

BRIEFING

JANUAR 2013

Reduktion von CO₂ und Kraftstoffverbrauch bei neuen Pkw: Abschätzung des kurzfristigen technischen Potenzials in der EU

1. EFFEKT DER CO₂-REGULIERUNG

Neue Pkw emittieren im EU-Durchschnitt aktuell etwa 136 Gramm Kohlendioxid pro Kilometer (g CO₂/km)¹. Das sind 20 Prozent weniger als noch vor 10 Jahren (Abb. 1). Die CO₂-Emissionen eines Fahrzeugs und dessen Kraftstoffverbrauch sind direkt proportional zueinander. Somit lässt sich der Rückgang der CO₂-Emissionen auch in einer Reduktion des Kraftstoffverbrauchs von etwa 7,0 Liter pro 100 Kilometer (l/100km) auf 5,6 l/100km ausdrücken.

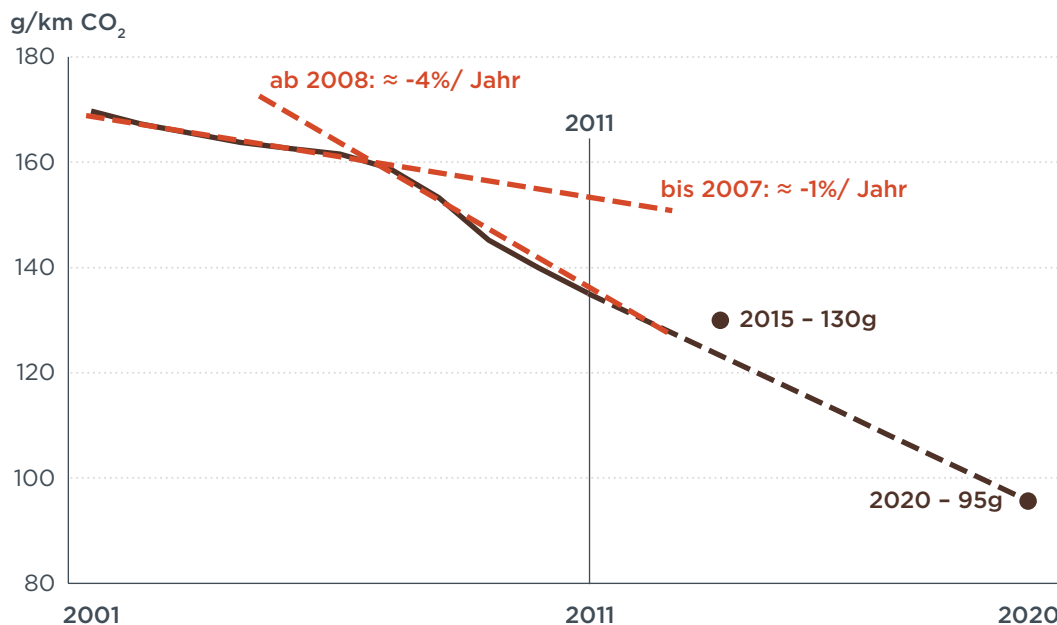


Abb. 1: CO₂-Emissionen neuer Pkw in der EU.

¹ <http://www.eea.europa.eu/publications/monitoring-co2-emissions-from-new>

Bei genauerer Betrachtung lassen sich zwei zeitliche Phasen unterscheiden: bis etwa 2007 – zu Zeiten der freiwilligen Selbstverpflichtung der Automobilindustrie – betrug die jährliche CO₂-Reduktion knapp ein Prozent pro Jahr, ab 2008 stieg die Reduktionsrate dann deutlich an, auf vier Prozent pro Jahr. Ein ähnlich stark ausgeprägter Trend lässt sich auch für die einzelnen Fahrzeugsegmente beobachten. Hieraus ergibt sich, dass die verpflichtende CO₂-Regulierung für Neufahrzeuge – die 2008 auf EU-Ebene beschlossen wurde – maßgeblich für den Rückgang der CO₂-Emissionen verantwortlich ist.

