigerungen der bestehenden Elektrizitätsversorgung zu holen. Durch die Reduktion von Stand-by-Verlusten, den Ersatz von Elektrodirektheizungen und -speicherheizungen mit Wärmepumpen sowie durch die Warmwasserproduktion in Elektroboilern mit Solarkollektoren lässt sich die Energie für diese stattliche Flotte von Elektroautos erschliessen.

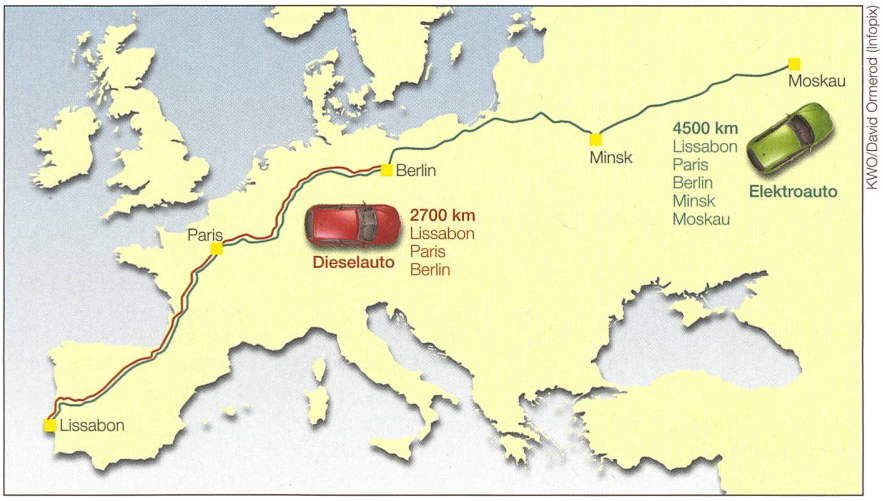
Der pragmatische Weg, um zu 3500 GWh Mobilitätsstrom zu kommen, wäre der Bau von hocheffizienten oder CO_2-freien Wärmekraftwerken. Setzt man das wertvolle Öl oder Gas nicht in Verbrennungsmotoren von Automobilen ein, sondern in modernen kombinierten Kraftwerken aus Gas- und Dampfturbinen, kann die Ausnutzung der fossilen Energieträger von 20 auf 60% verdreifacht werden.

Auch wenn man berücksichtigt, dass der Strom aus dem Kraftwerk noch transportiert, verteilt und in einer Batterie zwischengelagert wird, bevor er im Elektromotor genutzt wird, ist die Gesamteffizienz immer noch mehr als doppelt so hoch wie



KWO/David Ormerod (Infopix)

Bild 1 Effizienzvorteile des Elektroantriebs: Energiekette.
Vergleich der Energieeffizienz (Well-to-Wheel) Dieselauto/Elektroauto.



KWO/David Ormerod (Infopix)

Bild 2 Effizienzvorteile des Elektoantriebs: Weiter fahren mit weniger Energie.
Distanz, die mit einem Barrel Rohöl zurückgelegt werden kann.

bei einer direkten Verbrennung im Fahrzeug. Eine bei stationären Kraftwerken mögliche Abwärmenutzung würde den Effizienzvorteil weiter erhöhen.

Noble Elektrizität

Elektrizität ist die Universalwährung der Energie. Alles, was brennt, kann in Elektrizität umgewandelt werden, sogar das «brennende» Sonnenlicht. Mit Strom als nobelste Energieform kann man wiederum alles Mögliche anstellen. Am effizientesten und zugleich sinnvollsten wird der Strom im Elektromotor verwendet.

Weil mit Strom oft die energieeffizientesten technischen Anwendungen betrieben werden können, ist die Elektrizitätswirtschaft der Schlüsselsektor für ein effizientes Energiesystem.

