CO_2-Emissionsreduktion bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen nach 2020

Management Summary 123320

Dienstleistungsprojekt 59/12

Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

Institut für Kraftfahrzeuge
Strategie und Beratung

Management Summary

CO_2-Emissionsreduktion bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen nach 2020

Projektnummer
123320

Auftraggeber:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
(BMWi)
Referat I C 4
Villemombler Str. 76
53123 Bonn

Projektleiter:

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Christian-Simon Ernst

Dipl.-Kfm. Ingo Olschewski
Geschäftsbereichsleiter Strategie und Beratung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Lutz Eckstein
Institutsleiter

Projektingenieur:

Christian Harter M. Sc.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced and/or published without the previous written consent of ika. © ika

Aachen, August 2014

Institutsleitung: Univ.-Prof. Dr.-Ing. L. Eckstein
Telefon: +49 241 80 25601 · Fax: +49 241 80 22147
E-Mail: office@ika.rwth-aachen.de · Internet: http://www.ika.rwth-aachen.de
Institut für Kraftfahrzeuge · RWTH Aachen University · Steinbachstraße 7 · 52074 Aachen

Inhalt

1 Kernergebnisse der Studie 4

2 Einleitung und methodische Vorgehensweise 7

3 Umfeldanalyse 8

4 Technologische CO_2-Minderungspotenziale bis 2025 und 2030 11

5 Wirtschaftliche CO_2-Minderungspotenziale bis 2025 und 2030 15

5.1 Wirtschaftliches Minderungspotenzial bei Pkw 15

5.2 Wirtschaftliches Minderungspotenzial bei LNF 16

5.3 Analyse verschiedener Zielvorschläge für Pkw bis 2030 17

5.4 Sensitivität der Ergebnisse 18

6 Ansätze für eine Novellierung der CO_2-Gesetzgebung in der EU 20

6.1 Parametervariation 20

6.2 Flexibilisierungsmaßnahmen 20

7 Handlungsempfehlungen für den europäischen Gesetzgeber 22

8 Literatur [Auszug] 24

1 Kernergebnisse der Studie

Das Ziel der vorliegenden Studie ist die Analyse technologisch möglicher und wirtschaftlich vertretbarer CO_2-Minderungspotenziale bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen (LNF) bis 2025 und 2030. Die Analyse erfolgt in allen Bereichen der Studie grundsätzlich szenarienbasiert. Mit Hilfe der drei entwickelten Szenarien (Konservativ, Trend, Progressiv) kann eine Bandbreite möglicher, in sich konsistenter zukünftiger Entwicklungen projiziert und derzeit diskutierten Zielwerten gegenübergestellt werden. Die geltende europäische CO_2-Gesetzgebung fordert bei Pkw bis Ende 2020 eine Reduktion der durchschnittlichen CO_2-Emissionen der Neuwagenflotte auf 95 g CO_2/km (ca. -33 % ggü. 2010), bei LNF beträgt der Zielwert in 2020 entsprechend 147 g CO_2/km (ca. -21 % ggü. 2011). Im Hinblick auf die Weiterentwicklung der CO_2-Gesetzgebung hat die EU-Kommission erklärt, eine Folgenabschätzung für einen indikativen Zielkorridor von 68 – 78 g CO_2/km für Pkw im Jahr 2025 durchführen zu wollen.

Im Rahmen eines Technologie-Screenings wird deutlich, dass sowohl durch die Markteinführung neuer, innovativer Technologien als auch durch die evolutionäre Weiterentwicklung bestehender Technologien und der damit einhergehenden Kostensenkungen eine Minderung der CO_2-Flottenemissionen möglich wird. Zur Reduzierung der Komplexität werden die identifizierten Einzeltechnologien zu Technologiepaketen zusammengefasst, die sukzessive aufeinander aufbauen und jeweils auf der nächsten Stufe um relevante Technologien erweitert werden. Diese Technologiepakete stehen somit repräsentativ je Fahrzeugsegment als alternative und zukünftig verfügbare Fahrzeug- bzw. Antriebsvarianten zur Verfügung.

In einem ersten Schritt wird in einer rein technischen Betrachtungsweise das minimal erreichbare CO_2-Flottenemissionsniveau in Europa ermittelt, wozu jeweils ein flächendeckender Einsatz (100 %-Marktdurchdringung) der definierten Technologiepakete angenommen wird. Mit dem sogenannten Marktstruktureffekt wird die Veränderung des CO_2-Flottenemissionsniveaus durch autonome Nachfrageänderungen des Kraftstoffmix und der Fahrzeugsegmentverteilung berücksichtigt. Die Ergebnisse zeigen, dass die CO_2-Flottenemissionen von Pkw in Abhängigkeit vom betrachteten Szenario mit konventionellen Technologiepaketen (Verbrennungsmotoren) theoretisch auf 86 bis minimal 77 g CO_2/km im Jahr 2025 und auf 81 bis minimal 66 g CO_2/km im Jahr 2030 verringert werden könnten. Bei einem flächendeckenden Einsatz von Hybridtechnologien ohne Möglichkeit der Aufladung am Stromnetz, ließen sich die Emissionen auf 72 bis minimal 64 g CO_2/km (2025) bzw. auf 67 bis minimal 54 g CO_2/km (2030) mindern. Bei einem vollständigen Einsatz von Plug-In-Hybriden (PHEV) in der gesamten europäischen Fahrzeugflotte könnten unter den Rahmenbedingungen des derzeit geltenden NEFZ-Fahrzyklus die Emissionswerte theoretisch sogar auf 32 bis minimal 30 g CO_2/km (2025) bzw. 30 bis minimal 26 g CO_2/km (2030) reduziert werden. Die zur Erreichung der minimalen EU-Flottenemissionen von Pkw erforderlichen zusätzlichen Herstellkosten je Fahrzeug steigen jedoch im Durchschnitt der europäischen Fahrzeugflotte in einem progressiven Verlauf an. So würden bei einer 100 %-Marktdurchdringung der jeweils verfügbaren emissionsärmsten Technologiepaketversion im Jahr 2025 (2030) beim konventionellen Pfad bis zu 3.550 € (4.150 €) zusätzlich anfallen, beim Hybridpfad bis zu 5.400 € (5.750 €) und beim PHEV Technologiepfad bis zu 8.050 € (8.250 €).

Bei leichten Nutzfahrzeugen könnte theoretisch durch einen flächendeckenden Einsatz der konventionellen Technologiepakete ein Emissionsniveau in Höhe von 120 bis minimal 109 g CO_2/km im Jahr 2025 und 116 bis minimal 97 g CO_2/km im Jahr 2030 erzielt werden. Durch die Hybridtechnologie ließen sich die Emissionen auf 101 bis minimal 90 g CO_2/km im Jahr 2025 und 97 bis minimal 78 g CO_2/km im Jahr 2030 absenken. Unter Annahme einer vollständigen PHEV Flotte in Europa würde sich sogar ein Niveau von 50 bis minimal 46 g CO_2/km im Jahr 2025 und 48 bis minimal 41 g CO_2/km im Jahr 2030 darstellen lassen. Die damit korrespondierenden Kosten steigen, analog zu Pkw, in einem progressiven Verlauf an. Bei Annahme einer 100 %-Marktdurchdringung der jeweils verfügbaren emissionsärmsten Technologiepaketversion im Jahr 2025 (2030) würden beim konventionellen Pfad bis zu 5.000 € (5.300 €) zusätzlich anfallen, beim Hybridpfad bis zu 7.250 € (7.350 €) und beim PHEV Technologiepfad bis zu 9.000 € (8.900 €).

Nach der Ableitung der technologisch theoretisch erreichbaren CO_2-Flottenemissionen erfolgt in einem zweiten Schritt die szenarienbasierte Ableitung der wirtschaftlichen Minderungspfade. Dabei wird die Perspektive der Endkunden von Pkw und LNF zugrunde gelegt. Als eine zentrale Annahme wird davon ausgegangen, dass die zusätzlichen Herstellkosten in dem Umfang an die Endkunden weitergegeben werden können, in dem diese von einer Kraftstoffkosteneinsparung über der angenommenen Haltedauer profitieren. Die Fahrzeugendkunden fragen Technologiepakete zum Endkundenlistenpreis nach, welcher im Rahmen der Modellierung z.B. durch die Bestandteile Mehrwertsteuer, Vertriebskosten, Rückstellungen und Margen ca. 60 % über den reinen Herstellkosten liegt. Auf Basis der modellierten Investitionsentscheidungen von privaten und gewerblichen Endkunden ergibt sich, welche Technologiepakete sich in welchem Fahrzeugsegment im Zeitraum bis 2025 und 2030 amortisieren würden. Im Trendszenario, welches unter anderem einen moderaten Anstieg der Kraftstoffpreise annimmt, würden bei Pkw bis 2025 überwiegend konventionelle Technologien nachgefragt, so dass die Flottenemissionen auf insgesamt 96 g CO_2/km absinken (-32 % – inkl. Marktstruktureffekt) würden. Bis zum Jahr 2030 würden sich im Trendszenario insbesondere bei Fahrzeugen in höheren Segmenten Hybrid- und PHEV-Technologiepakete durchsetzen. Die Flottenemissionen würden auf 79 g CO_2/km absinken (-44 % – inkl. Marktstruktureffekt). Im Zuge der vermehrten Hybridisierung der höheren Segmente und insbesondere des Einsatzes von PHEV in den höheren Fahrzeugsegmenten entkoppelt sich der CO_2-Emissionswert zunehmend von der Fahrzeugmasse. Somit ergäbe sich eine im Zeitverlauf zunehmende Abflachung der entsprechenden Regressionsgerade im Markt.

Die abgeleiteten technisch möglichen und wirtschaftlich vertretbaren CO_2-Flottenemissionen stellen objektive Leitplanken für die künftige Weiterentwicklung der CO_2-Regulierung von Pkw und LNF dar. Es zeigt sich, dass der diskutierte Zielkorridor von 68 – 78 g CO_2/km für Pkw im Jahr 2025 aus wirtschaftlicher Sicht nur mit erheblichen zusätzlichen Herstellkosten erreicht werden kann, denen keine entsprechenden Kraftstoffkostenersparnisse aus Endkundenperspektive gegenüberstehen. So würde bei einem angenommenen Zielwert in Höhe von 68 g CO_2/km für das Jahr 2025 ein Herstellkostenanstieg in Höhe von 3.200 – 4.100 € je Fahrzeug bewirkt, unter Annahme eines kostenoptimalen Technologiemix. Der sich daraus ergebende Endkundenlistenpreis würde sich für die Endkunden aber nicht vollständig durch

Kraftstoffkostenersparnisse amortisieren. Damit sich die Kunden dennoch für emissionsärmere Antriebsarten entscheiden und der genannte Emissionswert erreicht wird, müssten die Fahrzeughersteller die sich nicht amortisierenden Mehrkosten in Höhe von 500 € (Progressives Szenario) bis 3.300 € (Konservatives Szenario) tragen. Da die Kosten für effizienzsteigernde Technologien progressiv ansteigen, ergäbe sich im Falle einer linearen Zielwertfortschreibung eine hohe Belastung für die Fahrzeughersteller. Selbst ein Zielwert in Höhe von 78 g CO_2/km im Jahr 2025 ließe sich nur unter den günstigen Rahmenbedingungen des progressiven Szenarios und den angenommenen Wirtschaftlichkeitsüberlegungen der Kunden darstellen.