Bei der Reduktion der Emissionen gibt es deutliche Unterschiede zwischen einzelnen EU-Mitgliedsstaaten. So hatten beispielsweise Deutschland und die Niederlande noch 2003 ein ähnliches CO₂-Niveau von 176 bzw. 174 g/km. Seit 2007 gehen die CO₂-Reduktionen neuer Fahrzeuge in den Niederlanden jedoch wesentlich schneller zurück als in Deutschland und liegen heute bei etwa 126 g/km, verglichen mit 146 g/km in Deutschland. Autos in den Niederlanden gehören damit zu den effizientesten in ganz Europa. Zudem werden in den Niederlanden etwa zehnmal mehr Hybridfahrzeuge zugelassen, als in den anderen EU-Staaten². Grund hierfür ist in erster Linie die Umstellung des niederländischen Kfz-Steuersystems auf CO₂-Basis, sowie die steuerliche Förderung alternativer Antriebe, welche das Kaufverhalten der Niederländer beeinflussten.

Die Automobilindustrie hat das für 2015 festgelegte Ziel von 130 g/km bereits 2011 nahezu erreicht. Einige Hersteller (z.B. Toyota, Peugeot-Citroën) erfüllen schon heute ihre Zielwerte. Andere haben bekanntgegeben, dass sie ihr 2015-Ziel rechtzeitig erfüllen bzw. sogar auf freiwilliger Basis übererfüllen werden (z.B. Daimler, VW)³. Falls sich der bisherige Trend fortsetzt und die jährliche Reduktion der CO₂-Emissionen mindestens vier Prozent beträgt, so wird das für 2020 vorgeschlagene Ziel von 95 g/km rechtzeitig erreicht werden. Eine solche Entwicklung wäre auch im Einklang mit langfristigeren Zielen zur CO₂-Reduktion im Verkehrsbereich, wie im EU-Weißbuch Verkehr vorgesehen⁴.

2. TECHNISCHE POTENZIALABSCHÄTZUNG

Nur etwa 15-20 Prozent der im Kraftstoff enthaltenen Energie wird für den Antrieb eines Autos genutzt. Die restlichen 80-85 Prozent werden ungenutzt als Wärme oder sonstige Verluste an die Umgebung abgeführt. Dank fortschreitender Ingenieurskunst gelingt es, Schritt für Schritt diese Verluste zu reduzieren. Auch für die Zukunft gibt es zahlreiche bereits existierende Technologien sowie Ideen zur weiteren Effizienzsteigerung bei Fahrzeugen.

In den vergangenen Jahren wurden große Fortschritte bei der Abschätzung der Potenziale dieser Technologien sowie der notwendigen Investitionen gemacht. In den USA arbeiteten die dortige staatliche Umweltbehörde (EPA), die kalifornische Umweltbehörde (CARB), sowie ICCT gemeinsam an einem großen Forschungsprogramm zur Abschätzung des zukünftigen Technologiepotenzials bei Pkw. Dabei wurden umfangreiche Fahrzeugsimulationen am Computer durchgeführt, sowie sogenannte *tear-down* Kostenstudien an realen Fahrzeugen.

² <http://www.theicct.org/european-vehicle-market-statistics-2012>

³ <http://www.theicct.org/blogs/staff/eu-car-manufacturers-likely-meet-2015-co2-target-early>

⁴ <http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/>

Für die Kostenstudien werden Fahrzeugtechnologien in ihre Einzelteile zerlegt und dann miteinander verglichen (Abb. 2). In der Regel unterscheiden sich innovative Technologien von ihren bereits heute standardmäßig verbauten Vorgängern nur in einigen wenigen Bauteilen. Diese Schlüsselteile werden im Rahmen der *tear-down* Analyse einer umfassenden technisch-physikalischen sowie chemischen Analyse unterzogen und Rückschlüsse über die zugrunde liegenden Materialien und Produktionsprozesse gezogen. Auf diese Weise lässt sich detailliert und transparent abschätzen, wie hoch die Fertigungskosten einer neuen Technologie in der Zukunft—bei hohen Stückzahlen—sein werden. Diese Methodik gleicht in ihrer Art dem üblicherweise Industrie-intern verwendeten Ansatz zur Abschätzung zukünftiger Produktionskosten und ist deutlich verlässlicher als frühere, auf Expertenbefragungen basierenden, Kostenschätzungen.



