

# Renews Spezial

## Ausgabe 30 / April 2010

Hintergrundinformationen  
der Agentur für Erneuerbare Energien

# Erneuerbare Elektromobilität

**Autor:**

Jörg Mühlenhoff

Stand: April 2010

**Herausgegeben von:**

**Agentur für Erneuerbare  
Energien e. V.**

Reinhardtstr. 18

10117 Berlin

Tel.: 030-200535-3

Fax: 030-200535-51

[kontakt@unendlich-viel-energie.de](mailto:kontakt@unendlich-viel-energie.de)

ISSN 2190-3581

**Schirmherr:**

„deutschland hat

unendlich viel energie“

Prof. Dr. Klaus Töpfer

**Unterstützer:**

Bundesverband Erneuerbare Energie

Bundesverband Solarwirtschaft

Bundesverband WindEnergie

Geothermische Vereinigung

Bundesverband Bioenergie

Fachverband Biogas

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

## Inhalt

• Zusammenfassung	4
• Elektromobilität wird wiederentdeckt	5
• Reichweiten von Elektrofahrzeugen reichen aus	5
• Sparsam und effizient ohne Öl mobil	7
• Klimakiller Verkehr	7
• Nur Erneuerbare Elektromobilität leistet Klimaschutz	8
• Erdölverbrauch und Treibhausgase halbieren	9
• Mit Elektrofahrzeugen Strom aus Erneuerbaren Energien speichern	10
• Mehr Kohle- und Atomstrom durch Elektroautos?	11
• Aktivitäten von Bundesregierung, deutschen Automobilbauern und Zulieferern	12

## Zusammenfassung

Elektrofahrzeuge sind leise, effizient und stoßen keine Schadstoffe aus. Nachdem die Bundesregierung mit dem Meseberger Klima- und Energiepaket im Sommer 2007 und mit dem Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität vom August 2009 erstmals nationale Ziele für Elektromobilität formuliert hat, entdeckt auch die deutsche Automobilindustrie den elektrischen Antrieb wieder.

Aber: Elektromobilität ist nur so gut wie der Strom, den sie verfährt. Nur wenn dieser aus Erneuerbaren Energien stammt, kann tatsächlich ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden. Dann können die Batterien von Elektrofahrzeugen auch ideal das in Zukunft zeitweise noch größere Überangebot von Wind- und Solarstrom in den Netzen nutzen.

Erneuerbare Elektromobilität sollte nicht überschätzt werden. Sie ist kein All-heilmittel. Sie darf nicht als Ersatz für Energieeffizienz und Energiesparen instrumentalisiert werden, sondern muss einher gehen mit der Verbreitung sparsamerer Fahrzeuge und einem Ausbau des Schienen(-güter)verkehr.

## Elektromobilität wird wiederentdeckt

Elektrische Antriebe sind keine Zukunftsmusik, sondern dominierten im Individualverkehr bis zum Ersten Weltkrieg. Die symbolträchtige Geschwindigkeitsmarke von 100 Stundenkilometern überschritt erstmals 1899 ein französisches Elektrofahrzeug. Elektromotoren wurden seit den 1830er Jahren für mobile Anwendungen eingesetzt. Dagegen konnten sich Diesel- und Ottomotoren als "Spätzünder" erst nach dem Ersten Weltkrieg mit dem billigen Energieträger Erdöl durchsetzen. Elektrofahrzeuge blieben mit Bleibatterien in Reichweiten und Geschwindigkeit beschränkt: Eine kleine und leichte Batterie begrenzte die Reichweite, während schwere Batterien mit größerer Speicherkapazität die Geschwindigkeit einschränkten.

## Reichweiten von Elektrofahrzeugen reichen aus

Neben dem Kostendruck durch steigende Ölpreise haben die Fortschritte in der Batterietechnologie die Elektromobilität seit Ende der 1990er Jahre aus ihrem "Dornröschenschlaf" geholt. Die in Computer-Laptops und Mobiltelefonen erprobten *Lithium-Ionen-Akkumulatoren*\* bieten eine hohe Energiedichte bei geringem Gewicht. Reichte eine Ladung von Blei-Säure-Batterien bisher oft nur für eine Distanz von 50 km, so sind jetzt Reichweiten von 150 bis 300 km möglich, perspektivisch sogar bis zu 600 km.

Typische Nutzerprofile wie der Berufspendler können schon heute mit den Reichweiten durchschnittlicher Elektrofahrzeuge beantwortet werden: An über 80 % der Tage eines Jahres werden weniger als 40 km zurückgelegt. Die Hälfte aller unternommenen Wege in Deutschland ist kürzer als fünf Kilometer. Das durchschnittliche Automobil steht an rund 23 Stunden am Tag. Befindet sich in der Nähe des Parkplatzes eine Ladestation, d.h. konventionelle Steckdose, besteht ausreichend Zeit für das Beladen der Batterie. Ein haushaltsüblicher Anschluss benötigt rund vier Stunden, um 12 Kilowattstunden Strom zu laden, womit ein Elektro-Smart unter optimalen Bedingungen rund 100 km weit fährt.