Bei LNF würden im gesamten Betrachtungszeitraum bis 2030 im Trendszenario von den Kunden nur konventionelle Technologiepakete eingesetzt. Bis zum Jahr 2025 würden die CO_2-Flottenemissionen unter den gegebenen Rahmenbedingungen auf 140 g CO_2/km (-25 %) sinken, bis zum Jahr 2030 weiter auf 135 g CO_2/km. Für LNF wurden bislang keine expliziten Zielwertvorschläge für den Zeitraum nach 2020 veröffentlicht.

Mit Blick auf eine Verbesserung der Kosteneffizienz der bestehenden CO_2-Regulierung ist zu prüfen, wie diese verbessert werden kann, so dass ambitionierte Flottenzielwerte für die Fahrzeughersteller und ihre Endkunden wirtschaftlich vertretbar werden. Bei einer bloßen Fortführung des jetzigen CO_2-Regimes mit linearer Fortschreibung des in der Vergangenheit festgelegten Minderungspfades wäre dies nicht gegeben. Über eine sachliche und zeitliche Flexibilisierung der Zielerreichung könnten Fahrzeughersteller kosteneffiziente Minderungspotentiale besser erschließen. Beispiele hierfür sind die verstärkte Anrechnung von Ökoinnovationen, die außerhalb des normierten Prüfzyklus zu realen CO_2-Einsparungen führen sowie Banking-Borrowing-Instrumente, die eine Optimierung der Zielerreichung über die langfristige Innovationsplanung und die Modellzyklen ermöglichen. Darüber hinaus wird unter anderem ein Emissionshandelssystem mit oder ohne intersektorale Integration diskutiert, welches die Nachteile des bestehenden CO_2-Regimes (unter anderem absolut hohe und progressiv steigende Grenzvermeidungskosten, Verletzung der Technologieneutralität durch die gewichtsdifferenzierte Festsetzung der Emissionszielwerte) abschwächt oder beseitigt. Auf Basis der vorliegenden Studie wird ein weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich der möglichen Ausgestaltung und Wirkung eines solchen Systems gesehen.

Für die EU-Kommission ergibt sich die Aufgabe, die Gesetzgebung zur CO_2-Reduktion und Effizienzsteigerung bei Pkw und LNF wettbewerbsneutral, sozialverträglich und nachhaltig zu gestalten. Die langfristige Wettbewerbsneutralität der künftigen CO_2-Regulierung ist auch dann sicherzustellen, wenn vielfältige konventionelle und elektrifizierte Antriebskonzepte im Markt konkurrieren. Im Rahmen ihrer Folgenabschätzung sollte die EU-Kommission daher auch prüfen, welche Alternativen und Ergänzungen es zum jetzigen System der CO_2-Regulierung durch Flottenzielwerte gibt, um die von der Europäischen Union langfristig verfolgten Klimaschutzziele auf wirtschaftlich vertretbare Weise zu erreichen. Eine bloße Fortschreibung des jetzigen Systems für Neuwagen stößt absehbar an wirtschaftliche Grenzen.

2 Einleitung und methodische Vorgehensweise

Die Europäische Union strebt das Ziel an, die anthropogen verursachten Treibhausgasemissionen in der Gemeinschaft bis zum Jahr 2050 um 80 bis 95 % im Vergleich zum Niveau des Jahres 1990 zu reduzieren. Hierzu soll auch der Verkehrssektor beitragen. Gemäß dem „Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO_2-armen Wirtschaft bis 2050“ [EUR11a] und dem Weißbuch zur Verkehrspolitik [EUR11b] der Europäischen Kommission soll der Verkehrssektor seine Treibhausgasemissionen bis 2050 um mindestens 60 % reduzieren. Die CO_2-Emissionen des Straßenverkehrs sind für ca. 22,4 % der gesamten CO_2-Emissionen der EU28 verantwortlich [EEA14a].

Die Regulierung der CO_2-Emissionen neuer Personenkraftwagen (Pkw) und leichter Nutzfahrzeuge (LNF, bzw. N1-Klasse) ist ein zentrales Instrument auf europäischer Ebene zur weiteren Senkung der Emissionen im Straßenverkehr. Nach der kürzlich novellierten Verordnung (EG) Nr. 443/2009 müssen die durchschnittlichen CO_2-Emissionen der europäischen Pkw-Neuwagenflotte bis zum Jahr 2015 auf 130 g CO_2/km und bis Ende des Jahres 2020 auf 95 g CO_2/km verringert werden. Die durchschnittlichen CO_2-Emissionen der neu zugelassenen leichten Nutzfahrzeuge (LNF) müssen bis zum Jahr 2020 auf 147 g CO_2/km gemindert werden, vgl. Verordnung (EG) 510/2011. Der Rat und das Europäische Parlament haben die Europäische Kommission beauftragt, die beiden Verordnungen bis Ende 2015 zu überprüfen und Vorschläge zur Änderung der Rechtsakte vorzulegen, einschließlich der möglichen Festlegung von realistischen und erreichbaren Flottenzielwerten für neue Pkw und für leichte Nfz für die Zeit nach 2020, vgl. [EUR14b] [EUR14c].

Das Institut für Kraftfahrzeuge der RWTH Aachen University (ika) wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) beauftragt, die technologisch und wirtschaftlich realisierbaren CO_2-Minderungspotenziale bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen bis 2025 und 2030 abzuschätzen. Dazu erfolgt szenarienbasiert zunächst eine rein technologische Analyse der im Massenmarkt zur Verfügung stehenden Technologien und der jeweiligen Minderungspotenziale sowie der damit korrespondierenden zusätzlichen Herstellungskosten. Anschließend erfolgt in den eingeführten Szenarien eine weitere Betrachtung der möglichen Marktdurchdringung der identifizierten Technologien auf Basis der Kundennachfrage, welche sich maßgeblich durch die mögliche Amortisation zu den jeweiligen Kraftstoffkosten ergibt.

Die in dieser Studie abgeleiteten CO_2-Flottenzielwerte und Grenzwertkurven stellen Leitplanken für die Weiterentwicklung der CO_2-Regulierung nach 2020/2021 dar. Des Weiteren soll die Wirkung von Änderungen zentraler Parameter der europäischen CO_2-Flottenregulierung auf die deutschen und europäischen Fahrzeughersteller untersucht werden. Schließlich sollen mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der Kosteneffizienz und der Wirtschaftlichkeit der Regulierung analysiert werden. Die in der vorliegenden Studie enthaltenen Untersuchungsergebnisse können in die demnächst beginnende Diskussion auf EU-Ebene über die Weiterentwicklung der CO_2-Regulierung bei Kraftfahrzeugen einfließen.

3 Umfeldanalyse

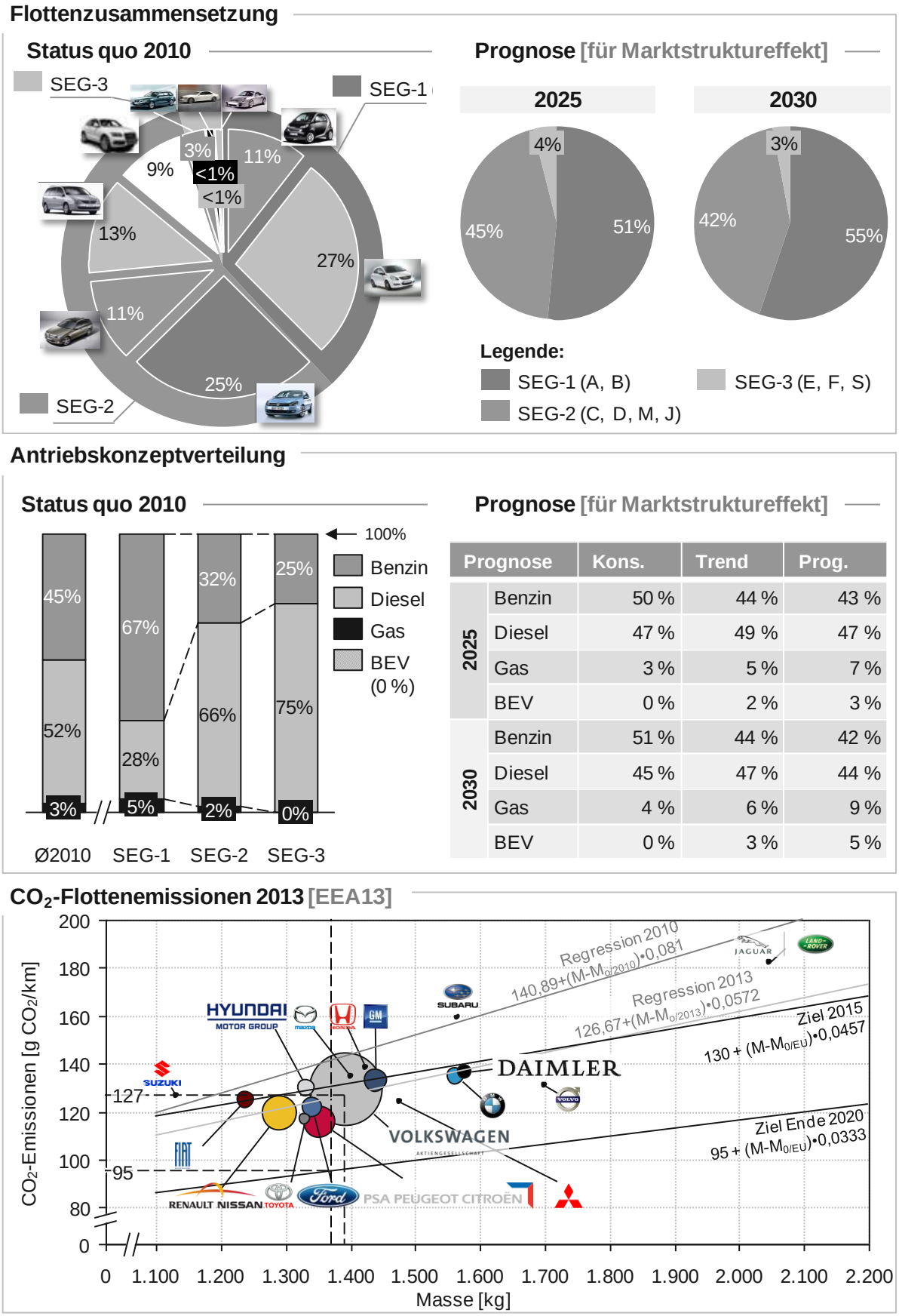
Im Basisjahr 2010 bzw. 2011 der Untersuchungen betrug die durchschnittliche CO_2-Flottenemission ca. 141 g CO_2/km bei Pkw [EEA11] [ERN12] bzw. ca. 187 g CO_2/km bei LNF [POL12] [ERN13]. Von diesen Werten ausgehend stellen die massebasierten CO_2-Zielwertvorgaben für Pkw und LNF hohe Anforderungen an die absolute und relative Minderung der CO_2-Flottenemissionen. Während sich der durchschnittliche Zielwert bei Pkw von 130 g CO_2/km im Jahr 2015 auf 95 g CO_2/km bis Ende 2020 verringert, verschärft sich der Zielwert bei LNF von 175 g CO_2/km im Jahr 2017 auf 147 g CO_2/km im Jahr 2020. Im Hinblick auf die Weiterentwicklung der CO_2-Gesetzgebung hat die EU-Kommission erklärt, der Folgenabschätzung einen indikativen Zielkorridor von 68 – 78 g CO_2/km für Pkw im Jahr 2025 zugrunde legen zu wollen [EUR14]. Dies entspricht (in absoluten Größen) ungefähr einer linearen Weiterentwicklung des bisherigen legislativen CO_2-Minderungspfades. Im globalen Vergleich würden damit für den neuen Zeitraum die herausforderndsten Ziele formuliert.

