

Potenziale von Elektro-Mobilität

Potenziale von Elektro-Mobilität



Die Stadt gehört Dir.



Schau mal, da fährt
diese neue Bim.

Impressum

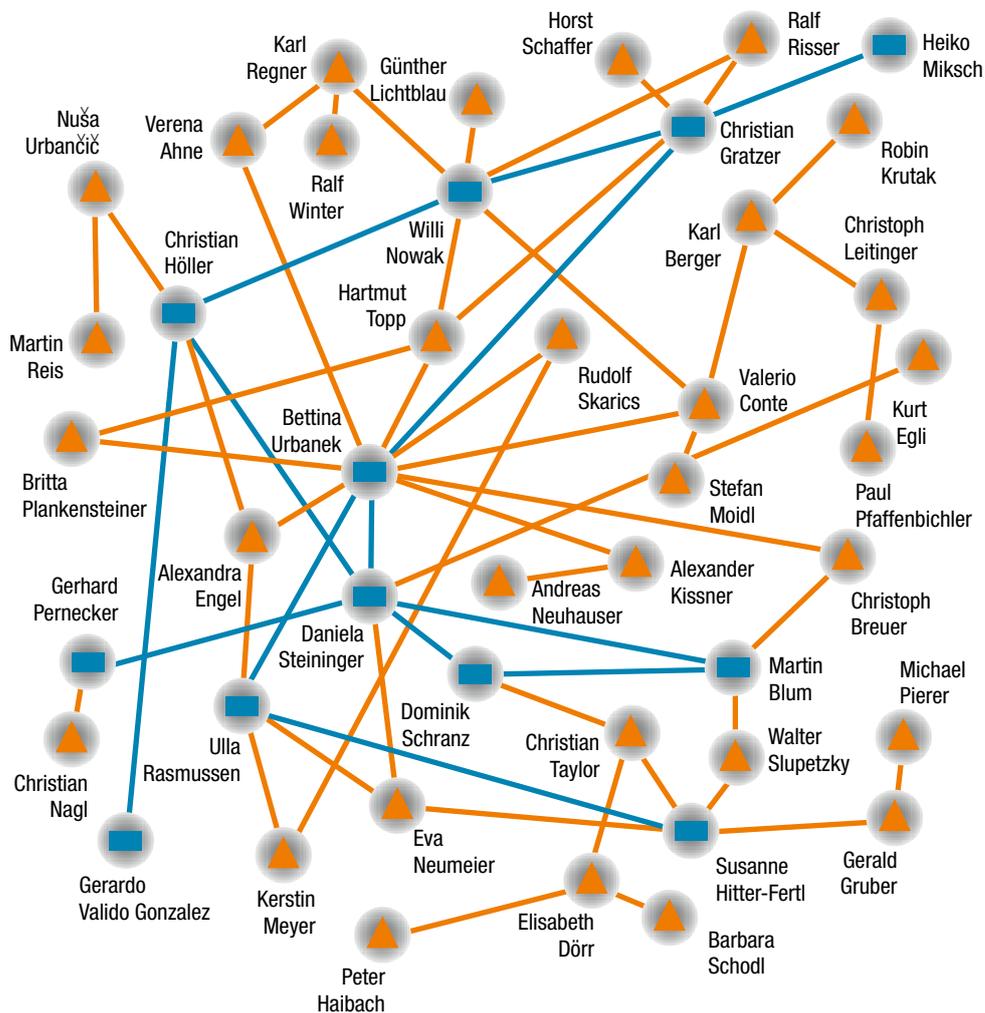
VCÖ

1050 Wien
 Bräuhausgasse 7–9
 T +43-(0)1-893 26 97
 F +43-(0)1-893 24 31
 E vcoe@vcoe.at
 www.vcoe.at

VCÖ (Hrsg.):

„Potenziale von Elektro-Mobilität“
 VCÖ-Schriftenreihe
 „Mobilität mit Zukunft“ 2/2009
 Wien 2009
 ISBN 3-901204-61-X

Erstellt unter Mitarbeit von:



Als Hauptautor zu zitieren:

VCÖ-Forschungsinstitut, Wien, Österreich

Übersetzungen

phoenix Übersetzungen

Medieninhaber, Herausgeber und Verleger

VCÖ, 2340 Mödling
 ZVR-Zahl 674059554

Layout

A BISS Z PRODUCTIONS

Druck

Denkmayr Druck & Verlag GmbH
 4020 Linz, Hafenstraße 1–3

Titelbild

cardamom_grafik und kommunikationsdesign



Die Herausforderungen an Mobilität wachsen ständig.

Unsere Lösungen wachsen mit.

Schnell wachsende Städte und eine zunehmend älter werdende Gesellschaft brauchen neue Mobilitätslösungen. Lösungen, die alle Verkehrsmittel sinnvoll vernetzen. Lösungen, die von Siemens kommen. Als einer der international führenden Partner der Bahnindustrie bieten wir alles, um die Mobilität nachhaltig zu sichern: Bahnautomatisierung und -elektrifizierung, Fahrzeuge für den Nah-, Regional- und Fernverkehr, umfassende Serviceleistungen sowie schlüsselfertige Gesamtanlagen. **Complete mobility.**

www.siemens.com/mobility

SIEMENS

Dank

Gedankt sei allen, die die Herausgabe dieser Publikation finanziell unterstützt haben.

Publikationen des VCÖ beziehungsweise des VCÖ-Forschungsinstitutes dienen der fachlich fundierten Aufbereitung beziehungsweise Diskussion von Themen aus dem Bereich Mobilität, Transport und Verkehr. Die Art der Behandlung der Inhalte und die erarbeiteten Ergebnisse müssen nicht mit der Meinung der unterstützenden Institutionen übereinstimmen.



Land Niederösterreich



58. UITP-Weltkongress in Wien
7. - 11. Juni 2009
VOR-Messestand: Halle A 1A100

unterstützen
verbinden
informieren
bewegen

www.vor.at

Besser unterwegs

VOR
Verkehrsverbund
Ost-Region

Vorwort

Das elektrisch angetriebene Auto ist älter als die Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Mehr als ein Jahrhundert lang haben Benzin- und Dieselfahrzeuge das Elektro-Auto in Schach gehalten. Doch Klimawandel, mittelfristig steigende Treibstoffpreise und der Motorisierungswunsch großer Anteile der Weltbevölkerung wecken das Elektro-Fahrzeug aus dem Dornröschenschlaf. Aber welche Verkehrsprobleme löst das Elektro-Fahrzeug und wenn es welche löst, mit welchen möglichen negativen Seiteneffekten ist zu rechnen?

Versetzen wir uns doch einfach gedanklich in eine mögliche Zukunft und stellen uns vor, dass der Verkehr, soweit das möglich ist, elektrisch erfolgen würde: Elektro-Autos – leise und schadstoffarm, Radfahrende ohne Schweißperlen – weil sich in den Rädern ein kleiner Elektromotor verbirgt, Kleintransporter – umweltfreundlich elektrisch unterwegs so wie die Paketdienste der Post in den 1960er-Jahren.

Und damit wäre auch schon auf dem Tisch, welche Fragen auch bei der Elektro-Mobilität nicht beantwortet sind. Der begrenzte Raum in den Städten und Ballungsräumen wird nicht durch Elektro-Fahrzeuge sondern nur durch Öffentlichen Verkehr, Gehen und Radfahren effizient genützt.

Auch im Hintergrund sind noch Fragen offen: Wie sieht die gesamte Ökobilanz aus? Woher kommt der Strom? Stammt er wie in Österreich zu großen Teilen aus der Wasserkraft oder wie in anderen Staaten aus Kohle- oder Atomkraftwerken? Blei ist out, doch auch das jetzt hoch im Kurs stehende Lithium ist in seiner leicht zugänglichen Form nur wenige Jahrzehnte verfügbar, konzentriert sich zu über 80 Prozent in Südamerika und da in den großen Salzseen. Der Lithium-Abbau macht politisch abhängig und bedroht die Natur.

Auch Elektro-Fahrzeuge brauchen Infrastruktur. Wo und wie wird Strom getankt? Ist die Bauordnung auf individuell abrechenbaren Starkstrom in der Tiefgarage ausgerichtet? Sind die Batterien als praktische Strom-Speicher für den ganzen Haushalt nutzbar? Wie sieht es aus mit der Recycling-Fähigkeit?

Das Ergebnis der Analyse des VCÖ ist einfach und klar: Elektro-Mobilität verschafft im wahrsten Sinne des Wortes in ein paar Jahren für ein paar Jahre ein wenig Luft. Elektro-Mobilität entbindet nicht von der Entscheidung, die verkehrspolitischen Weichen weg vom Auto und hin zum Öffentlichen Verkehr, Gehen und Radfahren zu stellen.

Dr. Willi Nowak
VCÖ-Geschäftsführung



Inhaltsverzeichnis

Elektro-Mobilität – Chance für die Zukunft?	9
Elektro-Fahrzeuge unterstützen geändertes Mobilitätsverhalten	11
Infrastruktur zum Laden von Elektro-Fahrzeugen	15
Technik von Elektro-Fahrzeugen	17
Lithium wichtig für Batterietechnik	19
Potenzial für Energieeinsparung durch Elektro-Fahrzeuge	21
Photovoltaik und Energie für Elektro-Fahrzeuge	23
Auch Elektro-Fahrzeuge verursachen CO ₂ -Emissionen	25
Potenzial für Luftverbesserung in Ballungsräumen	28
Maßnahmen zur Verbreitung von Elektro-Fahrzeugen	30
Große Projekte zur Verbreitung von Elektro-Autos	32
Große Vielfalt bei elektrischen Zweirädern	34
Elektro-Fahrzeuge für Flotteneinsätze	36
O-Busse ergänzen Öffentlichen Verkehr in Städten	37
Verkehrssicherheitseffekte von Elektro-Fahrzeugen	38
Literatur, Quellen, Anmerkungen	40
VCÖ-Schriftenreihe Mobilität mit Zukunft	44

Elektro-Mobilität – Chance für die Zukunft?

Elektro-Mobilität hat ökologische und wirtschaftliche Vorteile gegenüber einer hauptsächlich auf fossilen Rohstoffen basierenden Mobilität. Doch auch sie benötigt begrenzt vorhandene Ressourcen und ist keine Patentlösung für Verkehrsprobleme.

Im Jahr 2007 waren in Österreich 131 Elektro-Autos zugelassen (ohne Hybrid-Autos), im Jahr 2008 waren es 146. Im 1. Quartal 2009 wurden in Österreich lediglich sechs Elektro-Autos neu zugelassen.^{140,143} Die Statistik spiegelt in Österreich die Renaissance, die das Elektro-Auto derzeit mit Pilotprojekten in vielen anderen Staaten erlebt, nicht wider.

Die Elektro-Mobilität begleitet als Option die Motorisierung der Fortbewegung seit deren Beginn. Im Bereich des schienengebundenen Öffentlichen Verkehrs hat sie bereits einen eindrucksvollen Sieg gefeiert. Beim Individualverkehr hat sich vor allem aufgrund der kostengünstigen Gewinnung und einfachen Speicherung von Erdöl sowie der raschen Betankung der Verbrennungsmotor durchgesetzt. Die Energiespeicherung im Fahrzeug, die Batterietechnologie, ist auch bei der heutigen Renaissance des Elektro-Autos ein zentraler Punkt.

Elektro-Fahrzeuge ermöglichen Wege aus der Abhängigkeit von Erdöl

Erdöl wird heute als begrenzte Ressource wahrgenommen. Die Massenmotorisierung, die aufgrund wirtschaftlich aufstrebender, bevölkerungsreicher Länder wie China und Indien in den nächsten Jahren global noch deutlich zunehmen wird, wird beim Erdöl an Grenzen stoßen. Der weltweite Verkehr bezieht etwa 95 Prozent seiner Primärenergie aus Rohöl.⁵³

Allein die massive Abhängigkeit von Erdölimporten legt es nahe, insbesondere beim Verkehr nach Veränderungen zu suchen. Das Elektro-Auto scheint ein erster Schritt in diese

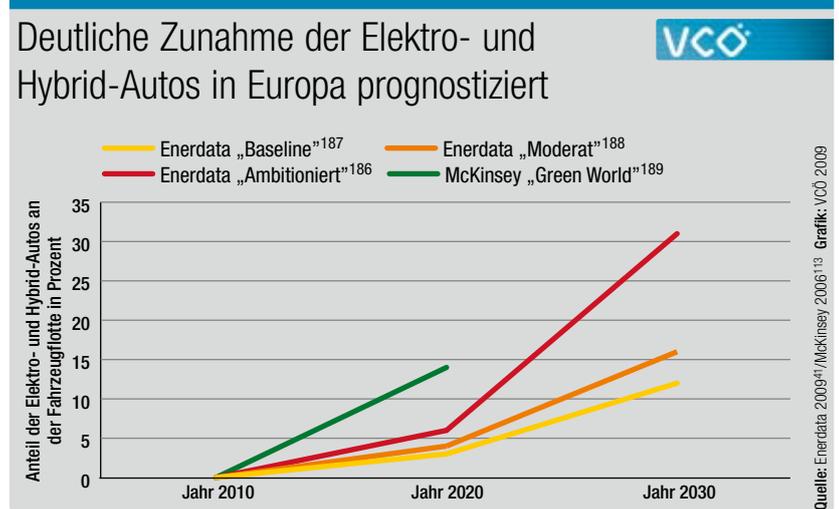
Richtung zu sein, der jedoch von vielen Faktoren abhängig ist.

Ob es auf breiter Basis zu einem Wechsel vom Erdöl zur Elektroenergie kommt, wird von vielen politischen Rahmenbedingungen wie der Ernsthaftigkeit der Klimapolitik abhängen, von technischen Entwicklungen, etwa was die Batterien betrifft und auch von vorhandenen Rohstoffen. Für Europa werden je nach Ölpreisentwicklung und politischen Anreizen unterschiedliche Entwicklungen für den Anteil von Elektro-Autos an der gesamten Fahrzeugflotte prognostiziert. Aktuelle Abschätzungen gehen für das Jahr 2020 von einem Anteil zwischen 3 und 14 Prozent aus.^{41,113} Für das Jahr 2030 wird ein Anteil von 12 bis 16 Prozent erwartet, bei verschärften Emissionsgrenzwerten ist auch ein Anteil von bis zu 31 Prozent möglich.⁴¹

Ökologische Vorteile sind zahlreich

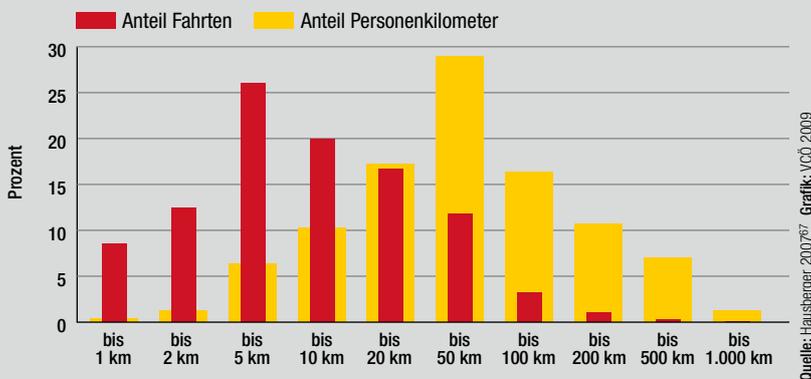
Der ökologische Vorteil von Elektro-Fahrzeugen gegenüber Benzin- oder Dieselfahrzeugen liegt in ihrem Potenzial zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen, allen voran von CO₂. In Österreich kommt etwa die Hälfte des erzeugten Stroms aus emissionsarmer Wasserkraft.⁴⁴ Das Potenzial zur Senkung der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen durch Elektro-Fahrzeuge ist daher in Österreich

Der Anteil der Elektro-Autos wird in Europa bis zum Jahr 2030 deutlich steigen. Die Prognosen über das Ausmaß des Anstiegs gehen jedoch weit auseinander.



Der überwiegende Teil aller Autofahrten ist kürzer als 20 Kilometer

VCO



Die meisten mit dem Auto gefahrenen Strecken sind nur wenige Kilometer lang. Die Reichweite moderner Elektro-Autos reicht für nahezu alle Fahrten aus.

besonders hoch. Die Schadstoffbelastung in Städten könnte merklich gesenkt werden.

Weitere Vorteile können geringere Betriebskosten sein, vergleichsweise leise Betriebsgeräusche, die Tatsache, dass die nötige Infrastruktur mit dem bestehenden Stromnetz bereits weitgehend existiert und eine deutlich höhere Energieeffizienz. Sogar die beim Bremsvorgang freigesetzte Energie kann rückgewonnen werden.

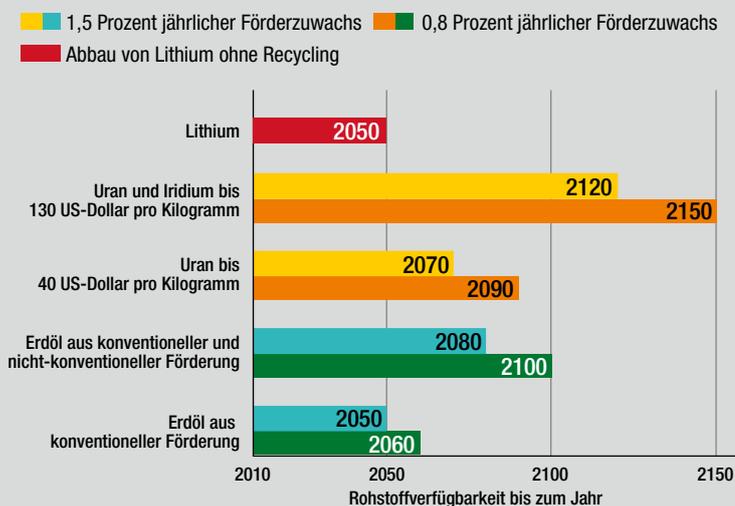
Elektro-Fahrzeuge: Wichtiger Bestandteil für multimodale Mobilität

Elektro-Fahrzeuge lösen bestehende Verkehrs- und Umweltprobleme nicht. Die Rolle des motorisierten Individualverkehrs wird durch Elektro-Fahrzeuge aufgewertet, der Bedarf an elektrischer Energie steigt und es wird unverändert viel

Ressourcen, die nicht nachwachsen, sind endlich. Auch Lithium, als Grundlage für die Batterietechnologie künftiger Elektro-Fahrzeuge, ist nicht unerschöpflich.

Auch Lithium ist nur beschränkt verfügbar

VCO



öffentlicher Raum verbraucht – samt Staus und Parkplatznot.

Damit Elektro-Autos Teil einer Weiterentwicklung hin zu einem gesellschaftlich verträglicheren Verkehrssystem werden und nicht nur die bestehende Automobilität stabilisieren, braucht es Rahmenbedingungen, die in die gewünschte Richtung lenken.

Wesentlich sind erneuerbare Energie und Multimodalität

Von zentraler Bedeutung ist bei einem Wechsel zu Elektro-Mobilität, dass der Strom aus regenerativer Energie, wie Windenergie, Photovoltaik oder Biomasse gewonnen wird. Und dass nicht Kohle oder Atomenergie zur Stromproduktion herangezogen werden.

Wichtig ist es, dass Elektro-Fahrzeuge als Teil einer multimodalen Zukunft verstanden und eingesetzt werden, als Beitrag zur stärkeren Vernetzung und Integration der verschiedenen Verkehrsmittel und Verbesserung der Schnittstellen. Mehr als 95 Prozent aller Autofahrten sind in Österreich kürzer als 50 Kilometer, fünf Sechstel sogar kürzer als 20 Kilometer. Diese Entfernungen sind mit Elektro-Fahrzeugen trotz begrenzter Reichweiten im Vergleich zu konventionellen Autos problemlos zu bewältigen. Die hohe Reichweite von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor ist hingegen nur für einen sehr geringen Teil der Fahrten von Bedeutung.⁶⁷

Elektro-Autos weisen daher schon heute ein hohes Potenzial auf. Etwa beim Einsatz in Fahrzeugflotten in Ballungsräumen, die nur in gewissen geografischen Grenzen unterwegs sind, und wo die beschränkte Reichweite kein Hindernis ist. Aber auch im individuellen Mittelstreckenverkehr werden Elektro-Autos sicher an Bedeutung gewinnen. Elektro-Fahrräder oder andere elektrische Kleinfahrzeuge können die Mobilität der wachsenden Zahl älterer Menschen unterstützen.

Elektro-Autos setzen auf begrenzte Ressourcen

Auch heutige Elektro-Autos setzen auf begrenzte Ressourcen. So ist das für die Herstellung der Akkumulatoren notwendige Alkalimetall Lithium nur in begrenztem Umfang verfügbar und auch die Nachfrage nach anderen Metallen wie Kupfer, Eisen oder Nickel wird durch die Batterieproduktion ansteigen.⁶⁰

Elektro-Fahrzeuge unterstützen geändertes Mobilitätsverhalten

Elektro-Fahrzeuge helfen, schädliche Auswirkungen des derzeitigen Autoverkehrs zu reduzieren und sie können bestehende Lücken des Mobilitätsverbundes von Gehen, Radfahren und Öffentlichem Verkehr gut schließen.

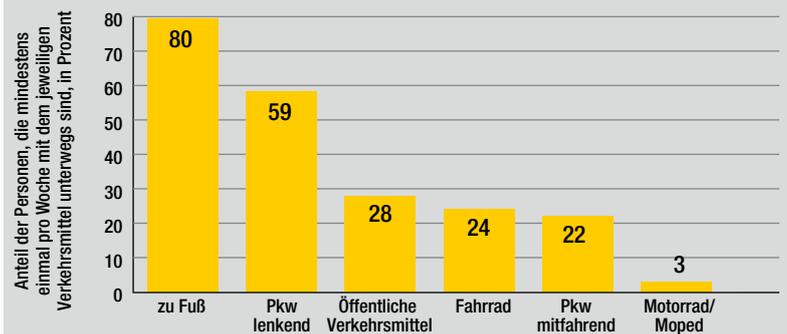
Elektro-Fahrzeuge haben das Potenzial, andere Verkehrsmittel in idealer Weise zu ergänzen, denn vor allem heutige Elektro-Fahrzeuge eignen sich besonders für kurze und mittlere Entfernungen. Lange Fahrten können mit der Bahn zurückgelegt werden, Wege im städtischen Umfeld mit dem städtischen Öffentlichen Verkehr, dem Fahrrad oder zu Fuß, und für Fahrten in der Region und Zubringerfahrten etwa zum Bahnhof wird das Elektro-Auto gewählt – als eigenes Auto, als Taxi oder als Carsharing-Fahrzeug. Elektro-Auto und multimodale Mobilität, also die Benützung verschiedenster Verkehrsmittel, passen gut zusammen: Sie bilden die Grundlage für Mobilität, die unabhängig vom Erdöl ist.

Energieeffizienz für Übergang zur postfossilen Mobilität notwendig

Es sind mehrere Schritte und Maßnahmen nötig, den Übergang vom Erdöl zu postfossiler Mobilität zu gestalten. Es braucht mehr Effizienz des Verkehrssystems insgesamt und ein geändertes Mobilitätsverhalten. Wesentlich sind dabei energieeffiziente und verkehrsparende Raumstrukturen. Multimodale Verkehrskonzepte sind eine Chance für den Verkehr der Zukunft. Zur Steigerung der Effizienz der einzelnen Fahrzeuge können Elektro-Autos einen Beitrag leisten.

Wenn die Ölpreise steigen, wird Mobilität teurer. Das trifft den Autoverkehr mehr als den Mobilitätsverbund aus Gehen, Radfahren, öffentlichen Verkehrsmitteln und Carsharing. Kostenwahrheit und mehr Effizienz im Verkehr verändern das Verkehrsverhalten der Nutzenden und schaffen neue Mobilitätsanforderungen.

Österreicherinnen und Österreicher sind vielfältig mobil



Quelle: Statistik Austria 2009/75 Grafik: VCO 2009

Multimodale Mobilität hat Zukunft

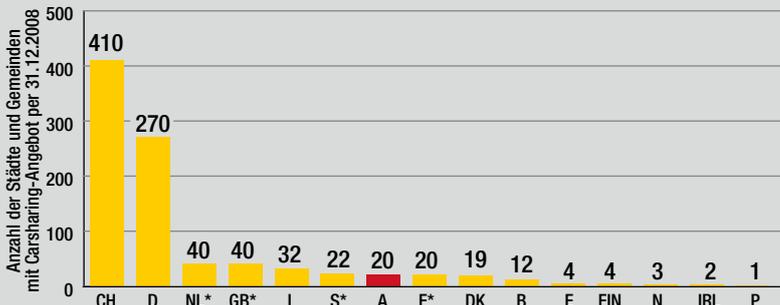
Multimodale Mobilität erfordert die Vernetzung und Integration verschiedenster Verkehrsmittel.²²⁶ In der Verkehrsplanung wird die Verbesserung der Schnittstellen zwischen den Verkehrsmitteln wichtiger. Haltestellen werden vermehrt auch mit Fahrrad-Abstellanlagen, Carsharing-Stellplätzen, Ladestationen für Elektro-Fahrzeuge und vernetzten Informationen über alle Mobilitätsangebote ausgerüstet sein. Der Öffentliche Verkehr wird verstärkt zum Dienstleister für integrierte Mobilität. Die individuellen Formen der Bewegung zu Fuß, mit dem Fahrrad, mit Carsharing, dem privaten Auto und multimodale Mobilität mit dem passenden Verkehrsmittel zum passenden Zeitpunkt gewinnen an Bedeutung.

Carsharing und Radfahren haben Konjunktur

Der Besetzungsgrad eines durchschnittlichen Pkw im morgendlichen Berufsverkehr liegt im Mittel bei 1,2 Personen, im gesamten Werktagsverkehr sind es rund 1,3 und im Wochenendverkehr rund 1,7 Personen.^{76,158} In Österreich wurden im Jahr 2007 rund 58 Prozent aller Wege mit dem Pkw zurückgelegt, 17 Prozent mit öffentlichen Verkehrsmitteln, 18 Prozent zu Fuß und sieben Prozent mit dem Fahrrad.^{71,160} Der Verkehrssektor ist durch hohen Energieverbrauch und sehr hohe CO₂-Emissionen gekennzeichnet.

Im Alltag legen 80 Prozent der Menschen in Österreich mindestens einen Weg pro Woche zu Fuß zurück, 59 Prozent lenken mindestens einmal ein Auto. Bereits 28 Prozent nützen häufig den Öffentlichen Verkehr, jede vierte Person nützt für Alltagswege das Fahrrad.

Die Schweiz ist vorne beim Carsharing



* unterschiedliche Angaben – niedrigster Wert

Quelle: Loosbe 2009/09 Grafik: VCO 2009

Carsharing wird in immer mehr Staaten Europas häufiger genutzt.

Die Treibhausgas-Emissionen stiegen im Verkehr vom Jahr 1990 bis zum Jahr 2007 um rund 73 Prozent, im Bereich der Energieaufbringung und Industrie hingegen nur um 21 Prozent.¹⁵⁶

Aber eine leichte Trendumkehr ist erkennbar: Carsharing, Netzwerke von zur Arbeit pendelnden Personen oder Mitfahrzentralen und allen voran das Fahrrad haben Konjunktur.

Carsharing erlebt mehr Zulauf, in Deutschland zum Beispiel mit einer Steigerung von über 20 Prozent im Jahr 2008 auf 137.000 Kundinnen und Kunden Anfang des Jahres 2009. In der Schweiz ist Carsharing – bezogen auf die Bevölkerungszahl – etwa sechsmal weiter verbreitet als in Deutschland. Es ist absehbar, dass Carsharing mittelfristig sein mehrfach prognostiziertes Potenzial von zwei Millionen Kundinnen und Kunden in Deutschland erreicht.^{108,152} In Österreich nutzten im Jahr 2008 rund 11.000 Kundinnen und Kunden Carsharing.¹² Das künftige Potenzial wird österreichweit auf rund 100.000 Personen geschätzt.¹⁴

Ein Drittel aller Haushalte verfügt in Wien über eine Jahreskarte für den Öffentlichen Verkehr. Dabei sind Semestertickets für Studierende und Fahrausweise für Schülerinnen und Schüler nicht eingerechnet.