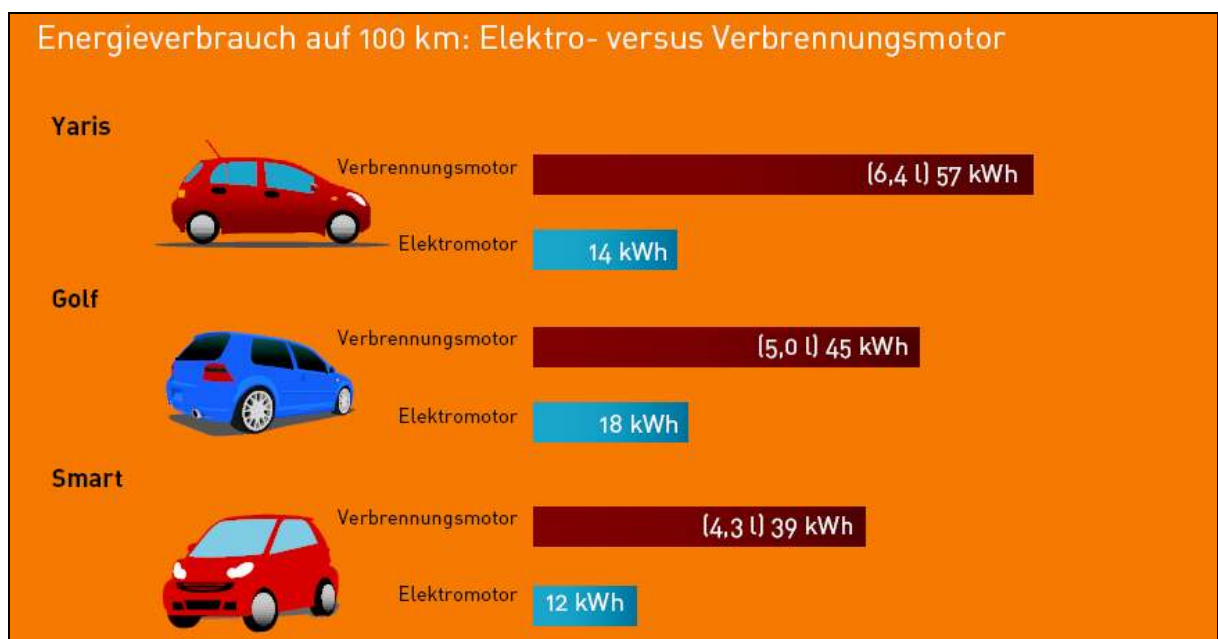
Studien zur Markteinführung von Elektromobilität erwarten eine schrittweise "Elektrifizierung" der Fahrzeugantriebe. Neben der Markteinführung eines reinen Elektrofahrzeugs ist zunächst die serienmäßige Einführung von *Hybridantrieben* attraktiv, bei denen nur eine kleine Batterie die Bremsenergie oder Leerlaufverluste des konventionellen Verbrennungsmotors zurückgewinnt. Kurze Phasen z.B. beim Anfahren oder Beschleunigen können dann rein elektrisch oder elektrisch unterstützt gefahren werden.

---

\* Als Synonym für Akkumulatoren wird in der Elektromobilität und in diesem Text der Begriff Batterie genutzt, auch wenn im engeren Sinne nur Akkumulatoren wieder aufladbar sind.



