Fakten und Argumente zum Kraftstoffverbrauch

VDIK

TÜV NORD Mobilität

VDA | Verband der Automobilindustrie

Fakten und Argumente zum Kraftstoffverbrauch

VDIK

TÜV NORD Mobilität

VDA Verband der Automobilindustrie

Inhalt

Vorwort 7

Faires Spiel 8

Wie der Kraftstoffverbrauch in Europa ermittelt wird

Korrekt bilanziert 10

Wie der Energieverbrauch von Elektro- und Hybridfahrzeugen bestimmt wird

Ganz normal 12

Wie Abweichungen vom Normverbrauch entstehen

Fortschritte 14

Wie die Automobilindustrie an effizienteren Autos arbeitet

Mensch und Technik 17

Wie Fahrstil den Verbrauch beeinflusst

Weltweite Harmonie? 19

Was der WLTP ändert – und was nicht

Vorwort

Liebe Leserin,
lieber Leser,

wir alle verlassen uns im Alltag auf die Richtigkeit normierter Angaben. Wir kaufen einen Liter Milch im Supermarkt, ohne zuhause nachzumessen, ob in der Packung auch wirklich genau ein Liter enthalten ist. Wir investieren in ein neues Leuchtmittel und rechnen fest damit, dass Helligkeit und Stromverbrauch den Angaben auf der Verpackung entsprechen.

Auch für den Verbrauch von Kraftfahrzeugen gibt es normierte Angaben, die von den Herstellern aufgrund gesetzlicher Vorschriften in jeder Form der Werbung verwendet werden müssen. Allerdings ist ein Automobil – anders als Milch und Glühlampe – nicht auf einen bestimmten Einsatzzweck festgelegt. Gerade die Freiheit, das eigene Fahrzeug selbstbestimmt nutzen zu dürfen, wann und wo man will, macht den Reiz des Automobils gegenüber anderen Verkehrsträgern aus. Die Vielfalt möglicher Einsatzbedingungen und Fahrprofile kann ein festgelegter Testzyklus nicht abbilden.

Dennoch sind die gesetzlich vorgeschriebenen Testzyklen zur Bestimmung des Kraftstoffverbrauchs objektiv und die darauf basierenden Angaben ein guter Anhaltspunkt für den Autokäufer. Denn die sehr detaillierten Vorschriften für die Messung sind von allen Automobilherstellern gleichermaßen zu erfüllen. Mit dieser Broschüre wollen wir erläutern, wie Verbrauchsmessung und Emissionsbestimmung in der Europäischen Union funktionieren. Dabei werden auch die besonderen Regeln für Hybrid- und Elektrofahrzeuge berücksichtigt. Davon ausgehend betrachten wir die wichtigsten Gründe für Abweichungen zwischen Norm- und Realverbrauch. Schließlich geben wir Hinweise darauf, wie Autofahrer durch umsichtige Fahrweise den Kraftstoffverbrauch senken können.

Wir hoffen, mit dieser kompakten Broschüre einen Beitrag dazu zu leisten, Verständnis für die technischen Grundlagen sowie die darauf aufbauenden gesetzlichen Regelungen zu schaffen.

Dr.-Ing. Ulrich Eichhorn,
Geschäftsführer VDA

Dipl.-Ing. Bernd Mayer,
Geschäftsleitung VDIK

Dipl.-Ing. Axel Richter,
Leiter Institut für
Fahrzeugtechnik,
TÜV NORD

Faires Spiel

Wie der Kraftstoffverbrauch in Europa ermittelt wird

Die sogenannten „Herstellerangaben“ sind gesetzlich vorgeschriebene Pflichtangaben.

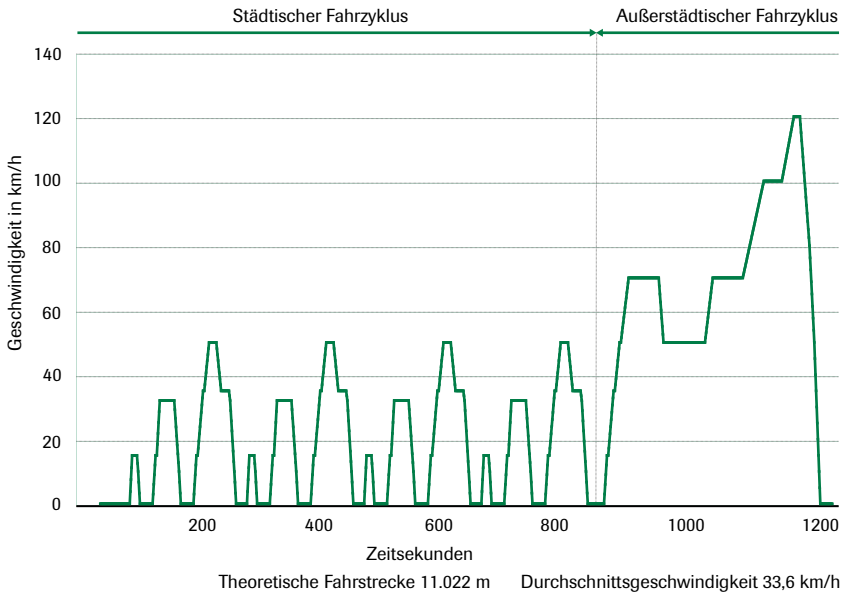
Der Ball ist rund und ein Spiel dauert 90 Minuten. Für König Fußball ist selbstverständlich: Ob Europameisterschaft oder Bundesliga, die Regeln, nach denen gespielt wird, sind stets dieselben. Das Regelwerk, seit 1863 mehrfach modifiziert, ermöglicht Fairness und Vergleichbarkeit der sportlichen Leistungen.

Ähnliches gilt auch für die offizielle Messung des Kraftstoffverbrauchs. Die heute in ganz Europa gültigen Regeln haben die Europäische Union und die UN-Wirtschaftskommission für Europa (ECE) als einzig verbindliche Norm für Pkw verabschiedet. Ein wichtiger Teil der Festlegung ist der Fahrzyklus, mit dem alle Autos getestet werden. Er definiert, wie weit und wie schnell die Autos fahren, und für Fahrzeuge mit manuellem Getriebe auch, wann geschaltet wird. Diesen Zyklus durchfahren alle Fahrzeuge unter Aufsicht einer neutralen und staatlich anerkannten Prüforganisation – natürlich nicht auf öffentlichen Straßen, sondern auf Prüfständen und unter Randbedingungen, die ebenfalls bis ins Detail normiert sind.

Der Zyklus, an dem sich seit 1996 vom Kleinwagen bis zum Supersportwagen alle Pkw messen lassen müssen, heißt „Neuer Europäischer Fahrzyklus“, kurz NEFZ. Er wurde bereits Ende der achtziger Jahre entwickelt, übrigens mit dem primären Ziel, einen Standard für die Messung von Abgasschadstoffen – Kohlenmonoxid, Stickoxide und unverbrannte Kohlenwasserstoffe – zur Verfügung zu stellen. Der NEFZ besteht aus zwei Teilen: Nach einem Kaltstart des Fahrzeugs steht für die ersten 13 Minuten Stadtverkehr mit mehrfachem Beschleunigen und Abbremsen sowie Stillstandsphasen auf dem Programm. Die Durchschnittsgeschwindigkeit in diesem Teil des Zyklus beträgt 18,8 km/h und entspricht damit den Verhältnissen in großen Metropolen wie Berlin oder Paris während des Berufsverkehrs. Anschließend wird exakt 400 Sekunden lang eine Überlandfahrt simuliert, bei der das Fahrzeug maximal 120 km/h erreicht.

