

# Energieeffizienz neuer PKW nach 2015 in Abhängigkeit des 95 g-Zielwerts der EU

---

Kurzbericht

28. März 2012

**Projektteam**

Dr. Peter de Haan, Denise Fussen, Maya Wolfensberger

Ernst Basler + Partner AG  
Zollikerstrasse 65  
8702 Zollikon  
Telefon +41 44 395 11 11  
[info@ebp.ch](mailto:info@ebp.ch)  
[www.ebp.ch](http://www.ebp.ch)

# Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage, Fragestellungen und Vorgehen.....	4
2	Einführung des 95g-Zielwerts in der EU .....	6
3	Abschätzungen zur „Optimierung hin auf den Typenprüfzyklus“ .....	8
4	Ermittlung des Autonomen Technischen Potenzials .....	11
4.1	Bisheriger Verlauf der mittleren g CO <sub>2</sub> /km-Werte .....	11
4.2	Methodischer Ansatz .....	12
4.3	Berechnung des aktuellen ATP in der EU und der Schweiz.....	14
4.4	Annahmen zu ATP in bisherigen Studien für BFE und BAFU.....	16
5	Mögliche Absenkpfade .....	17
5.1	Spielräume bei der Einführung des 95 g-Ziels in der EU .....	17
5.2	Ausgestaltung der beiden Szenarien .....	17
5.3	ATP in der EU und der Schweiz bis 2020/2035.....	18
5.4	Einfluss von PHEV und EV.....	19
6	Resultate .....	21
6.1	Zeitverlauf der Eckdaten der PKW-Neuzulassungen bis 2035 .....	21
6.2	Energieeffizienz der fahrenden PKW-Flotte und resultierender Endenergieverbrauch pro Jahr .....	26

## Anhang

A1	Literaturverzeichnis .....	27
----	----------------------------	----

# 1 Ausgangslage, Fragestellungen und Vorgehen

## Ausgangslage

Zur Reduktion des Energieverbrauchs des motorisierten Individualverkehrs (MIV) steht die Erhöhung der Energieeffizienz (gemessen im NEFZ-Typenprüfzyklus, angegeben in g CO<sub>2</sub>/km gemäss EC 715/2007) neuer Personenwagen im Vordergrund. Für das Jahr 2015 gilt für die Gesamtheit aller PKW-Neuzulassungen in der EU27 der Zielwert von 130 g CO<sub>2</sub>/km (Klein- und Nischenhersteller können separate Zielvereinbarungen mit der EU-Kommission abschliessen; ihre Neuverkäufe werden dann von dieser Gesamtheit ausgenommen). Die Schweiz hat diesen Zielwert übernommen, ebenfalls für das Jahr 2015. Während die Zielerreichung für den EU27-Raum mittlerweile als gesichert gilt, startet der Schweizer Neuwagenmarkt von einem höheren g CO<sub>2</sub>/km-Durchschnittswert aus und muss diesen bis 2015 jährlich um über 4% reduzieren.

Für die Zeit nach 2015 hat die EU einen Zielwert von 95 g CO<sub>2</sub>/km ins Auge gefasst, der genaue Zeitplan soll jedoch erst 2014 festgelegt werden. Die weitere Entwicklung des Schweizer Neuwagenmarkts hängt davon stark ab, da fast alle in der Schweiz angebotenen Neuwagenmodellvarianten von den Vorgaben zur Energieeffizienz im EU-Raum geprägt werden.

## Fragestellungen

Für die Abschätzung der Entwicklung des Neuwagenmarkts in der Schweiz im Rahmen der neuen Energiestrategie des Bundes, insbesondere zur Frage, welche Entwicklung auf jeden Fall als gesichert angenommen werden darf, stellen sich die folgenden Fragen:

1. Wird die EU den 95 g CO<sub>2</sub>/km-Zielwert einführen, in welcher Form und wann?
2. Welcher Anteil des historisch beobachtbaren Effizienzfortschritts ist „nachhaltig“ (d.h. kann bis ca. 2020/2035 angenommen werden), welcher Teil nicht?
3. Wie sieht ein „weiter wie bisher“-Pfad aus, was fällt unter ein „neue Energiepolitik“-Pfad?
4. Wie beeinflussen die PHEV und EV diese Entwicklung, wenn man deren Stromanteile als CO<sub>2</sub>-frei annimmt?
5. Wie entwickelt sich, im Schlepptau der Neuzulassungen, der mittlere g CO<sub>2</sub>/km-Wert aller immatrikulierten PKW? Welchen Endenergiebedarf und welche CO<sub>2</sub>-Emissionen entfallen, je nach Pfad, bis 2035 auf die PKW?

## Vorgehen

Es wird – ausgehend von der Entstehungsgeschichte und Ausgestaltung des 130 g CO<sub>2</sub>/km-Zielwerts – zunächst erörtert, wie breit der Fächer der Handlungsoptionen der EU aus energetischer Sicht ist, auch wenn das 95-g CO<sub>2</sub>/km-Ziel eingeführt wird (Kapitel 2).

Dann wird abgeschätzt, welcher Anteil des historisch zu beobachtenden, im Typenprüfzyklus gemessenen Effizienzfortschritts nicht von dauerhafter Natur ist, sondern auf Optimierungen hin auf den Typenprüfzyklus zurückgeführt werden sollte (Kapitel 3).

Das Autonome Technische Potenzial wird, für die Schweiz und die EU27, für die Zeiträume bis 2015, 2016 bis 2020 sowie 2021 bis 2030, abgeschätzt. Hierbei wird Bezug genommen auf die bisherigen Ansätze in Studien für das BFE und BAFU und auf den neuesten Stand der Forschung (Kapitel 4).

In Kapitel 5 werden die relevanten Größen zusammengestellt und die Eckwerte für ein „weiter wie bisher“- sowie ein „neue Energiepolitik“-Szenario definiert. Dies schliesst die Annahmen zur Marktentwicklung der PHEV und EV mit ein.

Dieser Kurzbericht schliesst mit dem Kapitel 6, in welchem die Resultate zusammengefasst und dargestellt werden. Dies geschieht einerseits für die Entwicklung konventioneller Antriebe und andererseits für die Gesamtflotte unter Einschluss der PHEV und EV.

## 2 Einführung des 95g-Zielwerts in der EU

### **Historische Entwicklung bis hin zum 130g Zielwert in der EU**

In der EU peilten die Herstellerverbände im Rahmen „freiwilliger Selbstverpflichtungen“ den verkaufsgewichteten Durchschnitt von 140 g CO<sub>2</sub>/km für 2008 (ACEA) bzw. 2009 (KAMA und JAMA) an. In der Schweiz vereinbarte auto-schweiz mit dem UVEK den Zielwert von 6.4 L/100 km (entspricht bei 30% Dieselanteil 156 g CO<sub>2</sub>km) für 2008.

Als sich die Zielverfehlung der Selbstverpflichtungen abzeichnete, schlug die EU-Kommission die Einführung obligatorischer Zielwerte vor (EU COM(2005)261). Im 2012 sollten 120 g CO<sub>2</sub>/km erreicht werden. Dies wurde später abgeändert zu einem Ziel von 130 g CO<sub>2</sub>/km für die Energieeffizienz im NEFZ-Typenprüfzyklus und weitere Massnahmen (z.B. Biotreibstoffe) mit einer energetischen Reduktionswirkung äquivalent zu zusätzlichen 10 g CO<sub>2</sub>/km (EU COM (2007)856). Die Strafzahlungen, sollte ein Hersteller sein Ziel verfehlt, sollten pro Gramm Überschreitung und Fahrzeug von € 20 (2012) über € 35 und € 60 (2013, 2014) auf € 95 ab 2015 ansteigen.

Der 2009er Beschluss hat diese Ziele dann massgeblich aufgeweicht: Für die Jahre 2012 bis 2014 gilt der Zielwert nicht für 100% aller Neuzulassungen, sondern für 65%, 75% bzw. 80%. Diese Perzentil-Ziele sind einfacher zu erreichen als das spätere 100%-Ziel. Das eigentliche Inkrafttreten des Zielwerts findet somit erst 2015 statt, wenn es für 100% der Neuzulassungen gilt.

Die meisten „abfedernden“ Elemente aus EU COM(2007)856 blieben bestehen: Die Abhängigkeit des Zielwerts von der mittleren Masse sowie Ausnahmen für Kleinhersteller. Darüber hinaus wurden auch „Öko-Innovationen“, welche bis zu 7 g CO<sub>2</sub>/km angerechnet werden können, und Ausnahmen für „Nischenhersteller“ (mit bis zu 300'000 EU-Verkäufen pro Jahr) eingeführt.

### **Situation in der CH**

Die Schweiz hat den 130 g CO<sub>2</sub>/km-Zielwert übernommen in der Form von Emissionsvorschriften für Personenwagen im Rahmen der Teilrevision des CO<sub>2</sub>-Gesetzes, welcher das eidgenössische Parlament am 18 März 2011 zugestimmt hat. Der dazugehörigen Verordnung über die Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Personenwagen hat der Bundesrat am 16. Dezember 2011 zugestimmt. Die Emissionsvorschriften gelten ab 1. Juli 2012.

### **Wird die EU den 95-Zielwert auf jeden Fall einführen?**

Davon wird im vorliegenden Bericht ausgegangen, weil sie in der geltenden Richtlinie zum 130-g CO<sub>2</sub>/km-Zielwert bereits verankert ist. Die Opposition der Hersteller ist zu uneinheitlich, als dass eine Aufhebung dieses Zielwerts als politisch plausibel erscheint. Anfang Dezember 2011

---

ist ein Versuch der ACEA zur Erarbeitung einer gemeinsamen Position nicht erfolgreich gewesen. Es scheint Meinungsunterschiede zu geben, welche auch geprägt werden dadurch, ob ein Hersteller den 2015er Zielwert eher unter- oder überschreiten wird.

Der Fahrplan der EU sieht vor, dass der Kommissionsvorschlag Anfang 2013 vorgelegt wird und das weitere Vorgehen bis 2014 beschlossen wird, um den Hersteller genügend Zeit für die Anpassung ihrer Prozesse einzuräumen (DG Clima 2011).

Aus heutiger Sicht ist ein Vorgehen analog zur Vorgeschichte des 120 g-Werts zu erwarten, welches sich aus den folgenden Elementen zusammensetzen kann:

- Denkbar ist, dass der im Typenprüfzyklus zu messende Zielwert erhöht wird (analog zum 120 g-Ziel, welches auf 130 g erhöht wurde, ergänzt um eine Massnahmenpaket mit Wirkungen, welche nicht im Typenprüfzyklus sichtbar sind, im Umfang von weiteren 10 g);
- Denkbar ist auch phasenweise Einführung, spezielle Regeln für bestimmte OEM;
- Eine starke Rolle können auch Superkredite für alternative Antriebe/Elektromobile spielen;
- Bei der Ausgestaltung der Ausnahmeregeln für Klein- und Nischenhersteller besteht, analog zu den Regelungen zum 130 g-Zielwert, erheblichen Spielraum;
- Die absehbare Änderung des Typenprüfzyklus wird Raum für Umrechnungsfaktoren usw. geben, welche zu einer tendenziellen Aufweichung des 95 g-Ziels genutzt werden könnten;
- Last, but not least, sollte auch erwähnt werden, dass die Einsparung von Energie bei der motorisierten Individualität teurer ist als in anderen Sektoren. Nach Erreichen des 130 g CO<sub>2</sub>/km-Zielwerts werden die „günstigen“ Potenziale weitgehend erschlossen sein und jene mit höherer Kostenintensität herangezogen werden müssen. Dies kann die politische Akzeptanz weitergehender Zielwerte schmälern. Auch die Analysen von TNO (2011) zuhanden der EU-Kommissionen gehen von höheren Kosten je Fahrzeug aus, auch wenn rückwirkend gesehen bis 2011 die Neuwagenpreise trotz höherer Energieeffizienz nicht gestiegen sind; dies erklärt sich erstens mit den anfänglichen „günstigen“ Potenzialen und zweitens mit einer teilweise nur scheinbaren Erhöhung der Energieeffizienz, welche zustande kommt, weil die Hersteller zunehmend auf den Typenprüfzyklus hin optimieren.

