

# Zukunftsszenarien der Elektromobilität

**Günther Brauner**

Technische Universität Wien, Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft,  
Gusshausstrasse 25/373, 1040 Wien, +43 1 58801 37310, brauner@ea.tuwien.ac.at,  
www.ea.tuwien.ac.at

**Kurzfassung:** Das elektrisch angetriebene Fahrzeug hat gegenüber dem mit Verbrennungsantrieb etwa nur ein Drittel des Energiebedarfs und erlaubt bei nachhaltiger Energiebereitstellung aus Wasserkraft, Wind oder Photovoltaik eine vollkommen emissionsfreie Mobilität. Derzeit werden 70% der Rohölimporte für den Pkw-Verkehr benötigt. Die Elektromobilität kommt dagegen mit nur etwa 12 bis 15 % des derzeitigen Elektrizitätsbedarfs aus. Damit wäre eine weitgehende Substitution des Ölbedarfs möglich. Das Elektromobil ist technologisch reif, lediglich bei der Batterie sind noch Entwicklungen zu leisten.

**Keywords:** Elektromobilität, Nachhaltig, Zukunft, Effizienz

## 1 Änderungen der Rahmenbedingungen und neue Herausforderungen

Die internationalen Klimaschutzziele geben Anreize zur Emissionsminderung und zum Umstieg auf Erneuerbare Energiequellen. Energieeffizienz und Bedarfsminderung im Endverbrauch stellen daher die wesentlichen Ziele der Zukunft in den internationalen Energiestrategien dar. Die Sektoren mit den größten Einsparungspotenzialen sind derzeit die Gebäude und die Mobilität. In Forschung und Entwicklung gibt es daher Initiativen in Richtung „Energieaktive Siedlungen und Infrastrukturen“ und „Nachhaltige und Emissionsarme Mobilität“. Der Mobilitätssektor ist derzeit der größte Abnehmer für Erdöl und hat in Europa einen Anteil von 70%. Risiken der Ölversorgung wirken sich daher insbesondere im Sektor Mobilität aus. Eine Betrachtung der nachhaltigen Mobilität darf nicht auf die Fahrzeugtechnologie beschränkt sein, sondern sie muss den Prozess ganzheitlich d.h. aus der Sicht des zukünftigen Mobilitätsbedarfs, der Fahrzeugtechnologien, der nachhaltigen Energieversorgungsmöglichkeiten, der Speichermöglichkeiten und der Energieinfrastrukturen für die Ladung und den evtl. möglichen Energieaustausch zwischen Fahrzeug und Netz betrachten. In mehreren Forschungsprojekten auf dem Gebiet Elektromobilität wurden und wird dies betrachtet.

Die Entwicklung der „Megacities“ in vielen Regionen der Welt wird einen großen Einfluss auf die Fahrzeugtechnologien und die Versorgungsinfrastrukturen der Zukunft haben. Heute lebt bereits die Hälfte der Menschheit in Großstädten. Prognosen gehen davon aus, dass im Jahr 2050 etwa 80% in Großstädten leben wird.

Effiziente Fahrzeuge mit niedrigen Emissionen werden daher in Zukunft zur Lösung der Mobilitätsprobleme benötigt [1]-[4]. Der Individualverkehr der Zukunft kann in die folgenden

drei wesentlichen Sektoren unterteilt werden: (a) Zentren der Großstädte und Ballungszentren, (b) Nahverkehr in den großflächigen Siedlungsflächen um die Großstädte und (c) Fernverkehr zwischen den Ballungsgebieten. In den Zentren der Großstädte wird zukünftig der Verkehr durch U-Bahn, Straßenbahn, Bus, Fahrrad und Fußgänger bestimmt. Individualverkehr mit konventionellen Automobilen wird eher zurückgedrängt und mit Fahrverboten oder Einschränkungen für konventionelle Antriebe und Erlaubnis nur für emissionsarme Fahrzeuge wie z.B. Elektrofahrzeuge belegt.

In den ausgedehnten Siedlungsgebieten um die Großstädte mit niedriger Siedlungsdichte ist dagegen ein attraktiver öffentlicher Nahverkehr mit kurzen Intervallzeiten und flächiger Anbindung wirtschaftlich kaum darstellbar. Hier könnten zukünftig elektrische Fahrzeuge eine Möglichkeit für eine emissionsarme und nachhaltige Mobilität bieten, die aus regenerativen Quellen wie Wind- oder Solarenergie gespeist werden.