Zur Bewertung von zukünftigen Zielwerten müssen stets alle Rahmenentwicklungen, z.B. Nachfrageverschiebungen zwischen Fahrzeugsegmenten oder Antriebsarten, mit berücksichtigt werden. Daher erfolgt in Anlehnung an die Analysen in den Vorgängerstudien [ERN12] und [ERN13] eine szenarienbasierte Fortführung der Datenbasis für den Zeitraum bis zum Jahr 2030. Die Kernergebnisse werden in Abb. 3-1 und Abb. 3-2 zusammengefasst.

Im europäischen Pkw Markt ist das SEG-2 das volumenstärkste Segment mit 58 %, dominiert von der Mittelklasse. Danach folgt SEG-1, das Segment der Kleinst- und Kleinwagen, mit etwa 38 %. Das SEG-3 (Ober-, Luxusklasse) ist zwar durch vergleichsweise hohe spezifische CO_2-Emissionen gekennzeichnet, hat EU-weit jedoch nur einen Anteil von etwa 4 % an allen Neuzulassungen. Im Kontext eines Marktstruktureffektes, der auf einer Verschiebung der Nachfrage zwischen Segmenten und Kraftstoffarten beruht, wird für die Zukunft ein steigender Anteil des SEG-1 zu Lasten des bislang dominierenden SEG-2 prognostiziert. Da es jedoch zu diesen Prognosen auch gegenläufige Trends gibt, z.B. gesteigerte Nachfrage nach SUV-artigen Fahrzeugen, wird dieser Ergebniseinfluss stets gesondert ausgewiesen.

Bei leichten Nutzfahrzeugen entfallen die meisten Zulassungen auf Fahrzeuge der Gruppe III (Bezugsmasse > 1.760 kg). Anschließend folgen leichtere Fahrzeuge, in der Regel auf einer Pkw Basisplattform und gewerblich genutzte Kleinstwagen. Für die Zukunft wird von einer konstanten Segmentverteilung ausgegangen, da sich kein signifikanter Trend einer Nachfrageverschiebung abzeichnet.

Im Bereich der Pkw-Kleinst- und Kleinwagen entfallen etwa zwei Drittel aller Neuzulassungen auf benzinbetriebene Fahrzeuge, in höheren Segmenten dominieren zunehmend dieselbetriebene Fahrzeuge. Bei leichten Nutzfahrzeugen dominiert der Dieselantrieb. Im Rahmen des autonomen Marktstruktureffekts wird für die Zukunft insbesondere bei kleineren Fahrzeugen ein steigender Anteil von batterieelektrischen Antrieben (BEV) und Gasantrieben (LPG & CNG) prognostiziert.



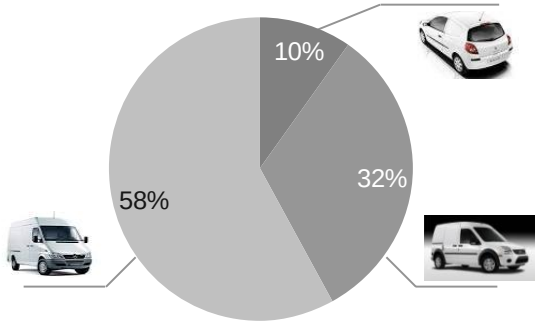
Prognose		Kons.	Trend	Prog.
2025	Benzin	50 %	44 %	43 %
	Diesel	47 %	49 %	47 %
	Gas	3 %	5 %	7 %
	BEV	0 %	2 %	3 %
2030	Benzin	51 %	44 %	42 %
	Diesel	45 %	47 %	44 %
	Gas	4 %	6 %	9 %
	BEV	0 %	3 %	5 %

Abb. 3-1: Übersicht zur Umfeldanalyse bei Pkw

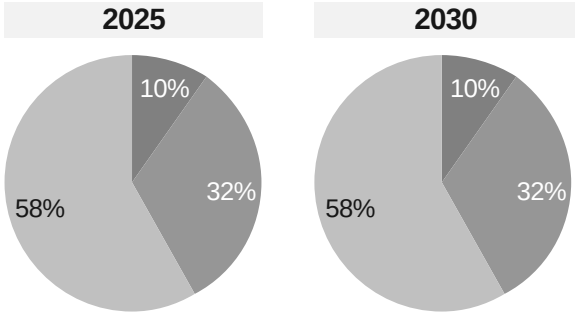
14CE0080

Flottenzusammensetzung

Status quo 2011



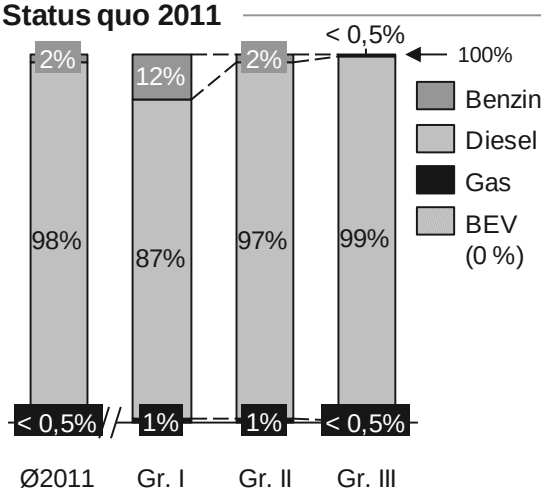
Prognose [konstant]



Legende:
- Gruppe I: M_{Bezug} < 1.305 kg
- Gruppe II: 1.305 kg < M_{Bezug} < 1.760 kg
- Gruppe III: M_{Bezug} > 1.760 kg

Antriebskonzeptverteilung

Status quo 2011



Prognose [für Marktstruktureffekt]

Prognose		Kons.	Trend	Prog.
2025	Benzin	2 %	2 %	2 %
	Diesel	98 %	95 %	94 %
	Gas	0 %	1 %	1 %
	BEV	0 %	2 %	3 %
2030	Benzin	2 %	1 %	1 %
	Diesel	98 %	94 %	92 %
	Gas	0 %	1 %	2 %
	BEV	0 %	4 %	5 %

CO_2-Flottenemissionen 2011 [ERN13] [POL12]

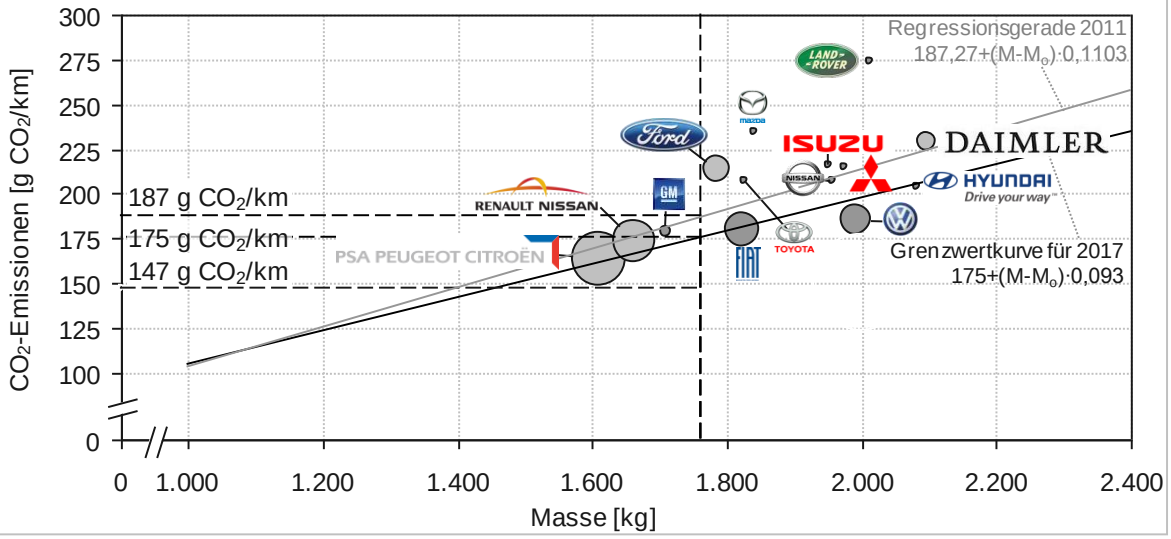


Abb. 3-2: Übersicht zur Umfeldanalyse bei LNF

14CE0080

4 Technologische CO_2-Minderungspotenziale bis 2025 und 2030

Die folgenden Ausführungen fassen zusammen, welche CO_2-Minderungspotenziale bei Pkw und LNF bei einer rein technologischen Betrachtung im Zeitraum bis 2030 theoretisch erzielbar wären. Hierzu werden zunächst repräsentative Referenzfahrzeuge definiert und Technologien für den Massenmarkt bis zum Jahr 2030 spezifiziert. Diese werden zu Technologiepaketen zusammengefasst und auf den Gesamtmarkt projiziert, um das CO_2-Minderungspotenzial der Flotte und die durchschnittlichen korrelierenden Herstellkosten abzuleiten.

Die CO_2-Minderungspotenziale werden dabei gegenüber einer Technologiereferenz aus den Referenzjahren 2010 (Pkw) bzw. 2011 (LNF) definiert, um an die Erkenntnisse der vorangegangenen Studien anknüpfen zu können, vgl. Abb. 4-1. Die technischen Spezifikationen sind dabei repräsentativ für den gesamten europäischen Markt.

