

UNTER 120 GRAMM?

IN DER KLIMADEBATTE BLIEB FÜR DEN VERKEHRSSSEKTOR EINE TECHNOLOGIE BISHER KOMPLETT UNBEACHTET: ELEKTRISCHE MOBILITÄT. EINE STUDIE DER DGS ZEIGT AUF, WELCHE CO₂-REDUKTION MIT DIESER TECHNOLOGIE MÖGLICH IST.



Das Referenzfahrzeug der Studie fährt innerorts mit dem heutigen Strommix bereits mit weniger als 94 Gramm CO₂ pro Kilometer. Mit Windstrom sind es sogar nur 3 Gramm.

Der Klimawandel wird in den nächsten Jahren noch mehr an Bedeutung gewinnen. Die Debatte ob vom Menschen verursachte CO₂-Emissionen am Klimawandel schuld sind, ist offenbar endlich beendet. Die Debatte um die „besten“ Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen ist dafür im vollen Gang.

Die Notwendigkeit zur energetischen Sanierung von Häusern wird quer durch alle Parteien akzeptiert. Die Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien am Energiemix scheint auch Konsens. Über notwendige Veränderungen bei unseren Essensgewohnheiten redet dagegen praktisch niemand und das, obwohl schon lange bekannt ist, dass eine Reduktion des Fleischkonsums mehr CO₂ einsparen würde als die Umstellung auf Energiesparlampen. Dies zeigt vor allem, dass nicht alles, was sinnvoll und machbar ist, auch gewollt wird.

Manche Länder wollen mehr als andere. England ist scheinbar entschlossen seiner Bevölkerung „radikalen“ Klimaschutz zu verordnen. Dies reicht von Ideen zur landesweiten „CO₂-Rationierung“ bis hin zu Vorstößen für eine EU-weite Öko-Mehrwertsteuer. Doch auch im Verkehrssektor bewegt sich in England einiges anders als in der restlichen EU. Man will, ähnlich wie in Frankreich, verstärkt elektrisch mobil sein. Wenn man bedenkt, dass in England der massive Zusammenbruch der heimischen Erdöl- und Erdgasproduktion („Peak Oil“) bereits eingesetzt hat, so

ist elektrische Mobilität dort auch dann attraktiv, wenn sie kein Klimaschutzprojekt ist.

