

# VIA VISION

VOLKSWAGEN GROUP • NACHRICHTEN AUS DER MOBILEN ZUKUNFT

**NR 06**  
**Juni 2010**

Saubere Lösung? – Vor- und Nachteile der Brennstoffzelle  
Funktionsweise der Brennstoffzelle  
Wie weit, wie sauber, wie teuer? – Antriebsarten im Vergleich  
Grüne Quelle – Energie aus regenerativen Rohstoffen  
Gut versorgt – Intelligente Netze  
Strom fürs E-Auto  
Impressum

2  
3  
4  
5  
6  
8  
8

## Intelligenter Strom

### Energieversorgung auf neuen Wegen

**Zwei Drittel**

**der Stromversorgung in Deutschland basieren  
auf fossilen Energieträgern.**

**238.000.000.000**

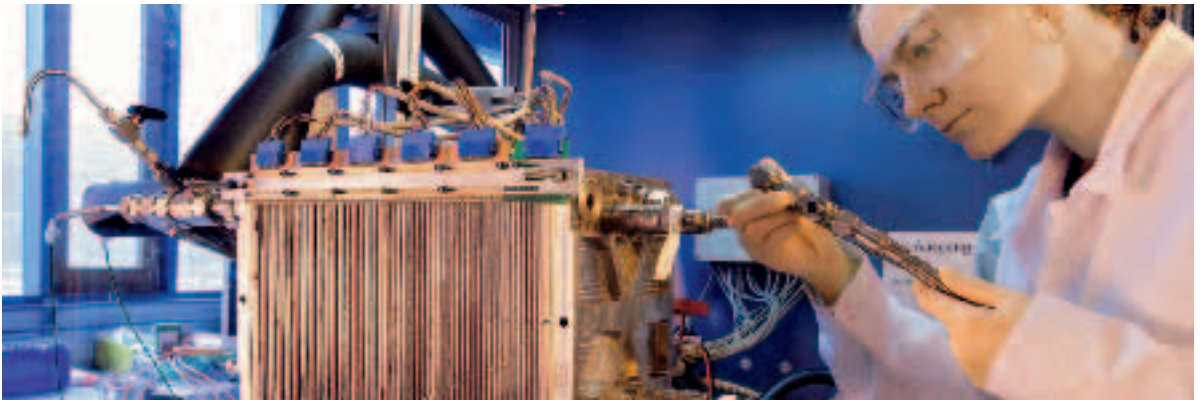
**Kilowattstunden Energie konnten  
2009 aus regenerativen Rohstoffen  
bereitgestellt werden.**



Foto: DDP/Lochen/Luebke

# Saubere Lösung?

## Vor- und Nachteile der Brennstoffzelle



Der weltweite Automobilbestand wächst kontinuierlich, deshalb ist es wichtig, Verbrennungsmotoren weiter zu optimieren und die Entwicklung neuer Antriebsarten voranzutreiben. Eine viel diskutierte Alternative ist das E-Auto. Dieses kann mit einer Batterie oder einer Brennstoffzelle angetrieben werden – beide Antriebsarten sind derzeit allerdings noch zu teuer für den Massenmarkt. Ein Vorteil der Brennstoffzelle ist ihre verhältnismäßig hohe Reichweite. Wird der Wasserstoff für den Antrieb aus erneuerbaren Energien gewonnen, produziert das Brennstoffzellenfahrzeug außerdem kein CO<sub>2</sub>.