Abb. 2: Beispiel für eine *tear-down* Kostenanalyse bei einem Fahrzeuggetriebe.

Auf Basis der US-Untersuchung beauftragte ICCT die Ingenieursdienstleister Ricardo und FEV, sowie die Universität Aachen, eine ähnliche Studie speziell für den europäischen Fahrzeugmarkt anzufertigen. Für diese Untersuchung werden europäische Fahrzeugmodelle und Technologien zugrunde gelegt. Ferner wird für die Untersuchung angenommen, dass sämtliche neue Technologien ausschließlich in Deutschland produziert werden, zu den in Deutschland üblichen Material- und Lohnkosten⁵.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass für das Erreichen des 95 g/km-Ziels im Jahr 2020 ein Investment in neue Technologien in Höhe von weniger als 1000 Euro je Fahrzeug notwendig ist (Abb. 3). Die derzeitigen Kostenabschätzungen werden dabei als konservativ eingestuft, da sie deutsche Lohnkosten unterstellen und keine weitere Entwicklung über die bereits heute bekannten Technologien hinaus unterstellen.

⁵ <http://www.theicct.org/eu-cost-curve-development-methodology>

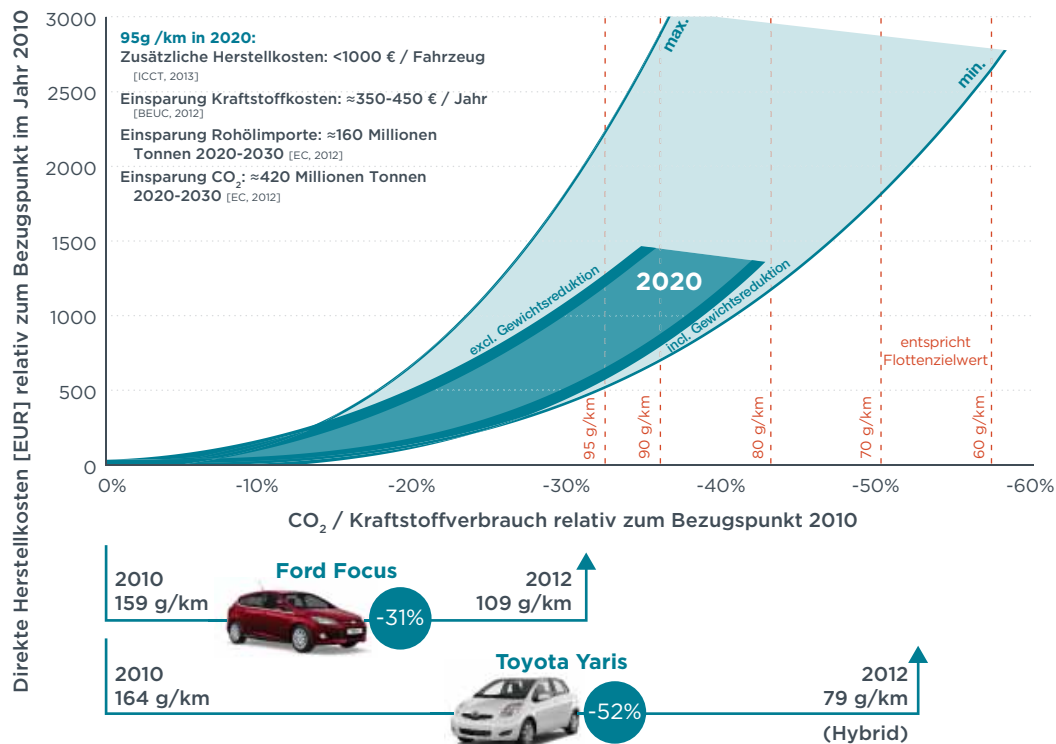


Abb. 3: Kostenkurve für den europäischen Fahrzeugmarkt, basierend auf Fahrzeug-Computersimulationen und tear-down Kostenanalysen. Referenzjahr 2010; Kostenschätzungen mit Bezugsjahr 2015 (130 g/km) sind niedriger⁶.

