



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Mobilität

Bericht vom 23. Februar 2017

CO₂-Emissionsvorschriften für Personenwagen und leichte Nutzfahrzeuge

Grundlagenbericht



Datum: 23. Februar 2017

Ort: Bern

Auftraggeberin:

Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer:

MK Consulting GmbH, Distelweg 5, 3012 Bern, Tel. +41 31 301 73 88
INFRAS AG, Sennweg 2, 3012 Bern, Tel. +41 31 370 19 19

Autoren:

Mario Keller (MK Consulting)
Philipp Wüthrich (INFRAS)

BFE-Projektleitung:

Christoph Schreyer (BFE)
Sebastian Dickenmann (BFE)

Begleitgruppe:

Antje Mosler (BAFU)
Roger Ramer (BAFU)
Kurt Pfister (ASTRA)
Christoph Schneiter (ASTRA)
Peter Sass-Von der Heide (ASTRA)
Sebastian Dickenmann (BFE)
Christoph Schreyer (BFE)

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen; Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.bfe.admin.ch

Inhalt

Kurzfassung	6
Teil A: Ausgangslage und Fragestellung	22
1. Fragestellung	22
2. Die Massnahme „Emissionsvorschriften für Neufahrzeuge“	23
2.1. Emissionsvorschriften für Personenwagen (PW)	23
2.1.1. Hintergrund	23
2.1.2. Die für 2020 vorgesehene Massnahme für die PW	24
2.2. Emissionsvorschriften für Leichte Nutzfahrzeuge (LNF)	26
2.2.1. Hintergrund	26
2.2.2. Die Situation in der EU	27
2.2.3. Die vorgeschlagene Massnahme für die LNF	29
Teil B: Emissionsvorschriften PW 2020	30
3. Der PW-Markt in der Schweiz und seine CO₂-Emissionen	30
3.1. Kenngrössen der Neuwagen in der Schweiz (PW)	30
3.1.1. Die bisherige Entwicklung	30
3.1.2. Der Vollzugsdatensatz 2012-2015	32
3.1.3. Der Neuwagenpark 2015	35
3.2. Vergleich mit der EU	37
3.3. Regionale Verteilung	39
3.4. Bisherige CO ₂ -Zielerreichung und Sanktionen	41
3.4.1. Methodik der Sanktionsberechnung	41
3.4.2. Bisherige Zielerreichung	45
3.4.3. Sanktionszahlungen 2012 - 2015	46
3.4.4. Einfluss der Vollzugs- und Einführungsmodalitäten	47
3.4.5. Spezialziele für Klein- und Nischenhersteller	48
4. Ausgestaltung der Massnahme zur Zielerreichung ab 2020 (PW)	50
4.1. Gestaltungsparameter und Spielräume	50
4.2. Aufgabenstellung	52
4.3. Methodischer Ansatz	53
4.4. Konkretisierung Variantenspektrum	54
4.5. Umsetzung	56
4.6. Ergebnisse	59
4.6.1. Entwicklung der CO ₂ -Emissionen	59
4.6.2. Sanktionszahlungen und Einfluss der Einführungsmodalitäten	60

4.6.3.	Interpretation der Ergebnisse	65
4.6.4.	Einfluss des Leergewichts	67
4.6.5.	Auswirkungen auf Kleinimporteure von Personenwagen	69
5.	Auswirkungen bei den PW	70
5.1.	Weitere Folgewirkungen	70
5.2.	Methodik der Wirkungsabschätzung	70
5.3.	Annahmen zur Wirkungsabschätzung	72
5.4.	Auswirkungen auf Energieverbrauch, CO ₂ -Emissionen und Fiskal-Erträge	74
5.5.	Realitätsnähe der CO ₂ -Werte	78
5.6.	Kostenbetrachtungen	82
Teil C: Emissionsvorschriften LNF 2020		87
6.	Der LNF-Markt in der Schweiz und seine CO₂-Emissionen	87
6.1.	Kenngrossen der Leichten Nutzfahrzeuge in der Schweiz	87
6.2.	Der Neuwagenpark 2015	91
6.3.	Vergleich mit der EU	95
7.	Ausgestaltung der Massnahme zur Zielerreichung ab 2020 (LNF)	100
7.1.	Gestaltungsparameter	100
7.2.	Aufgabenstellung und methodischer Ansatz	102
7.3.	Konkretisierung Variantenspektrum	103
7.4.	Umsetzung und Ergebnisse	104
7.4.1.	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen	104
7.4.2.	Sanktionszahlungen und Einfluss der Einführungsmodalitäten	105
7.4.3.	Interpretation der Ergebnisse	110
7.4.4.	Einfluss des Leergewichts	111
7.4.5.	Auswirkungen auf Kleinimporteure von LNF	113
8.	Auswirkungen bei den LNF	115
8.1.	Annahmen zur Wirkungsabschätzungen	115
8.2.	Kostenbetrachtungen	118
Annex		120
Annex 1: Kenngrossen der PW-Neuwagenflotten		120
Annex 2: Sonderziele für Klein- und Nischenhersteller		121
Annex 3: Annahmen zu den Marktentwicklungsszenarien		122
Annex 4: Modellergebnisse PW: Sanktionszahlungen und CO₂-Emissionen		123
Annex 5: Wirkungsabschätzungen mit dem Bottom-Up-Modell Strassenverkehr		125
Annex 6: Wirkungsabschätzungen (PW)		135
Annex 7: Kenngrossen der Leichten Nutzfahrzeuge		138

Annex 8: Modellergebnisse LNF: Sanktionszahlungen und CO₂-Emissionen	140
Annex 9: Wirkungsabschätzungen (LNF)	142
Glossar	145
Literatur	148

Kurzfassung

Fragestellung

Der Verkehrssektor ist für über ein Drittel der Energienachfrage in der Schweiz verantwortlich. Davon entfällt der Grossteil auf den Strassenverkehr. Mit Emissionsvorschriften für Fahrzeuge sollen der Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen des motorisierten Individualverkehrs nachhaltig abgesenkt werden. Im Rahmen einer Teilrevision des CO₂-Gesetzes hat das Parlament im März 2011 beschlossen, CO₂-Emissionsvorschriften für Personenwagen (PW) in Anlehnung an die in der EU geltenden Regulierungen zu erlassen. Diese wurden per Juli 2012 in Kraft gesetzt. Demnach sollen neu in Verkehr gesetzte Personenwagen ab 2015 auch in der Schweiz im Durchschnitt der Flotte nicht mehr als 130 g CO₂/km emittieren.

Die Vorschriften für Neu-PW sollen im Rahmen der Energiestrategie 2050 per 2020 auf 95 g CO₂/km verschärft werden. Zudem sollen vergleichbare Emissionsvorschriften auch für leichte Nutzfahrzeuge (LNF) eingeführt werden; der vorgeschlagene Zielwert 2020 beträgt 147 g CO₂/km. Diese Neuerungen sollen in Anlehnung an die EU-Regelungen erfolgen.

Dieser Bericht erörtert mögliche Formen der Ausgestaltung. Insbesondere werden verschiedene Varianten von sog. Einführungsmodalitäten (Phasing-In, Supercredits) untersucht und deren Auswirkungen auf Sanktionen und CO₂-Emissionen sowie weitere volkswirtschaftliche Effekte aufgezeigt. Die Fragestellung lautet für PW und Leichte Nutzfahrzeuge an sich gleich, aber Ausgangssituation und Datenlage unterscheiden sich. Deshalb werden die beiden Bereiche hier separat dargestellt (Teil 1: PW, Teil 2: LNF).

Teil 1: Personenwagen (PW)

Hintergrund

Ausgestaltung und Vollzug der Emissionsvorschriften für neue Personenwagen in der Schweiz halten sich möglichst eng an die entsprechenden EU-Bestimmungen. Aufgrund der Eigenheiten des Schweizer Marktes waren aber gewisse Abweichungen unumgänglich. So sind die Importeure (und nicht die Fahrzeug-Hersteller) für die CO₂-Emissionen verantwortlich. Diese waren verpflichtet, die CO₂-Emissionen der Neuwagen schrittweise bis 2015 im Durchschnitt auf 130 g CO₂/km zu senken. Erreichte ein Importeur die Zielvorgabe nicht, wurde seit dem 1. Juli 2012 eine Sanktionszahlung fällig. Die Vollzugsdetails sind in der CO₂-Verordnung geregelt, so z.B. wie CO₂-Emissionen und Leergewicht der Fahrzeuge erhoben und wie die CO₂-Emissionen je Importeur und allfällige Sanktionen berechnet werden:

- Der Zielwert wird in Abhängigkeit des Leergewichts des Fahrzeugs bzw. der Flotte im Verhältnis zu einem Referenzleergewicht (=Mittelwert der gesamten Flotte) definiert. Schwere Fahrzeuge erhalten eine Zielvorgabe >130 g CO₂/km, leichtere Fahrzeuge eine Zielvorgabe <130 g CO₂/km.
- Die Umsetzung erfolgt über sog. Einführungsmodalitäten. Das sind Erleichterungen zur Zielerfüllung:
 - Mit dem „Phasing-In“ muss nur ein bestimmter Teil der Neufahrzeuge den Zielwert einhalten¹.
 - Mit den „Supercredits“ profitieren Importeure von besonders emissionsarmen Fahrzeugen mit einem CO₂-Ausstoss von weniger als 50 g/km (LEV, low emission vehicles) von einer Mehrfachanrechnung dieser Fahrzeuge bei der Berechnung des Flottendurchschnitts².
- Die allfällige Sanktion ist definiert in CHF pro Gramm Zielüberschreitung und pro Fahrzeug³.
- Importeure können sich zu Emissionsgemeinschaften zusammenschliessen, um die Zielvorgabe gemeinsam zu erreichen: emissionsarme Fahrzeuge können Fahrzeuge mit hohen CO₂-Emissionen kompensieren.
- Spezielle Zielvorgaben gewährt die EU Klein- und Nischenherstellern. Diese Zielwerte gelten auch in der Schweiz.

Die für 2020 vorgeschlagene Massnahme für die PW

Mit der Teilrevision des CO₂-Gesetzes im Rahmen des 1. Massnahmenpakets der Energiestrategie 2050 wurden die Grundlagen für die Übernahme der EU-Zielwerte beschlossen. Die Regulierung in der EU sieht wie folgt aus:

- Zielwert von 95 g CO₂/km für 2020.
- Einjähriges Phasing-In: 2020 müssen nur 95% aller Neuwagen das neue Ziel erreichen; ab 2021 gilt der Zielwert für 100% der neuen Autos.
- Für LEV (low emission vehicles) wird folgende Mehrfachgewichtung vorgesehen: Faktor 2.0 im 2020, 1.67 im 2021, 1.33 im 2022. Ab 2023 läuft das System aus. Zudem werden diese sog. Supercredits kumulativ auf 7.5 g CO₂ pro Hersteller begrenzt.
- Für die Zeit nach 2020 sieht die EU eine weitere Überarbeitung und Verschärfung der CO₂-Limiten vor. Allerdings sind hierzu noch keine konkreten Ziele definiert.

¹ Bisherige Anteile sanktionsrelevanter Fahrzeuge: 2012: 65 %, 2013: 75%, 2014: 80%, 2015: 100%.

² Bisherige Gewichtung: 2012 und 2013: 3.5, 2014: 2.5, 2015: 1.5; ab 2016 läuft dieses System aus.

³ Derzeit beträgt die Sanktion pro Fahrzeug für das erste Gramm CO₂ über dem Zielwert 7.50 CHF, für das zweite Gramm 22.50 CHF, für das dritte Gramm 37.50 CHF und für jedes weitere Gramm 142.50 CHF (in der EU: 95 Euro). Ab 2019 wird einheitlich ein Wert von 95 Euro bzw. 104.50 CHF pro g Zielwertüberschreitung angenommen.

- Derzeit werden die CO₂-Emissionen der Neuwagen nach dem NEDC-Testzyklus ermittelt (New European Driving Cycle). Ab 2017 soll dieser durch den realitätsnäheren WLTP-Standard (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure) abgelöst werden. Um vergleichbar strenge Reduktionsauflagen unter dem alten und dem neuen Prüfverfahren zu erreichen, sollen die künftigen WLTP-Angaben in vergleichbare NEDC-Werte umgerechnet werden. Dieses Verfahren gilt bis 2021. Wie der Zielabgleich in den anschliessenden Jahren erfolgen soll, ist derzeit noch offen.

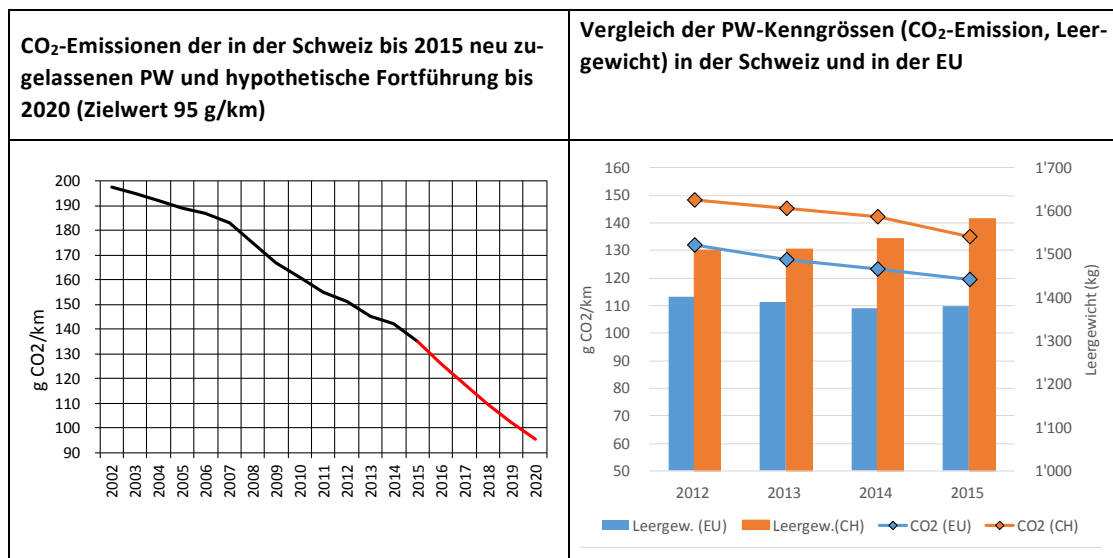
Grundsätzlich sieht die Energiestrategie 2050 des Bundesrates die Übernahme der Zielwerte der EU vor, d.h. 95 g CO₂/km per 2020. Offen ist die konkrete Ausgestaltung der Massnahme, namentlich die Festlegung der Einführungsmodalitäten (Phasing-In, Supercredits) ab 2020.

Der PW-Neuwagenmarkt und die CO₂-Emissionen bis 2015

Abbildung K-1 zeigt links die Entwicklung der CO₂-Emissionen der PW-Neufahrzeuge bis 2015 sowie eine hypothetische Fortentwicklung bis 2020, um den Zielwert von 95 g CO₂/km zu erreichen. Die bisherigen Absenkraten lagen bei 1.5%/a (bis 2006) bzw. 3.6%/a (2007 – 2015). Um das Ziel 2020 zu erreichen, bedarf es einer Reduktion von 6.3%/a, was aufgrund der bisherigen Entwicklung als ambitiös eingestuft werden muss.

Ein Vergleich der Schweizer Werte mit den Kenngrössen der EU (CO₂-Emission und Leergewicht, Abbildung K-1, rechts) zeigt, dass die Schweiz den Zielwert 2015 von 130 g/km leicht überschritten (135 g/km), die EU hingegen deutlich unterschritten hat (120 g/km). Der Grund liegt v.a. in der Schweizer PW-Marktstruktur mit deutlich höheren Gewichten und stärkerer Motorisierung.

Abbildung K-1: Entwicklung von Kenngrössen der Neu-PW in der Schweiz und in der EU



Die Sanktionszahlungen wegen Zielwertüberschreitungen hielten sich in den vergangenen Jahren in Grenzen (2012: 3.5 Mio. CHF; 2013: 5.1 Mio. CHF; 2014: 1.7 Mio. CHF; 2015: 12.6 Mio. CHF). Das heisst, nur wenige Importeure konnten ihre Zielvorgabe nicht einhalten. Dass der Flottendurchschnitt im 2015 gleichwohl bei 135 g/km (also über dem Zielwert von 130 g/km) liegt, ist auf die Berechnungsformel der Zielvorgaben und auf die Einführungsmodalitäten zurückzuführen. Die Bedeutung der Einführungsmodalitäten ist signifikant: Wären z.B. 2014 keine Erleichterungen durch die Einführungsmodalitäten gewährt worden, so wären für dieselbe Neuwagenflotte Sanktionszahlungen von rund 240 bis 290 Mio. CHF fällig geworden (statt 0.2 Mio. CHF).

Ausgestaltung der Massnahme zur Zielerreichung 2020 (PW)

Die derzeitige Emissionsvorschrift für PW-Neuzulassungen gilt bis 2019. Für die Fortschreibung für den Zeitraum ab 2020 werden hier einige Elemente als gesetzt unterstellt, namentlich der Flottenzielwert (95 g CO₂/km) und die Zielwertfunktion in Anlehnung an die EU. Offen sind die Einführungsmodalitäten (Phasing-In und die Supercredits). Für die Untersuchung deren Auswirkungen wird von folgenden **Prämissen** ausgegangen:

- Gleiche Umsetzung der CO₂-Vorschrift 2020ff wie bisher, d.h. jeder Importeur erhält eine individuelle Zielvorgabe, die sich aus der Zielwertfunktion ableitet; der massgebende CO₂-Emissionswert je Importeur entspricht dem verkaufsgewichteten Durchschnitt unter Berücksichtigung der Einführungsmodalitäten.
- Sanktionszahlungen sollen das Verhalten in Richtung Zielerreichung lenken.
- Wird das Reduktionsziel erreicht, sollen keine Sanktionen anfallen. Die Äufnung eines Fonds mit Sanktionszahlungen ist nicht das Ziel der Emissionsvorschriften.
- Es wird davon ausgegangen, dass die Importeure Sanktionszahlungen möglichst vermeiden wollen – zum einen um Kosten zu sparen, zum andern aus Image-Gründen.

Die Einführungsmodalitäten sind demnach so festzulegen, dass das CO₂-Reduktionsziel erreicht wird; wird dieses Ziel erreicht, sollen keine Sanktionen anfallen. Nun ist ungewiss, wie sich der „Markt“, d.h. die Verkaufszahlen und die Kenngrössen der Neuwagenflotte (CO₂, Leergewicht) entwickeln und wie die Importeure auf allenfalls drohende Sanktionszahlungen reagieren. Sie haben im Wesentlichen drei Optionen:

- den Markt in Richtung mehr Effizienz zu beeinflussen, was die CO₂-Emissionen effektiv senken und Sanktionen vermeiden oder reduzieren würde,
- die Sanktionen zu bezahlen und ggf. zumindest teilweise an die Kunden weitergeben, was die CO₂-Emissionen aber nicht zwangsläufig senkt, zumindest solange die Kunden den Aufpreis zahlen,

- Oder rechnerisch 'optimieren', z.B. durch Bilden von Emissionsgemeinschaften oder Abtretungen von Fahrzeugen, was die Sanktionen senkt, ohne dass aber die CO₂-Emissionen effektiv reduziert werden.

Aufgrund der Ungewissheiten von Marktentwicklung und Reaktionsmustern wurden verschiedene Varianten von Markt-, CO₂-Emissions- und Sanktionsentwicklungen untersucht. Dazu wurden

- einerseits **Marktentwicklungsszenarien** definiert, die zeigen, wie sich der PW-Neuwagenmarkt entwickeln könnte (v.a. Flottenmix bzw. Anteil von LEV [Low-Emission Vehicles] und Absenkrate der CO₂-Emission der verbrennungsmotorischen Neufahrzeuge),
- andererseits **Varianten von Einführungsmodalitäten** definiert, welche mitbestimmen, wie hoch die Sanktionszahlungen ausfallen würden.

Die nachstehenden Tabellen zeigen die Definitionen der Marktszenarien bzw. der Varianten von Einführungsmodalitäten.

Tabelle K-1: Definition von Marktentwicklungsszenarien (PW)

Szen.	Name ⁴	Erläuterung der zugrundeliegenden Kern-Annahmen:	
		Anteil LEV im Jahr 2020:	Absenkraten spez. CO ₂ -Emission der konventionellen Fahrzeuge:
A	WWB / 2%	4.9% LEV	2%/a
B	WWB/POM / 3%	7.8% LEV	3%/a
C	POM / 3%	10.6% LEV	3%/a
D	POM+ / 4% (Sens.)	10.6% LEV	4%/a
E	POM+ / 5.3% (Sens.)	10.6% LEV	5.3%/a

⁴ Bezeichnungen in Anlehnung an die Szenarien der Energieperspektiven: WWB: „Weiter wie bisher“; POM: „Politische Massnahmen“.

Tabelle K-2: Definition von vier Varianten von Einführungsmodalitäten (PW)

Var.	Kurz-Name	Phasing-In (Anteil sanktionsrelevanter Fahrzeuge)	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Var. 0	0	"Nullfall" (Kein Phasing-In)	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Var. 1	EU	"Baseline EU"	95%	100%	100%	100%	100%	100%
Var. 2	CH	"Swiss finish"	85%	90%	95%	100%	100%	100%
Var. 3	CH+	"Aufgeschobene Umsetzung"	50%	60%	70%	80%	100%	100%

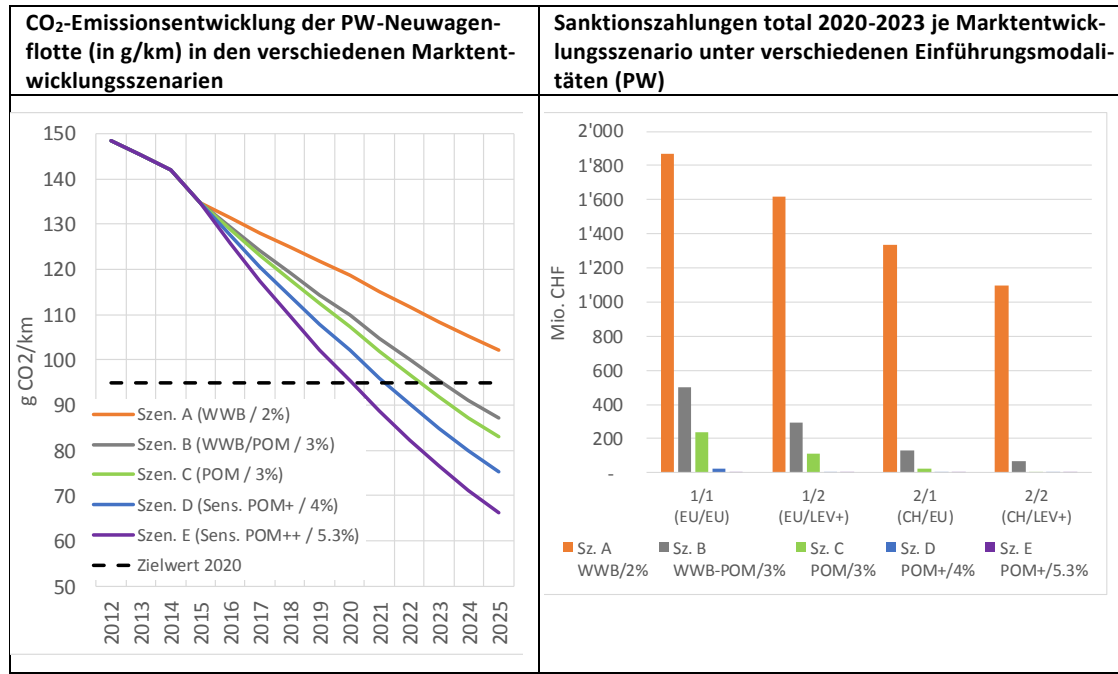
Var.	Kurz-Name	Supercredits (Gewichtung für Fahrzeuge mit < 50 g CO ₂ /km)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	CAP (max g)
Var. 0	0	"Nullfall" (Keine Supercredits)	1	1	1	1	1	1	-
Var. 1	EU	"Baseline EU"	2	1.67	1.33	1	1	1	7.5
Var. 2	LEV+	"Zusätzliche Förderung"	3	2	1.5	1	1	1	15
Var. 3	LEV++	"Starke zusätzliche Förderung"	3.5	3.5	2.5	1.5	1	1	30

Ergebnisse PW

Modellrechnungen liefern einerseits die mittleren CO₂-Werte (g/km) für alle Marktszenarien und andererseits allfällige Sanktionen für alle Modalitätsvarianten je Marktszenario.

- **Entwicklung der mittleren CO₂-Emission der Neuwagen:** Abbildung K-2 (links) zeigt, dass die meisten Marktszenarien den Zielwert 2020 (95 g/km) nicht zeitgerecht erreichen. Lediglich Szenario E schafft dieses Ziel.
- **Entwicklung der Sanktionen:** Abbildung K-2 (rechts) zeigt das Total der maximal anfallenden Sanktionszahlungen (2020-2023) von ausgewählten Modalitätsvarianten (Kombinationen von Phasing-In und Supercredits), jeweils für alle Marktentwicklungen. Allfällige Reaktionen der Importeure auf die Sanktionen wie etwa die Neubildung von Emissionsgemeinschaften oder Abtretungen von Fahrzeugen sind darin noch nicht eingerechnet. Die Zahlen sind deshalb obere «Grenzwerte» der Sanktionen, die in der Praxis nach bisheriger Erfahrung deutlich unterschritten werden dürften.

Abbildung K-2: CO₂-Emissionsentwicklung der Neu-PW (in g/km) sowie Sanktionszahlungen bei unterschiedlichen Marktentwicklungen bzw. unterschiedlichen Einführungsmodalitäten



Lesebeispiel zu den Sanktionskosten (rechts): Bei einer Modalitätsvariante «2/1» (d.h. Phasing-In «Swiss finish» und Supercredits wie in der EU) fallen beispielsweise bei einer Marktentwicklung gemäss Szenario B («WWB/POM / 3%», d.h. Flottenmix 2020 mit gut 7.8% LEV und einer Absenkrate für CO₂-Emissionen für konventionelle PW von 3%/a) total rund 130 Mio. CHF an (für 2020-2023). Entwickelt sich der Markt jedoch gemäss Szenario A (WWB / 2% Absenkrate), würden total rund 1.3 Mrd. CHF Sanktionen fällig.

Interpretation der Ergebnisse

- Die aus den CO₂-Zielüberschreitungen resultierenden Sanktionen fallen nur an, falls die Importeure darauf nicht reagieren würden. Die Intention der Sanktion ist es, einen Lenkungseffekt auszulösen. Wollen die Importeure Sanktionen vermeiden, müssen sie ihre CO₂-Emissionen reduzieren, oder anders ausgedrückt: sie müssen sich dafür einsetzen, dass der Markt sich von Szenario A in Richtung Szenario E bewegt, indem sie z.B. technologisch effizientere Fahrzeuge prominenter fördern, auf kleinere und deshalb effizientere Fahrzeuge setzen, auf höhere Anteile von LEV oder auf die Bildung von Emissionsgemeinschaften bzw. auf Abtretungen von einzelnen Fahrzeugen. Die beiden letztgenannten Optionen reduzieren allerdings lediglich die Sanktionen, nicht aber die CO₂-Emissionen.
- Letztlich ist eine Einschätzung gefordert, welche Sanktionshöhe, die sich aus der Kombination von „Marktszenario“ und „Einführungsmodalitätsvariante“ ergibt, dem Anspruch „ambitiös aber realistisch“ gerecht wird: ambitiös bezüglich CO₂-Reduktion, realistisch bezüglich der Umsetzbarkeit von Effizienzgewinnen, sei es technologischer Art und/oder des Anteils von LEV.

- Derzeit sind in der CO₂-Verordnung lediglich die Einführungsmodalitäten festzulegen. Der „Markt“ bzw. die effektiv ausgelösten Reaktionen werden letztlich zeigen, wo dieses Gleichgewicht zwischen CO₂-Emissionsreduktion und Sanktionszahlungen zu liegen kommen wird.

Zu den Szenario-Ergebnissen im Einzelnen

- Betrachtet man beispielsweise einen CO₂-Reduktionspfad gemäss Szenario B als ambitiös genug (Zielerreichung 95 g CO₂/km im Jahr 2023), sollten die Sanktionen für diesen Fall begrenzt bleiben. Entsprechend bietet sich dafür die Variantenkombination 2/1 (CH/EU) an. Diese weist Sanktionen von maximal total rund 130 Mio. CHF in der Periode 2020-2023 aus. Zur Minderung dieser Sanktionen bestehen seitens der Importeure noch Spielräume wie beispielsweise die Bildung neuer Emissionsgemeinschaften oder sog. Abtretungen. Selbstredend würde auch jede effektive CO₂-Minderung die Sanktionslast weiter reduzieren, wobei sich der Markt damit in Richtung Szenario C oder D verschieben würde.
- Eine Variantenkombination 1/1 (wie EU) würde für Szenario B demgegenüber bedeuten, dass entweder höhere Sanktionen anfallen (total maximal 500 Mio. CHF) – oder aber man betrachtet es als realistisch, dass der Markt sich noch stärker in Richtung der Szenarien C (höhere LEV-Anteile als Szenario B) oder D (höhere LEV-Anteile plus höhere Absenkungsrate [4% statt 3%/a] gegenüber Szenario B) oder gar E bewegen lässt und so weniger Sanktionszahlungen nötig werden.
- Entwickelt sich der Markt gemäss dem Szenario „Weiter Wie Bisher“ (Szenario A), so werden in jedem Fall hohe Sanktionen fällig: mit der Variantenkombination 1/1 (analog EU) rund 1.9 Mrd. CHF, mit Variantenkombinationen 2/1 (CH/EU) oder 2/2 (CH/LEV+) noch immer 1.3 bis 1.1 Mrd. CHF. In diesem Fall ist zu erwarten, dass solche Sanktionsbeträge Anreiz genug sind, die Marktentwicklung in Richtung von Szenario B oder C zu stossen.
- Das Szenario C ist ambitiöser als B und erreicht das CO₂-Ziel um rund 1 Jahr früher (2022 statt 2023), aber noch immer nicht im anvisierten Jahr 2020. Eine Variantenkombination 1/1 (analog EU) führt zu maximalen Sanktionen von noch rund 200 Mio. CHF, stellt also noch gewisse Anreize zu weiterer CO₂-Reduktion dar. Demgegenüber lösen Variantenkombinationen 2/1 (CH/EU) oder 2/2 (CH/LEV+) keine Sanktionen und damit auch keine Anreize zu weiterer CO₂-Absenkung aus.
- Was würde es bedeuten, wenn die Schweiz eine eigene „Schweizer Regelung“ (z.B. im Sinne der Variante 2/1 [CH/EU]) einführen würde? Man kann die Wirkung am Beispiel von Szenario B illustrieren: Mit einer solchen „Schweizer Regelung“ fallen Sanktionen von maximal rund 130 Mio. CHF an. Mit einer „EU-Regelung“ würden 500 Mio. CHF fällig, was zweifellos zu grösseren Reaktionen bei den Importeuren führte. Mit einer „Schweizer Regelung“ verzich-

tet man somit entweder auf Marktanpassungen und damit auf entsprechende CO₂-Reduktionen, oder aber man verzichtet auf die fälligen Sanktionszahlungen. Die effektive Wirkung dürfte irgendwo dazwischen liegen.

Auswirkungen bei den PW

Die bisher gezeigten Effekte sind direkt mit der Massnahme liiert und betreffen unmittelbar die Neufahrzeuge. Die Wirkung der Massnahme geht aber darüber hinaus und hat Einfluss auf die CO₂-Emissionen des gesamten PW-Verkehrs, auf den Treibstoff- und den Energieverbrauch (in PJ), auf den Mineralölsteuerertrag und auch auf die Ausgaben für die Treibstoffe (Konsumentensicht). Allerdings bedarf eine solche Abschätzung weiterer Annahmen, da sie hergeleitet wird aus dem Vergleich einer Entwicklung MIT Massnahme mit einer Entwicklung OHNE Massnahme. Für die Entwicklung OHNE Massnahme wird unterstellt, dass die spezifische Absenkung der CO₂-Emissionen der Neu-PW weitergeht, den Zielwert von 95 g CO₂/km aber erst im Jahr 2030 erreichen wird; dies entspricht den Annahmen des Szenarios 'Weiter wie bisher' der Energieperspektiven 2050. Für die Entwicklung MIT Massnahme wird das mittlere Szenario B herangezogen, welches den Zielwert von 95 g CO₂/km im Jahr 2023 erreicht.

Demnach führt die weitere Verschärfung der CO₂-Emissionsvorschriften der PW zu einer Reduktion von rund 4 % beim Energieverbrauch und rund 4 bis 5% bei den CO₂-Emissionen bzw. den fiskalischen Einnahmen (Mineralölsteuer einschliesslich Mineralölsteuerzuschlag sowie der Mehrwertsteuer auf Benzin und Diesel). Diese Prozentangaben sind Durchschnittswerte pro Jahr, gemittelt über die Zeitspanne 2016 bis 2030. In Zahlen ausgedrückt bedeutet dies eine Reduktion der CO₂-Emissionen um rund 420'000 Tonnen pro Jahr, des Energieverbrauchs um rund 5 PJ/a und ein Rückgang der Fiskalerträge (Mineralölsteuer inkl. -zuschlag und Mehrwertsteuereinnahmen) von rund 150 Mio. CHF/a. Gleichzeitig ergeben sich auch Treibstoffkostensparnisse für die Konsumenten in der Grössenordnung von rund 320 Mio. CHF/a.

Allerdings ergeben sich auch Mehraufwendungen. Die CO₂-Reduktionen sind mit technologisch bedingten Mehrkosten verbunden. Auf der Basis einer neuen EU-Studie lassen sich solche Kosten grob abschätzen. Demnach können beim Fahrzeugkauf zwar Mehrkosten entstehen, diese werden aber bei konventionellen Fahrzeugen auch mit konservativen Annahmen in überschaubar kurzer Zeit über die Treibstoffeinsparungen mehr als wettgemacht.

Teil 2: Leichte Nutzfahrzeuge (LNF)

Hintergrund

Unter leichten Nutzfahrzeugen (LNF) werden Fahrzeuge zum Sachentransport verstanden (vorwiegend Lieferwagen), deren zulässiges Gesamtgewicht 3.5 Tonnen nicht übersteigt. LNF galten über längere Zeit – im Gegensatz zu Personenwagen – als nicht übermotorisiert, da sie meist von Firmen gekauft werden, welche Anschaffungskosten (Fahrzeugpreis) und Einsparungen bei laufenden Kosten (Treibstoff- und Reparaturkosten) gegeneinander abwägen. Deshalb wurde der energiepolitische Handlungsbedarf bisher als gering angesehen. Trotzdem ist ein gewisses Potenzial vorhanden, um den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen zu reduzieren. Das Europäische Parlament hat 2011 beschlossen, analog zu den CO₂-Zielwerten für Personenwagen auch CO₂-Zielwerte für LNF einzuführen. Damit sollte ein Schritt in Richtung Gleichbehandlung verschiedener Fahrzeugkategorien getan werden. Gleichzeitig sollten so auch Schlupflöcher geschlossen werden (Zulassung von Fahrzeugen als LNF, welche an sich den PW zuzuzählen wären). Gemäss geltendem EU-Recht müssen die LNF den Ausstoss bis 2017 auf maximal 175 g CO₂/km und bis 2020 auf 147 g CO₂/km senken. Ansonsten fallen Sanktionen an. Im Unterschied zu den PW wird bei den LNF per 2020 kein Phasing-In vorgesehen, wohl aber für das Zwischenziel 2017.

Die für 2020 vorgeschlagene Massnahme für die LNF

In der Schweiz besteht gegenwärtig kein CO₂-Zielwert für die LNF. Gemäss dem ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050 sollen auch für LNF CO₂-Vorschriften in Anlehnung an die EU eingeführt werden. Konkret soll ab 2020 der gleiche Flottenzielwert wie in der EU gelten (147 g CO₂/km), und die Umsetzung soll analog zu den PW erfolgen: Je Importeur wird eine individuelle Zielvorgabe in Abhängigkeit des „Nutzwerts“ der Fahrzeuge festgelegt, um dem Umstand Rechnung zu tragen, dass LNF – noch ausgeprägter als PW – unterschiedlichen Bedürfnissen entsprechen. Als „Nutzwert“ verwendet die EU wie bei den PW das Leergewicht. Und wie bei den PW werden auch bei den LNF überdurchschnittliche schwere Fahrzeuge einen Zielwert >147 g, leichtere Fahrzeuge einen Zielwert <147 g erhalten. Erreicht ein Importeur die individuelle Zielvorgabe mit seiner Fahrzeugflotte nicht, soll pro Gramm CO₂-Emission über dem Zielwert und Fahrzeug eine Sanktion anfallen.

Offen ist die konkrete Ausgestaltung der Massnahme, d.h. die Festlegung der Einführungsmodalitäten (Phasing-In, Supercredits) – im Wissen, dass die EU für die LNF per 2020 keine Einführungsmodalitäten vorsieht.

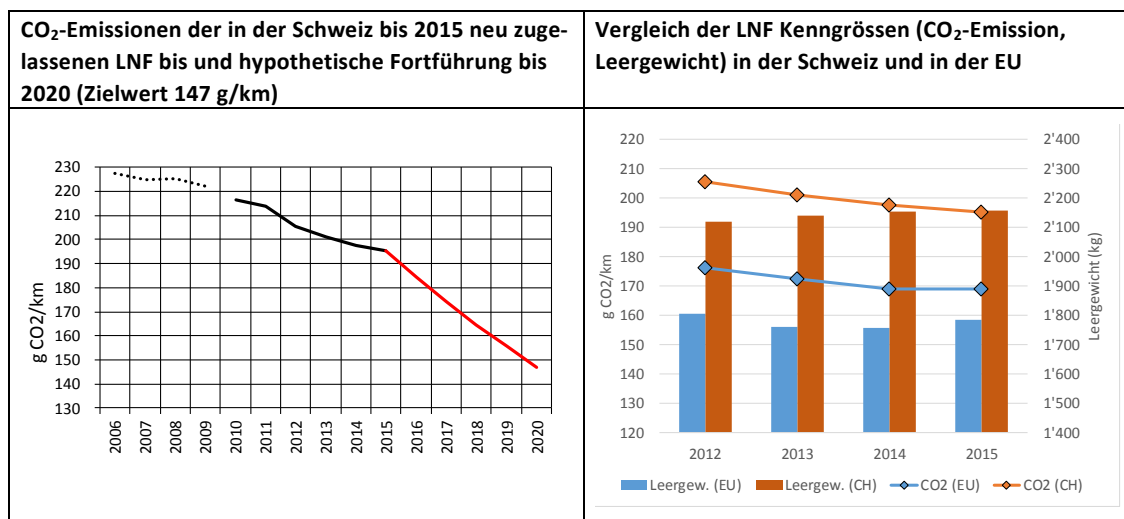
Der LNF-Markt in der Schweiz und seine CO₂-Emissionen

Leichte Nutzfahrzeuge sind bezüglich Fahrzeugbestand und CO₂-Emissionen von geringerer Bedeutung als die Personenwagen. Sie machten 2014 rund 6% (13 PJ) des Gesamtverbrauchs von Benzin und Diesel aus (PW: ca. 72%, 158 PJ). LNF-Bestand und Neuzulassungen sind aber in den letzten Jahren stetig angestiegen (Bestand 2015: ca. 350'000 Fahrzeuge und rund 35'000 Neuzulassungen).

Abbildung K-3 zeigt links den Verlauf der CO₂-Emissionen der LNF-Neuwagenflotte bis 2015 und skizziert einen hypothetischen Absenkpfad, um den Zielwert 2020 von 147 g CO₂/km zu erreichen. Wie bei den PW wird eine reine Fortführung des bisherigen Absenkpfaades mit einer Absenkrate von 2.2%/a (2011 bis 2015) nicht ausreichen, um dieses Ziel zu erreichen. Vielmehr wäre dafür eine Reduktionsrate von etwa 5.5%/a nötig. Dieser Wert ist mehr als doppelt so hoch wie die bisherigen Raten und ist darum als Herausforderung einzustufen.

Ein Vergleich der Schweizer LNF-CO₂-Werte und deren Leergewichte mit der EU zeigt markante Differenzen (Abbildung K-3, rechts): Der CO₂-Wert 2015 liegt in der Schweiz mit rund 195 g gut 25 g höher als in der EU, und die Fahrzeuge sind im Mittel rund 375 - 400 kg schwerer. Namentlich in den Südländern der EU wird der LNF-Markt vor allem durch grössere Anteile leichter LNF geprägt, während die Schweizer Flotte mit mehr grösseren und schwereren Fahrzeugen eine ähnliche Struktur aufweist wie z.B. Deutschland.

Abbildung K-3: Entwicklung von Kenngrössen der neu zugelassenen LNF in der Schweiz und in der EU



Ausgestaltung der Massnahme zur Zielerreichung 2020

Wie bei den PW gelten im Rahmen dieser Untersuchung einige Kernelemente der Regulierung als gesetzt, namentlich der Flottenzielwert (147 g CO₂/km) und die Zielwertfunktion in Anlehnung an die EU. Offen sind die Einführungsmodalitäten (Phasing-In und die Supercredits). Für deren Festlegung wird von den gleichen Prämissen ausgegangen wie bei den PW und es wird auch der gleiche methodische Ansatz gewählt. Konkret werden für die LNF leicht abweichende Varianten definiert:

- Bei der **Marktentwicklung** werden 3 Szenarien definiert, die sich bezüglich CO₂-Absenkraten bei verbrennungsmotorischen Fahrzeugen unterscheiden:
 - Szenario A: 2%/a,
 - Szenario B: 3%/a,
 - Szenario C: 4%/a.

Für alle Szenarien wird aber der gleiche Flottenmix, namentlich identische Anteile von LEV (Low-Emission Vehicles), unterstellt (2.0% im Jahr 2020 bzw. 3.5% im Jahr 2025).

- Bei den **Einführungsmodalitäten** werden vier Varianten gemäss Tabelle K-3 unterschieden, wobei zu beachten ist, dass die EU für die LNF kein Phasing-In und keine Supercredits vorsieht, also den „Nullfall“ (Var. 0). Hier werden drei zusätzliche Varianten definiert: Var. 1 analog zur EU-Regelung für die PW, Var. 2 als „Swiss finish“ und Var. 3 mit zusätzlichen Erleichterungen:

Tabelle K-3: Definition von vier Varianten von Einführungsmodalitäten (LNF)

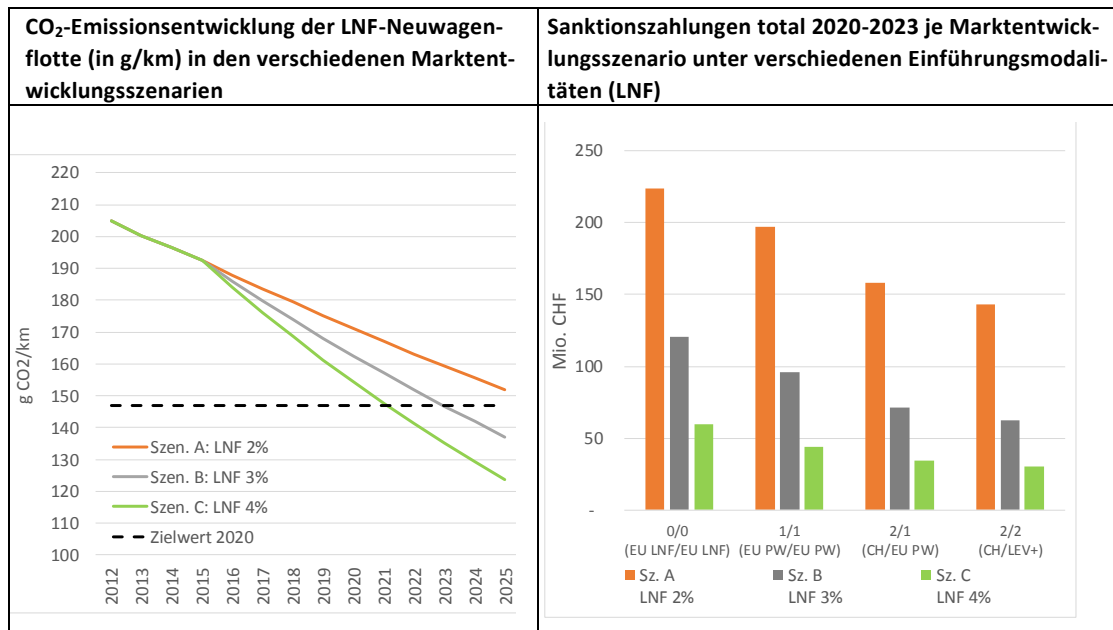
Var.	Kurz-Name	Phasing-In (Anteil sanktionsrelevanter Fahrzeuge)	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Var. 0	EU LNF	"Nullfall" (Kein Phasing-In, wie EU für LNF)	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Var. 1	EU PW	"wie EU für PW"	95%	100%	100%	100%	100%	100%
Var. 2	CH	"Swiss finish"	85%	90%	95%	100%	100%	100%
Var. 3	CH+	"Aufgeschobene Umsetzung"	50%	60%	70%	80%	100%	100%

Var.	Kurz-Name	Supercredits (Gewichtung für Fahrzeuge mit < 50 g CO ₂ /km)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	CAP (max g)
Var. 0	EU LNF	"Nullfall" (Keine Supercredits, wie EU für LNF)	1	1	1	1	1	1	-
Var. 1	EU PW	"wie EU für PW"	2	1.67	1.33	1	1	1	7.5
Var. 2	LEV+	"Zusätzliche Förderung"	3	2	1.5	1	1	1	15
Var. 3	LEV++	"Starke zusätzliche Förderung"	3.5	3.5	2.5	1.5	1	1	30

Ergebnisse LNF

Analog zu den PW liefern Modellrechnungen zwei Ergebnisse (vgl. Abbildung K-4): mittlere CO₂-Emission der LNF-Neuwagenflotte für alle Marktszenarien und allfällige Sanktionen für alle Variantenkombinationen der Modalitäten, je Marktszenario.

Abbildung K-4: CO₂-Emissionsentwicklung der Neu-LNF (in g/km) sowie Sanktionszahlungen bei unterschiedlichen Marktentwicklungen bzw. unterschiedlichen Einführungsmodalitäten



Lesebeispiel zu den Sanktionskosten (rechts): Bei einer Modalitätsvariante «2/1» (d.h. Phasing-In «Swiss finish» und Supercredits wie in der EU für PW) fallen beispielsweise bei einer Marktentwicklung gemäss Szenario B («LNF / 3%», d.h. Flottenmix 2020 mit 2% LEV und einer Absenkrate für CO₂-Emissionen für konventionelle LNF von 3%/a) total rund 70 Mio. CHF an (für 2020-2023). Entwickelt sich der Markt jedoch gemäss Szenario A (LNF / 2% Absenkrate), würden total rund 160 Mio. CHF Sanktionen fällig.

Interpretation der Ergebnisse

- CO₂-Emissionsentwicklung: Alle drei Marktszenarien erreichen den Zielwert 2020 (147 g/km) nicht per 2020. Szenario A erreicht den Wert erst nach 2025, Szenario B im Jahr 2023 und Szenario C im Jahr 2021.
- Sanktionszahlungen: Wie bei den PW gilt auch hier: die ausgewiesenen Sanktionszahlungen sind als Maximalwerte zu verstehen, d.h. die aus den CO₂-Zielüberschreitungen abgeleiteten Sanktionen fallen nur an, wenn die Importeure darauf nicht reagieren, etwa durch die Bildung neuer Emissionsgemeinschaften, die Abtretung von Fahrzeugen oder Anstrengungen zum Absatz effizienterer Fahrzeuge.

- Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Varianten an Einführungsmodalitäten sind hier weniger gross sind als bei den PW. Bei den Supercredits ist dies auf die geringere Gesamtzahl von erwarteten LEV zurückzuführen.
- Aus Abbildung K-4 geht hervor, dass ohne Einführungsmodalitäten (Variante 0/0) – so wie es die EU für die LNF vorsieht – im Szenario A (mit Absenkraten von 2%/a und bei einer Zielerreichung erst nach 2025) insgesamt maximal rund 220 Mio. CHF Sanktionen fällig werden. Grosszügigere Modalitäten im Sinne einer Variante 2/1 (CH / EU PW) oder 2/2 (CH / LEV+) reduzieren die Sanktionslast um etwa ein Drittel auf rund 150 Mio. CHF. Es verbleiben somit noch deutliche Anreize für Anpassungen im Markt um CO₂-Emissionen und Sanktionen zu reduzieren.
- In Szenario B (mit Absenkraten von 3%/a und einer Zielerreichung ca. 2023) werden mit der EU-Regelung (Variante 0/0) noch Sanktionen von maximal 120 Mio. CHF fällig. Das bedeutet Sanktionsbeträge von durchschnittlich rund 1'000 CHF pro Fahrzeug. Mit grosszügigeren Modalitäten (Var. 2/1 oder 2/2) halbieren sich diese Beträge in etwa. Zur Minderung dieser Sanktionen bestehen seitens der Importeure noch Spielräume wie beispielsweise die Bildung neuer Emissionsgemeinschaften oder sog. Abtretungen. Selbstredend würde auch jede effektive CO₂-Minderung die Sanktionslast weiter reduzieren, wobei sich der Markt damit in Richtung Szenario C verschieben würde.
- Das Szenario C (mit 4%-Absenkraten) ist deutlich ambitiöser als B und erreicht das CO₂-Ziel um rund 1.5 bis 2 Jahre früher (2021/22), aber noch immer nicht im anvisierten Jahr 2020. Betrachtete man einen solchen Pfad bezüglich CO₂-Reduktion als ambitiös genug, sollten nur sehr begrenzt Sanktionen anfallen. Die EU-Regelung (d.h. keine Einführungs erleichterungen) würde hier zu Sanktionen von maximal rund 60 Mio. CHF führen, grosszügigere Modalitäten (Var. 2/1 oder 2/2) noch zu Sanktionen von rund 30 Mio. CHF.
- Was würde es demnach bedeuten, wenn die Schweiz eine eigene „Schweizer Regelung“ (z.B. im Sinne der Variante 2/1 [CH/EU PW]) einführen würde? Man kann die Wirkung am Beispiel von Szenario B illustrieren: Mit einer „EU-Regelung“ würden maximal 120 Mio. CHF fällig, mit einer „Schweizer Regelung“ fallen Sanktionen maximal von rund 70 Mio. CHF an, was noch immer Reaktionen auslösen dürfte, wenn auch geringere als die EU-Regelung. Mit einer „Schweizer Regelung“ verzichtet man also entweder auf die höheren Marktanpassungen und damit auf entsprechende CO₂-Reduktionen, oder aber man verzichtet auf die höheren Sanktionszahlungen.

Einfluss des Leergewichts

Bei den LNF besteht eine Differenz von 300 bis 400 kg zwischen dem Leergewicht in der EU und der Schweiz (u.a. dank grösseren Anteilen von leichteren Fahrzeugen vor allem in den EU-Südländern). Der vorgeschlagene Flottenzielwert liegt bei 147 g – unbesehen vom Leergewicht der

Fahrzeuge. Um dies in den individuellen Zielvorgaben abzubilden, werden der Zielwert wie auch die Zielwertfunktion von der EU übernommen, das Referenzleergewicht aber von der Schweizer Flotte.

- Verfügt ein Importeur über eine durchschnittliche Schweizer LNF-Flotte mit dem höheren Gewicht, wird er somit an der gleichen Zielvorgabe gemessen wie in der EU (147 g).
- Das gleiche Fahrzeug bzw. Flotte wird in der Schweiz aber an einer strengeren Zielvorgabe gemessen als in der EU. Wäre ein Importeur in der EU anstelle der Schweiz domiziliert, käme er in den Genuss einer um rund 35 g höheren⁵ Zielvorgabe.

Daran zeigt sich das Dilemma:

- Übernimmt man die Zielwertfunktion mit dem CH-Referenzleergewicht, führt dies für ein Einzelfahrzeug zu einer strengeren Zielvorgabe als in der EU.
- Übernimmt man die Zielwertfunktion mit dem EU-Referenzleergewicht, wird das Flottenziel von 147 g CO₂/km nicht erreicht.

Das höhere Gewicht der Schweizer Flotte muss im Bedarfsfall über zusätzliche Technologie bzw. Effizienz wettgemacht werden. Von der EU abweichende, lockerere Einführungsmodalitäten bilden einen zumindest temporär möglichen Ausweg aus dem genannten Dilemma.

Dieses Dilemma besteht nicht nur bei den LNF, sondern auch bei den PW. Allerdings ist dort die Diskrepanz deutlich geringer und deshalb weniger einschneidend als bei den LNF.

Auswirkungen bei den LNF

Analog zu den PW wurden auch für die LNF weitergehende Auswirkungen abgeschätzt, welche dadurch geprägt sind, dass die Massnahme, welche für Neufahrzeuge gilt, sich über die Jahre im ganzen Bestand auswirkt. Die Abschätzung basiert auch bei den LNF auf dem Vergleich einer Entwicklung MIT bzw. OHNE Massnahme: Für die Entwicklung OHNE Massnahme wird eine moderate Reduktion der spezifischen CO₂-Emissionen der Neufahrzeuge von derzeit (2015) 195 g CO₂/km auf 171 g im Jahr 2025 unterstellt; das entspricht den Annahmen des Szenarios 'Weiter wie bisher' der Energieperspektiven 2050. Für die Entwicklung MIT Massnahme wird analog zu den PW das mittlere Szenario B unterstellt, in welchem der LNF-Zielwert von 147 g CO₂/km im Jahr 2023 erreicht wird.

Demnach bringen die CO₂-Emissionsvorschriften der LNF Reduktionen beim Energieverbrauch, den CO₂-Emissionen und den fiskalischen Einnahmen (Mineralölsteuer einschliesslich Mineralölsteuerzuschlag) in der Grössenordnung von rund 10% der PW. Prozentual betrachtet sind die Beiträge vergleichbar mit jenen der PW, nämlich rund 4 bis 5% pro Jahr (gemittelt über die Zeitperiode 2016 bis 2030). In Zahlen ausgedrückt bedeutet dies eine Reduktion der CO₂-

⁵ 35 g = 360 kg * 0.096 [Steigungsparameter der Zielwertfunktion]

Emissionen um rund 40'000 Tonnen pro Jahr, des Energieverbrauchs um ca. 0.5 PJ/a und ein Rückgang der Fiskalerträge (Mineralölsteuer inkl. –zuschlag und MWSt) von gut 10 Mio. CHF/a.

Gleichzeitig ergeben sich auch Treibstoffkostensparnisse für die Konsumenten in der Grössenordnung von knapp 30 Mio. CHF/a. Allerdings sind dem auch Mehraufwendungen gegenüberzustellen. Wie bei den PW sind auch bei den LNF mit konventionellem Antrieb technologisch bedingte Mehrkosten für die CO₂-Reduktionen zu berücksichtigen. Ein Abgleich von Mehrkosten und Treibstoffersparnissen hat allerdings ergeben, dass noch ausgeprägter als bei den PW die Folgerung gilt, dass beim Fahrzeugkauf zwar Mehrkosten entstehen können, diese aber auch mit konservativen Annahmen in sehr kurzer Zeit über die Treibstoff-einsparungen mehr als wettgemacht werden. Und über die gesamte Lebensdauer betrachtet ergeben sich netto monetäre Einsparungen, die ein Mehrfaches der veranschlagten Zusatzkosten ausmachen können.

Teil A: Ausgangslage und Fragestellung

1. Fragestellung

Der Bereich Verkehr ist für rund ein Drittel der Energienachfrage verantwortlich. Davon entfällt der Grossteil auf den Strassenverkehr. Mit Emissionsvorschriften für Fahrzeuge sollen der Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen des motorisierten Individualverkehrs nachhaltig abgesenkt werden. Im Rahmen einer Teilrevision des CO₂-Gesetzes hat das Parlament im März 2011 beschlossen, CO₂-Emissionsvorschriften für Personenwagen (PW) in Anlehnung an die in der EU geltenden Regulierungen zu erlassen. Diese wurden per Juli 2012 in Kraft gesetzt. Ab 2015 sollen alle neu in Verkehr gesetzten Personenwagen in der Schweiz im Durchschnitt der Flotte nicht mehr als 130 g CO₂/km emittieren. Im Rahmen der Energiestrategie 2050 sollen diese Vorschriften für Personenwagen auf 95 g CO₂/km im Jahr 2020 verschärft werden. Zudem sollen ebenfalls im Rahmen der Energiestrategie neu auch Emissionsvorschriften für leichte Nutzfahrzeuge (LNF) eingeführt werden – auch dies in Anlehnung an die EU-Regelungen. Der vorgeschlagene Zielwert beträgt demnach für 2020 147 g CO₂/km. Auf den in der EU geltenden Zielwert von 175 g CO₂/km per 2017 soll verzichtet werden. Vor diesem Hintergrund soll ausgeleuchtet werden, wie diese Regelungen auf Verordnungsstufe konkret ausgestaltet werden sollen. Insbesondere geht es darum, unter Berücksichtigung von Eigenheiten des schweizerischen Marktes für PW und LNF verschiedene Varianten von sog. Einführungsmodalitäten zu untersuchen und deren Auswirkungen auf den Fahrzeugkauf, die CO₂-Emissionen und weitere volkswirtschaftliche Effekte aufzuzeigen.

Der vorliegende Bericht geht diesen Aspekten nach. Er ist wie folgt aufgebaut:

- Teil A macht allgemeine Ausführungen zu den CO₂-Emissionsvorschriften für Neufahrzeuge (Kapitel 2).
- Teil B behandelt die Personenwagen:
 - Den PW-Markt in der Schweiz und seine CO₂-Emissionen (Kapitel 3).
 - Die Ausgestaltung der Massnahme (Kapitel 4).
 - Die Auswirkungen (Kapitel 5).
- Teil C behandelt die Lieferwagen und leichte Sattelschlepper (im Folgenden abgekürzt als Leichte Nutzfahrzeuge, LNF) und ist gleich strukturiert:
 - Der LNF-Markt in der Schweiz und seine CO₂-Emissionen (Kapitel 6).
 - Die Ausgestaltung der Massnahme (Kapitel 7).
 - Die Auswirkungen (Kapitel 8).