Aus obigen Möglichkeiten erschließt sich, dass auch wenn die EU am 95 g-Ziel festhält, dies aus energiepolitischer Sicht einen sehr weiten Fächer an möglichen künftigen Entwicklungen zulässt. Natürlich können neue Rahmenbedingungen (starke Schwankungen der Weltkonjunktur in beide Richtungen, kriegerische Auseinandersetzungen, Preisschwankungen bei wichtigen Energieträgern infolge von Unfällen, Konflikten, neuen Funden oder aber Engpässen) dies ändern.

### **3 Abschätzungen zur „Optimierung hin auf den Typenprüfzyklus“**

*Zitat aus EU-Kommission (2011, p.2): „ESCA stated that in the period before the CO<sub>2</sub>/cars legislation, manufacturers did not have so much incentive to reduce CO<sub>2</sub> emissions and this sudden improvement of average emissions is probably linked to careful engine tuning, cheap technological improvements and exploiting test-cycle flexibilities, and these would have been essentially cost free.“*

#### **Expertenschätzungen**

Befragt wurden Mario Keller (INFRAS), Jos Dings (Direktor T&E, Brüssel), Helge Schmidt (TÜV Nord), Stefan Hausberger (Professor an der TU Graz). Ihre Antworten werden hier anonymisiert wiedergegeben. Die Frage lautete, welchen Anteil des in der EU27 zwischen 2000 und 2010 beobachtbaren Fortschritts (Reduktion des mittleren g CO<sub>2</sub>/km-Werts der PKW-Neuzulassungen in der EU15/25/27) von –18% auf „Optimierungen im Hinblick auf den Typenprüfzyklus“ entfallen könnten (sprich: in anderen Fahrzyklen nicht zutage treten) und in dem Sinne nicht zu einem nachhaltigen, längerfristig vorhandenen technologischen Innovationspotenzial zu rechnen sind. Die Antworten reichten von „wahrscheinlich etwa 50%, mindestens 30%, maximal 70%“ über „etwa ein Drittel“ bis hin zu „könnnte 40% erreichen“. Wir verwenden hier das untere Ende der Bandbreite der Expertenschätzung von 33%, was –6% (kumulativ von 2000 bis 2010) entspricht.

#### **Literatur zur zunehmenden Abweichung von Normverbrauch und Realverbrauch**

Die Unterschiede zwischen dem Treibstoffverbrauch gemessen im Typenprüfzyklus („Normverbrauch“) und gemessen in anderen, repräsentativen so genannten „real world“-Fahrzyklen („Realverbrauch“) nimmt zu. Dazu gibt es Vielzahl von Studien, welche Messungen im Norm- und in Real-world-Fahrzyklen einander gegenüberstellen, weitere mögliche Einflussfaktoren identifizieren, und die gefundenen Effekte umsetzen und Korrekturfaktoren für den Zweck der Modellierung der Emissionsentwicklung ableiten. Grundlegende Arbeiten und den Stand der Forschung stellen folgende Studien dar: TÜV Nord (2010a,b,c); Emisia, TU Graz und INFRAS (2010); LAT (2011); TU Graz (2009; 2010).

Mit „Realverbrauch“ wird in der vorliegenden Studie jener Verbrauch bezeichnet, der auf dem Rollenprüfstand in einem für real-world-Verhältnisse repräsentativen Fahrzyklus ermittelt wird. Es gibt noch viele weitere Einflussfaktoren, welche dazu führen können, dass der Alltagsverbrauch auf der Strasse vom Realverbrauch abweicht (in der Regel: höher ist): Verwendung der Klimaanlage, der Scheinwerfer und übrigen elektrischen Verbraucher; mehr als eine Person im Fahrzeug; Mitführen von Gepäck; Winterbereifung; tiefere Außentemperaturen; späteres Hoch-

schalten bzw. allgemein eine „Nicht-EcoDrive“-Fahrweise; sowie natürlich nicht-optimaler Reifendruck und einen nicht-optimalen Fahrzeugzustand. Diese Zusatzfaktoren werden in diesem Bericht nicht thematisiert, es geht nur um den Unterschied in Rollenprüfstandsmessungen zwischen NEFZ-Typenprüfzyklus und Real-World-Fahrzyklen.

Trotz dünner Datenlage kann postuliert werden, dass

- (a) es einen systematischen Unterschied zwischen Norm- und Realverbrauch gibt. Bei neueren Messungen (z.B. TU Graz 2009) zeigt sich ein Plus von +20%;
- (b) dieser Unterschied mit höherer Euro-Abgasnorm zunimmt (TU Graz 2009 beobachtete bei 2 von 3 getesteten Fahrzeugtypen, dass im Vergleich Euro-5 zu Euro-4 deutlich weniger Reduktion bestätigt werden konnte als im Typenschein versprochen).

Gründe, welche dazu führen, dass im NEFZ tiefere CO<sub>2</sub>-Emissionen gemessen werden können als in Real-world-Fahrzyklen, liegen nicht nur im Fahrzyklus selber, sondern auch in den Einstellungen, welche der Hersteller für die Typengenehmigungs-Messungen verwendet. Zum Beispiel in TU Graz (2009) wurden vom gleichen Automodell (Benzin) die Euro-4- und die Euro-5-Variante gemessen; gemäss Typprüfdaten beträgt der Rückgang beim g CO<sub>2</sub>/km-Wert –16%. Die TU-Graz-Messungen konnten nur –4% (im NEFZ) reproduzieren. Hauptgrund ist, dass die TU-Graz-Messung mit den gemessenen Fahrwiderständen (aus einem Ausrollversuch) durchgeführt wurde. In Typprüfungen werden meist zu geringe Fahrwiderstände verwendet. Die verwendeten Fahrwiderstände sind leider nicht im Typenschein verfügbar und somit nicht reproduzierbar. Es ist auch nicht vorgeschrieben, dass die Ausrollversuche des Herstellers mit jener Reifenmarkt und jenem Reifentyp stattzufinden hätten, die bei der Erstausrüstung verwendet werden. Die Default-Fahrwiderstände gemäss 70/220/ECE schreiben auch nicht den Luftdruck der Reifen vor, so dass die Ausrollversuche mit sehr hohem Reifendruck gefahren werden können. Ein weiteres Element der „Optimierung hin auf den Prüfzyklus“ ist die bessere Ausnutzung aller Toleranzen.

Die Literaturangaben unterstützen die Expertenschätzungen. Die meisten Literaturangaben liegen höher als die Expertenschätzungen. Die Literaturangaben bringen zusätzlich zu den Expertenschätzungen zum Ausdruck, wie die Abweichung sich über die Zeit entwickelt hat.

### **Nicht die gesamte beobachtbare Differenzzunahme geht auf Optimierung zurück**

Aufgrund des nicht repräsentativen Charakters des NEFZ-Typenprüfzyklus ergibt sich, dass bei kleineren Fahrzeugen eher etwas höhere Abweichungen zwischen Norm- und Realverbrauch zustande kommen als bei grösseren Fahrzeugen. Es ist gut denkbar, dass Hersteller bei Kleinfahrzeugen und Ökoausführungen den Treibstoffverbrauch als Verkaufsargument einsetzen wollen und deshalb „verstärkt optimieren“; in TNO (2010) wird aber begründet, dass es aber auch ohne solche „verstärkte Optimierung“ zu einer grösseren Differenz zwischen Norm- und Realverbrauch für kleinere Motoren kommt. Dies ergibt sich daraus, wie kleinere bzw. grössere Motoren bei den überrepräsentierten Leerlauf-, Konstant- und Niedriglastphasen des NEFZ „zur

Geltung kommen“. Deshalb sind die obigen Expertenschätzungen und Literaturangaben nach unten zu korrigieren. Es gibt dazu noch keine anerkannten oder bereits verwendeten Verfahren. Wir schätzen den Effekt auf einen Viertel ein, d.h. wir gehen noch aus von einem Gesamteffekt von –4.5% (statt –6.0%), kumulativ für die Periode 2000 bis 2010.

### **Für vorliegenden Bericht verwendete Schätzung**

Es wird angenommen, dass die Effekte mit der Zeit zunehmen und in den Jahren 2009, 2010 sowie bis 2015 ihr Maximum erreichen. Der Peak ist nicht erst 2015 zu erwarten, weil Typenzulassungen für mehrere Jahre verwendet werden, für die Beeinflussung des 2015er Zielwerts werden Hersteller deshalb bereits heute und in den nächsten Jahren die Optimierungspotenziale so weit wie möglich ausnutzen. Die Effekte wurden deshalb wie unten tabelliert den einzelnen Jahren zugeteilt. Die Summe erreicht für 2000 bis 2010 kumulativ –4.4%.

<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.3%	-0.7%	-1.0%	-1.0%	-1.0%

*Tabelle 1. Jährliche Reduktion des (im Typenprüfzyklus gemessenen) mittleren g CO<sub>2</sub>/km-Werts der PKW-Neuzulassungen (in der EU27 und in der Schweiz) infolge von Optimierungen hin auf den Typenprüfzyklus.*

## 4 Ermittlung des Autonomen Technischen Potenzials

### 4.1 Bisheriger Verlauf der mittleren g CO<sub>2</sub>/km-Werte

Der zeitliche Verlauf der mittleren g CO<sub>2</sub>/km-Werte in der EU sowie der Schweiz ist in der untenstehenden Tabelle aufgeführt und in der darauffolgenden Abbildung graphisch dargestellt. Wie ersichtlich, hat sich das Reduktionstempo in den letzten Jahren beschleunigt. Und die Absenkungen in der Schweiz waren von 2000 bis 2010 mit –25.5% grösser als in der EU (–22.5%). Insbesondere in den letzten Jahren hat die Schweiz sehr starke Rückgänge verzeichnet (2008: –4.4%, 2009: –4.6%), welche sich aber leicht abgeschwächt haben (2010: –3.6%, 2011: –3.8%). Konjunkturelle Effekte sind sichtbar (z.B. die Absenkung um –5.1% in der EU 2009).

	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
CH	204	202	198	195	192	189	187	183	175	167	161	155
		-1.03%	-2.02%	-1.27%	-1.54%	-1.56%	-1.06%	-2.14%	-4.37%	-4.57%	-3.59%	-3.79%
EU	172.2	169.7	167.2	165.5	163.4	162.4	161.3	158.7	153.6	145.7	140.3	
		-1.45%	-1.47%	-1.02%	-1.27%	-0.61%	-0.68%	-1.61%	-3.21%	-5.14%	-3.71%	

Tabelle 2. Jährliche mittlere CO<sub>2</sub>-Emissionen und Rückgang zum Vorjahr für die EU15 (bis 2003), der EU25 (bis 2007) bzw. der EU27 (ab 2008) (Quelle: EEA 2011) und die Schweiz (Quelle: auto-schweiz 2001 bis 2011; EBP-Schätzung für das Jahr 2011).