Der Ford Focus, eines der meistgekauften Fahrzeuge in Europa, ist ein gutes Beispiel für die technischen Möglichkeiten zur CO₂-Reduktion, die voraussichtlich zur Erreichung des 95 g/km-Ziels verwendet werden. Die 2012er-Version des Fahrzeugs besitzt einen kleineren, dafür jedoch hochaufgeladenen Otto-Motor mit Direkteinspritzung, und nutzt ein Start-Stopp-System zur Energierückgewinnung. Damit hat das Fahrzeug 30 Prozent niedrigere CO₂-Emissionen (und damit auch einen 30 Prozent niedrigeren Kraftstoffverbrauch) als noch die Vorgängerversion im Jahr 2010. Das Fahrzeuggewicht sowie die Leistungsmerkmale (Höchstgeschwindigkeit und Beschleunigungsverhalten) des Fahrzeugs sind dabei unverändert geblieben. Ähnliche Technologien werden auch beim neuen Audi A3 verwendet. Auch dieses Fahrzeug emittiert heute knapp 30 Prozent weniger CO₂ als noch 2010. Zum Erreichen des 95 g/km-Ziels in 2020 ist für die Gesamt-Fahrzeugflotte eine 32 prozentige Reduktion gegenüber 2010 bzw. eine 27 prozentige Reduktion gegenüber dem 2015-Zielwert notwendig. Diese Reduktion haben beide Fahrzeuge - der Ford Focus sowie der Audi A3 - bereits im Jahr 2012 erreicht.

Der Toyota Yaris ist ein Beispiel dafür, welche Verbesserungen mit weitergehenden Technologien erreichbar sind. Die 2012er Hybrid-Version des Yaris emittiert - aufgrund der kraftstoffsparenden Kombination von Verbrennungs- und Elektromotor - 50 Prozent weniger CO₂ als noch die konventionelle Version des Fahrzeugs im Jahr 2010. Durch den verstärkten Einsatz von Leichtbau ist eine weitere Emissionsreduktion möglich.

6 Die Kurve „excl. Gewichtsreduktion“ zeigt die erwarteten Kosten in einem Zielsystem, welches die Reduktion des Fahrzeuggewichts gegenüber anderen Maßnahmen *vollständig* benachteiligt, die Kurve „incl. Gewichtsreduktion“ zeigt die Kosten in einem Technologie-neutralen Zielsystem.

Für die durchschnittliche Fahrzeugflotte wird erwartet, dass für das Erreichen des 95 g/km-Ziels lediglich eine geringe Anzahl von Hybridfahrzeugen benötigt wird. Dennoch werden auch in Zukunft Hersteller, aufgrund ihrer speziellen Fahrzeugflotte und/oder aus langfristigen strategischen Überlegungen heraus, die Entwicklung von Hybridfahrzeugen sowie allgemein alternativen Antrieben verfolgen.

Der europäische Dachverband der Verbraucherschutzverbände hat unter Berücksichtigung heutiger Kraftstoffpreise und Fahrleistungen errechnet, dass ein Zielwert von 95 g/km mit jährlichen Kraftstoffeinsparungen in Höhe von etwa 350-450 Euro pro Fahrzeug verbunden ist⁷. Aus Kundensicht ist somit mit erheblichen Einsparungen über die Fahrzeuglebensdauer zu rechnen, selbst unter der Annahme, dass Mehrkosten für neue Technologien in vollem Umfang an die Endkunden weitergegeben würden.

Dennoch würden sich die technischen Verbesserungen ohne eine entsprechende Regulierung mit großer Wahrscheinlichkeit deutlich langsamer am Markt etablieren. Grund hierfür ist das sogenannte *energy paradox*, ein Marktversagen, bei dem Fahrzeugkäufer aufgrund von Unsicherheiten hinsichtlich Kraftstoffverbrauch, zukünftigen Kraftstoffpreisen und Fahrleistungen zu technisch weniger aufgerüsteten Fahrzeugen greifen, als es aus wirtschaftlichen Überlegungen optimal für sie wäre. An dieser Stelle greift die CO₂-Regulierung für Neufahrzeuge ein, schafft Planungssicherheit für alle Hersteller gleichermaßen und sorgt für deutliche Einsparungen aus gesamtwirtschaftlicher Sicht.