2. Die Massnahme „Emissionsvorschriften für Neufahrzeuge“

2.1. Emissionsvorschriften für Personenwagen (PW)

2.1.1. Hintergrund

Mit den Emissionsvorschriften für Personenwagen sollen der Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen des motorisierten Individualverkehrs abgesenkt werden. Die im Rahmen einer Teilrevision des CO₂-Gesetzes im März 2011 beschlossenen Emissionsvorschriften für neue Personenwagen wurden per Juli 2012 eingeführt. Der Vollzug ist in der CO₂-Verordnung geregelt⁶. Bei der Ausgestaltung der Massnahme für die Schweiz wurde darauf geachtet, sich möglichst eng an die EU-Bestimmungen zu halten. Aufgrund der Eigenheiten des Schweizer Marktes waren aber gewisse Abweichungen unumgänglich. Im Gegensatz zur EU richten sich die CO₂-Emissionsvorschriften nicht an die Hersteller der Personenwagen, sondern an die Importeure. Diese sind verpflichtet, die CO₂-Emissionen der erstmals zum Verkehr in der Schweiz zugelassenen Personenwagen schrittweise bis 2015 im Durchschnitt auf 130 g CO₂/km zu senken. Erreicht ein Importeur die individuelle Zielvorgabe nicht, wird seit dem 1. Juli 2012 eine Sanktion fällig. Bereits im CO₂-Gesetz wird unterschieden zwischen Grossimporteuren, welche pro Jahr mindestens 50 Fahrzeuge importieren und Kleinimporteuren, welche weniger als 50 Fahrzeuge importieren. In der Verordnung ist u.a. geregelt, wie die technischen Angaben betreffend CO₂-Emissionen und Leergewicht erhoben, wie die Zielvorgabe und die CO₂-Emissionen je Importeur berechnet und allfällige Sanktionen in Rechnung gestellt werden.

Der Zielwert von 130 g CO₂/km bezieht sich auf Messwerte nach dem Testzyklus (NEDC) und entspricht rund 5.6 L Benzin/100 km bzw. 4.9 L Diesel/100 km. Der Zielwert wird in Abhängigkeit des Leergewichts des Fahrzeugs bzw. der Flotte im Verhältnis zu einem Referenzleergewicht definiert. Schwerere Fahrzeuge erhalten eine Zielvorgabe >130 g CO₂/km, leichtere Fahrzeuge eine Zielvorgabe <130 g CO₂/km. Das trägt dem Umstand Rechnung, dass Personenwagen unterschiedlichen Bedürfnissen nachkommen. Das Leergewicht soll diesen unterschiedlichen „Nutzwerten“ Rechnung tragen. Damit wird auch die Last der Zielerreichung auf Importeure mit mehrheitlich schwereren und Importeure mit mehrheitlich leichteren Personenwagen verteilt.

Die Umsetzung erfolgte über sog. Einführungsmodalitäten („Phasing-in“): Demnach mussten im Jahr 2012 (2. Hälfte) 65 % der Personenwagen den Zielwert von 130 g CO₂/km erreichen. Dieser Anteil stieg auf 75 % im Jahr 2013, auf 80 % im Jahr 2014 und 100 % im Jahr 2015 an. Zudem werden besonders emissionsarme Fahrzeuge mit einem CO₂-Ausstoss von weniger

⁶ Verordnung über die Reduktion der CO₂-Emissionen (CO₂-Verordnung) vom 30. November 2012 (Stand am 1. Januar 2016): namentlich Kap. 3 und Anhang 4 und 5.

als 50 g/km (LEV, Low-Emission Vehicles) durch ein Rabattsystem (sog. „Supercredits“) privilegiert behandelt, indem sie bei der Berechnung des Flottendurchschnitts stärker gewichtet werden als andere Wagen. Konkret galt bisher folgendes Gewichtungsregime: in den Jahren 2012 und 2013 galt eine Gewichtung von 3.5, 2014 eine Gewichtung von 2.5 und 2015 eine solche von 1.5; ab 2016 gilt keine Mehrfachgewichtung mehr.

Die allfällige Sanktion beträgt derzeit pro Fahrzeug für das erste Gramm CO₂ über dem Zielwert 7.50 CHF, für das zweite Gramm 22.50 CHF, für das dritte Gramm 37.50 CHF und für jedes weitere Gramm 142.50 CHF (in der EU: 95 Euro).

Importeure können sich zu Emissionsgemeinschaften zusammenschliessen, um die individuelle Zielvorgabe gemeinsam zu erreichen: emissionsarme Fahrzeuge können „schlechtere“ Fahrzeuge kompensieren: Entscheidend ist, ob der durchschnittliche CO₂-Ausstoss aller neu in Verkehr gesetzten Fahrzeuge eines Grossimporteurs oder einer Emissionsgemeinschaft am Ende des Jahres über oder unter der individuellen Zielvorgabe liegt.

Im Weiteren besteht die Möglichkeit von sog. Abtretungen: Jeder Importeur von Personewagen, unabhängig ob Gross- oder Kleinimporteur, hat die Möglichkeit, ein von ihm eingeführtes Fahrzeug für die CO₂-Sanktionsberechnung einem anderen Importeur abzutreten. Dieses Element weicht von den Bestimmungen der EU ab und stellt eine weitere Flexibilisierung dar. Es eröffnet insbesondere Klein- und Privatimporteuren die Möglichkeit, Einzelfahrzeuge in der Flotte eines Grossimporteurs abzurechnen und so von der Mittelwertberechnung zu profitieren. Die Sanktion für ein stark emittierendes Fahrzeug kann durch die Abtretung an einen Grossimporteur reduziert werden, für effiziente Fahrzeuge werden auch Boni ausgerichtet. Sogenannte CO₂-Börsen bieten die Fahrzeugübernahme als Dienstleistung an. Die Entschädigung, welche dem übernehmenden Importeur dabei entrichtet wird, ist Privatsache und nicht durch den Bund geregelt.

Ausnahmen bestehen schliesslich für Fahrzeuge von Klein- und Nischenherstellern, denen die EU spezielle Zielwerte gewährt. Diese Zielwerte für Fahrzeuge der entsprechenden Marken gelten auch in der Schweiz, sofern diese Marken nicht mit Fahrzeugen anderer Marken verrechnet werden.

2.1.2. Die für 2020 vorgesehene Massnahme für die PW

Die Schweiz sieht – wie die EU – vor, die Zielwerte für neue Personewagen laufend zu verschärfen (CO₂-Gesetz, Art. 10, Abs. 3). Mit der Teilrevision des CO₂-Gesetzes im Rahmen des 1. Massnahmenpakets der Energiestrategie 2050 hat das Parlament die Grundlagen für die Übernahme der EU-Zielwerte beschlossen. Der Zielwert von 95 g CO₂/km für 2020 wurde in der EU

bereits im Jahr 2009 in der entsprechenden Verordnung EC/443/2009 definiert. Nach verschiedenen Verhandlungsrunden wurden schliesslich im Februar 2014 die entsprechenden Beschlüsse gefällt:

- Die EU hält am Zielwert von 95 g CO₂/km für 2020 fest (EC/333/2014).
- Für diese Obergrenze wird ein einjähriges Phasing-In vorgesehen. Dieses bedeutet, dass 2020 nur 95% aller Neuwagen das neue Ziel erreichen müssen. Ab 2021 gilt der Zielwert für 100% der neuen Autos.
- Es gilt eine Mehrfachgewichtung von LEV: Faktor 2.0 im 2020, 1.67 im 2021, 1.33 im 2022. Ab 2023 läuft das System aus. Die Anrechenbarkeit der sog. „Supercredits“ wird beschränkt, d.h. der anrechenbare „Rabatt“ wird auf kumulativ 7.5 g CO₂/km pro Hersteller begrenzt über den Zeitraum 2020 bis 2022.

Für die Zeit nach 2020 sieht die EU eine weitere Überarbeitung und Verschärfung der CO₂-Limiten vor. Allerdings sind hierzu noch keine konkreten Ziele definiert; das EU-Parlament hat eine Bandbreite von 68 bis 78 g CO₂/km ab 2025 gefordert. Für den langfristigen Horizont (2050) bestehen erste Studien und Konzepte, welche einen Zielwert von bis zu 20 g CO₂/km empfehlen.

Im Weiteren verständigten sich EU-Kommission und EU-Parlament im Juni 2013 auf den Übergang vom bisherigen Testzyklus NEDC (New European Driving Cycle) zur Ermittlung des Durchschnittsverbrauchs eines Autos auf den sog. WLTP-Standard (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure), der inzwischen von einem Uno-Gremium erarbeitet wurde. Die Umstellung soll baldmöglichst und nicht später als bis 2017 erfolgen. Damit sollen Nachteile des bisherigen Testzyklus beseitigt werden. Werden alle WLTP-Bedingungen berücksichtigt, so ist absehbar, dass die CO₂-Werte höher ausfallen werden als unter dem bisherigen NEDC-Regime. Dadurch ergibt sich ein Konflikt zwischen dem noch unter NEDC-Bedingungen festgelegten Zielwert von 95 g CO₂/km per 2020 und den künftig erwarteten CO₂-Werten der Fahrzeuge gemäss angepasster Typenprüfung unter WLTP-Bedingungen. Um diesem Konflikt aus dem Weg zu gehen bzw. um sicherzustellen, dass das neue und das alte Prüfverfahren vergleichbar strenge Reduktionsauflagen erreicht, sollen für den Vergleich mit den CO₂-Zielen die WLTP-Angaben in vergleichbare NEDC-Werte umgerechnet werden. Dieses Verfahren soll bis 2021 gelten. Wie der Zielabgleich in den anschliessenden Jahren erfolgen soll, ist derzeit noch offen.

Grundsätzlich sieht die Energiestrategie 2050 des Bundesrates die Übernahme der Zielwerte der EU vor. Konkret bedeutet dies namentlich die Übernahme des Zielwerts von 95 g CO₂/km per 2020. Gleichzeitig gilt auch die Bereitschaft, weitere folgende Zielwertabsenkungen zu übernehmen, auch wenn diese noch nicht konkret festgelegt sind. Der Zielwert für das Jahr 2025 soll in der Revision des CO₂-Gesetzes im Rahmen der Klimapolitik post 2020 gesetz-

lich geregelt werden. Wie die Massnahme per 2020 in der Schweiz konkret ausgestaltet werden soll, ist Gegenstand von Kap. 4. In Kap. 5 werden die entsprechenden Auswirkungen erörtert.

2.2. Emissionsvorschriften für Leichte Nutzfahrzeuge (LNF)

2.2.1. Hintergrund

Die leichten Nutzfahrzeuge machen – gemessen am Energieverbrauch des Landverkehrs (ohne Strom) von total rund 220 PJ – einen Anteil von rund 6% aus (13.5 PJ, BFE 2014). Bezüglich Energieverbrauch und CO₂-Emissionen sind sie demnach von deutlich geringerer Bedeutung als die Personenwagen, auf die ein Anteil von etwa 72% fällt (158 PJ). Aufgrund des stetigen Wachstums der Wirtschaft bei gleichzeitig strukturellen Veränderungen der Güterströme, aber auch aufgrund der Einführung der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA) ist die Bedeutung der leichten Nutzfahrzeugen in den letzten Jahren allerdings stetig angestiegen (Kapitel 6 geht näher darauf ein).

Was sind „leichte Nutzfahrzeuge“?

Unter leichten Nutzfahrzeugen werden Fahrzeuge zum Sachtransport verstanden, deren zulässiges Gesamtgewicht 3.5 Tonnen nicht übersteigt. Diese Fahrzeuge werden auch als so genannte N1-Fahrzeuge⁷ bezeichnet. In der Schweiz werden leichte Nutzfahrzeuge weiter unterteilt in⁸:

- **Lieferwagen:** Leichte Motorwagen bis 3.5 Tonnen Gesamtgewicht zum Sachtransport einschliesslich solcher mit zusätzlichen wegklappbaren Sitzen im Laderaum zum gelegentlichen, nicht gewerbsmässigen Personentransport, wenn insgesamt höchstens 9 Sitzplätze einschliesslich Führer oder Führerin vorhanden sind.
- **Leichte Sattelschlepper:** Motorwagen zum Ziehen von Sattelanhängern. Sattelschlepper und Sattelanhänger werden dabei getrennt immatrikuliert. Zu den LNF gehören lediglich die „leichten“ Sattelschlepper, d.h. die Fahrzeuge bis 3.5 Tonnen Gesamtgewicht, die übrigen Sattelschlepper gehören zu den Schweren Motorwagen⁹.

⁷ Siehe Anhang II der EU-Richtlinie 2007/46/EG zur Schaffung eines Rahmens für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge.

⁸ Siehe Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge (VTS) mit Stand vom 1.1.2016. In der Fahrzeugregisterdatenbank MOFIS (Motorfahrzeuginformationssystem), die statistische Daten zum Fahrzeugbestand und zu den neu in Verkehr gesetzten Fahrzeugen enthält, werden die Lieferwagen unter der Fahrzeugart (FAZ) 30 und die (leichten) Sattelschlepper unter der FAZ 38 geführt.

⁹ Gemäss BFS (Inverkehrsetzung neuer Strassenfahrzeuge) wurden im Jahr 2015 total 1085 Sattelschlepper (FAZ 38) neu in Verkehr gesetzt. Davon sind 109 leichte Sattelschlepper (gemäss Datensatz, der von ASTRA/BFE für diese Untersuchung zur Verfügung gestellt wurde).

Der LNF-Markt der Schweiz wird von den Lieferwagen dominiert. Landläufig mag man sich darunter vor allem Kastenwagen vorstellen. Zu den Lieferwagen gehören aber auch andere Karosserieformen wie Brückenwagen, Kipper, Pickups u.a.m. Im Jahr 2015 entfallen über 99% der neu zugelassenen LNF auf Lieferwagen. Leichte Sattelschlepper spielen weder bei den neuen Fahrzeugen noch bei den Bestandsfahrzeugen eine grosse Rolle.

Die LNF werden in Anlehnung an die Schadstoffgesetzgebung aufgrund des Gewichts weiter in Untergruppen eingeteilt. In Abhängigkeit der so genannten Bezugsmasse („reference mass“), die sich als Summe aus der Masse des fahrbereiten Fahrzeugs und einem Aufschlag von 25 kg berechnet, werden die Fahrzeuge in die Gruppen I bis III eingeteilt:

- Gruppe I (im Folgenden als N1-I bezeichnet): Bezugsmasse $\leq 1'305$ kg
- Gruppe II (N1-II): $1'305$ kg < Bezugsmasse $\leq 1'760$ kg
- Gruppe III (N1-III): Bezugsmasse > $1'760$ kg

Während die N1-I und N1-II-Fahrzeuge oftmals auf PW-Modellen basieren (z.B. Citroen Berlingo oder VW Caddy), handelt es sich bei den N1-III-Fahrzeugen fast ausschliesslich um klassische leichte Nutzfahrzeuge (z.B. Fiat Ducato, Iveco Daily oder Mercedes-Benz Sprinter). Neben dem Gewicht unterscheiden sich die Modelle der einzelnen Hersteller in Hinblick auf Motorisierung, Getriebeart und Garantiegewicht. Zusätzlich bieten die Hersteller die LNF mit verschiedenen Achsabständen, mit und ohne Aufbauten (z.B. Kasten, Brücke) oder unterschiedlichen Kabinen (Einzel- oder Doppelkabine) an. Hinter einem Modell kann sich also – weit mehr als bei den PW – eine Vielzahl verschiedener Varianten verbergen. Entsprechend kann eine Typengenehmigung viele Versionen/Varianten umfassen.

Für die CO₂-Regulierung gilt nicht die oben definierte Bezugsmasse („reference mass“), sondern die Masse des fahrbereiten Fahrzeugs („mass in running order“), d.h. die Fahrzeuge müssen mit Kühlflüssigkeit, Schmiermitteln, Treibstoff, Werkzeug und Ersatzrad versehen sowie mit dem Fahrer (+75 kg) besetzt sein (Anhang II, 4.4.1 der EU-Richtlinie 2007/46/EG). Die Schweizer CO₂-Verordnung nennt als relevante Masse das „Leergewicht“, meint aber faktisch dasselbe, d.h. die Masse des fahrbereiten Fahrzeugs.

2.2.2. Die Situation in der EU

LNF galten über längere Zeit – im Gegensatz zu Personenwagen – als nicht übermotorisiert, da sie meist von Firmen gekauft werden, welche Anschaffungskosten (Fahrzeugpreis) und Einsparungen bei laufenden Kosten (Treibstoff- und Reparaturkosten) gegeneinander abwägen. Deshalb wurde der energiepolitische Handlungsbedarf bisher als gering angesehen. Trotzdem ist ein gewisses Potenzial vorhanden, um den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen zu reduzieren. Das Europäische Parlament hat am 15. Februar 2011 beschlossen, analog zu den CO₂-Zielwerten für Personenwagen auch CO₂-Zielwerte für LNF einzuführen. Damit sollte ein Schritt

in Richtung Gleichbehandlung verschiedener Fahrzeugkategorien getan werden. Gleichzeitig sollten so auch Schlupflöcher geschlossen werden (Zulassung von Fahrzeugen als LNF, welche an sich den PW zuzuzählen wären). Nach längeren Diskussionen, unter Beizug von entsprechenden Expertenberichten (AEA 2009, Sharpe & Smokers 2009), aber auch unter Berücksichtigung der schlechten Wirtschaftslage wurden die Zielwerte auf 175 Gramm CO₂ pro Kilometer bis 2017 und 147 Gramm CO₂ pro Kilometer bis 2020 festgelegt. Inzwischen erstellte neuere Studien (namentlich TNO et al. 2011), welche die Basis für ein Impact assessment (EU 2012) bildeten, zu welchem die Regulierung (Nr. 510/2011) die EU-Kommission verpflichtet, brachten neue Erkenntnisse in zweierlei Hinsicht: Neuere Daten zeigen eine signifikant andere Flottenzusammensetzung in dem Sinne, dass im Jahr 2010 gegenüber 2007 deutlich mehr kleinere Fahrzeuge abgesetzt wurden. Gleichzeitig verschob sich so der CO₂-Wert deutlich nach unten (von 203 g CO₂/km im 2007 auf 181 g CO₂/km im 2010). Zudem wurden neue Abschätzungen der Kosten gemacht, welche die erforderlichen CO₂-Absenkungen verursachen würden. Diese fielen deutlich geringer aus als in den Vorläuferuntersuchungen. Auch wenn dies Spielraum für eine mögliche Revision der Beschlüsse aus dem Jahr 2011 gegeben hätte, kam die Kommission in ihrem Impact Assessment im Sommer 2012 (EU 2012) zum Schluss, an den bisherigen Beschlüssen festzuhalten. Zum einen aus Gründen der Planungssicherheit; dies mit Blick auf den vergleichsweise nahen Zeitpunkt 2017, auf den hin die erste Stufe eingeführt werden soll. Zum andern ist die Einschätzung und Einstufung des LNF-Markts in vielen EU-Ländern eine andere als jene des PW-Marktes, geht es doch hier vermehrt um Wirtschaftsverkehr und überdies um Segmente wie z.B. den gewerblichen Verkehr, dem insbesondere in Zeiten wirtschaftlicher Anspannung nicht noch zusätzliche Bürden aufgetragen werden sollen. Im Januar 2014 hat das EU-Parlament die entsprechende Verordnung verabschiedet: Demnach müssen die LNF den Ausstoss, der nach geltendem Recht bis 2017 bei maximal 175 g CO₂/km liegt, per 2020 auf 147 g CO₂/km senken. Ansonsten fallen Sanktionen an. Ab 2020 müssen 100% der Neuzulassungen einbezogen werden, um die Zielerreichung zu bestimmen. Im Unterschied zu den PW wird bei den LNF per 2020 also kein Phasing-In vorgesehen, wohl aber für das Zwischenziel 2017¹⁰. Im Weiteren können die Hersteller zur Erreichung des Zwischenziels 2017 wie bei den PW das System der Supercredits (Gutschriften für emissionsarme Fahrzeuge) nutzen, welches eine zusätzliche Gewichtung jener Fahrzeuge vorsieht, die weniger als 50 g CO₂/km ausstossen. Dieses System läuft in der EU aber im Jahr 2018 aus. Wie bei den Personenwagen haben die Hersteller

¹⁰ Für die Erreichung des Zwischenziels bis 2017 gilt in der EU folgendes Phasing-In: Im Jahr 2014 müssen nur die 70% effizientesten Fahrzeuge, 2015 die 75% effizientesten Fahrzeuge und 2016 die 80% effizientesten Fahrzeuge den Zielwert im Durchschnitt erreichen. Erst 2017 werden alle Fahrzeuge zur Bestimmung der Zielerreichung einbezogen.

die Möglichkeit, sich zu Emissionsgemeinschaften zusammenzuschliessen, um das Ziel gemeinsam zu erreichen, und für sog. Nischenhersteller existieren Sonderzielwerte, die von den EU-Behörden mit den Herstellern vereinbart werden.

2.2.3. Die vorgeschlagene Massnahme für die LNF

In der Schweiz besteht gegenwärtig kein CO₂-Zielwert für die LNF. Es soll jedoch mit der EU Schritt gehalten und es sollen die gleichen Zielwerte eingeführt werden. Aus zeitlichen Gründen ist die Einführung eines Zwischenziels per 2017 allerdings nicht mehr realisierbar. Deshalb konzentriert sich die Frage auf die Einführung eines Zielwerts auf den Zeitpunkt 2020. Die Zuständigkeit für die Einführung und Durchführung einer solchen Massnahme liegt beim Bund. Die CO₂-Zielwerte für LNF würden wie die Zielwerte für Personenwagen im CO₂-Gesetz verankert werden. Analog zu den Personenwagen sollen die Zielwerte für LNF auch nach 2020 weiter abgesenkt werden, was aber hier nicht im Vordergrund steht. Die Massnahme per 2020 soll analog zu den CO₂-Zielwerten für Personenwagen umgesetzt werden. Gemäss dem ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050 soll der gleiche Flottenzielwert wie in der EU gelten (147 g CO₂/km per 2020). Er wird gesetzlich festgelegt und bezieht sich auf den Mittelwert über alle LNF-Neuzulassungen. Wie bei den PW wird dieser Zielwert aber nicht absolut, sondern je Importeur in Abhängigkeit des „Nutzwerts“ der Fahrzeuge festgelegt. Das trägt dem Umstand Rechnung, dass leichte Nutzfahrzeuge – noch weit stärker als Personenwagen – unterschiedlichen Bedürfnissen entsprechen. Eine längere Diskussion drehte sich in der EU um die Frage des zweckmässigsten Parameters für den „Nutzwert“. Erörtert wurden die Nutzlast (payload), die Fläche (footprint, stellvertretend für das Volumen) und das Leergewicht. Schliesslich hat sich die EU für das Leergewicht ausgesprochen. Als wichtigste Argumente wurden angeführt, dass die Masse besser mit der CO₂-Emission korreliert. Zudem würden Nutzlast und Fläche mehr Spielraum für „gaming“ bieten, d.h. Ausnutzen von Schlupflöchern, um den Zielwert zu erreichen ohne wirklich die CO₂-Emission zu reduzieren. Wie bei den PW werden also auch bei den LNF überdurchschnittliche schwere Fahrzeuge einen Zielwert >147 g (2020), leichtere Fahrzeuge einen Zielwert <147 g erhalten. So erhält jeder Importeur in Abhängigkeit des mittleren Leergewichts seiner Neuzulassungen eine individuelle Zielvorgabe. Erreicht er diese mit seiner Fahrzeugflotte nicht, so fällt pro Gramm CO₂-Emission über der Zielvorgabe und Fahrzeug eine Sanktion an. Allfällige Einnahmen aus der Sanktion werden dem Infrastrukturfonds zugeführt.

Die weiteren Umsetzungskomponenten wie namentlich das Phasing-in, Supercredits, die Festsetzung von Sonderzielen für Nischenanbieter, die Definition der Datengrundlagen, Vorgaben zum Reporting etc. werden in der CO₂-Verordnung geregelt. Wie die Massnahme in der Schweiz konkret ausgestaltet werden soll, ist Gegenstand von Kap. 7. In Kap. 8 werden die entsprechenden Auswirkungen erörtert.

Teil B: Emissionsvorschriften PW 2020

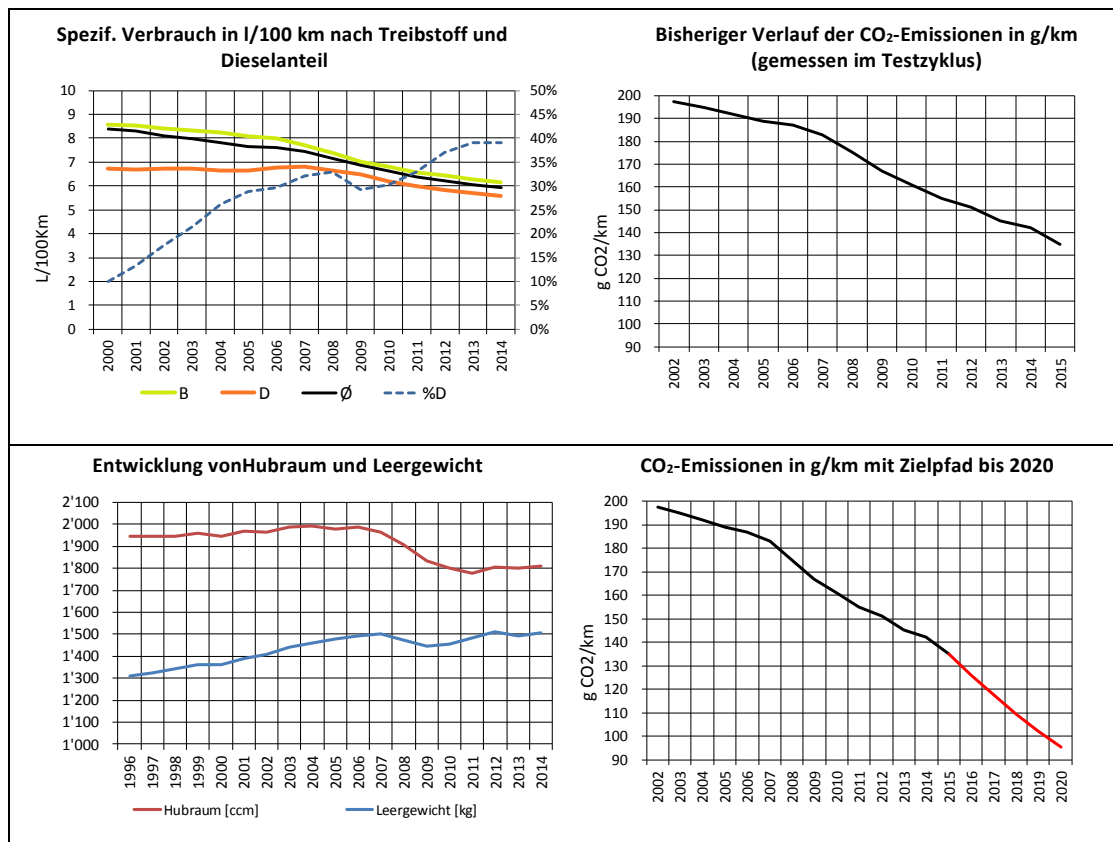
3. Der PW-Markt in der Schweiz und seine CO₂-Emissionen

3.1. Kenngrößen der Neuwagen in der Schweiz (PW)

3.1.1. Die bisherige Entwicklung

Der spezifische Treibstoffverbrauch und die CO₂-Emissionen der neuen Personenwagen sind in den letzten Jahren markant zurückgegangen. Die nachstehende Abbildung zeigt, dass der Treibstoffverbrauch der Neu-PW (Abbildung 1, oben links) bzw. – äquivalent dazu – die spezifischen CO₂-Emissionen (Abbildung 1, oben rechts, und Tabelle 1) bis zum Jahr 2006 im Mittel jährlich um knapp 1.5% abnahm, seit 2007 nahm die Absenkrate deutlich zu auf durchschnittlich 3.6% pro Jahr. Im Jahr 2015 betrug der gewichtete Flottenwert der Neuwagen im Typenprüf-Zyklus (NEFZ) 135 g CO₂/km. Auffallend ist insbesondere die Absenkungsrate 2014/2015 von 5.0%.

Abbildung 1: Entwicklung von Kenngrößen der Neu-PW bis 2015



Quellen: BFE und auto-schweiz (2013).

Tabelle 1: CO₂-Werte und Absenkraten der Neufahrzeuge (PW) in der Schweiz

Jahr	g CO ₂ /km	Absenkung ggü. Vorjahr (alle Fahrzeuge)	Absenkung ggü. Vorjahr (nur B/D-Fzge*)
2002	198		
2003	195	-1.3%	-1.3%
2004	192	-1.5%	-1.5%
2005	189	-1.6%	-1.6%
2006	187	-1.1%	-1.1%
2007	183	-2.1%	-2.1%
2008	175	-4.4%	-4.4%
2009	167	-4.6%	-4.6%
2010	161	-3.6%	-3.6%
2011	155	-3.7%	-3.7%
2012	151	-2.6%	-2.6%
2013	145	-3.8%	-3.5%
2014	142	-2.1%	-1.9%
2015	135	-5.0%	-4.2%
Ø 2002/2008		-2.0%	-2.0%
Ø 2008/2015		-3.6%	-3.2%

Quelle: BFE

*) ohne Fahrzeuge mit alternativen Antrieben, d.h. nur Benzin- und Diesel-PW.

Bis 2007 war die Reduktion zu einem guten Teil auf die Verlagerung zu Diesel-Fahrzeugen zurückzuführen, deren Anteil an den Neufahrzeugen innert knapp 10 Jahren von ca. 5% auf knapp 30% angestiegen ist. Seit 2007 pendelte dieser Anteil um 30% (zum Vergleich EU: ca. 50% Anteil Diesel-PW am Neuwagenpark) und ist inzwischen weiter auf knapp 40% angestiegen; mittlerweile verkehren rund 27% des PW-Bestands mit Diesel. Diesel-PW verbrauchten bis ca. 2005 im (verkaufsgewichteten) Mittel rund 20% weniger Treibstoff, was aufgrund unterschiedlicher Dichten von Benzin und Diesel rund -10% CO₂-Emission bedeutet. In den letzten Jahren hat sich diese Differenz verkleinert, mittlerweile emittieren die Diesel-Neuwagen (verkaufsgewichtet) sogar leicht mehr CO₂/km als die Benziner. Zum Effizienzgewinn hat in den letzten Jahren neben technischen Massnahmen auch die Tendenz zu leichteren Fahrzeugen beigetragen (Abbildung 1, unten links). Nachdem das Leergewicht der Fahrzeuge im Zeitraum 1996-2006 im Verkaufsmix um rund 200 kg zunahm, sanken Gewicht und insbesondere Hubraum seit ca. 2007 ab (aufgrund von „downsizing“); das Leergewicht nahm ab 2010 allerdings wieder zu, die CO₂-Emissionen pro Kilometer sind gleichwohl weiter gesunken.

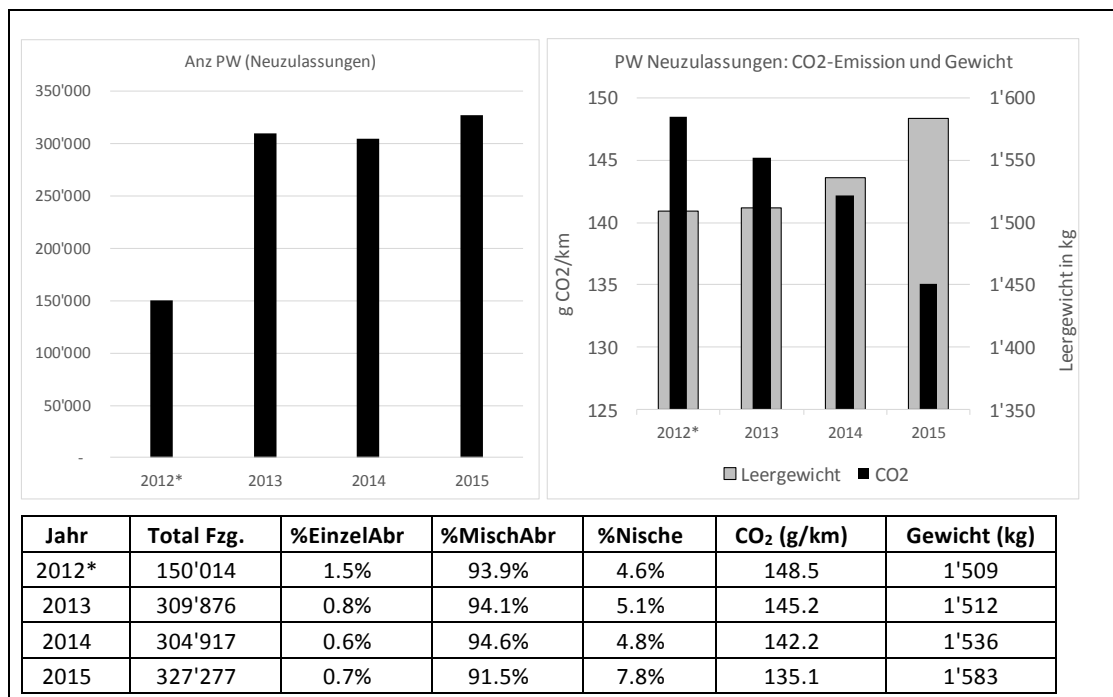
Ein Vergleich mit einem erwarteten Zielwert von 95 g CO₂/km im Jahr 2020 (Abbildung 1, unten rechts) zeigt, dass eine reine Fortführung des bisherigen Absenkpades kaum ausreicht, um dieses Ziel zu erreichen. Vielmehr ist eine Absenkungsrate von durchschnittlich 6.7% pro

Jahr nötig, um die 95 g CO₂/km zu erreichen. Dieser Wert liegt also fast doppelt so hoch wie die bisherigen Raten ab 2007 und muss darum als sehr ambitiös eingestuft werden.

3.1.2. Der Vollzugsdatensatz 2012-2015

Für die Analysen und Wirkungsabschätzungen verschiedener Varianten der nächsten Stufe der CO₂-Regulierung stellten ASTRA und BFE den sog. „Vollzugsdatensatz“ für die Jahre 2012 bis 2015 zur Verfügung. Dieser Datensatz dient der Bundesverwaltung für das Monitoring wie auch für die Überprüfung der Zielkonformität der CO₂-Flotten-Emissionen der verschiedenen Importeure. Abbildung 2 zeigt die wichtigsten Kenngrössen (Anzahl Neuzulassungen, mittlerer CO₂-Wert aller Neuzulassungen sowie das mittlere Leergewicht). Die zugehörige Tabelle zeigt die Detailzahlen wie auch die Klassierung nach Abrechnungstyp. Der überwiegende Teil der Fahrzeuge (>90%) wird demnach über Fahrzeugflotten von Grossimporteuren abgerechnet, weniger als 1% als Einzelfahrzeuge (Direktimporte). Ein zunehmender Anteil (2015: knapp 8%) sind Fahrzeuge von Klein- und Nischenherstellern, welche von Spezialzielen profitieren (vgl. Annex 2). Für die weiteren Arbeiten zur Konkretisierung der künftigen CO₂-Vorschriften werden diese Vollzugsdaten als Basis verwendet (vgl. Annex 1). Die Einzelabrechnungen werden dabei gesondert betrachtet.

Abbildung 2: Kenngrössen der PW-Neuzulassungen 2012-2015 gemäss BFE/ASTRA



Quelle: Vollzugsdatensatz (BFE/ASTRA).

2012*): Die Angaben des Jahres 2012 beziehen sich auf das zweite Halbjahr.

Entwicklung nach Antriebsart / Treibstoffen

Tabelle 2 zeigt zudem die Zusammensetzung der Neuwagenflotte nach Antriebsart bzw. Treibstoffen wie auch den Anteil von sog. LEV¹¹ (Low-Emission Vehicles, <50 g CO₂/km). Deren Anteil nahm von 0.4% im zweiten Halbjahr 2012 auf knapp 2% im Jahr 2015 zu. Absolut betrachtet ist das zwar noch immer ein sehr kleiner Anteil, die relative Zunahme ist aber doch markant.

Tabelle 2: Zusammensetzung der Neuwagenflotte nach Antriebsart bzw. Treibstoffen

Treibstoff	2012	2013	2014	2015
Benzin	60.6%	61.9%	61.6%	58.6%
Diesel	38.8%	37.2%	37.2%	39.2%
Elektrisch (BEV)	0.1%	0.2%	0.3%	0.9%
PlugIn-Hybrid (PHEV)	0.2%	0.4%	0.5%	1.0%
übr. (CNG ,LPG, Bifuel)	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

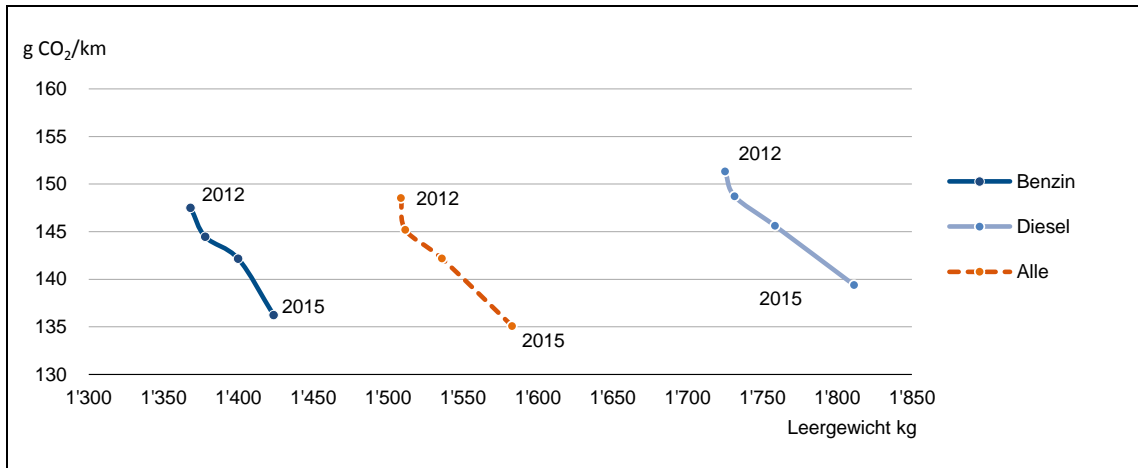
Quelle: Vollzugsdatensatz (BFE/ASTRA). Weitere Details siehe Annex 1.

CO₂-Emissionen und Leergewichte

Abbildung 3 zeigt die Beziehung zwischen der Entwicklung der mittleren Leergewichte und den CO₂-Emissionen zwischen 2012 und 2015. Sowohl bei den Benzin- als auch bei den Dieselfahrzeugen haben die CO₂-Emissionen abgenommen, obwohl das mittlere Leergewicht in dieser Zeit gleichzeitig zugenommen hat. Effizienzgewinne bei den neu zugelassenen PW, speziell bei den Dieselfahrzeugen, bei denen das Leergewicht zwischen 2012 und 2015 deutlich zugenommen hat, führten demnach zu einer Entkoppelung von CO₂-Emissionen und Fahrzeugleergewicht.

¹¹ BEV (batterie-elektrische Fahrzeuge) und PHEV (Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge) werden unter LEV subsummiert.

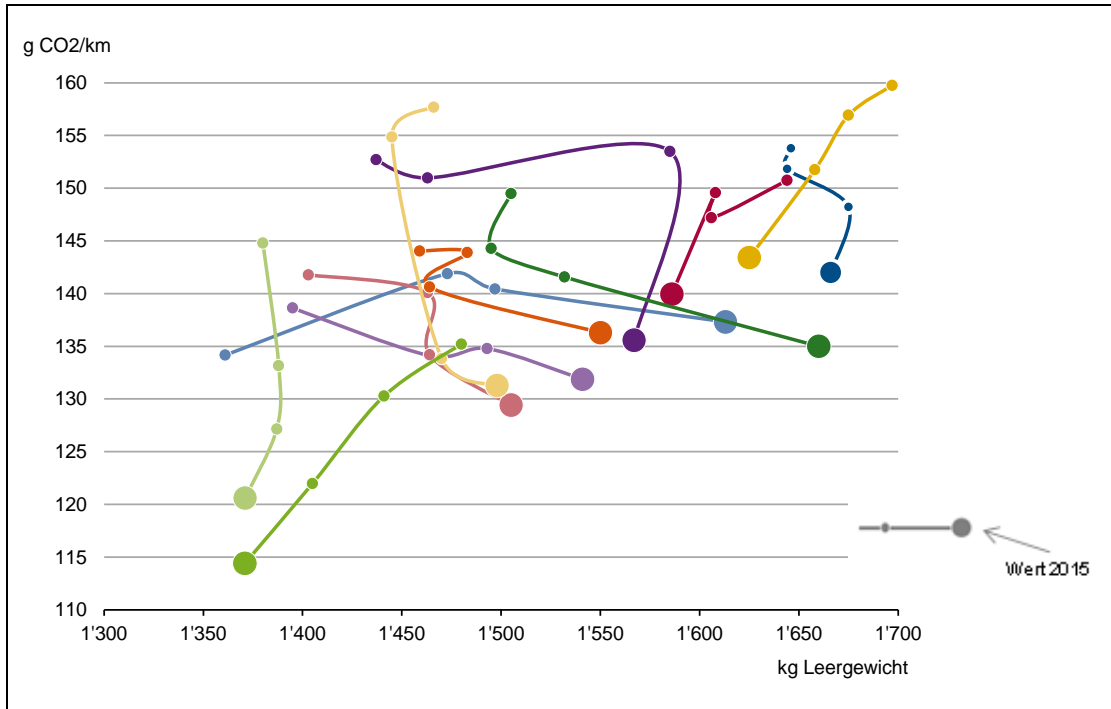
Abbildung 3: Leergewicht und CO₂-Emissionen der PW-Neuzulassungen 2012-2015 gemäss BFE/ASTRA



Quelle: Vollzugsdatensatz (BFE/ASTRA).

Differenziert man die Entwicklung der beiden Kenngrössen Leergewicht und CO₂-Emission nach Importeuren, so zeigt sich eine recht heterogene Entwicklung (vgl. Abbildung 4). Allen gemeinsam ist eine mehr oder weniger ausgeprägte Senkung der mittleren CO₂-Emissionen ihrer eingeführten Fahrzeuge von 2012 zu 2015. Bei einigen Importeuren sanken die CO₂-Emissionen bei gleichzeitig sinkenden Leergewichten. Bei andern Importeuren wurden die CO₂-Emissionen gesenkt trotz gleichzeitiger Erhöhung der Leergewichte. Darin widerspiegeln sich unterschiedliche Strategien der Importeure zur Absenkung der CO₂-Emissionen ihrer Fahrzeuge, etwa durch Einbezug neuerer Technologien wie reine Elektro-Fahrzeuge (BEV) und/oder Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge (PHEV), welche immer mit deutlich tieferen CO₂-Emissionen, aber nicht zwingend mit tieferen Leergewichten gekoppelt sind.

Abbildung 4: Entwicklung von Leergewicht und CO₂-Emissionen der PW-Neuzulassungen 2012-2015 der wichtigsten Importeure



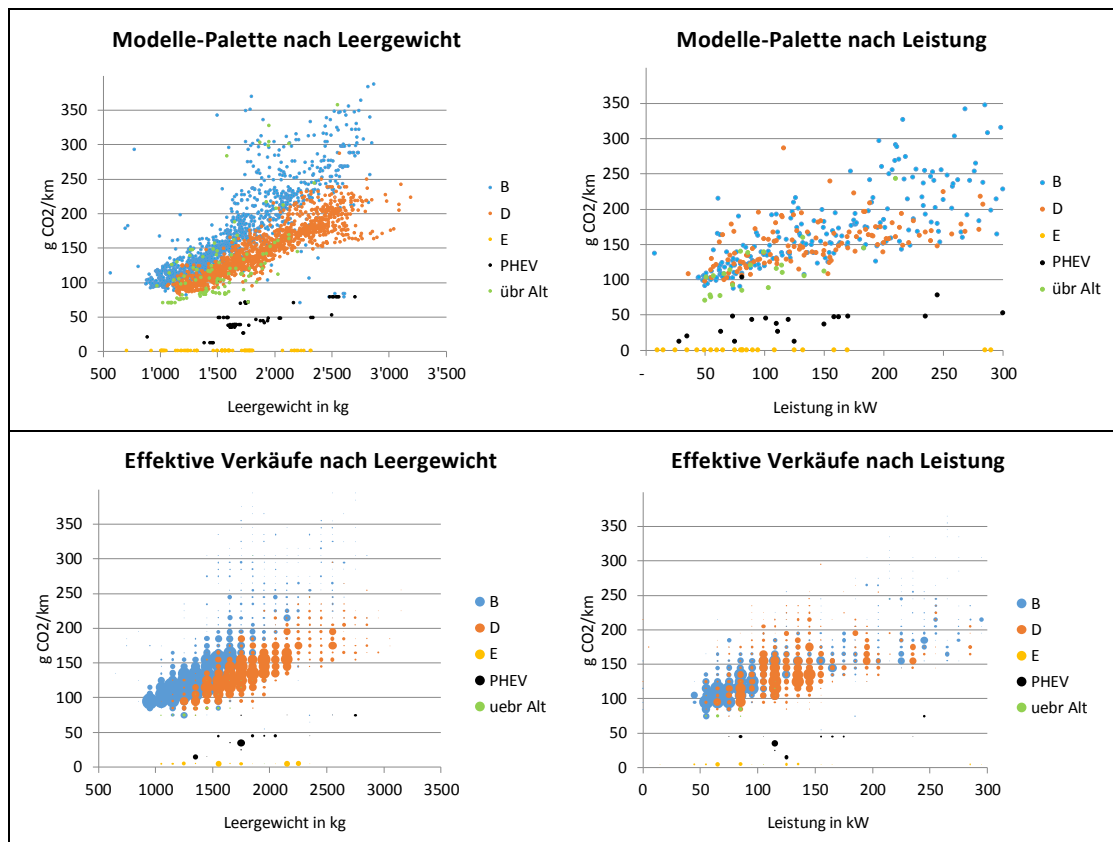
Quelle: Vollzugsdatensatz (BFE/ASTRA).

3.1.3. Der Neuwagenpark 2015

Eine genauere Analyse des PW-Neuwagenmarktes auf der Basis des Vollzugsdatensatzes 2015 zeigt, dass die Variation der CO₂-Emission der Fahrzeuge bei gleichen technischen Grössen wie etwa dem Gewicht oder der Leistung beträchtlich ist. Abbildung 5 zeigt im oberen Teil die spezifische CO₂-Emission aller Fahrzeuge der Modellpalette bzw. der Typengenehmigungen des Jahres 2015, einmal nach Leergewicht bzw. nach Leistung; jeder Punkt symbolisiert ein Fahrzeugmodell. Im unteren Teil der gleichen Figur sind die effektiven Verkäufe unterlegt, wobei aus Lesbarkeitsgründen das Leergewicht in 100 kg-Klassen, die Leistung in 10 kW-Klassen und die CO₂-Emission in 10 g-Klassen aggregiert sind: je grösser ein Kreis, desto grösser die Zahl der verkauften Fahrzeuge. Diese Illustration zeigt zum einen den bekannten Zusammenhang zwischen spezifischer CO₂-Emission und Gewicht bzw. Leistung. Sie zeigt aber auch, dass die Variation der spezifischen CO₂-Emission innerhalb der gleichen Klasse (also bei gleichem Gewicht oder gleicher Leistung) markant ist. Gleichzeitig wird sichtbar, dass keineswegs die jeweils effizientesten Fahrzeuge gekauft werden. Nimmt man z.B. Gewicht oder Leistung als Indikator für den Nutzwert eines Fahrzeugs, so könnten in fast jeder Klasse noch deutlich mehr effiziente Fahrzeuge abgesetzt werden. Ein nennenswertes Potenzial ist also gegeben. Der Zielwert von

95 g CO₂/km bewegt sich allerdings am unteren Rand der heute verfügbaren bzw. verkauften Modelle. Insbesondere wird sichtbar, dass die Elektromobilität eine Strategie ist, um die Zielerreichung zu ermöglichen. Mengenmässig sind diese Fahrzeuge allerdings noch nicht signifikant vertreten.

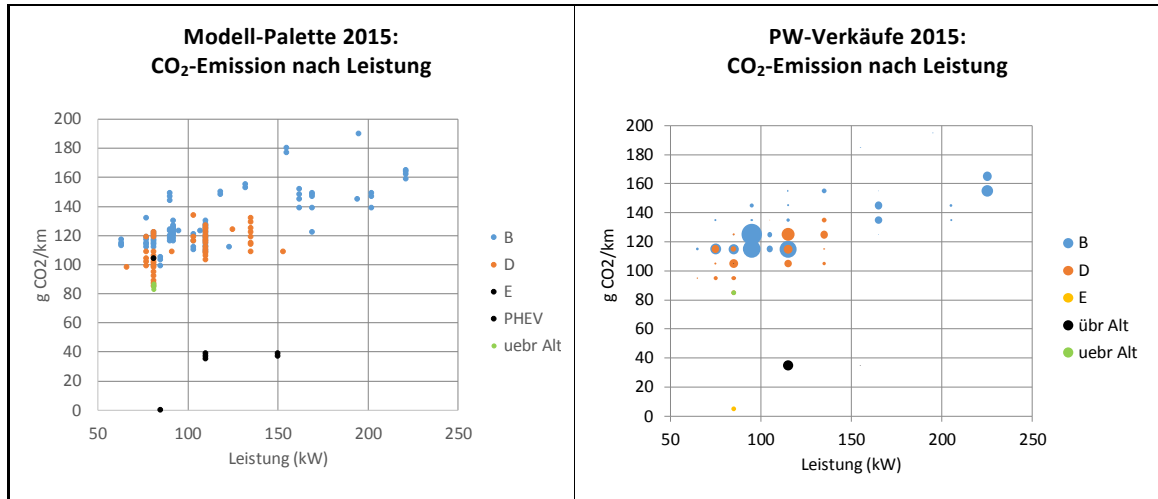
Abbildung 5: PW-Neufahrzeuge 2015: CO₂-Emission nach Leergewicht (kg) bzw. nach Leistung (kW)



Quelle: Angaben ASTRA/BFE (Vollzugsdatensatz CO₂-Verordnung).

Dass die Käufer es durchaus in der Hand haben, wie das CO₂-Niveau der Neuwagen letztlich ausfällt, kann man auch am Beispiel des meistverkauften Modells VW Golf (Daten 2015) zeigen. Abbildung 6 zeigt wiederum links die verfügbare Modellpalette und rechts die Verteilung der effektiv verkauften Fahrzeuge mit ihrer Leistung bzw. CO₂-Emission. Daraus kann man ableiten, dass der mittlere CO₂-Ausstoss der 20% der Fahrzeuge des untersten Leistungssegments des Typs Golf bei 105 g CO₂/km lag, die unteren 86% der Fahrzeuge lassen den Mittelwert auf 112 g CO₂/km ansteigen. Die letzten 14%, zunehmend leistungsstärkeren Fahrzeuge lassen den Mittelwert im Total schliesslich auf 118 g CO₂/km ansteigen.

Abbildung 6: Beispiel VW Golf: Modell-Palette und effektive Verkäufe 2015



3.2. Vergleich mit der EU

Die CO₂-Emissionen der Neuzulassungen in der Schweiz liegen mit 135 g CO₂/km für das Jahr 2015 deutlich über denjenigen in der EU (120 g CO₂/km). Die EU hat somit den 2015er Zielwert bereits deutlich unterschritten, die Schweiz jedoch faktisch überschritten. Die nachstehende Abbildung 7 bzw. die zugehörige Tabelle zeigt weitere Kenngrößen zum Vergleich Schweiz-EU. So liegen Gewicht, Leistung und auch spezifische Leistung (Leistung/Leergewicht-Verhältnis) in der Schweiz durchwegs über den entsprechenden EU-Mittelwerten.

Abbildung 7: CO₂-Emissionen und Leergewicht der PW-Neuzulassungen 2012 – 2015 in der EU und in der Schweiz

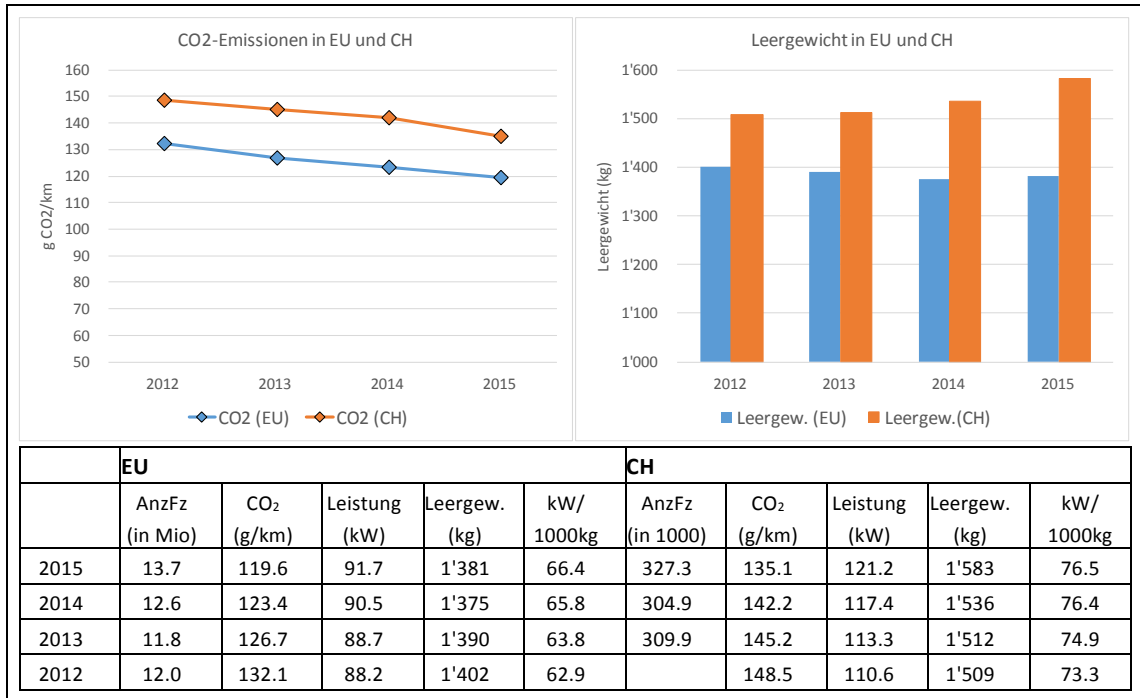
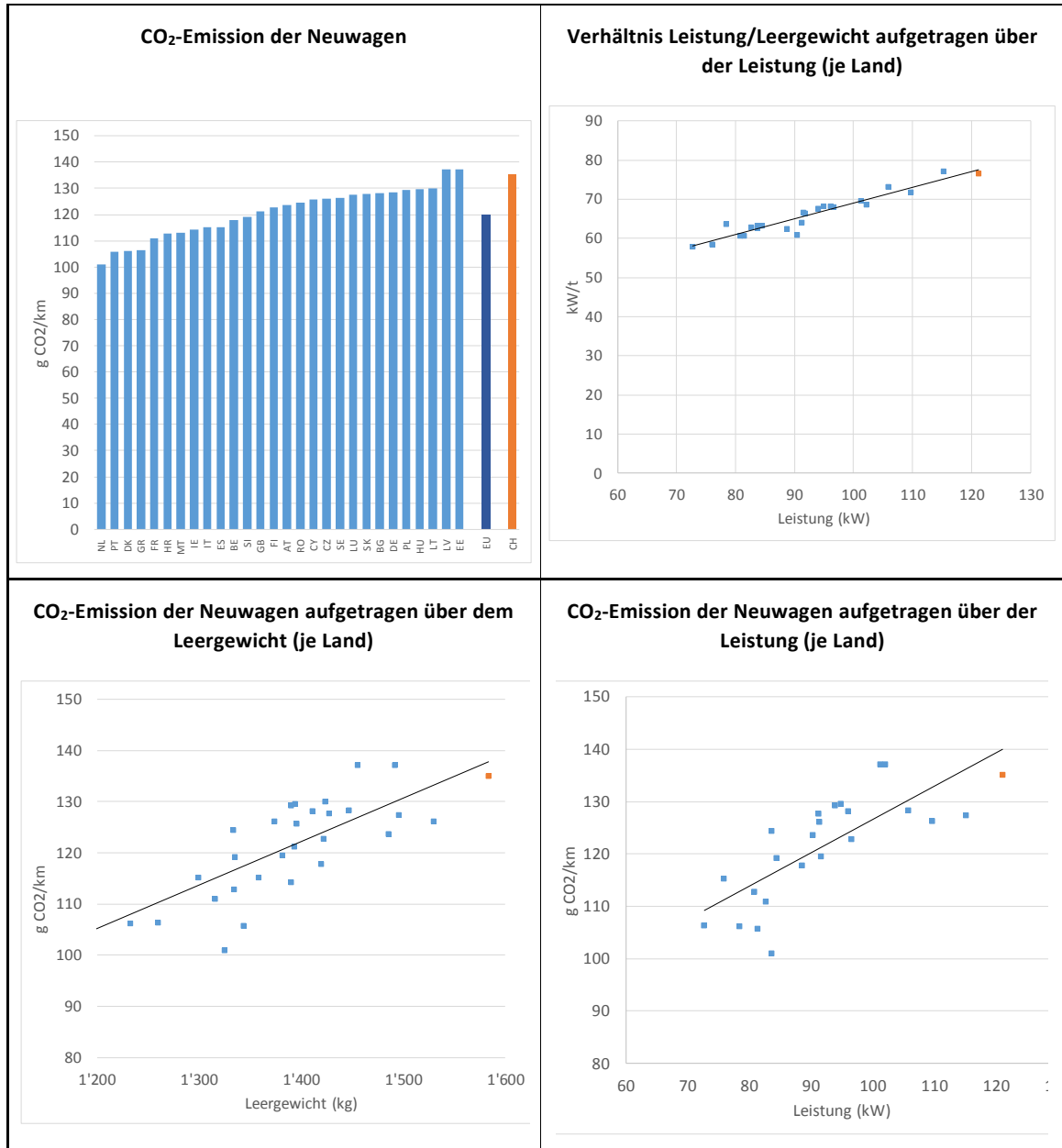


Abbildung 8 zeigt zudem den Vergleich Schweiz mit den verschiedenen EU-Ländern anhand verschiedener Indikatoren: mit 135 g CO₂/km gehört die Schweiz mit Lettland und Estland zu einer kleinen Spitzengruppe, deren PW mehr als 130 g CO₂/km emittieren. Sowohl beim Gewicht wie bei der Leistungsstärke führt die Schweiz die Länderliste an. Die Ursache liegt neben den Gewichtsunterschieden in der überdurchschnittlich hohen Motorisierung des schweizerischen Wagenparks, was sich auch mit dem höchsten Leistung/Leergewicht-Verhältnis ausdrückt (77 kW/t Gewicht).