Der Testzyklus ist europaweit mit allen Randbedingungen – zum Beispiel Reifen, Temperatur, Licht – normiert und vorgeschrieben

Geschwindigkeitsverlauf während des europäischen Testzyklus



Quelle: UN/ECE

Gegenüber dem vor 1996 zugrunde gelegten Drittelmix – bei dem zwei Drittel der virtuellen Strecke mit konstanter Geschwindigkeit gefahren wurden – stellt der NEFZ eine erhebliche Verschärfung dar. Denn der Verbrauch jedes Autos steigt beim Beschleunigen um ein Vielfaches gegenüber der Konstantfahrt an. Zwar sind die Beschleunigungen moderat – sie müssen ja von allen Fahrzeugen erfüllt werden können –, aber der Geschwindigkeitskorridor ist genau festgelegt. Maximal 2 km/h darf von dem Sollwert abgewichen werden. Auch für die Ausstattung des Fahrzeugs hat der Gesetzgeber exakte Vorschriften erlassen. Zum Beispiel bei den Reifen, deren Rollwiderstand rund ein Drittel aller Fahrwiderstände ausmacht. Es ist nicht möglich, das Prüfergebnis positiv zu beeinflussen, indem der Autohersteller besonders schmale Ökoreifen aufzieht. Stattdessen müssen grundsätzlich immer die breitesten Reifen verwendet werden, die für ein Fahrzeug zugelassen sind, nur bei vier oder mehr Reifenvarianten ist die zweitbreiteste Version zulässig. Auch das Tagfahrlicht muss während der Prüfung eingeschaltet sein. Nicht berücksichtigt werden hingegen Sonderausstattungen, die nicht serienmäßig in allen Fahrzeugen angeboten werden – zum Beispiel die Klimaanlage.

Entscheidend für die Prüfung im Labor ist es, die Fahrzeugmasse – sprich das Gewicht – zu berücksichtigen. Denn das Auto treibt auf dem Prüfstand mit seinen Rädern eine Rolle an und absolviert so Kilometer um Kilometer im Stillstand. Die Rolle muss künstlich gebremst werden, um jene Kraft zu simulieren, die ein Auto auf der Straße für den Antrieb benötigt: Vor allem die eigene Massenträgheit. Im Labor wird dies durch eine Schwungmasse, eine Art künstliches Gewicht, erreicht. Heute werden in der Regel keine realen Massen mehr verwendet; stattdessen treibt die Rolle eine regelbare elektrische Bremse an, die den Widerstand simuliert.

Vorgeschrieben ist auch die Temperatur, bei der die Prüfung durchgeführt wird, sie beträgt zwischen 20 und 30 °C. Das Auto darf vorher nicht „warmgefahren“ werden, sondern muss über mehrere Stunden in einem ebenfalls temperierten Raum konditioniert werden, bis die Temperatur von Motoröl und Kühlwasser maximal um 2 °C von der Umgebungstemperatur abweicht. Dies ist nicht nur für die Verbrauchs-, sondern auch für die Schadstoffmessung wichtig. Denn moderne Katalysatoren machen zwar mehr als 95 Prozent aller Schadstoffe unschädlich, benötigen dafür aber eine Betriebstemperatur von mehreren Hundert Grad. Um das Messergebnis nicht zu verfälschen, wird daher immer mit kaltem Motor gestartet.

Der Verbrauch wird bei der Typprüfung übrigens von einem unabhängigen technischen Dienst, z.B. TÜV, bestimmt. Damit ist sichergestellt, dass alle gesetzlichen Regeln eingehalten werden und der ermittelte Verbrauch korrekt ist. Das oftmals verwendet Wort „Herstellerangabe“ ist daher irreführend. Denn der Hersteller darf sich in seiner Werbung nur auf die zertifizierten Verbrauchswerte beziehen.

Auch wenn an einzelnen Testbedingungen immer wieder Kritik laut wird, hat der NEFZ seine Rolle als faires Regelwerk erfüllt, das im Wettbewerb einzelne Hersteller weder bevorzugt noch benachteiligt. Obwohl der Zyklus ursprünglich für Europa entwickelt wurde, hat er sich auch in anderen Regionen bewährt. China als größter Pkw-Markt der Welt hat genauso wie Argentinien, Australien oder Südafrika den europäischen Fahrzyklus für die lokale Gesetzgebung übernommen.

Der Testzyklus wird von neutralen und staatlich anerkannten Prüforganisationen überwacht.

Korrekt bilanziert

Wie der Energieverbrauch von Elektro- und Hybridfahrzeugen bestimmt wird

Auch der Verbrauch von Elektro- und Hybridfahrzeugen ist europaweit normiert.

Wie viel Kraftstoff ein Auto verbraucht, wird in Liter pro 100 Kilometer angegeben. Ein Naturgesetz ist das aber nicht, Amerikaner rechnen zum Beispiel lieber mit der Reichweite – angegeben in Meilen pro Gallone. Seitdem sich die Erkenntnis durchgesetzt hat, dass anthropogene, also vom Menschen verursachte CO_2-Emissionen zum Klimawandel beitragen, ist als neue Maßeinheit für den CO_2-Ausstoß „Gramm CO_2 je Kilometer“ hinzugekommen. Alle Fahrzeuge bis 3,5 t Gesamtgewicht, egal welcher Kategorie, fahren den gleichen Testzyklus und fahren unter den gleichen Randbedingungen. Für Fahrzeuge mit konventionellem Antrieb werden die Messwerte am Abgasmessprüfstand ermittelt und dann auf Einheiten pro Kilometer umgerechnet.

Künftig wird es noch etwas komplizierter: Immer mehr Autos haben neben dem Verbrennungsmotor einen zusätzlichen elektrischen Antrieb an Bord oder fahren sogar ausschließlich elektrisch. Mit den gängigen Verfahren wären solche Fahrzeuge nicht mehr sinnvoll zu testen.

Die Gesetzgebung hat diesen Trend frühzeitig erkannt. Nach der ECE-Regelung 101 werden drei Fahrzeugkategorien unterschieden, für die, abhängig vom Grad der Elektrifizierung, jeweils eigene Testvorschriften gelten:

- Fahrzeuge, die ausschließlich mit Verbrennungsmotor fahren
- Fahrzeuge, die ausschließlich mit Elektroantrieb fahren
- Hybridfahrzeuge, die beide Antriebsarten nutzen.

Fährt ein Fahrzeug rein elektrisch, so emittiert es in dem Moment keine CO_2-Emissionen. Entsprechend wird die rein elektrische Fahrstrecke mit 0 g/km CO_2 bewertet – unabhängig davon, ob das Fahrzeug tatsächlich „Ökostrom“ aus erneuerbaren Energien lädt. Diese Festlegung des Gesetzgebers ist vor dem Hintergrund des europäischen CO_2-Emissionsregimes zu verstehen. Denn die Europäische Union hat sich bewusst für eine Trennung von Bereitstellung und Nutzung der Energie entschieden. Kraftwerkbetreiber, die Strom aus fossilen Energieträgern wie Kohle oder Erdgas herstellen wollen, müssen sich mit Emissionszertifikaten versorgen, um eine bestimmte Menge an Kohlendioxid ausstoßen zu dürfen. Sie können Zertifikate von anderen Marktteilnehmern zukaufen, nicht aber die im Markt verfügbare Menge vermehren. Zusätzlicher Strombedarf durch elektrisch fahrende Autos kann daher in Europa nicht zu einer Steigerung der CO_2-Gesamtemissionen führen. Zudem zeigt sich, dass die meisten Autohersteller mit Elektroautos ihren Kunden ohnehin einen Ökostromvertrag anbieten.