Die Substitution der Benzin- und Dieselfahrzeuge durch Elektrofahrzeuge würde den Stromverbrauch anwachsen lassen. Da das Elektroauto aber für die gleiche Strecke weniger Energie als das traditionelle Auto braucht, würden sowohl der Gesamtenergieverbrauch als auch die Gesamtemissionen von Schadstoffen abnehmen. Das stimmt auch dann, wenn der Mobilitätsstrom aus dem heutigen Kraftwerkpark stammt, der vor allem mit fossilen Brennstoffen befeuert wird. Verwendet man den Strom aus erneuerbaren Energien und Kernkraftwerken, wären die vermiedenen CO_2-Emissionen maximal.

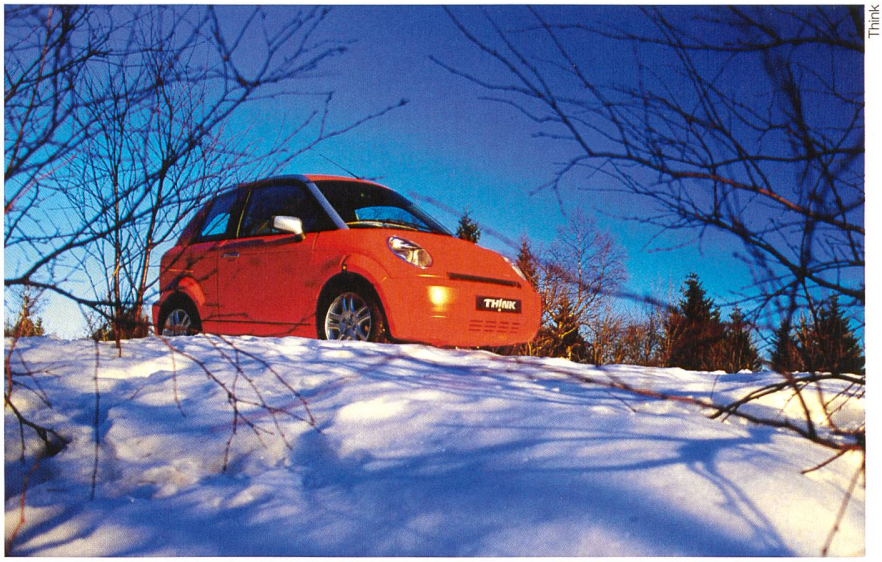
Intelligente Netzauslastung

Die Substitution der ineffizienten thermischen Anwendungen (Elektroheizungen, Boiler) wird den Nachtstromverbrauch reduzieren. Das Elektrofahrzeug kann in diese Lücke springen, denn Elektrofahrzeuge werden vor allem nachts geladen, weil wir dann schlafen und die Autos stehen. Damit man die Stromnetze aber regelmässig und gut auslastet, müsste man Elektroanwendungen intelligenter und feiner steuern können. Im Falle des Elektroautos sollte die Ladeleistung jedes Fahrzeugs modulierbar und individuell steuerbar sein; eine Technologie, wie sie von Digitalstrom[1)] angekündigt wird, ermöglicht dies. Deren Idee ist es, das Stromnetz intelligenter zu machen, indem in jedem Elektrogerät, also auch in den Elektroautos, ein vorprogrammierter Chip eingebaut würde. Das Gerät würde sich über diesen Chip selbstständig und dezentral sowohl nach den Bedürfnissen des Gesamtsystems als auch nach denjenigen des Anwenders steuern. Die Chips erhalten aber auch Informationen von aussen und schalten die Geräte selbsttätig nach Preis, Frequenz, Spannung oder einem anderen übergeordneten Kriterium ein oder aus. Wärmepumpenheizungen mit Wärmespeicher kappen so selbstständig Stromspitzen. Ebenso Kühlschränke und Tiefkühltruhen. Batterieautos holen sich den Strom aus dem Netz nach den Bedürfnissen der Elektrizitätswirtschaft mit der Auflage des Nutzers, den gewünschten Ladezustand am Morgen zu erreichen. Elektrofahrzeuge können so perfekt zur Optimierung des Elektrizitätssystems betrieben werden: Die dargebotsabhängige Produktion der erneuerbaren Energieströme wird zeitgleich abgenommen, und thermische Kraftwerke können im Auslegungspunkt auf ihrem besten Wirkungsgrad betrieben werden bei minimalem Ressourcenverbrauch und Schadstoffausstoss.