Prestigegewinn für Fahrrad, Bus und Bahn

Das Radfahren hat für die Alltagsmobilität großes Potenzial. Rund sieben Prozent aller Wege in Österreich wurden im Jahr 2007 mit dem Fahrrad zurückgelegt.¹⁶⁰ In Österreich legte im Jahr 2008 jede Person rund 220 Kilometer im Alltag mit dem Fahrrad zurück, in Vorarlberg waren es sogar fast 500 Kilometer pro Person.¹⁶⁶ Ein deutlicher Trend zum Fahrrad als Fortbewegungsmittel zeigt sich in ganz Europa. So nahm der Radverkehr etwa in Berlin im Jahr 2008 im Vergleich zum Jahr 2007 um 20 Prozent zu.¹⁴⁶ Und in den Niederlanden beträgt der Radverkehrsanteil jetzt schon rund 26 Prozent.¹¹⁴ Der Radverkehrsanteil in Irland soll innerhalb der nächsten zwölf Jahre von derzeit zwei Prozent auf rund zehn Prozent erhöht werden, um an das Niveau anderer Regionen in Europa anzuschließen.³⁵

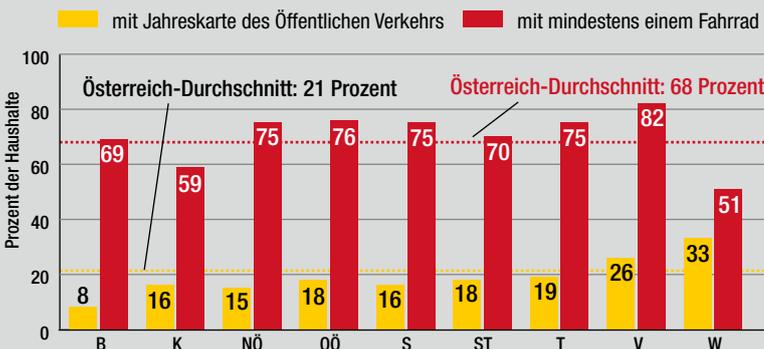
Auch der Öffentliche Verkehr verzeichnet Zuwächse.¹¹¹ So nutzten im Jahr 2008 in Österreich 5,18 Millionen Menschen öffentliche Verkehrsmittel, wobei rund 1,73 Millionen täglich oder fast täglich unterwegs waren.¹⁶⁴ Aus Auto-Fahrenden werden zunehmend multimodal mobile Menschen, die kompetent das gesamte Mobilitätsangebot nutzen.

Zürich ist multimodal mobil

Multimodale Mobilität hat in den vergangenen Jahren zugenommen. Beispielsweise in Zürich¹³⁸ sind die Mobilitätsmuster differenzierter und komplexer geworden, Wege mit zwei und mehr Etappen haben von rund 40 Prozent im Jahr

Mit dem Fahrrad durch die Stadt, für längere Fahrten die Bahn und in der Region mit dem Elektro-Fahrzeug – so sieht umweltfreundlichere Mobilität aus.

Zwei Drittel der Haushalte in Österreich haben ein Fahrrad



Quelle: Statistik Austria 2006/141 Grafik: VCO 2009

Foto: geronimo/Fotolia



1994 auf knapp 50 Prozent im Jahr 2005 zugenommen, intermodale Wege von elf Prozent auf 15 Prozent. Die einfachen Wegemuster (Hin- und Rückweg) haben von 40 Prozent auf 33 Prozent abgenommen, während komplexe Wegeketten mit drei und mehr Wegen von 37 auf 45 Prozent zugenommen haben.

Doch selbst in Zürich, wo das Auto mit 35 Prozent einen relativ niedrigen Anteil an allen Fahrten hat, ist noch immer etwa die Hälfte der Autofahrten nach objektiven Kriterien verlagerbar: 20 Prozent könnten mit dem Fahrrad, 15 Prozent zu Fuß zurückgelegt werden.³⁹

Elektro-Fahrzeuge ändern Mobilitätsverhalten

Die Elektro-Autos der für das Jahr 2010 angekündigten ersten Großserie sind kleine Kompaktfahrzeuge. Sie werden in der Anschaffung deutlich teurer sein als vergleichbare herkömmliche Pkw. Gleichzeitig werden sie eine kürzere Reichweite von zunächst etwa 150 bis 200 Kilometer haben. Im Jahr 2006 waren in Österreich 98,6 Prozent aller Fahrten kürzer als 100 Kilometer.⁶⁷ Bei Tagesdistanzen innerhalb dieser Reichweite wird nachts problemlos und kostengünstig geladen. Für lange Fahrten eignen sich Elektro-Fahrzeuge unter heutigen Rahmenbedingungen nicht. Erst der Einsatz der Schnellladetechnologie sowie ein dichtes Netz an Ladestationen wird auch längere Fahrstrecken zulassen.

Der Ersatz von konventionellen Fahrzeugen durch Elektro-Fahrzeuge ist weder ökologisch noch wirtschaftlich eine Lösung der bestehenden Verkehrs- und Umweltprobleme. Der motorisierte Individualverkehr würde dadurch eine neuerliche Aufwertung erfahren, bei gleichzeitig steigendem Bedarf an elektrischer Energie und unverändertem Raum- und Ressourcenverbrauch. Elektro-Fahrzeuge können aber als Teil einer multimodalen Zukunft gesehen werden.

Viele Faktoren beeinflussen Entwicklung von Elektro-Mobilität

Abhängig von den künftigen politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen gibt es unterschiedliche Szenarien für die Entwicklung des Anteils von Elektro- und Hybrid-Fahrzeugen. Obwohl Wirtschaftskrise und gesunkene Spritpreise die Nachfrage momentan bremsen, entwickeln mehrere große Autohersteller eine neue

Geschichte und Entwicklung von Elektro-Fahrzeugen

Schon vor der Präsentation der durch einen Verbrennungsmotor angetriebenen Kutsche von Wilhelm Daimler im Jahr 1886¹⁵⁴ stellte der Franzose Gustave Trouvé im Jahr 1881 ein Fahrzeug mit Elektromotor und Blei-Akku vor. Dieses gilt heute als das erste Elektro-Auto der Welt.¹⁷³ Die dreirädrige Konstruktion erreichte eine Geschwindigkeit von 12 km/h. Am 29. April 1882 führte Werner Siemens einen elektrisch angetriebenen Kutschenwagen, Elektromote genannt, auf einer 540 Meter langen Versuchsstrecke vor – der erste Oberleitungsbus der Welt.¹⁷ Im Jahr 1899 verfügte der in Österreich entwickelte Lohner-Porsche bereits über Radnabenmotoren an den Vorderrädern.¹⁶⁸

Erstmals kommerziell eingesetzte Elektro-Autos gab es in Form von Elektro-Taxis im Jahr 1897 in New York.¹⁵⁰ Um das Jahr 1900 waren in den Vereinigten Staaten 40 Prozent der Automobile Dampf-Wagen, 38 Prozent Elektro-Wagen und 22 Prozent Benzin-Wagen. Der Höhepunkt wurde im Jahr 1912 erreicht: 20 Unternehmen bauten 33.842 Elektro-Autos.¹¹⁶

Die Verdrängung des Elektro-Autos

Erst nach 1912 wurden die Fahrzeuge mit Elektromotor von solchen mit Verbrennungsmotor schrittweise verdrängt. Elektro-Autos, die auf schwere Akkus mit langer Ladezeit angewiesen waren, konnten mit der Reichweite von Pkw mit Verbrennungsmotoren nicht mithalten, ein gravierendes Problem, da ab etwa dem Jahr 1920 das Straßennetz besser ausgebaut war und die wichtigen Städte verband. Die Auffindung von Erdöl in Texas führte dazu, dass die Preise für Benzin auf ein erschwingliches Niveau sanken. Der Beginn der Massenproduktion von Autos mit Verbrennungsmotor von Henry Ford machte diese für viele leistbar.¹³¹

Elektro-Autos bis heute

Auch wenn die Ära der Elektro-Autos vor mehr als 80 Jahren endete, gibt es Bereiche, in denen weiterhin Elektro-Autos im Einsatz sind. Als so genannte „milk floats“ sind bis heute kleine Lieferwagen für die tägliche Anlieferung von Milchflaschen in Großbritannien und Teilen der Vereinigten Staaten unterwegs. In den Vereinigten Staaten haben Elektro-Fahrzeuge auch als so genannte Nachbarschafts-Fahrzeuge (NEV, neighbourhood electric vehicles) überlebt.

Zwischen den Jahren 1992 und 1996 hat Volkswagen eine Elektro-Version des Golfs angeboten. Der CitySTROMer war für große Energieversorger gedacht.²⁷ Nach nur 120 produzierten Stück wurde der CitySTROMer aber wieder eingestellt. Der Energieverbrauch lag bei rund 25 Kilowattstunden pro 100 Kilometer.⁶¹ Das französische Unternehmen PSA Peugeot-Citroën produzierte zwischen den Jahren 1995 und 2005 etwa 10.000 elektrisch angetriebene Fahrzeuge. Die Produktion musste eingestellt werden, als die Verwendung von Nickel-Cadmium-Akkus untersagt wurde.¹⁴⁵ Ab dem Jahr 1996 bis zum Jahr 1999 baute General Motors mit dem General Motors Electric Vehicle 1 (GM EV1) ein Serien-Elektro-Fahrzeug in einer Auflage von etwa 1.100 Stück. Nach Ablauf der dreijährigen Leasingverträge hat General Motors alle vermieteten EV1 unter großem Protest wieder eingezogen und nach einiger Zeit verschrottet, trotz langer Wartelisten und Vorbestellungen.¹²¹

In den vergangenen Jahren wurden von verschiedenen Kleinherstellern Fahrzeuge wie zum Beispiel der Tesla Roadster vorgestellt. Mittlerweile sind auch bei den großen Autokonzernen Elektro-Fahrzeuge in Entwicklung.

Generation von Elektro-Fahrzeugen. Diese wird ab dem Jahr 2010 auf den Markt kommen.

Zahl der Elektro-Fahrzeuge wird zunehmen

Einfluss auf das Wachstum der Elektro-Mobilität haben Kriterien wie etwa der Ölpreis, Treibstoffsteuern oder Vorschriften zu CO₂-Emissionen aufgrund von Klimaschutzzielen. Ebenfalls entscheidend sind die Förderung alternativer Technologien und die Verfügbarkeit von Ressourcen zur Batterieherstellung. In Städten sind darüber hinaus City-Mauten und Umweltzonen zur Hebung der Luftqualität wichtige Impulsgeber, da reine Elektro-Fahrzeuge wegen ihrer Umweltvorteile im Normalfall von den Regelungen ausgenommen sind. Für den breiten Einsatz unverzichtbar ist der Aufbau einer Ladeinfra-

struktur und die entsprechende Anpassung der Versorgungsnetze. Prognosen rechnen europaweit mit einer deutlichen Zunahme der Anzahl von Elektro-Fahrzeugen.

Wird der kombinierte weltweite Anteil von Elektro- und Hybrid-Autos betrachtet, reichen die Prognosen für das Jahr 2020 von fünf bis 18 Prozent.¹¹³ Für Europa werden je nach Ölpreisentwicklung und politischen Anreizen zwischen drei und 14 Prozent für das Jahr 2020 angesetzt,^{41,113} in einer Schätzung wird sogar von 35 Prozent ausgegangen.⁶⁰ In Österreich reichen die Schätzungen des Potenzials von neun¹⁶⁵ bis 25 Prozent,¹⁶ das entspricht einer Anzahl von 400.000 bis 1.125.000 Fahrzeugen.

Prognosen zum Potenzial von Elektro-Autos haben, abhängig von den Rahmenbedingungen, extrem hohe Schwankungsbreiten. Für das Jahr 2020 kann für Europa mit einem Anteil von fünf bis zehn Prozent Elektro-Autos gerechnet werden.

Für Europa ist ein Elektro-Auto-Anteil von zehn Prozent im Jahr 2020 erwartbar



	Quelle	Jahr 2020	Jahr 2030	Jahr 2050	Ölpreis pro Barrel in US-\$	Annahmen	
Österreich	VCÖ 2008 ¹⁶⁵	9%				Ladeinfrastruktur wird aufgebaut, steigender Ölpreis nach IEA-Prognose ⁷⁸	
	Roland Berger Strategy Consultants 2009 ¹⁶	10%				China wird zum Technologie-Vorreiter bei Elektro-Mobilität	
	Quintessenz 2009 ¹³⁶	25%**				Optimistisches Szenario: sehr positive politische Rahmenbedingungen, Infrastruktur und Stromversorgung ab dem Jahr 2011 gewährleistet	
andere EU-Länder	Fraunhofer-ISI 2008 ⁷⁴			17%***		Pluralismus-Szenario für Deutschland: Im innerstädtischen Verkehr werden hauptsächlich Elektro-Autos, Elektro-Roller und elektrische Leichttransporter eingesetzt	
	Energinet.dk 2008 ⁹	8%	23%			Beispielentwicklung für Dänemark: Szenario zur Abschätzung der Energiebedarfssteigerung	
Europa	Enerdata 2009 ⁴¹	3%	12%			Baseline: 130 Gramm CO ₂ pro Kilometer für Neuwagen im Jahr 2012, weitere Verbesserungen in den Folgejahren ¹⁸⁷	
		4%	16%			Moderat: 130 Gramm CO ₂ pro Kilometer für Neuwagen im Jahr 2012 und 95 Gramm im Jahr 2020 ¹⁸⁸	
		6%	31%			Ambitioniert: 120 Gramm CO ₂ pro Kilometer für Neuwagen im Jahr 2012, im Jahr 2020: 80 Gramm, im Jahr 2025: 60 Gramm ¹⁸⁶	
	Deutsche Bank 2008 ⁶⁰	35%				Abschätzungen basieren auf Gesprächen mit Global Insight, Roland Berger sowie Auto- und Batterie-Unternehmen	
	McKinsey 2006 ¹¹³	3%*				30	„ICE Age“: Fokus auf Verbesserung konventioneller Technologien, Treibstoffsteuern bleiben unverändert ¹⁹¹
		5%*				50	„Intermediate“: Manche alternativen Technologien werden wirtschaftlicher, Treibstoffsteuern bleiben unverändert ¹⁹²
14%*					100	„Green world“: Derzeit teure nachhaltige Technologien werden wirtschaftlicher, Treibstoffsteuern werden verdoppelt ¹⁹⁰	
Global	McKinsey 2006 ¹¹³	5%*				30	„ICE Age“: Fokus auf Verbesserung konventioneller Technologien, Treibstoffsteuern bleiben unverändert ¹⁹¹
		9%*				50	„Intermediate“: Manche alternativen Technologien werden wirtschaftlicher, Treibstoffsteuern bleiben unverändert ¹⁹²
		18%*				100	„Green world“: Derzeit teure nachhaltige Technologien werden wirtschaftlicher, Treibstoffsteuern werden verdoppelt ¹⁹⁰

* Schätzung bezieht sich nur auf Hybrid-Fahrzeuge. Anteil der Elektro-Autos unbedeutend.
 ** Schätzung bezieht sich nur auf Elektro-Fahrzeuge. Anteil der Hybrid-Autos relativ unbedeutend.
 *** Schätzung bezieht sich nur auf Elektro- und Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge.

Quelle: Berger 2009¹⁶, Deutsche Bank 2008⁶⁰, Enerdata 2009⁴¹, Energinet 2008⁹, Fraunhofer-ISI 2008⁷⁴, McKinsey 2006¹¹³, Quintessenz 2009¹³⁶, VCÖ 2008¹⁶⁵, Tabelle: VCÖ 2009

Infrastruktur zum Laden von Elektro-Fahrzeugen

Elektro-Autos benötigen ebenso wie herkömmliche Autos eine Infrastruktur für die Energieversorgung. Erste Rahmenbedingungen wurden im Jahr 2009 von der EU präsentiert.

Das Tanken eines konventionellen Fahrzeugs geht rasch, weil die Energiedichte fossiler Treibstoffe sehr hoch ist. Ein Liter Treibstoff entspricht umgerechnet einem Energieinhalt von rund zehn Kilowattstunden. Beim Tanken werden in kürzester Zeit große Energiemengen transferiert.

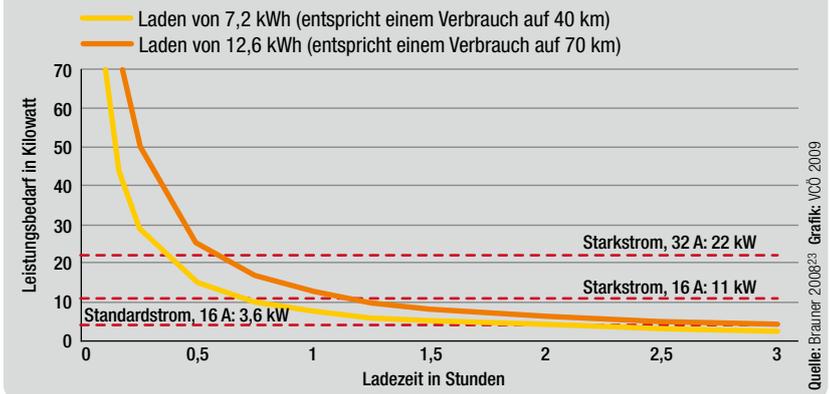
Derzeitige Batterien benötigen für das Laden, das Trennen der elektrischen Ladungsteilchen in den Batterien, Zeit. Sie können in kurzer Zeit nur geringe Energiemengen aufnehmen. Eine Lösung ist eine Batterie, welche 50 Nanometer große, mit Lithiumphosphat beschichtete Kügelchen einsetzt und deren Prototyp sich im Labor mehr als 30-mal so schnell wie herkömmliche Akkus aufladen lässt.²⁰³ Langfristig sind daher kürzere Ladezeiten zu erwarten.³⁶

Lange Ladezeiten über Standardsteckdose

Unabhängig von der Speichertechnologie ist in den bestehenden elektrischen Netzen eine beschränkte elektrische Leistung verfügbar. Die verbreitete Standardsteckdose ermöglicht maximale Leistungen von 3,6 Kilowatt. Ein Starkstromanschluss ermöglicht zwar Ladeleistungen bis zu 22 Kilowatt, jedoch nur unter der Voraussetzung, dass in einem Versorgungsgebiet gleichzeitig nur wenige andere große Stromverbraucher oder Elektro-Fahrzeuge Energie beziehen. In Städten umfassen diese Gebiete typischerweise einige mehrstöckige Gebäude, im ländlichen Bereich größere Teile einer Siedlung.

Für das Laden von Elektro-Fahrzeugen ist also entweder eine hohe Leistung unter Anpassung der Versorgungsnetze erforderlich oder genügend Zeit für das Laden.²³

Das Laden von Elektro-Fahrzeugen benötigt sehr hohe Strom-Leistung oder viel Zeit



Elektro-Fahrzeuge ändern Tankverhalten

Die zurückgelegten Entfernungen eines Fahrzeugs liegen im Mittel bei etwa 30 Kilometern pro Tag,^{71,143} der überwiegende Teil liegt unter 40 Kilometern pro Tag.⁷³ Die dafür benötigte Energie aus dem einphasigen Standardnetz erfordert eine Ladedauer von etwa zwei Stunden, beispielsweise tagsüber am Arbeitsplatz oder zu Hause über Nacht. Es braucht an all jenen Orten eine Ladeinfrastruktur, an denen Elektro-Fahrzeuge in Zukunft längere Standzeiten haben.²⁰⁷

Die Ladezeit orientiert sich an der verfügbaren Leistung des Netzes. Dabei gibt es einen Zielkonflikt zwischen schnellem Laden und der Lebensdauer der Batterie. Je öfter schnell geladen wird, umso geringer die Lebensdauer der Batterie.

Laden von Elektro-Fahrzeugen

Home Charging:

Das Fahrzeug wird zu Hause mit geringen Ladeleistungen geladen. Die Fahrdistanzen sind gering und die Reichweite der Fahrzeuge ausreichend, um über 80 Prozent der Tage bedienen zu können.

Destination Charging:

Laden findet zu Hause und am Zielort statt. Ein Normalladen findet mit zwei bis drei Kilowatt Leistung oder eine Schnellladung mit bis zu 50 Kilowatt statt.¹⁰⁵

Pathway Charging:

Entlang größerer Strecken erfolgt die Ladung in Form einer Schnellladung mit hohen Leistungen, sodass die Fahrt rasch fortgesetzt werden kann.¹⁰⁷

Überall dort, wo Elektro-Fahrzeuge länger abgestellt werden, kann mit Ladestationen eine dichte Ladeinfrastruktur gewährleistet werden.



Foto: bildbox

Das Tankverhalten von Elektro-Autos wird sich im Vergleich zum heute üblichen Tanken verändern. Während ein Benzin- oder Dieselloauto durchschnittlich alle zwei bis drei Wochen gefüllt wird – das Tankkriterium ist der verbliebene Tankinhalt – wird sich das Laden von Elektro-Fahrzeugen zumindest in absehbarer Zeit hauptsächlich an den verfügbaren Ladestellen am Stammort und Zielort des Fahrzeugs orientieren und zu ein bis zwei Ladevorgängen pro Tag führen.¹⁹⁴ Das Laden startet dann je nach Ausführung unmittelbar nach dem Anstecken oder mittels intelligenter Systemlösungen mit verschobenem Ladezeitpunkt zu günstigeren Tageszeiten.

Schnellladungen ermöglichen große Distanzen

Wegstrecken von einigen hundert Kilometern erfordern aufgrund der aktuell und in absehbarer Zukunft erreichbaren Batteriekapazitäten ergänzende Lademöglichkeiten entlang der Strecke. Diese sollten punktiert als Schnellladestellen ausgeführt werden, sodass nach 20 Minuten Ladezeit die Energiemenge für weitere 100 bis 150 Kilometer Reichweite zur Verfügung steht, wodurch das Ladestellennetz deutlich dichter sein müsste als das derzeitige Tankstellennetz. Hierfür sind spezielle, hoch belastbare Netzanbindungen auf Mittelspannungsebene notwendig. Ladestationen an einer Tankstelle sollten von den Zapfsäulen aus Sicherheitsgründen getrennt sein.

Ladeinfrastruktur wird schrittweise ausgebaut

Im Laufe der ersten Ausbauphase werden aufgrund geringer Fahrzeugzahlen vor allem bestehende elektrische Netzstrukturen genutzt werden.¹⁰⁴ Schwerpunktmäßig wird das Laden im geringen Leistungsbereich (zwei bis 3,5 Kilowatt) am Wohnort, Arbeitsplatz, an der Schnittstelle zu öffentlichen Verkehrsmitteln und Tiefgaragen erfolgen. Die notwendigen Anschlüsse werden auf Parkplätzen die Form von hydrantenartigen Ladestationen haben. Die notwendige Verkabelung sollte bei aktuellen Bauprojekten bereits eingeplant werden, um teure Nachrüstungen zu vermeiden.

Als nächste Ausbaustufe sind Schnellladestationen entlang häufig frequentierter Verkehrswege sinnvoll, um auch Überlandfahrten rein elektrisch bewältigen zu können.²¹⁹ Um solche Anlagen wirtschaftlich betreiben zu können, wird es nötig sein, statt eines allgemeinen Energiepreises einen Leistungspreis einzuheben – gegen Aufpreis wird der Akkumulator schneller geladen. Die Verringerung der Betriebskosten von Elektro- im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen wird deshalb auch geringer ausfallen als bei der Normladung an üblichen Ladepunkten.

Ab Erreichen einer bestimmten Dichte von Elektro-Fahrzeugen kann ein ungesteuertes Laden die elektrische Belastung im Niederspannungsnetz zur Abendspitze hin wesentlich erhöhen. Um dieses Problem zu entschärfen, werden intelligente Steuermechanismen nötig sein, die den Ladezeitpunkt bei angesteckten Fahrzeugen verschieben und das Laden zu weniger belasteten Zeiten starten.²²²

Allgemeine Standards sind nötig

Viele Fahrzeughersteller setzen derzeit im höheren Leistungsbereich auf unterschiedliche Ladegerät-konfigurationen. Um den möglichst umfassenden Ausbau von Anschlüssen mit ausreichender Ladeleistung zu fördern, haben sich Unternehmen, Elektro-Fahrzeug-Hersteller und viele Energiekonzerne Europas im April 2009 auf eine länderübergreifende Standard-Steckdose geeinigt. Der geplante Anschluss für Elektro-Autos ist dreipolig und stellt eine Spannung von 400 Volt zur Verfügung. Der Zeitpunkt der Einführung steht noch nicht fest.¹²³

Technik von Elektro-Fahrzeugen

Für einen Erfolg der Elektro-Fahrzeuge sind eine Erhöhung der Reichweiten und eine Verkürzung der Akku-Ladezeiten ausschlaggebend. Nicht zuletzt ist auch der Preis für den Kauf von Elektro-Fahrzeugen entscheidend.

Ein großer Vorteil von Elektro-Fahrzeugen ist, dass die Emissionen nicht beim Betrieb des Autos, sondern bei der Stromproduktion in den Kraftwerken anfallen, wodurch die Schadstoffbelastung vor allem in Städten reduziert werden kann. Weitere Vorteile sind hohe Energieeffizienz, geringe Betriebskosten, leise Motoren und die Möglichkeit, das existierende Stromnetz zu nutzen.

Dem Stand der Technik entsprechend ist das Angebot an Elektro-Fahrzeugen noch begrenzt. Wichtig für Elektromotoren sind eine kompakte Bauweise, ein hoher Wirkungsgrad, niedrige Kosten, ein geringes Gewicht und ein geringer Wartungsaufwand. Batterien in Elektro-Fahrzeugen müssen eine hohe Energiedichte und Lebensdauer aufweisen und auch bei Zerstörung sicher sein. All diese Anforderungen sind zurzeit nur eingeschränkt erfüllt.

Schwerpunkte in der Entwicklung sind die Erhöhung der Reichweite und die Verringerung von Gewicht und Kosten. Für eine erfolgreiche Markteinführung wichtig sind außerdem Verbesserungen bei der Ladeinfrastruktur, kürzere Batterie-Ladezeiten und eine bessere Nutzung erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung.

Weniger Energieverlust bei Elektromotoren

Ein Batterie-Elektro-Fahrzeug hat aufgrund der Batteriegrenzen im Vergleich zu einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor bisher nur eine beschränkte Reichweite. Während Benzin- und Diesel-Fahrzeuge je nach Typ und Nutzung zwischen 450 und 850 Kilometer mit einer Tankfüllung zurücklegen können, kommt beispielsweise



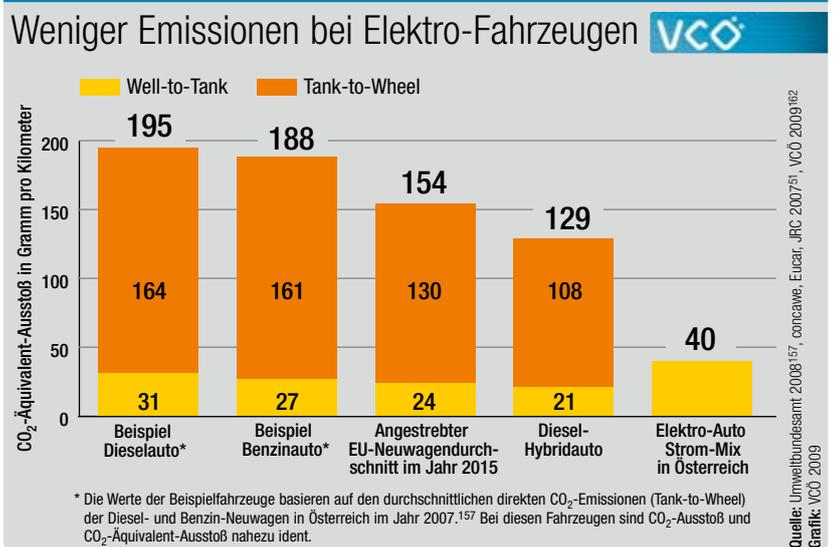
Foto: italdesign Giugiaro/Renault

Elektro-Autos sind äußerlich kaum von herkömmlichen Pkw zu unterscheiden.

das in Großbritannien vertriebene Elektro-Auto „G-Wiz“ mit Lithium-Ionen-Akkumulator bei voller Aufladung rund 120 Kilometer weit.²³⁴ Der seit dem Jahr 2007 in Norwegen in Serie produzierte Elektro-Pkw „Th!nk City“ hat eine Reichweite von etwa 180 Kilometern.²³² Ähnliche Reichweiten werden die für die Jahre 2009 und 2010 geplanten Fahrzeuge von Miles und Mitsubishi¹⁹⁸ haben, der ebenfalls im Jahr 2010 erscheinende Nissan Mixim soll sogar 250 Kilometer pro Akkuladung erreichen.¹⁹⁹ Um die genannten Reichweiten zu ermöglichen, wird in den meisten Fahrzeugen die beim Bremsvorgang rückgewonnene Bewegungsenergie in die Batterie oder einen Kondensator zurückgespeist. Diese Technik wird als Rekuperation bezeichnet.