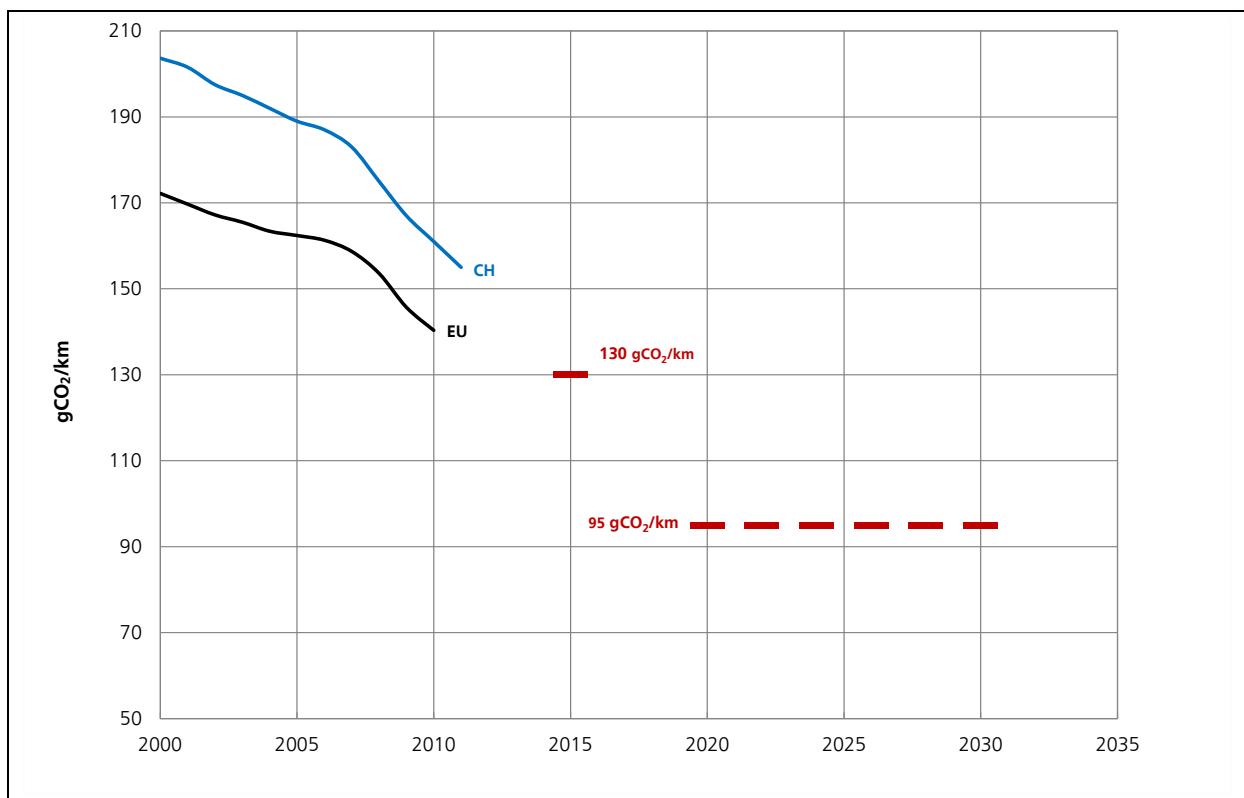


Abbildung 1. Darstellung der bisherigen Verläufe sowie der EU-Zielwerte.

## 4.2 Methodischer Ansatz

Es interessieren die Auswirkungen möglicher Zielwerte auf die CO<sub>2</sub>-Einsparungen im Jahr 2020. Dazu muss abgeschätzt werden, um wie viel die Neufahrzeuge jedes Jahr besser werden (technischer Fortschritt). Das sogenannte autonome technische Potenzial wird als jährlich konstant angenommen; es kann zur Reduktion von Energieverbrauch/CO<sub>2</sub>-Emissionen, zur Erhöhung der Fahrzeuggröße (mittleres Leergewicht) oder zur Erhöhung der Normleistung verwendet werden. Die Kopplung des Zielwerts an finanzielle Abgaben dürfte dazu führen, dass die Hersteller über den Zeitraum bis zum Inkrafttreten des Zielwerts das technische Potenzial.

### Definition des Autonomen Technischen Potenzials (ATP)

Das ATP ist definiert als die Summe von

- beobachtete Reduktion der g CO<sub>2</sub>/km-Werte von PKW-Neuzulassungen (gemittelt über einen Zeitraum von typischerweise 10 Jahren), abzüglich allfälliger scheinbare Reduktionen infolge von „Optimierungen hin zum Typenprüfzyklus“;
- plus jene Reduktion der g CO<sub>2</sub>/km -Werte, welche möglich gewesen wäre, wenn sich das mittlere Leergewicht nicht geändert hätte (dieser Summand kann beide Vorzeichen aufweisen);

- plus jene Reduktion der g CO<sub>2</sub>/km-Werte, welche möglich gewesen wäre, wenn sich die mittlere Motorisierung (Normleistung in kW pro Leergewicht in Tonnen) nicht geändert hätte (auch dieser Summand kann beide Vorzeichen aufweisen).

Es kommen Umrechnungsfaktoren zum Einsatz:

- Für den Effekt einer Leergewichtszunahme auf die Verbrauchszunahme wird eine „Elastizität“ angenommen, welche infolge der technischen Entwicklung zeitlich variabel ist: 0.75 (wie in de Haan 2009a, EBP 2010) bis inkl. 2007, und 0.50 ab 2008
- Für den Effekt einer Zunahme der relativen Motorisierung auf die Verbrauchszunahme wird eine „Elastizität“ angenommen, welche infolge der technischen Entwicklung zeitlich variabel ist: 0.50 (wie in de Haan 2009a, EBP 2010) bis inkl. 2007, 0.25 für 2008 und 2009, sowie 0.10 ab 2010. Grund für diese Reduktion ist der technologische Fortschritt: Höhere Leistungsreserven führen zwar zu Mehrkosten, aber nicht mehr wie früher zu höheren Verbräuchen im Typenprüfzyklus. Dafür führen sie zu einer zunehmenden Differenz zwischen der Messung des Norm- und des Realverbrauchs (siehe dazu Kapitel 3).

Jahr	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Faktor kg>CO <sub>2</sub>	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.50	0.50	0.50	0.50
Faktor kW/t>CO <sub>2</sub>	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.25	0.25	0.10	0.10

*Tabelle 3. Angenommene Umrechnungsfaktoren für den Einfluss einer Zunahme des Leergewichts oder der relativen Motorisierung auf den Normverbrauch.*

### **ATP- vs. PSFI-Ansatz**

Das ATP ist eng verwandt mit dem PSFI aus Cheah et al. (2008; 2010). Es gibt zwei Unterschiede zwischen den beiden Konzepten: Das PSFI verwendet als Masszahl für „Fahrzeuggrösse“ das Volumen des Fahrzeuginnenraums. Dies ist jedoch keine in europäischen Typenzulassungen verwendete oder von Automobilherstellern üblicherweise kommunizierte Grösse und deshalb ungeeignet; das ATP verwendet deshalb das Leergewicht, welches auch in die schweizerische Energieetikette sowie über die Leergewichts-Korrektur des 130 g-Zielwerts in die EU-Energiepolitik einfliest. Ausserdem beruht der PSFI auf Leistung statt (im Falle des ATP) auf relative Leistung. Weil die Fahrzeuggrösse nicht über das Leergewicht parametrisiert wird, drängt sich die Normierung der Leistung mit dem Gewicht auch weniger auf. Insgesamt scheint aber das ATP gegenüber dem PSFI das höhere Potenzial zu haben, auch in Phasen grösseren Marktverschiebungen (infolge von Hochkonjunktur oder Rezession) eine stabil bleibende Schätzung des zugrundliegenden technischen Innovationspotenzials zu liefern.

### **ERFC als Ausmass für die Strenge regulatorischer Vorgaben**

Welcher Anteil des ATP tatsächlich für die Erhöhung der Energieeffizienz verwendet wird, wird durch die Strenge der regulatorischen Vorgaben erzwungen. Um dies auszudrücken, wurde eine Masszahl entwickelt: Die ERFC (Emphasis on Reducing Fuel Consumption) wird von Heywood (2010) definiert als

$$ERFC = \frac{FC \text{ reduction realized on road}}{FC \text{ reduction possible with constant performance and size}}$$

Um den ERFC zu berechnen, benötigt man im Zähler die tatsächliche Reduktion des Treibstoffverbrauchs (aufgrund von Zulassungsdaten), im Nenner das um Änderungen der Leistung und Fahrzeuggrösse bereinigte Reduktionspotenzial. Man benötigt also eine Schätzung der maximal möglichen Verbrauchsabsenkung bei gleichbleibender Normleistung und Fahrzeuggrösse; dies kann über die Berechnung eines entsprechenden ATP- oder PSFI-Werts erfolgen.

Gemäss Bodek und Heywood (2008) sowie Bhatt (2010) betrug der ERFC in Europa traditionellerweise 50%, d.h. 50% des möglichen technischen Fortschritts wurden tatsächlich für die Reduktion des Energieverbrauchs verwendet, die anderen 50% für die Vergrösserung des Autos oder der Leistungsreserven.

Die Politik der EU versucht, einen ERFC von ca. 100% zu erzwingen. Das 130 g CO<sub>2</sub>/km-Ziel wurde dazu aber zu sehr „aufgewiecht“. Gemäss Bhatt (2010) ist das 130 g-Ziel in der EU27 erreichbar mit etwa einem ERFC von 75%, das 95 g-Ziel wäre damit aber nicht erreichbar im 2020 erreichbar, auch mit einem ERFC von 100% nicht.

### **Sind Effizienzfortschritte möglich, welche höher sind als der 100%-ERFC-Pfad?**

Die Hersteller können Energieverbrauch/CO<sub>2</sub>-Emissionen auch über dem autonomen technischen Potenzial hinaus verringern. Dies bedingt aber den Einsatz teurer Materialien und Technik oder aber "weniger Auto" (kleinerer und/oder schwächer motorisierter Neuwagenpark) und stellt somit einen stärkeren Markteintritt dar. Der Zielwert der 130 g CO<sub>2</sub>/km-Strategie der EU ist so gewählt worden, dass das autonome technische Potenzial zur Zielwerterreichung ausreicht, d.h. die Autos dürften im Schnitt nicht schwerer oder stärker motorisiert werden, dann brauchen die Hersteller aber keine teurere Materialien oder Technologien für die Zielwerterreichung einzusetzen.

Sobald ein Zielwert oberhalb des autonomen technischen Potenzials festgelegt wird und deshalb in der Schweiz ohne weitere Massnahme im 2015 unterschritten werden dürfte, wäre die CO<sub>2</sub>-Wirkung eines solchen Zielwerts sehr gering (nur wenige Importeure betroffen, einige indirekte Effekte).

## **4.3 Berechnung des aktuellen ATP in der EU und der Schweiz**

Untenstehende Tabellen zeigen den Verlauf der technischen Eckdaten der PKW-Neuzulassungen in der Schweiz und in der EU ab 2000. Für jedes Jahr wird das ATP berechnet; es setzt sich wie im voranstehenden Unterkapitel beschrieben zusammen aus der tatsächlich beobachtbaren Reduktion des mittleren g CO<sub>2</sub>/km-Werts, zuzüglich der CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenziale, welche nicht realisiert wurden, weil stattdessen das Leergewicht und/oder die Normleistung pro Tonne Leergewicht gestiegen sind. Die Tabellen zeigen ausserdem für jedes Jahr den ERFC.