Trotzdem ist es sinnvoll, den Verbrauch – also den Stromverbrauch – von rein elektrischen Autos zu bestimmen. Denn der beeinflusst direkt und indirekt die Kosten für den Verbraucher. Direkt über den Strompreis, indirekt, da Elektroautos mit hoher Effizienz mit kleineren Akkus auskommen und damit der Anschaffungspreis sinkt – oder Reichweite und Nutzwert steigen. Für die Bestimmung des Verbrauchs, der in Kilowattstunden pro 100 Kilometer (kWh/100 km) angegeben wird, dient der gleiche Fahrzyklus (NEFZ) wie für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor – logisch, denn Elektroautos fahren ja auch im gleichen Straßenverkehr.

Reine Elektroautos durchfahren den Testzyklus mit voll geladener Batterie zweimal. Danach muss das Fahrzeug innerhalb von 30 Min. wieder an das Stromnetz angeschlossen werden. Während des Ladevorgangs wird ein Energiemessgerät – eine Art Stromzähler – zwischen Netzsteckdose und Ladekabel angebracht. Es zählt die durchfließenden Wattstunden, die anschließend durch die Anzahl der auf dem Prüfstand zurückgelegten Kilometer geteilt werden. Das Ergebnis in Wh/km ist dann leicht auf kWh/100 km hochzurechnen. Eine Besonderheit dieses Verfahrens liegt darin, dass auch die Verlustleistung erfasst wird, die während des Aufladens entsteht.

Jede Batterie erhitzt sich während des Aufladens durch die elektrochemischen Vorgänge im Inneren – das kennt man von Mobiltelefonen. Ein modernes Batteriemanagement vermindert die Verlustleistung jedoch erheblich.

Deutlich komplizierter wird es bei Hybridfahrzeugen, die über Elektro- und Verbrennungsmotor verfügen. Für das Prüfverfahren wird unterschieden zwischen Hybridfahrzeugen, die extern Strom tanken können („Plug-in-Hybride“), und solchen, bei denen der Akku allein aus dem Fahrzeug – beispielsweise durch die Wiedergewinnung von Bremsenergie – gespeist wird.

Plug-in-Hybridfahrzeuge sind grundsätzlich zweimal zu testen: Einmal mit vollständig aufgeladener Batterie und dann noch einmal mit entladenem Energiespeicher. Zunächst durchfährt das Fahrzeug den NEFZ also mit vollem Akku – und zwar so lange, bis dieser vollständig entleert ist. Reicht die elektrische Leistung, um die im Zyklus geforderten Beschleunigungen und auch die Maximalgeschwindigkeit von 120 km/h zu erreichen, fährt das Auto in diesem Teil rein elektrisch und mit 0 g/km CO_2. Im zweiten Teil der Prüfung durchfährt der Plug-in-Hybrid den Zyklus einmal mit entladener Batterie, was dazu führt, dass die notwendige Fahrenergie aus dem Verbrennungsmotor kommt. Wieder ergibt sich ein Emissionswert in g/km CO_2. Abschließend werden die beiden Werte unter Berücksichtigung der separat ermittelten elektrischen Reichweite zueinander ins Verhältnis gesetzt. Auch ohne sich in mathematischen Details zu verlieren, ist klar: Je weiter ein Fahrzeug mit voll geladenem Akku elektrisch fahren kann, desto niedriger ist der Gesamt-CO_2-Emissionswert. Das ist auch logisch, denn im Realbetrieb kommen Plug-in-Hybride mit hoher elektrischer Reichweite öfter ganz ohne den Verbrennungsmotor aus als Plug-in-Fahrzeuge mit einer kleinen Batterie. Auch große und sportliche Fahrzeuge können somit als Plug-in-Hybrid zweistellige CO_2-Werte erreichen.

Nicht extern aufladbare Hybridfahrzeuge haben geringe elektrische Reichweiten, die selbst bei vollem Akku selten zwei Kilometer übersteigen. Für sie schreibt der Gesetzgeber daher eine Prüfung vor, die der von rein verbrennungsmotorischen Fahrzeugen sehr ähnlich ist. Allerdings muss der Ladezustand der Batterie dabei berücksichtigt werden. Daher wird zusätzlich zu den CO_2-Emissionen die Ladebilanz der Batterie bestimmt und der Emissionswert entsprechend korrigiert. Auch für Elektro- und Hybridfahrzeuge gilt: Die in der gesetzlich vorgeschriebenen Prüfung ermittelten Werte geben die Antriebseffizienz unter gegebenen Randbedingungen wieder und ermöglichen einen neutralen Vergleich.

Technik eines Plug-in-Fahrzeugs

Ganz normal

Wie Abweichungen vom Normverbrauch entstehen

Der NEFZ kennt keine Klimaanlage, Sitz- oder Heckscheibenheizung, Nacht, Berge, Klimazonen, Jahreszeiten oder Kurven.

3,2 l/100 km – also 85 g/km CO_2 – beträgt der Normverbrauch des in Deutschland meistverkauften Automodells derzeit in seiner effizientesten Dieselausführung. Für fünf Insassen bietet es hohen Komfort, dabei sorgen 81 kW (110 PS) für ordentlichen Vortrieb. Fünf-Sterne-Sicherheit ist genauso Serie wie eine Klimaanlage.

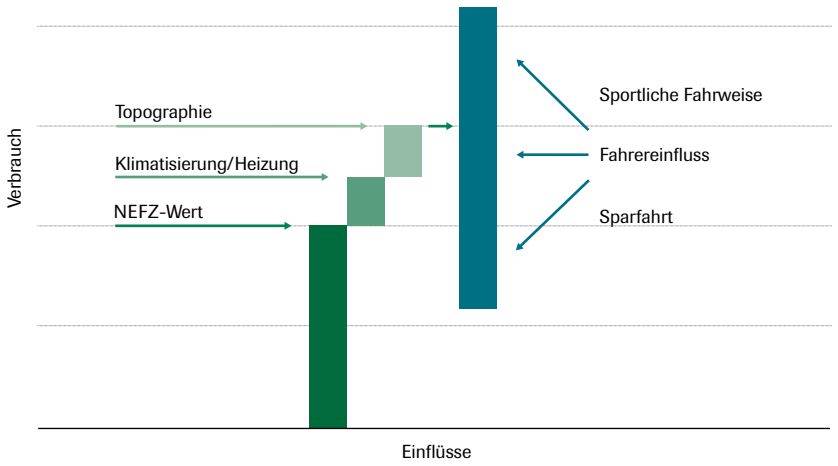
In der täglichen Praxis wird der Verbrauch auch dieses Modells in der Regel höher liegen – dafür gibt es eine ganze Reihe guter Gründe. Denn der für die Ermittlung der CO_2-Emissionen verwendete NEFZ bildet wesentliche Faktoren ab, die auf den Verbrauch eines Pkw im öffentlichen Straßenverkehr Einfluss haben. Vor allem zeigt er, wie verbrauchsgünstig das Fahrzeug im Vergleich zu anderen Fahrzeugen bei identischer Belastung ist. Berücksichtigt werden auch alle Verluste, die bei der Übertragung des Motormoments an das Rad entstehen, beispielsweise durch das Getriebe.