### Pro

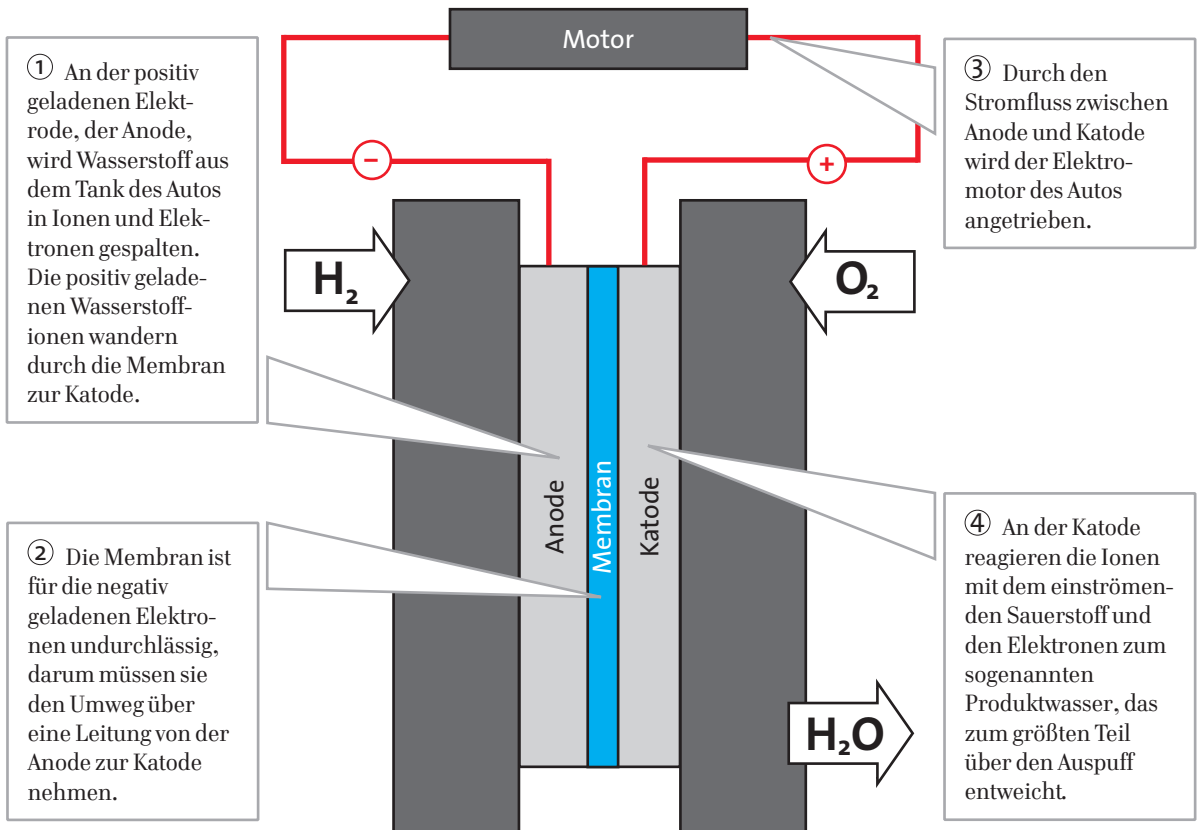
- + **Kein lokaler CO<sub>2</sub>-Ausstoß:** Aus dem Auspuff kommt nur Wasserdampf.
- + **Umweltfreundlicher Treibstoff:** Sofern Wasserstoff mithilfe erneuerbarer Energien hergestellt wird, entsteht auch dabei kein CO<sub>2</sub>.
- + **Hoher Wirkungsgrad:** Der Wirkungsgrad eines Brennstoffzellensystems liegt zwischen 45 und 60 Prozent, der von Ottomotoren bei 20 bis 30 Prozent.
- + **Hohe Reichweite:** Bis zu 500 Kilometer können mit einer Tankfüllung von 6,4 Kilogramm Wasserstoff zurückgelegt werden – das entspricht in etwa der Reichweite eines Pkw mit Verbrennungsmotor. Kostenpunkt: derzeit zirka 51 Euro.

### Contra

- **Hohe Produktionskosten:** Eine Million Euro kostet ein Prototyp-Brennstoffzellenfahrzeug zurzeit in der Herstellung.
- **Wasserstoffherstellung:** Wasserstoff kann auch mithilfe von Strom aus fossilen Energiequellen hergestellt werden, was die CO<sub>2</sub>-Bilanz des Fahrzeugs deutlich in die Höhe treibt.
- **Geringere Lebensdauer:** Die Dauerhaltbarkeit einer Brennstoffzelle beträgt derzeit 2000 bis 3000 Stunden, die eines Verbrennungsmotors zirka 5000.
- **Fehlende Infrastruktur:** Bislang gibt es in Deutschland nur 25 öffentlich zugängliche Wasserstofftankstellen. Zehn weitere sind geplant.