Jahr	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
gCO2/km	204	202	198	195	192	189	187	183	175	167	161.0	154.9
kg	1363	1390	1408	1440	1462	1478	1491	1502	1473	1448	1456	1464
kW	96	99	100	102	102	104	107	109	107	106	106	109
kW/t	70.4	71.2	71.0	70.8	69.8	70.4	71.8	72.6	72.6	73.2	72.8	74.5
gCO2/km relativ	-2.4%	-1.0%	-2.0%	-1.3%	-1.5%	-1.6%	-1.1%	-2.1%	-4.37%	-4.6%	-3.6%	-3.8%
davon NEFZ-Opt.	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.3%	-0.7%	-1.0%	-1.0%	-1.0%
kg relativ	+0.1%	+2.0%	+1.3%	+2.3%	+1.5%	+1.1%	+0.9%	+0.7%	-1.9%	-1.7%	+0.6%	+0.5%
kW relativ	+1.1%	+3.1%	+1.0%	+2.0%	+0.0%	+2.0%	+2.9%	+1.9%	-1.8%	-0.9%	+0.0%	+2.8%
kW/t relativ	+0.9%	+1.1%	-0.3%	-0.3%	-1.5%	+0.9%	+2.0%	+1.1%	+0.1%	+0.8%	-0.5%	+2.3%
Faktor kg>CO2	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Reduktionspot. aus kg	-0.1%	-1.5%	-1.0%	-1.7%	-1.1%	-0.8%	-0.7%	-0.6%	+1.0%	+0.8%	-0.3%	-0.3%
Faktor kW/t>CO2	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.25	0.25	0.10	0.10
Reduktionspot. aus kW/t	-0.5%	-0.6%	+0.1%	+0.1%	+0.8%	-0.4%	-1.0%	-0.6%	-0.0%	-0.2%	+0.1%	-0.2%
ERFC	87%	36%	76%	48%	89%	60%	42%	72%	160%	157%	128%	115%
<b>ATP (=ERFC 100%)</b>	<b>-2.7%</b>	<b>-2.9%</b>	<b>-2.6%</b>	<b>-2.6%</b>	<b>-1.7%</b>	<b>-2.6%</b>	<b>-2.5%</b>	<b>-3.0%</b>	<b>-2.7%</b>	<b>-2.9%</b>	<b>-2.8%</b>	<b>-3.3%</b>

**Tabelle 4.** Entwicklung der Eckdaten der PKW-Neuzulassungen **in der Schweiz** sowie Berechnung von ERFC und ATP pro Jahr. Quellen: auto-schweiz 2000 bis 2011; Werte für 2011: Schätzung EBP.

Jahr	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
gCO2/km	172	170	167	166	163	162	161	159	154	146	140.3	135.1
kg	1344	1370	1414	1404	1347	1356	1372	1379	1373	1337	1365	1373
kW	72	75	77	79	80	81	83	84	84	80	83	84
kW/t	53.6	54.7	54.5	56.3	59.4	59.7	60.5	60.9	61.2	59.8	60.8	61.3
gCO2/km relativ	-2.4%	-1.5%	-1.5%	-1.0%	-1.3%	-0.6%	-0.7%	-1.6%	-3.21%	-5.1%	-3.7%	-3.7%
davon NEFZ-Opt.	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.3%	-0.7%	-1.0%	-1.0%	-1.0%
kg relativ	+0.1%	+1.9%	+3.2%	-0.7%	-4.1%	+0.7%	+1.2%	+0.5%	-0.4%	-2.6%	+2.1%	+0.6%
kW relativ	+1.4%	+4.2%	+2.7%	+2.6%	+1.3%	+1.3%	+2.5%	+1.2%	+0.0%	-4.8%	+3.8%	+1.4%
kW/t relativ	+1.3%	+2.2%	-0.5%	+3.3%	+5.6%	+0.6%	+1.3%	+0.7%	+0.4%	-2.2%	+1.7%	+0.8%
Faktor kg>CO2	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.50	0.50	0.50	0.50
Reduktionspot. aus kg	-0.1%	-1.4%	-2.4%	+0.5%	+3.1%	-0.5%	-0.9%	-0.4%	+0.2%	+1.3%	-1.0%	-0.3%
Faktor kW/t>CO2	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.25	0.25	0.10	0.10
Reduktionspot. aus kW/t	-0.6%	-1.1%	+0.3%	-1.6%	-2.8%	-0.3%	-0.6%	-0.3%	-0.1%	+0.5%	-0.2%	-0.1%
ERFC	81%	38%	43%	52%	159%	51%	34%	79%	134%	225%	95%	121%
<b>ATP (=ERFC 100%)</b>	<b>-2.9%</b>	<b>-3.8%</b>	<b>-3.4%</b>	<b>-2.0%</b>	<b>-0.8%</b>	<b>-1.2%</b>	<b>-2.0%</b>	<b>-2.0%</b>	<b>-2.4%</b>	<b>-2.3%</b>	<b>-3.9%</b>	<b>-3.0%</b>

**Tabelle 5.** Entwicklung der Eckdaten der PKW-Neuzulassungen **in der EU** (EU15/25/27) sowie Berechnung von ERFC und ATP pro Jahr. Quellen: EEA (2011), Werte für 2011: Schätzung EBP.

Für den Zeitraum 2005 bis 2010 ergibt sich für die Schweiz ein ATP von -2.7% jährlich; dies vergleicht sich mit früheren Berechnungen zu -2.4% (basierend auf den Zeitraum 1997 bis 2007) und -2.6% (basierend auf den Zeitraum 2000–2009), wie im nächsten Kapitel 4.4 ausgeführt. Die Berechnungsweise des ATP führt damit zu stabilen, nur langsam sich ändernden Werten. Die Zunahme des ATP könnte ein Hinweis sein, dass die Effekte der „Optimierung hin auf den Prüfzyklus“ mit den im vorliegenden Bericht verwendeten Abzügen noch nicht vollständig kompensiert wurden, d.h. die Abzüge für die Jahre 2009 bis 2011 von je -1.0% etwas zu niedrig sind und eher -1.1% bis -1.2% betragen müssten.

Für die EU ergibt sich für den Zeitraum 2005 bis 2010 ein ATP von -2.45%; für den Zeitraum 1997 bis 2007 ergäbe sich -2.2%, für 2000 bis 2009 -2.3%. Das ATP auf Basis der EU-Daten ist damit im Zeitverlauf noch etwas stabiler als jenes auf Basis der Daten für die Schweiz, und ist

etwas weniger hoch. Letzteres erscheint durchaus plausibel, weil der Schweizer Neuwagenmarkt im Vergleich zum EU-Markt im Durchschnitt grössere, schwerere und leistungsfähigere Autos kennt, bei welchen ein höheres technisches Potenzial für Verbrauchsreduktionen vorliegt.

#### **4.4 Annahmen zu ATP in bisherigen Studien für BFE und BAFU**

Als Grundlage für die Beschlussfassung über die Übernahme des 130 g-Zielwerts in der Schweiz wurde evaluiert, auf welche Weise und mit welcher Wirkung das EU-Ziel in der Schweiz übernommen werden könnte. Als Teil der Entscheidungsgrundlagen wurde im Auftrag BFE auch ein Analysebericht erstellt (de Haan 2009a). Dabei wurde das ATP wie folgt berechnet:

- Datenbasis 1997 bis 2006: Rückgang der CO<sub>2</sub>-Werte um –1.43% jährlich, Zunahme des Leergewichts um +1.26% jährlich, Zunahme der relativen Leistung um +0.66% jährlich.
- Als Effekt der „Optimierung hin zum Typenprüfzyklus“ wurde (bezogen auf den Zeitraum 1997 bis 2006) –0.3% jährlich angenommen.
- Als Umrechnungsfaktoren wurden 0.75 (Effekt Leergewichts- zu Verbrauchszunahme) und 0.50 (Effekt Leistungs- zu Verbrauchszunahme) verwendet.
- Das ATP auf Basis der Periode 1997 bis 2006 stellte sich damit auf –2.4% ein.
- Nach 2015 wurde davon ausgegangen, dass das ATP abnehmen sollte.

In EBP (2010) wurde die ATP-Berechnung den neuen Daten angepasst:

- Datenbasis 1999 bis 2009: Rückgang der CO<sub>2</sub>-Werte um –2.20% jährlich, Zunahme des Leergewichts um +0.62% jährlich, Zunahme der relativen Leistung um +0.48% jährlich.
- Als Effekt der „Optimierung hin zum Typenprüfzyklus“ wurde (bezogen auf den Zeitraum 1999 bis 2009) –0.3% jährlich angenommen.
- Als Umrechnungsfaktoren wurden weiterhin 0.75 (Effekt Leergewichts- zu Verbrauchszunahme) und 0.50 (Effekt Leistungs- zu Verbrauchszunahme) verwendet.
- Das ATP auf Basis der Periode 1999 bis 2009 stellte sich damit auf –2.6% ein.
- Neu wurde davon ausgegangen, dass das ATP bis 2020 weniger stark abfallen könnte als noch in de Haan (2009a) angenommen, so dass für die ganze Periode ein Wert von –2.5% angenommen wurde.

Im Auftrag des BFE und des BAFU wurden ausserdem die CO<sub>2</sub>-Reduktionswirkungen ermittelt. Zitat aus de Haan (2009b): „Als "Baseline-Szenario" wird angenommen, dass das errechnete jährliche Potenzial (–2.5% CO<sub>2</sub>-Reduktion pro Jahr) in den Jahren bis 2020 vollumfänglich zur CO<sub>2</sub>-Reduktion eingesetzt wird (d.h. keine Erhöhung des mittleren Leergewichts und keine Zunahme der mittleren relativen Normleistung), infolge des regulatorischen Drucks. [...] Damit das Baseline-Szenario Wirklichkeit wird, sind wahrscheinlich zusätzliche Massnahmen in der Schweiz notwendig. Wenn die Schweiz keinerlei Massnahmen ergreift, kann sie nicht damit rechnen, dass auf dem Schweizer Neuwagenmarkt das autonome jährliche Potenzial zu 100% für die Reduktion der g CO<sub>2</sub>/km-Emissionswerte eingesetzt würde.“

## 5 Mögliche Absenkpfade

### 5.1 Spielräume bei der Einführung des 95 g-Ziels in der EU

Da der entsprechende Zielwert bereits in der geltenden Richtlinie festgeschrieben ist, steht aus heutiger Sicht ausser Frage, dass die EU das 95 g-Ziel grundsätzlich einführen wird. Die Frage ist aber, in welchem Jahr dieses Ziel erstmals für 100% der Neuzulassungen gelten wird. Hierfür ist das Jahr 2020 auf jeden Fall als sehr ambitioniert zu betrachten, weil es deutlich grössere jährliche  $\text{CO}_2/\text{km}$ -Reduktionen erfordern würde als noch in der Periode bis 2015 für das 130  $\text{g CO}_2/\text{km}$ -Ziel. Es ist aber davon auszugehen, dass die Kommission gemäss aktuellem Fahrplan Anfang 2013 ein Einführungspfad vorschlagen wird, der ambitioniert ist. Ebenfalls ist anzunehmen, dass – in Analogie zum Ablauf beim ursprünglichen 120  $\text{g CO}_2/\text{km}$ -Ziel für 2012 – im anschliessenden politischen Prozess eine substantielle Aufweichung dieses ursprünglichen Vorschlags stattfinden wird.