Im Bereich des Fernverkehrs sind rein elektrische Antriebssysteme derzeit technologisch noch nicht reif. Batterietechnologien für die Schnellladung im Bereich von 5 bis 10 Minuten sind nur im Labor verfügbar. Die hohen Ladeströme im Bereich bis zu einem Kiloampere stellen technologische Herausforderungen für die Sicherheit von Anlagen und Personen dar. Im Bereich des Fernverkehrs hat daher das Fahrzeug mit konventionellem emissionsarmen Verbrennungsmotor weiterhin eine Chance. Auch elektrische Antriebe mit einem Verbrennungsmotor zur Batterieladung (Serieller Hybridantrieb oder Range-Extender) haben hier ein Zukunftspotenzial. Im Fernverkehr kann der Treibstoff zur Versorgung dieses Generatormotors an den vorhandenen Tankstellen aufgenommen werden und im Nahverkehr kann dieser abgeschaltet werden und es ist ein rein elektrischer Antrieb verfügbar, der zudem aus der Steckdose nachgeladen werden kann. Auch Batterieaustauschtechnologien stellen eine Möglichkeit für den Fernverkehr dar.

Die Fortschritte in der Weiterentwicklung insbesondere der Lithium-Ionen Batterien werden dem elektrischen Fahrzeugen bald zum Durchbruch verhelfen. Die Nachladung dieser Fahrzeuge stellt für die elektrischen Energieversorgungsnetze eine große Herausforderung dar, insbesondere wenn die Durchdringungsrate hoch ist und viele Fahrzeuge am Abend gleichzeitig in Schnellladetechnik aufgeladen werden sollen. Werden dagegen Technologien und Logistiken zur zeitversetzten langsamen Nachladung eingeführt, ist eine Nachladung vieler Fahrzeuge ohne Überlastung der Netze möglich.

## **2 Mobilitätsbedürfnisse heute und morgen**

Die Siedlungsgebiete der Welt entwickeln sich zu großen städtischen Ballungsgebieten. Bild 1 zeigt, dass derzeit die Bevölkerung der städtischen Siedlungsgebiete die der ländlichen überholt. Die Megacities erreichen derzeit im Stadtkern bis zu 15 Mio. Einwohner und insgesamt mit den Randzonen bis 50 Mio. Mit der Verbesserung des Lebensstandards durch Industrialisierung ziehen immer mehr Menschen in die suburbanen Siedlungsräume, wo sie in Einfamilienhäusern oder Siedlungen umgeben von Grünzonen leben können. In den ausgedehnten suburbanen Siedlungsgebieten mit geringer Bevölkerungsdichte ist es kaum möglich, einen öffentlichen Nahverkehr attraktiv und wirtschaftlich zu betreiben. Individuelle Mobilität ist in diesen Regionen daher in Zukunft erforderlich.

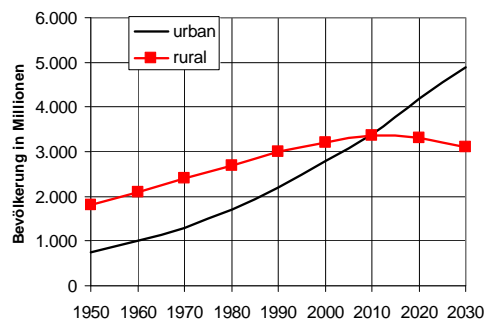


Bild 1 Entwicklung der Wohnbevölkerung [UN]

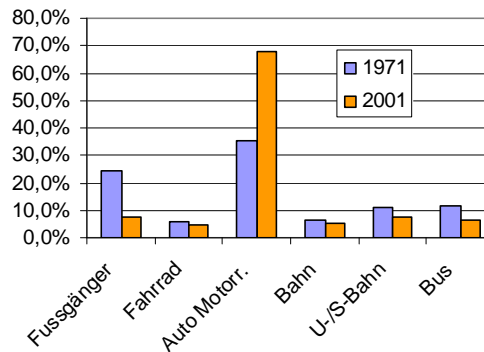


Bild 2 Änderung des Mobilitätsverhaltens in Österreich [Östat]