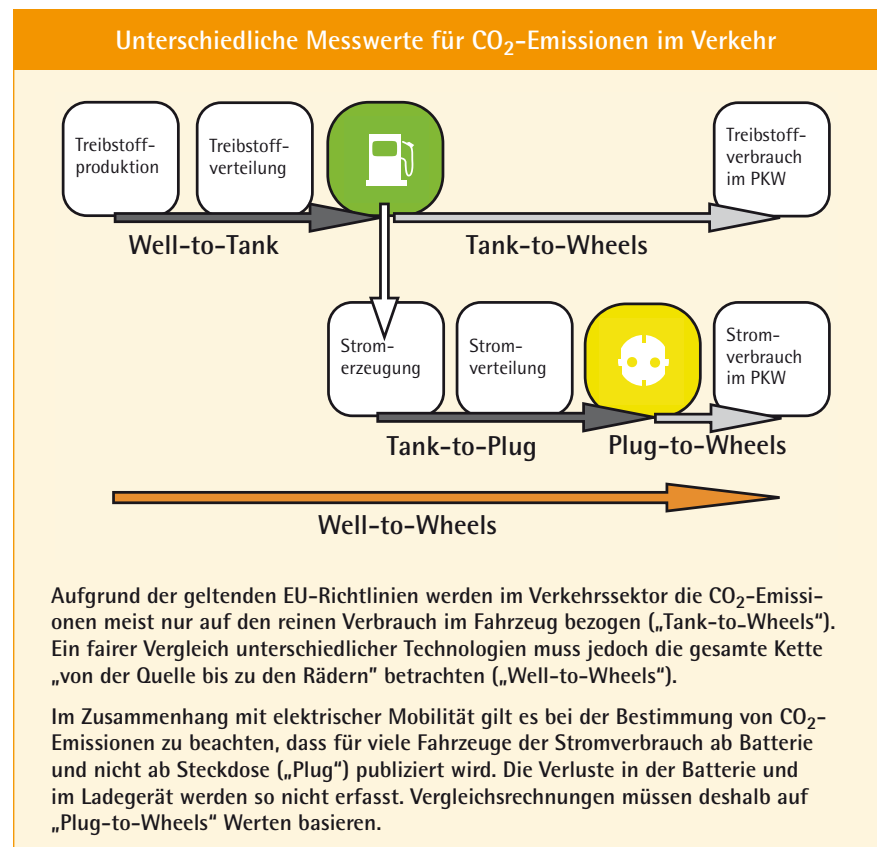
Der Verkehrssektor

Der VDIK beziffert die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen in Deutschland, bezogen auf das Jahr 2002, auf 20% und den Anteil des PKW-Verkehrs auf nur 12%. Es könnte hierdurch der Eindruck entstehen, dass eine CO₂-Reduktion im PKW-Sektor keine nennenswerte Auswirkung auf die Gesamtemissionen hätte.

Doch wie bereits angedeutet wurde, gilt es zu beachten, dass der Verkehr zu fast 100% vom Erdöl abhängig ist. „Peak-Oil“ wird unabhängig vom Klimawandel die Regierungen zu deutlichen Einsparungen und Veränderungen zwingen. Die im Verkehr benötigten Treibstoffe stehen ferner in direkter Konkurrenz zu den Treibstoffen der Blockheizkraftwerke, mit

denen verstärkt dezentrale Stromproduktion realisiert werden soll. Versucht man das Erdöl im Verkehr durch verflüssigtes Erdgas (GtL) oder verflüssigte Kohle (CtL) zu ersetzen, so verschlechtert sich die Energiebilanz deutlich und die CO₂-Emissionen steigen rapide an. Der Verkehrssektor steckt also aus vielen Gründen in der Klemme.

Über den Wechsel hin zu elektrischer Mobilität wurde bisher faktisch gar nicht gesprochen. Deutschland hat hierzu keine nationale Strategie. Auch die EU hat, im Gegensatz zur Wasserstoffmobilität, keine klare Position zur Elektromobilität. In der EU-Treibstoffstudie sucht man entsprechende Aussagen vergeblich. Bisher gab es noch keine öffentliche Studie, in der die CO₂-Emissionen heutiger Elektro(hybrid)fahrzeuge mit denen typischer Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor verglichen wurden.



Well-to-Wheels

Für CO₂-Emissionen im Verkehr werden meist unterschiedliche Werte publiziert:

- „Tank-to-Wheels“ (TTW) benennt die Emissionen beim Fahrvorgang. Diese Emissionen entstehen regional und sind direkt am Fahrzeug relativ genau messbar.
- „Well-to-Tank“ (WTT) benennt die Emissionen in der Treibstoffproduktion. Diese Emissionen entstehen global und sind recht ungenau, da sie statistisch abgeschätzt werden.
- „Well-to-Wheels“ (WTW) ist die ganze Kette. „Well-to-Tank“ plus „Tank-to-Wheels“.

Eine vergleichende Studie muss grundsätzlich mit „Well-to-Wheels“-Werten arbeiten. Nur diese erfassen die Effizienz des Gesamtsystems und erlauben den Vergleich zwischen unterschiedlichen Treibstoffen.

Der VDIK veröffentlicht für alle PKWs CO₂-Werte gemäß der aktuell gültigen EU-Richtlinie 80/1268/EWG. Dies sind real gemessene Angaben, aber nur „Tank-to-Wheels“. Das gleiche gilt auch für Informationen des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA), für die Angaben der PKW-Hersteller als auch für die meisten Studien zu CO₂-Emissionen im Verkehrssektor.