Abbildung 8: Kenngrössen der schweizerischen Neu-PW 2015 im Vergleich zu jenen der EU-Staaten



Quellen: CH-Werte gemäss ASTRA/BFE. EU-Werte 2015 (prov. Werte) gemäss Datenbanken unter <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/CO2-cars-emission-10>

3.3. Regionale Verteilung

Zuweilen wird die hohe Motorisierung des schweizerischen Wagenparks durch die topografischen Gegebenheiten und Erfordernisse begründet. Eine Analyse des Neuwagenparks 2015

zeigt allerdings, dass dieses Argument nur eine Teilerklärung liefert. Wohl liegen beispielsweise die Kantone GR und VS relativ weit vorne, was den spezifischen CO₂-Ausstoss betrifft (vgl. Abbildung 9). Gleichzeitig zeigt aber Abbildung 10, dass keineswegs die Gebirgskantone, sondern vielmehr finanzstarke Kantone (ZG, SZ) die Liste der „hochmotorisierten“ Kantone mit >25% Anteilen an leistungsstarken PW (>150 kW) anführen. In Kantonen wie JU, UR, FR beträgt deren Anteil unter 15%.

Abbildung 9: CO₂-Emissionen der PW-Neuzulassungen 2015 nach Kantonen

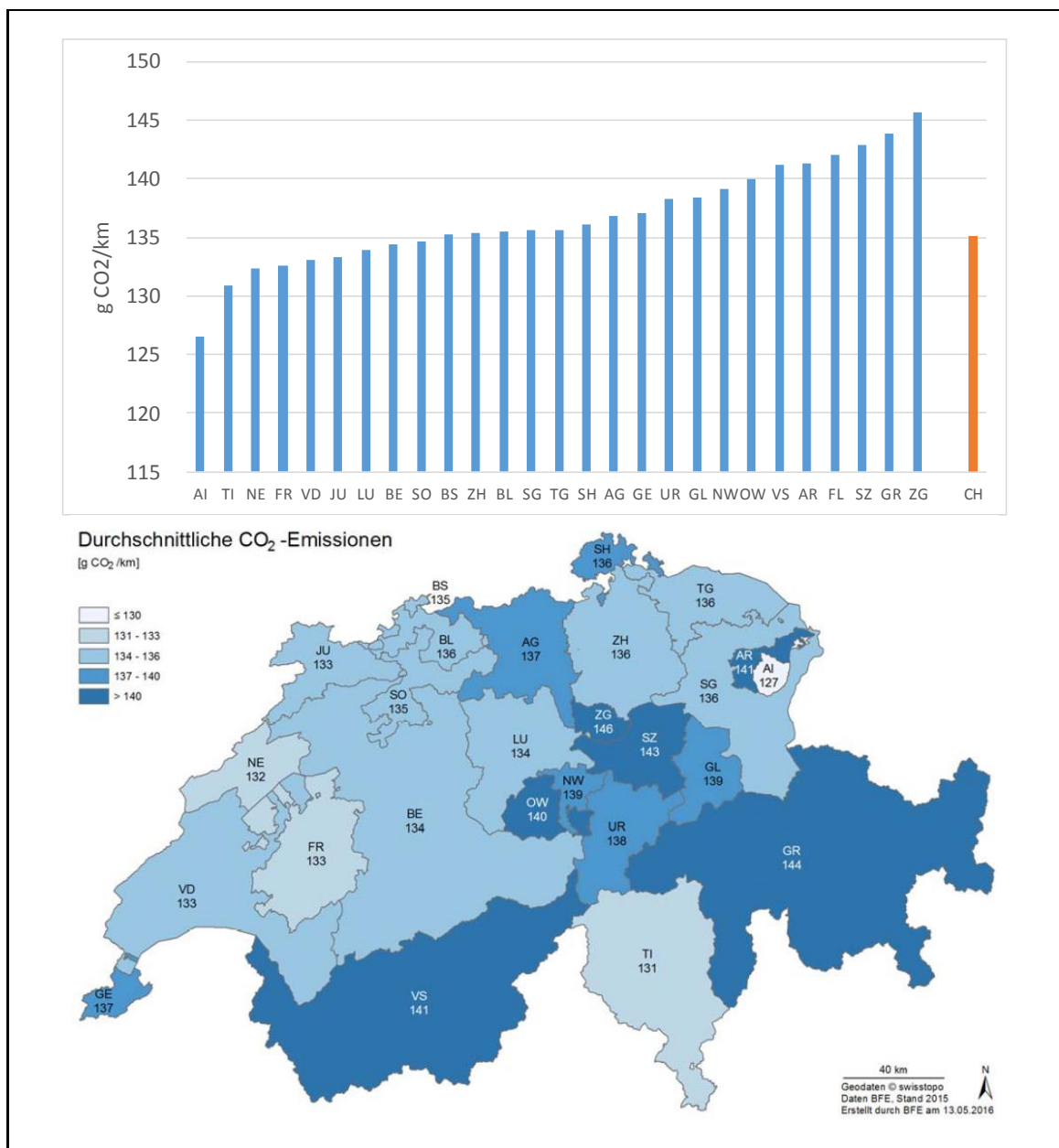
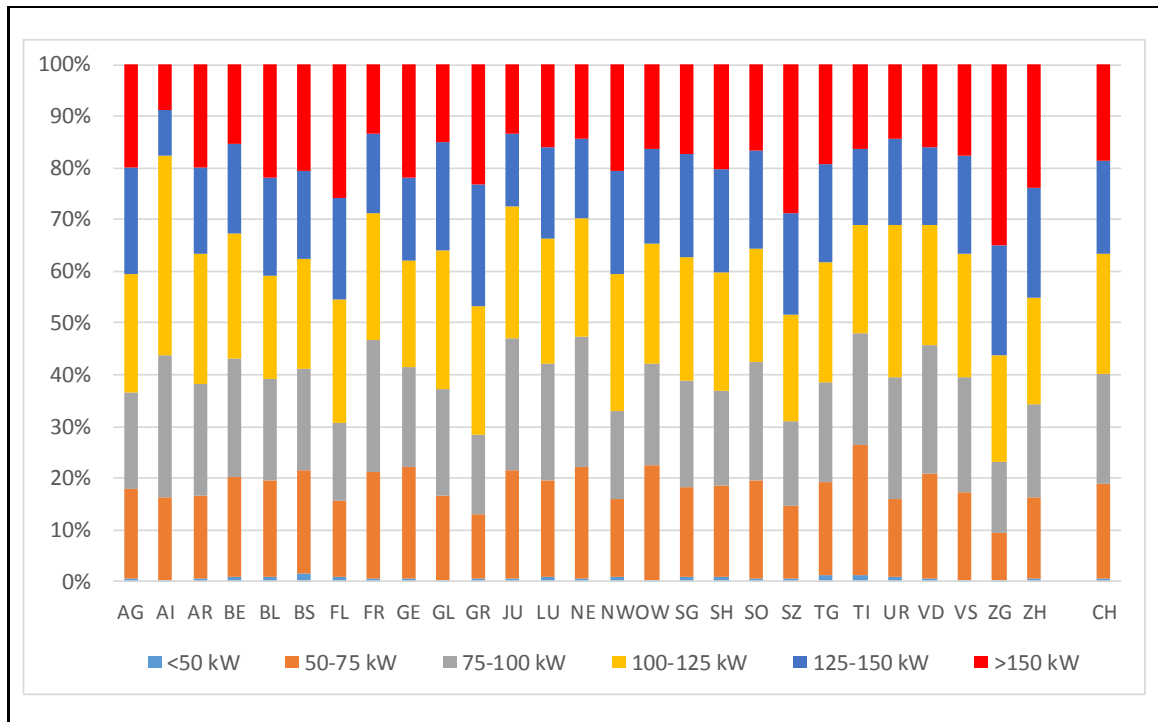


Abbildung 10: Zusammensetzung der PW-Neuzulassungen 2015 nach Leistungsklassen je Kanton



3.4. Bisherige CO₂-Zielerreichung und Sanktionen

3.4.1. Methodik der Sanktionsberechnung

Wie in Kap. 2.1 ausgeführt fallen bei den Importeuren bzw. den Emissionsgemeinschaften Sanktionen an, sofern der CO₂-Mittelwert aller verkauften neuzugelassenen Fahrzeuge der betreffenden Emissionsgemeinschaft deren CO₂-Zielvorgabe überschreitet.

Berechnung der individuellen Zielvorgabe

Die Berechnung der Zielvorgabe orientiert sich an der Methodik in der EU und ist in Anhang 5 der CO₂-Verordnung (SR 647.711) festgelegt. Grundsätzlich hängt die Zielvorgabe vom Leergewicht ab. Die folgende Beziehung zwischen Zielvorgabe und Leergewicht („Zielwertgerade“) ist dabei massgebend:

$$\text{Zielvorgabe (in g CO}_2\text{/km)} = 130 + a * (m - M_{t-2})$$

mit: a: 0.0457 (Steigung der Zielwertgerade)

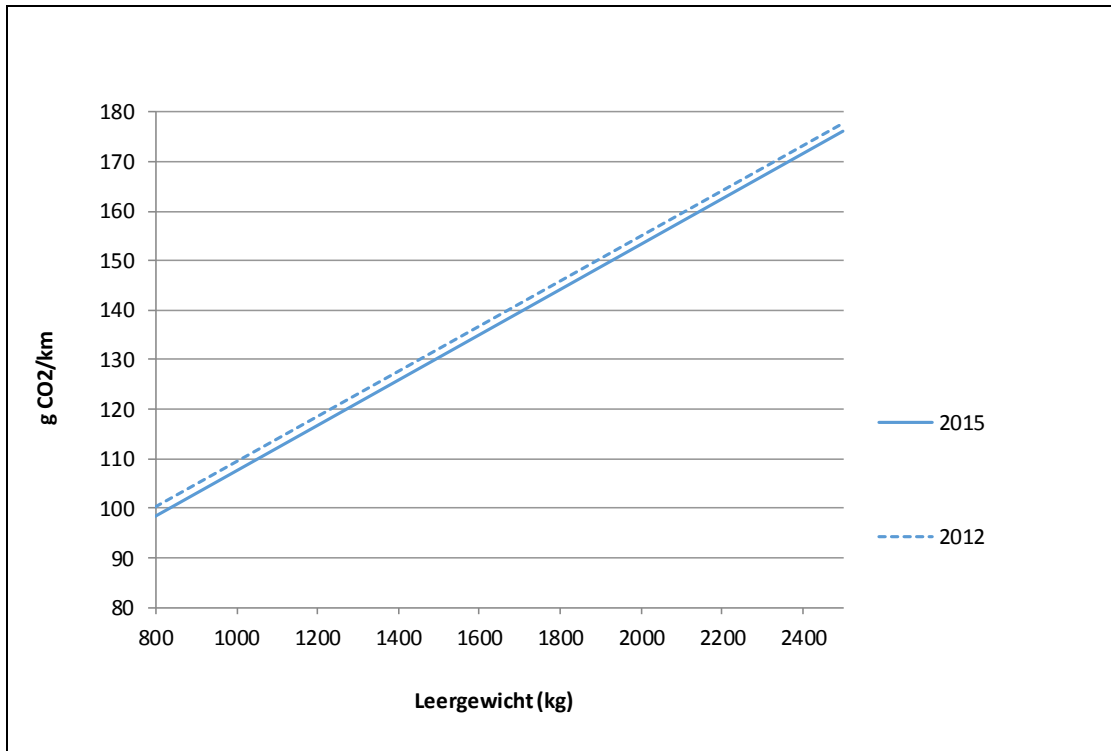
- m: Leergewicht des Personenwagens in fahrbereitem Zustand in kg; für Grossimporteure ist das durchschnittliche Leergewicht der im Referenzjahr erstmals in Verkehr gesetzten Personenwagen massgebend (in der Verordnung als $M_{i,t}$ bezeichnet).
- M_{t-2} : Durchschnittliches Leergewicht in kg aller in der Schweiz im vorletzten Kalenderjahr vor dem Referenzjahr erstmals in Verkehr gesetzten Personenwagen. Dient als Kalibrierungsparameter für die Gewichtskomponente.

Im Unterschied zu Kleinimporteuren, die eine Zielvorgabe für jedes importierte Fahrzeug einzeln ermitteln, können Grossimporteure und Emissionsgemeinschaften das mittlere Leergewicht sämtlicher von ihnen zugelassenen Fahrzeuge in die Zielvorgabenberechnung einfließen lassen und erhalten so Zielvorgaben, welche die Flottenstruktur (Leergewichtsverteilung) des Importeurs repräsentieren. Die Zusammenfassung von Fahrzeugen zwecks gemischter bzw. durchschnittlicher Abrechnung wird im Folgenden auch als „Pool“ bezeichnet – unabhängig davon, ob der Pool Fahrzeuge eines einzelnen oder, etwa im Fall einer Emissionsgemeinschaft, mehrerer Grossimporteure beinhaltet. Auch bei der Ermittlung der mittleren CO₂-Emissionen, die für die Berechnung der Zielabweichung und der allfälligen Sanktionen massgebend sind, sind somit für Grossimporteure und EG Kompensationen von Fahrzeugen über der Zielvorgabe möglich.

Abbildung 11 zeigt die Zielwertgeraden der Jahre 2012 und 2015. Ein Fahrzeug, dessen Leergewicht dem durchschnittlichen Leergewicht aller im vorletzten Referenzjahr zugelassenen Fahrzeuge entspricht, erhält die Zielvorgabe von 130 g CO₂/km. Schwerere Fahrzeuge dürfen mehr CO₂/km ausstossen, leichtere entsprechend weniger. Damit wird dem unterschiedlichen „Nutzwert“ der Fahrzeuge Rechnung getragen und die Last der Zielerreichung auf die verschiedenartigen Flotten der einzelnen Importeure aufgeteilt. Der M_{t-2} -Wert hat sich von 2012 – 2015 um 39 kg erhöht¹². In der Folge hat sich die Zielwertgerade entsprechend leicht nach rechts bzw. nach unten verschoben, d.h. die Zielvorgabe hat sich – für Importeure mit konstantem Flottengewicht – leicht verschärft (um 1.8 g/km).

¹² Entwicklung der Leergewichte:

Leergewicht	2010	2011	2012	2013	2014	2015
M_t in kg	1453	1465	1493	1492	1507	1532
M_{t-2} in kg			1453	1465	1493	1492

Abbildung 11: Zielwertgeraden 2012/2015 gemäss Anhang 5 der CO₂-Verordnung (SR 641.711)

Einfluss des Leergewichts

Für die Berechnung der Zielvorgaben ist grundsätzlich das Leergewicht gemäss Typengenehmigung massgebend. Alternativ können die Importeure die Werte aus der Übereinstimmungsbescheinigung (Certificate of Conformity, COC) angeben. Für Fahrzeuge ohne Typengenehmigung wird das Leergewicht ebenfalls aus dem COC übernommen, für Fahrzeuge ohne europäische Gesamtgenehmigung gelten die weiteren Datenquellen nach Art. 25 der CO₂-Verordnung.

Im Vollzug der CO₂-Emissionsvorschriften für neue Personenwagen wurde das Referenzleergewicht M_{t-2} in den Jahren 2012-15 aufgrund der Datenverfügbarkeit als Durchschnittsgewicht der in MOFIS ausgewiesenen Gewichtseinträge ermittelt (gemäss Prüfungsbericht 13.20 A). Demgegenüber werden bei der Berechnung der Zielvorgabe die Gewichtswerte nach Art. 24 und 25 der CO₂-Verordnung verwendet (max. Wert aus Typengenehmigung, COC, allfällige weitere Quellen). Die unterschiedlichen Gewichtsdefinitionen haben dazu geführt, dass das im 2015 ermittelte Referenzleergewicht M_{t-2} der neu zugelassenen PW rund 1'532 kg beträgt, der sich aus dem Vollzug ergebende Wert aber bei 1'582 kg liegt. Obschon diese Werte bei der Berechnung nicht direkt verglichen werden (es wird das Referenzleergewicht von vor zwei Jahren

herangezogen), deuten diese Zahlen auf eine systematische Lücke hin, die faktisch eine durchschnittliche Erhöhung der Zielvorgaben um rund 2.3 g CO₂/km bedeutet und damit die Zielerreichung entsprechend erleichtert (vgl. dazu auch Abschnitt 4.6.4).

Zielvorgaben für Nischen- und Kleinhersteller

Die oben erläuterte Herleitung der Zielvorgabe gilt nicht für die sog. Nischen- und Kleinhersteller. Für diese gelten Spezialziele. Kleinhersteller, die in der Europäischen Union (EU) weniger als 10'000 Fahrzeuge pro Jahr neu zulassen und Nischenhersteller, die zwischen 10'000 - 300'000 Fahrzeuge pro Jahr neu zulassen, können in der EU ein Spezialziel beantragen (siehe Liste der betreffenden Marken und Zielvorgaben im Anhang 2). Diese Marken können die Importeure auch in der Schweiz mit Spezialzielen abrechnen lassen. Grossimporteure und Importeure einer EG müssen diese Fahrzeuge bei Berücksichtigung eines Spezialziels in einem eigenen Pool abrechnen.

Bestimmung der mittleren CO₂-Emission je Emissionsgemeinschaft

Für den Vergleich mit den individuellen Zielvorgaben sind die verkaufsgewichteten spezifischen CO₂-Werte je Emissionsgemeinschaft massgebend. Die nötigen CO₂-Informationen stammen in der Regel aus den Typengenehmigungen, welche ihrerseits auf dem Typenprüfzyklus NEFZ beruhen. Auch die Leergewichtsangaben stammen aus dieser Quelle. Alternativ können die Importeure die Werte auf Antrag hin auch aus der Übereinstimmungsbescheinigung (Certificate of Conformity, COC) angeben. Zusätzlich sind für die Beurteilung der Zieleinhaltung die sog. Vollzugs- oder Einführungsmodalitäten massgebend:

- **Phasing-In:** Grossimporteure und EG müssen für die Berechnung der mittleren CO₂-Emissionen ihrer Fahrzeugflotte nur die CO₂-effizientesten Neufahrzeuge anrechnen, die Kleinimporteure nur den entsprechenden Anteil der Sanktion begleichen. Der Anteil wurde ab 2012 von 65 % stufenweise angehoben, ab 2015 müssen die Importeure alle Fahrzeuge in die Berechnungen einbeziehen. Die Stufung der Phasing-In-Anteile entsprach zwischen 2012 und 2015 jener der EU-Regulierung für PW (EC Nr. 443/2009).
- **Supercredits:** Neufahrzeuge mit spezifischen CO₂-Emissionen unter 50 g CO₂/km werden bei der Berechnung der Mittelwerte mehrfach gewichtet („Supercredit“). Die Gewichtungsfaktoren wurden von 2012 sukzessive auf 1.5 abgesenkt (in Abstimmung mit der EU, siehe EC Nr. 443/2009). Ab 2016 fallen die Supercredits weg (Gewicht = 1.0).
- **Reduktion für Erdgasfahrzeuge:** Bei PW, die mit dem Treibstoffgemisch Erdgas/Biogas betrieben werden, werden die massgebenden spezifischen CO₂-Emissionen um 10 % reduziert um dem klimaneutralen, biogenen Gasanteil Rechnung zu tragen.

- Reduktion für Ökoinnovationen: Nachgewiesene CO₂-Reduktionen, die sich nicht im CO₂-Wert aus dem Typenprüfzyklus niederschlagen und durch innovative Technologien ausgelöst werden (z.B. energieeffiziente Beleuchtungssysteme), können von den betreffenden Fahrzeugherstellern als Ökoinnovation angerechnet werden. Die entsprechende Reduktion der spezifischen CO₂-Emissionen darf maximal 7 g CO₂/km betragen.

Sanktionsberechnung

Überschreiten die durchschnittlichen CO₂-Emissionen der Neufahrzeugflotte eines Grossimporteurs oder EG die individuelle Zielvorgabe gemäss oben stehender Berechnungsmethode, so muss er für die im jeweiligen Kalenderjahr neu zugelassenen Fahrzeuge eine Sanktion entrichten. Für Kleinimporteure sind die Sanktionen für jedes einzelne Fahrzeug zu entrichten. Die Sanktionstarife sind bis Ende 2018 pro Gramm der Zielvorgabenüberschreitung und Fahrzeug wie folgt festgelegt:

- 7.50 CHF für das erste Gramm,
- 22.50 CHF für das zweite Gramm,
- 37.50 CHF für das dritte Gramm,
- 142.50 CHF für jedes weitere Gramm CO₂/km über der Zielvorgabe.

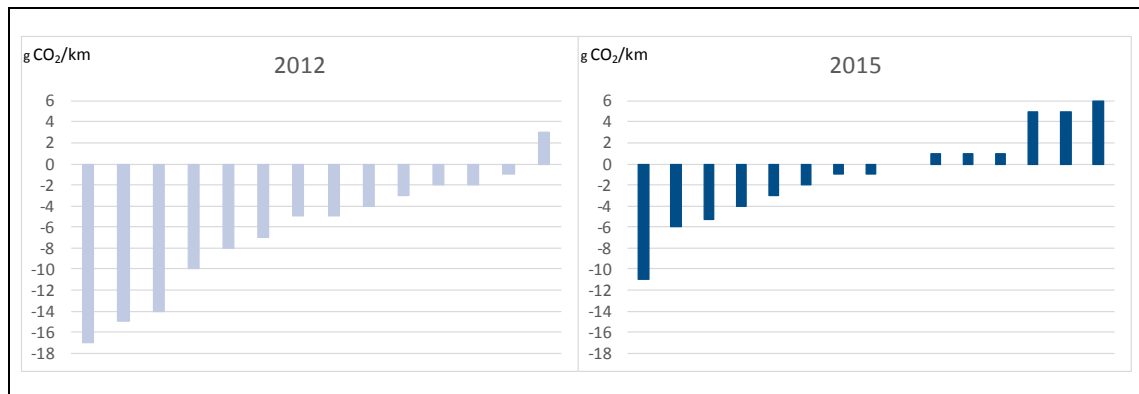
Ab dem Jahr 2019 werden ab dem ersten Gramm über der Zielvorgabe 142.50 CHF fällig.

3.4.2. Bisherige Zielerreichung

Nur wenige der grösseren Importeure haben ihre Zielvorgabe nicht erreicht (siehe Abbildung 12). Die übrigen grossen Importeure und EG haben die Zielvorgabe erreicht, teilweise mit deutlichen Reserven zum Zielwert. Die Zielvorgaben-Übererfüllungen sind allerdings seit 2012 deutlich zurückgegangen, da die Vollzugserleichterungen insbesondere durch das Phasing-In schrittweise abgebaut wurden. Bemerkenswert ist, dass auch im Jahr 2015 die mit der Anzahl der Fahrzeuge gewichtete Summe von Ziel-Übererfüllungen grösser war als die entsprechende Summe von Ziel-Überschreitungen. Das heisst, dass im Mittel die individuelle CO₂-Zielvorgabe der neu zugelassenen Fahrzeuge erreicht wurde – dies obwohl dieser Mittelwert bei 135 g CO₂/km liegt (also über dem an sich angepeilten Zielwert von 130 g/km). Der wesentliche Grund für diese Diskrepanz liegt darin, dass das mittlere Leergewicht gemäss Vollzugsdatensatz 2015 mit 1583 kg rund 50 kg höher lag als gemäss MOFIS-Angaben (1532 kg, vgl. Kap. 3.4.1); zudem wird in der Zielfunktion der Leergewichtswert des vorletzten Kalenderjahres verwendet

(1492 kg für 2013 gemäss CO₂-Verordnung bzw. MOFIS-Angaben); dieser Leergewichtsunterschied von 91 kg führt zu einer Differenz von 4.2 g CO₂/km¹³. Ausserdem wurde durch die Anrechnung von Spezialzielen für Nischen- und Kleinherstellerfahrzeuge die Zielwertüberschreitung reduziert.

Abbildung 12: Zielabweichungen der grössten Importeure (pos. Werte = Überschreitung, neg. Werte = Übererfüllung), 2012 und 2015



3.4.3. Sanktionszahlungen 2012 - 2015

In der nachstehenden Tabelle sind die Gesamtbeträge der Sanktionen 2012-2015 zusammengestellt. Erst 2015 fallen beim quantitativ relevanten Abrechnungstyp der Grossimporteure (Total aus gemischter Abrechnung und Nischenabrechnung, insgesamt > 98 % der Fahrzeuge, vgl. Abbildung 2) nennenswerte Sanktionen an. Allerdings übertreffen die Sanktionsbeträge pro Fahrzeug der einzeln abgerechneten Fahrzeuge diejenigen von Grossimporteuren deutlich.

Tabelle 3: Sanktionen nach Abrechnungstyp, Total und pro Fahrzeug

Sanktion in Mio CHF/a	2012*	2013	2014	2015
- Grossimporteure	0.4	2.5	0.2	10.8
- übrige (Einzelabrechnungen)	3.0	2.4	1.5	1.8
Sanktionen Total	3.5	5.1	1.7	12.6
Sanktion in CHF pro Fahrzeug	2012*	2013	2014	2015
- Grossimporteure	2.84	8.00	0.56	33.15
- übrige (Einzelabrechnungen)	1'430	1'049	907	819

Quelle: BFE Vollzugsdaten, eigene Berechnungen, 2012*: Juli-Dezember. Aus abrechnungstechnischen Gründen (Berücksichtigung von provisorischen Grossimporteuren, Zahlungsausfälle aufgrund von Konkursen, Datenstand 2015) können geringe Unterschiede zu den in den Faktenblättern (z.B. BFE 2015b) enthaltenen Beträgen ergeben.

¹³ 91 kg x 0.0457 = 4.2 g/km (der Wert 0.0457 entspricht der Steigung in der Zielwertfunktion, vgl. Kap. 3.4.1)

Im vorausgehenden Abschnitt zur Zielerreichung wurde festgestellt, dass auch im Jahr 2015 die mit der Anzahl der Fahrzeuge gewichtete Summe von Ziel-Übererfüllungen grösser war als die entsprechende Summe von Ziel-Überschreitungen. Der mittlere CO₂-Emissionszielwert aller neu zugelassenen Fahrzeuge wurde somit erreicht bzw. sogar leicht unterschritten – auch wenn der Mittelwert über alle Neufahrzeuge bei 135 g CO₂/km liegt (und damit über dem Zielwert 2015 von 130 g CO₂/km). Das bedeutet auch, dass – hätten alle Importeure eine einzige Emissionsgemeinschaft gebildet – keinerlei Sanktionen angefallen wären. Allerdings wäre das für jene Importeure, die ihren Zielwert überschritten haben, wohl nicht ohne Kostenfolgen geblieben, da sie die Kompensationsleistung durch Importeure mit Zielübererfüllung hätten abgelden müssen; die letztgenannten wiederum hätten entsprechende Erträge erzielen können. Solche Geschäftsmodelle (CO₂-Börsen) sind bereits etabliert und könnten in Zukunft noch verstärkt Fuss fassen. Faktisch transformieren sie das bestehende Sanktionsmodell von einem einseitigen Malus-System (Sanktionszahlung im Fall der Zielwert-Überschreitung) in ein Bonus-Malus-System (Abgeltung von Zielwert-Überschreitungen durch Zahlungen an Importeure oder Einzelkunden mit Zielwert-Übererfüllung).

3.4.4. Einfluss der Vollzugs- und Einführungsmodalitäten

Einfluss von Phasing-In und Supercredits

Die Einführungsmodalitäten hatten einen signifikanten Einfluss auf die Sanktionen. Eine Sensitivitätsbetrachtung für die Grossimporteure anhand der 2014-er Zahlen zeigt, dass ohne Phasing-In und ohne Supercredits an Stelle von 0.2 Mio. CHF Sanktionsbeiträge von gegen 300 Mio. CHF hätten bezahlt werden müssen (vgl. Tabelle 4). Dabei ist der Einfluss des Phasing-In deutlich gewichtiger als der Einfluss der Supercredits, da der Anteil von LEV-Fahrzeugen noch sehr bescheiden war.

Diese fiktiven Sanktionszahlungen sind selbstredend hypothetisch, denn sie unterstellen ein unverändertes Verhalten der Importeure. Hätten solche Sanktionszahlungen „gedroht“, so wären wohl andere Verhaltensstrategien zum Zuge gekommen. Allerdings besteht hier einiger Raum für Spekulationen, denn es sind verschiedene Reaktionsmuster denkbar: So hätten die Importeure möglicherweise alles daran gesetzt, den Markt in Richtung mehr Effizienz und mehr Anteile an LEV zu beeinflussen, um so die Sanktionen zu vermeiden, was die CO₂-Emissionen effektiv gesenkt hätte. Die Importeure hätten aber auch die Sanktionen zahlen und ggf. teilweise an die Konsumenten weiterverrechnen können, was die CO₂-Emissionen aber nicht gesenkt hätte, zumindest solange die Kunden diesen Aufpreis zahlen. Oder die Importeure hätten ihre Anstrengungen zur Optimierung (z.B. Bildung von Emissionsgemeinschaften) verstärken können, was die Sanktionen gesenkt hätte ohne dass die CO₂-Emissionen effektiv reduziert

worden wären. Vermutlich hätten wohl Reaktionen in alle drei erwähnten Richtungen stattgefunden. Welche Reaktionsmuster dominiert hätten, ist ungewiss. Jedenfalls wären die letztlich zu bezahlenden Sanktionen auch ohne Einführungsmodalitäten wohl deutlich geringer ausgefallen als in Tabelle 4, zumal von Importeur-Seite erklärtermassen das Ziel verfolgt wird, keine Sanktionszahlungen leisten zu müssen.

Tabelle 4: Illustrative Sensitivätsberechnung 2014

Vollzugsvarianten für 2014 (Mio CHF)	mit Supercredits (Faktor 2.5)	ohne Supercredits
mit Phasing-In (80% der Flotte sanktionsrelevant)	0.2	1.3
ohne Phasing-In (100 % der Flotte sanktionsrelevant)	242	292

Eigene Berechnungen auf der Basis der Vollzugsdaten von BFE/ASTRA

Einfluss Biogas-Förderung

Der Einfluss einer Anrechnung von 10 % klimaneutralem Biogas-Anteil bei Gasfahrzeugen ist marginal, dies ist auf die geringen Anteile dieser Fahrzeuge in der Neuwagenflotte zurückzuführen. So ist der Gesamteffekt im Jahr 2015 null, im Jahr 2014 wäre die Gesamtsanktion ohne diesen Faktor um rund 2'000 CHF höher ausgefallen (bei 1.7 Mio. CHF). Der Effekt ist derart gering, dass er letztlich von der Rundung des CO₂-Werts bei der Sanktionsberechnung abhängt¹⁴.

Einfluss von Ökoinnovationen

Der Einfluss von Ökoinnovationen ist zumindest bislang vernachlässigbar. Erst im Jahr 2015 wurden solche Abzüge erstmals geltend gemacht, allerdings in sehr beschränktem Umfang. Lediglich ein Hersteller hat einen Abzug bei knapp 60 Fahrzeugen (bei total mehr als 20'000) mit rund 2.4 g CO₂/km, was dessen Flottenmittelwert um ca. 0.003%, also vernachlässigbar, reduziert hat.

3.4.5. Spezialziele für Klein- und Nischenhersteller

Klein- und Nischenhersteller erhalten eine Sonderbehandlung durch die EU, indem ihnen auf Antrag hin Spezialziele gewährt werden. Dazu zählen Hersteller wie Mazda, Subaru, Suzuki, Ferrari, Maserati u.a.m. Die Schweiz hat diese Zielwerte unverändert übernommen (vgl. Annex 2).

¹⁴ Beispielsweise kann bei einem Importeur die Abweichung vom Zielwert 3.05 (mit Biogas-Faktor 1.0) auf 2.95 (mit Biogas-Faktor 0.9) absinken. Weil die Zielabweichung auf 1 g genau abgerundet wird, kann so die Zielabweichung um 1 g differieren und damit den massgebenden Sanktionsbetrag beeinflussen. Läge die Zielabweichung z.B. bei 2.25 (mit Biogas-Faktor 1.0), ergäbe sich mit Biogas-Faktor 0.9 ein Wert von 2.15 und damit keine Differenz, und der Biogas-Faktor wäre nicht von Belang.

Im Jahr 2012 wurden noch weniger als 5% aller Fahrzeuge so abgerechnet, im Jahr 2015 ist dieser Anteil auf 7.8% angestiegen. In dieser Zahl sind knapp drei Viertel aller Fahrzeuge von Klein- und Nischenherstellern enthalten, d.h. gut ein Viertel wird noch in Pools von Emissionsgemeinschaften oder direkt abgerechnet. Würde diese Option von Spezialzielen wegfallen, so hätte das deutlich strengere Zielwerte für Klein- und Nischenhersteller zur Folge, da sie dann Zielvorgaben gemäss der regulären Zielwertfunktion einhalten müssten. Das hätte allerdings nicht zwangsläufig zu einer Änderung des CO₂-Emissionsniveaus führen müssen, da die Summe von Zielwert-Übererfüllungen z.B. im Jahr 2015 noch so gross war, dass auch diese hypothetischen Zielwertüberschreitungen durch Klein- und Nischenhersteller hätten abgedeckt werden können. Allerdings hätten diese Hersteller dann Emissionsgemeinschaften mit andern Importeuren bilden müssen, welche über entsprechende Zielwert-Übererfüllungen verfügten. Dies wäre für die Klein- und Nischenhersteller wohl mit Kostenfolgen verbunden gewesen, aber nicht in Form von Sanktionen, sondern in Form von Abgeltungen zugunsten der andern Importeure.

4. Ausgestaltung der Massnahme zur Zielerreichung ab 2020 (PW)

Die derzeitige Emissionsvorschrift für PW-Neuzulassungen gemäss CO₂-Gesetz bzw. CO₂-Verordnung deckt den Zeitraum bis 2019 ab. Thema dieses Kapitels ist eine Fortschreibung für den Zeitraum 2020 bis mutmasslich 2024, denn ab 2025 soll voraussichtlich ein neuer Zielwert gelten. Grundsätzlich soll die Umsetzung wie bisher in Anlehnung an die EU erfolgen. Einige Gestaltungsparameter werden im Folgenden als gesetzt unterstellt, andere Elemente – namentlich Einführungsmodalitäten – gilt es neu festzulegen. Dieses Kapitel zeigt dazu mögliche Varianten und deren Auswirkungen auf. Ausgehend von den Vollzugsdaten 2012-2015 werden quantitative Abschätzungen für die Jahre 2020-2024 vorgestellt.

4.1. Gestaltungsparameter und Spielräume

In Absprache mit dem BFE soll die Emissionsvorschrift für PW-Neuzulassungen ab 2020 von folgenden Vorgaben und Voraussetzungen (Annahmen für Modell) ausgehen:

- **Flottenzielwert:** Der Flottenzielwert ist durch das erste Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050 vorgegeben, nämlich eine Reduktion der CO₂-Emissionen von neuen Personenwagen bis 2020 auf 95 g CO₂/km. Dieser Wert entspricht auch den Vorschriften der EU. Die EU sieht allerdings ein einjähriges Phasing-In vor, wonach dieser Zielwert im 2020 erst für 95% der Fahrzeuge gilt. Erst im 2021 gilt der Wert für 100% der Fahrzeuge. In den hier vorgestellten Analysen ist das Phasing-In einer der wesentlichen Gestaltungsparameter. Entsprechend sind verschiedene Varianten auszuloten.
- **Zielwertfunktion:** Die Zielwertfunktion der jetzigen CO₂-Verordnung ist in Anlehnung an die EU-Vorschriften festgelegt worden. Die entsprechende EU-Verordnung (333/2014) sieht ab 2020 eine Anpassung des Steigungsparameters in der Zielwertfunktion vor. Diese soll übernommen werden (bisher: 0.0457, ab 2020: 0.0333)¹⁵.
- **Leergewichtsbestimmung:** Das Leergewicht bestimmt zu einem wesentlichen Teil den Zielwert. Wie in Kap. 3.4.1 erläutert, besteht eine gewisse Diskrepanz zwischen der gegenwärtig massgebenden Bestimmung des Referenzleergewichts gemäss MOFIS und jener gemäss den Vollzugsdaten. Aus Konsistenzgründen wird im Folgenden der Vollzugsdatensatz herangezogen, aber mit einer Sensitivitätsanalyse ergänzt, die von den Daten gemäss MOFIS ausgeht.
- **Emissionsgemeinschaften:** Die Möglichkeit zur Bildung von Emissionsgemeinschaften bleibt wie bisher erhalten. Für die Analysen wird vereinfachend die Struktur der Emissionsgemeinschaften aus dem Jahr 2015 unterstellt.

¹⁵ Das bedeutet, dass neu für zusätzliche 100 kg Leergewicht 3.33 g/km CO₂-Emission erlaubt sind. Bisher bzw. bis 2019 gilt ein Wert von 4.57 g/km je 100 kg Leergewicht.

- Die **Differenzierung Gross/Kleinimporteure** bleibt wie bisher erhalten¹⁶. Die folgenden Analysen fokussieren in erster Linie auf Grossimporteure, separat wird auch für die Fahrzeuge von Kleinimporteuren eine Sanktionsprognose berechnet.
- **Sonderziele für Klein- und Nischenhersteller**: Die Sonderbehandlung für Fahrzeuge von Klein- und Nischenherstellern wird beibehalten. Die Sonderziele werden wie bisher von der EU übernommen. Wo keine Zielwerte verfügbar waren, wurden für die Zielvorgaben 2020 bis 2025 Annahmen in Anlehnung an die EU-Verordnung 333/2014 getroffen (Wert 2007 reduziert um 45%, oder jährliche Absenkung um 2%). Details finden sich in Annex 2.
- **Ökoinnovationen**: Die Berücksichtigung von Ökoinnovationen wird beibehalten. Deren Einfluss war bisher allerdings sehr gering. Da der künftige Umfang und Stellenwert kaum verlässlich prognostizierbar ist, werden sie in den folgenden Analysen nicht gesondert berücksichtigt.
- **Abtretungen**: Das Instrument der Abtretungen¹⁷ bleibt wie bisher erhalten. Für die Analysen wird vereinfachend die Struktur aus dem Jahr 2015 unterstellt.
- **Biogas-Faktor**: Die CO₂-Bestimmung von Erdgas-Fahrzeugen wird heute mit einem besonderen Faktor berücksichtigt (-10%, vgl. 3.4.4). Der Effekt war bisher vernachlässigbar klein. Dieser Faktor ist faktisch eine zusätzliche Förderung von Gasfahrzeugen, aber systemfremd, da hier – als einzigem Fall – der Treibstoff bzw. dessen teilweise CO₂-Neutralität als Begründung für eine Sonderbehandlung herangezogen wird. Dieser Aspekt führt letztlich auf die Grund-satzfrage, wie im Rahmen der CO₂-Vorschriften mit Treibstoffen umzugehen ist. Jedenfalls sollte dies nicht nur auf einen einzelnen Treibstoff beschränkt bleiben. Deshalb wird in den folgenden Analysen dieser „Biogas-Faktor“ nicht weiter berücksichtigt.
- **Sanktionsbeträge** (in CHF pro g Zielüberschreitung): Diese Beträge sind aktuell im CO₂-Gesetz festgelegt und gelten ab 2019 ohne Abstufung nach Zielüberschreitung. Hier wird entsprechend der in der Energiestrategie vorgesehenen jährlichen Anpassung an den Wechselkurs jedes Gramm mit 95 Euro bzw. 104.50 CHF in Rechnung angenommen (Annahme CHF/EUR-Wechselkurs von 1.10).

Viele dieser Parameter werden als gesetzt unterstellt. Im Fokus stehen im Folgenden die Einführungsmodalitäten, welche eine schrittweise Zielerreichung ermöglichen sollen, namentlich

¹⁶ Als Grossimporteure gelten Unternehmen, die im vorangehenden Kalenderjahr mehr als 50 Fahrzeuge neu zugelassen haben. Kleinimporteure mit weniger als 50 Neuzulassungen rechnen jedes Fahrzeug einzeln ab, während für Grossimporteure die CO₂-Zielvorgaben über die gesamte Flotte der Neuzulassungen ermittelt werden.

¹⁷ Jeder Importeur von Personenwagen hat die Möglichkeit, ein von ihm eingeführtes Fahrzeug für die CO₂-Sanktionsberechnung einem anderen Importeur abzutreten. Die Sanktion für ein stark emittierendes Fahrzeug kann durch die Abtretung an einen Grossimporteur reduziert werden, für effiziente Fahrzeuge werden auch Boni ausgerichtet. Sogenannte CO₂-Börsen bieten die Fahrzeugübernahme als Dienstleistung an. Die Entschädigung, welche dem übernehmenden Importeur dabei entrichtet wird, ist Privatsache.

- das **Phasing-In**, d.h. die Festsetzung von jahresbezogenen Flottenanteilswerten, welche für die Berechnung der durchschnittlichen CO₂-Emissionen in den betreffenden Jahren massgebend sind, und
- die **Supercredits**, d.h. die besondere Gewichtung von Low-Emission Vehicles (Fahrzeuge mit einem Emissionsausstoss von weniger als 50 g CO₂/km) bei der Berechnung der durchschnittlichen CO₂-Emissionen. Diese Gewichtungen können jahresbezogen differenziert sein. Zudem kann – wie in der EU neu vorgesehen – der Gesamtwert dieses „Rabattes“ über die verschiedenen Jahre begrenzt werden („CAP“).

Weitere Vollzugsmodalitäten vorwiegend administrativer Art betreffen die Regeln der Datenbeschaffung und -bereitstellung, der massgebenden Fristen für die Einreichung von Anträgen, das Rechnungswesen etc. – Aspekte, die an dieser Stelle nicht im Vordergrund stehen und deshalb auch nicht weiter thematisiert werden.

4.2. Aufgabenstellung

Ausgangspunkt ist die Zielsetzung gemäss dem ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050, die CO₂-Emissionen von neuen Personenwagen bis 2020 auf 95 g/km zu reduzieren. Dieses Ziel ist im Wesentlichen deckungsgleich mit den Vorschriften der EU. Dabei wird von folgenden **Prämissen** ausgegangen:

- Die Umsetzung der CO₂-Vorschrift erfolgt gemäss bisherigem Muster, d.h.
 - Jeder Importeur erhält eine individuelle Zielvorgabe, die sich aus der Zielwertfunktion ableitet.
 - Der massgebende CO₂-Emissionswert je Importeur entspricht dem verkaufsgewichteten Mittelwert, unter Beachtung der Berechnungsmodalitäten (Phasing-In und Supercredits).
- Sanktionszahlungen sollen das Verhalten in Richtung Zielerreichung lenken. Deren Zweck besteht darin, dass die Neufahrzeuge möglichst wenig CO₂ emittieren.
- Wird das Reduktionsziel erreicht, sollen nur sehr begrenzt Sanktionen anfallen. Die Äufnung oder Alimentierung eines Fonds mit Sanktionszahlungen ist nicht das Ziel der Emissionsvorschriften.
- Es ist davon auszugehen, dass die Importeure Sanktionszahlungen möglichst vermeiden wollen – zum einen aus Gründen der Kostenvermeidung, zum andern aus Image-Gründen, weil Sanktionszahlungen negativ konnotiert sind.

Vor diesem Hintergrund besteht die Aufgabe darin, die Einführungsmodalitäten (Phasing-In und Supercredits) so festzulegen, dass das CO₂-Reduktionsziel erreicht wird; wird dieses Ziel erreicht, sollen keine Sanktionen anfallen. Nun ist ungewiss,

- wie sich der „Markt“, d.h. die Verkaufszahlen sowie die Kenngrößen der Neuwagenflotte (CO₂, Leergewicht) entwickeln, und
- wie die Importeure auf allenfalls anfallende Sanktionszahlungen reagieren. Wie bereits in Abschnitt 3.4.4 ausgeführt haben sie im Wesentlichen drei Optionen:
 - den Markt in Richtung mehr Effizienz bzw. mehr LEV-Anteile beeinflussen, was die CO₂-Emissionen effektiv senken und Sanktionen vermeiden würde,
 - Sanktionen zahlen und ggf. zumindest teilweise an die Kunden weitergeben, was die CO₂-Emissionen aber nicht zwangsläufig senkt, zumindest solange die Kunden den Aufpreis zahlen¹⁸,
 - Oder rechnerisch 'optimieren' (z.B. durch Bilden von Emissionsgemeinschaften), was die Sanktionen senkt ohne dass aber die CO₂-Emissionen effektiv reduziert werden.

Aufgrund dieser Ungewissheit werden verschiedene Varianten von Markt-, CO₂-Emissions- und Sanktionsentwicklungen aufgezeigt. Gesucht ist letztlich eine Entwicklung, die einerseits zur Zielerreichung gemäss gesetzlichem Auftrag führen soll, andererseits gleichzeitig technisch machbar und bezüglich Sanktionszahlungen tragbar scheint.

4.3. Methodischer Ansatz

Das Variantenspektrum wird durch zwei Dimensionen aufgespannt:

- einerseits durch **Marktentwicklungsszenarien**: diese zeigen ein mögliches Spektrum auf, wie sich der PW-Neuwagenmarkt (namentlich Flottenmix bzw. Anteil von Low-Emission Vehicles und die CO₂-Absenkrate der konventionellen Neufahrzeuge) entwickeln wird,
- andererseits durch **Varianten von Einführungsmodalitäten**: diese bestimmen mit, ab welchen CO₂-Werten Sanktionen anfallen bzw. wie hoch diese Sanktionszahlungen und damit der Lenkungseffekt ausfallen wird.

Für jede Kombination (Marktszenario / Einführungsvariante) wird für den Zeitraum 2020-2025 zum einen der CO₂-Emissionsverlauf ermittelt; zum andern werden je Importeur bzw. Emissionsgemeinschaft die allenfalls anfallenden Sanktionen berechnet.

Die Sanktionen hängen von beiden Elementen ab: je effizienter die Fahrzeuge (ohnehin) werden, desto geringer ist der Bedarf nach Lenkung, bzw. je ineffizienter die Fahrzeuge, desto grösser ist der nötige Lenkungsbedarf, um das CO₂-Emissionsziel 2020 zu erreichen. Falls die Flotte nicht autonom CO₂-ärmer wird, werden „strenge“ Einführungsmodalitäten zu markanten

¹⁸ Falls die Kunden auf diese Preissignale reagieren würden (z.B. durch Kauf effizienterer Fahrzeuge), wäre der Effekt ähnlich wie die erstgenannte Option (nämlich Reduktion der CO₂-Emissionen und damit auch der Sanktionen).

Sanktionszahlungen führen, welche den nötigen Lenkungseffekt auslösen können. „Grosszügige“ Einführungsmodalitäten demgegenüber führen zu geringeren Sanktionen bzw. geringerem Lenkungseffekt und damit zu verzögerter CO₂-Zielerreichung.

Die im Folgenden dargestellten Modellrechnungen zeigen auf, wie hoch je Variantenkombination die Sanktionen und CO₂-Emissionen ausfallen. Eine Reaktion, d.h. welchen Effekt die Sanktionen auf das Verhalten der Importeure haben (z.B. verstärkte Anstrengungen für technisch effizientere Flotten, grössere Anteile von Elektrofahrzeugen, Optimierung bei der Berechnung der massgebenden Parameter [CO₂ im NEFZ], Optimierung bei der Bildung von Emissionsgemeinschaften, oder auch Erhöhung der Bereitschaft zu Sanktionszahlungen), wird hier nicht explizit modelliert; denn dazu ist das mögliche Reaktionsspektrum sehr gross. Ausserdem liegen auch keine empirischen Daten vor, welche hier verlässliche Wirkungsabschätzungen erlauben würden (vgl. auch Ausführungen in Kap. 4.6.3 und 3.4.4).

4.4. Konkretisierung Variantenspektrum

Folgendes Variantenspektrum wurde definiert:

Marktszenarien

Anhand von zwei Bestimmungsgrössen wurden mehrere Marktszenarien definiert:

- Entwicklung des Flottenmixes, namentlich des Anteils von LEV, worin sich insbesondere der Stellenwert der Elektromobilität widerspiegelt,
- Absenkraten für die spezifische CO₂-Emission der Neuwagen, insbesondere jener von Benzin- bzw. Dieselfahrzeugen.

Tabelle 5 und Abbildung 13 zeigen die konkreten Annahmen, in Annex 3 finden sich detailliertere Angaben dazu (für die Jahre 2010 – 2015 werden historische Werte gezeigt). Diese orientieren sich einerseits an Annahmen, wie sie bei den Energieperspektiven (BFE 2012) getroffen wurden. Andererseits zeichnet sich ab, dass die LEV eine wichtige Rolle spielen werden, auch wenn deren Anteile zurzeit noch bescheiden sind. In den Modellrechnungen wird unterschieden zwischen reinen Elektromobilen (BEV) und Plug-In-Hybrid-Fahrzeugen (PHEV). „Konventionelle“ Hybrid-Fahrzeuge (Mild oder Micro-Hybride) werden den Benzin- bzw. Dieselfahrzeugen zugerechnet, und deren Effekt wird implizit über entsprechende Absenkraten berücksichtigt. Reinen Elektrofahrzeugen wird eine CO₂-Emission von 0 g/km zugewiesen. Bei den PHEV kommen vermehrt auch schwerere SUV als Plug-In-Fahrzeuge auf den Markt, so dass PHEV zwar tiefere CO₂-Werte aufweisen, aber nicht alle PHEV zwangsläufig LEV (< 50 g/km) sind. Vereinfachend wird für alle Importeure bzw. Emissionsgemeinschaften davon ausgegangen, dass – ausgehend von den 2015-er Strukturen – deren LEV-Anteile bis 2020 sich sukzessive dem mittleren Flottenmixwert gemäss Szenario-Definition annähern. Für alle Importeure bzw. Emissionsgemeinschaften werden ausgehend von den Angaben 2015 deren CO₂- und Leergewichtswerte

(differenziert nach Antriebssegment¹⁹) fortgeschrieben; falls ein Importeur im 2015 noch keine LEV-Anteile aufwies, werden bis 2020 Gesamtflottenmittelwerte unterstellt. So verändert sich auch künftig das mittlere Leergewicht je Importeur (selbst ohne explizite Änderung des Leergewichts je Antriebssegment), allerdings in beschränktem Umfang.

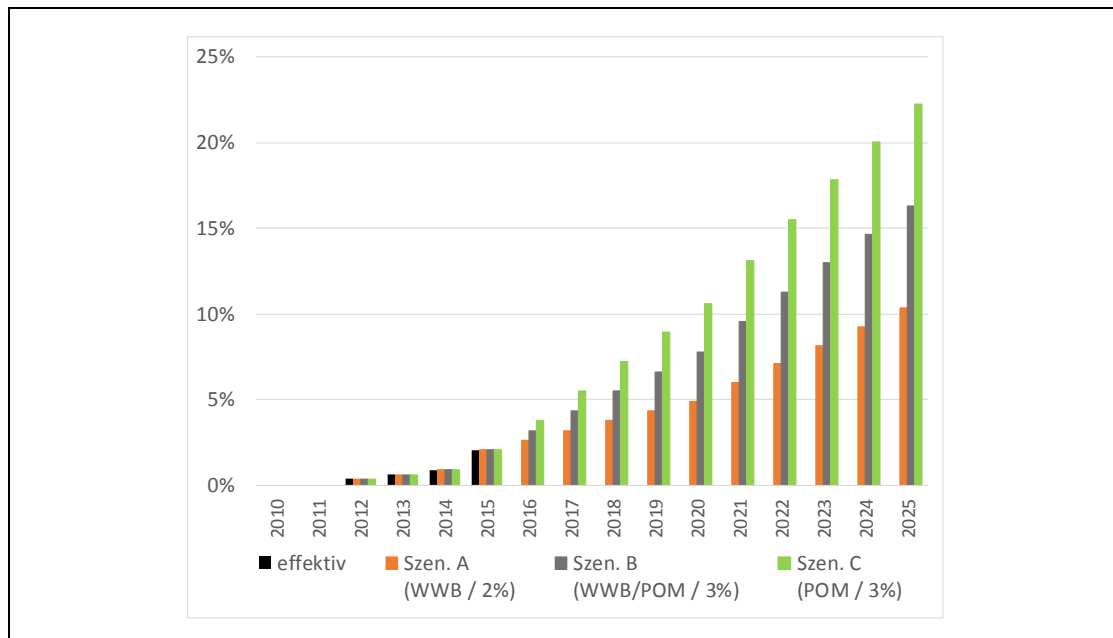
Tabelle 5: Definition von drei Marktentwicklungsszenarien (PW)

Szen.	Name	Erläuterung
A	WWB / 2%	In Anlehnung an das Szenario WWB der Energieperspektiven - Flottenmix 2020-2025 mit 4.9% LEV 2020 (PHEV/BEV 66/34%) - Absenkrate für spez. Verbrauch bzw. CO ₂ -Emission B/D 2%/a *)
B	WWB/POM / 3%	Mittleres Szenario zwischen A und C: - Flottenmix 2020-2025 mit 7.8% LEV 2020 (PHEV/BEV 50/50%) - Absenkrate für spez. Verbrauch bzw. CO ₂ -Emission B/D 3%/a *)
C	POM / 3%	In Anlehnung an das Szenario POM der Energieperspektiven - Flottenmix 2020-2025 mit gut 10.6% LEV 2020 (PHEV/BEV 66%/34%) - Absenkrate für spez. Verbrauch bzw. CO ₂ -Emission B/D 3%/a *)

Details finden sich in Annex 3.

*) zum Vergleich: die Absenkrate für Benzin- und Diesel-PW lag in den Jahren 2008-2015 im Mittel bei 3.2%, in den Jahren 2002-2008 bei 2.0% (vgl. Tabelle 1, Kapitel 3.1.1).

Abbildung 13: LEV-Anteile in den Szenarien A, B und C



¹⁹ Es werden 5 Antriebssegmente unterschieden: Benzin-PW, Diesel-PW, BEV (batterie-elektrische Fahrzeuge), PHEV (Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge), und die übrigen alternativen Antriebe(CNG, Bifuels [CNG/Benzin], LPG etc.).

Zusätzlich wurden zwei weitere Szenarien im Sinne von Sensitivitäten berechnet, um aufzuzeigen, mit welchen Absenkraten es gelingt, sich dem ursprünglich anvisierten Ziel von 95 g CO₂/km der Neuwagenflotte im Jahr 2020 anzunähern:

- Szen. D: Sensitivität „POM+ / 4%“ – mit 10.6% LEV 2020 (PHEV/BEV 66%/34%)
- Szen. E: Sensitivität „POM+ / 5.3%“ – mit 10.6% LEV 2020 (PHEV/BEV 66%/34%)

Erst mit Szenario E wird es gelingen, den Wert 95 g/km im Jahr 2020 zu erreichen. Die resultierenden Verläufe der mittleren g CO₂/km-Werte der neuen PW je Szenario werden in Kapitel 4.6.1 aufgezeigt.

Varianten Einführungsmodalitäten

Tabelle 6 zeigt verschiedene Varianten von Einführungsmodalitäten, wobei bewusst auch zwei Extrem-Varianten eingefügt wurden (Var. 0: keine Erleichterungen bzw. Var. 3: sehr grosszügige Erleichterungen), um deren Effekt aufzuzeigen.

Tabelle 6: Definition von Varianten von Einführungsmodalitäten (PW)

Var.	Kurz-Name	Phasing-In (Anteil sanktionsrelevanter Fahrzeuge)	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Var. 0	0	"Nullfall" (Kein Phasing-In)	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Var. 1	EU	"Baseline EU"	95%	100%	100%	100%	100%	100%
Var. 2	CH	"Swiss finish"	85%	90%	95%	100%	100%	100%
Var. 3	CH+	"Aufgeschobene Umsetzung"	50%	60%	70%	80%	100%	100%

Var.	Kurz-Name	Supercredits (Gewichtung für Fahrzeuge mit < 50 g CO ₂ /km)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	CAP (max g)
Var. 0	0	"Nullfall" (Keine Supercredits)	1	1	1	1	1	1	-
Var. 1	EU	"Baseline EU"	2	1.67	1.33	1	1	1	7.5
Var. 2	LEV+	"Zusätzliche Förderung"	3	2	1.5	1	1	1	15
Var. 3	LEV++	"Starke zusätzliche Förderung"	3.5	3.5	2.5	1.5	1	1	30

Daraus ergeben sich 16 Varianten-Kombinationen, wobei die mittleren 4 Varianten (Var. 1 bzw. 2) im Vordergrund stehen. Bei den Supercredits wird gleichzeitig eine Obergrenze gesetzt („CAP“, maximal anrechenbarer Wert in g CO₂/km je Importeur summiert über die Dauer der Mehrfachgewichtung), in Analogie zur EU.