Quellen: Ludwig-Bölkow-Systemtechnik; Paul Scherrer Institut; Volkswagen AG

## Funktionsweise der Brennstoffzelle



→ Eine einzelne Brennstoffzelle liefert eine Spannung von etwa einem Volt. Um den Elektromotor anzutreiben, werden 300 bis 400 der zirka zwei Millimeter dünnen Brennstoffzellen zu einem „Stack“ zusammengefasst.

Quellen: Forschungszentrum Jülich; Volkswagen AG



### Energieträger Wasserstoff

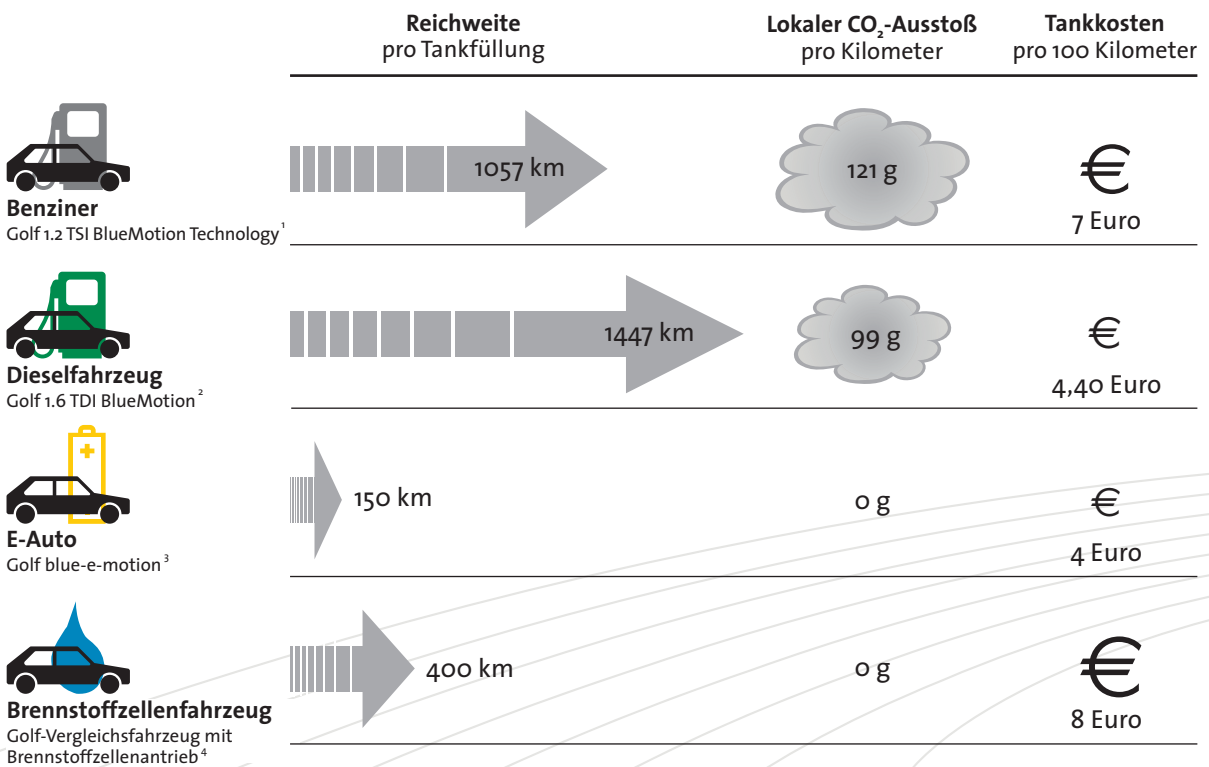
Wasserstoff ist ein Sekundärenergieträger, der aus vielen verschiedenen Primärenergien erzeugt werden kann: über die Elektrolyse von Wasser, für die Strom notwendig ist, der aus verschiedenen Quellen stammen kann, durch die sogenannte Reformierung aus Ethanol oder Erdgas oder durch Kohlebeziehungsweise Biomassevergasung. Bei starker Verknappung der fossilen Energieträger könnte Wasserstoff rund 50 Prozent des Energiebedarfs im Verkehrssektor decken.