Segment		Anteil im Seg.	Kraftstoff	Masse [kg]	Verbrauch [l/100km]	CO_2 [g/km]	Hubraum [l]	Motor	DI	Getriebe	Leistung [kW]	Beispiel
Pkw	SEG-1 (A,B)	67 %	Benzin	1.067	5,4	127	1,2	4-Zyl.	-	Manuell, 5-Gang	60	Fiat Panda
		28 %	Diesel	1.194	4,1	111	1,4	4-Zyl.	x	Manuell, 5-Gang	60	
		5 %	Gas	1.112	6,1 l_{LPG}/ 100 km	106	1,2	4-Zyl.	-	Manuell, 5-Gang	60	
	SEG-2 (C,D,M,J)	32 %	Benzin	1.396	6,8	159	1,6	4-Zyl.	-	Manuell, 6-Gang	90	MB C-Klasse
		66 %	Diesel	1.573	5,4	145	2,0	4-Zyl.	x	Manuell, 6-Gang	90	
		2 %	Gas	1.331	7,9 l_{LPG}/ 100 km	137	1,6	4-Zyl.	-	Manuell, 6-Gang	90	
	SEG-3 (E,F,S)	25 %	Benzin	1.635	9,1	213	2,8	6-Zyl.	x	Automatik, 6-Gang	170	BMW 5er/7er
		75 %	Diesel	1.795	6,1	164	3,0	6-Zyl.	x	Automatik, 6-Gang	170	
		< 0,5 %	Gas	1.853	10,1 l_{LPG}/ 100 km	177	2,8	6-Zyl.	x	Automatik, 6-Gang	170	
LNF	N1 – Gruppe I	12 %	Benzin	1.140	6,3	149	1,4	4-Zyl.	-	Manuell, 5-Gang	55	Fiat Fiorino
		87 %	Diesel	1.225	4,3	115	1,4	4-Zyl.	x	Manuell, 5-Gang	55	
		1 %	Gas	1.250	7,3 l_{LPG}/ 100 km	128	1,4	4-Zyl	x	Manuell, 5-Gang	55	
	N1 – Gruppe II	2 %	Benzin	1.465	7,3	174	1,6	4-Zyl.	-	Manuell, 5-Gang	65	Peugeot Partner
		97 %	Diesel	1.476	5,4	142	1,6	4-Zyl.	x	Manuell, 5-Gang	65	
		1 %	Gas	1.550	9,2 l_{LPG}/ 100 km	160	1,6	4-Zyl.	x	Manuell, 5-Gang	65	
	N1 – Gruppe III	100 %	Diesel	2.089	8,4	223	2,2	4-Zyl.	x	Manuell, 6-Gang	90	MB Sprinter

Abb. 4-1: Pkw-Referenzfahrzeuge für das Jahr 2010 [EEA11] [ERN12] und LNF-Referenzfahrzeuge für das Jahr 2011 [POL12] [ERN13]

Die CO_2-Emissionen der definierten Referenzfahrzeuge können durch die Anwendung verschiedener Technologien reduziert werden. Auf Basis der Fahrwiderstandsgleichung ist her-

zuleiten, dass eine Reduktion des Kraftstoffverbrauchs bzw. der CO_2-Emissionen über die Verbesserung der Effizienz der Energiewandlung oder durch die Reduzierung des Energiebedarfs zu erreichen ist. Bereits für den Zeitraum bis 2020 wurden hierzu in der vorangegangen ika-Studie „CO_2-Reduzierungspotenziale bei Pkw bis 2020“ zahlreiche Technologien identifiziert, die auch im Zeithorizont bis 2030 relevant bleiben [ERN12]:

- **Motor**: homogene Direkteinspritzung, Downsizing, variable Ventilsteuerung, Zylinderabschaltung
- **Elektrifizierung des Antriebstrangs**: Micro-, Mild-, Full- und Plug-in-Hybride
- **Getriebe**: Getriebeoptimierung / Downspeeding, CVT-Getriebe, Doppelkupplungsgetriebe, verbesserte Automatikgetriebe (7/8/9-Gang)
- **Übergreifende Maßnahmen**: Reibungsreduzierung im Antriebsstrang, Elektrifizierung von Nebenaggregaten, Thermomanagement
- **Fahrwiderstände**: Rollwiderstandsreduzierte Reifen, Aerodynamikmaßnahmen auf Design- und Komponentenebene, Leichtbau in Karosserie und Komponenten.

Im erweiterten Betrachtungszeitraum stehen zukünftig weitere innovative Technologien im Massenmarkt zur Verfügung. Die größten Verbesserungspotenziale lassen sich generell bei Verbrennungsmotoren identifizieren, wobei der Ottomotor im Vergleich zum Dieselmotor größere Potenziale bietet. Gasfahrzeuge sind technologisch aufgrund des gemeinsamen Otto-Verbrennungsprozesses sehr nahe an Benzinfahrzeugen einzuordnen. Wesentliche technologische Verbesserungen nach dem Jahr 2020 werden ferner bei der Wärmerückgewinnung erwartet. Zudem ist eine Optimierung der Hybridtechnik zu erwarten, ohne dass jedoch gänzlich neue Konzepte in den Massenmarkt eindringen. Im Betrachtungszeitraum erlangen Plug-in-Hybride und Fahrzeuge mit Range-Extender zunehmende Bedeutung. Eine Reduzierung der Fahrwiderstände wird im Wesentlichen durch die Ausweitung der Leichtbaumaßnahmen auf Karosserie- und Komponentenebene erreicht.

Die Quantifizierung der CO_2-Minderungspotenziale und verbundener Herstellkosten sowie der Gewichtseffekte wurde auf Basis vielfältiger externer und ika-interner Quellen vorgenommen. Die Technologiedaten wurden mit aktuellen Beiträgen aus Fachzeitschriften, z.B. der Automobiltechnischen Zeitschrift ATZ und der Motortechnischen Zeitschrift MTZ, ergänzt und verifiziert. Zusätzlich wurden interne und externe Expertenabschätzungen z.B. durch Telefoninterviews eingeholt. Im Rahmen eines Workshops mit Vertretern aus der Automobilindustrie sowie der Wissenschaft wurden die technologischen und wirtschaftlichen Prognosen präsentiert, zur Diskussion gestellt und konnten so abschließend validiert werden.

Nach der Identifikation technologischer Potenziale und ihrer kostenseitigen Bewertung werden in einem weiteren Schritt Einzeltechnologien zu sogenannten „Technologiepaketen“ zur Reduktion der Komplexität zusammengefasst. Dazu werden die Technologien in einem Portfolio über den Dimensionen Herstellkosten und CO_2-Reduzierungspotenzial aufgetragen, vgl. Abb. 4-1 links. Unter Berücksichtigung der vorher identifizierten technologischen Wechselwirkungen werden die Technologien in Abstufung nach ihrer Effizienz und zeitlichen Verfügbarkeit zusammengefasst und in insgesamt 5 Technologiepaketstufen eingeordnet (TP1-

TP5), vgl. Abb. 4-1 rechts. Aufgrund der grundsätzlichen Unterschiede zwischen konventionellem und hybridisiertem Antriebsstrang wird dabei zwischen konventionellen Technologiepaketen („K“), hybriden Technologiepaketen („H“) und Technologiepaketen für PHEV bzw. REEV differenziert, so dass insgesamt 13 verschiedene Technologiepakete definiert werden.

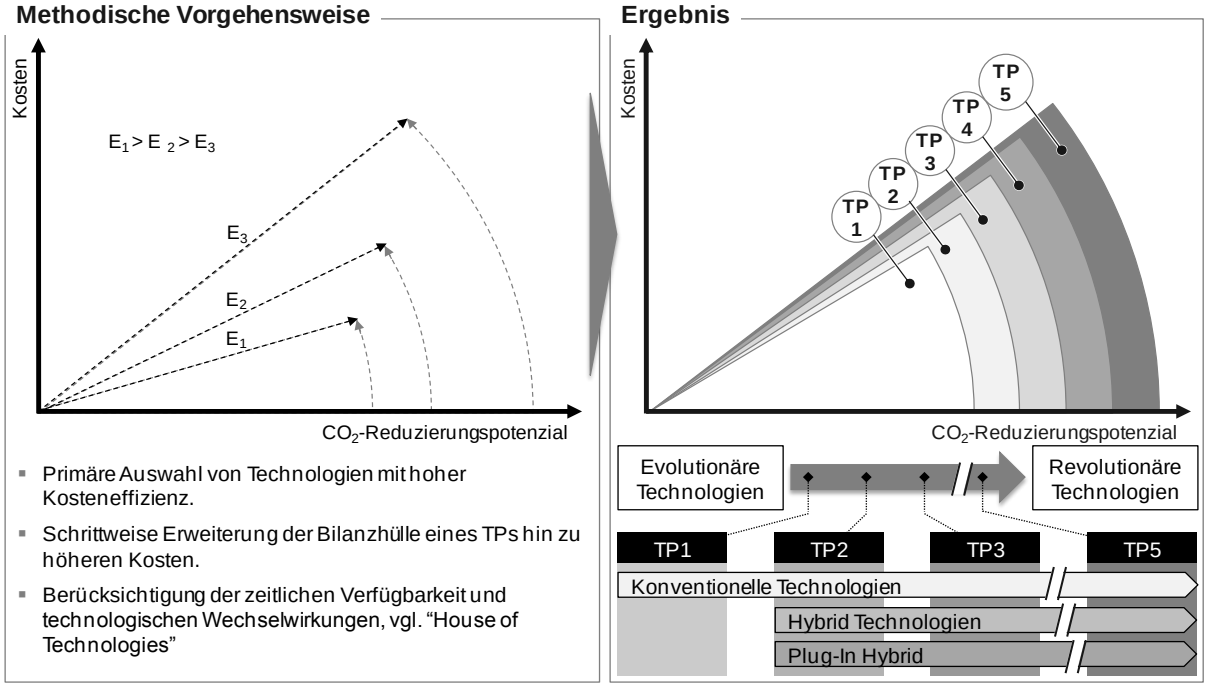


Abb. 4-2: Methodische Vorgehensweise zur Zusammenstellung der Technologiepakete

Zur Abbildung der zeitlichen Dynamik wird dabei explizit berücksichtigt, dass durch technologischen Fortschritt das CO_2-Reduktionspotenzial eines Technologiepaketes im Zeitverlauf ansteigt sowie durch Lern- und Skaleneffekte in der Produktion die Herstellkosten sinken. Besonders hohe Lerneffekte sind bei Hybridtechnologien zu beobachten. Die Stärke der modellierten Lerneffekte und des technologischen Fortschritts variiert in den Szenarien.