Durch die Identifikation eines jeden Elektroautos verhindert der Chip den «Stromraub» an öffentlichen Steckdosen und ermöglicht individuelles Messen und Abrechnen der Energie an einer x-beliebigen Steckdose. Damit steht die Tür offen für Preismodelle der EVUs. Bei 1 Million Autos und 3500 GWh Energie ist das ein interessantes Geschäft.

Speicherpfützen bieten Regulierenergie

In der zunehmenden Dezentralisierung der Stromproduktion und in der dezentralen Intelligenz liegt ein grosses Potenzial für eine Verbesserung der Stabilität und Sicherheit unserer Stromnetze. Diese gehören zu den kritischen Infrastrukturen. Ihre Existenz wird dann wahrgenommen, wenn sie versagen oder per Dominoeffekt andere Bereiche in Mitleidenschaft ziehen. Stromnetze werden zunehmend bis an die Grenze



Think

Bild 3 Ein modernes Elektroauto bietet denselben Komfort wie ein konventionelles Auto.

belastet: durch eine rege Handelstätigkeit und durch die Produktionsüberschüsse und -defizite in den Umliegerländern. Grosse Schwankungen bei der Produktion von Wind- und in Zukunft auch Solarkraftwerken belasten die Netzstabilität zusätzlich. Die Gefahr von Teil- oder Totalkollapsen nimmt zu.

Wenn in Zukunft die Elektroautos dafür ausgelegt werden, Strom in das Netz zurückzuspeisen (Vehicle-to-Grid), dann öffnen sich neue Möglichkeiten. Die zahlreichen dezentralen Batterien würden, so wie es Pumpspeicherwerke heute tun, die unregelmässig anfallende Energie aus erneuerbaren Quellen speichern und sie zeitverzögert wieder abgeben, wenn man den Strom braucht. So kann Tag und Nacht unregelmässig anfallende Energie und der ebenso unregelmässige Bedarf ausgeglichen werden. Bei 1 Million Autos à 3 kW Leistung[2] hätte das Verbundnetz theoretisch 3000 MW Regulierleistung zur Verfügung. Da Autos 95% der Zeit herumstehen, kann man einen Teil der Gesamtflotte als quasi-stationäres Kraftwerk betrachten. In Europa fahren, oder besser: stehen 160 Millionen Autos ...

Pioniere gehen Risiken ein

Pioniere übernehmen Risiken für Innovationen. Das Elektrofahrzeug ist eine Innovation. Ist es auch ein Risiko?

Das Elektroauto wird die Elektrizitätsbranche in andere Umstände versetzen. Es gibt keine andere Anwendung, die den Verbrauch von Strom so stark steigern könnte wie das Elektroauto – und das bei gleichzeitiger Senkung des Gesamtenergieverbrauchs und massiver Senkung des Schadstoffaustosses des gesamten Energiesystems. Was die Ölindustrie für das heutige Auto mit Verbrennungsmotor war, nämlich ein starker Partner mit gigantischer Schubkraft, kann die Elektrizitätswirtschaft für das Elektroauto sein. Man möchte fast meinen, dass sich die Elektrizitätsbranche in einer ähnlichen Situation befindet wie die Erdölindustrie, als die ersten Ford T vom Band rollten. Die Elektrizitätswirtschaft sollte heute günstiges Kapital zur Verfügung stellen, damit die Infrastruktur rund ums Elektroauto so bereit gemacht wird, dass die Branche einen maximalen Nutzen ziehen kann: Parkplätze mit Stromtankstellen, intelligente Steuersysteme, Abrechnungssysteme, Mobilitätstarife, Effizienzsteigerungen im Elektrizitätsverbrauch ...