4.5. Umsetzung

Die Modellrechnungen liefern folgende zwei Ergebnisse:

1. Durchschnittliche CO₂-Emissionen pro km für alle Marktszenarien,

2. Allfällige Sanktionen für alle Variantenkombinationen der Modalitäten, jeweils pro Markt-szenario.

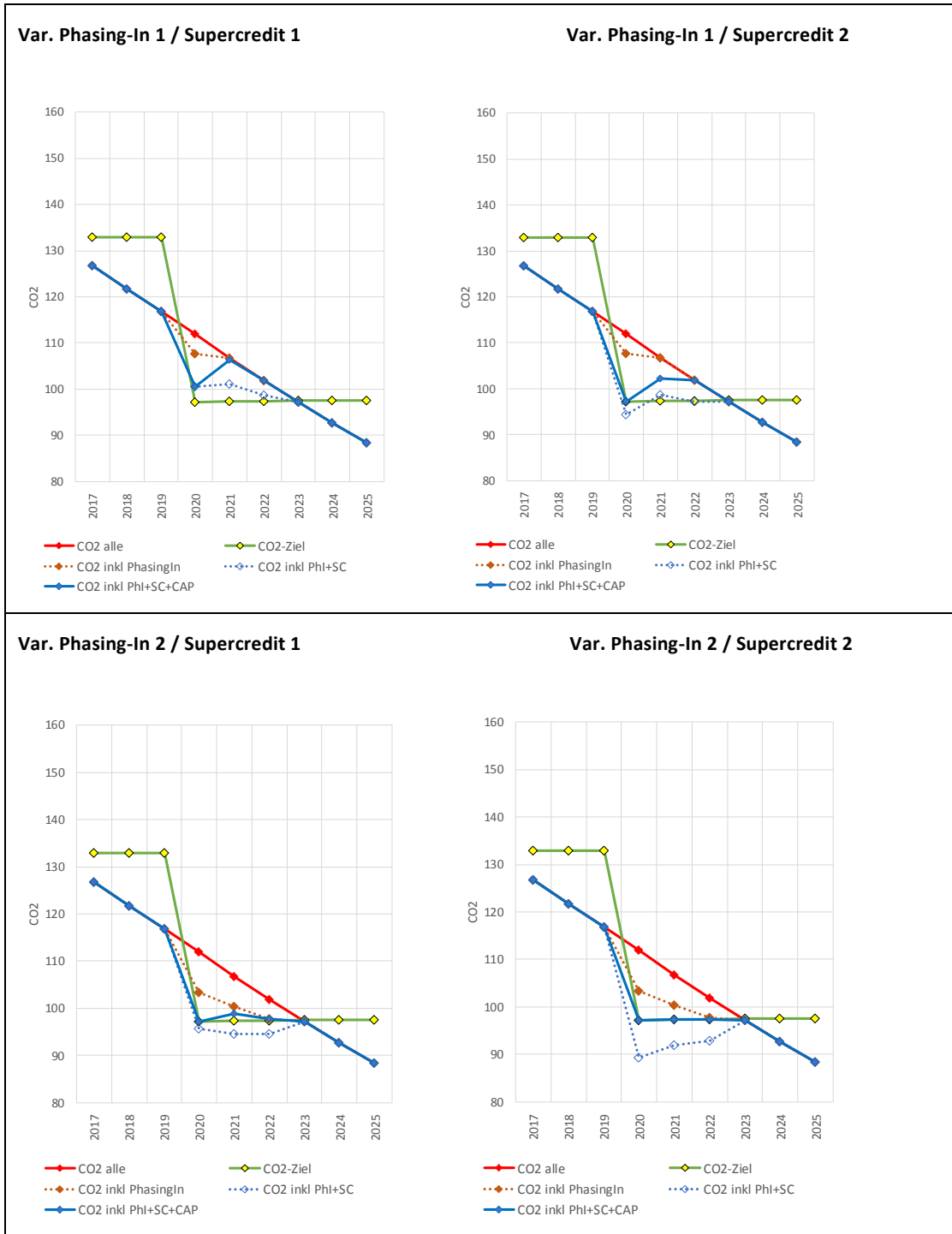
Die Berechnungen werden je Importeur bzw. Emissionsgemeinschaft und für die Zeitreihe 2020 bis 2025 durchgeführt. Ausgangspunkt sind die Daten und Importeurstrukturen gemäss Vollzugsdatensatz 2015. Die Zahl von Neufahrzeugen und die relative Verteilung zwischen Emissionsgemeinschaften werden unverändert belassen. Der Anteil an LEV wird bei allen Importeuren bzw. Emissionsgemeinschaften ab 2020 gleichermassen unterstellt (vgl. Tabelle 5), der Pfad dorthin (2015 bis 2020) ist aber unterschiedlich, weil von den importeurspezifischen Daten des Jahres 2015 ausgegangen wird. Auch der relative Split zwischen Benzin- bzw. Dieselfahrzeugen wie auch die Leergewichte der entsprechenden Segmente wird importeurspezifisch von den 2015-er Daten übernommen und kontinuierlich fortgeschrieben.

Illustration der CO₂- bzw. Sanktionsberechnung

Abbildung 14 zeigt illustrativ für einen bestimmten Pool anhand des mittleren Marktentwicklungszenarios „B“, wie sich die verschiedenen Einführungsvarianten auf das rechnerisch massgebende CO₂-Emissionsniveau (und dann in der Folge auf die Sanktionen) auswirken. Dargestellt sind die 4 Variantenkombinationen Phasing-In 1 bzw. 2 kombiniert mit den Supercredits 1 bzw. 2. Die effektive, ungewichtetete CO₂-Emission (in g/km) der Neuwagenflotte ist als rote Linie eingezeichnet. Für die Sanktionsberechnung massgebend ist jedoch die ausgezogene blaue Linie, welche alle erleichternden Faktoren miteinbezieht; die punktierten Linien zeigen die jeweiligen Teileinflüsse des Phasing-In bzw. der Supercredits bzw. deren Obergrenze. Die grüne Linie bezeichnet die Zielvorgabe.

Das Beispiel zeigt, dass ohne Einführungsmodalitäten im Jahr 2020 das Ziel um rund 12 g überschritten würde. Eine Kombination gemäss EU (Phasing-In/ Supercredit 1/1 = „Baseline EU“) führt in den Jahren 2020-2022 noch immer zu Zielüberschreitungen von bis zu 9 g, was Sanktionszahlungen von gegen 1000 CHF pro Fahrzeug bedeuten würde. Erst eine Kombination Phasing-In/Supercredit 2/2 (Phasing-In „Swiss Finish“ gekoppelt mit einer „zusätzlichen LEV Förderung“) führt demgegenüber zu keiner (rechnerischen) Zielüberschreitung mehr und damit auch zu keinen Sanktionszahlungen. Demnach besteht auch kein Anreiz mehr, zusätzliche Anstrengungen für CO₂-Absenkungen zu unternehmen – obwohl faktisch in den Jahren 2020-2022 eine markante Ziellücke besteht (Differenz zwischen der roten und der grünen Linie).

Abbildung 14: Illustration der CO₂-Berechnung eines Importeurs für verschiedene Einführungsvarianten, ermittelt unter Annahme des mittleren Marktentwicklungsszenarios



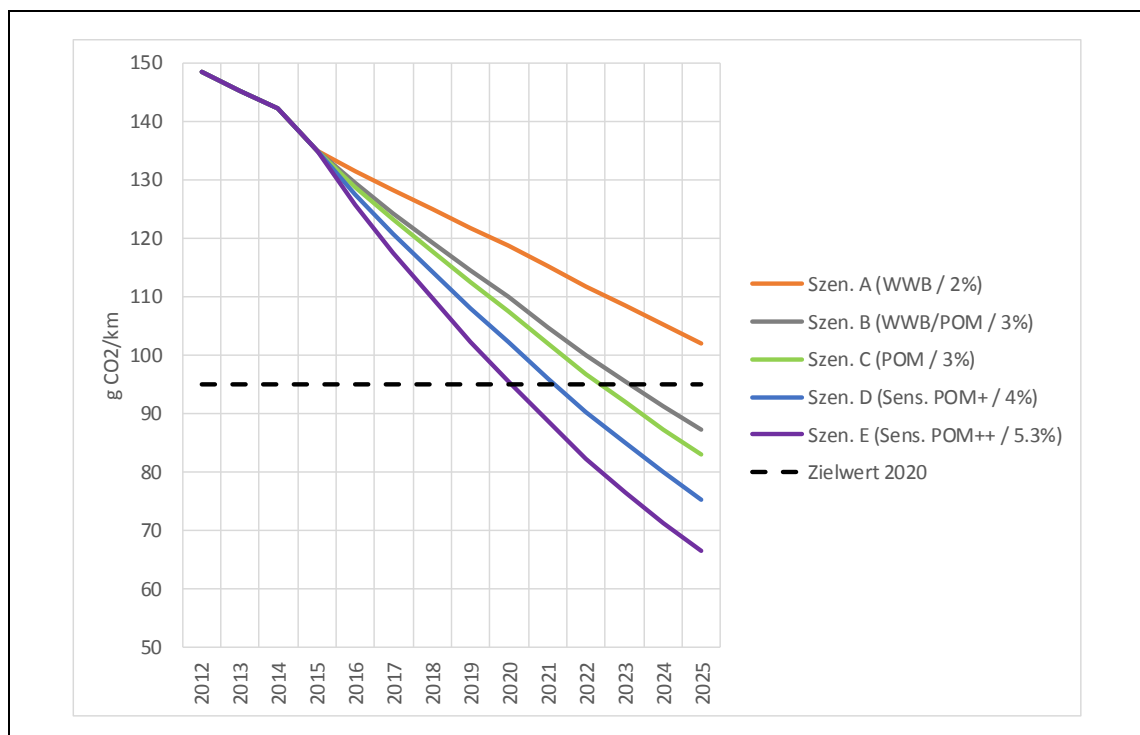
4.6. Ergebnisse

Die Modellergebnisse umfassen einerseits die Entwicklung der CO₂-Emissionen, andererseits die fälligen Sanktionszahlungen.

4.6.1. Entwicklung der CO₂-Emissionen

Abbildung 15 zeigt, dass alle drei Marktszenarien (gemäss Tabelle 5) den Zielwert 2020 (95 g/km) nicht zeitgerecht erreichen. Lediglich eine Entwicklung gemäss dem Szenario E (POM++ / 5.3%), d.h. mit einem Anteil von 10.6% LEV bis 2020 sowie einer Effizienzsteigerung der Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren von 5.3% pro Jahr schafft diese Zielerreichung. Zu beachten ist dabei, dass der Ausgangspunkt 2015 immer bei 135 g/km liegt und nicht beim Zielwert 2015 von 130 g/km, der von der Definition her mit dem Zielwert 2020 von 95 g/km vergleichbar ist.

Abbildung 15: CO₂-Emissionsentwicklung der PW-Neuwagenflotte in verschiedenen Szenarien



4.6.2. Sanktionszahlungen und Einfluss der Einführungsmodalitäten

Abbildung 16 zeigt zuerst für die drei Szenarien A, B und C die Entwicklung der maximal anfallenden Sanktionszahlungen jeweils unter ausgewählten Varianten von Einführungsmodalitäten. Abbildung 17 zeigt anschliessend die Summe der Sanktionen über die Jahre 2020 bis 2023 für alle Marktszenarien. In beiden Darstellungen sind allfällige Reaktionen der Akteure (namentlich der Emissionsgemeinschaften) auf Zielüberschreitungen nicht eingerechnet. Die Zahlen stellen deshalb obere Grenzwerte der möglichen Sanktionen dar, denn namentlich bei hohen Sanktionen würden die Emissionsgemeinschaften wohl auf diese reagieren (z.B. durch Neubildung von Emissionsgemeinschaften, Abtretungen oder verstärkte Anstrengungen in Richtung effizienterer Angebote), um so die mittleren CO₂-Emissionen ihrer Flotten abzusenken und die Sanktionslast zu reduzieren. Die Abbildungen beschränken sich auf die Kombination der Varianten 1 und 2 von Phasing-In bzw. Supercredits²⁰. Annex 4 zeigt die zugehörigen Resultate aller Kombinationen.

Abbildung 18 und Abbildung 19 stellen anschliessend am Beispiel des mittleren Szenarios B die Sanktionsverläufe je Pool dar, einmal in CHF pro Fahrzeug und einmal als Gesamtbetrag in Mio. CHF/a.

²⁰ Variantenbeschreibung PW:

Modalität	Variante	Kurzname	Bezeichnung	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Phasing-In	Var. 1	EU	"Baseline EU"	95%	100%	100%	100%	100%	100%
Phasing-In	Var. 2	CH	"Swiss finish"	85%	90%	95%	100%	100%	100%
Supercredits	Var. 1	EU	"Baseline EU"	2	1.67	1.33	1	1	1
Supercredits	Var. 2	LEV+	"Zusätzliche Förderung"	3	2	1.5	1	1	1

Abbildung 16: Sanktionsverläufe unter verschiedenen Szenarien und Einführungsmodalitäten (PW)

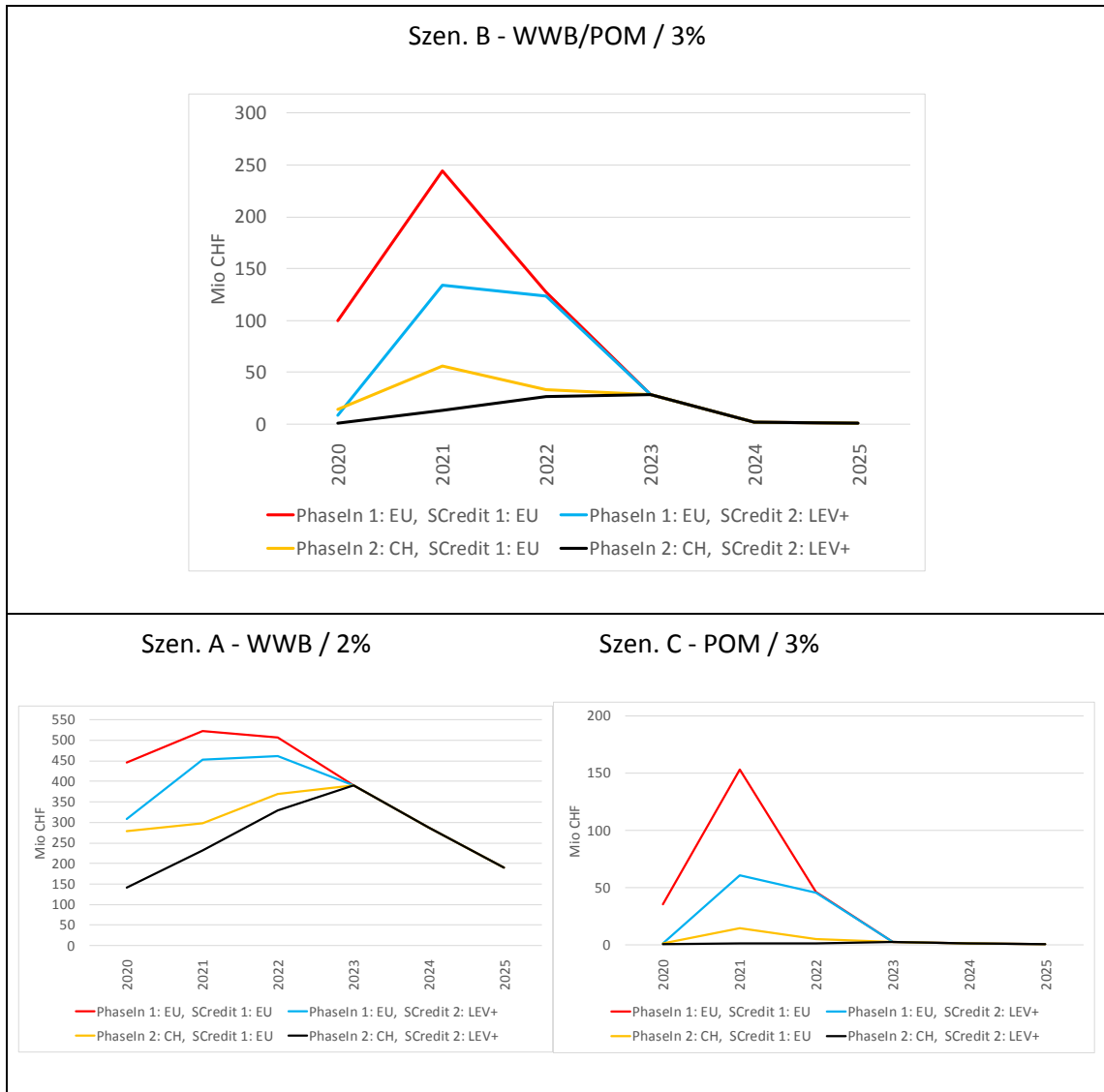
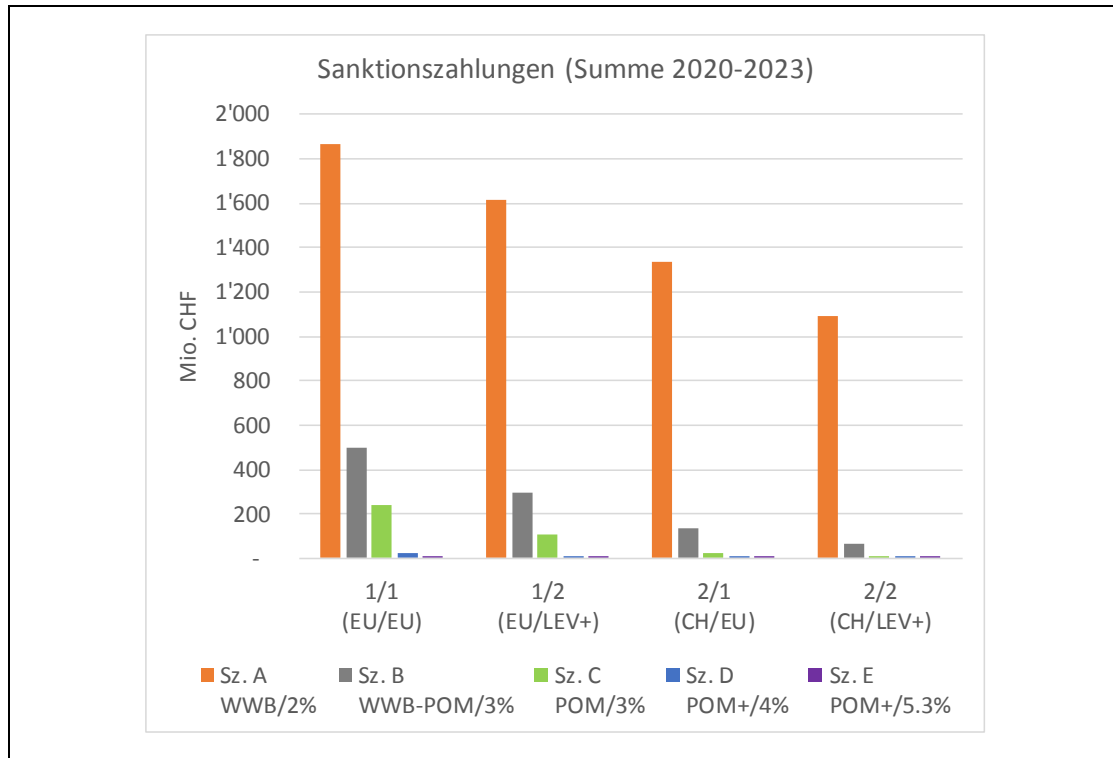


Abbildung 17: Summe der Sanktionszahlungen für die Jahre 2020-2023



Vgl. Zahlen in Annex 4.

Abbildung 18: Sanktionsverläufe je Pool in CHF/Fahrzeug im mittleren Marktszenario B unter verschiedenen Einführungsmodalitäten (PW)

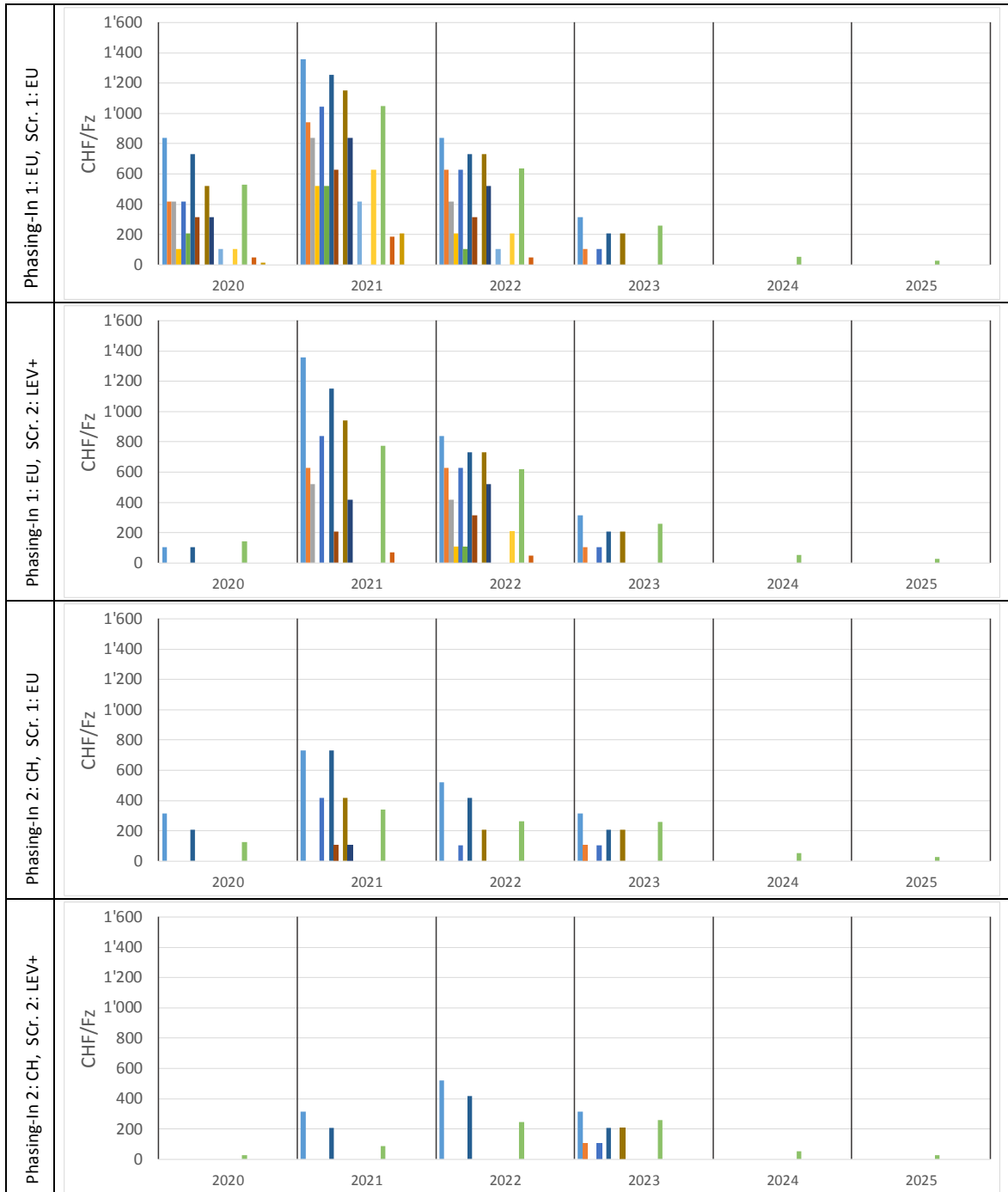
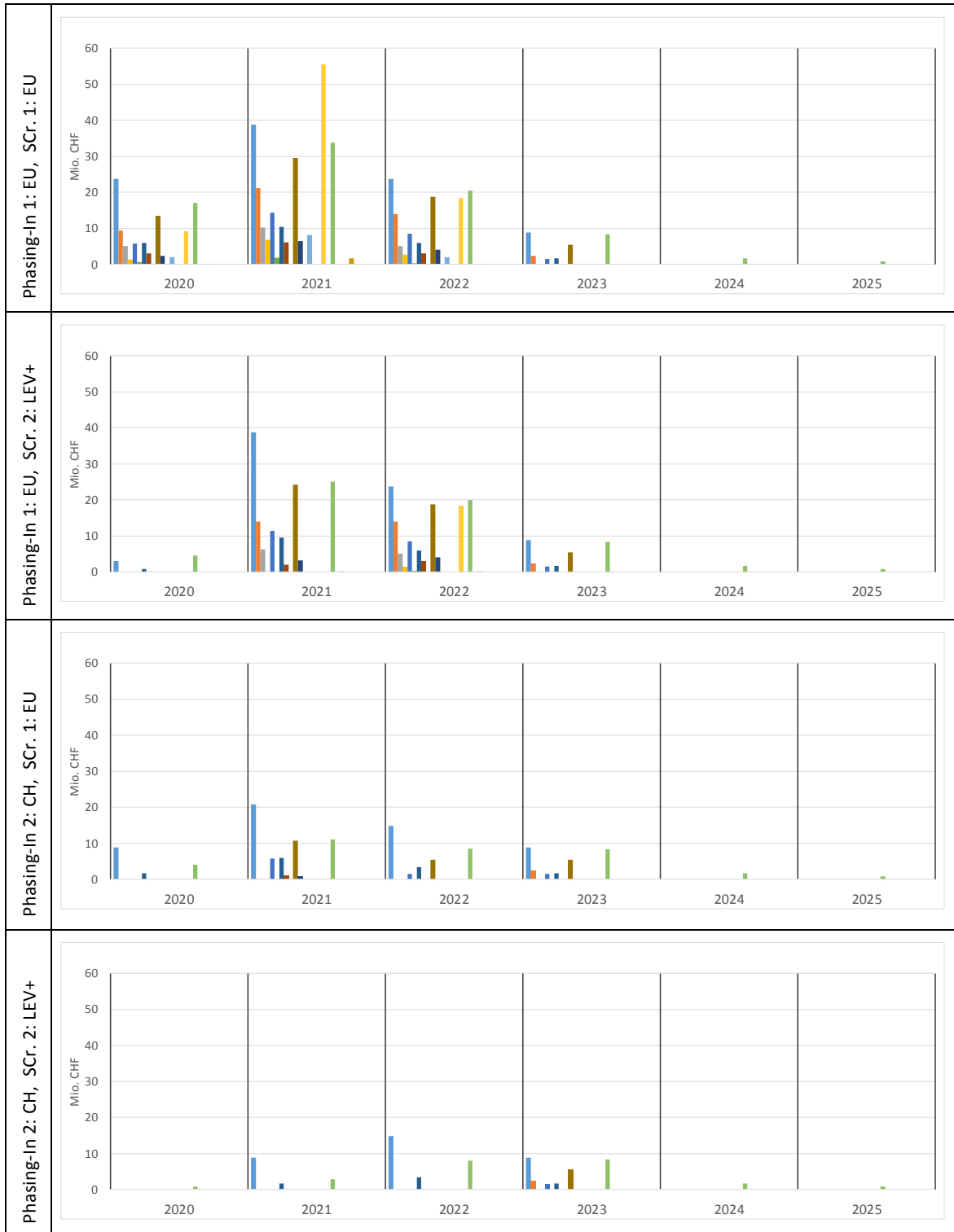


Abbildung 19: Sanktionsverläufe je Pool in Mio. CHF im mittleren Marktszenario B unter verschiedenen Einführungsmodalitäten (PW)



4.6.3. Interpretation der Ergebnisse

Generelle Anmerkungen

- Die Ergebnisse sind „Grenzresultate“, d.h. die aus den CO₂-Zielüberschreitungen ableitbaren Sanktionen fallen nur an, wenn die Importeure darauf nicht reagieren würden, und werden in der Praxis nach bisheriger Erfahrung deutlich unterschritten. Die Intention der Sanktion ist es, einen Lenkungseffekt auszulösen, indem die Importeure auf den Markt einwirken, um die Neuwagenflotte effizienter bzw. CO₂-ärmer zu machen²¹: Sie können technologisch effizientere Fahrzeuge prominenter fördern, auf kleinere und deshalb effizientere Fahrzeuge und/oder auf höhere LEV-Anteile setzen – oder aber auch auf die Bildung von Emissionsgemeinschaften oder auf Abtretungen. Allerdings bewirken lediglich die erstgenannten Reaktionsmuster eine Reduktion der CO₂-Emission und gleichzeitig auch des Sanktionsbetrags; die letztgenannten reduzieren die Sanktionen, nicht aber die CO₂-Emissionen.
- Wie genau diese Reaktionen ausfallen bzw. wo sich ein Gleichgewicht einstellt, wurde nicht modelliert, da dafür kaum verlässliche Grundlagen (z.B. für eine Modelleichung) bestehen. Man würde sich auch mit einer elaborierten Modellierung auf Spekulationsniveau bewegen, deshalb wurde darauf verzichtet. Die Komplexität wird zudem dadurch verstärkt, dass die Schweiz ein vergleichsweise kleines Marktvolumen hat und deshalb kaum auf Hersteller einwirken kann. Vielmehr sind die Importeure die Akteure, welche sich weitgehend auf die bestehende Angebotspalette beschränken müssen. Im Fokus stehen also weniger angebotsseitige Veränderungen, als vielmehr ein auf Effizienz bzw. CO₂-Reduktion ausgerichtetes Auswahlverhalten aus einem bereits bestehenden Fahrzeugangebot, das durchaus bereits die nötigen effizienten Fahrzeuge aufweist. Die Bereitstellung der Angebotspalette ist primär durch ähnliche EU-Rahmenbedingungen getrieben.
- Letztlich ist eine Einschätzung gefordert, welche Sanktionshöhe, die sich aus der Kombination von „Marktszenario“ und „Einführungsmodalitätsvariante“ ergibt, dem Anspruch „ambitiös aber realistisch“ gerecht wird – ambiös bezüglich CO₂-Reduktion, realistisch bezüglich der Umsetzbarkeit von Effizienzgewinnen, sei es technologischer Art und/oder der Erhöhung des Anteils von Low-Emission Vehicles. Anzumerken bleibt, dass derzeit lediglich die Einführungsmodalitäten festzulegen sind. Der „Markt“ bzw. die effektiv ausgelösten Reaktionen werden letztlich zeigen, wo dieses Gleichgewicht zwischen CO₂-Emissionsreduktion und Sanktionszahlungen zu liegen kommen wird.

²¹ Die Autobranche verfügte gemäss Media Focus im Jahr 2015 beispielsweise über einen Werbedruck in Höhe von ca. 360 Mio. CHF für die Promotion von Neuwagen (Media Focus 2015).

Zu den Szenario-Ergebnissen im Einzelnen

Betrachtet man beispielsweise einen CO₂-Reduktionspfad gemäss Szenario B mit Zielerreichung im Jahr 2023 als ambitioniert genug, sollten die Sanktionen für diesen Fall begrenzt bleiben. Entsprechend bietet sich dafür die Variantenkombination 2/1 (CH/EU) an. Diese weist Sanktionen von maximal total rund 130 Mio. CHF in der Periode 2020-2023 aus. Zur Minderung dieser Sanktionen bestehen seitens der Importeure noch Spielräume wie beispielsweise die Bildung neuer Emissionsgemeinschaften oder sog. Abtretungen. Selbstredend würde auch jede effektive CO₂-Minderung die Sanktionslast weiter reduzieren, wobei sich der Markt damit in Richtung Szenario C oder D verschieben würde.

Eine Variantenkombination 1/1 (analog EU) würde für Szenario B demgegenüber bedeuten, dass entweder höhere Sanktionen anfallen (total maximal 500 Mio. CHF) – oder aber man betrachtet es als realistisch, dass der Markt sich noch stärker in Richtung der Szenarien C (höhere LEV-Anteile als Szenario B) oder D (höhere LEV-Anteile plus höhere Absenkungsraten [4% statt 3%/a] gegenüber Szenario B) oder gar E bewegen lässt und so weniger Sanktionszahlungen nötig werden.

Entwickelt sich der Markt gemäss Szenario A, so werden in jedem Fall hohe Sanktionen fällig: mit der Variantenkombination 1/1 (analog EU) rund 1.9 Mrd. CHF (Summe 2020-2023), mit Variantenkombinationen 2/1 (CH/EU) oder 2/2 (CH/LEV+) noch immer 1.3 bis 1.1 Mrd. CHF. Es ist zu erwarten, dass solche Sanktionsbeträge starke Anreize darstellen, die Marktentwicklung in Richtung von Szenario B oder C zu stossen.

Das Szenario C ist ambitionierter als B und erreicht das CO₂-Ziel um rund 1 Jahr früher (2022 statt 2023), aber noch immer nicht im an sich anvisierten Jahr 2020. Eine Variantenkombination 1/1 (analog EU) führt zu maximalen Sanktionen von noch rund 200 Mio. CHF (Summe 2020-2023), stellt also noch gewisse Anreize zu weiterer CO₂-Reduktion dar. Demgegenüber lösen Variantenkombinationen 2/1 (CH/EU) oder 2/2 (CH/LEV+) keine Sanktionen und damit auch keine Anreize zu weiterer CO₂-Absenkung aus.

Was würde es demnach bedeuten, wenn die Schweiz eine eigene „Schweizer Regelung“ z.B. im Sinne der Variante 2/1, d.h. Phasing-In «Swiss finish» und Supercredits «Baseline EU», einführen würde? Man kann die Wirkung am Beispiel von Szenario B illustrieren: Mit einer solchen „Schweizer Regelung“ fallen Sanktionen im Zeitraum 2020-2023 von maximal rund 130 Mio. CHF an. Mit einer „EU-Regelung“ würden 500 Mio. CHF fällig, was zweifellos zu grösseren Reaktionen bei den Importeuren führte. Mit einer „Schweizer Regelung“ verzichtet man somit entweder auf Marktanpassungen und damit auf entsprechende CO₂-Reduktionen, oder aber man verzichtet auf die fälligen Sanktionszahlungen. Die effektive Wirkung dürfte irgendwo dazwischen liegen.

4.6.4. Einfluss des Leergewichts

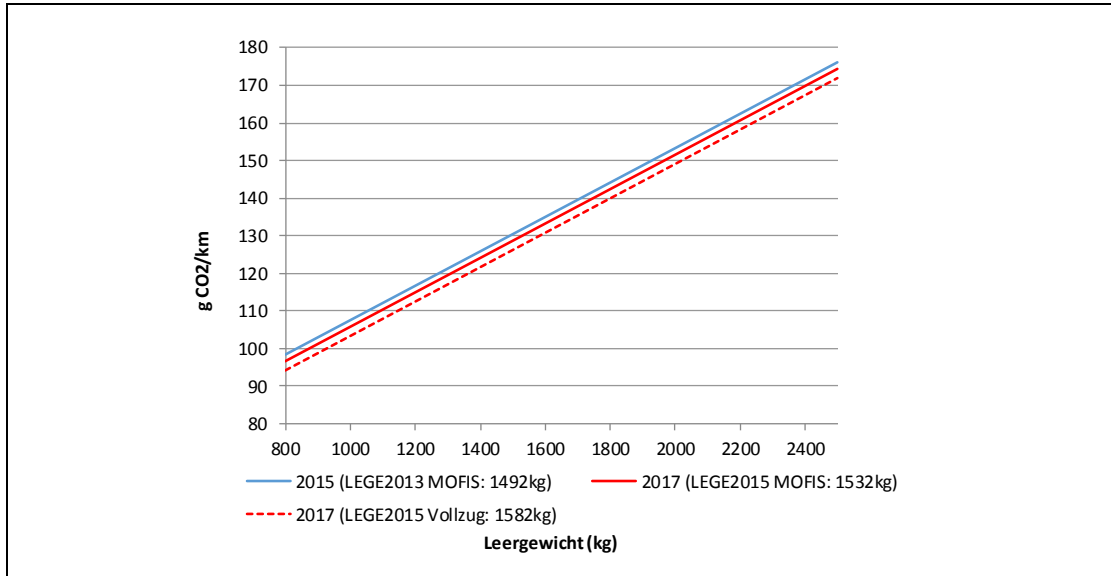
Die importeurspezifischen Zielvorgaben hängen u.a. vom mittleren Leergewicht der Neuwagenflotte ab²². In Abschnitt 3.4.1 wurde ausgeführt, dass der im Vollzug erfasste durchschnittliche Leergewichtswert 2015 um rund 50 kg höher ist als der aktuelle, vom BFE publizierte Referenzwert von 1532 kg. Die oben dargestellten Sanktionsberechnungen basieren auf Zielvorgaben mit Referenzleergewicht gemäss Vollzugsdatensatz. Faktisch ergeben sich dadurch etwas strengere Zielvorgaben. Die Berechnung der Zielvorgabe ist damit so kalibriert, dass sie konsistent ist mit dem politisch geforderten Zielwert.

Abbildung 20 zeigt diesen Mechanismus anhand der aktuell geltenden Zielwertgerade:

- Die Zielwertgerade 2015 basiert auf dem Referenzleergewicht 2013 gemäss MOFIS (1492 kg).
- Setzt man für die Zielwertgerade 2017 den MOFIS-Wert 2015 ein (1532 kg), so ergibt sich eine um 1.8 g strengere Zielvorgabe als gemäss Zielwertgerade 2015 (Differenz $40\text{kg} \times 0.0457$ [Steigungsparameter]).
- Verwendet man demgegenüber für die Zielwertgerade 2017 den Wert gemäss Vollzugsdaten 2015 (1582 kg), so ergibt sich eine um zusätzliche 2.3 g (=total 4.1 g) strengere Zielvorgabe als 2015 (totale Differenz $90\text{kg} \times 0.0457$ [Steigungsparameter]).
- Würde man für die Zielwertgerade 2017 die EU-Leergewichtszahl 2015 verwenden (1381 kg), so wäre die Zielvorgabe um 9.1 g weniger streng (totale Differenz $200\text{kg} \times 0.0457$).

²² Genau genommen gilt dafür der Wert des Leergewichts der im vorletzten Kalenderjahr vor dem Referenzjahr erstmals in Verkehr gesetzten Fahrzeuge.

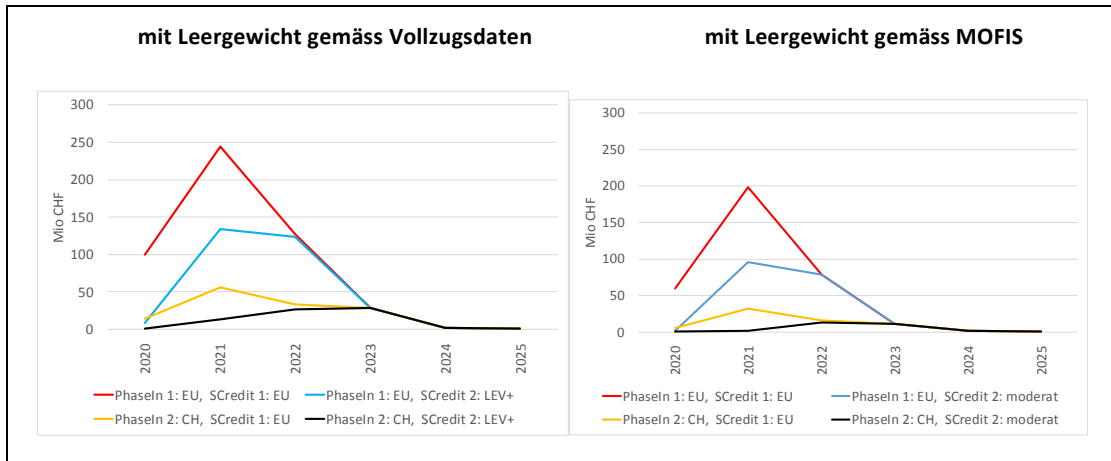
Abbildung 20: Einfluss des Leergewichts auf die Zielwertfunktion



Einfluss auf die Sanktionen

In der folgenden Abbildung wird am Beispiel des mittleren Szenarios B (WWB/POM / 3%) der Einfluss der unterschiedlichen Zielvorgaben auf die Sanktionen dargestellt, je nachdem ob man das Referenzleergewicht gemäss Vollzugsdatensatz verwendet, was konsistenter ist (links, bereits in Abbildung 16 dargestellt), oder ob man die Angaben gemäss MOFIS verwendet (rechts), da dies vor Vollzugsbeginn zwangsläufig aufgrund der Datenverfügbarkeit so in der Verordnung festgelegt wurde. Die Differenz macht z.B. im Jahr 2021 rund 50 Mio./a aus. Würde man also weiterhin die MOFIS- und nicht die Vollzugsdaten verwenden, würden die Sanktionen entsprechend geringer und so der Druck auf die CO₂-Minderung kleiner.

Abbildung 21: Einfluss des Leergewichts auf die Sanktionen am Beispiel des mittleren Szenarios B



4.6.5. Auswirkungen auf Kleinimporteure von Personenwagen

Im Vollzug der CO₂-Emissionsvorschriften 2012-2015 wurde bei Importeuren mit weniger als 50 PW pro Jahr die Sanktion pro Fahrzeug einzeln berechnet. Dabei handelt es sich überwiegend um Importe einzelner Fahrzeuge durch Private. Die Anzahl einzeln abgerechneter Fahrzeuge bewegte sich in der Grössenordnung von 2'000 Fahrzeugen und machte damit einen Anteil von weniger als 1% aus, vgl. Abbildung 2 und die zugehörige Tabelle.

Um die Sanktionslast bei Kleinimporteuren abzuschätzen, werden die Sanktionsbeträge per 2020 aufgezeigt. Für die Prognose werden die Fahrzeugdatensätze der Kleinimporteure im Jahr 2015 verwendet. Anhand dieser Daten werden die CO₂-Emissionen gemäss dem mittleren Szenario fortgeschrieben, d.h. eine Absenkung der CO₂-Emissionen bei Benzin- und Dieselfahrzeugen mit 3% p.a. unterstellt. Der Anteil von LEV wird nicht variiert, zumal im Jahr 2015 keine elektrischen Fahrzeuge einzeln abgerechnet wurden und dies auch in Zukunft nicht wahrscheinlich ist. Gemäss Energiestrategie 2050, Art. 13 Abs. 3 CO₂-Gesetz, kann der Bundesrat vorsehen, die Sanktion für Kleinimporteure wie bisher abzumindern. Die Sanktionsminderung stützt sich auf die Phasing-in-Prozentsätze. Die Tabelle 7 zeigt die durchschnittlichen Sanktionsbeträge pro Fahrzeug, berechnet mit dem Leergewicht gemäss Vollzugsdaten und abgemindert gemäss den Phasing-in Varianten. Diese Sanktionsbeträge können als maximale Obergrenze interpretiert werden, da keine Reaktion der Kleinimporteure angenommen wird, z.B. eine mögliche Abrechnung via eine CO₂-Börse.

Tabelle 7: Sanktionsprognose für das Jahr 2020 bei direktimportierten PW

Nullfall: 100%	Baseline EU: 95%	Swiss Finish: 85%	Swiss Finish+: 50%
Fr. 2'100	Fr. 2'000	Fr. 1'800	Fr. 1'100

5. Auswirkungen bei den PW

5.1. Weitere Folgewirkungen

Neben den bisher aufgezeigten Effekten der Szenarien, die unmittelbar mit der Massnahme liiert sind (CO₂-Emission der Neufahrzeuge und Sanktionen im Zeitraum 2020-2015) werden in diesem Kapitel weitere Auswirkungen erörtert:

- Auswirkungen auf die CO₂-Emissionen des gesamten PW-Verkehrs,
- Auswirkungen auf den Treibstoff- und den Energieverbrauch (in PJ),
- Auswirkungen auf den Mineralölsteuerertrag,
- Auswirkungen auf die Ausgaben für die Treibstoffe (Konsumentensicht).

Dazu ist es nötig, nicht nur die Neuwagen-Flotte, sondern den gesamten Fahrzeugbestand in die Kalkulation mit einzubeziehen. Gleichzeitig ist auch ein etwas längerer Zeithorizont (bis 2030) zu betrachten, weil die Massnahme erst nach und nach wirksam wird, wenn die Neufahrzeuge sich im Bestand durchsetzen. Damit wird es zwangsläufig notwendig, weitere Annahmen zu treffen, namentlich wie die CO₂-Emissionsvorschriften und die Neuwagenflotte sich über den Zeitpunkt 2020 hinaus weiter entwickeln werden. Konkrete Vorgaben dazu liegen nicht vor, wohl aber der Grundsatz, dass auch künftig mit weiteren Absenkungen zu rechnen sein wird. Zudem betrifft die Massnahme die Personenwagen (und in ähnlicher Form auch die Leichten Nutzfahrzeuge, vgl. Kap. 6 ff.). Die Personenwagen machen zwar einen Grossteil des Energieverbrauchs des Verkehrs aus (rund zwei Drittel)²³, sie sind aber gleichwohl nicht das einzige Verbrauchersegment von Treibstoffen (z.B. der Non-road-Sektor)²⁴.

5.2. Methodik der Wirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzung erfolgt auf der Basis des Bottom-up-Modells, das bereits bei den Energieperspektiven 2050 (BFE 2012) eingesetzt wurde. Der Berechnungsansatz in den Bottom-up-Modellen ist vergleichsweise einfach: Der Energieverbrauch ergibt sich aus der Multiplikation der Aktivität und dem spezifischen Verbrauch, wobei die Aktivität typischerweise als Fahrleistung ausgedrückt wird (FzKm). Diese ergibt sich aus dem Fahrzeugbestand multipliziert mit

²³ PW: 158 PJ; LNF: 13.5 PJ; Gesamtverbrauch Verkehr (alle Treibstoffe): 235 PJ (2014). Quelle: Expost-Analyse 2014 (BFE 2015)

²⁴ Im Rahmen der Expost-Analysen (BFE 2015) werden beispielsweise folgende Sektoren dem Bereich „Verkehr“ zugewiesen:

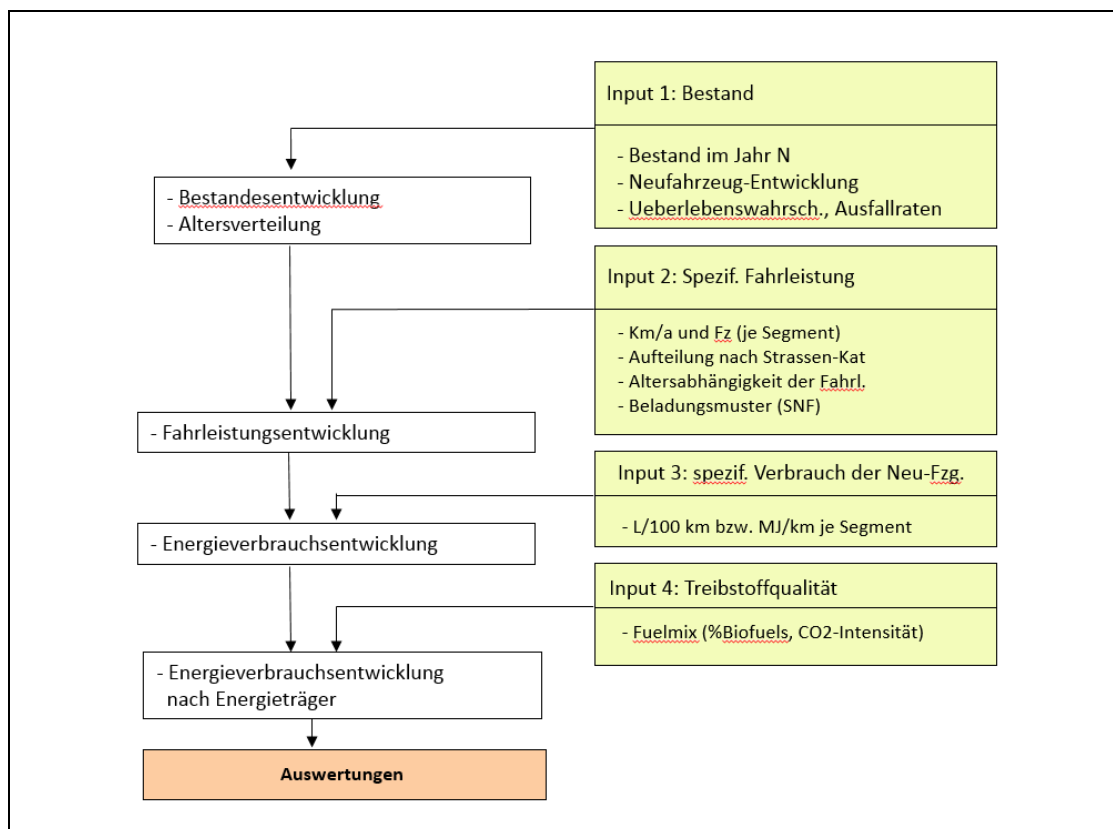
- Beim Strassenverkehr werden sechs Kategorien unterschieden: Personenwagen, Leichte Nutzfahrzeuge, Schwere Nutzfahrzeuge, Reisebusse, Linienbusse und Motorräder.
- Zusätzliche eng mit dem Verkehr liierte „Non-Road“-Verbraucher sind Schienen-, Wasser- und Luftverkehr.
- Weitere „Non-Road“-Kategorien sind Baumaschinen, Land und Forstwirtschaft, Industrie sowie die mobile Maschinen (insb. Gartenpflege/Hobby).

der mittleren Jahresfahrleistung (km). Die Komplexität eines Bottom-up-Modells ergibt sich primär aus dem Umstand, dass diese Berechnung für viele einzelne Fahrzeuggruppen durchgeführt werden muss, weil der Energieverbrauch je Fahrzeuggruppe (PW, Liefer-, Lastwagen etc.) und je nach Segment, Grösse, Alter, Technologie etc. sehr unterschiedlich ausfällt und überdies je nach Verkehrssituation variiert (z.B. Autobahn oder städtischer Verkehr, flüssiger oder stockender Verkehr). Dazu kommen weitere Einflussfaktoren wie etwa Kaltstart-Verhalten, zusätzliche Verbraucher wie Klimaanlage u.a.m.

Die Modellierung des Energieverbrauchs des Strassenverkehrs erfolgt im Wesentlichen in vier Schritten: der Modellierung des Fahrzeugbestandes, der spezifischen Fahrleistung, dem spezifischen Verbrauch und der Treibstoffqualität bzw. der CO₂-Intensität der Treibstoffe. Letztlich lässt sich so der Energieverbrauch (wie auch der Schadstoffausstoss) je Segment und Treibstofftyp ermitteln und nach Bedarf aggregieren und auswerten.

Annex 5 geht detaillierter auf die Modellierung ein.

Abbildung 22: Modellierung des Energieverbrauchs des Strassenverkehrs



vgl. Details in Annex 5.

Um die Wirkung konkreter Massnahmen (wie der CO₂-Vorschriften) abzuschätzen, sind zwei Entwicklungspfade zu unterstellen: einmal eine Entwicklung „OHNE Massnahme“ und einmal eine Entwicklung „MIT Massnahme“. Die Differenz entspricht dann dem Effekt der Massnahme. Für beide Pfade sind zwei Einflussfaktoren festzulegen:

- einerseits ist der Verlauf der spezifischen CO₂-Emission aller Segmente der Neuwagenflotte zu definieren,
- andererseits ist festzulegen, wie sich die Struktur der Neuwagenflotte entwickeln wird. Vor allem ist im vorliegenden Fall festzulegen, wie gross der Anteil an Elektrofahrzeugen bzw. Low-Emission Vehicles sein wird, welche bei der Emissionsberechnung mit null oder tiefen (z.B. <50 g) CO₂-Emissionen berücksichtigt werden.

Eine Modellierung für die Wirkungsabschätzung muss beide Aspekte gleichzeitig beachten, da sie in ihrer Kombination den gewichteten Neuwagen-Gesamtflottenwert ergeben, der letztlich exogen bzw. politisch vorgegeben wird.

5.3. Annahmen zur Wirkungsabschätzung

Die in Kapitel 4 aufgezeigten Szenarien und Varianten lassen nicht klar darauf schliessen, wie genau die Importeure auf die Sanktionen reagieren werden und wo genau der Markt sich letztlich einpendeln wird. Ebenso ist ungewiss, wie die Entwicklung ohne diese Massnahme aussehen würde, zumal in der EU die Massnahme bereits beschlossen ist und somit ein gewisser Mitnahmeeffekt unterstellt werden kann oder muss. Die folgenden quantitativen Abschätzungen geben deshalb eine grobe Grössenordnung der mutmasslichen Effekte. Diese hängen wesentlich von den zugrunde gelegten Annahmen ab.

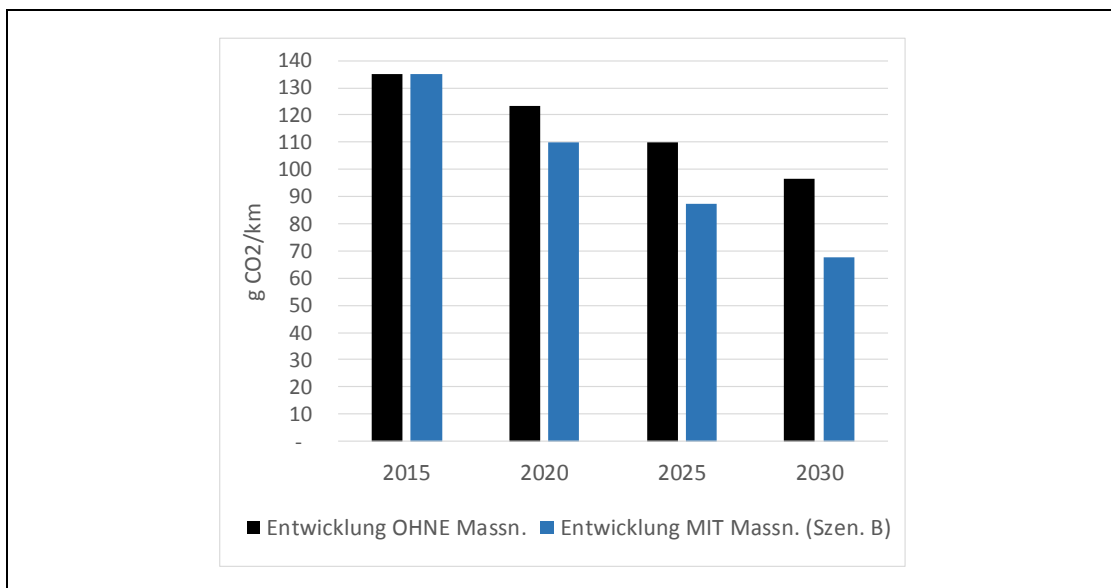
Im Rahmen der Energieperspektiven 2050 (BFE 2012) wurde für ein Bezugsszenario ohne Massnahme (Szenario WWB) unterstellt, dass die spezifische Absenkung der CO₂-Emissionen der Neu-PW durchaus weitergeht, aber den Zielwert von 95 g CO₂/km erst im Jahr 2030 erreichen wird. Gleichzeitig wurde angenommen, dass Elektromobilität Einzug im Verkehr hält, allerdings in moderater Form. Diese Annahmen werden im Folgenden als Bezugsszenario im Sinne einer «Entwicklung OHNE Massnahme» unterstellt.

Für das Szenario POM wurde in den Energieperspektiven 2050 demgegenüber die Erreichung des Zielwerts von 95 g CO₂/km im Jahr 2020 unterstellt. Die Analysen in Kapitel 4 zeigen, dass dies selbst mit strengen Einführungsmodalitäten ein sehr ambitionierter Pfad wäre. Naheliegender scheint eine Entwicklung, die sich am mittleren Szenario B orientiert. Wird dabei auch

von einer Schweizer Regelung der Einführungsmodalitäten, z.B. im Sinne der Varianten 2/1 oder 2/2 ausgegangen²⁵ mit Sanktionszahlungen im einstelligen oder tiefen zweistelligen Mio.-Bereich, so gibt dies ein realistisches Bild einer «Entwicklung MIT Massnahme». Dem Szenario B entspricht allerdings eine verzögerte Zielerreichung (im Jahr 2023 statt 2020). Dementsprechend werden die Auswirkungen geringer ausfallen als in den Energieperspektiven 2050 erwartet. Ausgangspunkt ist der Zustand 2015 mit den aktualisierten Daten zu Flottenmix und CO₂-Emissionen der Neufahrzeuge²⁶.

Die nachstehenden Figuren visualisieren die Annahmen zum Absenkpfad (Abbildung 23) bzw. zur Flottenzusammensetzung (Abbildung 24). Die Zahlen dazu finden sich in Annex 6.

Abbildung 23: Annahmen zur Entwicklung der spezifischen CO₂-Emissionen der PW im Fall „OHNE Massnahme“ und im Fall „MIT Massnahme“ (Szen. B)



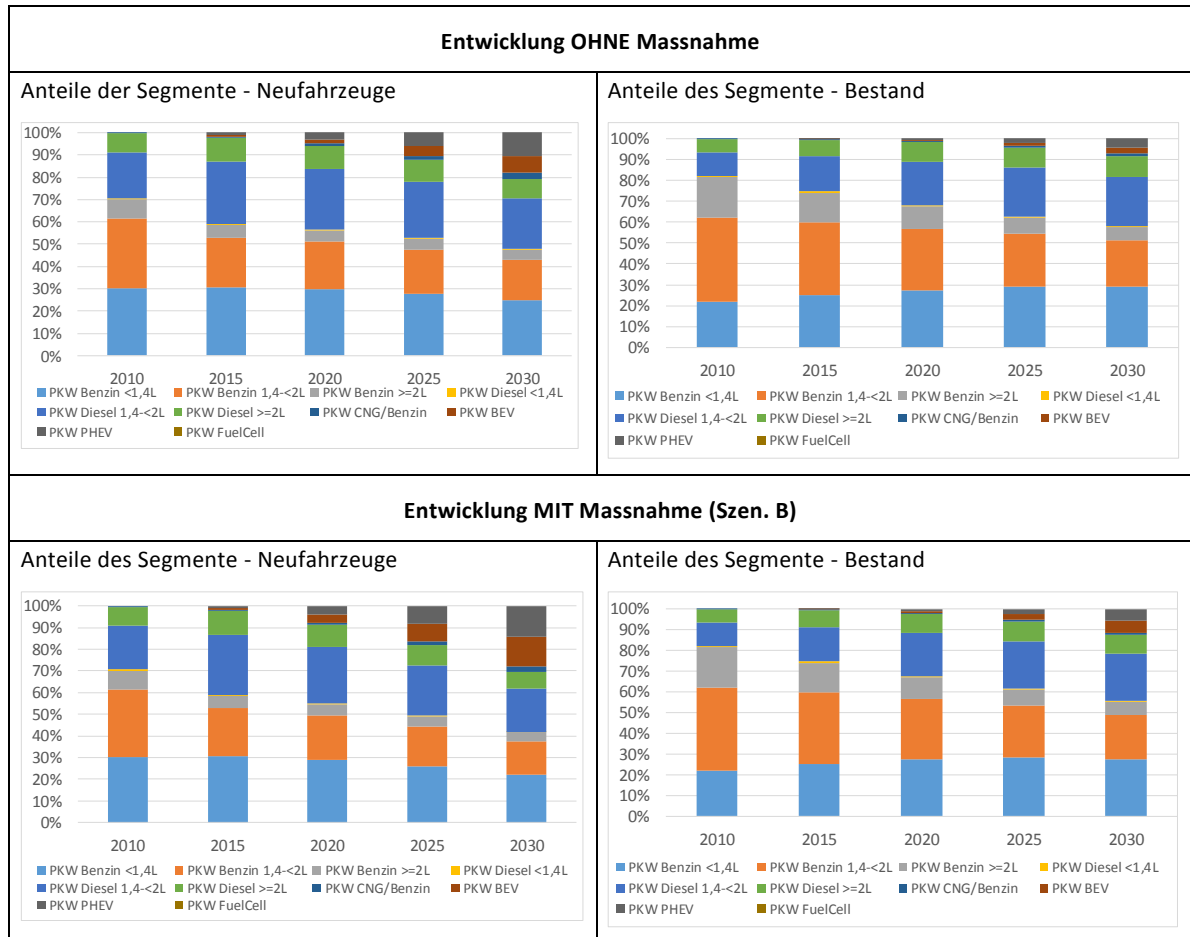
Vgl. Zahlen in Annex 6.