Das Mobilitätsverhalten hat sich in den letzten 30 Jahren stark verändert, wie Bild 2 zeigt. Im Jahr 1971 hatten die Fußgänger beim Weg zur Arbeit noch einen Anteil von 24 % und 36 % benutzten ein Fahrzeug. Im Jahr 2001 waren der Anteil der Fußgänger nur noch 7,6 % und 68 % waren mobil. Dies ist nicht nur eine Konsequenz der Entwicklung der großstädtischen Ballungsräume sondern auch eine Folge der Konzentration in der Produktion und im Handel.

Mobilität hat heute einen hohen Anteil am Ölbedarf, in Österreich sind dies 64 % (Bild 3) und in Europa etwa 70%. Ein großes Potenzial zur Senkung der Treibhausgase und zur Erhöhung der Effizienz stellt daher der Sektor Verkehr dar.

### Anteile an Mineralölprodukten

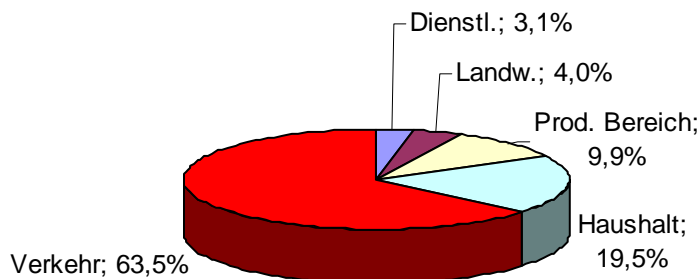


Bild 3 Öl-Endverbrauch [Östat]

Die mittlere einfache Wegstrecke des Berufsverkehrs liegt heute bei 12 bis 20 km. Das Verkehrsaufkommen wird bis zum Jahr 2050 weiter um etwa 40% zunehmen. Durch die Ausweitung der Siedlungsgebiete wird der Individualverkehr zunehmen und für den zukünftigen Stop-and-Go-Verkehr der Ballungsgebiete in den Hauptverkehrszeiten ist das Automobil der Zukunft zu entwickeln. Dies bedeutet: hohe Effizienz, nachhaltige Energie für den Verkehr und „zero emission“.

Elektrofahrzeuge erscheinen für die Aufgaben des Nahverkehrs in den Ballungsgebieten am besten geeignet und können die soeben aufgestellten Anforderungen gut erfüllen. Die

Entwicklung eines effizienten Fahrzeugs mit niedrigen Emissionen ist technisch keine Herausforderung mehr, da alle Komponenten wie elektrischer Motor und Leistungselektronik verfügbar sind. Lediglich die Li-Ion-Batterie, die zwar in Kleinserien verfügbar ist, bedarf bis zur großtechnischen Anwendung noch etwas an Entwicklung.

### 3 Potenziale zur Effizienzsteigerung durch Elektromobilität

Verschiedene Verkehrsträger wurden einer Effizienzanalyse unterzogen (Tab. 1). Hierbei zeigt sich, dass die mittlere Effizienz durch die eingesetzte Technologie und die mittlere Ausnutzung der Verkehrsträger bestimmt wird. Insbesondere die geringe Auslastung während der Zeiten mit geringen Verkehrsaufkommen vermindert die mittlere Effizienz des öffentlichen Personen Nahverkehrs (ÖPNV), da er für einen attraktiven Fahrplan auch hier eine ausreichende Taktrate anbieten muss.

Verkehrsträger	Energie-Bedarf kWh/100 km	Sitzplätze	Mittlere Auslastung %	Energie je Pass. kWh / 100km	Energie je Pass. Liter* / 100 km
Flugzeug A320-200	3.500	150	70	33	3,7
ICE 200 km/h	3.700	700	30	18	2,0
Regionalbahn	1.800	500	20	18	2,0
U-Bahn	1.900	600	21	15	1,7
Bus	360	40	20	45	5,0
Pkw fossil	55	4	30	46	5,2
Hybrid-Auto	40	4	30	33	3,8
Elektrofahrzeug	18	4	30	15	1,7