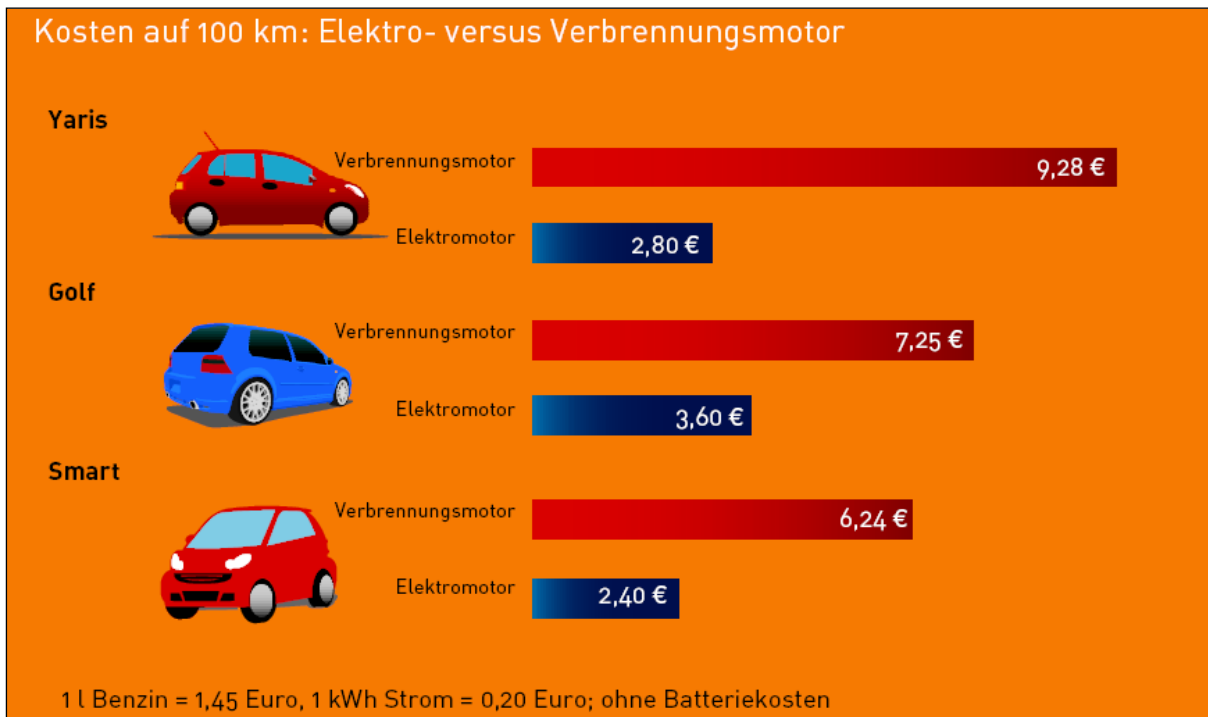
Größere Batterien in Hybridfahrzeugen (so genannte Plug-In-Hybrids) werden über die Steckdose aufgeladen. Der Verbrennungsmotor dient dann nur noch als „Notstromaggregat“ zur Verlängerung der Reichweiten über die Speicher-kapazität der Batterie hinaus.



## Sparsam und effizient ohne Öl mobil

Der elektrische Antrieb erreicht im Vergleich zum Verbrennungsmotor einen deutlich höheren energetischen Wirkungsgrad. Entscheidender Kostenfaktor sind jedoch die Batteriekosten.

Lithium-Ionen-Batterien für den mobilen Einsatz kosten derzeit zwischen ca. 800 und 1.500 Euro je Kilowattstunde (kWh) Speicherkapazität. Durchschnittlich sind aktuell ca. 1.500 Ladezyklen möglich, jedoch sind je nach Auslegung und Nutzungsverhalten auch Bandbreiten von 500 bis 5.000 Ladezyklen realistisch.



Batterieexperten rechnen bei Serienproduktion nach Markteinführung mit einer weiteren Kostensenkung auf 100 bis 300 Euro je Kilowattstunde. Bei Kosten von 400 Euro/kWh und 1.400 Ladezyklen Lebensdauer würden sich die Kosten für die Batterieabnutzung je geladener Kilowattstunde auf ca. 30 Cent belaufen, d.h. mehr als der durchschnittliche Endverbraucher-Strompreis je Kilowattstunde – aber noch immer weniger als die Kraftstoffkosten eines vergleichbaren Verbrennungsmotors.

## Klimakiller Verkehr

Der Verkehrssektor war in Deutschland 2008 zu 94,5 % von fossilen Energieträgern abhängig. Während der Endenergieverbrauch in Deutschland insgesamt seit 1990 um 3,6 % gesunken ist, ist der Verbrauch im Verkehr um 8,3 % gestiegen. Insgesamt stammten im Jahr 2008 in Deutschland rund 16 % aller Treibhausgase aus dem Verkehrssektor. Der Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Straßen-, Flug- und Schiffsverkehrs ist ein weltweiter Trend. In der EU sind die Emissionen des Verkehrssektors seit 1990 um mehr als ein Drittel gestiegen, während Industrie, Haushalte und Energiewirtschaft rückläufige Emissionen vermelden. Die EU-Klimaschutzziele von Bundesregierung und EU-Kommission drohen damit vor allem im Verkehrssektor zu scheitern.