²⁵ Definition der Varianten von Einführungsmodalitäten für PW:

Modalität	Variante	Kurzname	Bezeichnung	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Phasing-In	Var. 1	EU	"Baseline EU"	95%	100%	100%	100%	100%	100%
Phasing-In	Var. 2	CH	"Swiss finish"	85%	90%	95%	100%	100%	100%
Supercredits	Var. 1	EU	"Baseline EU"	2	1.67	1.33	1	1	1
Supercredits	Var. 2	LEV+	"Zusätzliche Förderung"	3	2	1.5	1	1	1

²⁶ Allein schon aufgrund dieser Aktualisierung stimmen die hier gemachten Abschätzungen zwangsläufig nicht mehr genau mit den früheren Angaben in den Energieperspektiven 2050 überein, welche vom Zustand 2010 ausgingen und z.B. für 2015 eine strikte Zielerreichung von 130 g CO₂/km unterstellten (2015 effektiv: 135 g).

Abbildung 24: Entwicklung der PW-Flottenzusammensetzung in den Fällen „OHNE“ bzw. „MIT Massnahme“



Vgl. Zahlen siehe Annex 6.

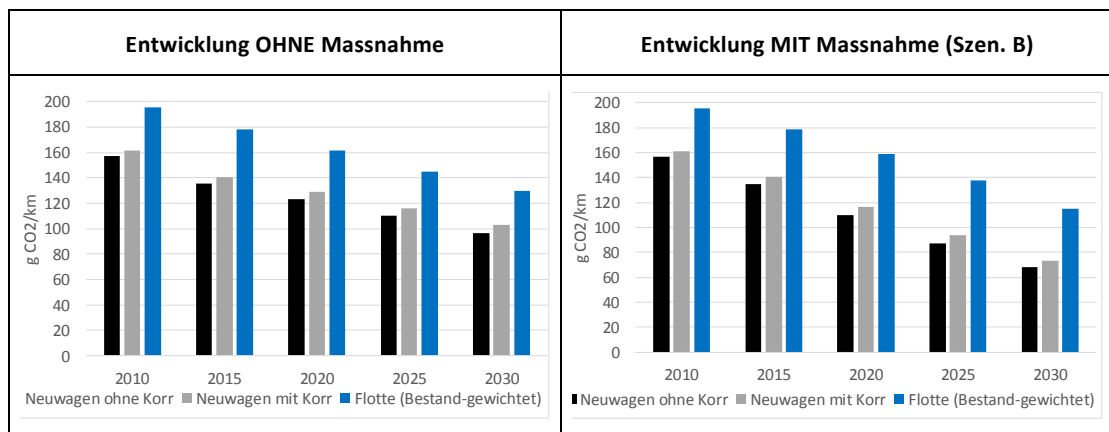
5.4. Auswirkungen auf Energieverbrauch, CO₂-Emissionen und Fiskal-Erträge

Hier interessiert, wie sich die tieferen spezifischen CO₂-Emissionen der Neuwagen im Verlauf der Zeit auf die Flotte auswirken und welche Folgewirkungen dies hat, namentlich auf die CO₂-Emissionen insgesamt bzw. den Treibstoffverbrauch. Unter der Annahme, dass sich die Steuerersätze der Mineralölsteuer nicht verändern, lassen sich auch die Grössenordnungen der dadurch zu erwartenden Ausfälle bei der Mineralölsteuer bzw. Mineralölsteuerzuschlag sowie der Mehrwertsteuer abschätzen.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Entwicklung der spezifischen CO₂-Werte, links für die Referenzentwicklung OHNE Massnahme, rechts MIT Massnahme. Gezeigt wird der Verlauf der Neuwagenflotte [schwarze Säule = NEFZ-Werte und graue Säulen = korrigierte NEFZ-Werte;

diese Korrektur berücksichtigt, dass die Diskrepanz zwischen Realverbrauch und NEFZ-Wert mit abnehmendem Verbrauch zunimmt (vgl. Annex 5, Abbildung 55 [JRC 2010]); so werden rund 70 bis 80% der Reduktionsraten gemäss NEFZ in Rechnung gestellt; vgl. dazu auch die Ausführungen in Abschnitt 5.5). Die blaue Säulenreihe illustriert, wie sich die Massnahme über die Jahre auf den mittleren bestandesgewichteten CO₂-Ausstoss auswirkt. Daraus kann man die Verzögerung ablesen, die eintritt, bis sich eine verstärkte Effizienz im Neuwagenpark effektiv in der Flotte umsetzt.

Abbildung 25: Entwicklung der spezifischen CO₂-Werte der PW



Aus diesen Angaben lassen sich die entsprechenden Auswirkungen auf die CO₂-Emissionsentwicklung bzw. den Treibstoffverbrauch abschätzen (vgl. Tabelle 8). Die weitere Verschärfung der CO₂-Emissionsvorschriften der PW bringt demnach eine Reduktion von rund 4 % beim Energieverbrauch und rund 4 bis 5% bei den CO₂-Emissionen bzw. den fiskalischen Einnahmen (Mineralölsteuer einschliesslich Mineralölsteuerzuschlag sowie der Mehrwertsteuer²⁷ auf Benzin

²⁷ Der Rückgang der Mehrwertsteuer beträgt theoretisch rund 25 Mio. CHF/a (Ø2016-2030). Dieser Rückgang stellt sich nur dann ein, wenn Treibstoffkonsumenten keinen Vorsteuerabzug geltend machen können, d.h. wenn die durch die Treibstoff-Verkäufer in die Bundeskasse fliessenden MWSt-Gelder nicht wieder durch Abzug der Vorsteuern durch die Käufer abfliessen. Gemäss BFE (2015) fallen rund 14% des Energieverbrauchs des Personenverkehrs auf der Strasse auf den Nutzverkehr; dieser Teil dürfte durch Unternehmen abgerechnet werden, die zu Vorsteuerabzug berechtigt sind. Geht man davon aus, dass auch ein Teil des übrigen Verkehrs (namentlich Pendlerverkehr) so abgerechnet wird, so reduziert sich der MWSt-Rückgang entsprechend. In den oben ausgewiesenen Zahlen wird dieser Anteil mit 25% angenommen, d.h. es wird mit lediglich 75% des theoretischen Rückgangs der MWSt gerechnet.

und Diesel). Diese Prozentangaben sind Durchschnittswerte pro Jahr, gemittelt über die Zeitspanne 2016 bis 2030. Daraus lassen sich auch die eingesparten Treibstoffkosten für die Konsumenten ableiten: Diese belaufen sich im Mittel auf rund 320 Mio. CHF/a²⁸.

Tabelle 8: Auswirkungen der Fortführung der CO₂-Emissionsvorschriften für PW

	Einheit	2015	2020	2025	2030	Ø/a
Energieverbrauch						
Referenzentwicklung OHNE Massnahme	PJ	151	142	133	124	137
Differenz zu Entw. MIT Mass. (Szen. B)	PJ	0	-2	-7	-13	-5
Differenz in %		0.0%	-1.4%	-5.1%	-10.2%	-4.0%
CO₂-Emissionen						
Referenzentwicklung OHNE Massnahme	Mio t CO ₂	11.1	10.4	9.7	9.0	10.0
Differenz zu Entw. MIT Mass. (Szen. B)	Mio t CO ₂	0.0	-0.2	-0.5	-1.0	-0.42
Differenz in %		0.0%	-1.5%	-5.6%	-11.5%	-4.5%
Minüst+ Minüst-Zuschlag						
Referenzentwicklung OHNE Massnahme	Mio CHF	3'397	3'176	2'944	2'705	3'031
Differenz zu Entw. MIT Mass. (Szen. B)	Mio CHF	0	-46	-162	-306	-127
Differenz in %		0.0%	-1.5%	-5.5%	-11.3%	-4.4%
MWSt						
Referenzentwicklung OHNE Massnahme	Mio CHF	631	598	570	538	581
Differenz zu Entw. MIT Mass. (Szen. B)	Mio CHF	0	-7	-24	-46	-19
Differenz in %		0.0%	-1.1%	-4.1%	-8.5%	-3.3%

Die CO₂-Vorschriften werden erst nach und nach wirksam, wenn die Neufahrzeuge sich im Bestand durchsetzen. Damit wird es zwangsläufig notwendig, weitere Annahmen zu treffen, namentlich wie die CO₂-Emissionsvorschriften und die Neuwagenflotte sich über den Zeitpunkt 2020 hinaus weiter entwickeln werden. In den hier gezeigten Wirkungsabschätzungen sind die Annahmen gemäss Abschnitt 5.3 eingearbeitet.

Sensitivitätsbetrachtung

Diese Abschätzungen basieren auf Modell-Berechnungen und sind zwangsläufig abhängig von den getroffenen Annahmen. Um den Unsicherheiten Rechnung zu tragen und auch um Vergleiche mit der Botschaft zum ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050 [4. Sept. 2013] zu ermöglichen, werden ergänzend zwei weitere Pfade skizziert:

- ein konservativerer Pfad ohne Massnahme, der ab 2015 zwar ebenfalls einen moderaten Einstieg in die Elektromobilität unterstellt (wie WWB), aber keine weitere Absenkung der

²⁸ Annahmen:

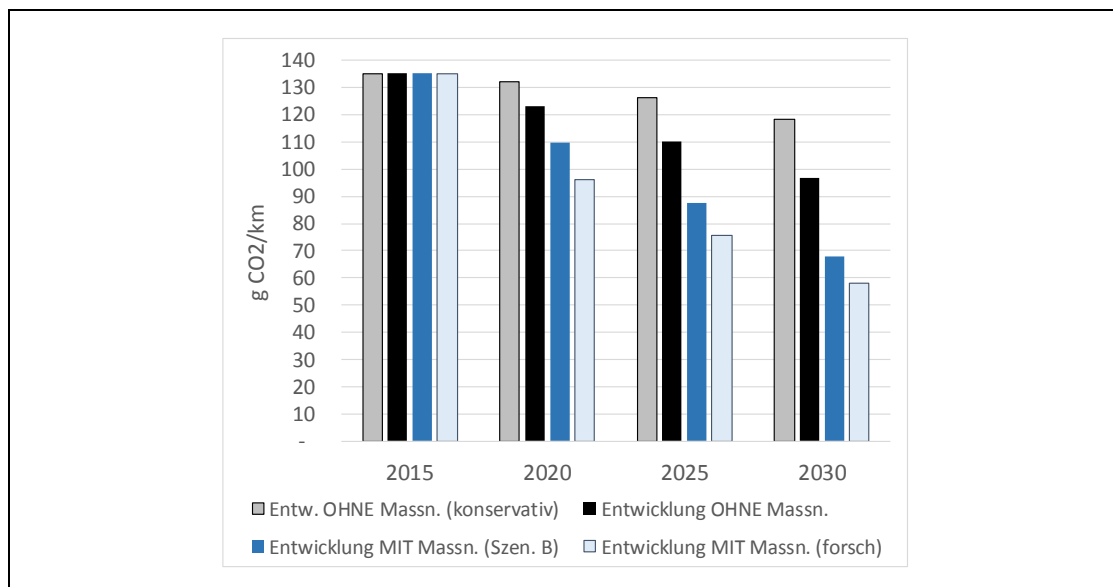
- Eingesparte Treibstoffmengen: rund 170 Mio. L/a
 - Treibstoffpreise 2020 gem. Energieperspektiven (1.88 CHF/L, gemittelt aus Benzin 1.84 bzw. Diesel 1.97)
- Unterstellte man derzeitige Treibstoffpreise (ca. 1.50 CHF/L), lägen die Ersparnisse bei gut 250 Mio. CHF/a.

CO₂-Emission bei den konventionellen Fahrzeugen [-> «Entwicklung OHNE Massnahme (konservativ)»],

- ein forscherer Pfad der Umsetzung mit Massnahme, der von einer strikten Einhaltung der Zielerreichung (95 g) im Jahr 2020 an Stelle des Jahres 2023 gemäss Szenario B ausgeht (bei gleichem Flottenmix) [-> «Entwicklung MIT Massnahme (forsch)»].

Die nachstehende Abbildung zeigt die entsprechenden Absenkpfade der CO₂-Emission von Neufahrzeugen.

Abbildung 26: Entwicklung der spezifischen CO₂-Emissionen im erweiterten Variantenspektrum



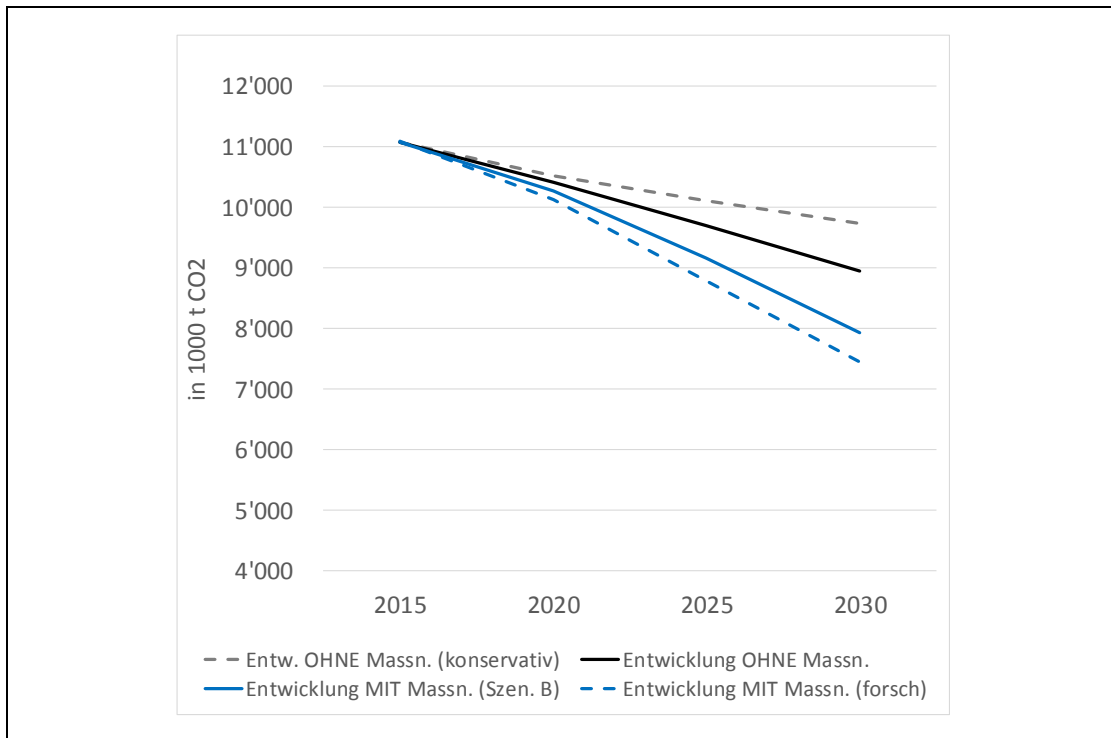
Am Beispiel der CO₂-Emissionen (Abbildung 27) können die Effekte aufgezeigt werden: Würde die Wirkung der Massnahme nicht aus dem Vergleich der beiden oben erläuterten Entwicklungspfade (mit / ohne Massnahme), sondern aus dem Vergleich einer Entwicklung mit «forscher» Umsetzung der Massnahme zur Entwicklung ohne Massnahme abgeleitet, so läge die Reduktion der jährlichen CO₂-Emissionen (im Mittel 2016 bis 2030) nicht bei den oben erwähnten 420'000 Tonnen CO₂, sondern bei rund 680'000 Tonnen CO₂ (dieser Wert entspricht in etwa den Angaben, wie sie in der Botschaft zum ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050 [4. Sept. 2013] erwähnt wurden²⁹). Würde man die Wirkung als Differenz aus dem Vergleich der beiden extremen Entwicklungen, d.h. «Entwicklung MIT Massnahme (forsch)» zu «Entwicklung OHNE Massnahme (konservativ)» ableiten, läge der Wert sogar bei rund 1 Mio.

²⁹ Für die PW wurde dort eine Reduktion um rund 620'000 t ausgewiesen. Die kleine Differenz ist darauf zurückzuführen, dass die Berechnungen neu auf aktualisierten Angaben beruhen; insbesondere wird hier für 2015 von einem aktualisierten Flottenmix und einem CO₂-Wert von 135 g CO₂/km gemäss Vollzugsdaten (frühere Annahme: 130 g CO₂/km) ausgegangen.

Tonnen CO₂ pro Jahr, d.h. gegen 10%. Der Wert von 420'000 Tonnen CO₂ kann deshalb als unterer Schätzwert betrachtet werden. Die übrigen Indikatoren (wie Mineralölsteuerertrag etc.) verhalten sich in etwa proportional zu den CO₂-Emissionen.

Andererseits sind in diesen Abschätzungen keine Rebound-Effekte berücksichtigt. Rebound-Effekte entstehen dadurch, dass die verbesserte Effizienz die Kosten senkt. Niedrigere Kosten erhöhen die Nachfrage nach Verkehrsaktivitäten, wodurch ein Teil der erhofften Energieeinsparung wieder zunichte gemacht wird. Werden solche Faktoren mit in Rechnung gestellt, nimmt die Wirkung tendenziell ab, und die Angaben müssen eher als obere Schätzwerte betrachtet werden.

Abbildung 27: CO₂-Emissionen (PW) in 1000-Tonnen pro Jahr der verschiedenen Entwicklungen



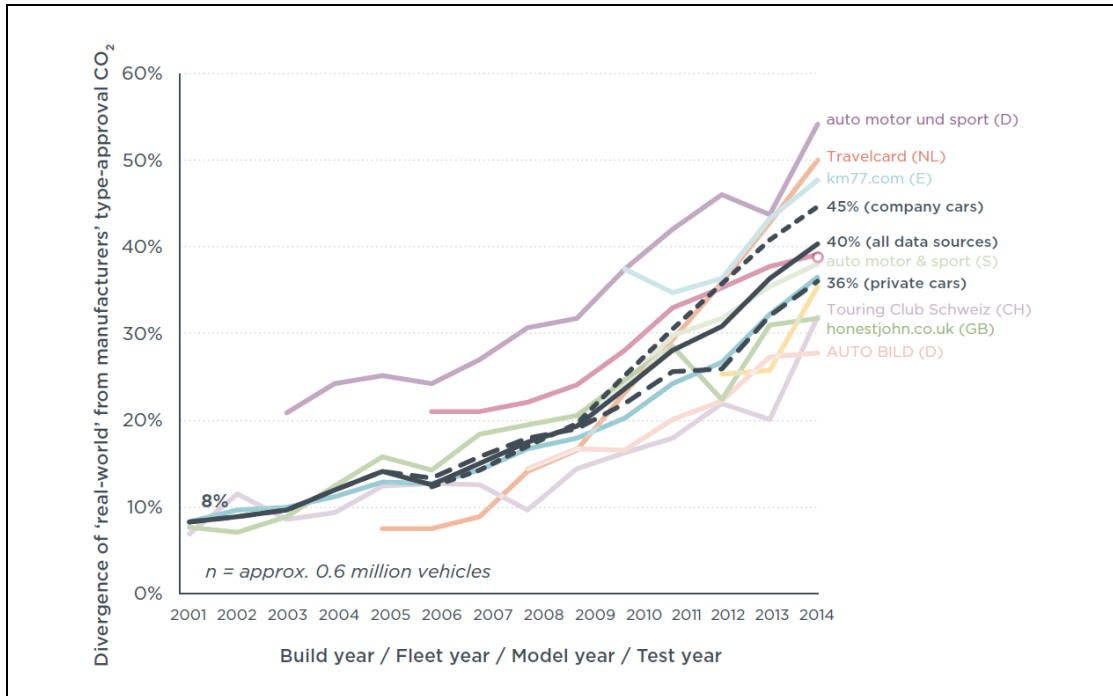
5.5. Realitätsnähe der CO₂-Werte

Die bisherige Effizienzentwicklung der Neuwagen wird bei der Wirkungsabschätzung aus den auf dem NEFZ-Zyklus basierenden Angaben abgeleitet. Auch die Abschätzung der künftigen Entwicklung wird daran gemessen, wobei Absenkraten, also eine relative Entwicklung jeweils im Vergleich zum Vorjahr, massgebend sind. Nun ist der NEFZ-Typenprüfzyklus bekanntlich ein

Laborzyklus, der zwar ein Vergleichsmass zwischen den einzelnen Fahrzeugtypen bildet, augenscheinlich aber nicht das reale Fahrverhalten abbildet. Er bietet Möglichkeiten zur Optimierung des Messergebnisses, was offensichtlich auch genutzt wird. Aufgrund dessen wurde bei den Wirkungsabschätzungen nur ein Teil der im NEFZ ausgewiesenen Reduktionen auch wirklich in Rechnung gestellt. Je nach Segment und Jahr variiert dieser Anteil; in der Summe werden ca. 75% des Effizienzgewinns berücksichtigt (vgl. dazu die Ausführungen in Annex 4, Schritt 3: Modellierung des Energieverbrauchs; insbesondere Abbildung 55; die Effekte der angewandten Korrekturen gehen aus Abbildung 25 hervor; die Korrekturen basieren auf einer Studie, die im Auftrag von JRC erstellt wurde [JRC 2010]).

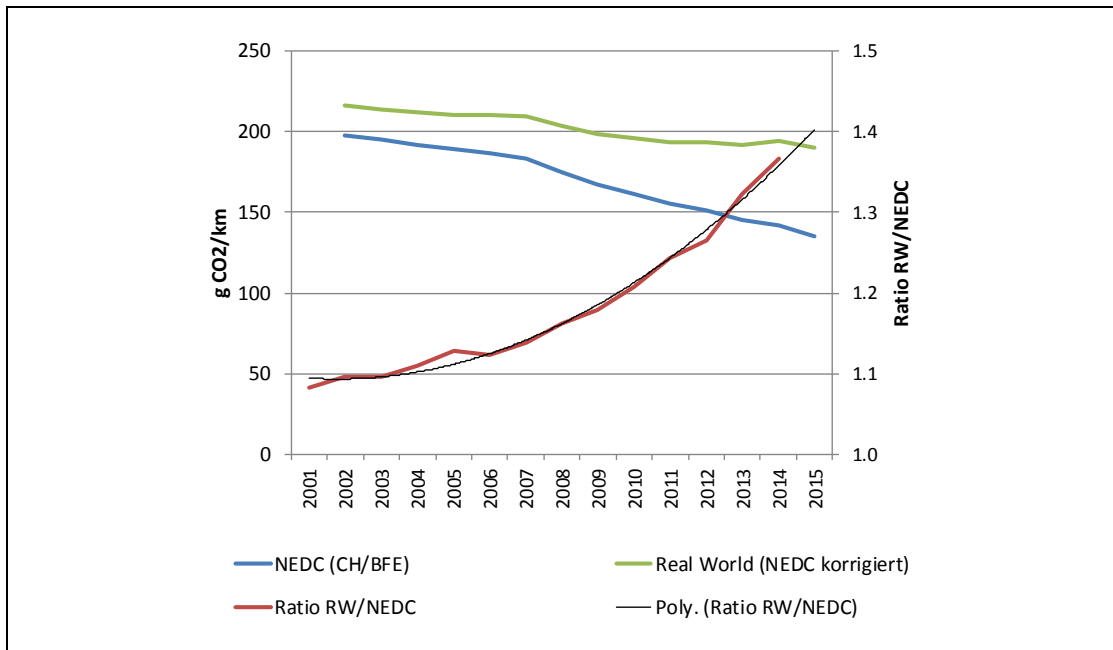
Neuere Studien deuten allerdings darauf hin, dass die Diskrepanz zwischen realem Treibstoffverbrauch und NEFZ-Testverbrauch noch deutlicher ausgeprägter ist. Aus ICCT (2015) ist ableitbar, dass die Differenz insbesondere in den letzten Jahren markant zugenommen hat (vgl. Abbildung 28). Betrug die Abweichung 2001 noch rund 8%, so stieg diese bis 2014 auf rund 40% an. Überträgt man diese Werte aus ICCT auf die Schweizer NEFZ-Werte, so beträgt die Reduktion der CO₂-Emission von 2002 bis 2015 real nur 12%, und nicht 32% wie es die NEFZ-Zahlen vorgeben (vgl. Abbildung 29). Dabei waren in der ersten Hälfte des betrachteten Zeitraums (2002-2009) noch rund 50% der von NEFZ-Reduktion auch im Realbetrieb nutzbar, in der zweiten Hälfte (2009-2015) lediglich noch rund 25% – ein Zeichen, dass im NEFZ Optimierungen stattgefunden haben, welche sich in der NEFZ-Messung, nicht aber in der Realität niederschlagen haben.

Abbildung 28: Abweichung des realen Treibstoffverbrauchs gegenüber den von den Herstellern verwendeten Typenprüfwerten gemäss NEFZ



Quelle: ICCT 2015

Abbildung 29: CO₂-Emissionen der PW-Neuwagen im NEFZ sowie korrigiert mit Faktoren abgeleitet aus ICCT (2015)



Quellen: NEFZ-Werte PW Schweiz gemäss BFE, Korrekturfaktoren: eigene Berechnung unter Verwendung von Daten aus ICCT (2015)

Das deutet daraufhin, dass das Bottom-up-Modell die aus NEFZ-basierten Messungen abgeleiteten Effizienzgewinne – trotz Korrektur – tendenziell noch (zu) optimistisch einschätzt. Das Modell korrigiert allerdings nicht nur die NEFZ-Werte, sondern beachtet separat zusätzliche Einflussfaktoren wie etwa Klimaanlagen, Kaltstart, unterschiedliches Fahrverhalten. Gleichwohl scheint die Absenkung noch zu optimistisch und sollte auf Basis neuester Grundlagen angepasst werden.

Dieses Phänomen der Diskrepanz zwischen NEFZ und Realverbrauch ist auch den EU-Behörden nicht verborgen geblieben und schon seit einiger Zeit in Diskussion. Deshalb haben sich EU-Kommission und Parlament u.a. auf den Übergang vom bisherigen Testzyklus NEDC zur Ermittlung des Durchschnittsverbrauchs eines Autos auf den sog. WLTP-Standard verständigt, der von einem Uno-Gremium erarbeitet wurde und grösstenteils vorliegt. Die Umstellung in der EU-Gesetzgebung soll spätestens 2017 erfolgen und wird vom zuständigen Regelungsausschuss beschlossen (Technical Committee on Motor Vehicles, TCMV). Dabei geht es nicht nur um den Fahrzyklus an sich, sondern insbesondere auch um die Rahmenbedingungen, wie z.B. die Rollenprüfstandseinstellungen zur Bestimmung der Widerstandskräfte u.a.m., um so die Optimierungspotenziale bzw. Schlupflöcher zu limitieren. Andererseits muss man davon ausgehen, dass auch diese Potenziale einmal ausgeschöpft sein werden und die Absenkung sich tatsächlich auch im Realbetrieb manifestieren sollte.

Die Implikationen des WLTP auf die CO₂-Emissionsvorschriften sind derzeit noch nicht abschliessend geklärt. Bis 2021 gilt jedenfalls noch die Zielsetzung (Zielwert 95 g CO₂/km) auf der Basis des NEFZ-Standards. Voraussichtlich ab September 2017 sollen die Fahrzeuge gemäss dem WLTP-Standard gemessen werden. Weil bis 2021 für die CO₂-Regulierung der Zielwert gemäss NEFZ-Ansatz gilt, werden die auf WLTP-Basis ermittelten Werte rechnerisch in NEFZ-äquivalente CO₂-Werte transformiert (Modell CO₂MPAS), wobei die entsprechende EU-Gesetzgebung parallel zur Anpassung des WLTP-Standard eingeführt werden soll. Damit soll gewährleistet werden, dass die Fahrzeuge vergleichbar streng bewertet werden. Davon wird erwartet, dass die Diskrepanz zwischen Test und Realverbrauch zumindest nicht weiter signifikant ansteigt. Falls dies zutrifft, sollten die in diesem Kapitel gemachten Abschätzungen realistisch sein, denn diese basieren auf dem Vergleich einer Entwicklung «mit» versus «ohne» Massnahme, und zwar erst nach 2015. Die in der ICCT-Studie aufgezeigten Differenzen beziehen sich auf den Zeitraum vor 2015, das heisst das Ausgangsniveau 2015 wäre höher einzustufen, aber das gilt sowohl für die Szenarien «mit» wie auch für jene «ohne» Massnahme.

Anzumerken bleibt, dass das Prozedere für die Zielwertüberprüfung für die Zeit nach 2021 derzeit noch offen ist.

Sonderaspekt Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge

Plug-In-Hybride (PHEV) stellen ein neues Segment dar, das insbesondere mit Blick auf die CO₂-Regulierung an Attraktivität gewinnt, dies u.a. weil die im NEFZ gemessenen CO₂-Werte unrealistisch tief sind, was methodisch bedingt ist. Diese Werte werden wie folgt ermittelt: Zuerst wird die Reichweite bestimmt, die ein PHEV im NEFZ elektrisch zurücklegen kann, d.h. bis die Batterie leer ist. Diese Km-Zahl wird mit 0 g CO₂/km gewichtet, d.h. es wird wie bei batterieelektrischen Fahrzeugen CO₂-freier Strom unterstellt. Anschliessend wird der „fossile“ Wert in g CO₂/km im NEFZ bestimmt, welcher mit 25 km gewichtet wird. So ergibt sich ein gewichteter Gesamtwert in g CO₂/km. Erfahrungswerte im Realbetrieb deuten darauf hin, dass die so ermittelten Werte deutlich zu tief sind, d.h. der elektrische Anteil wird sehr hoch gewichtet. Eine Revision dürfte im Rahmen der Überarbeitung bzw. Ablösung des NEFZ durch den WLTP-Zyklus erfolgen.

5.6. Kostenbetrachtungen

Die Frage der Machbarkeit der Zielerreichung eines 95 g CO₂/km-Ziels bzw. einer noch weiteren Absenkung stellt sich grundsätzlich, indem nach den technologischen Optionen gefragt wird, wie dieses Ziel zu erreichen sein wird. In engem Kontext damit stellt sich auch die Frage nach den so entstehenden Kosten. Dabei ist zu differenzieren zwischen konventionellen und alternativen Antrieben.

Konventionelle Antriebe

Verschiedene Studien in der EU erörterten diese Fragen u.a. im Rahmen von „Impact assessments“ (EU 2012, TNO et al 2011). Eine jüngste Studie im Auftrag der Kommission hat sich erneut mit diesen Fragen beschäftigt (Ricardo-AEA et al 2015). In dieser wie auch in früheren Studien war das Ziel die Entwicklung von Kostenkurven, welche eine Aussage machen über die zusätzlich anfallenden Produktionskosten, falls bestimmte CO₂-Absenkungen bzw. Energieeffizienzgewinne gegenüber einem Referenzfahrzeug gefordert werden. Zu diesem Zweck wurde jeweils folgende Methodik angewandt:

In einem ersten Schritt wurde eine Segmentierung des Fahrzeugparks vorgenommen, um zu Aussagen zu CO₂ bzw. Energieverbrauch bzw. zu nach verschiedenen Antriebstechnologien und Grössenklassen differenzierten Kosten zu gelangen. Dann wurden alle möglichen Massnahmen zur CO₂-Reduktion zusammengetragen. Auf der Basis von Herstellerangaben, unabhängigen Experten und einschlägiger Fachliteratur wurden einerseits die dafür entstehenden Kosten abgeschätzt. Andererseits wurde u.a. mit Simulationsrechnungen der Effekt auf Energieverbrauch bzw. CO₂-Emission ermittelt. Pro Massnahme konnten so Reduktionspotential und Kosten identifiziert werden. Anschliessend wurde daraus eine Grosszahl möglicher und sinnhafter

Massnahmenpakete geschnürt und daraus Reduktionspotentiale (in % im Vergleich zu einer Referenzentwicklung ohne diese Massnahmen) und Kosten abgeleitet. Diese Datenpunkte decken so unterschiedliche CO₂-Reduktionsniveaus ab und bilden damit eine taugliche Basis für die Bildung von Kostenkurven. Mit Kosten sind dabei Produktionskosten inkl. einem Anteil an Overhead-Kosten gemeint. Die Reduktionspotentiale bezogen sich früher in der Regel auf den NEFZ-Testverbrauch. In der jüngsten Studie beziehen sich die Angaben auf den WLTP-Test, der näher am Realverbrauch liegt. Für einzelne ausgewählte Typen wurden Angaben nach der Bezugsbasis differenziert, d.h. nach NEFZ, WLTP und Realverbrauch (Ricardo-AEA et al 2015, Bsp. in Kap. 7.5), welche zeigen, dass die CO₂-Reduktionspotentiale bezüglich NEFZ deutlich grösser sind als bezüglich Realverbrauch. Überdies wurden auch sog. Off-cycle Reduktionspotenziale berücksichtigt; das sind Massnahmen, die CO₂-Emissionen reduzieren, sich aber in den Testzykluswerten nicht niederschlagen; solche Massnahmen figurieren in der CO₂-Regulierung typischerweise als Ökoinnovationen.

So wurde eine Reihe von Technologien eingeschätzt, etwa zur Effizienzsteigerung der Motoren wie Direkteinspritzung oder verschiedene Niveaus des Downsizings und der Hybridisierung, effizientere Getriebe, Start-Stop-Systeme, Gewichtsreduktion, verbesserte Aerodynamik, rollwiderstandsoptimierte Reifen, effizientere Nebenaggregate etc. (vgl. Ricardo-AEA et al 2015, Kap. 3; TNO et al 2011, Kap. 2.3.). In früheren Studien wurden alternative Antriebe noch ausgeblendet; in der jüngsten Studie wurden auch alternative Antriebe, namentlich Elektroantrieb (BEV, PHEV und Brennstoffzellen) mit aufgenommen. Die Kosten verstehen sich als Zusatzkosten gegenüber Fahrzeugen des Baujahrs 2013 („Baseline“).

Aus diesen Kostenkurven lässt sich beispielsweise ableiten, dass – um eine Absenkung eines mittelgrossen PW („upper medium“) von 155 g CO₂/km auf z.B. 105 g CO₂/km bis 2025 zu erreichen (-32%) – mit durchschnittlichen zusätzlichen Produktionskosten von rund 1450 Euro zu rechnen ist (oder rund 1600 CHF). Geht man beispielsweise von einem mittleren Verkaufspreis von 33'000 CHF aus, so entspricht dies einer Erhöhung um knapp 5%. Bei einem kleineren Fahrzeug schlagen vergleichbare prozentuale Reduktionen (z.B. von 123 g CO₂/km auf 84 g CO₂/km; =-32%) mit rund 950 Euro zu Buche. Auch hier liegen die Zusatzkosten in der Grössenordnung von 5% des Fahrzeugpreises. Für Dieselfahrzeuge werden in der erwähnten Studie deutlich geringere Kosten veranschlagt.

Den Mehrkosten stehen aus Konsumentensicht allerdings nennenswerte Treibstoffkostensparnisse gegenüber. Bleibt man beim Beispiel des mittelgrossen Benzin-PW: die erwähnte Reduktion von 155 g CO₂/km auf 106 g CO₂/km entspricht der Absenkung, wie sie bei den Auswirkungsabschätzungen in den vorausgehenden Abschnitten 5.3 bzw. 5.4 für die Entwicklung «mit Massnahme» für ein mittelgrosses Benzin-Fahrzeug der Hubraumklasse ,1.4 bis 2 L' unterstellt wurde; diese Absenkung gilt für den Zeitraum 2013 (155 g) auf 2025 (106 g) [vgl. Details

zu den unterstellten CO₂-Reduktionen je Segment in Annex 6]. Die entsprechenden Treibstoffersparnisse betragen theoretisch im Mittel gut 500 CHF/a³⁰. Das bedeutet, dass die Zusatzkosten innert gut 3 Jahren zurückbezahlt sind. Berücksichtigt man, dass neuere Fahrzeuge in der Regel deutlich höhere Jahresfahrleistungen haben als ältere, ist auch die Payback-Periode deutlich kürzer; bei 20'000 km/a liegen die Treibstoffersparnisse bei knapp 800 CHF und damit die Payback-Periode bei rund 2 Jahren. Bei einer angenommenen Lebensdauer von 11 Jahren und einer Gesamtfahrleistung von 143'000 km (11 x 13'000 km/a) betragen die Einsparungen gut 5'600 CHF, also deutlich mehr als die Mehrkosten von rund 1600 CHF, was netto eine Einsparung von rund 4'000 CHF pro Fahrzeug (über die Lebensdauer von 11 Jahren) ausmacht.

Nun weiss man, dass die unterstellte Absenkung von 32% im NEFZ sich in der Realität nur teilweise manifestiert (vgl. Abschnitt 5.5). Allerdings müsste man dann auch die Mehrkosten nach unten anpassen, denn die Angaben der Kostenkurven beziehen sich auf den WLTP, von dem man sich realitätsnähere Werte verspricht als gemäss NEFZ; denn einer Absenkung um x% im NEFZ entspricht eine geringere Absenkung im WLTP. Zudem kann man davon ausgehen, dass die Optimierungspotenziale mit dem NEFZ irgendwann ausgeschöpft sind und sich die Effizienzverbesserungen nicht nur im NEFZ, sondern grösserenteils auch im realen Betrieb zeigen. Netto ergeben sich jedenfalls Einsparungen.

Diese quantitative Illustration ging von einem Vergleich 2025 zu 2013 aus. Nun sind aber im Bezugsszenario «Entwicklung ohne Massnahme» – dem Szenario, in dem keine Verschärfung des Zielwerts vorgesehen ist – bereits Absenkungen im Sinne einer autonomen Entwicklung unterstellt. Konkret ist für das genannte Segment (PW Benzin, 1.4-2L) für den vergleichbaren Zeitraum eine Absenkung von 155 g (2013) auf 127 g (2025) unterstellt, d.h. rund 18%. Diese 18% sind die „günstigen“ Reduktionen, d.h. die „low hanging fruits“. Wenn noch weiter abgesenkt werden soll, werden die spezifischen Reduktionskosten grösser. Eine genauere Wirkungsabschätzung anhand des Vergleichs der Entwicklung mit Massnahme (106 g) gegenüber einer Entwicklung ohne Massnahme (127 g) muss deshalb die höheren spezifischen Kosten im oberen Bereich der Kostenkurven in Rechnung stellen³¹. In Annex 6 sind die Details dieser Vergleichsrechnung für die Jahre 2020 und 2025 aufgeführt. Demnach fallen für die Reduktion von 21 g (2025) in der Entwicklung mit Massnahme gegenüber einer Entwicklung ohne Massnahme Mehrkosten von etwas mehr als 1000 CHF an. Gleichzeitig fallen Treibstoffkosteneinsparungen von rund 170 CHF/a an (Annahme: Fahrleistung von 13'000 km/a), wobei nur 80% der im NEFZ

³⁰ Annahmen zur Treibstoffersparnis: Eingesparte CO₂-Emission: 105 g CO₂/km – 155 g CO₂/km = -50 g CO₂/km; dem entspricht ein Treibstoffverbrauch von 2.14 L/100 km. Bei einer Jahresfahrleistung von 13'000 km und einem Treibstoffpreis von 1.84 CHF (Benzinpreis im Jahr 2020 gemäss Energieperspektiven 2050) ergeben sich jährliche Einsparungen von CHF 512.

³¹ Rechnerisch werden die hier relevanten Zusatzkosten ermittelt aus der Differenz der Zusatzkosten für den Entwicklungspfad MIT Massnahme (-32%) abzüglich den Zusatzkosten für den Entwicklungspfad OHNE Massnahme (-18%).

ausgewiesenen Reduktionen angerechnet werden³². Das führt zu Payback-Perioden von gut 6 Jahren. Bei höheren jährlichen Fahrleistungen sinkt diese Ziffer spürbar. Das Fazit ist, dass beim Fahrzeugkauf zwar Mehrkosten entstehen können, diese aber auch mit konservativen Annahmen in überschaubar kurzer Zeit über die Treibstoffeinsparungen mehr als wettgemacht werden.

LEV

Um das CO₂-Ziel schneller zu erreichen, wurden in der Entwicklung mit Massnahme nicht nur effizientere konventionelle Fahrzeuge unterstellt, sondern auch ein höherer Anteil von LEV (Batterie-elektrische und Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge). Die LEV sind in der Anschaffung deutlich teurer als konventionelle Fahrzeuge. Zudem ist in Rechnung zu stellen, dass auch eine zusätzliche Lade-Infrastruktur zu erstellen ist. Diese Mehrkosten schlagen deutlich stärker zu Buche als jene bei den konventionellen Fahrzeugen. Gleichzeitig sind bei den LEV aber auch die Einsparungen beim Treibstoff markanter. In der Summe sind die Payback-Perioden um einiges länger als beim Effizienzgewinn bei den konventionellen Fahrzeugen. In Annex 6 ist eine entsprechende Vergleichsrechnung aufgeführt. Offenkundig spielen hier die unterstellten Annahmen eine zentrale Rolle. Mehrkosten für LEV wurden konservativ mit +10'000 CHF im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen eingeschätzt (2015), wobei dieser Wert sukzessive reduziert wird bis auf CHF 6150 im Jahr 2030. Zusätzlich werden Kosten von rund 2000 CHF je Fahrzeug für die Ladeinfrastruktur unterstellt (eingeschlossen sind dabei private wie öffentliche Ladestationen). Auf der Seite der Einsparungen werden lediglich Kostenersparnisse bei den Energiekosten geltend gemacht, wobei hier für BEV und PHEV differenzierte Annahmen für Strom- und fossile Treibstoffe gemacht werden (vgl. Annex 6); geringere Unterhaltskosten sind nicht gesondert berücksichtigt. In der Summe reduzieren sich die Mehrkosten von 10'700 CHF (2020) bis 8'150 CHF (2030) pro Fahrzeug dank den Kostenersparnissen im Betrieb³³ auf knapp 1'500 CHF im Jahr 2020 und bis auf fast Null im Jahr 2030. Entscheidender Faktor sind die Annahmen zu den Mehrkosten von LEV gegenüber konventionellen Fahrzeugen. Würden beispielsweise die Mehrkosten eines LEV statt den unterstellten +8'700 CHF (2020) halbiert, so könnten die Betriebskostenersparnisse die Mehrkosten mehr als wettmachen.

Anzufügen bleibt, dass der hier skizzierte Pfad nur eine der Möglichkeiten ist, die CO₂-Reduktion zu erzielen. Neben der Option „energieeffizientere Technik mit höheren Investitionskosten aber tieferen Betriebskosten“ bestehen durchaus kostengünstigere Alternativen, nämlich der Umstieg auf kleinere, sparsamere Fahrzeuge oder auf gleich grosse, aber weniger stark

³² Die Annahme von 80% mag als optimistischer Wert eingestuft werden. Man kann aber davon ausgehen, dass die künftigen Absenkungen realistischer ausfallen werden, im Sinne dass sie auch im realen Betrieb spürbar werden, da irgendwann die NEFZ-Optimierungen ausgeschöpft sind. Zudem beziehen sich die Kostenkurven auf den WLTP (und nicht auf den NEFZ), sind deshalb für den vorliegenden Fall pessimistische Schätzungen.

³³ bei Annahme einer mittleren Einsatzdauer von 11 Jahren

motorisierte und dadurch sparsamere Fahrzeuge oder der Kauf eines zweiradgetriebenen Fahrzeugs anstelle eines Allradfahrzeugs. Das wäre ohne Mehrkosten bzw. sogar mit Kosteneinsparungen gegenüber dem Referenzzustand zu erreichen, bei gleichzeitiger Treibstoffeinsparung und geringeren CO₂-Emissionen. Letztlich hängt dies ab von der Zahlungsbereitschaft der Konsumenten für den Nutzwert (Grösse) oder die Motorisierung des Fahrzeugs.

Teil C: Emissionsvorschriften LNF 2020

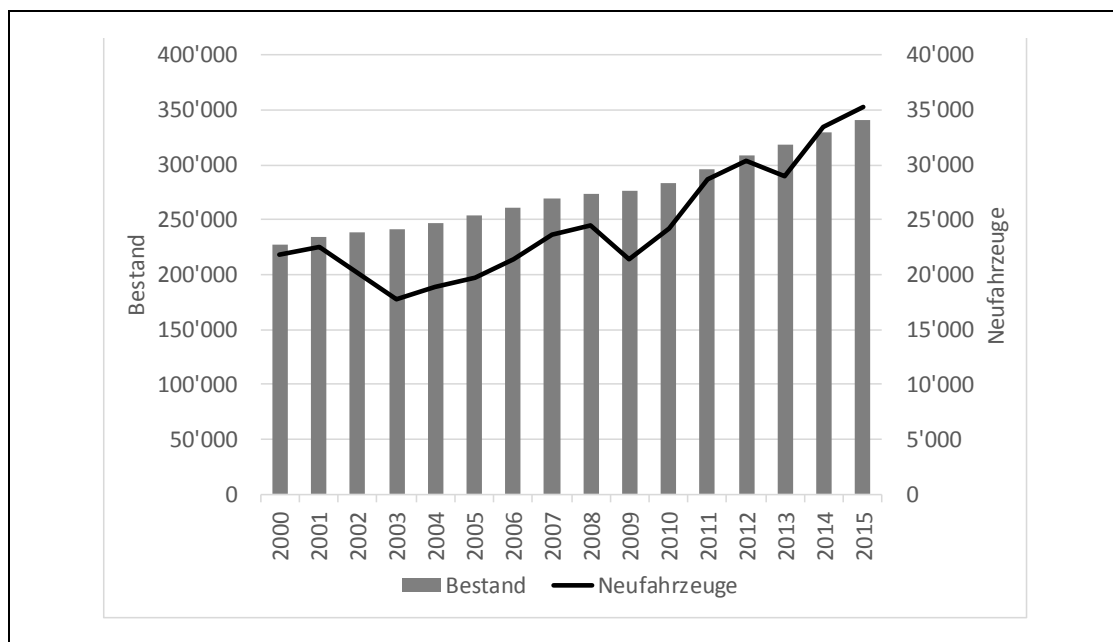
6. Der LNF-Markt in der Schweiz und seine CO₂-Emissionen

6.1. Kenngrössen der Leichten Nutzfahrzeuge in der Schweiz

Die bisherige Entwicklung

Wie in Kapitel 2.2 ausgeführt sind die leichten Nutzfahrzeuge (LNF) bezüglich Fahrzeugbestand und CO₂-Emissionen von deutlich geringerer Bedeutung als die Personenwagen. Sie machen rund 6% (13 PJ) des Gesamtverbrauchs von Benzin und Diesel aus. LNF-Bestand und Neuzulassungen sind aber namentlich in den letzten Jahren stetig angestiegen, wie die nachstehende Abbildung zeigt.

Abbildung 30: Bestand und Neufahrzeug-Entwicklung der Lieferwagen



Quelle: BFS. Diese Abbildung zeigt die Daten der Lieferwagen (FAZ 30), ohne leichte Sattelschlepper (FAZ 38). Letztere fallen jedoch zahlenmässig nicht ins Gewicht (z.B. rund 100 Neufahrzeuge im Jahr 2015). Zu den Definitionen der LNF siehe Kapitel 2.2.1. Die Zahlen zur Grafik finden sich in Annex 7.

Im Unterschied zu den PW sind die CO₂-Emissionen der LNF bisher nicht Gegenstand regelmässiger Auswertungen gewesen, u.a. aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit. In EBP (2010) wurden die CO₂-Werte für die Jahre 2006-2009 modelltechnisch hergeleitet; im Kontext der Bestandsanalysen für HBEFA (BAFU 2014) sowie die Expost-Analysen (BFE 2015) hat Infras in den

letzten Jahren entsprechende Auswertungen für die Jahre 2010ff gemacht³⁴. Für die vorliegende Studie haben BFE und ASTRA Daten gemäss MOFIS für die Jahre 2011-2015 zur Verfügung gestellt. Im Unterschied zu den PW-Daten liegt für die LNF noch kein Vollzugsdatensatz vor. Deshalb mussten die nötigen Angaben aus den MOFIS-Daten bzw. ergänzend aus den TARGA-Daten (Typengenehmigungsangaben) ermittelt werden. Für eine Reihe von Fahrzeugen fehlten die Angaben zu CO₂ und Leergewicht (insbesondere Direktimporte), so dass sich die Analysen auf Fahrzeuge mit verfügbaren Angaben beschränken mussten (rund 94%; Details siehe Annex 7).

Abbildung 31 zeigt den Verlauf der CO₂-Emissionen der LNF-Neuwagenflotte bis 2015 und skizziert einen hypothetischen Absenkpfad, um den Zielwert 2020 von 147 g CO₂/km zu erreichen. Wie bei den PW wird eine reine Fortführung des bisherigen Absenkpades mit einer Absenkrate von 2.2%/a (vgl. Abbildung 32) nicht ausreichen, um dieses Ziel zu erreichen. Vielmehr wäre dafür eine Reduktionsrate von etwa 5.5%/a nötig. Dieser Wert ist mehr als doppelt so hoch wie die bisherigen Raten ab 2011 und ist darum als Herausforderung einzustufen.

Abbildung 31: Entwicklung der CO₂-Emissionen der LNF bis 2015 und hypothetische Fortsetzung bis zum Zielwert 2020 (147 g/km)

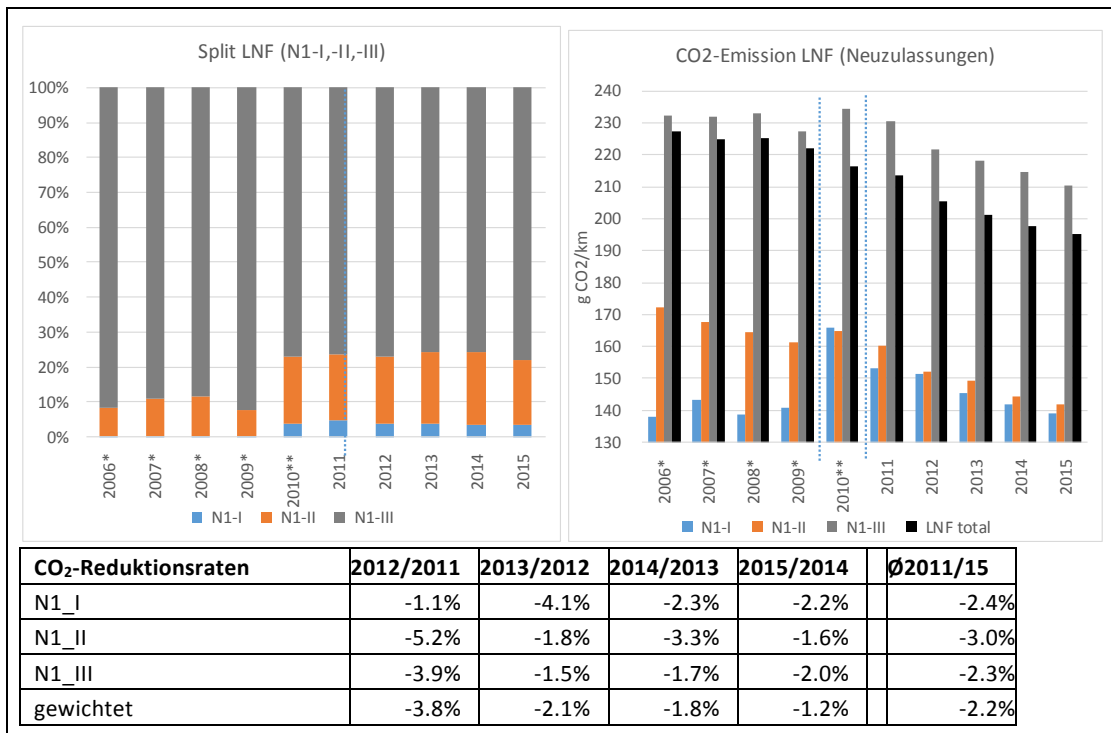


Quellen: Daten 2006-2009 gemäss EBP (2010), 2010 gemäss Infrass im Kontext BFE (2015); Daten ab 2011 basieren auf MOFIS. Details siehe in Annex 7.

³⁴ Dabei wurden die LNF allerdings anders definiert, indem einerseits auch die leichten Personentransportfahrzeuge (FAZ 10: Leichte Motorwagen, FAZ 21: Kleinbusse) den LNF (genaugenommen der Klasse N1-I) zugewiesen wurden; anteilmässig machen diese rund 10% der so definierten LNF aus. Andererseits wurde gemäss BFS-Konvention jeweils der Stand 30.9. ausgewertet – und nicht die entsprechenden Kalenderjahre. Die aufgezeigten Splits nach Grössenklassen sind deshalb nicht 1:1 vergleichbar, und auch die CO₂-Emissionen sind mit gewissen Unschärfen versehen.

Ein wichtiger Indikator ist die Zusammensetzung der LNF nach Grössenklassen (N1-I, N1-II, N1-III), welche in Abbildung 32 dargestellt ist, inklusive zugehörige CO₂-Emissionen je Grössenklasse sowie Absenkraten³⁵.

Abbildung 32: Zusammensetzung der Neufahrzeug-Flotte der LNF sowie deren CO₂-Emissionen

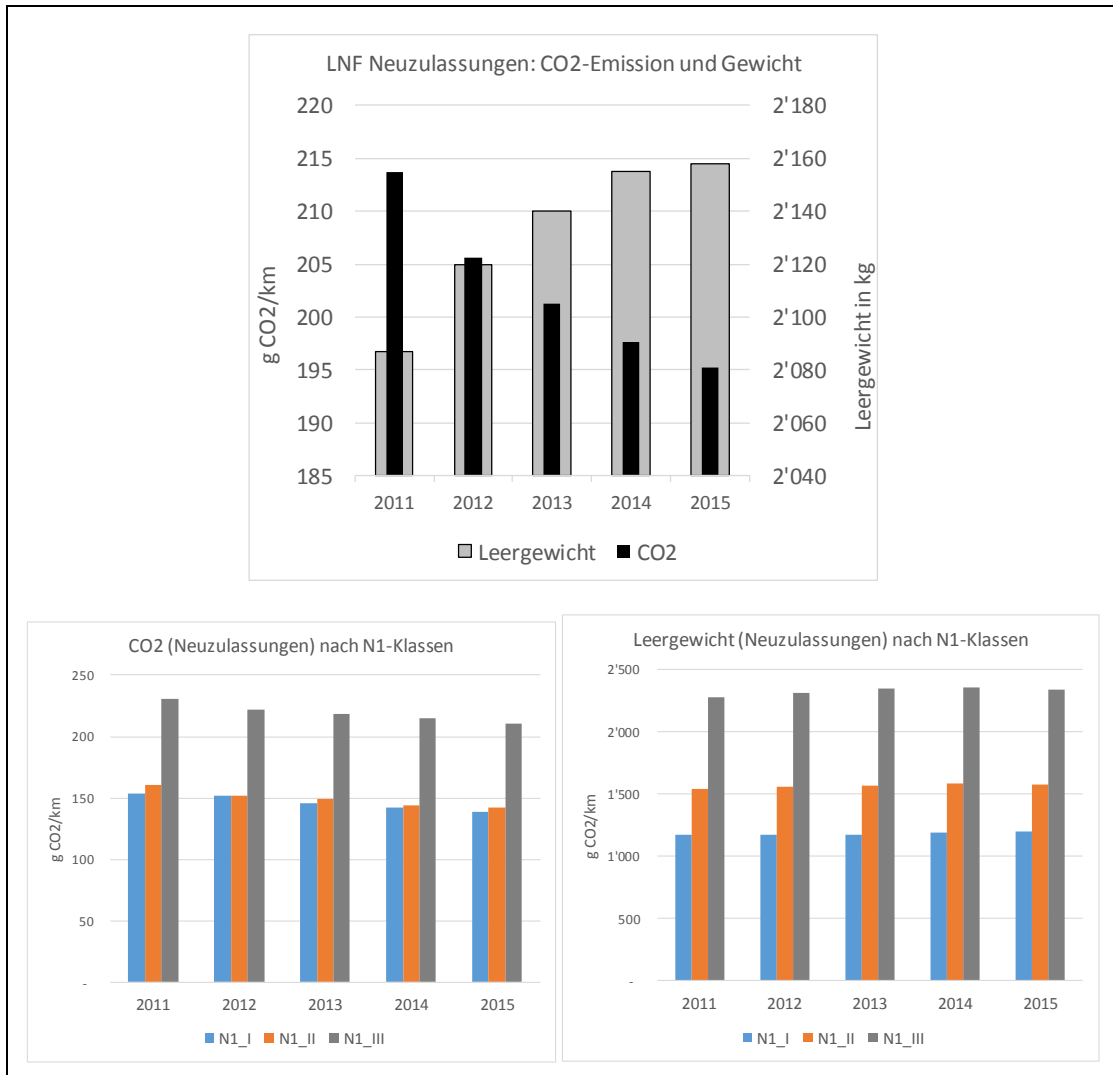


Quellen: Daten 2006-2009 gemäss EBP (2010), 2010 gemäss Infras im Kontext BAFU (2014) bzw. BFE (2015); Daten ab 2011 basieren auf MOFIS. Details siehe in Annex 7.

Neben den CO₂-Emissionen sind auch die Leergewichte von Bedeutung, da sie – wie bei den PW – als Basis für die Ermittlung der individuellen Zielvorgaben herangezogen werden sollen. Die nachstehende Abbildung 33 zeigt die Entwicklung ab 2011 auf der Basis der MOFIS-Daten, einmal gewichtet über alle drei Grössenklassen und anschliessend entsprechend differenziert.

³⁵ Dass die mittlere, gewichtete Reduktionsrate tiefer ist als alle drei Teil-Reduktionsraten hängt mit den absoluten Verschiebungen der 3 Segmente (Anzahl Fahrzeuge) zusammen.