) in Liter Benzinäquivalent

Tabelle 1: Energieeffizienz von Verkehrsträgern [Brauner]

Die an sich sehr effizienten elektrischen Bahnen verlieren hierdurch im Fern- und Nahverkehr deutlich an Effizienz. ICE, Regionalbahnen und U-Bahnen haben durch das hohe Verkehrsaufkommen in den Hauptverkehrszeiten aber immer noch eine gute Bilanz mit unter 2 Liter Benzinäquivalent je 100 Personenkilometer (Pkm). In den dünn besiedelten Regionen dominiert der Bus den ÖPNV. Wegen des geringen Verkehrsaufkommens kann er hier kaum besser als der Pkw sein. Beim klassischen Verbrennungsantrieb ist die Motorleistung für die Höchstgeschwindigkeit ausgelegt. Im Nahverkehr werden nur etwa 5 bis 10% der Antriebsleistung benötigt, wodurch sich eine niedrige Effizienz je 100 Passagierkilometer ergibt.

Wie Tab. 1 zeigt, erreicht das Elektrofahrzeug im Individualverkehr die Effizienz der U-Bahnen. Es eignet sich daher besonders, für die suburbanen Flächensiedlungen als Nahverkehrsmittel, da es die Effizienz der U-Bahnen in die Fläche tragen kann. Es benötigt dabei nur ein Drittel der Energie von konventionellen Verbrennungsantrieben.

## **4 Entwicklungstendenzen beim Elektrofahrzeug**

### **4.1 Entwicklungstendenzen des Elektrofahrzeugs**

Die Entwicklung des Automobils begann mit dem elektrischen Antrieb. Ferdinand Porsche entwickelte 1898 in der „Hofwagenfabrik Ludwig Lohner“ in Wien ein elektrisches Fahrzeug, das auf der Weltausstellung in Paris im Jahr 1900 großes Interesse fand (Bild 4). Als Frontantrieb dienten zwei Radnabenmotoren, die eine Masse von jeweils 115 kg bei einer Dauerleistung von je zwei kW hatten. Jeder dieser Motoren konnte für 20 min. mit 5 kW betrieben werden. Auch ein Allradantrieb und ein Hybridauto wurden bereits realisiert. Als Beispiel zur Veranschaulichung des technischen Fortschritts soll das „Active Wheel“ von Michelin dienen (Bild 5). Es hat eine Masse von 30 kg und enthält zwei Elektromotoren. Der Antriebsmotor hat eine Masse von 5 kg bei einer Dauerleistung von 30 kW und kann für 20 Sekunden mit 60 kW betrieben werden. Der zweite Motor dient zur Verstellung der Federung, um diese an die Fahrstrecke anpassen zu können.

Reine Elektrofahrzeuge ohne Verbrennungsmotor können entweder mit einem zentralen Elektromotor ausgeführt werden, der über ein Differentialgetriebe die Ränder antreibt, oder als Getriebelose Variante mit Radnabenmotoren.

Hybridantriebe können entweder als paralleler oder serieller Antrieb ausgeführt werden (Bild 6). Beim parallelen Hybridantrieb sind ein Verbrennungs- und ein Elektromotor parallel geschaltet. Der Verbrennungsmotor übernimmt die Funktion des Grundantriebs und der Elektromotor wird bei Beschleunigungsvorgängen zugeschaltet oder bei Bremsvorgängen als Generator zur Rückgewinnung der Bremsenergie verwendet.

Beim seriellen Hybridantrieb erfolgt der Antrieb rein elektrisch, der dann für die Spitzenleistung bei Beschleunigungsvorgängen auszulegen ist. Der Verbrennungsmotor ist mit einem Generator zusammenschaltet, der die mittlere Antriebsleistung des Fahrzeugs aufbringen muss und dessen Aufgabe die stetige Nachladung der Batterie ist. Der Verbrennungsmotor kann daher etwas kleiner ausgelegt werden und immer im optimalen Arbeitspunkt bei höchstem Wirkungsgrad und geringsten Emissionen betrieben werden. Im normalen Automobil wird der Verbrennungsmotor für die Spitzenleistung bei hohen Geschwindigkeiten oder großen Beschleunigungen ausgelegt, wird aber die meiste Zeit, z.B. beim Stop-and-Go-Verkehr nur ineffizient in einem Teillastbereich eingesetzt. Ein Vorteil des seriellen Hybridantriebs ist auch, dass er im städtischen Verkehr rein elektrisch fahren und über die Steckdose geladen werden kann und im Fernverkehr an den Tankstellen rasch aufgetankt werden kann.