120 Gramm gemischtes Hickhack

Laut KBA haben heutige Neufahrzeuge im Schnitt einen CO₂-Ausstoß von rund 170 Gramm pro Kilometer. Um in Zukunft

weniger Erdöl importieren zu müssen und gleichzeitig etwas auf dem Klimaschutzkonto zu verbuchen, hat die EU vor kurzem verordnet, dass bis 2012 dieser Wert von der Industrie freiwillig auf 120 Gramm gesenkt werden soll. Bei genauer Betrachtung wird aber klar, dass nun gar nichts mehr klar ist.

Da wird zum einen ein Ziel von 130 Gramm CO₂ formuliert. Dies ist ein typischer Kraftstoffverbrauchswert, also eine „Tank-to-Wheels“ Vorgabe. Doch zusätzlich gibt es den 10 Gramm „Bonus“. Diese Reduktion beinhaltet „Well-to-Tank“ Aspekte (z. B. ein Biotreibstoffbonus) als auch komplett neue, „ganzheitliche Gutschriften“, wie die für effiziente Klimaanlagen. War das Rechenmodell der EU bisher nur unvollständig, so ist es für sinnvolle Vergleiche nun fast schon unbrauchbar.

Doch warum fordert die EU nur eine Reduktion auf 120 Gramm. Warum nicht wirklichen Klimaschutz anstreben und gleich eine Reduktion auf 40 oder gar 4 Gramm CO₂ pro Kilometer fordern?

Der Treibstoffsektor

Die Emissionsangaben für den PKW-Bereich erlauben bereits eine gewisse „Interpretationsfreiheit“. Über die „richtigen“ Umrechnungsfaktoren darf und wird in der Fachwelt auch in Zukunft weiterhin gestritten werden. Da die Qualität der Treibstoffe gemäß den DIN Normen eine bestimmte Schwankung haben kann, werden selbst für die Umrechnung von

im Treibstoff enthaltenen Kohlenstoff in das Verbrennungsprodukt „Kohlendioxid“ unterschiedliche Kennzahlen verwendet. Vor allem bei den Energieaufwendungen in den Bereitstellungsketten ist man auf viele Annahmen angewiesen. Die Bandbreite der Schwankungen ist teilweise immens.

Tabelle 1 zeigt Richtwerte für typische Kraftstoffe. Die Werte basieren auf der anerkannten „Well-to-Wheels“ Studie des European Joint Research Center (EJRC). Stark vereinfacht kann man sagen, dass inklusive der Treibstoffproduktion die Emissionen unserer Fahrzeuge ca. 15 bis 20% höher sind als vom Kraftfahrtbundesamt ausgewiesen.

Auch ohne diesen Aufschlag wird klar, warum 40 oder gar 4 Gramm CO₂ ein „Unding“ sind. Wir bräuchten ein Auto mit einem Verbrauch von 1,5 beziehungsweise 0,15 Liter Treibstoff auf 100 km.

Der Stromsektor

Im Zusammenhang mit der elektrischen Mobilität sind für den CO₂-Ausstoß der Fahrzeuge die spezifischen Emissionen der jeweiligen Kraftwerke ausschlaggebend. In Tabelle 2 wurden einige Richtwerte für Deutschland zusammengestellt. Diese orientieren sich an den Daten der GEMIS-Datenbank und beinhalten neben der Bereitstellung der Brennstoffe auch noch den Bau und die Entsorgung der Kraftwerke. Dies ist sogar noch mehr als für einen „Well-to-Plug“-Wert notwendig wäre.

Treibstoff	g CO ₂ /kWh
Benzin	290
Diesel	300
Erdgas (H)	215

Tabelle 1: Richtwerte für die CO₂-Emissionen typischer Kraftstoffe. Diese sind bezogen auf den Brennwert und die gesamte Bereitstellungskette („Well-to-Wheels“).

