

EXPERTENBERICHT
**MOBILITÄT &
KLIMASCHUTZ**
2030

EXPERTENBERICHT
MOBILITÄT & KLIMASCHUTZ
2030

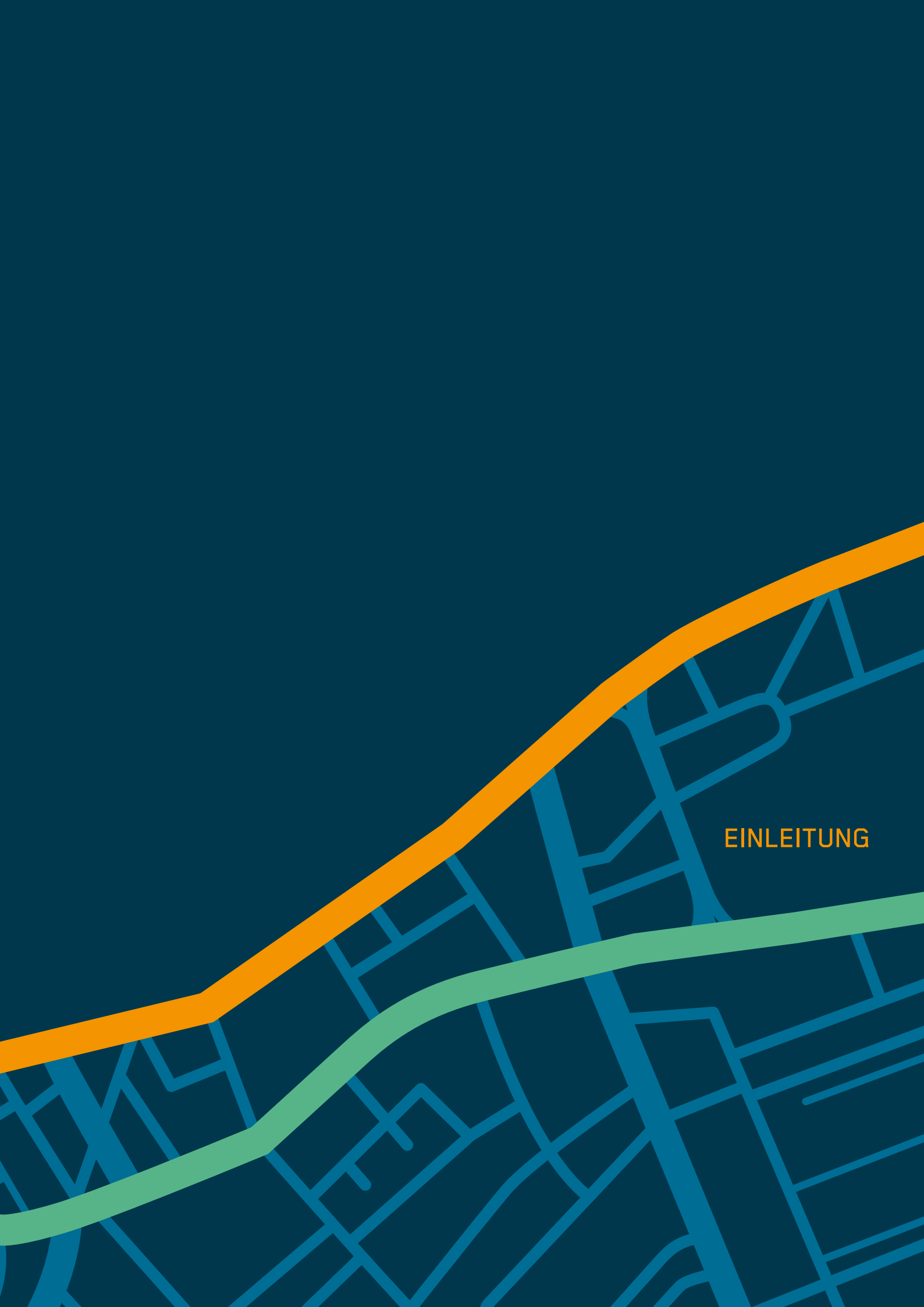




INHALT

EINLEITUNG	07
STATUS QUO	13
TECHNOLOGISCHE ENTWICKLUNG	27
HERAUSFORDERUNGEN DER E-MOBILITÄT	35
ÖKONOMISCHE DIMENSIONEN DER „MOBILITÄTSWENDE“	45
EXKURS: AUSWIRKUNGEN DER „MOBILITÄTSWENDE“ AUF DIE INDUSTRIE	61
„MOBILITÄTSWENDE“ AM UMWELT-PRÜFSTAND	67
POTENZIALE ALTERNATIVE KRAFTSTOFFE	75
EXKURS: LEBENSZYKLUSANALYSE VON TRANSPORTSYSTEMEN	83
ZUSAMMENFASSUNG, BEFUND UND ANHANG	89
LITERATUR, ABBILDUNGS- UND ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	104





EINLEITUNG

Verkehrssektor muss seinen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Annahme, dass E-Mobilität einen klimafreundlichen Ersatz für alle Mobilitätsbedürfnisse darstellt, ist zu hinterfragen.

Nur Weiterfahrgarantie für Bestandsfahrzeuge verhindert Milliarden-schaden für Konsumenten.

Einleitung

In der Debatte über die Energiewende zur Erreichung der Pariser Klimaziele spielt der Kfz-Verkehr im Vergleich zu anderen überaus bedeutsamen Sektoren (z.B. Energie für Gebäude) gegenwärtig eine politisch und medial prominente Rolle. Für den ÖAMTC und den ARBÖ ist es selbstverständlich, dass der Verkehrssektor seinen Beitrag zum

Klimaschutz leistet. Im Sinn sachlicher Lösungsorientierung muss jedoch stets der Grundsatz gelten, dass notwendige CO₂-Einsparungen – unabhängig vom Sektor – grundsätzlich dort zu erfolgen haben, wo die Grenzkosten für Konsument und Staat am niedrigsten sind.

■ „Mobilitätswende“ braucht technologische Entwicklung

Ausgangspunkt für den Umstieg auf neue Antriebsformen muss die technologische Entwicklung dieser Antriebsformen sein. Wenn alternative Antriebe und Kraftstoffe technisch und von den Kosten her wettbewerbsfähig sind, kann die geforderte „Mobilitätswende“ im Massenmarkt gelingen. Die derzeit von Politik und NGOs präsentierten Ansätze laufen hingegen nur auf ein „Aus“ für den Verbrennungsmotor hinaus. So sieht der 2017 veröffentlichte „Aktionsplan für sauberen Verkehr“ des bmvt bis 2030 einen Neuzulassungsanteil von 100 Prozent für emissionsneutrale Pkw und leichte Nutzfahrzeuge vor. Zudem ist es die Position der Bundesregierung¹, dass Österreich bis 2050 einen weitestgehend klimaneutralen Verkehrssektor erreichen soll.

Mit dieser Konzeption der „Mobilitätswende“ ist die Annahme verbunden, dass E-Mobilität (BEV und FCEV) einen klimafreundlichen Ersatz für alle (Massen-) Mobilitätsbedürfnisse unserer Zeit bieten kann. Gegenüber dieser Annahme bestehen jedoch Zweifel. Obwohl Vorteile in puncto Umweltfreundlichkeit bestehen, sind E-Autos (BEV) derzeit für die überwiegende Mehrheit der Österreicherinnen und Österreicher² aufgrund der hohen Anschaffungskosten, einer unzureichend ausgebauten Ladeinfrastruktur, der langen Ladedauer und der geringen Reichweite noch nicht alltagstauglich. Brennstoffzellen-Fahrzeuge (FCEV) befinden sich hinsichtlich der Anzahl der verfügbaren Modelle und dem Ausbau der Infrastruktur noch in einem sehr frühen Stadium.

■ Interessen der Konsumenten berücksichtigen

Für ÖAMTC und ARBÖ als Interessenvertretungen mobiler Menschen ist es wichtig, dass die Bemühungen um die „Mobilitätswende“ stets auch die Anliegen und Interessen derer berücksichtigen, die Gegenstand der politischen Normierung sind: die Konsumenten. Diese sind bereits durch den Diesel-Abgasskandal in höchstem Maß verunsichert und sehen sich mit einem um 5,5 Prozent³ höheren Wertverlust im Vergleich zu Benzin-Pkw konfrontiert. Software- und Hardware-Updates sind dabei aus Sicht von ÖAMTC und ARBÖ der richtige Weg, um wieder Vertrauen aufseiten der Konsumenten zu schaffen und die Zukunft von klimafreundlichen Diesel-Pkw auf Österreichs Straßen sicherzustellen.

Um im Umstiegsprozess auf alternative Antriebe bzw. Kraftstoffe eine Wertminderung von Bestands-

fahrzeugen und damit einen Milliarden-schaden für die Konsumenten zu verhindern, erfordert die „Mobilitätswende“ eine Weiterfahr- bzw. Weiterverkaufsgarantie für Bestandsfahrzeuge. Zulassungsverbote von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren ab einem politisch gesetzten Datum, Fahrverbote oder Steuererhöhungen für Verbrenner, um einen Umstieg auf alternative Antriebe zu erzwingen, sind aus Sicht von ÖAMTC und ARBÖ klar abzulehnen.

Dies entspricht auch der Meinung der ÖAMTC-Mitglieder: Knapp drei Viertel (71%) der in einer ÖAMTC-Erhebung⁴ Befragten finden den Vorschlag, 2030 keine Verbrennungsmotoren mehr einzusetzen, nicht realistisch (s. Seite 22).

■ Neue verteilungspolitische Fragen

Gesetzliche Maßnahmen, die einen Umstieg erzwingen, würden insbesondere sozial schwächere Mobilitätsteilnehmer treffen, die sich einen Wechsel zu – noch nicht alltagstauglichen – alternativen Antriebsarten nicht leisten können. Weitere Kostensteigerungen für Autofahrer würden erhebliche verteilungspolitische Fragen aufwerfen, denn der Pkw-Verkehr lieferte 2017 schon rund elf Milliarden Euro an Steuern, Abgaben und Mauten ab (s. Abbildung 1). Den größten Teil davon macht

die „USt durch Pkw-Verkehr“ aus, hier wurden die Umsatzsteuer (USt) auf Kraftstoff, MöSt, Kfz-Erwerb, Pkw-Vignette, Pkw-Streckenmautlös und sonstige Leistungen (Reparaturen etc.) einbezogen. Den zweitgrößten Teil macht die MöSt des Pkw-Verkehrs aus⁵. In „Sonstige Steuern und finanzielle Leistungen des Pkw-Verkehrs“ sind beispielsweise Einnahmen aus der Parkraumbewirtschaftung (exklusive Strafzahlungen) und die Versicherungssteuer enthalten.

1 bmnt (2018): #mission2030 – Klima- und Energiestrategie der Österreichischen Bundesregierung

2 Im Sinne des besseren Leseflusses wird nicht ausdrücklich in geschlechtsspezifischen Personenbezeichnungen differenziert. Die gewählte männliche Form schließt eine adäquate weibliche Form gleichberechtigt ein.

3 Eurotax (2018): Marktpreisindex Diesel – Benziner

4 ÖAMTC (2017): ÖAMTC AM.PULS-Umfrage „Ende der Verbrennungsmotoren“

Weiters kommen noch die motorbezogene Versicherungssteuer und die NoVA hinzu. Für den gesamten Straßenverkehr kommen schließlich mehr als 14 Milliarden Euro pro Jahr an Steuern, Abgaben und Mauten zusammen. Der Straßenverkehr kommt

mit dieser Summe nicht nur selbst für die nötige Infrastruktur auf, sondern liefert zusätzlich einen erheblichen Beitrag für die Finanz-Haushalte von Bund, Ländern und Gemeinden.

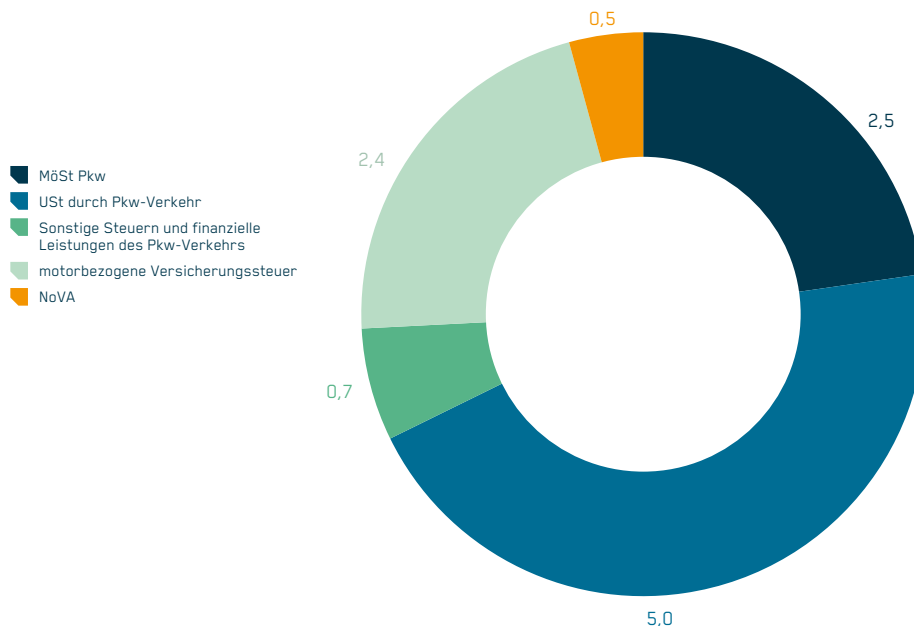


Abbildung 1: Jährliche Einnahmen aus dem Pkw-Verkehr 2017 (in Mrd. Euro)

Bei der Diskussion über die Zukunft der Antriebstechnologien muss aus Sicht des ÖAMTC und ARBÖ auch das CO₂-Reduktionspotenzial von bereits vorhandenen oder noch stärker zu erforschenden alternativen Kraftstoffen berücksichtigt werden (z.B. Erdgas, biogene Kraftstoffe der 2. und 3. Generation), mit denen

für die Konsumenten gesichert ist, dass sie bisher genutzte Antriebstechnologien für ihre Mobilitätsbedürfnisse weiterverwenden können. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, künftige Antriebsarten offen und technologie-neutral zu diskutieren.

■ Sinnvolle „Mobilitätswende“ möglich machen

Im Rahmen des vorliegenden Expertenberichts „Mobilität & Klimaschutz 2030“ unterziehen namhafte Wissenschaftler und Experten auf Einladung des ÖAMTC und des ARBÖ die bisherigen politischen Ansätze und Ziele rund um die „Mobilitätswende“ einem wissenschaftlich und fachlich fundierten Faktencheck. Technologische Expertisen zeigen u.a., welche Emissionsreduktionen und Mobilitäts-Szenarien bis 2030 realistisch sind und welche Konsequenzen politische Zielvorstellungen, wie jene von ausschließlich CO₂-neutralen Neuzulassungen im Jahr 2030, für Konsumenten und Wirtschaft haben.

Die integrierte und umfassende Analyse mit Blick auf technologische Entwicklung, industrielle Expertise, soziale Folgen, volkswirtschaftliche Konsequenzen und ökologische Dimension stellt sicher, dass eine andernfalls drohende eindimensionale Betrachtung und Behandlung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) im klimapolitischen Kontext keine kontraproduktiven Effekte hat. Eine sinnvolle und machbare „Mobilitätswende“ als eines von zahlreichen Teilprojekten der Energiewende muss offen für alle Technologien, umsetzbaren Konzepte und wissenschaftlichen Erkenntnisse sein.

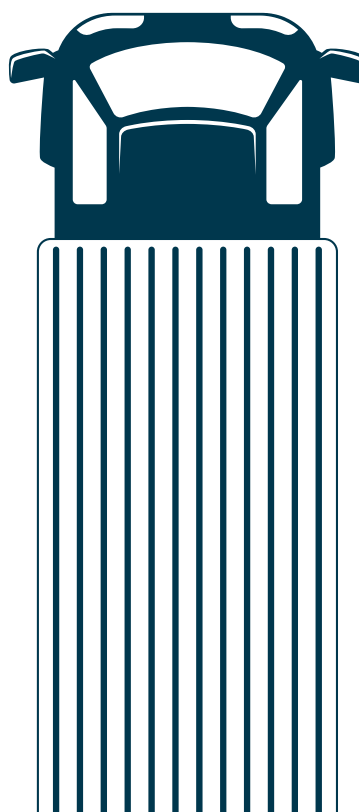
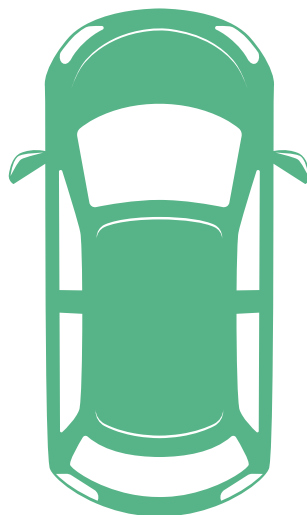
Pkw-Verkehr zahlt jährlich rund 11 Milliarden Euro an Steuern, Abgaben und Mauten.

5 Die MöSt-Einnahmen des Pkw-Verkehrs wurden anhand der Statistik über die CO₂-Äquivalente des Umweltbundesamtes ermittelt. Im Gegensatz zu den in Kapitel 5 (Abbildung 18, S. 47) angegebenen MöSt-Einnahmen, die auf den Emissionen des (inländischen) Pkw-Verkehrs gemäß Kapitel 7 (ab S. 67) basieren, ist hier der Kraftstoffexport inkludiert. Durch diese unterschiedliche Betrachtungsweise sowie die umfassendere Betrachtung der Abgaben des Pkw-Verkehrs (Umsatzsteuern, sonstige Abgaben etc.) ergeben sich die Differenzen zur Abgabensumme in Kapitel 5 (S. 47).

Namhafte Experten unterziehen „Mobilitätswende“ einer umfassenden Analyse.

Der vorliegende Expertenbericht „Mobilität & Klimaschutz 2030“ fußt auf den Beiträgen folgender Experten:

Dr. Raimund Alt	Senior Researcher, Economica Institut für Wirtschaftsforschung
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Helmut Antrekowitsch	Leiter des Lehrstuhls für Nichteisenmetallurgie, Montanuniversität Leoben
Dipl.-Ing. Dr. Martin Baumann	Senior Expert Energiewirtschaft, Österreichische Energieagentur
Dr. Julia Borrmann	Senior Researcher, Economica Institut für Wirtschaftsforschung
Dipl.-Ing. Dr. techn. Werner Brandauer	Senior Expert Energiewirtschaft und Infrastruktur, Österreichische Energieagentur
Lukas Egger, MSc BA	Expert, Österreichische Energieagentur
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Helmut Eichlseder	Vorstand Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik (IVT), TU Graz
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Dr. h.c. Wilfried Eichlseder	Rektor der Montanuniversität Leoben
Mag. Markus Fichtinger, MA	Senior Researcher, Economica Institut für Wirtschaftsforschung
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Bernhard Geringer	Vorstand des Instituts für Fahrzeugantriebe und Automobiltechnik (IFA), TU Wien
Georg Graser, MSc	Researcher, Economica Institut für Wirtschaftsforschung
Mag. Hans Haunschmied	Vorstand PIERER Industrie AG
Dr. Christian Helmenstein	Leiter, Economica Institut für Wirtschaftsforschung
Univ.-Prof. Dr. Hermann Hofbauer	Studiendekan Verfahrenstechnik, TU Wien
Jasmin Jöchle	Junior Researcher, Economica Institut für Wirtschaftsforschung
Dipl.-Ing. Dr. techn. Gerfried Jungmeier	Forschungsgruppe „Zukunftsfähige Energiesysteme und Lebensstile“, JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH
MMag. Philipp Krabb	Prokurist, Economica Institut für Wirtschaftsforschung
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Peter Moser	Vizekanzler für Infrastruktur und Internationale Beziehungen, Montanuniversität Leoben
Martin Novak	Country Manager, Eurotax Österreich GmbH
Philipp Novak, MSc (WU) MA BSc (WU) BA	Researcher, Economica Institut für Wirtschaftsforschung
Dipl.-Ing. Günter Pauritsch	Leiter Center Energiewirtschaft, Infrastruktur und Energiepartnerschaften, Österreichische Energieagentur
Dipl.-Ing. Stefan Pierer	Vorstandsvorsitzender, KTM AG
Mag. Roland Strilka	Director Insights & Market Analysis, Eurotax Österreich GmbH
Dipl.-Ing. Peter Traupmann	Geschäftsführer, Österreichische Energieagentur
Dipl.-Ing. Wolfgang Vlasaty	Geschäftsführer, ACStyria







STATUS QUO

Antriebsarten im Überblick

Der derzeitige Pkw-Bestand ist sehr deutlich von Fahrzeugen mit reinem Verbrennungsmotor (VKM) geprägt, ihr Anteil belief sich Ende 2017 auf rund 99 Prozent. Beim Vergleich des Bestandes Ende 2016 und 2017 (Veränderung +0,8%) ist die Wachstumsrate des Diesels um rund die Hälfte zurückgegangen (Veränderung 2015 auf 2016 +1,7%). Für Benzinzer war der gegenteilige Trend und damit ein stärkeres Wachstum zu beobachten (2015 auf 2016 +0,9% und 2016 auf 2017 +2,1%). Diese Entwicklung ist vorrangig auf die öffentliche Debatte rund um den Diesel-Antrieb zurückzuführen. Mit Blick auf die CO₂-Bilanz ein-

zelner Antriebsarten ist diese Entwicklung höchst kritisch zu bewerten. Bei alternativen Antrieben lassen sich hohe Zuwachsraten beobachten, dennoch machten sie Ende 2017 nur rund 1 Prozent des gesamten Pkw-Bestandes aus. Den größten Anteil an alternativen Antrieben macht der HEV-Benzin mit 0,5 Prozent (Wachstumsrate von 2016 auf 2017 bei 34,8%) aus, gefolgt von den BEV mit einem Anteil von 0,3 Prozent und einer Zunahme von 2016 auf 2017 um 61,1 Prozent. PHEV (Benzin und Diesel) machen nur 0,1 Prozent des Bestandes 2017 aus und weisen eine Wachstumsrate von 72,6 Prozent auf.⁶

Verbrennungsmotor prägt mit 99 Prozent den aktuellen Pkw-Bestand. E-Autos machten Ende 2017 0,3 Prozent des Bestandes aus.

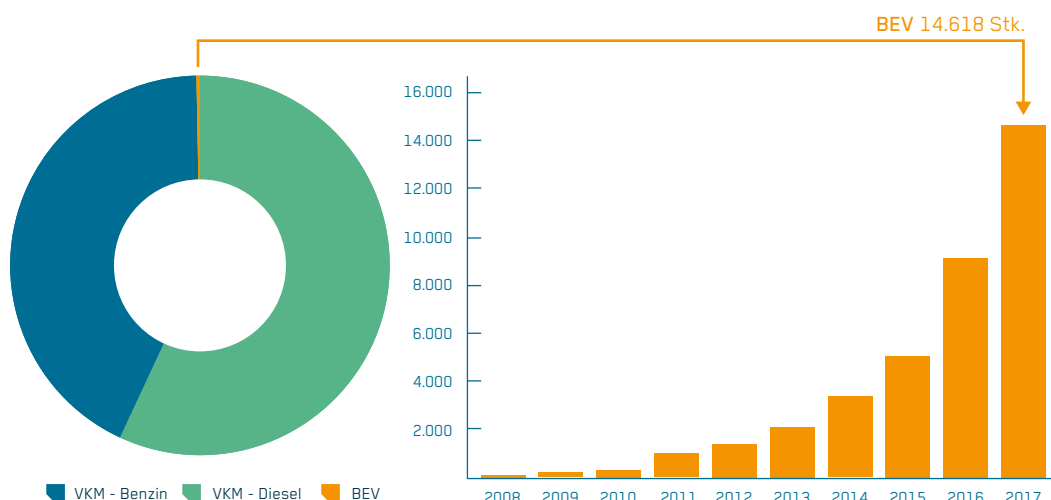


Abbildung 2: Trotz hoher Zuwachsraten ist die Anzahl der BEV noch gering (Quelle: Statistik Austria 2018d)

Die Marktdurchdringung von alternativen Antrieben korrespondiert, neben der Verfügbarkeit von Lade-/Tankinfrastruktur, sehr stark mit der Verfügbarkeit eines breiten Angebots an Fahrzeugen. Hier haben

beispielsweise BEV und Hybrid-Fahrzeuge deutliche Vorteile gegenüber Brennstoffzellen-Fahrzeugen (s. Tabelle 1).

BEV in Österreich					
Marke	Modell	Motorleistung [kW]	Akkukapazität [kWh]	Reichweite [km] lt. Hersteller *)	Neupreis (€)**
BMW	i3	125	33	290-300	ab 38.400.-
	i3s	135	33	280	ab 42.050.-
Citroen	Berlingo	49	22,5	170	ab 33.300.-
	C-Zero	49	16	150	ab 21.990.-
Hyundai	Ioniq Elektro	88	28	280	ab 34.990.-
Jaguar	I-Pace	294	90	480	ab 78.380.-
KIA	Soul EV AC	81	30	250	ab 33.290.-
	Soul EV AC/DC	81	30	250	ab 35.690.-
Mitsubishi	i-MiEV	49	16	150	ab 29.990.-
	e-NV200	80	40	280	ab 41.800.-
Nissan	e-NV200 (Kastenwagen)	80	40	280	ab 34.800.-
	Leaf Acenta 40kWh	110	40	270	ab 35.600.-
Peugeot	iON	49	16	150	ab 21.990.-
	Partner	35	22,5	170	ab 33.300.-
Renault	Twizy 45	4	6,1	100	ab 7.180.- ab 11.680.-
	Twizy 80	8	6,1	90	ab 7.880.- ab 12.380.-
	Kangoo Z.E.	44	33	270	ab 25.740.- ab 33.180.-
	Zoe R90	43	22	225	ab 22.190.- ab 29.690.-
	Zoe R90 Z.E. 40	43	41	367	ab 24.890.- ab 32.390.-

⁶ Statistik Austria (2018d): Kfz-Bestand 2017

BEV in Österreich

Marke	Modell	Motorleistung [kW]	Akkukapazität [kWh]	Reichweite [km] lt. Hersteller *)	Neupreis [€]**)
Tesla	Model S 75D	245	75	490	ab 86.180.-
	Model S 100D	568	100	632	ab 109.380.-
	Model S P100D	568	100	613	ab 149.080.-
	Model X 75D	386	75	417	ab 93.030.-
	Model X 100D	568	100	565	ab 112.630.-
	Model X P100D	568	100	542	ab 158.280.-
VW	e-Golf	100	35,8	300	ab 39.390.-
	e-up!	60	18,7	160	ab 27.590.-

PHEV in Österreich

Marke	Modell	Motorleistung [kW]	Akkukapazität [kWh]	Reichweite [km] (elektrisch) lt. Hersteller *)	Neupreis [€]**)
Audi	A3 e-tron	150	6,2	45	ab 41.270.-
	Q7 e-tron	275	17,3	54	ab 84.870.-
BMW	i8	275	11,6	55	ab 146.100.-
	225xe PHEV Active Tourer	165	7,6	41	ab 38.150.-
	330e	185	7,6	40	ab 50.850.-
	530e	185	9,2	45	ab 57.450.-
	X5 xDrive 40e	230	9	30	ab 72.600.-
	740e iPerf.	190	9,2	48	ab 99.150.-
	740Le iPerf.	190	9,2	48	ab 105.850.-
Hyundai	Ioniq Plug-in-Hybrid	104	8,9	63	ab 30.490.-
KIA	Niro PHEV	104	8,9	58	ab 33.290.-
	Optima PHEV	165	9,8	54	ab 43.090.-
Land Rover	Range Rover P400e Plug-in-Hybrid	297	13	51	ab 119.700.-
	Range Rover Sport P400e Plug-in-Hybrid	297	13	51	ab 87.800.-
Mercedes Benz	C 350e	205	6,38	31	ab 52.040.-
	E 350e	210	8,7	33	ab 63.370.-
	GLC 350e 4Matic	235	8,7	34	ab 55.250.-
	GLE 500e 4Matic	325	8,7	30	ab 76.210.-
	S 500 Plug-in-Hybrid	325	8,7	33	ab 86.750.-
Mini	Countryman Cooper S E ALL 4	165	6,1	42	ab 36.250.-
Mitsubishi	Outlander PHEV	149	12	54	ab 44.640.-
Porsche	Panamera 4 E-Hybrid	340	9,4	25-50	ab 111.754.-
	Panamera Turbo S E-Hybrid	500	9,4	25-50	ab 189.052.-
	Panamera 4 E-Hybrid Sport Turismo	340	9,4	25-50	ab 114.629.-
	Panamera S E-Hybrid Sport Turismo	500	9,4	25-50	ab 192.059.-
Toyota	Prius Plug-In Lounge	72	8,8	62	ab 38.890.-
	Prius Plug-In Solar	72	8,8	62	ab 40.980.-
Volvo	S90 T8 Twin Engine	287	10,4	34	ab 70.700.-
	V60 D6 Twin Engine	212	11,2	50	ab 58.490.-
	V90 T8 Twin Engine	287	10,4	50	ab 73.900.-
	XC60 T8 Twin Engine	292	10,4	50	ab 67.950.-
	XC90 T8 Twin Engine	300	9,2	40	ab 74.650.-
VW	Golf GTE	150	8,7	50	ab 41.360.-
	Passat GTE	160	9,9	50	ab 48.540.-

REX in Österreich

Marke	Modell	Motorleistung [kW]	Akkukapazität [kWh]	Reichweite [km] lt. Hersteller *)	Neupreis [€]**)
BMW	i3 Rex	125	33	225-235	ab 43.100.-
	i3s Rex	135	33	220	ab 46.750.-

FCEV in Österreich

Marke	Modell	Motorleistung [kW]	Tankvolumen [kg]	Reichweite [km] lt. Hersteller *)	Neupreis [€]**)
Hyundai	ix35 FCEV	100	5,64	594	ab 78.000.-
Toyota	Mirai	113	5	650	ca. 80.000.-

*) jeweilige Herstellerangaben laut gültiger Norm (NEFZ/WLTP)

**) unverbindlich empfohlener Listenpreis lt. Hersteller, bei Angabe von 2 Preisen Akkumietmodell verfügbar.

Alle Angaben ohne Gewähr

Stand: Juni 2018

Tabelle 1: Marktübersicht über batterieelektrische Fahrzeuge (BEV), Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge (PHEV), Range-Extender-Fahrzeuge (REX) und Brennstoffzellen-Fahrzeuge (FCEV)

Marktübersicht über alternative Antriebe.

TCO-Analyse von Eurotax vergleicht Kosten für verschiedene Antriebe.

TCO-Analyse berücksichtigt Anschaffungskosten, Nutzungskosten und den Restwert nach sechs Jahren.

Es werden 30 unterschiedliche Fahrzeuge analysiert. Am meisten verbreitet ist der VW Golf mit einem Bestandsanteil von 7,54 Prozent.

Das derzeitige Marktangebot erstreckt sich bei rein elektrischen Fahrzeugen vom Kleinwagen bis hin zur Kompaktklasse*. Kombis, SUVs und Fahrzeuge ab der Mittelklasse sind hier noch nicht zu finden (der SUV Jaguar I-Pace ist erst in Kürze lieferbar). Einzig Tesla ist hier in der Oberklasse angesiedelt. Für den gewerblichen Gebrauch gibt es einige leichte Nutzfahrzeugvarianten. Das Angebot an Plug-in-Hybriden ist deutlich ausgeprägter. Hier sind viele verschiedene Modellvarianten

und Aufbauvarianten von der klassischen Limousine über Vans und SUVs bis hin zum Sportwagen zu finden. Die rein elektrische Reichweite dieser Fahrzeuge bewegt sich zwischen 25 und ca. 60 km. Der BMW i3 ist das einzige „Range-Extender“ (REX) Modell.

Das Angebot an FCEV-Fahrzeugen ist auf zwei verfügbare Modelle begrenzt, die noch sehr teuer in der Anschaffung sind.

Antriebstechnologien im Kostenvergleich

Wesentliche Grundlagen zur Bewertung der ökonomischen Dimension der unterschiedlichen Antriebstechnologien für die Konsumenten und deren künftiger Veränderungen liefert eine für den vorliegenden Expertenbericht vorgenommene Total Cost of Ownership-Analyse (TCO) der Eurotax Österreich GmbH. Die TCO-Untersuchung wurde von einem Analysten-Team

um Mag. Roland Strilka (Director Insight & Market Analysis) durchgeführt. Sie gibt Aufschluss über die gesamten Kosten, die beim Betrieb eines Fahrzeugs über einen definierten Zeitraum anfallen und ermöglicht den direkten Vergleich über die unterschiedlichen Antriebssysteme hinweg.

■ Anschaffungs- und Nutzungskosten am Prüfstand

Im Rahmen der TCO-Untersuchung wurden Anschaffungskosten unter Berücksichtigung der Differenz zwischen Preis (inklusive Steuern) und Restwert nach sechs Jahren und einer jährlichen Fahrleistung von 13.000 km pro Jahr sowie den Finanzierungskosten berücksichtigt (ein detaillierter Überblick über die Annahmen der Analyse findet sich im Anhang, ab S. 93).

Zusätzlich zu den Anschaffungskosten ermittelten die Analysten von Eurotax die Kosten für die Nutzung über die gesamten sechs Jahre. Die Nutzungskosten umfassen die Versicherungskosten (inklusive motorbezogene Versicherungssteuer), die Kraftstoff- bzw.

Energiekosten (inklusive Steuern), die Standard-Servicekosten, die Kosten für Verschleißteile und Reifen sowie die Vignette.

Aufgrund des eingeschränkten Betrachtungszeitraums von sechs Jahren fanden in der TCO-Analyse die Kosten für einen möglichen (vollständigen oder teilweisen) Batterietausch bei BEV – im Unterschied etwa zur Lebenszyklusanalyse (ab S. 85) – keinen Eingang.

Die Eurotax-Untersuchung erhob die TCO für über 30 unterschiedliche Fahrzeugtypen (s. Anhang-Tabelle 3, S. 94).

■ Vergleich VW Golf

Im Mittelpunkt der nachfolgenden Darstellung steht die stark verbreitete Golf-Klasse. Mit einem Bestandsanteil von 7,54 Prozent im Jahr 2017, einem Anteil bei den Gebrauchtwagenmeldungen 2017 von 8,15 Prozent und einem Anteil von 4,79 Prozent bei Neuzulassungen 2017 ist der VW Golf ein weit verbreitetes Modell in einer überaus relevanten Fahrzeugklasse, der Kom-

paktklasse*. In diesem Segment erreicht der Golf einen Anteil am Bestand 2017 von 33,48 Prozent. Bis auf den Brennstoffzellen (FCEV) und Hybrid-Antrieb (HEV) wird der VW Golf in sämtlichen für diesen Bericht relevanten Antriebsarten angeboten: Benzin, Diesel, Elektromotor (BEV) und Plug-in-Hybrid (PHEV).

Die TCO-Analyse für den Golf zeigt folgendes Bild:

Jahr	Modell	Kraftstoffart / Energiequelle	Bruttopreis	TCO	Anschaffungskosten	Restwert (Behaltdauer 6 Jahre)	Nutzungskosten
2017	VW Golf VII Electric	Strom	€ 34.390,00	€ 37.919,10	€ 27.411,20	31,9%	€ 10.507,91
	VW Golf VII Diesel	Diesel	€ 28.894,21	€ 36.987,01	€ 22.692,61	33,1%	€ 14.294,40
	VW Golf VII Petrol	Benzin	€ 29.684,21	€ 40.570,19	€ 22.882,63	34,6%	€ 17.687,56
	VW Golf VII PHEV	Strom/Benzin	€ 39.710,01	€ 48.457,17	€ 30.885,20	33,9%	€ 17.571,96
2030	VW Golf VII Electric	Strom	€ 38.690,00	€ 41.575,78	€ 31.893,33	33,5%	€ 9.682,45
	VW Golf VII Diesel	Diesel	€ 28.894,21	€ 40.269,18	€ 25.854,39	26,5%	€ 14.414,79
	VW Golf VII Petrol	Benzin	€ 29.684,21	€ 43.354,58	€ 25.704,15	29,4%	€ 17.650,43
	VW Golf VII PHEV	Strom/Benzin	€ 41.360,01	€ 50.915,77	€ 33.956,35	33,9%	€ 16.959,42

Tabelle 2: TCO-Analyse des Golf für Szenario 1 mit folgenden Spalten: Modell, Kraftstoffart / Energiequelle, Bruttopreis, TCO, Anschaffungs- sowie Nutzungskosten, Restwert nach sechs Jahren in Prozent – 2017 und 2030

*) auch als untere Mittelklasse bzw. „Golf-Klasse“ bekannt

Der im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor höhere Wertverlust von E-Autos (BEV) resultiert aus dem Alterungsvorgang der Batterie. Ein Batterietausch ist bei der 6-Jahres-Betrachtung nicht berücksichtigt. Allenfalls würden bei einem längeren Betrachtungszeitraum die Reparaturkosten (Batterietausch) steigen, der Wertverlust des Gesamtfahrzeuges prozentuell geringer ausfallen.

Die TCO-Analyse ist per se eine Betrachtung aus Nutzerperspektive. Die Einnahmen bzw. Ausgaben für die öffentliche Hand von unterschiedlichen Antriebsarten werden nicht betrachtet. Heute ist der Golf mit

Dieselmotor mit Blick auf die Gesamtkosten für den Konsumenten noch immer günstiger als der Golf mit Batterieantrieb, obwohl es für diesen neben einer Ankaufsförderung in Höhe von 4.000 Euro (derzeit bis Ende 2018) noch weitere Vergünstigungen gibt. Auch NoVA und motorbezogene Versicherungssteuer fallen aktuell für E-Autos nicht an. Nachdem die motorbezogene Versicherungssteuer über sechs Jahre für den betrachteten Diesel bei rund 2.700 Euro und jene für den betrachteten Benzin, sogar bei rund 3.900 Euro liegt, senkt auch diese Steuervergünstigung die Gesamtkosten des batterieelektrischen Antriebs maßgeblich.

■ Restwert hat Einfluss auf Marktzusammensetzung

Die Kosten eines Fahrzeugs sind ein wichtiges Kriterium bei der Kaufentscheidung. Als größter Kostenfaktor für den Eigentümer erweist sich in der TCO-Analyse der Wertverlust des Fahrzeugs. Die öffentliche Diskussion über den Verbrennungsmotor – derzeit bei der Debatte über den Diesel-Abgasskandal und Fahrverboten in Deutschland beobachtbar – hat Einfluss auf Preise, Kaufentscheidungen und die künftige Marktzusammensetzung. Am Gebrauchtwagenmarkt wird dies aufgrund des transparenten Marktgeschehens umso deutlicher. So zeigt sich – wie auch schon eingangs erwähnt –, dass durch die Verunsicherung im Rahmen des Diesel-Abgasskandals der Diesel mit einem 5,5 Prozent⁷ höheren Wertverlust als Benzin-Pkw konfrontiert ist.

Die TCO-Analyse prognostiziert im Vergleich zwischen dem Status quo und dem Jahr 2030, dass der Restwert von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren sinken wird. Diese Entwicklung ist derzeit bereits bei Diesel-Fahr-

zeugen zu beobachten. Die zu erwartende Abwertung von Pkw mit Verbrennungsmotor in Kombination mit der Annahme von steigenden Restwerten bei Elektro-Pkw hat zur Folge, dass es zu einer Annäherung der Gesamtkosten kommt. Für die vorliegende Analyse wurde bei fast allen Antrieben von konstanten (realen) Neupreisen ausgegangen. Dies gilt auch für BEV: Während von sinkenden Kosten für die Speicherung einer Kilowattstunde auszugehen ist, ist demgegenüber mit höheren Reichweiten bis 2030 zu rechnen, die nur durch den Einsatz von größeren und damit teureren Akkupacks erreicht werden können. Da Brennstoffzellen-Pkw im Gegensatz zu derzeit angebotenen batteriebetriebenen Elektro-Pkw nur in Kleinstserien produziert werden, kann davon ausgegangen werden, dass hier sehr wohl noch Preisreduktionspotenzial vorhanden ist. Dies zeigen auch schon Preisankündigungen für die zweite Generation von Brennstoffzellen-Fahrzeugen.

■ Staatliche Restriktionen mindern Wert stärker

Im Fall der Fortsetzung der bisherigen technologischen Evolution (Szenario 1: Technologische Evolution, s. Seite 23) gehen die Experten am Beispiel des VW Golf aufgrund einer geringeren Nachfrage nach Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren für den Benzin gegenüber 2017 (Restwert 34,6%) im Jahr 2030 von einem Restwert von 29,4 Prozent aus. Beim Diesel mindert sich der Restwert noch stärker, von 33,1 Prozent im Jahr 2017 auf 26,5 Prozent im Jahr 2030. Die Elektro-Variante erfährt im Gegensatz dazu eine Aufwertung des Restwerts von 31,9 Prozent auf 33,5 Prozent. Der Plug-in-Hybrid-Golf bleibt in etwa konstant. Eine noch stärkere Abwertung von Pkw mit Verbrennungsmotoren würde im Fall von

Fahrverboten eintreten. Für den Fall, dass nur noch BEV oder FCEV neu zugelassen werden (Szenario 2: Politische Restriktion, s. Seite 23) gehen die Eurotax-Experten am Beispiel des VW Golf von einem noch höheren Wertverlust für Benzin und Diesel aus. Der Restwert bei Benzinern würde auf 25,9 Prozent, jener bei Diesel auf 23,2 Prozent sinken. Selbst Plug-in-Hybride würden auf einen Restwert von 28,8 Prozent sinken. Eine vollständige Abwertung kann aus Sicht der Experten ausgeschlossen werden, da Österreich nicht als geschlossener Markt zu betrachten ist und dementsprechend Exportmöglichkeiten bestehen. Die Aufwertung beim batteriebetriebenen VW Golf wird als gleichbleibend angenommen.

■ Brennstoffzelle: Nächste Generationen günstiger

Der Brennstoffzellen-Antrieb (FCEV) gilt neben dem BEV ebenfalls als lokal CO₂-neutral und könnte künftig eine stärkere Rolle spielen. Derzeit sind am Markt allerdings nur zwei Modelle verfügbar. In Österreich waren Ende 2017 gerade 19 Fahrzeuge mit Brennstoffzelle zugelassen.⁸ Die bisherigen Tests des ÖAMTC mit einer Brennstoffzelle (Hyundai ix35 FCEV) zeigen: Da es sich um ein Fahrzeug einer Kleinstserie handelt, sind sowohl Neupreis

als auch Servicekosten noch sehr hoch. Für 2030 erwartet der ÖAMTC, dass die am Markt angebotenen FCEV um etwa 30 Prozent günstiger sein werden. Die Nutzung dieser Antriebstechnologie bietet sich für Kfz an, die längere Strecken absolvieren müssen. In der ÖAMTC-Analyse wird von einer Steigerung des Restwerts um 10 Prozent (von einem Restwert von 30% auf 33%), in beiden Szenarien, ausgegangen.

TCO-Analyse: Betrachtung aus Nutzerperspektive.

Die öffentliche Diskussion hat großen Einfluss auf die Preise von Gebrauchtfahrzeugen.

Restwert von Verbrennungsfahrzeugen sinkt, Restwert von E-Fahrzeugen steigt.

Bereits das politische Ziel 2030 keine Verbrennungsmotoren mehr zuzulassen führt zu starker Abwertung von Diesel- und Benzin-Pkw.

Gute Chancen für Brennstoffzelle in der Zukunft.

7 Eurotax (2018): Marktpreisindex Diesel – Benzin

8 Statistik Austria (2018d): Kfz-Bestand 2017

E-Golf nähert sich in der TCO-Analyse dem Diesel-Golf an.

Viele sind auf den Pkw angewiesen.

Vor allem Landbevölkerung und Haushalte mit Kindern brauchen Pkw.

Jahr	Modell	Kraftstoffart / Energiequelle	Bruttopreis	TCO	Anschaffungskosten	Restwert (Behaltdauer 6 Jahre)	Nutzungskosten
2017	Hyundai ix35FCEV	Wasserstoff/Brennstoffzelle	€ 78.000,00	€ 82.605,91	€ 63.676,76	30,0%	€ 18.929,15
2030	Hyundai ix35FCEV	Wasserstoff/Brennstoffzelle	€ 54.600,00	€ 61.757,03	€ 45.295,88	33,0%	€ 16.461,15

Tabelle 3: TCO-Analyse des Hyundai ix35FCEV für Szenario 1 mit folgenden Spalten: Modell, Kraftstoffart / Energiequelle, Bruttopreis, TCO, Anschaffungs- sowie Nutzungskosten, Restwert nach sechs Jahren in Prozent – 2017 und 2030

■ Zukunft von Antriebstechnologien aus der TCO-Perspektive

Die TCO-Analyse von Eurotax der „Golf-Klasse“ zeigt, dass sich der E-Golf mit Blick auf Anschaffungs- und Nutzungskosten dem Diesel-Golf annähert. Zu berücksichtigen sind dabei einerseits die stärkere Abwertung der Dieselfahrzeuge und andererseits die bisherige Privilegierung von E-Fahrzeugen, wie den Wegfall von Steuern. E-Fahrzeuge werden sich nach den Befun-

den der Eurotax-Experten kostenseitig positiver entwickeln, aber auch in Zukunft nicht unbedingt die günstigste Variante unter den Antriebstechnologien darstellen. Dieser Befund hat die Annahme zur Grundlage, dass sich die steuerlichen Rahmenbedingungen für E-Fahrzeuge, abgesehen von einem Wegfall der Ankaufsförderung (Ende 2018), nicht ändern.

„Mobilitätswende“ als soziales Thema

Die Angewiesenheit der Bevölkerung auf den motorisierten Individualverkehr (MIV) ist eine wichtige Rahmenbedingung für die Entwicklung und Umsetzung mobilitätspolitischer Veränderungsprozesse. Der Pkw hat nicht nur ökologische und wirtschaftliche, sondern auch soziale Implikationen, die in der bisherigen Diskussion kaum beleuchtet wurden. Eine Auswertung der Zahlen der Statistik Austria⁹ (s. Abbildung 3) zeigt, dass 84 Prozent aller Österreicher zumindest einen Pkw in ihrem Haushalt haben. Während in kleinen Gemeinden (unter 10.000 EW) 94 Prozent der Einwohner über zumindest einen Pkw im Haushalt verfügen, sind es in Gemeinden mit über 100.000 Einwohnern nur

mehr 76 Prozent. Unter den Wienern verfügen überhaupt nur 62 Prozent über zumindest einen Pkw in ihrem Haushalt. Dadurch zeigt sich, dass vor allem die Landbevölkerung auf den Pkw angewiesen ist. Auch bei der Betrachtung der Haushaltszusammensetzung zeigen sich deutliche Unterschiede: Personen, die in einem Haushalt mit Kindern leben, haben zu 89 Prozent zumindest einen Pkw im Haushalt. Bei den allein lebenden Männern sind es hingegen nur 63 Prozent, bei den allein lebenden Frauen sogar nur 55 Prozent. Schließlich verfügen auch Erwerbstätige eher über zumindest einen Pkw im Haushalt (90 %) als Pensionisten (80 %) oder Arbeitslose (57 %).

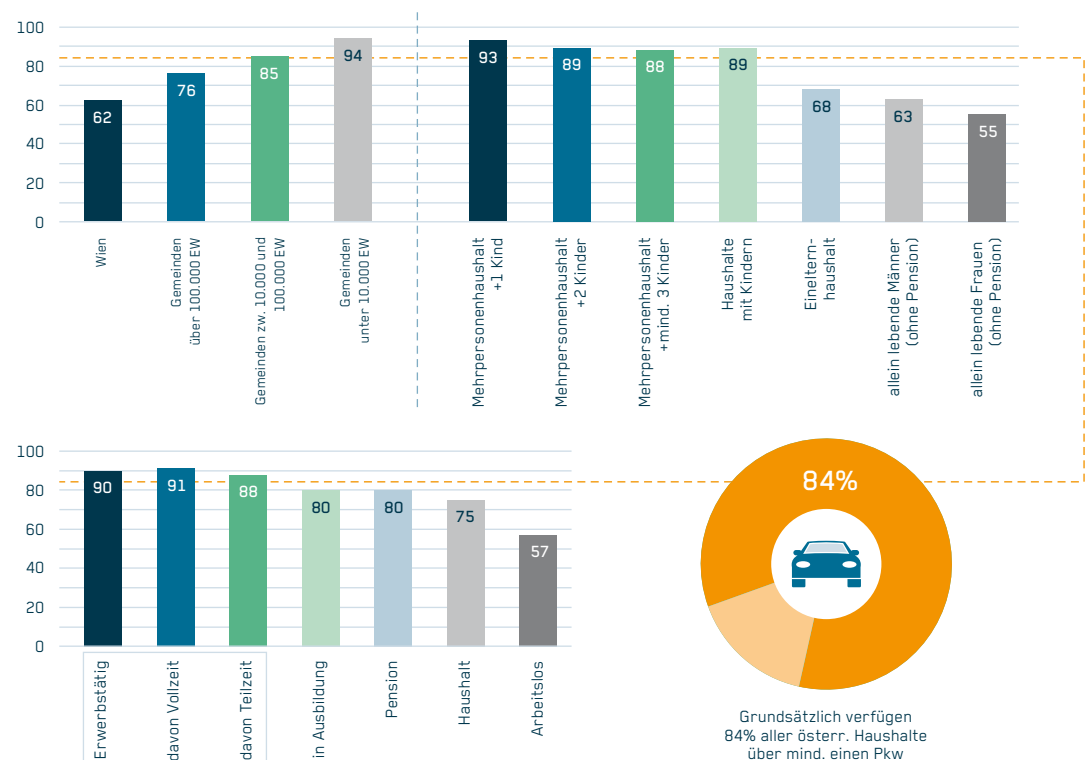


Abbildung 3: Vorhandensein eines Pkw im Haushalt (Quelle: Statistik Austria 2018c)

Im Auftrag des ÖAMTC hat das market Institut in der repräsentativen Studie „Alles rund um Autokosten“¹⁰ erstmals die soziale Schichtung von Autofahrern erhoben. Dies gestattet die fundierte Diskussion sozialer Herausforderungen des MIV und der „Mobilitätswende“. Die Befunde der Studie zeigen:

■ Sozial schlechter gestellte Schichten sind tendenziell stärker auf einen Pkw angewiesen (s. Abbildung 4).

■ Je kleiner der Wohnort, desto stärker ist man für die täglichen Wege vom Pkw abhängig. In Orten unter 5.000 Einwohnern ist für fast 60 Prozent ein Leben ohne Pkw nicht möglich (s. Abbildung 4).

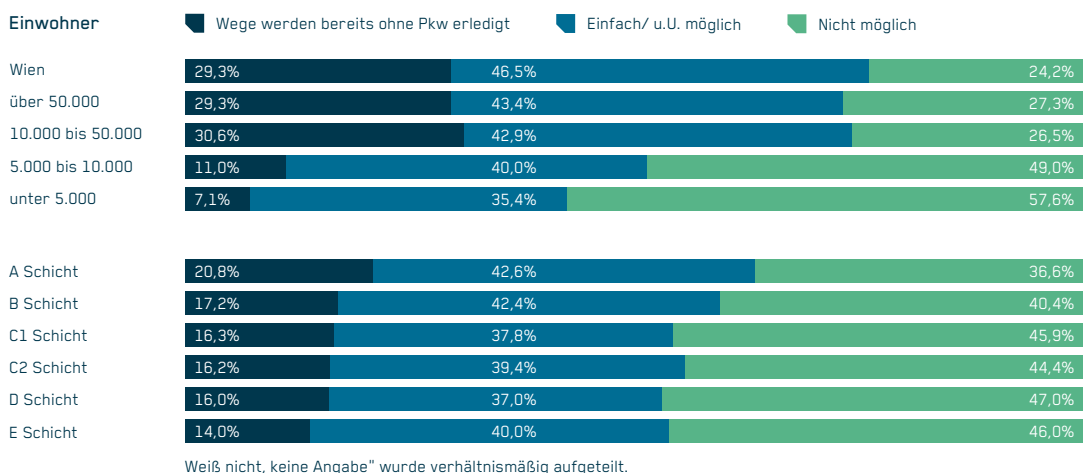


Abbildung 4: Wäre es möglich, private tägliche Wege auch ohne Pkw zu erledigen?

■ Je kleiner der Wohnort, desto weniger häufig stehen öffentliche Verkehrsmittel zur Verfügung. In Orten unter 5.000 Einwohnern gibt es für fast 60 Prozent keine zumutbare Alternative zum Pkw (s. Abbildung 5).

■ Die durchschnittliche jährliche Kilometer-Leistung mit dem Pkw ist am Land deutlich höher als in der Stadt (s. Abbildung 5).

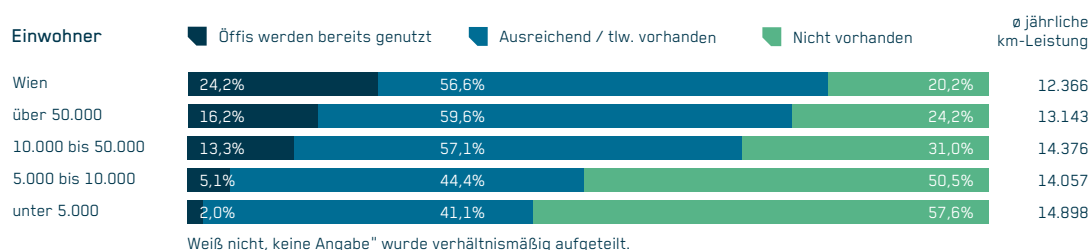


Abbildung 5: Gibt es öffentliche Verkehrsmittel als zumutbare Alternative?

■ Landbevölkerung, Familien und sozial Schwächere betroffen

Die Analyse nach Netto-Haushalts-Einkommen sowie nach sozialen Schichten unterstreicht ferner:

■ Sozial Bessergestellte kaufen sich deutlich öfter einen Neuwagen. Personen mit einem geringeren Einkommen erwerben zu rund 52 Prozent ihren Pkw als Gebrauchtwagen.

■ Fast ein Drittel der Autofahrer aus niedrigeren sozialen Schichten planen ihren Pkw „fertig zu fahren“ (s. Abbildung 6).

■ Sozial Bessergestellte haben fast doppelt so viel für ihren Pkw ausgegeben wie Personen aus einer niedrigeren sozialen Schicht (s. Abbildung 6).

Autofahren laut market-Studie wichtiges soziales Thema.

Am Land wenig Alternativen zum Pkw.

9 Statistik Austria (2018c): Tabellenband EU-SILC 2017

10 market-Institut (2016): Autofahrer ab 18 Jahren, n = 1000

Weniger gut situierte Personen geben für Pkw-Anschaffung nur halb so viel aus wie sozial Bessergestellte und planen, ihr „Auto fertig zu fahren“.

Klare Tendenz: Je höher das Einkommen, desto besser die Abgasklasse.

Für niedrige Einkommensschichten ist ein Pkw-Austausch oft nicht leistbar.