Aber nicht alle Bedingungen im realen Straßenverkehr können im Labor getestet werden. So berücksichtigt die gesetzliche Prüfung die Topografie nicht, das Auto fährt quasi immer in der Ebene. Bergauf muss hingegen die Erdanziehungskraft überwunden werden. Auch Kurven können die meisten Prüfstände technisch nicht simulieren, weshalb die Richtlinie stete Geradeausfahrt vorschreibt. In der Realität benötigt das Durchfahren einer Kurve jedoch immer ein wenig zusätzliche Energie, da die Servolenkung betrieben werden muss und die Reifen mehr Verformungsarbeit zu leisten haben.

Noch wichtiger für den Realverbrauch: Die vom Gesetzgeber beabsichtigte Vergleichbarkeit ist nur durch ein normiertes Geschwindigkeitsprofil zu erreichen. Wer gerne sportlich fährt oder auf der Autobahn die erlaubten Geschwindigkeiten ausnutzt, muss häufiger beschleunigen. Die dafür benötigte Energie kann nur dem Kraftstoff entnommen werden. Auch Tageszeit und Witterung unterscheiden sich bei jeder einzelnen Fahrt und können auf dem Prüfstand nicht vergleichbar reproduziert werden. Daher bleiben die Hauptscheinwerfer während des Tests ausgeschaltet – ebenso wie andere elektrische Verbraucher wie die Heckscheiben- oder die Sitzheizung.

Je niedriger der Normverbrauch ist, desto höher fällt die prozentuale Abweichung aus – auch wenn der CO_2-Ausstoß absolut deutlich sinkt.

Einflüsse auf den Realverbrauch



Quelle: VDA

Technische Einflüsse auf den Kraftstoffverbrauch

Energiewandlung	Motor: Wandlung chemischer Energie in mechanische Energie
Mechanische Energieverluste	Antriebsstrang: Getriebe, Reifen, Radlager, Lenkhilfpumpe
	Motor: Reibung, Brennverfahren, Ladungswechsel
Überwindung der äußeren Fahrwiderstände	Gewicht
	Luftwiderstand
	Topografie
Komfort und weitere wesentliche technische Einflüsse	Klima, Kühlung, Elektrik

Besonders großen Einfluss auf den Realverbrauch hat die Klimaanlage, die zu einem Mehrverbrauch von temporär bis zu 2 l/100 km führen kann. Ihre Einschaltzeit ist stark von den örtlichen klimatischen Bedingungen abhängig – der europäische Fahrzyklus gilt in Oslo genauso wie in Athen. Aus dem gleichen Grund fahren alle Pkw im Test auf Sommerreifen. Winterreifen haben von Natur aus einen höheren Rollwiderstand, da die Stollen größer sind und sich schlechter verformen. Sie erhöhen daher den Verbrauch ebenfalls signifikant um bis zu 0,5 l/100 km.

Die genannten Gründe führen dazu, dass der Realverbrauch in der Regel höher ausfällt als die gesetzlich vorgeschriebene Normangabe. Bei Testfahrten von insgesamt 563 verschiedenen Modellen kam „auto motor und sport“ in der „Verbrauchsrunde“, bei der der Fahrer so spritsparend wie möglich fährt, zu folgenden Ergebnissen: 53 Prozent aller Modelle hatten einen Verbrauch, der über dem jeweiligen NEFZ-Wert lag. Bei 7 Prozent war der Verbrauch mit dem NEFZ-Wert identisch. Bei knapp 40 Prozent aller Modelle wurde der NEFZ-Wert unterschritten (s. Grafik S. 18). Könnte ein Autohersteller das nicht in seiner Werbung berücksichtigen und eine entsprechende „Von bis zu“- Angabe machen? So kundenfreundlich es wäre, die Angabe zur CO_2-Norm durch weitere Angaben zu ergänzen: Gesetzlich ist das nicht zulässig, man will damit Missbrauch vermeiden. Alle Hersteller müssen und dürfen nur die im offiziellen Testzyklus ermittelten Werte – und zwar genau in der vorgeschriebenen Reihenfolge – kommunizieren. Auf diesen basieren auch die Effizienzklassen, mit denen die Modelle gekennzeichnet werden müssen.

Der Hersteller darf den Verbrauch nur nach vorgeschriebener Norm kommunizieren. Nicht mehr, nicht weniger.

Ohnehin wäre es schwierig, den typischen Realverbrauch zu ermitteln. Dies gilt insbesondere für Plug-in-Hybridfahrzeuge. Wer im Alltag nur 20 Kilometer pendelt und den Akku regelmäßig lädt, wird den Verbrennungsmotor so gut wie nie nutzen und deutlich unter der offiziellen Normangabe bleiben. Wer hingegen einen Plug-in-Hybrid für lange Dienst- und Urlaubsfahrten nutzt, kann die Normangabe um mehrere Hundert Prozent überschreiten, da der elektrische Anteil an der Gesamtfahrstrecke dann gering ausfällt.

Ist die Angabe eines Normverbrauches mithin Makulatur? Keineswegs, denn er gewährleistet trotz der unausweichlichen Abweichungen von der Realität eine Vergleichbarkeit verschiedener Antriebe. Eine Motor-Getriebe-Kombination, die auf dem Prüfstand 10 Prozent weniger verbraucht als eine andere, wird diesen Vorteil ungefähr in gleicher Höhe auch in der Praxis ausspielen. Durch die Bestimmung eines CO_2-Emissionswertes sind zudem verschiedene Antriebskonzepte miteinander vergleichbar. Bei der früher üblichen rein volumetrischen Betrachtung in l/100 km blieb außer Acht, dass die Kohlenstoffdichte im Dieselkraftstoff rund 15 Prozent höher ist als bei Benzin – anders formuliert: Bei gleichem volumetrischen Verbrauch wäre der Benziner klimafreundlicher als der Diesel.

Mehr denn je kommt es für den Autokäufer künftig darauf an, einen Antrieb zu wählen, der zu seinem persönlichen Tages- und Jahres-Fahrprofil passt. Die Automobilhersteller sind darauf eingestellt, unterschiedliche Kundenansprüche zu erfüllen. Sparsame Diesel- und Benzinmotoren, Erdgas- und Hybridantriebe bis hin zum reinen Elektrofahrzeug mit Brennstoffzelle oder Batterie für den Kurzstreckenbetrieb bilden einen Fächer, aus dem jeder Kunde künftig für sich sein persönliches Energiesparprogramm wählen kann.

Fortschritte

Wie die Automobilindustrie an effizienteren Autos arbeitet

Sicherer, sauberer, langlebiger, komfortabler – und gleichzeitig sparsamer: Das sind moderne Autos.