Es ist davon auszugehen, dass die EU27 das 130  $\text{g CO}_2/\text{km}$ -Ziel im 2015 unterschreiten wird. Im 2010 betrug der mittlere Wert 140.3, bereits für 2011 ist ein Wert um 135  $\text{g CO}_2/\text{km}$  zu erwarten. Die mittleren  $\text{g CO}_2/\text{km}$ -Emissionswerte der PKW-Neuzulassungen in der EU haben in den letzten Jahren (bei gleichbleibendem Gewicht und Motorisierung) um 3.3% jährlich abgenommen. Gemäss Expertenschätzung ist davon jedoch 1.0% jährlich infolge einer verbesserten Optimierung im Hinblick auf die Messung im Typenprüfzyklus zustande gekommen; dies ist ein normaler und legaler Vorgang, sollte aber separat berücksichtigt werden, wenn es um die Abschätzung längerfristiger Reduktionspotenziale geht, weil solche Optimierungen nicht beliebig fortgeführt werden können. Das Autonome Technische Potenzial für die EU27-Neuzulassungen wird, unter Ausklammerung der Optimierungseffekte, bis 2015 auf -2.45% jährlich veranschlagt. Zuzüglich der Optimierungseffekten kann in der EU27 damit ein  $\text{g CO}_2/\text{km}$ -Wert im 2015 von ca. 120  $\text{g CO}_2/\text{km}$  erreicht werden – gemessen im NEFZ-Typenprüfzyklus, bei einer Zunahme der Diskrepanz zwischen den Norm- und Realverbrauch.

### 5.2 Ausgestaltung der beiden Szenarien

Im Folgenden wird versucht, für die beiden Szenarien „weiter wie bisher“ und „neue Energiepolitik“ der bundesrätlichen Energiestrategie eine konsistente Interpretation des annehmenden Verlaufs der Verbrauchsabsenkung zu entwickeln. Dabei wird ausgegangen vom technischen Potenzial, und inwieweit dieses tatsächlich für die Erhöhung der Energieeffizienz eingesetzt wird.

**Für eine „weiter wie bisher“-Schätzung** ist davon auszugehen, dass in der EU27 der Absenkungspfad politisch schliesslich so festgelegt wird, dass er einem ERFC von nahe bei, aber unter-

halb von 100% entspricht. Das heisst, dass fast der gesamte technische Fortschritt zur Erhöhung der Energieeffizienz eingesetzt wird, aber keine Verhaltensänderungen notwendig sind (das mittlere Auto wird weder leichter noch schwächer motorisiert). Ein kleiner Teil des technischen Fortschritts wird für eine geringe Erhöhung des Leergewichts verwendet (was nicht zwingend einem wahrnehmbaren Zuwachs an Autogrösse entspricht: Alternativantriebe haben ein höheres mittleres Leergewicht im Vergleich zu konventionellen Antrieben; ihr Marktanteil wird nach allen Prognosen zunehmen). Auch die relative Motorisierung wird zunehmen, dabei aber keinen wesentlichen Einfluss auf die Energieeffizienz zeitigen.

Damit ist bis 2020 ein jährliches ATP von  $-2.45\%$  im EU-Raum anzunehmen, und  $-2.7\%$  in der Schweiz; bis 2015 kommen hier noch die Effekte der „Optimierung hin auf den Prüfzyklus“ von ca.  $-1.0\%$  hinzu, ab 2016 entfallen diese jedoch, da keine Optimierungspotenziale mehr vorhanden sein werden bzw. aus heutiger Sicht angenommen werden dürfen (mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit wird der NEFZ-Prüfzyklus durch einen neuen Weltzyklus ersetzt, was in Folge der Umstellung zu neuen Optimierungsmöglichkeiten Anlass geben könnte. Dies lässt sich jedoch aus heutiger Sicht noch nicht abschätzen). Die EU27 erreicht so im 2020  $106 \text{ g CO}_2/\text{km}$ . Ab 2020 ist mit einer Abnahme des ATP zu rechnen. Alle wissenschaftlichen Studien gehen davon aus, dass die Energieverbrauch-Reduktionspotenziale längerfristig sich gegenüber der Periode 2010–2020 deutlich zurückbilden müssen auf ein langfristiges Niveau in der Nähe von  $-1\%$  jährlich. Wenn man von  $-1.23\%$  ausgeht, unterschreitet die EU erstmals im Jahre 2030 die 95-g-Marke.

**Für eine „neue Energiepolitik“-Schätzung** soll davon ausgegangen werden, dass eine steigende Ressourcenknappheit, höhere Energiepreise und/oder eine höhere Zahlungsbereitschaft für die Vermeidung von Treibhausgasemissionen dazu führen, dass – für die EU27 erstmals – eine Reduktion der mittleren Autogrösse politisch akzeptabel wird (analog zur Situation in der Schweiz bis 2015). Damit soll es möglich sein, die mittleren  $\text{g CO}_2/\text{km}$ -Werte der PKW-Neuzulassungen deutlich schneller zu senken, als dies rein aufgrund des ATP möglich wäre. In diesem Szenario soll der 95 g-Zielwert bereits im 2020 für 100% der PKW-Neuzulassungen erreicht werden. Dies soll auch für die Schweiz gelten, was nochmals stärkere Rückgänge beim mittleren Leergewicht erfordert.

### 5.3 ATP in der EU und der Schweiz bis 2020/2035

Gestützt auf die Tabelle 4 (für die Schweiz) und Tabelle 5 (für die EU) werden für die Zeit bis 2015 in der Schweiz ein ATP von  $-2.7\%$  (inklusive des Effekts der „Optimierung hin auf den Prüfzyklus“:  $-3.7\%$ ) und in der EU von  $-2.45\%$  (inklusive „Optimierung hin auf den Prüfzyklus“:  $-3.45\%$ ) angenommen.

Für den Zeitraum von 2016 bis 2020 wird jeweils das gleiche ATP angenommen, jedoch entfallen (im „weiter wie bisher“-Szenario) die Effekte der „Optimierung hin auf den Prüfzyklus“, weil dies allmählich ausgereizt sein dürfte. Das „neue Energiepolitik“-Szenario ist jedoch deutlich ambitionierter, so dass angenommen wird, dass diese Optimierungspotenziale hier dennoch zum Zuge kommen (d.h. es wird angenommen, dass das 95 g-Ziel zwar bereits 2020 für 100% der PKW-Neuzulassungen gilt, weil dies aber ein sehr hartes Ziel ist, wird neues „Optimierungspotenzial“ geschaffen).

Ab 2021 ist mit einer Abnahme des ATP zu rechnen. Alle wissenschaftlichen Studien gehen davon aus, dass die Energieverbrauch-Reduktionspotenziale längerfristig sich gegenüber der Periode 2008–2020 deutlich zurückbilden müssen, auf ein langfristiges Niveau in der Nähe von –1% jährlich. Für die vorliegende Studie nehmen wir an, dass das ATP in der Schweiz ab 2021 identisch ist mit der EU. Gemäss der Literatur müsste ab 2021 eine Reduktion des ATP um beispielsweise 1% auf noch –1.45% jährlich vorgenommen werden. Weil damit aber die EU auch im Jahre 2025 noch nicht den 95 g-Zielwert für 100% der PKW-Neuzulassungen erreichen könnte, was aber im Rahmen des „weiter wie bisher“-Szenarios hier gefordert wird (siehe dazu das nächste Kapitel), wird für die vorliegende Berechnungen eine solche Reduktion erst ab 2026 angesetzt. Für den Zeitraum 2026 bis 2035 wird ein konstantes ATP angenommen.

	<b>2012-2015</b>	<b>2016-2020</b>	<b>2021-2025</b>	<b>2026-2030</b>	<b>2031-2035</b>
CH WWB	-3.70%	-2.70%	-2.45%	-1.45%	-1.45%
CH NEP	-3.70%	-3.70%	-2.45%	-1.45%	-1.45%
EU WWB	-3.45%	-2.45%	-2.45%	-1.45%	-1.45%
EU NEP	-3.45%	-3.45%	-2.45%	-1.45%	-1.45%

Tabelle 6. Angenommene ATP-Werte für die Schweiz und die EU.

Obige Berechnungen sind auf einer aggregierten Ebene. Nicht explizit berücksichtigt sind der Einfluss der allfälligen Anrechnung von Öko-Innovationen sowie der Vereinbarungen von Klein- (bis 10'000 EU-Verkäufe jährlich) und Nischenhersteller (bis 300'000 EU-Verkäufe jährlich).

## 5.4 Einfluss von PHEV und EV

Die Erörterungen in den obenstehenden Abschnitten gelten für Fahrzeuge mit konventionellem Antrieb, inklusive Hybridfahrzeuge (HEV). Rein physikalisch würden die Annahmen für die Entwicklung der Energieeffizienz von Elektrofahrzeugen (EV) und Plug-in-Hybridfahrzeuge (PHEV) ähnlich aussehen. Sowohl PHEV als auch EV beziehen aber einen Teil der Fahrernergie direkt als Strom, und noch ist ungeklärt, wie diese Energieanteile mittelfristig im Rahmen von auf g CO<sub>2</sub>/km lautenden Effizienzzielen angerechnet würden.

Auch Strom verursacht im Prinzip CO<sub>2</sub>-Emissionen, das genaue Ausmass ist aber vom Strommix abhängig, der Strommix wiederum lässt sich sowohl als Produktions- wie als Konsummix auffas-

sen, und beim zusätzlich für PHEV und EV benötigten Strom kann auch argumentiert werden, dass dafür der Strommix für die zusätzliche (marginale) Produktion eingesetzt werden müsste. Damit ist dies zum aktuellen Zeitpunkt eine politische Frage. Die nachstehende Graphik zeigt, wie Eurelectric die mögliche weitere Entwicklung des europäischen Strommixes sieht, in zwei möglichen Szenarien.

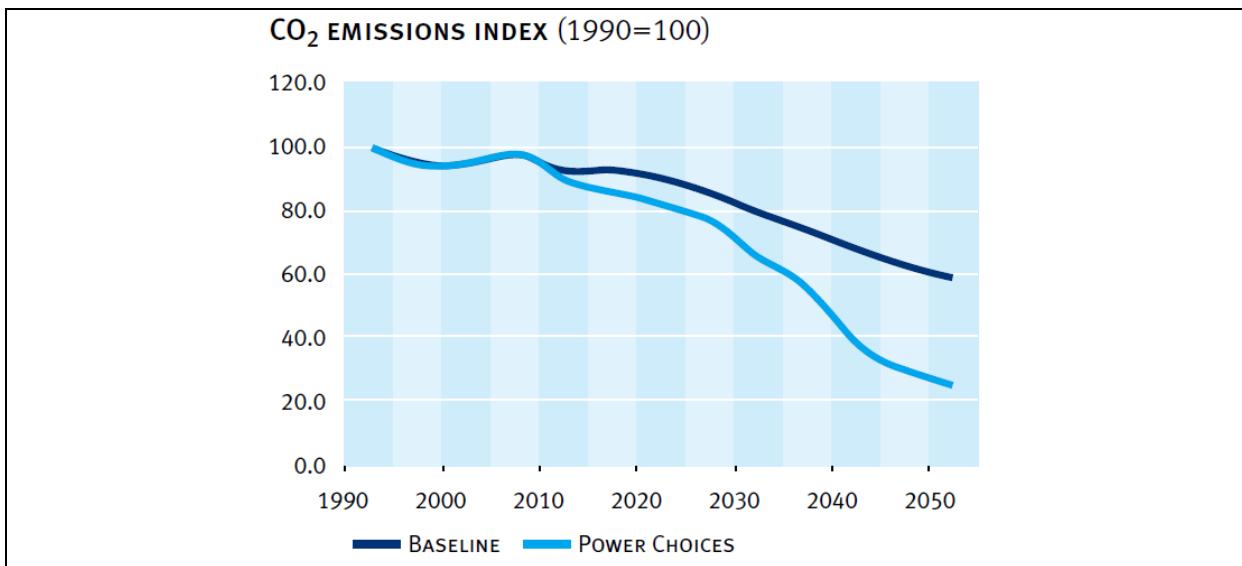


Abbildung 2. Quelle: Eurelectric (2010).