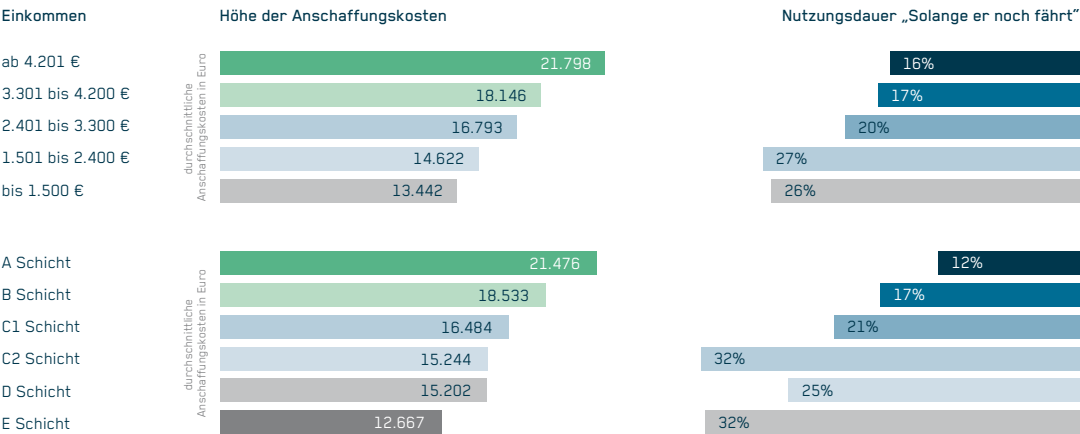


Abbildung 6: Wie viel hat Ihr Pkw gekostet? Wie lange planen Sie Ihren Pkw noch zu nutzen?*

■ Autofahrer mit geringem Einkommen bzw. aus einfachen sozialen Schichten fahren tendenziell ältere Pkw in niedrigen Euro-Abgasklassen (s. Abbildung 7).

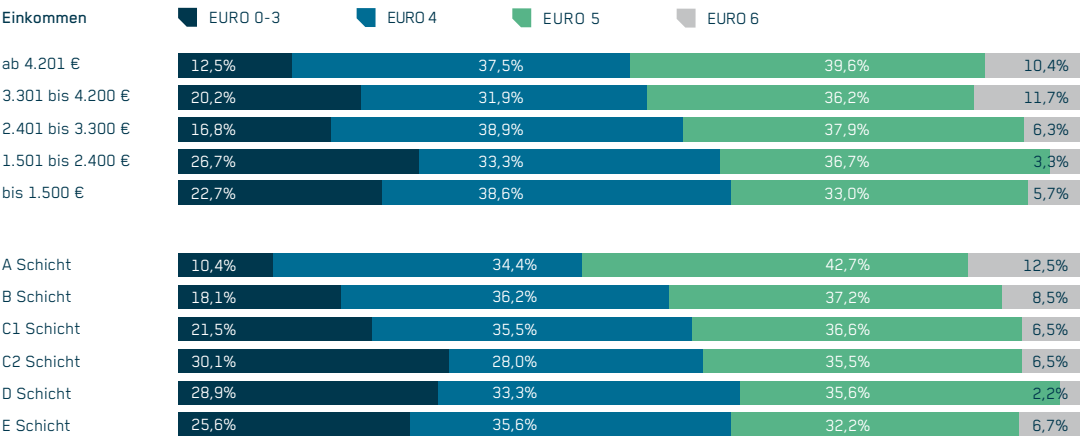


Abbildung 7: Welcher Abgasklasse ist Ihr Pkw zuzuordnen?*

■ Der finanziell verkraftbare Anschaffungspreis ist für sozial Bessergestellte fast doppelt so hoch wie für sozial Schwache (s. Abbildung 8).

■ Die Hälfte der Besserverdiener will einen Neuwagen kaufen, bei den Geringverdienern will das lediglich rund ein Viertel (s. Abbildung 8). 14 Prozent der Geringverdiener können sich überhaupt keinen Austausch ihres Fahrzeuges leisten (s. Abbildung 8).

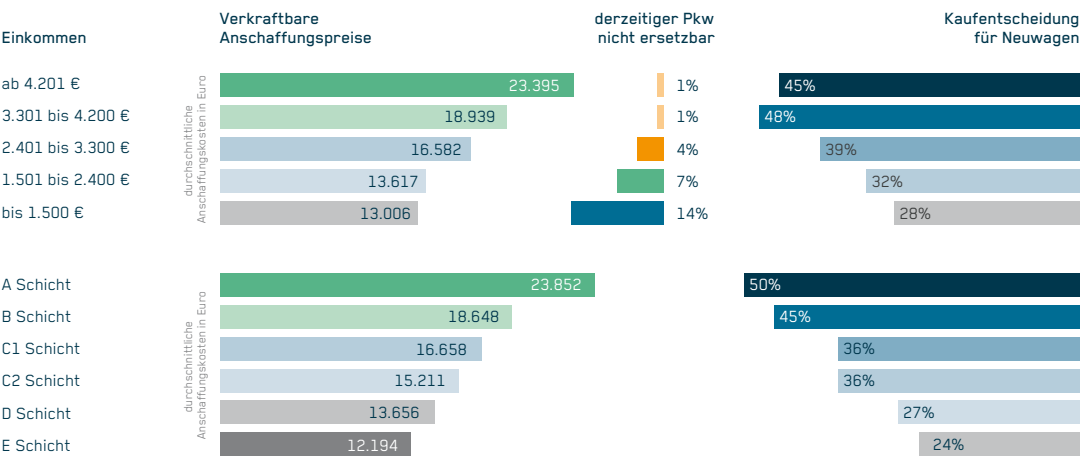


Abbildung 8: Welchen Anschaffungspreis können Sie finanziell verkraften?*

Nach den Befunden dieser Studie ist die „Mobilitätswende“ somit nicht nur ein ökologisches, sondern auch ein soziales Thema erheblichen Ausmaßes. Betroffen sind vor allem Landbevölkerung, Familien und sozial Schwächere.

* unter Einkommen ist hier das durchschnittliche Haushaltsnettoeinkommen gemeint.

Dies bestätigen auch die Ergebnisse der Konsumerhebung 2014/15, denn monatlich gibt ein österreichischer Haushalt im Schnitt 425 Euro für Mobilität aus. Damit stellt die Ausgabengruppe „Verkehr“ mit 14,2 Prozent nach „Wohnen und Energie“ (26,1%) den zweitgrößten Abgabenposten dar (s. Abbildung 9). Durchschnittlich werden von den monatlichen Ausgaben für den Verkehr 95

Prozent in den Individualverkehr investiert und nur 5 Prozent in den öffentlichen Verkehr. Bei dieser Aufteilung zeigen sich jedoch große Unterschiede, wenn man die Gemeindegröße berücksichtigt. So sind die Ausgaben für Anschaffung, Erhalt und Versicherung von Fahrzeugen in Gemeinden mit bis zu 10.000 Einwohnern fast doppelt so hoch wie die der Wiener Haushalte.¹¹

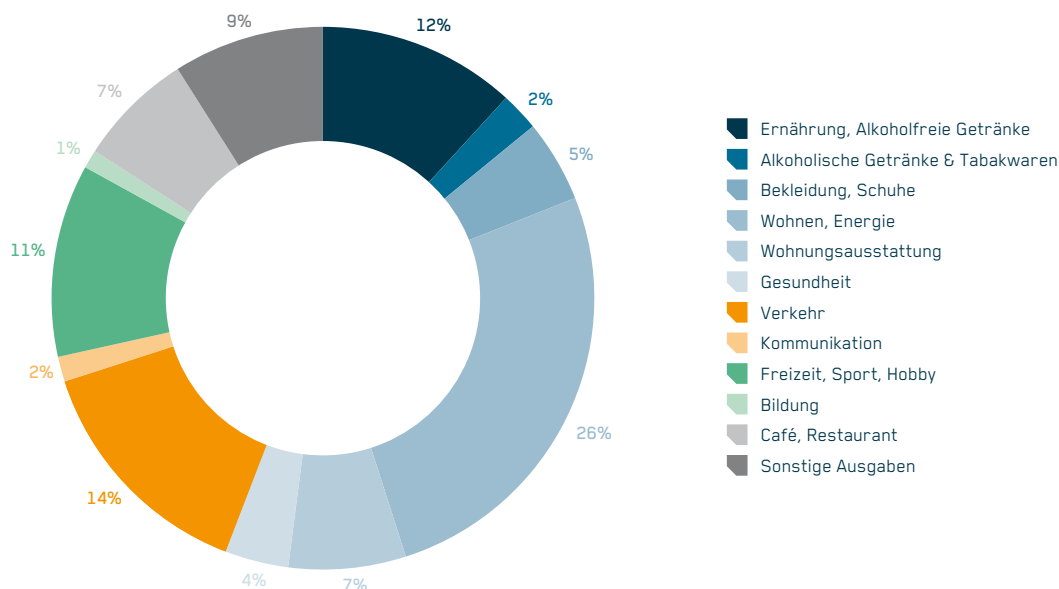


Abbildung 9: Monatliche Verbrauchsausgaben der privaten Haushalte 2014/15 (Quelle: Statistik Austria 2017f)

Da die privaten Haushalte bereits jetzt schon einen großen Anteil ihrer monatlichen Verbrauchsausgaben der Mobilität widmen, sollte dies in der Ausgestaltung einer „Mobilitätswende“ entsprechend berücksichtigt werden.

„Mobilitätswende“ aus Konsumentensicht

Die geplante Variante der „Mobilitätswende“ bis 2030 und ihre Wahrnehmung durch die betroffenen Konsumenten wurden auch in Erhebungen des ÖAMTC einem Reality-Check unterzogen. So verdeutlicht die ÖAMTC AM.PULS-Befragung zum Thema „Ende der Verbrennungsmotoren“¹² die Positionen der Autofahrer zu den 2017 angekündigten Vorhaben des bmvit. Die wichtigsten Ergebnisse auf einen Blick:

- Die ÖAMTC-Erhebung zeigt, dass 96 Prozent der derzeit genutzten Pkw einen Benzin- oder Diesel-Antrieb haben, wobei Diesel mit 56 Prozent überwiegt.
- Ein Hybrid-Antrieb wäre für ein Drittel (33%) eine Alternative, ein Elektro-Antrieb aktuell nur für rund ein Viertel (23%). 45 Prozent der Befragten schließen einen Flüssig- oder Erdgas-Antrieb zum aktuellen Zeitpunkt aus.
- 48 Prozent der Befragten würden derzeit bei einer „Neuanschaffung“ einen Benzin-Antrieb in Betracht ziehen, 34 Prozent könnten sich einen Diesel-Antrieb vorstellen.
- Für etwa ein Drittel (31%) kommt ein Elektro-Antrieb nicht in Frage, fast genauso viele (29%) sprechen sich gegen einen Diesel-Pkw aus.

Verkehr ist mit 14,2 Prozent der zweitgrößte Ausgabenposten für Österreichs Haushalte. 95 Prozent davon entfallen auf den privaten Verkehr.

Bei Neuanschaffung schließen 29 Prozent einen Diesel aus, 31 Prozent ein E-Auto.

¹¹ Statistik Austria (2017f): Verbrauchsabgaben – Hauptergebnisse der Konsumerhebung 2014/15

¹² ÖAMTC-Mitglieder ab 17 Jahren, n = 1.432, Oktober 2017

Über 70 Prozent finden ein „Aus“ für Verbrennungsmotoren 2030 unrealistisch.

67 Prozent wollen ihren Diesel oder Benziner weiter nutzen und verkaufen können.

Zwei Drittel erwarten Wertverluste durch Verbrenner-Debatte.

Anreize statt Verbote

Mit Blick auf Forderungen für eine „Mobilitätswende“ ergibt die Studie folgendes Bild: Rund drei Viertel der Befragten (71 %) befinden den Vorschlag „keine Verbrennungsmotoren ab 2030 zuzulassen“ als nicht realistisch (s. Abbildung 10).

Zwei Drittel (68 %) davon können sich jedoch vorstellen, dass dies zu einem späteren Zeitpunkt realisierbar ist (s. Abbildung 10).

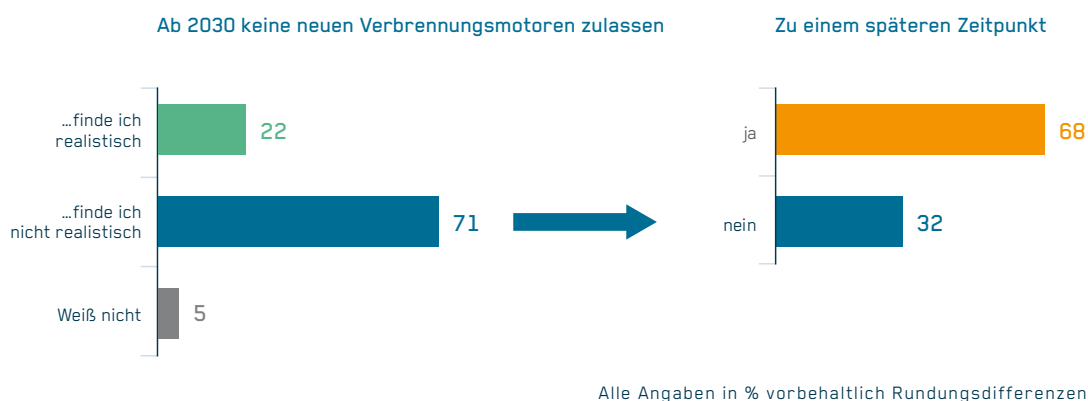


Abbildung 10: Zeitpunkt eines Endes von Verbrennungsmotoren

In etwa die Hälfte der Befragten (45 %) findet, dass für das Ende von Verbrennungsmotoren keine Jahreszahl festgelegt werden sollte. Rund ein Drittel (35 %) würde sich bei einer Beschränkung auf die Beurteilung von Experten verlassen. Mehr als zwei Drittel der Befragten (68 %) sprechen sich in Bezug auf künftige Technologieentwicklungen

für eine Abstimmung mit anderen EU-Staaten aus und lehnen einen Alleingang Österreichs ab. 67 Prozent wollen, wenn ein Verbot von Verbrennungsmotoren ausgesprochen werden sollte, ihr Fahrzeug nutzen, solange es fährt und zudem auch die Option eines Wiederverkaufs haben (s. Abbildung 11).

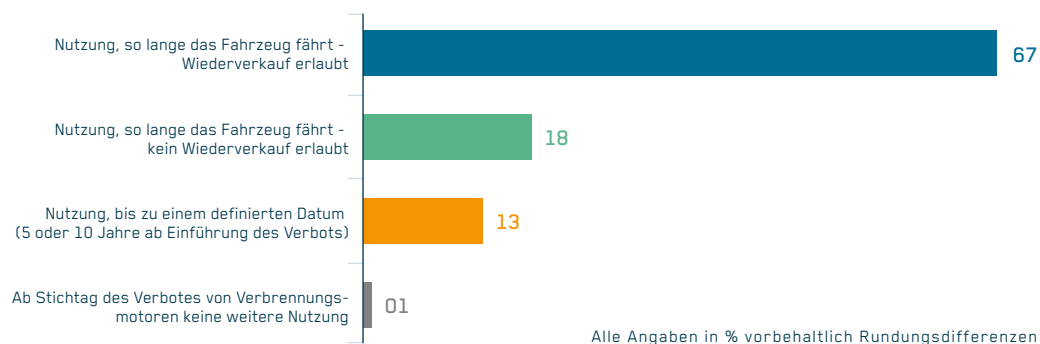


Abbildung 11: Konsequenz beim Verbot von Verbrennungsmotoren

Eine Auswirkung der aktuellen Diskussion auf den Wiederverkaufswert von Pkw mit Verbrennungsmotoren erwarten zwei Drittel der Befragten (66 %). Jene, die negative Auswirkungen der aktuellen Diskussionen auf den Wiederverkaufswert befürchten, schätzen den Verlust für das eigene Auto mehrheitlich (60 %) zwischen 10 und 30 Prozent ein. Nur etwa ein Viertel (22 %) der Befragten erwartet überhaupt

keinen Wertverlust des eigenen Autos durch die aktuell geführte Diskussion. Maßnahmen wie eine Verschrottungsprämie hält die Hälfte der Befragten für das geeignetste Mittel, um den Technologieumstieg voranzutreiben (s. Abbildung 12). Demgegenüber spricht sich rund ein Viertel (27 %) für bewusstseinsbildende Maßnahmen aus (s. Abbildung 12).

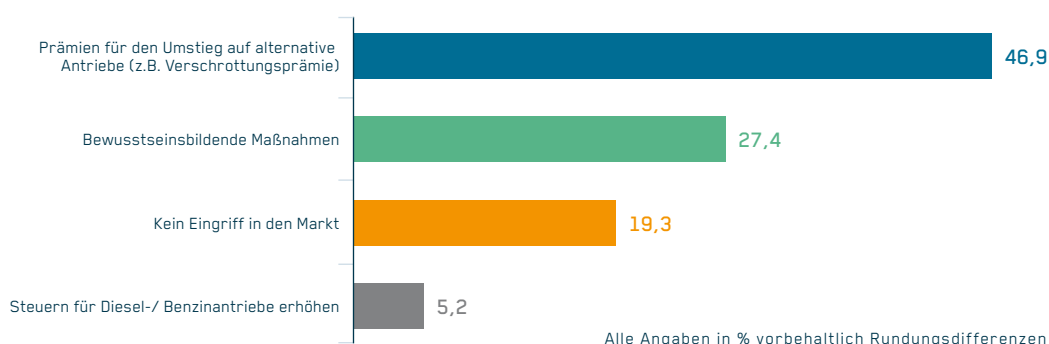


Abbildung 12: Maßnahmen für Technologieumstieg

Die Befragten sind der Meinung, dass in Österreich in den Bereichen Industrie (48%) und Lkw-Verkehr (46%) am leichtesten CO₂ eingespart werden könnte.

Die Ergebnisse der Erhebung machen deutlich, dass die Befragten die geplante „Mobilitätswende 2030“ mit klarer Mehrheit für nicht realistisch halten und Anreize für den Umstieg statt Verbote von Verbrennungsmotoren präferieren.

Szenarien und Annahmen des Expertenberichts

Der vorliegende Expertenbericht „Mobilität & Klimaschutz 2030“ beruht auf drei unterschiedlichen Szenarien hinsichtlich der Entwicklung der Mobilität und ihrer Rahmenbedingungen in Österreich, die nachfolgend dargestellt werden.

■ Szenario 1: „Technologische Evolution“

Dieses Szenario basiert auf der realistischen Entwicklungsabschätzung der Neuzulassungszahlen nach Antriebsarten – konventionelle Verbrennungskraftmaschinen (VKM); batterieelektrische Fahrzeuge (BEV); Hybrid-Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor und Elektromotor (HEV); Hybrid-Fahrzeuge, deren Elektromotor über Ladepunkte aktiv geladen werden kann (sogenannte Plug-in-Hybride – PHEV) und Brennstoffzellen-Fahrzeuge (FCEV), s. Kasten „Antriebsarten“ Seite 28 – bis 2030. Das Szenario „Technologische Evolution“ geht von einer gleichbleibenden steuerlichen Behandlung der Antriebsarten, aber von einem Auslaufen der Ankaufsförderung von BEV, PHEV und FCEV aus. Das Auslaufen der derzeitigen

Ankaufsförderung „Aktionspaket zur Förderung der Elektromobilität“ wird mit 31.12.2018 angenommen und entspricht damit auch den aktuellen Plänen für die Förderaktion.

Szenario 1 schreibt somit bisherige Trends unter Berücksichtigung von zu erwartenden Entwicklungen (z.B. Hybridisierung, höhere Reichweiten bei Elektro-Pkw, Effizienzsteigerungen bei Verbrennungsmotoren) fort. Weitere Eckpunkte dieses Szenarios sind, dass es zu keiner wesentlichen Verteuerung von konventionellen Antrieben und zu keinem vermehrten Einsatz von alternativen Kraftstoffen (Bio-Kraftstoffen und synthetischen Kraftstoffen) kommen wird.

■ Szenario 2: „Politische Restriktion“

Dieses Szenario umfasst die Neuzulassungs-Abschätzung für BEV und FCEV unter der Annahme, dass 2030 keine Verbrennungsmotoren mehr neu zugelassen werden.¹³ Dementsprechend müssen in diesem Szenario alle Neuzulassungen zwischen BEV und FCEV aufgeteilt werden. Im Pkw-Bestand sind aufgrund der üblichen Nutzungsdauer dennoch über

2030 hinaus Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren enthalten.

Dieses Szenario ist mit Sicherheit äußerst ambitioniert und bringt große Veränderungen für die Nutzer mit sich. Daher ist es insbesondere auf seine Konsumentenverträglichkeit (finanzielle Auswirkungen und soziale Verträglichkeit) zu überprüfen.

Autofahrer wollen Umstiegs-Anreize statt Verbote.

Experten analysieren in „Szenario 1“ Fortschreibung der technologischen Entwicklung.

In „Szenario 2“ werden 2030 keine Verbrennungsmotoren mehr neu zugelassen.

¹³ Zwar wurde ein direktes Zulassungsverbot von Verbrennungsmotoren sowohl von der vergangenen als auch der derzeitigen Bundesregierung ausgeschlossen, allerdings kommt die 2017 vom bmvt veröffentlichte Zielvorstellung des „Aktionsplans sauberer Verkehr“ inhaltlich einem Verbot sehr nahe, weil diese ohne einschneidende regulatorische Maßnahmen wohl nicht zu erreichen wäre. Die Zielvorstellung des „Aktionsplans sauberer Verkehr“ wird, wenn auch in abgeschwächter Form, in „#mission2030 – Klima- und Energiestrategie der Bundesregierung“ wiederholt.

„Szenario 3“ zeigt Chance auf weniger CO₂-Emissionen durch alternative Kraftstoffe.

Erd- und Flüssiggas (CNG und LPG) finden im Rahmen des Expertenberichts keine explizite Berücksichtigung – könnten aufgrund der technologischen Ähnlichkeiten hinsichtlich der Markt-Anteile beim Benziner mitgedacht werden.

■ Szenario 3: „Upside durch alternative Kraftstoffe“

In diesem Szenario wird die Verteilung der Neuzulassungen von Szenario 1 aufgegriffen, jedoch mit dem Unterschied, dass Verbrennungsmotoren mit einem höheren Anteil an alternativen Kraftstoffen (Bio-Kraftstoffe bzw. synthetische Kraftstoffe) angetrieben werden. Somit ändert sich unter anderem die ökonomische Vorleistungskette. Der Anteil

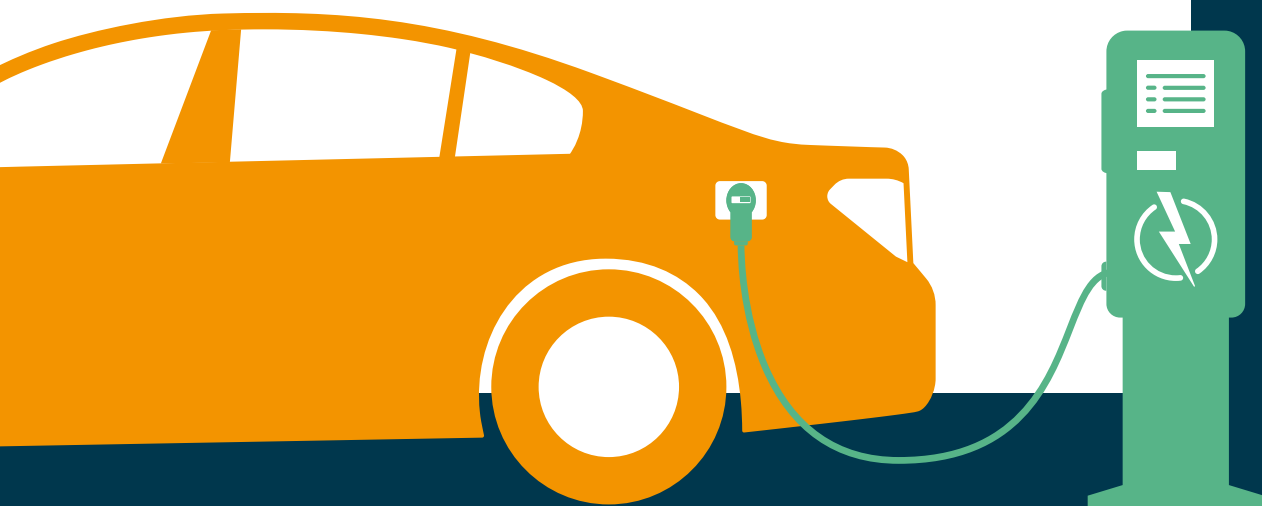
des Erdöls als Basis des Kraftstoffes sinkt ab. Ziel von Szenario 3 ist es, das Potenzial von alternativen Kraftstoffen zur Reduktion von Emissionen aufzuzeigen. Dieses Szenario wird im Rahmen des Expertenberichts „Mobilität & Klimaschutz 2030“ im Kapitel „Potenziale alternative Kraftstoffe“ diskutiert.

■ Annahmen in allen Szenarien

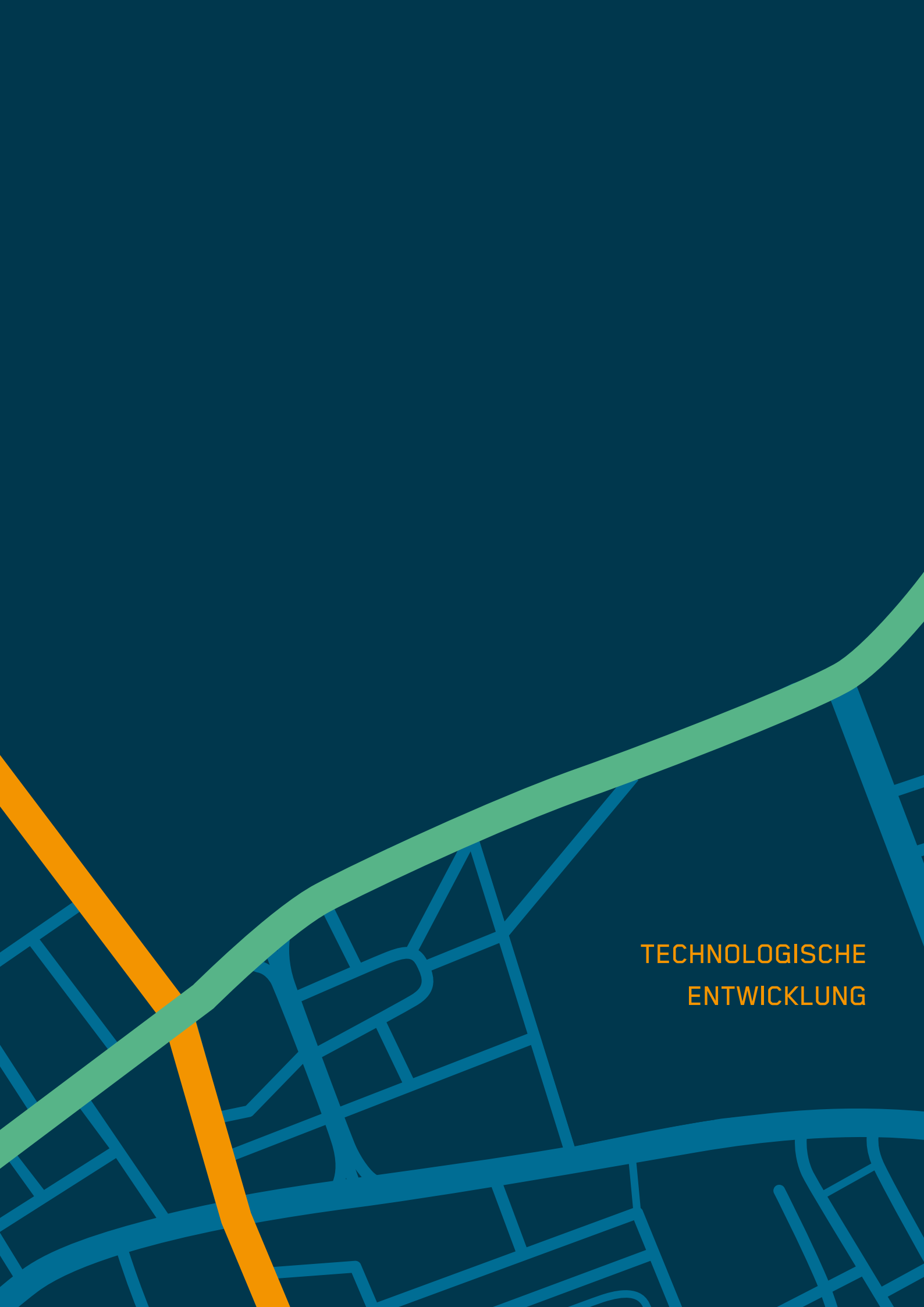
Konkrete Annahmen des Expertenberichts „Mobilität & Klimaschutz 2030“ in allen Szenarien sind:

- Das „Aktionspaket zur Förderung der Elektromobilität“ endet mit 31.12.2018.
- Es kommt in keinem der Szenarien zu einem Verbot von Antriebsarten (weder zu einem Neuzulassungsverbot noch zu einem generellen Fahrverbot für eine bestimmte Antriebsart).
- Das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung bleibt im Wesentlichen gleich. Die durchschnittliche Jahresfahrleistung eines durchschnittlichen Pkw bleibt somit ebenfalls konstant bei 13.000 km.
- Der Motorisierungsgrad bleibt ebenfalls konstant (2017: auf einen Pkw entfielen 1,80 Einwohner bzw. kamen auf 1.000 Einwohner 555,20 Pkw – Statistik Austria 2018d). Die Annahmen zum Bevölkerungswachstum basieren auf den Prognosen der Statistik Austria (2018e).
- Änderungen des Mobilitätsverhaltens der Konsumenten werden sich mit Sicherheit ergeben und entwickeln. Umfang und Art möglicher Verhaltensänderungen sind jedoch höchst ungewiss und schwer zu prognostizieren. Sie fanden daher bewusst keinen Eingang in diesen Expertenbericht.
- Zudem wird eine Reichweitenentwicklung von batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) von 250 km im Jahr 2017 auf 500 km im Jahr 2030 angenommen. Ebenso wird mit einer erhöhten Reichweite für Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV) von 400 km 2017 auf 700 km im Jahr 2030 ausgegangen.
- Für Plug-in-Hybride wird von einem vermehrten Einsatz des elektrischen Anteils 2030 von 60 Prozent im Vergleich zu den 35 Prozent für 2017 ausgegangen (s. Anhang-Tabelle 2, S.92).









TECHNOLOGISCHE
ENTWICKLUNG

Antriebsexperten von TU Wien und TU Graz prognostizieren Neuzulassungen für das Jahr 2030.

Entwicklung der Marktanteile von Antriebskonzepten bis 2030

Die wissenschaftlich fundierte Abschätzung der Entwicklung der Neuzulassungsanteile der Antriebskonzepte Benzin, Diesel, PHEV, HEV, BEV, FCEV bis 2030 ermöglicht die Bewertung der Machbarkeit der vorgeschlagenen „Mobilitätswende“. Für den Expertenbericht „Mobilität & Klimaschutz 2030“ erstellten Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Bernhard Geringer, Vorstand

des Instituts für Fahrzeugantriebe und Automobiltechnik (IFA) an der TU Wien gemeinsam mit Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Helmut Eichlseder, Leiter des Instituts für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik (IVT) an der TU Graz, entsprechende Prognosen unter Berücksichtigung der Szenarien 1 und 2.

Antriebsarten

Verbrennungsmotor/-kraftmaschine (VKM):

Dabei handelt es sich um einen Motor, bei dem durch Verbrennung zündfähiger Kraftstoffgemische Wärmeenergie unmittelbar in mechanische umgesetzt wird. Die Kraftstoffe können gasförmig (z. B. Erdgas) sowie flüssig (Benzin, Diesel, Bio-Kraftstoffe, synthetische Kraftstoffe etc.) sein.

48-V-Bordnetz: Ein 48-V-Bordnetz umfasst eine 48-V-Batterie und einen 48-V-Startergenerator. Dieser ersetzt 12-V-Lichtmaschine und 12-V-Anlasser. Der 48-V-Startergenerator startet den Motor und wirkt als Dynamo, der die Drehenergie des Verbrennungsmotors in elektrische Energie umsetzt. Bei Bremsvorgängen wandelt der Startergenerator als Dynamo die kinetische Energie in elektrische Energie um (15-20 kW). Abhängig von der Integration in den Antriebsstrang kann der Startergenerator den Verbrennungsmotor unterstützen (s.o.).

Mild-Hybrid: Bei Mild-Hybrid-Fahrzeugen springt der Elektromotor dem Verbrenner lediglich unterstützend bei. Er sorgt damit für etwas mehr Durchzugsvermögen. Drehmoment und Akkuleistung sind nicht ausreichend, um den Wagen alleine flott anzutreiben. Mild-Hybride werden zukünftig zumeist die 48-V-Technologie nutzen, die eine höhere Bordversorgung als die übliche Niedrigspannung von 12 Volt bietet.

Voll-Hybrid: Als Voll-Hybrid-Fahrzeuge werden jene Modelle bezeichnet, bei denen der Elektromotor tatsächlich einen essenziellen Beitrag zum Vorankommen leistet. Das Fahrzeug kommt zumindest auf kurzen Strecken auch allein mit der Kraft des Elektromotors vorwärts. Der Akku wird durch Bremsenergie-rückgewinnung (Rekuperation) oder Antrieb durch Verbrennungsmotor (sog. Auflasten) aufgeladen.

Plug-in-Hybrid: Der Plug-in-Hybrid (PHEV) ist eine Variante des Voll-Hybrid-Konzepts. Während der Akku bei normalen Hybrid-Fahrzeugen lediglich durch Rekuperation oder alternativ durch den Verbrennungsmotor aufgeladen wird, kann der Stromspeicher bei Plug-in-Fahrzeugen auch via Steckdose gefüllt werden. Mit der Kapazität des Akkus steigt die elektrische Reichweite, so dass Plug-in-Fahrzeuge nicht nur kurze Distanzen, sondern auch längere Streckenabschnitte – typischerweise etwa 50km – ausschließlich mit elektrischem Antrieb zurücklegen können. Der Gesetzgeber lässt derzeit bei diesen Fahrzeugen eine Verbrauchsberechnung zu, die den elektrischen Fahranteil mit null Energieaufwand berechnet. Das Ergebnis sind außerordentlich gute Normverbräuche.

BEV: Ein batterieelektrisches Fahrzeug (BEV – Battery Electric Vehicle) wird von einem oder mehreren Elektromotoren angetrieben. Die Speicherung der elektrischen Energie erfolgt in einem Akkumulator (üblicherweise als Batterie bezeichnet).

Brennstoffzellen: Bei Brennstoffzellen-Fahrzeugen (FCEV) wird die elektrische Energie üblicherweise aus Wasserstoff – dieser befindet sich in einem Tank im Fahrzeug – durch eine Brennstoffzelle erzeugt und direkt mit dem Elektromotor in Bewegung umgewandelt oder in einer Batterie zwischengespeichert. Im Vergleich zum Batterieelektro-Fahrzeug läuft der „Tankvorgang“ mit Wasserstoff schneller ab. Er ist ähnlich kurz wie bei Benzin- und Dieselfahrzeugen.

■ Szenario 1: Entwicklungen bis 2025

Alleine durch die abzusehende technologische Evolution wird bis zum Jahr 2025 der Anteil an Hybrid-Fahrzeugen (HEV) an den Neuzulassungen laut Prognose von einem derzeit sehr geringen Niveau auf 45 Prozent signifikant steigen. Ein wesentlicher Grund dafür ist die breite Anwendung der 48-V-Technologie (s. Kasten „Antriebsarten“), die gemeinsam mit den Mild-Hybriden und den Voll-Hybriden im vorliegenden Expertenbericht die Gruppe der Hybrid-Fahrzeuge (HEV) bildet.

Die 48-V-Technologie wird 2025 auch in kleineren Fahrzeugklassen kostenverträglich verfügbar sein und damit den Hauptanteil der Hybride darstellen – die sogenannten Mild-Hybrid-Fahrzeuge (s. Kasten „Antriebsarten“). Bei diesen Fahrzeugen liefert der Elektromotor nur äußerst eingeschränkte Unterstützung für den Verbrennungsmotor. In der Praxis sind geringe Fahrfunktionen in einem sehr niedrigen Geschwindigkeitsbereich möglich. Mit dem Elektromotor lassen sich auch keine weiten Strecken zurücklegen. Seine Hilfsfunktionen (z.B. elektrisch unterstützte Turbolader, elektrische Wasserpumpe und Einparken) können verbrauchs- und emissionsmindernd wirken (zw. 10% und 15% CO₂-Reduktion).

Der Neuzulassungs-Anteil an Voll-Hybrid-Fahrzeugen (s. Kasten „Antriebsarten“) an den Hybrid-Fahrzeugen wird 2025 vergleichsweise gering sein. Für Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge (PHEV, s. Kasten „Antriebsarten“) wird von einem Anteil von 15 Prozent ausgegangen. PHEV werden vor allem in den größeren Fahrzeugklassen ein fixes Angebot im Technologiesegment bilden.

Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) werden – gegenüber dem heutigen Stand signifikant – auf

15 Prozent der Neuzulassungen im Jahr 2025 ansteigen. Anwendung finden diese in kleiner Stückzahl im großen Fahrzeugsegment (SUV, prestigeträchtige Hochleistungsfahrzeuge) und zu einem wesentlich relevanteren Anteil in der urbanen Mobilität. Als Treiber für die BEV-Verbreitung sind gesetzliche Rahmenbedingungen, Anreize sowie die CO₂-Flottenziele in der EU zu sehen. Die im Szenario 1 bis 2025 und Szenario 1 bis 2030 erwartete technologische Evolution (Effizienzsteigerung im Antriebsstrang) erfolgte unter der Prämisse, dass die CO₂-Flottenvorgaben der EU kontinuierlich fortgeschrieben und gesenkt werden. Erhebliche Limitationen für die BEV-Verbreitung gibt es durch die fehlende Ladeinfrastruktur im urbanen Bereich. 2025 werden voraussichtlich erste Erfahrungen mit der Lithium-Feststoff-Batterie gesammelt. Lithium-Luft-Batterien bzw. Metall-Sauerstoff-Systeme befinden sich derzeit noch im Forschungsstadium. Eine Umsetzungsmöglichkeit ist seriös nicht zu prognostizieren.

Die Brennstoffzelle wird 2025 trotz ihrer großen Potenziale vor allem aus Kosten- und aus Infrastrukturgründen einen geringen Anteil an den neuzugelassenen Antriebstechnologien ausmachen. Die Brennstoffzellen-Produktion ist für die Hersteller noch teuer, die Anzahl an Wasserstofftankstellen für die Nutzer noch gering. Im Gegensatz zur Elektromobilität ist allerdings der Aufwand für die Tankstelleninfrastruktur für Brennstoffzellen-Fahrzeuge geringer. Diese können mit einer Wasserstoff-Betankung wesentlich länger fahren (500km aufwärts). Darüber hinaus dauert der Tankvorgang (ca. 5 Minuten) deutlich kürzer als das Laden des Elektrofahrzeugs.

■ Verbrennungsmotor bleibt zentraler Antrieb

Die Verbrennungskraftmaschine wird somit 2025 noch mit 84 Prozent der neuzugelassenen Fahrzeugantriebe (in Plug-in-Hybriden, Hybriden und als alleiniger Antrieb) eine zentrale Rolle spielen. Die Aufteilung von Otto- und Dieselantrieben wird dabei in Summe durch die Elektrifizierung gegenüber dem heutigen Stand zugunsten des Ottomotors verschoben. Dies gilt insbesondere für die hybridisierten Fahrzeuge. Bei ihnen fällt der Wirkungsgradvorteil des Dieselmotors – der jetzt schon einen höheren Wirkungsgrad hat –

naturgemäß etwas geringer aus. Komplexität und Kosten des Hybrid-Antriebes könnten damit aber weiter steigen. Dies trifft vor allem auf Plug-in-Fahrzeuge zu.

Nach wie vor wird 2025 für Viel- und Langstreckenfahrer der Dieselmotor (als reiner Verbrennungsmotor, HEV und PHEV) mit einem Neuzulassungs-Anteil von etwa 34 Prozent ein wesentlicher Antrieb bleiben und vorwiegend in Mittel- und Oberklassefahrzeugen zum Einsatz kommen.

■ Szenario 1: Entwicklungen bis 2030

Mit Blick auf 2030 ist eine weitere Fortsetzung des Trends zur Elektrifizierung absehbar. BEV werden anteilmäßig an den Neuzulassungen etwa ein Viertel ausmachen. Kritische Faktoren sind dabei die Verbesserung der Ladeinfrastruktur sowie die Steigerung der Leistungsfähigkeit bei gleichzeitiger Senkung der Kosten von Batterien sowie deren umweltverträgliche Herstellung. Unabhängig von künftigen

gesetzlichen und finanziellen Rahmenbedingungen, die derzeit noch nicht absehbar sind, geht der vorliegende Expertenbericht im Szenario der technologischen Evolution von einer unveränderten steuerlichen Behandlung von BEV bis 2030 aus (Ausnahme: Ankaufsförderung, die Ende 2018 ausläuft). Für die Sinnhaftigkeit sowie Bewertung der Umweltbilanz von reinen BEV wird die bedarfsgerechte

Technologische Entwicklung ermöglicht starke Zunahme von Hybrid-Fahrzeugen.

Fehlende Ladeinfrastruktur begrenzt den Erfolg von E-Fahrzeugen.

84 Prozent der 2025 neu zugelassenen Fahrzeuge nutzen zumindest teilweise einen Verbrennungsmotor.

Genügend Strom aus erneuerbaren Quellen ist Schlüsselfaktor für E-Mobilität.

Brennstoffzelle besonders attraktiv für Langstrecken- und Güterverkehr.

Bereitstellung von regenerativ erzeugtem Strom zur Schlüsselfrage. Sie ist entscheidende Voraussetzung für die Forcierung von Elektromobilität. Eine Stromerzeugung für BEV aus Gas oder Kohle würde schließlich nur auf lokaler Ebene für CO₂-neutrale Mobilität sorgen. Treibhausgase wirken allerdings global. Der Strombedarf für eine „Mobilitätswende“ hin zur Elektromobilität muss daher zusätzlich zur bestehenden Stromproduktion – bei der ebenfalls fossile durch erneuerbare Energieträger ersetzt werden – aus erneuerbaren Energien erfolgen.

Nachdem die Potenziale der Wasserkraft in Österreich begrenzt sind, stehen die volatilen erneuerbaren Energiequellen Windkraft und Solarkraft im Mittelpunkt des Interesses. Die Entwicklung von Speichertechnologien ist deshalb eine zentrale, aber bisher noch nicht gelöste Herausforderung. Angesichts der eingeschränkten Speichermöglichkeit von elektrischer Energie stellt die wasserstoffbetriebene Brennstoffzelle eine überaus attraktive Lösung insbesondere für den Langstrecken- und Güterverkehr dar. Weil für den Zeithorizont 2030 selbst die Hersteller von FCEV noch vorsichtig bezüglich des Marktanteils sind – was auch mit dem erforderlichen Aufbau der gesamten Infrastruktur begründet wird –, geht die vorliegende Prognose von lediglich etwa 3 Prozent

Neuzulassungs-Anteil aus. Aus technischer Perspektive erscheint das Brennstoffzellen-Fahrzeug jedenfalls als das bessere Elektromobil, das zudem für den Endkunden keine grundlegenden Umstellungen bringt und kurze Tankvorgänge sichert.

Hybrid-Antriebe (HEV), zu denen auch die 48-V-Technologie gehört, werden 2030 den überwiegenden Anteil der Antriebe bilden. Der Verbrennungsmotor wird beim Pkw praktisch ausschließlich in hybridisierten Antrieben eingesetzt. Bei kleinen Fahrzeugen erfolgt dies als kostengünstiges 48-V-System.

Eine bedeutsame Rolle werden Entwicklung und Einsatz von sogenannten E-Fuels bzw. alternativen Kraftstoffen spielen, die erneuerbar über Elektrolyse und Synthese erzeugt werden. Diese können sowohl bei Otto- als auch Dieselmotoren, die 2030 als wirkungsgradgünstiges Aggregat ein wesentliches Element des Antriebes darstellen, eingesetzt werden. Der Vorteil der E-Fuels gegenüber der Elektromobilität besteht darin, dass bestehende Infrastruktur (Fuhrpark, Tankstellen) genutzt werden kann. Bis 2030 könnten erhebliche Anteile des Kraftstoffeinsatzes durch alternative Kraftstoffe erfolgen, zeigt eine Potenzialabschätzung von Univ.-Prof. Dr. Hermann Hofbauer von der TU Wien (s. Kapitel „Potenziale alternative Kraftstoffe“, ab S. 76).

Entwicklung der Neu- zulassungen nach Antriebsart bis 2030 ohne wesentliche politische Eingriffe („Szenario 1“).

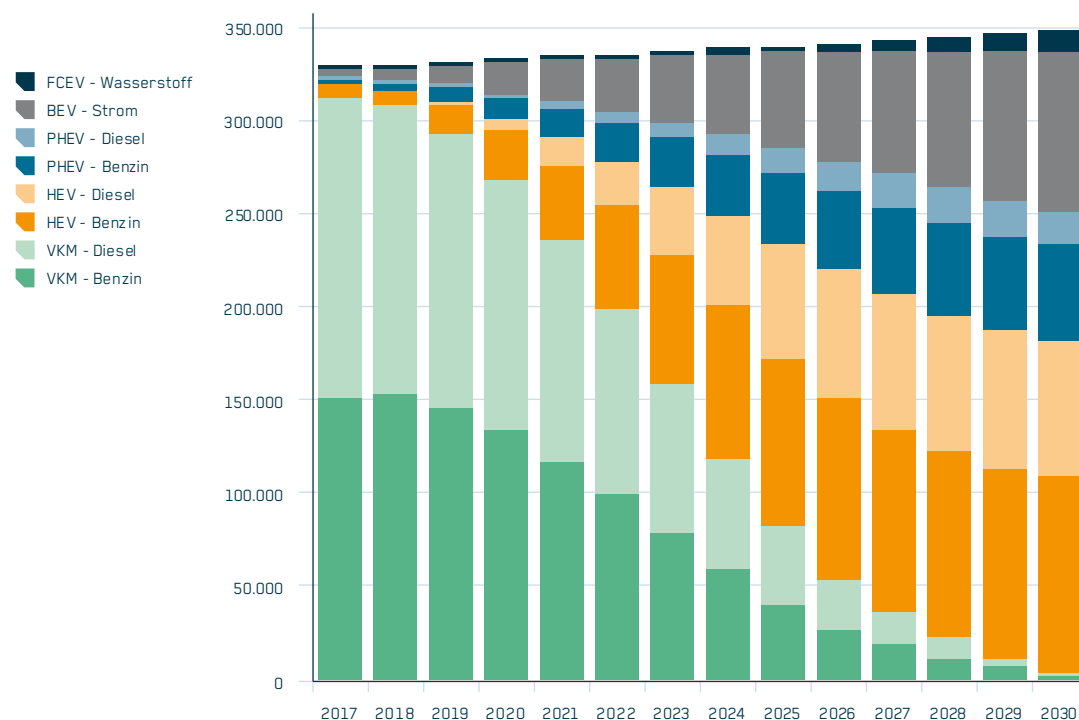


Abbildung 13: Entwicklung der Neuzulassungen nach Antriebsart bis 2030 in Szenario 1.

- Alleine durch die zu erwartende Hybridisierung werden Pkw mit reinen Verbrennungskraftmotoren schon ab dem Jahr 2023 nicht mehr die mehrheitlich neuzugelassene Antriebsart darstellen. Im Jahr 2030 werden diese Pkw nur noch einen Anteil von einem Prozent an den Neuzulassungen haben.

■ Szenario 2: Offene Fragen auch abseits der Fahrzeugentwicklung

Szenario 2 geht von der Annahme aus, dass durch politische Lenkungsmaßnahmen im Jahr 2030 keine Verbrennungsmotoren mehr neuzugelassen werden. Als Konsequenz daraus geht der vorliegende Expertenbericht davon aus, dass sich der Anteil an Hybrid-Fahrzeugen (HEV) und Plug-in-Hybriden (PHEV) von etwa 50 Prozent im Jahr 2025 innerhalb von fünf Jahren auf null reduziert. Für dieses fiktive Grenzszenario wurde eine Aufteilung von 70 Prozent batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) und

30 Prozent Brennstoffzellenautos (FCEV) im Jahr 2030 angesetzt.

Aufgrund großer Herausforderungen im Hinblick auf Ressourcengewinnung und Produktion hauptsächlich bei den Batterien sowie der dazu erforderlichen regenerativen Energiebereitstellung ist diesen Themen jedenfalls besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

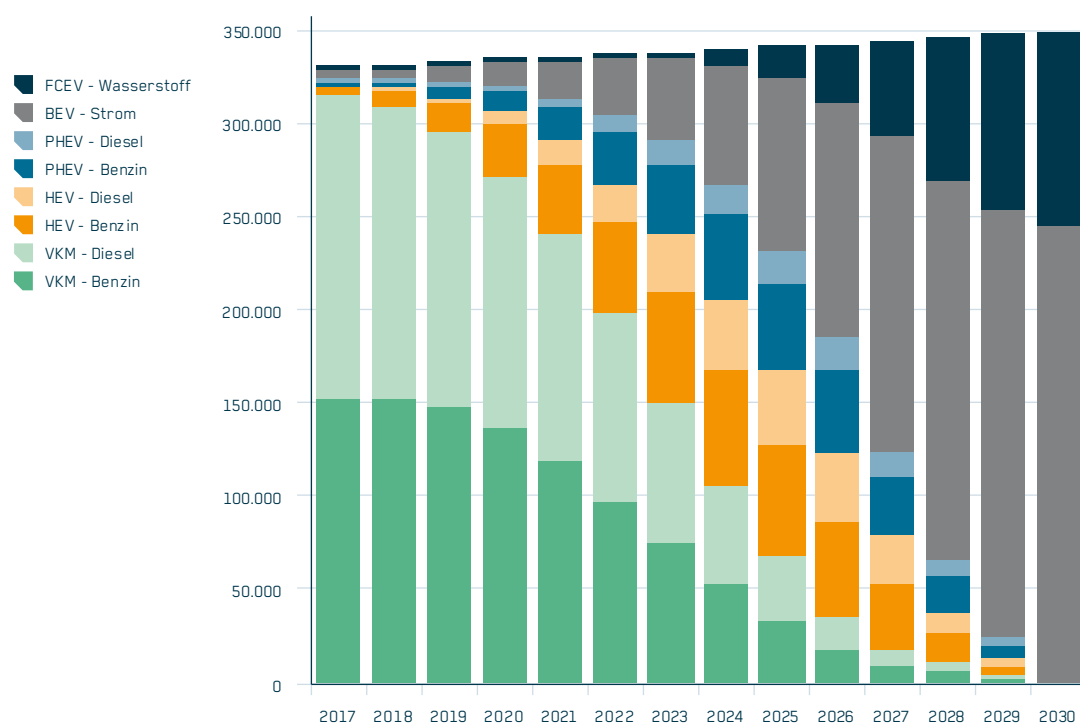


Abbildung 14: Entwicklung der Neuzulassungen nach Antriebsart bis 2030 in Szenario 2.

■ Durch politische Lenkungsmaßnahmen, wie beispielsweise die Verteuerung von fossilen Antrieben, werden im Jahr 2030 nur noch BEV und FCEV neuzugelassen.

Potenziale der Energieeffizienzsteigerung der verschiedenen Antriebstechnologien (Vergleich 2015 mit 2030)

Verbrennungsmotoren: Bei Verbrennungsmotoren (VKM) können CO₂-Emissionen durch den Einsatz alternativer Kraftstoffe (wie beispielsweise Erdgas und nachhaltig erzeugte Kraftstoffe) sowie mittels motorischer Maßnahmen weiter reduziert werden (z.B. thermodynamische Potenziale durch gesteigerte Variabilität in Ventilsteuerung, Aufladung, Verdichtung, spezifisch entwickelte Werkstoffe etc.)

Das Energieeffizienzsteigerungspotenzial motorischer Maßnahmen bei leichten Pkw liegt bei 15 Prozent bis 25 Prozent, jenes von schweren Pkw wird mit 10 Prozent bis 15 Prozent eingeschätzt. In weiterer Folge wird von einer durchschnittlichen Effizienzsteigerung von 20 Prozent ausgegangen.

HEV sowie PHEV: Das Energieeffizienzsteigerungspotenzial liegt bei bis zu 30 Prozent.

BEV: Das Energieeffizienzsteigerungspotenzial liegt bei bis zu 10 Prozent (BEV 2), vorausgesetzt Batterie- und Fahrzeuggröße bleiben konstant. Dies betrifft nur den Wirkungsgrad, nicht die Reichweite. Elektrische Reichweite ist kein Technologieproblem, sondern – wie die Motorleistung eines VKM-Fahrzeuges – eine Frage der Auslegung. Höhere Reichweite erfordert die Vergrößerung der Traktionsbatterie (mehr kWh) mit der verbundenen Mehrung von Gewicht und Kosten, ist also eine Frage der Sinnhaftigkeit bei jeweiliger Anwendung. Werden dementsprechend vermehrt größere Fahrzeuge und höhere Reichweiten nachgefragt, ist entgegen dem Einsparungspotenzial sogar mit einer Erhöhung des durchschnittlichen Verbrauchs zu rechnen (+6% (BEV 1)).

FCEV: Das Energieeffizienzsteigerungspotenzial liegt bei bis zu 15 Prozent.

„Aus“ für Verbrennungsmotor würde auch „Aus“ für Hybrid-Fahrzeuge bedeuten.

Entwicklung der Neuzulassungen nach Antriebsart bei politisch motiviertem „Aus für Verbrennungsmotor 2030“ („Szenario 2“).

Bis 2030 deutlicher Rückgang des Verbrauches bei Verbrennungsmotoren.