Wer auf einer Rolltreppe entgegen der Fahrtrichtung läuft, muss sich ganz schön anstrengen, um das Ziel zu erreichen. Genau das tut die Automobilindustrie bei ihrem Bemühen, den Kraftstoffverbrauch zu senken. Die Rolltreppe, das sind jene Faktoren, die dazu führen, dass moderne Autos eigentlich viel mehr verbrauchen müssten. Immer höhere Anforderungen von Kunden und Gesetzgeber sind in den letzten Jahrzehnten hinzugekommen:

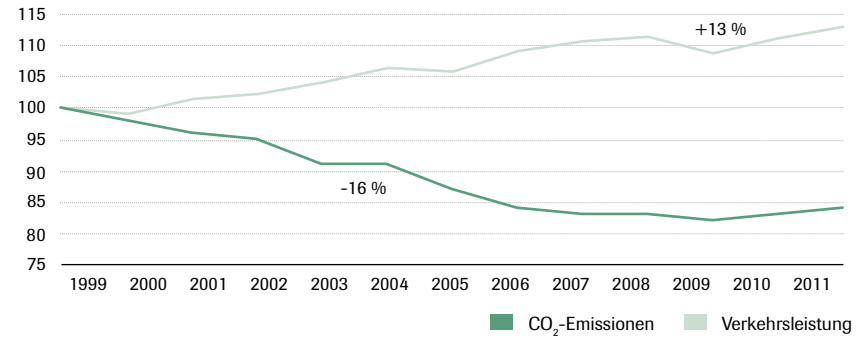
- Moderne Autos sind sicherer als je zuvor: Fahrerassistenzsysteme halten nicht nur das Fahrzeug fast immer stabil auf der Straße, sie warnen vor Unfällen und lösen automatische Notbremsungen aus. Kommt es dennoch zu einer Kollision, schützen Airbags die Insassen. Die Zahl der Verkehrstoten ist daher in Deutschland bis Ende 2013 auf weniger als 3.400 gesunken. Dies ist der niedrigste Stand seit 1950. All die Sicherheitseinrichtungen führen zu erheblichen Mehrgewichten.

- Die Emission von Abgasschadstoffen wurde – je nach Art des Schadstoffs – um bis zu 99 Prozent reduziert. Die dafür notwendigen Abgasreinigungsanlagen bedeuten nicht nur erhebliches Mehrgewicht, sondern verursachen teilweise direkt einen höheren Verbrauch. Beispielsweise ist es für die Regeneration von Diesel-Partikelfiltern im Stadtverkehr notwendig, zusätzlichen Kraftstoff einzuspritzen.

- Moderne Autos sind langlebiger, robuster, komfortabler und stärker auf die individuellen Bedürfnisse der Kunden ausgerichtet. Dies drückt sich in der großen Breite der Fahrzeugkategorien aus, die heute vom Kleinstwagen bis hin zum familientauglichen Van geht. Dadurch steigen Volumen, Gewicht, Leistung und natürlich auch der Verbrauch.

Entwicklung Verkehrsleistung und CO_2-Emissionen in Deutschland

in %



Quelle: VDA

Trotz dieser gegenläufigen Effekte hat sich der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch des gesamten Pkw-Bestands in Deutschland von 1991 bis 2012 von 9,2 auf 7,3 l/100 km verringert. Dies entspricht einer Reduktion von rund 20 Prozent in zwei Jahrzehnten. Noch deutlicher wird die Entwicklung, wenn man die Neuzulassungen betrachtet: Hier betrug die Reduktion im selben Zeitraum sogar 35 Prozent. Anfang 2014 werden auf dem deutschen Markt 1.600 Modelle angeboten, die bereits den ab 2015 geltenden Flottengrenzwert von 130 g/km unterbieten. Und 50 Modelle liegen sogar schon unter dem ab 2020 geltenden Flottengrenzwert von 95 g/km.

Dennoch: Der erreichte technische Stand ist weiterhin verbesserungsfähig. Die Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen der Hersteller und der Zulieferindustrie sind daher zu mehr als zwei Dritteln auf höhere Effizienz ausgerichtet. Der Optimierung konventioneller Verbrennungsmotoren kommt dabei große Aufmerksamkeit zu, da sie einer Prognose des renommierten Marktforschungsinstituts IHS zufolge auch im Jahr 2020 in Europa rund 94 Prozent aller Antriebe für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge ausmachen werden. Signifikant ist derzeit vor allem die Entwicklung zum „Downsizing“, also zu Motoren, die aus kleinem Hubraum hohe spezifische Leistungen entwickeln und daher besonders häufig in verbrauchsgünstigen Betriebspunkten arbeiten. Damit diese Punkte auch in der Praxis genutzt werden können, sind moderne Getriebe mit bis zu neun Gängen entwickelt worden, die sehr große Unterschiede in der Übersetzung zwischen niedrigstem und höchstem Gang bieten.

Parallel zu der notwendigen Optimierung klassischer Antriebe hat die Automobilindustrie in den vergangenen Jahren eine Vielzahl alternativer Antriebe auf die Straße gebracht:

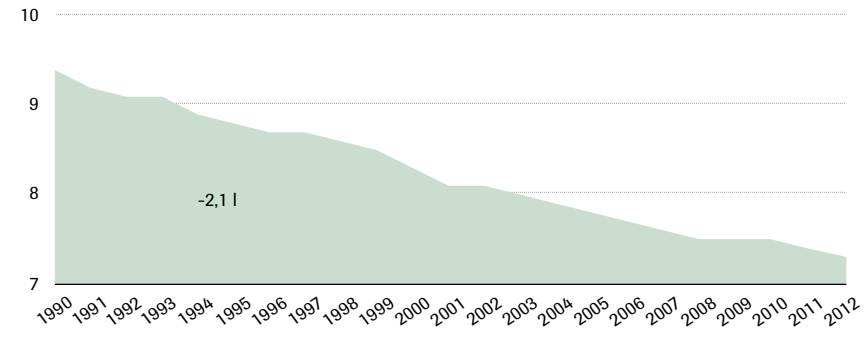
- Erdgasantriebe, die aufgrund der chemischen Eigenschaften des Erdgases bei identischer Energieabgabe rund 25 Prozent weniger CO_2 emittieren.
- Elektrofahrzeuge, die lokal emissionsfrei fahren und bei Kombination mit entsprechenden Verträgen ihren Strom aus erneuerbaren Energien beziehen.
- Hybridfahrzeuge in verschiedenen Ausführungen, die den Kraftstoffverbrauch um bis zu 25 Prozent senken oder als Plug-in-Hybrid im täglichen Pendlerverkehr sogar rein elektrisch zu betreiben sind.
- Wasserstofffahrzeuge, die den Fahrstrom aus einer Brennstoffzelle beziehen, ausschließlich Wasserdampf emittieren und lange Strecken mit Hilfe regenerativ erzeugten Wasserstoffs zurücklegen können.

Mit Ausnahme der Brennstoffzelle sind all diese Antriebe heute bereits für normale Kunden im Handel erhältlich.

Dank Forschung und Entwicklung sinken die CO_2-Emissionen bei steigender Verkehrsleistung.

Entwicklung des Durchschnittsverbrauchs im Pkw-Bestand in Deutschland

Durchschnittsverbrauch in l/100 km



Quelle: DIW

Doch nicht allein effizientere Antriebe verbessern die Energiebilanz moderner Autos. Innovationen, die dem sparsameren Umgang mit Energie ermöglichen, finden sich im gesamten Fahrzeug:

- Die Automobilindustrie hat es geschafft, die Gewichtsspirale zu stoppen. Der Einsatz von hochfesten Stählen und Aluminium sowie zunehmend auch von Verbundfasern wie CFK führt dazu, dass das Gewicht neuer Fahrzeugmodelle in der Regel trotz besserer Sicherheits- und Komfortausstattung nicht weiter steigt. Eine Reduktion um 100 kg, so eine Faustregel, führt zu einem Minderverbrauch von bis zu 0,3 l/100 km.