Für die vorliegende Studie werden jedoch, in Anlehnung an die momentanen Annahmen des BFE im Rahmen der Energiestrategie, die Werte der nachstehenden Tabellen angenommen.

	2012-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035
CH	50	40	30	25	20
EU	50	40	30	25	20

Tabelle 7. Angenommene angerechnete g CO<sub>2</sub>/km-Werte für PHEV im Rahmen von g CO<sub>2</sub>/km-Effizienzz Zielen.

	2012-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035
CH	0	0	0	0	0
EU	0	0	0	0	0

Tabelle 8. Angenommene angerechnete g CO<sub>2</sub>/km-Werte für EV im Rahmen von g CO<sub>2</sub>/km-Effizienzz Zielen.

Wenn für PHEV und EV für die Stromanteil 0 g CO<sub>2</sub>/km angerechnet wird, hat dies eine grosse Auswirkung auf die Entwicklung des mittleren g CO<sub>2</sub>/km-Wertes der Neuzulassungen, sobald die PHEV und EV nennenswerte Marktanteile erreichen. Dies ist im NEP-Szenario bereits 2020 der Fall. Es ist nicht davon auszugehen, dass die EU weiter an einen g CO<sub>2</sub>/km-Zielwert festhalten wird und gleichzeitig die PHEV und EV für den Stromanteil mit 0 g CO<sub>2</sub>/km anrechnen würde. Gleichwohl wird dies für die vorliegende Studie so angenommen. **Dies prägt alle Zahlenergebnisse ab 2020 (NEP) bzw. 2025 (WWB) stark.**

## 6 Resultate

### 6.1 Zeitverlauf der Eckdaten der PKW-Neuzulassungen bis 2035

Tabelle 9 zeigt, wie sich – für die beiden Szenarien „weiter wie bisher“ (WWB) und „neue Energiepolitik“ (NEP) – die technischen Eckdaten konventioneller PKW (inkl. HEV) in der Schweiz und in der EU entwickeln werden. Es wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Basis sind die ATP-Werte aus Tabelle 6; in allen Szenarien wird angenommen, dass die relative Motorisierung (Normleistung pro Tonne Leergewicht) um +0.66% jährlich zunimmt.
- Im „weiter wie bisher“-Szenario soll der 95 g-Zielwert in der EU („EU WWB“) ab 2025 für 100% der Neuzulassungen (inkl. EV und PHEV) gelten. Dies erlaubt eine leichte Leergewichtszunahme. Für die Schweiz werden („CH WWB“) die gleichen jährlichen Änderungsraten unterstellt, sie erreicht damit im Jahre 2029 den 95 g-Zielwert für die konventionellen Antriebe, jedoch bereits 2025 wenn man PHEV und EV einschliesst.
- Im „neue Energiepolitik“-Szenario soll der 95 g-Zielwert in der EU („EU NEP“) bereits im 2020 für 100% der Neuzulassungen gelten. Dank den als hoch angenommenen PHEV- und AV-Anteile reicht dafür weniger als 100% ERFC aus, was heisst, dass das mittlere Leergewicht leicht zunehmen darf. Für die Schweiz („CH NEP“) soll der 95 g-Zielwert ebenfalls bereits im 2020 erreicht werden, obwohl die Schweiz im 2015 bei 130 g, die EU jedoch bei ca. 120 g starten wird. Trotz hohen PHEV- und EV-Anteilen sind dafür Reduktionen des mittleren Leergewichts notwendig, da die Reduktionsraten 100% ERFC überschreiten.

		2012-2015	2015	2016-2020	2020	2021-2025	2025	2026-2030	2030	2031-2035	2035
CH WWB	gCO2/km	-4.36%	129.6	-2.63%	113.4	-1.18%	106.9	-0.83%	102.5	-0.83%	98.3
	kg	-1.45%	1380.9	+0.00%	1380.9	+2.40%	1554.8	+1.10%	1642.2	+1.10%	1734.5
	kW	-0.79%	105.6	+0.66%	109.1	+3.06%	126.9	+1.76%	138.4	+1.76%	151.1
	kW/t	+0.66%	76.5	+0.66%	79.0	+0.66%	81.6	+0.66%	84.3	+0.66%	87.1
CH NEP	gCO2/km	-4.36%	129.6	-4.38%	103.6	-1.83%	94.4	-0.83%	90.6	-0.83%	86.8
	kg	-1.45%	1380.9	-1.50%	1280.4	+1.10%	1352.4	+1.10%	1428.4	+1.10%	1508.7
	kW	-0.79%	105.6	-0.84%	101.2	+1.76%	110.5	+1.76%	120.5	+1.76%	131.5
	kW/t	+0.66%	76.5	+0.66%	79.1	+0.66%	81.7	+0.66%	84.4	+0.66%	87.2
EU WWB	gCO2/km	-3.13%	119.7	-2.38%	106.1	-1.18%	99.9	-0.83%	95.8	-0.83%	91.9
	kg	+0.50%	1399.5	+0.00%	1399.5	+2.40%	1575.7	+1.10%	1664.2	+1.10%	1757.8
	kW	+1.16%	88.0	+0.66%	90.9	+3.06%	105.7	+1.76%	115.3	+1.76%	125.8
	kW/t	+0.66%	62.9	+0.66%	65.0	+0.66%	67.1	+0.66%	69.3	+0.66%	71.6
EU NEP	gCO2/km	-3.13%	119.7	-2.83%	103.6	-1.83%	94.5	-0.83%	90.6	-0.83%	86.9
	kg	+0.50%	1399.5	+1.10%	1478.2	+1.10%	1561.3	+1.10%	1649.0	+1.10%	1741.8
	kW	+1.16%	88.0	+1.76%	96.0	+1.76%	104.7	+1.76%	114.3	+1.76%	124.7
	kW/t	+0.66%	62.9	+0.66%	64.9	+0.66%	67.1	+0.66%	69.3	+0.66%	71.6

Tabelle 9. Hochrechnung der Entwicklung der Eckdaten der PKW-Neuzulassungen (ohne EV und PHEV) in der Schweiz und der EU für die Zeiträume bis 2015, 2020, 2025 und 2030. Angegeben werden jeweils die prozentualen Änderungen pro Jahr und die absolute Kennzahl am Schluss der jeweiligen 5-Jahres-Periode.

Die Annahmen der Tabelle 9 lassen sich vergleichen mit jenen der Eurelectric (2010; Tabelle 10).

EFFICIENCY IMPROVEMENT (% CHANGE OF SPECIFIC ENERGY INTENSITY INDICATORS FROM 2005)								
EU27 - PRIMES MODEL	POWER CHOICES			BASELINE 2009		NO POLICY CASE		
	2020	2030	2050	2020	2030	2050	2020	2030
<b>TRANSPORT</b>								
BUSES (ktoe per GPKM)	8.6	20.3	58.6	8.1	17.5	39.5	1.1	2.8
MOTORCYCLES (ktoe per GPKM)	12.0	22.4	38.5	11.6	21.6	31.7	1.4	3.4
CARS (ktoe per GPKM)	18.2	28.3	59.5	18.5	32.4	53.1	7.0	11.6
PASSENGER RAIL (ktoe per GPKM)	25.0	32.7	49.8	24.5	29.9	42.4	15.4	17.5
AVIATION (ktoe per GPKM)	17.0	35.0	54.7	17.3	34.0	51.0	4.2	18.6
TRUCKS (ktoe per GTKM)	6.4	19.1	48.8	5.4	13.0	34.7	0.7	(4.0)
FREIGHT BY RAIL (ktoe per GTKM)	14.5	40.3	57.8	13.0	36.8	43.5	8.5	23.0
INL. NAVIGATION (ktoe per GTKM)	2.3	3.4	10.5	1.9	1.7	2.5	0.4	(1.4)

Tabelle 10. Annahmen zur Entwicklung der Energieeffizienz aus Eurelectric (2010).

Die Marktzwachsraten und Marktanteile an den Neuzulassungen für PHEV und EV sind pro 5-Jahres-Periode untenstehend zusammengefasst. Sie wurden wie folgt gewählt:

- Aufteilung PHEV zu EV wurde als 50:50 angenommen, von 2012 bis 2035;
- **Die Verläufe wurden so gewählt, dass im Jahr 2035 3.89 PJ Strombedarf im WWB und 11.09 PJ im NEP resultieren.**

Wachstum PHEV	2012-2015	2015	2016-2020	2020	2021-2025	2025	2026-2030	2030	2031-2035	2035
	CH WWB	75.00%	0.6%	18.00%	1.4%	15.00%	2.9%	20.00%	7%	23.50%
CH NEP	101.71%	1.1%	36.00%	5.1%	24.00%	15.1%	12.00%	27%	6.00%	36%
EU WWB	75.00%	0.6%	18.00%	1.4%	15.00%	2.9%	20.00%	7%	23.50%	21%
EU NEP	101.71%	1.1%	36.00%	5.1%	24.00%	15.1%	12.00%	27%	6.00%	36%
Wachstum EV	2012-2015	2015	2016-2020	2020	2021-2025	2025	2026-2030	2030	2031-2035	2035
	CH WWB	75.00%	0.6%	18.00%	1.4%	15.00%	2.9%	20.00%	7%	23.50%
CH NEP	101.71%	1.1%	36.00%	5.1%	24.00%	15.1%	12.00%	27%	6.00%	36%
EU WWB	75.00%	0.6%	18.00%	1.4%	15.00%	2.9%	20.00%	7%	23.50%	21%
EU NEP	101.71%	1.1%	36.00%	5.1%	24.00%	15.1%	12.00%	27%	6.00%	36%

Tabelle 11. Entwicklung der Marktanteile der PHEV und EV an den PKW-Neuzulassungen.

Angegeben werden jeweils die prozentualen Änderungen pro Jahr und die absolute Kennzahl am Schluss der jeweiligen 5-Jahres-Periode.