## Energieverbrauch des Verkehrssektors in Deutschland 2008

	Milliarden Kilowattstunden
fossile Kraftstoffe (Benzin, Diesel, Kerosin)	661,0
Biokraftstoffe	36,7
fossil-atomarer Strom (Schienenverkehr)	14,0
erneuerbarer Strom (15,2 % im dt. Strommix)	2,5

Quelle: AG Energiebilanzen

## Nur Erneuerbare Elektromobilität leistet Klimaschutz

Bundesregierung und EU-Kommission sehen in der breiten Markteinführung von Elektromobilität ein mittel- und langfristig bedeutendes Potenzial zur Senkung der Treibhausgas-Emissionen im Verkehrssektor. Das EU-Ziel für die Nutzung Erneuerbarer Energien im Verkehrssektor (10 % bis 2020) soll zu Teilen auch durch Elektromobilität erreicht werden. Darüber hinaus sollen Autobauer den durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß ihrer Neuwagenflotte (120-Gramm-Ziel bis 2012 bzw. 2015) durch steigende Anteile von elektrischen Antrieben weiter senken können.

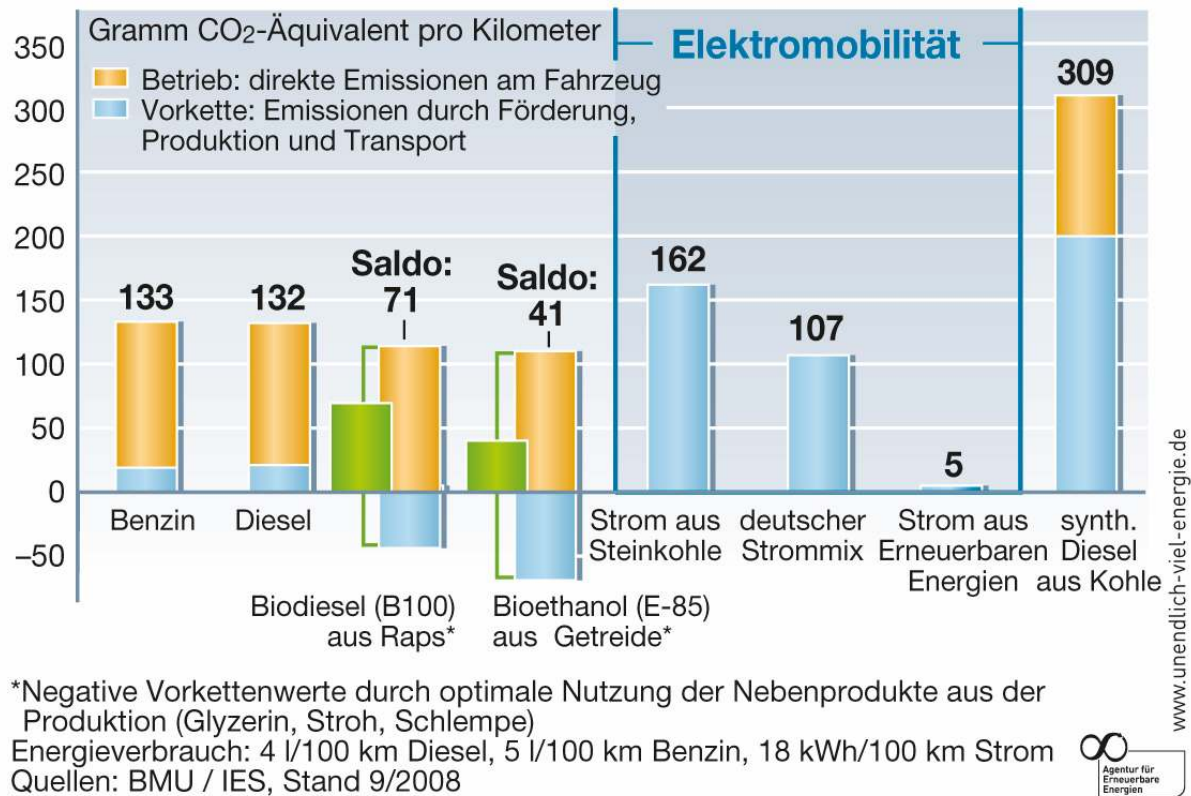
Im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen kann - neben effizient und nachhaltig erzeugten Biokraftstoffen - nur Strom aus Erneuerbaren Energien die Treibhausgas-Emissionen im Fahrzeugbereich deutlich senken. Das zeigt die Treibhausgasbilanz unter Berücksichtigung der so genannten Vorkette, d.h. der Emissionen, die durch Produktion und Transport der Energieträger verursacht werden. Lädt ein Elektrofahrzeug den durchschnittlichen deutschen Strommix, so liegt sein Ausstoß mit 107 Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Kilometer nur gering unter dem Niveau eines vergleichbaren konventionellen Verbrennungsmotors.

Zwar kommt das Elektrofahrzeug ohne Auspuff aus, doch verlagert es die Emissionen dann z.B. zum Schornstein eines Kohlekraftwerks. Stammt der Strom hauptsächlich aus Kohlekraftwerken, ist der Verbrennungsmotor sogar „sauberer“ als der Elektromotor.