### **4.2 Batterieentwicklung und Ladeinfrastrukturen**

Bei den Antriebsbatterien scheint sich die Lithium-Ionen-Technologie durchzusetzen. Sie hat derzeit eine spezifisches Energie-Massenindex von etwa 160 Wh/kg und einen Leistungs-

Massenindex von etwa 500 W/kg. Die zukünftigen Entwicklungsziele liegen bei 200 Wh/kg und 1.000 W/kg.



Bild 4 Lohner-Porsche mit elektrischen 2 kW-Radnabenmotoren an den Vorderrädern (Technisches Museum Wien).



Bild 5 Michelin Aktive Wheel mit 30-kW-Radnabenmotor 2008.

Bei einem Vergleich verschiedene Batterietechnologien ergeben sich für eine Fahrzeugbatterie mit einer Kapazität von 20 kWh die folgenden Massen: Bleibatterie 1.000 kg; Nickel-Cadmium Batterie 500 kg; Nickel-Metallhydrid Batterie 300 kg; Na / NiCl<sub>2</sub> (ZEBRA-Batterie) 200 kg und Li-Ion Batterie 130 kg.

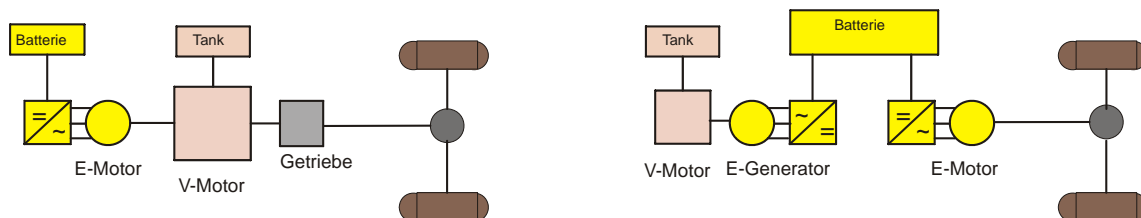


Bild 6 Paralleler (links) und serieller (rechts) Hybridantrieb

Die Ladelogistik für elektrische Fahrzeuge für den Nahverkehr ist relativ einfach. Bei einer täglichen mittleren Gesamtwegstrecke von etwa 40 km entsteht ein elektrischer Energiebedarf von etwa 5 kWh. Diese kann aus dem öffentlichen Netz bezogen werden, ohne dass dafür Netzverstärkungen erforderlich sind. Um die Netzbelastungen gering zu halten, ist eine zeitlich und räumlich verteilte Ladelogistik erforderlich. Da Fahrzeuge über 90% der Dauer geparkt sind, ist eine Nachlademöglichkeiten an Parkplätzen, in Parkhäusern und an Orten mit längerem Aufenthalt, wie Gaststätten, Kinos, Einkaufszentren sowie in Wohngebieten vorteilhaft.

Falls Fahrzeuge mit reinem Elektroantrieb im Fernverkehr eingesetzt werden sollen, sind Schnellladeverfahren erforderlich. Entweder können dabei Hochleistungsbatterien verwendet werden, die zukünftig in etwa 10 Minuten geladen werden können. Dies entspricht Ladeströmen von bis zu einem Kiloampere und Anschlussleistungen bis zu 500 kVA. Bei den

hohen Ladeströmen sinken die Ladewirkungsgrade durch die Verlustwiderstände ab und das thermische Batteriemangement, das Ladetemperaturen über etwa 40°C vermeiden soll, kann zu Ladungsbegrenzungen führen. Weiterhin erscheinen derartig hohe Ladeleistungen risikoreich und erfordern besondere Maßnahmen für die technische und humane Sicherheit. Die Schnellladetechnologie erscheint daher derzeit noch nicht umsetzbar. Eine zweite Möglichkeit stellen Batterietauschsysteme dar. Dabei muss sichergestellt werden, dass eine ausreichende Anzahl von Batterien an den Wechselstationen immer verfügbar ist.