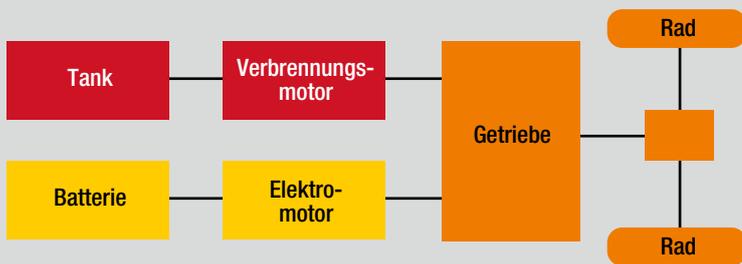
Beim Elektro-Fahrzeug fallen die größten Ener-

Die CO₂-Äquivalent-Emissionen moderner Elektro-Fahrzeuge sind aufgrund des hohen Wasserkraft-Anteils am Strom-Mix in Österreich geringer als jene konventioneller Fahrzeuge.¹⁸⁵



Hybrid-Auto vereint zwei Energiequellen

VCO



Quelle: Naunin 2007/17 Grafik: VCO 2009

Beim Hybrid-Auto kommt der Antrieb des Getriebes aus zwei parallelen Energiequellen, einem Verbrennungsmotor und einem Elektromotor.¹¹⁷

gieverluste bei der Stromerzeugung an. Der Verbrauch während der Fahrt ist abhängig von der Batterie, dem Ladeverfahren, dem Motor und der Konstruktion des Elektro-Fahrzeugs. Ein Elektromotor hat einen Wirkungsgrad von rund 90 Prozent, die Motoren konventioneller Fahrzeuge einen von etwa 30 Prozent.

Ein Elektro-Fahrzeug verbraucht zwischen zehn und 25 Kilowattstunden pro 100 Kilometer. Im Gegensatz dazu verbraucht ein durchschnittliches Dieselfahrzeug etwa 60 Kilowattstunden.⁵⁷ Bei Nutzung emissionsarm produzierter Elektrizität (Strom-Mix in Österreich), ergeben sich dadurch für Elektro-Autos geringere CO₂-Äquivalent-Emissionen pro Kilometer. In Ländern mit anderem Strom-Mix können Elektro-Autos zu höheren Emissionen führen.

Technik wird stark weiterentwickelt

Ein Hybrid-Fahrzeug verfügt über mindestens zwei verschiedene Energiewandler- und Energiespeichersysteme. Bei Pkw sind dies ein Elektro- und ein Verbrennungsmotor. Der Vorteil von Hybrid-Fahrzeugen ist die hohe Reichweite der konventionellen Fahrzeuge in Verbindung mit den geringen Emissionen beim Fahren von Stre-

cken in Batteriebetrieb. Sie sind jedoch schwerer und komplexer als reine Elektro-Fahrzeuge.

Normalerweise wird die Batterie der Hybrid-Fahrzeuge über den Verbrennungsmotor oder per Rekuperation aufgeladen. Bei Plug-In-Hybrid-Fahrzeugen kann die Batterie auch mit Strom aus dem Stromnetz aufgeladen werden. Mit dem „Full Hybrid“ ist bei voller Leistung über längere Strecken eine rein elektrische Fahrweise möglich.

Verbrennungs- und Elektromotor sind vielfältig kombinierbar

Beim parallelen Hybrid-Antrieb übertragen Verbrennungsmotor und Elektromotor ihre Kraft auf eine gemeinsame Antriebswelle. Die beiden Antriebe können gemeinsam oder unabhängig voneinander betrieben werden.²⁰⁸ Beim seriellen Hybrid-Antrieb treibt der Verbrennungsmotor einen Generator an. Mit der erzeugten elektrischen Energie wird der Elektromotor versorgt beziehungsweise die Batterie nachgeladen.

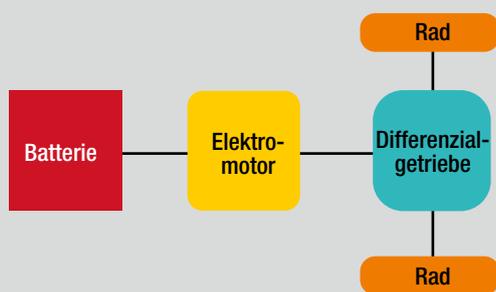
Bei Fahrzeugen mit kombiniertem Hybrid-Antrieb kann mit einer Kupplung zwischen parallelem und seriellem Antrieb umgeschaltet werden. Somit besteht die Möglichkeit, die Leistung des Verbrennungsmotors direkt auf die Räder zu übertragen. Der Elektromotor kann auch über die Batterie oder den Verbrennungsmotor und den Generator elektrisch angetrieben werden. Beim leistungsverzweigten Hybrid-Antrieb wird ein Teil der Leistung des Verbrennungsmotors direkt zum Antrieb genutzt, mit der restlichen Leistung wird durch einen Generator elektrische Energie erzeugt, die vom Elektromotor zum Antrieb des Fahrzeuges genutzt wird.^{11,200}

Ein Fahrzeug mit seriellem Hybrid-Antrieb kann als reines Elektro-Fahrzeug ausgelegt werden, das nur noch einen kleinen Verbrennungsmotor zum Nachladen der Batterie mitführt. Es kann weite Strecken elektrisch zurücklegen und setzt den Verbrennungsmotor ausschließlich ein, um die Reichweite zu erhöhen. Diese Technik wird auch Range Extender genannt.⁶⁸

Ein reines Elektro-Fahrzeug hat einen Elektromotor mit Umrichter, Batteriesystem, Ladeeinrichtung, Differenzialgetriebe sowie Leistungselektronik. Bei erfolgreicher Weiterentwicklung der Batterietechnik haben Elektro-Fahrzeuge wegen ihres vergleichsweise einfachen Aufbaus die besten Chancen für einen breiten Einsatz.¹¹⁷

Einfache Technik bei batteriebetriebenen Elektro-Autos

VCO



Quelle: Naunin 2007/17 Grafik: VCO 2009

Batteriebetriebene Elektro-Autos weisen einen einfachen Antriebsmechanismus auf.

Lithium wichtig für Batterietechnik

Die weitere Entwicklung bei Elektro-Fahrzeugen ist eng an die Entwicklung der Batterie gekoppelt. Reichweite, Gewicht, Kosten, Lebensdauer und Recycling-Möglichkeiten sind dabei die wichtigsten Faktoren.

Die Entwicklung im Bereich Batterie für Elektro-Fahrzeuge hat in den vergangenen Jahren große Fortschritte gemacht. Als derzeit leistungsfähigstes und damit zukunftsweisendes Basismaterial wird Lithium gesehen.

Kontinuierliche Verbesserung der Energiedichte

Lithium ist relativ leicht, Lithiummodule sind im Durchschnitt um 20 bis 30 Prozent kleiner und 30 bis 40 Prozent leichter als etwa Nickel-Metallhydrid-Batterien. Und auch die Lebensdauer und die Zahl der möglichen Aufladungsvorgänge ist bei Lithium höher. Bei Lithium-Akkus liegt die Lebensdauer zwischen drei und zehn Jahren und es sind bei einer Energiedichte zwischen 105 und 170 Wattstunden pro Kilogramm 3.000 bis 5.000 Ladevorgänge möglich, bei Nickel-Metallhydrid-Akkus jedoch nur 1.000 bis 2.000 – bei einer gleichzeitig niedrigeren Energiedichte von rund 50 bis 70 Wattstunden pro Kilogramm.^{33,60,83}

In Südamerika liegen 84 Prozent der bekannten Lithiumreserven

Mit dem derzeitigen Fokus auf der Lithium-Technologie für Elektro-Mobilität stellt sich die Frage nach der Verfügbarkeit dieser Ressource. Lithium kommt auf der Erde primär als mineralisches Lithiumsalz, primär Lithiumcarbonat und Lithiumchlorid, vor und ist nur in einer begrenzten Menge verfügbar. Die geschätzten weltweiten Vorkommen liegen bei 13,46 Millionen Tonnen Lithium.¹⁴⁷ 84 Prozent der geschätzten Vorkommen lagern in Südamerika. Etwa zwei Fünftel der Lithium-Vorkommen, rund 5,4 Millionen

Tonnen, finden sich in den meist noch unerschlossenen Salzseen Boliviens. Die Vorkommen in Chile liegen bei rund drei Millionen Tonnen, in Argentinien bei zwei Millionen Tonnen und in Brasilien bei knapp einer Million Tonne.

Lithium – eine Frage von Nachfrage und Angebot

Es ist unwahrscheinlich, dass die Lithium-Vorkommen außerhalb Boliviens den Weltbedarf langfristig decken können. China ist bereits aktiv in den Lithium-Markt eingetreten.¹²⁸ Wenn Bolivien nicht rechtzeitig seine Ressourcen zur Verfügung stellt, wird damit gerechnet, dass im Jahr 2017 die Nachfrage nach Lithium an die maximale Förderkapazität von 200.000 Tonnen pro Jahr stoßen wird, was den Weltmarktpreis stark in die Höhe treiben würde.^{60,224} Stellt Bolivien sein Lithium dem Weltmarkt zur Verfügung,

Lithium – eine Chance für Bolivien?

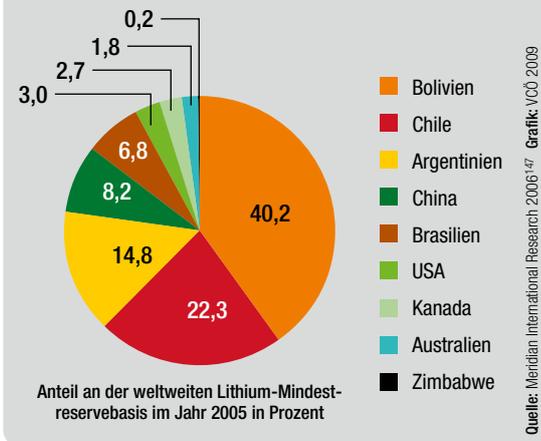
Mit der immer wichtiger werdenden Rolle von Elektro-Antrieben im Automobilsektor wird die Nachfrage nach Lithium, dem Grundstoff der aussichtsreichsten Akku-Technologie, sprunghaft ansteigen. Mit rund 10.500 Quadratkilometern Fläche misst Salar de Uyuni in Bolivien, der größte Salzsee der Erde, etwa ein Viertel der Fläche der Schweiz. Etwa 40 Prozent der weltweiten Lithiumreserven werden in dieser Salzwüste im Südwesten Boliviens vermutet. Es besteht die Hoffnung, dass in diesem Gebiet noch weitaus größere Vorkommen liegen. Insbesondere Lithiumverbindungen in der begehrten Qualität, die als Grundlage für die Akku-Produktion verwendet werden kann.

Auf zehn Milliarden Tonnen Salz wird die 30 Meter starke Salzkruste mit der dicken Schicht Lake darunter geschätzt. Die vermuteten Lithiumvorkommen sind vorwiegend aus der Salzlake zu gewinnen, wozu diese hochgepumpt, getrocknet und das darin enthaltene Lithium in Form verwertbarer Lithiumsalze isoliert werden muss. Die dazu notwendige Infrastruktur – Wasser, Strom, Straßen und Produktionsanlagen – müsste in dieser Wüste noch geschaffen werden.

Bergbau- und Kraftfahrzeug-Konzerne sowie Batteriehersteller weltweit haben die enorme Bedeutung dieser Vorräte erkannt und entsenden ihre Fachleute zum Salar de Uyuni, doch in Bolivien gibt es starke Bestrebungen, dass der Abbau in staatlicher Hand bleibt. Von Seiten des Naturschutzes wird befürchtet, dass diese einzigartigen Salzseen durch den Abbau von Lithium zerstört werden.⁸

84 Prozent des weltweit bekannten Lithiums liegen in Südamerika, beinahe die Hälfte davon in Bolivien. Für Südamerika ist die fortschreitende Entwicklung im Bereich Elektro-Fahrzeuge ein wesentlicher Wirtschaftsfaktor.

Rund 84 Prozent der Lithium-Reserven in Südamerika



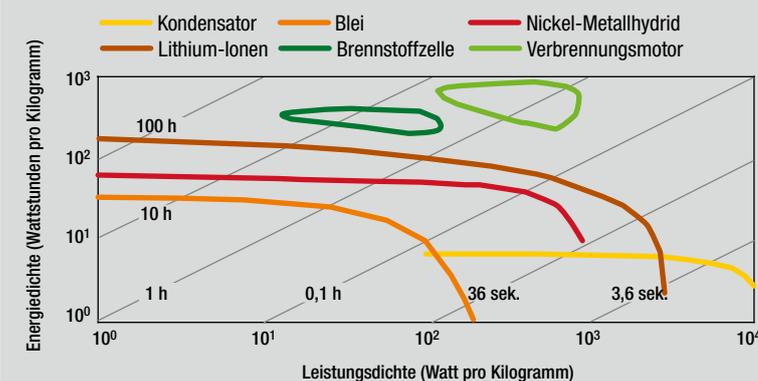
gehen Schätzungen davon aus, dass das Angebot bis zum Jahr 2050 reichen wird.²¹³ Es ist zu erwarten, dass andere Rohstoffe für Batterien und neue Wege zur Bedarfsdeckung gefunden werden. Unter anderem ist die Entwicklung groß angelegter Recycling-Technologien entscheidend.^{60,201}

Lithium ermöglicht hohe Leistungs- und Energiedichte

Seit dem Jahr 1990 konnte die Energiedichte bei Lithium-Akkus von etwa 200 Wattstunden pro Liter²³⁶ auf mehr als 600 Wattstunden pro Liter weiterentwickelt werden. Im Vergleich dazu lagen Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren Mitte der 1990er-Jahre bei 200 bis 250 Wattstunden und heute bei 450 Wattstunden pro Liter. Mit Lithium als Basis können Zellen mit hoher Energie- und Leistungsdichte hergestellt werden.

Lithium-Ionen-Batterien sind anderen Batterien, wie etwa Blei- oder Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren sowohl hinsichtlich Energie- als auch Leistungsdichte überlegen.

Lithium-Ionen sorgen derzeit für das beste Verhältnis zwischen Energie und Leistung



Bei Elektro-Fahrzeugen mit reinem Elektro-Antrieb ist eine hohe Energiedichte wichtig – denn je höher die Energiedichte der Batterie, desto größer die Reichweite. Bei Elektro-Fahrzeugen sind Batterien mit mehr als 15 Kilowattstunden nötig. Eine hohe Leistungsdichte wiederum spielt eine entscheidende Rolle bei Hybrid-Fahrzeugen, wo Elektromotor und Batterie zur Unterstützung des Verbrennungsmotors dienen. Der Energiespeicher dient hier als „Puffer“ während der Brems- und Beschleunigungsphasen und ist daher mit etwa zwei Kilowattstunden eher klein. Der Plug-In-Hybrid, bei dem die Batterie über das externe Stromnetz aufgeladen wird, ist eine Zwischenvariante mit einer größeren Batterie mit einem Energiebedarf zwischen drei und 15 Kilowattstunden.

Die Wahl des Antriebs entscheidet auch darüber, wie viel Kraftstoff durch die Batterie eingespart wird. Je mehr Kraftstoff durch die Batterie eingespart werden soll, desto höher sind derzeit auch die Kosten für die Batterie. Auch die Art des Antriebs beeinflusst die Kosten. Beim reinen Elektro-Antrieb sind diese etwa fast zehnmal so hoch wie beim Hybrid-Antrieb. Derzeit belaufen sich die Kosten für eine Batterie für ein Elektro-Fahrzeug auf umgerechnet rund 8.000 Euro.²³¹

Auch beim Elektro-Auto kommt es auf den Fahrstil an

Um die größtmöglichen Einsparungen in Bezug auf Emissionen und Verbrauch bei gleichzeitig hoher Fahrleistung zu erzielen, sind ein ausgefeiltes Energiespeichersystem und ein angemessenes Batteriemanagementsystem notwendig. Das Batteriemanagement muss in der Lage sein, den Zustand der Batterie zu ermitteln und der lenkenden Person Lade-, Alterungs- und Leistungs-zustand ähnlich einer Tankanzeige mitzuteilen.

Was die Reichweite eines Elektro-Fahrzeugs beziehungsweise des Elektro-Modus bei Hybrid-Antrieb betrifft, gilt Ähnliches wie beim Verbrennungsmotor. Entscheidend ist der Fahrstil. Wer lenkt, braucht ein Gefühl für das „Elektro-Fahren“. Ein Elektromotor reagiert empfindlicher auf durchgehend hochtouriges Fahren als ein Diesel- oder Benzinmotor. Wer elektrisch weit kommen will, muss die Fahrweise anpassen.

Potenzial für Energieeinsparung durch Elektro-Fahrzeuge

Durch Ersatz von herkömmlichen Fahrzeugen durch Elektro-Fahrzeuge kann der Energieverbrauch des Verkehrs deutlich gesenkt werden. Die zusätzlich benötigte elektrische Energie kann in Österreich relativ emissionsarm erzeugt werden.

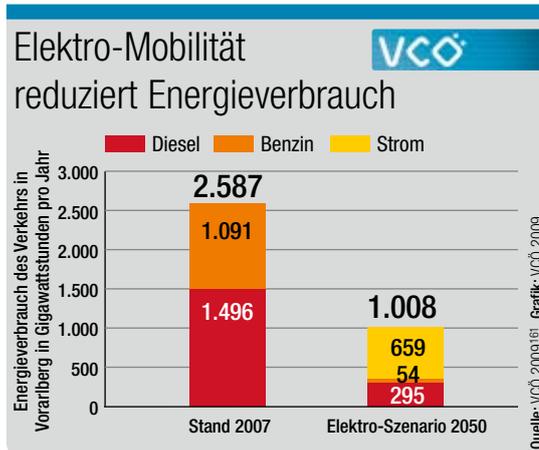
In Vorarlberg startet ein umfassendes Pilotprojekt zu Elektro-Fahrzeugen. Im Zuge dessen stellt sich die Frage, wie hoch das Potenzial zur Energieeinsparung bei einem Mobilitätsszenario bis zum Jahr 2050 sein kann, wenn ein umfassender Umstieg auf Elektro-Autos erfolgt – im Vergleich zu fossil betriebenen Fahrzeugen.

Die derzeitigen Reichweiten von Elektro-Autos betragen zwischen 100 und 150 Kilometer und gleichzeitig waren in Vorarlberg im Jahr 2008 94 Prozent aller Pkw-Wege kürzer als 50 Kilometer.¹⁷⁰ Eine Substitutionsrate von 95 Prozent bei

Aus Wasserkraft kann die benötigte Energie für Elektro-Fahrzeuge in Österreich emissionsarm erzeugt werden.



Foto: bilderbox



Der weitgehende Umstieg von konventionellem auf elektrischen Antrieb von Fahrzeugen in Vorarlberg brächte bis zum Jahr 2050 eine Energieeinsparung von rund 60 Prozent.

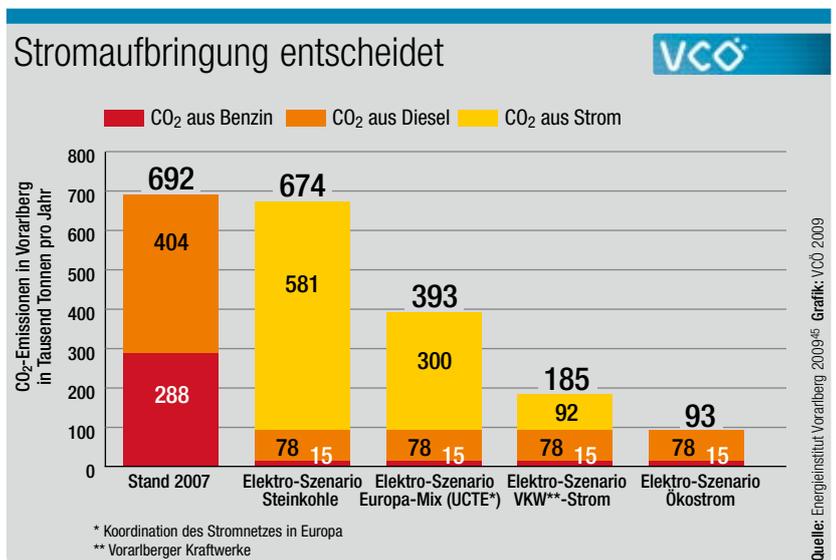
Pkw bis zum Jahr 2050 kann als Potenzial angenommen werden.

Für Mofas, Mopeds und Motorräder wird eine Substitution von ebenfalls 95 Prozent angenommen, bei den Fahrzeugen des Öffentlichen Verkehrs eine Umstellung der Hälfte aller Fahrzeuge (innerstädtische Linien, Kleinbusse) auf Elektro-Antrieb. Für Klein-Lkw unter 1,5 Tonnen wurde eine Umstellung von 80 Prozent des Bestands auf Elektro-Transporter angenommen.²¹²

Hoher Energiebedarf von Kraftfahrzeugen

Im Jahr 2007 sind in Vorarlberg 336.000 Tonnen an Diesel und Benzin abgegeben worden,

Würde der Strom für Elektro-Autos in Vorarlberg aus Steinkohle produziert, wäre die CO₂-Reduktion gegenüber konventionellen Kraftstoffen gering. Die beste CO₂-Bilanz weist Ökostrom auf.



Ein Preisträger beim VCO-Mobilitätspreis 2008 setzt für die eigene Mobilität auf Elektro-Autos. Erzeugt wird die dafür benötigte Energie mittels einer Photovoltaik-Anlage auf dem Dach des Wohnhauses. Die Photovoltaik-Anlage produziert im Jahr etwa 3.000 Kilowattstunden Strom und deckt somit mehr als den Energieverbrauch der beiden Elektro-Autos.



das entspricht einem Energiegehalt von 3.973 Gigawattstunden (GWh). Rund 35 Prozent des Kraftstoffverbrauchs können dem Export zugerechnet werden. Somit haben die in Vorarlberg zugelassenen rund 240.000 Kraftfahrzeuge⁹⁹ mit 2.587 Gigawattstunden rund 28 Prozent der Gesamtenergie²¹⁵ Vorarlbergs verbraucht.⁹⁸

Auf Basis dieser Annahmen, Angaben über durchschnittliche Jahreskilometerleistungen der Kfz-Typen, Verbrauchszahlen von Elektrofahrzeugen und Ladeverluste in der Höhe von 20 Prozent der Betriebsenergie lässt sich ein theoretischer Strombedarf für ein solches Elektro-Mobilitäts-Szenario hochrechnen.³⁷ Somit ist eine Reduktion des Energiebedarfs des Verkehrs in Vorarlberg bis zum Jahr 2050 um rund 60 Prozent bezogen auf das Jahr 2007 möglich, der Strombedarf würde um 25 Prozent steigen.⁹⁸

CO₂-Emissionen: Auf die Herkunft kommt es an

Von einer 60-prozentigen Energieverbrauchsreduktion kann jedoch nicht automatisch auch auf eine ähnliche Reduktion der Treibhausgas-Emissionen geschlossen werden. In Abhängigkeit vom Stromerzeugungsmix gibt es große Schwan-

kungsbreiten bei den CO₂-Emissionen. Wird die durch die Elektro-Mobilität erzeugte zusätzliche Stromnachfrage durch den Bau von Steinkohlekraftwerken gedeckt, so reduzieren sich die CO₂-Emissionen nur um 2,5 Prozent. Gelingt es, den Strombedarf aus dem aktuellen Stromerzeugungsmix der Vorarlberger Kraftwerke oder sogar zur Gänze aus Ökostrom bereitzustellen, so ist eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 73 beziehungsweise 87 Prozent möglich.

Energiekosten bei Elektro-Autos sind niedrig

Werden die Kosten für die Energiebereitstellung betrachtet, so zeigt sich, dass selbst bei niedrigen Preisen für fossile Treibstoffe (unter einem Euro pro Liter) deutliche Einsparungen möglich sind. Selbst wenn der Strom ausschließlich aus „ungeförderten“ Photovoltaik-Anlagen erzeugt würde, lägen die Kosten nur unwesentlich über den Treibstoffausgaben des Status quo.

Bei einem moderaten, realen Energiewachstum für fossile Treibstoffe von jährlich drei Prozent in den nächsten 20 Jahren und leicht sinkenden Photovoltaik-Modulpreisen sind die realen Energiekosten im Jahr 2030 bei einer rein Photovoltaik-gestützten Stromerzeugung nur halb so hoch wie im Fall einer rein fossil betriebenen Flotte.

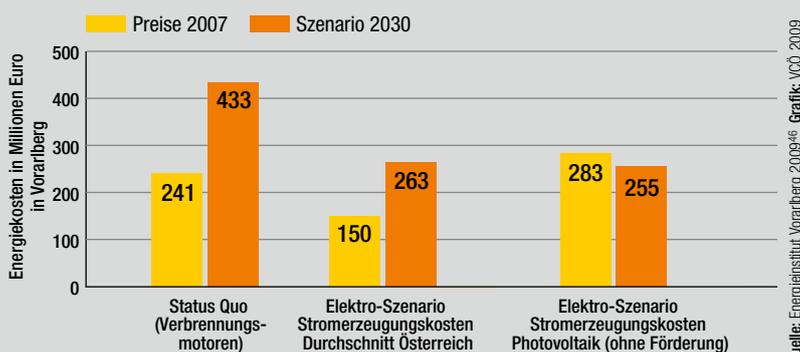
Mischung aus Windkraft und Photovoltaik für Stromversorgung realistisch

Eine reine Energiebereitstellung über Photovoltaik-Anlagen ist kostenseitig keine Hürde für die Elektro-Mobilität. Jedoch fehlen aus heutiger Sicht die nötigen Flächen, obwohl die Flächeneffizienz höher ist als bei anderen alternativen Antriebssystemen. Für die Erzeugung der im Elektro-Mobilitäts-Szenario für Vorarlberg benötigten jährlichen Energiemenge von 570 Gigawattstunden Strom pro Jahr aus Photovoltaik-Anlagen wird eine Gesamtfläche von 4,5 Quadratkilometern benötigt. Die insgesamt in Vorarlberg für Solarenergie nutzbaren Flächen für Solarmodule auf Dächern und Fassaden belaufen sich auf rund 4,2 Quadratkilometer.¹²⁵

Wird die gleiche Strommenge mittels Windkraft erzeugt, so werden 140 Windräder mit je zwei Megawatt Leistung benötigt.¹³ Es ist möglich, den Strombedarf für Elektro-Mobilität aus erneuerbarer Energie aufzubringen, ein Mix aus Windkraft und Photovoltaik ist realistisch.

Selbst bei Verwendung des teureren Stroms aus Photovoltaik-Anlagen lägen die Energiekosten für eine Elektro-Auto-Flotte momentan nur knapp über jenen fossiler Brennstoffe – und in zwei Jahrzehnten weit darunter.

Potenzial der Senkung der Energiekosten in Vorarlberg ist groß



Photovoltaik und Energie für Elektro-Fahrzeuge

Die Energie für Elektro-Fahrzeuge lässt sich in Österreich aus erneuerbaren Energiequellen gewinnen. Bessere Rahmenbedingungen bei der Erschließung erneuerbarer Energie in Österreich könnten diesen Prozess beschleunigen.