Quellen: Deutsche Energie-Agentur; HyWays/Europäische Kommission

# Wie weit, wie sauber, wie teuer?

## Antriebsarten im Vergleich

Jeder Antrieb hat seine Vor- und Nachteile: Reichweite, CO<sub>2</sub>-Ausstoß, Verbrauch und Kosten hängen von vielen verschiedenen Faktoren wie Fahrzeugtyp, Fahrweise oder Streckenbeschaffenheit ab. Ein sparsamer Benziner verursacht nicht unbedingt mehr Kohlendioxid als ein E-Auto oder ein Brennstoffzellenfahrzeug – es kommt unter anderem darauf an, wie die jeweilige Antriebsenergie erzeugt wird. Man unterscheidet zwischen lokal entstehenden Emissionen (Tank-to-wheel) und den gesamten Emissionen – von der Energiebereitstellung bis zum Fahrzeugbetrieb (Well-to-wheel). Mit dem Strommix Deutschland betankt kommt das E-Auto laut Bundesumweltministerium beispielsweise auf 115 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer, mit erneuerbaren Energien liegt der Ausstoß bei null Gramm. In der folgenden Tabelle werden einzelne Volkswagen-Modelle mit unterschiedlichen Antriebsarten exemplarisch miteinander verglichen.



<sup>1)</sup> 5,2 Liter auf 100 Kilometer, 1,35 Euro pro Liter. <sup>2)</sup> 3,8 Liter auf 100 Kilometer, 1,15 Euro pro Liter. <sup>3)</sup> Ausgehend von einer Batterie mit 26,5 Kilowatt und dem derzeitigen Tarifstrompreis für Haushalte (Endkundenpreis) von rund 0,23 Euro pro Kilowattstunde. <sup>4)</sup> Ausgehend von einem Verbrauch von einem Kilogramm pro 100 Kilometer und einem Wasserstoffpreis von acht Euro pro Kilogramm.

Quellen: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie; Volkswagen AG

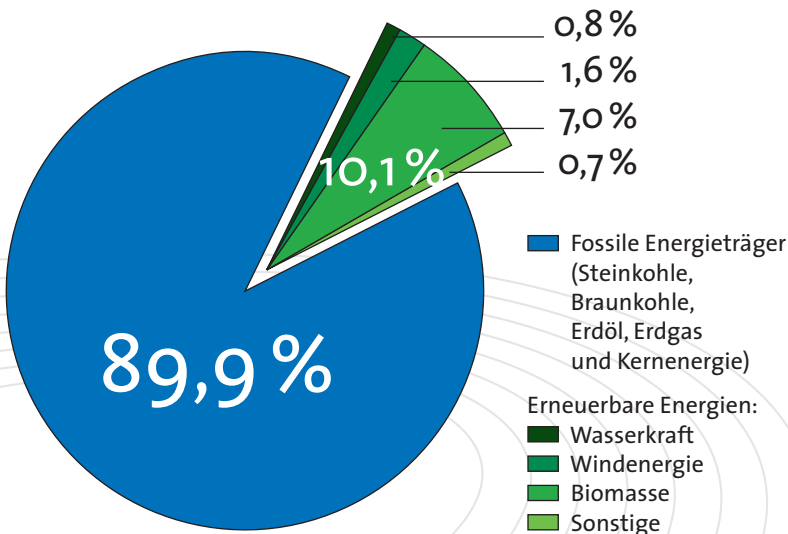
# Grüne Quelle

## Energie aus regenerativen Rohstoffen

Wirtschaftswachstum und Anwachsen der Weltbevölkerung werden nach aktuellen Schätzungen dazu führen, dass sich der weltweite **Stromverbrauch bis zum Jahr 2030 nahezu verdoppelt**. Gleichzeitig werden fossile Energieträger wie Kohle, Gas und Öl nicht unbegrenzt verfügbar sein. Vor diesem Hintergrund und im Zusammenhang mit nachhaltigem Umwelt- und Klimaschutz gewinnen regenerative Energiequellen zunehmend an Bedeutung.