- Rollwiderstandsarme Reifen können den Kraftstoffverbrauch um rund 2 Prozent senken. Einen Sicherheitsnachteil, zum Beispiel beim Bremsen, weisen moderne High-Tech-Gummimischungen nicht mehr auf.

- Der Luftwiderstand des gesamten Fahrzeugs wurde konsequent verringert. Dabei haben die Ingenieure nicht nur die Gestaltung der Karosserie, sondern auch des Unterbodens, der Radkästen und des Kühlers im Blick.

- Auch alle elektrischen Verbraucher werden konsequent auf niedrigen Verbrauch getrimmt. Dies fängt bei der effizienten Stromerzeugung an Bord an und erstreckt sich auf die Optimierung aller elektrischen Verbraucher, wie zum Beispiel die Scheinwerfer, deren Energiebedarf mit moderner LED-Technik deutlich reduziert werden kann. Dieses Beispiel zeigt auch, dass die Automobilindustrie sich nicht einseitig auf die Minimierung des Zyklusverbrauches konzentriert. Denn im offiziellen Test bleiben die Scheinwerfer aus.

- Auch die mechanischen Nebenverbraucher (beispielsweise der Klimakompressor) sind im Fokus der Optimierung. Auch wenn die Klimaanlage im NEFZ nicht in Betrieb ist, können effiziente Klimaanlagen vor allem im Sommer den Mehrverbrauch deutlich einschränken.

Automobilhersteller und Zulieferer forschen intensiv an weiteren Systemen, die den Autofahrer beim Sparen im realen Verkehr unterstützen sollen. Zum Beispiel werden künftige Navigationssysteme mit Motorelektronik und adaptiven Geschwindigkeitsregelsystemen kommunizieren. Hindernisse wie steile Hänge oder Ortseinfahrten können so erkannt werden, bevor der Fahrer sie mit eigenen Augen sieht. Dadurch können beispielsweise Hybridfahrzeuge die in der Batterie gespeicherte elektrische Energie so einsetzen, dass der Gesamtverbrauch so niedrig wie möglich ausfällt. Noch einen Schritt weiter gehen kooperative Fahrerassistenzsysteme, bei denen sich Fahrzeuge gegenseitig auch vor temporären Hindernissen, etwa einer Ölspur, warnen.

Eine Vielzahl weiterer Technologien befindet sich derzeit noch im Vorentwicklungs- oder gar Forschungsstadium. So arbeitet die Industrie daran, die Abwärme von Verbrennungsmotoren nicht nur zur Beheizung des Innenraums, sondern auch zur Wiedergewinnung elektrischer Energie zu nutzen. Das Bordnetz könnte teilweise auf höhere Spannungen (48 Volt) umgestellt werden. Neue Verbundbleche aus Stahl und CFK könnten weiteres Gewicht einsparen. Das Licht der Zukunft könnte in besonders effizienten Laserdioden erzeugt werden. Nur einige Beispiele dafür, dass der technische Fortschritt nicht an Dynamik verliert.

Mensch und Technik

Wie Fahrstil den Verbrauch beeinflusst

Technik kann man standardisieren, Menschen zum Glück nicht. Während genormte Testzyklen wie der NEFZ eine technische Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Modellen ermöglichen, entzieht sich der persönliche Fahrstil einer neutralen Bewertung. Sicher aber ist: Er hat erheblichen Einfluss auf den im realen Straßenverkehr erzielten Verbrauch.

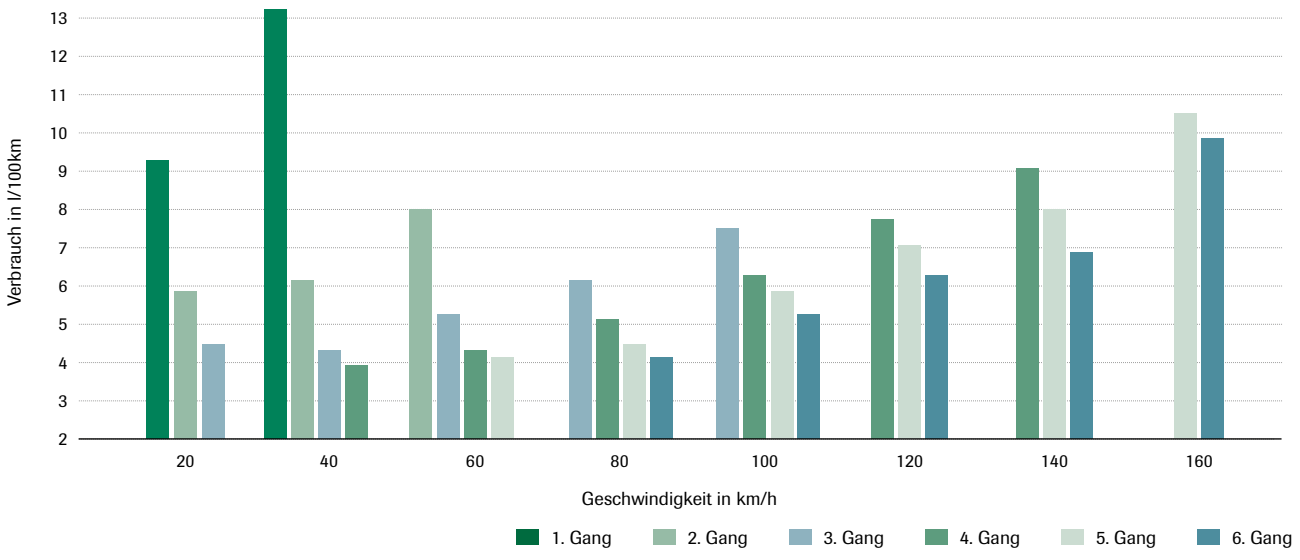
Es ist eine ganze Reihe von Faktoren, die den Verbrauch eines Autos bei gegebener Technik nach oben treiben können. Wer sie kennt, kann gegensteuern und sein Auto besonders verbrauchsgünstig bewegen. Das persönliche Energiesparprogramm kann aus folgenden Bausteinen bestehen:

1. Vorausschauend fahren
Am wenigsten verbraucht jedes Auto, wenn es mit konstanter Geschwindigkeit fährt – es muss dann nur die Energie zugeführt werden, die durch den Rollwiderstand der Reifen und den Luftwiderstand verloren geht. Anders formuliert: Je seltener und je weniger stark man beschleunigt, desto weniger muss man nachtanken. Eine vorausschauende Fahrweise zahlt sich daher doppelt aus: durch geringere Kraftstoffkosten und erhöhte Sicherheit. Dies gilt übrigens auch für Hybridfahrzeuge: Zwar können sie einen Teil der beim Bremsen sonst vernichteten Energie zurückgewinnen, aber das funktioniert nicht verlustfrei.

2. Früh hochschalten
Moderne Verbrennungsmotoren mit Turboaufladung bieten schon bei niedrigen Drehzahlen ein sehr hohes Drehmoment und damit gute Durchzugskraft. Zeigt der Drehzahlmesser daher 2.000/min, wird es höchste Zeit, in den nächsthöheren Gang zu wechseln. Moderne Autos zeigen den optimalen Zeitpunkt für den Gangwechsel in der Regel im Kombi-Instrument an. Wer darauf nicht ständig achten will, delegiert das Schalten am besten – zum Beispiel an ein Doppelkupplungstriebe oder einen Stufenautomaten.