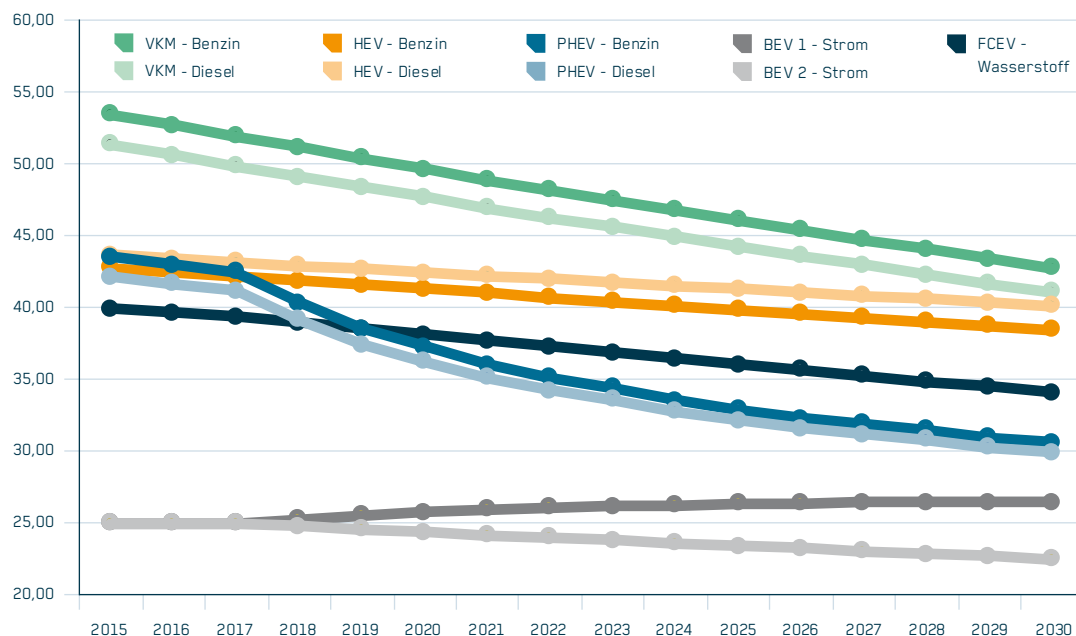
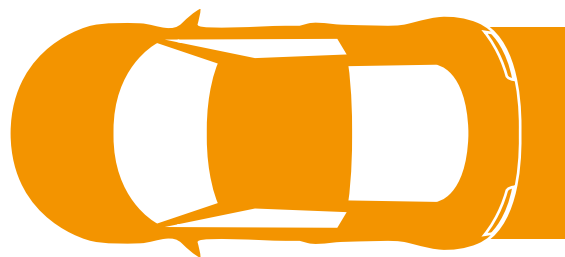
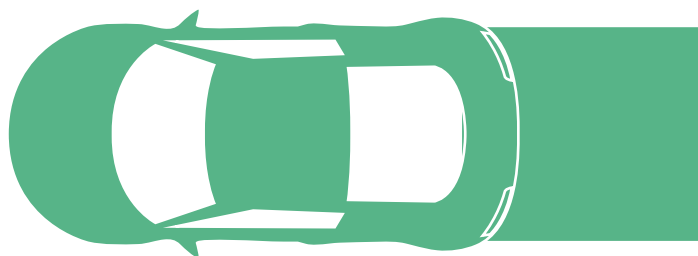


Abbildung 15: Abgeschätzte Entwicklung der Verbräuche der Neuzulassungen je Antriebsart in kWh/100km auf Basis der Durchschnittsverbräuche der Neuzulassungen von 2015 gem. PROVEM (s. Anhang S. 92)

* BEV 1 inkl. Heizung (+ 3 kWh/100km), wachsende Batteriegröße und Shift im Segment (von Kompakt-BEV zu größeren)

** BEV 2 inkl. Heizung (+ 3 kWh/100km), gleichbleibende Batteriegröße und Fahrzeug



The background of the image is a dark blue field with a light blue line-art map of a city street grid. Two prominent routes are highlighted: a thick orange line on the left side, curving from the top towards the bottom, and a thick green line on the right side, curving from the top towards the bottom. The text is centered in the upper half of the image.

HERAUSFORDERUNGEN DER E-MOBILITÄT

Größere Reichweiten brauchen technologische Weiterentwicklung von Batterien.

Verfügbarkeit und Kosten von Rohstoffen für Batterien entscheidend.

Neue politische Abhängigkeiten für Europa.

Erfolgsfaktoren und Rahmenbedingungen

Mit Elektromobilität sind in der klimapolitischen Debatte zahlreiche Hoffnungen und Erwartungen verbunden. Neben infrastrukturellen Voraussetzungen (z.B. Ladeinfrastruktur) hängt die Zukunft der Elektromobilität auch von der Verfügbarkeit von Rohstoffen für BEV und FCEV (hier insbesondere Zugänglichkeit, Kosten) sowie von der Entwicklung der Akku-Technologie (Ladedauer, Reichweite) ab. In einem Expertengespräch mit Univ.-Prof. Dipl.-

Ing. Dr.techn. Dr. h.c. Wilfried Eichlseder, Rektor der Montanuniversität Leoben, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Peter Moser, Vizerektor der Montanuniversität Leoben und Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Helmut Antrekowitsch, Leiter des Lehrstuhls für Nichteisenmetallurgie, Montanuniversität Leoben, wurden für den vorliegenden Expertenbericht „Mobilität & Klimaschutz 2030“ Befunde zu diesen Fragestellungen präsentiert.

■ Entwicklung bei Batterie-Technologie

Die Batterie-Erzeugung wird laut Experten generell immer weniger energieintensiv und sauberer. Für Recycling wird derzeit schon sehr wenig Energie benötigt. Die Experten der Montanuniversität Leoben rechnen bis 2030 mit Weiterentwicklungen an der Lithium-Ionen-Batterie (LIB), die zu einer größeren Reichweite führen, schnelleres Laden ermöglichen, die

Lebensdauer verlängern und eine höhere Kapazität pro kg erreichen können. Im Verbund mit weiteren Absatzsteigerungen wird eine Reduktion des Preises pro kWh erwartet.

Die Experten gehen davon aus, dass die Forschungen an der Lithium-Feststoff-Batterie forciert werden, jedoch mit einer Marktreife vor 2030 nicht zu rechnen ist.

■ Verfügbarkeit von Rohstoffen

Die Experten der Montanuniversität Leoben berichten, dass die Verfügbarkeit von, für die Produktion von Batterien, notwendigen Rohstoffen auch bei steigender Nachfrage grundsätzlich gesichert ist. Lithium ist weltweit ausreichend vorhanden und so kostengünstig, dass sich derzeit ein Recycling finanziell nicht rechnet.

Seltene Erden sind in LIB nicht vorhanden und die genaue Zusammensetzung von Lithium-Feststoff-Batterien kann noch nicht genau angegeben werden. Seltene Erden spielen dafür bei der Produktion der Brennstoffzelle eine Rolle.

Nickel selbst ist nicht kritisch zu bewerten, da hier Ressourcen und auch der Zugang zu ihnen leicht möglich sind. Anders gestaltet es sich bei Kobalt,

worauf der Zugriff zurzeit für Europa und USA schwierig ist, da die Demokratische Republik Kongo (DR Kongo) – in der es große Vorkommen gibt – ein Konfliktland ist. Die Verfügbarkeit wird gegeben sein, allerdings kann die Volatilität der Preise eine Herausforderung darstellen.

Die Experten der Montanuniversität sind der Ansicht, dass neben dem ausreichenden Vorhandensein der Rohstoffe auch durch entsprechendes Recycling Kobalt und Nickel wieder rückgewonnen werden können, was besonders für Europa eine Alternative zum Abbau darstellt. Entsprechende Recyclingsysteme existieren bereits und werden erfolgreich eingesetzt. Aufgrund der langen Verweildauer von LIB für Autos fallen derzeit aber nur geringe Mengen an Batterien zum Recycling an.

■ Politische Abhängigkeit und Spekulation

Ein wesentlicher Faktor für die tatsächliche Verfügbarkeit ist allerdings, ob die jeweiligen Rohstoffe weltweit in unterschiedlichen Regionen gewonnen werden können, oder ob der Abbau auf wenige Regionen bzw. Länder beschränkt ist. Dabei zeigt die geografische Analyse folgendes Bild:

■ Kobalt ist im Hinblick auf die geografisch-politische Situation ungünstig verteilt. Der Großteil der Erze kommt zwar aus der DR Kongo, allerdings findet die Raffinierung großteils in China statt, wodurch China weltweit als größter Kobalt-Produzent (Marktanteil ca. 50 %) anzusehen ist. Die Situation ist im Fall von Kobalt allerdings besser als etwa bei seltenen Erden zu bewerten, da auch Finnland, Belgien, Kanada und viele andere Länder Kobalt produzieren. Die Neuerrichtung von Lagerstätten zu Kobalt-Gewinnung nimmt Zeiträume von zehn bis 15 Jahre in Anspruch und ist extrem kostenaufwändig (ca. 1 Mrd. Euro pro Lagerstätte).

■ Auch Nickel ist ebenfalls weltweit gut verteilt und daher entsprechend zugänglich.

■ Lithium verfügt heute über eine gute geografische Verteilung. Es ist nach der Definition der EU kein kritischer Rohstoff.

Abhängigkeiten und Unwägbarkeiten hinsichtlich der künftigen Verfügbarkeit sind somit insbesondere bei Kobalt eine Herausforderung. Aufgrund von Spekulationen und politischem Druck wichtiger Produktionsländer (bspw. China) kann es bei kritischen Materialien zudem immer wieder zu

teils massiven Preisschwankungen kommen. Ihre Dimensionen und Auswirkungen lassen sich heute noch nicht abschätzen. Aus rohstofflicher und metallurgischer Sicht liegen zurzeit und zukünftig keine Hindernisse für die Weiterentwicklung der E-Mobilität vor.

■ Europa hat Handlungsbedarf

Ein wesentlicher Faktor für die Zukunft der Elektromobilität und der Batterie-Technologie sind die Akteure auf den Weltmärkten. Zu den wichtigsten handelnden Staaten zählen derzeit China, USA, Korea und Japan. Die EU hinkt nach Ansicht der befragten Experten sehr

stark hinterher, was zu einer starken Abhängigkeit von den oben genannten Ländern führt. Der Handlungsbedarf bei der Batterieentwicklung ist für die EU entsprechend hoch.

E-Mobilität: Versorgungssicherheit am Prüfstand

Ein wesentlicher Faktor für die Verbreitung und Nutzung der E-Mobilität ist die Versorgungssicherheit mit Strom. Elektrofahrzeuge sind schließlich zusätzliche Verbraucher im Stromsystem, deren Bedarf zudem aus volatilen erneuerbaren Energieträgern gedeckt werden soll. Die Integration von Elektrofahrzeugen stellt somit erhebliche, völlig neue Anforderungen an die elektrische Versorgungsinfrastruktur.

Im Rahmen des vorliegenden Expertenberichtes untersuchten Dipl.-Ing. Dr. Martin Baumann, Dipl.-Ing. Dr.techn. Werner Brandauer, Lukas Egger, MSc BA und Dipl.-Ing. Günter Pauritsch von der Österreichischen Energieagentur in einer Studie¹⁴, welche Herausforderungen die geplante „Mobilitätswende“ hin zur E-Mobilität für die Versorgungssicherheit realistischerweise nach sich ziehen würde.

■ Das österreichische Stromsystem

Die österreichische Stromversorgung ist bereits heute von einem im internationalen Vergleich hohen Anteil an erneuerbaren Energieträgern geprägt. Die Nutzung der Wasserkraft stellt den traditionellen Hauptbestandteil der erneuerbaren Stromerzeugung in Österreich dar. Im Jahr 2016 betrug der Anteil aller erneuerbaren Energieträger am österreichischen Gesamtstromverbrauch ca. 71 Prozent.¹⁵

Das Regierungsprogramm der österreichischen Bundesregierung¹⁶ enthält eine Zielsetzung, nach der der Anteil von erneuerbaren Energien am nationalen Gesamtverbrauch bis 2030 in einer nationalen, bilanziellen Betrachtung bis 2030 auf 100 Prozent erhöht werden soll. Dies wird bis zum Jahr 2030 einen weiteren massiven Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern erfordern. Da Ausbaumöglichkeiten im Bereich der Wasserkraft und Biomasse aufgrund der verfügbaren Potenziale nur in begrenztem Ausmaß möglich sein werden, ist zu erwarten, dass der Großteil des künftigen Ausbaus in den Bereichen Windkraft und Fotovoltaik erfolgen wird. Somit wird die österreichische Stromversorgung künftig noch in viel größerem Ausmaß als heute von fluktuierender Stromerzeugung mit

stark unterschiedlichen tages- und jahreszeitlichen Verläufen geprägt werden.

Der österreichische Gesamtstromverbrauch betrug im Jahr 2016 insgesamt ca. 72,9 TWh. Das Szenario PRIMES 2016¹⁷, das von der EU verwendet wird, geht im Jahr 2030 von einem Stromverbrauch in der Höhe von 81,7 TWh aus. Die österreichische Elektrizitätswirtschaft erwartet in ihrer Stromstrategie „Empowering Austria“¹⁸ sogar einen Anstieg des Stromverbrauchs auf bis zu 88 TWh im Jahr 2030.

Generell wird der Trend einer zunehmenden Elektrifizierung in Form der Substituierung anderer Energieträger durch elektrische Energie erwartet. Die Elektromobilität bildet dabei einen maßgeblichen Treiber für den Einsatz elektrischer Energie im Verkehrsbereich.

Die im Rahmen dieses Projekts betrachteten Szenarien für die Entwicklung der Pkw-Flotte führen im Jahr 2030 zu einem Strombedarf für E-Mobilität in der Höhe von 3,3 TWh (Szenario 1) bzw. 5,3 TWh (Szenario 2), das entspricht einer Erhöhung des Gesamtstromverbrauches um 3,8 – 4,0 Prozent bzw. 6,0 – 6,5 Prozent.

Batteriebetriebene Fahrzeuge als Herausforderung für elektrische Versorgungsinfrastruktur.

Hoher Anteil erneuerbarer Energieträger muss bis 2030 noch weiter gesteigert werden.

14 Österreichische Energieagentur (2018): Mobilitätswende 2030 – Machbarkeit und Herausforderungen.

Auswirkungen auf die österreichischen Treibhausgasemissionen und das elektrische Energieversorgungssystem

15 Statistik Austria (2017a): Energiebilanz 2016

16 Österreichische Volkspartei, Freiheitliche Partei Österreichs (2017): Zusammen für unser Österreich, Regierungsprogramm 2017–2022

17 E3MLab/ICCS at National Technical University of Athens (2016): PRIMES

18 Österreichs Energie (2015): Stromstrategie – Empowering Austria

Ohne Steuerung der Ladung von E-Fahrzeugen entstehen deutliche Lastspitzen.

■ Ladestrombedarf im Jahr 2030:

Eine fortschreitende Marktdurchdringung der Elektromobilität stellt für das Stromsystem eine neue Herausforderung, vor allem hinsichtlich Stromnachfrage und deren zeitlichem Verlauf, dar.

Im Szenario 1 wird die österreichische Pkw-Flotte im Jahr 2030 ca. 1.128.000 Fahrzeuge (595.000 BEV und 533.000 PHEV) aufweisen, für die Ladestationen in ausreichendem Ausmaß zur Verfügung stehen müssen. Im Szenario 2 sind es sogar 1.668.000 Fahrzeuge (1.261.000 BEV und 407.000 PHEV) (s. Abbildung 28 bzw. 29 im Kapitel „Mobilitätswende“ am Umwelt-Prüfstand, ab S. 69).

Ein BEV mit einer jährlichen Laufleistung von 13.000 km benötigt bei einem Verbrauch von 26,5 kWh/100km im Jahr 2030 jährlich eine Ladestrommenge von ca. 3.400 kWh. Das entspricht der Größenordnung des aktuellen jährlichen Stromverbrauchs eines durchschnittlichen österreichischen

Haushalts (2016: 3.560 kWh¹⁹). Ein PHEV kommt mit seinem elektrischen Anteil der Fahrleistung auf einen jährlichen Stromverbrauch von ca. 1.800 kWh.

Typische Ladeverläufe wurden bereits in verschiedenen nationalen aber auch internationalen Feldversuchen ermittelt. Berücksichtigt man, dass die überwiegende Anzahl der Ladevorgänge zu Hause stattfindet, lassen sich aus Ladekurven²⁰ ableiten, aus denen klar hervor geht, dass ein Großteil der Ladungen in den Abend- und Nachtstunden erfolgt.

Würde sich das Ladeverhalten der Fahrzeuge bei steigender Marktdurchdringung der Elektromobilität bis zum Jahr 2030 nicht ändern, würden sich in Szenario 1 (Ladestrombedarf: 3,3 TWh) und Szenario 2 (Ladestrombedarf: 5,3 TWh) Gesamtladekurven wie in Abbildung 16 abgebildet ergeben.

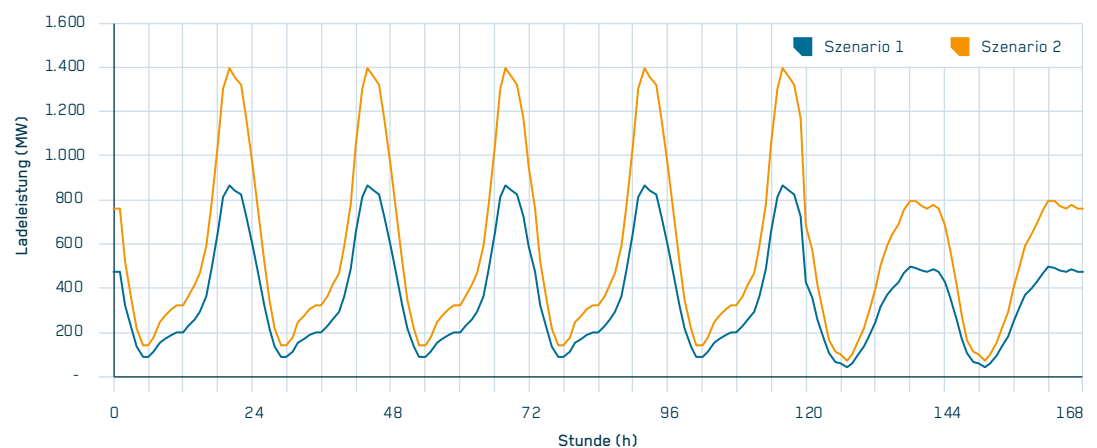


Abbildung 16: Summenladelastgang einer Woche im Jahr 2030 für die beiden betrachteten Szenarien bei konventionellem Ladeverhalten

Diese Ladeverläufe ergeben sich, wenn jeder Fahrzeugbesitzer sein Fahrzeug nach seinen eigenen Bedürfnissen lädt und es keine Anreize gibt, das Ladeverhalten netzdienlich zu gestalten. Damit würde sich in Summe ein Ladeverhalten ergeben, das in den Abendstunden (18:00 bis 24:00) ein ausgeprägtes Maximum besitzt. Die Ladung der E-Fahrzeuge würde in diesem Fall im österreichischen Stromsystem Lastspitzen in der Höhe von

mehr als 800 MW im Szenario 1 und bis zu 1.400 MW im Szenario 2 erzeugen. Diese würden die bestehende Abendlastspitze in den Verteilernetzen verstärken. Für das Stromsystem wäre sinnvoll, wenn das Ladeverhalten der Elektrofahrzeuge so gesteuert würde, dass das Laden möglichst in Zeiten geringeren Verbrauchs erfolgt. Dies würde auch zu einer Verringerung des Investitionsbedarfs in die Netzinfrastruktur beitragen.

■ Ladedauer und Ladegeschwindigkeit

Für die Beschreibung der Ladedauer gibt es keine geltenden Normen, weshalb in der Literatur unterschiedliche Beschreibungen und Einteilungen gebräuchlich sind. Eine häufig verwendete Einteilung unterscheidet zwischen den folgenden drei Fällen:

- **Langsamladung, auch Normalladung genannt, erfolgt mit Wechselstrom, dauert üblicherweise mindestens sechs bis acht Stunden und findet meist über Nacht statt. Der Netzanschluss ist einphasig mit 230 V und 16 A ausgeführt, was einer Anschlussleistung von 3,7 kW entspricht.**

¹⁹ Statistik Austria (2018a): Energiestatistik: Strom und Gastagebücher 2008/2012/2016

²⁰ U. S. Department of Energy (2013): The EV Project

- Beschleunigte Ladung wird in der Regel mit einer Ladeanschlussleistung von 11,1 kW Wechselstrom (400 V, 16 A, dreiphasig) definiert.
- Schnellladung erfordert Leistungen von mehr als 11,1 kW, ist somit mit Wechselstrom üblicherweise dreiphasig oder mit Gleichstrom zu realisieren.

Die tatsächliche Ladezeit eines Elektrofahrzeugs hängt von drei Faktoren ab: der maximal möglichen Ladeleistung am Ladepunkt, der Kapazität des zu ladenden Akkus sowie dem aktuellen Ladezustand des Batteriespeichers beim Start der Ladung.

Abbildung 17 zeigt die benötigte Ladedauer für unterschiedliche Ladeenergiemengen in Abhängigkeit der gewählten Ladeleistung. Diese Angaben gelten in etwa im Bereich von der Minimalladung bis zu einer Ladung von 80 Prozent. Es wird dabei von einer konstanten Ladeleistung ausgegangen.

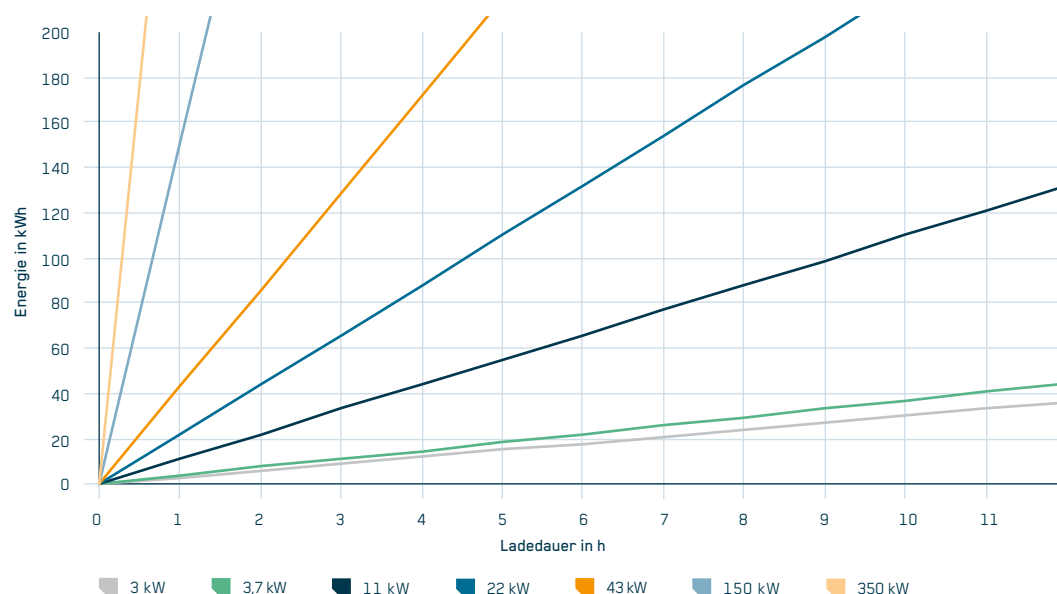


Abbildung 17: Geladene Energiemenge in Abhängigkeit der Ladeleistung und Ladedauer

Im Rahmen dieses Projekts wird davon ausgegangen, dass BEV im Jahr 2030 über eine durchschnittliche Reichweite von 500 km verfügen und dass sie einen Verbrauch von 26,5 kWh/100km aufweisen werden. Das bedeutet, dass BEV im Jahr 2030 über Batteriekapazitäten in der Größenordnung von 130 kWh ver-

fügen werden. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass eine Batteriekapazität von 130 kWh deutlich größer ist, als für eine durchschnittliche wöchentliche Fahrleistung eines durchschnittlichen BEV erforderlich wäre. Das heißt, dass sich ein Großteil der Ladevorgänge auf Teilladungen beziehen wird.

■ Private und öffentliche Ladestationen

In der aktuellen Phase der Marktdurchdringung der Elektromobilität konzentriert sich diese vorwiegend auf Fahrzeughalter, die über private Lademöglichkeiten verfügen und auf Betreiber von Firmenflotten mit eigenen Lademöglichkeiten. Somit erfolgt die überwiegende Anzahl der Ladungen zu Hause oder am Arbeitsplatz.

Auch in Ländern mit einer bereits deutlich höheren Anzahl von Elektrofahrzeugen als Österreich zeigt sich, dass die Ladung zu Hause einen besonders hohen Stellenwert hat.

In Österreich werden derzeit beinahe 90 Prozent aller Elektrofahrzeuge zu Hause aufgeladen. Weniger als zehn Prozent laden Strom unterwegs und knapp fünf Prozent werden an Schnellladestationen geladen²¹. Das Laden zu Hause steht jedoch in direk-

ter Verbindung mit der Verfügbarkeit eines eigenen Stellplatzes. Im Mikrozensus 2016²² hat die Statistik Austria die Anzahl der Haushalte mit Garagen oder Autoabstellplätzen erhoben. Aus diesen Zahlen ergibt sich eine Anzahl von insgesamt 2,6 Mio. Haushalten mit mindestens einem Garagen- bzw. Autoabstellplatz (dies entspricht 66% der österreichischen Haushalte). Diese Zahl liegt deutlich höher als die Anzahl der angenommenen BEV und PHEV in den Szenarien (1,1 Mio. Fahrzeuge in Szenario 1 bzw. 1,7 Mio. Fahrzeuge in Szenario 2). Im Durchschnitt über ganz Österreich betrachtet sind also genügend Stellplätze für die angenommene Anzahl an Fahrzeugen verfügbar. Es kann daher mit großer Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass der Schwerpunkt der Ladungen auch im Jahr 2030 im Bereich der Heim- bzw. Firmenladung liegen wird.

Ladezeit hängt von mehreren Faktoren ab.

Annahme im Rahmen des Expertenberichtes: Batteriebetriebene Fahrzeuge haben 2030 eine Reichweite von 500 km und einen Verbrauch von 26,5 kWh/100km.

Für das Laden zu Hause braucht es einen eigenen Stellplatz. Im Schnitt verfügen zwei Drittel der Haushalte über einen eigenen Garagen- bzw. Autoabstellplatz, in Wien sind es nur ein Viertel.

²¹ TU Wien, Österreichische Energieagentur (2012): SOL Studie für die Organisation der zukünftigen Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge in Österreich

²² Statistik Austria (2017e): Mikrozensus 2016

Anzahl erforderlicher Ladepunkte.

Ausbau von Ladeinfrastruktur vor allem in der Stadt von großer Bedeutung.

Zunächst werden sich vor allem Eigenheimbesitzer batteriebetriebene Fahrzeuge anschaffen.

Die RL 2014/94/EU²³ gibt für den Ladeinfrastrukturausbau in den Mitgliedstaaten bis 2020 einen Richtwert für eine angemessene Zahl von öffentlichen Ladepunkten an. Dieser liegt bei mindestens einem Ladepunkt für je zehn Fahrzeuge, wobei auch dem Fahrzeugtyp, der Ladetechnologie und den verfügbaren privaten Ladepunkten Rechnung zu tragen wäre. Im Projekt SOL²⁴ wurde im Jahr 2012 eine Abschätzung des Ausbaus der erforderlichen

Ladeinfrastruktur in Österreich bis 2030 getroffen. Bei einer damals für das Jahr 2030 erwarteten Anzahl von 490.000 BEV wurde von einer notwendigen Anzahl von 0,1 – 0,2 öffentlichen plus einem privaten Ladepunkt pro BEV ausgegangen. Diese Verhältnisse erscheinen trotz der heute deutlich höheren erwarteten Anzahl an BEV (und PHEV) auch für die nun erstellten Szenarien plausibel (s. Tabelle 4).

Anzahl	BEV und PHEV	Private Ladepunkte	Öffentliche Ladepunkte	Ladepunkte gesamt
Szenario 1	1.128.290	1.128.290	112.829	1.241.119
Szenario 2	1.668.385	1.668.385	166.839	1.835.224

Tabelle 4: Anzahl erforderlicher Ladepunkte im Jahr 2030

Die Storyline der Szenarien 1 und 2 erwartet, dass Elektromobilität insbesondere im städtischen Bereich verstärkt zur Anwendung kommen wird, da die Technologie aufgrund ihrer geringen direkten Emissionen besonders attraktiv erscheint (Stichwort: Zero-Emission-Zones). Bezüglich der Verfügbarkeit von Autoabstellplätzen zeigen die Daten des Mikrozensus hier jedoch große Unterschiede zwischen urbanen und ländlichen Gebieten.

So haben in Wien nur ca. 25 Prozent der Haushalte einen Zugang zu einem Garagen- oder Autoabstellplatz.²⁵ Im Gegensatz dazu steigt der Anteil der Haushalte mit einem oder mehreren Autoabstellplätzen in kleinen Gemeinden auf knapp 88 Prozent. Es kann also festgehalten werden, dass der Ausbau von Ladeinfrastruktur insbesondere in urbanen Zentren von großer Bedeutung sein wird, da hier eine große Anzahl der potenziellen Fahrzeughalter für die Ladung ihrer Fahrzeuge von der öffentlichen

Verfügbarkeit entsprechender Infrastruktur abhängig ist. Dies gilt insbesondere für Ladestationen mit mehr als 11 kW Leistung bzw. für Schnellladestationen. Selbst wenn die Anzahl öffentlicher Ladepunkte im urbanen Bereich höher sein muss, so kann es sein, dass die Gesamtanzahl der Ladepunkte durch die bessere Ausnutzung der öffentlichen Ladeinfrastruktur geringer ausfallen kann als in Tabelle 4 (s. oben) angeführt.

Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Käufergruppen für BEV vorerst auf Besitzer von Eigenheimen bzw. Firmen mit eigenen Abstellplätzen konzentrieren werden. Parallel dazu ist der Ausbau öffentlicher Ladestationen erforderlich. Um eine weitere Marktdurchdringung zu ermöglichen, sollte sich dieser öffentliche Infrastrukturausbau anfangs insbesondere auf urbane Gebiete sowie entlang höherrangiger Verkehrsinfrastruktur konzentrieren.

■ Kosten der Infrastrukturbereitstellung

Die Bereitstellung von Ladeinfrastruktur ist mit Kosten verbunden. Diese sind dabei von den jeweiligen Rahmenbedingungen (Verfügbarkeit Anschlussleistung, Umbauarbeiten usw.) abhängig.

Eine Schätzung der Nationalen Plattform Elektromobilität²⁶ für öffentlich zugängliche Ladeinfra-

struktur ergibt für das Jahr 2020 Investitionskosten für Wechselspannungsladesäulen (11 oder 22 kW) von 7.500 Euro, für Gleichspannungsladesäulen mit 50 kW Investitionskosten von 24.000 Euro. Der laufende Betrieb pro Jahr wird mit 750 Euro bzw. 1.500 Euro geschätzt.

■ Elektrofahrzeuge im Stromsystem der Zukunft

Die Integration von Elektrofahrzeugen im Rahmen der Kopplung der Sektoren Elektrizität und Mobilität führt zu völlig neuen Herausforderungen für die elektrische Versorgungsinfrastruktur. Im Rahmen der Umstellung von fossiler Energie auf elektrische Energie im

Mobilitätsbereich werden vor allem die bestehenden Niederspannungsnetze vor neue Herausforderungen gestellt. Die Ladeleistungen von Elektromobilen können dabei ein Vielfaches der Anschlussleistungen heutiger Hausanschlüsse betragen.

■ Herausforderungen bei der Integration von Ladestationen

Ein wesentlicher Punkt bei der Planung von Verteilernetzleitungen, im Speziellen im Niederspannungsbereich, stellt dabei die Gleichzeitigkeit der Lasten dar. Haushaltslasten verfügen generell über eine sehr geringe Gleichzeitigkeit, das heißt, die gleichzeitig genutzte Leistung eines Verbraucherkollektivs ist

wesentlich geringer als die Summe aller angeschlossenen Leistungen. So wurden auch die Verteilernetzleitungen ausgelegt. Elektromobilitätsladung hat im Vergleich dazu aufgrund der längeren Ladedauern und höheren Anschlussleistungen einen höheren Gleichzeitigkeitsfaktor. Dies kann dazu führen, dass Leitun-

gen mit einer Vielzahl von Elektromobilitätsladestellen schnell an ihre thermischen Kapazitätsgrenzen kommen. Dies gilt nicht nur Niederspannungsverteilungen, sondern auch für Ortsnetztransformatorstationen, da sich hier die Last mehrerer Niederspan-

nungsverteilungen überlagert. Im städtischen Bereich ist dabei vorwiegend die Kapazitätsthematik²⁷ relevant, im ländlichen Bereich kann es zusätzlich aufgrund der vergleichsweise längeren Leitungen auch zu Spannungsproblemen kommen.

Die Umgehung dieses Problems stellt einen wesentlichen Angriffspunkt bei der Integration von Ladeinfrastruktur dar. Die Lösung kann dabei über verschiedene Wege führen:

a. Erhöhung der Netzanschlussleistung

Die einfachste, gleichzeitig aber auch teuerste Variante ist es, die Anschlussleistung des Netzpunktes zu erhöhen. Dies erfolgt über den Ausbau der Netzinfrastruktur, d.h. über den Ersatz bestehender Leitungen und Ortsnetztransformatoren durch Leitungen mit höheren Übertragungsleistungen. Die Verfolgung dieser Strategie würde bedeuten, dass ein großer Teil der bestehenden Niederspannungsversorgungsinfrastruktur bei steigender Elektromobilitätsdurchdringung erneuert werden müsste.

b. Ausstattung der Heimpladestationen mit geringen Ladeleistungen oder Heimspeichern

Durch eine Begrenzung der Ladeleistung bei der Heimpladung könnten die Leitungskapazitäten durch die daraus resultierenden Ladedauern besser verteilt werden. Die Lastspitzen fallen wesentlich geringer aus, womit bestehende Leitungskapazitäten vergleichsweise höhere Zahlen von Ladestationen zulassen würden. Dies ist einerseits durch die geringeren Ladeleistungen je Fahrzeug und andererseits durch abweichende Gleichzeitigkeitsseffekte begründet. Um trotz geringer Ladeleistung für das Elektrofahrzeug schnelle Ladezeiten zu gewährleisten, kann die Ladung über eine zusätzliche Pufferbatterie erfolgen, welche sich während Niedrigtarifzeiten oder Niedriglastzeiten auflädt und bei Bedarf eine sehr schnelle Ladung des Elektrofahrzeugs ermöglicht.

c. Ausstattung der Ladestationen mit einer Leistungsregelung

Ähnlich wie bei Fotovoltaikanlagen ist eine eigenständige Regelung der Leistungsabgabe der Ladestation möglich. Abhängig von der Spannungssituation im Netz wird dabei die Leistung jeder Ladestation begrenzt und trägt dazu bei, die Spannungsgrenzen am betreffenden Niederspannungsausläufer nicht zu verletzen.

d. Ausstattung der Ladestationen mit einer intelligenten Steuerung

Als Alternative bietet sich außerdem die Ausstattung der Ladestationen mit einer intelligenten Steuerung an. In diesem Fall ist es erforderlich, dass ein etwaiger Steueralgorithmus über Informationen des aktuellen Netzzustands informiert ist, dazu sind Sensoren in verschiedenen Punkten des Verteilernetzes notwendig. Die Steuerung müsste sodann in Abhängigkeit der aktuellen Netzreserven erfolgen. Dieses Konzept könnte wesentlich dazu beitragen, die aktuell vorhandenen Leitungskapazitäten bestmöglich für die Ladung einer möglichst großen Anzahl von Elektrofahrzeugen zu nutzen. Jedoch ist diese Technologie mit vergleichsweise hohem IKT-Aufwand verbunden.

■ Gesteuerte Ladung von Elektrofahrzeugen (Demand Side Management)

Das gesteuerte Laden von Elektrofahrzeugen stellt somit ein großes Potenzial zur optimalen Nutzung der Netzkapazitäten dar. Dieses kann jedoch nur realisiert werden, wenn es möglich ist, die Steuerung unter Rücksichtnahme auf die aktuelle Netzsituation im betreffenden Netzausläufer durchzuführen. Besonders in den Anfangsjahren der Elektrifizierung

des Mobilitätssektors wird es nur sehr vereinzelt zu tatsächlichen Überlastungen und Engpässen im Verteilernetz kommen. Dennoch ist es eine Herausforderung, von Anfang an ein Gesamtkonzept im Blick zu haben, um auch zukünftig genügend Kapazitäten für Ladestationen bereitstellen zu können. Das heißt insbesondere, dass es volkswirtschaftlich zu

Gleichzeitiges Laden stellt Niederspannungsnetze vor große Herausforderungen.

Gesteuertes Laden von E-Fahrzeugen zur Vermeidung von Netz-Überlastungen und -Engpässen.

23 EU (2014): Richtlinie 2014/94/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 über den Ausbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe

24 TU Wien, Österreichische Energieagentur (2012): SOL Studie für die Organisation der zukünftigen Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge in Österreich

25 Zudem kann angemerkt werden, dass besonders bei Garagen im mehrgeschossigen Wohnbau ein signifikanter Anteil der Stellplätze über keinen Stromanschluss verfügen wird, der Anteil der technisch geeigneten Abstellplätze also noch geringer liegen wird. Wert gem.: Statistik Austria (2017d): Mikrozensus 2016

26 Nationale Plattform Elektromobilität (2015): Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland – Statusbericht und Handlungsempfehlungen

27 Die Experten von „Österreichs Energie“ schätzen, dass das Netz einen BEV-Bestands-Anteil von bis zu 5% bewältigen könnte. Darüber hinaus würden aber, insbesondere bei einer überproportionalen Verbreitung von BEV in urbanen Räumen, durch weitere Ladepunkte, zusätzliche Netzkosten (in Form von Umbau- oder Netzmodifikation) entstehen. Die Höhe und wer diese Kosten zu tragen hätte, ist jedoch ungeklärt.

Umbau des Netzes in Richtung „Sektorkopplung“ erfordert hohe Investitionen.

Kosten für den Ausbau des Verteilnetzes können regional sehr unterschiedlich sein.

hinterfragen gilt, ob es sinnvoll ist, an jeder Ladestation hohe Ladeleistungen bereitzustellen oder ob eine Ladung mit geringen Leistungen im norma-

len Privatgebrauch in Kombination mit Schnellladestationen im Fernverkehr sowie weiteren Einheiten eine optimalere Möglichkeit darstellt.

■ Kosten der Infrastrukturbereitstellung

Im Rahmen des Umbaus des elektrischen Energiesystems bis 2030 werden im Hinblick auf die Realisierung der Sektorkopplung, der Dekarbonisierung (100 % erneuerbare Energie) sowie der Elektromobilität eine Vielzahl von Investitionen zu tätigen sein. Die Investitionen, welche vom Ausbau speziell für den Bereich Elektromobilität getriggert werden, sind dabei unabhängig vom Gesamtumbau nur schwer abschätzbar. Die Investitionen in das Übertragungsnetz sowie das übergeordnete Verteilnetz sind dabei zu großen Anteilen bereits in den aktuellen Netzentwicklungsplänen berücksichtigt, da der Ein-

fluss der Elektromobilität aufgrund der vergleichsweise geringen Energiemengen kaum spezifische Auswirkungen zeigt. Die Kosten für den Ausbau des Verteilnetzes können hingegen regional sehr unterschiedlich ausfallen, hängen jedoch generell stark vom verfolgten Gesamtkonzept, dem Anteil von Elektrofahrzeugen im Nahbereich des Verteilnetzausläufers sowie dem aktuellen Ausbau des spezifischen Verteilnetzabschnittes ab und müssten somit für jeden Fall gesondert betrachtet werden.







ÖKONOMISCHE DIMENSIONEN
DER „MOBILITÄTSWENDE“

„Harte“ und „weiche“
Faktoren treiben den
Umstieg auf CO₂-neutrale
Antriebe.

Technologieumstieg
erzeugt Kosten beim
Konsumenten und
Volkswirtschaft.

Ein schneller Umstieg
(„Szenario 2“) ist nur
durch staatliche Eingriffe
möglich.

Ökonomische Dimensionen der „Mobilitätswende“

Welche Konsequenzen hat die geplante „Mobilitätswende 2030“ für das gesamtwirtschaftliche Einkommen und die Beschäftigung in Österreich? Sind die Kosteneffekte durch den Umstieg auf alternative Antriebssysteme höher als die zusätzlichen Impulse durch die gesteigerte Investitionstätigkeit? Für den „Expertenbericht Mobilität & Klimaschutz 2030“ führten Experten des Economica Instituts für Wirt-

schaftsforschung (Dr. Christian Helmenstein; MMag. Philipp Krabb; Dr. Raimund Alt; Dr. Julia Borrmann; Mag. Markus Fichtinger, MA; Georg Graser, MSc; Philipp Novak, MSc (WU) MA BSc (WU) BA und Jasmin Jöchle) eine Analyse der ökonomischen Konsequenzen der „Mobilitätswende 2030“ durch. Die ökonomische Studie liefert Befunde zu deren Effekten auf Staatseinnahmen, Konsumenten, Volkswirtschaft und Konjunktur.

■ Faktoren für den Umstieg

Um die im Rahmen der Pariser Klimaschutzkonferenz definierten Klimaziele erreichen zu können, bedarf es eines substanziellen Beitrags aus dem Verkehrssektor.²⁸ Dies bedeutet, dass in naher Zukunft vermehrt auf alternative – sprich CO₂-neutrale – Antriebstechnologien bzw. Kraftstoffe umgestellt werden muss.

Generell basiert die Umstiegsentscheidung eines rationalen Konsumenten auf mehreren Faktoren. Dazu zählen einerseits „harte“ Faktoren, wie etwa komparative Kostenunterschiede bei Kauf und Gebrauch eines Kfz unterschiedlicher Antriebsarten oder die Angebotsdichte von Lade- und Tankinfrastruktur. Andererseits zählen auch „weiche“ Faktoren, wie das positive Gefühl, mit dem Umstieg einen besonderen Beitrag für die Umwelt zu leisten oder auch eine Vorreiterrolle bzw. eine Pionierfunktion einzunehmen.

Die „Mobilitätswende“ kann dabei auf zweierlei Arten vollzogen werden:

■ Der erste Pfad stellt eine Fortschreibung des marktgetriebenen Umstiegs dar. Im Jahr 2017 betrug der Anteil der BEV-Neuzulassungen 1,54 Prozent, jener der PHEV-Neuzulassungen 0,49 Prozent.²⁹ Realistischerweise ist davon auszugehen, dass die Neuzulassungszahlen von Kfz mit alternativen Antrieben in den kommenden Jahren weiter ansteigen werden.

■ Beim zweiten Pfad würde der Staat zusätzlich zur marktlichen Entwicklung lenkend eingreifen. Dies kann beispielsweise durch Erhöhungen bei MöSt oder bei der motorbezogenen Versicherungssteuer geschehen.

Diese beiden möglichen Transmissionspfade entsprechen den im vorliegenden Expertenbericht betrachteten Szenarien 1 und 2 (Seite 23).

■ Je nach Szenario unterschiedliche Umstellungskosten

Eine tiefgreifende Umstellung von einer Basistechnologie zu einer anderen ist natürlich mit entsprechenden Kosten verbunden. Diese fallen sowohl auf mikroökonomischer Ebene (Konsumenten) als auch auf makroökonomischer Ebene (Volkswirtschaft) an. Außerdem ist mit einer Veränderung bei den Steuereinnahmen zu rechnen. Im Szenario 1 steht den Kosten ein entsprechender Nutzen gegenüber (ein rationaler Konsument entscheidet sich für einen Kauf, wenn der Nutzen aus dem Objekt die Kosten übersteigt). Soll jedoch ein politisch intendierter, schnellerer Umstieg erfolgen, wird der Staat lenkend eingreifen müssen. Das führt wiederum zu höheren Ausgaben für die Konsumenten (im Vergleich zum „neutralen Marktszenario“ erfolgt in Szenario 2³⁰ der Umstieg der Konsumenten früher, als es ihrem Nutzen entsprechen würde).

Daher werden in den folgenden Berechnungen alle relevanten fahrzeugbezogenen Kosten der beiden Szenarien eruiert und miteinander verglichen. Die faktischen Umstellungskosten der „Mobilitätswende“

ergeben sich somit aus dem Differenzial zwischen Szenario 2 (steuerangepasst) und Szenario 1. Zukünftige Zahlungsströme wurden dabei auf das Jahr 2017 abgezinst, um einen intertemporalen Vergleich anstellen und valide Aussagen treffen zu können. In Hinblick auf künftige Preissteigerungen wurden die Inflationsprognosen des WIFO verwendet (2018: 2 Prozent bzw. 2019: 1,9 Prozent). Für den weiteren Zeitraum wurde eine jährliche Preissteigerung von 2 Prozent angenommen.

Die nachstehenden Berechnungen und Analysen erheben nicht den Anspruch auf eine gesamthafte Abbildung aller Effekte der „Mobilitätswende“. Die vorliegende Analyse fokussiert ausschließlich auf den Umstellungsprozess im Pkw-Individualverkehr (Lkw und Motorräder sind gemäß Projektdefinition ausgeschlossen), wobei nachgelagerte Effekte, wie beispielsweise Auswirkungen auf die Umwelt aufgrund geringerer CO₂-Emissionen durch den vermehrten Einsatz alternativer Antriebe bzw. Kraftstoffe, außer Acht gelassen werden.³¹

28 Neben dem Verkehrssektor werden auch die Bereiche Industrie, Landwirtschaft und Raumwärme adressiert.

29 Statistik Austria (2018f): Kfz-Neuzulassungen Jänner bis Dezember 2017

30 Der Umstieg erfolgt in Szenario 2 schneller, da er politisch intendiert ist. Im Rahmen dieser Studie wird angenommen, dass der Staat über die Stellschraube der Steuern eingreift. Daher wird zwischen „Szenario 2“ und „Szenario 2 (steuerangepasst)“ unterschieden. Szenario 2 (steuerangepasst) zeigt die Auswirkungen, wenn der Staat die Steuern (MöSt und motorbezogene Versicherungssteuer) anhebt. Szenario 2 gibt Auskunft darüber, wie sich das Steuervolumen entwickeln würde, wenn sich die Zulassungszahlen verändern, der Staat die Steuersätze aber gleich belässt.

31 Für eine Analyse der Reduktion von CO₂-Emissionen aufgrund des vermehrten Einsatzes von alternativen Antrieben ab S. 71. Weitere Einsparungspotenziale durch alternative Kraftstoffe werden ab S. 78 dargestellt.

■ Effekte auf die Staatseinnahmen (Abgaben und Steuern)

Der motorisierte Individualverkehr (MIV) wird in Österreich einerseits durch fiskalische Maßnahmen belastet, andererseits aber durch partielle Förderungen (z.B. Pendlerunterstützungen, Ankaufsförderungen) auch entlastet. Durch die angestrebte „Mobilitätswende“ ist ein wesentlicher Impact auf das Aufkommen der verkehrsbezogenen Steuern und Abgaben und damit auf den Staatshaushalt zu erwarten. In Folge werden die einnahmenseitigen Effekte für den Staatshaushalt betrachtet, wobei grundsätzlich primär auf die fiskalischen Beiträge des inländischen Pkw-Verkehrs abgestellt wird. Dies erfolgt deshalb, weil auch die diskutierten Szenarien der „Mobilitätswende 2030“ nur auf diesen Teilsektor des motorisierten Individualverkehrs abstellen.

Mit der Nutzung bzw. dem Besitz eines durch einen Verbrennungsmotor betriebenen Pkw in Österreich

sind spezifische Abgaben verbunden:

- die Mineralölsteuer (MöSt),
- die Normverbrauchsabgabe (NoVA) und
- die motorbezogene Versicherungssteuer.

Für Fahrzeuge, die vollständig bzw. teilweise mit elektrischem Strom betrieben werden, fallen bei der Konsumation von Strom auch noch die damit verbundenen Energieabgaben an. Da MöSt und Energieabgabe jeweils dem Nettopreis zugeschlagen werden, erhöhen diese auch die Bemessungsgrundlage der Umsatzsteuer (USt) und führen dadurch zu einem spezifischen, gesteigerten Aufkommen an USt (USt auf Abgaben), das unmittelbar diesen beiden Abgaben zugerechnet werden kann.³²

■ Szenario 1: Um 17 Prozent geringeres Steueraufkommen

In Abbildung 18 wird die Entwicklung der verkehrsabhängigen Steuern und Abgaben mit Bezug auf den inländischen Pkw-Verkehr für das Szenario 1 im Zeitraum 2018 bis 2030 zusammenfassend dargestellt. Ausgehend von einem jährlichen Steueraufkommen in Höhe von 4,59 Mrd. Euro im Jahr 2018 reduziert sich dieser Wert kontinuierlich bis 2030 auf 3,81 Mrd. Euro, was einer Reduktion um 0,78 Mrd. Euro oder 17,0 Prozent entspricht. Der kumulierte Rückgang der Steuereinnahmen in die-

sem Zeitraum macht 3,98 Mrd. Euro aus, das sind durchschnittlich 332 Mio. Euro pro Jahr. Das Aufkommen an MöSt, NoVA und der motorbezogenen Versicherungssteuer sinkt in Summe bis 2030 um etwa 0,99 Mrd. Euro (inklusive des zurechenbaren USt-Aufkommens), während das Aufkommen der mit den elektrobetriebenen Pkw verbundenen Abgaben in Summe um 0,21 Mrd. Euro zunimmt und damit diesen Einnahmehausfall nur in geringem Maße (zu 21,3%) kompensieren kann.³³

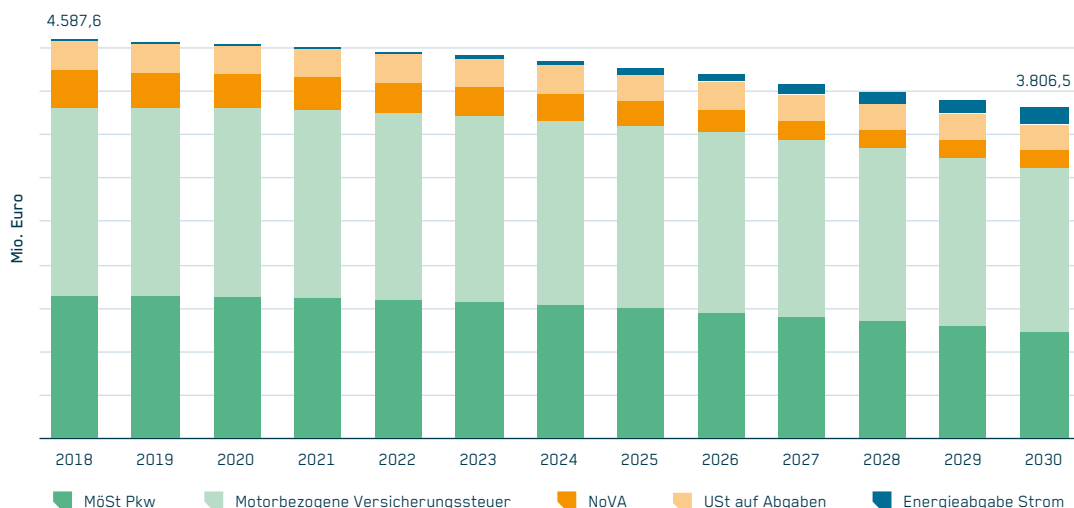


Abbildung 18: Jährliches Aufkommen an verkehrsabhängigen Steuern des Inländischen Pkw-Verkehrs im Szenario 1, in Mio. Euro (nominal)

Deutlich höhere Steuerlast für Verbrennungsmotoren im Vergleich zu E-Fahrzeugen.

Leichter Rückgang des Steueraufkommens durch niedrigere Verbräuche und mehr E-Fahrzeuge.

³² Anzumerken ist, dass auch weitere Kosten, die dem Pkw angerechnet werden können, für den Konsumenten anfallen (s. hierzu ab S.8). Da eine Einbeziehung dieser zusätzlichen Kosten aber über den Rahmen dieser Untersuchung hinausgehen würde, wird ihr fiskalischer Beitrag für Pkw-Sektors nicht erfasst.

³³ Für die detaillierte Entwicklung der einzelnen Steuerarten sei auf die entsprechenden Unterabschnitte dieses Berichts verwiesen.

Ohne Verbrennungs-
motor-Neuzulassungen
2030 („Szenario 2“)
belaufen sich die Steuer-
ausfälle kumuliert auf
7,31 Mrd. Euro.

Eine „Mobilitätswende“
ohne Verbote von
Verbrennungsmotoren ist
etwa durch höhere Steu-
ern möglich („Szenario 2
– steuerangepasst“).

■ Szenario 2: Um 36,1 Prozent geringeres Steueraufkommen

Bei Übertragung sämtlicher Veränderungen, welche sich durch Szenario 2 ergeben, beispielsweise der Zulassungsverteilung oder der Verbrauchswerte würde sich das Steueraufkommen unter der Annahme von gleichbleibenden Steuersätzen des inländischen Pkw-Verkehrs bis zum Jahr 2030 um insgesamt

1,67 Mrd. Euro auf 2,96 Mrd. Euro, also um rund 36,1 Prozent verringern. Der kumulierte Steuerrückgang für den Gesamtzeitraum würde dann 7,31 Mrd. Euro (durchschnittlich 609,4 Mio. Euro p.a.) betragen (s. Abbildung 19).

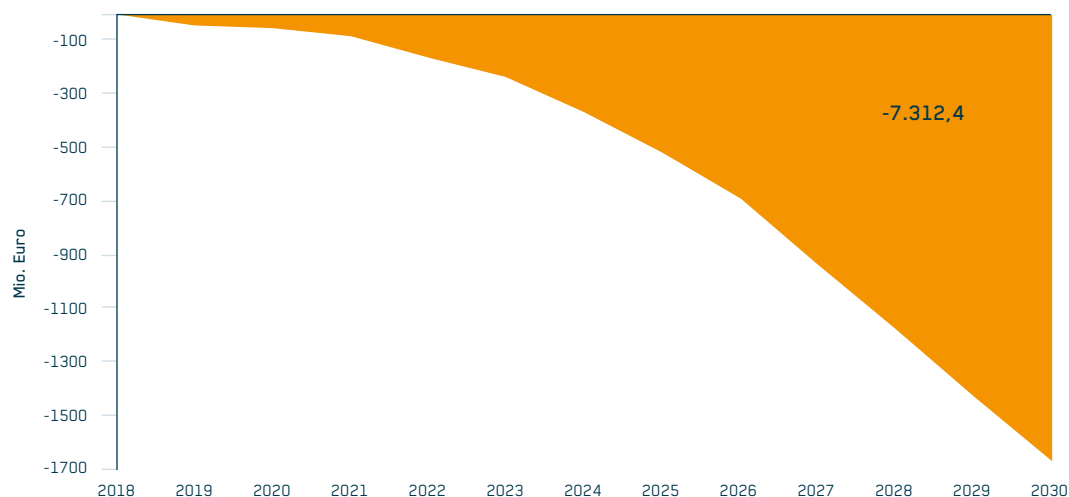


Abbildung 19: Kumulierte Steuer-Mindereinnahmen im Szenario 2, in Mio. Euro (nominell)

Die MöSt sowie das mit ihr verbundene USt-Aufkommen reduzieren sich im Szenario 1 von 2018 auf 2030 aufgrund der verringerten Kraftstoffnachfrage um rund ein Viertel. Im Szenario 2 würden diese Reduktionen mit jeweils rund 40 Prozent jedoch deutlich stärker ausfallen (Detailbetrachtung s. Anhang: Ökonomische Konsequenzen ab S. 95).

Durch den vermehrten Anteil von alternativen Antrieben brechen schon im Szenario 1 im Vergleich zu 2018 im Jahr 2030 die Hälfte der NoVA-Einnahmen weg. Da im Szenario 2 nur noch BEV und FCEV zugelassen werden, und diese Fahrzeuge keine NoVA leisten müssen,

fallen hier im Jahr 2030 gar keine Einnahmen aus der NoVA an. In der Folge kommt es im Szenario 2 2030 im Vergleich zu 2018 zu einem Budgetloch in Höhe von rund 477 Mio. Euro (Detailbetrachtung Anhang: Ökonomische Konsequenzen ab S. 98).