- Heute basieren zwei Drittel der Stromversorgung in Deutschland auf fossilen Energieträgern wie Kohle, Öl oder Gas.
- Bis 2050 will die aktuelle Regierung den **Strombedarf „annähernd vollständig“ aus alternativen Energiequellen decken**.
- Das größte Problem alternativer Energiequellen wie Windkraft oder Solarenergie: Sie sind zwar grundsätzlich unerschöpflich, jedoch nicht immer und überall verfügbar.

Quellen: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Siemens



*Bisher ist der Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland eine Erfolgsgeschichte: Ihr Anteil an der Energiebereitstellung (Strom, Wärme, Kraftstoff) hat sich von 3,8 Prozent im Jahr 2000 auf rund zehn Prozent 2009 gesteigert.*

Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

### Regenerative Energien in Deutschland (2009)

**238.000.000.000**

Kilowattstunden Energie konnten 2009 aus erneuerbaren Energien bereitgestellt werden.

**10,1 %**

Anteil am Energieverbrauch.

**16,1 %**

Anteil am gesamten Stromverbrauch.

**8,4 %**

Anteil am gesamten Wärme-Energieverbrauch.

**5,5 %**

Anteil am gesamten Kraftstoffverbrauch.

**109.000.000**

Tonnen vermiedene CO<sub>2</sub>-Emissionen.

**300.500**

Mitarbeiter im Bereich Erneuerbare Energien.

Quellen: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

# Gut versorgt

## Intelligente Netze

Durch den Ausbau erneuerbarer Energien verändert sich das Stromnetz. Zu den heute gängigen zentralen Großkraftwerken kommen immer mehr kleinere, dezentrale Anlagen, die zum Beispiel Wind- oder Solarenergie in die Stromnetze einspeisen. Dabei ist die Menge der Energie abhängig vom Aufkommen (beispielsweise von Wind und Sonne). Das führt zu Schwankungen, für die das heutige Netz nicht ausgelegt ist. Das Netz der Zukunft muss also in der Lage sein, die Aktionen aller angeschlossenen Teilnehmer – Erzeuger, Verbraucher und Speicher – intelligent zu koordinieren, um eine zuverlässige und kontinuierliche Stromversorgung zu gewährleisten. Sogenannte Smart Grids – computergesteuerte, intelligente Leitungsnetze – sollen die einzelnen Teilnehmer künftig über moderne Kommunikationstechnologien miteinander vernetzen und koordinieren.

Quellen: HEAG Südthessische Energie AG; Smart Grids Austria

### Windkraft/Onshore

Windenergieanlagen nutzen die Bewegungsenergie des Windes, die durch unterschiedliche Luftdruckverhältnisse in der Nähe der Erdoberfläche entsteht.

- 21.164 Windkraftanlagen mit einer elektrischen Leistung von 25.777 Megawatt waren bis Ende 2009 in Deutschland installiert.
- Im Jahr 2009 hat die Windenergienutzung in Deutschland bereits rund 30 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart.



### Kernkraft

In Deutschland sind 17 Kernkraftwerke mit einer Nettoleistung von 20.457 Megawatt am Netz.

- Rund 22,1 Prozent Anteil an der Stromversorgung in Deutschland.



### Zu-Hause-Kraftwerke

Sogenannte Blockheizkraftwerke, die der Energieversorger Lichtblick zusammen mit Volkswagen entwickelt hat, sollen in den Kellern größerer Wohnhäuser installiert werden, um Wärme und Strom zu produzieren. Gleichzeitig sollen die Generatoren gewaltige Strommengen in die öffentlichen Netze einspeisen. „Binnen einer Minute“ sollen Tausende Zu-Hause-Kraftwerke zu einem virtuellen Großgenerator vernetzt werden können. Der sogenannte Schwarmstrom soll Energielöcher stopfen: Weht kein Wind, kommt die Energie aus den Kellern Tausender Blockkraftwerkbesitzer.