## Treibhausgasemissionen verschiedener Kraftstoffe und Antriebsarten

Der Einstieg in die Elektromobilität verspricht Klimaschutz im Verkehr, wenn der Strom aus Erneuerbaren Energien stammt.



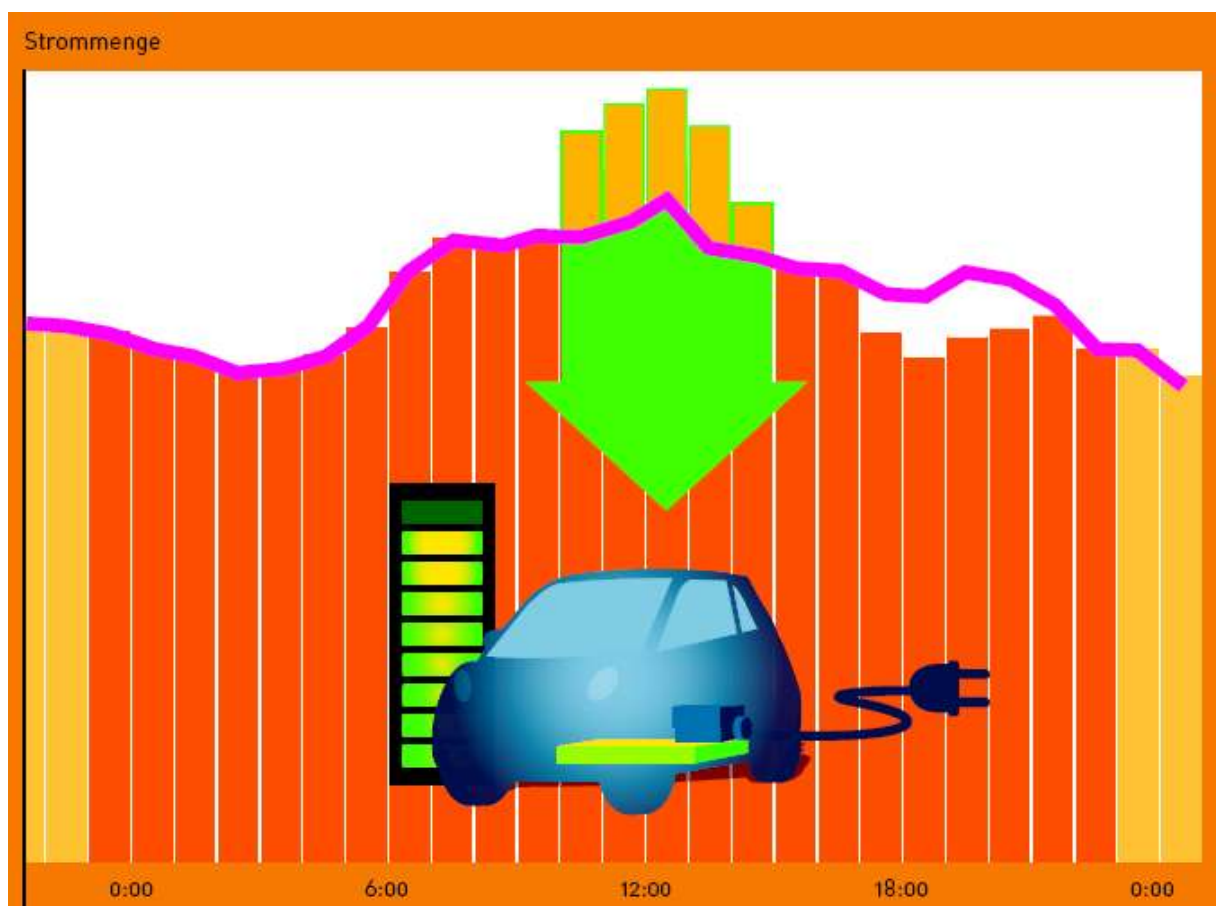
## Erdölverbrauch und Treibhausgase halbieren

Das CO<sub>2</sub>-Vermeidungspotenzial der Elektromobilität ist in einer Studie der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS) detailliert berechnet worden. Eine weitgehende Umstellung des Bestandes der Klein-, Mittelklasse- und Oberklassewagen auf reine Elektro- sowie Hybridantriebe würde für bis zu 40 Mio. Fahrzeuge einen zusätzlichen Strombedarf von bis zu 60 Mrd. Kilowatt-stunden schaffen. Kommt ausschließlich Strom aus Erneuerbaren Energien zum Einsatz, könnten im Vergleich zu Diesel und Benzin bis zu 67 Mio. Tonnen Emissionen vermieden werden. Der Kraftstoffbedarf würde auf ca. 20 Mio. Tonnen Erdöl halbiert.