Dies drückt sich aus in den CO₂-Vermeidungskosten, die laut EU-Kommission für das 95 g/km-Ziel bei -80 bis -300 Euro pro Tonne an eingespartem CO₂ liegen⁸. D.h. für jede vermiedene Tonne an CO₂ bzw. jeden Liter gesparten Kraftstoff spart die EU-Wirtschaft zusätzlich noch Geld ein. Insgesamt erwartet die EU-Kommission für die Jahre 2020 bis 2030 um 160 Millionen Tonnen niedrigere Ölimporte, mit Einsparungen im Wert von etwa 70 Milliarden Euro. Aktuelle Studien gehen zudem von positiven Effekten für die Beschäftigungssituation aus⁹.

Aus internationaler Sicht ist bemerkenswert, dass Europa vor einigen Jahren noch deutlicher Vorreiter in Sachen CO₂-Reduktion bei Neufahrzeugen war. Inzwischen haben alle wichtigen Märkte weltweit verbindliche CO₂-Ziele für Pkw eingeführt und die entsprechenden Zielwerte nähern sich immer weiter an. In den USA wurde kürzlich für das Jahr 2025 eine Regulierung verabschiedet, die die dortigen CO₂-Emissionen gegenüber dem Jahr 2010 in etwa halbieren wird (Abb. 4).

7 <http://www.beuc.org/custom/2012-00461-01-E.pdf>

8 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52012SC0213:EN:NOT>

9 <http://www.daimler.com/dccom/0-5-1380319-49-1381876-1-0-0-0-1-8-876574-0-0-0-0-0-0.html>, sowie Cambridge Econometrics (unveröffentlichte Zwischenergebnisse)

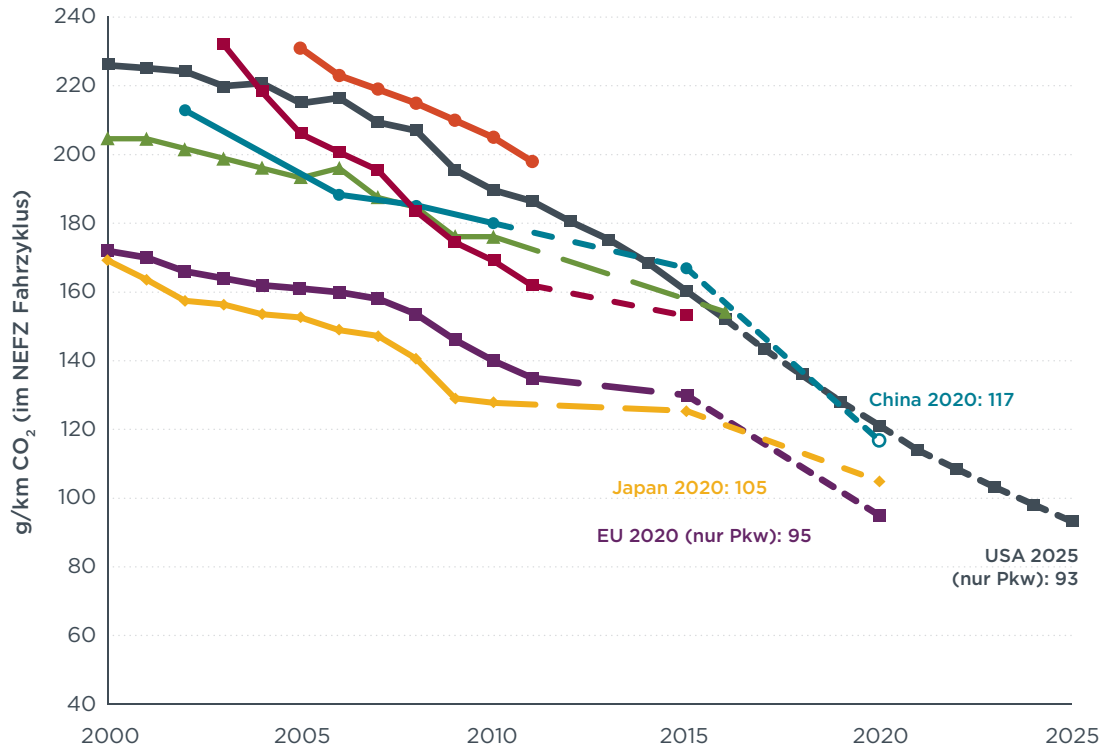


Abb. 4: Vergleich Pkw-CO₂-Regulierungen weltweit.