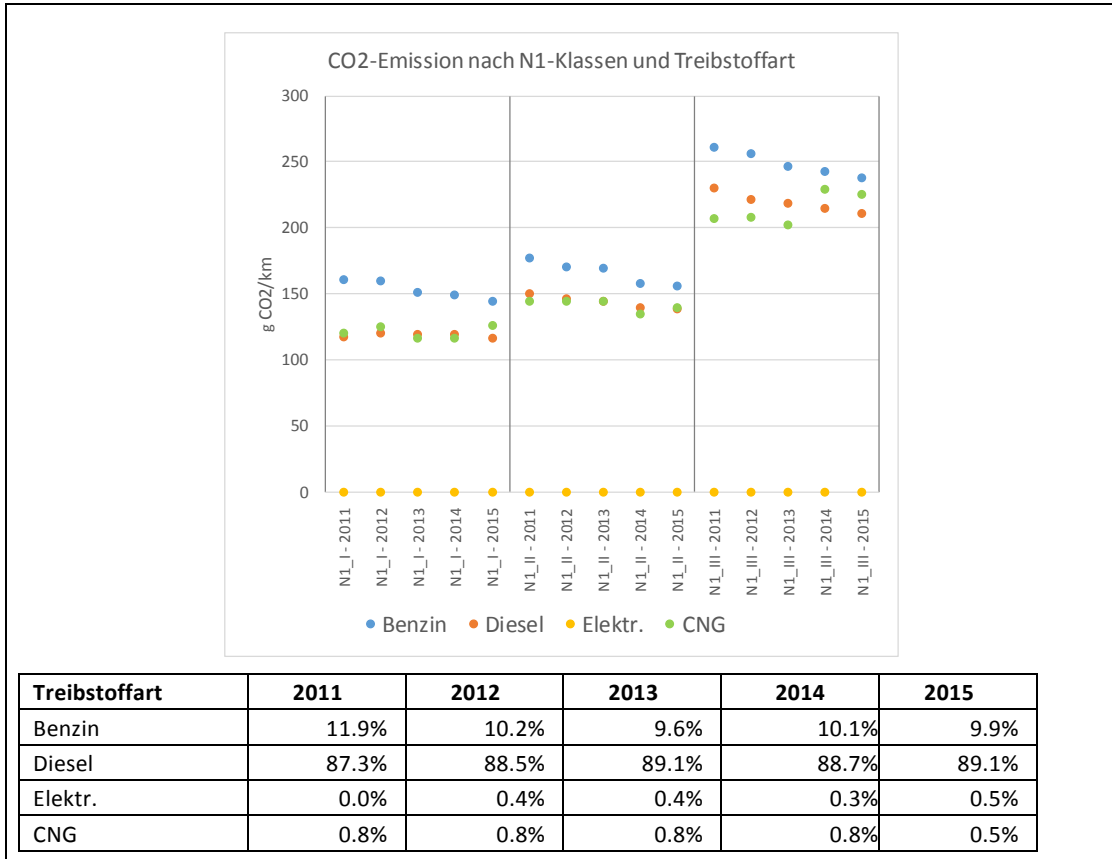
Abbildung 33: Kenngrössen der LNF-Neuzulassungen 2012-2015 gemäss BFE/ASTRA



Vgl. Zahlen in Annex 7.

Eine Analyse nach Antriebs- bzw. Treibstoffarten zeigt eine starke Dominanz der Dieselfahrzeuge (rund 90%). Die alternativen Antriebe (Elektro und CNG) spielen noch eine sehr geringe Rolle (rund 1%).

Abbildung 34: CO₂-Emissionen (in g/km) und Split der LNF-Neufahrzeuge nach Treibstoffart



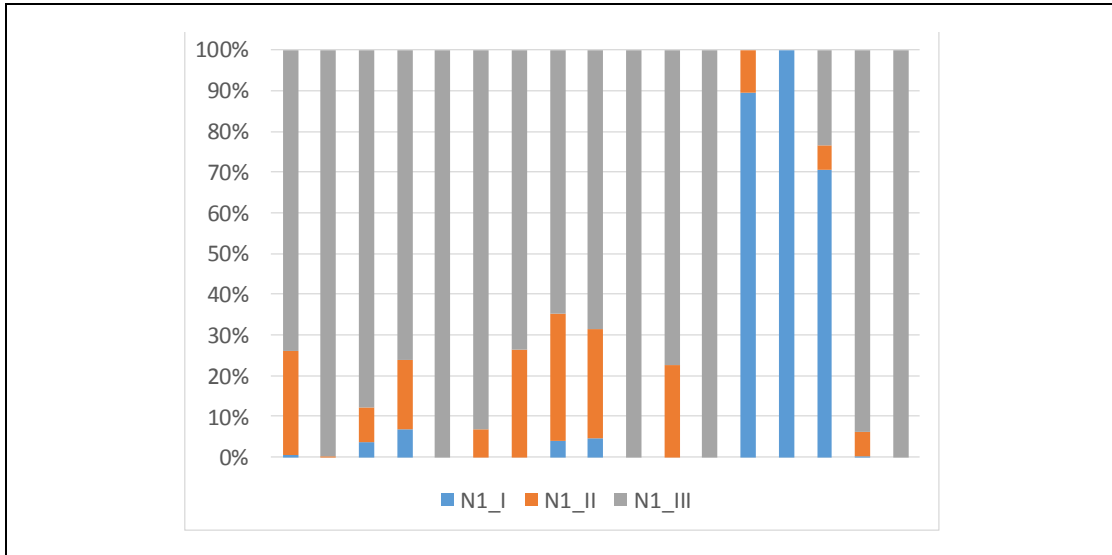
Vgl. Zahlen in Annex 7.

6.2. Der Neuwagenpark 2015

Vergleich zwischen Importeuren

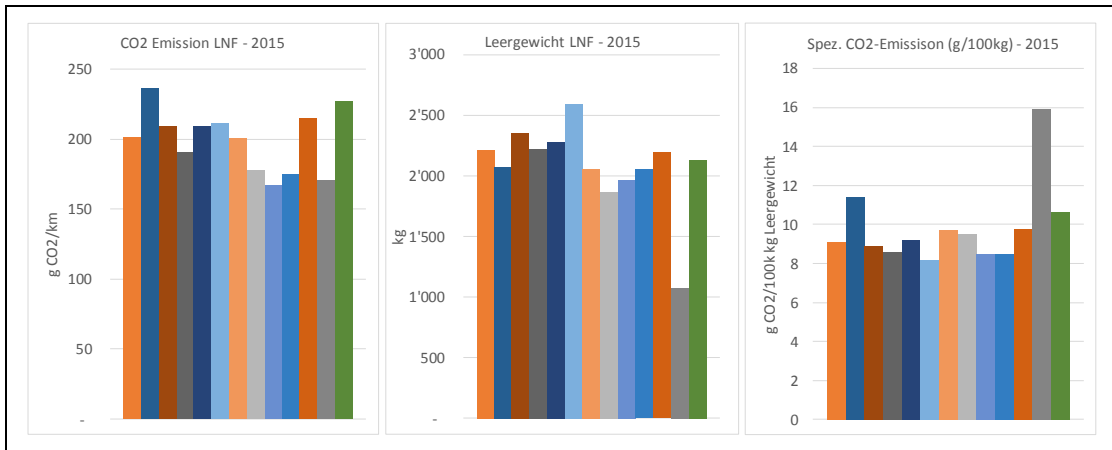
Die folgenden Abbildungen dokumentieren anhand der Zusammensetzung der Flotten nach Grössenklassen, dass die Importeure sich in recht unterschiedlichen Märkten bewegen. Das hat u.a. unterschiedliche CO₂-Emissionen wie auch Leergewichtswerte zur Folge. Allerdings variieren auch die spezifischen CO₂-Werte (g/km pro 100 kg Leergewicht) markant, so dass einzelne Importeure wohl mit Sanktionen konfrontiert werden dürften, falls sie dem Aspekt Effizienz nicht verstärkte Bedeutung zumessen werden.

Abbildung 35: Verteilung der LNF-Neufahrzeuge nach Grösse – Vergleich zwischen Importeuren (2015)



Die einzelnen Säulen repräsentieren verschiedene Importeure. Quelle: MOFIS-Datensatz (BFE/ASTRA)

Abbildung 36: CO₂-Emission, Gewicht und spezif. CO₂-Emission – Vergleich zwischen Importeuren (2015)



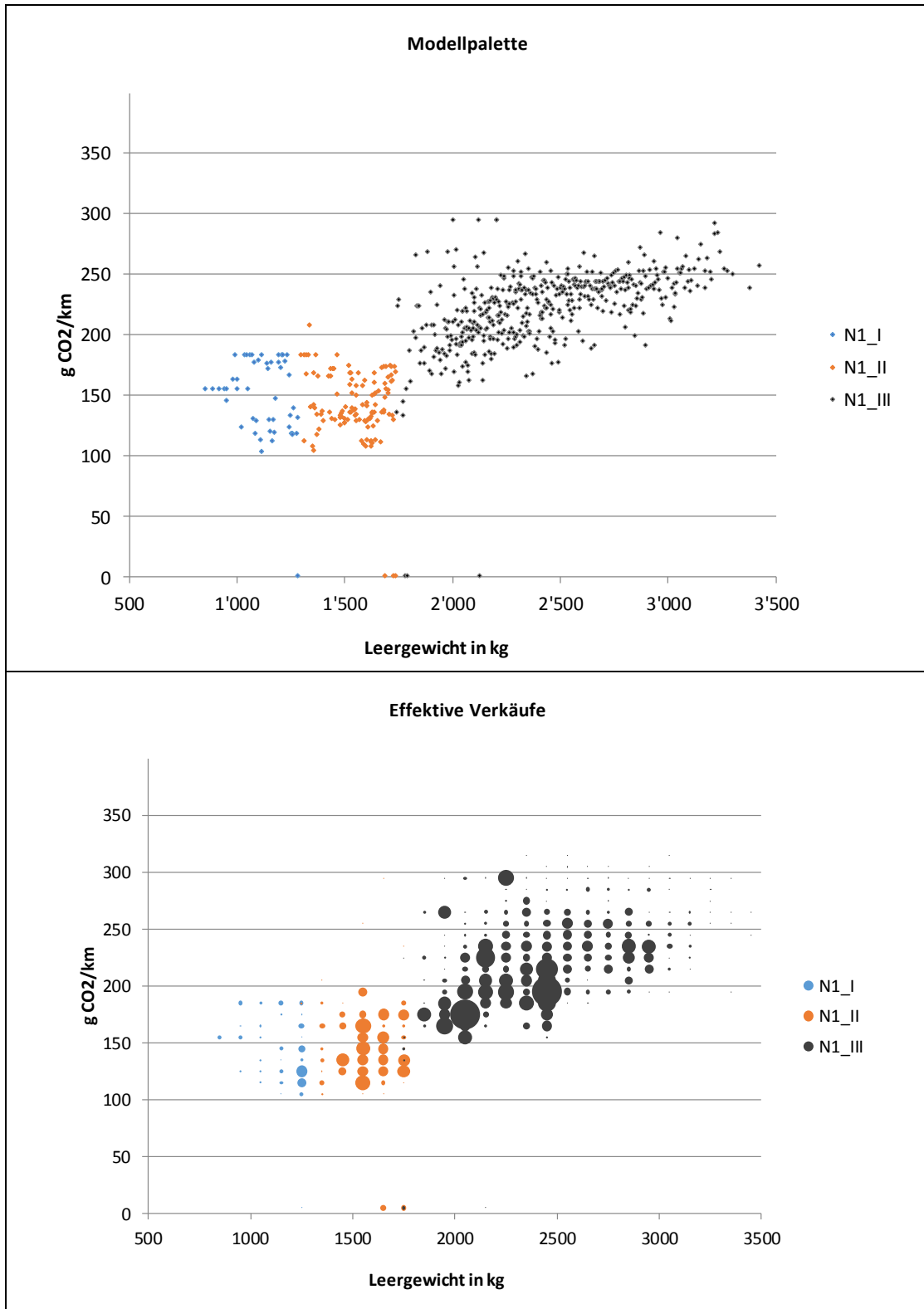
Die einzelnen Säulen repräsentieren verschiedene Importeure. Quelle: MOFIS-Datensatz (BFE/ASTRA)

Die Modellpalette 2015

Eine weitere Analyse (analog zum PW-Neuwagenmarkt) zeigt, dass die Variation der CO₂-Emission der Fahrzeuge bei gleichem Gewicht beträchtlich ist. Abbildung 37 zeigt oben die spezifische CO₂-Emission aller Fahrzeuge der Modellpalette des Jahres 2015 nach Leergewicht; jeder Punkt symbolisiert ein Fahrzeugmodell bzw. eine Typengenehmigung. Im unteren Teil sind die effektiven Verkäufe unterlegt, wobei aus Lesbarkeitsgründen das Leergewicht in 100 kg-Klassen und die CO₂-Emission in 10 g-Klassen aggregiert sind: je grösser ein Kreis, desto grösser die

Zahl der verkauften Fahrzeuge. Diese Illustration zeigt zum einen den bekannten Zusammenhang zwischen spezifischer CO₂-Emission und Gewicht. Sie zeigt gleichzeitig, dass die Variation der spezifischen CO₂-Emission innerhalb der gleichen Gewichtsklasse markant ist. Auch bei den LNF werden demnach keineswegs die jeweils effizientesten Fahrzeuge gekauft. Nimmt man das Gewicht als Indikator für den Nutzwert eines Fahrzeugs, so könnten in fast jeder Klasse noch deutlich mehr effiziente Fahrzeuge abgesetzt werden. Auch bei den LNF ist also das Potenzial noch nicht ausgeschöpft. Gleichzeitig ist festzustellen, dass der Zielwert von 147 g CO₂/km für das Jahr 2020 für den Grossteil der N1-I und N1-II-Fahrzeuge bereits mit der heutigen Modellpalette unterschritten ist. Der überwiegende Teil der LNF, knapp 80%, sind jedoch N1-III-Fahrzeuge, und deren CO₂-Wert liegt derzeit bei 210 g CO₂/km.

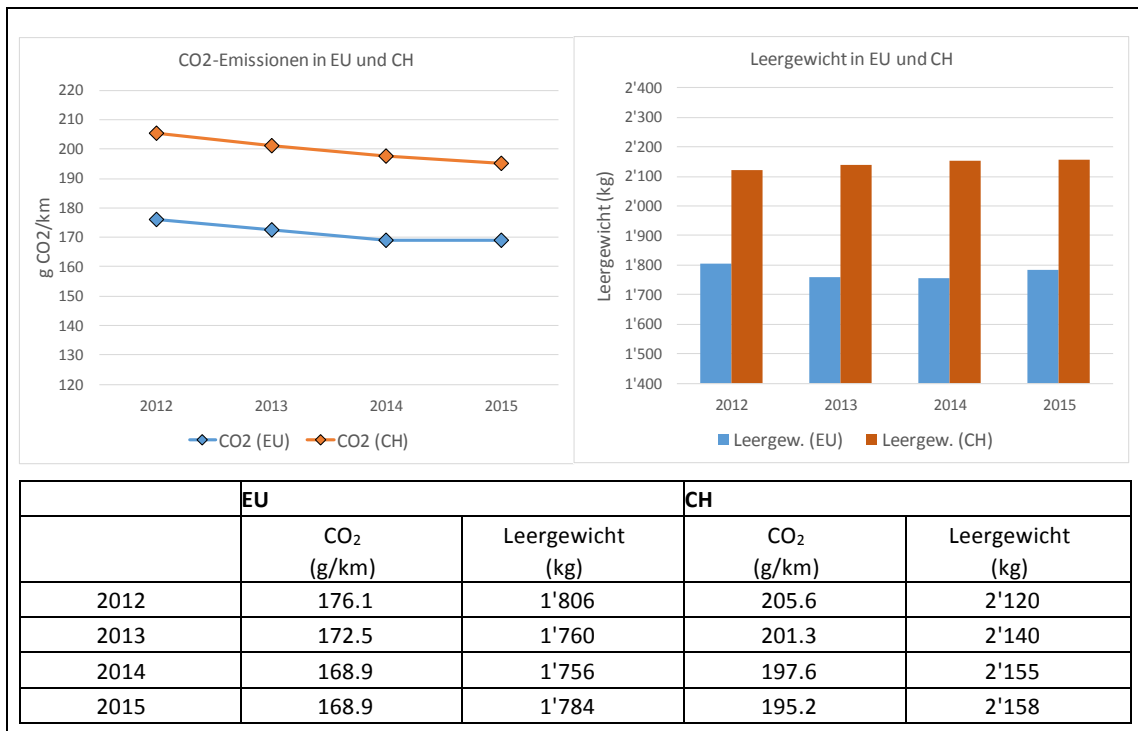
Abbildung 37: CO₂-Emission nach Leergewicht der LNF-Neufahrzeuge 2015



6.3. Vergleich mit der EU

Ein Vergleich der Schweizer LNF-CO₂-Werte und deren Leergewichte mit der EU zeigt markante Differenzen: Der CO₂-Wert 2015 liegt in der Schweiz gut 25 g höher als in der EU, und die Fahrzeuge sind im Mittel rund 375 - 400 kg schwerer (2014, 2015, unter Berücksichtigung der maximalen Leergewichte aus der Typengenehmigung).

Abbildung 38: CO₂-Emissionen und Leergewicht der LNF-Neuzulassungen 2012 – 2015 in der EU und in der Schweiz



Text

Tabelle 9: Vergleich der nach Grössenklassen differenzierten Kenngrössen der LNF CH / EU (2015)

2015	EU			CH		
	%	Ø CO ₂	Ø Gewicht	%	Ø CO ₂	Ø Gewicht
N1_I	8%	106	1'171	3%	139	1'200
N1_II	30%	128	1'435	19%	142	1'578
N1_III	62%	197	2'054	78%	210	2'339
Alle Fzg.	100%	169	1'795	100%	195	2'158

Quellen:

- CH: Datensatz MOFIS (BFE/ASTRA)

- EU: Eigene Auswertung der Datenbanken zum "Monitoring of CO₂ emissions"; Regulation (EU) 510/2011. Daten EU 2015 sind provisorisch.

Einer der Gründe liegt in der unterschiedlichen Flottenzusammensetzung: in der Schweiz liegt der Anteil der „schweren“ LNF mit entsprechend höheren CO₂-Emissionen bei rund 78% (2015), während er in der EU bei lediglich 62% liegt (Tabelle 9). So weisen Deutschland, Österreich, Finnland, Tschechien und die Slowakei ähnlich hohe Anteile auf (vgl. Abbildung 39). Auffallend sind insbesondere vergleichsweise tiefe Anteile für N1-III-Fahrzeuge in Südländern wie Portugal (29%), Italien (42%), Spanien (44%), Griechenland (45%), wobei rein quantitativ vor allem Frankreich (51% Anteil N1-III-Fahrzeuge) mit einer relativ hohen Zahl an LNF ins Gewicht fällt (21% aller LNF in der EU). Das könnte u.a. auch davon herrühren, dass PW aus steuerlichen Gründen in einzelnen Ländern als N1-Fahrzeuge – und nicht entsprechend der Typenprüfverordnung als M1 – registriert werden. Diese Hypothese ist in der EU durchaus bekannt. Deshalb wurde vor einigen Jahren die entsprechende Verordnung angepasst³⁶ mit dem Ziel, eine klarere und korrektere Zuweisung der Fahrzeuge zu erreichen. Regulatorisch sollten damit zumindest teilweise die nötigen Vorkehrungen getroffen sein. Die Problematik liegt allerdings in der Umsetzung. TNO et. al. (2012) schrieben dazu (S. 16): *“Even if this directive would ensure all vehicles to be correctly categorised (as M1 or N1), CO₂ leakage may still occur in the overlap between vans and cars. In case national authorities allow users to unrestrictedly use M1 vehicles for goods carriage or N1 vehicles for private use, certain financial incentives may be decisive in the type (M1 or N1) of vehicle to be acquired rather than the intended purpose of the vehicle. [...] Type approval authorities and national registration authorities play an important role in preventing such CO₂ leakage. It is therefore desirable to define unambiguous European wide guidelines for national registration authorities.”* Je harmonisierter bezüglich Anforderungen und Strenge die Regulierungen von PW und LNF sind, desto geringer die Anreize zu solcher „CO₂-leakage“.

Weitere Erklärungen für den hohen N1-III-Anteil an den Lieferwagen in der Schweiz dürften in den speziellen Rahmenbedingungen liegen, namentlich der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA) und dem Nachtfahrverbot. Lieferwagen und leichte Sattelschlepper bis (und mit) zu einem Gesamtgewicht von 3.5t sind von der LSVA befreit bzw. unterliegen nicht dem Nachtfahrverbot. Es besteht somit ein gewisser Anreiz, Transporte auf Lieferwagen zu verlagern. Eine Analyse des ARE (2007) kommt zum Schluss, dass die LSVA durchaus ein Erklärungsgrund ist für die vorgängig zu ihrer Einführung (2001) beobachtete überproportionale Zunahme der Lieferwagen. Diesem Anreiz sind aber Grenzen gesetzt, da die Chauffeurlöhne stärker zu Buche schlagen als die Einsparung der LSVA. Von Branchenseite werden zur Erklärung der Verkaufszahlen von leichten Güterfahrzeugen weitere wichtige Gründe angeführt, so die Liberalisierung des Postwesens, die zu einer Expansion im Express- und Kurierdienstwesen

³⁶ COM Regulation No 678/2011 (vom 14. Juli 2011) mit Anpassung der Richtlinie 2007/46 (Annex I).

fürte, der anhaltende Trend zu Overnight-Transporten (leichte Güterfahrzeuge unterliegen dem Nachtfahrverbot nicht), die Konjunktur, die Zunahme des Luftfrachtanteils, die Optimierung der Logistik von Transportunternehmen oder auch die zunehmende Knappheit von Lastwagenchauffeuren (bei leichten Güterfahrzeugen reicht ein PW-Fahrausweis) (ARE 2007, S. 84).

Ein weiterer Grund für die Differenzen EU / Schweiz mag darin liegen, dass die EU Fahrzeuge mit einem Gesamtgewicht bis 3500 kg und einer maximalen Bezugsmasse von 2610 kg beziehungsweise einer maximalen Bezugsmasse von 2840 kg bei gewissen «Modellfamilien»³⁷, während die Schweiz alle Fahrzeuge mit einem Gesamtgewicht bis 3500 kg mitzählt. Die Bezugsmasse ist in der Schweiz in der Typengenehmigung nicht vorhanden und stellt daher kein taugliches Kriterium dar. Es ist davon auszugehen, dass dadurch der Geltungsbereich in der Schweiz leicht grösser wird, aber nur wenige Prozente der LNF betrifft. Relevant für diesen Vergleich ist überdies der Umstand, ob man die Leergewichtsangaben gemäss Prüfungsbericht aus der MOFIS-Datenbank übernimmt oder aus dem Fahrzeugregister TARGA³⁸ des ASTRA, wobei letzteres leicht höhere Leergewichtsangaben ergibt.

Gleichzeitig fällt aber auf, dass sowohl die CO₂-Emissionen wie auch die Leergewichte in allen N1-Klassen höher sind als die EU-Durchschnittswerte (vgl. Tabelle 9 und Abbildung 40). Jedenfalls ist in der Schweiz eine nennenswert grössere Absenkungsrate nötig, um im Jahr 2020 den Zielwert 147 g CO₂/km zu erreichen, nämlich 5.0% bis 5.5%/a, als in der EU (2.2%/a).

³⁷ Dazu zählen Modellvarianten bis zu einer Bezugsmasse von 2840 kg, sofern es andere Varianten desselben Modells gibt, welche unter 2610 kg liegen (vgl. Artikel 2 Absatz 2 der EG-Verordnung Nr. 715/2007).

³⁸ TARGA steht für: Technische Angaben, Rauch, Geräusch und Abgas

Abbildung 39: LNF nach Ländern in der EU im Vergleich zur Schweiz (2015)

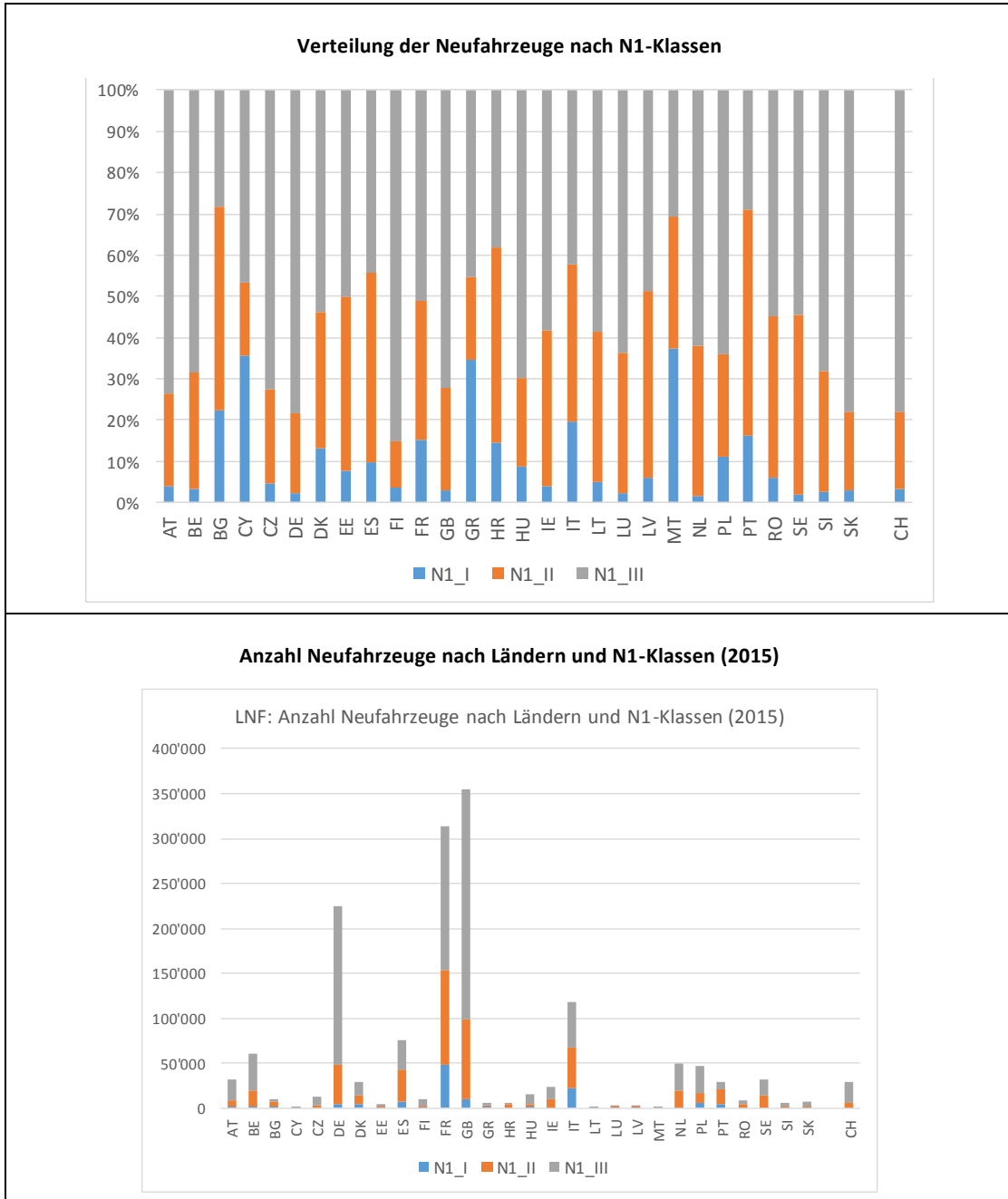
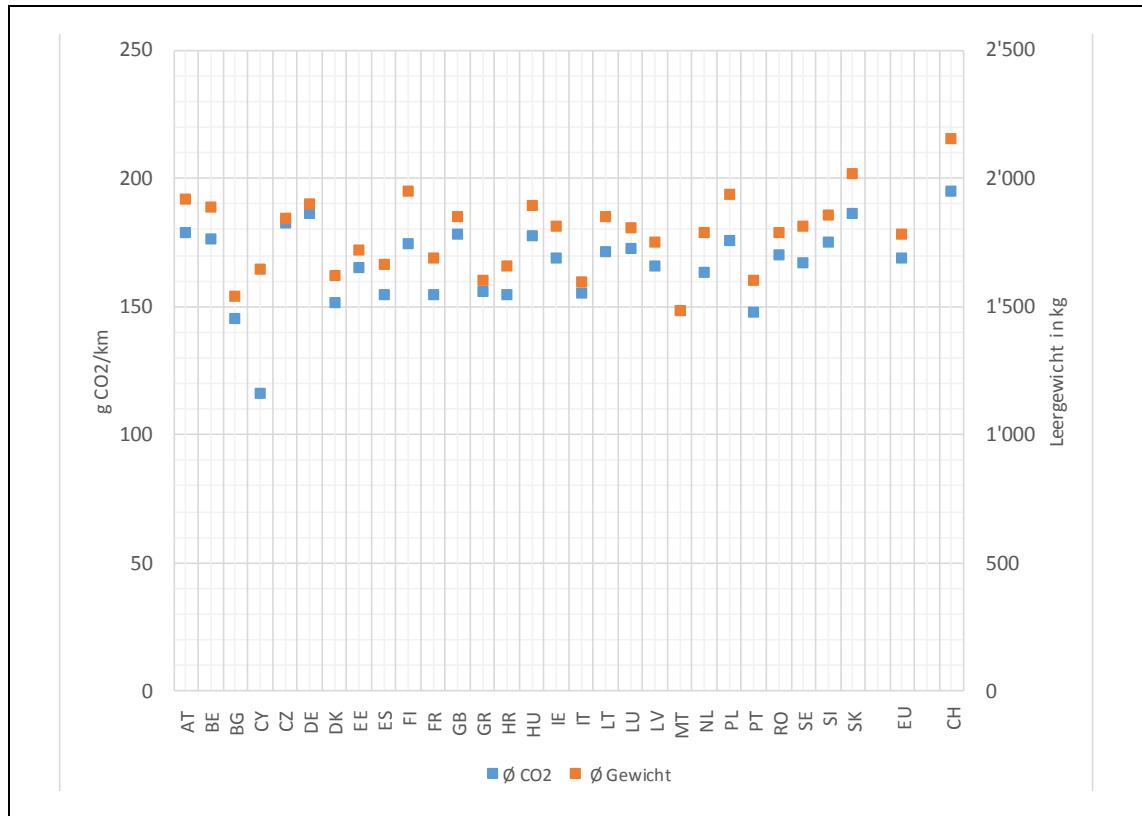


Abbildung 40: CO₂-Emission und Leergewicht der LNF in der Schweiz im Vergleich mit den EU-Ländern (2015)



7. Ausgestaltung der Massnahme zur Zielerreichung ab 2020 (LNF)

Grundsätzlich soll die Massnahme für die LNF nach dem gleichen Grundmuster wie bei den PW sowie in Anlehnung an die EU umgesetzt werden. Im Unterschied zur EU besteht kein Zwischenziel 2017, vielmehr soll direkt das Ziel 2020 anvisiert werden. Der Zielwert 2020 sowie die Zielwertfunktion sind gesetzt. Damit ist die Aufgabenstellung dieselbe wie bei den PW: es geht darum, verschiedene Varianten von Einführungsmodalitäten zu definieren und deren Folgen auf die CO₂-Emissionen und die Sanktionen für die Jahre 2020-2025 abzuschätzen.

7.1. Gestaltungsparameter

Wie bei den PW soll die Emissionsvorschrift für neu zugelassene LNF ab 2020 von folgenden Vorgaben und Voraussetzungen als Modellannahmen ausgehen:

- **Flottenzielwert:** Der Flottenzielwert ist durch das erste Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050 definiert, nämlich Reduktion der CO₂-Emissionen von neuen LNF bis 2020 auf 147 g CO₂/km – dies analog zur EU. Die EU sieht dafür kein Phasing-In vor.
- **Zielwertfunktion:** Die Zielwertfunktion lehnt sich ebenfalls an die EU an und lautet – gemäss EU-Verordnung 510/2011 – ab 2020 wie folgt:

Zielvorgabe (in g CO₂/km) = $147 + a * (m - M_{t-2})$,

mit

- a: 0.096 (Steigung der Zielwertgerade)
- m: Leergewicht in fahrbereitem Zustand in kg; für Grossimporteure ist das durchschnittliche Leergewicht der im Referenzjahr erstmals in Verkehr gesetzten LNF massgebend.
- M_{t-2}: Durchschnittliches Leergewicht in kg der in der Schweiz im vorletzten Kalenderjahr vor dem Referenzjahr erstmals in Verkehr gesetzten LNF.

- **Leergewichtsbestimmung:** Für die vorliegende Untersuchung wird – da noch keine Vollzugsdaten vorliegen – das Leergewicht aus den Typengenehmigungs-Angaben übernommen (jeweils oberer Grenzwert des Gewichtsbereichs von/bis je Fahrzeugtyp); bei Fehlen dieser Angabe wird die Angabe gemäss MOFIS verwendet.
- **Emissionsgemeinschaften:** Die Möglichkeit zur Bildung von Emissionsgemeinschaften besteht analog zu den Personenwagen. Für die vorliegende Untersuchung werden die Importeure, bzw. die Inhaber von Typengenehmigungen, je einzeln als Pool betrachtet (rund 20).

- **Differenzierung Gross/Kleinimporteure:** Diese Differenzierung gilt auch für LNF. Für die Sanktionsabschätzungen werden parallel-importierte Fahrzeuge zu einer einzigen Emissionsgemeinschaft gepoolt. Direkt importierte Fahrzeuge werden in einer separaten Sanktionsprognose untersucht.
- **Sonderziele für Klein- und Nischenhersteller:** Auch bei den LNF werden die Sonderziele soweit verfügbar von der EU übernommen. Ausgehend von der Datenbasis 2015 betrifft dies derzeit lediglich einen Hersteller (Ssangyong). Als Zielwertentwicklung wird eine jährliche Absenkung um 2% ab 2015 unterstellt.
- **Ökoinnovationen:** Die Möglichkeit von Ökoinnovationen gilt grundsätzlich auch bei den LNF. Sie wird hier aber für die Sanktionsabschätzungen nicht gesondert berücksichtigt.
- **Abtretungen:** Analog zur Massnahme bei den PW können auch LNF für die CO₂-Abrechnung an andere Importeure abgetreten werden.
- **Biogas-Faktor:** Die CO₂-Bestimmung von Erdgas-Fahrzeugen wird heute mit einem besonderen Faktor berücksichtigt (-10%, vgl. 3.4.4). Für die Sanktionsabschätzungen wird dies aber nicht berücksichtigt (vgl. dazu Ausführungen in Abschnitt 4.1).
- **Sanktionsbeträge** (in CHF pro g Zielüberschreitung): Wie bei den PW werden für jedes Gramm Zielwertüberschreitung 95 Euro bzw. 104.50 CHF in Rechnung gestellt.

Wie bei den PW stehen auch bei den LNF die Einführungsmodalitäten im Fokus, die eine schrittweise Zielerreichung ermöglichen sollen:

- **Phasing-In**, d.h. die Festsetzung von jahresbezogenen Flottenanteilswerten, welche für die Berechnung der durchschnittlichen CO₂-Emissionen in den betreffenden Jahren massgebend sind, und
- **Supercredits**, d.h. die besondere Gewichtung von Low-Emission Vehicles, also Fahrzeugen mit einem Emissionsausstoss von weniger als 50 g CO₂/km. Diese Gewichtungen können jahresbezogen differenziert sein. Zudem kann der Gesamtwert dieses „Rabattes“ über die verschiedenen Jahre beschränkt werden („CAP“), analog zu den PW.

Weitere Vollzugsmodalitäten betreffen insbesondere die Regeln der Datenbeschaffung und -bereitstellung, da bei den LNF gewisse Sonderfälle zu betrachten sind, namentlich

- CO₂-Angaben für Fahrzeuge mit einer maximalen Bezugsmasse von >2610 kg bzw. >2840 kg, weil die EU-Regelungen nur für N1-Fahrzeuge bis zu dieser Grenze gelten,
- Mehrstufen-Fahrzeuge (Fahrzeuge, die vom Hersteller als Basisfahrzeug verkauft und anschliessend von anderen Herstellern mit spezifischen Aufbauten versehen werden, z. B. mit einem isolierten Kasten für Kühltransporte oder mit Ladebühnen).

Diese Aspekte sind für die Sanktionsberechnungen an dieser Stelle allerdings nicht weiter relevant, sehr wohl aber für die Umsetzung.

7.2. Aufgabenstellung und methodischer Ansatz

Prämissen, Aufgabenstellung und methodischer Ansatz decken sich mit jenen des Bereichs PW (Abschnitte 4.2 und 4.3). Deshalb werden diese hier nur kurz zusammengefasst:

Aufgabenstellung

Die Aufgabe besteht darin, Einführungsmodalitäten (Phasing-In und Supercredits) so festlegen, dass das CO₂-Reduktionsziel erreicht wird; wird dieses Ziel erreicht, sollen keine Sanktionen anfallen. Nun ist – wie bei den PW – ungewiss,

- wie sich der „Markt“, d.h. die Verkaufszahlen sowie die Kenngrößen der Neuwagenflotte (CO₂, Leergewicht) entwickelt, und
- wie die Importeure auf allenfalls anfallende Sanktionszahlungen reagieren. Wie bei den PW haben sie im Wesentlichen drei Optionen:
 - den Markt in Richtung mehr Effizienz bzw. mehr LEV-Anteile beeinflussen, was die CO₂-Emissionen effektiv senken und Sanktionen vermeiden würde,
 - Sanktionen zahlen und ggf. zumindest teilweise an die Kunden weitergeben, was die CO₂-Emissionen aber nicht zwangsläufig senkt, zumindest solange die Kunden den Aufpreis zahlen³⁹,
 - Oder rechnerisch 'optimieren' (z.B. durch Bilden von Emissionsgemeinschaften), was die Sanktionen senkt, ohne dass aber die CO₂-Emissionen effektiv reduziert werden.

Aufgrund dieser Ungewissheit werden wie im Kapitel zu den PW verschiedene Varianten von Markt-, CO₂-Emissions- und Sanktionsentwicklungen aufgezeigt. Gesucht ist letztlich eine Entwicklung, die einerseits zur Zielerreichung gemäss gesetzlichem Auftrag führen soll, andererseits gleichzeitig technisch machbar und tragbar bezüglich Sanktionszahlungen erscheint..

Methodischer Ansatz

Es werden

- einerseits Marktentwicklungsszenarien definiert, welche ein mögliches Spektrum aufspannen, wie sich der LNF-Neuwagenmarkt (Flottenmix und Anteil von Low-Emission Vehicles) und die CO₂-Emission der Neufahrzeuge entwickeln werden,

³⁹ Falls die Kunden auf diese Preissignale reagieren würden (z.B. durch Kauf effizienterer Fahrzeuge), wäre der Effekt ähnlich wie die erstgenannte Option (nämlich Reduktion der CO₂-Emissionen und damit auch der Sanktionen).

- andererseits Varianten von Einführungsmodalitäten definiert, die mitbestimmen, ab welchen CO₂-Werten Sanktionen anfallen bzw. wie hoch diese Sanktionszahlungen und damit der Lenkungseffekt ausfallen wird.

Für jede Kombination (Marktszenario / Einführungsvariante) wird für den Zeitraum 2020-2025 zum einen der CO₂-Emissionsverlauf ermittelt, und zum andern werden je Importeur bzw. Emissionsgemeinschaft die allenfalls anfallenden Sanktionen berechnet.

7.3. Konkretisierung Variantenspektrum

Für die LNF wurde folgendes Variantenspektrum definiert:

Marktszenarien

Analog zu den PW werden mehrere Marktszenarien definiert, allerdings mit stärkerem Fokus auf die Absenkraten des spezifischen Verbrauchs als auf den LEV-Anteil, da der LNF-Sektor vorwiegend durch die grossen Fahrzeuge (N1-III) geprägt ist und die LEV zurzeit insgesamt eine weniger wichtige Rolle spielen als bei den PW. Deshalb wird lediglich eine LEV-Anteilsentwicklung unterstellt:

- Anteil Elektro-Fahrzeuge linear ansteigend von 2015 mit 0.53% auf 2.0% im Jahr 2020 bzw. 3.5% im Jahr 2025; es werden keine PHEV-Anteile unterstellt.
- Anteil Gas-Fahrzeuge (Mix CNG und Bifuel CNG/Benzin): linear ansteigend von 2015 mit 0.45% auf 1.0% im Jahr 2020 bzw. 2.0% im Jahr 2025.

Bei den Absenkraten werden drei Intensitäten unterschieden (gilt jeweils für Benzin-, Diesel- und Gas-Fahrzeuge):

- Szenario A: 2%/a
- Szenario B: 3%/a
- Szenario C: 4%/a

Varianten Einführungsmodalitäten

Tabelle 10 zeigt vier Varianten von Einführungsmodalitäten. Zu beachten ist, dass die EU für die LNF kein Phasing-In und keine Supercredits vorsieht, also den „Nullfall“ (Var. 0). Hier werden drei zusätzliche Varianten definiert: Var. 1 analog zur EU-Regelung für die PW, Var. 2 als „Swiss finish“ und Var. 3 mit grosszügigen Erleichterungen.

Tabelle 10: Definition von vier Varianten von Einführungsmodalitäten (LNF)

Var.	Kurz-Name	Phasing-In (Anteil sanktionsrelevanter Fahrzeuge)	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Var. 0	EU LNF	"Nullfall" (Kein Phasing-In, wie EU für LNF)	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Var. 1	EU PW	"wie EU für PW"	95%	100%	100%	100%	100%	100%
Var. 2	CH	"Swiss finish"	85%	90%	95%	100%	100%	100%
Var. 3	CH+	"Aufgeschobene Umsetzung"	50%	60%	70%	80%	100%	100%

Var.	Kurz-Name	Supercredits (Gewichtung für Fahrzeuge mit < 50 g CO ₂ /km)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	CAP (max g)
Var. 0	EU LNF	"Nullfall" (Keine Supercredits, wie EU für LNF)	1	1	1	1	1	1	-
Var. 1	EU PW	"wie EU für PW"	2	1.67	1.33	1	1	1	7.5
Var. 2	LEV+	"Zusätzliche Förderung"	3	2	1.5	1	1	1	15
Var. 3	LEV++	"Starke zusätzliche Förderung"	3.5	3.5	2.5	1.5	1	1	30

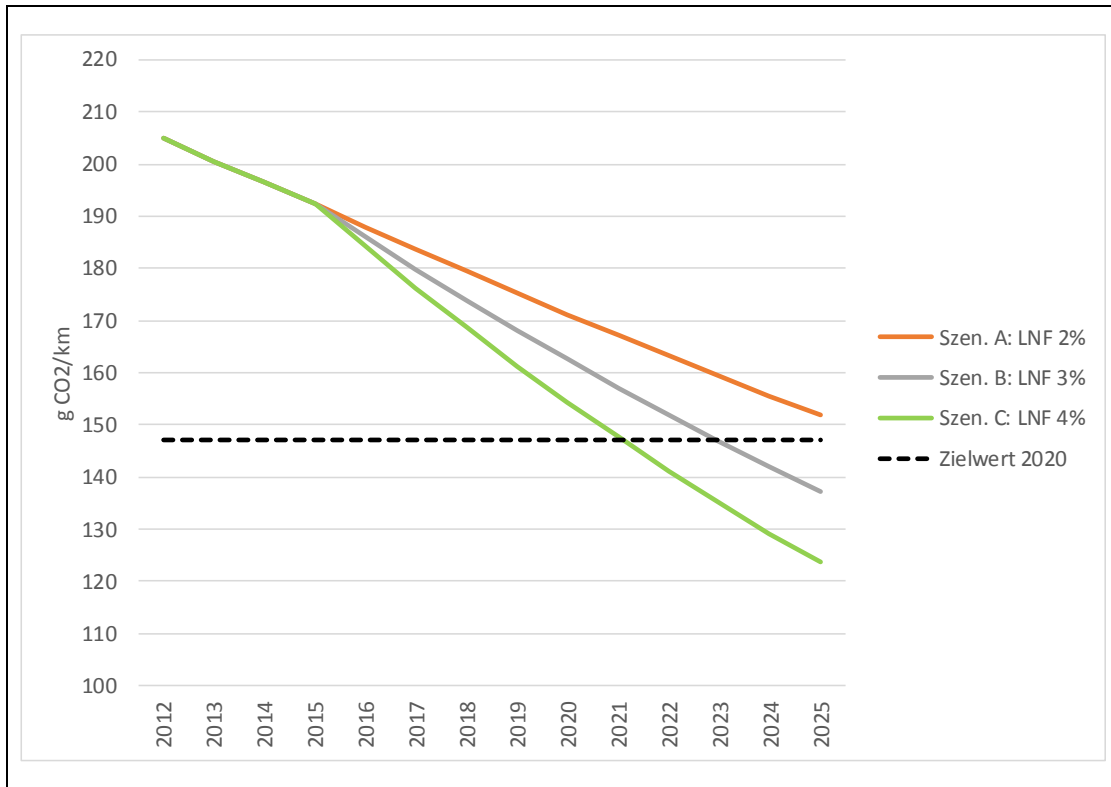
7.4. Umsetzung und Ergebnisse

Die Umsetzung erfolgt analog zum Bereich PW. Die Modellrechnungen liefern zwei Arten von Ergebnissen:

1. Durchschnittliche CO₂-Emissionen pro km für alle Marktszenarien
2. Allfällige Sanktionen für alle Variantenkombinationen je für die verschiedenen Marktszenarien.

7.4.1. Entwicklung der CO₂-Emissionen

Abbildung 41 zeigt, dass alle drei Marktszenarien gemäss Abschnitt 7.3 den Zielwert 2020 (147 g/km) nicht zeitgerecht erreichen. Szenario A erreicht den Wert erst nach 2025, Szenario B im Jahr 2023 und Szenario C im Jahr 2021. Um den Zielwert zeitgerecht zu erreichen bräuchte es eine Reduktionsrate von 5.5%/a. Bisher lag diese Absenkrate bei 2.2%/a.

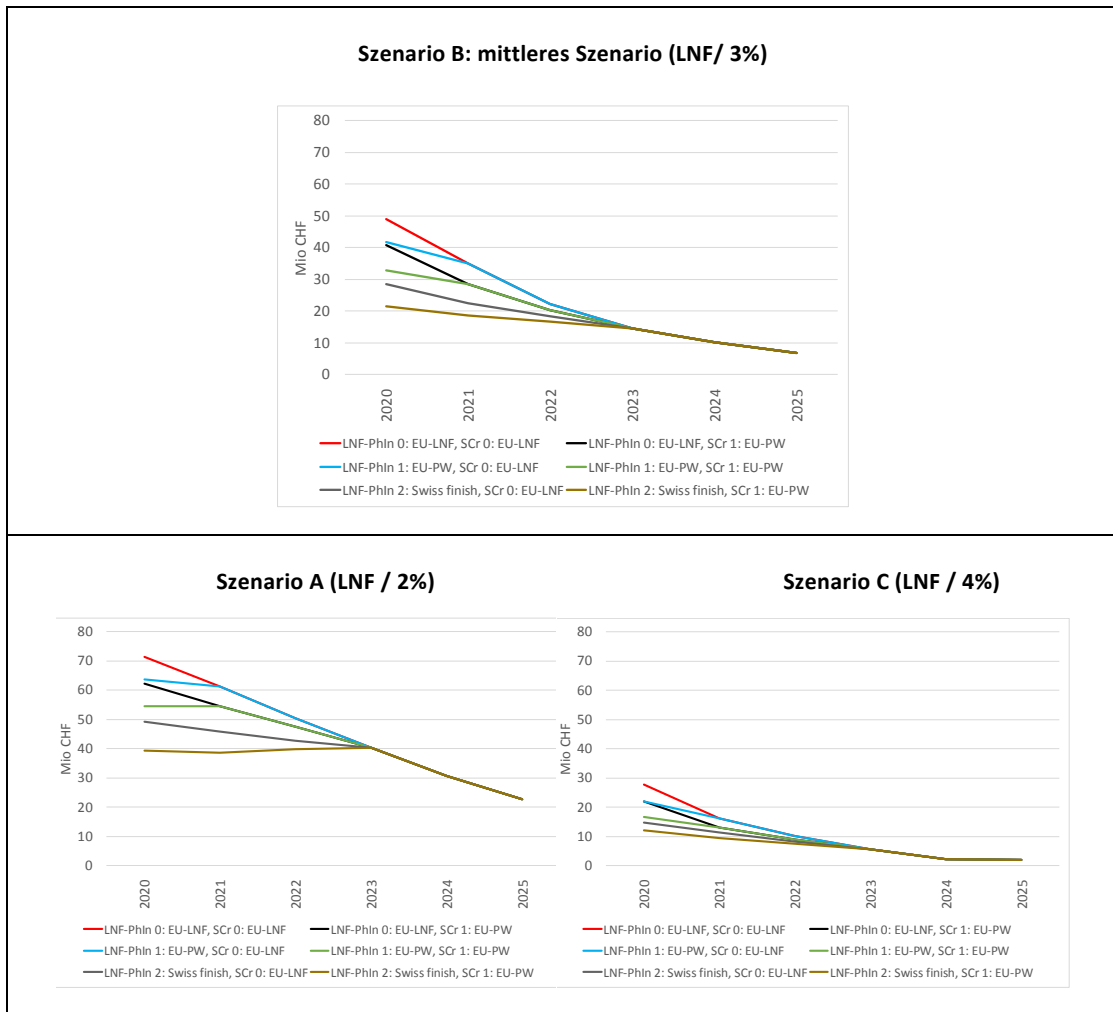
Abbildung 41: CO₂-Emissionsentwicklung der LNF-Neuwagenflotte in verschiedenen Marktszenarien

7.4.2. Sanktionszahlungen und Einfluss der Einführungsmodalitäten

Abbildung 42 zeigt analog zu den PW zuerst für die drei Szenarien A, B und C die Entwicklung der maximal anfallenden Sanktionszahlungen jeweils unter verschiedenen Varianten von Einführungsmodalitäten. Abbildung 43 zeigt anschliessend die Summe der Sanktionen über die Jahre 2020 bis 2023 für alle Marktszenarien. In beiden Darstellungen sind allfällige Reaktionen der Importeure auf Zielüberschreitungen nicht eingerechnet, etwa durch die Bildung neuer Emissionsgemeinschaften, Abtretungen von Fahrzeugen oder weiteren Anstrengungen zum Absatz effizienterer Fahrzeuge. Die Zahlen sind deshalb obere Grenzwerte der möglichen Sanktionen, die in der Praxis nach bisheriger Erfahrung deutlich unterschritten werden dürften. Die

Abbildungen zeigen ausgewählte Kombination der Varianten 0, 1 und 2 von Phasing-In bzw. Supercredits⁴⁰. Die zugehörigen Zahlen finden sich in Annex 8. Abbildung 44 und Abbildung 45 zeigen anschliessend am Beispiel des mittleren Szenarios (B) die Sanktionsverläufe je Importeur bzw. Emissionsgemeinschaft, einmal in CHF pro Fahrzeug und einmal als Gesamtbetrag in Mio. CHF/a.

Abbildung 42: Sanktionsverläufe unter verschiedenen Szenarien und Einführungsmodalitäten (LNF)



⁴⁰ Variantenbeschreibung LNF:

Modalität	Variante	Kurzname	Bezeichnung	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Phasing-in	Var. 0	EU LNF	"Nullfall" (Kein Phasing-In, wie EU für LNF)	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Phasing-in	Var. 1	EU PW	"wie EU für PW"	95%	100%	100%	100%	100%	100%
Phasing-in	Var. 2	CH	"Swiss finish"	85%	90%	95%	100%	100%	100%
Supercredits	Var. 0	EU LNF	"Nullfall" (Keine Supercredits, wie EU für LNF)	1	1	1	1	1	1
Supercredits	Var. 1	EU PW	"wie EU für PW"	2	1.67	1.33	1	1	1
Supercredits	Var. 2	LEV+	"Zusätzliche Förderung"	3	2	1.5	1	1	1

Abbildung 43: Sanktionszahlungen total 2020-2023 unter verschiedenen Einführungsmodalitäten und Marktentwicklungen (LNF)

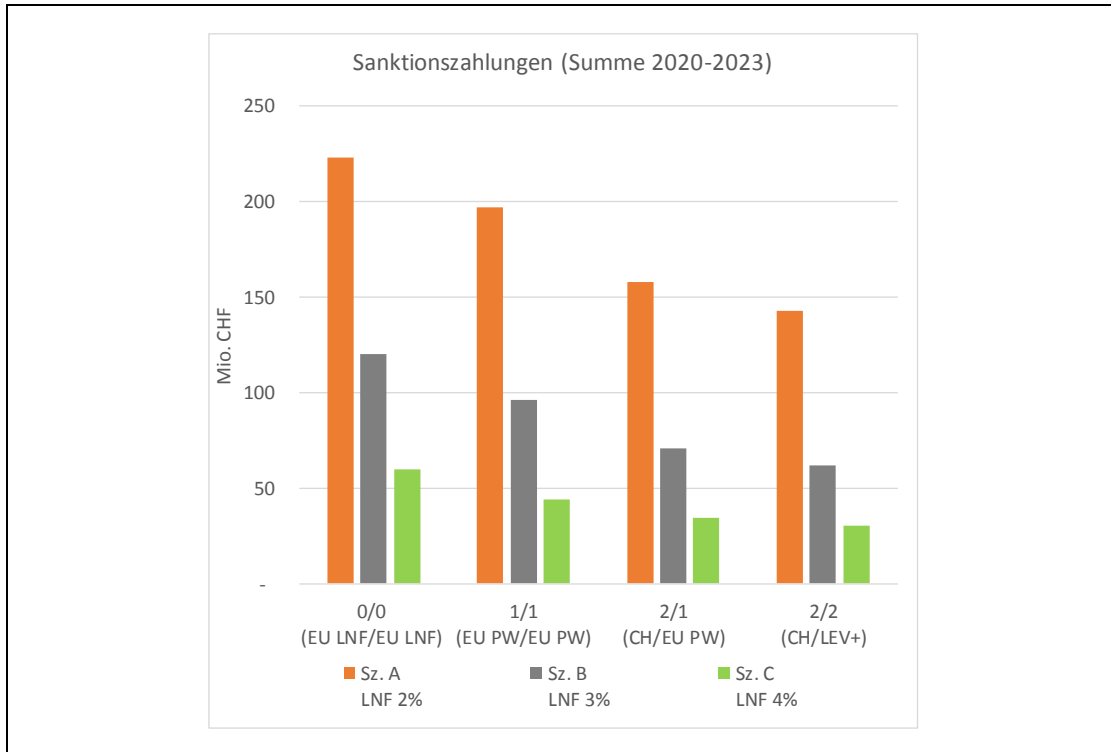


Abbildung 44: Sanktionsverläufe je Importeur bzw. Emissionsgemeinschaft in CHF/Fahrzeug im mittleren Markt-szenario B unter verschiedenen Einführungsmodalitäten (LNF)

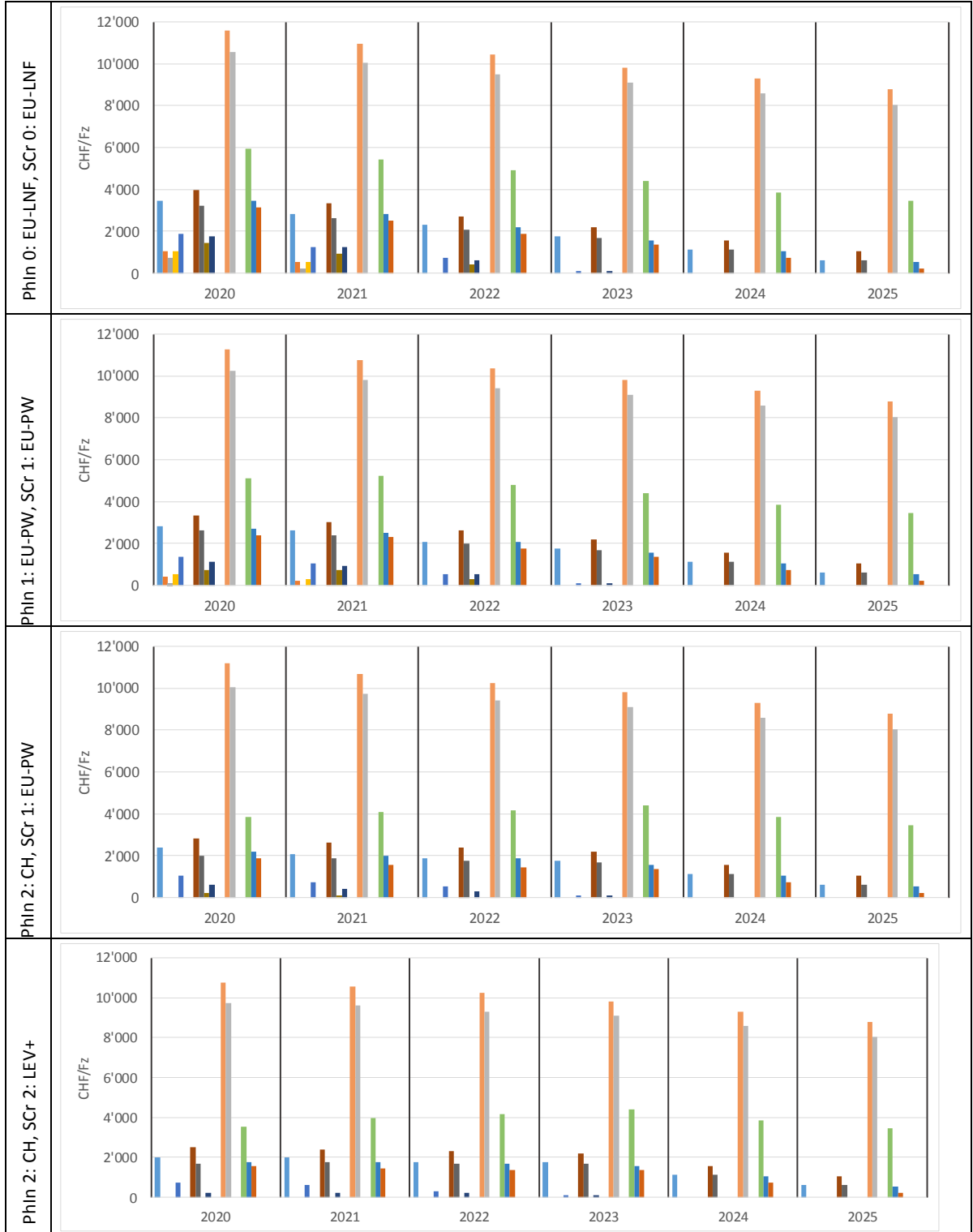
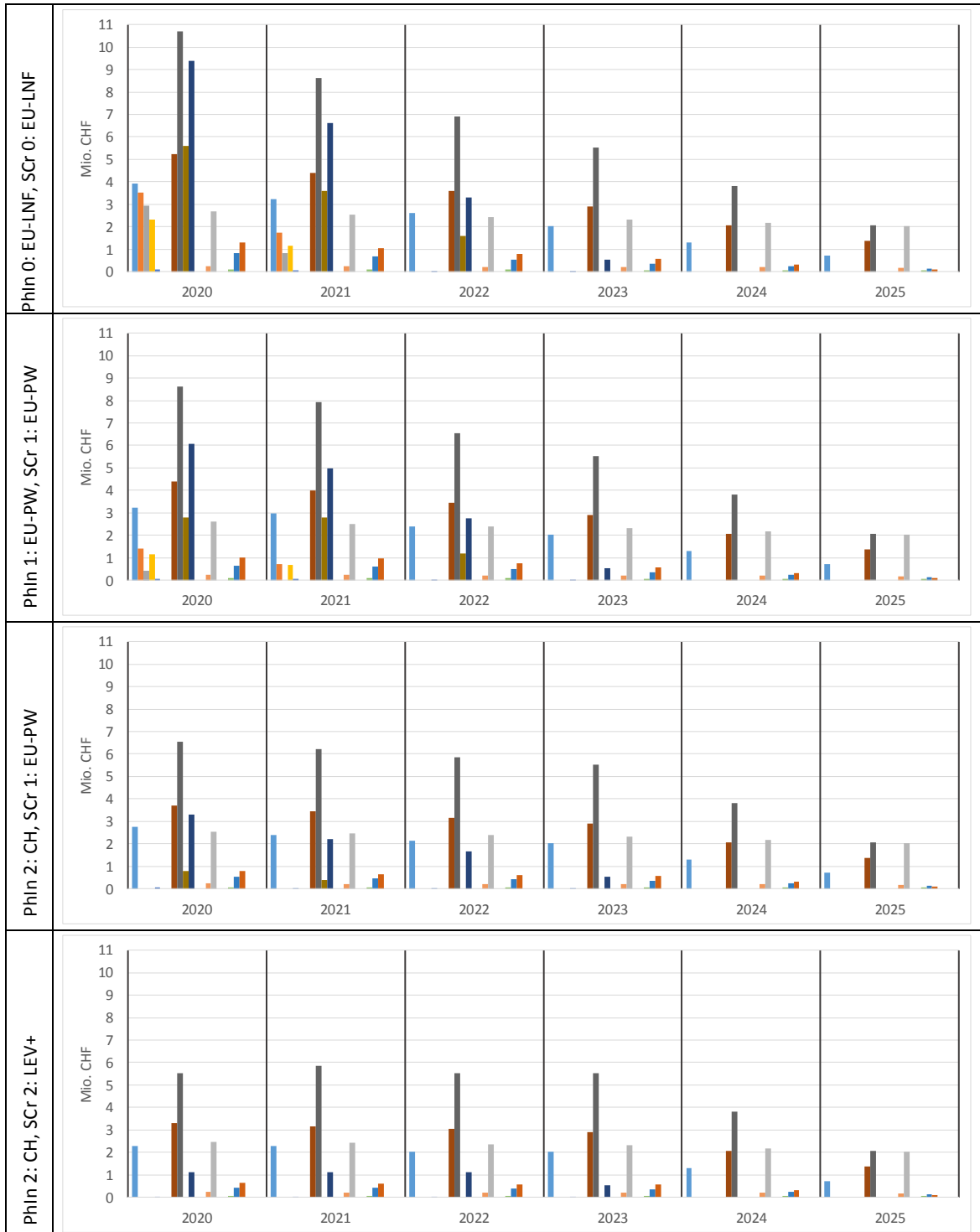


Abbildung 45: Sanktionsverläufe je Importeur bzw. Emissionsgemeinschaft in Mio. CHF im mittleren Marktscenario B unter verschiedenen Einführungsmodalitäten (LNF)



7.4.3. Interpretation der Ergebnisse

- Wie bei den PW gilt auch hier: die ausgewiesenen Sanktionszahlungen sind „Grenzresultate“, d.h. die aus den CO₂-Zielüberschreitungen ableitbaren Sanktionen fallen nur an, wenn die Importeure darauf nicht reagieren würden, etwa mit der Neubildung von Emissionsgemeinschaften, mit Abtretungen oder mit Anstrengungen zum Absatz effizienterer Fahrzeuge. Im Vergleich zu den Vollzugsdaten bei den PW sind bei den LNF zusätzlich die zugrundeliegenden Daten noch nicht für den CO₂-Vollzug optimiert; erfahrungsgemäss dürften noch Spielräume genutzt werden (z.B durch die Einreichung von COC-Daten).
- Je höher der Sanktionsbetrag, desto grösser die Wahrscheinlichkeit, dass die Importeure darauf reagieren – z.B. durch die verstärkte Promotion von effizienteren Fahrzeugen. Damit resultieren geringere CO₂-Zielüberschreitungen und somit geringere Sanktionszahlungen. Faktisch bedeutet dies einen Wechsel des Marktszenarios, z.B. vom mittleren Szenario B (mit 3%-Absenkungsraten) hin zu Szenario C (mit 4%-Absenkungsraten).
- Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Varianten an Einführungsmodalitäten sind hier weniger gross als bei den PW. Bei den Supercredits ist dies auf die geringere Gesamtzahl von (unterstellten) Fahrzeugen zurückzuführen. Gleichzeitig wird der LNF-Markt von schweren Fahrzeugen dominiert, wo die alternativen Antriebe noch weniger Fuss gefasst haben als bei den kleineren Fahrzeugklassen N1-I und N1-II. Beim Phasing-In spielt die geringere Modellvielfalt als bei den PW eine Rolle. Diese bewirkt eine etwas sprunghaftere Verteilung nach CO₂-Intensität, wodurch nicht jede Phasing-In-Stufe auch tatsächlich für alle gleichermaßen nutzbar wird.
- Aus Abbildung 43 geht hervor, dass ohne Einführungsmodalitäten (Variante 0/0) – so wie es die EU für die LNF vorsieht – im Szenario A (mit Absenkraten von 2%/a) total im Maximum rund 220 Mio. CHF Sanktionen fällig werden. Grosszügigere Modalitäten im Sinne einer Variante 2/1 (CH / EU PW) oder 2/2 (CH / LEV+) reduzieren die Sanktionslast um etwa ein Drittel auf rund 150 Mio. CHF; es verbleiben somit noch deutliche Anreize für Anpassungen im Markt um CO₂-Emissionen und Sanktionen zu reduzieren.
- In Szenario B (mit Absenkraten von 3%/a und einer Zielerreichung ca. 2023) werden mit der EU-Regelung (Variante 0/0) noch Sanktionen von maximal 120 Mio. CHF fällig. Das bedeutet Sanktionsbeträge von durchschnittlich rund 1'000 CHF pro Fahrzeug. Mit grosszügigeren Modalitäten (Var. 2/1 oder 2/2) halbieren sich diese Beträge in etwa. Zur Minderung dieser Sanktionen bestehen seitens der Importeure noch Spielräume wie beispielsweise die Bildung neuer Emissionsgemeinschaften oder sog. Abtretungen. Selbstredend würde auch jede effektive CO₂-Minderung die Sanktionslast weiter reduzieren, wobei sich der Markt damit in Richtung Szenario C verschieben würde.