Wenn man die Entwicklung bei den konventionellen Antrieben inkl. HEV ergänzt um die Entwicklung der PHEV und EV, und dabei den Strom anrechnet wie in Tabelle 7 (PHEV) und Tabelle 8 (EV) dargelegt, und zusätzlich annimmt, dass PHEV ein elektrischer Energieverbrauch von 10 kWh/100km im 2015 (mit jährlichen Reduktionen von 2%) und EV ein elektrischer Energieverbrauch von 20 kWh/100 km im 2015 (ebenfalls mit jährlichen Reduktionen von 2%) aufweisen, gelangt man zum „offiziellen“ mittleren g CO<sub>2</sub>/km-Wert der PKW-Neuzulassungen, wie in den beiden nachstehenden Tabellen für die beiden Szenarien dargestellt. Wie erwähnt, ist dieses Ergebnis ab 2020 (NEP) bzw. 2025 (WWB) stark geprägt durch die Annahmen zur Anrechnung der elektrischen Fahranteile.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030	2035
g CO <sub>2</sub> /km - ICE (inkl. HEV)	129.6	126.2	122.9	119.6	116.5	113.4	106.9	102.5	98.3
g CO <sub>2</sub> /km - PHEV	50	40	40	40	40	40	30	25	20
g CO <sub>2</sub> /km - EV	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kWh/100km - PHEV	10.0	9.8	9.6	9.4	9.2	9.0	8.2	7.4	6.7
kWh/100km - EV	20.0	19.6	19.2	18.8	18.4	18.1	16.3	14.8	13.4
Anteil an den Neuzulassungen - ICE	98.7%	98.5%	98.3%	97.9%	97.6%	97.1%	94.2%	85.7%	58.9%
Anteil an den Neuzulassungen - PHEV	0.6%	0.7%	0.9%	1.0%	1.2%	1.4%	2.9%	7.2%	20.6%
Anteil an den Neuzulassungen - EV	0.6%	0.7%	0.9%	1.0%	1.2%	1.4%	2.9%	7.2%	20.6%
g CO <sub>2</sub> /fzkm - Mittelwert	128.3	124.6	121.1	117.6	114.1	110.7	101.6	89.6	62.0

Tabelle 12. Zustandekommen des mittleren g CO<sub>2</sub>/km-Werts der PKW-Neuzulassungen im Szenario „weiter wie bisher“.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030	2035
g CO <sub>2</sub> /km - ICE (inkl. HEV)	129.6	123.9	118.5	113.3	108.3	103.6	94.4	90.6	86.8
g CO <sub>2</sub> /km - PHEV	50	40	40	40	40	40	30	25	20
g CO <sub>2</sub> /km - EV	0	0	0	0	0	0	0	0	0
kWh/100km - PHEV	10.0	9.8	9.6	9.4	9.2	9.0	8.2	7.4	6.7
kWh/100km - EV	20.0	19.6	19.2	18.8	18.4	18.1	16.3	14.8	13.4
Anteil an den Neuzulassungen - ICE	97.8%	97.0%	95.9%	94.4%	92.4%	89.7%	69.9%	46.9%	29.0%
Anteil an den Neuzulassungen - PHEV	1.1%	1.5%	2.0%	2.8%	3.8%	5.1%	15.1%	26.5%	35.5%
Anteil an den Neuzulassungen - EV	1.1%	1.5%	2.0%	2.8%	3.8%	5.1%	15.1%	26.5%	35.5%
g CO <sub>2</sub> /fzkm - Mittelwert	127.3	120.8	114.5	108.1	101.7	95.0	70.5	49.1	32.3

Tabelle 13. Zustandekommen des mittleren g CO<sub>2</sub>/km-Werts der PKW-Neuzulassungen im Szenario „neue Energiepolitik“.

Die nachstehende Graphik stellt den Verlauf der mittleren g CO<sub>2</sub>/km-Werte für die EU und die Schweiz in den beiden Szenarien dar.

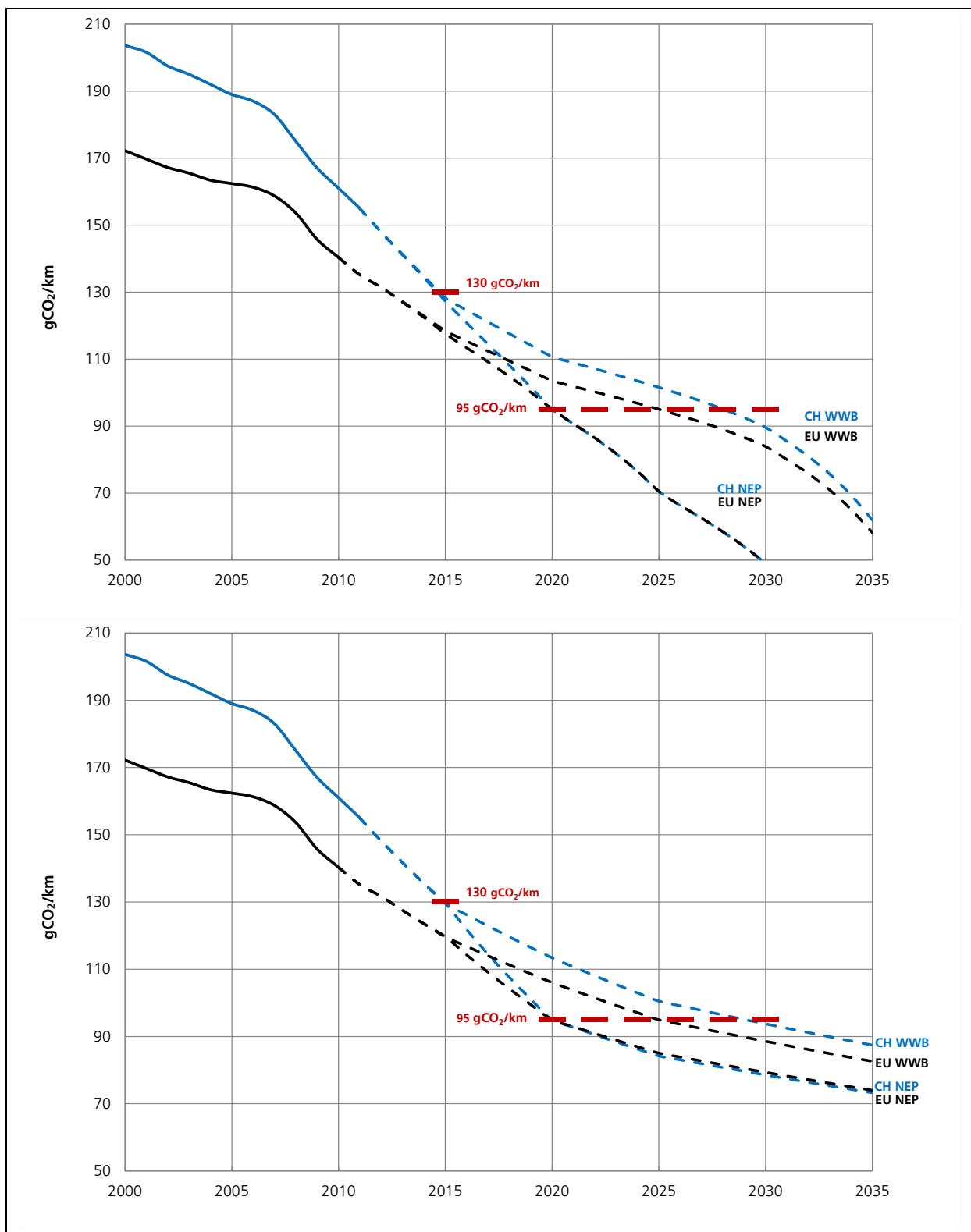


Abbildung 3. Mögliche künftige Verläufe der mittleren g CO<sub>2</sub>/km-Werte der Neuzulassungen (**unten**: nur konventionelle ICE inkl. HEV; **oben**: plus PHEV und EV) in der EU und der Schweiz in den Szenarien „weiter wie bisher“ (WWB) und „neue Energiepolitik“ (NEP).

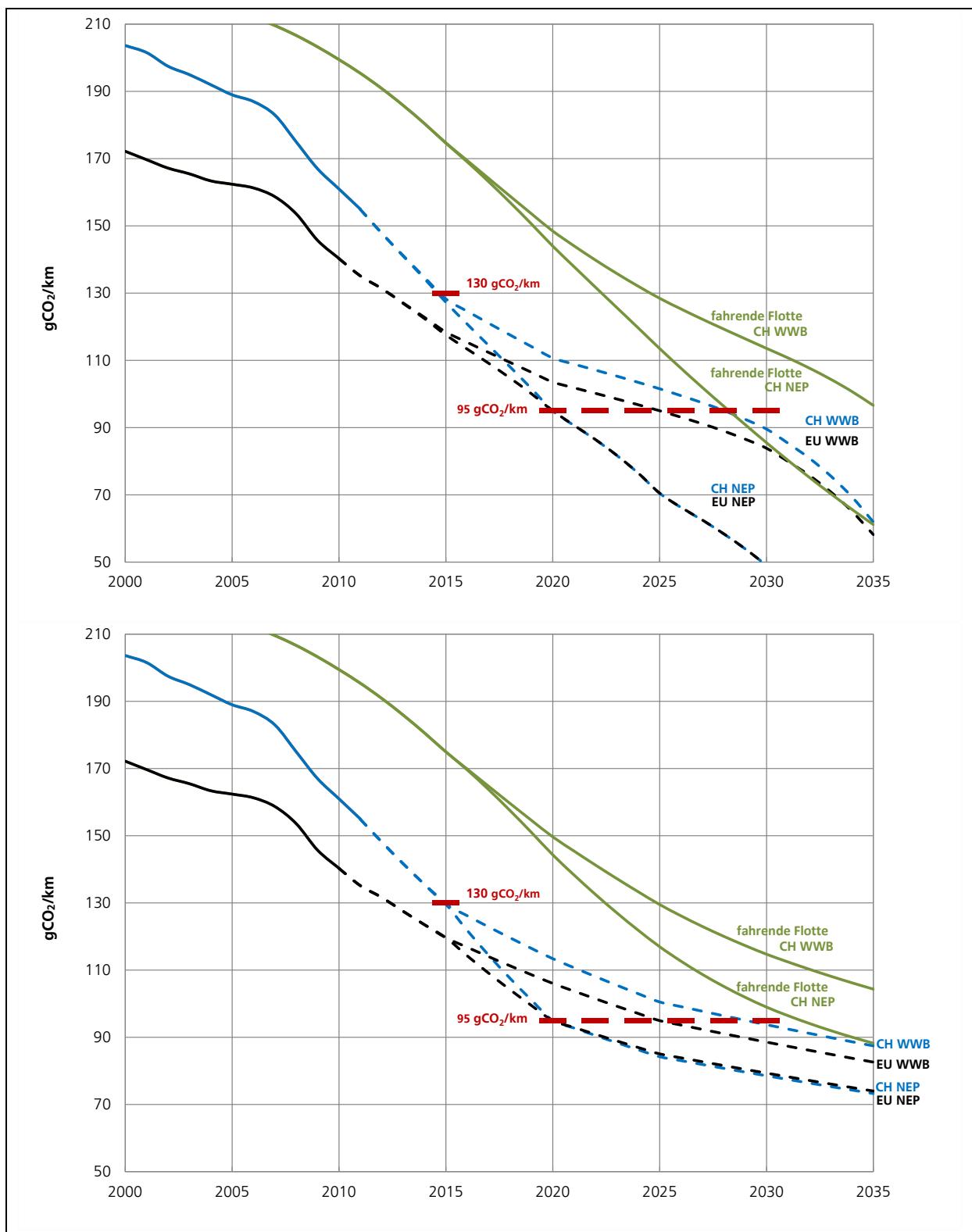


Abbildung 4. Wie Abbildung 3, mit hinzugefügtem Verlauf der mittleren g CO<sub>2</sub>/km-Werte der PKW-Fahrzeugflotte in der Schweiz in der „weiter wie bisher“- und der „neue Energiepolitik“-Entwicklung (**unten**: nur konventionelle ICE inkl. HEV; **oben**: plus PHEV und EV).

Obige Berechnungen sind auf einer aggregierten Ebene. Nicht explizit berücksichtigt sind der Einfluss der allfälligen Anrechnung von Öko-Innovationen sowie der Vereinbarungen von Klein- (bis 10'000 EU-Verkäufe jährlich) und Nischenhersteller (bis 300'000 EU-Verkäufe jährlich).