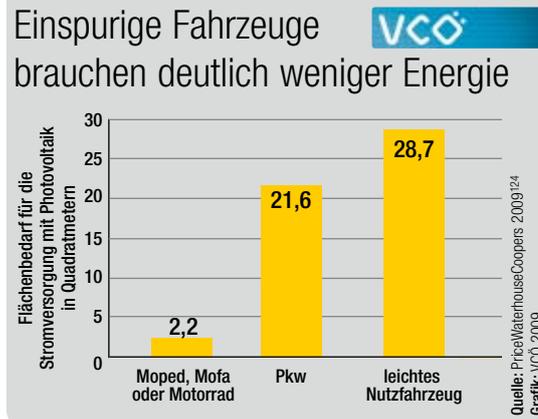
Für das Jahr 2050 werden etwa 25 Prozent und für das Jahr 2100 mehr als 60 Prozent Sonnenenergie-Anteil an der gesamten Energieaufbringung prognostiziert.²³⁷ Die Peak-Leistung der weltweit im Jahr 2008 neu installierten Photovoltaik-Anlagen stieg im Vergleich zum Jahr 2007 um 117 Prozent.⁴⁸ In Österreich liefert Photovoltaik derzeit einen Beitrag von 32 Megawatt peak, das ist rund 0,1 Prozent des Strombedarfs.^{20,59,230} Das Potenzial ist deutlich größer. Die Sonneneinstrahlung erreicht in Österreich etwa 1.000 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr.⁵² Allein die günstig zur Sonne orientierten Flächen an und auf Gebäuden wurden mit 140 Quadratkilometer Dächern und mehr als 52 Quadratkilometer Fassaden ermittelt.^{118,205}

Photovoltaik für Elektro-Autos

Zur effizienten Nutzung von Photovoltaik für den Strombedarf von Elektro-Fahrzeugen sind die verfügbaren Flächen und die Effizienz der Energieumwandlung bei variierender Einstrahlung und Temperatur von Bedeutung.

Um Strom aus Photovoltaik-Anlagen möglichst gut zu nutzen, ist ein Netz-Parallelbetrieb mit einer Batterieladestation günstiger als nicht mit dem Netz verbundene „Insellösungen“. Überschüsse können so ins Netz eingespeist werden.

Bei der Massenfertigung von Zellen und Modulen sind steigende Wirkungsgrade bei sinkenden Herstellungskosten und sinkendem Materialeinsatz zu verzeichnen. Für das Jahr 2050 wird geschätzt, dass die Fläche der Module um ein Drittel kleiner sein könnte als heute.²¹⁰



2,2 Quadratmeter Photovoltaik-Modul reichen im Durchschnitt für die Energieversorgung eines einspurigen Elektro-Fahrzeugs.

Photovoltaik-Fläche pro Elektro-Auto

Für das Jahr 2020 werden in Österreich 456.000 einspurige Fahrzeuge, die pro Jahr durchschnittlich je 4.500 Kilometer zurücklegen, erwartet sowie 4,44 Millionen Pkw und 312.000 leichte Nutzfahrzeuge mit Fahrten von jeweils 15.000 Kilometern pro Fahrzeug und Jahr.¹²⁴ Bei einem Anteil an Elektro-Autos von 20 Prozent wären jährlich 2.649 Gigawattstunden Strom nötig.¹⁸⁴

Mit den für das Jahr 2020 zu erwartenden mittleren Effizienzen der Energiegewinnung aus Photovoltaik resultiert ein Flächenbedarf von 21,2 Quadratkilometer für Photovoltaik-Anlagen.²²⁰ Beim Einzel-Fahrzeug ergibt das für den mittleren Jahresenergieverbrauch¹² eine Fläche von 2,2 Quadratmeter für einspurige Fahrzeuge, von 21,6 Quadratmeter für Pkw und 28,7 Quadratmeter für leichte Nutzfahrzeuge. Ein solcher Bedarf – umgerechnet beträgt er 3,03 Gigawatt peak (GWp)¹⁸⁰ – ist vor dem Hintergrund der im Jahr 2008 in Österreich neu installierten knapp 4,7 Megawatt peak sehr hoch.²⁰

Im Bundesland Bayern, das eine etwas geringere Fläche und Sonneneinstrahlung als Österreich aufweist, waren bis Ende des Jahres 2008 bereits zwei Gigawatt peak installiert, womit Bayern mehr als drei Prozent seines gesamten Strombedarfs aus Photovoltaik-Anlagen deckt. Das Energieeinspeisegesetz in Deutschland bietet hier Planbarkeit durch ein klares Fördermodell

Photovoltaik kann einen wichtigen Beitrag zur Deckung des Strombedarfs für Mobilität leisten.



mit attraktiven Tarifen für die per Photovoltaik erzeugte elektrische Energie. Ab dem Jahr 2009 wird der Eigenverbrauch des Stroms aus Photovoltaik sogar zusätzlich gefördert.¹⁰⁶

Die Energiebilanz der Photovoltaik-Technik

Für die energetische Amortisation der Photovoltaik ist der Energieeinsatz bei der Herstellung der Zellen und Module, bei Befestigung und Verkabelung sowie des Wechselrichters ausschlaggebend. Der Energieeinsatz für die Herstellung des ganzen Systems ist in Relation zur Lebensdauer

der Anlage zu setzen, wobei Ertragseinbußen durch Alterung zu berücksichtigen sind.

Der Großteil der Energie – in etwa zwischen 75 und 95 Prozent – wird für die Zell- und Modulherstellung aufgewendet.⁷ Branchenüblich ist bei kristalliner Zelltechnologie – sie hat derzeit 90 Prozent Marktanteil – eine Garantie für mindestens 20 Jahre und eine maximale Degradation von einem Prozent der Nennleistung pro Jahr.⁷⁷ Durch Massenproduktion und den Einsatz von weniger energieintensiven Herstellungsprozessen sind in Zukunft weitere Verbesserungen zu erwarten.⁵⁵

Auch Photovoltaik erzeugt CO₂

Die Treibhausgasemission bei der Photovoltaik, im Jahr 2006 noch bei rund 30 Gramm CO₂-Äquivalent pro Kilowattstunde, wird durch neuere kristalline Technologien halbiert. Die Dünnschichttechnologie hat eine raschere energetische Amortisation und etwas geringere Treibhausgas-Emissionen als kristallines Silizium, benutzt aber zum Teil seltene beziehungsweise giftige Grundbestandteile wie Indium oder Cadmium.

Windenergie ist mit elf Gramm CO₂-Äquivalent pro Kilowattstunde besser als die heutige Photovoltaik. Das Potenzial für mehr Windenergie ist in Österreich zwar da, der weitere Ausbau stößt aber auf Akzeptanzprobleme.

Zukünftige Photovoltaik-Technologien sollten nicht mehr als 15 Gramm CO₂-Äquivalent pro Kilowattstunde verursachen. Zum Vergleich: Ein modernes Gaskraftwerk verursacht 400 Gramm CO₂-Äquivalent, fossile Kraftwerke mit CO₂-Rückhalt und Tiefspeicherung 120 bis 200 Gramm CO₂-Äquivalent pro Kilowattstunde.⁷

Photovoltaik hat großes Potenzial

Zur Vermeidung von Siliziumknappheit⁷⁹ wurden die Kapazitäten ausgeweitet. Gleichzeitig ging die Nachfrage durch das reduzierte Wirtschaftswachstum zurück. Lagen die Preise für Module im Jahr 2007 kaum unter 3,5 Euro pro Watt peak, werden im Jahr 2009 Module bereits um 1,9 Euro pro Watt peak angeboten.

Die Erschließung der Photovoltaik ist nach wie vor teuer und bislang nicht mit anderen Formen der Energiebereitstellung konkurrenzfähig, doch technisch ist sie in Österreich möglich.

Ökostrom-Förderung in Österreich

Der erfolgreiche Start für Ökostrom, also Strom aus Wind, Biomasse, Biogas, Geothermie und Photovoltaik sowie Kleinwasserkraft, in Österreich geht auf das im Jahr 2002 beschlossene Ökostrom-Gesetz zurück.²³⁸ Die erzeugte Ökostrom-Menge stieg zwischen den Jahren 2002 und 2008 von rund 400 Gigawattstunden (GWh) auf 4.500 Gigawattstunden oder knapp acht Prozent des Stroms aus öffentlicher Netzabgabe.⁴³ Trotzdem kann die steigende Nachfrage nach Strom nicht mit Ökostrom befriedigt werden, weshalb Strom wieder verstärkt in kalorischen Kraftwerken erzeugt wird und auch der Netto-Stromimport auf über sieben Prozent des Verbrauchs im Jahr 2008 gestiegen ist.^{43,44}

Im Jahr 2006 kostete die Förderung von Ökostrom 198 Millionen Euro und brachte einen Nutzen von 573 Millionen Euro.^{66,229} Im Rahmen einer Gesetzesreform wurden jedoch im Jahr 2006 die Fördergelder reduziert und der Einspeisetarif in das öffentliche Stromnetz wurde auf niedrigerem Niveau festgelegt. Die Folge davon war, dass kaum mehr Neuanlagen errichtet wurden. Das im Gesetz verankerte Ziel von zehn Prozent Ökostrom-Anteil im öffentlichen Netz im Jahr 2010 kann realistisch betrachtet nicht erreicht werden.^{66,239}

Sollen Elektro-Fahrzeuge einen wirkungsvollen Beitrag zum Umweltschutz leisten, müssen sie mit umweltfreundlich erzeugtem Strom betrieben werden. Es besteht somit auch in dieser Hinsicht Handlungsbedarf, die Rahmenbedingungen für den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien zu optimieren. Eine Novelle des Ökostrom-Gesetzes vom Juli 2008 soll für Österreich einige Hürden beseitigen und den Bau von Ökostrom-Anlagen wieder ankurbeln. Das neue Ökostrom-Gesetz bedarf allerdings noch der Bewilligung durch die EU-Kommission.

Auch Elektro-Fahrzeuge verursachen CO₂-Emissionen

Die Elektrifizierung des Individualverkehrs bietet Chancen für eine umweltverträgliche und emissionsärmere Mobilität. Elektro-Antriebe zeichnen sich durch hohe Energieeffizienz aus. Für eine besonders positive CO₂-Bilanz ist vor allem die Herkunft des zusätzlich benötigten Stroms entscheidend.



Foto: Samir Jackel/Fotolia

Für die CO₂-Bilanz von Elektro-Fahrzeugen ist entscheidend, woher der zusätzliche Strom kommt. Die CO₂-Emissionen bleiben vor allem bei erneuerbaren Energien – also aus Wind-, Solar- oder Wasserkraft – niedrig.

Wie ressourcenschonend Verkehr künftig ist, hängt vor allem davon ab, ob der Schritt weg von fossilen Brennstoffen hin zu nachhaltigeren Energieressourcen gelingt. Der weltweite Verkehr bezieht etwa 95 Prozent seiner Primärenergie aus Rohöl.⁸⁶ In der EU hat das steigende Transportvolumen die Treibhausgas-Emissionen zwischen den Jahren 1990 und 2006 um 27 Prozent erhöht.⁵³ Für den Transportsektor wird in Zukunft mit einem weiteren Anstieg des Treibhausgas-Ausstoßes gerechnet. Konventionelles Erdöl geht zur Neige, weniger reines und nicht herkömmlich erzeugtes – wie etwa aus Teersand oder Kohle gewonnenes Erdöl – wird wirtschaftlich interessant.

Eine Diversifikation des Energieangebots und Möglichkeiten zur Erdölunabhängigkeit sind für den Transportsektor wichtig. Alternativen sind gefragt. Gegen Agro-Treibstoffe gibt es Bedenken hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit: Eine groß angelegte, landwirtschaftliche Produktion von Agro-Treibstoffen hat gravierende Seiteneffekte in den Bereichen Klimaschutz und Ernährungssicherheit. Mit Wasserstoff angetriebene Autos sind noch fern, ihre Energieeffizienz ist gering und niedriger als bei Elektro-Fahrzeugen.

Elektro-Mobilität nicht automatisch nachhaltig

Die Elektrifizierung des Verkehrs scheint in Richtung einer nachhaltigeren Mobilität zu führen. Doch auch damit gehen Risiken einher: So kann Elektro-Mobilität dazu führen, dass die Nutzung von Kohle und Atomenergie neuerlich verstärkt

wird. Hohe Kosten und offene Fragen in Bezug auf die Nachhaltigkeit von Batterien sind weitere wichtige Aspekte. Dazu kommt, dass aufgrund der niedrigen Grenzkosten²¹⁸ viele, die ein Auto besitzen, aber oft öffentliche Verkehrsmittel nutzen, gehen oder mit dem Rad fahren, verstärkt auf Autofahren umsteigen könnten. Des Weiteren kann ein Fokus auf Elektro-Fahrzeuge den Druck auf die Verkehrspolitik reduzieren, weitere Effizienzverbesserungen bei konventionellen Autos voranzutreiben und das gesamte Verkehrssystem neu zu strukturieren.

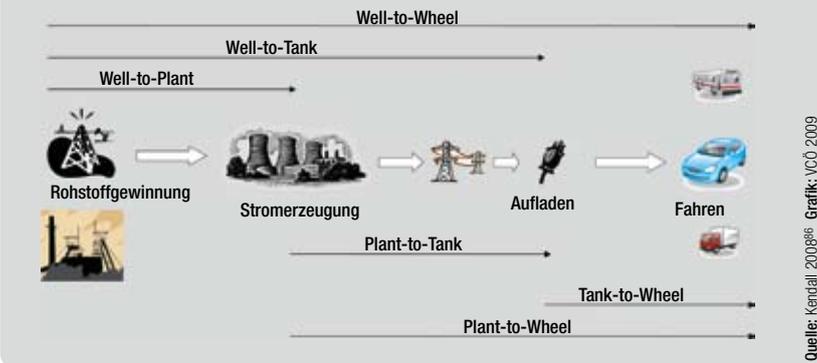
Der entscheidende Punkt in der Frage nach den ökologischen Vorteilen von Elektro-Fahrzeugen gegenüber Benzin- oder Dieselfahrzeugen liegt in ihrem Potenzial zur Reduzierung von Treibhausgasen. Doch auch Elektro-Fahrzeuge verursachen Emissionen. Die Produktion dieser Fahrzeuge sowie der Elektrizität, die sie benötigen, führt zu Emissionen. Eine Bewertung ist daher nur in Hinblick auf den gesamten Lebenszyklus sinnvoll.

Umweltauswirkungen müssen über den gesamten Lebenszyklus betrachtet werden

Die Beurteilung des Lebenszyklus, auch Ökobilanz genannt, ist die Untersuchung und Evaluierung der ökologischen Auswirkungen eines Produkts oder einer Dienstleistung.

Da im Bereich Elektro-Fahrzeuge die Entwicklungsgeschwindigkeit derzeit rasant voranschreitet, liegen derzeit noch keine umfassenden Lebenszyklus-Betrachtungen vor. Insbesondere

Nur ein Teil der Emissionen entsteht beim Fahren



Quelle: Kenciall, 2008⁹⁸; Grafik: VCO 2009

Bei Fahrzeugen kommt es nicht nur beim Fahren zu Emissionen. Eine Well-to-Wheel-Analyse bezieht daher die Treibhausgas-Emissionen von der Energiegewinnung, etwa am Bohrloch, bis hin zum Betrieb des Fahrzeugs mit ein.

bei der für die Elektro-Fahrzeuge so entscheidenden Batterie gibt es noch keine aktuellen Ökobilanzen von der Produktion bis hin zum Recycling beziehungsweise der Entsorgung. Schwerpunkte in der Forschung liegen daher nicht nur in der Suche nach neuen, geeigneten Elektrodenmaterialien und Möglichkeiten zur Materialherstellung, sondern auch in der Reduzierung der Emissionen bei der Herstellung sowie der Suche nach angemessenen Recycling-Möglichkeiten.¹⁰

CO₂ wird nicht nur beim Fahren ausgestoßen

Zur Ökobilanz von Elektro-Fahrzeugen gehört als ein Teil auch eine Evaluierung in Hinblick auf CO₂-Emissionen des Energieträgers. Hierzu dient die Well-to-Wheel-Analyse, die von der Energiegewinnung (bei Erdöl: vom Bohrloch, englisch „well“) bis zur Benützung des Fahrzeugs (Rad, englisch „wheel“), und damit dem Ener-

Strom aus Wasser, Wind und Sonnenenergie ist besonders CO₂-arm und bietet großes Potenzial für umweltfreundliche Elektro-Mobilität.

gieverbrauch reicht. Die Well-to-Wheel-Analyse wird eingeteilt in die Well-to-Tank-Analyse (englisch „tank“ ist der Treibstofftank), die sich auf die Produktion und Bereitstellung der für die Mobilität nötigen Energie bezieht, und die Tank-to-Wheel-Analyse, die die Nutzung des Fahrzeugs beziehungsweise die Umwandlung gespeicherter chemischer Energie in Bewegungsenergie betrifft.

Elektro-Autos von Well-to-Wheel-Betrachtung auf EU-Ebene ausgenommen

Auf EU-Ebene werden regelmäßig Well-to-Wheel-Untersuchungen durchgeführt.²⁰⁶ Diese beziehen nur Fahrzeuge mit ein, die eine Geschwindigkeit von 180 km/h erreichen und eine Reichweite von mindestens 600 Kilometern haben. Andere Fahrzeuge sind von der Untersuchung ausgeschlossen. Dies ist praxisfern, da bis auf Deutschland kein einziges Land in Europa Höchstgeschwindigkeiten von mehr als 130 km/h erlaubt und die durchschnittliche tägliche Fahrstrecke in Europa 27 Kilometer beträgt.⁸⁶

Damit bestätigt sich der Mangel an objektiven Analysen, die den gesamten Lebenszyklus eines Elektro-Fahrzeugs evaluieren.

Effizienz ist ökologisch gesehen von Vorteil

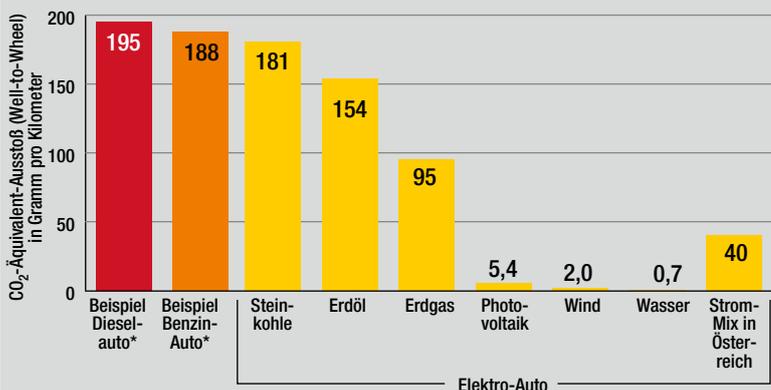
Elektro-Fahrzeuge können unter anderem deshalb zu weniger CO₂-Emissionen führen, weil die Effizienz von Elektromotoren wesentlich besser ist als jene von Verbrennungsmotoren. Bei Elektro-Fahrzeugen ist die geschätzte Effizienz dreimal höher als beim herkömmlichen Auto, wobei diese Einschätzung auf relativ geringem Datenmaterial beruht.²⁸ Elektro-Fahrzeuge benötigen für bestimmte Strecken weniger Energie als Benzinfahrzeuge. Allerdings ist für niedrigere Treibhausgasemissionen die Quelle des „getankten“ Stroms entscheidend.

Herkunft der Energie für CO₂-Bilanz entscheidend

In Hinblick auf die CO₂-Bilanz von Elektro-Fahrzeugen kann eine umfassende Well-to-Wheel-Analyse Aufschluss geben. Ausschlaggebend ist der Bereich Well-to-Tank, also die Produktion und Bereitstellung der Elektrizität.

Welche CO₂-Bilanz ein Elektro-Auto tatsächlich hat, ist vor allem von der Stromzufuhr abhängig. Stammt der Strom aus Wasser-, So-

Energieerzeugung aus Steinkohle und Erdöl führt zu hohen Gesamtemissionen



Quelle: Umweltbundesamt 2008¹⁵⁷; Universität München 2009¹⁵⁹; Alsema 2006⁷; VCO 2009⁶²; Grafik: VCO 2009

* entspricht dem Durchschnitt der Neuwagen in Österreich im Jahr 2007

lar- oder Windenergie, sind die Treibhausgas-Emissionen auf Well-to-Wheel-Basis sehr niedrig. In dieser Hinsicht ist vor allem Strom aus Wasserkraft günstig. Pro Kilowattstunde liegen die Emissionen hier bei vier Gramm CO₂-Äquivalent. An zweiter Stelle steht Strom aus Windkraft, die Emissionen betragen hier elf Gramm pro Kilowattstunde. Besonders emissionsintensiv ist dagegen Strom aus Steinkohle (1.006 Gramm pro Kilowattstunde) und Erdöl (855 Gramm pro Kilowattstunde).¹⁵⁹

Strom aus Atomenergie weist zwar eine gute CO₂-Bilanz auf, allerdings wird das durch die Strahlungsunsicherheit und die extrem hohen Folgekosten der Urangewinnung mehr als kompensiert. Als Folge des Abbaus in Sachsen und Thüringen musste Deutschland zwischen den Jahren 1990 und 2004 4,4 Milliarden Euro für die Sanierung verwenden. Erneuerbare Energien sind eine wesentlich kostengünstigere Möglichkeit, Ziele der Klima- und Energiepolitik zu erreichen.⁹⁰

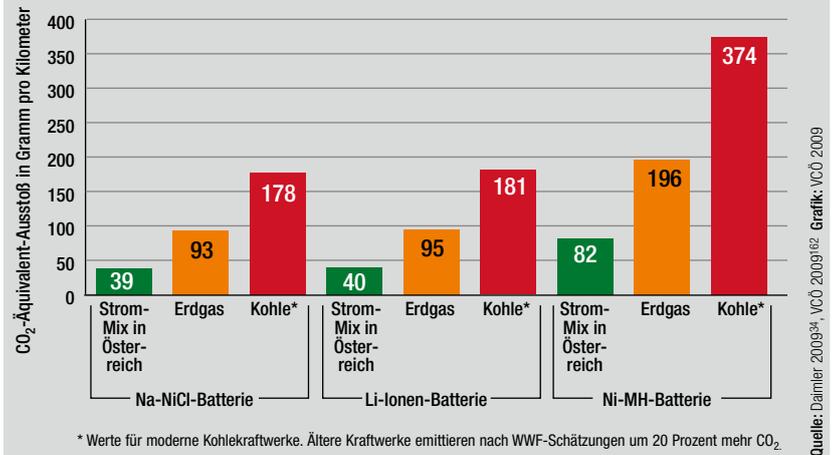
Viel Elektro-Mobilität in Österreich möglich

In Österreich kamen im Jahr 2007 mehr als 52 Prozent des erzeugten Stroms aus Wasserkraft.⁴⁴ Das Potenzial der CO₂-Einsparung durch Elektro-Fahrzeuge ist daher besonders hoch. Im Strom-Mix Österreichs werden pro erzeugter Kilowattstunde rund 220 Gramm CO₂ ausgestoßen. Auf Well-to-Wheel-Basis ergibt sich damit für ein Elektro-Auto in Österreich für einen Wirkungsgrad von 65 Prozent eine CO₂-Intensität von 370 Gramm pro Kilowattstunde. Auf EU-Ebene würde ein Elektro-Fahrzeug dagegen auf rund 620 Gramm CO₂ pro Kilowattstunde kommen.⁸⁶ Der Grund dafür ist der Strom-Mix, der in der EU nur 11,3 Prozent Wasserkraft enthält. An erster Stelle stehen in der EU rund 54 Prozent fossile Brennstoffe und 29 Prozent Nuklearenergie. Nur 5,3 Prozent kommen aus Solar- und Windenergie und anderen erneuerbaren Energieträgern.⁴⁴

Wie viel zusätzliche Energie ist nötig?

Bei einem Anteil an Elektro-Fahrzeugen von 20 Prozent je Fahrzeugklasse in Österreich – das wären beispielsweise knapp 900.000 elektrisch angetriebene Pkw – müssten für deren Ladung jährlich 2.649 Gigawattstunden Strom bereit-

Batterie und Energieherkunft beeinflussen Treibhausgas-Emissionen



stellt werden.²¹¹ Das entspricht einem Anteil von drei Prozent am (bis dahin jährlich um etwa zwei Prozent wachsenden) Inlandstromverbrauch.

Es bleibt die Frage entscheidend, auf welche Energiequellen aufgrund der erhöhten Stromnachfrage zurückgegriffen wird. Elektro-Fahrzeuge können ein Antrieb sein für mehr erneuerbare Energie. Erfolgt lediglich eine Förderung nicht nachhaltiger Kohle- und Atomkraftwerke, dann führt der Umstieg auf Elektro-Fahrzeuge primär dazu, das bestehende Transport- und Energieversorgungssystem zu stabilisieren.

Elektro-Fahrzeuge mit Nickel-Metallhydrid-Batterien schneiden in der Treibhausgas-Bilanz schlechter ab als Diesel- oder Benzinfahrzeuge. Die aktuelle Entwicklung geht in Richtung Lithium-Ionen-Batterien.

Um die Lebensqualität zukünftiger Generationen zu sichern, ist es wichtig, die Umweltauswirkungen von Elektro-Fahrzeugen über ihren gesamten Lebenszyklus zu minimieren.



Foto: Pavel Losovsky/Fotolia

Potenzial für Luftverbesserung in Ballungsräumen

Pkw mit Verbrennungsmotoren durch Elektro-Autos zu ersetzen, kann die Belastung durch Luftschadstoffe reduzieren. Vor allem bei der Reduktion von Stickoxiden ist ein deutlicher Effekt zu erwarten.

Speziell in urbanen Gebieten ist die Luftschadstoffbelastung durch Feinstaub und Stickoxide hoch. Hier kann eine nahezu emissionsfreie Mobilität künftig einen wichtigen Beitrag zur Reduktion der Luftschadstoff- und Lärmemissionen leisten und die Lebensqualität in den Ballungsräumen erhöhen.

Elektro-Autos können Luftqualität verbessern

Zu den Hauptverursachern von Luftschadstoffen in Städten zählen neben dem Verkehr der Hausbrand, die Bauwirtschaft und die Industrie. In Ballungsräumen ist für die aus lufthygienischer Sicht wichtigsten Luftschadstoffe jedoch der Verkehr Hauptemittent. Mit einer Emissionsreduktion im Straßenverkehr lässt sich die Luftqualität in Städten deutlich positiv beeinflussen.

Das Reduktionspotenzial hängt wesentlich davon ab, wie rasch eine Marktdurchdringung von Elektro-Autos fortschreiten wird. In Deutschland zum Beispiel soll bis zum Jahr 2020 der Bestand von Elektro-Fahrzeugen auf eine Million Fahrzeuge, das sind zwei Prozent der Kfz-Flotte des Jahres 2008, ausgebaut werden.⁵



Elektro-Fahrzeuge können einen Beitrag zur Reduktion von Luftschadstoffen und Lärm in Ballungsräumen leisten.

Foto: Anne Kaitm Figge/Fotolia

Hohe Feinstaubbelastung in Graz

In Graz wurde in den vergangenen Jahren die höchste Feinstaubbelastung Österreichs gemessen.¹³⁷ Die seit dem Jahr 2005 einzuhaltenden Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit wurden oft erheblich überschritten. Der Grenzwert für den Tagesmittelwert von Feinstaub (PM10) wurde 73-mal im Jahr 2008, 78-mal im Jahr 2007 und 120-mal im Jahr 2006 überschritten.⁹⁶ Auch für die Zukunft sind erhöhte Werte zu erwarten.