## Mit Elektrofahrzeugen Strom aus Erneuerbaren Energien speichern

Elektromobilität und Strom aus Erneuerbaren Energien können sich ideal ergänzen. Bisher wird Solar- und Windstrom in das bestehende Stromnetz eingespeist und direkt verbraucht - was auch in Zukunft primär so bleibt. In manchen Regionen ist allerdings schon heute der Anteil insbesondere von Windstrom im Netz so hoch, dass ein zeitweiliges Überangebot vorherrscht. Stromnetzbetreiber nehmen dann Windenergieanlagen vom Netz, wenn die Netzkapazitäten nicht ausreichen, um den Windstrom zu den Verbrauchern zu transportieren.

Der Strombedarf von Elektrofahrzeugen kann durch entsprechende Steuerung der Ladezeiten genau auf diese Angebotsspitzen abgestimmt werden: Statt den Windstrom zu verschenken, indem Windenergieanlagen vom Netz genommen werden, speichern Elektrofahrzeuge den überschüssigen Strom. Sie nehmen z.B. in der Mittagspause, wenn viel Solarstrom im Netz ist, oder in windreichen Abendstunden erneuerbaren Strom auf und verbrauchen diesen dann auf dem Weg zur Arbeit am nächsten Tag. Mit einer ausreichend großen Flotte von Elektrofahrzeugen wäre damit eine Vielzahl dezentraler Stromspeicher geschaffen. Voraussetzung ist allerdings der Aufbau einer intelligenten Infrastruktur. Elektrofahrzeuge müssten über interaktive Stromzähler zeitgesteuert die jeweiligen Produktionsspitzen der Stromerzeugung abschöpfen.



Das Elektrofahrzeug kann z.B. mittags ein Überangebot von Strom aus Erneuerbaren Energien abnehmen, dessen Umfang und Häufigkeit in Zukunft weiter steigen wird.

Die Flottenversuche des Bundesumweltministeriums planen die gezielte Netzintegration von Elektrofahrzeugen. Auch aus der Branche der Erneuerbaren Energien gibt es erste Vorhaben zum Aufbau von Elektrofahrzeugflotten, die z.B. mit Windparks zusammengeschaltet werden können.

Die Verknüpfung von Erneuerbaren Energien und Elektrofahrzeugen kann noch einen Schritt weiter gehen. Solange Elektrofahrzeuge am Stromnetz hängen, können sie bei Bedarf auch Strom aus ihren Batterien zurück ins Netz speisen, um damit z.B. plötzliche Bedarfsspitzen abzudecken. Netzbetreiber und konventionelle Stromkonzerne haben das Potenzial zur Netzstabilisierung erkannt und entwickeln eigene Projekte im Bereich Elektromobilität.

Hier zeigt sich die Notwendigkeit klarer Vorgaben zur Stromherkunft: Wenn Elektromobilität nur dazu beiträgt, nachts bereitstehende Grundlastkapazitäten von Braunkohle- und Atomkraftwerken besser auszulasten, steigt deren Wirtschaftlichkeit – und CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Für den Ausbau der Erneuerbaren wäre nichts erreicht.