Bei Annahme einer 100 %-Marktdurchdringung, ohne Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit aus Endkundenperspektive, lässt sich für jede Technologiestufe das theoretisch minimale CO_2-Flottenemissionsniveau ermitteln, vgl. Abb. 4-3. Unter Berücksichtigung des Marktstruktureffekts, der szenarienabhängigen Veränderung des Kraftstoffmix und der Segmentverteilung bis 2030, zeigt sich, dass sich mit konventionellen Technologiepaketen in diesem theoretischen Fall ein Flottenemissionsniveau in Höhe von 66 – 81 g CO_2/km bei Pkw und 97 – 116 g CO_2/km bei LNF erzielen ließe. Mit der Hybridtechnologie ließen sich die Emissionen auf 54 – 67 g CO_2/km bei Pkw und 78 – 97 g CO_2/km bei LNF mindern. Bei einem vollständigen Einsatz von PHEV könnten theoretisch unter den Rahmenbedingungen des NEFZ sogar Emissionswerte in Höhe von 26 – 30 g CO_2/km bei Pkw und 41 – 48 g CO_2/km bei LNF realisiert werden. Die korrelierenden zusätzlichen Herstellkosten bei Pkw (LNF) steigen dabei jedoch in einem progressiven Verlauf an und würden bis zu ca. 4.150 € (5.300 €) für den konventionellen Technologiepfad erreichen, bis zu ca. 5.750 € (7.350 €) für den Hybridtechnologiepfad und bis zu 8.250 € (9.000 €) für den PHEV Technologiepfad.

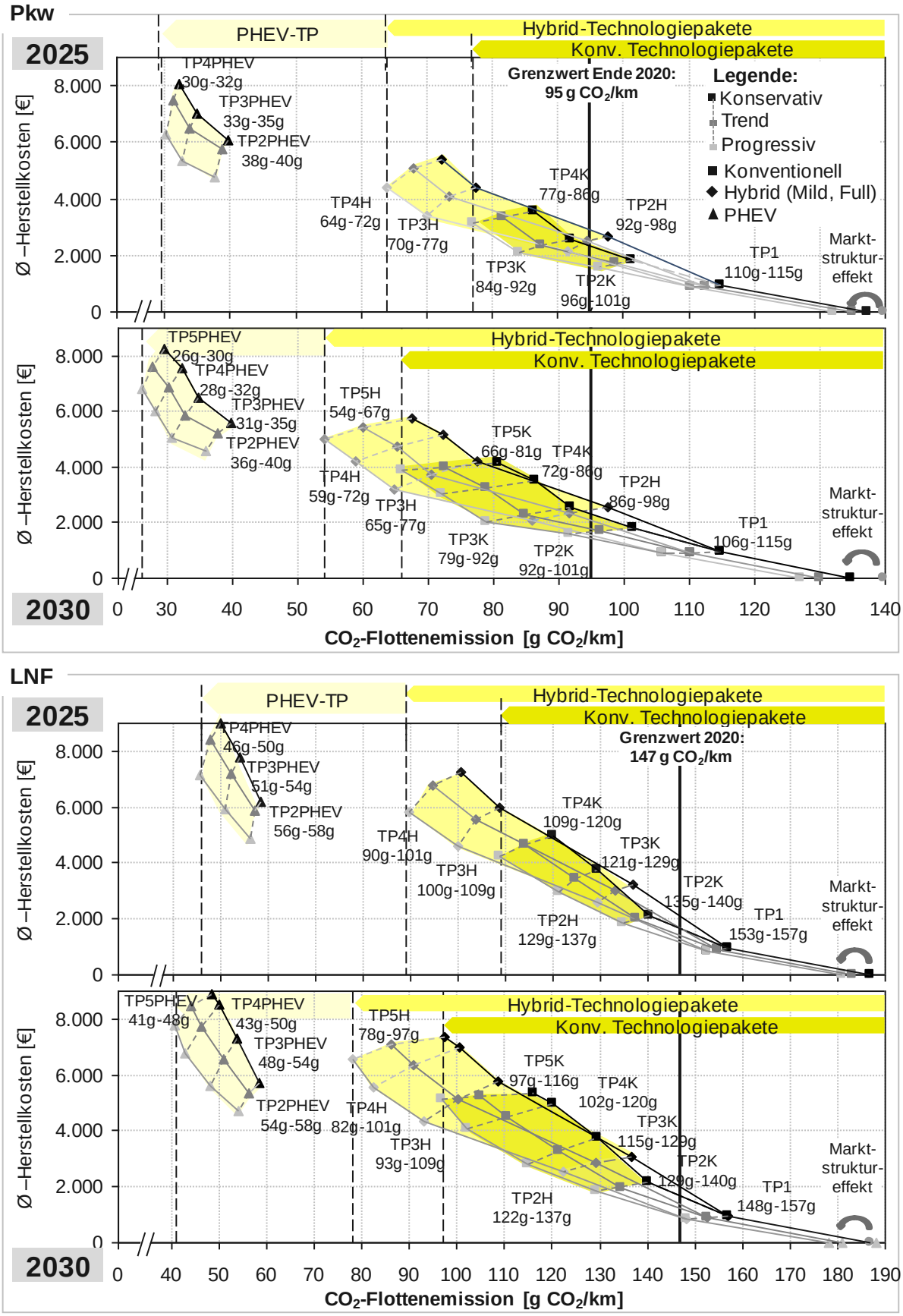


Abb. 4-3: Theoretisch erreichbare Flottenemissionen bei Pkw und LNF

14CE0080

5 Wirtschaftliche CO_2-Minderungspotenziale bis 2025 und 2030

Aus rein technologischer Perspektive sind theoretisch sehr anspruchsvolle CO_2-Zielwerte realisierbar, dabei würde jedoch die vollständige Elektrifizierung der Fahrzeugflotte sehr hohe Kosten implizieren. Die nachfolgenden Ergebnisse zeigen auf, welcher Teil der möglichen Minderung der CO_2-Flottenemission auch aus Sicht der Fahrzeugendkunden wirtschaftlich zu realisieren ist.

Grundlegend für die nachfolgenden Berechnungen ist die Annahme, dass sich zusätzliche CO_2-Minderungen allein aus den individuellen Wirtschaftlichkeitskalkülen von Nachfragen und Anbietern von Kraftfahrzeugen ergeben. Darüber hinaus wird in diesem Kapitel die Annahme unterstellt, dass sich die Mehrkosten für Technologien an die Fahrzeugkunden weitergeben lassen müssen. Dies resultiert in höheren Endkundenlistenpreisen und hat folglich einen direkten Einfluss auf die Fahrzeugneuzulassungen und somit auch auf den sich einstellenden CO_2-Flottenemissionswert. Die in diesem Kapitel abgeleiteten technologisch realisierbaren und wirtschaftlich vertretbaren CO_2-Flottenzielwerte sind wichtige Leitplanken für die Weiterentwicklung der CO_2-Regulierung nach 2020/21.

Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen hängen dabei maßgeblich von der Energiepreisentwicklung von Kraftstoffen und Strom bis 2030, dem Mobilitätsbedarf sowie von den erzielbaren Endkundenlistenpreisen für die Technologiepakete ab. In der Modellierung der Marktnachfrage werden verschiedene Kundengruppen definiert – Technologieaffin bis Homo Oeconomicus - und ihr ökonomisches Entscheidungsverhalten entsprechend beschrieben. Auf dieser Basis lässt sich berechnen, welche Technologiepakete die einzelnen Kundengruppen in den verschiedenen Fahrzeugsegmenten nachfragen und somit welche durchschnittlichen Flottenemissionen auf EU-Ebene sich in den einzelnen Szenarien im Markt einstellen würden.

5.1 Wirtschaftliches Minderungspotenzial bei Pkw

Abb. 5-1 zeigt das Ergebnis der Nachfragemodellierung im Pkw-Bereich auf Segmentebene und für die gesamte europäische Neuwagenflotte. Die durchschnittlichen Flottenemissionen sinken im Trendszenario von ca. 141 g CO_2/km im Basisjahr 2010 auf 96 g CO_2/km (ca. -32 %) im Jahr 2025 (inkl. Marktstruktureffekt). Demnach wird der für Ende 2020 anvisierte Zielwert von 95 g CO_2/km ohne Ausnutzung von Flexibilisierungsmechanismen, z.B. Ökoinnovationen oder Supercredits, ca. 5 Jahre später erzielt. Zwar amortisieren sich hybride Technologiepakete für viele Kunden im Betrachtungszeitraum, jedoch erweisen sich konventionelle Technologiepakete durch den geringeren Investitionsbetrag als ökonomisch günstiger. Im Trendszenario kommt es bis zum Jahr 2030 zu einer deutlichen Marktdiffusion von hybriden Technologiepaketen sowie von PHEV. Die durchschnittliche Flottenemission sinkt daher bis 2030 auf ca. 79 g CO_2/km (ca. -44 %) ab. Im konservativen Szenario sinken die Flottenemissionen bis zum Jahr 2030 lediglich auf 112 g CO_2/km. Im progressiven Szenario würden aufgrund der veränderten Parameter bis zu 59 g CO_2/km möglich. Diese niedrigen Werte würden dadurch erreicht werden, dass für viele Kundengruppen aufgrund höherer

Kraftstoffpreise und niedrigerer Technologiekosten vermehrt PHEV-Technologiepakete wirtschaftlich werden. Grundsätzlich besteht für OEM ein weiteres Potenzial in Höhe von maximal 7 g CO_2/km durch Anrechnung von Ökoinnovationen.