Ein ähnliches Bild – wenn auch nicht ganz so drastisch wie bei der NoVA – ergibt sich auch für die Einnahmenentwicklung der motorbezogenen Versicherungssteuer. Die Reduktion von 2018 auf 2030 ist im Szenario 2 – mit rund 689 Mio. Euro – fast 2,6 Mal höher als im Szenario 1 (Detailbetrachtung Anhang: Ökonomische Konsequenzen ab S. 99).

■ Szenario 2 (steuerangepasst)

Weil ein politisch motivierter Umstieg von Szenario 1 auf Szenario 2 – aufgrund des Ausschließens eines Verbots von Verbrennungsmotoren durch die Bundesregierung – etwa durch entsprechende steuerliche Maßnahmen möglich ist, sieht ein dementsprechend angepasstes Szenario 2 (Szenario 2 „steuerangepasst“) vor, dass das gesamte Steueraufkommen der betrachteten verkehrsabhängigen Steuern im Jahr 2030 das Niveau des Jahres 2018 erreichen soll (s. Anhang: Ökonomische Konsequenzen S. 95).

Die Steuersätze der NoVA anzuheben, würde wenig Sinn haben, da die Anzahl der Neuzulassungen an Pkw, die von der NoVA umfasst sind, ab 2022 besonders stark zurückgeht und ab 2030 ohnehin bei null liegen würde. Daher steigt das Aufkommen der MöSt von 4,42 Mrd. Euro im Jahr 2018 auf 4,45 Mrd. Euro im Jahr 2030 ebenso an, wie das Aufkommen der motorbezogenen Versicherungssteuer von 2,26 Mrd. Euro auf 2,31 Mrd. Euro (s. Anhang-Abbildung 8, ab S. 98).

Zu beachten ist weiters, dass bei der MöSt im Szenario 2 (steuerangepasst) das Mehraufkommen nicht nur von den verbleibenden inländischen Pkw-Fahrern zu tragen ist, sondern sich auf alle Gruppen, die der MöSt unterliegen, erstreckt. Somit müssen auch Lkw-Fahrer, Motorradfahrer und ausländische Pkw-Fahrer, die in Österreich tanken, entsprechende Beiträge leisten. Dagegen muss die Erhöhung der motorbezogenen Versicherungssteuer ausschließlich von den Besitzern der im Inland zugelassenen und haftpflichtversicherten Pkw getragen werden.

Der Anstieg des Aufkommens der Energieabgabe auf Strom von 1,7 Mio. Euro im Jahr 2018 auf 288,6 Mio. Euro im Jahr 2030 fängt einen Teil des Steuerausfalls auf.

Auf Basis der Steueranpassungen im Szenario 2 (steuerangepasst) (Details im Anhang: Ökonomische Konsequenzen ab S. 95) sind Analysen der Umstellungskosten für die Konsumenten und die Volkswirtschaft möglich.

■ Umstellungskosten für Konsumenten

Für die Berechnung der Umstellungskosten für die Konsumenten ist eine Vielzahl an Positionen zu berücksichtigen. Die Gesamtkosten setzen sich aus den

■ Transaktionskosten (Neuanschaffungs-, Finanzierungs- und Suchkosten – bei PHEV und BEV fallen zusätzliche Kosten für die notwendige Ladeinfrastruktur an),

■ laufenden Kosten (Wartung, Service),

■ Werteinbußen im aktuellen Fahrzeugbestand sowie den

■ zusätzlichen Zeitkosten zusammen, die beim Tank- oder Ladevorgang anfallen.

■ Transaktionskosten: Kumulierte Mehrbelastung von 11 Milliarden Euro

Die Anschaffung eines neuen Fahrzeugs ist mit mehrfachen Kosten verbunden, die teilweise schon vor dem tatsächlichen Kauf anfallen. Vor der endgültigen Modellentscheidung investieren die Konsumenten Zeit für die Informationsbeschaffung, für Besuche im Autohaus sowie für etwaige Probefahrten. Daraus resultiert ein (Frei-)Zeitverlust, der ökonomisch mit dem Median-Nettostundenlohn der unselbstständig Erwerbstätigen³⁴ bewertet wird. Dabei wird angenommen, dass beim Kauf eines Fahrzeugs mit alternativen Antrieben im Durchschnitt mehr Zeit aufgewendet werden muss, als bei einem Fahrzeug mit konventionellem Antrieb. Das ist zum einen darin begründet, dass es sich um eine neue Technologie handelt, mit der die Konsumenten noch nicht so vertraut sind, zum anderen darin, dass zusätzlich berücksichtigt werden muss, ob und wo die Betankung/Ladung des Fahrzeugs möglich ist. So gibt es

derzeit in Österreich nur vier Wasserstofftankstellen³⁵, aber 3.063 traditionelle Tankstellen³⁶.

Den größten Kostenanteil stellen die eigentlichen Anschaffungskosten für das Fahrzeug dar. Hierfür wurden Daten von Eurotax zu den durchschnittlichen Anschaffungskosten je Antriebsart herangezogen. Die Fahrzeuge wurden in drei Segmente (Lower Class – Middle Class – Upper Class) eingeteilt und in Hinblick auf eine durchschnittliche Betrachtungsweise entsprechend gewichtet (dies erfolgte gemäß der tatsächlichen Segmentverteilung im Jahr 2017). Das Segment Lower Class (A, b und B) wies dabei einen Anteil von 27,61 Prozent am Gesamtfahrzeugstock auf, das Segment Middle Class (c, C, D und i) 62,86 Prozent und die Upper Class (E und I) 9,53 Prozent. Tabelle 5 stellt die realen Anschaffungspreise (Preisbasis = 2017) je Antriebsart sowie den jeweiligen segmentgewichteten Durchschnittspreis dar.

	VKM Diesel	VKM Benzin	HEV	PHEV	BEV	FCEV
Lower Class	18.167	17.690	27.737 ³⁷	30.819 ³⁷	26.690 ³⁸	– ³⁹
Middle Class	30.342	33.342	35.865 ³⁷	44.603 ³⁷	38.628 ³⁸	78.000
Upper Class	80.000	74.800	90.057	100.064	86.658	98.000
Gewichteter Durchschnitt	31.714	32.972	38.786	46.084	39.910	79.906

Tabelle 5: Anschaffungspreise nach Antriebsart, in Preisen 2017

Bei PHEV und BEV sind zusätzlich auch noch die Kosten für die benötigten Ladestationen hinzuzurechnen. Eine Desk Research unter heimischen Elektronikhändlern ergab, dass sich die durchschnittlichen Kosten hier auf rund 1.000 Euro pro Fahrzeug belaufen, wobei für 2018 noch die Ankaufofförderung von 200 Euro abzuziehen ist.

Der reale Anschaffungspreis der Fahrzeuge wird über den Zeitverlauf als konstant angenommen. Lediglich jener der FCEV lässt eine Kostenänderung erwarten: Hier wird davon ausgegangen, dass der Kaufpreis bis zum Jahr 2030 um 30 Prozent sinken wird. Daraus ergibt sich für 2030 ein durchschnittlicher Anschaffungspreis von 55.934 Euro.

Rund 40 Prozent der Autokäufe werden mittels Kredit oder Leasing finanziert. Höhere (antriebsabhängige) Anschaffungspreise haben somit höhere Finanzierungskosten zur Folge. Für deren Bewertung wurde auf Basis einer verfügbaren Entwicklungsprognose der Federal Funds Rate eine Zinssatzprognose für Autokredite erstellt. Dabei wird von einem aktuellen durchschnittlichen Zinssatz von 4,16 Prozent ausgegangen, der bis zum Jahr 2030 auf 5,15 Prozent anwächst.⁴⁰ Als Laufzeit wurden sechs Jahre angenommen.

Zulassungskosten sind in den Berechnungen nicht berücksichtigt, da sie unabhängig von der Antriebsart zu entrichten sind und somit keine unterschiedlichen Auswirkungen auf die Szenarien haben.

Konsumenten entstehen beim Umstieg auf andere Antriebe unterschiedliche Kosten.

Größter Kostenblock sind die Anschaffungskosten.

Anschaffungspreise nach Segmenten und Antriebsart.

40 Prozent der Autokäufe werden mittels Kredit oder Leasing finanziert.

Zulassungskosten werden nicht berücksichtigt.

34 Statistik Austria (2017g): Dieser wurde ab 2017 auf Basis von Auswertungen der Statistik Austria zu den „Brutto- und Nettojahreseinkommen der unselbstständig Erwerbstätigen 1997 bis 2016“ geschätzt.

35 European Alternative Fuels Observatory (2018): Infrastructure statistics

36 ÖAMTC

37 Ab 2019 erhöht sich der Anschaffungspreis aufgrund der auslaufenden Ankaufofförderung um 1.500 Euro

38 Ab 2019 erhöht sich der Anschaffungspreis aufgrund der auslaufenden Ankaufofförderung um 4.000 Euro.

39 Aufgrund der hohen Anschaffungspreise bei FCEV entfällt die Lower Class. Der entsprechende (theoretische) Segmentanteil wird in die Middle Class übergeführt.

40 Congressional Budget Office (2017): Projections of Interest Rates und durchblicker.at (2018): Ratenkredit

11 Mrd. Euro Mehrkosten bis 2030 für die Konsumenten durch politisch verordnete „Mobilitätswende“ („Szenario 2 – steuerangepasst“) gegenüber technologischer Entwicklung („Szenario 1“).

In Abbildung 20 ist zu erkennen, dass sich die Kosten in den beiden Szenarien bis 2022 nicht substantiell voneinander unterscheiden. Ab dann setzt jedoch langsam der Effekt ein, dass in Szenario 2 (steuerangepasst) mehr Fahrzeuge mit alternativen Antrieben gekauft werden. Da diese in der Anschaffung teurer sind, wirkt sich das in weiterer Folge auch auf die Finanzierungskosten aus, was den gesamten

Effekt nochmals verstärkt. Die Suchkosten spielen in dieser Betrachtung hingegen nur eine untergeordnete Rolle. Kumuliert ergeben sich für die Konsumenten im Szenario 1 Kosten von rund 190 Mrd. Euro und im Szenario 2 (steuerangepasst) rund 201 Mrd. Euro. Dementsprechend ergibt sich für Szenario 2 (steuerangepasst) eine kumulierte Mehrbelastung für die Konsumenten in Höhe von rund 11 Mrd. Euro.

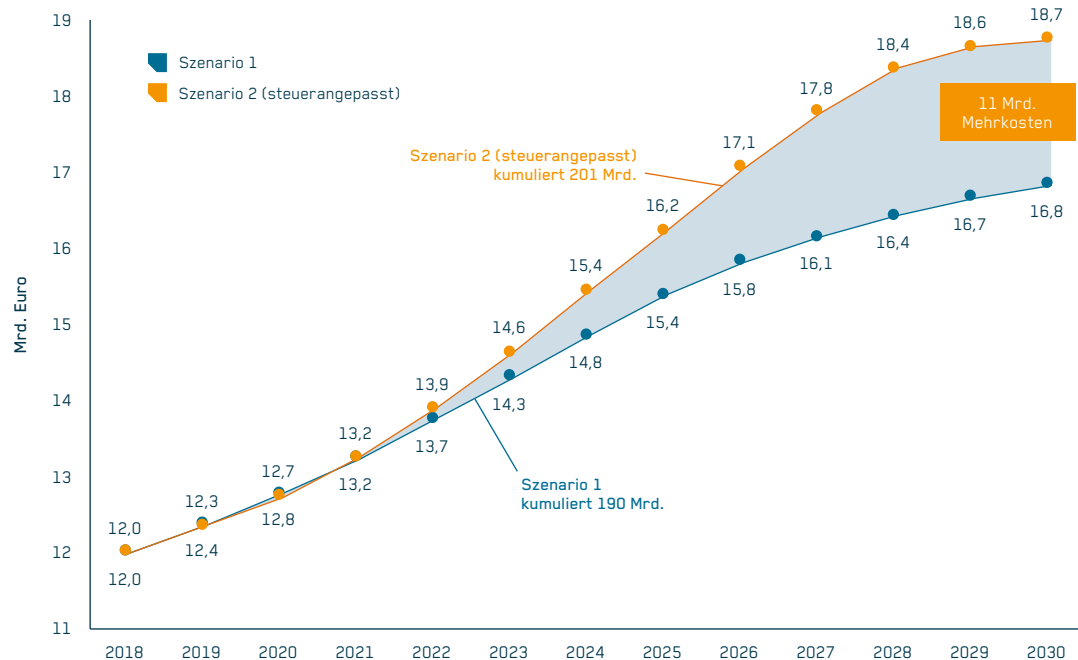


Abbildung 20: Summe Transaktionskosten je Szenario, in Preisen 2017

■ Fahrzeughaltungskosten: Faktoren für Kostensteigerung

Nachfolgend werden die jährlich anfallenden Betriebskosten von Fahrzeugen mit herkömmlichen und alternativen Antrieben bestimmt und anschließend miteinander verglichen. Dieser Analyse liegt die Annahme zugrunde, dass ein Auto im Durchschnitt sechs Jahre lang bei einem Besitzer verbleibt.⁴¹ In die Berechnungen flossen folgende Größen ein: Kraftstoff- und Energieverbrauch, Reifen, Verschleiß- und Ersatzteile, Service, Versicherung und die jeweils anfallenden Steuern. Die Finanzierungskosten wurden hier nicht berücksichtigt, da sie bereits bei den Transaktionskosten erfasst sind.

Im Aggregat belaufen sich die Fahrzeughaltungskosten zu Beginn des Betrachtungszeitraums in beiden Szenarien auf 13,6 Mrd. Euro. Danach wird die Entwicklung von mehreren Faktoren beeinflusst. Zu jenen Positionen, die die Kosten ansteigen lassen, zählen:

- die allgemeine Steigerung des Fahrzeugbestandes,
- höhere Energiepreise sowie
- in Szenario 2 (steuerangepasst). die Anpassungen (s.o.) bei MöSt und motorbezogener Versicherungssteuer.

Auf der anderen Seite führen der höhere Anteil von alternativ angetriebenen Fahrzeugen am Gesamtbestand sowie technologische Effizienzsteigerungen zu einem Sinken der laufenden realen Betriebskosten. Wie Abbildung 21 zu entnehmen ist, überwiegen ab 2022 die kostensenkenden Faktoren, wobei in Szenario 2 (steuerangepasst) wegen der Steuererhöhungen der Rückgang erwartungsgemäß moderater ausfällt. Jedenfalls sinken im Jahr 2030 in beiden Szenarien die laufenden Betriebskosten bei realer Betrachtung unter den Ausgangswert von 2017.

⁴¹ Hier bleibt, aufgrund des betrachteten Zeitraums, ein Batterietausch bei BEV nach 10 Jahren bzw. 150.000 km unberücksichtigt.

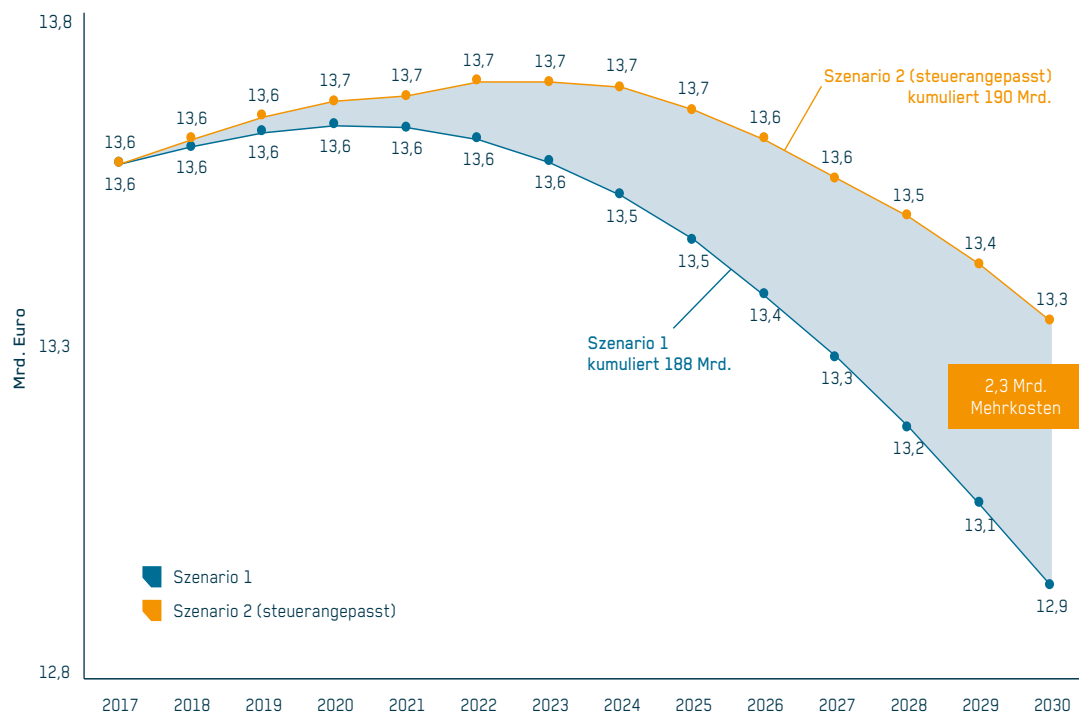


Abbildung 21: Aggregierte Fahrzeughaltungskosten, in Preisen 2017

Restwertanalyse: 77 Millionen Euro Vermögensverluste

Mit der Forcierung von alternativen Antriebssystemen – vor allem in Szenario 2 (steuerangepasst) – geht ein (potenzieller) Vermögensverlust im Fahrzeugbestand der herkömmlichen Antriebssysteme einher. Als Basis für die Berechnungen diente ein Datensatz von Eurotax für ausgewählte Fahrzeugmodelle. Daraus wurden als Benchmark die Fahrzeugrestwerte nach einem Gebrauch von sechs Jahren herangezogen. In Szenario 2 (steuer-

angepasst) haben Fahrzeuge mit herkömmlichen Antriebsarten einen geringeren Restwert im Vergleich zu Szenario 1, da sich der allgemeine Trend zu alternativen Fahrzeugen auch auf den Sekundärmarkt auswirken wird. In der Differenzialbetrachtung der beiden Szenarien ergeben sich in Summe rund 77 Mio. Euro an Vermögensverlusten. Die Detailergebnisse pro Jahr sind der Abbildung 22 zu entnehmen.

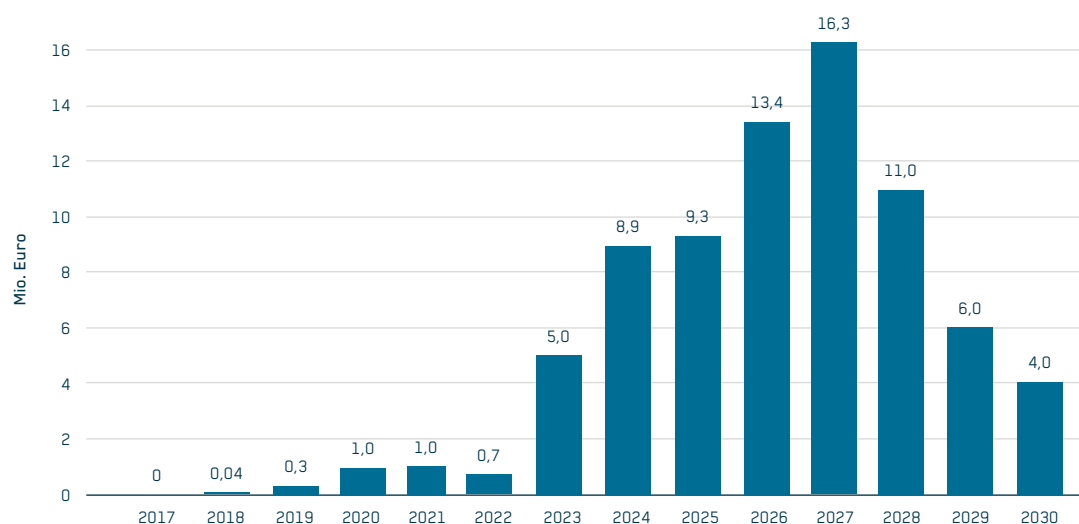


Abbildung 22: Vermögensverluste im vorhandenen Fahrzeugstock durch Szenario 2 (steuerangepasst), in Preisen 2017

Zeitkostenanalyse: Mehr Zeit für Laden kostet 148 Mio. Euro

Das Laden bzw. Betanken von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben ist im Allgemeinen zeitintensiver als das Betanken von Pkw mit Verbrennungsmotoren. Deshalb wurde untersucht, wie viel Zeit für das Laden

bzw. Betanken von Pkw je Szenario aufgewendet wird. Die Häufigkeit des Ladens hängt unter anderem von der Fahrleistung, dem Tankvolumen bzw. der Batteriekapazität sowie Nutzung von Heizung oder Klimaanlage

In Summe 2,3 Mrd. Euro höhere Fahrzeughaltungskosten durch politisch verordnete „Mobilitätswende“ („Szenario 2 – steuerangepasst“) gegenüber technologischer Entwicklung („Szenario 1“).

Durch „Aus“ für Verbrennungsmotoren 2030 („Szenario 2 – steuerangepasst“) entstehen rund 77 Mio. Euro an Vermögensverlusten.

Für „Szenario 1“ wird angenommen, dass das Laden während den Stehzeiten 90 Prozent aller Inlands-Kilometer abdeckt. Bis 2030 sinkt der Anteil auf 85 Prozent.

In „Szenario 2“ wird für 2030 ein Rückgang auf 75 Prozent erwartet.

Ein starker Anstieg der Anzahl an E-Fahrzeugen könnte punktuell zu längeren Wartezeiten führen – insbesondere im Urlauberreiseverkehr.

und dem Kraftstoff- bzw. Energieverbrauch des Fahrzeugs ab. Für die Berechnung wird einheitlich angenommen, dass die jährliche Fahrleistung eines Pkw unabhängig von der Antriebstechnologie bei 13.000 km liegt. Außerdem wird angenommen, dass ein Anteil von 87 Prozent der Fahrleistung auf das Inland und 13 Prozent auf das Ausland entfallen.⁴²

Der Zeitaufwand – und somit die Zeitkosten – für das Laden oder Betanken der Fahrzeuge setzt sich aus drei Komponenten zusammen:

■ aus dem Lade- oder Tankvorgang
im engeren Sinne,

■ aus der Fahrzeit, um zur ausgewählten
Lade- oder Tankstation zu gelangen, und

■ aus allfälligen Wartezeiten bis bereits belegte
Stationen wieder verfügbar werden

Während Pkw mit Verbrennungsmotor relativ schnell betankt werden können, beträgt die Ladedauer für BEV gegenwärtig bis zu mehreren Stunden. Allerdings findet ein beträchtlicher Teil der Ladevorgänge während Stehzeiten der Autos statt, ohne dass Wartezeiten für die Autofahrer entstehen.

In Szenario 1 wird für das Jahr 2017 angenommen, dass das Aufladen der Batterie während der Stehzeiten die Ladekapazität für 90 Prozent aller im Inland gefahrenen Kilometer abdeckt. Dieser Anteil sinkt bis zum Jahr 2030 linear auf 85 Prozent, da angenommen wird, dass vermehrt unterwegs geladen wird.⁴³

In Szenario 2 (steuerangepasst) wird ein stärkerer Rückgang erwartet, sodass der Anteil der inländischen Fahrleistung, der mit Ladekapazität aus dem Laden während der Stehzeiten erbracht wird, bis zum Jahr 2030 auf 75 Prozent zurückgeht. Dies liegt daran, dass in Szenario 2 (steuerangepasst) ein Umsteigen auf Verbrennungsmotor-Pkw, die sich etwa als Zweitauto im Haushalt befinden, für längere Wegstrecken (etwa für Urlaubsfahrten) weniger leicht erfolgen kann, da keine Neuzulassungen von Verbrennungsmotor-Pkw mehr erfolgen.⁴⁴ Jener Anteil der Ladeleistung für Inlandsfahrten, der nicht während der Stehzeiten erfolgt, findet unterwegs durch das Laden an öffentlich zugänglichen Schnellladestationen statt. Der Auslandsanteil der Fahrleistung von Elektroautos (BEV) wird zu gleichen Teilen durch das Laden an

Schnellladestationen (etwa auf der Autobahn), die wie im Inland eine Ladedauer von rund 25 Minuten haben, ermöglicht, zur anderen Hälfte durch das Laden an Ladestationen, die mit einem Zeitverlust von einer Stunde pro Ladevorgang verbunden sind.⁴⁵ In Summe kann gesagt werden, dass hier inkludierte Zeitverluste hauptsächlich durch Wartezeiten bei Schnell-Ladestationen anfallen. Auch bei Pkw mit Verbrennungsmotoren entstehen gewisse Zeitverluste beim Tanken. Diese bewegen sich typischerweise im Bereich von rund drei Minuten, fallen aber, anders als bei Elektroautos, bei jedem Tankvorgang an, da ein Tanken während der Stehzeiten bei Verbrennungsmotor-Pkw nicht möglich ist.

Abgesehen von den Zeitverlusten durch den Ladevorgang im engeren Sinn muss außerdem eine gewisse Wegzeit eingeplant werden, um zur ausgewählten externen Ladestation (bei BEV) bzw. zur Tankstelle (bei Pkw mit Verbrennungsmotor oder bei Brennstoffzellenautos (FCEV)) zu gelangen. Diese könnte insbesondere bei Brennstoffzellenautos von Bedeutung sein, wenn diese in Anbetracht der aktuell noch spärlichen Dichte der Ladeinfrastruktur längere Wegstrecken erfordern.

Bei der dritten Komponente der Zeitverluste, die durch das Laden von Elektrofahrzeugen entstehen, handelt es sich um allfällige Wartezeiten auf das Freiwerden von externen Ladestationen oder Zapfsäulen, weil diese durch andere Pkw besetzt sind. Während bei traditionellen Tankstellen typischerweise nur sehr kurze Zeitverluste beim Warten auf eine freie Zapfsäule entstehen, könnte ein starker Anstieg der Zahl der Elektroautos in Relation zur vorhandenen externen Ladeinfrastruktur – so z.B. insbesondere während des Urlaubsreiseverkehrs – punktuell zu längeren Wartezeiten führen.

Vergleicht man die von der gesamten Pkw-Flotte aufgewendete Zeit für das Laden oder Betanken der Fahrzeuge, so ergibt sich, dass in Szenario 2 (steuerangepasst) mehr Zeit für das Laden und Betanken der Fahrzeugflotte aufgewendet werden muss als im Szenario 1. Diese Differenz steigt bis zum Jahr 2030 auf 12,9 Mio. Stunden pro Jahr und liegt vor allem im höheren Anteil an Elektroautos in Szenario 2 begründet. (s. Anhang: Ökonomische Konsequenzen der „Mobilitätswende“, S. 101)

Jene Zeit, die für das Laden und Betanken von Fahrzeugen aufgewendet werden muss, könnte alternativ für andere Aktivitäten genutzt werden. Der Wert des Zeitverlusts hängt von den Zeitopportunitätskosten der Betroffenen ab. Hierbei wird angenommen, dass die Zeit andernfalls als Freizeit genutzt worden wäre.

42 s. die Ergebnisse einer Autofahrer-Befragung von GfK (2015).

43 s. zum Verhältnis Heim- vs. öffentlichen Laden Kapitel 4 (ab S. 39) bzw. TU Wien, Österreichische Energieagentur (2012): SOL Studie für die Organisation der zukünftigen Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge in Österreich

44 Rund ein Drittel aller privaten Pkw in Österreich sind Zweit- bzw. weitere private Pkw. Laut Statistik Austria waren 2015/2016 rund 1,376 Millionen private Pkw in Österreich Zweit- und weitere private Pkw (s. Statistik Austria, 2017). Es ist davon auszugehen, dass der Umstieg auf Elektroautos in erster Linie bei Haushalten, die in Einfamilienhäusern wohnen und mehrere Autos im Haushalt aufweisen, erfolgen wird, damit Einschränkungen umgangen werden können, die Elektroautos auf längeren Strecken potenziell mit sich bringen. Siehe auch Frenzel et al. (2015).

45 Hier handelt es sich etwa um Ladestationen ab 22 kW, die aber keine Schnellladestationen sind. Ein Zeitverlust von einer Stunde kann aber auch dadurch entstehen, dass ein Fahrzeug zwei Stunden geladen wird, aber eine Stunde davon als Freizeit genutzt werden kann und damit nur eine verlorene Stunde anfällt.

Für den Wert einer Stunde entgangener Freizeit wird der Median des Nettostundenlohns der unselbstständigen Beschäftigten verwendet, der aktuell 11,4 Euro pro Stunde beträgt. Bewertet mit dem durchschnitt-

lichen Zeitkostensatz steigen die Zeitverluste im Szenario 2 (steuerangepasst) – verglichen mit Szenario 1 – im Zeitverlauf an und liegen im Jahr 2030 bei rund 148 Mio. Euro jährlich (s. Abbildung 23).⁴⁶

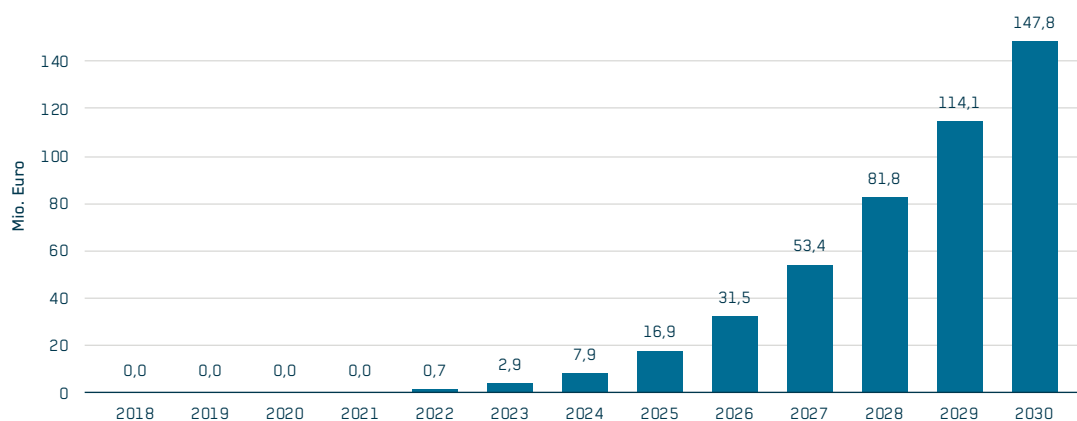


Abbildung 23: Zeitkosten durch die Technologieumstellung (Werte für die gesamte Pkw-Flotte), in Mio. Euro pro Jahr (Differenz zwischen Szenario 2 (steuerangepasst) und Szenario 1, in Preisen 2017)

■ Mehrbelastung von bis zu 476 Euro pro Jahr durch Politik

Zusammenfassend werden die Anschaffungskosten, laufenden Betriebskosten, Vermögensverluste sowie Zeitkosten pro Szenario summiert und durch die Anzahl der zugelassenen Fahrzeuge dividiert. Die jährlichen Differenzen zwischen Szenario 2 (steuerangepasst) und Szenario 1 sind somit zusätzliche Kosten, die durch einen von der Politik intendierten schnelleren Umstieg von herkömmlichen zu alternativen Antriebsarten verursacht werden.

Unter den Vorgaben und Annahmen der Studie über Anschaffungspreise, Bestands- und Verbrauchsentwicklungen usw. würden sich Autobesitzer jährlich mit finanziellen Mehrbelastungen zwischen 45 Euro (im Jahr 2022) und 473 Euro (im Jahr 2030) konfrontiert sehen. Kumuliert ergibt sich dadurch eine Mehrbelastung von rund 13 Mrd. Euro, wie Abbildung 24 zusammenfasst.

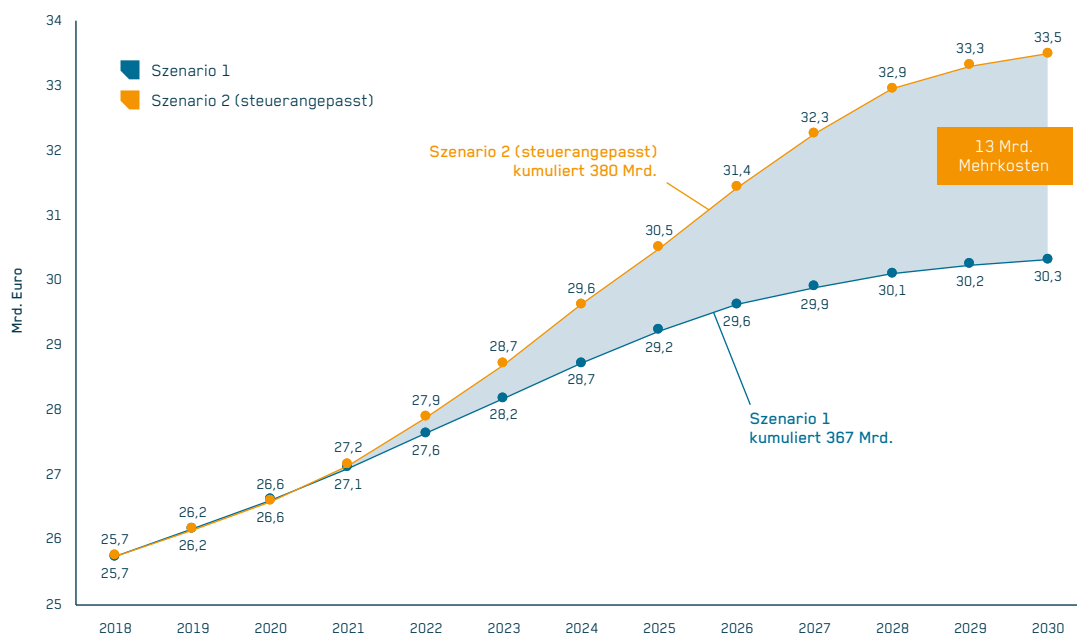


Abbildung 24: Umstellungskosten kumuliert (Differenz Szenario 2 (steuerangepasst)-Szenario 1), in Preisen 2017

„Szenario 2 (steuerangepasst)“ verursacht kumuliert 456 Mio. Euro mehr an Zeitkosten gegenüber „Szenario 1“.

Vollständiger Umstieg auf emissionsneutrale Neuzulassungen im Jahr 2030 kostet die Konsumenten insgesamt rund 13 Mrd. Euro mehr.

⁴⁶ In Szenario 3 wird die Verteilung der Neuzulassungen von Szenario 1 übernommen, jedoch mit dem Unterschied, dass Verbrennungsmotoren mit einem höheren Anteil an alternativen Kraftstoffen (Bio-Kraftstoffe bzw. synthetische Kraftstoffe) angetrieben werden. In Szenario 3 entstehen keine zusätzlichen Zeitverluste im Vergleich zu Szenario 1.

In „Szenario 1“ sinkt der Bestand an Tankstellen leicht, in „Szenario 2 (steuerangepasst)“ um 245 Betriebe.

■ Umstellungskosten für die Volkswirtschaft

Im Rahmen der Economica-Analyse werden auch Kosten im Umstellungsprozess berücksichtigt, die nicht direkt einem Konsumenten zuzurechnen sind, sondern Unternehmen oder Volkswirtschaft als Ganzes betreffen.

■ Tankstellennetz: Vermögensverluste von 10 Mio. Euro

Mit der „Mobilitätswende“ wird es zu einer verringerten Nachfrage nach fossilen Kraftstoffen kommen. Dies wird in weiterer Folge zu Veränderungen im traditionellen Tankstellennetz führen. Österreichweit wurde 2017 der „tankstellenrelevante“ Kraftstoffverbrauch von 7,9 Mrd. Litern⁴⁷ von 3.063 Tankstellen⁴⁸ bedient. Daraus kann die durchschnittliche Menge an Kraftstoffen abgeleitet werden, die eine Tankstelle pro Jahr absetzt. In einem nächsten Schritt wurde eine Prognose der Kraftstoffverbräuche bis 2030 erstellt. Die Daten für die Pkw-Sparte stammen von der Energieagentur.

Die erwartete Kraftstoffnachfrage für den Betrieb von Pkw und Motorrädern wurde mittels Bestandszuwachsprognosen und einer angenommenen einprozentigen Effizienzsteigerung berechnet. Damit liegt die prognostizierte nachgefragte Menge nach fossilen Kraftstoffen für das Jahr 2030 bei rund 7,7 Mrd. Litern in Szenario 1 und 7,2 Mrd. Litern in Szenario 2 (steuerangepasst). Kombiniert man die bisherigen Ergebnisse, so kann auch eine Schätzung für die Zahl an Tankstellen im Zeitraum von 2018 bis 2030 durchgeführt werden.

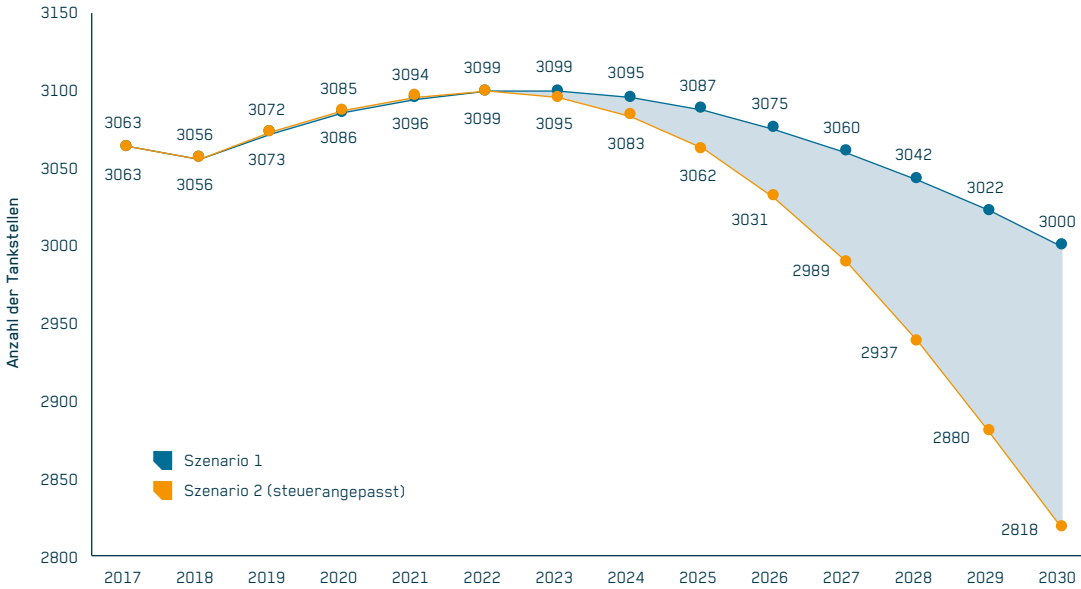


Abbildung 25: Entwicklung der Anzahl der Tankstellen

In einem weiteren Schritt wurden das Anlagevermögen und die Investitionen einer durchschnittlichen Tankstelle berechnet. Eine durchschnittliche Tankstelle investierte gemäß der Leistungs- und Strukturstatistik der Statistik Austria pro Jahr 11.500 Euro bei einem Anlagevermögen von 192.000 Euro. Daraus resultieren – als Differenz zwischen Szenario 2 (steuerangepasst) und Szenario 1 – geschätzte Vermögensverluste (als Summe von nicht getätigten Investitionen und Rückgang von Anlagevermögen) im traditionellen Tankstellennetz von rund 10 Mio. Euro (s. Tabelle 6).

Tabelle 6: Vermögensverlust im Tankstellennetz als Nettoverlust zwischen den Szenarien 2 (steuerangepasst) und Szenario 1, in Preisen 2017

	Anzahl der Tankstellen	Vermögensänderung
2017	0	0
2018	0	1.927
2019	0	7.166
2020	1	18.326
2021	0	30.067
2022	-2	29.596
2023	-4	- 297
2024	-8	- 86.232
2025	-13	- 259.678
2026	-19	- 561.017
2027	-27	- 1.034.495
2028	-34	- 1.717.558
2029	-37	- 2.624.963
2030	-39	- 3.758.279
SUMME	-182	- 9.955.436

Der prognostizierte Verlauf der abgesetzten Kraftstoffmengen entwickelt sich in beiden Szenarien bis 2023 zunächst noch positiv. Dies ist vor allem auf die Annahme zurückzuführen, dass sich die Bestandszahl an Lkw auch weiterhin so dynamisch entwickeln wird wie in der jüngeren Vergangenheit. Ab 2022/2023 sinkt dann die gesamte, an Tankstellen nachgefragte Kraftstoffmenge, wobei in Szenario 2 (steuerangepasst)

der Rückgang deutlich massiver ausfällt. Die Gesamtumsätze steigen jedoch aufgrund der Dynamik bei den Rohölpreisen noch weiter an. Ab 2026 dominiert in Szenario 2 (steuerangepasst) schließlich der Mengen- und Preiseffekt, und es kommt zu einem Absinken der Umsätze. In Szenario 1 kann dieser Befund nicht festgestellt werden, da bis zum Ende der Betrachtungsperiode die Umsätze im Steigen begriffen sind.

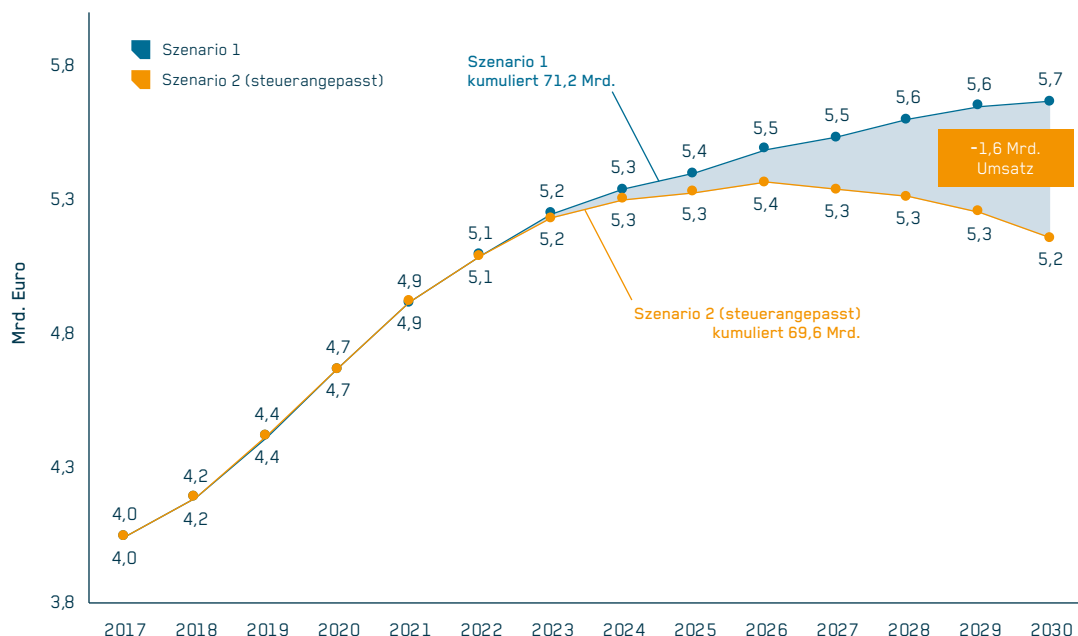


Abbildung 26: Entwicklung der Nettoumsätze der Tankstellen, in Euro 2017

■ Ladeinfrastruktur: Mehrbelastung von 1,3 Mrd. Euro für Unternehmen

Die entsprechende Versorgungsdichte an Ladestationen ist für den Erfolg der „Mobilitätswende“ essenziell. Daher bedarf es neben privaten Ladepunkten auch eines Ausbaus von öffentlich zugänglichen Lademöglichkeiten. Um eine flächendeckende Versorgung zu gewährleisten, wird durch die RL 2014/94/EU ein Richtwert von mindestens einem öffentlichen Ladepunkt pro 10 BEV und PHEV angegeben.⁴⁹

Die durchschnittlichen Kosten für die Errichtung einer Ladestation mit 50 kW beziffert die Energieagentur mit 24.000 Euro. Für das Jahr 2018 sind diese Kosten um die Ankaufofförderung von 10.000 Euro pro Ladestelle (mit mindestens 50 kW Abgabeleistung) zu reduzieren. Rechnet man die Investitionskosten mit den geschätzten, zukünftigen Bestandszahlen an BEV und PHEV hoch, so erhält man folgende Ergebnisse (s. Tabelle 7). Die Investitionskosten summieren sich in Szenario 1 auf 2,6 Mrd. Euro, in Szenario 2 (steuerangepasst) auf 3,9 Mrd. Euro. Damit ergibt sich eine Differenz von 1,3 Mrd. Euro, die von den Unternehmen getragen werden muss.

	Szenario 1	Szenario 2 (steuerangepasst)	Differenz
2018	16,5	14,9	-1,6
2019	46,8	42,3	-4,5
2020	71,6	63,6	-8,0
2021	101,3	103,9	2,6
2022	134,8	160,6	25,8
2023	170,6	225,9	55,3
2024	207,5	300,0	92,4
2025	244,0	374,5	130,5
2026	279,0	449,9	170,9
2027	310,7	509,2	198,6
2028	338,3	553,0	214,7
2029	358,1	570,3	212,2
2030	372,5	581,3	208,8
Gesamt	2.651,7	3.949,4	1.297,7

Tabelle 7: Schätzung der Investitionskosten für öffentlich zugängliche Ladesäulen, in Mio. Euro (in Preisen 2017)

„Szenario 2 (steuerangepasst)“ bedeutet kumuliert 1,6 Mrd. Euro weniger Umsätze für Tankstellen.

Ein „Aus“ für die Neuzulassung von Verbrennungsmotoren bedeutet rund 1,3 Mrd. Euro höhere Investitionskosten für Ladeinfrastruktur.

47 Datengrundlage Fachverband Mineralölindustrie

48 ÖAMTC: Interessant ist hier, dass die Zahl der Tankstellen in den letzten Jahren trotz steigender Gesamtverbräuche um ca. 0,5 Prozent pro Jahr abgenommen hat. Dies deutet auf bestehende Ineffizienzen im aktuellen Tankstellennetz und auf einen Trend zu einer stärkeren Konzentration hin.

49 EU (2014): Richtlinie 2014/94/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 über den Ausbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe

Ein Achtzylindermotor hat 1200 Teile, die montiert werden müssen, ein Elektromotor nur 17.

Die „Mobilitätswende“ ist ein Treiber für wirtschaftliche Umstrukturierung. Eine abschließende Prognose zur zukünftigen Beschäftigungsentwicklung ist noch nicht möglich.

■ Industriestruktur: Gewinner und Verlierer

Für die Zukunft ist mit einem steten evolutionären technologischen Wandel zur Elektromobilität zu rechnen. Damit wird es zu massiven Änderungen der Produktions- und Wertschöpfungskette bzw. zu Verschiebungen in anderen Bereichen kommen⁵⁰. Davon werden vor allem die Automobilzulieferer betroffen sein, was prägnant durch das folgende Zitat des deutschen BMW-Gesamtbetriebsratsvorsitzenden Manfred Schoch belegt wird: „Ein Achtzylindermotor hat 1.200 Teile, die montiert werden müssen, ein Elektromotor nur 17 Teile“⁵¹. Betrachtet man die rein batteriegetriebenen Elektroautos, so fallen insbesondere der Verbrennungsmotor, das Getriebe und die Kupplung weg. Neben den Automobilzulieferern müssen sich allerdings auch andere Bereiche, wie etwa die Instandhaltung (Kfz-Werkstätten) und der Handel mit Kraftfahrzeugteilen, auf große Änderungen einstellen.

Wie aus den Ausführungen zum Tankstellennetz (s.o.) ersichtlich ist, wird der Verbrauch konventioneller Kraftstoffe und damit auch der Import von Rohöl zurückgehen. Entsprechend sind auch Änderungen in der Tankstellenlandschaft zu erwarten, etwa durch die Errichtung der notwendigen Ladestationen. Von der Entwicklung hin zur Elektromobilität wird neben dem Mineralölsektor besonders auch der Energiesektor betroffen sein.⁵²

In der Studie von Steinegger und Wittmann (2017) werden als technologische Entwicklungen, die mehr und mehr an Bedeutung gewinnen werden, die Konnektivität im Auto bzw. die Digitalisierung sowie der Bereich des autonomen Fahrens genannt. Die Autoren weisen etwa auf die Entstehung neuer Geschäftsfelder für die Elektronik- und IKT-Industrie hin (z.B. Mikrochips, kabellose Kommunikationssysteme, SIM-Karten, Sensoren, Software). Was die bei der Automobilproduktion verwendeten Bestandteile betrifft, gelten konventionelle Stahlbauteile als „Verlierer“, während Elektronikkomponenten und Leichtmaterialien zu den „Gewinnern“ gezählt werden.⁵³

Man muss erwartungsgemäß davon ausgehen, dass durch die „Mobilitätswende“ in Österreich zwar Arbeitsplätze in der konventionellen Produktion verloren gehen werden, sich dafür andererseits aber auch neue Wirtschaftsbereiche in der Wertschöpfungskette Bahn brechen werden.⁵⁴ Es wird aber kaum möglich sein, hier eine abschließende Prognose zur künftigen Beschäftigungsentwicklung abzugeben („Ein Drittel der Wertschöpfung eines E-Autos macht die Batterie aus, und die kommt aus Asien, Europa ist da nicht dabei. Der E-Motor selbst ist einfachst, es gibt kein Getriebe. Da werden ganze Fertigungszweige weggelassen. Wir müssen uns in Europa anders aufstellen, wenn wir hier weiterhin Arbeitsplätze haben wollen.“⁵⁵).

■ Autofahren um 16 Mrd. Euro bzw. 3.166 Euro pro Fahrzeughalter teurer

Den vorliegenden Berechnungen der ökonomischen Auswirkungen der „Mobilitätswende 2030“ liegt eine Vielzahl an Annahmen zugrunde. Sollten diese so eintreten, wie vorstehend angenommen, würde Autofahren in den kommenden Jahren real teurer werden. Den Löwenanteil haben dabei die Konsumenten durch die höheren Anschaffungspreise der Fahrzeuge zu tragen. Dementsprechend ist es von essenzieller Bedeutung, die sozialen Dimensionen einer „Mobilitätswende“ zu beachten (ab Seite 18). Nachdem in Szenario 2 (steuerangepasst) schneller auf alternative Antriebsarten umgestiegen wird und die niedrigeren laufenden Betriebskosten die höheren Anschaffungspreise (zumindest bei einer durchschnittlichen jährlichen Fahrleistung von 13.000 km) nicht kompensieren können, ergeben

sich hier noch höhere Kosten im Vergleich zu Szenario 1.

Auf ein einzelnes Fahrzeug gerechnet, steigt die jährliche gesamtwirtschaftliche Belastung (Anteil Konsumenten und Anteil Volkswirtschaft) von rund 5.230 Euro im Jahr 2018 bis zum Jahr 2030 auf 5.834 Euro im Szenario 1 und auf 5.684 Euro im Szenario 2 (steuerangepasst). Die Differenz zwischen beiden Szenarien wächst somit auf bis zu 612 Euro an (s. Anhang: Ökonomische Konsequenzen der „Mobilitätswende“ Anhang-Tabelle 5). Kumuliert über den Betrachtungszeitraum kann somit gesagt werden, dass die „Mobilitätswende“ unter den hier getroffenen Annahmen in Summe 16 Mrd. (s. Abbildung 27a) gesamt bzw. 3.166 Euro pro Fahrzeughalter an gesamtwirtschaftlichen Kosten verursacht (s. Abbildung 27b).

50 Wietschel et al. (2017): Perspektiven des Wirtschaftsstandorts Deutschland in Zeiten zunehmender Elektromobilität

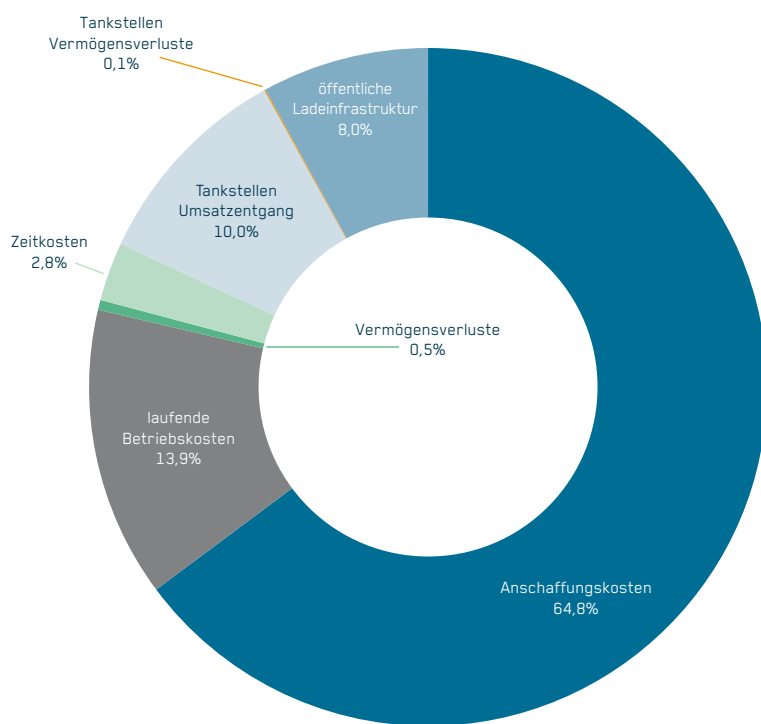
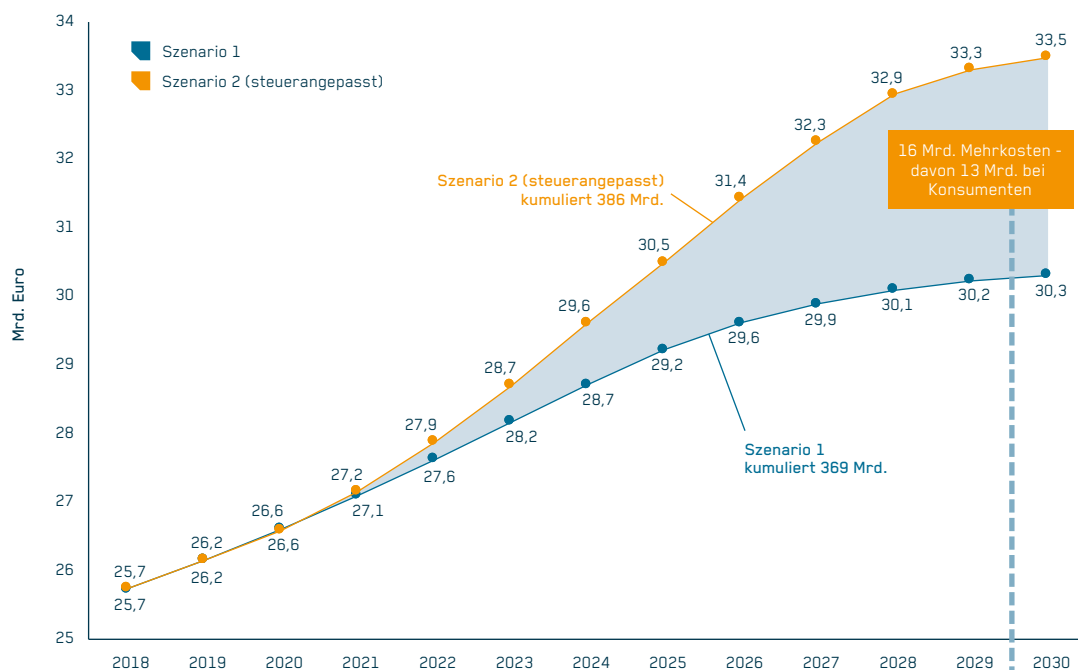
51 Steinegger und Wittmann (2017): Technologischer Wandel und E-Mobilität – Auswirkungen auf den Automobilmarkt
Steiermark, Steirische regionalpolitische Studien Nr.01

52 Wietschel et al. (2017): Perspektiven des Wirtschaftsstandorts Deutschland in Zeiten zunehmender Elektromobilität

53 Roland Berger (2016): Global Automotive Supplier Study 2016 – Being prepared for uncertainties.

54 Steinegger und Wittmann (2017): Technologischer Wandel und E-Mobilität – Auswirkungen auf den Automobilmarkt
Steiermark, Steirische regionalpolitische Studien Nr.01

55 Horst. Bischof (2017): Horst Bischof über die Zukunft der Mobilität“, Interview für „Kleine Zeitung Kärnten“



Von 16 Mrd. Euro an zusätzlichen gesamtwirtschaftlichen Belastungen durch ein „Aus“ für die Neuzulassung von Verbrennungsmotoren im Jahr 2030 haben die Konsumenten 13 Mrd. Euro zu tragen.