Das serielle Hybridfahrzeug bietet den Vorteil, dass es mit den beiden bereits existierenden Infrastrukturen Stromnetz und Tankstellen kompatibel ist. Es wird sich daher zumindest in der Einführungsphase der Elektromobilität im Markt gut durchsetzen können, wenn es im Vergleich zum konventionellen Fahrzeug in den Gesamtkosten konkurrenzfähig ist.

Elektrische Antriebe haben einen deutlich geringeren Energiebedarf als Verbrennungsantriebe. Ein elektrisches Kleinfahrzeug benötigt unter dem Europäischen Fahrzyklus etwa 10 bis 12 kWh/100km, ein Mittelklassefahrzeug etwa 15 kWh/100km und eine SUV etwa 20 bis 25 kWh/100km. Ein Vergleich der Antriebseffizienzen zeigt, dass der Elektroantrieb nur etwa ein Drittel der Energie eines Benzinantriebes benötigt.

Antrieb	Effizienz des Antriebes	mittlere Effizienz beim EU-Fahrzyklus
Benzinmotor	25 - 28 %	15 %
Dieselmotor	35 - 37 %	20 %
Elektromotor	60 - 80 %	45 %

Tabelle 2 Vergleich der Effizienz verschiedener Antriebskonzepte

Die hohen Wirkungsgrade des Elektroantriebes resultieren aus den hohen Wirkungsgraden im Teillastbetrieb, der Möglichkeit beim Stau den Motor einfach abzuschalten oder anschalten zu können und einen Teil der Bremsenergie zurück zu gewinnen und in der Batterie zu speichern.

Vergleicht man einen Antrieb mit Verbrennungsmotor, der einen mittleren Treibstoffbedarf von 6 Liter pro 100 km benötigt mit einem Elektroantrieb, so würde dieser nur etwa 2,0 Liter äquivalent verbrauchen bei einem mittleren Bedarf von 16 kWh/100km. Auch unter Berücksichtigung der Umwandlungs- und Übertragungswirkungsgrade der elektrischen Energieversorgung rechnet sich dies. Wenn die Energie aus einer Gas in einer Pipeline über ein modernes Kombikraftwerk, über ein Netz, über eine Ladeelektronik mit einem geladen und über einen Umrichter mit in den Elektromotor gelangt, entspricht dies einem äquivalenten Kraftstoffverbrauch von etwa 2 bis 3 Liter pro 100 km und ist damit immer noch effizienter als bei einem Verbrennungsmotor. Die große Zukunft des Elektroautos liegt aber insbesondere in der nachhaltigen Mobilität aus Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik.

## 5 Effiziente und nachhaltige Bereitstellung der Energie

Die Effizienz und Emissionsbilanz muss beim Elektrofahrzeug ganzheitlich betrachtet werden. Wenn Elektrizität aus thermischen Kraftwerken bereitgestellt wird, sind die Umwandlungs- Übertragungs- und Ladewirkungsgrade zu berücksichtigen, um eine Vergleichbarkeit mit Fahrzeugen bei Betankung mit fossilen Treibstoffen (tank to wheel) zu ermöglichen.