Feinstaub ist der Luftschadstoff mit den gravierendsten gesundheitlichen Auswirkungen. Durch die Verunreinigung kommt es zu einer ständigen Beeinträchtigung der Atemwege, zu Änderungen der Lungenfunktion sowie zu Einschränkungen der Leistungsfähigkeit. In belasteten Gebieten treten auch verstärkt Beeinträchtigungen des Herz-Kreislauf-Systems auf, generell wird die Lebenserwartung um mehrere Monate verkürzt.¹⁵⁵

An der Luftgütemessstelle Don Bosco in Graz betrug die durchschnittliche Jahreskonzentration von Feinstaub rund 48 Mikrogramm je Kubikmeter.⁹⁶ Davon sind rund elf Prozent auf reine Auspuffemissionen zurückzuführen. Der Anteil der Pkw daran beträgt rund sieben Prozent, weitere rund 30 Prozent stammen von Reifen- und Bremsabrieb beziehungsweise sind Aufwirbelungsemissionen. Der Rest entfällt auf privaten und gewerblichen Hausbrand.⁹⁵

Stickstoffdioxid in Klagenfurt über Grenzwert

An der Luftgütemessstelle Völkermarkterstraße, einer stark befahrenen Straße in Klagenfurt, betrug die verkehrsbedingte Belastung durch Stickstoffdioxid (NO₂) im Jahresdurchschnitt 81 Mikrogramm NO₂ pro Kubikmeter Luft.²²⁷ Bei einer durchschnittlichen Jahresgesamtkonzentration von 106 Mikrogramm NO₂ pro Kubikmeter Luft sind das rund 76 Prozent. Davon entfallen rund 44 Prozent auf Pkw.⁶²

Stickoxide – Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂) – entstehen überwie-

gend als unerwünschte Nebenprodukte bei der Verbrennung unter hoher Temperatur. Der mit Abstand größte Verursacher ist der Verkehr. Für den Menschen besonders schädlich ist Stickstoffdioxid, da es die Lungenfunktion beeinträchtigt. Außerdem sind Stickoxide mitverantwortlich für die Versauerung und Eutrophierung, also Überdüngung von Böden und Gewässern.¹³⁷

Die Stickstoffdioxid-Belastung ist in Klagenfurt, verglichen mit anderen Städten, zwar nicht außergewöhnlich hoch, dennoch liegt die Belastung im gesamten zentralen Stadtgebiet an stärker befahrenen Straßen über dem Grenzwert. Im Jahr 2006 wurde ein Jahresmittelwert bei Stickstoffdioxid von 46 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft registriert, der Grenzwert liegt bei 40.^{62,227}

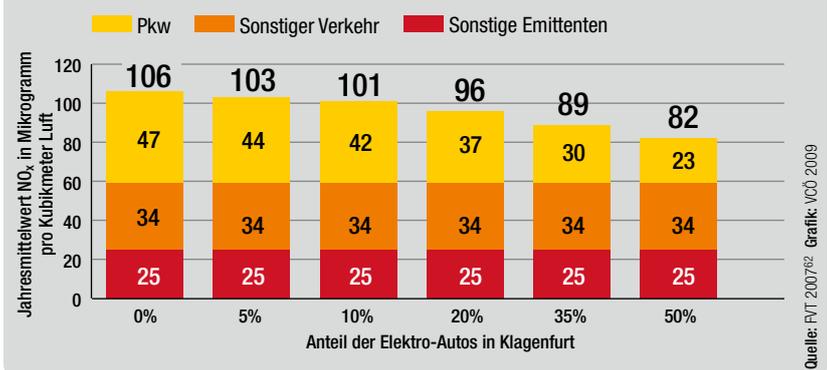
Was bewirkt Elektro-Mobilität bei den Immissionen?

Neben der reinen Emissionshöhe ist zusätzlich ausschlaggebend, dass die Emissionen in unmittelbarer Nähe zum Menschen abgegeben werden, wodurch einer Emissionsreduktion im Straßenverkehr zur Senkung der Gesundheitsbelastung besonders hohe Bedeutung zukommt.

Würden zehn Prozent aller Autos in Klagenfurt durch Elektro-Autos ersetzt, könnte die gemessene Stickstoffdioxid-Belastung um rund vier Prozent reduziert werden. Das Reduktionspotenzial bei einem 50-prozentigen Anteil von Elektro-Autos liegt bei rund 22 Prozent. Das maximale NO₂-Reduktionspotenzial liegt bei 44 Prozent, allerdings dürften dann im Stadtgebiet ausschließlich Elektro-Autos unterwegs sein.²⁰² Durch Elektrifizierung anderer Verkehrsmittel könnte eine noch höhere Reduktion erreicht werden.

Das Emissionsreduktionspotenzial²⁰² bei den Feinstaub-Emissionen durch den Einsatz von Elektro-Autos ist nicht so hoch wie bei den Stickoxidemissionen, da zur PM10-Belastung aus dem Verkehr auch Abrieb- beziehungsweise Aufwirbelungsemissionen beitragen. Bei zehn Prozent

Elektro-Autos können die Stickstoffdioxid-Belastung in Klagenfurt deutlich reduzieren



Elektro-Autos könnte die PM10-Konzentration in Graz (Messstelle Don Bosco) um ein Prozent reduziert werden, wäre die halbe Fahrzeugflotte elektrisch angetrieben, um rund vier Prozent. Unter der Annahme, dass ausschließlich Elektro-Autos zum Einsatz kommen, besteht ein Reduktionspotenzial von rund sieben Prozent.

Aufgrund des hohen gesundheitsgefährdenden Potenzials ist Feinstaub vordringlich zu bekämpfen. Auch kleine Reduktionseffekte liefern wichtige Beiträge zur Verringerung der Belastung. Zudem enthalten die Dieselabgase einen sehr hohen Anteil der besonders gesundheitsgefährdenden PM1- und PM2,5-Partikel. Diese Partikel sind lungengängig und können in den Blutkreislauf gelangen. Bei diesen kleinen Verbrennungspartikeln ist durch Elektro-Fahrzeuge eine höhere Reduktion zu erwarten.

Bremsenergie wird genutzt

Zusätzlich ermöglicht der Einsatz von Elektro-Autos die Rückgewinnung der Bremsenergie durch die Nutzung des Elektromotors als Generator.²³³ Da hier der Motor als Bremse wirkt, reduziert sich außerdem die Energie, die bei der Verzögerung von den Bremsen in Wärme umgewandelt werden muss, und in weiterer Folge auch die Partikelemissionen durch Bremsabrieb.²²⁸

Jeder Diesel-Pkw oder Benzin-Pkw weniger in einer Stadt hilft die Stickoxid-Belastung zu reduzieren.

Maßnahmen zur Verbreitung von Elektro-Fahrzeugen

Die Politik kann Anreize setzen, damit sich Elektro-Fahrzeuge am Markt stärker durchsetzen. Finanzielle Anreize sind nur eine Möglichkeit. Einzelne Kfz mit Steuergeld zu fördern, ist wenig zielführend für nachhaltige Mobilität. Wesentlicher sind daher Anreize durch politische Rahmenbedingungen.

Strengere Grenzwerte für CO₂-Emissionen oder strengere Abgasnormen verbessern die Marktchancen für weniger umweltschädliche Autos. Wichtig ist, dass die Grenzwerte langfristig eine Richtung angeben. Die beschlossenen CO₂-Emissionsgrenzwerte der EU für Pkw sind durch Grenzwertziele für das Jahr 2020 zu ergänzen. Dabei sind 80 Gramm CO₂ pro Kilometer – das entspricht dem „Drei-Liter-Auto“ – eine ökologisch und ökonomisch vernünftige Vorgabe.

EU schafft Rahmenbedingungen

Die Ziele der EU-Regelungen zur Senkung der Treibhausgas-Emissionen können beispielsweise mit Agro-Kraftstoffen oder über die Elektro-Fahrzeuge gefördert werden. Die Entscheidung obliegt den einzelnen Mitgliedstaaten der EU.

Unterschiedliche Anreize zur Förderung von Elektro-Fahrzeugen finden sich in zwei EU-Richtlinien und einer Verordnung.

- Die EU-Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen



Mit dem Projekt „VLOTTE“ übernimmt Vorarlberg in Österreich eine Vorreiterrolle in Sachen Elektro-Mobilität.

Foto: Think

sieht vor, dass mindestens zehn Prozent des Energiebedarfs des Verkehrs durch erneuerbare Energien gedeckt werden sollen. Werden erneuerbare Energien in Elektro-Fahrzeugen verwendet, so darf diese Energie mit dem 2,5-fachen ihres Wertes zur Erreichung des Zieles von zehn Prozent verwendet werden.³²

- Die EU-Richtlinie zur Qualität von Kraftstoffen fordert eine Senkung der Treibhausgase um zehn Prozent für Treibstofflieferanten. Ein Teil der Vorgabe kann auch durch die Lieferung von Energie für Elektro-Fahrzeuge erfüllt werden.⁴⁹
- Verpflichtende CO₂-Standards für die Autoherstellung werden durch EU-Verordnungen festgelegt. Die Verordnung zur Festsetzung von Emissionsnormen im Rahmen des Gesamtkonzepts der EU zur Verringerung der CO₂-Emissionen von neuen Pkw und leichten Nutzfahrzeugen beinhaltet Bestimmungen für Ultra-Low-Emission-Cars. Diese können mit dem 3,5-fachen Gewicht zur Berechnung der Flottenemissionen gezählt werden und die CO₂-Grenzen werden leichter erreicht.⁵⁰

Verkehrspolitische Förderung von emissionsarmen Fahrzeugen

Auf staatlicher Ebene sowie auf Ebene der Bundesländer und Gemeinden können verkehrspolitische Maßnahmen zur Förderung der Elektro-Mobilität gesetzt werden. Etwa durch eine Parkraumbewirtschaftung, die auch die Schadstoffbelastung durch ein Auto mitberücksichtigt. Oder durch eine City-Maut, die für Elektro-Fahrzeuge niedrigere Tarife vorsieht. Auch Umweltzonen können einen positiven Effekt für die stärkere Verbreitung von Elektro-Fahrzeugen bringen. Auf staatlicher Ebene verbessern eine höhere Mineralölsteuer und die Aufhebung der Deckelung bei der Normverbrauchsabgabe die Marktchancen von Elektro-Fahrzeugen.

Weniger Steuerbelastung für Elektro-Autos in Österreich

Elektro-Autos sind von der Normverbrauchsabgabe befreit.³ Der Wegfall dieser Abgabe wirkt sich unmittelbar auf den Anschaffungspreis aus, da sie bis zu 16 Prozent des Nettopreises beträgt. Bei Elektro-Fahrzeugen fällt auch keine motorbezogene Versicherungssteuer an.⁴ Damit entfällt ein für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren je nach Motorleistung signifikanter Anteil der laufenden Kosten. Zu den niedrigeren laufenden Kosten trägt auch bei, dass die Steuerbelastung des Treibstoffs geringer ist. Bei einem Auto mit Verbrennungsmotor müssen für 100 Kilometer 4,28 Euro Mineralölsteuer und Mehrwertsteuer bezahlt werden, während bei einem Elektro-Auto nur 1,11 Euro (Elektrizitätsabgabe, Zählpunkt-

pauschale, Gebrauchsabgabe und Mehrwertsteuer) bezahlt werden, wenn das Auto zu Hause aufgeladen wird.¹⁶³

Bundesländer fördern Ankauf von Elektro-Autos

In einigen Bundesländern wird der Ankauf von Elektro-Fahrzeugen gefördert. Es gibt auch andere Förderungen, zum Beispiel beim Kauf eines Ersatzakkus oder beim Umbau eines Autos mit Verbrennungsmotor auf Elektromotor.²⁰⁴ Auch einzelne Gemeinden fördern den Erwerb eines Elektro-Fahrzeuges.²²⁵

Pilotprojekt VLOTTE in Vorarlberg

In Vorarlberg sind 94 Prozent aller Autofahrten an einem Werktag kürzer als 50 Kilometer. Mehr als 80 Prozent der Bevölkerung leben im Vorarlberger Rheintal, eine Erschließung des zersiedelten Gebiets und der angrenzenden Täler ist mit Öffentlichem Verkehr nur bedingt möglich.

Um die individuelle Mobilität umweltschonender zu gestalten, wurde in Vorarlberg das Gemeinschaftsprojekt „VLOTTE“ ins Leben gerufen. Es umfasst einen Praxisversuch mit 100 Elektro-Autos.

Mit den Elektro-Autos werden Erfahrungen über Praxistauglichkeit, Verbrauch, Reichweiten, Servicekosten, verschiedene Akkutechnologien und die tatsächliche Nutzung der Ladeinfrastruktur gesammelt.

40 Fahrzeuge werden von Unternehmen betrieben, 40 von öffentlichen Körperschaften und Sozialorganisationen und 20 von Privatpersonen.

Teilnehmende am VLOTTE-Versuch lösen eine so genannte „Mobilitätskarte“. Diese beinhaltet neben dem Fahrzeugleasing die kostenlose Be-tankung an allen öffentlichen Tankstellen, die Fahrzeugwartung und eine Netzkarte für den Verkehrsverbund Vorarlberg.

Die Fahrzeuge sind von Herstellern aus Japan, Frankreich und Italien, die elektrische Ausrüstung erfolgt durch Spezialfirmen.¹⁶⁹ Auch das erste rein elektrische Serienauto Think city aus Norwegen ist Bestandteil der VLOTTE.¹⁴⁸

Entsprechend dem Bedarf der Nutzenden werden vom kleinen Zweisitzer bis hin zu Kleintransportern, Lieferwägen und Kleinbussen unterschiedliche Modelle angeboten. Ab dem Jahr 2010 soll das Leasing von geeigneten Elektro-Fahrzeugen im großen Stil angeboten werden.

Die bereits bestehende Infrastruktur von zehn Elektro-Tankstellen wird im Jahr 2009 erweitert: in einem ersten Schritt entlang der Bahnhöfe, in einem zweiten Schritt an zentralen Punkten im Einzugsbereich der 100 VLOTTE-Fahrzeuge.

Auch alle Tankstellen werden mit Messeinstrumenten ausgestattet, um auszuwerten, wann welche Energiemengen von welchen Tankstellen entnommen werden. Auf Basis dieser Erfahrungen wird das Tankstellennetz im Jahr 2010 schrittweise erweitert. Priorität werden jene Orte haben, an denen hohe Stromentnahmen registriert wurden.

Die Elektro-Tankstellen sind öffentlich zugänglich. Ein Schlüssel ermöglicht den Zugang zu allen Park-und-Charge-Ladestationen in der Schweiz, Österreich und Deutschland.

Die für VLOTTE benötigte Strommenge wird ausschließlich aus regionalen, erneuerbaren Energieträgern zur Verfügung gestellt. Zu diesem Zweck werden mehrere Photovoltaik-Anlagen errichtet. Auf diese Weise ist ein CO₂-neutraler Betrieb von Elektro-Autos sicherzustellen.^{170,171}

Große Projekte zur Verbreitung von Elektro-Autos

Weltweit gibt es Projekte zur Förderung von Elektro-Fahrzeugen. Länder, Regionen und Städte planen den Einsatz von mehr Elektro-Autos. Auch Unternehmen und öffentliche Dienste stellen ihre Autoflotte zum Teil auf Elektro-Antrieb um.

Projekte zur Förderung von Elektro-Fahrzeugen werden von Energieunternehmen, Autofirmen und von Regierungen geleitet. Entsprechend unterschiedlich ist die Motivation dahinter.

Für Energieunternehmen ist der Markt der Elektro-Fahrzeuge insofern reizvoll, da sich eine bessere Netzauslastung erzielen lässt. Die Fahrzeuge würden hauptsächlich in der Nacht oder im Büro aufgeladen werden, also in sogenannten Off-Peak-Zeiten, in denen Strom relativ günstig ist. Gleichzeitig können die Akkumulatoren der Elektro-Fahrzeuge als Teil des nationalen Stromspeichers gesehen werden. Damit werden einige Probleme beseitigt, beispielsweise dass bei der Produktion von Windenergie ein hoher Anteil ungenutzt bleibt, da diese nicht gespeichert werden kann, oder dass Grundlast zu schlechten Preisen exportiert werden muss.⁸⁸

Better Place – ein staatenübergreifendes Pilotprojekt

Das Projekt Better Place plant gemeinsam mit den Fahrzeugherstellern Renault-Nissan ab dem Jahr 2011 Israel und Dänemark mit Elektro-Autos zu beliefern. Im Jahr 2012 sollen Australien,

Kalifornien und Hawaii folgen.^{18,19} Better Place ist dabei in erster Linie für die Finanzierung und die Planung verantwortlich.^{18,195}

Als Basisinfrastruktur ist ein zweiteiliges System vorgesehen. Ein dichtes Netz an Ladestationen und ein weniger dichtes zum Austausch der Akkumulatoren. Mit einer vollen Akkuladung sollen Distanzen von bis zu 160 Kilometer zurückgelegt werden können.¹⁹ Eine vollständige Ladung des Akkus soll innerhalb von zwei Stunden möglich sein.⁴⁷ Für weitere Strecken ist ein Netz von Batteriewechselstationen vorgesehen. Die Abrechnung erfolgt auf Basis der gefahrenen Kilometer. Idee des Projekts ist es, dass die Batterie, als kostenintensivster Teil eines Elektro-Fahrzeugs, von Better Place ausgeliehen wird. Der Kaufpreis der Fahrzeuge bleibt dadurch vergleichsweise günstig. Als Vorbild für die Verrechnung dienen Geschäftsmodelle von Mobilfunkunternehmen.

„Zero Emission Vehicle Program“ in Kalifornien

Bereits seit dem Jahr 1990 gibt es in Kalifornien Regelungen zur Senkung der CO₂-Emissionen als Teil des „Low Emission Vehicle Program“.²⁹ Dieses Programm bestimmt, dass jede Autofirma einen gewissen Prozentsatz an Zero Emission Vehicles, also Fahrzeugen ohne Treibhausgasausstoß, gemessen an der Gesamtfahrzeugproduktion vertreiben muss. Die derzeitigen Bestimmungen sehen vor, dass bei einem jährlichen Verkauf von 1,4 Millionen Pkw zwischen den Jahren 2012 und 2014 mindestens 25.000 davon Zero Emission Vehicles sein müssen.^{29,182}

Ambitionierte Pläne in Japan

Autofirmen in Japan möchten bereits ab dem Jahr 2010 mit der Massenproduktion von Elektro-Autos beginnen. Für die Energieversorgung wird die Tokyo Electric Power Corporation zuständig sein, welche gemeinsam mit der Supermarktkette Aeon die Infrastruktur aufbauen wird. Bis zum ersten Quartal 2010 sollen 200 Ladestationen im Großraum Tokyo installiert

Seit dem Jahr 1988 werden in der Gemeinde Zermatt in der Schweiz Elektro-Niederflurbusse eingesetzt. Bei normalen Straßenverhältnissen reicht eine Batterieladung aus, um ein Tagespensum von rund 100 Kilometern zu bewältigen. Leere Batterien können innerhalb von einer Minute mit einem Hubstapler durch geladene ersetzt werden.⁶³



Foto: Bärjgin Beat/Gemeinde Zermatt

werden. Die Kosten einer Stromladestation sollen umgerechnet rund 25.000 Euro betragen. Der Kaufpreis des Elektro-Fahrzeuges soll ebenfalls bei rund 25.000 Euro liegen. Innerhalb von rund 30 Minuten soll Strom für eine Distanz von rund 120 Kilometer gespeichert werden können.⁶⁴

Elektro-Auto-Projekte in Städten Europas

London plant, dass es im Jahr 2015 bereits 100.000 Elektro-Autos und 25.000 Ladestationen in der Stadt geben wird. Zudem sollen mindestens 1.000 Fahrzeuge der Behörden der Greater London Authority Elektro-Fahrzeuge sein. Die Kosten für den Bau der Infrastruktur werden sich auf etwa 60 Millionen Pfund (etwa 67,7 Millionen Euro)²³¹ belaufen.^{82,91} Bereits seit dem Jahr 2008 bestehen in London gesetzliche Sonderregeln für Elektro-Fahrzeuge. Diese sind gänzlich von der CO₂-Steuer sowie von der City-Maut befreit.⁶⁰ Steuerliche Einsparungen von rund 1.700 Pfund (1.920 Euro²³¹) pro Elektro-Fahrzeug gegenüber konventionellen Fahrzeugen sind dadurch möglich.⁹¹

Auch in Paris sollen künftig mehr Elektro-Fahrzeuge fahren. Ziel des Ende des Jahres 2009 startenden Projekts ist der Aufbau eines umfassenden Carsharing-Netzes mit rund 4.000 Elektro-Autos.⁸⁵ Diese sollen an rund 700 Abstellplätzen an verschiedenen Orten der Stadt zu einem monatlichen Nutzungspreis von rund 250 Euro verfügbar sein.^{129,149}

In Berlin wurde das Elektro-Auto-Projekt „e-mobility Berlin“ gestartet.¹⁹⁷ Daimler stellt hierfür rund 100 Elektro-Fahrzeuge bereit und ist auch für das Service verantwortlich. Für die Entwicklung, den Aufbau sowie den Betrieb der Ladeinfrastruktur ist der Energieproduzent RWE zuständig.¹³⁰ Weniger als sechs Prozent der Energieproduktion von RWE stammen aus erneuerbaren Energien. Der größte Anteil wird aus Kohle, Gas und in Atomkraftwerken gewonnen, sodass eine Emissionsfreiheit der Fahrzeuge nur lokal gegeben ist.¹³²

Bestrebungen zur Einführung von Elektro-Fahrzeugen in vielen Staaten

Dänemark

Dänemark fördert die Einführung von Elektro-Autos, indem sie bis zum Jahr 2012 von der üblichen Registrierungsgebühr (Zulassungssteuer) von Kraftfahrzeugen, welche 60 bis 180 Prozent des Anschaffungswerts beträgt, befreit sind. Derzeit fahren in Dänemark etwa 200 Elektro-Autos. Bis zum Jahr 2014 sollen es bereits 100.000 Elektro-Autos sein,¹⁷² das sind rund 4,8 Prozent der derzeitigen Pkw-Flotte in Dänemark.¹³⁹ Bis zum Jahr 2011 sind etwa 150 Batteriewechselstationen und rund 100.000 Ladestationen geplant.⁸⁸

Irland

Die Regierung Irlands möchte bis zum Jahr 2020 die Zahl der angemeldeten Elektro-Fahrzeuge auf rund 250.000 erhöhen. Dies würde zehn Prozent der Fahrzeugflotte Irlands entsprechen.¹¹⁰

Frankreich

In Frankreich gibt es ein Abkommen zwischen den Fahrzeugherstellern Renault-Nissan, PSA Peugeot-Citroën und dem staatlichen Energieversorger EDF (Electricité de France), das die Entwicklung von Technik und Infrastruktur vorsieht.¹⁵ Zudem beabsichtigt die Regierung, die Entwicklung von Elektro-Autos und Hybrid-Fahrzeugen bis zum Jahr 2012 mit mehr als 400 Millionen Euro zu unterstützen. Der Kauf eines Elektro-Autos wird mit einem Bonus von jeweils 5.000 Euro gefördert.

Schweiz

In der Schweiz plant der Energieversorger Energie Ovest Suisse gemeinsam mit dem Fahrzeughersteller Renault-Nissan ein Netz von Stromtankstellen, die mit Strom aus Wasserkraft versorgt werden sollen.¹³⁶ Zahlreiche Gemeinden in der Schweiz setzen bereits auf Elektro-Fahrzeuge. In der Gemeinde Zermatt etwa werden bereits seit dem Jahr 1988 Elektro-Busse eingesetzt und ansonsten sind ausschließlich Elektro-Autos im Ortsgebiet erlaubt.⁶³

China

China möchte zum weltgrößten Produzenten von Elektro-Autos aufsteigen. Im Jahr 2008 wurden bereits 2.100 Hybrid- und Elektro-Fahrzeuge hergestellt, bis zum Jahr 2011 sollen es 500.000 sein. Ökologische Gründe scheinen dabei im Hintergrund zu stehen. 75 Prozent des Stroms wird in China aus Kohle gewonnen. Ein Elektro-Pkw verursacht in China daher nur 19 Prozent weniger Treibhausgase als ein herkömmlicher Pkw der selben Größe.²²

Große Vielfalt bei elektrischen Zweirädern

Rund zwei Drittel der Alltagswege in Österreich sind kürzer als zehn Kilometer. Das ist eine große Chance für Elektro-Zweiräder, die im Verhältnis zu Elektro-Autos weniger Energie und Platz brauchen.

Elektrisch angetriebene Zweiräder gelten in Österreich nicht als Kraftfahrzeuge, wenn ihre Dauerleistung 400 Watt und die Bauartgeschwindigkeit 20 km/h nicht überschreiten.^{1,223} Zweiräder, die diese Bedingungen erfüllen, fallen nicht unter die Sturzhelmpflicht nach dem Kraftfahrsgesetz und müssen auch nicht angemeldet und versichert werden.² Neben diesen rechtlich als Fahrräder geltenden Elektro-Zweirädern existieren unterschiedliche Varianten moped- und motorradartiger Elektro-Zweiräder.⁸⁹

Verbreitung von Pedelecs nimmt zu

Eine immer beliebter werdende Gruppe von Elektro-Fahrrädern sind die „Pedelecs“. Ein Pedelec ist ein Hybrid-Fahrrad, das über eine

Batterie und einen in der Nabe oder im Bereich des Tretlagers integrierten Elektro-Antrieb verfügt. Dieser wird durch das eigene Treten gesteuert. Die Motorleistung ist an die Muskelkraft gekoppelt: Je mehr Anstrengung nötig ist, desto stärker unterstützt der Motor – geräuschlos, sauber und mit geringem Energieverbrauch. Es gibt also keinen Gasgriff wie bei Mopeds oder herkömmlichen Elektro-Fahrrädern. Damit können beispielsweise Steigungen mühelos bewältigt und schwerere Gepäckstücke transportiert werden.⁸⁴

Ein Auto verbraucht etwa 175-mal soviel Energie wie ein Pedelec.¹⁸³ Der Energieaufwand von einem Kilometer Autofahrt entspricht jenem von sechs Kilometern Elektro-Scooter-Fahrt.¹⁷⁸

Elektro-Motorräder können eine Spitzengeschwindigkeit von bis zu 240 km/h erreichen. Sie sind beinahe lautlos und benötigen im Allgemeinen kein Schaltgetriebe, da der Elektromotor seine Leistung gleichmäßig abgibt.¹²² Ein Nachteil ist die geringe Reichweite, da bedingt durch schwere Akkus ein Kompromiss mit der Fahrleistung gefunden werden muss.

Potenzial für mittlere Weglängen ist groß

Innerstädtisch sind in Österreich etwa die Hälfte, im ländlichen Raum etwa 40 Prozent aller Wege nicht länger als fünf Kilometer.⁷² Diese Weglängen können mit der heutigen Technologie von Elektro-Fahrrädern problemlos bewältigt werden. Die Reichweite von Elektro-Fahrrädern mit Bleiakkulentechnik beträgt etwa 30 bis 70 Kilometer je Ladung, Pedelecs mit Lithium-Ionen- oder Nickel-Metallhydrid-Akkus erreichen je nach Betriebsart zwischen 30 und 90 Kilometer je Ladung, im Durchschnitt rund 43.^{56,176} Eine Akku-Ladung kostet fünf bis zehn Cent.²¹ Damit sind für einen Großteil der typischen Pendeldistanzen die Wege zur Arbeit mit einer Ladung pro Woche möglich.