Abbildung 27a: Gesamtwirtschaftliche Belastung

Auf jeden Fahrzeughalter
würden durchschnittlich
Mehrkosten in Höhe von
3.166 Euro zukommen.

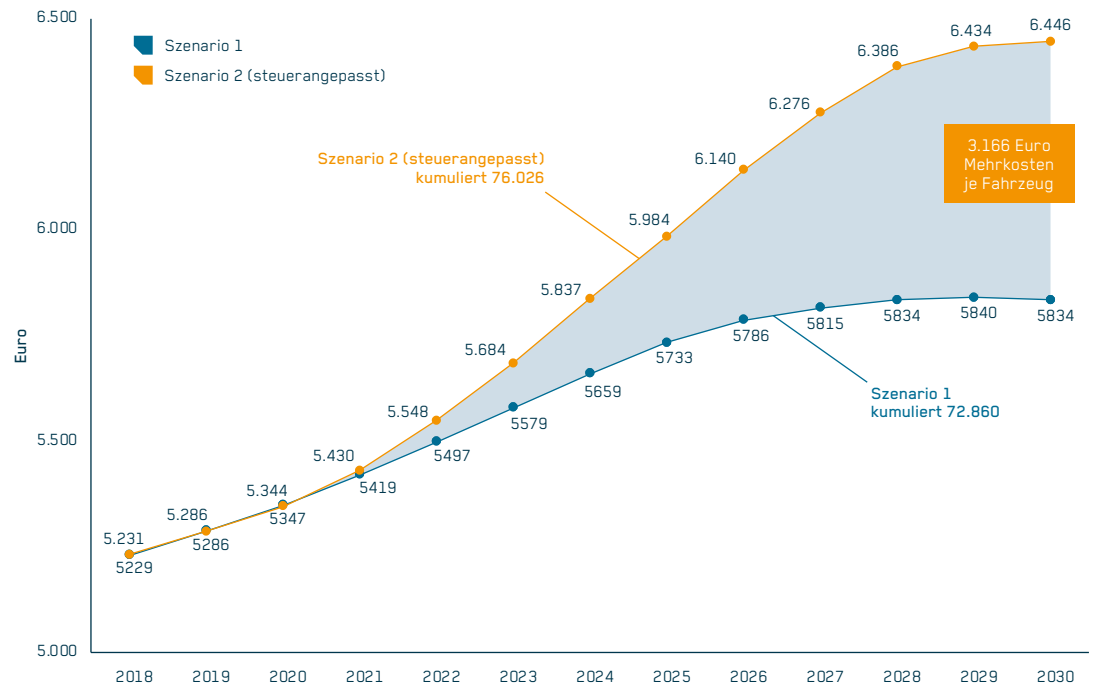


Abbildung 27b: Gesamtwirtschaftliche Belastung je Fahrzeug, in Euro 2017

Konjunkturelle Effekte

Um die konjunkturellen Effekte der Umstellung des Verkehrs durch die „Mobilitätswende“ abzuschätzen, wird das Economica DSGE Modell⁵⁶ für die österreichische Wirtschaft herangezogen. Zur adäquaten Abbildung der österreichischen Volkswirtschaft wird das Modell zunächst für den Zeitraum 1996 bis 2017, d.h. für 88 Quartale, geschätzt und parametrisiert.⁵⁷ Für die folgende Simulation der „Mobilitätswende“ wird jeweils nur der Gesamteffekt ausgewiesen, der sich aus der Summe von Preis- und Investitionseffekten zusammensetzt. Dabei bildet die Summe aller mikro- und makroökonomischen Kosteneffekte den preiserhöhenden Effekt, die Investitionserfordernisse durch die „Mobilitätswende“ die Investitionseffekte, wobei diese nach staatlichen

und privaten Investitionseffekten unterschieden werden. Der Betrachtungszeitraum umfasst die Jahre 2018 bis 2030, d.h. 52 Quartale. Da es sich hierbei um eine relativ lange Periode handelt, sind die qualitativen Ergebnisse hinsichtlich der Richtung der Effekte bedeutsamer als die konkreten quantitativen Werte.

Ausgewiesen werden die Effekte auf das Bruttoinlandsprodukt (BIP), den aggregierten Konsum, die Investitionen in der Gesamtwirtschaft und die Inflationsrate. Alle Ergebnisse bilden die Niveaueffekte der betrachteten Variablen ab, d.h. sie zeigen die prozentuelle Erhöhung oder Abnahme der Variablen im Vergleich zur österreichischen Volkswirtschaft ohne „Mobilitätswende“.

⁵⁶ Ein DSGE-Modell (dynamic stochastic general equilibrium) ist ein makroökonomischer Modelltypus, der konjunkturelle Abweichungen vom Wachstumstrend – welche durch externe (politische) Schocks bzw. Maßnahmen hervorgerufen werden können – modellieren kann.

⁵⁷ Zu den dafür verwendeten Zeitreihen s. Anhang: Ökonomische Konsequenzen der „Mobilitätswende“ S. 102

■ Negative Auswirkungen

Das BIP sinkt durch die „Mobilitätswende“ vorübergehend um bis zu 1,28 Prozent. Dies liegt vor allem an den negativen Effekten einer höheren Inflationsrate, welche die positiven Impulse privater und öffentlicher Investitionen mehr als kompensieren.

Die Inflationsrate steigt zusätzlich um bis zu 0,4 Prozent an. Wenn man von einer durchschnittlichen Inflationsrate von 2 Prozent ausgeht, steigt die Inflationsrate daher insgesamt auf 2,008 Prozent. Um das Jahr 2025 beginnt die Inflationssteigerung wieder zu sinken, weil die Akteure sich auf das veränderte Preisniveau einstellen.

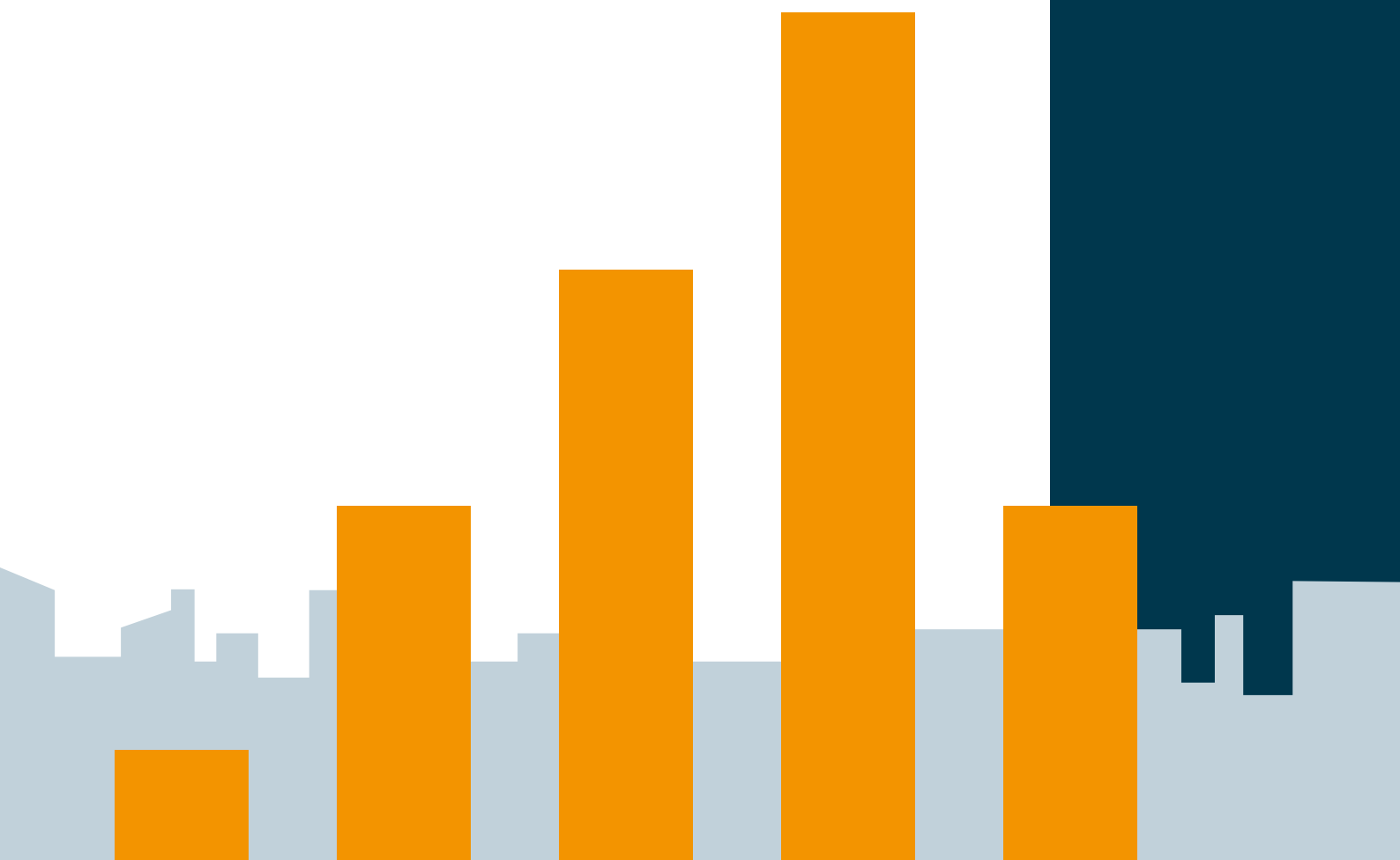
Die Investitionen entwickeln sich insgesamt negativ. Im Vergleich zum Trend sind die Investitionen um bis zu 5 Prozent niedriger. Erst nach 2025 steigen die Investitionen wieder an, weil die erwartete Inflationssteigerung zurückgeht. Darüber hinaus nehmen ab 2025 die privaten und öffentlichen Inves-

titionen, die im Zusammenhang mit der „Mobilitätswende“ stehen, deutlich zu, wodurch sich ein positiver Effekt auf die Gesamtinvestitionen ergibt. Durch die niedrigeren Investitionen ergibt sich auch ein Beschäftigungsrückgang in Höhe von 0,3 Prozent. Diese Senkung der Beschäftigung kann erst durch die höheren Investitionen am Ende der Betrachtungsperiode zurückgeführt werden.

Der volkswirtschaftliche Konsum reagiert im betrachteten Zeitraum kaum, die Effekte liegen zwischen +0,02 Prozent und -0,02 Prozent.

Insgesamt ist daher mit negativen konjunkturellen Effekten der „Mobilitätswende“ auf das gesamtwirtschaftliche Einkommen und die Beschäftigung zu rechnen, da der Kosteneffekt durch den Umstieg auf alternative Antriebssysteme kurzfristig stärkere Auswirkungen als die zusätzlichen Impulse durch die gesteigerte Investitionstätigkeit verursacht.

Im Vergleich zur technologischen Entwicklung („Szenario 1“) würde eine für 2030 politisch verordnete „Mobilitätswende“ das BIP um bis zu 1,28 Prozent reduzieren. Die Inflation würde vorübergehend bis zu 0,4 Prozent ansteigen.







EXKURS:
AUSWIRKUNGEN DER
„MOBILITÄTSWENDE“ AUF DIE INDUSTRIE

Bei ACStyria stehen rund 10.000 Arbeitsplätze in Zusammenhang mit dem Verbrennungsmotor.

Bei KTM hängen 95 Prozent des Umsatzes am Verbrennungsmotor.

Ein „Aus“ für den Verbrennungsmotor würde Arbeitsplätze gefährden.

Lange Entwicklungszyklen in der Automobilindustrie machen einen Ausstieg aus der Verbrennungsmotor-Technologie bis 2030 unrealistisch.

Herausforderungen für die Qualifikation der Mitarbeiter.

Exkurs: Auswirkungen der „Mobilitätswende“ auf die Industrie

Automobilität und Antriebstechnologien sorgen in der heimischen Industrie für einen immensen Wertschöpfungs- und Beschäftigungsanteil mit rund 450.000 Beschäftigten.⁵⁸ Politisch oder durch Gesetz festgelegte Entscheidungen für oder gegen eine Technologie hätten somit erhebliche Auswirkungen auch für den Wirtschafts- und Arbeitsstandort.

Für den Automotiv-Sektor in Österreich sind mit veränderten mobilitätspolitischen Rahmenbedingungen erhebliche Aufwände verbunden. Um den Umstellungs- und Kostenaufwand zu illustrieren, wurden für den

Expertenbericht „Mobilität & Klimaschutz 2030“ ACStyria und KTM gebeten, die Konsequenzen der Umstellung ihrer Produktpalette auf CO₂-neutrale Pkw⁵⁹ (Umstellung des Produktionsprozesses, geänderte Produktions- und Entwicklungskosten etc.) abzuschätzen.

Bei ACStyria stehen nach Schätzungen derzeit eine Milliarde Umsatz und 10.000 Arbeitsplätze mit Verbrennungsmotoren in Zusammenhang. Bei KTM hängen nach Angaben des Unternehmens 95 Prozent des Umsatzes und 95 Prozent der Arbeitsplätze am Verbrennungsmotor.

■ Konsequenzen aus Sicht von ACStyria

Auswirkungen auf Partnerbetriebe

Eine quantitative Bewertung der Kosten bzw. Einsparungen bei der Umstellung der gesamten Produktpalette auf CO₂-neutrale Pkw ist bei den Partnerunternehmen derzeit nicht seriös ableitbar. Qualitativ können folgende Aussagen getroffen werden: Wesentliche Veränderungen treffen die Unternehmen der Metallbearbeitenden Industrie. Elektrofahrzeuge erfordern aufgrund des Gewichtes der Batterie einen verstärkten Einsatz von Leichtbaukonzepten. Stahl wird weitgehend durch Aluminium, Composites und Hybridmaterialien ersetzt werden. Dies

erfordert es für Blech-ZSB-Produzenten, verstärkt mit Aluminium zu arbeiten und neue Verbindungstechniken zu implementieren. Diese Betriebe sind bei verstärktem Einsatz von Composites einem entsprechenden Substitutionsrisiko ausgesetzt.

Ähnliches gilt für Betriebe im zerspanenden Bereich, die im Bereich der Motor- und Getriebeproduktion tätig sind. Durch den weitestgehenden Entfall der Bauteile entfällt auch deren Geschäftsgrundlage, was zu einem wesentlich höheren Wettbewerbsdruck am Weltmarkt führen wird.

Auswirkungen auf die Beschäftigung

Betrachtet man das Leistungsprofil der ACStyria-Partnerunternehmen, so sind aktuell rund 10.000 Menschen bei Unternehmen beschäftigt, die an der Entwicklung

und Produktion von Motor- bzw. Getriebekomponenten tätig sind. Vorsichtig geschätzt sind mit Sicherheit 50 Prozent dieser Arbeitsplätze gefährdet.

Vorlaufzeit für die Umstellung

Geht man von den Entwicklungszyklen in der Automobilindustrie aus, so werden heute bei den Erstausrüstern (Original Equipment Manufacturer OEM) ca. ein bis 1,5 Jahre für die Produktplanung und strategische Produktkonzeption verwendet. Darauf folgen zwei Jahre Entwicklungszeit für die Serienentwicklung. Die Produktlaufzeit beträgt in weiterer Folge rund sieben Jahre mit entsprechenden Modelyear Changes und

einem großen Facelift zur Halbzeit. Angesichts dieser langen Produktzyklen ist davon auszugehen, dass der Umstellungsprozess in der Produktion lange Vorlaufzeiten braucht und einen Zeitraum von fünf bis zehn Jahren beanspruchen würde. Entwicklungslieferanten müssten zudem schon heute in den neuen Technologiefeldern handlungsfähig sein.

Auswirkungen auf die Qualifikation von Beschäftigten

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass angesichts der zunehmenden Elektrifizierung der Fahrzeuge schon heute der Anteil der Elektrotechniker, Elektroniker und Softwareingenieure stark am Steigen ist. Die klassischen Maschinenbauingenieure mit Schwerpunkt auf Motoren- und Getriebetechnik werden weniger bzw. gar nicht mehr nachgefragt werden.

Hier ist im Bereich der berufsbildenden Schulen und der Universitäten Sorge zu tragen und die erforderliche Anzahl an Nachwuchskräften auszubilden. Im gewerblichen Bereich kommt auf den klassischen Kfz-Techniker die Umschulung zum Kfz-Elektriker/Elektroniker zu.

58 Economica (2013): Leitbranche Automobilwirtschaft – Volkswirtschaftliche Leistung, Fiskalischer Beitrag und innovative Dynamik

59 Mit CO₂-neutralen Pkw sind hier batterieelektrisch- und wasserstoffbetriebene Fahrzeuge (BEV und FCEV) gemeint

Erwartungen an CO₂-neutrale Pkw

Technische Hürden liegen laut ACStyria Experten darin, dass Lithium-Batterien für Kfz ungeeignet sind (zu geringe Energiedichte, zu lange Ladezeit). Ohne Festkörperbatterie ist das BEV nicht sinnvoll darstellbar. Die Kosten sind zu hoch, BEV sind daher nur für OECD-Länder ein Thema. Emerging Markets benötigen hingegen günstige Mobilität. Dies ist nur mit dem Verbrennungsmotor möglich. Bei Brennstoffzellen ist die

Entwicklung noch nicht ausreichend fortgeschritten. Wasserstoff zieht sowohl in der Herstellung als auch bei der Lagerung Herausforderungen nach sich. Die Versorgungsinfrastruktur ist derzeit weder bei Strom noch bei Wasserstoff gegeben. Das größte Potenzial für CO₂-neutrale Pkw gibt es im innerstädtischen Nahverkehr in Megastädten.

■ Konsequenzen aus Sicht von KTM

Anforderungen an die Diskussion

Aus Sicht von KTM wird die Diskussion über den Umstieg auf CO₂-neutrale Fahrzeuge nicht sehr sachlich geführt. Es braucht dringend eine EU-weit einheitliche Definition von Emissionen – mit einer Betrachtung des CO₂-Ausstoßes über den gesamten Lebenszyklus eines Fahrzeuges hinweg. Ohne entsprechende rationale Entscheidungsgrundlage kann sich CO₂-neutrale

Mobilität nicht in einem wirtschaftlich – ohne Förderungen funktionsfähigem – sinnvollen Ausmaß entwickeln. Zudem gefährdet man eine leistungsfähige Branche mit vielen Arbeitsplätzen und begibt sich in ungewisse Abhängigkeiten. Chancen für die CO₂-neutrale Mobilität ergeben sich bis 2030 im urbanen Bereich.

Marktchancen für CO₂-neutrale Pkw

Bei der Bewertung der Marktchancen für CO₂-neutrale Pkw ist der Einsatzzweck des Fahrzeuges ein wesentliches Unterscheidungskriterium. Im urbanen und suburbanen Umfeld sieht KTM die Zukunft der Mobilität mit einem sehr hohen Anteil von CO₂-neutralen Fahrzeugen. Hier werden sich neue Mobilitätsformen (Crossover-Zweirad zu Vierrad etc.) entwickeln. Für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge sieht KTM nur geringes

Einsatzpotenzial, da die Investitionen für die Bereitstellung der notwendigen (Tank-)Infrastruktur neben dem Aufbau von Ladeinfrastruktur für BEV wirtschaftlich nur schwer darstellbar erscheinen. Im außerstädtischen Verkehr fehlt derzeit die wirtschaftliche und technische Basis, um CO₂-neutrale Fahrzeuge in den Verkehr bringen zu können.

Technische Hürden für CO₂-neutrale Pkw

Hürden liegen einerseits in der Energiedichte der Batteriepakete: Für Konsumenten ist die Reichweite eines BEV das entscheidende Kaufkriterium. Wenn CO₂-neutrale Fahrzeuge am freien Markt (ohne Fördermaßnahmen) erfolgreich sein sollen, ist dieses Kriterium zu erfüllen. Im Zweirad-Bereich erwarten Kunden im urbanen Bereich eine Mindestreichweite von 100 Kilometern unter realen Fahrbedingungen. Mit der aktuellen Energiedichte von „State-of-the-Art“-Batteriepaketen im Bereich 180-250 Wh/kg ist dieses Ziel noch nicht erreicht. Bei gleichbleibendem technischen Fortschritt ist in ca. drei bis fünf Jahren ein sinnvoller Einsatz erwartbar. Erforderlich ist eine mindestens 50 prozentige Verbesserung der Energiedichte.

Im Vierrad-Bereich wird die Reichweite derzeit mit hohem Batteriegewicht „erkauft“.

Diese Lösung wird derzeit bei Premiumfahrzeugen

eingesetzt. Für die Großserie ist auch hier noch ein Sprung in der Energiedichte erforderlich.

Mit Blick auf die Ladeinfrastruktur ist im Vierrad-Bereich die Bereitstellung von Schnellladeinfrastruktur notwendig (>100 kW Gleichstrom), um der Technologie zum Durchbruch zu verhelfen. Derzeit mangelt es noch an den notwendigen elektrischen Anschlussleistungen bei den Ladestationen.

Im Zweirad-Bereich ist eine geringere Ladeleistung notwendig. Hier ist aber der Standardisierungsprozess für die Ladetechnologie noch nicht weit entwickelt. Für die erfolgreiche Umsetzung ist noch Vorlaufzeit notwendig, um einheitliche und leistbare Standards zu definieren. Energiesicherheit (Netzausbau) ist Grundvoraussetzung, um CO₂-neutrale Mobilität überhaupt Wirklichkeit werden lassen zu können.

Größte Potenziale für CO₂-neutrale Antriebe

Im Zweirad-Bereich liegen die größten Potenziale für CO₂-neutrale Antriebe im Leistungsbereich von 250W (Pedelec) bis zu 11kW (Niedervoltbereich <60V). Bei vollelektrischen Zweirädern über 11kW (Hochvolt <60V) ist dies aufgrund des hohen benötigten Batteriegewichts aber technisch nicht sinnvoll. Dazu kommt eine fehlende Ladeinfrastruktur an relevanten Punkten

(z.B. Alpenpässe). Elektrifizierung bzw. Hybridisierung sind mit Preissensitivität nur schwer vereinbar. Daher sind CO₂-neutrale Antriebe bis 2030 nur bei sehr großen (teuren) Motorrädern vorstellbar. Im Vierrad-Bereich liegen Potenziale bei kleinen Stadtfahrzeugen.

Chancen für CO₂-neutrale Fahrzeuge im urbanen und suburbanen Umfeld.

Herausforderungen in der Batterietechnologie.

Bis 2030 könnte KTM 15 Prozent seiner Produktpalette umstellen.

Ohne Grundlagenforschung und Entwicklung ist der Durchbruch der CO₂-neutrale Mobilität nicht möglich.

Hohe Abhängigkeit von Asien bei Batterietechnologie.

Vorlaufzeit für die Umstellung

Bis 2030 könnten bei KTM 15 Prozent der gesamten Produktpalette umgestellt werden. Dies entspricht dem 125-ccm-Segment (bis 11kW) inklusive Kindermotorrädern. Der gesamte Entwicklungszyklus in der Motorradindustrie liegt bei rund drei

bis fünf Jahren. Bei größeren Motorrädern über 11 kW ist eine Umstellung frühestens im Zeitraum 2040 bis 2050 nur in Verbindung mit leistbarer Hybridtechnik (keine reinen BEV) möglich.

Kosten für die Umstellung

Die Grundlageninvestitionen in die Forschung zur notwendigen Verbesserung der Energiedichte von Lithium-Ionen-Zellen können von einem Unternehmen wie KTM nicht finanziert werden. Es bedarf einer gesamtwirtschaftlichen Anstrengung, um diese Forschung bezahlbar zu machen. Ohne Grundlagenforschung und Entwicklung ist der Durchbruch der CO₂-neutralen Mobilität nicht möglich.

Nach der Erreichung der Energiedichten auf dem geforderten Niveau ist der Hauptkostentreiber die Batterie. Neben den Kosten ist dabei auch die Versorgungssituation überaus problematisch. Die Kosten eines Fahrzeuges erhöhen sich dadurch um 25 bis 40 Prozent. Elektromotoren sind derzeit im Ein-

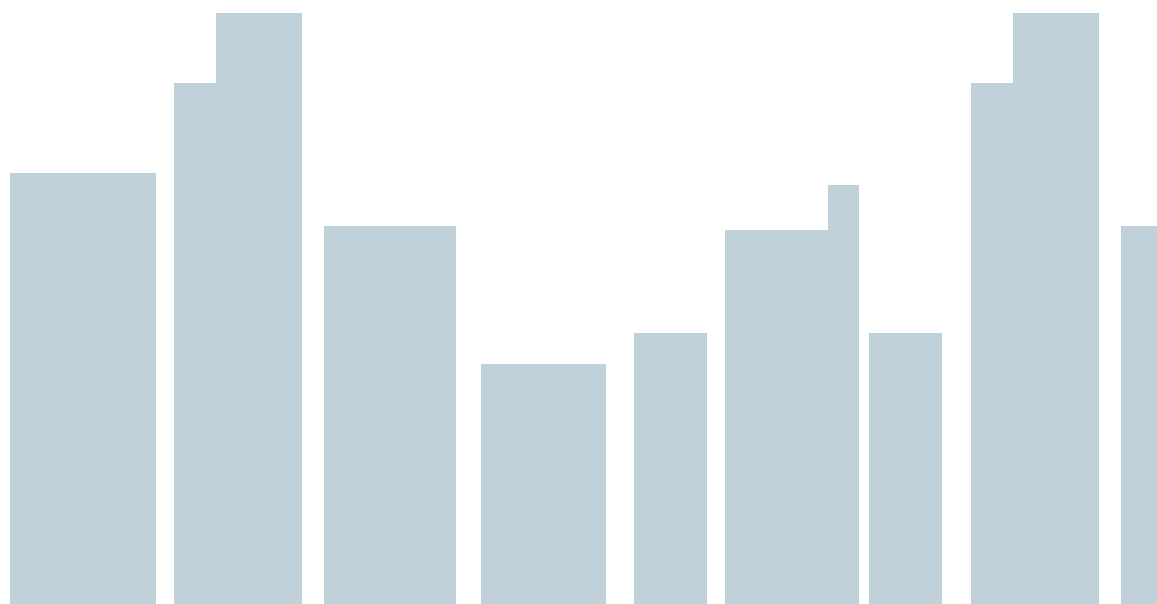
kauf teurer als Verbrennungsmotoren. Die spezifischen Anforderungen des Zweirads werden von bestehenden Motoren nur mangelhaft erfüllt. Hier ist erst in einigen Jahren Kostengleichstand zu erwarten.

Einsparungen ergeben sich für den Konsumenten im laufenden Betrieb, da Verschleißteile entfallen. Mit Blick auf die Lebenszeit der Batterie und die Entsorgung ist jedoch mit erheblichen Mehrkosten im Vergleich zu verbrennungsmotorbetriebenen Fahrzeugen zu rechnen. Ohne Second-Life-Anwendungen der Batterie ist dieser Bereich für die Kfz-Industrie problematisch und ein schwer kalkulierbarer Kostentreiber.

Versorgungssicherheit der Produktionsprozesse

Bei der Versorgungssicherheit der Produktionsprozesse zwischen CO₂-neutralen und konventionellen Antrieben (Rohstoffe bzw. Zulieferindustrie) gibt es erhebliche Unterschiede. Der schnelle (Zwangs-)Umstieg auf CO₂-neutrale Fahrzeuge birgt enorme wirtschaftliche Risiken. Derzeit bestehende Wettbewerbsvorteile gehen verloren und man begibt sich in eine hohe Abhängigkeit von Asien. Die Versorgungssituation bei

Lithium-Ionen Batteriezellen ist sehr kritisch. Das Know-how bezüglich der Batterie-Technologie liegt in Asien. Bei der Entwicklung von Elektro-Powertrains gibt es in Europa keine vergleichbare Technologieführerschaft wie beim Verbrennungsmotor. Die langfristige chinesische Planung sorgt für einen enormen Wettbewerbsvorsprung. In den 2020er Jahren wird die Versorgung mit Batterien bereits knapp.



Auswirkungen auf die Qualifikation von Arbeitnehmern

Bereits heute stehen Fachkräfte nicht im erforderlichen Ausmaß zur Verfügung. Betroffen ist vor allem

der F&E-Bereich. Um dem entgegenzuwirken, ist die Fokussierung auf Mechatronik wichtig.

Perspektiven für Österreich

Ziele hinsichtlich der Neuzulassung von CO₂-neutralen Fahrzeugen sind nur im europäischen Einklang sinnvoll, da nur so ein für den Kunden interessantes Produktangebot auf den Markt gebracht werden kann. Die Konzentration in der Zielsetzung

sollte auf dem urbanen Raum liegen. Eine Kombination von THG-armen Kraftstoffen bzw. E-Fuels und Hybrid-Pkw wäre insgesamt für die Mobilität der Zukunft der beste Weg.





The background is a dark blue field with a light blue line-art map. The map shows a grid of streets and several curved paths. A thick orange line starts from the left edge, curves upwards and to the right, and ends near the top right. A thick green line starts from the right edge, curves downwards and to the left, and ends near the bottom right. The two lines intersect in the upper right quadrant. The text is centered in the middle of the image.

„MOBILITÄTSWENDE“
AM UMWELT-PRÜFSTAND

Analyse mittels Österreich-
Modell der Energieagentur.

Leicht steigende Ver-
kehrsnachfrage bis 2030.

Pkw-Bestand und Ener-
gieverbrauch wurden
nach den Vorgaben
der Antriebsexperten
von TU Wien und TU
Graz modelliert.

Leicht steigender
Energieverbrauch für
E-Fahrzeuge wegen
höherer Reichweiten
und einem höheren
Fahrzeuggewicht.

„Mobilitätswende“ am Umwelt-Prüfstand

Der österreichische Straßenverkehr basiert heute fast ausschließlich auf fossilen Antriebskonzepten, wobei der Mobilitätssektor für fast ein Drittel des österreichischen Energieverbrauchs verantwortlich ist⁶⁰. Der Umstieg auf nachhaltige Mobilität und Transportinfrastruktur kann somit einen wichtigen Eckpfeiler auf dem Weg zu einem weitgehend nachhaltigen und emissionsarmen Energiesystem darstellen⁶¹.

Die Auswirkungen der „Mobilitätswende 2030“ auf die österreichischen CO₂-Emissionen untersuchte eine Studie der Österreichischen Energieagentur von Dipl.-Ing. Dr. Martin Baumann, Dipl.-Ing. Dr.techn.

Werner Brandauer, Lukas Eggler, MSc BA und Dipl.-Ing. Günter Pauritsch (Mobilitätswende 2030 – Machbarkeit und Herausforderungen. Auswirkungen auf die österreichischen Treibhausgasemissionen und das elektrische Energieversorgungssystem, 2018).

Die Ergebnisse der Studie zielen auf den Energieverbrauch – aufgeteilt nach Energieträgern und Antriebstechnologien – und die daraus resultierenden CO₂-Emissionen des österreichischen Pkw-Straßenverkehrs bis 2030 ab. Diese stellte die Studie für die beiden Szenarien 1 und 2 (Analyse des Energieverbrauchs s. Seite 70, Untersuchung bezügl. der CO₂-Emissionen ab Seite 71) dar.

Österreich-Modell und Methodik

Die Österreichische Energieagentur hat mit dem Österreich-Modell ein Instrument entwickelt, das Analysen des österreichischen Energiesystems in seiner Gesamtheit bei gleichzeitiger technologiespe-

zifischer Betrachtung ermöglicht: von der Nachfrage nach Energiedienstleistungen über verschiedene Umwandlungsketten bis hin zur Primärenergieaufbringung.

■ Verkehrssektor

Der Verkehrssektor des Österreich-Modells bildet den vollständigen Endenergieverbrauch der Transportaktivitäten in Österreich ab. Zur Modellierung des Endenergieverbrauchs und der CO₂-Emissionen des Pkw-Straßenverkehrs in Österreich wurde das Österreich-Modell der Österreichischen Energieagentur herangezogen. In diesem

Modell wird der Verkehrssektor detailliert auf Basis einer angenommenen Nachfrageentwicklung unter Berücksichtigung des derzeitigen Fahrzeugbestandes, der Verteilung der Neuzulassungen auf verschiedene Fahrzeugtechnologien sowie der zukünftigen Effizienzentwicklung dieser Neuzulassungen abgebildet.

Entwicklung von Energieverbrauch und CO₂-Emissionen

Die Modellierung des Energieverbrauchs⁶² des österreichischen Pkw-Bestands erfolgt entsprechend der Verkehrsnachfrage durch die Bevölkerung (gemessen in Fahrzeug-Kilometern (fkm)). Unter der Annahme, dass der Motorisierungsgrad der Bevölkerung konstant bleibt und die Fahrleistung und Lebensdauer aller Fahrzeugtypen gleich bleiben, ergibt sich eine leicht steigende Verkehrsnachfrage von 63,7 Mrd. fkm im Jahr 2017 auf 67,5 Mrd. fkm im Jahr 2030.

Aufgrund der steigenden Anforderungen hinsichtlich der Effizienz und der langen Lebensdauer von Fahrzeugen spielt das Fahrzeugalter eine entscheidende Rolle für den Flottenverbrauch. Zur korrekten Abbildung wurde daher die Technologieverteilung des Fahrzeugbestandes 2016⁶³ sowie dessen Altersstruktur⁶⁴ und Effizienz⁶⁵ berücksichtigt.

Die Annahmen hinsichtlich des Energieverbrauchs

neu zugelassener Fahrzeuge von 2017 bis 2030 wurden vom Institut für Fahrzeugantriebe & Automobiltechnik (IFA, TU Wien) sowie vom Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik (IVT, TU Graz) übernommen und sind im Anhang ersichtlich (s. Anhang: Technologische Entwicklung, ab S. 92). Für den Pkw-Fahrzeugbestand im Ausgangsjahr 2017 wurde nach Vorgaben des Auftraggebers Daten, die vom Institut für Fahrzeugantriebe & Automobiltechnik (IFA, TU Wien) zur Verfügung gestellt wurden, verwendet. Auf Basis dieser Daten wurde ein Energieverbrauch von 57,1 kWh/100km (6,7 l/100km) für Fahrzeuge mit Benzin-VKM bzw. 53,4 kWh/100km (5,43 l/100km) für Fahrzeuge mit Diesel-VKM angesetzt. Die Ermittlung dieser Verbräuche und jener der Neuzulassungen 2015 als Ausgangsbasis für die Prognose der Effizienzsteigerung wurden anhand des Emissionsberechnungsprogramms „PROVEM“ des IFA (TU

60 Statistik Austria (2017a): Energiebilanz 2016

61 Europäische Kommission (2011): Energy Roadmap 2050

62 Entspricht dem Endenergieverbrauch (EEV) laut Energiebilanz der Statistik Austria

63 Statistik Austria (2017b): Kraftfahrzeugstatistik

64 EUROTAX 2018

65 IFA (TU Wien), IVT (TU Graz)

66 Handbuch Emissionsfaktoren Version 3.3

Wien) ermittelt und basieren damit auf HBEFA 3.3⁶⁶ (s. Anhang: Technologische Entwicklung, ab S.92). Diese Vorgaben wirken sich insbesondere in den ersten Jahren der Modellierung unmittelbar auf den Endenergieverbrauch und die CO₂-Emissionen der Pkw-Flotte aus.

Zu beachten ist, dass bei BEV 2030 trotz des zu erwartenden technologischen Fortschritts in Zukunft von einem leicht steigenden spezifischen Energieverbrauch ausgegangen wird. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei zukünftigen Fahrzeugen einerseits von einer höheren Reichweite und damit von einem höheren Fahrzeuggewicht durch größere Batterien ausgegangen wird (Steigerung der Reichweite von derzeit 250 auf 500km 2030). Andererseits werden bei fortschreitender Marktdurchdringung der Elektromobilität verstärkt auch neue Fahrzeugsegmente erschlossen. Das wird bei den BEV zu einer Verschiebung von aktuell überwiegenden Kleinwagen zu mittleren und größeren Fahrzeugklassen führen. Beide Entwicklungen resultieren in einem höheren durchschnittlichen Fahrzeuggewicht und damit einem ent-

sprechend höheren spezifischen Energieverbrauch. Bei PHEV, die wahlweise mit Benzin bzw. Diesel oder Strom betrieben werden können, wird davon ausgegangen, dass der elektrisch betriebene Anteil in Zukunft aufgrund der besseren Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur und erhöhter Batteriekapazitäten von derzeit 35 Prozent auf 60 Prozent im Jahr 2030 steigen wird (s. Anhang: Technologische Entwicklung, ab S. 92).

Neben den oben beschriebenen allgemeinen Annahmen zu Nachfrageentwicklung, Fahrzeugbestand und Effizienzentwicklung sind zur Modellierung von Energieverbrauch und Emissionen insbesondere auch Annahmen hinsichtlich der zu erwartenden Verteilung der Fahrzeugtechnologien zu treffen. Um die Bandbreite der möglichen zukünftigen Entwicklungen abbilden zu können, wurden vom ÖAMTC zwei Szenarien definiert (Szenario 3 unterscheidet sich von Szenario 1 nur hinsichtlich des Anteils an alternativen Kraftstoffen), s. Kapitel „Status Quo“: Szenarien und Annahmen des Expertenberichts, ab S. 23.

Flottenbestand 2030

In Österreich sind derzeit ca. 4,9 Mio. Pkw angemeldet⁶⁷. Bis zum Jahr 2030 steigt diese Zahl aufgrund des Bevölkerungswachstums⁶⁸ auf rund 5,2 Mio. Jährlich werden ca. 330.000 alte Pkw aus dem Bestand ausgeschieden sowie eine leicht höhere Zahl an neuen Fahrzeugen dem Bestand hinzugefügt. Damit ergibt sich hinsichtlich der Technologieverteilung eine gewisse Trägheit im System. Heute neu gekaufte Fahrzeuge werden sich beispielsweise 2030 immer noch im Bestand wiederfinden. Obwohl im Jahr 2030 in beiden Szenarien kein Fahrzeug mit reinem VKM mehr neu zugelassen wird, ergibt sich dadurch in beiden Szenarien noch ein relativ hoher Anteil an

VKM-Fahrzeugen im Bestand (49% in Szenario 1 (s. Abbildung 28) bzw. 48 Prozent in Szenario 2 (s. Abbildung 29)).

Der Unterschied der beiden Szenarien liegt hingegen viel mehr im Anteil von Hybrid- im Vergleich zu Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeugen. Die beiden Letzteren machen 2030 im Szenario 1 einen Anteil von ca. 12,5 Prozent aus, im Szenario 2 steigt dieser Anteil hingegen auf 32 Prozent. Der Anteil von Hybrid-Fahrzeugen (HEV und PHEV) im Bestand sinkt hingegen von 39 Prozent in Szenario 1 auf 21 Prozent in Szenario 2.

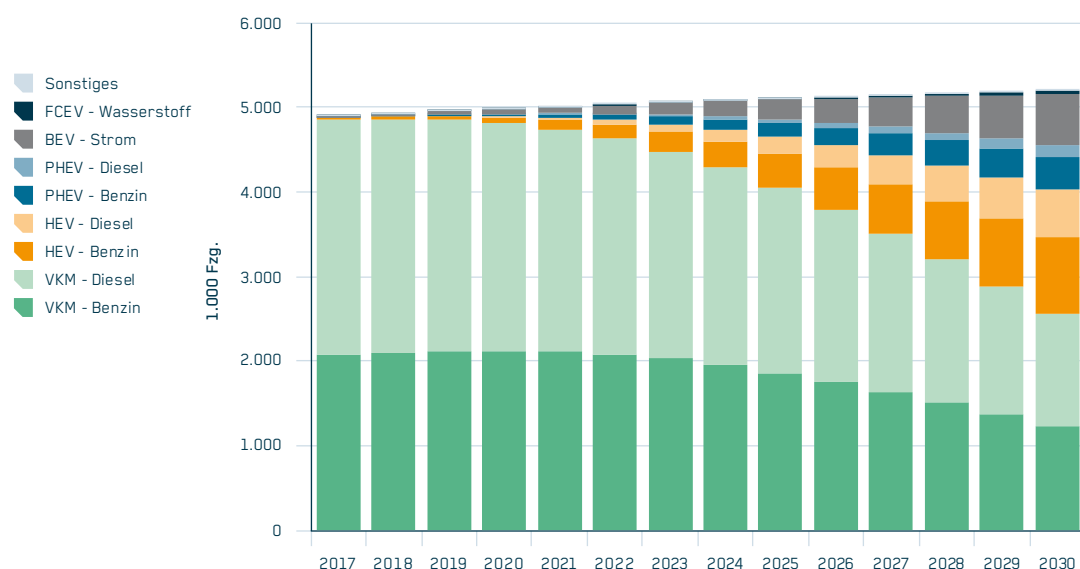


Abbildung 28: Pkw-Flottenbestand 2017–2030 nach Technologie, Szenario 1 basierend auf der Zusammensetzung der Neuzulassungen gem. Kapitel „Technologische Entwicklung“

67 Statistik Austria (2018d): Kfz-Bestand 2017

68 Statistik Austria (2018e): Vorausberechnete Bevölkerungsstruktur für Österreich 2016–2100 laut Hauptvariante

Der elektrisch gefahrene Anteil von Plug-in-Hybriden wird bis 2030 von 35 auf 60 Prozent steigen.

Leichter Anstieg des Pkw-Bestandes bis 2030.

Zusammensetzung des Pkw-Bestandes bei evolutionärer Technologieentwicklung („Szenario 1“)

Zusammensetzung des Pkw-Bestandes bei poli- tisch motiviertem „Aus“ für die Neuzulassung von Verbrennungsmotoren 2030 („Szenario 2“)

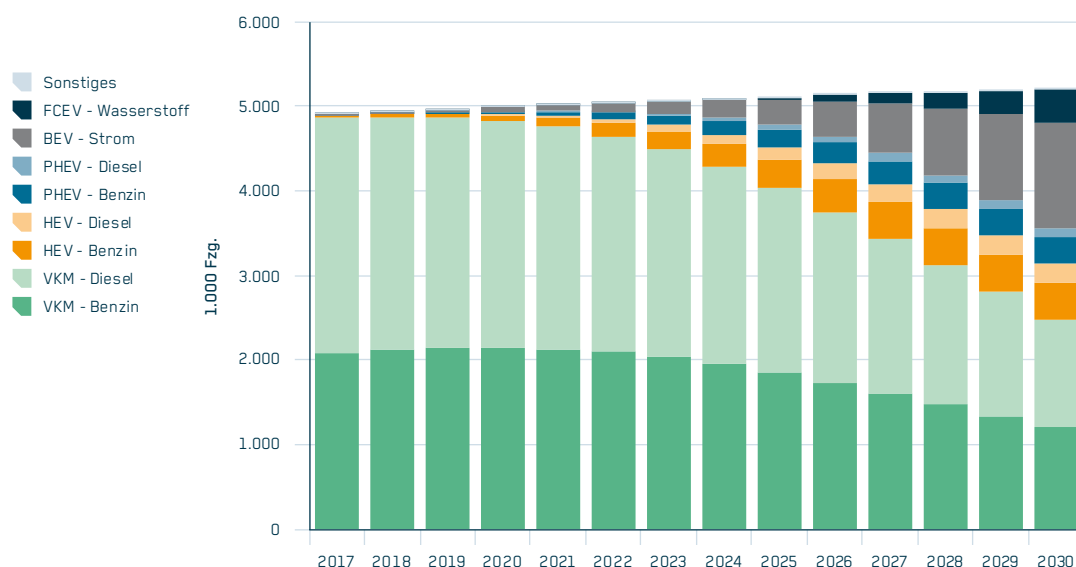


Abbildung 29: Pkw-Flottenbestand 2017–2030 nach Technologie, Szenario 2 basierend auf der Zusammensetzung der Neuzulassungen gem. Kapitel „Technologische Entwicklung“

■ Energieverbrauch

Der Endenergieverbrauch der gesamten Pkw-Flotte sinkt in beiden Szenarien deutlich. Ausgehend von 125 PJ im Jahr 2017 erreicht der Energieverbrauch im Szenario 1 im Jahr 2030 103,0 PJ (-18%) und im Szenario 2 98,5 PJ (-21%). Der Endenergieverbrauch der Szenarien 1 und 2 unterscheidet sich im Jahr 2030 lediglich um ca. 4,5 PJ. Dass dieser Unterschied nicht höher ausfällt, liegt an der relativ langen Verweildauer von Fahrzeugen im Bestand bzw. der Kürze des Betrachtungszeitraums.

Betrachtet man den Endenergieverbrauch nach Technologie (Abbildung 30) so fällt auf, dass sich dieser im Anfangsjahr der Modellierung 2017 fast ausschließlich auf Diesel- und Benzin-VKM aufteilt (die alternativen Antriebstechnologien machen nur knapp 0,7 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs aus). Die Szenarien 1 und 2 im Jahr 2030 führen bei den klassischen VKM in etwa zu gleichen Ergebnissen für den Energieverbrauch (59 bzw. 58 PJ). Jedoch fällt der Anteil von der BEV und FCEV im Szenario 2 mit 22 PJ erwartungsge-

mäß deutlich höher aus als im Szenario 1 (8 PJ). Hybride und Plug-in-Hybride haben hingegen im Szenario 1 einen höheren Anteil am Gesamtenergieverbrauch (35% vs. 19% im Szenario 2).

Betrachtet man den Energieverbrauch der Pkw-Flotte nach Energieträgern (Abbildung 30) so fällt auf, dass im Szenario 1 auch 2030 noch 88 Prozent des Energieverbrauchs von fossilen Energieträgern gedeckt werden. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass neben VKM auch Hybrid-Fahrzeuge (HEV) ausschließlich bzw. Plug-in-Hybride (PHEV) teilweise mit Diesel bzw. Benzin betrieben werden.

Im Szenario 2 sinkt der relative Anteil von Benzin und Diesel am Energieverbrauch geringfügig auf 74 Prozent. Wasserstoff macht in diesem Szenario im Jahr 2030 außerdem einen Anteil von ca. 6 Prozent des Endenergieverbrauchs der gesamten Pkw-Flotte aus. Rund 19 PJ entfallen auf den Energieträger Strom (s. Abbildung 30).

Endenergieverbrauch
von Pkw sinkt bis 2030 in
beiden Szenarien deutlich.

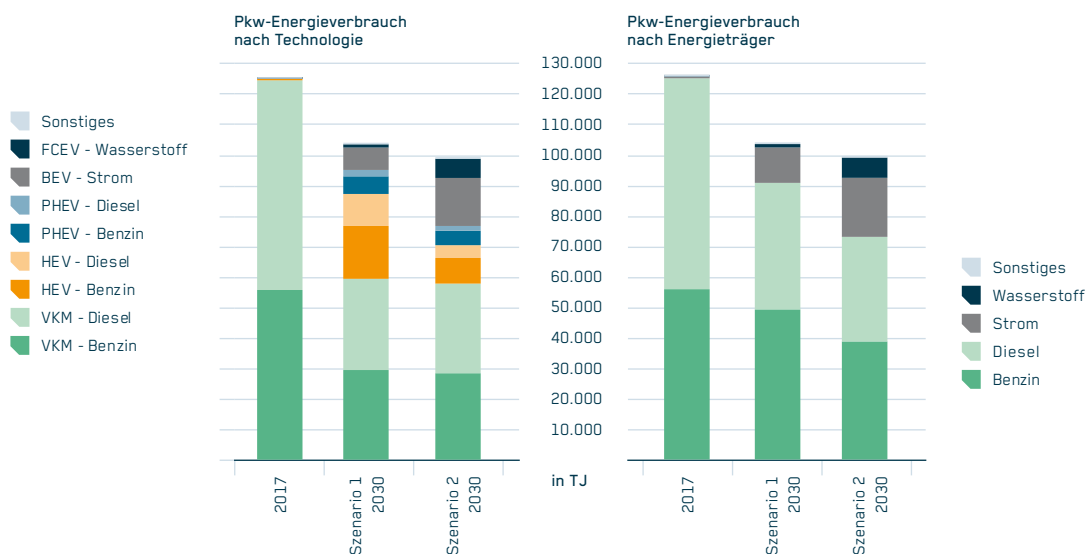


Abbildung 30: Pkw-Energieverbrauch nach Technologie und Energieträger, Szenario 1 & 2

Abbildung 31 zeigt den spezifischen Energieverbrauch der Fahrzeugflotte nach Technologie für das Szenario 1 (für Szenario 2 ergibt sich ein ähnliches Bild). Die angegebenen Werte sind als Flottendurchschnitt der jeweiligen Kategorie zu verstehen. Der durchschnittliche spezifische Energieverbrauch sinkt bei den meisten Technologiekategorien mit der Zeit, da alte ineffiziente Fahrzeuge zunehmend ausgeschieden und durch neue, effizientere Fahrzeuge ersetzt werden. Über alle Antriebsarten hinweg reduziert sich der Energieverbrauch um durchschnittlich 22 Prozent, wobei reine Verbrennungsmotoren etwa um 10 Prozent effizienter werden, Plug-in-Hybride beinahe um ein Viertel.

Eine Ausnahme stellen in diesem Zusammenhang batteriebetriebene Fahrzeuge dar, bei denen der durchschnittliche Energieverbrauch pro Fahrzeug von 25 kWh/100km 2017 auf 26,5 kWh/100km im Jahr 2030 steigt. Der Grund dafür ist, dass erstens in Zukunft von größeren Fahrzeugreichweiten (und entsprechend auch Batterien) ausgegangen wird und zweitens innerhalb des Segments der BEV eine Verschiebung von Kleinwagen hin zu größeren Fahrzeugklassen angenommen wird. Beide Trends gemeinsam resultieren in einem höheren durchschnittlichen Fahrzeuggewicht und einem entsprechend steigenden spezifischen Energieverbrauch.

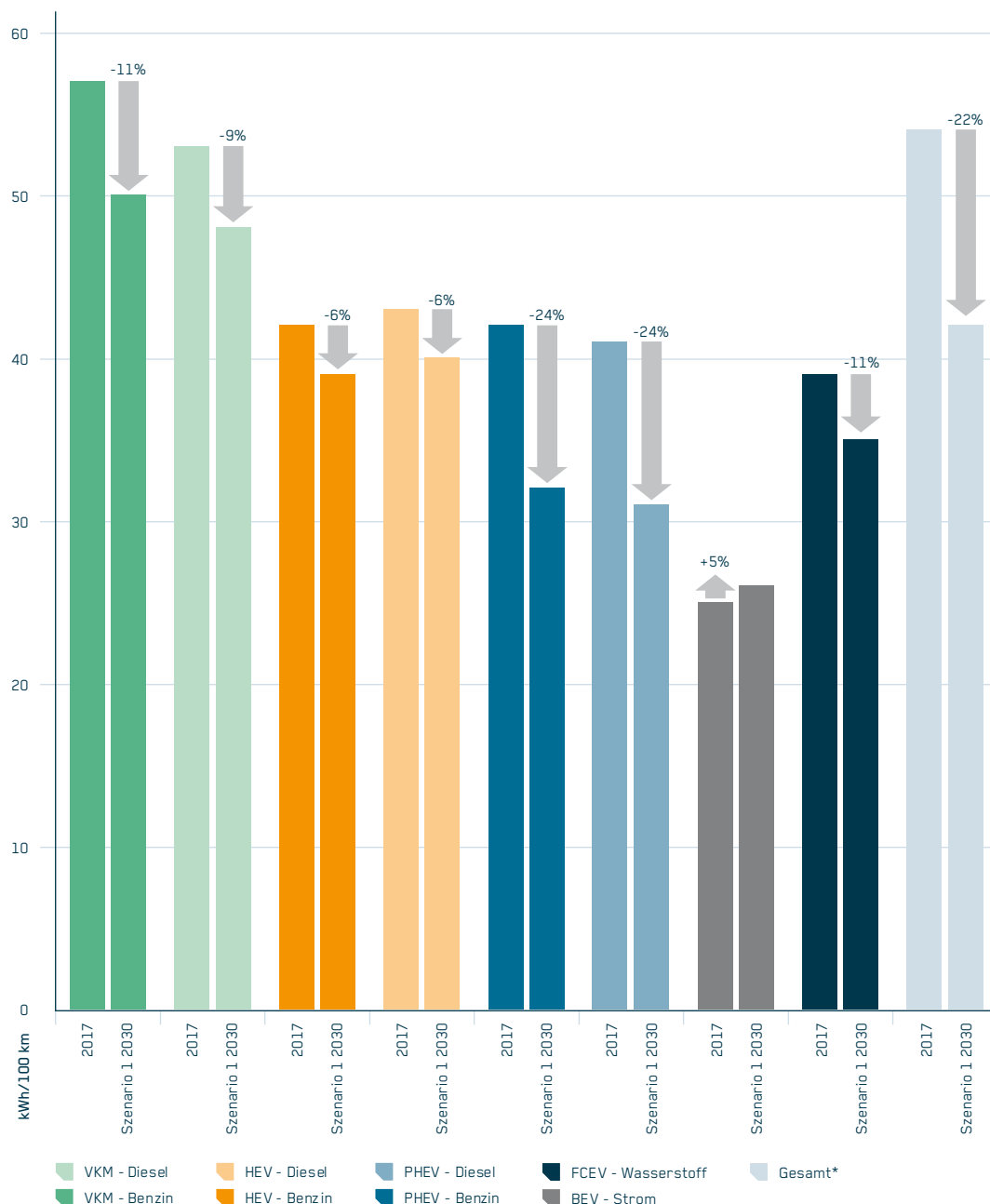


Abbildung 31: Pkw-spezifischer Energieverbrauch nach Technologie, Szenario 1

* Gesamt: VKM Benzin, VKM Diesel, HEV Benzin, HEV Diesel, PHEV Benzin, PHEV Diesel, BEV, FCEV und Sonstige

CO₂-Emissionen

In den Abbildungen 32 und 33 werden die CO₂-Emissionen der Pkw-Flotte nach Technologien für die beiden Szenarien 1 und 2 im Zeitverlauf dargestellt.