- Bis zu 100.000 Haushalte sollen mit den Mini-Kraftwerken bestückt werden und mindestens zwei Atommeiler oder Kohlekraftwerke obsolet machen.

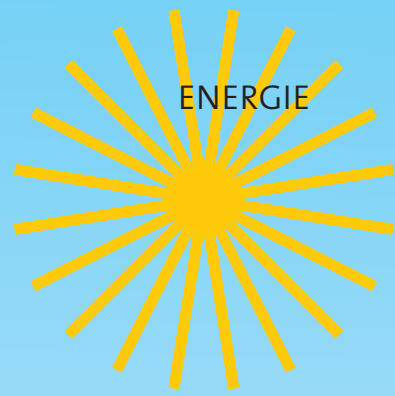


### Legende:

Wattstunde ist die Arbeits-Maßeinheit für Energie. Eine Wattstunde entspricht der Energie, die eine Maschine mit einer Leistung von einem Watt in einer Stunde aufnimmt oder abgibt. Mit 1.000 Wattstunden kann man zum Beispiel sieben Stunden fernsehen oder 25 Minuten Staubsaugen.

Kilowattstunde (kWh)	= 1.000 Wattstunden
Megawattstunde (MWh)	= 1.000 Kilowattstunden
Gigawattstunde (GWh)	= 1.000 Megawattstunden
Terawattstunde (TWh)	= 1.000 Gigawattstunden

Quellen: alpha ventus; atw – Internationale Zeitschrift für Kernenergie; Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Der Spiegel; Die Zeit; LichtBlick; Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung; Wirtschaftswoche



### Solarenergie

Photovoltaikanlagen wandeln Sonnenlicht direkt in elektrischen Strom um.

- Derzeit deckt Photovoltaik etwa 0,7 Prozent des Bruttostromverbrauchs in Deutschland ab.
- Rund elf Millionen Quadratmeter Kollektorfläche sind zurzeit in Deutschland installiert. Damit wurden rund vier Terawattstunden Strom erzeugt.



### Windkraft/Offshore

Seit August 2009 speisen die ersten Offshore-Windenergieanlagen Strom in das deutsche Versorgungsnetz. Im Testfeld alpha ventus, nördlich der Insel Borkum, sollen zwölf Windenergieanlagen mit insgesamt 60 Megawatt in Betrieb gehen – damit könnte der Strombedarf von rund 50.000 Haushalten gedeckt werden.



### Pumpspeicherkraftwerke

Zum Mix der Zukunft gehört auch mehr gespeicherter Strom, damit Energie dann abgefragt werden kann, wenn sie gebraucht wird. Die aktuell günstigste Variante, Strom zu speichern, sind sogenannte Pumpspeicherkraftwerke, in denen elektrische Pumpen Wasser von einem Unter- in ein Oberbecken befördern, wenn die Stromproduktion größer ist als die Nachfrage. Ist es umgekehrt, wird das im Oberbecken lagernde Wasser durch Rohre auf Turbinen geleitet und in Strom zurückverwandelt. In Deutschland gibt es rund 30 solcher Speicher mit einer Leistung von 7,5 Terawattstunden.



### Haushalte

Betriebe und Privathaushalte nehmen nicht mehr nur Strom ab, sondern produzieren mit kleinen Photovoltaik- oder Geothermieanlagen einen wachsenden Teil an Energie selbst und verkaufen, was sie nicht verbrauchen. Je nach Bedarf kann so Energie ins Netz eingespeist oder Energie bezogen werden.



### Biomasse

Biomasse ist der wichtigste und vielseitigste erneuerbare Energieträger in Deutschland. Sie wird zur Strom- und Wärmeerzeugung und zur Herstellung von Biokraftstoffen genutzt.

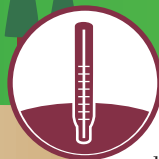
- 2008 wurden rund 27 Terawattstunden Strom aus Biomasse erzeugt. Das entspricht 4,5 Prozent des gesamten deutschen Bruttostromverbrauchs.
- Rund 69 Prozent der gesamten Energie aus erneuerbaren Energiequellen wurde 2009 durch die verschiedenen energetisch genutzten Biomassen bereitgestellt.