Der größte Einflussfaktor sitzt hinter dem Lenkrad.

Einfluss der Gangwahl auf den Kraftstoffverbrauch



Quelle: VDA

3. Kurzstrecken vermeiden
Besonders viel verbraucht ein Auto direkt nach einem Kaltstart – je kälter, desto mehr. Der Grund hierfür sind die Schmierstoffe, etwa Motor- und Getriebeöl, die bei niedrigen Temperaturen zähflüssig sind. Die hohe Reibung in allen bewegten Teilen führt auf den ersten Kilometern zu einem erheblich erhöhten Verbrauch. Bei Plusgraden wird erst nach etwa sieben Kilometern Fahrstrecke ein konstanter Durchschnittsverbrauch erzielt. Wer also Kurzstrecken vermeidet, etwa, indem er Wege zusammenlegt oder auch mal auf das Fahrrad umsteigt, tut auf jeden Fall etwas für die Umwelt.

4. Leichtlauföle verwenden
Synthetische Motoröle werden bei niedrigeren Temperaturen nicht ganz so zähflüssig und senken daher den Verbrauch vor allem nach einem Kaltstart – um bis zu 5 Prozent. Daher gilt beim Motoröl: Nicht an der falschen Stelle sparen.

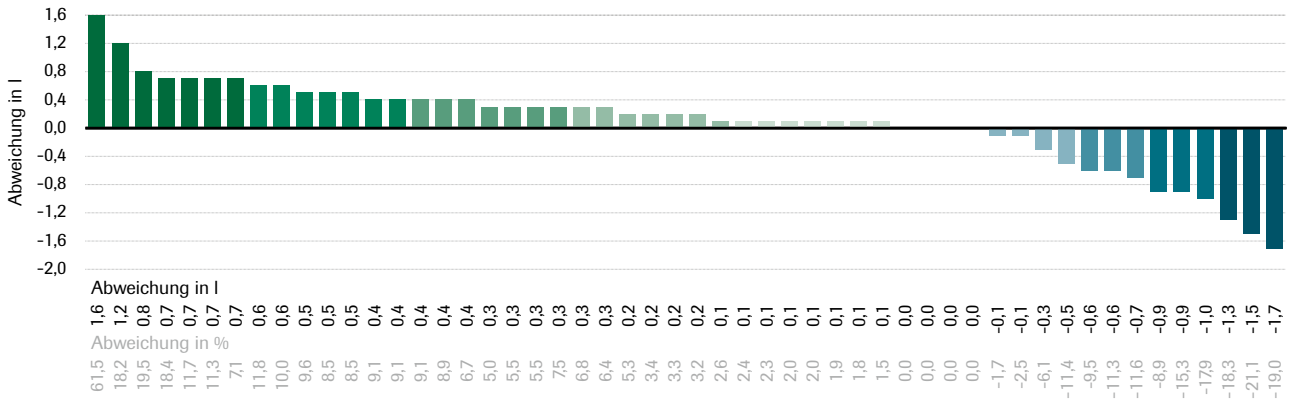
5. Reifendruck kontrollieren
Während der Fahrt verformt sich der Reifen ständig. Je niedriger der Druck im Inneren, desto mehr Walkarbeit muss der Reifen leisten. Gerade bei niedrigen Geschwindigkeiten ist der Einfluss auf den Gesamtverbrauch enorm. Es ist daher sinnvoll, mindestens einmal im Monat an der Tankstelle den Luftdruck im Reifen zu prüfen und gegebenenfalls nachzufüllen. Spritspar-Profis fahren übrigens immer mit dem Reifendruck, der für die volle Beladung empfohlen wird.

6. Überflüssiges zu Hause lassen
Die Ingenieure der Automobilhersteller ringen um jedes Kilo. Denn ein leichteres Auto verbraucht bei jedem Beschleunigungsvorgang weniger. Autofahrer sollten es daher den Entwicklern gleich tun. Das gilt auch für An- und Aufbauten, die nur zeitweise benötigt werden und dabei die Aerodynamik negativ beeinflussen. Eine Dachbox beispielsweise kann schon bei Tempo 100 den Kraftstoffverbrauch um bis zu 1 l/100 km erhöhen.

7. Maßvoll klimatisieren
Die Klimaanlage ist im Sommer der wichtigste Zusatzverbraucher an Bord. Im Extremfall, bei sehr langsamer Fahrt in der Stadt und Außentemperaturen von mehr als 30 Grad, kann sie zeitweise einen Mehrverbrauch von bis zu 2 l/100 km verursachen. Daher ist es klug, bei warmem Innenraum die ersten Meter mit ausgeschalteter Klimaanlage und offenen Scheiben zu fahren, um zunächst die sehr warme Luft entweichen zu lassen. Anschließend sollten alle Scheiben geschlossen und die Klimaanlage angeschaltet werden – für die ersten Minuten allerdings im Umluftbetrieb. Immer mehr Hersteller bieten eine Klimaautomatik mit „Eco-Taste“ an. Die reicht bei moderaten Temperaturen völlig aus, um Luftfeuchte und -temperatur im Innenraum auf einem angenehmen Niveau zu halten.

Der Mensch – der Fahrer also – wird durch Technologien immer besser unterstützt. Dennoch gilt auch für die Zukunft: Jeder kann seinen Fahrstil selbst bestimmen.

Verbrauchsabweichungen bei zurückhaltender Fahrweise für verschiedene Fahrzeugmodelle



Daten: AMS; Grafik: VDA

Weltweite Harmonie?

Was der WLTP ändert – und was nicht

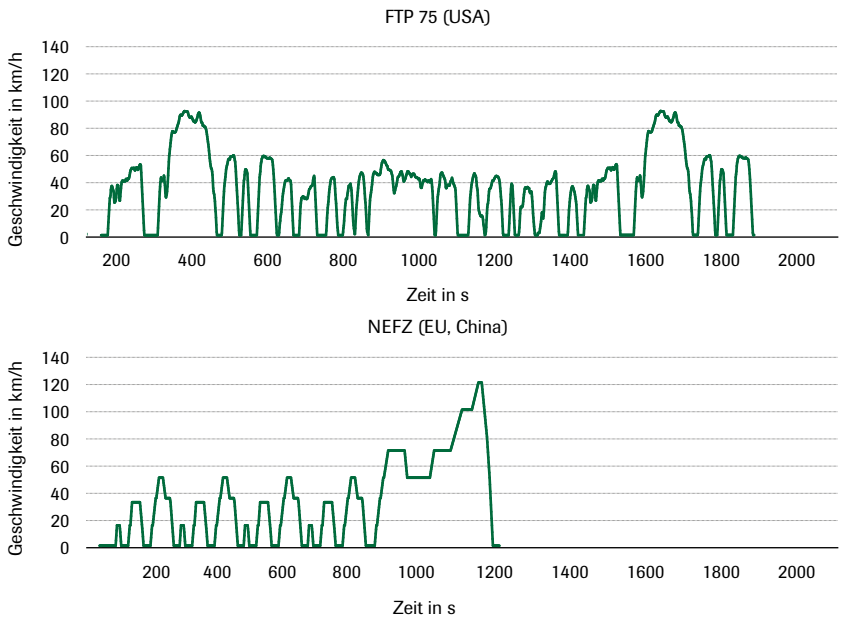
Regeln werden von Menschen gemacht, unabänderlich sind sie nicht. Die vom europäischen Gesetzgeber getroffene Festlegung, CO_2-Emissionen und Kraftstoffverbrauch mit dem Testzyklus NEFZ zu bestimmen, ist eine solche Regel. Der Zyklus wurde für Europa entwickelt. In anderen Weltregionen herrschen andere Verkehrsverhältnisse, folglich gelten (noch) auch andere Verbrauchsmesszyklen. So hat Indien den NEFZ zwar übernommen, aber die Maximalgeschwindigkeit auf 90 km/h herabgesetzt. Wer je in Indien mit dem Auto unterwegs war, weiß, dass selbst 90 km/h sehr selten zu erreichen sind. Im japanischen Zyklus „JC-08“ hingegen ist der Überlandanteil sehr gering, passend zu dem von Millionenmetropolen geprägten Land. In den USA wiederum ist der Anteil sehr niedriger Geschwindigkeiten gering, dafür wird viel häufiger gebremst als in Europa. Trotz dieser begründeten Unterschiede beschäftigt sich eine UN-Kommission seit Längerem damit, einen weltweit standardisierten Testzyklus für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge einzuführen – im Zeitalter der Globalisierung eine durchaus sinnvolle Maßnahme, die nicht nur den Weg zu einer weltweit einheitlichen Zulassung, sondern auch die weltweite Vergleichbarkeit von Produkten ermöglichen würde.