Die Emissionen beziehen sich dabei auf den Einsatz der verschiedenen Energieträger zur Abdeckung des Endenergieverbrauchs.

Energieverbrauch sinkt
für alle Antriebsarten
außer für batterie-
elektrische Fahrzeuge.

Bereits durch die technologische Entwicklung („Szenario 1“) – mehr alternative Antriebe, mehr Effizienz – sinken die direkten CO₂-Emissionen des Pkw-Bestandes bis 2030 um 28 Prozent.

Durch ein politisch forciertes Ende für die Neuzulassung von Verbrennungsmotoren 2030 („Szenario 2“) sinken die direkten CO₂-Emissionen des Pkw-Bestandes bis 2030 um 14 Prozent stärker als in „Szenario 1“.

Da für elektrische Energie dabei definitionsgemäß keine direkten CO₂-Emissionen anfallen⁶⁹, enthält die Darstellung keine Emissionen für den Stromverbrauch von BEV und PHEV sowie den Wasserstoffverbrauch von FCEV. Es ist aber zu berücksichtigen, dass in den vorgelagerten Prozessen der Strom-

und Wasserstoffherzeugung sehr wohl CO₂-Emissionen anfallen (können). Das Ausmaß ist dabei jedoch wesentlich vom CO₂-Emissionsfaktor des angesetzten Strommix bzw. bei FCEV auch vom Wirkungsgrad der Wasserstoffherzeugung (mittels Elektrolyse) abhängig.

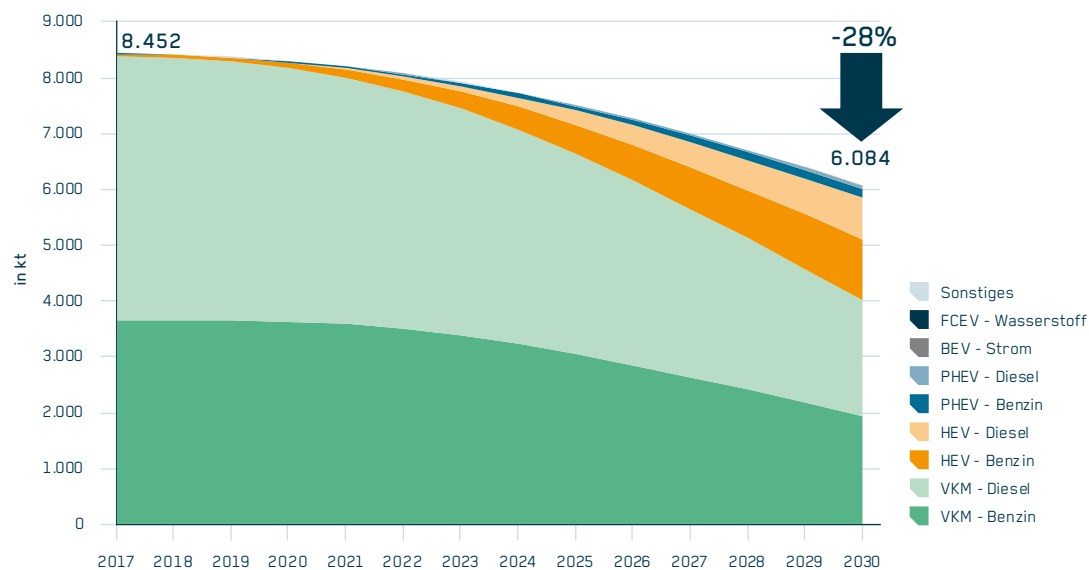


Abbildung 32: Pkw-CO₂-Emissionen nach Technologie, Szenario 1

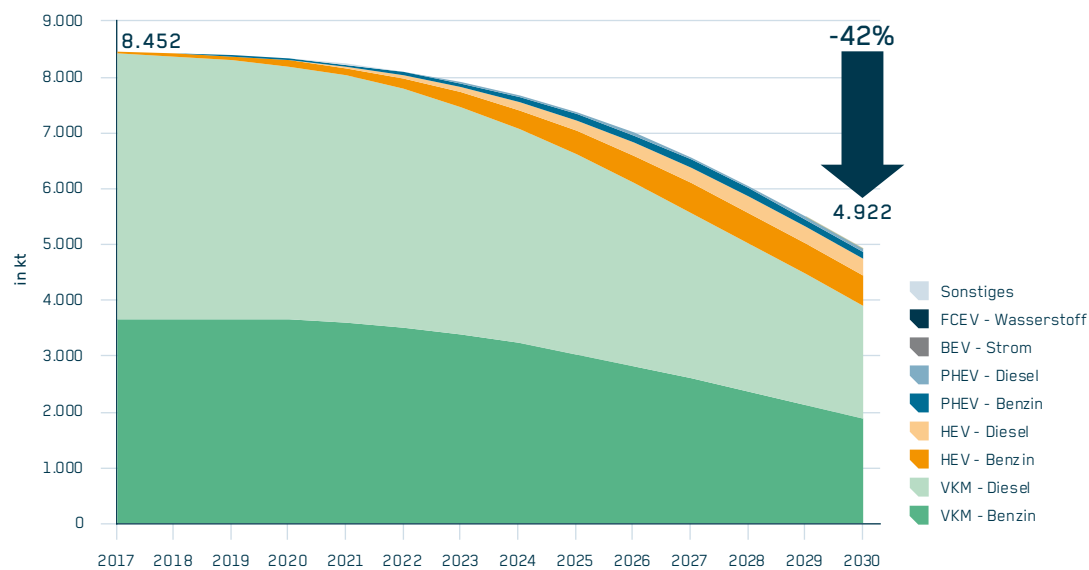


Abbildung 33: Pkw-CO₂-Emissionen nach Technologie, Szenario 2

■ Schlussfolgerungen

Hinsichtlich des Pkw-Bestands und dessen Technologieverteilung kann festgehalten werden, dass sich der Anteil alternativer Antriebe trotz der massiven angesetzten Verschiebungen bei der Technologieverteilung der Neuzulassungen nur langsam ändert, sodass herkömmliche VKM in beiden Szenarien 2030 noch immer fast 50 Prozent des Fahrzeugbestandes ausmachen. Rechnet man die Hybrid-Fahrzeuge (HEV) hinzu, die ebenfalls noch

zu 100 Prozent mit fossilen Kraftstoffen betrieben werden, steigt dieser Anteil sogar noch weiter auf 77 Prozent (Szenario 1) bzw. 60 Prozent (Szenario 2) des Bestands. Dies ist auf die relativ lange Lebensdauer von Fahrzeugen und die entsprechende Trägheit des Fahrzeug-Pools zurückzuführen.

Durch das altersbedingte Ausscheiden ineffizienter Fahrzeuge sowie die technologische Evolution der

⁶⁹ Gemäß der allgemeinen Systematik zur CO₂-Bilanzierung erfolgt die Bilanzierung der Energieträger Strom und Wasserstoff üblicherweise im Bereich Umwandlung bzw. Energieerzeugung (Primärenergie).

einzelnen Fahrzeugkategorien bei Neufahrzeugen ergeben sich im Jahr 2030 gegenüber dem Basisjahr 2017 deutliche Endenergie- und CO₂-Einsparungen (s. Tabelle 8). So sinken die CO₂-Emissionen in Szenario 1 im Jahr 2030 gegenüber 2017 um 28 Prozent, in Szenario 2 um 42 Prozent.

	2017 (PJ)	Szenario 1 2030 (PJ)	Szenario 2 2030 (PJ)	Veränderungen				
				Szenario 1 (PJ)	Szenario 1 (in %)	Szenario 2 (PJ)	Szenario 2 (in %)	2030: Szenario 2-1 (PJ)
Energetischer Endverbrauch	125,1	103,0	98,5	-22,1	-18 %	-26,6	-21 %	-4,5
CO₂-Emissionen	8.452	6.084	4.922	-2.368	-28 %	-3.530	-42 %	-1.162

Tabelle 8: Energetischer Endverbrauch und CO₂-Emissionen, Szenario 1 und 2

Die relativen CO₂-Reduktionen von 28 Prozent für Szenario 1 bzw. 42 Prozent für Szenario 2 sind von der Höhe sämtlicher angesetzter Verbräuche unabhängig. Würden die Verbräuche (Bestand und Neuzulassungen) zum Beispiel um 20 Prozent erhöht werden, so würden auch die Emissionen um 20 Prozent steigen. Die Reduktionen der gesamten CO₂-Emissionen in relativen Werten blieben davon unberührt.

Die im Projekt ausgewiesenen CO₂-Emissionen für das Jahr 2017 (8.452 kt) unterscheiden sich von denen des Umweltbundesamtes von 2015⁷⁰ (11.332 kt CO₂-Äq.). Diese Differenz entsteht vermutlich durch von einander abweichenden Verbrauchs- sowie Fahrleistungsannahmen und der Kraftstoffexport-Berechnung des Umweltbundesamtes als Restgröße.

⁷⁰ Umweltbundesamt (2017): Austria's National Inventory Report 2017

Es wird davon ausgegangen, dass sich die CO₂-Emissionen von 2015 auf 2017 nicht wesentlich in ihrer Größenordnung verändern.





POTENZIALE
ALTERNATIVE
KRAFTSTOFFE

Alternative Kraftstoffe bringen Verbesserung der CO₂-Bilanz bei Weiternutzung des bisherigen Fahrzeugbestandes.

Der Einsatz von Bio-Kraftstoffen der ersten Generation ist in Europa aus politischen Gründen begrenzt.

Für Bio-Kraftstoffe erster und zweiter Generation braucht es ausreichend Biomasse. Diese ist grundsätzlich vorhanden.

Zukunftslösung E-Fuels

Einen wesentlichen Beitrag zur CO₂-Reduktion bei konsumentenfreundlicher Weiternutzung des Verbrennungsmotors kann die Entwicklung von E-Fuels oder „alternativen Kraftstoffen“ (s. Kasten Begriffe) bis 2030 leisten. Für den Expertenbericht „Mobilität & Klimaschutz 2030“ nahm Univ.-Prof. Dr. Hermann Hofbauer (TU Wien) eine Potenzialabschätzung dieser alternativen Kraftstoffe vor. Diese Potenzialabschätzung wurde in Analogie zu den anderen Szenarien für einen Horizont bis zum

Jahr 2030 durchgeführt und stellt daher das Szenario 3 der Studie dar.

Als limitierender Faktor für Bio-Kraftstoffe werden in Österreich die beschränkt verfügbaren Ressourcen betrachtet: Für die Bio-Kraftstoffe der ersten und zweiten Generation muss genügend Biomasse vorhanden sein. Für E-Kraftstoffe muss genügend elektrischer Strom zur Verfügung stehen bzw. genügend CO und/oder CO₂ als Kohlenstoffquellen, wenn Erdgas als alternativer Kraftstoff angestrebt wird.

Bio-Kraftstoffe der ersten Generation (conventional biofuels): Bio-Kraftstoffe der ersten Generation sind aus landwirtschaftlichen Roh- oder Reststoffen (Zucker, Stärke, Raps, Sonnenblumen etc.) hergestellte Bio-Kraftstoffe, wie etwa Bioethanol oder Biodiesel. Eine Konkurrenz mit Lebens- und/oder Futtermittel ist meist gegeben.

E-Kraftstoffe: Das sind „alternative“ bzw. synthetische Kraftstoffe, die aus Wasserstoff aus der Elektrolyse mittels erneuerbarem Strom (häufig aus Überschussstrom z.B. aus Windenergie) hergestellt werden. Meist wird der Wasserstoff zusammen mit Kohlenstoff in Form von CO und/oder CO₂ zu Methan weiterverarbeitet und als Kraftstoff benutzt. Damit kann die vorhandene Erdgasinfrastruktur benutzt werden. Der Kohlenstoff in Form von CO und/oder CO₂ kann aus erneuerbaren Quellen stammen. Es kann aber auch fossiles CO₂, das bei Kraftwerken oder industriellen Anlagen künftig aus Klimaschutzgründen abgeschieden wird, eingesetzt werden (Low Carbon Fossil Fuels). Wasserstoff kann hier auch direkt als Kraftstoff verwendet werden.

Bio-Kraftstoffe der zweiten und dritten Generation (advanced biofuels): Bio-Kraftstoffe der zweiten Generation sind aus ligno-zellulösen Materialien hergestellte Bio-Kraftstoffe, die nicht in Konkurrenz zu Lebens- und/oder Futtermitteln stehen. Dazu zählen die über Synthesen hergestellten Kraftstoffe (z.B. Fischer Tropsch Kraftstoffe, gemischte Alkohole, SNG – Synthetic Natural Gas), Bioethanol aus ligno-zellulose Materialien und hydrierte Pflanzenöle (HVO).

Bio-Kraftstoffe der dritten Generation sind Bio-Kraftstoffe, die z.B. aus Algen hergestellt werden. Auch Bio-H₂, der direkt als Kraftstoff eingesetzt wird, wird als Bio-Kraftstoff der dritten Generation bezeichnet.

Alternative Kraftstoffe: Mit dem Begriff alternative Kraftstoffe werden alle Kraftstoffe, die nicht ausschließlich fossilen Ursprungs sind, zusammengefasst. Die hier dargestellten Kraftstoffe sind nach dieser Definition alternative Kraftstoffe.

■ Potenziale der Bio-Kraftstoffe der ersten Generation

Die Bio-Kraftstoffe der ersten Generation werden in Europa eher zurückgedrängt als forciert, da diese mit den Lebens- und Futtermitteln konkurrieren. Dem gegenüber steht die Forderung, dass die fossilen Kraftstoffe deutlich reduziert werden müssen. Im Energiebericht des bmwf wird für das Jahr 2016 für die Bio-Kraftstoffe der ersten

Generation ein Wert von 27,4 PJ (7,6 TWh) ausgewiesen. Der Biomasseverband weist in einer Broschüre für Österreich im Jahr 2030 ein Potenzial von 41,7 PJ (11,6 TWh) für Bio-Kraftstoffe der ersten Generation aus (s. Tabelle 9), was eine deutliche Steigerung gegenüber dem Istzustand darstellt.

Bio-Kraftstoffe – Energieträger	2005 PJ	2010 PJ	2015 PJ	Potenzial 2030 PJ
Bio-Kraftstoffe pur	0,9	3,3	9,2	11,1
Bioethanol – Beimischung	0,0	3,3	2,5	5,3
Biodiesel – Beimischung	1,5	15,7	16,9	25,3
Bio-Kraftstoffe – Beimischung	1,5	18,9	19,4	30,6
Bio-Kraftstoffe gesamt	2,4	22,3	28,6	41,7
SUMME BIOENERGIE	133,2	200,5	205,5	290,4

Tabelle 9: Potenzial der Bio-Kraftstoffe der ersten Generation in Österreich für 2030 (Quelle: Österreichischer Biomasse-Verband, Österreichische Energieagentur (2017))

■ Potenziale der Bio-Kraftstoffe der zweiten Generation

Nach den Zielsetzungen der EU sollen die Bio-Kraftstoffe der zweiten und dritten Generation in den kommenden Jahren deutlich gesteigert werden. Das mögliche Potenzial wird auf Basis der in Österreich verfügbaren Ressourcen an Biomasse ermittelt. Vom Österreichischen Biomasseverband wurde eine Potenzialabschätzung⁷² durchgeführt. Daraus geht hervor, dass im Jahr 2030 ca. 100 PJ zusätz-

liche Biomasse im Vergleich zu heute zur Verfügung stehen kann (Abbildung 34). In dieser Potenzialabschätzung des Österreichischen Biomasseverbandes wird dieses Potenzial aber ausschließlich dem Wärme- bzw. Strommarkt zugeordnet. Eine Produktion von Bio-Kraftstoff der zweiten Generation wird hier nicht betrachtet bzw. nicht erwartet.

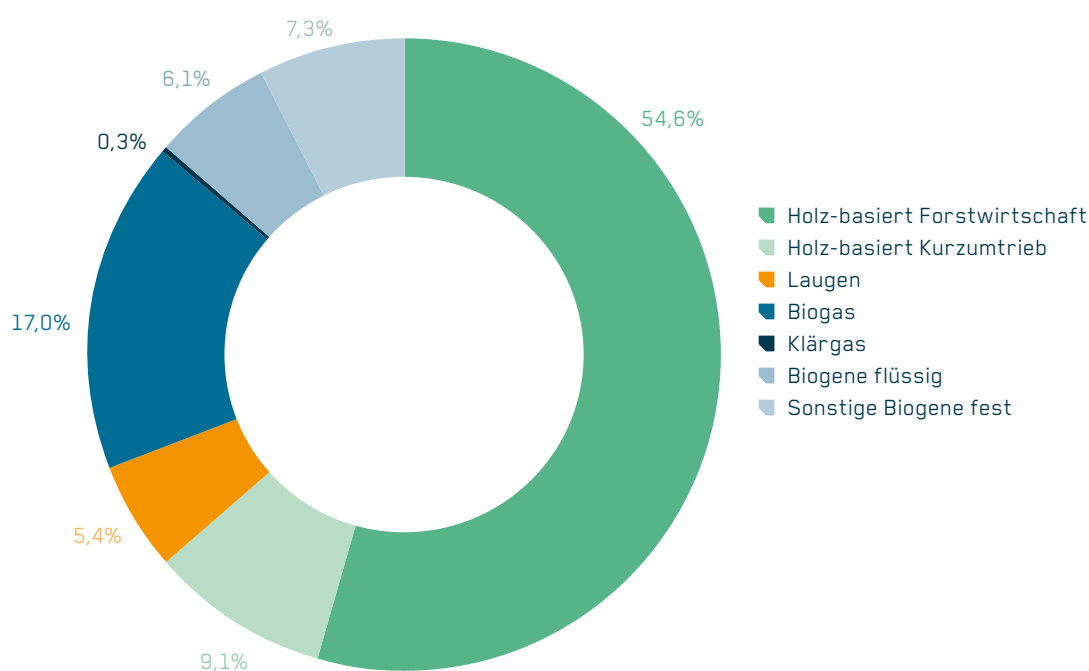


Abbildung 34: Zusätzliches Biomassepotenzial im Jahr 2030 im Vergleich zu 2015 (Quelle: Österreichischer Biomasse-Verband, Österreichische Energieagentur (2017))

Geht man abweichend von der Annahme des Biomasseverbandes davon aus, dass die feste holzartige Biomasse und die Laugen zur Herstellung von Bio-Kraftstoff der zweiten Generation verwendet werden, stünde ein Potenzial von ca. 71 PJ zur Verfügung. Bei einem angenommenen Wirkungsgrad zur Herstellung der Bio-Kraftstoffe von ca.

50 Prozent ergäbe sich eine Energiemenge im Ausmaß von ca. 35,5 PJ (9,9 TWh) für Bio-Kraftstoffe der zweiten Generation. Für Bio-Kraftstoffe der dritten Generation (z.B. aus Algen bzw. Bio-Wasserstoff) wird für 2030 von nicht relevanten Mengen ausgegangen.

■ Potenziale von E-Kraftstoffen

Zur Herstellung von E-Kraftstoffen wird ausschließlich erneuerbarer elektrischer Strom ins Auge gefasst, womit Wasserstoff über den Weg der Elektrolyse erzeugt wird. Dieser Wasserstoff könnte direkt zum Betrieb von Brennstoffzellenfahrzeugen eingesetzt werden. Alternativ kann daraus nicht fossiles Methan (chemisch gleichzusetzen mit Erdgas) erzeugt werden, wozu noch ein Kohlenstoffträger, meist CO und/oder CO₂, benötigt wird.

Als Stromquelle wird meist Windenergie genannt, wobei sich über die Elektrolyse zu Wasserstoff

gleichzeitig eine Speicherfunktion ergibt und damit der ungleichmäßige Anfall der Windenergie besser genutzt werden kann. Derzeit werden in Österreich jährlich rund 20,9 PJ (5,8 TWh) Strom aus Wind erzeugt. Die IG Windkraft geht von einem zusätzlichen Potenzial bis 2030 von 33,0 PJ (9,2 TWh) aus⁷³. Würde man diesen Zuwachs an Stromerzeugung aus Windenergie zur Herstellung von E-Kraftstoffen in Form von nicht fossilem Methan verwenden, ergäbe sich bei einem angenommenen Gesamtwirkungsgrad von bis zu 60 Prozent im Jahr 2030 für E-Kraftstoffe eine Energiemenge von 19,8 PJ (5,5 TWh).

Das Potenzial für Energie aus Bio-Kraftstoffen der zweiten Generation beträgt bis zu ca. 35,5 Petajoule (9,9 TWh).

Für nachhaltige E-Kraftstoffe braucht es elektrische Energie aus erneuerbaren Quellen.

72 Österreichischer Biomasse-Verband, Österreichische Energieagentur (2017): Basisdaten Bioenergie 2017

73 IG Windkraft (2014): Das realisierbare Windpotential Österreichs für 2020 und 2030

Abschätzung der Energiemengen, die aus alternativen Kraftstoffen gewonnen werden könnten.

Bereits der konservative zusätzliche Einsatz alternativer Kraftstoffe kann – zusammen mit der technologischen Entwicklung – 34 Prozent CO₂ einsparen.

■ Gesamtpotenzial alternativer Kraftstoffe

Der gesamte Kraftstoffverbrauch in Österreich betrug im Jahr 2016 ca. 378,9 PJ (105,2 TWh). Im Jahr 2016 wurden Bio-Kraftstoffe der ersten Generation im Ausmaß von 27,4 PJ eingesetzt.

Für diesen Expertenbericht wird davon ausgegangen, dass der Kraftstoffverbrauch im Pkw-Bereich im Jahr 2017 (inklusive Strom etc.) bei 125,1 PJ, davon 115,4 PJ fossile und 9,4 PJ alternative Kraftstoffe der ersten Generation, lag.

Allein aufgrund der technologischen Entwicklung gemäß Szenario 1 ergibt sich eine Reduktion der CO₂-Emissionen (s. Seite 71) um rund 2.400 kt

(-28%). Durch die erhöhte Beimischung von alternativen Kraftstoffen können die CO₂-Emissionen noch weiter gesenkt werden.

Im Rahmen dieser Studie wird der Einsatz von alternativen Kraftstoffen im Pkw-Bereich anhand von drei unterschiedlichen Varianten dargestellt, wobei eine entsprechende gezielte Steigerung ab dem Jahr 2019 ins Auge gefasst wird. Das Gesamt-Potenzial an alternativen Kraftstoffen im Jahr 2030, sowie die in den einzelnen Varianten im Pkw Bereich eingesetzten Mengen an alternativen Kraftstoffen, sind in Tabelle 10 dargestellt.

PJ	Gesamte in Österreich eingesetzte Menge		2030 eingesetzte Menge im Pkw-Bereich		
	2016	Potential 2030	Konservativ	Ambitioniert	Visionär
1. Generation	27,4	41,7	14,1	16,6	23,7
2. Generation	0	35,5	0	17,7	35,5
E-Kraftstoffe	0	19,8	0	9,9	19,8
SUMME	27,4	97	14,1	44,2	79

Tabelle 10: Überblick über die eingesetzten Mengen an alternativen Kraftstoffen im Jahr 2016, dem Potenzial für 2030 sowie dem Einsatz im Pkw-Bereich im Jahr 2030 gemäß den betrachteten drei Varianten

■ **Konservative Variante:** Bei dieser Variante wird nur das in Tabelle 10 dargestellte Potenzial der Bio-Kraftstoffe der 1. Generation realisiert. Bio-Kraftstoffe der 2. Generation bzw. E-Kraftstoffe werden nicht verwendet. Das zusätzliche Potenzial der Bio-Kraftstoffe der 1. Generation bis 2030, das sind 14,3 PJ, wird zu einem Drittel dem Pkw zugeordnet, der Rest wird in anderen Verkehrsbereichen eingesetzt. Durch diese Variante könnten zusätzlich zu den Veränderungen von 2017 auf 2030 im Szenario 1 weitere 482 kt CO₂-Äq. eingespart werden, was einer Reduktion gegenüber 2017 von rund 34 Prozent entsprechen würde (s. Abbildung 35a).

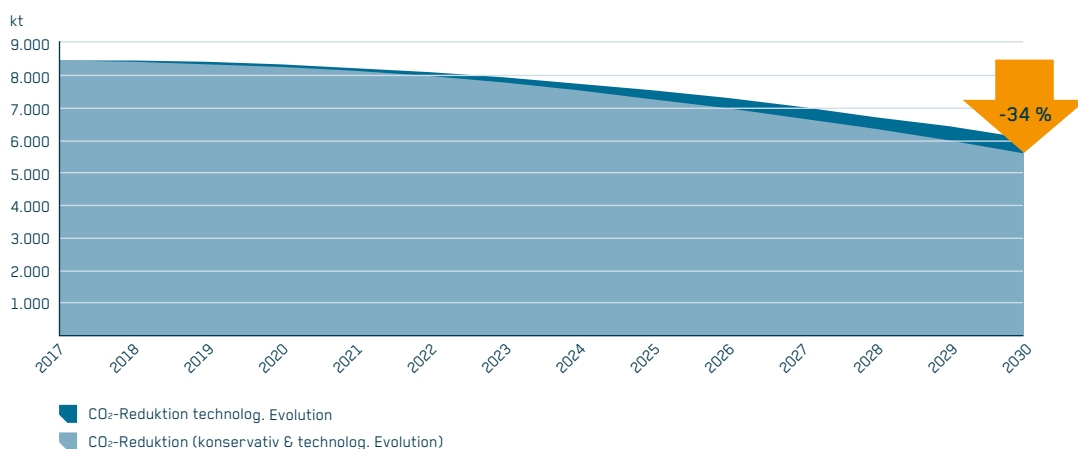


Abbildung 35a: CO₂-Reduktion (konservativer Einsatz alternativer Kraftstoffe und technologische Entwicklung)

■ **Ambitionierte Variante:** Bei dieser Variante wird sowohl eine Steigerung der Bio-Kraftstoffe der 1. Generation als auch eine Produktion und Verwendung von Bio-Kraftstoffen der 2. Generation und E-Kraftstoffen im Ausmaß von 50 Prozent des oben dargestellten Potenzials für den Pkw-Bereich angenommen. Für die Bio-Kraftstoffe der 1. Generation werden die 50 Prozent nur vom zusätzlichen Potenzial von 2016 bis 2030 (Tabelle 10) dem Pkw-Bereich zugeordnet. Durch diese Variante könnten zusätzlich zu den Veränderungen von 2017 auf 2030 im Szenario 1 weitere 2.670 kt CO₂-Äq. eingespart werden, was einer Reduktion gegenüber 2017 von rund 60 Prozent entsprechen würde (s. Abbildung 35b).

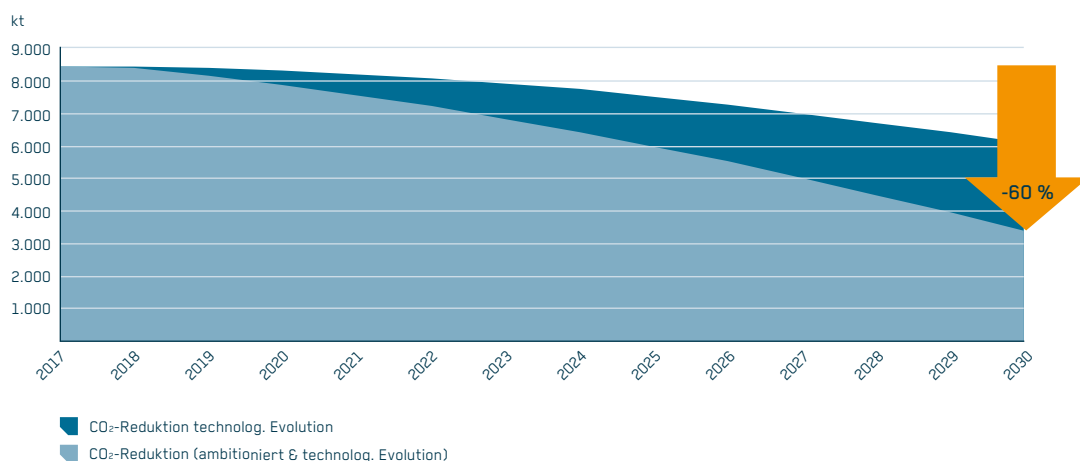


Abbildung 35b: CO₂-Reduktion (ambitionierter Einsatz alternativer Kraftstoffe und technologische Entwicklung)

■ **Visionäre Variante:** Bei dieser Extremvariante wird das oben dargestellte Potenzial an Bio-Kraftstoffen der 1. und 2. Generation und auch der E-Kraftstoffe ausschließlich im Pkw-Bereich eingesetzt. Auch hier wird bei den Bio-Kraftstoffen der 1. Generation nur das zusätzliche Potenzial von 2016 bis 2030 erfasst. Insgesamt erscheint diese Variante nicht besonders realistisch, da höchstwahrscheinlich auch in anderen Verkehrsbereichen Bio-Kraftstoffe und E-Fuels verwendet werden, soll aber als Maximalvariante mit dargestellt werden. Durch diese Variante könnten zusätzlich zu den Veränderungen von 2017 auf 2030 im Szenario 1 weitere 5.175 kt CO₂-Äq. eingespart werden, was einer Reduktion gegenüber 2017 von rund 89 Prozent entsprechen würde (s. Abbildung 35c).

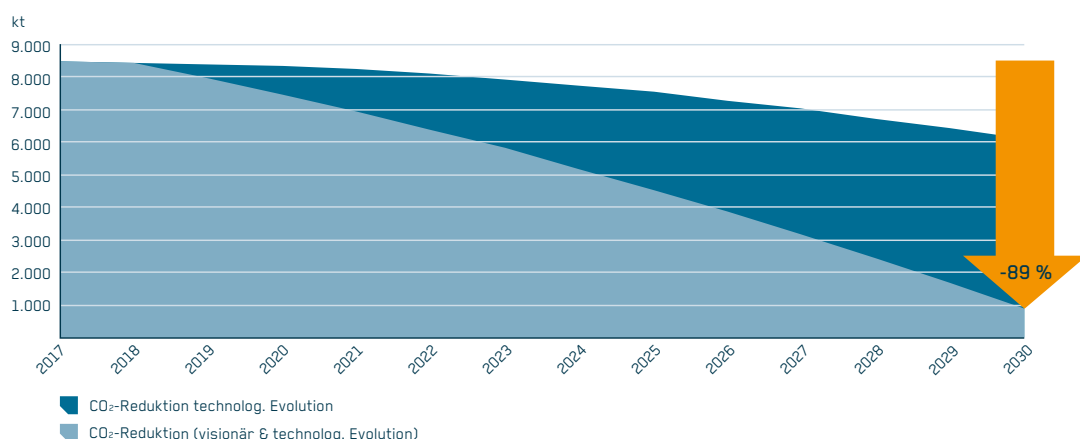


Abbildung 35c: CO₂-Reduktion (visionärer Einsatz alternativer Kraftstoffe und technologische Entwicklung)

Mit einem ambitionierten zusätzlichen Einsatz alternativer Kraftstoffe lässt sich eine CO₂-Einsparung von insgesamt 60 Prozent erreichen.

Der massive Einsatz von alternativen Kraftstoffen in einem visionären Szenario führt – zusammen mit der technologischen Entwicklung – sogar zu einer CO₂-Reduktion von 89 Prozent.

Steuerliche Anreize
– ähnlich wie bei der
E-Mobilität – könnten den
Einsatz von alternativen
Kraftstoffen attraktiv
machen.

■ Kostenschätzung für die alternativen Kraftstoffe

Die Kosten der Bio-Kraftstoffe, die auf festen biogenen Brennstoffe basieren, sind einerseits sehr stark von den Kosten dieser biogenen Brennstoffe und andererseits von der Komplexität der Prozesskette abhängig. Daher kann auch bei einer Kategorie Kraftstoff zunächst nur ein Bereich angegeben werden. Bei den in Tabelle 11 angegebenen Kosten handelt es sich um Herstellkosten. Darin sind keine Gewinnauf-

schläge oder Steuern enthalten. Es handelt sich dabei um eine grobe Kostenschätzung, wobei für das Jahr 2030 eine Reduktion von bis zu 20 Prozent angenommen wurde, die durch entsprechende Lerneffekte und Economy of Scale begründet werden können. Dies ist allerdings bei den Bio-Kraftstoffen der 1. Generation nicht der Fall, da es sich hier schon um weitgehend ausgereifte Prozesse handelt.

€/MWh	Kraftstoff	2017		2030
		Bereich	Mittel	Mittel
Bio-Kraftstoffe 1. Gen.	Biodiesel	70-80	75	70
	Bioethanol	50-70	60	
Bio-Kraftstoffe 2. und 3. Gen.	FT-Kraftstoff	70-120	95	90
	Ligno-EtOH	90-140	115	
E-Kraftstoffe	Methan	120-180	150	120
FT...Fischer Tropsch, HVO...Hydriertes Pflanzenöl				

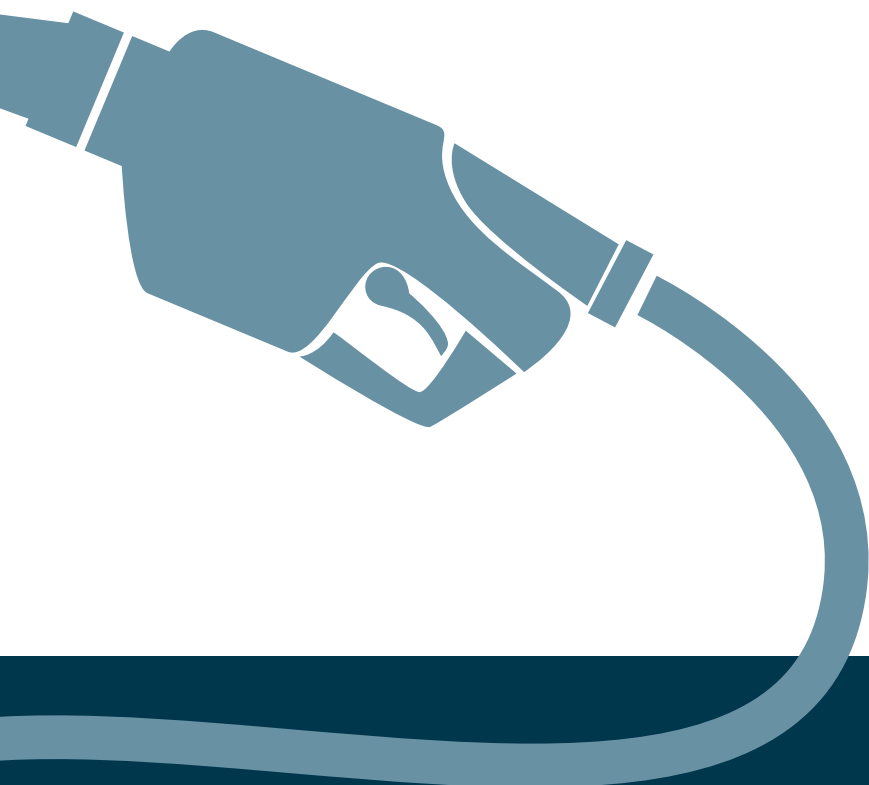
Tabelle 11: Kostenschätzung der alternativen Kraftstoffe für die Jahre 2017 und 2030 (Quelle: Building up the Future – Cost of Biofuels, European Commission, Sub-Group on Advanced Biofuels, 12. February 2017 bzw. EGTF Report 2015 State of the Art on Alternative Fuel Transport Systems)

Zumal bereits die Produktionskosten (exkl. Vertriebskosten und Gewinnaufschläge) für alternative Kraftstoffe 2017 in der Regel über den Netto-Kosten (Bruttopreis vermindert um USt und MöSt) der derzeit im Verkauf befindlichen Kraftstoffen liegen, bedarf es dementsprechend steuerlicher Anreize um alternative Kraftstoffe vermehrt einsetzen zu können, ohne die Konsumenten durch den höheren Einsatz von alternativen Kraftstoffen finanziell zu belasten. Eine solche Maßnahme gab es auch schon bei der Einführung der Bio-Beimischung im Jahr 2005 (Bio-Diesel) und 2007 (Bio-Ethanol).

Alternative Kraftstoffe stellen somit eine attraktive

Perspektive für die Zukunft der Mobilität dar, die den Konsumenten die weitere Nutzung von Verbrennungsmotoren ermöglicht und dennoch erhebliche Einsparungs-Chancen bezüglich CO₂-Emissionen bereitstellen. Für eine Realisierung der Potentiale alternativer Kraftstoffe sind entsprechende Investitionen in die Forschung und steuerliche Anreize notwendig.







EXKURS:
LEBENSZYKLUSANALYSE
VON TRANSPORTSYSTEMEN

Bei fossilbetriebenen Fahrzeugen tritt der Großteil der CO₂-Emissionen im Betrieb auf, bei E-Fahrzeugen hingegen in der Bereitstellungskette der Stromerzeugung.

Die vorliegende Lebenszyklusanalyse ermittelt den gesamten Treibhausgasausstoß und Primärenergieeinsatz für verschiedene Pkw-Antriebsarten – während der Produktion, des Betriebs und der Verwertung.

Exkurs: Lebenszyklusanalyse von Transportsystemen

Die Zielsetzung, einen weitestgehend klimaneutralen Verkehrssektor durch emissionsneutrale Pkw zu erreichen, bezieht sich in der politischen Diskussion meist auf den Betrieb eines Fahrzeugs. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass Transportsysteme je nach Antrieb und Kraftstoff unterschiedliche Treibhausgas (THG)-Emissionen und einen von einander abweichenden Primärenergieverbrauch aufweisen, welche an verschiedenen Orten und in unterschiedlichen zeitlichen Phasen im Lebenszyklus der Transportsysteme auftreten. So tritt bei konventionellen fossilen Transportsystemen ein

Großteil der CO₂-Emissionen zwar im Fahrzeugbetrieb auf, bei elektrisch betriebenen Transportsystemen erfolgt dies jedoch in der Bereitstellungskette der Stromerzeugung.

Ein konsistenter und gesamthafter Vergleich unterschiedlicher Transportsysteme kann daher nur mit der Methode der Lebenszyklusanalyse durchgeführt werden. Mit einer Lebenszyklusanalyse werden die Umweltauswirkungen der Herstellung, des Betriebes und der Entsorgung bzw. Verwertung der Transportsysteme untersucht und bewertet.

■ Elaborierte Methode

Vor diesem Hintergrund nahm Dipl.-Ing. Dr. techn. Gerfried Jungmeier (Forschungsgruppe Zukunftsfähige Energiesysteme und Lebensstile, JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH) für den Expertenbericht „Mobilität & Klimaschutz 2030“ eine Lebenszyklusanalyse von Transportsystemen mit Blick auf THG-Emissionen und Primärenergie-Verbrauch vor (Umweltbewertung mit Lebenszyklusanalyse. THG-Emissionen und Primärenergieverbrauch von Transportsystemen, 2018).

Die Lebenszyklusanalyse ermittelt die THG-Emissionen sowie den kumulierten Primärenergieeinsatz der unterschiedlichen Transportsysteme anhand eines Pkw der unteren Mittelklasse („Golf-Klasse“). Die für die Untersuchung verwendeten Lebenszyklusanalysen wurden von JOANNEUM RESEARCH gemeinsam mit österreichischen Partnern aus Forschung und Industrie in vergangenen Jahren, repräsentativ für österreichische Verhältnisse, in zahlreichen Projekten erarbeitet. Die Kraftstoffe, die aus Biomasse und Strom erzeugt werden, wurden im Rahmen der Analyse neu gerechnet.

■ Methode der Analyse

Die Definition der Lebenszyklusanalyse bzw. „Ökobilanz“ lautet nach ISO 14040:

„Die Lebenszyklusanalyse ist eine Methode zur Abschätzung der Umweltauswirkungen eines Produktes, wobei Umweltaspekte im Verlauf des Lebensweges eines Produktes (d.h. „von der Wiege bis zur Bahre“) von der Rohstoffgewinnung über die Produktion und Verwendung bis zur Beseitigung berücksichtigt werden.“

In der Lebenszyklusanalyse werden die kumulierten Umweltwirkungen eines Produktes oder einer Dienstleistung während des gesamten Lebenszyklus ermittelt, die dann auf den während der Lebensdauer erzielten Nutzen (z.B. Pkw-Kilometer) umgelegt werden. In Abbildung 36 ist der Verlauf der kumulierten Umweltauswirkungen über den Lebenszyklus beispielhaft für drei unterschiedliche Fahrzeuge dargestellt, die alle während der Betriebsphase die gleiche Transportdienstleistung zur Verfügung stellen.

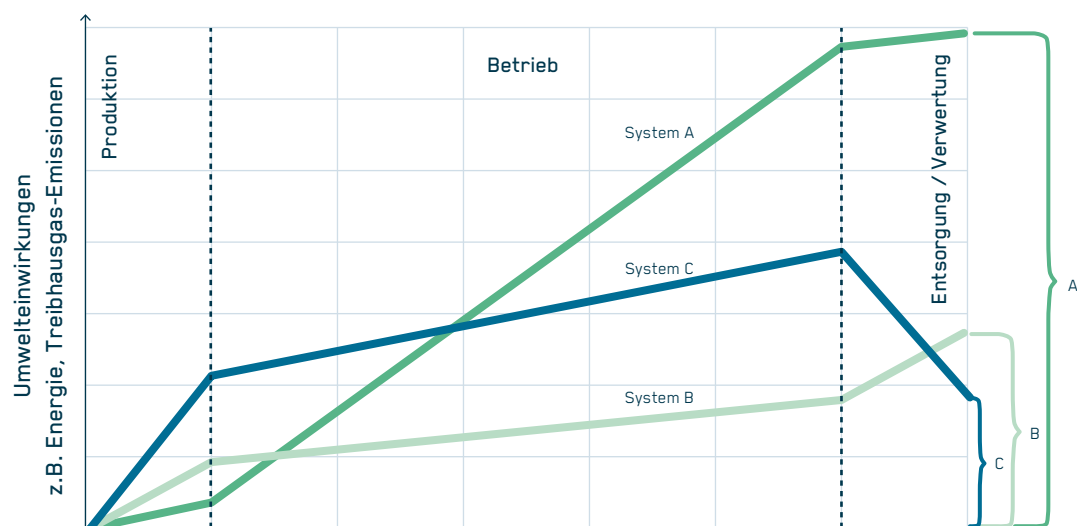


Abbildung 36: Die drei Phasen im Lebenszyklus

ZEIT

Insgesamt hat:

- im Lebenszyklus das System C die geringsten und das System A die höchsten Umweltauswirkungen,
- in der Phase der „Produktion“ das System A die geringsten und das System C die höchsten Umweltauswirkungen
- in der Phase des „Betriebs“ das System B die geringsten und das System A die höchsten Umweltauswirkungen
- in der Phase der „Entsorgung/Verwertung“ das System C, aufgrund des hohen Anteils an wiederverwertbaren Stoffen, die geringsten und das System B die höchsten Umweltauswirkungen.

Der von einem System bereitgestellte Nutzen wird in der Lebenszyklusanalyse als „Funktionelle Einheit“ festgelegt. Er muss so gewählt werden, dass der Nutzen aus den verglichenen Systemen derselbe ist (z.B. Fahrt eines Pkw über einen Kilometer). Die

Ergebnisse der THG-Emissionen [$\text{g CO}_2\text{-Äq./km}$]⁷⁴ und des Primärenergieverbrauchs [kWh/km] wurden daher in der Analyse auf einen mit einem Pkw der unteren Mittelklasse („Golf-Klasse“) gefahrenen Kilometer bezogen.

■ Erfasste Umweltauswirkungen

Bei der Lebenszyklusanalyse wurden einerseits die Treibhausgase Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) auf Basis ihres Treibhausgaspotenzials (GWP – Global Warming Potential) sowie andererseits der kumulierte Primärenergieeinsatz betrachtet.

- die fossilen Energieträger: Kohle, Erdgas & Rohöl
- die erneuerbaren Energieträger: Wasserkraft, Biomasse, Sonne und Wind

Ausgehend von der Art und Menge der eingesetzten Endenergieträger (z.B. Strom, Kraftstoff) wurden jene Primärenergienmengen ermittelt, die notwendig sind, um die Endenergieträger bereitzustellen. Bei den Primärenergieträgern erfasst sind:

- sonstige Energieträger: Abfälle (z.B. Müllverbrennung), Geothermie und Kernenergie

■ Untersuchte Transportsysteme

In der Lebenszyklusanalyse wurden Transportsysteme anhand eines Pkw der unteren Mittelklasse („Golf-Klasse“) untersucht, die sich aus der Kombination von Kraftstoff/Endenergieträger, Rohstoff/Primärenergie, Antriebssystem und dem heutigen und zukünftigen Stand der Technik ergeben.

Es wurden ferner alle derzeit am Markt verfügbaren Antriebssysteme, wie Verbrennungsmotor (VKM), Hybrid (HEV), Plug-in-Hybrid (PHEV), batteriebetriebener Elektromotor (BEV) und Elektromotor mit Wasserstoff-Brennstoffzelle (FCEV), berücksichtigt.

Untersucht wurden fossile, biogene und synthetische Kraftstoffe sowie Strom und Wasserstoff (s. Anhang ab S. 102). Die zu Grunde liegenden Primärenergieträger sind sowohl fossilen als auch erneuerbaren Ursprungs (s. Anhang ab S. 102.)

Im Rahmen der Analyse wurden mit diesen Parametern 36 Kombinationen (s. Anhang S. 103), für die sowohl der heutige (IST: 2007-2017) als auch der zukünftig erwartete Stand der Technik (ZUKUNFT: 2030+) anhand eines Pkw der unteren Mittelklasse („Golf-Klasse“) untersucht.

Annahmen Lebenszyklusanalyse

Für die Bewertung der THG-Emissionen wurde angenommen, dass die Produktion des Fahrzeuges etwa ein Jahr benötigt. Nach diesem Jahr sind die gesamten Emissionen aus der Herstellung angefallen. Sie betragen bei einem VKM-Pkw etwa 5 t $\text{CO}_2\text{-Äq.}$ und bei einem Batterie-Elektrofahrzeug (Batteriekapazität: 35 kWh, Batterie-Lebensdauer 10 Jahre bzw. 150.000 km) etwa 10 t $\text{CO}_2\text{-Äq.}$ und Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeug (Lebensdauer Brennstoffzelle: 10 Jahre bzw. 150.000 km) etwa 6,5 t. Da die Lebensdauer der Batterie bzw. Brennstoffzelle als geringer als der Rest des Fahrzeuges angenommen wurde, wird anteilig eine zweite Batterie bzw. Brennstoffzelle berücksichtigt. Die wesentlichen Rohstoffe der Batterien

wie Kobalt, Nickel, Aluminium und Stahl/Eisen, werden recycelt.

Nach der Produktion ist das Fahrzeug 15 Jahre in Betrieb und leistet 13.000 Kilometer pro Jahr. Im 16. Jahr wird das Fahrzeug verwertet und dessen Materialien (inklusive Batterie) entsprechend zu 90 Prozent zu Sekundärrohstoffen verarbeitet.

Für die Untersuchung wurde weiters angenommen, dass sich der Strommix in Österreich und der EU während der Betriebszeit weiter dekarbonisiert (zwischen 2-3 % pro Jahr).

Die THG-Emissionen mit zukünftiger Technologie sind vor allem aufgrund des geringeren Energiebedarfes des Pkw pro Kilometer geringer als die mit heutiger Technologie.

Treibhausgas-Emissionen und Primärenergieverbrauch beziehen sich in der Analyse auf einen Pkw der „Golf-Klasse“.

⁷⁴ „ $\text{CO}_2\text{-Äq.}$ “ meint $\text{CO}_2\text{-Äquivalent}$

Bei Benzin und Diesel stammen bis zu 80 Prozent der Treibhausgas-Emissionen aus dem Betrieb des Pkw. Erdgas-Autos erzeugen im Betrieb weniger Klimagase, allerdings entsteht bei der Bereitstellung von russischem Erdgas relativ viel Treibhausgas.

Bio-Kraftstoffe schneiden in der Treibhausgas-Bilanz sehr gut ab, variieren allerdings je nach Art des Bio-Kraftstoffes, des eingesetzten Rohstoffes und der bei der Herstellung anfallenden Nebenprodukte.

Bei E-Autos haben Größe und Lebensdauer der Batterie sowie Herkunft des geladenen Stroms wesentlichen Einfluss auf die Treibhausgas-Bilanz.

■ Ergebnisse der Lebenszyklusanalyse

Bei der Herkunft der THG-Emissionen im Lebenszyklus können grundsätzlich drei wesentliche Bereiche identifiziert werden:

- **THG-Emissionen beim Betrieb des Fahrzeuges mit VKM**
- **THG-Emissionen aus der Bereitstellung des Kraftstoffes bzw. Energieträgers (inklusive der Emissionen aus der Herstellung und Entsorgung der dafür notwendigen Anlagen)**
- **THG-Emissionen aus der Herstellung und Entsorgung des Fahrzeuges**

VKM Benzin

Beim Pkw mit Benzin stammen etwa 75–80 Prozent bzw. 170–180 g CO₂-Äq./km der THG-Emissionen aus dem Fahrzeug an sich, und hier vor allem aus dem CO₂, das durch die Verbrennung von Benzin entsteht. Die Herstellung von Benzin verursacht etwa 15–20 Prozent der THG-Emissionen und der Rest wird durch die Herstellung und Entsorgung des Fahrzeuges verursacht.

VKM Diesel

Beim Pkw mit Diesel ergibt sich etwa die gleiche Aufteilung wie bei VKM Benzin, wobei aufgrund des geringeren Kraftstoffverbrauches pro Kilometer die gesamten THG-Emissionen geringer sind.

VKM Erdgas

Da Erdgas bei der Verbrennung pro kWh geringere CO₂-Emissionen hat als Benzin und Diesel, ist auch der Anteil der THG-Emissionen aus dem Betrieb eines Pkw mit Erdgas mit 65 Prozent geringer, jedoch sind der Energieaufwand und die CH₄-Verluste zur Bereitstellung von russischem Erdgas an der Tankstelle höher und tragen etwa 25 Prozent bei.

VKM Bio-Kraftstoff

Bei Pkw, die mit Bio-Kraftstoffen betrieben werden, wird bei nachhaltigem Biomasseanbau und keinen Landnutzungsänderungen davon ausgegangen, dass die bei der Verbrennung entstehenden CO₂-Emissionen zuvor beim Wachsen der Pflanzen aus der Atmosphäre durch die Photosynthese aufgenommen wurden und werden daher mit null angesetzt. Dies ist auch in den internationalen Vereinbarungen zur Bilanzierung der THG-Emissionen festgelegt. Daher verbleiben nur geringe CH₄- und N₂O-Emissionen aus dem Betrieb des Fahrzeuges, die insgesamt im Lebenszyklus zum Teil deutlich unter 5 Prozent liegen. Ein wesentlicher Anteil der THG-Emissionen im Lebenszyklus von Bio-Kraftstoffen wird durch die Herstellung verursacht. Die THG-Emissionen aus der Bereitstellung von Bio-Kraftstoffen sind von der Art des Bio-Kraftstoffes, dem eingesetzten Rohstoff sowie bei der Herstellung anfallenden Nebenprodukten abhängig, z.B. Strom und Wärme bei der Herstel-

lung von FT-Diesel aus Hackgut. Da diese Nebenprodukte konventionelle Produkte ersetzen, werden auch die dadurch ersetzten THG-Emissionen bei den Bio-Kraftstoffen berücksichtigt. Die THG-Emissionen von Bio-Kraftstoffen, die land- und forstwirtschaftliche Reststoffe wie Hackgut, Stroh und Gülle nutzen, sind bei der Herstellung sehr gering. Werden jedoch landwirtschaftliche Anbaubiomasse wie Mais bzw. Maissilage genutzt, so fallen höhere THG-Emissionen an, die durch den Maschinen- und Düngereinsatz sowie die direkten N₂O-Emissionen aus der Stickstoff-Düngung im landwirtschaftlichen Anbau verursacht werden. Die THG-Emissionen aus der Errichtung und Entsorgung des Fahrzeuges sind wie bei Benzin, Diesel und Erdgas.

VKM Fischer Tropsch (FT)

Die Kombination von FT-Kraftstoff aus Holz und Strom wird derzeit intensiv erforscht und erprobt. Die THG-Emissionen hängen naturgemäß von der Art der Stromerzeugung ab, wie auch von der Umwandlungseffizienz aus dem bei der FT-Erzeugung anfallenden biogenen CO₂ mit elektrolytisch erzeugtem Wasserstoff in FT-Diesel.

HEV Benzin und Diesel

Da Pkw mit Hybrid-Antrieb einen geringeren Kraftstoffbedarf pro Kilometer haben, sind auch die THG-Emissionen geringer, obwohl bei der Herstellung etwas höhere THG-Emissionen anfallen.

BEV

Beim Betrieb eines Batterie-Elektrofahrzeuges fallen keine THG-Emissionen an, daher stammen die THG-Emissionen im Lebenszyklus vor allem aus der Stromerzeugung, der Herstellung des Fahrzeuges und der Batterie. Die THG-Emissionen aus der Stromerzeugung (inklusive Ladeinfrastruktur) sind von der Art der Stromerzeugung abhängig, und bei erneuerbarem Strom deutlich geringer als bei Strom aus Erdgas und Kohle. Im österreichischen Strommix wurden etwa 70 Prozent erneuerbarer Strom an der inländischen Stromerzeugung angenommen, wobei auch die aktuellen Exporte und Importe von Strom berücksichtigt wurden. Die THG-Emissionen bei erneuerbarem Strom stammen fast nur aus der Errichtung und Entsorgung der Kraftwerke. Die Größe der Batterie sowie die Lebensdauer der Batterie haben einen wesentlichen Einfluss auf die THG-Emissionen, die mit den hier angenommen Randbedingungen etwa 25–35 g CO₂-Äq./km betragen.

PHEV

Die Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge sind eine „Mischung“ aus konventionellen Kraftstoffen und Strom, für die das oben Beschriebene anteilig zutrifft.

FCEV

Wie beim Batterie-Elektrofahrzeug haben Fahrzeuge mit Wasserstoff-Brennstoffzellen-Antrieb im Betrieb – abgesehen von Wasserdampf – keine THG-Emissionen. Die THG-Emissionen stammen daher aus der Herstellung des Wasserstoffes und

des Fahrzeuges. Die THG-Emissionen der Wasserstoff-Herstellung sind vom eingesetzten Energieträger abhängig und werden mit zunehmendem Anteil an erneuerbarer Energie geringer.