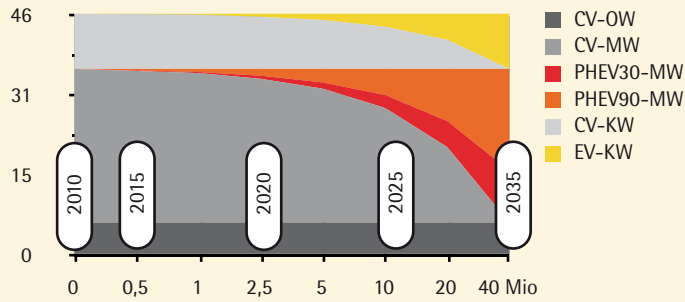
Kraftwerkstyp	g CO ₂ /kWh
Braunkohle	1100
Steinkohle	950
DE Strommix (fossil)	900
DE Strommix	650
Erdgas (GuD)	450
Erdgas (KWK)	250
Erneuerbare + KWK	100
Erneuerbarer Strommix	30
Wind	20

Tabelle 2: Richtwerte für CO₂-Emissionen bei der Stromerzeugung bezogen auf eine Kilowattstunde Strom bis Steckdose („Well-to-Plug“).

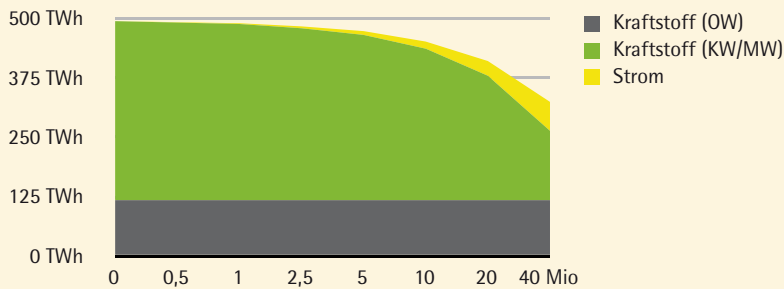
Kenngroße	CV-KW	CV-MK	CV-OW	Alle
Bestandsgröße	10,6 Mio.	29,5 Mio.	6 Mio.	46,1 Mio.
Marktanteil	23%	64%	13%	100%
Nutzungsart	Zweitwagen	Privat	Geschäftlich	–
Angenommenes Fahrprofil ...				
Jahresfahrleistung	11.000 km	15.000 km	23.000 km	15.000 km
Anteil Innerorts	60%	34%	20%	34%
Anteil Außerorts	40%	66%	80%	66%
Verbrauch je 100 km ...				
Innerorts	71 kWh	86 kWh	111 kWh	86 kWh
Außerorts	49 kWh	60 kWh	77 kWh	60 kWh
Kombiniert (aus Fahrprofil)	62 kWh	69 kWh	84 kWh	69 kWh
	EV-KW	PHEV90-MW		
Innerorts	12 kWh	15 kWh		
Außerorts	18 kWh	20 kWh		
Innerorts (Benzin)	–	66 kWh		
Außerorts (Benzin)	–	77 kWh		
Kombiniert (aus Fahrprofil)	14 kWh	37 kWh		

Tabelle 3: Abschätzung der Kenndaten von konventionellen (CV) und Elektrohybrid-Fahrzeugen (EV, PHEV) in den unterschiedlichen Klassen (Kleinwagen, Mittelklassewagen, Oberklassewagen).