### Wasserkraft

Mit Wasserkraft wird – nach der traditionellen Nutzung von Biomasse – weltweit der größte Anteil erneuerbarer Energie erzeugt.

- In Deutschland wurden im Jahr 2008 21,3 Terawattstunden Strom aus Wasserkraftnutzung erzeugt, etwa 3,4 Prozent der deutschen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien.



### Geothermie

Geothermie ist eine nahezu unerschöpfliche Energiequelle, die sich der natürlichen Erdwärme bedient.

- 2008 wurden durch geothermische Kraftwerke 0,018 Terawattstunden Strom erzeugt.

# Strom fürs E-Auto

1.500 Elektroautos sind laut Statistischem Bundesamt derzeit auf deutschen Straßen unterwegs. Das soll sich in Zukunft ändern. Eine Million Elektrofahrzeuge bis 2020 ist das erklärte Ziel der Bundesregierung. **Mehr E-Fahrzeuge heißt aber auch größerer Stromverbrauch:** Bei einer Million Voll-Elektrofahrzeugen gehen Experten von einem Mehrverbrauch von zwei Terawattstunden aus. Das entspricht etwa 0,3 Prozent des gesamtdeutschen Stromverbrauchs – eine Größenordnung, die das bestehende Stromnetz ohne zusätzliche Quellen bewerkstelligen könnte. Sollte irgendwann ein größerer Teil der Verkehrsteilnehmer elektrisch fahren, müsste ein intelligentes Strommanagement einsetzen.

## 1.000.000 E-Autos = 2 TWh Strom

*Eine Million E-Fahrzeuge benötigen zirka zwei Terawattstunden Strom. Das ist soviel wie eine Stadt mit 40.000 Einwohnern – etwa Buxtehude – im Jahr verbraucht.*

- ➔ E-Autos könnten in einem intelligent vernetzten Stromnetz als zusätzliche Abnehmer von Strom zur Verfügung stehen, **Spitzen im Energiehaushalt vermeiden helfen** und so zur Wirtschaftlichkeit von Kraftwerken beitragen.
- ➔ Die Batterien von Elektro-Pkw könnten als **Speicher von überschüssigem Strom** aus erneuerbaren Energiequellen dienen, der aufgrund von begrenzten Kapazitäten nicht abtransportiert und verteilt werden kann. Allerdings können Elektroautos nur begrenzt Energie aufnehmen: Geht man von einer Zehn-Kilowattstunden-Batterie aus und nimmt die für 2020 angedachte Million E-Fahrzeuge, ergibt sich eine Gesamtspeicherkapazität von zehn Gigawattstunden – wenig mehr als die Speicherleistung eines einzigen Pumpspeicherkraftwerks.
- ➔ Grundsätzlich ist auch denkbar, dass die Batterien **Strom ins Netz zurückspeisen**. Unter dem Schlagwort Vehicle to Grid wird dazu geforscht. Allerdings sind hier die erheblichen Wandlungsverluste ein Problem.

Quellen: Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg; Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung; Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie

### Impressum

[www.viavision.org](http://www.viavision.org)

#### Herausgeber

Volkswagen Aktiengesellschaft  
Konzern Kommunikation  
Brieffach 1972, 38436 Wolfsburg  
Telefon: 05361/9-77604, Fax: 05361/9-74629

#### Verantwortlich (V.i.S.d.P.)

Peik von Bestenbostel, Leiter Kommunikation  
Unternehmen & Wirtschaft; Peter Thul, Leiter  
Kommunikation Marke & Produkt

#### Redaktion

Lena Höflich, Adrienne-Janine Marske,  
Kathi Preppner  
Kontakt: [redaktion@viavision.org](mailto:redaktion@viavision.org)

#### Verlag

Verlag Rommerskirchen GmbH & Co. KG  
Mainzer Straße 16 -18, 53424 Rolandseck  
Telefon: 02228/931-0, Fax: 02228/931-149  
[www.rommerskirchen.com](http://www.rommerskirchen.com)

#### Druckerei

L.N. Schaffrath GmbH  
Marktweg 42-50, 47608 Geldern