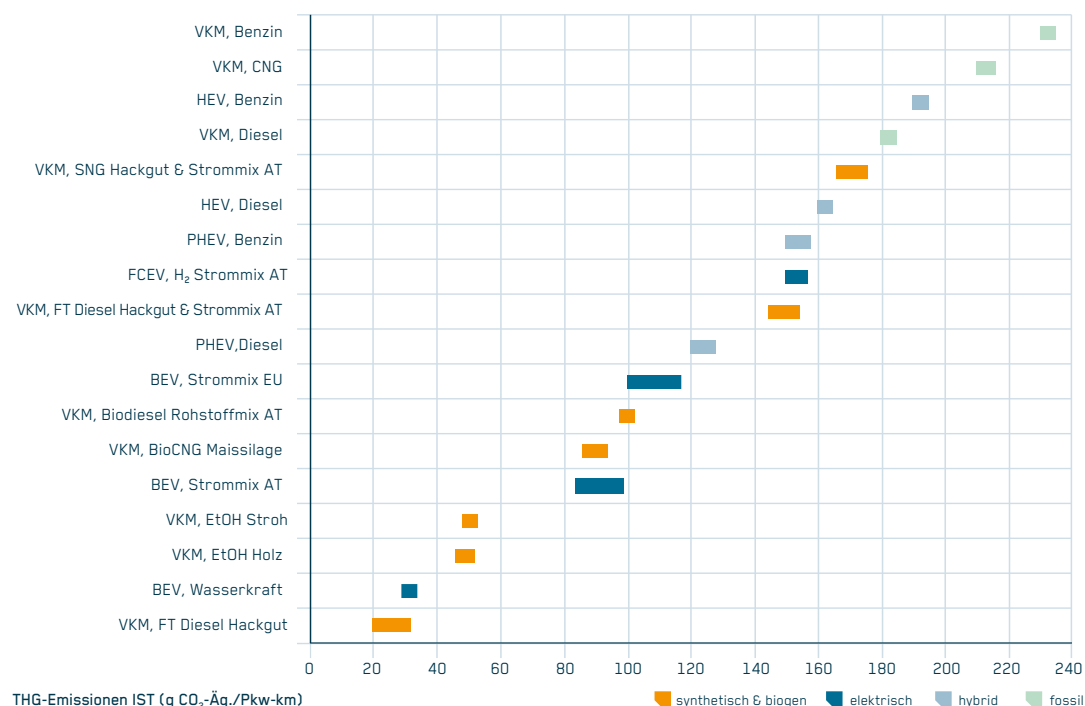


Abbildung 37: Darstellung der im Gesamtlebenszyklus angefallenen THG umgelegt auf gefahrene Kilometer mit heutigem Stand der Technik (IST-Szenario)

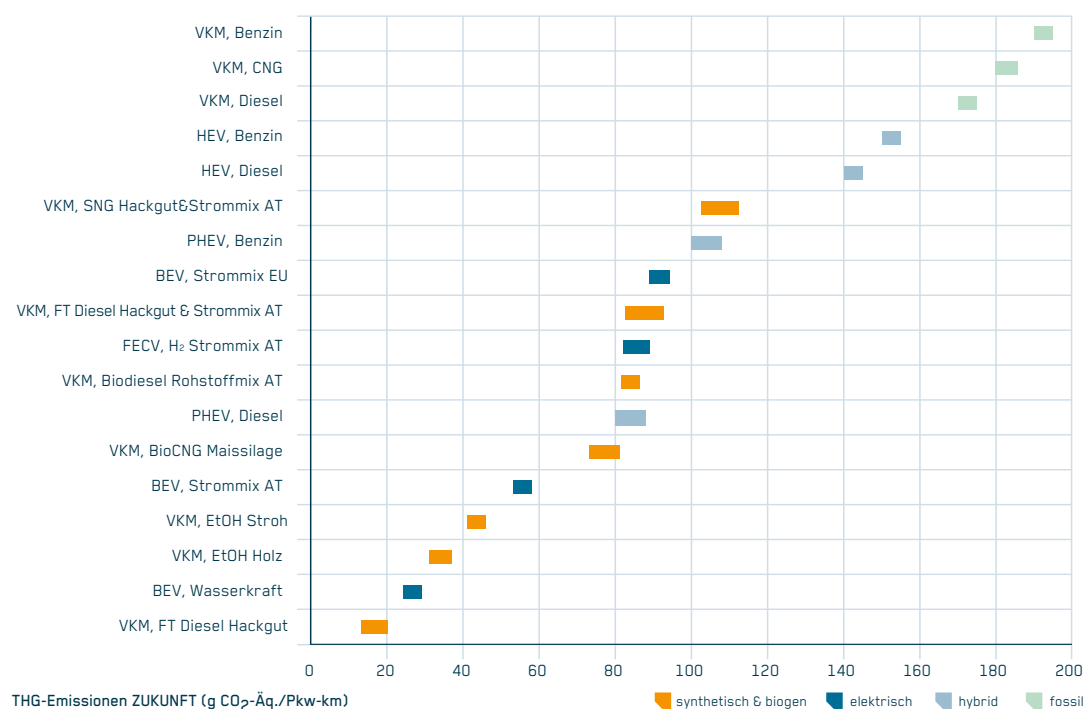


Abbildung 38: Darstellung der im Gesamtlebenszyklus angefallenen THG umgelegt auf gefahrene Kilometer mit zukünftigem Stand der Technik (ZUKUNFT-Szenario)

Synthetische und Bio-Kraftstoffe haben in puncto Klimafreundlichkeit ein ähnliches Potenzial wie Elektro-Antriebe.

BASISANNAHMEN

- **Fahrleistung:**
13.000 km pro Jahr für
alle Antriebe
- **Betriebsdauer:**
15 Jahre (+1 Jahr Produk-
tion +1 Jahr Entsorgung/
Verwertung)
- **Batteriekapazität:**
35 kWh
- **Batterielebensdauer:**
150.000 km, danach Aus-
tausch eines Drittels der
Elemente. Das Recycling
von Batterien wird am
Ende ihrer Lebenszeit als
gelöst angenommen.

Die Darstellung, der im Gesamtlebenszyklus angefallenen THG, umgelegt auf gefahrene Kilometer, zeigt in beiden Szenarien (s. Abbildung 37 und 38): Synthetische und Bio-Kraftstoffe haben hinsichtlich der THG-Reduktion ein ähnliches Potenzial wie Elektroantriebe (BEV und FCEV). Allerdings liefert nur Strom aus 100 Prozent Wasserkraft⁷⁵ ein ähnlich gutes Ergebnis wie synthetischer Diesel⁷⁶ aus Hackgut oder Ethanol aus Holz⁷⁷. Weiters ist klar zu erkennen, dass der Verbrennungsmotor je nach eingesetztem Kraftstoff höchst unterschiedliche Ergebnisse bei den THG-Emissionen liefert. Von der Bestbewertung FT Diesel aus

Hackgut bis zur schlechtesten Bewertung mit dem handelsüblichen Benzin.

Tendenziell zeigen die besseren Bewertungen im Szenario ZUKUNFT die Optimierungspotenziale der verschiedenen Antriebssysteme. Die Ursachen für die deutlichsten Verbesserungen liegen in der angenommenen Verbesserung des Strommix bzw. der effizienteren Herstellung von alternativen Kraftstoffen bzw. Wasserstoff. Die THG-Emissionen mit zukünftiger Technologie werden aber auch aufgrund des geringeren Energiebedarfes des Pkw pro Kilometer geringer als jene mit heutiger Technologie.

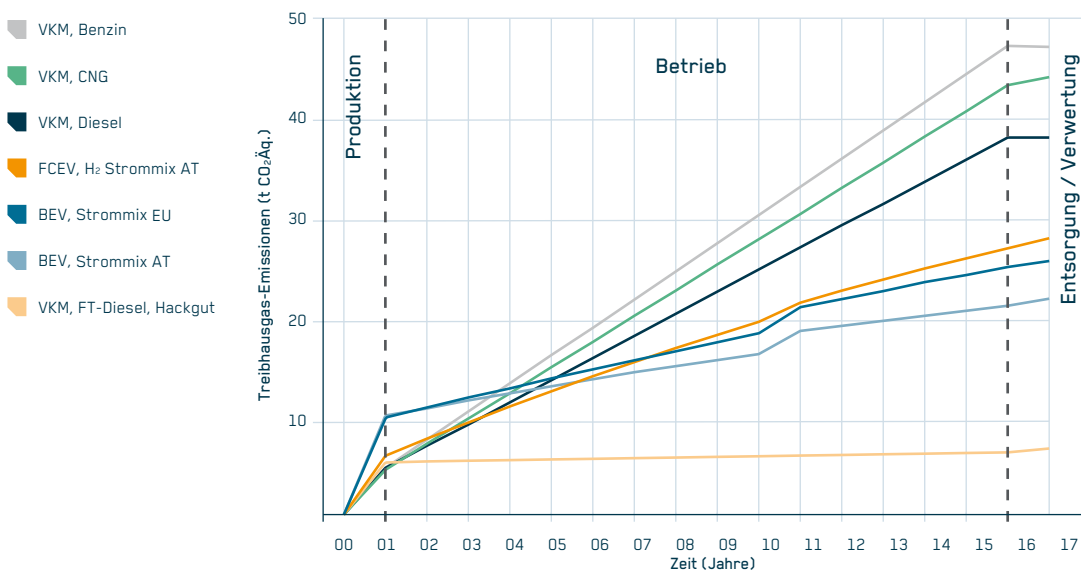


Abbildung 39: THG-Bilanz ausgewählter Antriebe im Lebenszyklus (IST-Szenario)

Mit Blick auf die THG-Emissionen macht die Lebenszyklusanalyse deutlich, dass keines der Antriebssysteme völlig emissionsneutral ist. Es ist deutlich zu sehen, dass die Produktion eines batterieelektrischen Fahrzeuges höhere THG-Emissionen verursacht, als jene von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Über die gesamte Lebensdauer verursachen Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren, die fossile Primärenergieträger (Benzin, Diesel, Erdgas) nutzen, höhere THG-Emissionen als E-Fahrzeuge (BEV und FCEV). Bei diesen kann man im Szenario IST nach 10 Jahren Fahrbetrieb einen Anstieg, bedingt durch den notwendigen Tausch von Batterie und Brennstoffzellen-Elementen, erkennen. Generell erweist sich der Dieselmotor mit synthetischem Diesel aus Hackgut als Antriebssystem mit den niedrigsten über den Lebenszyklus kumulierten THG-Emissionen (s. auch Abbildung zu Szenario ZUKUNFT, Anhang-Abbildung 13, S. 103).

Eine weitere Erkenntnis aus der Lebenszyklusanalyse ist die Tatsache, dass alle Antriebssysteme einen gewissen Grad an fossiler Primärenergie benötigen.

Beim fossilen kumulierten Primärenergiebedarf sieht man jedoch, dass wieder alle Transportsysteme wie z.B. Bio-Kraftstoffe, die zu einem wesentlichen Anteil aus erneuerbarer Primärenergie erzeugt werden, einen deutlich geringeren fossilen Primärenergiebedarf haben als fossile Kraftstoffe (s. Anhang-Abbildung 14, S. 103).

75 IST-Szenario: 29-34 g CO₂ Äq./km, ZUKUNFT-Szenario: 24-29 g CO₂ Äq./km

76 IST-Szenario: 20-32 g CO₂ Äq./km, ZUKUNFT-Szenario: 13-20 g CO₂ Äq./km

77 IST-Szenario: 46-52 g CO₂ Äq./km, ZUKUNFT-Szenario: 31-37 g CO₂ Äq./km

ZUSAMMENFASSUNG, BEFUND
UND ANHANG

Technologieoffenheit
grundlegend für sinnvolle
„Mobilitätswende“.

Technologische Entwicklung
sorgt bereits für 28 Prozent
weniger CO₂.

Auf Basis des Expertenberichts „Mobilität & Klimaschutz 2030“ lassen sich aus Sicht des ÖAMTC und des ARBÖ nachfolgende, für die künftige Gestaltung des Individualverkehrs bedeutende Befunde zusammenfassen.

■ Technologische Dimension: Entwicklung fördern statt verbieten

Eine sinnvolle und machbare „Mobilitätswende“ muss offen für alle Technologien, machbare Konzepte und wissenschaftliche Erkenntnisse sein. Es ist auch im Interesse des Klimaschutzes nicht zweckmäßig, spezifische Technologien (z.B. Dieselmotor, Benzinmotor) durch Verbote von der technologischen Weiterentwicklung auszuschließen. So können Verbrennungsmotoren neben motorischen Maßnahmen auch durch Hybridisierung (von der 48-Volt-Technologie bis hin zum Vollhybrid) einen wesentlichen Beitrag zu klimafreundlicher Mobilität leisten. Die Experten der TU Graz und TU Wien rechnen damit, dass 2030 praktisch keine Fahrzeuge mit ausschließlich Verbrennungsmotor neu zugelassen werden.

Wichtige Perspektiven für klimafreundliche Mobilität eröffnet auch der Einsatz alternativer, nachhaltig erzeugter Kraftstoffe (z.B. „E-Fuels“). Insbesondere durch deren Verwendung ist es möglich, den Verkehr klimaneutraler zu gestalten und sowohl bisherige Fahrzeuge als auch Tankinfrastruktur weiter zu verwenden. Daher ist die Forschung und Nutzung entsprechend zu fördern.

Mittel- und langfristige Potenziale werden zudem der Brennstoffzelle zugewiesen. Im Vergleich zu BEV stellen sich hier nicht die Herausforderungen der Speicherung zusätzlich erzeugter erneuerbarer Energie oder mangelnder Reichweiten. Brennstoffzellen-Fahrzeuge können mit einer Wasserstoff-Betankung wesentlich weiter fahren (500km aufwärts). Der Tankvorgang dauert

mit 5 Minuten in etwa gleich lang wie das Tanken mit Verbrennungsmotoren – nimmt aber deutlich weniger Zeit in Anspruch als das Laden des BEV.

Der Vergleich des Szenarios einer „Technologischen Evolution“ (Fortsetzung der technologischen Entwicklung) mit dem Szenario einer „politischen Restriktion“ (Einschränkung technologischer Optionen) zeigt, dass die Szenarien bezüglich der Emissionen einen Unterschied von lediglich rund 14 Prozent ausweisen (28,0% Reduktion in Szenario 1 vs. 41,8% in Szenario 2). Die finanziellen Aufwendungen im Zuge des restriktiven Szenarios sind für die Konsumenten aber massiv. So entstehen durch die „Mobilitätswende“ in Summe 16 Milliarden Euro an gesamtwirtschaftlichen Kosten. Je Fahrzeughalter bedeutet dies eine Mehrbelastung von 3.166 Euro. Dies unterstreicht die Sinnhaftigkeit einer technologieutralen politischen Gestaltung.

Außer Frage steht zudem, dass bei der Bewertung von Treibhausgas-Emissionen unterschiedlicher Antriebssysteme nur eine Betrachtung über den Lebenszyklus hinweg (Produktion, Betrieb, Bereitstellungskette, z.B. der Stromerzeugung, Entsorgung) seriöse Aussagen ermöglicht: Die vergleichende Lebenszyklusanalyse der unterschiedlichen Transportsysteme macht deutlich, dass auch mit synthetisch erzeugten Kraftstoffen ähnlich gute Ergebnisse bei der THG-Reduktion erzielt werden können, wie mit E-Mobilität (BEV).

■ Wirtschaftliche Dimension: Wertschöpfung und Arbeitsplätze sichern

Die Veränderung mobilitätspolitischer Rahmenbedingungen muss auch in Zusammenhang mit wirtschaftlichen Effekten gesehen werden. Für den Staat bringt eine politisch intendierte „Mobilitätswende“ (Szenario 2) ohne steuerliche Anpassung Einnahmenverluste aus verkehrsabhängigen Steuern und Abgaben von rund 36 Prozent. Die Transaktionskosten für Konsumenten erhöhen sich um 11 Milliarden Euro. Autofahren wird durch die „Mobilitätswende 2030“ um 16 Mrd. Euro bzw. 3.166 Euro pro Fahrzeughalter teurer, als dies bei der natürlichen Marktentwicklung der Fall wäre. Das BIP sinkt durch die „Mobilitätswende“ vorübergehend um bis zu 1,28 Prozent. Die Inflationsrate steigt zusätzlich um bis zu 0,4 Prozent an. Die Investitionen entwickeln sich insgesamt negativ. Des Weiteren ist mit negativen konjunkturellen Effekten der „Mobilitätswende 2030“ auf das gesamtwirtschaftliche Einkommen und die Beschäftigung zu rechnen, da der Kosteneffekt durch den Umstieg auf alternative Antriebssysteme kurzfristig stärkere Auswirkungen als die zusätzlichen Impulse durch die gesteigerte Investitionstätigkeit verursacht.

Auch für den Standort sind mit der „Mobilitätswende“ erhebliche Risiken verbunden. Automobilität und Antriebstechnologien sorgen in der österreichischen Industrie für einen erheblichen Wertschöpfungs- und Beschäftigungsanteil mit rund 450.000⁷⁸ Beschäftigten. Bei ACStyria stehen nach Schätzungen derzeit eine Milliarde Umsatz und 10.000 Arbeitsplätze mit Verbrennungsmotoren in Zusammenhang. Bei KTM hängen nach Angaben des Unternehmens 95 Prozent des Umsatzes und 95 Prozent der Arbeitsplätze am Verbrennungsmotor. Diese beiden Beispiele zeigen, dass der Automotiv-Sektor in Österreich bei veränderten Rahmenbedingungen seine bisherige Leistungskraft für Wertschöpfung und Beschäftigung nicht aufrechterhalten kann. Mit Blick auf den Wirtschafts- und Arbeitsstandort Österreich wäre es somit zielführender, die technologische Weiterentwicklung zu fördern, statt diese durch politisch intendierte Maßnahmen einzuschränken.

Durch politische Eingriffe drohen Mehrkosten in der Höhe von 16 Milliarden sowie Risiken für Standort und Arbeitsplätze.

■ Soziale Dimension:

Notwendige individuelle Mobilität auch für sozial Schwächere gewährleisten

Bei der Gestaltung mobilitätspolitischer Rahmenbedingungen ist auch deren soziale Dimension zu beachten. Erhebliche Teile der Bevölkerung sind auf den motorisierten Individualverkehr (MIV) angewiesen. Es zeigt sich klar, dass sozial schlechter gestellte Schichten tendenziell stärker auf einen Pkw angewiesen sind. Je kleiner der Wohnort, desto stärker ist man für die täglichen Wege vom Pkw abhängig und desto seltener stehen öffentliche Verkehrsmittel zur Verfügung. So ist in Orten unter 5.000 Einwohner für fast 60 Prozent ein Leben ohne Pkw nicht möglich⁷⁹. Aus diesen Befunden resultiert, dass die durchschnittliche jährliche Kilometerleistung mit dem Pkw am Land entsprechend deutlich höher als in der Stadt ist. Ebenso fahren Autofahrer mit geringem Einkommen bzw. aus einfachen sozialen Schichten tendenziell ältere Pkw in niedrigeren Euro-Abgasklassen. Auch nach den Befunden der Studie „Alles rund um Autokosten“⁸⁰ ist die „Mobilitätswende“ somit nicht nur ein ökologisches,

sondern auch ein soziales Thema erheblichen Ausmaßes. Betroffen sind vor allem Landbevölkerung, Familien und sozial Schwächere. Dies ist daher bei der Veränderung mobilitätspolitischer Rahmenbedingungen angemessen zu berücksichtigen, um individuelle Mobilität für all jene zu ermöglichen, die sie brauchen. Aus Sicht des ÖAMTC und des ARBÖ ist bei der geforderten „Mobilitätswende“ jedenfalls eine Weiterfahr- bzw. Weiterverkaufsgarantie für Bestandsfahrzeuge zu gewährleisten.

Die soziale Verträglichkeit einer „Mobilitätswende“ ist grundsätzlich dann erreichbar, wenn notwendige CO₂-Einsparungen – unabhängig vom Sektor – dort erfolgen, wo die Grenzkosten für Konsumenten am niedrigsten sind. Nur dann wird auch die notwendige Akzeptanz und aktive Unterstützung der Bevölkerung für die Erreichung der Klimaziele realisierbar sein.

„Mobilitätswende“ hat erhebliche soziale Auswirkungen – insbesondere für Landbevölkerung, Familien und sozial Schwächere.

CO₂ so einsparen, dass Kosten für die Konsumenten am niedrigsten sind.

78 Economica (2013): Leitbranche Automobilwirtschaft – Volkswirtschaftliche Leistung, Fiskalischer Beitrag und innovative Dynamik

79 & 80 market Institut: Autofahrer ab 18 Jahren, n = 1000, Befragungszeitraum: 25. August bis 13. September 2016

Anhang

Technologische Entwicklung

Verbräuche der Neuzulassungen

Jahr	VKM		HEV		PHEV		BEV 1	BEV 2	FCEV
	Benzin kWh/100km	Diesel kWh/100km	Benzin kWh/100km	Diesel kWh/100km	Benzin gesamt in kWh/100km	Diesel gesamt in kWh/100km	kWh/100km	kWh/100km	kWh/100km
2015	53,46	51,34	42,77	43,64	43,50	42,12	25,00	25,00	39,96
2016	52,67	50,59	42,47	43,40	42,99	41,63	25,00	25,00	39,68
2017	51,89	49,84	42,17	43,16	42,48	41,14	25,00	25,00	39,40
2018	51,13	49,10	41,88	42,92	40,33	39,14	25,30	24,80	38,97
2019	50,37	48,38	41,58	42,68	38,52	37,44	25,60	24,60	38,54
2020	49,63	47,66	41,29	42,45	37,27	36,27	25,80	24,40	38,12
2021	48,90	46,96	41,00	42,21	36,06	35,13	26,00	24,21	37,70
2022	48,17	46,27	40,72	41,98	35,13	34,25	26,10	24,02	37,28
2023	47,46	45,58	40,43	41,74	34,46	33,62	26,20	23,82	36,87
2024	46,76	44,91	40,15	41,51	33,58	32,78	26,30	23,63	36,47
2025	46,07	44,25	39,87	41,28	32,95	32,18	26,40	23,44	36,07
2026	45,39	43,59	39,59	41,05	32,33	31,59	26,40	23,26	35,67
2027	44,72	42,95	39,31	40,83	31,95	31,22	26,50	23,07	35,28
2028	44,06	42,32	39,04	40,60	31,57	30,85	26,50	22,89	34,89
2029	43,41	41,69	38,76	40,37	30,99	30,30	26,50	22,70	34,50
2030	42,77	41,07	38,49	40,15	30,62	29,94	26,50	22,52	34,13

Anhang-Tabelle 1: Verbräuche der Neuzulassungen in kWh/100km

Angaben beziehen sich auf den Flottenschnitt;

BEV 1 inkl. Heizung (+ 3 kWh/100km), wachsende Batteriegröße und Shift im Segment (von Kompakt-BEV zu größeren);

BEV 2 inkl. Heizung (+ 3 kWh/100km), gleichbleibende Batteriegröße und Fahrzeug;

PHEV - Anteil elektrischer Leistung mit gleichbleibender Batterie- und Fahrzeuggröße (BEV 2);

PHEV		
Jahr	elektrisch	fossil
2015	35 %	65 %
2016	35 %	65 %
2017	35 %	65 %
2018	41 %	59 %
2019	46 %	54 %
2020	49 %	51 %
2021	52 %	48 %
2022	54 %	46 %
2023	55 %	45 %
2024	57 %	43 %
2025	58 %	42 %
2026	59 %	41 %
2027	59 %	41 %
2028	59 %	41 %
2029	60 %	40 %
2030	60 %	40 %

PROVEM

Die für diesen Expertenbericht angesetzten Verbräuche für die Neuzulassungen 2015 und den Bestand 2017 basieren auf dem Emissionsberechnungsprogramm „PROVEM“ des IFA (TU Wien) und damit auf HBEFA 3.3.

Eingangswerte für Prognosen – ein ganzes Land betreffend – sind die bewerteten Durchschnittsemissionsfaktoren für Warm- und Kaltstart-Emissionen für Stadtverkehr, Landstraßen und Autobahnen insgesamt, differenziert nur nach Otto und Diesel – jeweils unterteilt nach allen verfügbaren Emissionsstufen („Vor-Euro“ und Euro 1 bis Euro 6) mit Jahreszuordnung.

Berechnungsmethode:

- Die bewerteten Durchschnittsemissionsfaktoren nach Emissionsklassen werden jahresabhängig mit dem
- altersdifferenzierten Bestand und einer
- altersabhängigen Fahrleistung verknüpft (Gesamtdurchschnittswert etwa 13.000km/Jahr).

Anhang-Tabelle 2: Entwicklung der Verbrauchsanteile (elektrisch/fossil) von PHEV

Quelle: IFA (TU Wien) und IVT (TU Graz)

Neupreise 2030

Ein Unterschied zwischen 2017 und 2030 ist, dass die Ankaufsförderung nicht mehr besteht. Die Neupreise werden konstant gehalten. Bei BEV könnte man erwarten, dass es zu einer Preisreduktion kommt, da die Batterie-Zellen vermutlich billiger werden. Es wird dennoch nicht davon ausgegangen, dass es zu einer Preisreduktion kommt, da zwar billigere Zellen verbaut werden aber auch mehr davon, um die Reichweite zu erhöhen bzw. weil in größeren Modellen generell mehr benötigt werden.

Ausgenommen von den konstanten Neupreisen ist die Brennstoffzelle, da sich die Modelle zurzeit noch nicht in Serienproduktion befinden und dementsprechend mit einer Kostenreduktion für die Folgemodelle und Generationen zu rechnen ist. Die Reduktion des Kaufpreises wurde anhand der kumulierten Preisreduktion von Brennstoffzellen der ersten auf die zweite Generation (diese ist in Deutschland schon verfügbar) abgeschätzt.

Segmente

Um in weiterer Folge (durch Economica) repräsentative Aussagen über den Markt treffen zu können, wurden (sofern dies möglich war) Fahrzeuge in den Segmenten A, B, C, I, und i analysiert. Diese Segmente decken rund 60 Prozent des Bestandes 2017, rund 58 Prozent der Gebrauchtanmeldungen 2017 und ca. 71 Prozent der Neuzulassungen 2017 ab.⁸¹

Die Brennstoffzelle wird es auch 2030 nicht in Kleinwagensegmenten geben, da der Tank, um eine gewisse Reichweite zu erhalten, ein gewisses Volumen in Anspruch nimmt.

Kraftstoff- und Strompreisentwicklung

Die Kraftstoffpreis-Entwicklung wurde anhand von Prognosen der EIA über die Rohölpreise der Sorte Brent von Economica abgeschätzt. Ausgehend von einem Liter Diesel zu 1,097 Euro im Jahr 2017 kommt es zu einer Steigerung von 25 Prozent auf 1,371 für 2030. Beim Benzin wird von einer Erhöhung um 20 Prozent – von 1,175 Euro je Liter 2017 auf 1,416 Euro je Liter im Jahr 2030 ausgegangen.

Die Strompreisentwicklung von Economica wurde gemäß dem Referenzszenario der EU-Kommission angenommen. Demnach steigt

der Preis von 0,23 Euro je kWh 2017 rund 9 Prozent auf 0,25 Euro je kWh 2030 an. Die Ladung der BEV wird in der TCO-Analyse nur mittels Heimpladungen berücksichtigt. Der Fehler, durch die Vernachlässigung von öffentlichen Ladungen, dürfte gering sein, da in Kapitel „Herausforderungen der E-Mobilität“ wie von der Energieagentur beschrieben wurde, die meisten Ladungen zuhause erfolgen (werden). Des Weiteren sind in diesen Preisen noch keine Preisaufschläge durch höhere Netzkosten inkludiert, die ein vermehrter Ausbau der (öffentlichen-)Ladeinfrastruktur möglicherweise mit sich bringt.

Darüber hinaus wurde statt mit dem Normverbrauch der Fahrzeuge, um mit realitätsnahen Verbrauchswerten zu rechnen, für 2017 mit 1,2 multipliziert. Dies entspricht Messergebnissen des ÖAMTC, wenn es um den Vergleich zwischen Real- und Normverbrauch geht. Für das Jahr 2030 wurden Effizienzsteigerungen, wie in Kapitel „Technologische Entwicklung“ beschrieben, angesetzt.

Bei BEV wurden dem Normverbrauch 2017 3 zusätzliche kWh/100km für die Heizung hinzuge-rechnet. Durch positive Effekte von Wärmepunkten wird davon ausgegangen, dass die zusätzliche Leistung für die Heizung 2030 nur noch 1 kWh/100km mehr benötigen wird.

Ebenso wurde die Verschiebung des fossilen Anteils des PHEV hin zu einer stärkeren Nutzung des elektrischen Antriebs, wie von TU Wien und TU Graz beschrieben, berücksichtigt.

Wasserstoff-Preisentwicklung: Zurzeit kostet das kg Wasserstoff neun Euro. Es handelt sich aber hierbei um keinen Marktpreis, sondern einen gesetzten Preis. Eine Prognose bis 2030 unterliegt großen Unsicherheiten und wird dementsprechend mit neun Euro je kg konstant gehalten.

FCEV

Die TCO für Brennstoffzellen haben großes Reduktionspotenzial. Einerseits beim Neupreis (siehe hierzu die Annahmen bezügl. des Neupreises weiter oben) andererseits sind auch wegen der geringen Marktdurchdringung die Wartungskosten und -intervalle noch sehr hoch.

Vorteile und deswegen auch „Durchsetzungs-Chancen“ (vor allem bezüglich Szenario 2) trotz des höheren Preises, sind die höhere Reichweite und die schnellere Betankung im Vergleich zu BEV.

81 Eurotax (2018)

TCO-Analyse Szenario 1

	Modell	Kraftstoffart / Energiequelle	Bruttopreis	TCO	Anschaffungskosten	Restwert in % (Behaltdauer 6 Jahre)	Nutzungskosten
2017	VW Golf VII Electric	Strom	€ 34.390,00	37.919,10 €	27.411,20 €	31,9 %	€ 10.507,91
	VW Golf VII Diesel	Diesel	€ 28.894,21	36.987,01 €	22.692,61 €	33,1 %	€ 14.294,40
	VW Golf VII Petrol	Benzin	€ 29.684,21	40.570,19 €	22.882,63 €	34,6 %	€ 17.687,56
	VW Golf VII PHEV	Strom/Benzin	€ 39.710,01	48.457,17 €	30.885,20 €	33,9 %	€ 17.571,96
	VW Up Electric	Strom	€ 22.890,00	28.536,15 €	19.087,25 €	28,3 %	€ 9.448,90
	VW Up Petrol	Benzin	€ 14.880,00	23.744,84 €	12.336,54 €	28,7 %	€ 11.408,30
	Renault Zoe Electric	Strom	€ 30.490,00	36.785,96 €	26.720,49 €	24,0 %	€ 10.065,47
	Renault Clio Diesel	Diesel	€ 21.850,00	32.063,42 €	18.591,48 €	26,6 %	€ 13.471,95
	Renault Clio Petrol	Benzin	€ 20.500,00	32.139,48 €	16.829,86 €	29,5 %	€ 15.309,61
	BMW X5 PHEV	Strom/Benzin	€ 71.550,00	76.536,97 €	50.526,37 €	41,0 %	€ 26.010,59
	BMW X5 Petrol	Benzin	€ 74.800,00	83.028,64 €	52.185,62 €	41,9 %	€ 30.843,01
	BMW X5 Diesel	Diesel	€ 80.000,00	83.267,96 €	54.173,50 €	43,9 %	€ 29.094,46
	Toyota Rav4 Hybrid	Benzin	€ 35.990,00	45.781,16 €	26.761,04 €	37,3 %	€ 19.020,12
	Toyota Rav4 Diesel	Diesel	€ 31.790,01	40.963,07 €	23.618,98 €	37,3 %	€ 17.344,09
	Toyota Rav4 Petrol	Benzin	€ 37.000,00	49.372,63 €	28.777,44 €	33,9 %	€ 20.595,19
2030	Hyundai ix35FCEV	Wasserstoff/ Brennstoffzelle	€ 78.000,00	82.605,91 €	63.676,76 €	30,0 %	€ 18.929,15
	VW Golf VII Electric	Strom	€ 38.690,00	41.575,78 €	31.893,33 €	33,5 %	€ 9.682,45
	VW Golf VII Diesel	Diesel	€ 28.894,21	40.269,18 €	25.854,39 €	26,5 %	€ 14.414,79
	VW Golf VII Petrol	Benzin	€ 29.684,21	43.354,58 €	25.704,15 €	29,4 %	€ 17.650,43
	VW Golf VII PHEV	Strom/Benzin	€ 41.360,01	50.915,77 €	33.956,35 €	33,9 %	€ 16.959,42
	VW Up Electric	Strom	€ 27.190,00	32.788,87 €	23.464,15 €	29,7 %	€ 9.324,72
	VW Up Petrol	Benzin	€ 14.880,00	25.007,77 €	13.621,00 €	24,4 %	€ 11.386,77
	Renault Zoe Electric	Strom	€ 34.790,00	41.570,81 €	31.575,23 €	25,2 %	€ 9.995,58
	Renault Clio Diesel	Diesel	€ 21.850,00	34.276,19 €	20.696,20 €	21,2 %	€ 13.579,98
	Renault Clio Petrol	Benzin	€ 20.500,00	33.893,87 €	18.624,35 €	25,1 %	€ 15.269,52
	BMW X5 PHEV	Strom/Benzin	€ 71.550,00	78.044,53 €	53.619,20 €	41,0 %	€ 24.425,33
	BMW X5 Petrol	Benzin	€ 74.800,00	90.896,65 €	60.116,75 €	35,6 %	€ 30.779,90
	BMW X5 Diesel	Diesel	€ 80.000,00	93.966,23 €	64.658,79 €	35,1 %	€ 29.307,45
	Toyota Rav4 Hybrid	Benzin	€ 35.990,00	47.875,23 €	28.316,75 €	37,3 %	€ 19.558,49
	Toyota Rav4 Diesel	Diesel	€ 31.790,01	44.856,38 €	27.367,22 €	29,9 %	€ 17.489,17
	Toyota Rav4 Petrol	Benzin	€ 37.000,00	52.801,47 €	32.256,04 €	28,8 %	€ 20.545,44
	Hyundai ix35FCEV	Wasserstoff/ Brennstoffzelle	€ 54.600,00	61.757,03 €	45.295,88 €	33,0 %	€ 16.461,15

Anhang-Tabelle 3: TCO-Analyse Szenario 1

In der nachstehenden Tabelle finden sich die angenommenen Restwertentwicklungen. Begründung und Anwendung befinden sich im Kapitel „Status Quo“ (ab S. 16.).

Restwertentwicklung	Benzin	Diesel	HEV und PHEV	BEV	FCEV
Szenario 1	-15 %	-20 %	konstant	5%	10 %
Szenario 2	-25 %	-30 %	-15 %	5%	10 %

Anhang-Tabelle 4: Restwertentwicklungen für Szenario 1 und 2

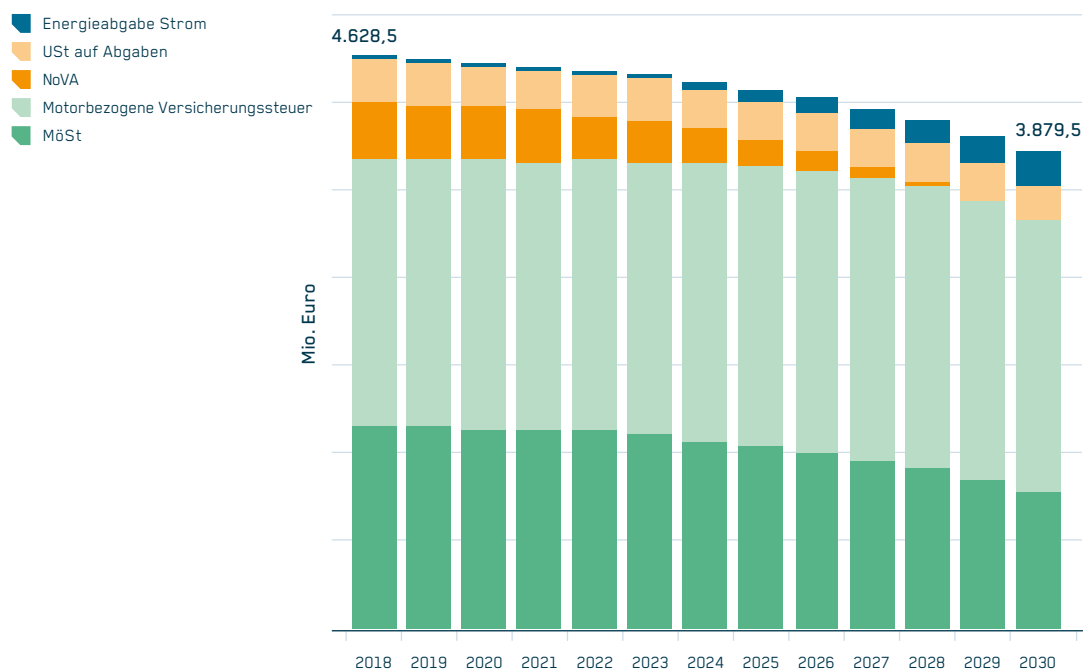
Die Versicherungskosten wurden bei der TCO-Analyse konstant gehalten und über „durchblicker.at“ ermittelt. In den Nutzungskosten sind beispielsweise die Jahresvignette, Ausgaben für Energie-/ Kraftstoffverbrauch oder auch Service-Kosten (inkl. Ersatzteile wie z.B. Wischerblätter) berücksichtigt.

Ökonomische Konsequenzen der „Mobilitätswende“

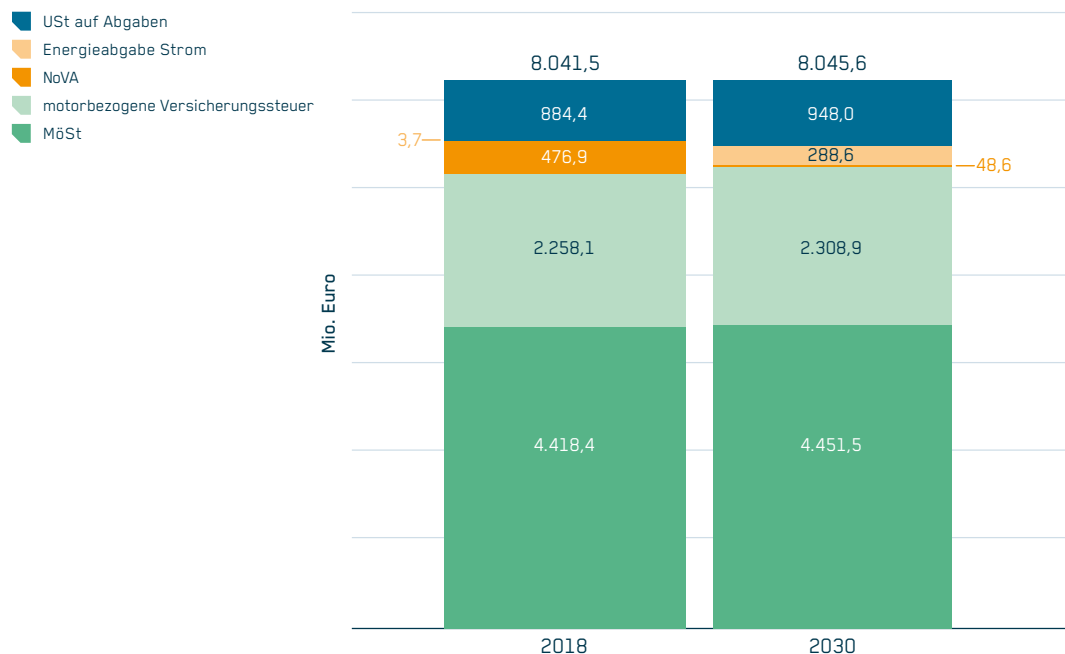
Einnahmenrückgang trotz Gegenmaßnahmen im Szenario 2 (steuerangepasst)

Da im Szenario 2 (steuerangepasst) der sich ohne Gegenmaßnahmen ergebende Steuerausfall durch eine Erhöhung der MöSt-Sätze auch durch den ausländischen Pkw-, den gesamten Lkw-, wie auch den Motorradverkehr mitgetragen würde, führen die Entwicklungen am Pkw-Markt dennoch zu einem Rückgang der Steuereinnahmen aus dem inländischen Pkw-Verkehr (s. Anhang – Abbildung 1). Von 4,63 Mrd. Euro im Jahr 2018 gehen die verkehrsabhängigen Steuern auf 3,88 Mrd. Euro im Jahr 2030, somit um rund 0,75 Mrd. Euro zurück (-16,2 Prozent gegenüber 2018). Die kumulierten Steuerausfälle des Zeitraums betragen 3,46 Mrd.

Euro oder 288 Mio. Euro pro Jahr. Im Vergleich zum Szenario 1 sind diese Werte somit deutlich geringer, der kumulierte Steuerausfall ist für das Segment der inländischen Pkw um etwa 13,2 Prozent niedriger. Es ist insbesondere der Anstieg des Aufkommens der motorbezogenen Versicherungssteuer, der dem allgemeinen Rückgang der Steuerleistung entgegenwirkt. Aber auch der Anteil der Abgaben für elektrisch betriebene Pkw steigt im Vergleich zu Szenario 1 stärker an, nämlich auf ein Plus von 0,34 Mrd. Euro (Szenario 1: +0,21 Mrd. Euro) im Jahr 2030 gegenüber dem Ausgangsjahr 2018.



Anhang-Abbildung 1: Jährliches Aufkommen an verkehrsabhängigen Steuern des inländischen Pkw-Verkehrs im Szenario 2 (steuerangepasst), in Mio. Euro (nominell)



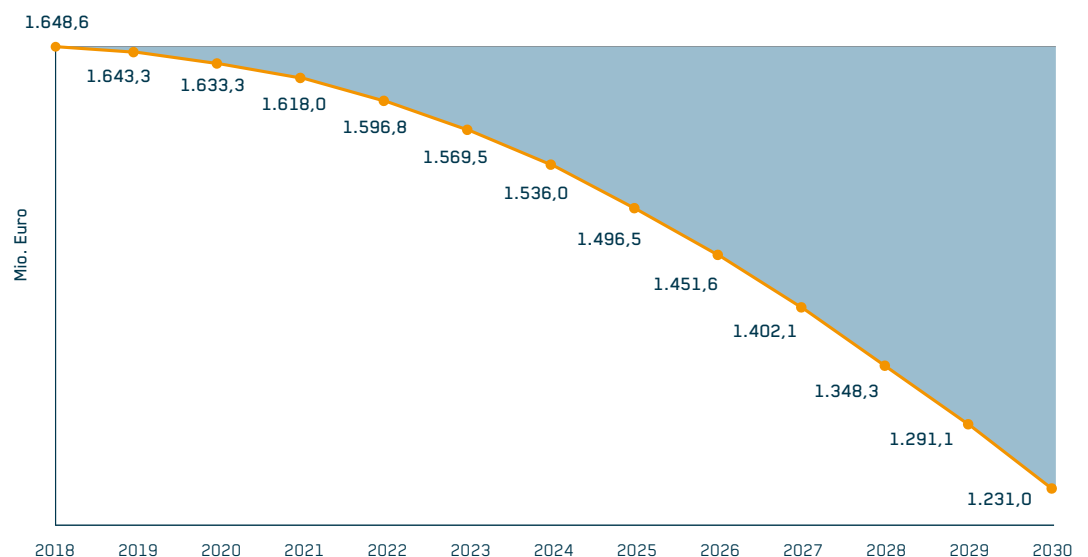
Anhang-Abbildung 2: Jährliches Aufkommen an verkehrsabhängigen Steuern im Szenario 2 (steuerangepasst), in Mio. Euro (nominell)

Mineralölsteuer

Die Mineralölsteuer (MöSt) stellt nach Umsatz-, Lohn- und Körperschaftssteuer die viertwichtigste Einnahmequelle für den Staat dar und ist damit die wichtigste aus dem Verkehrssektor. Durch sie hat der Fiskus 2017 rund 4,46 Mrd. Euro eingenommen. Dies entsprach einem Anteil von 5,2 Prozent der Bruttoabgaben im betreffenden Jahr⁸².

Die MöSt ist an die abgesetzte Kraftstoffmenge gekoppelt und liegt derzeit bei 0,482 Euro je Liter Benzin bzw. bei 0,397 Euro je Liter Diesel. Da die MöSt dem Nettoverkaufspreis zugerechnet wird, bevor die Umsatzsteuer (derzeit 20 Prozent des Nettoverkaufspreises zzgl. MöSt) veranschlagt wird, beeinflusst die Höhe der MöSt auch unmittelbar das Einkommen an Umsatzsteuer (USt). Entsprechende Nachfragerückgänge ohne gleichzeitige Steuererhöhungen im Bereich der MöSt wirken sich somit auch unmittelbar auf das USt-Steuerertrags aus.

Das MöSt-Einkommen für inländische Pkw sinkt aufgrund der Veränderungen der Kraftstoffnachfrage im Szenario 1 von 1,65 Mrd. Euro im Jahr 2018 kontinuierlich bis zum Jahr 2030 auf 1,23 Mrd. Euro (s. Anhang – Abbildung 3), reduziert sich also um gut ein Viertel (-25,3 Prozent) oder 417,6 Mio. Euro. Das mit der MöSt verbundene Einkommen an USt sinkt im selben Beobachtungszeitraum von 329,7 Mio. Euro auf 246,2 Mio. Euro (ein Minus von 83,5 Mio. Euro). Der kumulierte Steuerausfall im Gesamtzeitraum 2018–2030 beträgt für die MöSt 1,97 Mrd. Euro und die damit verbundene USt-Steuer sinkt um 0,39 Mrd. Euro. In Summe ergeben sich also durch den Rückgang der Kraftstoffnachfrage der inländischen Pkw-Fahrer steuerliche Mindereinnahmen in Höhe von 2,36 Mrd. Euro.



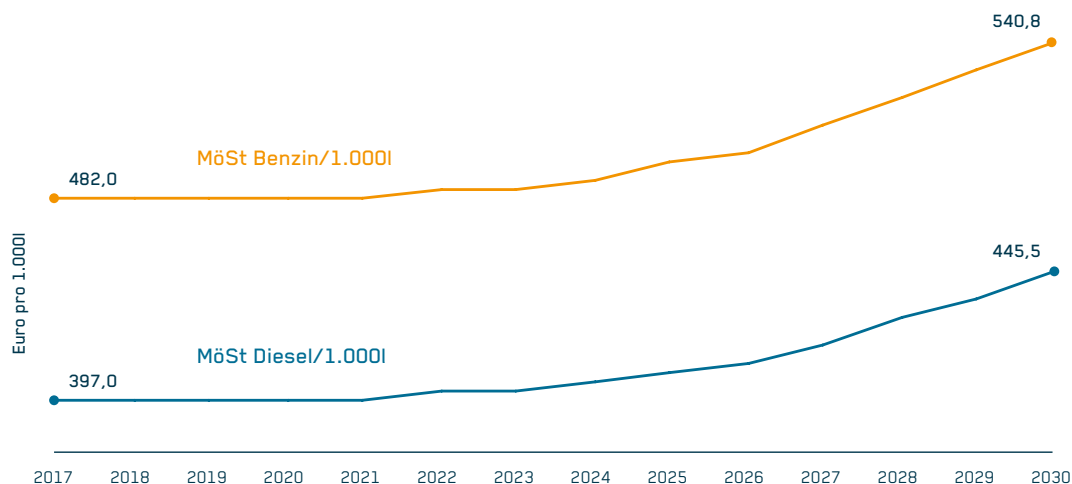
Anhang-Abbildung 3: Jährliches Einkommen der MöSt des inländischen Pkw-Verkehrs im Szenario 1, in Mio. Euro (nominal)

Die fiskalische Entwicklung im Szenario 2 (steuerangepasst) wird durch zwei Faktoren bestimmt: Erstens durch den im Vergleich zu Szenario 1 noch stärkeren Rückgang der Pkw mit Verbrennungs- bzw. Hybrid-Motor und zweitens durch steuerliche Maßnahmen, die diese Entwicklung mitverursachen, die aber auch dazu dienen sollen, den Steuerausfall zu kompensieren.

Wie bereits in Abschnitt „Effekte auf die Staatseinnahmen (Abgaben und Steuern)“ (s. Seite 47) ausgeführt, soll die Erhöhung der Sätze der MöSt nicht nur den Rückgang der Einnahmen durch den verringerten Kraftstoffabsatz ausgleichen, sondern auch einen Teil des Entfalls der Einnahmen der NoVA kompensieren. In Anhang – Abbildung 4 wird die Entwicklung der MöSt-Sätze auf Ben-

zin und Diesel bis 2030 dargestellt. Die aktuellen MöSt-Sätze (397 Euro je 1.000 Liter Diesel und 482 Euro je 1.000 Liter Benzin) müssten ab 2021 jährlich erhöht werden, um bis 2030 auf 445,5 Euro je 1.000 Liter Diesel und 540,8 Euro je 1.000 Liter Benzin zu steigen. Umgelegt auf einen Liter Treibstoff bedeutet dies eine Preiserhöhung um 6 Cent (inkl. USt-Anteil) für Diesel bzw. 7 Cent für Benzin. Die Entwicklung der Treibstoffpreise zeigt, dass diese Steuererhöhung nur einen geringen Anteil an der gesamten Preissteigerung hat: So steigt in unserer Prognose der Preis je Liter Diesel zwischen 2017 und 2030 nominal um etwa 72 Cent, Benzin wird um 71 Cent teurer. Im Rahmen der Studie bleibt der Tanktourismus annahmegemäß konstant.

82 bmf (2017): Budget 2017 im Überblick

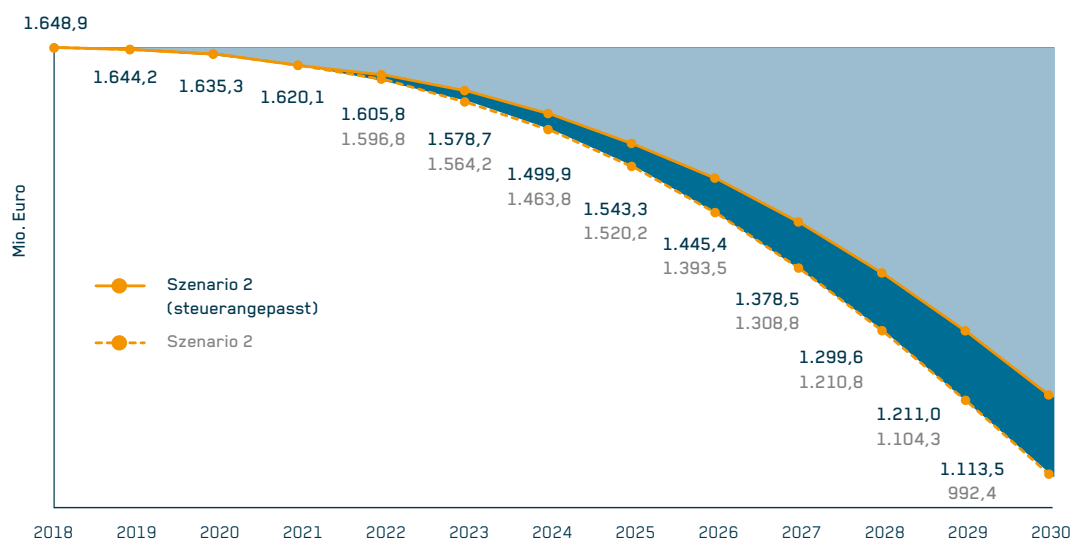


Anhang-Abbildung 4: Entwicklung der MöSt-Sätze je 1.000l Kraftstoff im Szenario 2 (steuerangepasst), in Euro (nominell)

Trotz der Erhöhungen der MöSt-Sätze sinkt das MöSt-Aufkommen der inländischen Pkw aufgrund des massiven Rückgangs des Kraftstoffverbrauchs im Szenario 2 (steuerangepasst) von 1,65 Mrd. Euro im Jahr 2018 kontinuierlich bis zum Jahr 2030 auf 1,11 Mrd. Euro (s. Anhang – Abbildung 5). Es geht somit um 32,5 Prozent bzw. 535,5 Mio. Euro zurück. Das mit der MöSt verbundene Aufkommen an der USt sinkt von 329,8 Mio. Euro auf 227,7 Mio. Euro (ein Minus von 107,1 Mio. Euro). Der kumulierte Steuerausfall im Gesamtzeitraum 2018–2030 beträgt für die MöSt somit 2,21 Mrd. Euro und für die damit verbundene USt-Steuer 0,44 Mrd. Euro. In Summe ergeben sich

durch den Rückgang der Kraftstoffnachfrage der inländischen Pkw-Fahrer also steuerliche Mindereinnahmen in Höhe von 2,65 Mrd. Euro.

Ohne die Erhöhung der MöSt-Sätze wäre der Steuerausfall noch deutlich größer. Im Szenario 2 geht das MöSt-Aufkommen im Jahr 2030 auf 992,4 Mio. Euro bzw. um 39,8 Prozent gegenüber dem Jahr 2018 zurück und der Umsatzsteuerausfall erhöht sich auf 131,2 Mio. Euro. Die kumulierten Mindereinnahmen aus MöSt und USt würden somit auf 3,28 Mrd. Euro steigen und wären damit um 0,63 Mrd. Euro bzw. 23,5 Prozent niedriger als im Szenario 2 (steuerangepasst).



Anhang-Abbildung 5: Jährliches Aufkommen der MöSt des inländischen Pkw-Verkehrs im Szenario 2 (steuerangepasst), in Mio. Euro (nominell)

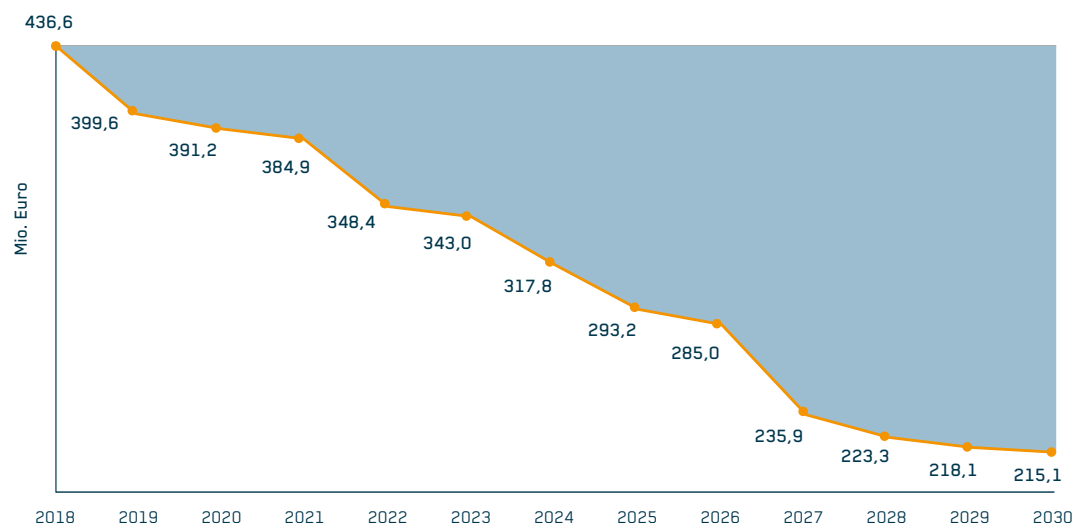
Normverbrauchsabgabe

Die Höhe der beim Pkw-Kauf zu entrichtenden Normverbrauchsabgabe (NoVA) bemisst sich am CO₂-Ausstoß des Fahrzeugs und an seinem Nettokaufpreis. Aufgrund eines entsprechenden Abzugspostens fällt die NoVA erst bei Fahrzeugen an, die einen CO₂-Ausstoß von mehr als 90 Gramm pro km aufweisen⁸³. Ausschließlich elektrisch oder elektrohydraulisch angetriebene Fahrzeuge sind von der NoVA⁸⁴ befreit. PHEV sind in der Praxis wegen der 90-Gramm-Grenze ebenfalls nicht betroffen.