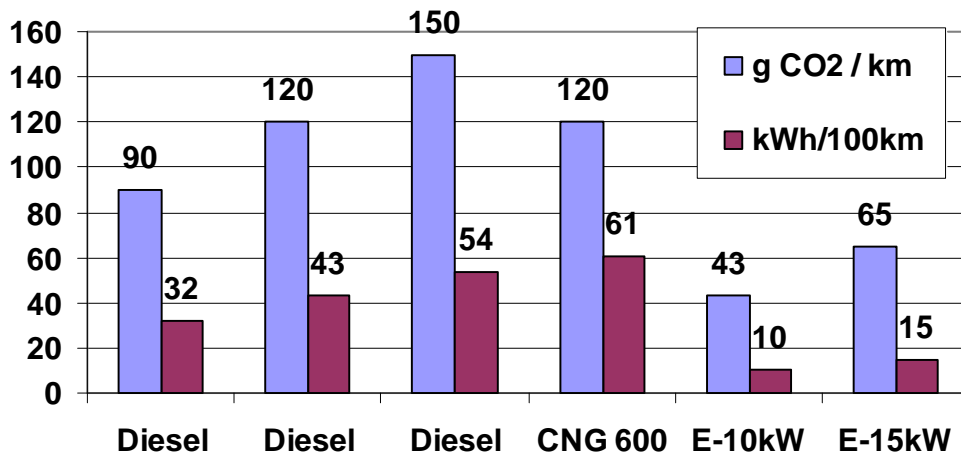


Bild 7 Spezifische Emissionen und spezifischer Energiebedarf von PKW

Vergleichsweise sind in Bild 7 Dieselfahrzeuge mit unterschiedlichen Antriebsleistungen und ein Fahrzeug mit Erdgasantrieb (600 bar, CNG600) in ihren Kennwerten dargestellt. Die Emissionen dieser Fahrzeuge mit Verbrennungskraftmaschinen der neuesten Generation liegen bei 90 bis 150 g CO<sub>2</sub>/100 km bzw. bei 32 bis 65 kWh/100 km.

Bei den Elektrofahrzeugen wird von einem modernen Gas-Kombikraftwerke mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 60%, einem Wirkungsgrad des Übertragungs- und Verteilnetzes von 95% und einem Wirkungsgrad der Batterie und des Umrichters im Fahrzeug im Lade-Entladezyklus von 80% ausgegangen. Hierdurch entstehen beim Elektrofahrzeug äquivalente Emissionen zur Elektrizitätsbereitstellung von 43 bzw. 65 g CO<sub>2</sub>/100 km. Wenn die Elektrizität aus einem modernen Kohlekraftwerk gewonnen wird, entstehen vergleichsweise äquivalente Emissionen von 72 bzw. 108 g CO<sub>2</sub>/100 km. Hier wird deutlich, dass der Abstand des Elektrofahrzeug bei fossiler Stromerzeugung bezüglich der Emissionen zum Dieselfahrzeug nur noch gering ist. Das Elektrofahrzeug vermeidet zwar Emissionen auf der Strasse und ist daher insbesondere für dicht besiedelte Regionen geeignet, es vermindert aber wenig bei fossiler Stromgewinnung die Emissions-Gesamtbilanz. Bei Elektrizitätsgewinnung aus Erdgas in modernen Kombikraftwerken liegt es gegenüber dem fortschrittlichen Erdgasfahrzeug (CNG600) um den Faktor drei in den Emissionen besser.

Für eine nachhaltige Entwicklung der Mobilität ist eine Energiebereitstellung aus regenerativen Quellen von großer Bedeutung. Für eine Fahrleistung von 10.000 km pro Jahr benötigt ein Elektrofahrzeug eine Photovoltaikanlage mit einer Kollektorfläche von etwa 20 m<sup>2</sup>. Eine Windenergieanlage von 2 MW kann bei 2.000 Volllaststunden etwa 2.000



Elektromobile versorgen. Die Jahresenergie des Wasserkraftwerks Freudenau mit 176 MW reicht für etwa 350.000 Elektrofahrzeuge. Insgesamt benötigt die Umstellung des vollständigen Pkw-Betriebes in Österreich auf Elektromobilität nur etwa 12 bis 15 % des derzeitigen Elektrizitätsbedarfs und ist damit auch durch Effizienzsteigerung und Energieeinsparungen in der Endanwendung von Elektrizität zu erreichen. Damit wäre es auch möglich, den Rohölbedarf erheblich zu vermindern.

## 6 Literatur

1. European Commission: *Impact assessment on a new approach for cleaner and more efficient vehicles. Directive proposal. COM(2007)817 final, Directive of the European Parliament and the Council on the Promotion of clean and energy efficient road transport vehicles.*
2. Brauner G. *Infrastrukturen für die Elektromobilität. Elektrotechnik und Informationstechnik (e&i) 3/2009.*
3. Brauner G. *Small vehicles for sustainable mobility. A3PS Conference: Hybrid and electrical vehicles, energy storage technologies and control systems. Vienna, October 21<sup>st</sup> 2008.*
4. Brauner G., Leitinger C. *Machbarkeitsstudie Solare Mobilität bis 2030. Studie im Auftrag des Ministerium für Landwirtschaft, Forsten und Umwelt 2008. (November 2008).*