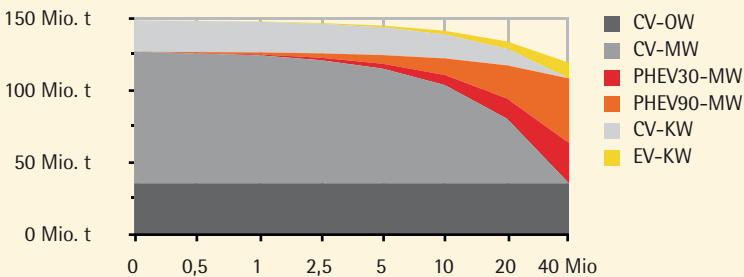
CO₂-Reduktionspotential durch elektrische PKW-Mobilität



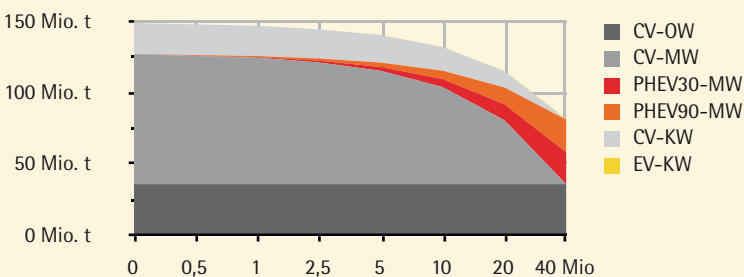
Grafik 1: Anteile der Referenzfahrzeuge an einem hypothetischen PKW-Markt der konstant 46 Mio. Fahrzeuge (y-Achse) zählt, aber einen variablen Anteil an Elektro(hybrid)fahrzeugen enthält (x-Achse). Die Jahresangaben zeigen, bis wann ein entsprechender Anteil bei konsequenter und politisch unterstützter Markteinführung erreicht werden könnte.



Grafik 2: Veränderung der Energieverbräuche (y-Achse) im PKW-Sektor, gemäß dem jeweiligen Flottenmix aus Grafik 1.



Grafik 3: Entwicklung der CO₂-Emissionen bei Verwendung des deutschen Strommixes mit 650 Gramm CO₂ je Kilowattstunde elektrische Energie.



Grafik 4: Entwicklung der CO₂-Emissionen bei Verwendung von erneuerbaren Energien im Strombereich. Hier gilt ein spezifischer Emissionsfaktor von 30 Gramm CO₂ je Kilowattstunde elektrische Energie.

4 Gramm sind machbar

Wie steht es im Zusammenhang mit der elektrischen Mobilität um die „utoptischen“ Reduktionsziele?

40 Gramm CO₂ pro Kilometer würde man erreichen, wenn man Strom aus einem Erdgas-KWK-Kraftwerk bezieht und in einem Elektroauto nutzt, das einen Verbrauch von weniger als 16 kWh je 100 km aufweist.

Bei der Verwendung von Windstrom, der im Lebenszyklus 20 g CO₂/kWh Strom verursacht, wäre das gleiche Elektroauto mit weniger als 4 Gramm unterwegs.

An dieser Stelle sei noch eine weitere Betrachtung zum Einsatz von Windstrom angebracht. Unterstellt man, dass Windstrom im Stromnetz fossile Erzeugungsleistung mit rund 900 g CO₂/kWh unnötig macht, so ergeben sich hier CO₂-Einsparung von 880 g CO₂ je Kilowattstunde Windstrom.

Im Fall der elektrischen Mobilität konnte in der DGS-Studie gezeigt werden, dass 1 kWh Strom im Drittmix 3,6 kWh Benzin ersetzt. Damit würde eine kWh Windstrom rund 1060 g CO₂ aus der Verbrennung und Herstellung von Benzin einsparen. Netto entspricht dies einer Reduktion von 1040 g CO₂ je Kilowattstunde Windstrom – 160 Gramm mehr als im Stromsektor. Entgegen der gängigen Meinung bedeutet dies, dass Windstrom aus Klimaschutzgründen primär „auf die Straße“ gehören würde.

Referenzfahrzeuge

Zusätzlich zu den Emissionswerten der jeweiligen Treibstoffe ist es für eine vergleichende Betrachtung notwendig, die jeweiligen Referenzfahrzeuge zu definieren. Tabelle 3 zeigt, welche Annahmen für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor- und Elektro(hybrid)motor in der DGS-Studie getroffen wurden.