3. WAHL EINES GEEIGNETEN BEZUGSPARAMETERS

Je schwerer ein Fahrzeug, desto höher sein Kraftstoffverbrauch und seine CO₂-Emissionen. Gewichtsreduktion ist somit eine wichtige Maßnahme, um die Emissionen eines Fahrzeugs zu senken. Das derzeitige CO₂-Zielsystem der EU bietet jedoch kaum einen Anreiz zur Gewichtsreduktion: je leichter die Fahrzeugflotte eines Herstellers, desto ambitionierter ist auch sein zu erreichendes CO₂-Ziel. Reduziert er das Gewicht seiner Fahrzeuge, so muss er nun auch einen niedrigeren Zielwert einhalten. Ein Großteil des Leichtbau-Vorteils geht für den Hersteller somit wieder verloren, und er wird in der Regel anderen technischen Maßnahmen zur CO₂-Reduktion den Vorzug geben (Abb. 5). In den vergangenen 10 Jahren ist das Gewicht der Neufahrzeuge in der EU jährlich um durchschnittlich ein Prozent angestiegen.

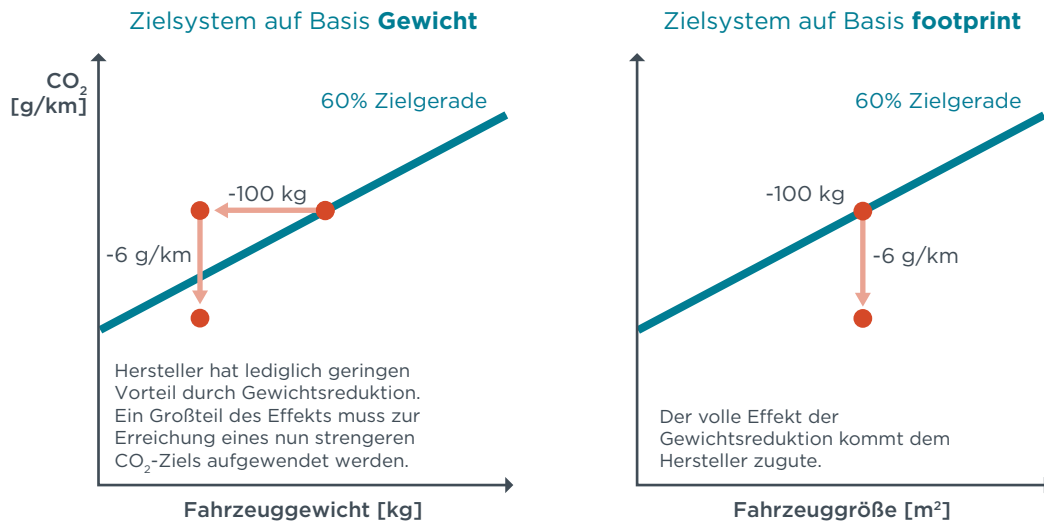


Abb. 5: Gewichtsreduktion im heutigen gewichtsbasierten CO₂-Zielsystem (links) / in einem größenbasierten System (rechts).