Landrad – Neue Mobilität für den Alltagsverkehr in Vorarlberg

Zwei Drittel der alltäglichen Autofahrten in Vorarlberg sind kürzer als zehn Kilometer. 43 Prozent aller Pkw-Wege sind sogar kürzer als fünf Kilometer. Das Land Vorarlberg möchte bis zum Jahr 2015 den Anteil der Pkw-Wege am Modal-Split um sechs Prozent senken und die Hälfte davon auf das Fahrrad verlagern. Das Fahrrad ist in Vorarlberg bereits heute eine der wichtigsten Alternativen. 15 Prozent aller Wege an einem Werktag werden in Vorarlberg mit dem Fahrrad zurückgelegt. Gründe, die noch immer viele Menschen davon abhalten, im Alltag das Fahrrad zu benutzen, sind unter anderem der größere Zeitaufwand bei Strecken über drei Kilometer, Steigungen und das Problem, dass viele Menschen nicht verschwitzt in die Arbeit kommen können oder wollen. Deshalb wurde in Vorarlberg das Projekt Landrad gestartet.¹⁹⁶ Zwischen Mai und Juli 2009 werden in Vorarlberg 500 hochwertige, elektrisch unterstützte Fahrräder, sogenannte Pedelecs, zu einem ermäßigten Preis verkauft. Im Gegenzug stellen die Käuferinnen und Käufer bis Ende des Jahres 2010 Daten über Weglängen, Ladezyklen, Durchschnittsgeschwindigkeit etc. zur Verfügung und nehmen an Befragungen teil.⁸⁴

Nachfrage nach Elektro-Fahrrädern in Asien

China ist der weltgrößte Markt für elektrisch angetriebene Zweiräder. Ein Auslöser für den Boom von Elektro-Zweirädern in China war das Verbot von benzinbetriebenen Zweirädern in vielen Innenstadtbereichen. Die Verkaufszahlen stiegen von etwa 40.000 im Jahr 1998 auf 15 bis 17 Millionen im Jahr 2006.^{176,177} Seit dem Jahr 2002 werden in China mehr Elektro-Zweiräder als Pkw für den Inlandmarkt produziert und verkauft. In den Jahren 2004 und 2005 wurden mehr als dreimal so viele Elektro-Zweiräder wie Pkw verkauft. Insgesamt waren im Jahr 2007 in China bis zu 45 Millionen Elektro-Zweiräder im Einsatz.¹⁷⁷

Der größte Teil der Nachfrage nach Elektro-Zweirädern in China entsteht durch jene, die davor das Fahrrad oder den Öffentlichen Verkehr benutzt haben: Sie stellen 70 bis 90 Prozent der neuen Elektro-Zweirad-Fahrenden.¹⁷⁷ Umfragen haben gezeigt, dass die 450 Millionen Radfahrenden in China mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit Elektro-Zweiräder als ihr nächstes Verkehrsmittel wählen werden. Um die benötigte Energie aus Photovoltaik zu gewinnen, wäre unter Verwendung der heute üblichen Technologien eine Fläche von 425 Quadratkilometern notwendig.²²¹

Der zweitgrößte Markt für Elektro-Zweiräder ist mit großem Abstand Japan mit etwa 270.000 verkauften Fahrzeugen pro Jahr.¹⁷⁶ Im Vergleich dazu wurden im Jahr 2007 in Europa 250.000 Elektro-Fahrräder verkauft. Im Jahr 2008 waren es 450.000, davon 100.000 in Deutschland.¹¹⁹

Stuttgart ist Vorreiter bei Pedelecs-Nutzung

Mitte des Jahres 2008 startete die Stadt Stuttgart ein ambitioniertes Projekt zur Förderung von Elektro-Fahrrädern.¹⁰¹ Stuttgart will zur internationalen Pilotstadt für die Nutzung von Pedelecs werden. Der Fahrradanteil soll trotz der schwierigen Topografie gesteigert werden. Das Konzept sieht bis zum Jahr 2011 für den Großraum Stuttgart vor, dass die Pedelecs gegen eine monat-

liche Gebühr von etwa zehn Euro zur Verfügung gestellt werden. Es soll möglich sein, entladene Akkus an verschiedenen Stellen gegen geladene zu tauschen.¹⁰⁰

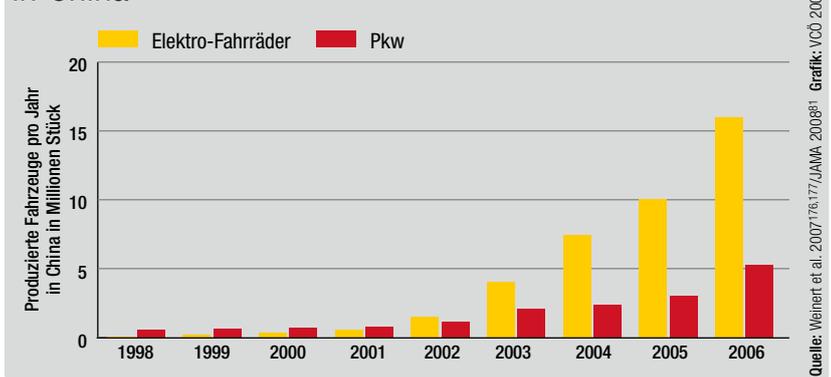
Österreich fördert Elektro-Zweiräder

Das Land Salzburg fördert den Ankauf von einspurigen Elektro-Fahrzeugen mit 30 Prozent des Investitionsvolumens bis maximal 400 Euro. Wer zum Kaufzeitpunkt 100 Prozent Strom aus erneuerbaren Energiequellen bezieht, erhält zusätzlich 100 Euro Bonus.⁹⁴ Ähnlich wird in Oberösterreich gefördert, mit bis zu 300 Euro plus 150 Euro Ökostrom-Bonus. Das Land Oberösterreich fördert auch den Ankauf von Ersatzbatterien. Fahrräder mit Blei- oder Nickel-Cadmium-Batterien sind von der Förderung ausgeschlossen.⁹³ Das Land Niederösterreich fördert den Ankauf eines Elektro-Scooters mit 300 Euro und einem Strom-Gutschein im Wert von 64 Euro.⁹² In Kärnten beträgt die Förderung für Elektro-Scooter im Rahmen des Projekts „Lebensland“ 400 Euro.¹⁰³ In der Steiermark gibt es für Elektro-Scooter 500 Euro und für Elektro-Fahrräder 250 Euro.⁹⁷

Österreichweit fördert das Programm klima:aktiv die Anschaffung von Pedelecs mit bis zu 400 Euro pro Fahrrad.

Die Produktion von elektrisch betriebenen Fahrrädern überholte in China die Pkw-Produktion.

Großer Zuwachs an Elektro-Fahrrädern in China



Elektro-Fahrzeuge für Flotteneinsätze

Für Flotteneinsätze, etwa bei der Post, im Carsharing oder bei Taxiunternehmen, bieten Elektro-Fahrzeuge neue Möglichkeiten. Auch ein kombinierter Einsatz eines Fahrzeugs für verschiedene Zwecke ist denkbar.

Eine breite Fahrzeugflotte sowie der Stand der Fahrzeugtechnik tragen erheblich zum positiven Image von Carsharing bei. Elektro-Fahrzeuge passen gut in dieses Bild. Carsharing-Autos werden aus Gründen von Image und Verlässlichkeit nach drei bis vier Jahren ausgetauscht. Die Fahrzeugflotte kann schnell erneuert und auf neue Technik umgestellt werden.

Elektro-Autos haben zur Zeit eine Reichweite von etwa 150 Kilometer. Fahrten im privaten Carsharing liegen in Österreich bei durchschnittlich 60 Kilometern.¹⁹³ Bei gewerblicher Nutzung sind es 93 Kilometer.¹² Bei einer Fahrzeugaus-

lastung von durchschnittlich 30 bis 40 Prozent stellt die gegenwärtige Reichweite der Elektro-Fahrzeuge selten eine Restriktion dar. Solange es aber keine Schnellladung der Batterien gibt, sind Elektro-Autos nicht für Carsharing prädestiniert. Kundinnen und Kunden müssten sich zwischen einer längeren Wartezeit auf ein geladenes Auto oder kurzer Reichweite bei sofortiger Verfügbarkeit entscheiden. Es kommt hinzu, dass Kundinnen und Kunden von Carsharing einfache Routine schätzen, sodass neues, ungewohntes Handling zum Hemmnis werden kann.

Elektro-Potenzial für Post und Taxi ist groß

Ein Nachteil der Elektro-Autos sind die noch immer beschränkten Reichweiten. Für den Einsatz in gewissen Fahrzeugflotten, die nur in engen geografischen Grenzen unterwegs sind, ist das kein Hindernis. Dazu zählen Fahrzeuge für Post, Taxi und Fahrzeuge städtischer Kommunen.

Das Fürstentum Monaco will bis zum Jahr 2011 die Hälfte der öffentlichen Fahrzeuge emissionsfrei mit Strom anzutreiben. Derzeit gibt es 176 Stationen zum Beladen von Elektro-Fahrzeugen im Monaco. Diese sollen bis zum Jahr 2011 auf 300 Stationen ausgebaut werden.⁴⁰ Auch die französische Post hat im Jahr 2007 800 Briefträgerinnen und Briefträger mit Elektro-Fahrrädern ausgestattet und 500 Elektro-Autos bestellt.¹³⁴ Im arabischen Emirat Katar sind nach der Einführung von Taxis und Bussen mit Flüssiggas in einem nächsten Schritt elektrisch angetriebene Taxis mit einer Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h und Autobusse mit einer Höchstgeschwindigkeit von 70 km/h geplant.¹⁵¹

Der Einsatz von Elektro-Fahrzeugen bei der Post könnte auch mit Carsharing kombiniert werden. Am Vormittag wären die Fahrzeuge für die Post im Einsatz, am Nachmittag könnten sie als Carsharing-Autos privat gemietet werden. Auch öffentliche Stellen können die gesamte Fahrzeugflotte auf Elektro-Fahrzeuge umstellen.¹⁰²



Foto: Raposti.fr

800 französische Briefträgerinnen und Briefträger wurden im Jahr 2007 mit Elektro-Fahrrädern ausgestattet.

O-Busse ergänzen Öffentlichen Verkehr in Städten

Straßen- und Stadtbahnen, U- und S-Bahnen laufen seit Jahrzehnten fast ausschließlich mit Elektromotoren. So wird auch der O-Bus betrieben, der bereits im Jahr 1882 durch Werner von Siemens erfunden wurde.

In den 1930er-Jahren bis Mitte der 1950er-Jahre war der O-Bus in vielen Städten der Welt im Einsatz. Aufgrund des niedrigen Ölpreises verdrängten Busse mit Verbrennungsmotor dann die O-Busse aus dem Großteil der Städte.¹⁵³

In jüngster Vergangenheit nimmt die Zahl der O-Busse wieder zu. Zwischen dem Jahr 2000 und dem Jahr 2008 wurden weltweit über 5.300 neue Wagen bestellt oder in Betrieb genommen. In einigen Städten Ecuadors und Venezuelas werden Busschnellverbindungen auf eigenen Fahrbahnen bereits mit O-Bussen betrieben. Ähnliche Systeme entstehen in Europa etwa in Castellón in Spanien oder in Valenciennes und Lyon in Frankreich. Moskau hat den größten O-Bus-Betrieb der Welt mit über 1.200 Fahrzeugen, Landskrona in Schweden den kleinsten mit drei Fahrzeugen. Die Schweiz weist gemessen an der Bevölkerungszahl die größte O-Bus-Dichte der Welt auf. In rund 350 Städten sind heute weltweit mehr als 40.000 O-Busse im Einsatz.¹⁷⁴

Beim elektrischen Antrieb kann ein Teil der Bremsenergie zurückgewonnen und entweder über die Fahrleitung in das Versorgungsnetz zurückgespeist oder gespeichert und beim Wiederanfahren genutzt werden. O-Busse haben einen um die Hälfte geringeren Energiebedarf als Verbrennungsmotoren. Der elektrische Antrieb ist außerdem in Städten mit starken Steigungen von Vorteil, da er seine Leistung ab Stillstand zur Verfügung stellt und auch kurzzeitig überlastet werden kann, ohne dabei Schaden zu nehmen.

Um Hindernissen ausweichen zu können, haben O-Busse einen Dieselmotor oder einen batteriegespeisten Elektromotor.¹⁶⁷ Mittlerweile



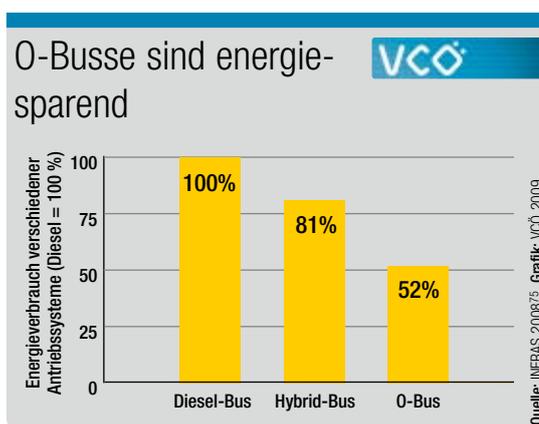
Foto: Christian Osterer, StadtBus

gibt es auch sogenannte Duo-Busse, deren Hilfsaggregat den Voll-Einsatz ermöglicht, sodass nur Teile der Strecke über eine Oberleitung verfügen müssen.⁸⁷

Energiebedarf bei O-Bussen niedrig

Die Anschaffungskosten liegen im Allgemeinen über denen eines Dieselmotors, da es meist Kleinserien für bestimmte Städte sind. Dies wird durch die höhere Lebensdauer eines O-Busses ausgeglichen.¹¹² In der Schweiz sind in mehreren Städten bereits O-Busse mit 25 Metern Länge im Einsatz. Sie können bis zu 200 Fahrgäste aufnehmen und erreichen die Kapazität einer ULF-Straßenbahn der Wiener Linien.^{30,135}

In Österreich gibt es O-Busse in den Städten Salzburg und Linz. In Salzburg ist der O-Bus das Rückgrat des städtischen Öffentlichen Verkehrs, wodurch die Stadt jährlich rund 60.000 Tonnen CO₂ einspart.¹³³



Der O-Bus verbraucht bei weitem die geringste Energiemenge aller Stadtbus-Systeme.

Verkehrssicherheitseffekte von Elektro-Fahrzeugen

Für die Verkehrssicherheit von Elektro-Fahrzeugen sind drei Aspekte relevant: Die Wahrnehmung des Autos im Verkehrssystem, das veränderte Fahrverhalten bei Elektro-Fahrzeugen und der Einsatz von neuartigen Fahrzeugkomponenten.

Die meisten Elektro-Autos unterscheiden sich hinsichtlich Größe, Geschwindigkeit und Leistung nicht wesentlich von herkömmlichen Autos. Es gibt Modelle, die optisch Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren entsprechen und daher auch ähnlich durch die Verkehrsteilnehmenden wahrgenommen werden.

Elektro-Fahrzeuge werden im Straßenverkehr verschieden wahrgenommen

Im derzeitigen Straßenbild sind Elektro-Fahrzeuge noch selten. Aussagen über deren Auswirkung auf andere Verkehrsteilnehmende beruhen auf Theorien. Optisch wie fahrtechnisch den heutigen Benzin- und Diesel-Fahrzeugen nahekommende Elektro-Autos werden in den nächsten Jahren in langsam zunehmender Zahl auf den Straßen zu sehen sein. Künftige Elektro-Fahrzeugmodelle werden hingegen durch die Notwendigkeit zur Leicht- und Kleinbauweise sowie der Effizienzsteigerung in der Batterietechnik schwere und platzintensive Fahrzeuge ersetzen. Fehlreaktionen von Lenkenden konventioneller Pkw wegen der vermeintlichen Langsamkeit von Elektro-Autos sind anfangs nicht auszuschließen. Diese können Ungeduld, riskante Überholmanöver oder Drängeln sein.¹²⁷

Änderung des Fahrverhaltens kann Sicherheitsrisiken bringen

Auch das Fahrverhalten der Lenkerinnen und Lenker von Elektro-Fahrzeugen wird sich ändern. So steht bei Elektromotoren das maximale Drehmoment bereits bei niedrigen Drehzahlen zur Verfügung und ermöglicht bei hohem Wir-

kungsgrad eine schnellere Beschleunigung als bei Benzin- und Dieselmotoren. Dies kann im Zuge der häufigen Beschleunigungsvorgänge im Stadtverkehr zur Selbstüberschätzung und einem Verkennen des Gefährdungspotenzials für schwächere Verkehrsteilnehmende führen. Gerade an Kreuzungen und Schutzwegen hat das geänderte Beschleunigungsverhalten längere Reaktionswege und Bremswege zur Folge.

Elektro-Fahrzeuge sind geräuscharm

Ein wesentlicher Unterschied zu Fahrzeugen mit Diesel- oder Benzinmotoren ist die „Geräuscharmut“ von Elektro-Fahrzeugen. Diese wird den schädlichen Verkehrslärm reduzieren, sie birgt aber sowohl für Fahrzeuglenkende wie auch für andere Verkehrsteilnehmende Risiken. Einerseits können wie bei gut gedämmten Autos heute auch schon das reduzierte Motorengeräusch sowie die reduzierten Vibrationen im Innenraum zur Unterschätzung der tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeit führen. Andererseits könnten Gehende und Radfahrende, die sich auf die akustische Wahrnehmung verlassen, durch das leise Motorengeräusch des Elektromotors zu spät vor herannahenden Fahrzeugen gewarnt werden. Das kann in der Umstellungsphase zur Elektro-Mobilität Unfälle auslösen.

Mehr Elektro-Fahrräder machen Radwege entlang von Freilandstraßen wichtiger

Die maximale Geschwindigkeit bei Elektro-Fahrrädern ändert sich im Verhältnis zu „normalen“ Rädern kaum, denn die Motorunterstützung muss gesetzlich bei 25 km/h aussetzen. Manche Elektro-Fahrräder sind mit starker Anfahrunterstützung ausgestattet, was bei engen Platzverhältnissen und ungeübtem Fahren zu Gefahren führen kann. Eine Aufhebung der Radwegbenutzungspflicht für alle Räder kann diese möglichen Konflikte von vornherein vermindern.

Die EU-weite Zulassung von schnelleren Pedelecs ist in Kürze zu erwarten. In Österreich

Mögliche Sicherheitsprobleme von Elektro-Autos



	Einschätzung der Situation	Fahrverhalten	Fahrzeugbenützung	Kollisionssituation
Probleme durch das Verhalten von Lenkerinnen und Lenkern von Elektro-Fahrzeugen	Überschätzen der Möglichkeiten von Elektro-Fahrzeugen sowie Kompensation vermeintlicher Unterschiede (Kleinheit) zu herkömmlichen Fahrzeugen	Probleme durch ungewohntes Fahrverhalten (zum Beispiel langsamer als gewöhnlich oder eventuell zu schnell bei Beschleunigung an Kreuzungen)	Schaltungsprobleme bei Elektro-Fahrzeugen sowie erforderliche Gewöhnung an geänderte akustische Rückmeldung	Batterien sowie deren Gewicht, Position oder Verankerung wirken auf die Größe und Crasheigenschaften. Crasheigenschaften bei Kleinfahrzeugen brauchen Beobachtung.
Probleme für andere	Ungeduld und andere negative Gefühle des Umfeldes wegen vermeintlicher Langsamkeit oder Kleinheit von Elektro-Fahrzeugen	Radfahrende hören Elektro-Fahrzeuge schlechter, gefährlich ist eventuell auch von anderen unterschätzte hohe Geschwindigkeit beim Anfahren an Kreuzungen.		Reaktion von Batterien bei Aufprall (Konsequenzen für Helfende, Gehende, Radfahrende noch wenig bekannt).
Probleme durch andere	Zum Beispiel unmittelbares Überholen von Elektro-Fahrzeugen durch andere, obwohl Überholspur erst weiter vorne	Fehleinschätzungen durch andere beim Überholen von Elektro-Fahrzeugen und an Kreuzungen, „Drängeln“		Bei kleinen und leichten Elektro-Fahrzeugen können im Unfallsfall für Insassinnen und Insassen Probleme entstehen.

Quelle: Fisser 2009:126 Tabelle: VCO 2009

gelten diese, sofern sie eine Bauartgeschwindigkeit von 20 km/h überschreiten, als Kraftfahrzeug. Mit allen Arten an Elektro-Fahrrädern wird es attraktiver, auch mittlere Strecken mit dem Rad zurückzulegen. Somit gewinnt der Ausbau von Radwegen entlang von Freilandstraßen aus Sicht der Verkehrssicherheit weiter an Bedeutung, um Fahrradunfälle auf Freilandstraßen zu vermeiden.²¹⁴

Elektro-Autos verhalten sich bei Unfällen anders

Es ist ein Vorteil bei Unfällen, dass Elektro-Autos keinen entflammaren Treibstoff mitführen. Die Akkumulatoren können durch ihr Gewicht, ihre Bauweise sowie ihre chemischen Eigenschaften eine neue Gefahr darstellen.

Die schweren Akkumulatoren müssen trotz der Verwendung von erschütterungsabsorbierenden Aufhängungen den bei einem Unfall wirkenden Kräften standhalten, um keine Gefahr für die Unfallbeteiligten darzustellen. Aufprall- und Verformungsverhalten von Elektro-Fahrzeugen sind anders als bei herkömmlichen Fahrzeugen.

Lithium-Ionen-Akkus bergen Risiken

Auf Grund der Funktionsweise der derzeit favorisierten Lithium-Ionen-Akkus sind mehrere potenziell gefährliche Ereignisse zu beachten: das Auslaufen, das Zerreißen oder die Explosion und der „thermische Runaway“.^{33,235} Eine Beschädigung der Batterie durch Hitze, Überentladung, Überladung, Erschütterung, mechanische Stöße oder mechanische Beschädigungen können zu diesen Reaktionen führen.

Zurzeit wird nach Methoden geforscht, um das Risiko der unkontrollierten Erhitzung durch die Verwendung chemisch stabilerer Batteriekomponenten zu reduzieren.³³ Besonders das Verhalten von Lithium bei Bränden bei Auto-unfällen könnte durch dessen grundsätzlich heftige Reaktion mit Wasser die Rettungskräfte vor neue Herausforderungen stellen. Die Verbesserung des mechanischen Designs, der sogenannten Verpackungssicherheit, um Kurzschlüsse in Folge mechanischer Stöße und Beschädigungen sowie das Auslaufen zu verhindern, zählt daher zu den vorrangigen Aufgaben der Forschung.

Die sich aus der Matrix ergebenden Konsequenzen sind abhängig von Fahreigenschaften und Größe des Fahrzeugs. Allerdings kann angenommen werden, dass sich mit steigender Dichte an Elektro-Fahrzeugen durch Gewöhnung und Lerneffekte das Verhalten aller Verkehrsteilnehmenden verändern wird.

Literatur, Quellen, Anmerkungen

Literatur, Quellen

- 1 §1 Abs. 2a Kraftfahrzeuggesetz 1967, BGBl. Nr. 267/1967, idgF.
- 2 §103 Kraftfahrzeuggesetz 1967, BGBl. Nr. 267/1967, idgF.
- 3 §3 Normverbrauchsabgabe-Gesetz 1991 idgF.
- 4 §4 Absatz 3 Versicherungssteuergesetz 1953 idgF.
- 5 ADAC: Kraftfahrzeug-Bestand in Deutschland (von 1997 bis 2008) in Millionen. URL <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/1837/umfrage/kfz-bestand-in-deutschland/> – Stand 6.5.2009; BMU: Elektromobilität. URL http://www.bmu.de/schwerpunkt_mobilitaet/doc/43746.php – Stand 6.5.2009
- 6 Alle-Autos-in.DE: Fahrspaß 2.0. URL: http://www.alle-autos-in.de/faszination/bericht_a21887.shtml – Stand 2.5.2009
- 7 Alesma E.A.: Environmental Impacts of PV Electricity Generation – A Critical Comparison of Energy Supply Options. 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference, September 2006
- 8 Amistad Bolivia: Lithium – eine Historische Chance für Bolivien. URL <http://amistad-bolivia.info/09/04/2009/lithium-historische-chance-bolivien/> – Stand 8.5.2009
- 9 Andreasen P.: Transport – an active resource in the electricity system. (Conference: Renewable electricity for transport) – Vortrag, Kopenhagen, 1.12.2008
- 10 Armand M., Tarascon J.-M.: Building Better Batteries. In: Nature Vol. 451. London: Nature Publishing Group, 2008
- 11 Aumüller C.: Hybridantriebssysteme im Kfz-Bereich – ein Überblick. In: Erfinderaktivitäten 2006/2007. München: Deutsches Patent- und Markenamt, 2006
- 12 Auskunft von Christof Fuchs, Denzel Mobility CarSharing GmbH, 6.5. und 11.5.2009
- 13 Auskunft von Michael Pierer, oekostrom AG, Daten aus aktuellen Windparks und Planungen, 13.5.2009
- 14 Auskunft von Michael Röck, Denzel Mobility CarSharing GmbH, 14.7.2008
- 15 AutoServicePraxis: Frankreich forciert Elektroauto-Entwicklung. 1.10.2008. URL <http://www.autoservicepraxis.de/frankreich-forciert-ektroauto-entwicklung-757078.html> – Stand 8.5.2009
- 16 Berger R.: Power 2020 – China's ambition to become market leader in E-Vehicles. Shanghai/München: Roland Berger Strategy Consultants, 2009 (verfügbar unter URL http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_Powertrain_China_20090512.pdf – Stand 12.5.2009)
- 17 Berliner Verkehrsseiten: Die Berliner Obus-Strecken. URL <http://www.berliner-verkehrsseiten.de/bus/Obus/Olines/Versuchsbahnen/versuchsbahnen.html> – Stand 6.5.2009
- 18 Better Place: FAQ. URL: <http://www.betterplace.com/faq/#32> – Stand 17.4.2009
- 19 Better Place: Place Our Bold Plan. How It Works. Electric Car. URL: <http://www.betterplace.com/our-bold-plan/how-it-works/electric-car> – Stand 17.4.2009
- 20 Biermayr P. et al.: Erneuerbare Energie in Österreich – Marktentwicklung 2008. Wien: BMVIT, 2009
- 21 Bleicher G.: Fahrräder für Faule? In: Feine Räder 1/2009 URL <http://www.feineraeder.de/index.php?id=996&PHPSESSID=670c0f9e982f9066656182219e108d42> – Stand 5.5.2009
- 22 Bradsher K.: China Vies to be World's Leader in Electric Cars. In: The New York Times, 2.4.2009
- 23 Brauner G.: Infrastrukturen der Elektromobilität. In: Fachzeitschrift e&i, Heft 11/2008. Wien: Springer, 2008
- 24 Buchmann I.: Das Regenerieren von Batterien. URL <http://batteryuniversity.com/print-partone-20-german.htm> – Stand 11.5.2009
- 25 Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Kurzstudie. Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeiten von Energierohstoffen 2007. Stand 31.12.2007. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 2008. (verfügbar unter URL http://www.bgr.bund.de/cin_101/nn_322848/DE/Themen/Energie/Downloads/Energiestudie_Kurzst_2007_template_d-raw.property=publicationFile.pdf/Energiestudie_Kurzst_2007.pdf – Stand 9.5.2009.)
- 26 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Bekanntmachung über die Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich der Elektromobilität. Berlin: BMU, 2009
- 27 Bundesverband Solarmobil e.V.: Solar+E-Mobil. URL <http://www.solarmobil.net/download/update.pdf> – Stand 6.5.2009
- 28 California Environmental Protection Agency – Air Resources Board: Proposed Regulation to Implement the Low Carbon Fuel Standard: Volume I. March 5. 2009
- 29 California Environmental Protection Agency – Air Resources Board: The Zero Emission Vehicle Program. URL: <http://www.arb.ca.gov/msprog/zevprog/zevprog.htm> – Stand 7.5.2009
- 30 Carrosserie Hess AG: Trolleybusse. URL <http://www.hess-ag.ch/index.php?id=260> – Stand 9.5.2009
- 31 Cilliox A.: Pedelecs = Mit den Pedalen Gas geben. URL <http://www.leichter-fahren.de/index.php/Pedelecs.html> – Stand 7.5.2009
- 32 Commission of the European Communities: Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources. Brüssel: Europäische Kommission, 2008
- 33 Conte F.V.: Sicherheitsrelevantes Design von Lithium-Ionen-Batterien. In: ATZelektronik 01/2009 Jahrgang 4. Wiesbaden: Springer Automotive Media/GWV Fachverlage GmbH, 2009
- 34 Daimler OPTIRESOURCE: Well-to-wheel-Betrachtung, Stand Mai 2009, basierend auf concawe, Eucar, JRC 2007q19. URL <http://www2.daimler.com/sustainability/optiresource/index.html> – Stand 12.5.2009
- 35 Department of Transport: Ireland's First national Cycle Policy Framework. Dublin: Department of Transport, 2009 (verfügbar unter URL <http://www.transport.ie/upload/general/11387-0.pdf> – Stand 2.5.2009)
- 36 DerStandard.at GmbH: US-Forscher versprechen Batterie-Revolution. In: derstandard.at, 12.3.2009. URL <http://derstandard.at/?url=/?id=1234509293787> – Stand 7.5.2009; The Green Optimistic: Charge your electric car battery in 5 minutes. URL <http://www.greenoptimistic.com/2009/03/14/charge-your-electric-car-battery-in-5-minutes/> – Stand 7.5.2009
- 37 Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.: Elektrische Fahrzeuge. URL <http://www.dgs.de/1763.0.html> – Stand 8.5.2009
- 38 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.: Globale Umweltvorteile bei Nutzung von Elektroantrieben mit Brennstoffzellen oder Batterien im Vergleich zu Antrieben mit VKM. Köln: DLR, 2000
- 39 Dietrich W.: Multimodale Mobilität – Schritte zur Förderung von mehr Flexibilität in der Verkehrsmittelwahl. Zürich: Tiefbauamt, 2006
- 40 ecomobil: Mitsubishi i MiEV auf der Hannover Messe. URL <http://www.ecomobil-magazin.de/category/auto/nullco2/> – Stand 7.5.2009
- 41 Enderata: The impact of lower oil consumption in Europe on world oil prices. Brüssel: T&E, 2009
- 42 Energie Control GmbH.: UCTE-Mix 2008. URL http://portal.e-control.at/portal/page/portal/ECONTROL_HOME/INTERN/ADMINISTRATION/DATEIEN/HKN/CT_C_UCTE_2008.HTML – Stand 8.5.2009
- 43 Energie Control GmbH: Monatliche Erzeugung im Öffentlichen Netz, Berichtsjahr 2008. URL: http://www2.e-control.at/portal/page/portal/ECONTROL_HOME/STROM/ZAHLENDATENFAKTEN/ENERGIESTATISTIK/Berichtsjahr2008 – Stand 8.5.2009
- 44 Energie Control GmbH: Ökostrombericht 2008. Wien E-Control, 2009
- 45 Energieinstitut Vorarlberg (2009): Eigene Berechnungen auf Basis von E-Control 2009⁴² und Zahlen des Amtes der Vorarlberger Landesregierung
- 46 Energieinstitut Vorarlberg (2009): Eigene Berechnungen auf Basis von: BMWFJ: Strompreismonitor. URL <http://www.bmwfj.gv.at/BMWA/Service/Strompreismonitor/default.htm> – Stand 11.5.2009; Rinderer A.: Solalbert.info. URL: <http://www.solalbert.at> – Stand 11.5.2009
- 47 Engel R.: Elektrisch nach Eilat. In: SOL Nr 135, Frühjahr 2009. Wien: SOL, 2009
- 48 EuBusiness.at: Weltweit boomt der Photovoltaik-Markt, nur nicht in Österreich. Artikel vom 7.4.2009. URL <http://www.eubusiness.at/wirtschaft/70-weltweit-boomt-der-photovoltaikmarkt-nur-nicht-in-oesterreich> – Stand 5.5.2009
- 49 Europäische Kommission: Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Spezifikationen für Otto-, Diesel- und Gasölkraftstoffe und die Einführung eines Systems zur Überwachung und Verringerung der Treibhausgasemissionen bei der Verwendung von für den Straßenverkehr bestimmten Kraftstoffen, zur Änderung der Richtlinie 1999/32/EG des Rates im Hinblick auf die Spezifikationen für von Binnenschiffen gebrauchte Kraftstoffe und zur Aufhebung der Richtlinie 93/12/EWG. Brüssel: Europäische Kommission, 2007
- 50 Europäische Kommission: Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO₂-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen. Brüssel: Europäische Kommission, 2007
- 51 European Commission Joint Research Center, concawe, Eucar: WELL-TO-WHEELS Report Version 2c, March 2007, Appendix 1. Ispra: JEC, 2007 (verfügbar unter URL <http://ies.jrc.ec.europa.eu/WTW.html> – Stand 12.5.2009)
- 52 European Commission Joint Research Center, Ispra – PVGIS Projekt 2001–2008: Global irradiation and solar electricity potential. URL http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmeps/eu_hor/pvgis_solar_horiz_AT.png – Stand 5.5.2009; Performance of Grid-connected PV. URL <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php> – Stand 5.5.2009
- 53 European Environment Agency: Transport at a crossroads. TERM 2008: indicators tracking transport and environment in the European Union. Kopenhagen: EEA, 2009
- 54 European Federation for Transport and Environment: Reducing CO₂ Emissions from New Cars: A Study of Major Car Manufacturers' Progress in 2007. Brüssel: T&E, 2008
- 55 European Photovoltaic Technology Platform: Working Group 3: A Strategic Research Agenda for Photovoltaic Solar Energy Technology (SRA). Brüssel: EU PV Technology Platform, 2007
- 56 ExtraEnergy.org: Getestete Elektorräder. URL <http://www.extraenergy.org/main.php?language=de&category=products&subcateg=66> – Stand 11.05.2009; Riese und Müller: Hybrid FAQs. URL <http://www.r-m.de/produkte/hybrid/hybrid-faqs/> – Stand 6.5.2009
- 57 F.A.Z. Electronic Media GmbH: Der Traum von der elektrischen Mobilität. URL <http://www.faz.net/s/Rub163D8A6908014952B0FB3DB178F372D4/Doc--E4AB69EEFA83349D38246CF98379C6827--ATpl-Ecommon-Scotent.html> – Stand 7.5.2009; Wallentowitz H. et al., RWTH Aachen: Fahrwiderstände für das Elektro-Auto – können wir sie überwinden? URL <http://www.ika.rwth-aachen.de/forschung/veroeffentlichung/1995/17.10/index.php1KA> – Stand 7.5.2009
- 58 Fachinformationszentrum (FIZ) Karlsruhe, BINE Informationsdienst: Photovoltaik – Innovationen bei Solarzellen und Modulen. Themeninfo III/2005. Karlsruhe: BINE, 2005 (verfügbar unter URL <http://www.bine.info/hauptnavigation/publikationen/themeninfos/publikation/photovoltaik-innovationen-bei-solarzellen-und-modulen/>?artikel=626 – Stand 5.5.2009)
- 59 Fechner H. et al.: Technologie-Roadmap für Photovoltaik in Österreich. Wien: BMVIT, 2007 (verfügbar unter URL http://www.energiesystemederzukunft.at/edz_pdf/0728_pv-roadmap.pdf – Stand 5.5.2009)
- 60 FITT Research, Deutsche Bank: Electric Cars: Plugged In – Batteries must be included. Frankfurt: Deutsche Bank, 2008
- 61 Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.: Untersuchung eines Golf CitySTROMer. URL <http://www.ffe.de/taetigkeitsfelder/mobilitaet-und-alternative-antriebskonzepte/77-untersuchung-eines-golf-citystromer> – Stand 6.5.2009
- 62 FVT – Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik GmbH: Modellierung der NO₂-Belastung in Klagenfurt – Vorabzug. Erstellt im Auftrag des Umweltbundesamtes. Bericht Nr. FVT-/07/Ku V&U 06/43/6300. Graz: FVT, 2007