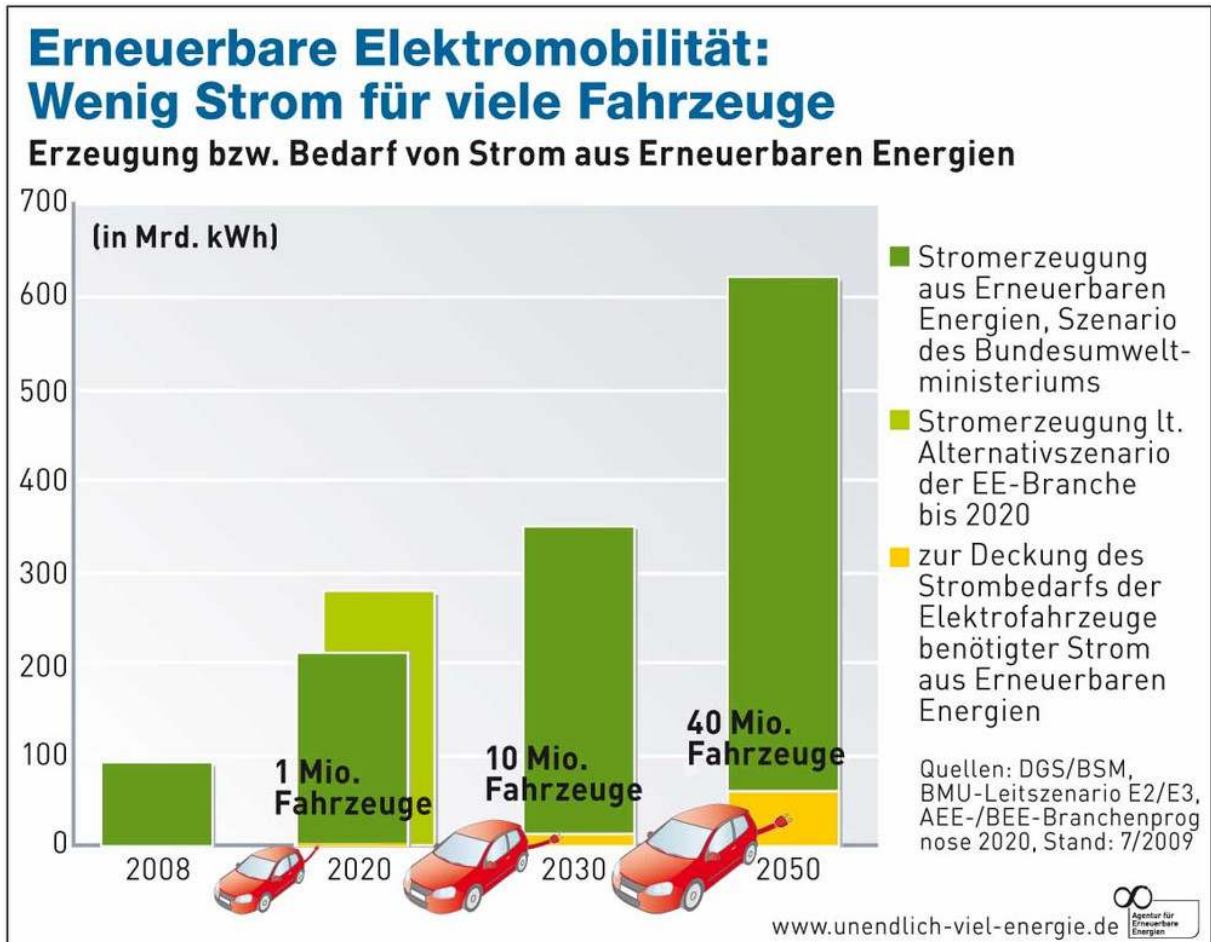
## **Mehr Kohle- und Atomstrom durch Elektroautos?**

Der Strombedarf neuer Elektroautos erfordert weder den Neubau von Kohlekraftwerken noch die weitere Verlängerung von AKW-Laufzeiten. Er kann durch zusätzliche Strommengen aus Erneuerbaren-Energien-Anlagen vollständig gedeckt werden.

Die tatsächlich nachgefragte Strommenge für Elektromobilität macht selbst bei forcierter Markteinführung in den nächsten 20 Jahren voraussichtlich nur einen Bruchteil des deutschen Strombedarfs aus. Schätzungen erwarten bis 2020 eine Million Elektro- und Steckdosen-Hybridfahrzeuge in Deutschland (bei einem Bestand von 41,7 Mio. Pkw im Jahr 2009). Die Bundesregierung hat anlässlich der Nationalen Strategiekonferenz Elektromobilität im November 2008 das Ziel eines Marktanteils von 1 Million Elektrofahrzeugen bis 2020 und 5 Millionen Elektrofahrzeugen bis 2030 gesetzt.

Der Strombedarf würde sich bei 1 Mio. Elektrofahrzeugen 2020 auf ca. 2 Mrd. Kilowattstunden belaufen, d.h. 0,3 % des Bruttostromverbrauchs des Jahres 2009 bzw. weniger als der jährliche Stromverbrauch der bis 2009 in Deutschland verkauften Flachbildschirme. Die Einsparpotenziale energieeffizienter Technologien übersteigen den zusätzlichen Strombedarf der Elektromobilität.

Werden die Ausbauziele, die sich die Bundesregierung und die Erneuerbare-Energien-Branche gesetzt haben, tatsächlich umgesetzt, steht schon vor 2020 immer häufiger ein zeitliches Überangebot von Strom aus Erneuerbaren Energien zur Verfügung. Dieser Überschuss kann durch den Ausbau der Stromnetze und durch gezieltes Steuern der Stromnachfrage in den Netzen aufgefangen werden. Stromspeicher wie Elektrofahrzeuge können bei gezielter Netzintegration den dezentralen Ausbau Erneuerbarer Energien erleichtern.