Das Geschwindigkeitsprofil des neuen Zyklus ist bestimmt – die Durchführungsbedingungen werden noch diskutiert.

Der WLTP („Worldwide harmonized Light Duty Test Procedure“) ist von einer Expertenkommission weitgehend definiert, wenn auch über einige der Durchführungsbedingungen noch diskutiert wird. Die Europäische Kommission plant die Einführung des WLTP ab 2017/2018. Zuerst müssen jedoch alle offenen Punkte geklärt sein, sodass diese neue Testprozedur auch 100prozentig anwendbar wird.

Der WLTP-Fahrzyklus wurde aus weltweit gesammelten Realfahrdaten generiert und repräsentiert daher eine weltweit durchschnittliche Autofahrt. Der WLTP unterscheidet in der aktuellen Fassung zwischen insgesamt vier Geschwindigkeitsbereichen zwischen „low“, „middle“, „high“ und „extra high“, wobei die Höchstgeschwindigkeit

Der US-amerikanische Normzyklus und der europäische unterscheiden sich deutlich



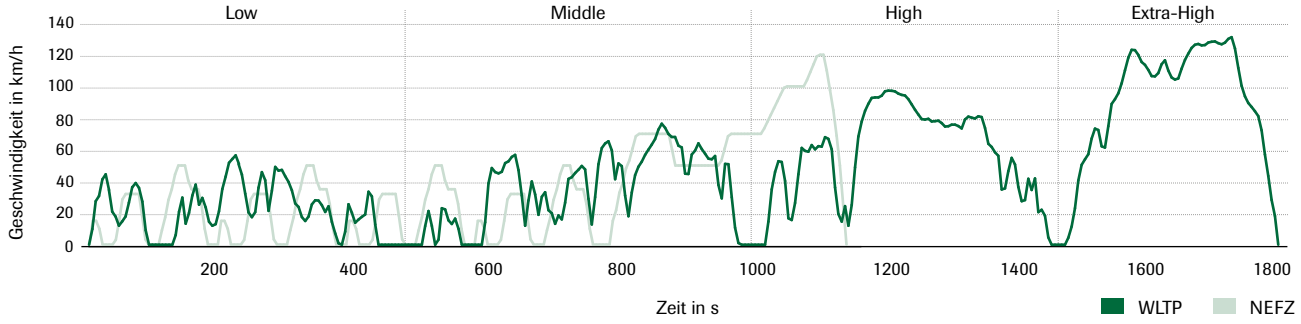
Grafik: EPA, UN/ECE

Der WLTP repräsentiert *eine* weltweit durchschnittliche Autofahrt. Er kann also auch nur *einen* Normwert generieren.

131 km/h beträgt. Insgesamt weist der Weltzyklus eine höhere Durchschnittsgeschwindigkeit sowie dynamischere Beschleunigungen auf, aber auch weniger „Ampelphasen“, in denen das Fahrzeug still steht. Auch die Messrandbedingungen werden für den WLTP grundlegend überarbeitet. Oberstes Ziel bei dieser Überarbeitung war stets, die weltweiten Randbedingungen so gut wie möglich repräsentativ abzubilden. Erste Tests verschiedener Automobilhersteller und unabhängiger Labore deuten darauf hin, dass eine Emissionsbestimmung nach dem WLTP zu höheren CO_2- und Verbrauchsmesswerten für dasselbe Fahrzeug führt. Aber auch der WLTP kann nur einen Wert generieren, der weltweit repräsentativ sein soll, nicht aber die gesamte Bandbreite der Variationen abdecken. Das Verkehrsgeschehen, aber auch die Witterungsverhältnisse werden sich auch künftig in den verschiedenen Weltregionen unterscheiden – und damit auch der reale Verbrauch. Zudem haben sich einige automobilproduzierende Staaten – zum Beispiel die USA – bereits gegen eine rasche Einführung des neuen Zyklus ausgesprochen. Es ist daher davon auszugehen, dass nach einer Einführung des WLTP weiterhin gilt, was auch heute Tatsache ist: Ein Testzyklus stellt einen objektiven Maßstab zum Vergleich technischer Produkte dar. Nicht mehr, aber eben auch nicht weniger.

Unabhängig vom geltenden Testzyklus wird die Automobilindustrie einschließlich ihrer Zulieferer auch künftig intensiv daran arbeiten, die CO_2-Emissionen zu vermindern. Im Labor und vor allem im realen Straßenverkehr.

Geschwindigkeitsprofil im künftigen „Weltzyklus“ WLTP



Quelle: UN/ECE

Neuer Zyklus WLTP

	WLTP	NEFZ
Starttemperatur	kalt	kalt
Zykluszeit	30 min	20 min
Standzeitanteil	13 %	25 %
Zykluslänge	23,25 km	11 km
Geschwindigkeit	mittel: 46,6 km/h – maximal: 131 km/h	mittel: 34 km/h – maximal: 120 km/h
Antriebsleistung	mittel: 7 kW – maximal: 47 kW	mittel: 4 kW – maximal: 34 kW
Einfluss Sonderausstattung und Klimatisierung	Sonderausstattungen werden für Gewicht, Aerodynamik und Bordnetz-Bedarf (Ruhestrom) berücksichtigt. Keine Klimaanlage.	Wird gegenwärtig nicht berücksichtigt.

Quelle: UN/ECE

Impressum

Herausgeber VDA, VDIK, TÜV NORD

Kontakt VDA

Verband der Automobilindustrie e. V.
Behrenstr. 35
10117 Berlin
www.vda.de

Copyright Verband der Automobilindustrie e. V. (VDA) 2014

Nachbestellung:

VDA
Verband der Automobilindustrie e. V.
Behrenstr. 35
10117 Berlin
Telefon +49 30 897842 - 0
Fax +49 30 897842 - 600
info@vda.de
www.vda.de

VDA | Verband der Automobilindustrie