- 63 Gemeinde Zermatt: Elektrobusbetrieb Zermatt. URL <http://gemeinde.zermatt.ch/betriebe/e-bus/> – Stand 8.5.2009
- 64 Germany Trade&Invest: Japans Kfz-Hersteller ebnen Weg für Elektroautos. URL: <http://www.gtai.de/DE/Content/SharedDocs/Links-Einzeldokumente-Datenbanken/fachdokument.html?filednt=MKT200808288022> – Stand 7.5.2009
- 65 GoingGreen: URL: http://www.goinggreen.co.uk/store/content/gwiz_techspec/ – Stand 17.4.2009
- 66 Hagauer D. et al.: Ökostromgesetz – Evaluierung und Empfehlungen. Wien: Austrian Energy Agency, im Auftrag des BMVIT, 2007 (verfügbar unter URL <http://www.energyagency.at/publ/pdf/oekostrom.pdf>)
- 67 Hausberger S., Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik, Technische Universität Graz, 2007
- 68 Heise Autos Hannover: Verbrennungsmotoren bringen Elektroautos weiter. URL <http://www.heise.de/autos/Wankel-Mut-Verbrennungsmotoren-in-Range-Extender-Antrieben-/artikel/s/7601/5> – Stand 12.5.2009
- 69 Herry Consult GmbH.: Mobilität in Vorarlberg – Ergebnisse der Verkehrsverhaltensbefragung 2003. Wien: Herry, 2004
- 70 Herry Consult GmbH.: Mobilität in Vorarlberg – Ergebnisse der Verkehrsverhaltensbefragung 2008. Wien: Herry, 2009
- 71 Herry Consult GmbH.: Verkehr in Zahlen – Ausgabe 2007. Wien: BMVIT, 2007 (Gemittelte Werte über alle Fahrzeuge ermöglichen keine qualitativen Aussagen bezüglich des Ladeprozesses, da verschiedenste Fahrprofile zu einer Verzerrung des Ergebnisses führen.)
- 72 Herry Consult GmbH: Mobilität in Salzburg – Verkehrsbefragung 2004. Salzburg: Herry, 2005; Herry M. et al.: Mobilität in Niederösterreich – Ergebnisse der landesweiten Mobilitätsbefragung 2003. Schriftenreihe Niederösterreichisches Landesverkehrskonzept. St. Pölten: Amt der NÖ Landesregierung, 2003; Amt der Vorarlberger Landesregierung: Mobil im Ländle – Verkehrskonzept Vorarlberg 2006. Schriftenreihe Raumplanung Vorarlberg. Bregenz: Amt der Vorarlberger Landesregierung, 2006; Brög W.: Haushaltsbefragung Wien, 1994
- 73 Infas, DLR, DIW Berlin: Mobilität in Deutschland 2005. Berlin: BM VBS, 2006¹⁸¹
- 74 Informationsdienst Wissenschaft: Die Zukunft des Elektro-Automobils bis 2050. Pressemitteilung vom 8.12.2008. URL <http://idw-online.de/pages/de/news292910> – Stand 8.5.2009
- 75 Infrac Zürich: Zukünftige Zusammensetzung der VBSh-Flotte – Vertiefte Analyse verschiedener Antriebsarten. Zürich: Infrac, 2008 (verfügbar unter URL http://www.vbsh.ch/pdf/20080901_infrac_schlussbericht_trolley.pdf – Stand 7.5.2009)
- 76 Institut für Verkehrswesen: Verkehrsplanung und Verkehrspolitik – Grundbegriffe. Wien: Universität für Bodenkultur, Institut für Verkehrswesen, 2008
- 77 International Energy Agency (Hrsg.): Cost and Performance Trends in Grid-Connected Photovoltaic Systems and Case Studies. Report IEA-PVPS T2-06:2007. Erlenbach: TNC Consulting AG, 2007
- 78 International Energy Agency: Despite Slowing Oil Demand, IEA Sees Continued Market Tightness Over the Medium Term. Pressemitteilung vom 1.7.2008. URL http://www.iea.org/Textbase/press/pressdetail.asp?PRESS_REL_ID=267 – Stand 8.5.2009
- 79 International Energy Agency: Photovoltaic Power Systems Programme IEA-PVPS: Task 1 – Exchange and Dissemination: Annual Report 2007
- 80 International Energy Agency: World Energy Outlook 2007. Paris: IEA, 2007. (verfügbar unter URL http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2007/weo_2007.pdf – Stand 9.5.2009)
- 81 Japan Automobile Manufacturers Association: World Motor Vehicle Statistics Vol. 7. Tokyo, JAMA, 2008
- 82 Jha A.: London Mayor – 100 000 electric cars for capital. In: Guardian.co.uk, 8.4.2009
- 83 Johnson Controls SAFT Advanced Power Solutions GmbH: Battery Technologies for Hybrid Electrical Vehicle Applications. Hannover: Johnson Controls, 2008
- 84 Kairos – Wirkungsforschung & Entwicklung gemeinnützige GmbH: Landrad. Bregenz: Kairos, 2009. URL <http://www.landrad.at/>; Land Vorarlberg: Mobil im Ländle – Verkehrskonzept Vorarlberg 2006. Schriftenreihe Raumplanung Vorarlberg. Bregenz: Amt der Vorarlberger Landesregierung, 2006
- 85 Katzensteiner T., Rother F.: Dem Elektroantrieb gehört die Zukunft. In: Wirtschaftswoche, 3.7.2008
- 86 Kendall G.: Plugged in – The end of the oil age. Gland: WWF, 2008
- 87 Kiebler R.: Filobus di Roma. Metzingen, 2008. URL http://www.obus-es.de/Roma_02_2008.htm – Stand 9.5.2009
- 88 Knudsen A.: Dänemark – der bessere Ort für Elektroautos? Internationales Konsortium will mit Dong Energie Elektroautos zum Durchbruch verhelfen. In: Neues Deutschland, 4.2.2009
- 89 Kreuzsch M.: Mission One: Elektro-Motorrad mit Sex-Appeal. In oekonews.at URL www.oekonews.at/index.php?mdoc_id=1037409 – Stand 5.5.2009
- 90 Kromp-Kolb et al.: Kernenergie, Klimaschutz und Nachhaltigkeit. Wien: BMLFUW, 2007
- 91 Land J.: Mayor calls on Government to back London's electric car revolution. In: 24dash.com, 9.4.2009
- 92 Land Niederösterreich: Elektroscooterförderung. URL <http://www.noel.gv.at/Umwelt/Energie/Energiefoerderungen-Privat/scooterfoerderung.wai.html> – Stand 6.5.2009
- 93 Land Oberösterreich: Förderung von Elektrofahrzeugen und Ersatzbatterien http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xchg/SID-6DC2F70F-27FE04B9/ooe/hs.xsl/75855_DEU_HTML.htm – Stand 6.5.2009
- 94 Land Salzburg: Richtlinien für die Förderung von Elektromopeds und Elektrofahrern. URL http://www.salzburg.gv.at/richtlinie_elektromopeds_01_04_2009.pdf – Stand 6.5.2009
- 95 Land Steiermark: Die Feinstaubproblematik der schlecht durchlüfteten Tal- und Beckenlagen südlich des Alpenhauptkammes – Beispiel Großraum Graz. Bericht Nr. LU-09-08. Graz: Amt der Stm. LReg., 2008
- 96 Land Steiermark: Luftgütedatenarchiv Graz – Don Bosco Feinstaub. URL <http://www.umwelt.steiermark.at/cms/beitrag/10060747/2061730/> – Stand 6.5.2009
- 97 Land Steiermark: Richtlinie für die Direktförderung des Landes Steiermark. URL http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/dokumente/10760982_23267489/b1067e1d/Richtlinie%20Individualverkehr%20M%C3%A4rz%202009.pdf – Stand 6.5.2009
- 98 Land Vorarlberg: Energiebericht 2008 auf Basis der Energieverbrauchsdaten von 2007. Bregenz: Amt der Vorarlberger Landesregierung, 2008
- 99 Land Vorarlberg: Kraftfahrzeugbestand und Straßenverkehrsunfälle in Vorarlberg. URL <http://www.vorarlberg.at/pdf/unfaellenachverletzungsgr.pdf> – Stand 8.5.2009
- 100 Landeshauptstadt Stuttgart: OB Schuster: „Pedelects können Beitrag leisten, Stuttgart fahrradfreundlicher zu machen – es sind noch viele Schritte nötig“. URL <http://91.208.45.16/item/show/273273/1/9/280053?> – Stand 5.5.2009
- 101 Landeshauptstadt Stuttgart: Pedelect-Mietsystem: Stuttgart soll zur Fahrradstadt werden. URL <http://91.208.45.16/item/show/273273/1/9/279390?> – Stand 6.5.2009
- 102 Landtag Steiermark: Entschleunigungsantrag – Elektroautos als Landesfahrzeuge. URL <http://www.landtag.steiermark.at/cms/beitrag/11040837/5076210/> – Stand 7.5.2009
- 103 Lebensland Kärnten: Elektro-Scooter Förderung URL http://www.lebensland.com/images/stories/lebensland/LandKaernten_Foerderung_eScooter_v1.pdf – Stand 6.5.2009
- 104 Leitinger C., Brauner G.: Nachhaltige Energiebereitstellung für elektrische Mobilität. In: Fachzeitschrift e&i, Heft 11/2008. Wien: Springer, 2008
- 105 Likar U., Mitsubishi Motor R&D Europe GmbH: Vortrag bei International Advanced Mobility Forum (IAMF). Genf, 2009
- 106 Link J. et al.: Solare Mobilität: Netzintegration von Plug-In Fahrzeugen. Chancen und Synergien für dezentrale Erzeuger am Beispiel der Photovoltaik. PV-Symposium Staffelsein, März 2009
- 107 Loing P., Nissan International SA: Vortrag bei International Advanced Mobility Forum (IAMF). Genf, 2009
- 108 Loose W. et al.: Bestandsaufnahme und Weiterentwicklung von Carsharing. Kurzbericht zum Forschungsprojekt des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen Berlin: BMVBW, 2004
- 109 Loose W.: Auskünfte des BCS – Bundesverband CarSharing Deutschland, 2009²¹⁷
- 110 Low carbon vehicle partnership: International up-take of EVs on the rise. URL: <http://www.lowcvp.org.uk/news/1113/bulletin> – Stand 16.4.2009
- 111 Markgraf T., Wagner M.: Mobilität im Umbruch – Öffentlicher Verkehr und das Ende des billigen Erdöls. In: Der Nahverkehr 26, Nr. 9. Düsseldorf: Alba, 2008
- 112 Mari P.: Pro Obus ist Pro Wirtschaftlichkeit. URL http://www.trolleyemotion.com/de/argumente/pro_wirtschaft.htm – Stand 6.5.2009
- 113 McKinsey: Road transport: will electricity take over from oil? (EURELECTRIC Annual Conference) – Vortrag, Oslo, 12.–13.6.2006
- 114 Ministerium für Verkehr, Wasserwirtschaft und Öffentliche Arbeiten: Radfahren in den Niederlanden. Den Haag: Ministerium für Verkehr, Wasserwirtschaft und Öffentliche Arbeiten, 2009 (verfügbar unter URL <http://www.fietsberaad.nl/library/repository/bestanden/Radfahren%20in%20den%20Niederlanden2009.pdf> – Stand 2.5.2009)
- 115 Mitsubishi Motors: What is i MiEV? URL: <http://www.mitsubishi-motors.com/special/ev/whatis/index.html> – Stand 2.5.2009
- 116 Möser K.: Geschichte des Autos – Kapitel Dampf, Benzin, Elektrizität: Die Konkurrenz der Systeme. Frankfurt: Campus Verlag, 2002
- 117 Naunin D. et al.: Hybrid-, Batterie- und Brennstoffzellen Elektro-Fahrzeuge. Renningen: Expert Verlag, 2007
- 118 Neubarth J., Kaltschmitt M. (Hrsg.): Erneuerbare Energien in Österreich – Systemtechnik, Potenziale, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Wien: Springer, 2000; International Energy Agency: PVPS Programme, Task 7: Photovoltaic power systems in the built environment. URL <http://www.iea-pvps.org> – Stand 5.5.2009
- 119 Neupert H., Fikuart D.: Test Elektorräder – Teil 4 v. 5. In: Aktiv Radfahren 9-10. Bielefeld: BVA, 2007; Fehlau G. E-Bikes starten durch: Erste Modelle fahren über 40 km/h. Göttingen: presseedienst-fahrrad, 2008
- 120 Österle C., Verkehrsverbund Vorarlberg: Bewusst Bus und Bahn. Bregenz: Land Vorarlberg, 2007 (verfügbar unter URL <http://www.vorarlberg.at/pdf/presentationchristianoes.pdf> – Stand 8.5.2009)
- 121 Pfeleger M.: Wer brachte das Elektroauto „EV1“ um? URL <http://www.wattgehtab.com/index.php/content/view/1893/25/> – Stand 6.5.2009
- 122 Praxmayer F.: Saubere Elektro Fahrzeuge URL <http://www.elektro-motorrad.at/de/lebensgefuehl/index.html> – Stand 6.5.2009
- 123 Presstext Deutschland: Elektroautos erhalten einheitliche Stecker, pte090420028. URL <http://presstext.at/news/090420028/elektroautos-erhalten-einheitliche-stecker/> – Stand 7.5.2009
- 124 PriceWaterhouseCoopers: Auswirkungen von Elektrofahrzeugen auf die Stromwirtschaft; Programm- und PR-begleitende Studie für den Klima Energie Fonds, 2009
- 125 Reis M.: Wege zur zukunftsfähigen Energieversorgung der Vorarlberger Haushalte. Wien: Universität für Bodenkultur, Dipl.-Arb., 1999
- 126 Risser R. (2009) auf Basis von Michon J. A.: A Critical View of Driver Behaviour Models: What Do We Know, What Should We Do? In: Evans L., Schwing R. C.: Human Behaviour and Traffic Safety. New York: Plenum Press, 1985
- 127 Risser R. et al.: Studie über das Fahrverhalten von Lenkern von Leichtmobilen. Wien: FACTUM OHG, 1993
- 128 Romero S.: Bolivia has Lithium, and the president intends to make the world pay for it. In: The New York Times, 2.2.2009

- 129 Rubens C.: Paris to Launch Electric Car-sharing Service. In: Big Green, 20.6.2008
- 130 RWE AG: „e-mobility Berlin“: Daimler und RWE starten ins Zeitalter der Elektromobilität. Pressemitteilung, 5.9.2008. (verfügbar unter URL <http://www.rwe.com/web/cms/de/37110/presse-news/pressemitteilung/?pmid=4002465> – Stand 2.5.2009)
- 131 RWE AG: Die Geschichte der Elektroautos. URL <http://www.rwe.com/web/cms/de/45876/die-geschichte-der-elektroautos/> – Stand 6.5.2009
- 132 RWE AG: Konzerngeschäftsbericht 2008. URL: <http://www.rwe.com/web/cms/mediablob/de/205110/data/37835/blob.pdf> – Stand 22.4.2008
- 133 Salzburg AG: Der Obus setzt auf Wasserkraft. URL <http://www.salzburg-ag.at/Obus-und-Wasserkraft.1344.0.html> – Stand 7.5.2009
- 134 Schriber H.: Französische E-Post. AutoBild 7/2009, Axel Springer Auto Verlag, Hamburg, 2009, URL: http://www.autobild.de/artikel/elektroversion-citroen-berlingo-first_845610.html
- 135 Siemens AG Transportation Systems: Straßenbahnsystem ULF Wien. URL http://www.bahnindustrie.at/upload/dokumente/175/Strassenbahnsystem_ULF_Wien.pdf – Stand 9.5.2009
- 136 Slupetzky W. et al.: Elektrischer Individualverkehr als Impuls für Mobilität, Wirtschaft und Umwelt. Graz: Quintessenz, 2009
- 137 Spangl W. et al.: Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2007. Reports, Bd. REP-0153. Wien: Umweltbundesamt, 2008
- 138 Stadt Zürich: Inter- und multimodale Mobilitätsmuster. Datenbasis Mikrozensus Verkehrsverhalten 1994, 2000, 2005. Mobilitäts news 8/2008. Zürich: Tiefbauamt, 2008 (verfügbar unter URL http://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/td/Deutsch/taz/Fachunterlagen/Publikationen_und_Broschueren/Infoblatt_Verkehr/8_2008_Inter_und_multimodale_Mobilitaetsmuster.pdf – Stand 2.5.2009)
- 139 Statistics Denmark: Vehicle Fleet. URL http://www.dst.dk/HomeUK/Statistics/focus_on/focus_on_show.aspx?sci=668 – Stand 12.5.2009
- 140 Statistik Austria: Kfz-Neuzulassungen Jänner bis März 2009. URL http://www.statistik.at/web_de/statistiken/verkehr/strasse/kraeffahrzeuge_-_neuzulassungen/index.html – Stand 8.5.2009
- 141 Statistik Austria: Konsumerhebung 2004/05 Wien: Statistik Austria, 2006
- 142 Statistik Austria: Österreich. Zahlen. Daten. Fakten. 2008/09. Wien: Statistik Austria, 2009
- 143 Statistik Austria: Statistik der Kraftfahrzeuge – Bestand am 31.12.2008. Wien: Statistik Austria, 2009. (verfügbar unter URL http://www.statistik.at/web_de/statistiken/verkehr/strasse/kraeffahrzeuge_-_bestand/index.html – Stand 8.5.2009)
- 144 Stiftung Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien: Die Welt der Batterien – Funktion, Systeme, Entsorgung. Hamburg: GRS, 2007 (verfügbar unter URL http://www.grs-batterien.de/fileadmin/user_upload/Download/Wissenswertes/welt_bat.pdf – Stand 11.5.2009)
- 145 Stirn A.: Spritpreisschock macht Elektroauto-Techniker kreativ. URL <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,561810,00.html> – Stand 6.5.2009
- 146 Strauss S.: Treten statt Gas geben. In: Berliner Zeitung, 8.7.2008
- 147 Tahil W.: The Trouble with Lithium. Implications of Future PHEV Production for Lithium Demand. Martainville: Meridian International Research, 2006
- 148 Think: Think-City. URL <http://www.think.no/think/THINK-city> – Stand 7.5.2009
- 149 The Associated Press: After Bike-Sharing Success, Paris Considers Electric Cars. In: The New York Times, 29.7.2008
- 150 The New York Times Company: The History of Electric Vehicles. URL <http://inventors.about.com/library/weekly/aacarselectrica.htm> – Stand 6.5.2009
- 151 The Peninsula: Mowasalat shows the power of innovation. URL http://www.thepeninsulaqatar.com/Display_news.asp?section=local_news&month=february2008&file=local_news2008022713310.xml – Stand 7.5.2009
- 152 Topp H.: Die Potenziale von Carsharing – Mehr Chancen des Öffentlichen Personennahverkehrs im Mobilitätsverbund mit Carsharing. In: Der Nahverkehr 23, Nr. 9. Düsseldorf: Alba, 2005
- 153 TrolleyMotion: Geschichtlicher Abriss. URL: <http://www.trolleyemotion.at/de/argumente/history.htm> – Stand 9.5.2009
- 154 Tübke J.: Elektroauto Geschichte URL <http://www.elektroauto-tipp.de/modules.php?name=Eautogeschichte&file=eautog1> – Stand 6.5.2009
- 155 Umweltbundesamt: Abschätzung der Gesundheitsauswirkungen von Schwebestaub in Österreich. Wien: UBA, 2005 (verfügbar unter URL <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0020.pdf> – Stand 6.5.2009)
- 156 Umweltbundesamt: Austria's Annual Greenhouse Gas Inventory 1990–2007. Wien: Umweltbundesamt, 2009
- 157 Umweltbundesamt: CO₂-Monitoring 2008. Wien: Umweltbundesamt, 2008
- 158 Umweltbundesamt: Ökobilanz von Biokraftstoffen. URL http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/verkehr/kraftstoffe/biokraftstoff/oekobilanz_biokraftstoffe/ – Stand 7.5.2009
- 159 Universität München: Emissionen von Kraftwerken im Vergleich. URL http://leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph10/umwelt-technik/13emissionen/emissionen.htm – Stand 7.5.2009
- 160 VCO (2008): eigene Berechnungen basierend auf VCO: Der Modal Split in Österreichs Bundesländern im Jahr 2007. Wien: VCO, 2008 – Presseunterlagen Mobilitätspreis 2008
- 161 VCO (2009): Eigene Berechnungen auf Basis von Herry 2004⁶⁹, Herry 2009⁷⁰, VVV 2007¹²⁰, Price Waterhouse Coopers 2009¹²⁴
- 162 VCO (2009): Eigene Berechnungen basierend auf Umweltbundesamt 2008¹⁵⁷ sowie auf Universität München 2009¹⁵⁹, Daimler 2009³⁴ und E-Control 2009⁴³. Annahme: Elektro-Auto hat effektiven Verbrauch von 18 Kilowattstunden pro 100 Kilometer.
- 163 VCO (2009): Eigene Berechnungen nach Zahlen von E-Control Tarifkalkulator (URL <http://tarifikalkulator.e-control.at/> – Stand 12.5.2009), ArbÖ-Verkehrslinie Benzinpreisabfrage (URL <http://www.verkehrslinie.at/benzin.html> – Stand 12.5.2009), Mineralölsteuergesetz 1995 idgF.
- 164 VCO: Bereits 5,18 Millionen Österreicher fahren mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Presseausendung, 28.4.2009
- 165 VCO: Verkehr 2020 – Ziele und Entwicklungen. Wien: VCO, 2008 (Mobilität mit Zukunft 2/2008)
- 166 VCO: Vorarlberger fahren am meisten mit dem Rad. Presseausendung, 1.4.2009
- 167 Verkehrsbetriebe Zürich: Mercedes-Benz O405 GTZ. URL: http://www.vbz.ch/vbz_opencms/opencms/vbz/deutsch/DieVBZ/TramBus/VBZ-FahrzeugEinsatz/fahrzeuge/trolley_m0405.html – Stand 9.5.2009
- 168 Verlagsgemeinschaft Österreich-Lexikon: Porsche, Ferdinand, * 1875. URL <http://aeiou.icim.tugraz.at/aeiou.encyclop.p/p664110.htm> – Stand 6.5.2009
- 169 Vorarlberger Kraftwerke AG: Elektrofahrzeuge. URL <http://www.vkw.at/inhalt/at/1216.htm> – Stand 7.5.2009
- 170 Vorarlberger Kraftwerke AG: Förderung einer Modellregion für Elektromobilität. URL <http://www.vkw.at/inhalt/at/vlotte.htm> – Stand 7.5.2009
- 171 Vorarlberger Kraftwerke AG: Umweltschonende Mobilität. URL <http://www.vkw.at/inhalt/at/1218.htm> – Stand 7.5.2009
- 172 Wagner M.: Schneller laden für die Umwelt. Dänemark will die Infrastruktur für Elektroautos ausbauen. In: Deutschlandradio, 25.2.2009
- 173 Wakefield E. H.: History of the Electric Automobile. Warrendale: Society of Automotive Engineers, 1994
- 174 Webb M. (Hrsg.): Jane's Urban Transport Systems 2008-2009. Coulsdon, Surrey (UK): Jane's Information Group, 2008
- 175 Wegscheider-Pichler D.: Umweltbedingungen, Umweltverhalten 2007. Wien: Statistik Austria, 2009
- 176 Weinert J. et al.: Lead-acid and lithium-ion batteries for Chinese electric bike market and implications on future technology advancement. In: Journal of Power Sources Nr. 172. Lausanne: Elsevier Sequoia, 2007
- 177 Weinert J. et al.: The future of electric two-wheelers and electric vehicles in China. In: Energy Policy Nr. 36. Amsterdam: Elsevier, 2008
- 178 Widmer R., Gauch M.: Umweltnutzen von E-Scooter – Vergleich mit Personenwagen. St. Gallen: EMPA, 2008
- 179 Wissenschaftlicher Beirat der Deutschen Bundesregierung: Globaler Energiemix 2050/2100. Berlin: WBGU, 2003 (verfügbar unter URL http://www.wbgu.de/wbgu_jg2003_kurz.pdf – Stand 5.5.2009)