Die Einschränkung der Flexibilität der Hersteller in der Wahl der Technologien hat ihren Preis: Berechnungen zeigen, dass in einem Technologie-neutralen Zielsystem die Investitionen zur Erreichung des 95 g/km-Ziels um bis zu 40 Prozent niedriger liegen, als in dem derzeitigen gewichtsbasierten System¹⁰. Der am besten geeignete Parameter hierfür ist die Fahrzeuggröße, der sogenannte *footprint* eines Fahrzeugs¹¹. Ein *footprint*-basiertes CO₂-Zielsystem stellt, wie das gewichtsbasierte System, sicher, dass die heutige Fahrzeugauswahl in ihrer Vielfalt erhalten bleibt. Im Gegensatz zu Gewicht erlaubt *footprint* jedoch die gleichwertige Nutzung von Leichtbau, und erhöht somit die Flexibilität der Hersteller. Dies führt zu niedrigeren Kosten bzw. höheren Ersparnissen für Kunden und Gesellschaft.

Anders als noch vor einigen Jahren werden Daten zu *footprint* heute routinemäßig erfasst und sind detailliert verfügbar. Es wird erwartet, dass mit verbesserten Möglichkeiten zur Simulation von Crashtests am Computer der Einsatz von Leichtbau in den kommenden Jahren immer wichtiger werden wird. Auch im Hinblick auf die Elektrifizierung von Fahrzeugen ist es notwendig, das Fahrzeuggewicht möglichst zu senken. Gleichzeitig benötigen die Automobilhersteller ausreichend Zeit, um ihre Produktpläne auf ein neues *footprint*-basiertes Zielsystem umzustellen. Ein *dual-compliance* Ansatz könnte hierbei helfen: er würde es für 2020 jedem Hersteller individuell überlassen, ob nach Fahrzeuggewicht oder Fahrzeuggröße gemessen werden soll, für die Zeit nach 2020 würde dann der Übergang zu *footprint* als alleinigem Parameter erfolgen.

10 ICCT Working Paper 2013-1, in Kürze veröffentlicht unter <http://www.theicct.org/policies/eu-light-duty-vehicle-co2-regulation>

11 <http://www.theicct.org/evaluation-parameter-based-vehicle-emissions-targets-eu>

4. WEITERE MASSNAHMEN

In ähnlicher Weise sollte auch hinsichtlich zukünftiger CO₂-Zielwerte den Herstellern ausreichend zeitlicher Vorlauf gegeben werden. Studien wie die ICCT-EU-Kostenkurven erlauben bereits heute die Abschätzung technisch und wirtschaftlich sinnvoller CO₂-Reduktionspotenziale für 2025 auf Basis des aktuellen Wissensstands, und damit die Festlegung vorläufiger Zielwerte. Diese können dann zu einem späteren Zeitpunkt, im Rahmen eines *reviews*, noch einmal unter Berücksichtigung der neuesten technischen und wirtschaftlichen Entwicklungen auf ihre Plausibilität geprüft werden.

Der Effekt einer CO₂-Regulierung für Neufahrzeuge kann schließlich durch die Einführung eines CO₂-basierten Kfz-Steuersystems sowie einer Kennzeichnung (*labeling*) weiter erhöht werden. Beide Maßnahmen erleichtern den Herstellern den Verkauf effizienter Fahrzeuge. Erfolgreich praktiziert wurde eine solche Umstellung der Kfz-Steuer beispielsweise in den Niederlanden.

Ferner muss durch eine entsprechende Ausgestaltung des Testzyklus sichergestellt werden, dass bei der Entwicklung des Fahrzeugs im Labor gemessene und reale CO₂-Emissionen möglichst übereinstimmen¹².

KONTAKT Dr. Peter Mock, peter@theicct.org, +49 30 847129-102

ICCT ist eine gemeinnützige, unabhängige Forschungsorganisation mit Schwerpunkt Fahrzeugtechnologien und deren Auswirkungen auf Luftqualität und Klima. Der wissenschaftliche Beirat des ICCT setzt sich zusammen aus Behördenvertretern und unabhängigen Verkehrsexperten der wichtigsten Fahrzeugmärkte weltweit. ICCT wurde 2005 gegründet und beschäftigt heute 40 Mitarbeiter. Seit 2012 ist die Organisation mit einem Büro in Berlin vertreten. ICCT wird finanziert durch private Stiftungen, darunter die ClimateWorks Stiftung (USA), und die Stiftung Mercator (Deutschland).

¹² <http://www.theicct.org/blogs/staff/eu-consumer-organizations-asking-more-realistic-vehicle-testing>