## 6.2 Energieeffizienz der fahrenden PKW-Flotte und resultierender Endenergieverbrauch pro Jahr

Unterstehende Tabelle zeigt, wie sich die sinkenden mittleren g CO<sub>2</sub>/km-Werte der Neuzulassungen allmählich auf der Ebene der fahrenden PKW-Flotte auswirken. Nach der Multiplikation mit der Fahrleistung resultieren der Endenergieverbrauch sowie die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr.

Die Fahrleistung wurde analog zu den noch provisorischen Annahmen zu den zurzeit in Überarbeitung befindlichen BFE-Berechnungen gewählt: 53'354 Mio. PKW-Fzgkm im 2005, mit einer Zunahme um +30% bis 2030.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030	2035
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen [g/fzkm]</b>									
Neuzulassungen: CH WWB	128.3	124.6	121.1	117.6	114.1	110.7	101.6	89.6	62.0
Neuzulassungen: CH NEP	127.3	120.8	114.5	108.1	101.7	95.0	70.5	49.1	32.3
Fahrende Flotte: CH WWB	174.7	169.5	164.2	158.9	153.7	148.5	128.5	113.6	96.6
Fahrende Flotte: CH NEP	174.6	169.1	163.2	157.0	150.6	144.0	113.6	85.5	61.2
Fahrleistung der PKW [Mio. fzkm/a]	63'414	63'955	64'495	65'036	65'577	66'117	67'749	69'360	71'363
davon ICE: CH WWB	63'279	63'749	64'204	64'644	65'066	65'466	66'051	65'302	60'556
davon PHEV: CH WWB	65	101	143	194	253	323	846	2'026	5'401
davon EV: CH WWB	65	101	143	194	253	323	846	2'026	5'401
davon ICE: CH NEP	63'208	63'603	63'944	64'212	64'380	64'411	61'011	52'444	40'604
davon PHEV: CH NEP	101	174	273	410	596	851	3'366	8'456	15'377
davon EV: CH NEP	101	174	273	410	596	851	3'366	8'456	15'377
<b>Energie [PJ]</b>									
B/D/G, CH WWB	150	147	144	140	137	133	118	107	93
B/D/G, CH NEP	150	147	143	138	134	129	104	80	59
Differenz	0	0	-1	-2	-3	-4	-14	-26	-34
E, CH WWB	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.32	0.7	1.6	3.9
E, CH NEP	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.83	3.0	6.7	11.1
Differenz	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	2.2	5.1	7.2
<b>Energie [TWh]</b>									
B/D/G, CH WWB	42	41	40	39	38	37	33	30	26
B/D/G, CH NEP	42	41	40	38	37	36	29	22	16
Differenz	0	0	0	0	-1	-1	-4	-7	-10
E, CH WWB	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.09	0.2	0.4	1.1
E, CH NEP	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.23	0.8	1.9	3.1
Differenz	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.6	1.4	2.0

Tabelle 14. Verläufe der g CO<sub>2</sub>/km-Werte der PKW-Neuzulassungen und -Fahrzeugflotte in den beiden Szenarien „weiter wie bisher“ sowie „neue Energiepolitik“, und die resultierenden Unterschiede im Endenergieverbrauch und den CO<sub>2</sub>-Emissionen.

## A1 Literaturverzeichnis

- ACEA 2010. Statistik zu Vierradantriebanteilen und Leergewicht. URL: [> statistics](http://www.acea.be).  
 Datum der Extraktion: 9. Aug. 2010
- auto-schweiz 2000 bis 2011. 4. bis 15. Berichterstattung im Rahmen der Energieverordnung  
 über die Absenkung des spezifischen Treibstoff-Normverbrauchs von Personenwagen  
 1999 bis 2010. Bern, 2000 bis 2011
- BFE 2009. Bericht zur Anhörung zur möglichen Übernahme der EU-130g-Strategie für Neuzulassungen für die Schweiz
- Bhatt K 2010. Potential for Meeting the EU New Passenger Car CO<sub>2</sub> Emissions Targets. Master thesis at the Massachusetts Institute of Technology, September 2010, 87 pages, <http://web.mit.edu/sloan-auto-lab/research/beforeh2/files/Bhatt%20-%20Meeting%20EU%20Standards.pdf>
- Bodek K, Heywood J B, 2008. Europe's Evolving Passenger Vehicle Fleet: Fuel Use and GHG Emissions Scenarios through 2035, MIT Laboratory for Energy and the Environment Report, Cambridge, Massachusetts.
- Bundesrat 2010. Medienmitteilung zum Beschluss des Bundesrats zur Gegenüberstellung eines indirekten Gegenvorschlags zur Volksinitiative "für menschenfreundliche Fahrzeuge".  
 Bern, 21. Januar 2010
- Cheah L W, Heywood J, Kirchain R, 2010. The Energy Impact of U.S. Passenger Vehicle Fuel Economy Standards. 2010 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology (ISSST). ISBN 978-1-4244-7094-5, DOI 10.1109/ISSST.2010.5507722
- Cheah L W; Bandivadekar A P, Bodek K M, Kasseris E P, Heywood J B, 2008. The Trade-off between Automobile Acceleration Performance, Weight, and Fuel Consumption, SAE Int. J. Fuels Lubr. 1(1): 771-777, 2008
- CO<sub>2</sub>-Gesetz + Verordnung <http://www.bfe.admin.ch/themen/00507/05318/index.html?lang=de>
- de Haan P 2009a. CO<sub>2</sub>-Emissionen der PW-Neuzulassungen der Schweiz: Orientierung an der EU. Bericht EMDM1713. ETH IED-NSSI im Auftrag BFE, 11. Mai 2009, 40 Seiten
- de Haan P 2009b. Umsetzung der 130 g CO<sub>2</sub>/km-Strategie für die Schweiz: CO<sub>2</sub>-Reduktionseffekte 2012–2020. Bericht EMDM1731. ETH IED-NSSI im Auftrag BAFU, 18. Mai 2009, 44 Seiten
- DG Clima 2011. What should happen after 2020? Stakeholder meeting on LDV CO<sub>2</sub> emissions, Brussels, 6 December 2011, [http://ec.europa.eu/clima/events/0048/post\\_2020\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/clima/events/0048/post_2020_en.pdf)
- DLR 2004. Preparation of the 2003 review of the commitment of car manufacturers to reduce CO<sub>2</sub> emissions from M1 vehicles Final Report of Task A: Identifying and assessing the reasons for the CO<sub>2</sub> reductions achieved between 1995 and 2003
- EBP 2009. Übernahme des EU-Ziels 130 g CO<sub>2</sub>/km: Abschätzung Abgabenverläufe 2012–2020. Kurzbericht im Auftrag BFE, 30.10.09, 28 Seiten
- EBP 2010. 130 g-Strategie für PKW in der Schweiz: Möglichkeiten zur Anpassung des Zielwerts an schweizerische Verhältnisse und ihre Auswirkungen auf die CO<sub>2</sub>-Reduktion. Im Auftrag BFE, 2. Sep. 2010, 46 Seiten (nicht öffentlich)

- EBP 2010. Übernahme des EU-Ziels 130 g CO<sub>2</sub>/km in der Schweiz: Konkretisierung des bundesrätlichen Vorschlags. Kurzbericht. EBP im Auftrag BFE, 28.01.10, 28 Seiten (nicht öffentlich)
- EBP 2011. Bonusmodelle für PKW-Neuzulassungen unterhalb 95 gCO<sub>2</sub>/km. Kurzbericht im Auftrag des BFE. 6. April 2011, 18 Seiten
- EC 715/2007
- EEA 2011. Monitoring the CO<sub>2</sub> emissions from new passenger cars in the EU: summary of data for 2010. European Environmental Agency, 13 pages
- Emisia, TU Graz und INFRAS 2010. Parameterisation of fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions of passenger cars and light commercial vehicles for modelling purposes. Final report No: 10.RE.005.V1 under a contract to European Commission JRC. 26 Nov 2010, 126 Seiten
- EU 2010. Report from the Commission to the European Parliament and the Council - Monitoring the CO<sub>2</sub> emissions from new passenger cars in the EU: data for the year 2008. COM/2009/0713 final
- EU COM (2007)856
- EU COM(2005)261
- EU-Kommission 2011. Stakeholder meeting on CO<sub>2</sub> from light duty vehicles (Centre Borschette, Brussels). Summary of the Meeting by the Commission. Brussels, 06.12.2011, 10 Seiten
- Eurelectric 2010. Power Choices. Pathways to Carbon-Neutral Electricity in Europe by 2050. Full Report (version with final corrections from 2011). Brussels, 2010, 100 pages
- Heywood J 2010. Assessing the Fuel Consumption and GHG of Future In-Use Vehicles. Paper presented at PEA-AIT International Conference on Energy and Sustainable Development: Issues and Strategies (ESD 2010). Chiang Mai, Thailand. 2-4 June 2010.
- LAT 2011. Projection of CO<sub>2</sub> emissions from road transport. Report No.: 10.RE.0034.V4, Thessaloniki, February 2011, 28 Seiten
- Sharpe R, Smokers R 2009. Assessment with respect to long term CO<sub>2</sub> emission targets for passenger cars and vans. Under Framework contract no.: DG ENV/C.5/FRA/2006/0071 to the European Commission. 22 Juli 2009, 66 Seiten
- T&E 2011
- TNO 2010. Uitstoot van personenwagens in norm en praktijk - analyse van gegevens van zakelijke rijders (in niederländischer Sprache). TNO-rapport MON-RPT-2010-00114 CO2. 19. Januar 2010, 19 Seiten
- TNO 2011. Support for the revision of Regulation (EC) No 443/2009 on CO<sub>2</sub> emissions from cars. Presentation at Stakeholder Meeting, Brussel, December 6, 2011 on Service request #1 for Framework Contract on Vehicle Emissions - No ENV.C.3./FRA/2009/0043 by Richard Smokers, Filipe Fraga, Maarten Verbeek.  
[http://ec.europa.eu/clima/events/0048/sr1\\_final\\_report\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/clima/events/0048/sr1_final_report_en.pdf)
- TU Graz 2010. Fuel Consumption and Emissions of Modern Passenger Cars. Under a contract to BMLFUW. Report Nr. I-25/10 Haus-Em 07/10/676 from 29.11.2010, 24 Seiten
- TU Graz 2009. Measurement of CO<sub>2</sub> and fuel consumption from cars in the NEDC and in real-world-driving cycles. Report Nr. I-21/09 Zall-Em 34/09/676 from 17.12.2009, 41 Seiten
- TÜV Nord 2010a. Factors influencing NEDC CO<sub>2</sub> emissions during type approval of passenger cars. Presentation of project results by order of the Federal Environment Agency Germany (UBA). Helge Schmidt, Oktober 2010

TÜV Nord 2010b. Future Development of the EU Directive for Measuring the CO<sub>2</sub> Emissions of Passenger Cars - Investigation of the Influence of Different Parameters and the Improvement of Measurement Accuracy. Final Report under a contract to Federal Environment Agency FKZ 3709 52 141, 14 December 2010, 54 Seiten

TÜV Nord 2010c. Pilotprojekt zur Relevanzanalyse von Einflussfaktoren bei der Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Kraftstoffverbrauchs im Rahmen der Typgenehmigung von Pkw. Under a contract to Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) FE 84.0501/2010, 88 Seiten