Anmerkungen

- 180 „peak“ ist Englisch für „Spitze“ und bezeichnet die Nennleistung der Module unter Standard-Testbedingungen. Festgelegt sind diese mit 1.000 Watt Einstrahlungsleistung auf einem Quadratmeter Fläche, Temperatur der Zelle 25° C und AM = 1,5. Letzteres heißt, dass der Sonnenstrahl auf seinem Weg das 1,5-Fache der Atmosphärendicke (AM = Air mass) der Erde durchdringt. All diese Bedingungen sind real selten; die reale Leistung weicht also von den Nennwerten ab. URL http://www.ibt-solar.de/kilowatt_peak.html – Stand 5.5.2009
- 181 Als typisch wird ein charakteristischer Wert einer betrachteten Auswahl erachtet. So ist in diesem Zusammenhang typisch, dass an 80 Prozent aller Tage eines Jahres die Entfernungen unter 40 Kilometer liegen.
- 182 Alternativ haben die Automobilunternehmen die Wahl, nur 7.500 Zero Emission Vehicles herzustellen und dafür zusätzlich 58.333 umweltfreundliche Fahrzeuge, allen voran Hybrid-Fahrzeuge abzusetzen.
- 183 Angenommen wird ein Verbrauch von 0,34 Kilowattstunden pro 100 Kilometer beim Pedelec und ein Verbrauch von 60 Kilowattstunden pro 100 Kilometer beim Auto.
- 184 Angenommen wird eine Flotte von 900.000 Elektro-Autos mit einem durchschnittlichen Verbrauch von etwa 20 Kilowattstunden pro 100 Kilometer.
- 185 Annahme eines effektiven Verbrauchs von 20 Kilowattstunden pro 100 Kilometer (inklusive Verluste) bei Elektro-Fahrzeugen¹⁵⁹
- 186 Annahmen Enerdata Ambitioniert: Umsetzung der von NGOs geforderten Ziele: Beschränkung auf 120 Gramm CO₂ pro Kilometer im Jahr 2012, 80 Gramm pro Kilometer im Jahr 2020 und 60 Gramm pro Kilometer im Jahr 2025 in allen EU-Mitgliedsländern sowie in Norwegen und der Schweiz.
- 187 Annahmen Enerdata Baseline: Umsetzung des Vorschlags der EU-Kommission in allen Mitgliedsländern, die durchschnittlichen CO₂-Emissionen von Neuwagen ab dem Jahr 2012 auf 130 Gramm pro Kilometer zu beschränken. Weitere Verbesserungen in den Folgejahren.
- 188 Annahmen Enerdata Moderat: Ebenfalls Einführung der Beschränkung von 130 Gramm CO₂ pro Kilometer im Jahr 2012, Reduktion auf 95 Gramm pro Kilometer im Jahr 2020.
- 189 Annahmen McKinsey Green World: Derzeit teure nachhaltige Technologien werden wirtschaftlicher, der Ölpreis beträgt etwa 100 US-Dollar, die Treibstoffsteuern werden verdoppelt.
- 190 Annahmen: Derzeit teure nachhaltige Technologien werden wirtschaftlicher. Emissionen werden extrem eingeschränkt. Der Ölpreis beträgt etwa 100 US-Dollar, die Treibstoffsteuern werden verdoppelt.
- 191 Annahmen: Fokus auf Verbesserung konventioneller Technologien (gültig für alle drei Szenarien). Emissionen werden nicht beschränkt. Der Ölpreis beträgt etwa 30 US-Dollar, die Treibstoffsteuern bleiben unverändert.
- 192 Annahmen: Manche alternativen Technologien werden wirtschaftlicher. Emissionen werden beschränkt. Der Ölpreis beträgt etwa 50 US-Dollar, die Treibstoffsteuern bleiben unverändert.
- 193 Bezugszeitraum erstes Quartal 2009.
- 194 Da die Entladetiefe zusammen mit der Zyklenzahl einen negativen Einfluss auf die Lebensdauer von Lithium-Ionen-Akkumulatoren hat, ist es förderlich, häufig nachzuladen. Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren sollten hingegen aufgrund der stärker begrenzten Anzahl an Ladezyklen nicht unnötig aufgeladen werden.
- 195 Das Projekt „Better Place“ wurde im Oktober 2007 gestartet. Das Unternehmen beschäftigt momentan 45 Ingenieurinnen und Ingenieure sowie Marketing Fachleute in Israel und in Kalifornien.
- 196 Das Projekt Landrad wird vom gemeinnützigen Institut Kairos – Wirkungsforschung & Entwicklung gemeinsam mit dem Land Vorarlberg und dem Energieinstitut Vorarlberg durchgeführt.
- 197 Das Projekt wird von der Daimler AG und dem Energieproduzenten RWE AG durchgeführt.
- 198 Der Mitsubishi MIEV soll eine Reichweite von rund 160 Kilometern haben.¹¹⁵

- 199 Der Nissan Mixim soll eine Reichweite von rund 250 Kilometern haben.⁶
- 200 Der Toyota Prius benutzt diese Antriebstechnik.
- 201 Derzeit liegt der Schwerpunkt beim Lithium-Ionen-Batterie Recycling auf der Gewinnung von Kobalt, Nickel und Kupfer.¹⁴⁴ Das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien verursacht deutlich höhere Kosten als bei Nickel-Metallhydrid-Batterien, da erstere weniger verwertbare Metalle enthalten und Lithium sehr reaktiv ist.²⁴ Mit fortschreitender Entwicklung der Recyclingtechnologie und einem Anstieg der Rohstoffpreise sollte die Rückgewinnung von Lithium aber rentabel werden.²⁶ Die Einschränkungen, ob eine systematische Rückgewinnung von Lithium die Rohstoffknappheit verringern kann, sind sehr unterschiedlich. Die neu entwickelten Akkumulatoren scheinen derzeit alle auf der Lithium-Technologie zu basieren.
- 202 Die angeführten relativen Emissionsreduktionen sind sowohl als Potenzial für andere direkte Luftschadstoffe beziehungsweise Treibhausgase als auch für Prognosen zu sehen.
- 203 Die Batterie wurde am Massachusetts Institute of Technology entwickelt.
- 204 Die Förderung in Oberösterreich endet mit dem 31. Juli 2009 (es zählt das Kaufdatum, nicht das Lieferdatum). Die Förderung in Salzburg und in Niederösterreich endet mit dem 31. Dezember 2009.
- 205 Diese Flächen stehen im Gegensatz zu Großanlagen auf Freiflächen nur wenig in Konkurrenz zu anderen Nutzungen und befinden sich stets in der Nähe von Batterieladestationen für Elektro-Fahrzeuge. Akzeptanzanalysen erneuerbarer Energiesysteme (zum Beispiel www.risikodialog.at/im-gespraech/petra-schweizer-ries/) zeigen eine besonders gute Akzeptanz von Photovoltaik, speziell bei Lösungen mit architektonisch und energetisch interessanten Gebäudekonzepten, wie der ENERGYbase in Wien (www.energybase.at) oder der Konzernzentrale der EnergieAG http://konzern.energieag.at/eagat/resources/257501226587649392_506301784779606457.pdf. Im innerstädtischen Bereich sind Photovoltaik-Anlagen auf Dächern vom Straßenniveau aus außerdem kaum sichtbar und damit selbst auf denkmalgeschützten Gebäuden nutzbar, wie auf dem Naturhistorischen Museum in Wien (www.atb-becker.com/downloads/T2003P14-NHM-2007.pdf).
- 206 Diese Untersuchungen werden vom JEC durchgeführt. JEC setzt sich zusammen aus dem Joint Research Center der Kommission, EUCAR (Vereinigung aller großen europäischen Automobilhersteller) und Concawe (Vereinigung in Europa wirtschaftenden Ölkonzernen).
- 207 Ein Fahrzeug wird zumeist weniger als eine Stunde am Tag gefahren, 23 Stunden am Tag ist es abgestellt. Bei einem Verbrauch von 18 kWh pro 100 Kilometer (inklusive Ladeverluste) errechnet sich ein Energiebedarf von 7,2 kWh, der mit einer Ladeleistung von 3,6 kW in zwei Stunden geladen werden kann.
- 208 Eingesetzt wird diese Technik beispielsweise beim Honda Civic.
- 209 Energetischer Endenergieverbrauch 2008: 1093 PJ, Anteil elektrischer Energie 19 Prozent (208 PJ beziehungsweise 58 TWh)¹⁴²
- 210 Es ist zu erwarten, dass einerseits die Wirkungsgrade von Hochleistungsmodulen weiter steigen, andererseits aber auch weniger effiziente Technologien eingesetzt werden, wenn diese deutliche Kostenvorteile bieten. So ergibt sich ein eher vorsichtiger Wert für die mittlere Effizienz. Wird ein mittlerer Nenn-Modulwirkungsgrad von 12,5 Prozent angenommen, so sind je Kilowatt peak (kWp) Nennleistung acht Quadratmeter Modulfläche erforderlich (das entspricht 125 Megawatt pro Quadratkilometer Modulfläche). Für das Jahr 2050 wird erwartet, dass diese Fläche kleiner als fünf Quadratmeter je kWp sein wird. Die Nennleistung der Module wird für Standard-Testbedingungen gemessen und garantiert.
- 211 Für die einspurigen Fahrzeuge macht das in Summe 25 Gigawattstunden, für Pkw 2.400 und für die leichten Nutzfahrzeuge 224 Gigawattstunden jährlich.
- 212 Für die Kategorie Lkw, Zugmaschinen etc. mit vergleichsweise schweren beziehungsweise leistungsstarken Typen wurde in der Modellrechnung kein nennenswerter Ersatz durch Elektro-Fahrzeuge vorgegeben.
- 213 Für die Rohstoffverfügbarkeit von Lithium wird von einer Mindestreservebasis im Jahr 2005 von 13,46 Millionen Tonnen Lithium auf Basis von Meridian International Research 2006¹⁴⁷ ausgegangen. Die Abbaquote wird auf Basis von FITT Research, Deutsche Bank 2008⁶⁰ mit durchschnittlich 210.000 Tonnen pro Jahr im Zeitraum zwischen den Jahren 2006 und 2020 (Abbaquote im Jahr 2006 rund 70.000 Tonnen, Prognose für das Jahr 2020 rund 320.000 Tonnen pro Jahr nach derzeitigem technischem Stand), sowie ab dem Jahr 2021 mit einer maximalen jährlichen Abbaquote von 320.000 Tonnen angenommen. Spätestens ab dem Jahr 2030 wird die angenommene jährliche Förderquote von rund 320.000 Tonnen die weltweite Nachfrage an Lithium nicht mehr decken können.⁶⁰ Eine vollständige Erschöpfung der derzeit weltweit bekannten Lithiumressourcen ist bei den zugrundeliegenden Abbaquoten etwa ab dem Jahr 2050 zu erwarten.
- 214 Gemäß §1 Abs. 2a Kraftfahrzeuggesetz 1967 gelten elektrisch angetriebene Fahrräder nicht als Kraftfahrzeuge, sondern als Fahrräder im Sinne der StVO 1960. Wird eine Bauartgeschwindigkeit von 20 km/h beziehungsweise die höchstzulässige Leistung von 400 Watt überschritten, so sind Pedelecs als Kraftfahrzeuge im Sinne des §2 Abs. 1 Z 4 und 14 Kraftfahrzeuggesetz als Kraftrad beziehungsweise Motorfahrrad zu sehen, sofern die Bauartgeschwindigkeit zwischen 20 und 45 km/h liegt. Für diese gilt die Straßenbenützung-, Versicherungs- und Helmpflicht, sowie Ausrüstung mit Sicherheitseinrichtungen im Sinne des Kraftfahrzeuggesetzes (Beleuchtung).
- 215 Gemeint ist hier der Endenergieverbrauch ohne Berücksichtigung der Pumpspeicherung.
- 216 Gemeint sind hier Mopeds, Mofa und Motorräder, die rechtlich als Kfz gelten und nicht als Fahrräder (vergleiche Kapitel Elektrische Zweiräder, Seite 34).
- 217 Gezählt wurde nicht die Anzahl der Carsharing-Stationen pro Staat insgesamt, sondern nur die Anzahl jener Städte und Gemeinden in denen es Carsharing-Angebote gibt. Mehrere Standorte innerhalb einer Stadt oder Gemeinde zählen als Eins.
- 218 Grenzkosten sind die Kosten einer zusätzlich gefahrenen Strecke. Bei Elektro-Autos sind die Anschaffungskosten relativ hoch (zwischen 25.000 und 50.000 Euro für Kleinwagen), dafür ist der Betrieb und damit der zusätzlich gefahrene Kilometer relativ billig, was viele Leute, die ein Elektro-Auto besitzen, dazu verleiten könnte, mehr damit zu fahren.
- 219 Große Entfernungen werden in einer Anfangsphase für rein elektrische Fahrzeuge eine große Hürde darstellen, da für diesen Einsatz noch keine Ladeinfrastruktur vorhanden ist und die Batterien (noch) nicht die Energiedichten für diese Reichweiten aufweisen. Anfangs wird der Einsatz von Plug-In-Hybrid-Fahrzeugen mit Range Extender in einen bedeutenden Zwischenschritt darstellen. Ein Range Extender ist ein Zusatzaggregat in Form eines kleinen Verbrennungsmotors, der nur die Batterie, aber nicht direkt den Antrieb speist und deshalb nur am optimalen Betriebspunkt betrieben wird.
- 220 Hier wird für das Jahr 2020 ein Flächenbedarf von acht Quadratmeter pro Megawattstunde und Jahr angenommen sowie ein durchschnittlicher Verbrauch von 18 Kilowattstunden pro 100 Kilometer.
- 221 Hier wird mit einem Flächenbedarf von 15 Quadratmeter pro Megawattstunde und Jahr gerechnet.
- 222 Im Allgemeinen werden diese Zeiten in der Nacht liegen. Bei erneuerbaren Energien wie Wind und Photovoltaik können aber auch tagsüber Erzeugungsüberschüsse auftreten.
- 223 In Deutschland ist diese Grenze mit 250 Watt Dauerleistung wesentlich niedriger, was auch dem Limit durch die EU-Richtlinie 2002/24/EC entspricht. Diese Richtlinie schreibt auch vor, dass der Motor nur bis 25 km/h unterstützen darf.³¹
- 224 In Kärnten (Koralpe) befindet sich das größte Lithiumoxid-Vorkommen Europas. Der niedrige Weltmarktpreis für Lithium machte die Förderung bisher unwirtschaftlich, dies könnte sich in Zukunft aber aufgrund der hohen Nachfrage ändern.¹³⁶
- 225 In Kärnten fördert die Stadt Klagenfurt die Anschaffung eines Elektro-Autos mit 120 Euro und gewährt zusätzlich einen Umweltbonus von 100 Euro. Die Gemeinde Arnoldstein ersetzt ein Drittel der Anschaffungskosten eines Elektro-Fahrzeuges, höchstens jedoch 2.500 Euro. In Niederösterreich unterstützt die Marktgemeinde Perchtoldsdorf Käuferinnen und Käufer von Elektro-Autos durch Erstattung von bis zu 20 Prozent der Kosten, maximal jedoch 1.500 Euro. Die Stadtgemeinde Gänserndorf übernimmt ebenfalls bis zu 20 Prozent der Kosten, maximal jedoch 1.500 Euro. Die Marktgemeinde Purgstall an der Erlauf gewährt einen Zuschuss von 150 Euro beim Kauf eines Elektro-Autos. Die Stadtgemeinde Amstetten ersetzt bis zu 20 Prozent der Anschaffungskosten, höchstens aber 750 Euro. Die Förderung in Salzburg ist auf 30 Prozent der gesamten förderungsrelevanten Investitionskosten begrenzt.
- 226 Kombinierte Mobilität im Mobilitätsverbund ist intermodal und multimodal. Intermodal heißt, einen Weg mit mehreren Verkehrsmitteln zurückzulegen, und multimodal, für jeden Weg und jede Wegekette das am besten geeignete Verkehrsmittel oder deren Kombination zu wählen.
- 227 NOx (Stickoxide) sind Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂). Gesundheitsschädlich für den Menschen ist vor allem NO₂. An verkehrsbelasteten Standorten beträgt der Anteil von NO₂ an NOx knapp die Hälfte. Die Grenze für den Jahresmittelwert der Stickstoffdioxid-Konzentration liegt bei 30 Mikrogramm pro Kubikmeter. Bis Ende des Jahres 2009 gilt eine Toleranz von zehn Mikrogramm, bis Ende des Jahres 2011 eine Toleranz von fünf Mikrogramm. Ab dem Jahr 2012 fällt die Toleranz ganz weg.
- 228 Praxisberichten zufolge halten die Bremsscheiben von Hybrid-Fahrzeugen in etwa doppelt so lange wie jene konventioneller Fahrzeuge. Diese Daten lassen sich wissenschaftlich bisher nicht bestätigen.
- 229 Reduktion des Großhandelspreises: 295 Millionen Euro, Einsparung bei Energieimporten: 63 Millionen Euro, vermiedene externe Kosten: 215 Millionen Euro.
- 230 Solarzellen nutzen die halbleitenden Eigenschaften von Materialien, um durch die Absorption von Licht Ladungsträgerpaare zwischen unterschiedlichen Energieniveaus zu erzeugen. Der theoretische maximale Wirkungsgrad von Systemen mit nur zwei Energieniveaus – wie beim bislang am häufigsten verwendeten kristallinen Silizium hoher Reinheit – ist 33 Prozent. Im Labor werden mit monokristallinem Silizium 25 Prozent, in der Massenfertigung mit Standardverfahren 17 Prozent, mit speziellen Konzepten mehr als 20 Prozent Zellwirkungsgrad erreicht.⁵⁸
- 231 Stand Mai 2009
- 232 ThInk Global AS ist ein norwegisches Unternehmen, welches das Elektro-Auto ThInk City produziert. Seit November 2007 wird der Wagen in Serie produziert. Eine Jahresproduktion von 10.000 Stück soll möglich sein. Die Reichweite soll zirka 180 Kilometer betragen. Der ThInk City wird zunächst nur in Norwegen erhältlich sein, wo der benötigte Strom umweltfreundlich mit Wasserkraft produziert wird. Schweden und Dänemark sollen folgen, in einem weiteren Schritt auch London, Paris, Berlin und Mailand. Der Preis für das Fahrzeug soll bei 20.000 Euro liegen. Die Batterie ist im Kaufpreis nicht enthalten, sie verbleibt im Eigentum von ThInk. Das Unternehmen hebt jeden Monat einen Mobilitätsbeitrag von etwa 200 Euro für Nutzung, Full-Service-Wartungsvertrag und Versicherung ein. ThInk plant zusätzlich CO₂-Kompensationsprojekte einzuführen, sodass jeder ThInk-Fahrer in welcher Stadt auch immer CO₂-neutral unterwegs sein kann.
- 233 Typischerweise kann in etwa ein Drittel der Bremsenergie in elektrische Energie umgewandelt und dem Akku zugeführt werden (37 Prozent).³⁸
- 234 Unter dem Markennamen GoingGreen wird in Großbritannien seit 2004 der G-Wiz vertrieben. Entwickelt wurde das Elektro-Auto in Kalifornien. Hersteller ist die indische Firma Reva, welche in Bangalore produziert. Im Februar 2008 war Going Green der größte Zero-Emission-Auto Auslieferer weltweit. Im Jahr 2007 gab es mehr als 900 G-Wiz-Fahrzeuge im Londoner Verkehr. Mittlerweile gibt es bereits die 3. Generation des G-Wiz. Nach zirka 3,25 Stunden ist der Lithium-Ionen-Akku des G-Wiz bereits zu 80 Prozent geladen, für eine volle Ladung sind sechs Stunden notwendig, wobei eine handelsübliche Steckdose ausreichend ist.⁶⁵
- 235 Unter einem thermischen Runaway ist der nicht kontrollierte Anstieg der inneren Zelltemperatur zu verstehen. Dieser kann auf externe Einflüsse, wie etwa Hitze, Überladung, Überentladung, Hochstrom-Aufladung oder mechanische Beschädigungen zurückgeführt werden. Übersteigt die innere Hitzeentwicklung durch externe Einflüsse die Kühlkapazität des Systems, so kann ein thermischer Runaway nicht eingedämmt werden und extreme Folgen, wie Auslaufen, Entgasen, Rauch, Brand bis zur Explosion sind möglich.
- 236 Wattstunden pro Liter (Wh/l) gibt an, wie viel Energie ein Liter Batterievolumen speichern kann.
- 237 WBGU-Prognose der Entwicklung der Weltenergiewirtschaft: für das Jahr 2010 insgesamt 520 EJ, davon etwa 18 Prozent erneuerbar (Wasserkraft, Biomasse, Wind), für das Jahr 2050 insgesamt 1.200 EJ, 50 Prozent erneuerbar, für das Jahr 2100 insgesamt 1.600 EJ, davon 86 Prozent erneuerbar.¹⁷⁹
- 238 Zu den erneuerbaren Energien zählt auch Energie aus Wasser-Großkraftwerken, die allerdings nicht dem Ökostrom zugerechnet wird.
- 239 Zwar waren noch einige Zeit lang Wachseffekte zu verzeichnen, doch die gehen auf das Ökostromgesetz 2002 bis 2006 zurück: Anlagen, die bereits eine rechtliche Zusicherung bekommen hatten, wurden noch fertig gestellt.

VCÖ-Schriftenreihe

Mobilität mit Zukunft

- 2009:
„Potenziale von Elektro-Mobilität“
„Soziale Aspekte von Mobilität“
- 2008:
„Sicherer Straßenverkehr durch Vision Zero“
„Ballungsräume – Potenziale für nachhaltige Mobilität“
„Verkehr 2020 – Ziele und Entwicklungen“
„Klimaschutz im Verkehr“
- 2007:
„Automobilität – Grenzen als Chance“
„Raumordnung und Verkehrsentwicklung“, vergriffen
„Pricing – Verkehr nachhaltig steuern“
„Mobilität und demografischer Wandel“
- 2006:
„Fokus Energieeffizienz im Verkehr“
„Radfahren – Potenziale und Trends“
„Lkw-Maut auf allen Straßen“, vergriffen
„Fokus Flugverkehr“
- 2005:
„Ökonomisch effizienter Verkehr“
„Brennpunkt Verkehrssicherheit“
„Effizienter Güterverkehr“
„Öffentlicher Verkehr mit Zukunft“
- 2004:
„Gesundheit und Verkehr“
„Wirtschaftsfaktor Öffentlicher Verkehr“
„Kinder – die Verlierer im Verkehr“
„Mobilitätsmanagement“
- 2003:
„Wirtschaftsfaktor Verkehrsinfrastruktur“
„Mobilität 2020. Trends – Ziele – Visionen“, vergriffen
„Verkehrslärm“
„Grenzen überwinden im Verkehr“
- 2002:
„Gefährdung des Wassers durch Verkehr und Transport“
„Die verkehrssichere Gemeinde“
„EU-Erweiterung – Chance für Österreich“
„Neue Technologien für sichere und barrierefreie Mobilität“
- 2001:
„Wettbewerb im Öffentlichen Verkehr“
„Sicher gehen in Stadt und Dorf“
„Mobilitätsmanagement für Schulen“, vergriffen
„Wohlstand und Beschäftigung“
- 2000:
„Marketing für sichere, umweltorientierte Mobilität“
„Mit Sicherheit mobil – Straßen ohne Todesopfer“, vergriffen
„Wohlstand durch effizienten Verkehr“, vergriffen
„Lkw-Maut und Straßengebühren“, vergriffen
„Auto-Umweltliste“, vergriffen
- 1999:
„Mobilität lernen“
„Jugend & Mobilität“
„Senioren & Mobilität“
„Auto-Umweltliste“, vergriffen
- 1998:
„Unterwegs zur Universität“
„Freizeitmobilität“
„Leistungsfähiger Verkehr durch effiziente Preise“, vergriffen
„Auto-Umweltliste“, vergriffen
- 1997:
„Carsharing“
„Arbeitswege neu organisieren“
„Flugverkehr – Wachstum auf Kosten der Umwelt“, vergriffen
„Klimafaktor Mobilität“, vergriffen
„Auto-Umweltliste“, vergriffen
- 1996:
„Flexibler Öffentlicher Verkehr“, vergriffen
„Frauen & Mobilität“, vergriffen
„Einkaufsverkehr“, vergriffen
„Alpentransit – Güterzüge statt Lkw-Kolonnen“
„Auto-Umweltliste“, vergriffen
- 1995:
„Wege zum autofreien Wohnen“
„Straßen zum Radfahren“
„Straßen für Kinder“, vergriffen
„Auto-Umweltliste“, vergriffen
- 1994:
„Straßenbahn 2000“
„Wege zum Autofreien Tourismus“
„Sanfte Mobilität in Europas Städten“, vergriffen
„Auto-Umweltliste“, vergriffen
- 1993:
„Vorrang für Fußgänger“, vergriffen
„Kostenwahrheit im europäischen Verkehr“, vergriffen
„Elektrofahrzeuge“, vergriffen
„Auto-Umweltliste“, vergriffen
- 1992:
„Elektromobil-Liste“, vergriffen
„Europa der Fußgänger“, vergriffen
„Auto-Teilen“, vergriffen
„Auto-Umweltliste“, vergriffen
- 1991:
„Verkehrsgerechtes Kind – kindgerechter Verkehr“, vergriffen
„Sanfte Mobilität“, vergriffen
„Solare Aussichten“, vergriffen
„Auto-Umweltliste“, vergriffen
- 1990:
„Unterwegs zur Universität“, vergriffen
„Das Fahrrad im Verkehr“, vergriffen
„Verkehr – Vom Erkennen zum Handeln“, vergriffen
„Solarmobile und Photovoltaik“, vergriffen

Stand: Mai 2009

Potenziale von Elektro-Mobilität

Vor allem um die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern und um eine klimaverträglichere Mobilität zu fördern, erlangen im Individualverkehr Elektro-Fahrzeuge zunehmend Bedeutung.

In der VCÖ-Publikation „Potenziale von Elektro-Mobilität“ werden die Vor- und Nachteile von Elektro-Fahrzeugen analysiert. Die Rahmenbedingungen, die für einen sinnvollen Einsatz von Elektro-Fahrzeugen nötig sind, werden ebenso dargestellt wie Einsatzmöglichkeiten, Energiebilanzen und Fragen zur Infrastruktur.

Die Publikation gibt einen Überblick über Chancen, Risiken und Herausforderungen, die durch einen verstärkten Einsatz von Elektro-Fahrzeugen für die Zukunft entstehen.

The Potentials of Electric Transport

In private transport, electric vehicles are increasingly gaining attention, primarily in order to reduce dependence on fossil fuels and also to promote climate-friendlier forms of mobility.

VCÖ's publication on the potentials of electric transport analyses the pros and cons of electric vehicles. It outlines the general conditions that are required for a sensible use of electric vehicles, as well as possible areas of use, life cycle issues and questions regarding infrastructure.

This publication provides an overview of the opportunities, risks and challenges that an increased use of electric vehicles will bring about for the future of mobility.

Les potentiels de l'électromobilité

C'est notamment dans le but de réduire la dépendance des combustibles fossiles et de promouvoir une mobilité respectueuse du climat que le trafic individuel mise de plus en plus sur les voitures électriques.

La publication de la VCÖ intitulée «Les potentiels de l'électromobilité» analyse les avantages et les inconvénients des véhicules électriques et présente les conditions cadre nécessaires à un emploi judicieux des véhicules électriques, leur bilan énergétique et les questions concernant l'infrastructure.

La publication démontre quelles sont les chances, les risques et les défis pour l'avenir de la mobilité, qui résultent d'un emploi accru des véhicules électriques.