- Das Szenario C (mit 4%-Absenkraten) ist deutlich ambitionierter als B und erreicht das CO₂-Ziel um rund 1.5 bis 2 Jahre früher (2021/22), aber noch immer nicht im anvisierten Jahr 2020. Betrachtete man einen solchen Pfad bezüglich CO₂-Reduktion als ambitionös genug, sollten die Sanktionen für diesen Fall begrenzt bleiben. Die EU-Regelung würde hier zu Sanktionen von maximal rund 60 Mio. CHF führen, grosszügigere Modalitäten (Var. 2/1 oder 2/2) führen noch zu Sanktionen von rund 30 Mio. CHF.
- Was würde es demnach bedeuten, wenn die Schweiz eine eigene „Schweizer Regelung“ (z.B. im Sinne der Variante 2/1 [CH/EU PW]) einführen würde? Man kann die Wirkung auch hier am Beispiel von Szenario B illustrieren: Mit einer solchen „Schweizer Regelung“ fallen Sanktionen von maximal rund 70 Mio. CHF an, mit einer „EU-Regelung“ würden maximal 120 Mio. CHF fällig. Auch die CH-Regelung dürfte bereits Reaktionen auslösen, wenn auch geringere als die EU-Regelung. Mit einer „Schweizer Regelung“ verzichtet man somit entweder auf die stärkeren Marktanpassungen und damit auf entsprechende CO₂-Reduktionen, oder aber man verzichtet auf die höheren Sanktionszahlungen.

7.4.4. Einfluss des Leergewichts

Auch bei den LNF hängen die individuellen Zielvorgaben vom Referenzleergewicht der Neuwagenflotte ab. In Abschnitt 6.3 wurde festgestellt, dass eine markante Differenz besteht zwischen dem Leergewicht in der EU (2015: 1795 kg) und jenem der Schweizer Neufahrzeugflotte, welches hier aus den maximalen Werten in der Typengenehmigung bestimmt wird (2015: 2158 kg). Weil die Zielwertfunktion von der EU übernommen wird, bleibt dies nicht ohne Auswirkungen auf die Zielvorgaben. Abbildung 46 zeigt die Relationen:

- Die Punkte entsprechen den Mittelwerten der Flotten 2015 in der EU bzw. in der Schweiz.
- Die EU-Zielwertfunktion 2020 basiert auf dem Leergewichtswert 2015 der EU, jene der Schweiz auf dem Schweizer Leergewicht 2015 (in der Annahme, beide Werte bleiben auch für 2020 relevant). Damit resultiert für die beiden unterschiedlich schweren Flotten jeweils ein durchschnittlicher Zielwert von 147 g/km.
- Weil das Leergewicht in der Schweiz rund 360 kg höher liegt als in der EU, ist die Zielwertfunktion CH entsprechend weiter rechts bzw. tiefer angesetzt und damit für ein gleich schweres Fahrzeug strenger (nämlich $\text{rund } 35 \text{ g} = 360 \cdot 0.096$ [Steigungsparameter]). Ein gleiches Fahrzeug bzw. Flotte wird demzufolge in der Schweiz an einer strengeren Zielvorgabe gemessen als in der EU.
- Verfügt ein Importeur über eine durchschnittliche Schweizer LNF-Flotte mit dem höheren Gewicht, so wird er an der gleichen Zielvorgabe gemessen wie in der EU (147 g). Wäre der gleiche Importeur mit der gleichen Flotte aber in der EU domiziliert, käme er in den Genuss

einer höheren Zielvorgabe, weil das Referenzleergewicht der EU tiefer ist als in der Schweiz (u.a. dank grösseren N1-I und N1-II-Anteilen vor allem in den Südländern).

- Würde die Schweiz die Zielwertfunktion mit dem EU-Referenzleergewicht übernehmen, ergäbe sich – auch falls alle Fahrzeuge im Mittel die Zielvorgabe einhalten – ein Flottenmittelwert, der deutlich über den anvisierten 147 g liegt.

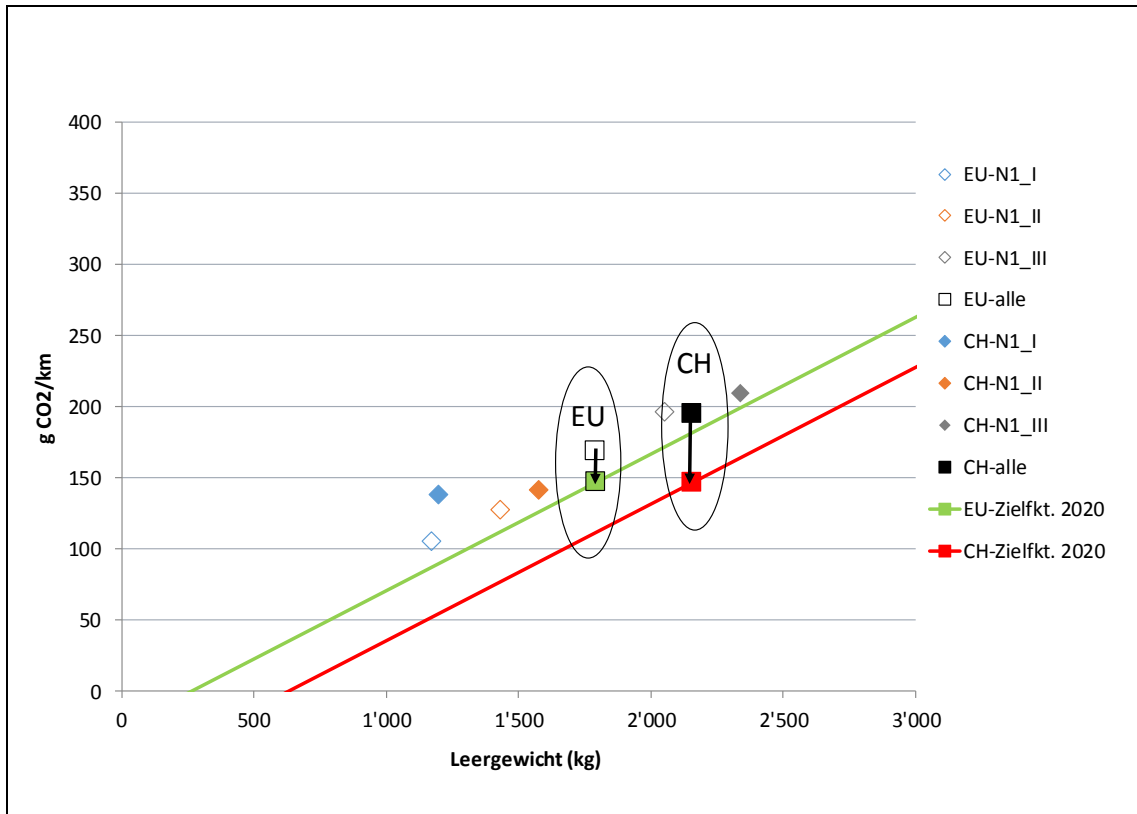
Daran zeigt sich das Dilemma:

- Übernimmt man die Zielwertfunktion mit dem CH-Referenzleergewicht, führt dies für ein Einzelfahrzeug zu einer deutlich strengeren Zielvorgabe als in der EU.
- Übernimmt man die Zielwertfunktion mit dem EU-Referenzleergewicht, wird das Flottenziel (147 g) nicht erreicht.

Nun liegt das politische Kernziel auf dem Flottenzielwert von 147 g – unbesehen vom Leergewicht der Fahrzeuge, was letztlich lediglich ein Vollzugsparameter ist. Falls die Schweizer Flotte einen im Vergleich zur EU divergierenden Gewichtsmittelwert aufweist, so muss dies im Bedarfsfall über zusätzliche Technologie bzw. Effizienz wettgemacht werden. Von der EU abweichende, weniger strenge Einführungsmodalitäten bilden eine Erleichterung und damit einen zumindest temporär möglichen Ausweg aus dem genannten Dilemma.

Dieses Dilemma besteht nicht nur bei den LNF, sondern auch bei den PW. Allerdings ist dort die Diskrepanz deutlich geringer und deshalb weniger einschneidend (vgl. Abschnitt 4.6.4).

Abbildung 46: Zielwertfunktionen unter EU- bzw. CH-Bedingungen des Leergewichts



7.4.5. Auswirkungen auf Kleinimporteure von LNF

Analog zu den bisher geltenden CO₂-Emissionsvorschriften für PW sollen auch bei den LNF Fahrzeuge von Kleinimporteuren einzeln abgerechnet werden; dies betrifft Importeure mit höchstens 5 Fahrzeugen pro Jahr. Die Entwicklung bei diesen Fahrzeugen ist schwieriger zu prognostizieren als bei den PW, da bisher noch keine Vollzugserfahrungen vorhanden sind. Deshalb kann derzeit die Abrechnungsart (als Einzelfahrzeug oder in einer Flotte) nicht sicher festgestellt werden. Ausserdem fehlen bei den betrachteten direkt importierten LNF präzise Typengenehmigungsdaten. Ferner wird keine Elektrifizierung der Fahrzeuge unterstellt. Die hier berechneten Gesamtsanktionen können deshalb als maximale Obergrenze möglicher Sanktionen für LNF-Kleinimporteure interpretiert werden.

Für die Sanktionsprognose per 2020 werden die rund 1800 (6% Marktanteil) direktimportierten LNF des Jahres 2015 angenommen. Es handelt sich dabei grossteils um Fahrzeuge mit europäischer Gesamtgenehmigung, ein tiefer zweistelliger Prozentsatz sind US-Fahrzeuge. Auf Basis

von Typ, Motorisierung und Getriebe wurden fehlende CO₂-Werte recherchiert und in die Berechnungen einbezogen. Das durchschnittliche Leergewicht ist mit rund 2'250 kg überdurchschnittlich hoch, ebenso die CO₂-Emissionen mit rund 218 g/km.

Anhand dieser Daten werden die CO₂-Emissionen gemäss dem mittleren Szenario fortgeschrieben, d.h. eine Absenkung der CO₂-Emissionen bei Benzin- und Dieselfahrzeugen mit 3% p.a. unterstellt. Die Anzahl von LEV wird nicht variiert. Wie bei den PW wird eine Sanktionsminderung berücksichtigt, welche sich an die Einföhrungserleichterungen für Grossimporteure anlehnt, d.h. an die Phasing-in-Prozentsätze. Die Tabelle 11 zeigt die durchschnittlichen Sanktionsbeträge pro Fahrzeug im Jahr 2020 bei den Direktimporten unter Annahme des Schweizer Referenzleergewichts und abgemindert entsprechend den Phasing-in Szenarien.

Tabelle 11: Sanktionsprognose bei direktimportierten LNF

EU LNF: 100%	EU PW: 95%	CH: 85%
Fr. 3'100	Fr. 2'900	Fr. 2'600

Die Beträge bezeichnen die durchschnittliche Sanktion pro direkt importiertem LNF im Jahr 2020 im mittleren Szenario mit einer CO₂-Absenkung mit -3% p.a., gemäss den Phasing-in-Varianten und unter Annahme des Schweizer Referenzleergewichts.
Quelle: ASTRA/BFE, eigene Berechnungen.

Von den untersuchten rund 1'800 Fahrzeugen sind im Jahr 2020 rund 400 sanktionsfrei, die verbleibenden 1'400 LNF müssen mit einer Sanktion rechnen. Angesicht der prognostizierten Sanktionen ist davon auszugehen, dass mit Einführung der CO₂-Emissionsvorschriften für diese Fahrzeuge noch wesentlich stärkere Anreize für die Sanktionabrechnung via Pool bzw. via CO₂-Börse vorhanden sind. Eine Analogie zum Anteil einzeln abgerechneter PW würde schliessen lassen, dass künftig eher einige wenige hundert LNF pro Jahr im Vergleich zu den hier angenommenen 1'800 Fahrzeugen einzeln abgerechnet werden.

8. Auswirkungen bei den LNF

8.1. Annahmen zur Wirkungsabschätzungen

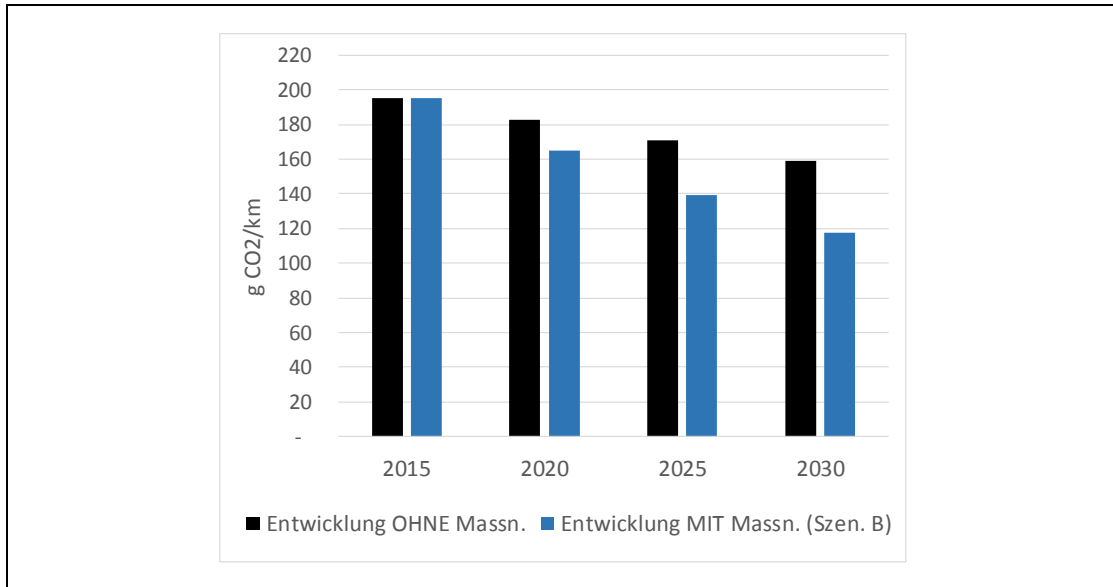
Wie bei den PW lassen auch bei den LNF die in Kapitel 7 aufgezeigten Szenarien und Varianten nicht klar darauf schliessen, wie die Reaktionen auf Sanktionen ausfallen und wo und wie der Markt sich letztlich einpendeln wird. Ebenso ist ungewiss, wie die Entwicklung ohne diese Massnahme aussehen würde, zumal in der EU auch die LNF-Massnahme bereits beschlossen ist und somit ein gewisser Mitnahmeeffekt unterstellt werden kann. Auch hier geben die folgenden quantitativen Abschätzungen eine Grössenordnung der mutmasslichen Effekte. Diese hängen wesentlich von den zugrunde gelegten Annahmen ab.

Im Rahmen der Energieperspektiven 2050 (BFE 2012) wurde für das Bezugsszenario ohne Massnahme (Szenario WWB) unterstellt, dass die CO₂-Emissionen der Neu-LNF zurückgehen, dies allerdings moderat, weil hier keine Regulierung unterstellt wurde –im Gegensatz zu den PW, wo eine erste Stufe der Regulierung (2015) bereits eingeführt war. Das im Folgenden als «Entwicklung OHNE Massnahme» bezeichnete Bezugsszenario orientiert sich an jenen Annahmen. Konkret wird unterstellt, dass bei den LNF die spezifische CO₂-Emission der Neufahrzeuge von derzeit (2015) 195 g CO₂/km auf 183 g (2020) bzw. 171 g (2025) zurückgeht. Dabei ist der Umstand berücksichtigt, dass auch bei den LNF alternative Antriebe Einzug halten, allerdings in moderaterer Form als bei den PW, d.h. erst 2% der Neuwagen im Jahr 2020 bzw. 3.5% im Jahr 2025 sind elektrisch betrieben.

Wie für die PW wurde in den Energieperspektiven 2050 für eine Entwicklung mit Massnahme unterstellt, dass auch die LNF-Neufahrzeuge ihren Zielwert von 147 g CO₂/km im Jahr 2020 erreichen. Die Analysen in Kapitel 6 zeigen, dass dies selbst mit strengen Einführungsmodalitäten ein sehr ambitionierter Pfad wäre. Deshalb wird hier wie bei den PW für eine «Entwicklung MIT Massnahme» ein mittleres Szenario unterstellt, d.h. Szenario B (LNF 3%), womit das Ziel im Jahr 2023 erreicht wird. Selbst mit einer Schweizer Regelung von Einführungsmodalitäten fallen noch Sanktionen an, so dass Anreize für eine rechnerische Optimierung (Bildung von Emissionsgemeinschaften bzw. Abtretungen) bzw. für weitere CO₂-Reduktionen bestehen. Deshalb ist das eine eher konservative Annahme für die Einschätzung der Auswirkungen.

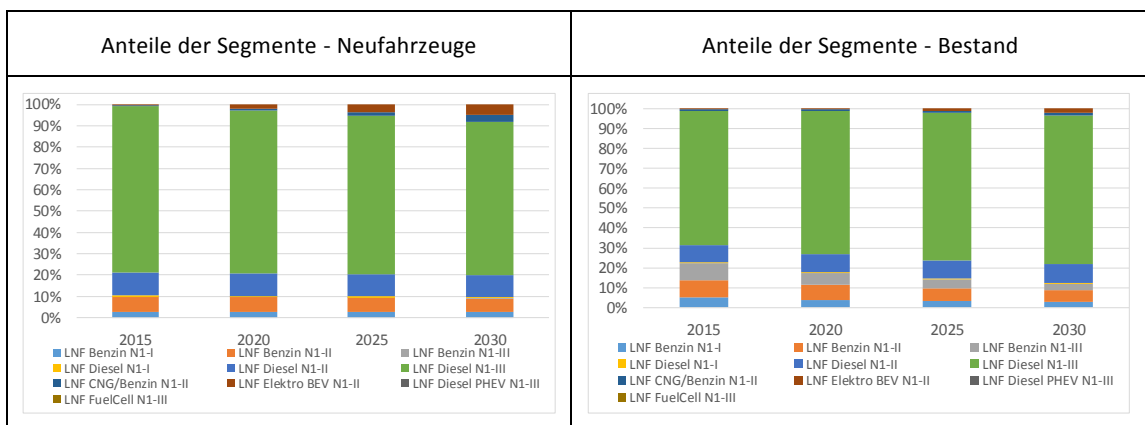
In beiden Fällen wird vom gleichen Flottenmix ausgegangen, d.h. auch in einer «Entwicklung MIT Massnahme» (d.h. Szenario B) spielen alternative Antriebe noch eine untergeordnete Rolle. Gleichzeitig wird in beiden Entwicklungen (MIT bzw. OHNE Massnahme) unterstellt, dass auch nach 2020 der Absenkpfad kontinuierlich weitergeht, in der Entwicklung OHNE Massnahme allerdings moderater als im Fall MIT Massnahme. Abbildung 47 zeigt die Annahmen zur CO₂-Absenkung der Neuwagen im Quervergleich, und Abbildung 48 illustriert die Annahmen zum Flottenmix bei den Neufahrzeugen bzw. im Bestand.

Abbildung 47: Annahmen zur Entwicklung der spezifischen CO₂-Emissionen der LNF im Fall „OHNE Massnahmen“ und im Fall „MIT Massnahme“ (Szen. B)



Vgl. Zahlen in Annex 9.

Abbildung 48: Entwicklung der LNF-Flottenzusammensetzung: gleiche Annahmen für den Fall „OHNE“ bzw. „MIT Massnahme“

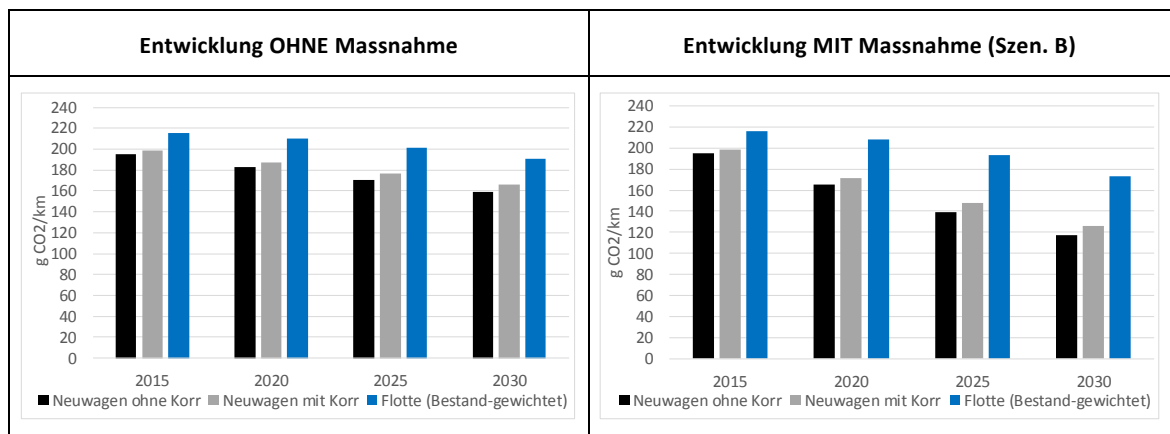


Vgl. Zahlen in Annex 9.

Analog zu den Berechnungen für die PW werden auch die Auswirkungen der Massnahmen für die LNF abgeschätzt. Schlüsselement sind die Entwicklungen der spezifischen Emissionen der Flotte, wie sie in Abbildung 49 dargestellt sind, links für die Referenzentwicklung OHNE Massnahme, rechts MIT Massnahme. Gezeigt wird der Verlauf der Neuwagenflotte (schwarze Säule, NEFZ-Werte und graue Säulen die korrigierten NEFZ-Werte). Die blaue Säulenreihe illustriert,

wie sich die Massnahme über die Jahre auf den bestandsgewichteten mittleren CO₂-Ausstoss auswirkt. Daraus kann man ablesen, dass es einige Zeit dauert, bis die verstärkte Effizienz im Neuwagenpark effektiv auch in der Flotte spürbar wird.

Abbildung 49: Entwicklung der spezifischen CO₂-Werte der LNF



8025_CO₂_BFE\daten\HBEFA\RoadInputs\Ctrl_Road_Input_NewReg_and_FuelEff_8025_LNF_WWB_Vd.
8025_CO₂_BFE\daten\HBEFA\RoadInputs\Ctrl_Road_Input_NewReg_and_FuelEff_8025_LNF_WWB_POM_Vd.xlsx

Aus diesen Angaben lassen sich die entsprechenden Auswirkungen auf die CO₂-Emissionsentwicklung bzw. den Treibstoffverbrauch abschätzen (vgl. Tabelle 12). Demnach bringen die CO₂-Emissionsvorschriften der LNF Reduktionen beim Energieverbrauch, den CO₂-Emissionen und den fiskalischen Einnahmen (Mineralölsteuer einschliesslich Mineralölsteuerzuschlag sowie Mehrwertsteuer⁴¹) Auswirkungen in der Grössenordnung von rund 10% der PW (vgl. Tabelle 8). Prozentual betrachtet sind die Beiträge vergleichbar mit jenen der PW, nämlich rund 4 bis 5% pro Jahr (gemittelt über die Zeitperiode 2016 bis 2030). Gleichzeitig ergeben sich treibstoffbedingte Kosteneinsparungen im Umfang von knapp 30 Mio. CHF/a.⁴²

⁴¹ Der Rückgang der MWSt beträgt theoretisch rund 2.2 Mio. CHF/a (Ø2016-2030). Es ist allerdings davon auszugehen, dass der Treibstoff der LNF grossmehrheitlich durch Unternehmen konsumiert wird. Diese können i.d.R. einen Vorsteuerabzug geltend machen, d.h. die durch die Verkäufer in die Bundeskasse bezahlten MWSt-Gelder fließen durch Abzug der Vorsteuern durch die Käufer wieder ab. Eine Reduktion des Treibstoffkonsums aufgrund effizienterer Fahrzeuge ändert an diesem «Nullsummenspiel» nichts. Entsprechend verändern sich die MWSt-Erträge nicht. Schlagen die massnahmen-bedingten Effizienzgewinne allerdings auf die Preise durch, so reduzieren sich die End-Produktpreise und damit auch die letztlich durch die Endkonsumenten zu bezahlenden Mehrwertsteuern, wodurch die MWSt-Beträge entsprechend zurückgehen. Dies wieder trifft aber nur dann zu, wenn der LNF-Treibstoff für Produkte eingesetzt wird, welche letztlich im Inland konsumiert werden. Vor diesem Hintergrund dürfte der Rückgang der MWSt marginal sein. Er wird deshalb in Tabelle mit 0 eingesetzt.

⁴² Annahmen:

- Eingesparte Treibstoffmengen: rund 15 Mio. L/a
- Treibstoffpreise 2020 gem. Energieperspektiven (1.94 CHF/L, gemittelt aus Benzin 1.84 bzw. Diesel 1.97)

Das ergibt Kosteneinsparungen von 29 Mio. CHF/a. Unterstellte man derzeitige Treibstoffpreise (ca. 1.50 CHF/L), lägen die Ersparnisse bei rund 22 Mio. CHF/a.

Auf eine detaillierte Sensitivitätsanalyse (wie bei den PW) wird hier verzichtet, da die Ergebnisse analog verlaufen.

Tabelle 12: Auswirkungen der CO₂-Emissionsvorschriften für LNF

	Einheit	2015	2020	2025	2030	Ø/a
Energieverbrauch						
Referenzentwicklung OHNE Massnahme	PJ	12.1	12.0	11.7	11.6	11.8
Differenz zu Entw. MIT Mass. (Szen. B)	PJ	0.0	-0.2	-0.7	-1.3	-0.53
Differenz in %		0.0%	-1.4%	-5.6%	-11.6%	-4.5%
CO₂-Emissionen						
Referenzentwicklung OHNE Massnahme	Mio t CO ₂	0.89	0.88	0.86	0.85	0.87
Differenz zu Entw. MIT Mass. (Szen. B)	Mio t CO ₂	-	-0.01	-0.05	-0.10	-0.04
Differenz in %		0%	-1%	-6%	-12%	-4.5%
Minüst+ Minüst-Zuschlag						
Referenzentwicklung OHNE Massnahme	Mio CHF	261	256	251	247	253
Differenz zu Entw. MIT Mass. (Szen. B)	Mio CHF	0	-4	-14	-29	-11
Differenz in %		0.0%	-1.4%	-5.6%	-11.6%	-4.5%
MWSt						
Referenzentwicklung OHNE Massnahme	Mio CHF	49	49	50	50	50
Differenz zu Entw. MIT Mass. (Szen. B)	Mio CHF	0.0	0.0	0.0	0.0	-
Differenz in %		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Die CO₂-Vorschriften werden erst nach und nach wirksam, wenn die Neufahrzeuge sich im Bestand durchsetzen. Damit wird es zwangsläufig notwendig, weitere Annahmen zu treffen, namentlich wie die CO₂-Emissionsvorschriften und die Neuwagenflotte sich über den Zeitpunkt 2020 hinaus weiter entwickeln werden. In den hier gezeigten Wirkungsabschätzungen sind die Annahmen gemäss Abschnitt 8.1 eingearbeitet.

8.2. Kostenbetrachtungen

Im Unterschied zu den PW sind bei den LNF lediglich Kosten für Effizienzverbesserungen bei konventionellen Fahrzeugen relevant, da die beiden Entwicklungspfade (ohne/mit Massnahme) sich lediglich bezüglich der CO₂-Absenkraten unterscheiden. Der Anteil alternativer Antriebe (v.a. Elektro-Fahrzeuge) ist in beiden Entwicklungen gleich, demzufolge entfallen für den Pfad mit Massnahme allfällige Zusatzkosten durch höhere Anteile an LEV.

Die folgenden Kostenbetrachtungen für die LNF basieren auf den gleichen Grundlagen wie jene der PW (vgl. Kapitel 5.6). Dort sind auch die methodischen Ansätze erläutert. Die Kostendiskussion in der EU war allerdings kontrovers. Die ursprünglichen Studien im Bereich der LNF (AEA 2009a, AEA 2009b) schätzten die Kosten für das Erreichen des 175 g-Ziels auf 1'100 bis 1'700 Euro (= Kaufpreis-Erhöhung gegenüber einem Fahrzeug Baujahr 2007); für das längerfristige Ziel von 147 g CO₂/km wurden Zusatzkosten von 2'000 bis 3'000 Euro ausgemacht. Eine deutsche Studie (IKH 2010) schätzte die Kosten markant höher ein – je nach Zielniveau und

Technologien wurden Kosten von 4'500 bis 8'800 Euro genannt. Eine Folgestudie der EU in diesem Kontext (TNO 2012) korrigierte die erwarteten Kosten deutlich nach unten u.a. weil ein Grossteil der LNF von den PW abgeleitet ist und dort eingesetzte Effizienz-Technologien kostengünstig auch für die LNF verwendet werden können. Die erwähnte Studie rechnete mit Mehrkosten von rund 600 Euro (gegenüber einem Fahrzeug des Baujahrs 2010). Gleichzeitig wurden auch höhere Reduktionspotenziale ausgemacht, was die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass das Ziel von 147 g CO₂/km erreicht werden kann.

Für die vorliegende Kostenabschätzung wird hier wie bei den PW die neueste EU-Studie herangezogen (Ricardo-AEA 2015). Dort sind auch Kostenkurven für die LNF ermittelt worden. Im Weiteren lehnt sich die Kostenabschätzung für die LNF an die in Abschnitt 5.6 gemachte Wirkungsabschätzung anhand des Vergleichs der beiden Entwicklungen ohne / mit Massnahme an. Sie fokussiert zudem auf das relevante Segment der LNF (N1-III), d.h. die grossen LNF, welche gegen 80% der Neuwagenflotte ausmachen. Im Jahr 2013 stiess dieses Segment 218 g CO₂/km aus. Im Entwicklungspfad ‚ohne Massnahme‘ ist eine Absenkung im Sinne einer autonomen Entwicklung unterstellt, konkret für 2020 auf 200 g (2020; -8%) bzw. 190 g (2025; -13%). Diese 13% sind die „günstigen“ Reduktionen, d.h. die „low hanging fruits“. Wenn noch weiter abgesenkt werden soll, nehmen die spezifischen Reduktionskosten allerdings zu. Eine genauere Wirkungsabschätzung anhand des Vergleichs der Entwicklung mit Massnahme (181 g in 2020 bzw. 155 g in 2025) gegenüber der Entwicklung ohne Massnahme (200 g in 2020 bzw. 190 g in 2025) muss deshalb die höheren spezifischen Kosten im oberen Bereich der Kostenkurven in Rechnung stellen. In Annex 9 sind die Details dieser Vergleichsrechnung für die Jahre 2020 und 2025 aufgeführt. Demnach fallen für die Reduktion von 35 g (2025) Mehrkosten von ca. 930 CHF an. Gleichzeitig fallen Treibstoffkosteneinsparungen von gut 420 CHF/a an (Annahme: Fahrleistung von 20'000 km/a). Das führt zu Payback-Perioden von gut 2 Jahren. Noch ausgeprägter als bei den PW gilt deshalb die Folgerung, dass beim Fahrzeugkauf zwar Mehrkosten entstehen können, diese aber auch mit konservativen Annahmen in überschaubar kurzer Zeit über die Treibstoffeinsparungen mehr als wettgemacht werden. Und über die gesamte Lebensdauer betrachtet ergeben sich bei einer Gesamtfahrleistung von 200'000 km netto monetäre Einsparungen von 1800 CHF bis 3300 CHF, also ein Mehrfaches der veranschlagten Zusatzkosten.

Annex

Annex 1: Kenngrößen der PW-Neuwagenflotten

Kenngrößen des Vollzugsdatensatzes (ohne Einzelabrechnungen)

Dieser Datensatz wurde verwendet als Basis für die Modellberechnungen im Kontext der künftigen CO₂-Vorschriften. Die Kenngrößen des gesamten Datensatzes finden sich in Abbildung 1. Für die Modellierung wurden die Daten segmentiert nach Antriebs- bzw. Treibstoffart. So konnten einerseits Annahmen zur Flottenzusammensetzung variiert und andererseits entsprechend differenzierte Absenkraten definiert werden. Alle Daten bzw. Berechnungen wurden zudem nach Importeur bzw. Emissionsgemeinschaften differenziert.

Anzahl Fahrzeuge

Treibstoff-Art	2012	2013	2014	2015
Benzin	89'607	190'270	186'671	190'490
Diesel	57'260	114'482	112'885	127'161
Elektrisch	303	1'206	1'572	3'253
PlugIn-Hybrids	221	579	1'022	2'253
CNG,LPG,E85 etc.	366	861	1'046	1'058
Total	147'757	307'398	303'196	324'215

Split nach Treibstoff-Art

Treibstoff-Art	2012	2013	2014	2015
Benzin	60.6%	61.9%	61.6%	58.8%
Diesel	38.8%	37.2%	37.2%	39.2%
Elektrisch	0.2%	0.4%	0.5%	1.0%
PlugIn-Hybrids	0.1%	0.2%	0.3%	0.7%
CNG,LPG,E85 etc.	0.2%	0.3%	0.3%	0.3%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Mittl. CO₂-Emission in g/km

Treibstoff-Art	2012	2013	2014	2015
Benzin	147.4	144.4	142.1	135.8
Diesel	151.4	148.8	145.6	139.3
Elektrisch			-	-
PlugIn-Hybrids	35.1	42.5	39.4	37.6
CNG,LPG,E85 etc.	147.7	103.5	89.2	87.3
Total	148.5	145.2	142.1	134.9

mittl. Leergewicht in kg

Treibstoff-Art	2012	2013	2014	2015
Benzin	1'368	1'378	1'400	1'420
Diesel	1'726	1'732	1'758	1'805
Elektrisch	1'339	1'508	1'571	1'807
PlugIn-Hybrids	1'739	1'855	1'775	1'765
CNG,LPG,E85 etc.	1'579	1'381	1'359	1'412
Total	1'508	1'511	1'535	1'577

Quelle: Vollzugsdatensatz BFE/ASTRA

Annex 2: Sonderziele für Klein- und Nischenhersteller

N/K	Nischen/Klein-Hersteller	2012	2013	2014	2015	2020	2021	2022	2023	2024	2025
N	Mazda	129.4	129.4	129.4	129.4	94.9	94.9	94.9	94.9	94.9	94.9
N	Subaru	164.6	164.6	164.6	164.6	120.7	120.7	120.7	120.7	120.7	120.7
N	Suzuki	123.1	123.1	123.1	123.1	90.3	90.3	90.3	90.3	90.3	90.3
N	Tata Jaguar Land Rover	178.0	178.0	178.0	178.0	130.6	130.6	130.6	130.6	130.6	130.6
K	Alpina		230	225	225	207.1	202.9	198.9	194.9	191.0	187.2
K	Aston Martin	320	318	313	310	290.8	285.0	279.3	273.7	268.3	262.9
K	Bentley		298	298	298	258.7	253.5	248.5	243.5	238.6	233.9
K	Caterham	210	210	210	210	197.7	193.7	189.8	186.0	182.3	178.7
K	Ferrari	303	303	303	295	272.9	267.5	262.1	256.9	251.8	246.7
K	Lamborghini		325	325	325	297.9	292.0	286.1	280.4	274.8	269.3
K	Lotus	280	280	280	280	263.5	258.3	253.1	248.0	243.1	238.2
K	Maserati		255	255	255	230.6	226.0	221.5	217.0	212.7	208.4
K	Ssangyong	180	180	180	180	169.4	166.0	162.7	159.5	156.3	153.1

Quellen:

Liste der in der Schweiz genutzten Klein- und Nischenherstellerziele gemäss Vollzugsdatensatz BFE/ASTRA.

Zielvorgaben 2012-2015 gemäss BFE.

Zielvorgaben 2020ff:

- Nischenhersteller in Anlehnung an EU Verordnung 333/2014, Art. 11: entsprechend einer Reduktion der durchschnittlichen spezifischen CO₂-Emission im Jahr 2007 um 45 %
- Kleinhersteller: Annahme einer jährlichen Reduktion um 2% ab der letzten verfügbaren Zielvorgabe

Annex 3: Annahmen zu den Marktentwicklungsszenarien

Neuwagen-Flottenmix

Szen. A: WWB / 2%: + Absenkrate für B und D: 2%

Treibstoff:	B	D	PHEV	E	übr. Alt.	Total	LEV
2015	56.7%	40.9%	1.0%	1.1%	0.4%	100.0%	2.1%
2016	56.3%	40.6%	1.4%	1.2%	0.5%	100.0%	2.6%
2017	55.9%	40.3%	1.8%	1.4%	0.6%	100.0%	3.2%
2018	55.5%	40.0%	2.2%	1.6%	0.7%	100.0%	3.8%
2019	55.1%	39.7%	2.6%	1.8%	0.9%	100.0%	4.3%
2020	54.7%	39.4%	3.0%	1.9%	1.0%	100.0%	4.9%
2021	53.9%	38.9%	3.6%	2.4%	1.2%	100.0%	6.0%
2022	53.2%	38.3%	4.3%	2.8%	1.4%	100.0%	7.1%
2023	52.4%	37.8%	4.9%	3.3%	1.6%	100.0%	8.2%
2024	51.7%	37.2%	5.6%	3.7%	1.8%	100.0%	9.3%
2025	50.9%	36.7%	6.2%	4.1%	2.0%	100.0%	10.3%
2026	50.0%	36.0%	7.1%	4.7%	2.2%	100.0%	11.8%
2027	49.0%	35.3%	8.0%	5.3%	2.4%	100.0%	13.3%
2028	48.0%	34.6%	8.9%	5.9%	2.6%	100.0%	14.8%
2029	47.0%	33.9%	9.8%	6.5%	2.8%	100.0%	16.3%
2030	46.1%	33.2%	10.7%	7.1%	3.0%	100.0%	17.8%

Szen. B: WWB/POM / 3% + Absenkrate für B und D: 3%

Treibstoff:	B	D	PHEV	E	übr. Alt.	Total	LEV
2015	56.7%	40.9%	1.0%	1.1%	0.4%	100.0%	2.1%
2016	56.0%	40.3%	1.6%	1.6%	0.5%	100.0%	3.2%
2017	55.2%	39.8%	2.1%	2.2%	0.6%	100.0%	4.3%
2018	54.5%	39.3%	2.7%	2.8%	0.7%	100.0%	5.5%
2019	53.8%	38.7%	3.3%	3.3%	0.8%	100.0%	6.6%
2020	53.0%	38.2%	3.9%	3.9%	1.0%	100.0%	7.8%
2021	51.9%	37.4%	4.8%	4.8%	1.2%	100.0%	9.6%
2022	50.8%	36.6%	5.6%	5.6%	1.3%	100.0%	11.3%
2023	49.7%	35.8%	6.5%	6.5%	1.5%	100.0%	13.0%
2024	48.6%	35.0%	7.3%	7.3%	1.7%	100.0%	14.7%
2025	47.6%	34.3%	8.1%	8.1%	1.9%	100.0%	16.3%
2026	46.0%	33.2%	9.4%	9.4%	2.0%	100.0%	18.8%
2027	44.5%	32.1%	10.6%	10.6%	2.2%	100.0%	21.2%
2028	43.1%	31.0%	11.8%	11.8%	2.3%	100.0%	23.6%
2029	41.7%	30.0%	12.9%	12.9%	2.5%	100.0%	25.8%
2030	40.3%	29.1%	14.0%	14.0%	2.6%	100.0%	28.0%

Szen. C: POM / 3% + Absenkrate für B und D: 3%

Treibstoff:	B	D	PHEV	E	übr. Alt.	Total	LEV
2015	56.7%	40.9%	1.0%	1.1%	0.4%	100.0%	2.1%
2016	55.7%	40.1%	2.1%	1.7%	0.5%	100.0%	3.8%
2017	54.6%	39.3%	3.2%	2.3%	0.6%	100.0%	5.5%
2018	53.5%	38.6%	4.3%	2.9%	0.7%	100.0%	7.2%
2019	52.5%	37.8%	5.4%	3.5%	0.8%	100.0%	8.9%
2020	51.4%	37.0%	6.5%	4.2%	0.9%	100.0%	10.6%
2021	49.9%	35.9%	8.1%	5.0%	1.1%	100.0%	13.1%
2022	48.4%	34.9%	9.6%	5.9%	1.3%	100.0%	15.5%
2023	46.9%	33.8%	11.1%	6.7%	1.4%	100.0%	17.8%
2024	45.5%	32.8%	12.6%	7.5%	1.6%	100.0%	20.0%
2025	44.2%	31.8%	14.0%	8.3%	1.7%	100.0%	22.2%
2026	42.0%	30.3%	16.6%	9.2%	1.9%	100.0%	25.8%
2027	40.0%	28.8%	19.2%	10.0%	2.0%	100.0%	29.2%
2028	38.1%	27.5%	21.5%	10.8%	2.1%	100.0%	32.4%
2029	36.3%	26.2%	23.8%	11.6%	2.2%	100.0%	35.4%
2030	34.6%	24.9%	25.9%	12.3%	2.3%	100.0%	38.2%

Annex 4: Modellergebnisse PW: Sanktionszahlungen und CO₂-Emissionen

Sanktionen in Mio. CHF je Marktszenario und in Abhängigkeit der Varianten von Einführungsmodalitäten (Definition vgl. Tabelle 5 und Tabelle 6)

Sz: **A WWB / 2%**

PhaseIn	2020 SuperCredits					2021 SuperCredits					2022 SuperCredits					2023 SuperCredits					2024 SuperCredits					2025 SuperCredits				
	-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3	
-	744	586	460	391	-	620	524	450	225	-	512	506	462	291	-	390	390	390	372	-	287	287	287	287	-	191	191	191	191	
1	598	447	309	258	1	620	523	453	225	1	512	506	462	287	1	390	390	390	372	1	287	287	287	287	1	191	191	191	191	
2	431	278	142	81	2	389	298	232	29	2	373	370	330	159	2	390	390	390	361	2	287	287	287	287	2	191	191	191	191	
3	20	0	0	-	3	27	7	1	0	3	38	24	5	1	3	51	51	51	11	3	287	287	287	287	3	191	191	191	191	

Sz: **B WWB/POM / 3%**

PhaseIn	2020 SuperCredits					2021 SuperCredits					2022 SuperCredits					2023 SuperCredits					2024 SuperCredits					2025 SuperCredits				
	-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3	
-	444	231	56	18	-	274	248	196	6	-	128	128	128	66	-	28	28	28	28	-	2	2	2	2	-	1	1	1	1	
1	305	99	8	1	1	274	244	135	3	1	128	128	124	49	1	28	28	28	24	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	
2	149	15	1	1	2	65	56	13	1	2	34	34	26	1	2	28	28	28	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	
3	0	-	-	-	3	0	0	0	-	3	0	0	0	0	3	1	1	1	1	3	2	2	2	2	3	1	1	1	1	

Sz: **C POM / 3%**

PhaseIn	2020 SuperCredits					2021 SuperCredits					2022 SuperCredits					2023 SuperCredits					2024 SuperCredits					2025 SuperCredits				
	-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3	
-	353	124	8	1	-	182	180	112	3	-	47	47	47	11	-	3	3	3	3	-	1	1	1	1	-	1	1	1	1	
1	218	35	1	1	1	182	153	61	2	1	47	47	46	4	1	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	61	1	1	0	2	23	15	1	1	2	5	5	1	1	2	3	3	3	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	
3	-	-	-	-	3	0	-	-	-	3	0	0	0	-	3	0	0	0	0	3	1	1	1	1	3	1	1	1	1	

Sz: **D POM+ / 4%**

PhaseIn	2020 SuperCredits					2021 SuperCredits					2022 SuperCredits					2023 SuperCredits					2024 SuperCredits					2025 SuperCredits				
	-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3	
-	190	22	1	1	-	36	36	5	1	-	2	2	2	2	-	1	1	1	1	-	1	1	1	1	-	0	0	0	0	
1	67	2	1	1	1	36	19	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
2	10	1	1	0	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	0	0	0	0
3	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3	0	0	0	-	3	0	0	0	0	3	1	1	1	1	3	0	0	0	0	

Sz: **E POM+ / 5.3%**

PhaseIn	2020 SuperCredits					2021 SuperCredits					2022 SuperCredits					2023 SuperCredits					2024 SuperCredits					2025 SuperCredits				
	-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3	
-	29	1	1	0	-	1	1	1	1	-	1	1	1	1	-	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	0	0	
1	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
2	1	1	0	0	2	1	1	1	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
3	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	

Summe der Sanktionen je Marktszenario der Jahre 2020-2023 (in Mio. CHF) für ausgewählte Varianten von Einführungsmodalitäten

Sum Sanktion 2020-2023 Mio. CHF	Var.Kombination			
	1/1	1/2	2/1	2/2
A WWB / 2%	1'867	1'615	1'337	1'094
B WWB/POM / 3%	499	295	133	69
C POM / 3%	238	110	24	6
D POM+ / 4%	22	5	3	3
E POM+ / 5.3%	3	2	2	2

CO₂-Emissionen je Marktszenario (Definition vgl.Tabelle 5)

Markt-Szenario	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
A WWB / 2%	148	145	142	135	131	128	125	122	119	115	112	108	105	102
B WWB/POM / 3%	148	145	142	135	129	124	119	114	110	105	100	95	91	87
C POM / 3%	148	145	142	135	129	123	118	112	107	102	97	92	87	83
D POM+ / 4%	148	145	142	135	127	121	114	108	102	96	90	85	80	75
E POM+ / 5.3%	148	145	142	135	126	117	110	102	96	89	82	76	71	66

Annex 5: Wirkungsabschätzungen mit dem Bottom-Up-Modell Strassenverkehr

Einleitung

Dieser Annex erläutert die Methodik der Wirkungsabschätzung. Diese gilt gleichermassen für Personenwagen wie auch für leichte Nutzfahrzeuge. Die vorgeschlagenen CO₂-Emissionsvorschriften für PW und LNF beziehen sich auf neu in Verkehr gesetzte Fahrzeuge. Sie gelten überdies nicht für einzelne Fahrzeuge, sondern für den Flottendurchschnitt. Die Auswirkungen der Massnahmen, namentlich auf den effektiven Ausstoss von CO₂-Emissionen bzw. den Energieverbrauch, werden allerdings erst im Verlauf der Zeit spürbar, wenn der Anteil der neuen effizienteren Fahrzeuge am Gesamtbestand immer grösser wird. Dazu kommt, dass die Regulierung sich auf eine bestimmte Bezugsgrösse beziehen muss (konkret: die spezifische CO₂-Emission eines Fahrzeugs), die einheitlich, vergleichbar und für alle Fahrzeuge verfügbar ist. Das ist derzeit die spezifische CO₂-Emission, die im sog. NEFZ-Zyklus (Neuer Europäischer Fahrzyklus) gemessen wird. Dies ist faktisch ein Laborwert. Er repräsentiert nicht zwangsläufig den realen Treibstoffverbrauch. Um also die Wirkungen der Massnahmen realitätsnäher abzuschätzen, müssen eine Reihe von „Transformationen“ durchgeführt werden (von Neufahrzeugen auf die Flotte, vom Laborwert auf den Realverbrauch etc.). Die nachstehenden Abschnitte erläutern die wichtigsten Elemente des dafür eingesetzten Modells. Das Modell gilt grundsätzlich für alle Fahrzeugkategorien, somit auch für die hier im Vordergrund stehenden Personenwagen und leichten Nutzfahrzeuge.

Der Ansatz: Bottom-up-Modell

Die Energieverbrauchsberechnungen im Verkehr basieren auf einem sog. Bottom-Up-Modell, das u.a. bei den ExPost-Analysen (z.B. BFE 2015), aber auch im Rahmen früherer wie auch der letzten Energieperspektiven 2050 (BFE 2012) eingesetzt wurde. Der Berechnungsansatz in den Bottom-up-Modellen ist vergleichsweise einfach:

$$\text{Energieverbrauch (ton/a)} = \underbrace{\text{Fz-Bestand (Anz. Fz)} \times \text{km/veh} \times \text{spezif. En-Verbrauch (g/FzKm)}}_{\text{Fahrleistung (FzKm), Aktivität}}$$

Der Energieverbrauch ergibt sich aus der Multiplikation der Aktivität und dem spezifischen Verbrauch, wobei die Aktivität typischerweise als Fahrleistung ausgedrückt wird (FzKm), die sich ihrerseits ergibt aus dem Fahrzeugbestand multipliziert mit der mittleren Jahresfahrleistung (km). Der Verbrauchsfaktor seinerseits wird als spezifischer Energieverbrauch ausgedrückt (z.B. L Treibstoff/100km oder in g Treibstoff/Fzkm). Die Komplexität eines Bottom-up-Modells ergibt sich primär aus der weiteren Differenzierung nach Segmenten, indem diese Berechnung für viele einzelne Fahrzeuggruppen durchgeführt werden muss, weil der Energieverbrauch je Fahrzeuggruppe je nach Segment (PW, Liefer-, Lastwagen etc.), Grösse, Alter, Technologie etc. sehr unterschiedlich ausfällt und überdies je nach Verkehrssituation variiert (z.B. Autobahn oder städtischer Verkehr, flüssiger oder stockender Verkehr). Dazu kommen weitere Einflussfaktoren wie etwa Kaltstart-Verhalten, zusätzliche Verbraucher wie Klimaanlage u.a.m. Deshalb sind Bottom-up-Modelle „datenhungrig“, da für alle Segmente diese Einflussfaktoren bestimmt werden müssen.