Die PKW-Flotte wurde mit drei unterschiedlichen Fahrzeugklassen abgebildet, die wiederum unterschiedliche Bewegungsprofile und Energieverbräuche aufwiesen.

- Kleinwagen (CV-KW) dienten primär als Zweitwagen für kurze Strecken innerorts. Diese Wagen wurden in der Studie durch reine Elektroautos ersetzt (EV-KW).
- Mittelklassewagen (CV-MW) wurden durch Plug-in Hybridfahrzeuge (PHEV-MW) ersetzt. Diese fahren kurze Strecken elektrisch und lange Wege mit Benzin (siehe auch Sonnenenergie 04/2007).
- Oberklassewagen (CV-OW) repräsentieren einen Anteil der konventionellen Flotte, der nicht ersetzt werden soll oder kann.

Die Abschätzung der Nutzungsprofile – also der typischen Wegstrecken und deren Häufigkeit – erfolgte mit Hilfe von Daten des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVWB). Die durchschnittlichen Verbrauchswerte wurden aus den Statistiken des KBA abgeleitet.

Vor allem bei Plug-in Hybriden hat sich gezeigt, dass typische Betrachtungen auf Basis von Durchschnittswerten den Eigenheiten der PHEV-Technik nicht gerecht werden. Grafik 5 verdeutlicht, warum vor allem die Zusammensetzung der Wegstrecken von großer Bedeutung für die tatsächliche CO₂-Reduktion ist.

Erkenntnisse

In den Grafiken 1 bis 4 sind die zentralen Erkenntnisse der Studie veranschaulicht:

- Elektrische Mobilität hat keine signifikante Auswirkung auf den Stromverbrauch.
- 40 Mio. Fahrzeuge (PHEV + EV) würden den bundesdeutschen Strombedarf nur um 10% ansteigen lassen, was rund 60 TWh entspricht.
- Der Kraftstoffbedarf im PKW-Sektor könnte auf 20 Millionen Tonnen Erdöl halbiert werden.
- Bei der Nutzung von erneuerbarem Strom könnten 67 Millionen Tonnen CO₂ eingespart werden.

- Bei der Nutzung des heutigen Strommixes könnten immer noch 29 Millionen Tonnen CO₂ eingespart werden.

- Die Markteinführung von einer Million (PH)EVs braucht 8 bis 10 Jahre.

- Für eine vollständige Umstellung des PKW-Sektors sind mindestens 25 Jahre notwendig.

Die in der DGS-Studie aufgezeigten CO₂-Reduktionspotentiale wurden unter sehr konservativen Annahmen erzielt. In der Praxis sollten noch deutlich höhere Einsparungen eintreten.

Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch eine im Juni 2007 vorgestellte Studie des Electric Power Research Institutes (EPRI) und der Umweltschutzorganisation Natural Resources Defense Council (NRDC). Im ersten Teil wurden die CO₂-Reduktionspotentiale von PHEV-Fahrzeugen für die USA analysiert. Unabhängig von der Art der Stromerzeugung konnte den PHEVs eine CO₂-Reduktion gegenüber normalen Fahrzeugen bescheinigt werden. Der zweite Teil der Studie widmete sich einer generellen Analyse der Auswirkung aus Ozon, Feinstaub und andere Luftschadstoffe.