Nun gehts los

In den nächsten Monaten kommen die ersten Thinks in die Schweiz. Zudem sind umgebaute Twingos und Pandas erhältlich, die mit Zebrabatterien der Firma MES-DEA ausgestattet sind. Fahrzeuge im täglichen Einsatz auf der Strasse bieten eine ideale Plattform für eine Reihe von begleitenden Forschungsprojekten im Bereich des elektrischen Individualverkehrs. Die Berner Fachhochschule hat bereits im Januar ein auf 3 Jahre angelegtes Forschungsprojekt gestartet, in dem Lebensdauermodelle für Lithium-Polymer- und Zebrabatterien entwickelt werden sollen. Die Daten aus diesem Feldtest und weitere Betriebsdaten der Firma Think bieten die Möglichkeit zur Identifikation der Lebensdauermodelle und sind ein wertvoller Beitrag zur Qualitätssicherung der Batterieproduktion. Weitere begleitende Projekte werden derzeit ausgearbeitet. Mögliche Themen sind:

- Zentrale Erfassung, Pflege und Auswertung der Betriebsdaten verschiedener Fahrzeugflotten.
- Anpassen und Erproben einer Technik zur Identifikation des Autos sowie von Tarifmodellen, die eine landesweite Abrechnung unabhängig von der Lieferstelle ermöglichen.
- Evaluation und Test einer Technik zur Steuerung des Ladeverhaltens in Abhängigkeit von Ladezustand und Energieverfügbarkeit.
- Evaluation von auf Antriebsbatterien angepassten Leasingmodellen zur Verteilung der technologiebedingten Risiken.
- Verkürzung von Ladezeiten durch den Einsatz von zentralen Schnellladestationen.
- Entwicklung und Aufbau von weiteren Batteriemodulen mit Zellen unterschiedlicher Technologien und verschiedener Lieferanten sowie deren Integration und Test auf einer einheitlichen Plattform.

Es ist notwendig, die Elektroautoentwicklung mit anwendungsorientierter Forschung und Entwicklung zu unterstützen. Genau so, wie es die Ölindustrie mit dem Benzinauto gemacht hat oder wie es die Erdgasindustrie mit dem Erdgasauto macht. Die Schweizer Elektrizitätswirtschaft und Schweizer Forschungsfonds interessieren und engagieren sich noch zu wenig für das Elektroauto!

Schweizer Know-how und Technik sind heute bereits Spitze auf diesem Gebiet. Will die Schweiz aber eine gewichtige Rolle in der Elektroautozulieferindustrie spielen, braucht es jetzt einen Schub. Wir können noch ganz vorne mit dabei sein. Think!

Angaben zu den Autoren

Max Ursin, dipl. Bauing. EPFL, arbeitet bei den Kraftwerken Oberhasli in der Projektentwickung für die Wasserkraftprojekte KWO plus.
Kraftwerke Oberhasli AG, 3862 Innertkirchen, urh@kwo.ch

Prof. *Michael Höckel* ist Dozent für Energiesysteme an der Berner Fachhochschule in Biel. Forschungsgebiete: Brennstoffzellen-Batteriesysteme sowie Modellierung von Drehstromnetzen und Kraftwerken.
HTI, 2501 Biel, hkm1@bfh.ch

[1] www.digitalstrom.org
[2] 3 kW entsprechen einer heute gängigen Leistung zum Laden eines Elektroautos (16 A, 220 V).

Résumé

Rouler à l'électricité

Une chance pour la branche de l'électricité et l'environnement. Des voitures électriques à batterie pourraient bien nous permettre bientôt de parcourir deux fois plus de kilomètres par litre d'essence. La voiture électrique est efficace, silencieuse et exempte de substances nocives. Elle fait partie du système électrique: des millions de batteries pourraient emmagasiner de grandes quantités d'énergie électrique et permettre de mieux exploiter et de compenser la production irrégulière de courant depuis des énergies renouvelables. Des parcs de véhicules électriques contribueraient ainsi efficacement à une économie électrique plus écologique et néanmoins stable et sûre. Et le plus beau est que même si nous utilisions beaucoup plus de courant à cause de la voiture électrique, la consommation d'énergie primaire et les émissions de substances toxiques diminueraient dans l'ensemble – et cela même si le courant destiné à la mobilité était produit à partir de sources d'énergie fossiles.