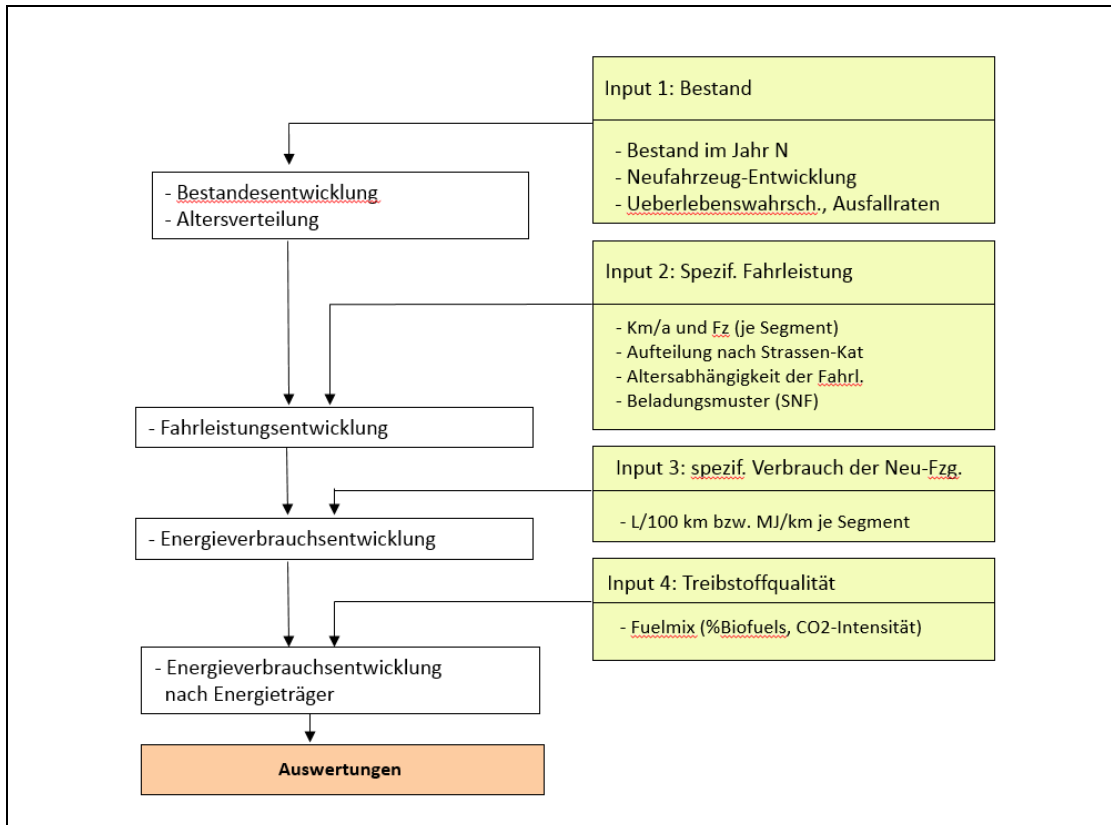
Für die Vergangenheitsentwicklung kann man sich – soweit verfügbar – auf empirische Grundlagen abstützen. Für die Abschätzung der zukünftigen Entwicklung sind zwangsläufig Annahmen zu treffen. Zu einzelnen Parametern, etwa der Entwicklung der Verkehrsleistung, bestehen oft gewisse Vorgaben aus anderem Kontext (z.B. UVEK-Verkehrsperspektiven von Seiten des ARE). Für andere Grössen, etwa der Einschätzung der Entwicklung der Flottenzusammensetzung (z.B. Einführung Elektromobilität) oder des spezifischen Verbrauchs, sind zwangsläufig Hypothesen zu formulieren. Üblicherweise wird dies in Form verschiedener Szenarien gemacht, da gerade bei der Antriebstechnologie relativ grosse Unsicherheiten bestehen, wie und wie schnell sich technologische Neuerungen im Markt durchsetzen werden.

Der oben skizzierte Berechnungsansatz gilt in dieser Form für den Strassenverkehr. Er gilt aber auch für andere Bereiche, welche üblicherweise dem Sektor Verkehr zugezählt werden wie der Schienenverkehr und auch der sog. Nonroad-Bereich (Landwirtschaft, Baumaschinen etc.). In diesen Segmenten sind jeweils die Definitionen und Einheiten der Kerngrössen anders (so werden beispielsweise bei Baumaschinen oder Traktoren die Aktivitäten in Betriebsstunden ausgedrückt, die Verbrauchsfaktoren in g/kWh).

Die Modellierung des Energieverbrauchs des Strassenverkehrs

Die Modellierung erfolgt im Wesentlichen je Fahrzeugsegment in vier Schritten: der Modellierung des Fahrzeugbestandes, der spezifischen Fahrleistung, dem spezifischen Verbrauch und der Treibstoffqualität bzw. der CO₂-Intensität der Treibstoffe. Letztlich lässt sich so der Energieverbrauch (wie auch der Schadstoffausstoss) je Segment und Treibstofftyp ermitteln und beliebig aggregieren und auswerten.

Abbildung 50: Modellierung des Energieverbrauchs des Strassenverkehrs



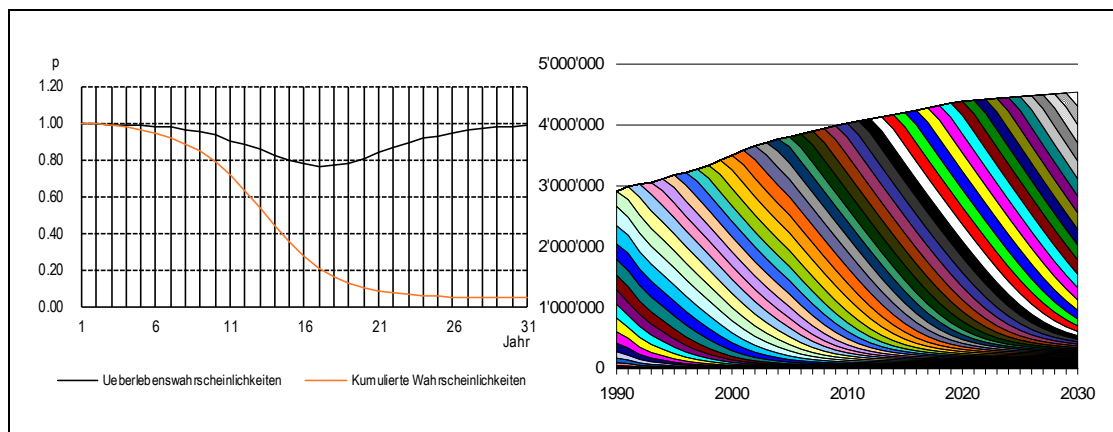
Schritt 1: Fahrzeug-Bestandesentwicklung

Der erste Schritt modelliert die Fahrzeugbestandesentwicklung. Die Vergangenheit wird über statistische Angaben gemäss MOFIS, dem automatisierten Fahrzeug- und Fahrzeughalterregister der Eidgenössischen Fahrzeugkontrolle (EFKO) beim Bundesamt für Strassen (ASTRA), zu Bestand und Altersverteilung abgebildet. Ausgehend von einem Basisjahr, d.h. dem letzten Jahr, zu dem statistische Angaben zu Bestand und Altersverteilungen vorliegen, wird die künftige Entwicklung anhand von Annahmen zu Neuzulassungen und sog. Überlebenswahrscheinlichkeiten (oder äquivalent Ausfallraten) ermittelt. Das heisst, für jedes neue Jahr wird ausgehend vom Vorjahr anhand von altersabhängigen Überlebenswahrscheinlichkeiten bestimmt, wie viele Fahrzeuge im Folgejahr noch im Verkehr sind bzw. wie viele aus dem Markt fallen. Zusätzlich kommen neue Fahrzeuge dazu, welche in der Regel Neufahrzeuge sind, die aber auch – z.B. als Import-Occasionen – einen älteren Jahrgang haben könnten. So wird Jahr für Jahr der „vehicle turnover“ vom Bezugsjahr bis zum Endbetrachtungsjahr modelliert. Im Bottom-up-Modell, das z.B. für die Energieperspektiven 2050 eingesetzt wurde, wurde 2010 als Bezugsjahr

und 2050 als Endbetrachtungsjahr gewählt. Dieses Verfahren (Kohortenmodell) wird für jede der sechs Fahrzeugkategorien (PW, leichte Nutzfahrzeuge, schwere Nutzfahrzeuge, Reisebusse, Linienbusse (OeV), Motorräder) und innerhalb der Fahrzeugkategorien für jedes „Segment“ separat durchgeführt. Dazu wird die Kategorie PW wie auch LNF in 6 „konventionelle“ Segmente aufgeteilt (je drei Hubraumklassen für Benzin und Diesel bei den PW, je drei Grössenklassen [N1-I, N1-II, N1-III] für Benzin und Diesel bei den LNF). Für die Zukunft werden zudem drei Segmente der Elektromobilität definiert: Battery Electric Vehicles (BEV), Plug-In-Hybrid-Electric Vehicles (PHEV) und – für die lange Sichtweise – Fuel Cell Vehicles (FC). Daneben sind auch CNG-Fahrzeuge (Erdgas) mitberücksichtigt. Für die Energieberechnungen wird dann jeweils jedes Segment weiter nach Baujahr aufgeteilt, für die Emissionsberechnungen werden diese zu „Emissionsstufen“ gemäss Abgasgesetzgebung aggregiert; gleichzeitig werden, wo angebracht, Sondertechnologien (wie Partikelfilter) oder Zusatzverbraucher (wie Klimaanlage) berücksichtigt.

Die nachstehende Abbildung zeigt links ein Beispiel einer Überlebenswahrscheinlichkeitskurve, rechts die Entwicklung des PW-Bestandes inklusive Altersverteilung, wobei ein Teil (soweit verfügbar, d.h. bis 2015) auf statistischen Angaben basiert (MOFIS) und der prospektive Teil nach 2015 auf Modellannahmen.

Abbildung 51: Illustration der Bestandesentwicklung (Beispiel PW-Flotte insgesamt)



Die Grafik links zeigt illustrativ die Überlebenswahrscheinlichkeitskurve der PW. Die schwarze Linie zeigt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fahrzeug (in Abhängigkeit seines Alters) im Folgejahr noch im Verkehr ist, die orange Kurve zeigt die kumulierten Werte (= „Lifetime-function“) und macht eine Aussage zur Wahrscheinlichkeit, dass ein Fahrzeug nach x Betriebs-jahren noch im Verkehr ist.

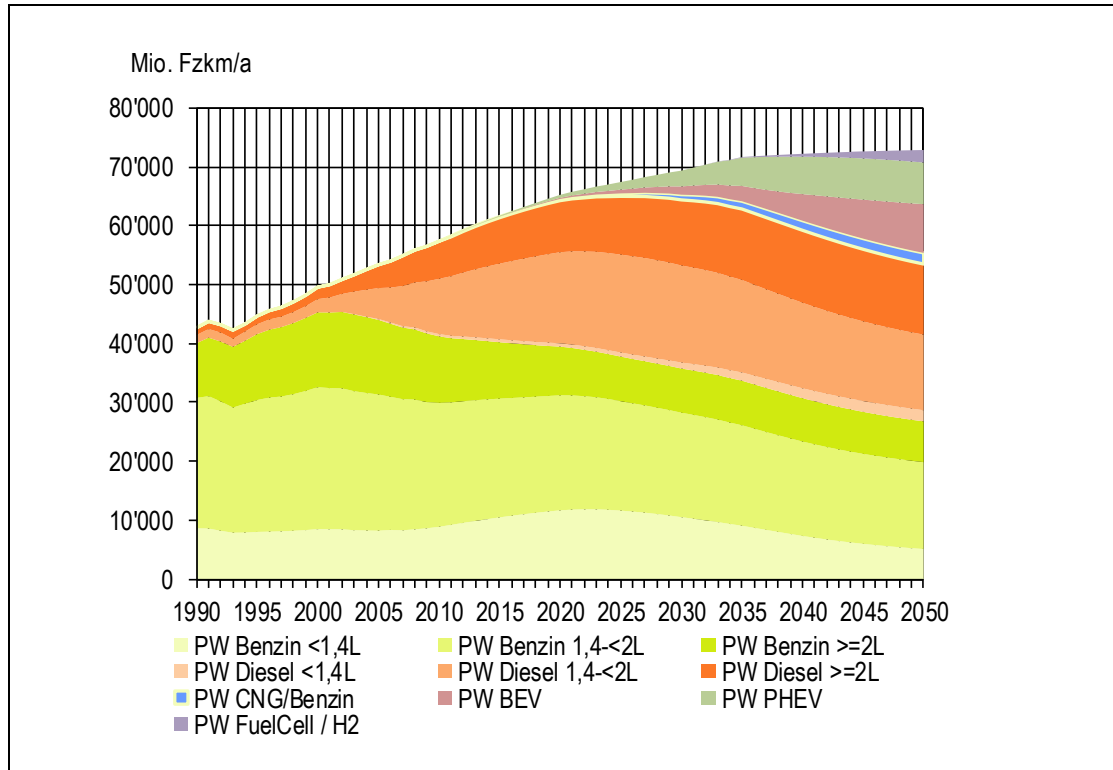
Rechts ist die Entwicklung des Schweizer PW-Bestandes dargestellt, inkl. Neuzulassungen und allmählichen Ausfällen aus dem Verkehr. Durch einen vertikalen Schnitt in einem bestimmten Bezugsjahr lässt sich die entsprechende Altersverteilung der Fahrzeuge ablesen. Damit lassen sich Rückschlüsse auf deren baujahr-spezifischen Treibstoffverbrauch machen.

Schritt 2: Spezifische Fahrleistungen

Der zweite Schritt bildet die Fahrleistungen nach: Auf der Basis diverser Erhebungen wie LSVA-Auswertungen, PEFA „Periodische Erhebung Fahrleistungen“ durch Strassenverkehrsämter (ARE 2002) u.a.m. werden je Fahrzeugkategorie und -segment die spezifischen Fahrleistungen in km pro Jahr und Fahrzeug bestimmt. Diese werden gleichzeitig differenziert nach Alter und Grössenklassen. So haben beispielsweise Diesel-PW höhere Fahrleistungen als Benzin-PW, schwerere Fahrzeuge fahren mehr als leichtere, neuere fahren mehr als ältere etc. Diese Information wird für die Zukunft fortgeschrieben, unter Beachtung struktureller Änderungen wie etwa der Verlagerung von Benzin-PW hin zu Diesel-PW.

Diese Bottom-up-Modellierung von Fahrzeugbestand und spezifischer Fahrleistung produziert faktisch die Fahrleistungen auf dem schweizerischen Territorium. Diese Angaben werden anschliessend abgeglichen mit den statistischen Grundlagen des BFS bzw. für die Zukunft mit externen Szenario-Vorgaben zur künftigen Entwicklung der Fahrleistung wie etwa den Verkehrsperspektiven des ARE. So ergibt sich schliesslich aus Schritt 2 kombiniert mit Schritt 1 die Fahrleistung je Segment, d.h. differenziert nach Antriebstechnologie und Grössenklasse (vgl. Abbildung 52). Anschliessend wird diese Fahrleistung je Fahrzeugkategorie auf verschiedene Verkehrssituationen verteilt (Strassentypen Autobahnen/ausserorts/innerorts sowie verschiedene Belastungszustände), weil der spezifische Energieverbrauch davon abhängt (vgl. Schritt 3, Abbildung 53).

Abbildung 52: Beispiel Entwicklung der PW-Fahrleistung differenziert nach energie-relevanten Segmenten (Szenario „Weiter Wie Bisher“ [WWB]), Energieperspektiven 2050 (BFE 2012)

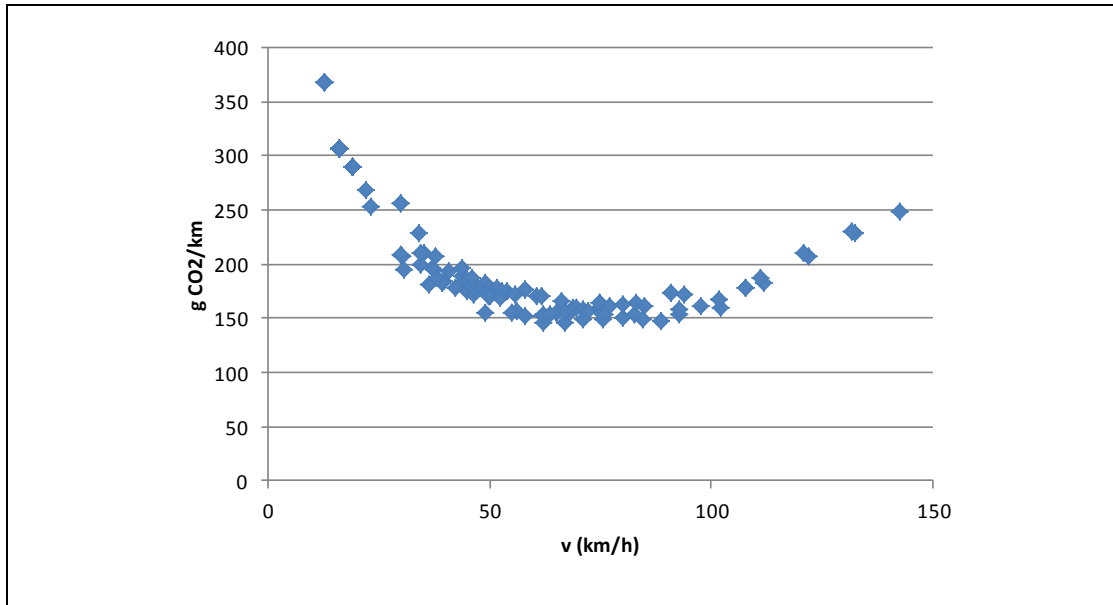


Entwicklung der PW-Fahrleistung differenziert nach Antriebstechnologien und Grössenklassen als Basis für die Energieverbrauchsrechnung im nachfolgenden Schritt

Schritt 3: Modellierung des Energieverbrauchs

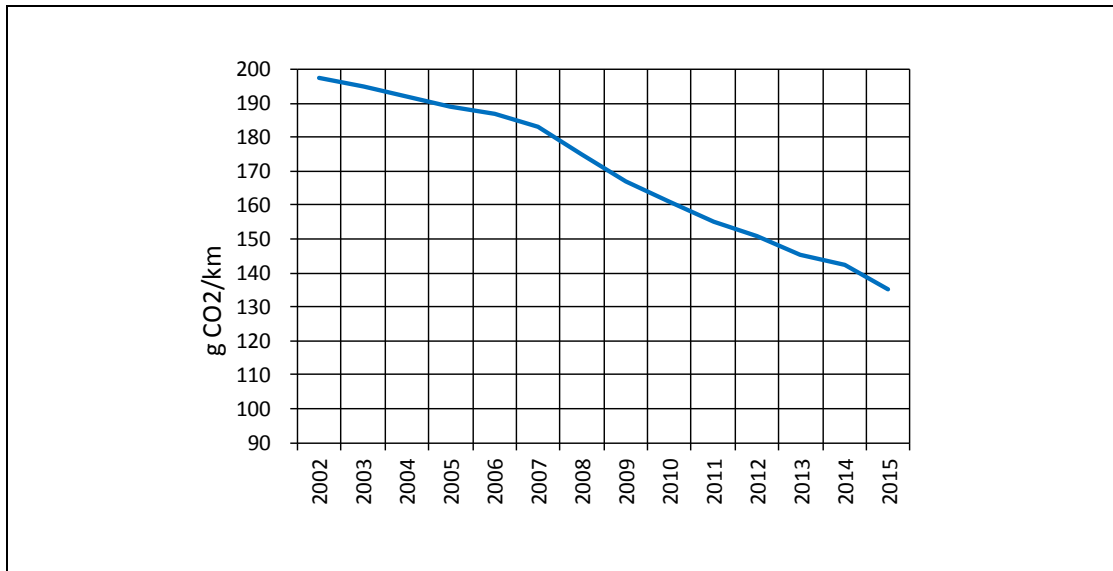
Ein Kernelement für die Modellierung des Energieverbrauchs des Strassenverkehrs sind die spezifischen Energieverbräuche der verschiedenen Fahrzeugtypen und deren Entwicklung. Grundlage sind einerseits Verbrauchsangaben gemäss dem HBEFA (Handbuch für Emissionsfaktoren), wo solche Informationen für verschiedene Fahrzeugtypen für verschiedene Verkehrssituationen bzw. Geschwindigkeiten angegeben sind (vgl. Abbildung 53). Dieses Beispiel zeigt die CO₂-Emissionen (pro km) eines mittleren „Norm-Benzin-PW“ der Euro-Klasse 3 für das Bezugsjahr 2002. Ausgehend davon kann die relative Entwicklung der spezifischen CO₂-Emission anhand der Entwicklung, wie sie in Abbildung 22 für die Vergangenheit gezeigt ist, durch eine Niveauekorrektur für alle andern Baujahre bis 2015 hergeleitet werden.

Abbildung 53: Spezifische CO₂-Emission eines mittleren „Norm-PW“ (Benzin, 1.4-2 L, Euro 3, Baujahr 2002) für verschiedene Verkehrssituationen



Quelle: HBEFA, Version 3.2 (BAFU 2014).

Abbildung 54: Entwicklung der spezifischen CO₂-Emission bis 2015 (in g/km) [NEDC]



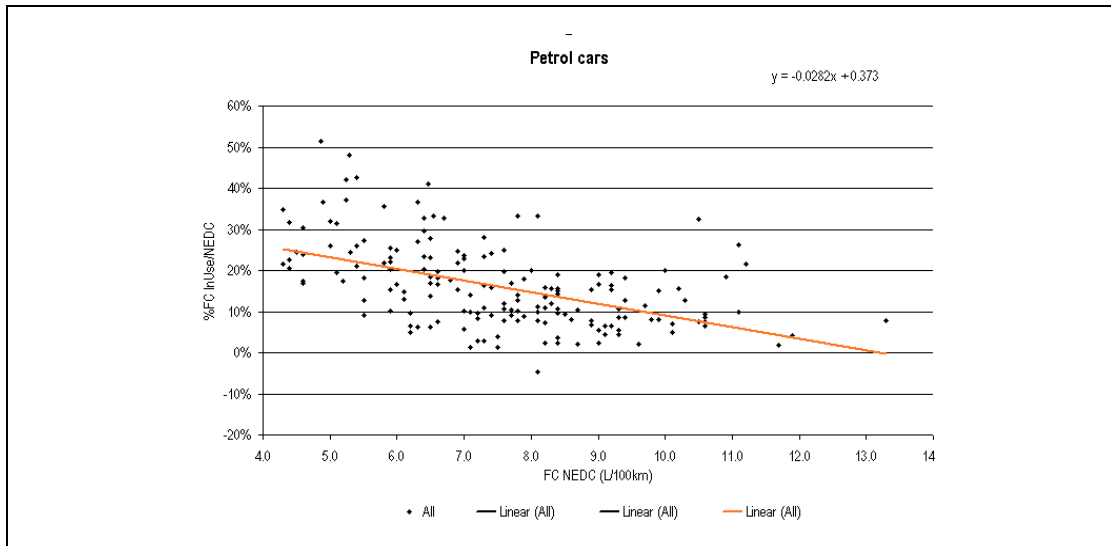
Quelle: auto-schweiz / MOFIS / Vollzugsdatensatz BFE/ASTRA (Vgl. auch Abbildung 1)

Die in Abbildung 54 gezeigten Absenkraten für die Neuwagen beziehen sich auf den sog. Typenprüfzyklus NEFZ (Neuer europäischer Fahrzyklus). Ein Teil der ausgewiesenen Absenkung ist auf eine Optimierung des Normverbrauchs im Typenprüfzyklus NEFZ zurückzuführen, da dieser

Wert neu als Basis für die Reglementierung des Flottenverbrauchswerts verwendet wird. Der effektive Verbrauch auf der Strasse ist in der Regel höher, weil der Normzyklus kein reales Fahrverhalten abbildet und unter Laborbedingungen gefahren wird (z.B. kein Gepäckträger, keine Strassenlängsneigungen, normiertes Beladungsgewicht etc.); insbesondere sind auch zusätzliche Verbrauchsgeräte wie Klimaanlage darin nicht eingeschlossen. Europäische Studien (z.B. JRC 2010) setzten den „Real World“-Verbrauch bisher generell um 15 bis 20% höher an. Neuere Studien (z.B. ICCT 2015) zeigen, dass die Differenz zwischen „Real World“ und NEFZ-Verbrauch inzwischen markant zugenommen hat (vgl. dazu die Ausführungen in Kap. 5.5). In der hier verwendeten Bottom-up-Modellierung, die bereits für die Energieperspektiven verwendet wurde, wird differenziert vorgegangen:

- zum einen werden einzelne Aspekte, welche durch den NEFZ nicht oder in eigener Form abgedeckt sind, namentlich Klima-Anlagen und Fahrverhalten, separat berücksichtigt. So wird das Fahrverhalten aus dem VM-UVEK (Verkehrsmodell des ARE) abgeleitet, indem die dort enthaltenen Fahrleistungen verschiedenen Verkehrssituationen gemäss HBEFA (Version 3.1/3.2) zugewiesen werden. Der Effekt von Klimaanlage wird auf der Grundlage eines EMPA-Modells berechnet (integriert in HBEFA V 3.1/3.2).
- Zum andern werden die Absenkpfade gemäss NEFZ (gemäss Abbildung 54) korrigiert, um zu berücksichtigen, dass ein Teil der Absenkung durch Optimierung auf den Typenprüfzyklus erzielt wurde. Dazu werden Korrekturfaktoren herangezogen, die aus JRC (2010) abgeleitet sind. Diese Studie zeigt, dass die Diskrepanz zwischen Realverbrauch und NEFZ-Wert mit absinkender CO₂-Emission zunimmt (vgl. Abbildung 55).

Abbildung 55: Differenz zwischen realem Treibstoff-Verbrauch und im NEFZ gemessenen Verbrauch



Die Grafik zeigt, dass der Realverbrauch rund 15-20% höher ist als der im Typenprüfzyklus NEFZ (Neuer europäischer Fahrzyklus) gemessene Treibstoffverbrauch. Zudem: Je tiefer der CO₂-Verbrauch, desto grösser die Diskrepanz. Quelle: JRC 2010

Für die Zukunft sind zwangsläufig Annahmen zur Entwicklung des spezifischen Verbrauchs der Neuwagen festzulegen. Dann lässt sich die Entwicklung des Gesamtverbrauchs der Flotte modellieren.

Um die Wirkung konkreter Massnahmen (wie etwa der CO₂-Vorschriften) abzuschätzen, sind in der Regel zwei Entwicklungspfade zu unterstellen: einmal eine Entwicklung „ohne Massnahme“ und einmal eine Entwicklung „mit Massnahme“. Die Differenz entspricht dann dem Effekt der Massnahme. Für beide Pfade sind jeweils zwei Einflussfaktoren festzulegen:

- einerseits ist der Verlauf der spezifischen CO₂-Emission aller Segmente der Neuwagenflotte zu definieren,
- andererseits ist festzulegen, wie sich die Struktur der Neuwagenflotte entwickeln wird. Vor allem ist – im vorliegenden Fall – festzulegen, wie gross der Anteil an Elektrofahrzeugen oder Low-Emission Vehicles sein wird, welche bei der Emissionsberechnung mit null oder tiefen (z.B. <50 g) CO₂-Emissionen gewichtet werden.

Eine Modellierung für die Wirkungsabschätzung muss beide Aspekte gleichzeitig berücksichtigen, da sie in ihrer Kombination den gewichteten Neuwagen-Flottenwert ergeben, der letztlich exogen vorgegeben wird. In Kapitel 5 bzw. 8 wird näher darauf eingegangen, welche Annahmen für die konkrete Wirkungsabschätzungen unterstellt wurden.

Schritt 4: Einbezug der Treibstoffqualität (Anteil biogener Treibstoffe)

Eine Reduktion der CO₂-Emissionen kann grundsätzlich auch durch Veränderung der Treibstoffqualität erfolgen („Decarbonisierung“), indem etwa den konventionellen Treibstoffen mehr erneuerbare Treibstoffe (Biofuels) beigemischt werden. In der Schweiz ist dieser Anteil derzeit sehr gering⁴³, in der EU hingegen bereits einen nennenswerten Umfang (ca. 5 bis 10%). Zudem existieren auch alternative Antriebe wie Gas- oder Flex-Fuel-Fahrzeuge, die (teilweise) mit Biotreibstoffen betrieben werden können (Biogas, E85). Für die Diskussion der CO₂-Vorschriften wird dieser Aspekt aber ausgeblendet, da die hier diskutierten Zielwerte 2020ff ohne Beizug von Biotreibstoffen erreicht werden sollen. Im Rahmen der Energieperspektiven 2050 wurde bei den Wirkungsabschätzungen für die verschiedenen Szenarien dieser Aspekt allerdings mitberücksichtigt, da dort die Effekte mehrerer sich überlagernder Massnahmen erörtert werden mussten.

⁴³ Beim Benzin betrug der Anteil von Bio-Ethanol bis 2013 weniger als 0.1% und ist inzwischen auf rund 0.5% angestiegen (2015). Bei Diesel lag der Anteil von Bio-Diesel in den letzten Jahren (bis 2013) bei rund 0.4%; bis 2015 ist der Anteil auf 1.5% angestiegen.

Annex 6: Wirkungsabschätzungen (PW)

Annahmen

Entwicklung OHNE Massnahme

Neuwagen: Zusammensetzung der Segmente

Segment	2015	2020	2025	2030
PKW Benzin <1,4L	30.8%	29.6%	27.6%	25.0%
PKW Benzin 1,4-<2L	22.2%	21.4%	19.9%	18.0%
PKW Benzin >=2L	5.5%	5.3%	4.9%	4.5%
PKW Diesel <1,4L	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%
PKW Diesel 1,4-<2L	27.9%	26.9%	25.1%	22.7%
PKW Diesel >=2L	10.9%	10.5%	9.8%	8.8%
PKW CNG/Benzin	0.3%	1.0%	2.0%	3.0%
PKW BEV	1.0%	1.9%	4.1%	7.1%
PKW PHEV	0.9%	3.0%	6.2%	10.7%
PKW FuelCell	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	100%	100%	100%	100%

Neuwagen: g CO₂/km je Segment

Segment	2015	2020	2025	2030
PKW Benzin <1,4L	116	108	101	94
PKW Benzin 1,4-<2L	147	137	127	119
PKW Benzin >=2L	208	194	181	168
PKW Diesel <1,4L	89	83	78	72
PKW Diesel 1,4-<2L	132	123	114	107
PKW Diesel >=2L	158	147	137	127
PKW CNG/Benzin	146	136	127	118
PKW BEV	-	-	-	-
PKW PHEV	50	49	48	47
PKW FuelCell	-	-	-	-
PKW (gewichtet, alle)	135	123	110	97
PKW (gew., nur B/D)	137	128	119	111

Entwicklung MIT Massnahme (Szen. B, WWB/POM 3%)

Neuwagen: Zusammensetzung der Segmente

Segment	2015	2020	2025	2030
PKW Benzin <1,4L	30.8%	28.7%	25.8%	21.9%
PKW Benzin 1,4-<2L	22.2%	20.8%	18.6%	15.8%
PKW Benzin >=2L	5.5%	5.1%	4.6%	3.9%
PKW Diesel <1,4L	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%
PKW Diesel 1,4-<2L	27.9%	26.1%	23.4%	19.8%
PKW Diesel >=2L	10.9%	10.2%	9.1%	7.7%
PKW CNG/Benzin	0.3%	1.0%	1.9%	2.6%
PKW BEV	1.0%	3.9%	8.1%	14.0%
PKW PHEV	0.9%	3.9%	8.1%	14.0%
PKW FuelCell	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	100%	100%	100%	100%

Neuwagen: g CO2/km je Segment

Segment	2015	2020	2025	2030
PKW Benzin <1,4L	116	99	84	72
PKW Benzin 1,4-<2L	147	125	106	91
PKW Benzin >=2L	208	177	151	129
PKW Diesel <1,4L	89	76	65	55
PKW Diesel 1,4-<2L	132	112	96	82
PKW Diesel >=2L	158	134	114	97
PKW CNG/Benzin	147	125	106	91
PKW BEV	-	-	-	-
PKW PHEV	51	49	48	47
PKW FuelCell	-	-	-	-
PKW (gewichtet)	135	110	87	68
PKW (gew., nur B/D)	137	117	100	85

Kostenabschätzungen PW

▪ Konventionelle Fahrzeuge

Kostenabschätzung PW (konv. Fahrzeuge)		2013	2020	2025
Entwicklung OHNE Massnahme		155	137	127
Differenz in g CO2 ggü 2013			19	28
Entwicklung MIT Massnahme (Szen. B)		155	125	106
Differenz in g CO2 ggü 2013			30	49
Differenz g CO2 (MIT - OHNE Massn.)			12	21
Zusatzkosten*				
Zusatzkosten pro Fz **	Euro		569	972
	Wechselkurs		1.10	1.10
	CHF		626	1'069
Treibstoffeinsparungen				
Einsparungen (MIT / OHNE Massn.)	g CO2/km		12	21
	Korrekturfaktor NEFZ->RealWorld		0.80	0.80
	l/100 km (korrigiert)		0.40	0.71
	Treibstoffkosten CHF/100 km		0.74	1.31
	Energiekosten CHF/a (13'000 km/a)		96	171
	Energiekosten CHF (sum. 11 Jahre)		1'054	1'880
Payback Periode			6.5	6.3
Netto Einsparung - Mehrkosten	pro Fz		428	811

*) Ricardo-AEA 2015, Annex 6 "SI & Hybrid, CAR upper medium"

**) Berechnung Zusatzkosten: Mehrkosten in Entwicklung MIT ggü. OHNE Massnahme

Annahmen Treibstoffpreise (wie Energieperspektiven 2050)

Benzin 1.84 CHF/L

Diesel 1.97 CHF/L

▪ LEV

Kostenabschätzungen LEV (PW)		2020	2025	2030
Anz. LEV in Entw. OHNE Massnahme		13'520	28'450	48'828
Anz. LEV in Entw. MIT Massnahme		21'373	44'783	76'938
Zusätzl. Anz. LEV (MIT ggü. OHNE Massn.)		7'854	16'333	28'110
Zusatzkosten				
Zusatzkosten pro LEV		8'714	7'429	6'143
Total Zusatzkosten Fahrzeug	Mio. CHF	68	121	173
Total Zusatzkosten Ladeinfrastr.	Mio. CHF	16	32	53
Total Zusatzkosten	Mio. CHF	84	153	225
Total Zusatzkosten	CHF pro LEV	10'714	9'429	8'143
Treibstoffeinsparungen				
Konventionelles Fzg (B/D)	g CO2/km	128	119	111
	L/100km*	6.4	6.0	5.6
	Treibstoffkosten CHF/100 km	12.3	11.4	10.7
	Energiekosten CHF/a	1'597	1'488	1'387
LEV				
LEV - BEV	BEV kWh/100 Km	20	20	20
LEV - BEV	BEV Energiekosten CHF/100km	4.0	4.0	4.0
LEV - PHEV (konventionell)	PHEV konv. L/100 km	5.9	5.0	4.3
LEV - PHEV (konventionell)	PHEV konv. Treibstoffkosten/100 km	11.2	9.6	8.2
LEV - PHEV (elektrisch)	PHEV el. Energiekosten CHF/100 km	4.0	4.0	4.0
LEV - PHEV (gewichtet)	PHEV Energiekosten CHF/100 km	7.6	6.8	6.1
LEV - (BEV/PHEV gewichtet)	LEV Energiekosten CHF/100km	5.8	5.4	5.0
	LEV Energiekosten/a (CHF) (13'000 km/a)	755	701	655
Kosteneinsparung/a (Treibstoff)	CHF/a	842	787	732
Kosteneinsparung pro Fz	CHF (sum. 11 Jahre)	9'262	8'660	8'051
Payback Periode		10.3	9.4	8.4
Netto Einsparung - Mehrkosten	pro Fz	-1'453	-769	-91

* Realbetrieb: Annahme +25% ggü. NEFZ

Annahmen Treibstoffpreise (wie Energieperspektiven 2050)

Benzin 1.84 CHF/L

Diesel 1.97 CHF/L

Annahme Strompreis:

Strom 0.2 CHF/kWh

Annex 7: Kenngrössen der Leichten Nutzfahrzeuge

Angaben gemäss BFS zu Bestand und Neufahrzeugen (nur Lieferwagen; FAZ 30)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Bestand	227'316	233'920	239'064	241'956	247'393	254'359	260'658	268'750	273'183	276'236
Neufahrzeuge	21'848	22'576	20'100	17'790	18'927	19'668	21'410	23'605	24'491	21'415
	2010	2011	2012	2013	2014	2015				
Bestand	283'458	295'804	308'884	318'622	329'206	340'520				
Neufahrzeuge	24'154	28'644	30'427	28'933	33'405	35'290				

Quelle: BFS

Datensätze gemäss MOFIS/TARGA für die Jahre 2011-2015

Da für LNF noch kein Vollzugsdatensatz vorliegt, basieren die Analysen auf Daten aus MOFIS und TARGA. Zu diesem Zweck wurden die beiden Datensätze miteinander verknüpft (anhand der Informationen TG [Typengenehmigungscode] und Getriebe. Für die Analysen in dieser Studie waren so rund 94% der Fahrzeuge mit Angaben zu CO₂ und Leergewicht nutzbar. Die Leergewicht-Angaben wurden aus TARGA übernommen (jeweils oberer Grenzwert des Gewichtsbereichs von/bis je Fahrzeugtyp).

Jahr	Total Fzg.	nutzbar	in %
2015	31'281	29'407	94.0%
2014	29'282	27'487	93.9%
2013	29'295	27'548	94.0%
2012	30'754	29'027	94.4%
2011	29'412	27'526	93.6%

Analyse-Ergebnisse I

Zusammensetzung nach Grössenklassen:

Split	2006*	2007*	2008*	2009*	2010**	2011	2012	2013	2014	2015
N1-I	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	3.8%	4.6%	3.7%	3.8%	3.4%	3.4%
N1-II	8.3%	10.9%	11.4%	7.6%	19.2%	19.0%	19.4%	20.7%	20.7%	18.6%
N1-III	91.7%	89.0%	88.5%	92.4%	77.0%	76.4%	76.9%	75.6%	75.9%	78.0%
LNF total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

CO₂-Emission nach Grössenklassen:

g CO ₂ /km	2006*	2007*	2008*	2009*	2010**	2011	2012	2013	2014	2015
N1-I	138	143	139	141	166	153	152	145	142	139
N1-II	172	168	164	161	165	160	152	149	144	142
N1-III	232	232	233	227	234	231	222	218	215	210
LNF total	227	225	225	222	216	214	206	201	198	195

Datenquellen:

- *2006-2009: EBP 2010
- **2010: Infrass für BAFU (2014) bzw. BFE (2015)
- 2011ff: eigene Auswertungen von MOFIS / TARGA-Daten von BFE/ASTRA (ohne direktimportierte Fahrzeuge)

Analyse-Ergebnisse II (auf der Basis von MOFIS/TARGA, ohne direktimportierte Fahrzeuge)**CO₂-Emissions-Reduktionsraten (ab 2011)**

CO ₂ -Reduktionsraten	2012/2011	2013/2012	2014/2013	2015/2014	Ø2011/15
N1_I	-1.1%	-4.1%	-2.3%	-2.2%	-2.43%
N1_II	-5.2%	-1.8%	-3.3%	-1.6%	-2.98%
N1_III	-3.9%	-1.5%	-1.7%	-2.0%	-2.28%
gewichtet	-3.8%	-2.1%	-1.8%	-1.2%	-2.24%

Leergewichtsentwicklung ab 2011

Leergewicht (kg)	2011	2012	2013	2014	2015	Ø2011/15
N1_I	1'171	1'174	1'175	1'186	1'200	0.61%
N1_II	1'545	1'556	1'565	1'581	1'578	0.54%
N1_III	2'277	2'307	2'345	2'355	2'339	0.67%
gewichtet	2'087	2'120	2'140	2'155	2'158	0.84%

Split nach Treibstoffen

Treibstoff	2011	2012	2013	2014	2015
B	11.9%	10.2%	9.6%	10.1%	9.9%
D	87.3%	88.5%	89.1%	88.7%	89.1%
E	0.0%	0.4%	0.4%	0.3%	0.5%
CNG	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.5%

CO₂-Emission (g/km)

Treibstoff	2011	2012	2013	2014	2015
B	176.4	169.6	165.9	156.7	154.6
D	219.4	211.1	206.5	203.5	201.1
E	-	-	-	-	-
CNG	164.2	164.9	151.3	141.1	150.6

Leergewicht (kg)

Treibstoff	2011	2012	2013	2014	2015
B	1'417	1'424	1'416	1'469	1'454
D	2'181	2'205	2'225	2'239	2'241
E	1'569	1'737	1'724	1'728	1'721
CNG	1'821	1'795	1'650	1'649	1'793

Annex 8: Modellergebnisse LNF: Sanktionszahlungen und CO₂-Emissionen

Sanktionen in Mio. CHF je Marktszenario und in Abhängigkeit der Varianten von Einführungsmodalitäten (Definition vgl. Kap. 7.3)

Sz: **LNF 2%**

PhaseIn	2020 SuperCredits					2021 SuperCredits					2022 SuperCredits					2023 SuperCredits					2024 SuperCredits					2025 SuperCredits				
	-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3	
-	71	62	54	50		61	54	51	38		50	48	45	35		40	40	40	35		31	31	31	31		23	23	23	23	
1	64	55	45	42		61	54	51	38		50	48	45	35		40	40	40	35		31	31	31	31		23	23	23	23	
2	49	39	31	26		46	39	35	22		43	40	37	27		40	40	40	35		31	31	31	31		23	23	23	23	
3	12	8	5	4		13	11	10	5		15	14	13	10		17	17	17	15		31	31	31	31		23	23	23	23	

Sz: **LNF 3%**

PhaseIn	2020 SuperCredits					2021 SuperCredits					2022 SuperCredits					2023 SuperCredits					2024 SuperCredits					2025 SuperCredits				
	-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3	
-	49	41	33	29		35	29	26	17		22	20	19	13		15	15	15	12		10	10	10	10		7	7	7	7	
1	42	33	26	22		35	29	26	17		22	20	19	13		15	15	15	12		10	10	10	10		7	7	7	7	
2	28	21	16	14		22	19	16	11		18	17	15	11		15	15	15	12		10	10	10	10		7	7	7	7	
3	7	4	3	3		7	6	5	2		6	6	6	4		7	7	7	6		10	10	10	10		7	7	7	7	

Sz: **LNF 4%**

PhaseIn	2020 SuperCredits					2021 SuperCredits					2022 SuperCredits					2023 SuperCredits					2024 SuperCredits					2025 SuperCredits				
	-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3		-	1	2	3	
-	28	22	17	15		16	13	12	9		10	9	9	6		6	6	6	4		2	2	2	2		2	2	2	2	
1	22	17	13	12		16	13	12	9		10	9	9	6		6	6	6	4		2	2	2	2		2	2	2	2	
2	15	12	10	8		11	9	9	5		8	7	7	4		6	6	6	4		2	2	2	2		2	2	2	2	
3	4	3	2	2		3	3	2	2		3	2	2	2		2	2	2	2		2	2	2	2		2	2	2	2	

Summe der Sanktionen je Marktszenario der Jahre 2020-2023 (in Mio. CHF) für ausgewählte Varianten von Einführungsmodalitäten

Sum Sanktion 2020-2023	Var.Kombination			
Mio. CHF	0/0	1/1	2/1	2/2
LNF 2%	223	197	158	143
LNF 3%	120	96	71	62
LNF 4%	60	44	34	30

CO₂-Emissionen je Marktszenario

Markt-Szen.	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
LNF 2%	205	201	197	195	191	186	182	178	174	169	165	162	158	154
LNF 3%	205	201	197	195	189	182	176	170	165	159	154	149	144	139
LNF 4%	205	201	197	195	187	179	171	164	156	150	143	137	131	125

Annex 9: Wirkungsabschätzungen (LNF)

Annahmen

Entwicklung OHNE Massnahme

Neuwagen: Zusammensetzung der Segmente

Segment	2015	2020	2025	2030
LNF Benzin N1-I	2.7%	2.7%	2.6%	2.5%
LNF Benzin N1-II	7.0%	6.8%	6.7%	6.5%
LNF Benzin N1-III	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%
LNF Diesel N1-I	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%
LNF Diesel N1-II	10.8%	10.6%	10.3%	10.1%
LNF Diesel N1-III	77.7%	76.1%	74.1%	72.2%
LNF CNG/Benzin N1-II	0.5%	1.0%	2.0%	3.0%
LNF Elektro BEV N1-II	0.5%	2.0%	3.5%	5.0%
LNF Diesel PHEV N1-III	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
LNF FuelCell N1-III	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Neuwagen: g CO₂/km je Segment

Segment	2015	2020	2025	2030
LNF Benzin N1-I	144	137	131	124
LNF Benzin N1-II	156	149	141	135
LNF Benzin N1-III	237	226	215	204
LNF Diesel N1-I	117	111	106	101
LNF Diesel N1-II	138	132	125	119
LNF Diesel N1-III	211	200	190	181
LNF CNG/Benzin N1-II	150	143	136	129
LNF Elektro BEV N1-II	-	-	-	-
LNF Diesel PHEV N1-III	36	36	36	36
LNF FuelCell N1-III	-	-	-	-
LNF (gewichtet, alle)	195	183	171	159
LNF (gew., nur B/D)	196	187	178	169

Entwicklung MIT Massnahme (Szen. B, LNF 3%)

Neuwagen: Zusammensetzung der Segmente

Segment	2015	2020	2025	2030
LNF Benzin N1-I	2.7%	2.7%	2.6%	2.5%
LNF Benzin N1-II	7.0%	6.8%	6.7%	6.5%
LNF Benzin N1-III	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%
LNF Diesel N1-I	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%
LNF Diesel N1-II	10.8%	10.6%	10.3%	10.1%
LNF Diesel N1-III	77.7%	76.1%	74.1%	72.2%
LNF CNG/Benzin N1-II	0.5%	1.0%	2.0%	3.0%
LNF Elektro BEV N1-II	0.5%	2.0%	3.5%	5.0%
LNF Diesel PHEV N1-III	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
LNF FuelCell N1-III	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Neuwagen: g CO2/km je Segment

Segment	2015	2020	2025	2030
LNF Benzin N1-I	144	124	107	91
LNF Benzin N1-II	156	134	115	99
LNF Benzin N1-III	237	204	175	150
LNF Diesel N1-I	117	100	86	74
LNF Diesel N1-II	138	119	102	88
LNF Diesel N1-III	211	181	155	133
LNF CNG/Benzin N1-II	150	129	111	95
LNF Elektro BEV N1-II	-	-	-	-
LNF Diesel PHEV N1-III	36	36	36	36
LNF FuelCell N1-III	-	-	-	-
LNF (gewichtet, alle)	195	165	139	117
LNF (gew., nur B/D)	196	169	145	124

Kostenabschätzungen LNF

		2013	2020	2025
Entwicklung OHNE Massnahme		218	200	190
Differenz in g CO2 ggü 2013			18	28
Entwicklung MIT Massnahme (Szen. B)		218	181	155
Differenz in g CO2 ggü 2013			37	63
Differenz g CO2 (MIT - OHNE Massn.)			19	35
Zusatzkosten*				
Zusatzkosten pro Fz **	Euro		518	845
	Wechselkurs		1.10	1.10
	CHF		569	929
Treibstoffeinsparungen				
Einsparungen (MIT / OHNE Massn.)	g CO2/km		19	35
	Korrekturfaktor NEFZ->RealWorld		0.80	0.80
	l/100 km (korrigiert)		0.59	1.07
	Treibstoffkosten CHF/100 km		1.17	2.11
	Energiekosten CHF/a (20'000 km/a)		234	423
	Energiekosten CHF (sum. 10 Jahre)		2'336	4'228
Payback Periode			2.4	2.2
Netto Einsparung - Mehrkosten	pro Fz		1'767	3'298

*) Ricardo-AEA 2015, Annex 6 "CI & Hybrid, LCV Large"

**) Berechnung Zusatzkosten: Mehrkosten in Entwicklung MIT ggü. OHNE Massnahme

Annahmen Treibstoffpreise (wie Energieperspektiven 2050)

Benzin	1.84 CHF/L
Diesel	1.97 CHF/L

Glossar

ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
ASTRA	Bundesamt für Strassen
auto-schweiz	Vereinigung Schweizer Automobil-Importeure
B	Benzin
BAFU	Bundesamt für Umwelt
B'ANA	Bestandesanalyse, Analyse des Motorfahrzeugbestandes
BEV	Battery electric vehicle
BFE	Bundesamt für Energie
BFS	Bundesamt für Statistik
CEPE	Centre for Energy Policy and Economics (ETHZ)
CH4	Methan
CNG	Compressed Natural Gas
COC	Certificate of Conformity (Übereinstimmungsbescheinigung)
CO ₂	Kohlendioxid
D	Diesel
DPF	Diesel-Partikelfilter
E85	Treibstoffgemisch aus 85% (Bio)ethanol und 15% herkömmlichem Benzin
E-Antrieb	Elektroantrieb
ECE	United Nations Economic Commission for Europe (UNECE)
EFA	Emissionsfaktor
EFD	Eidgenössisches Finanzdepartement
EFKO	Eidgenössische Fahrzeugkontrolle
EFV	Eidgenössische Finanzverwaltung
EG	Emissionsgemeinschaft
EMPA	Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Dübendorf
EU	Europäische Union
Euro-1,-2,-3,-4,-5,-6	Europäische Abgasvorschriften für Leichte Motorwagen
Euro-II,-II,-III,-IV,-V,-VI	Europäische Abgasvorschriften für Schwere Motorwagen
FAZ	Fahrzeugart
EZV	Eidg. Zollverwaltung
FFV	Flex fuel vehicles (mit bis zu 85% Ethanol E85 verkehrende Fahrzeuge)
Fz, Fzg	Fahrzeug
FzKat	Fahrzeugkategorie

Fzkm	Fahrzeug-Kilometer
GEST	Gesamtenergiestatistik (herausgegeben durch das BFE)
HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs
JRC	Joint Research Center (DG EU)
LBus	Linienbus (= ÖV-Bus)
LEV	Low-Emission Vehicles (<50 g CO ₂ /km)
LI	Lieferwagen (Leichte Nutzfahrzeuge)
LKW, LW	Lastwagen
LMW	Leichte Motorwagen (= Oberbegriff für PW und Leichte Nutzfahrzeuge < 3.5t)
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge < 3,5t, hier Lieferwagen und leichte Sattelschlepper
LPG	Liquefied Petroleum Gas
LSVA	Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe
LZ	Lastzug, Anhängerzug
mKr	(Masse) Kraftstoff-, Treibstoff
Mofa	Motorfahrrad
MOFIS	Motorfahrzeuginformationssystem (der EFKO)
MR	Motorrad
MWSt	Mehrwertsteuer
NEDC	New European Driving Cycle (=NEFZ)
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus (=NEDC)
NEP	Szenario „Neue Energiepolitik“ (im Kontext Energieperspektiven 2050)
ÖV	Öffentlicher Verkehr
OZD	Oberzolldirektion
PEFA	Periodische Erhebung Fahrleistungen
PF	Partikelfilter
PHEM	Passenger car and Heavy duty vehicle Emission Model (der TU Graz)
PHEV	Plug-in hybrid electric vehicle
PJ	Peta Joule
POM	Szenario „Politisches Massnahmenpaket“ (im Kontext Energieperspektiven 2050)
ppm	Parts per million (deutsch „Teile von einer Million“)
PW	Personenwagen, Personenkraftwagen
RBus	Reisebus, Car
SCr	Supercredits

SFSV	Spezialfinanzierung Strassenverkehr
SMW	Schwere Motorwagen {= Fahrzeuge > 3.5 t Gesamtgewicht; = Oberbegriff für Schwere Nutzfahrzeuge (SNF), Reisebusse (RBus) und Linienbusse (LBus)}
SNF	Schwere Nutzfahrzeuge [= Oberbegriff für Lastwagen (LKW), Lastenzüge (LZ) und Sattelzüge (SZ)]
TAFV	Verordnung über technische Anforderungen an Transportmotorwagen und deren Anhänger (SR 741.412)
TARGA	Fahrzeugtypenregister des ASTRA (TARGA steht für: Technische Angaben, Rauch, Geräusch und Abgas)
TCMV	Technical Committee on Motor Vehicles
TG	Typengenehmigung
TT	Tanktourismus
UVEK	Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VM-UVEK	Verkehrsmodell des UVEK
VTs	Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge
V'Zus	Verkehrszusammensetzung (= Mix der Fahrzeugschichten)
WLTC	World Harmonized Light Duty Test Cycle
WLTP	World Harmonized Light Duty Test Procedure
WWB	Szenario „Weiter wie bisher“ (im Kontext Energieperspektiven 2050)

Literatur

- AEA et al 2009a: Assessment of options for the legislation of CO₂ emissions from light commercial vehicles. Smokers, R. (TNO), Vreede, Van De G. (CE Delft), Brouwer, F. (CE Delft), Passier, G. (TNO). (2009), Framework contract No. ENV/C.5/FRA/2006/0071, Final Report - update, 25 November 2009.
- AEA et al 2009b: Assessment with respect to long term CO₂ emission targets for passenger cars and vans, Framework contract No. ENV/C.5/FRA/2006/0071, Deliverable D2: Final Report, July 2009.
- ARE 2004: Perspektiven des schweizerischen Güterverkehrs bis 2030, ProgTrans/Infras im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE), Bern, März 2004.
- ARE 2006: Perspektiven des schweizerischen Personenverkehrs bis 2030, Infras/ProgTrans im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE), Bern, März 2006.
- ARE 2007: Volkswirtschaftliche Auswirkungen der LSVA mit höherer Gewichtslimite, Eco-plan/Infras im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE), Bern, Okt. 2007.
- ARE 2012: Ergänzungen zu den schweizerischen Verkehrsperspektiven bis 2030, Bundesamt für Raumentwicklung ARE, Bericht 9. 2012, Bern 2012.
- auto-schweiz 2013: 17. Berichterstattung im Rahmen der Energieverordnung über die Absenkung des spezifischen Treibstoff-Normverbrauchs von Personenwagen – Jahr 2012, im Auftrag UVEK, Juni 2013.
- BAFU 2008: Treibstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des Offroad-Sektors. Studie für die Jahre 1980–2020. Umwelt-Wissen Nr. 0828. Bundesamt für Umwelt, Bern: 172 S.
- BFE 2012: Energieperspektiven 2050, erarbeitet durch Prognos, Teil Verkehr erarbeitet durch Infras, Bern, Okt. 2012.
- BFE 2015: Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2014 nach Verwendungszwecken, erarbeitet durch Prognos/TEP/Infras, Teil Verkehr erarbeitet durch Infras, Bern, Okt. 2015.
- BFE 2015a: Spezialziele für Marken von Klein- und Nischenhersteller, Dez. 2016.
- BFE 2016a: Faktenblatt „Vollzug der CO₂-Emissionsvorschriften für Personenwagen 2015“, 16.6.2016.
- BFS 2010: Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 2010-2060, Bundesamt für Statistik, 01.07.2010, Neuchâtel 2010.
- EBP 2010: Übernahme des 175-g-Zielwerts für neu in Verkehr gesetzte Leichte Nutzfahrzeuge, im Auftrag des BFE, 31. Dez. 2010.

EU 2012: IMPACT ASSESSMENT, accompanying the documents

Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council amending Regulation (EC) No 443/2009 to define the modalities for reaching the 2020 target to reduce CO₂ emissions from new passenger cars, and

Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council amending Regulation (EU) No 510/2011 to define the modalities for reaching the 2020 target to reduce CO₂ emissions from new light commercial vehicles,

Brussels, SWD(2012) 213 final, 11.7.2012.

EZV 2009: Eidgenössische Zollverwaltung (EZV): LSVA; Merkblatt «leichte Sattelschlepper»; Juni 2009.

FEV 2012: Light-Duty Vehicle Technology Cost Analysis – European Vehicle Market, Additional Case Studies (Phase 2), Analysis Report BAV 11-683-001. Washington DC: Prepared for the International Council on Clean Transportation.

Hausberger et al 2014: S. Hausberger; M. Rexeis; M. Zallinger; R. Luz; Emission Factors from the Model PHEM for the HBEFA Version 3.1, Institute for Internal Combustion Engines and Thermodynamics, Graz University of Technology, Report Nr. I-20/2009; 33/08/679, 7.12.2009.

ICCT 2012: Discrepancies between type approval and “real-world” fuel consumption and CO₂-values, Assessment for 2001-2011 European passenger cars. ICCT, International Council on Clean Transportation, Working paper 2012–02.

ICCT 2012b: European Vehicle Market Statistics, Pocketbook 2012, ICCT (International Council on Clean Transportation), 2012. (www.theicct.org/sites/default/files/publications/Pocketbook_2012_opt.pdf).

ICCT 2015: From laboratory to road, A comparison of official and ‘real-world’ fuel consumption and CO₂ values for cars in Europe and the United States, ICCT White Paper (International Council on Clean Transportation), May 2015.

IEA 2010: World Energy Outlook 2010, Paris, 2010.

IKA-RWTH 2010: Kurzstudie zum CO₂-Reduzierungspotenzial bei Leichten Nutzfahrzeugen (N1) bis 2020, im Auftrag des Deutschen Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, 2010.

INFRAS 2007: Der Energieverbrauch des Verkehrs 1990-2035, Ergebnisse der Szenarien I bis IV und der zugehörigen Sensitivitäten „BIP hoch“, „Preise hoch“ und „Klima wärmer“, im Auftrag BFE, Jan. 2007.

INFRAS 2013: Energieetikette für Leichte Nutzfahrzeuge, im Auftrag BFE, Juli 2013.

- INFRAS 2014: HBEFA Handbuch für Emissionsfaktoren, Version 3.2, Im Auftrag der Umweltbundesämter von Deutschland, Österreich, Schweden, Norwegen, Frankreich und der Schweiz, Juli 2014.
- JRC 2010: Parameterization of fuel consumption and CO₂ emissions of passenger cars and light commercial vehicles for modelling purposes; Authors: G. Mellios, S. Hausberger, M. Keller, C. Samaras, L. Ntziachristos; JRC Editors: P. Dilara, G. Fontaras, Joint Research Centre – Institute for Energy and Transport (IET), Ispra.
- Media Focus 2015: Werbemarkt Trend (Monatlicher Bericht zur Entwicklung des Schweizer Werbemarkts), Report 2015/12 (www.mediafocus.ch)
- Ricardo-AEA et al 2015: "Improving understanding of technology and costs for CO₂ reductions from cars and LCVs in the period to 2030 and development of cost curves," 28 July 2015 draft version.
- Sharpe & Smokers 2009: Assessment with respect to long term CO₂ emission targets for passenger cars and vans. Smokers R., Sharpe, R. (TNO). Framework contract No. DG ENV/C.5/FRA/2006/0071, Deliverable D2: Final Report.
- Smokers 2006: Review and analysis of the reduction potential and costs of technological and other measures to reduce CO₂ emissions from passenger cars. Smokers R., Vermeulen R et al. (2006), Contract nr. SI2.408212, Final Report, TNO Report, Oct 31, 2006.
- TNO et al 2011: Support for the revision of Regulation (EC) No 443/2009 on CO₂ emissions from cars, Service request #1 for Framework Contract on Vehicle Emissions, Final Report, Framework Contract No ENV.C.3./FRA/2009/0043, Delft, November 25, 2011.
http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars/docs/study_car_2011_en.pdf .
- TNO et al 2012: Support for the revision of regulation on CO₂ emissions from light commercial vehicles, Service request #3 for Framework Contract on Vehicle Emissions Framework Contract No ENV.C.3./FRA/2009/0043. Delft, April 2012.
http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/vans/.../report_CO2_lcv_en.pdf
- TNO/Emisia 2012: Development of a method for the measurement and monitoring of CO₂ emissions for N1 multi-stage vehicles, Final Report on behalf of the European Commission – DG Enterprise and Industry. Delft, Februar 2012.
http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/automotive/files/projects/report-CO2-emissions-multi-stage-vehicles_en.pdf