2017 betrug das Aufkommen aus der NoVA etwa 481,3 Mio. Euro. In den nächsten Jahren werden zwei Faktoren auf das Volumen der NoVA wirken, die zu einer Reduktion dieses Betrags führen werden. Zum einen werden neue Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren von Jahr zu Jahr effizienter

und stoßen daher immer weniger CO₂ aus, sodass das Steueraufkommen kontinuierlich sinken wird. Zum anderen werden zukünftig mehr Fahrzeuge zugelassen, die von der NoVA ausgenommen sind (BEV und FCEV), de facto nicht von der Abgabe betroffen sind (PHEV) oder einen zu geringen CO₂-Ausstoß haben (HEV).

In Szenario 1 wird diese Entwicklung bereits deutlich erkennbar (Anhang – Abbildung 6). Das Aufkommen an NoVA aus den Neuzulassungen von Pkw sinkt von 436,6 Mio. Euro im Jahr 2018 auf 215,1 Mio. Euro im Jahr 2030 ab. Das entspricht einem Rückgang von 221,5 Mio. Euro oder einer Reduktion gegenüber dem Ausgangsjahr um 50,7 Prozent. Der kumulierte Steuerrückgang im gesamten Zeitraum beläuft sich auf 1,58 Mrd. Euro.



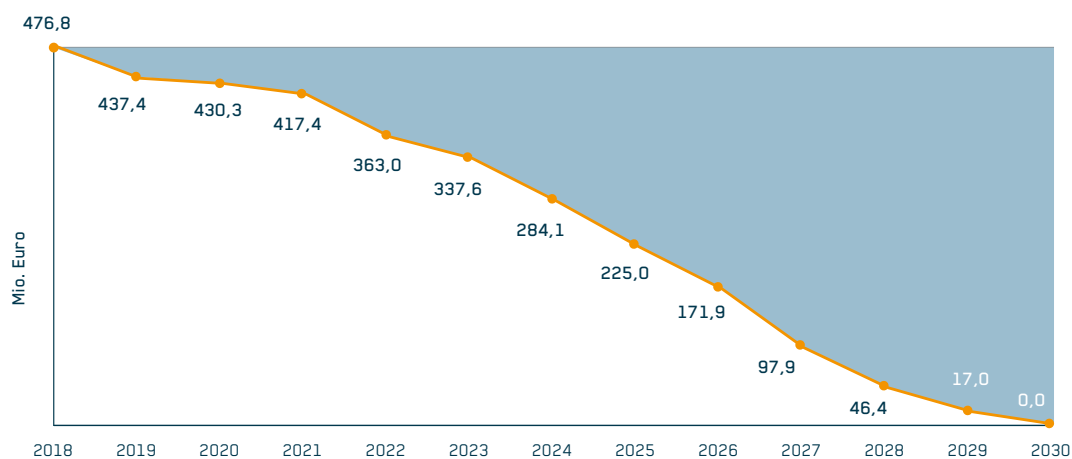
Anhang-Abbildung 6: Jährliches Aufkommen der NoVA (Pkw) im Szenario 1, in Mio. Euro (nominal)

Noch stärker fallen die Einnahmenrückgänge allerdings im Szenario 2 (steuerangepasst) aus (s. Anhang – Abbildung 7). Von 476,8 Mio. Euro im Jahr 2018 geht gemäß den zugrunde gelegten Annahmen das Aufkommen auf null zurück, da ab 2030 keine Neuzulassungen von Pkw mit Verbrennungsmotor mehr stattfinden sollen. Bereits im Jahr 2025 hätte sich das NoVA-Aufkommen gegenüber dem Ausgangsjahr 2018 mehr als halbiert (Aufkommen 225,0 Mio. Euro, -52,8 Prozent), um bis 2027 mit 97,9 Mio. Euro nochmals deutlich zu sinken. Dieser starke Rückgang innerhalb weniger Jahre macht deutlich, warum eine Kompensation der Steuerausfälle durch Erhöhungen der Steuersätze nicht

möglich ist. Die Steuersätze müssten sich spätestens ab 2025 vervielfachen um den Rückgang der Fallzahlen im Steueraufkommen zu kompensieren, würden aber wohl zu einem noch rascheren Umstieg auf NoVA-freie Fahrzeuge mit Elektro-Antrieb oder mit niedrigen Emissionswerten führen, was sich quasi in einer Rückkoppelungsschleife aber wiederum negativ auf das Steueraufkommen auswirken würde. Daher wurde der Ausfall an NoVA-Aufkommen durch entsprechende weitere Anpassung der MöSt-Sätze bzw. der Steuersätze der motorbezogenen Versicherungssteuer ausgeglichen. Der kumulierte Steuerrückgang im gesamten Zeitraum beläuft sich auf 1,58 Mrd. Euro.

⁸³ Grundlage der Steuererhebung stellt der CO₂-Ausstoß dar, der sich aus dem Verbrauch gemäß Typen- bzw. Einzelgenehmigung des Fahrzeugs ergibt.

⁸⁴ Nach derzeitigem Steuerrecht.



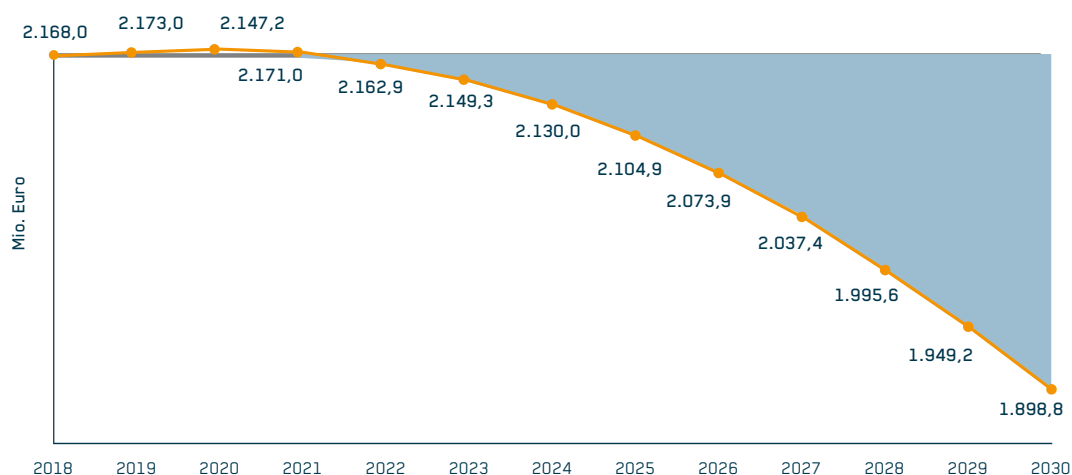
Anhang- Abbildung 7: Jährliches Aufkommen der NoVA (Pkw) im Szenario 2 (steuerangepasst), in Mio. Euro (nominal)

Motorbezogene Versicherungssteuer

Die Höhe der motorbezogenen Versicherungssteuer richtet sich bei Pkw nach der Leistung des Verbrennungsmotors (auf ganze Kilowatt gerundet), bei Motorrädern nach dem Hubraum, ist somit im Gegensatz zur MöSt verbrauchsunabhängig und fällt anders als die NoVA nicht einmalig, sondern jährlich⁸⁵ an. Die Steuersätze sind nach Leistung des Motors gestaffelt: Die ersten 24 kW sind steuerfrei, danach fällt bis zu 90 kW eine Steuer von 0,62 Euro je kW und Monat an, die nächsten 20 kW (also bis 110 kW Leistung) sind mit je 0,66 Euro belastet und über einer Leistung von 110 kW wird jedes kW mit 0,75 Euro Steuer monatlich besteuert. Auch bei dieser Steuer sind jene Fahrzeuge ausgenommen, die rein elektrisch betrieben werden. HEV und PHEV sind grundsätzlich zwar auch steuerpflichtig, allerdings fällt die Steuer geringer aus, da lediglich die Leistung des Verbrennungsmotors als Bemessungsgrundlage

herangezogen wird. Die motorbezogene Versicherungssteuer wird gemeinsam mit der Haftpflichtprämie eingehoben und fällt damit nur für im Inland zugelassene Pkw (bzw. Motorräder) an. An den Fiskus flossen 2017 rund 2,40 Mrd. Euro an motorbezogener Versicherungssteuer.

Die Entwicklung des Aufkommens an motorbezogener Versicherungssteuer der inländischen Pkw bis 2030 ist in Anhang – Abbildung 8 grafisch dargestellt. Von 2,17 Mrd. Euro im Jahr 2018 geht das Aufkommen auf 1,90 Mrd. Euro im Jahr 2030 zurück, eine Verringerung um rund 269,2 Mio. Euro (-12,4 Prozent). Dieser Rückgang ist damit weniger stark als im Vergleich zur NoVA, aber auch im Vergleich zur MöSt, weil sich der Fahrzeugbestand weniger rasch verändert als etwa die Neuzulassungen. In Summe entgehen dem Finanzminister ungefähr 995,6 Mio. Euro an Einnahmen aus dieser Steuer im Zeitraum bis 2030.

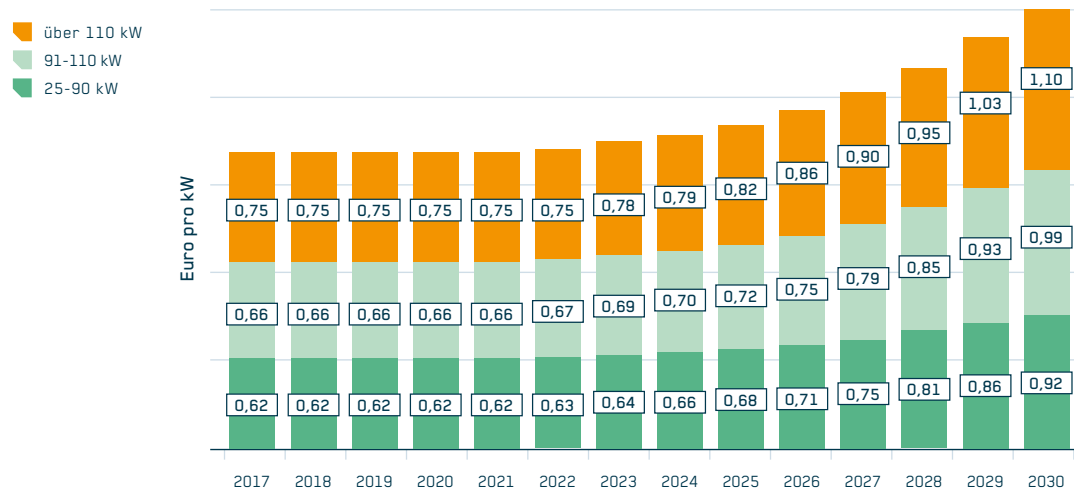


Anhang- Abbildung 8: Jährliches Aufkommen der motorbezogenen Versicherungssteuer (Pkw) im Szenario 1, in Mio. Euro (nominal)

⁸⁵ Die motorbezogene Versicherungssteuer kann auch halbjährlich, vierteljährlich oder monatlich entrichtet werden. Dann erhöhen sich allerdings die monatlichen Steuersätze und sind bei monatlicher Zahlungsweise am höchsten.

Die Entwicklung des Aufkommens im Szenario 2 (steuerangepasst) wird durch die Anpassung der Steuersätze der motorbezogenen Versicherungssteuer maßgeblich bestimmt. Zur Kompensation der Einnahmerückgänge ergibt sich die in Anhang – Abbildung 9 dargestellte Entwicklung der Steuersätze nach Motorleistung: Zwischen 25 und 90 kW Motorleistung steigt der Steuersatz je

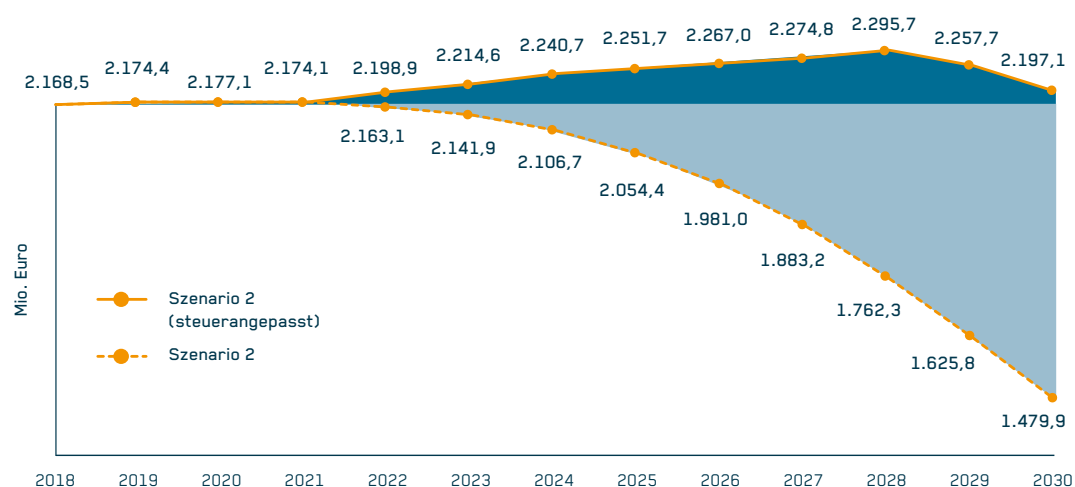
kW von derzeit 0,62 Euro pro Monat um 50 Prozent auf 0,93 Euro im Jahr 2030. Die Motorleistung zwischen 91 und 110 kW wird im Jahr 2030 mit 1,01 Euro je kW besteuert, im Vergleich zum Ausgangswert von 0,66 Euro eine Steigerung um 53 Prozent. Bei einer Motorleistung über 110 kW sind je kW statt 0,75 Euro im Jahr 2018 1,12 Euro im Jahr 2030 (+49,3 Prozent) zu bezahlen.



Anhang-Abbildung 9: Entwicklung der Sätze der motorbezogenen Versicherungssteuer für Pkw im Szenario 2 (steuerangepasst), in Euro (nominell)

Diese massive Erhöhung der Sätze der motorbezogenen Versicherungssteuer würde auch entsprechend stark auf das Aufkommen dieser Steuer wirken (s. Anhang – Abbildung 10). Im Gegensatz zu den anderen hier betrachteten Steuern würde das Aufkommen bis 2030 ansteigen, und zwar von 2,17 Mrd. Euro im Jahr 2018 auf 2,20 Mrd. Euro (+1,3%). Die kumulierten Mehreinnahmen würden 862,0 Mio. Euro ausmachen.

Ohne diese Erhöhung der Steuersätze würde sich allerdings eine gegenläufige, und damit negative, Entwicklung des Steueraufkommens ergeben, wie es die Vergleichswerte des Szenarios 2 (steuerangepasst) es anzeigen. Das Aufkommen der motorbezogenen Versicherungssteuer würde bis zum Jahr 2030 um 31,8 Prozent auf 1,48 Mrd. Euro deutlich zurückgehen. Die kumulierten Steuerausfälle der Gesamtperiode würden sich gegenüber dem

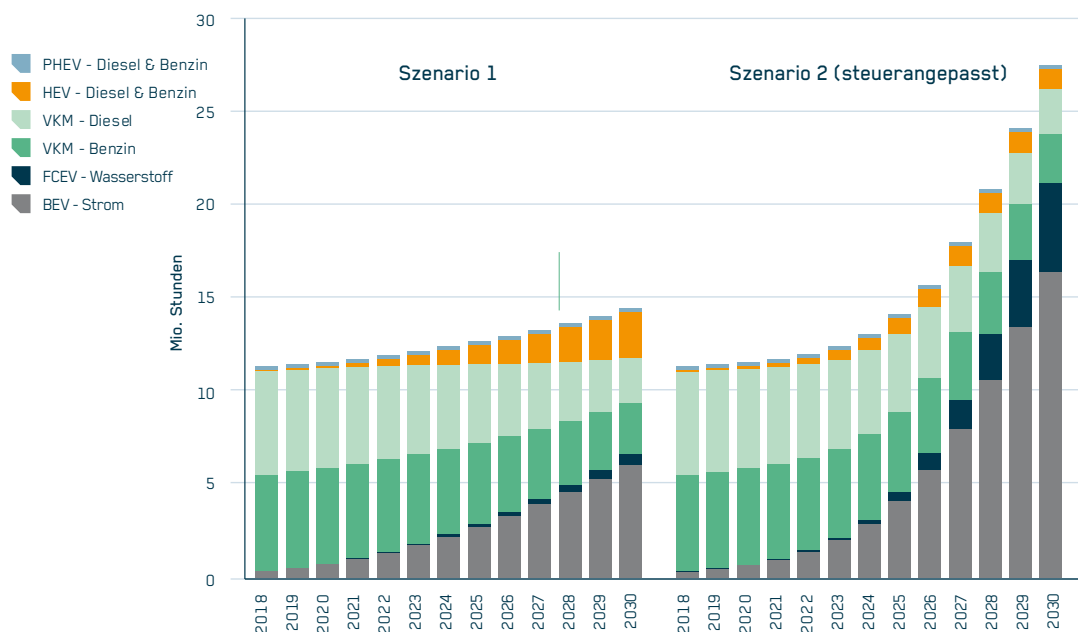


Anhang-Abbildung 10: Jährliches Aufkommen der motorbezogenen Versicherungssteuer (Pkw) im Szenario 2 (steuerangepasst), in Mio. Euro (nominell)

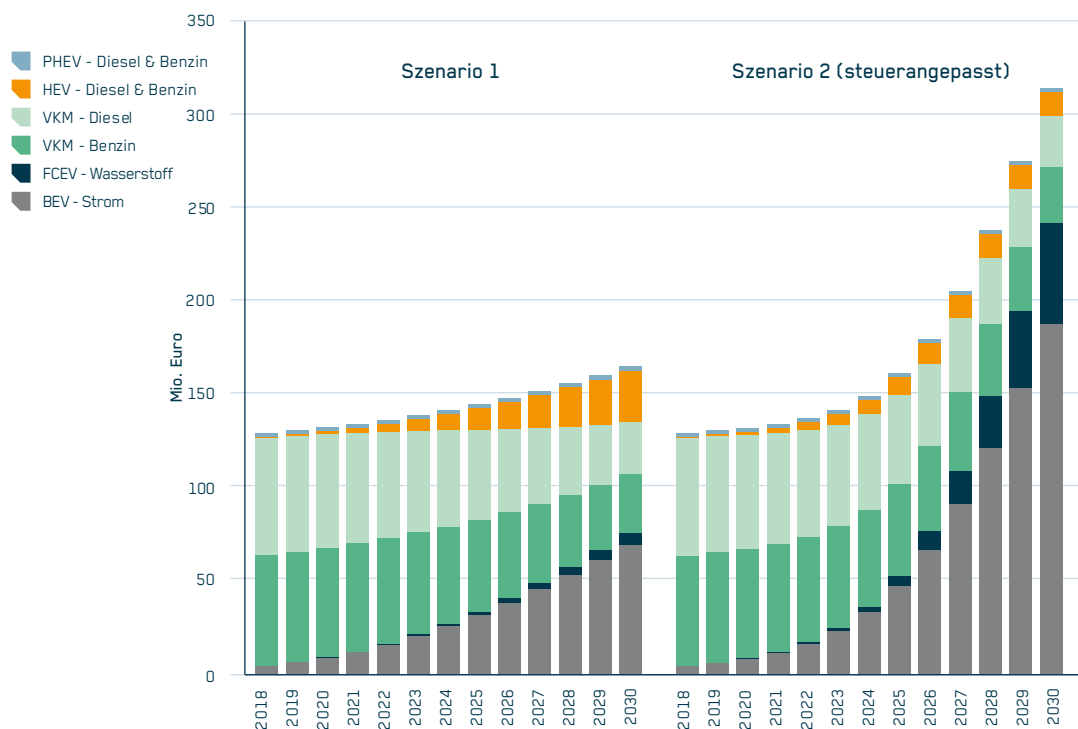
Ausgangswert des Jahres 2018 auf 2,30 Mrd. Euro belaufen, im Vergleich zum Szenario 2 (steuerangepasst) machen die kumulierten Steuerausfälle sogar 2,99 Mrd. Euro aus. Anzumerken ist, dass in diesen Berechnungen keine Erhöhung der Steuersätze für Motorräder angenommen wurde. Würde es zu einer vergleichbaren Erhöhung in Höhe von

50 Prozent kommen, würde der Steuersatz von derzeit 0,025 Euro pro Monat auf 0,038 Euro pro Monat steigen. Die Aufkommenswirkung kann mangels entsprechender Datenlage nicht abgeschätzt werden, wäre aber wohl vernachlässigbar und würde die Mehrbelastung der Pkw nur geringfügig abschwächen können⁸⁶.

Zeitkostenanalyse



Anhang-Abbildung 11: Zeitaufwand in Szenario 1 und 2 (steuerangepasst) (Werte für die gesamte Pkw-Flotte), in Mio. Stunden



Anhang-Abbildung 12: Zeitkosten in Szenario 1 und 2 (steuerangepasst) (Werte für die gesamte Pkw-Flotte), in Mio. Euro (in Preisen 2017)

⁸⁶ Den Anteil der Motorräder am Aufkommen der motorbezogenen Versicherungssteuer schätzt Economica für das Jahr 2016 auf deutlich unter 10%. Eine Erhöhung der Steuersätze würde wohl neben der Anschaffung von Motorrädern mit geringerem Hubraum auch dazu führen, dass der jährliche Versicherungszeitraum wohl entsprechend reduziert werden würde, weil Motorräder im Regelfall nicht ganzjährig genutzt werden. Damit könnte der Aufkommenseffekt, der aus höheren Steuersätzen rechnerisch ableitbar ist, entsprechend reduziert werden.

■ Gesamtwirtschaftliche Belastungen

	Szenario 1		Szenario 2 (steuerangepasst)		Differenz	
Jahr	Gesamt	Pro Fahrzeug	Gesamt	Pro Fahrzeug	Gesamt	Pro Fahrzeug
2018	25.733.377.125	5.229	25.740.089.390	5.231	6.712.265	1
2019	26.158.367.306	5.286	26.156.010.025	5.286	-2.357.281	0
2020	26.601.688.488	5.347	26.586.252.076	5.344	-15.436.413	-3
2021	27.099.992.017	5.419	27.151.526.095	5.430	51.534.079	10
2022	27.629.476.115	5.497	27.884.873.216	5.548	255.397.101	51
2023	28.177.374.976	5.579	28.705.048.149	5.684	527.673.174	104
2024	28.717.434.537	5.659	29.620.429.400	5.837	902.994.863	178
2025	29.222.643.442	5.733	30.501.767.405	5.984	1.279.123.963	251
2026	29.619.513.115	5.786	31.432.908.309	6.140	1.813.395.194	354
2027	29.889.885.520	5.815	32.259.150.249	6.276	2.369.264.729	461
2028	30.098.314.289	5.834	32.948.378.638	6.386	2.850.064.349	552
2029	30.238.019.618	5.840	33.312.783.696	6.434	3.074.764.078	594
2030	30.310.574.494	5.834	33.490.412.381	6.446	3.179.837.886	612
Gesamt	369.496.661.041		385.789.629.029		16.292.967.988	

Anhang-Tabelle 5: Übersicht gesamtwirtschaftliche Belastungen, in Preisen 2017

■ Konjunktuelle Effekte

Datenquellen für das Konjunkturmodell

Output	BIP, saison- und kalenderbereinigt, jeweilige Preise
Konsum	Konsumausgaben der privaten Haushalte, jeweilige Preise
Investitionen	Bruttoanlageinvestitionen, jeweilige Preise
Zinssatz	Renditen der Staatsanleihen auf dem Sekundärmarkt vor Abzug der Steuern mit einer Restlaufzeit von ungefähr 10 Jahren
Inflationsrate	HVPI, monatliche Daten, Index=2015

Anhang-Tabelle 6: Datenquellen für das Konjunkturmodell

■ Lebenszyklusanalyse

Untersuchte Antriebsarten

- **Fossile Kraftstoffe**
 - Benzin (mit 5 Vol-% Bioethanol)
 - Diesel (mit 7 Vol-% Biodiesel)
 - Erdgas (CNG)
- **Biogene Kraftstoffe**
 - Biodiesel (Rohstoffmix Österreich)
 - Bioethanol (aus Holz und Stroh)
 - Biomethan (Energiepflanzenmix)
 - Fischer-Tropsch (FT)-Kraftstoffe aus Holz
- **Strom**
 - Strommix Österreich
 - Strom Wasserkraft
 - Strommix EU
- **Wasserstoff (gasförmig)**
 - Elektrolyse mit Strommix Österreich
- **Kraftstoffe aus Biomasse und Strom**
 - SNG: Holz und Strommix Österreich
 - FT-Kraftstoff: Holz und Strommix Österreich

Untersuchte Primärenergieträger

- **Fossil**
 - Rohöl
 - Kohle (im Strommix)
 - Erdgas
- **Erneuerbar:**
 - Wasserkraft (im Strommix)
 - Wind (im Strommix)
 - Sonne (PV im Strommix), Altspeiseöl und Tierfett
- **Biomasse**
 - Landwirtschaft
 - Energiepflanzen: Mais, Weizen, Zuckerrüben, Raps
 - Reststoffe: Stroh, Gülle
 - Forstwirtschaft: Holz
 - Industrie/Gewerbe/Haushalte:
 - Rinde und Sägenebenprodukte
 - Altspeiseöl und Tierfett
 - Biogene Abfälle

36 Kombinationen

Fossile Kraftstoffe

1. VKM, Benzin & 5% EtOH
2. HEV, Benzin
3. PHEV, Benzin
4. HEV, Diesel
5. VKM, Diesel & 7% Biodiesel
6. PHEV, Diesel
7. VKM, CNG

biogene Kraftstoffe

1. VKM, EtOH Holz
2. VKM, EtOH Stroh
3. VKM, Biodiesel Rohstoffmix Österreich
4. VKM, BioCNG Maissilage
5. VKM, FT Diesel Hackgut

Strom

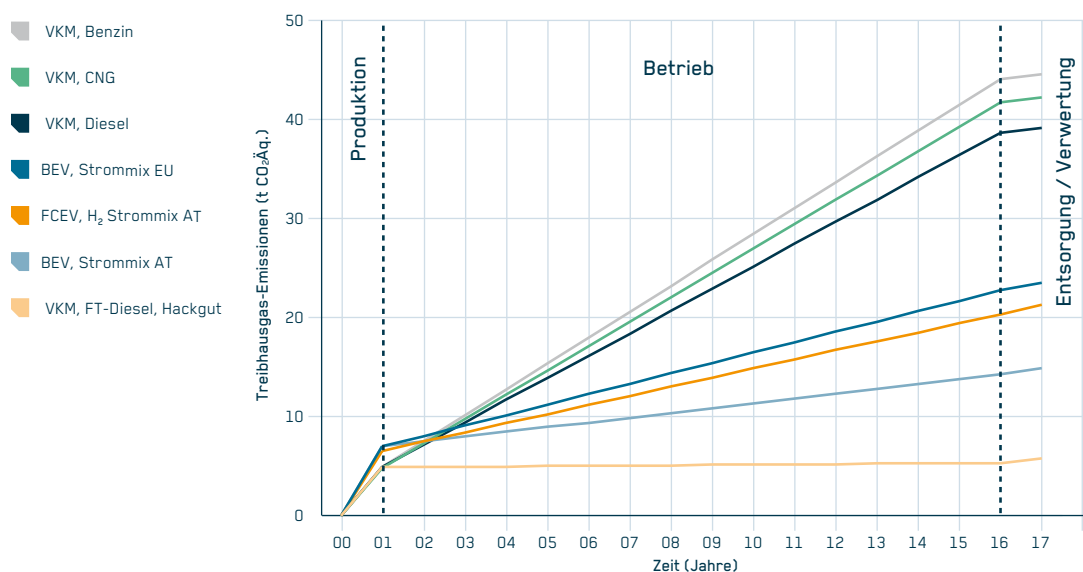
1. BEV, Strommix EU
2. BEV, Strommix AT
3. BEV, Strom Wasserkraft

Wasserstoff

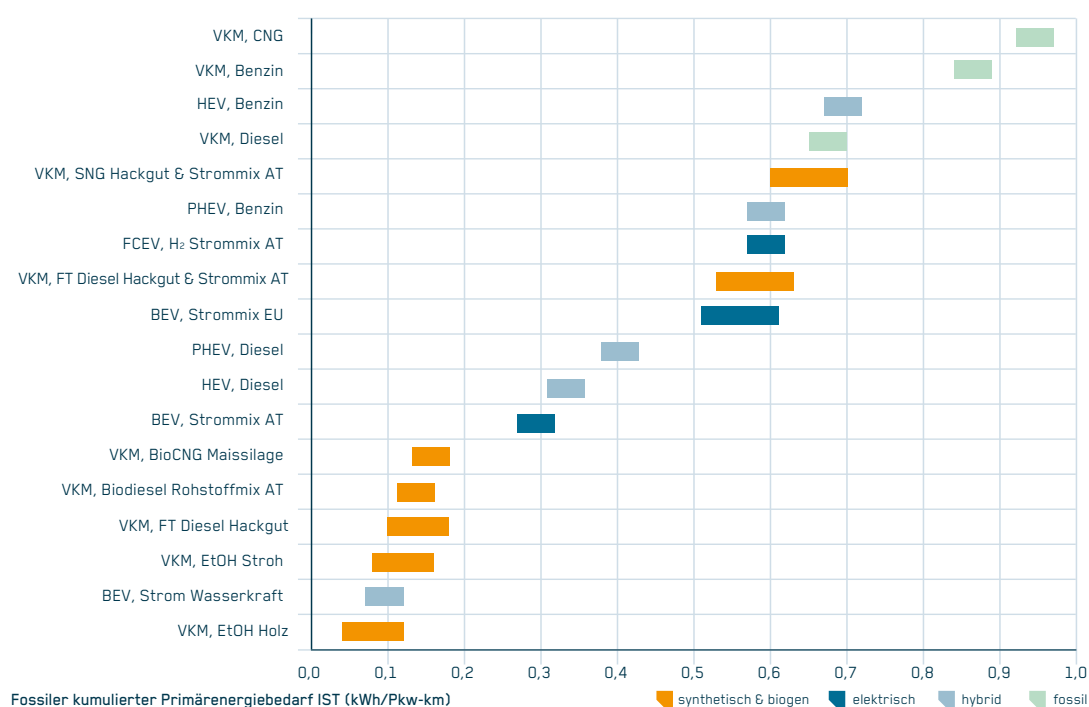
1. FCEV, H₂ Strommix AT

Kraftstoffe aus Biomasse und Strom

1. VKM, SNG: Holz und Strommix Österreich
2. VKM, FT-Kraftstoff: Holz und Strommix Österreich



Anhang-Abbildung 13: THG-Bilanz ausgewählter Antriebe im Lebenszyklus (ZUKUNFT-Szenario)



Anhang-Abbildung 14: Fossiler kumulierter Primärenergiebedarf der untersuchten Transportsysteme (IST-Szenario)

LITERATUR, ABBILDUNGS- UND
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Literaturverzeichnis

A

- **Anderson, J. E. (2016).** LADEN2020 Schlussbericht – Konzept zum Aufbau einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur in Deutschland von heute bis 2020. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
- **Asfinag. (16. März 2018).** Abgerufen am 30. März 2018 von <https://www.asfinag.at/ueber-uns/newsroom/pressemitteilungen/2018/neue-e-ladestationen/>.
- **Austrian Mobile Power, Verein für Elektro-Mobilität. (2017).** Übersicht Netzanschluss und Ladedauer bei Elektroautos. Abgerufen am 18. Jänner 2018 von http://www.austrian-mobile-power.at/amp/AMP_Factsheets/Austrian_Mobile_Power_Factsheet_12_Uebersicht_Netzanschluss_und_Ladedauer_bei_Elektroautos.pdf.

B

- **Bischof, H. (2017).** Horst Bischof über die Zukunft der Mobilität. Kleine Zeitung.
- **bmf. (2017).** Budget 2017 im Überblick. Abgerufen am 29. 05 2018 von https://www.bmf.gv.at/budget/das-budget/Budget_2017_im_Ueberblick.pdf?67runq.
- **bmvit. (2016).** Österreich unterwegs 2013/2014 – Ergebnisbericht zur österreichweiten Mobilitätserhebung. Wien.
- **bmnt. (2018).** #mission2030 – Klima- und Energiestrategie der Österreichischen Bundesregierung. Wien.
- **Bundesverband Elektromobilität Österreich. (2018).** <http://beoe.at/zuhaus/>.

C

- **Congresional Budget Office. (2017).** Projections of Interest Rates. Abgerufen am 29. Mai 2018 von <https://www.cbo.gov/publication/52391>.

D

- **durchblicker.at. (2018).** durchblicker.at. Abgerufen am 29. Mai 2018 von Ratenkredit: <https://durchblicker.at/ratenkredit>

E

- **E3MLab/ICCS at National Technical University of Athens. (2016).** PRIMES. European Commission.
- **e7 Energie Markt Analyse GmbH. (2017).** Nachrüstung von Ladestationen in bestehenden großvolumigen Wohngebäuden. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- **Economica. (2013).** Leitbranche Automobilwirtschaft – Volkswirtschaftliche Leistung, Fiskalischer Beitrag und innovative Dynamik. Abgerufen am 29. Mai 2018 von http://www.automobilimporteure.at/wp-content/uploads/2015/06/Automobilimporteure_Economica_Broschuere_OKT_2013_DEF_LOW_FINAL.pdf.
- **EU. (2014).** Richtlinie 2014/94/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 über den Ausbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe.
- **Europäische Kommission. (2011).** Energy Roadmap 2050 – COM /2011/0885. Brüssel.
- **European Alternative Fuels Observatory. (2018).** Abgerufen am 29. Mai 2018 von <http://www.eafo.eu/infrastructure-statistics>.
- **Eurotax. (2018).** Marktpreisindex Diesel – Benzin. Abgerufen am 22. Mai 2018 von https://www.eurotax.at/marktanalysen/marktpreisindex_diesel-benziner/.

F

- **Frenzel, I. J. (2015).** Erstnutzer von Elektrofahrzeugen in Deutschland: Nutzerprofile, Anschaffung, Fahrzeugnutzung. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

G

- **GfK. (2015).** ÖAMTC – Road Pricing.

H

- **Hütter, D., & Stigler, H. (2012).** Kosten und Bepreisungsmodelle einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur für E-Mobilität in Österreich. Graz: Verlag der Technischen Universität Graz.

I

- **IG Windkraft. (2014).** Das realisierbare Windpotenzial Österreichs für 2020 und 2030. Abgerufen am 18. April 2018 von <https://www.igwindkraft.at/mmedia/download/2014.09.17/1410964769070667.pdf>.
- **International Electrotechnical Commission. (2011).** A step forward for global EV roll-out. Abgerufen am 17. Jänner 2018 von <http://www.iec.ch/newslog/2011/nr0411.htm>.
- **ISO 14040.** Abgerufen am 18. April 2018 von <https://www.iso.org/standard/37456.html>.

M

- **market Institut (2016).** Alles rund um Autokosten.

N

- **Nationale Plattform Elektromobilität. (2015).** Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland Statusbericht und Handlungsempfehlungen. Berlin.
- **Nußbaumer, J. P. (2013).** Technische und wirtschaftliche Analyse von Ladestationen für Elektrofahrzeuge. Graz: Verlag der TU Graz.

Ö

- **ÖAMTC.** (2017). ÖAMTC AM.PULS-Umfrage "Ende der Verbrennungsmotoren". Wien.
- **Österreichische Energieagentur.** (2018). Mobilitätswende 2030 – Machbarkeit und Herausforderungen. Auswirkungen auf die österreichische Treibhausgasemissionen und das elektrische Energieversorgungssystem. Wien.
- **Österreichische Volkspartei, Freiheitliche Partei Österreichs.** (2017). Zusammen für unser Österreich, Regierungsprogramm 2017 – 2022. Wien: Bundeskanzleramt – Online.
- **Österreichischer Biomasse-Verband und Österreichische Energieagentur.** (2017). Biomasseverband OÖ. Abgerufen am 25. Mai 2018 von Basisdaten Bioenergie 2017: <https://www.biomasseverband-ooe.at/publikationen-videos/jahresberichte-und-kennzahlen.html>.
- **Österreichs Energie.** (2015). Stromstrategie – Empowering Austria. Wien.

R

- **Roland Berger.** (2016). Global Automotive Supplier Study 2016 – Being prepared for uncertainties.

S

- **Schuster A., e. a.** (2010). Begleitforschung der TU Wien in VLOTTE. Wien.
- **Schuster A., L.** (2013). Begleitforschung der TU Wien in "Electro Drive Salzburg". Wien.
- **Statistik Austria.** (2017a). Energiebilanz 2016. Wien.
- **Statistik Austria.** (2017b). Kraftfahrzeugstatistik. Wien.
- **Statistik Austria.** (2017c). Transportaufkommen auf Österreichs Straßen 2016 mit 488 Mio. Tonnen um 5,7% gestiegen. Wien.
- **Statistik Austria.** (2017d). Energiestatistik – Mikrozensus Energieeinsatz der Haushalte 2015/2016.
- **Statistik Austria.** (2017e). Mikrozensus 2016. Wien.
- **Statistik Austria.** (2017f). Verbrauchsabgaben – Hauptergebnisse der Konsumerhebung 2014/15. Wien: Statistik Austria.
- **Statistik Austria.** (2017g). Abgerufen am 12. Juni 2018 von Brutto- und Nettojahreseinkommen der unselbständig Erwerbstätigen 1997 bis 2016: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/soziales/personen-einkommen/jaehrliche_personen_einkommen/index.html.
- **Statistik Austria.** (2018a). Energiestatistik: Strom und Gastagebücher 2008/2012/2016.
- **Statistik Austria.** (2018b). Mit 353.320 Pkw-Neuzulassungen wurde 2017 der höchste Wert seit 2011 erreicht; Pkw mit alternativen Kraftstoffen haben um mehr als die Hälfte zugenommen.
- **Statistik Austria.** (2018c). Abgerufen am 23. Mai 2018 von Statistik Austria Tabellenband EU-SILC 2017: https://www.statistik.at/web_de/frageboegen/private_haushalte/eu_silc/index.html.
- **Statistik Austria.** (2018d). Abgerufen am 22. Mai 2018 von Statistik Austria, Kfz-Bestand 2017_revidiert: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/verkehr/strasse/kraftfahrzeuge_-_bestand/index.html.
- **Statistik Austria.** (2018e). Abgerufen am 24. Mai 2018 von Statistik Austria Vorausberechnete Bevölkerungsstruktur für Österreich 2016-2100 laut Hauptvariante: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/demographische_prognosen/bevoelkerungsprognosen/index.html.
- **Stigler, P. D.** (2010). TU Graz. Abgerufen am 17. Jänner 2018 von https://www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/Institute/IEE/files/ENDGUEL-TIG___Elektromobilitaet_Studie_ENDVERSION_hoheQualitaetiw290610.pdf.
- **TU Wien, Österreichische Energieagentur.** (2012). SOL Studie für die Organisation der zukünftigen Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge in Österreich. Wien.

U

- **U. S. Department of Energy.** (2013). The EV Project. Washington D.C.
- **Umweltbundesamt.** (2016). Ökobilanz alternativer Antriebe, Fokus Elektrofahrzeuge. Wien.
- **Umweltbundesamt.** (2017). Austria's National Inventory Report 2017. Wien: Umweltbundesamt.

V

- **Van den Bossche, P.** (2010). 20. Electric Vehicle Charging Infrastructure. [Buchverf.] Editor: Gianfranco Pistoia. Electric and Hybrid Vehicles. Amsterdam : Elsevier.

W

- **Wietschel, M. T.** (2017). Perspektiven des Wirtschaftsstandorts Deutschland in Zeiten zunehmender Elektromobilität. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI Karlsruhe.
- **Wittmann, S. R.** (2017). Technologischer Wandel und E-Mobilität – Auswirkungen auf den Automobilmarkt Steiermark, Steirische regionalpolitische Studien Nr.01. WKO Steiermark, Institut für Wirtschafts- und Standortentwicklung.

Z

- **Zottmann, H.** (2017). Lade-Hardware. Österreichisches Fachmagazin für Elektromobilität(2).

Abbildungsverzeichnis

■ Einleitung

- Abbildung 1 Jährliche Einnahmen aus dem Pkw-Verkehr 2017 (in Mrd. Euro)

■ Status Quo

- Abbildung 2 Trotz hoher Zuwachsraten ist die Anzahl der BEV noch gering
- Abbildung 3 Vorhandensein eines Pkw im Haushalt
- Abbildung 4 Wäre es möglich, private tägliche Wege auch ohne Pkw zu erledigen?
- Abbildung 5 Gibt es öffentliche Verkehrsmittel als zumutbare Alternative?
- Abbildung 6 Wie viel hat Ihr Pkw gekostet? Wie lange planen Sie Ihren Pkw noch zu nutzen?
- Abbildung 7 Welcher Abgasklasse ist Ihr Pkw zuzuordnen?
- Abbildung 8 Welchen Anschaffungspreis können Sie finanziell verkraften?
- Abbildung 9 Monatliche Verbrauchsausgaben der privaten Haushalte 2014/15
- Abbildung 10 Zeitpunkt eines Endes von Verbrennungsmotoren
- Abbildung 11 Konsequenz beim Verbot von Verbrennungsmotoren
- Abbildung 12 Maßnahmen für Technologieumstieg

■ Technologische Entwicklung

- Abbildung 13 Entwicklung der Neuzulassungen nach Antriebsart bis 2030 in Szenario 1.
- Abbildung 14 Entwicklung der Neuzulassungen nach Antriebsart bis 2030 in Szenario 2.
- Abbildung 15 Abgeschätzte Entwicklung der Verbräuche der Neuzulassungen je Antriebsart in kWh/100km auf Basis der Durchschnittsverbräuche der Neuzulassungen von 2015 gem. PROVEM

■ Herausforderungen der E-Mobilität

- Abbildung 16 Summenladelastrgang einer Woche im Jahr 2030 für die beiden betrachteten Szenarien bei konventionellem Ladeverhalten
- Abbildung 17 Geladene Energiemenge in Abhängigkeit der gewählten Ladeleistung und Ladedauer

■ Ökonomische Dimensionen der „Mobilitätswende“

- Abbildung 18 Jährliches Aufkommen an verkehrsabhängigen Steuern des Inländischen Pkw-Verkehrs im Szenario 1, in Mio. Euro (nominal)
- Abbildung 19 Kumulierte Steuer-Mindereinnahmen im Szenario 2 in Mio. Euro (nominal)
- Abbildung 20 Summe Transaktionskosten je Szenario, in Preisen 2017
- Abbildung 21 Aggregierte Fahrzeughaltungskosten, in Preisen 2017
- Abbildung 22 Vermögensverluste im vorhandenen Fahrzeugstock durch Szenario 2 (steuerangepasst), in Preisen 2017
- Abbildung 23 Zeitkosten durch die Technologieumstellung (Werte für die gesamte Pkw-Flotte), in Mio. Euro pro Jahr (Differenz zwischen Szenario 2 (steuerangepasst) und Szenario 1, in Preisen 2017)
- Abbildung 24 Umstellungskosten Kumuliert (Differenz Szenario 2 (steuerangepasst) – Szenario 1), in Preisen 2017
- Abbildung 25 Entwicklung der Anzahl der Tankstellen
- Abbildung 26 Entwicklung der Nettoumsätze der Tankstellen, in Euro 2017
- Abbildung 27 a. Gesamtwirtschaftliche Belastung
b. Gesamtwirtschaftliche Belastung je Fahrzeug, in Euro 2017

■ „Mobilitätswende“ am Umwelt-Prüfstand

- Abbildung 28 Pkw-Flottenbestand 2017-2030 nach Technologie, Szenario 1 basierend auf der Zusammensetzung der Neuzulassungen gem. Kapitel „Technologische Entwicklung“
- Abbildung 29 Pkw-Flottenbestand 2017-2030 nach Technologie, Szenario 2 basierend auf der Zusammensetzung der Neuzulassungen gem. Kapitel „Technologische Entwicklung“
- Abbildung 30 Pkw-Energieverbrauch nach Technologie und Energieträger, Szenario 1 & 2
- Abbildung 31 Pkw-spezifischer Energieverbrauch nach Technologie, Szenario 1
- Abbildung 32 Pkw-CO₂-Emissionen nach Technologie, Szenario 1
- Abbildung 33 Pkw-CO₂-Emissionen nach Technologie, Szenario 2

■ Potenziale alternative Kraftstoffe

- Abbildung 34 Zusätzliches Biomassepotenzial im Jahr 2030 im Vergleich zu 2015
- Abbildung 35 Einsatz von alternativen Kraftstoffen im Pkw-Bereich im Zeitraum 2017 bis 2030 nach Varianten
a.) konservativ
b.) ambitioniert
c.) visionär

■ Exkurs: Lebenszyklusanalyse von Transportsystemen

- Abbildung 36 Die drei Phasen im Lebenszyklus
- Abbildung 37 Darstellung der im Gesamtlebenszyklus angefallenen THG umgelegt auf gefahrene Kilometer mit heutigem Stand der Technik (IST-Szenario)
- Abbildung 38 Darstellung der im Gesamtlebenszyklus angefallenen THG umgelegt auf gefahrene Kilometer mit zukünftigen Stand der Technik (ZUKUNFT-Szenario).
- Abbildung 39 THG-Bilanz ausgewählter Antriebe im Lebenszyklus (IST-Szenario)

■ Anhang

- Abbildung 1 Jährliches Aufkommen an verkehrsabhängigen Steuern des inländischen Pkw-Verkehrs im Szenario 2 (steuerangepasst), in Mio. Euro (nominell)
- Abbildung 2 Jährliches Aufkommen an verkehrsabhängigen Steuern im Szenario 2 (steuerangepasst) in Mio. Euro (nominell)
- Abbildung 3 Jährliches Aufkommen der MöSt des inländischen Pkw-Verkehrs im Szenario 1, in Mio. Euro (nominell)
- Abbildung 4 Entwicklung der MöSt-Sätze je 1.000l Kraftstoff im Szenario 2 (steuerangepasst), in Euro (nominell)
- Abbildung 5 Jährliches Aufkommen der MöSt des inländischen Pkw-Verkehrs im Szenario 2 (steuerangepasst), in Mio. Euro (nominell)
- Abbildung 6 Jährliches Aufkommen der NoVA (Pkw) im Szenario 1, in Mio. Euro (nominell)
- Abbildung 7 Jährliches Aufkommen der NoVA (Pkw) im Szenario 2 (steuerangepasst), in Mio. Euro (nominell)
- Abbildung 8 Jährliches Aufkommen der motorbezogenen Versicherungssteuer (Pkw) im Szenario 1, in Mio. Euro (nominell)
- Abbildung 9 Entwicklung der Sätze der motorbezogenen Versicherungssteuer für Pkw im Szenario 2 (steuerangepasst), in Euro (nominell)
- Abbildung 10 Jährliches Aufkommen der motorbezogenen Versicherungssteuer (Pkw) im Szenario 2 (steuerangepasst), in Mio. Euro (nominell)
- Abbildung 11 Zeitaufwand in Szenario 1 und 2 (steuerangepasst) (Werte für die gesamte Pkw-Flotte), in Mio. Stunden
- Abbildung 12 Zeitkosten in Szenario 1 und 2 (steuerangepasst) (Werte für die gesamte Pkw-Flotte), in Mio. Euro (in Preisen 2017)
- Abbildung 13 THG-Bilanz ausgewählter Antriebe im Lebenszyklus (ZUKUNFT-Szenario)
- Abbildung 14 Fossiler kumulierter Primärenergiebedarf der untersuchten Transportsysteme (IST-Szenario)

Tabellenverzeichnis

■ Status Quo	
■ Tabelle 1	Marktübersicht über batterieelektrische Fahrzeuge (BEV), Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge (PHEV), Range-Extender Fahrzeuge (REX) und Brennstoffzellen-Fahrzeuge (FCEV)
■ Tabelle 2	TCO-Analyse des Golf für Szenario 1 mit folgenden Spalten: Modell, Kraftstoffart / Energiequelle, Bruttopreis, TCO, Anschaffungs- sowie Nutzungskosten, Restwert nach sechs Jahren in Prozent – 2017 und 2030
■ Tabelle 3	TCO-Analyse des Hyundai ix35FCEV für Szenario 1 mit folgenden Spalten: Modell, Kraftstoffart / Energiequelle, Bruttopreis, TCO, Anschaffungs- sowie Nutzungskosten, Restwert nach sechs Jahren in Prozent – 2017 und 2030
■ Herausforderungen der E-Mobilität	
■ Tabelle 4	Anzahl erforderlicher Ladepunkte im Jahr 2030
■ Ökonomische Dimensionen der „Mobilitätswende“	
■ Tabelle 5	Anschaffungspreise nach Antriebsart, in Preisen 2017
■ Tabelle 6	Vermögensverlust im Tankstellennetz als Nettoverlust zwischen den Szenarien 2 (steuerangepasst) und Szenario 1, in Preisen 2017
■ Tabelle 7	Schätzung der Investitionskosten für öffentlich zugängliche Ladesäulen, in Mio. Euro (in Preisen 2017)
■ „Mobilitätswende“ am Umwelt-Prüfstand	
■ Tabelle 8	Energetischer Endverbrauch und CO ₂ -Emissionen, Szenario 1 und 2
■ Potenziale alternative Kraftstoffe	
■ Tabelle 9	Potenzial der Bio-Kraftstoffe der ersten Generation in Österreich für 2030
■ Tabelle 10	Überblick über die eingesetzten Mengen an alternativen Kraftstoffen im Jahr 2016, dem Potenzial für 2030 sowie dem Einsatz im Pkw-Bereich im Jahr 2030 gemäß den betrachteten drei Varianten
■ Tabelle 11	Kostenschätzung der alternativen Kraftstoffe für die Jahre 2017 und 2030
■ Anhang	
■ Tabelle 1	Verbräuche der Neuzulassungen in kWh/100km
■ Tabelle 2	Entwicklung der Verbrauchsanteile (elektrisch / fossil) von PHEV
■ Tabelle 3	TCO-Analyse Szenario 1
■ Tabelle 4	Restwertentwicklung für Szenario 1 und 2
■ Tabelle 5	Übersicht gesamtwirtschaftliche Belastungen, in Preisen 2017
■ Tabelle 6	Datenquellen für das Konjunkturmodell

Abkürzungsverzeichnis

A	
A	Ampere
ACStyria	Autocluster Steiermark
Akku	Akkumulator
ARBÖ	Auto-, Motor- und Radfahrerbund Österreichs
AT	Österreich
B	
BEV	Battery Electric Vehicle (batterieelektrisches Fahrzeug)
Bio-H ₂	Bio-Wasserstoff
BIP	Bruttoinlandsprodukt
bmvit	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
bmwfw	Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft
bzgl	bezüglich
bzw	beziehungsweise
C	
ca	circa
CH ₄	Methan
cm ³ /ccm	Kubikzentimeter
cng	Compressed Natural Gas (Erdgas)
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ -Äq.	CO ₂ -Äquivalent
D	
dh	das heißt
DR Kongo	Demokratische Republik Kongo
DSGE	Dynamic Stochastic General Equilibrium
E	
E-Fuels/ E-Kraftstoffe	synthetische Kraftstoffe
etc	et cetera
EU	Europäische Union
EW	Einwohner
F	
F&E	Forschung und Entwicklung
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle (Brennstoffzellenfahrzeug)
fkM	Fahrzeug-Kilometer
FT (Diesel)	Fischer Tropsch (Diesel)
G	
gem.	gemäß
Gen.	Generation
Golf-Klasse	untere Mittelklasse (manchmal auch als der Kompaktklasse zugehörig bezeichnet)
GWP	Global Warming Potenzial (Treibhausgaspotenzial)
H	
h	Stunden
HBEFA 3.3	Handbuch Emissionsfaktoren Version 3.3
HEV	Hybrid Electric Vehicle (Hybridfahrzeug)
HVO	Hydrotreated Vegetable Oil (hydriertes Pflanzenöl)
HVPI	Harmonisierte Verbraucherpreisindex
I	
IFA	Institut für Fahrzeugantriebe und Automobiltechnik (TU Wien)
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IVT	Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik (TU Graz)
K	
KEV	Kumulierter Energieverbrauch
Kfz	Kraftfahrzeug
kg	Kilogramm
km	Kilometer
KTM	KTM AG, führender Motorradhersteller in Österreich
kum	kumuliert
kW	Kilowatt (1000 Watt)
kWh	Kilowattstunde Primärenergiebedarf

L		
I		Liter
LIB		Lithium-Ionen-Batterie
Li-Ionen Zellen		Lithium-Ionen-Zellen
Lkw		Lastkraftwagen
LPG		Liquefied Petroleum Gas (Flüssiggas)
M		
Mio		Million(en)
MIV		Motorisierter Individualverkehr
MöSt		Mineralölsteuer
Mrd		Milliarde(n)
MW		Megawatt
N		
N ₂ O		Distickstoffmonoxid (Lachgas)
NGO		Non-Governmental Organisation (Nichtregierungsorganisation)
NoVA		Normverbrauchsabgabe
OÖ		
ÖAMTC		Österreichischer Automobil-, Motorrad- und Touring Club
OECD		Organisation for Economic Co-Operation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)
OEM		Original Equipment Manufacturer (Erstausrüster)
P		
p.a		per annum (pro Jahr)
PHEV		Plug-in Hybrid Electric Vehicle (an Ladepunkten aufladbares Hybridfahrzeug)
PJ		Petajoule
Pkw		Personenkraftwagen
R		
REX		Range Extender
RL		Richtlinie
S		
s.o.		siehe oben
S		Seite
s		siehe
SNG		Synthetic Natural Gas (synthetisches Erdgas)
sog.		sogenannt(e/r)
SUV		Sport Utility Vehicle (Geländelimousine)
Szen		Szenario
T		
t		Tonne(n)
TCO		Total Cost of Ownership
THG		Treibhausgas
TU		Technische Universität
TWh		Terawattstunde
U		
USt		Umsatzsteuer (Mehrwertsteuer)
usw		und so weiter
V		
V		Volt
VKM		Verbrennungskraftmaschine
Vol-%		Volumenprozent
W		
W		Watt
WIFO		Österreichische Institut für Wirtschaftsforschung
Z		
z.B.		zum Beispiel
ZSB		Zusammenbau
zw		zwischen

NOTIZEN

IMPRESSUM:

MEDIENINHABER/VERLEGER:

Österreichischer Automobil-, Motorrad- und Touringclub (ÖAMTC)

Baumgasse 129, 1030 Wien

ZVR 730335108

www.oeamtc.at

ARBÖ, Auto-, Motor- und Radfahrerbund Österreichs (ARBÖ)

Johann-Böhm-Platz 1, 1020 Wien

ZVR 611523907

www.arboe.at

Design: ÖAMTC Grafik & Medien Design

Druck: SAMSON Druck GmbH

Gewerbegebiet 171

Sankt Margarethen im Lungau

Stand: Juni 2018

ÖAMTC ARBÖ