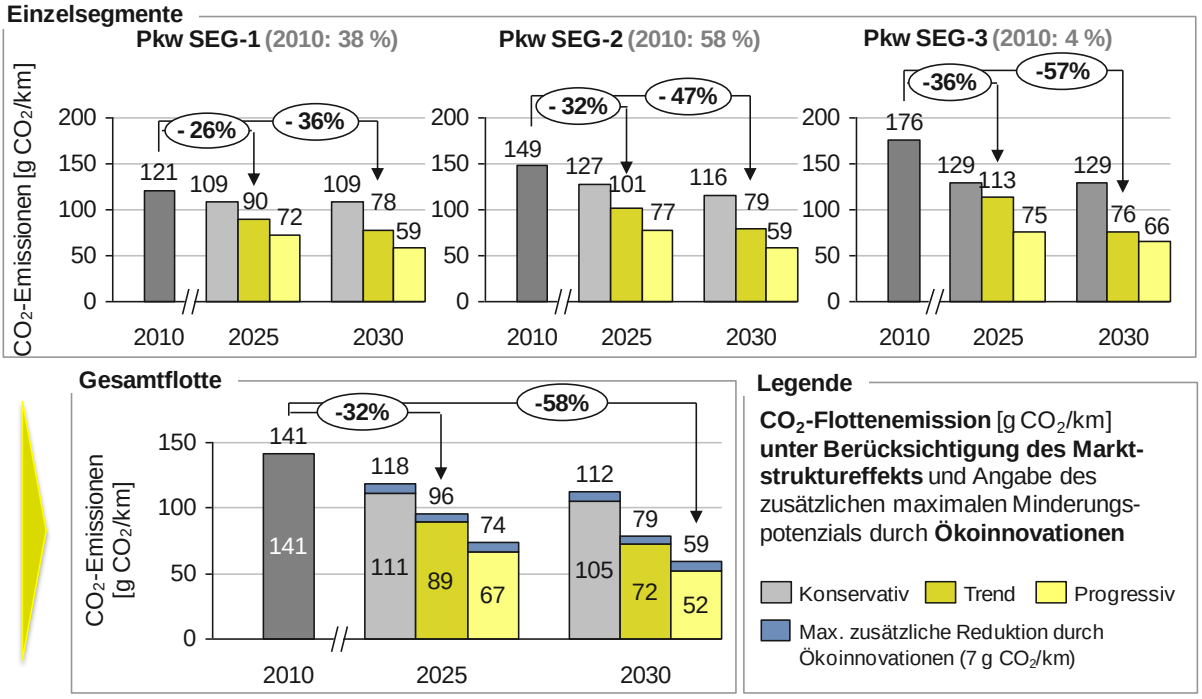


Abb. 5-1: Zusammenfassung der Flottenemissionen 2025 und 2030 für Pkw unter Berücksichtigung des Marktstruktureffekts, mit Ökoinnovationen

5.2 Wirtschaftliches Minderungspotenzial bei LNF

Die Ergebnisse für die gewerblichen Kunden von LNF werden in Abb. 5-2 zusammengefasst. Im Trendszenario würden die durchschnittlichen Flottenemissionen von 187 g CO_2/km im Basisjahr 2011 auf 140 g CO_2/km im Jahr 2025 (inkl. Marktstruktureffekt) sinken. Dies entspricht einer Reduktion von ca. 25 %. Zwischen 2025 und 2030 würden die CO_2-Flottenemissionen im Trendszenario nur um weitere 5 g auf 135 g CO_2/km sinken. Im progressiven Szenario ist dagegen eine deutlich größere Reduktion in Höhe von 39 g auf 97 g CO_2/km denkbar. Im Zuge der unterschiedlichen Szenarioannahmen erstreckt sich das Intervall der möglichen CO_2-Flottenemissionen im Jahr 2030 zwischen 97 g CO_2/km im progressiven Szenario und 159 g CO_2/km im konservativen Szenario. Der Grund für diese höhere Varianz ist der Anteil von LNF der Gruppe III am Gesamtmarkt, welcher bei ca. 60 % liegt. Die Entwicklung dieser Fahrzeuggruppe bestimmt die Entwicklung des Gesamtmarktes maßgeblich. Im Trendszenario würden aus Kundensicht in Gruppe III keine hybriden Technologiepakete gewählt, weshalb die CO_2-Reduktion insgesamt niedrig ausfällt. Im progressiven Szenario wäre ab 2030 der Einsatz von hybriden Technologiepaketen in Gruppe III aus Kundensicht am wirtschaftlichsten, weshalb zwischen 2025 und 2030 eine deutliche Reduktion der CO_2-Flottenemissionen erzielt würde.

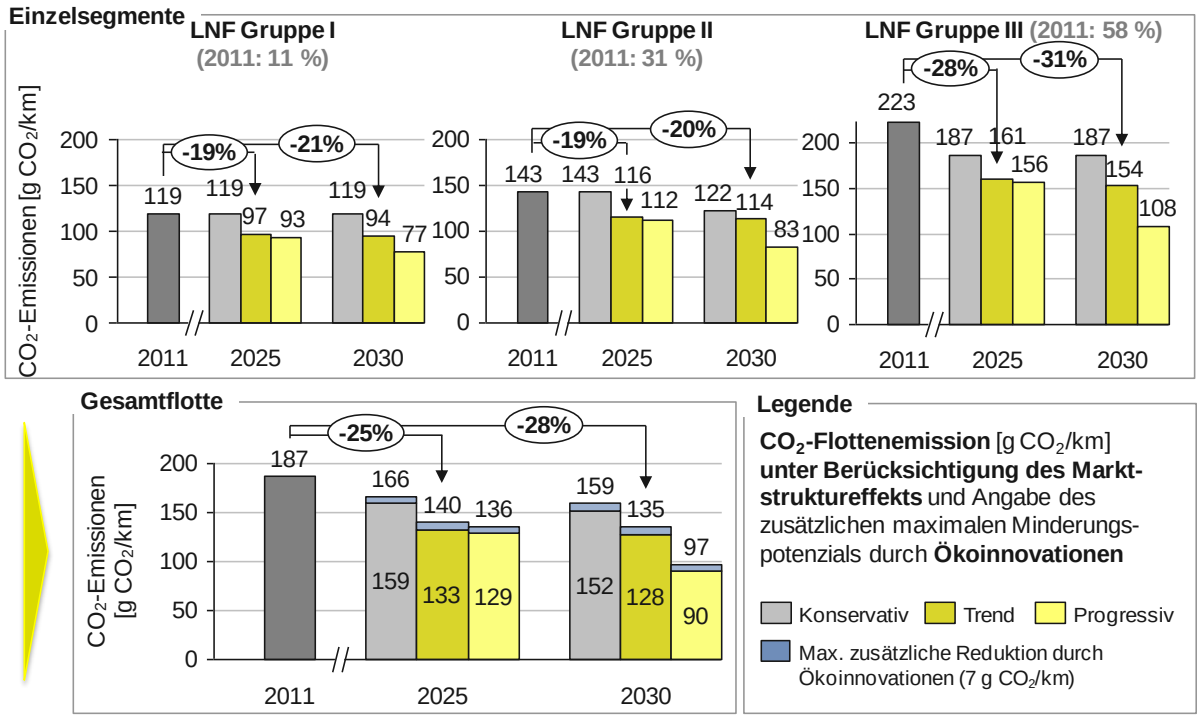


Abb. 5-2: Zusammenfassung der Flottenemissionen 2025 und 2030 für LNF unter Berücksichtigung des Marktstruktureffekts, mit Ökoinnovationen

5.3 Analyse verschiedener Zielvorschläge für Pkw bis 2030

Eine Absenkung der CO_2-Flottenemissionen bei Pkw, z.B. aufgrund strengerer legislativer Zielwertvorgaben, über jene Schwelle hinaus, die für Fahrzeugendkunden aufgrund erzielbarer Kraftstoffeinsparungen wirtschaftlich wird, resultiert aus Sicht der Fahrzeughersteller in zusätzlichen Kosten zur Zielerreichung. Sie entstehen, da zur Erreichung der Zielwerte fortschrittlichere Technologiepakete in die Fahrzeuge zu integrieren sind und entsprechende Mehrkosten nicht an die Fahrzeugendkunden weitergeben werden können. Diesen Zusammenhang verdeutlicht Abb. 5-3.

Die Fahrzeugendkunden fragen Technologiepakete zum Endkundenlistenpreis nach, welcher im Rahmen der Modellierung durch die Bestandteile Mehrwertsteuer, Vertriebskosten, Rückstellungen und Marge ca. 60 % über den reinen Herstellkosten liegt. Im Trendszenario sind Pkw-Fahrzeugendkunden dazu bereit, im Durchschnitt in innovative Technologiepakete mit ca. 1.600 € Herstellkosten pro Fahrzeug zu investieren, da sie hierdurch entsprechend hohe Kraftstoffeinsparungen während der Haltedauer erzielen können. Aufgrund weiter steigender Kraftstoffpreise steigt die Investitionsbereitschaft bis zum Jahr 2030 auf ein Äquivalent von etwa 2.300 € Herstellkosten je Fahrzeug an. In der folgenden Abb. 5-3 werden die verschiedenen entwickelten Marktszenarien mit den korrespondierenden Technologiekosten auf Herstellkostenebene verschiedenen Zielwertvorschlägen für die Jahre 2025 und 2030 gegenübergestellt.

Zur Erfüllung eines sehr niedrigen CO_2-Zielwerts in Höhe von 68 g CO_2/km im Jahr 2025 wären Technologiepakete zu implementieren, welche je nach Szenario einen Anstieg der Herstellkosten je Fahrzeug um mindestens 3.200 € bis 4.100 € bewirken würden. Aufgrund der Wirtschaftlichkeitsabwägungen wären die Endkunden nicht bereit, diese Mehrkosten in voller Höhe zu tragen. Der verbleibende Unterschiedsbetrag in Höhe von 500 € (Progressives Szenario) bis 3.300 € (Konservatives Szenario) wäre demnach von den Herstellern zu übernehmen. Zur Erreichung niedrigerer oder höherer CO_2-Zielwerte verbleibt ein entsprechend größerer bzw. kleinerer Residualbetrag für den jeweiligen Fahrzeughersteller.

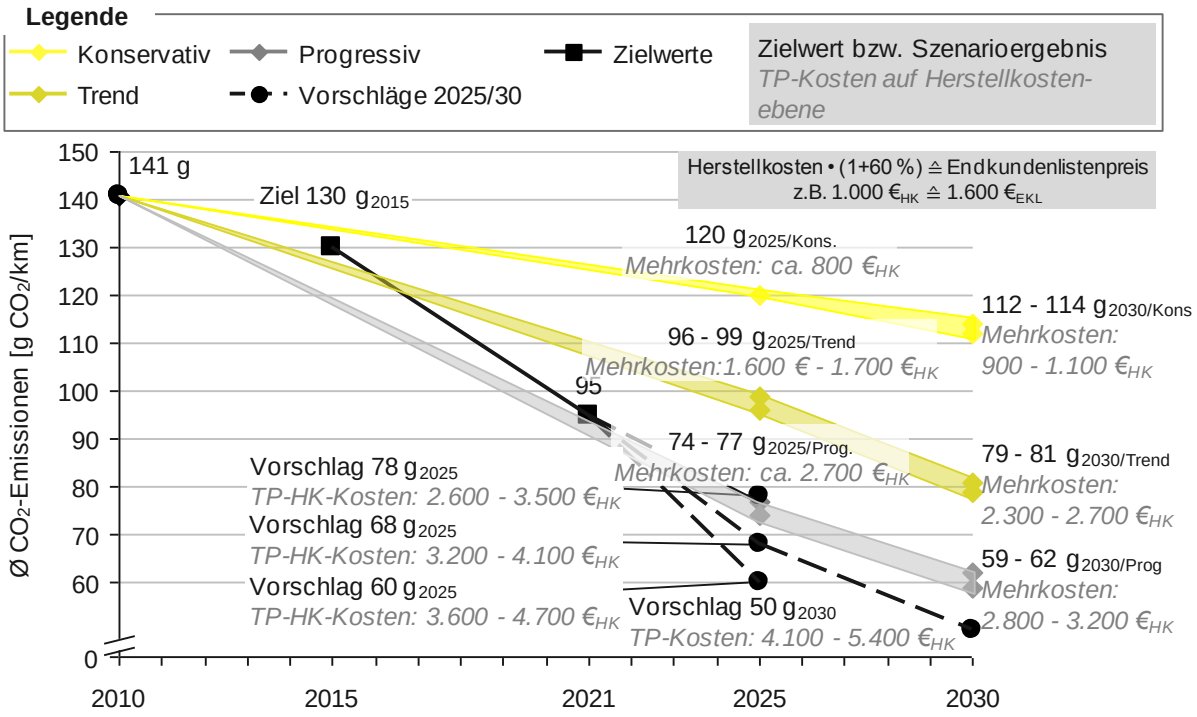


Abb. 5-3: Marktszenarien mit und ohne Marktstruktureffekt sowie Übersicht zu Zielwertvorschlägen mit resultierenden Technologiekosten auf Herstellkostenebene