Plug-in Hybride, die „Steckdosen-Hybride“, sind nicht nur eine Migrationsstrategie hin zur elektrischen Mobilität. Es ist eine Effizienztechnologie für das

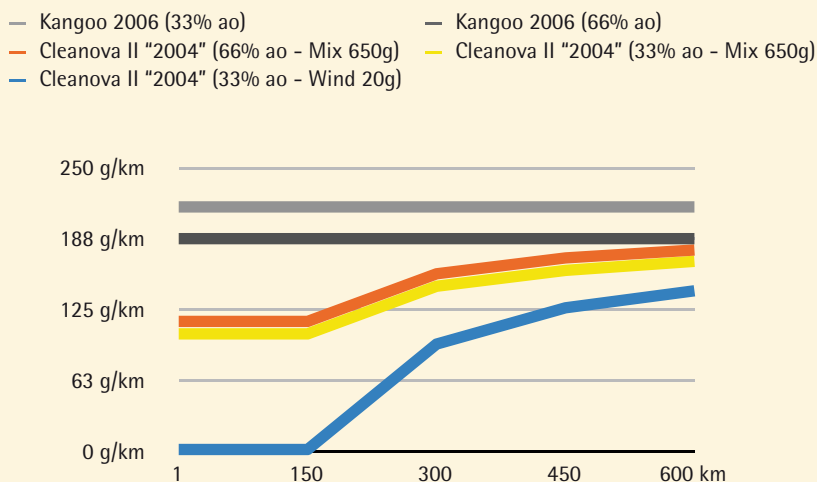
fossile Energiesystem, die zugleich eine Brücke in das von elektrischer Energie dominierte Solarzeitalter schlägt. Für ein Stromnetz, das von einem hohen Anteil an dezentral erzeugter, zeitlich fluktuierender elektrischer Energie aus erneuerbaren Quellen geprägt ist, sind hohe Marktanteile elektrischer Fahrzeuge wichtig. Die in diesem Zuge entstehenden Batteriekapazitäten können maßgeblich zur Regelung der Stromnetze beitragen und führen so zu einer aus ökonomischen Gesichtspunkten optimalen Nutzung erneuerbarer Energien. Frei nach dem Motto: „Getankt wird, wenn der Wind bläst und der Strom billig ist.“

Wer Klimaschutz ernst nimmt und sowohl Versorgungssicherheit als auch „Peak-Oil“ als reale Herausforderungen unserer Zeit annimmt, der kommt an der elektrischen Mobilität nicht vorbei. Deshalb gehören Elektroautos und Plug-in Hybride in jede zukunftsfähige Verkehrsstrategie.

ZUM AUTOR:

► Tomi Engel leitet den DGS Fachausschuss Solare Mobilität
tomi@objectfarm.org

Besonderheiten von Plug-in Hybriden (PHEVs)



Grafik 5: Die CO₂-Emissionen zweier identischer Mittelklassewagen in g/km (y-Achse) in Abhängigkeit von der Wegstrecke (x-Achse). Der „Steckdosen-Hybrid“ Cleanova legt die ersten 150 km rein elektrisch zurück und schaltet erst dann auf normales Benzin um. Man erkennt ab dieser Stelle den deutlichen Anstieg des CO₂-Ausstoßes.

Bei PHEVs ist folglich für die Ermittlung eines realitätsnahen Kennwertes für den CO₂-Ausstoß nicht nur die Verteilung der außerorts (ao) zu innerorts (io) Wegstrecken von Bedeutung. Vor allem die tatsächliche Länge der Wegstrecken ist von Bedeutung, da sich hieraus der elektrischen Fahranteil ergibt. Gesetze und Prüfverfahren sollten dies berücksichtigen.

BUCHTIPP



Eine detaillierte Abhandlung zu diesem Thema mit umfangreichen Hintergrundinformationen finden Sie in „Plug-in Hybride – Abschätzung des Potentials zur Reduktion der CO₂-Emissionen im PKW-Verkehr bei verstärkter Nutzung von elektrischen Antrieben.“

Die Studie wird gemeinsam von der DGS und dem Bundesverband Solare Mobilität (bsm) herausgegeben. Sie erscheint in Kürze im Verlag Dr. Hut (ISBN 978-3-89963-327-6) und kann über den DGS Buchshop oder den Buchhandel bezogen werden.