## Aktivitäten von Bundesregierung, deutschen Automobilbauern und Zulieferern

Die Bundesregierung hat mit dem Meseberger Klima- und Energiepaket im Sommer 2007 erstmals Ziele und Kriterien für die Markteinführung von Elektromobilität formuliert. Das Meseberg-Paket fordert, dass Strom für Elektrofahrzeuge ausschließlich aus Erneuerbaren Energien stammt. Die Nationale Strategiekonferenz Elektromobilität im November 2008 war Auftakt für die Entwicklung eines zehnjährigen Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität, der im August 2009 vorgelegt wurde. Im Februar wurde von vier Bundesministerien die Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität eingerichtet, welche die Umsetzung des Nationalen Entwicklungsplans betreut. Ab Mai 2010 wird zusätzlich eine Nationale Plattform Elektromobilität Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Verbraucherseite vernetzen.

Das Bundesumweltministerium hat 2008 bereits mehrere Flottenversuche initiiert. Im Rahmen des Konjunkturpakets II hat die Bundesregierung zudem im Januar 2009 insgesamt 500 Mio. Euro für die Entwicklung effizienter Fahrzeugantriebe bereitgestellt, womit vor allem die Batterieforschung und Markteinführung von Elektrofahrzeugen gefördert wird. Das Bundesverkehrsministerium fördert dabei u.a. mehrere Feldversuche im Rahmen des Programms „Modellregionen Elektromobilität“ mit 115 Mio. Euro.

In mehreren Städten und Regionen werden bereits im Rahmen des E-Energy-Projektes des Bundeswirtschaftsministeriums Erfahrungen mit der Integration von Elektrofahrzeugen in intelligenten Stromnetzen gesammelt. Der neue Bundesverkehrsminister Ramsauer hat im November 2009 das Ziel untermauert, Deutschland zum „Leitmarkt für Elektromobilität“ zu machen. Staatliche Kaufanreize für Elektrofahrzeuge wurden bisher als zu verfrüht abgelehnt.

### Aktivitäten von deutschen Automobilkonzernen

<b>Citycom/CityEL, Twike</b>	etablierte Produzenten von Leicht-Elektrofahrzeugen seit den 1990er Jahren
<b>EcoCraft/Duracar/Karmann</b>	Kleinserienproduktion von Elektro-Transportern, Kleinserienproduktion eines Elektrofahrzeugs („E3“) angekündigt, Kooperation mit EWE
<b>Daimler</b>	Elektro-Smart im Flottenversuch in Kooperation mit RWE seit 2009, Serienproduktion eines Elektro-Smart seit Ende 2009 in Hambach/Frankreich, div. Hybridmodelle für serienmäßige Produktion angekündigt
<b>BMW</b>	Elektro-Mini im Flottenversuch mit Vattenfall, gefördert durch das Bundesumweltministerium, diverse Hybridmodelle angekündigt
<b>Opel/GM</b>	GM Volt, Elektro-Mittelklassewagen angekündigt
<b>Volkswagen</b>	Golf Twin Drive im Flottenversuch mit E.On, gefördert durch das Bundesumweltministerium, Serienproduktion Elektro- und Hybridfahrzeuge „Up“, „Space“, u.a. angekündigt

### Aktivitäten von deutschen Zulieferern

<b>Johnson Controls/SAFT</b>	Entwicklung von Lithium-Ionen- und Nickel-Metallhydrid-Akkus für Elektro- und Hybridfahrzeuge, Partnerschaft mit Daimler und Ford
<b>Fräger</b>	Serienproduktion für Elektrofahrzeug „Benni“ angekündigt
<b>Li-Tec/Evonik</b>	Entwicklung von Lithium-Ionen-Akkus, Partnerschaft mit Daimler
<b>GAIA Akku-mulatorenwerke</b>	Produktion von Lithium-Ionen-Akkus, Partnerschaft mit VW-Flottenversuch und mit Duracar/Karmann
<b>Continental/INA-Schaeffler</b>	Zulieferer für Akkus und Antriebsstrang

## Quellen und weitere Informationen

Agentur für Erneuerbare Energien e.V.

<http://www.unendlich-viel-energie.de/de/verkehr/elektromobilitaet.html>

Bundesregierung: Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität. Berlin, August 2009.

Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie/Bundesverband Solare Mobilität: Solare Mobilität. Plug-in Hybrids. München 2007.

Institut für Energie- und Umweltforschung/Wuppertal-Institut: Elektromobilität und Erneuerbare Energien. Arbeitspapier. Heidelberg/Wuppertal 2007.

WWF/IZES: Auswirkungen von Elektroautos auf den Kraftwerkspark und die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland. Kurzstudie. Frankfurt a. M./Saarbrücken, März 2009.

**Agentur für Erneuerbare  
Energien e. V.**

Reinhardtstr. 18  
10117 Berlin

Tel.: 030-200535-3

Fax: 030-200535-51

[kontakt@unendlich-viel-energie.de](mailto:kontakt@unendlich-viel-energie.de)

ISSN 2190-3581

[www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de)