5.4 Sensitivität der Ergebnisse

Die gesamten Berechnungsergebnisse, sowohl die Größenordnung der erreichbaren CO_2-Flottenemissionen als auch die zu empfehlende Geradensteigung, hängen im Wesentlichen davon ab, ob und inwiefern hybride Technologien (Mild-, Full- und Plug-in-Hybride) für die privaten und gewerblichen Endkunden wirtschaftlich werden. Darauf haben zentrale Modellierungsannahmen einen wesentlichen Einfluss, wie die durchgeführten Sensitivitätsanalysen zeigen. So besteht ein deutlicher Zusammenhang zu dem von den Kunden geforderten Amortisationszeitraum. Bereits eine Erweiterung dieses Betrachtungszeitraumes um ein Jahr bewirkt, dass für deutlich größere Kundengruppen im Trendszenario bereits im Jahr 2025 hybride Technologien wirtschaftlich würden. Ähnliche Abhängigkeiten bestehen zur Höhe der Endkundenlistenpreise der definierten Technologiepakete. Die Berechnungsergebnisse sind demnach stets im Kontext mit den eingeführten Modellierungsannahmen zu interpretieren.

Ähnlich starke Abhängigkeiten der Berechnungsergebnisse bestehen zu der Vorgehensweise zur Quantifizierung der CO_2-Emissionen von PHEV. In der gegenwärtigen Gesetzgebung führt das Berechnungsverfahren zu vergleichsweise niedrigen CO_2-Emissionen von Fahrzeugen mit derartigem Antriebsstrang, weil die Nutzung von CO_2-neutraler Elektrizität angenommen wird. In den durchgeführten Berechnungen schlägt sich dies in einer abnehmenden statistischen Abhängigkeit von CO_2-Emissionen und Fahrzeugmasse nieder, was langfristig zur Ableitung nahezu masseunabhängig definierter CO_2-Grenzwerte führen würde. Dieses Ergebnis ist jedoch streng in Abhängigkeit der zugrundeliegenden Quantifizierung der CO_2-Emissionen von PHEV zu verstehen. Auf eine zukünftige Änderung des Verfahrens, z.B. im Zuge der WLTP-Einführung, sind die Berechnungsergebnisse nicht unmittelbar zu übertragen.

6 Ansätze für eine Novellierung der CO_2-Gesetzgebung in der EU

Im Rahmen der Betrachtung von möglichen Ansätzen zur Novellierung der CO_2-Gesetzgebung werden einerseits alternative Bezugsparameter und Verbesserungen zur Optimierung der Kosteneffizienz der Zielerreichung diskutiert.

6.1 Parametervariation

In der europäischen CO_2-Gesetzgebung ist derzeit der Bezugsparameter „Masse“ als differenzierender Nutzwertparameter sowohl bei Pkw als auch bei LNF etabliert. Für die Zukunft wurde ausdrücklich die Möglichkeit der Verwendung von abweichenden Nutzwertparametern festgehalten. Geeignete Alternativen zur derzeitigen Nutzwertparametrisierung sollten einer Reihe von Anforderungen genügen: Korrelation, Robustheit sowie Datenverfügbarkeit und -objektivität.

Im Rahmen der Untersuchung wurden die Fahrzeugmasse, Standfläche, Hubraum, Leistung, Anzahl der Sitzplätze, Koffer/- Laderaumvolumen und der Preis hinsichtlich der genannten Kriterien verglichen. Die Standfläche stellt durch ihre Anwendung in den USA in der Praxis die bedeutendste Alternative dar. Die Fahrzeugmasse weist im Vergleich zur Fahrzeugstandfläche für die europäische Fahrzeugflotte grundsätzlich eine bessere Korrelation mit den CO_2-Emissionen auf. Einzelne Segmente, z.B. Geländewagen oder Sportwagen, werden jedoch nicht adäquat abgebildet. Der Masse-Nutzwertparameter hat sich in der Vergangenheit als robust gegenüber unerwünschten fahrzeugtechnischen Entwicklungen erwiesen und ist mittelfristig ein geeigneter Nutzwertparameter für die europäische CO_2-Regulierung.

Somit kann aktuell die Beibehaltung der Fahrzeugmasse als Nutzwertparameter für Pkw und LNF empfohlen werden und es ergibt sich kein dringender Bedarf zur Umstellung. Zukünftig wird eine zunehmende Elektrifizierung des Antriebsstranges prognostiziert. In diesem Kontext, insb. mit dem Einsatz von PHEV, könnte der ermittelte korrelative Zusammenhang zwischen CO_2-Emissionen und Fahrzeugmasse langfristig seine Gültigkeit verlieren und einen Wechsel des Nutzwertparameters, z.B. zur Fahrzeugstandfläche, sinnvoll machen.

6.2 Flexibilisierungsmaßnahmen

Die gegenwärtige CO_2-Regulierung kombiniert einen herstellerspezifischen CO_2-Zielwert mit begleitenden Mechanismen wie Supercredits oder Ökoinnovationen. Durch eine entsprechende Ausweitung begleitender Regelungen zur Erreichung der CO_2-Zielvorgaben kann aus Sicht der Fahrzeughersteller die Kosteneffizienz der CO_2-Regulierung grundsätzlich verbessert werden, was sich ggfs. auch positiv auf die Entwicklung der Endkundenlistenpreise auswirken kann, vgl. Übersicht in Abb. 6-1.

Einerseits kann dies durch die sachliche, zeitliche oder sektorale Flexibilisierung erreicht werden, z.B. durch Ökoinnovationen, Banking-Borrowing-Systemen oder mit einem offenen oder geschlossenen CO_2-Zertifikatehandel. Diesen Mechanismen ist gemein, dass ein formuliertes CO_2-Gesamtziel innerhalb der gesetzten Grenzen des Regulierungssystems ein-

gehalten bzw. nicht abgeschwächt wird. Die Effizienzsteigerung ergibt sich daraus, dass sich der Handlungsspielraum der Hersteller vergrößert und die Zielerreichung sachlich, zeitlich oder sektoral optimiert werden kann. Demgegenüber stehen Regelungen, welche über eine indirekte oder direkte Lockerung der Zielvorgaben die Zielerreichungskosten für die Fahrzeughersteller senken, z.B. Supercredits oder eine Technologieförderung über die Gewährung eines CO_2-Bonus. Die Technologieförderung könnte sich dabei exemplarisch auf Antriebstechnologien oder auch treibhausgasoptimierte Klimaanlagen beziehen. Unter Anwendung dieser Fördersysteme kann in Abhängigkeit der Höhe des gewährten Bonus die CO_2-Gesamtzielerreichung in der betrachteten Zielperiode zunächst leicht abgeschwächt sein. Die gezielte Förderung des Markthochlaufs dieser Technologien kann jedoch zu schnelleren Kostensenkungen in der Herstellung führen und damit zu einer frühzeitigeren und breiteren Durchdringung dieser Technologien in allen Fahrzeugsegmenten. Durch diesen Effekt können langfristig niedrigere Flottenemissionswerte auch wirtschaftlich möglich werden.

Maßnahme	Wirkung	Erreichung der CO_2-Minderungsziele	Innovations-anreize
CO_2-Zertifikate-handel	Flexibilisierung der Zielerreichung durch Integration mit anderen Branchen.	Gleichbleibend über alle Wirtschafts-sektoren	**-**
Credit-Handel	Flexibilisierung der Zielerreichung durch Integration mit weit.OEM.	Gleichbleibend über Pkw- bzw. LNF-Flotte	**o**
Banking-Borrowing-System	Zeitliche Flexibilisierung der Zielerreichung	Gleichbleibend im zeitlichen Verlauf	**(+)**
Supercredits	Lockerung der Zielvorgabe bei Absatz besonders CO_2-emissionsarmer Fahrzeuge (z.B. BEV)	Leicht abgeschwächt	**(+)** (geförderte Technologien)
Technologiespezifische Förderung	Lockerung der Zielvorgabe bei Einsatz definierter Technologien	Leicht abgeschwächt	**(+)** (geförderte Technologien)
Ökoinnovationen	Ausweitung der technologischen Optionen zur Zielerreichung	Gleichbleibend im realen Fahrbetrieb	**+**
+ steigende Anreize o gleichbleibende Anreize - sinkende Anreize			

Abb. 6-1: Maßnahmen zur Steigerung der Kosteneffizienz der Zielerreichung

Die potenzielle Wirkung der begleitenden Maßnahmen auf die Innovationstätigkeit der Hersteller ist in vielen Fällen von gegenläufigen Effekten gekennzeichnet. Maßnahmen, welche über eine Förderung direkt oder indirekt auf einzelne Technologien oder Entwicklungszweige abzielen, könnten in den adressierten Bereichen zu erhöhter Innovationstätigkeit führen, wohingegen Innovationsanreize in nicht geförderten Bereichen verringert sein könnten. Eine Pauschalbewertung der diskutierten Maßnahmen ist nicht möglich und hängt vielmehr von den spezifischen Anforderungen und Zielsetzungen ab, z.B. der Kostensenkung für die Hersteller, der volkswirtschaftlichen Optimierung oder der Sicherstellung der Wettbewerbsfähigkeit der Automobilindustrie. Aus der geführten Diskussion kann jedoch insbesondere der auf den Verkehrssektor beschränkte Emissionshandel hervorgehoben werden, da er die Kosteneffizienz der Zielerreichung steigern kann, ohne dabei CO_2-Gesamtziele abzuschwächen oder direkte negative Effekte auf die Innovationstätigkeit der Fahrzeughersteller auszuüben.

7 Handlungsempfehlungen für den europäischen Gesetzgeber

Der Rat und das Europäische Parlament haben die Europäische Kommission beauftragt, die CO_2-Regulierung von neuen Pkw und LNF bis Ende 2015 zu überprüfen und einen Bericht über ihre Erkenntnisse vorzulegen. Dieser Bericht soll gegebenenfalls Änderungsvorschläge umfassen, einschließlich der möglichen Festlegung von realistischen und erreichbaren Zielwerten für die Zeit bis 2025. Aus den durchgeführten Untersuchungen zeigt sich, dass mit den im Betrachtungszeitraum serienreif zur Verfügung stehenden Minderungstechnologien eine weitere signifikante Senkung der CO_2-Flottenemissionen bis zum Jahr 2030 technisch möglich ist. Die Bandbreite möglicher zukünftiger CO_2-Flottenzielwerte wird dagegen vor allem von Erwägungen der Kosteneffizienz und der Wirtschaftlichkeit begrenzt.

Zur Erfüllung der Zielwerte für das Jahr 2015 werden von den Fahrzeugherstellern bereits verschiedene besonders wirtschaftliche Technologien in den Markt eingeführt, die ein effizientes Kosten-Nutzen-Verhältnis bieten. Der ab Ende 2020 geltende EU-Flottenzielwert von 95 g CO_2/km stellt jedoch auch aus technologischer und wirtschaftlicher Perspektive bereits eine Herausforderung dar und kann nur unter günstigen Rahmenbedingungen wirtschaftlich realisiert werden, vgl. [ERN12] sowie Ergebnisse Kap. 5. Die Herstellkosten für Minderungstechnologien steigen mit fortschreitender Optimierung für alle Fahrzeugsegmente überproportional an. Ambitioniertere Flottenzielwerte gehen daher mit deutlich steigenden Fahrzeugmehrkosten einher. Aus Sicht der Endkunden sind weitergehende Flottenzielwerte nur dann wirtschaftlich vertretbar, wenn den damit verbundenen Fahrzeugmehrkosten wenigstens gleichhohe Einsparungen von Kraftstoffkosten gegenüberstehen. Im Trendszenario würde demnach im Jahr 2025 ein CO_2-Flottenemissionwert in Höhe von 96 – 99 g CO_2/km (mit bzw. ohne Marktstruktureffekt) erreicht, welcher sich bis zum Jahr 2030 auf 78 – 79 g CO_2/km reduziert. Nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen erscheint allenfalls der obere Zielwert - in Höhe von 78 g CO_2/km - der von der Europäischen Kommission zu prüfenden Zielbandbreite für das Jahr 2025 unter Wirtschaftlichkeitsaspekten realisierbar und dies auch nur unter den günstigen Rahmenbedingungen des progressiven Szenarios. Eine weitere Minderung der CO_2-Flottenemissionen impliziert eine weitere signifikante Steigerung der zusätzlichen Herstellkosten je Fahrzeug, welche sich für den durchschnittlichen Endkunden nicht amortisieren würden. Diese Zusatzkosten können somit von den Herstellern nicht an die Endkunden weitergegeben werden.

Die Europäische Kommission hat die Möglichkeit, verschiedene Optionen für eine Verbesserung der Kosteneffizienz und Wirtschaftlichkeit des existierenden Regulierungsrahmens zu prüfen. Hierzu sind in erster Linie Instrumente zu nennen, die den Markthochlauf besonders emissionsarmer Fahrzeuge beschleunigen und/oder die Kosteneffizienz der Zielerreichung für die Fahrzeughersteller verbessern. Dazu kommt die verstärkte Anrechnung von realen Emissionsminderungen in Betracht, die durch Maßnahmen erzielt werden, die sich nicht auf die im Normbetrieb gemessenen Emissionen auswirken. Darüber hinaus können Instrumente wie Banking und Borrowing die Zielerreichung über die Modellzyklen zeitlich flexibilisieren und maßgeblich zur Verbesserung der Kosteneffizienz der CO_2-Regulierung beitragen.

Besonders ambitionierte Flottenzielwerte können nur bei einem verstärkten Einsatz von Fahrzeugen mit innovativen Antrieben, z.B. BEV, PHEV oder FCEV, erreicht werden. Prognosen zum Markthochlauf der Elektromobilität sind noch mit gewissen Unschärfen behaftet. Einen großen Einfluss hierauf haben die entsprechenden Rahmenbedingungen, insbesondere die Kostenentwicklung bei Batterien und der Ausbau der Ladeinfrastruktur. Diese Aspekte können die verschiedenen Hersteller jeweils nur in begrenztem Umfang beeinflussen. Sie sind aber für die wirtschaftliche Erreichung der jeweiligen Flottenzielwerte von entscheidender Bedeutung. Daher sollte ein zukünftiger Fokus auf der Marktentwicklung sowie den begleitenden Rahmenbedingungen liegen und hierauf gerichtete, unterstützende Maßnahmen sollten geprüft werden. Analog zu den USA sollte vor dem Hintergrund der Langfristigkeit der formulierten Ziele und der starken Abhängigkeit von exogenen Faktoren, z.B. der Kraftstoffpreisentwicklung, eine regelmäßige Überprüfung im Abstand von max. 3 Jahren erfolgen.

Die Minderungslastenverteilung der gegenwärtigen CO_2-Regulierung kann im Wesentlichen durch die Variation der Steigung der massebasierten Zielwertkurve eingestellt werden. Im Zeitraum bis 2030 deutet sich an, dass bereits aufgrund der Wirtschaftlichkeitskalküle der Endkunden und der Hersteller der Zusammenhang zwischen Masse und spezifischen CO_2-Emissionen abgeschwächt wird. In Anbetracht der potenziell auch in den höheren Fahrzeugsegmenten zunehmenden Elektrifizierungsumfänge dürfte sich die Steigung der Regressionsgeraden auf Basis der empirischen Werte deutlich abflachen. Gerade auf lange Sicht ist daher zu prüfen, inwiefern die Differenzierung von modell- bzw. herstellerspezifischen Emissionszielwerten über die Geradensteigung eines massebasierten Grenzwertes noch geeignet ist, äquivalente Minderungslasten für Hersteller mit Schwerpunkten in den unterschiedlichen Segmenten zu definieren. Damit von politischer Seite keine Beeinflussung des Produktportfolios bzw. der Flottengestaltung genommen wird, ist es denkbar, die Geradensteigung der Zielwertkurven im Zeitablauf der Entwicklung der Steigung der Regressionsgeraden über alle Neufahrzeuge im gleitenden Durchschnitt anzupassen. Dadurch würde vermieden, dass in die Modellpolitik der Hersteller über eine politisch festgelegte und weiter abgeflachte Zielwertkurve eingegriffen wird. Grundsätzlich und mit Blick auf den Erhalt der Innovationsfähigkeit der europäischen Fahrzeugindustrie ist eine gleichmäßige Lastenverteilung über alle Segmente von zentraler Bedeutung. Dies gilt insbesondere für das Premiumsegment und dessen Innovations- und Leistungsfähigkeit. Denn hierfür entwickelte und erprobte Innovationen werden im Zeitablauf und über mehrere Modellzyklen in der Regel auch in kleineren Fahrzeugen eingesetzt und ermöglichen dort weitergehende Emissionsminderungen.

Mit Blick auf eine Verbesserung der Kosteneffizienz der CO_2-Zielwerterreichung ist zudem zu prüfen, ob und in welchem Umfang das System der europäischen CO_2-Regulierung durch marktwirtschaftliche Instrumente ergänzt werden könnte. So wird unter anderem die Einbeziehung des Verkehrssektors in den europäischen Emissionshandel als Alternative oder Ergänzung zu den jetzigen Flottenzielwerten diskutiert. Dabei ist zu beachten, dass diese und ähnliche begleitende Maßnahmen auch indirekte Effekte, z.B. auf Innovationsanreize und damit einhergehende langfristige technologische Entwicklungen haben können. Grundsätzlich sollten begleitende Maßnahmen und Rahmenbedingungen bereitgestellt werden, welche der Innovationstätigkeit der Fahrzeughersteller und –zulieferer langfristig förderlich sind.

8 Literatur [Auszug]

[EUR11a] EUROPÄISCHE UNION / EUROPÄISCHE KOMMISSION
Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO_2-armen Wirtschaft bis 2050
Mitteilung der Kommission
Europäische Union, Europäische Kommission, Brüssel, 2011

[EUR11b] EUROPÄISCHE UNION / EUROPÄISCHE KOMMISSION
Weißbuch – Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem
Europäische Kommission
Europäische Union, Europäische Kommission, Brüssel, 2011

[EUR14] EUROPÄISCHE UNION / EUROPÄISCHE KOMMISSION
Betr.: Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 443/2009 hinsichtlich der Festlegung der Modalitäten für das Erreichen des Ziels für 2020 zur Verringerung der CO_2-Emissionen neuer Personenkraftwagen (erste Lesung) – Erklärungen der Kommission
Europäische Union, Europäische Kommission, Brüssel, 2014

[EUR14b] EUROPÄISCHE UNION / EUROPÄISCHE KOMMISSION
Verordnung (EU) Nr. 333/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. März 2014 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 443/2009 hinsichtlich der Festlegung der Modalitäten für das Erreichen des Ziels für 2020 zur Verringerung der CO_2-Emissionen neuer Personenkraftwagen
Europäische Union, Europäische Kommission, Brüssel, 2014

[EUR14c] EUROPÄISCHE UNION / EUROPÄISCHE KOMMISSION
Verordnung (EU) Nr. 253/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 510/2011 hinsichtlich der Festlegung der Modalitäten für das Erreichen des Ziels für 2020 zur Verringerung der CO_2-Emissionen neuer leichter Nutzfahrzeuge
Europäische Union, Europäische Kommission, Brüssel, 2014

[EEA14] EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA)
CO_2-Monitoring from passenger cars 2010 and 2013
http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/CO2-cars-emission-1
http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/CO2-cars-emission-6
Abruf: 16.05.2014

[EEA14a] EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA)
EEA greenhouse gas - data viewer
http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer
Abruf: 25.07.2014

[ERN12] ERNST, C.-S., OLSCHEWSKI, I., ECKSTEIN, L.
CO_2-Reduzierungspotenziale bei Pkw bis 2020
Studie im Auftrag für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
Institut für Kraftfahrzeuge (ika) der RWTH Aachen University, Aachen, 2012
http://www.bmwi.de/DE/Mediathek/publikationen,did=552398.html

[ERN13] ERNST, C.-S., OLSCHEWSKI, I., ECKSTEIN, L., BRÖCKERHOFF, M.
CO_2-Reduzierungspotenzial bei leichten Nutzfahrzeugen N1 (bis 3,5 t) in Europa bis 2020
Studie im Auftrag des Verbandes der Automobilindustrie e.V.
Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen (fka), Aachen, 2013

[POL12] R.L. POLK
Marktanalyse und Marktrohdaten für leichte Nutzfahrzeuge (LNF) in Europa 2011
Individuelle Auswertung
R.L. Polk, Essen, 2012