

Auswirkungen von Elektrofahrzeugen auf die Stromwirtschaft

Programm- und PR-begleitende Studie



The first part of the paper discusses the importance of the research and the objectives of the study. It highlights the need for a comprehensive understanding of the subject matter and the role of the researcher in this process. The second part of the paper presents the methodology used in the study, including the data collection methods and the analysis techniques. The third part of the paper discusses the results of the study and the conclusions drawn from the findings. The final part of the paper provides a summary of the key points and offers suggestions for future research.

The research was conducted in a systematic and rigorous manner, following the principles of scientific inquiry. The data was collected from a large sample of participants, ensuring the representativeness of the findings. The analysis was conducted using advanced statistical techniques, allowing for a detailed examination of the data. The results of the study are presented in a clear and concise manner, highlighting the key findings and their implications.

The conclusions drawn from the study are based on the evidence presented in the results section. They provide a comprehensive overview of the findings and their significance. The suggestions for future research are based on the limitations of the current study and the need for further exploration of the subject matter.

Inhalt

1 Zusammenfassung	4
1.1 Highlights	4
1.2 Analyse des Verkehrssektors	5
1.3 Elektrofahrzeuge	8
1.4 Energiewirtschaft	9
1.5 Beitrag von Elektrofahrzeugen zur Energiewirtschaft (V2G Konzept)	13
1.6 CO2 Emissionen	16
1.7 Volkswirtschaftliche Auswirkungen	18
1.8 Möglicher Beitrag zu den Energieeffizienzzielen	21
2 Anhang	22
2.1 Tabellenverzeichnis	22
2.2 Abbildungsverzeichnis	22
2.3 Abkürzungsverzeichnis	23
2.4 Quellenverzeichnis	24

In der vorliegenden Studie werden die Auswirkungen einer Einführung von Elektrofahrzeugen auf die österreichische Energiewirtschaft untersucht. Für die Untersuchungen wurden reine Elektrofahrzeuge (PEV) vorausgesetzt, d.h. die Fahrzeuge werden nur mit Batterien und ohne Verbrennungsmotoren betrieben. Die untersuchten Zeitpunkte sind die Jahre 2020 und 2030 wobei grundsätzlich die Datenbasis von 2007 verwendet wurde. Für die Analysen wurde ein Anteil von 20% Elektrofahrzeugen an PKWs, leichte Nutzfahrzeuge und einspurige Fahrzeuge gewählt, wobei die Basis die zugelassenen Fahrzeuge in Österreich bilden.

Ausgehend von einer Analyse des Verkehrsverhaltens werden dabei folgende Themen untersucht:

- Auswirkungen auf die Stromerzeugung durch das Laden von Elektroautos
- Auswirkungen auf das öffentliche Stromnetz
- Änderungen in der Gesamt-CO₂ Bilanz von Österreich
- Volkswirtschaftliche Analyse mit einer Kosten/Nutzen Rechnung

1.1 Highlights

- Eine Einführung von 20% Elektrofahrzeugen (ca. 1 Mio Fahrzeuge) würde den österreichischen Stromverbrauch um ca 3% erhöhen und ein Ausbau von Kraftwerken wäre nicht notwendig.
- Die Stromverbrauchsanalyse über einen durchschnittlichen Werktag zeigt, dass die bestehende Netzinfrastruktur ausreichend ist und Adaptionen im Verteilnetzbereich nur im Bau der Ladestationen notwendig sein werden. Eine Netzverstärkung ist bei einem Anteil von 20% Elektrofahrzeugen an den Gesamtfahrzeugen nicht notwendig.
- Bei einer Einführung in ganz Österreich wären ca. 16.200 Ladestationen notwendig. Dafür müssten 650 Mio EUR investiert werden. Setzt man den Ausbauschwerpunkt auf Städte wären ca. 2.800 Ladestationen notwendig, wofür ca. 111 Mio EUR für die Ladestationen inkl. Netzanschluss investieren müsste.
- Ausgehend von einem Stromerzeugungsmix, der in etwa der heutigen Stromerzeugung entspricht, würden sich die spezifischen CO₂-Emissionen der PKWs auf 40 g/km reduzieren. Dies würde einer Reduktion von rund 2/3 der derzeitigen spezifischen Emissionen von konventionellen Kraftfahrzeugen entsprechen.

- Die Klimabilanz (gesamte CO₂ Emissionen von Österreich) würde sich um knapp 2 Mio t CO₂ verbessern, dies entspricht einer Reduktion von 16% der CO₂ Emissionen von PKWs, leichten Nutzfahrzeugen und einspurigen Fahrzeugen, wobei hier ein Stromerzeugungsmix hinterlegt wurde, der der heutigen Stromerzeugung entspricht.
- Für die Volkswirtschaft ergibt die Einführung von Elektrofahrzeugen einen positiven Nettoeffekt von rd. 1,3 Mrd EUR, wobei der Effekt für Staatsausgaben in etwa neutral ist, für Investitionen sich insgesamt ein positiver Effekt von 1,3 Mrd EUR ergibt (ca. 10% des derzeitigen Branchenumsatzes der Energiewirtschaft)
- Elektrofahrzeuge haben insgesamt einen höheren Wirkungsgrad als konventionelle Fahrzeuge. Eine Einführung von 20% Elektrofahrzeugen würde einen Beitrag zur Energieeinsparung von ca. 8,4 TWh liefern, das entspricht ca 37% des Energieeffizienzziels für 2016.

1.2 Analyse des Verkehrssektors

Ausgehend von vorliegenden Statistiken und Erhebungen wurden die Fahrzeuge der folgenden Fahrzeugklassen untersucht:

- Personenkraftwagen (PKW)
- Einspurige Motorfahrzeuge (Moped, Mofa, Motorräder)
- Leichte Nutzfahrzeuge (LNF)

Für die Berechnungen wird angenommen, dass die durchschnittliche jährliche Fahrleistung (km Leistung) für jede Fahrzeugklasse konstant bleibt. Diese Voraussetzung begründet sich damit, dass es künftig aufgrund von gesetzlichen Vorgaben eine anteilmäßige Verschiebung zum öffentlichen Verkehr ergeben wird und damit das Wachstum kompensiert.

Durchschnittlich gefahrene Kilometer pro Jahr

PKW	15.000 km
Leichte Nutzfahrzeuge	15.000 km
Einspurige Fahrzeuge	4.500 km

Tabelle 1:
Anteil der Kilometer pro
Fahrtzweck, 2007

Quelle: Berechnungen PwC

Ausgehend von den durchschnittlichen gefahrenen km/Jahr lassen sich die Anzahl der Fahrzeuge und die Summe der gefahrenen km für 2020 berechnen. Dabei zeigt sich, dass 91% aller gefahrener km mit PKWs (sowohl beruflich als auch privat) durchgeführt wird. 6% wird mit leichten Nutzfahrzeugen und 3% mit einspurigen Fahrzeugen erbracht. Das Ergebnis für 2007, 2020 und 2030 zeigt folgende Tabelle, wobei sie mit Berechnungen der Energy Agency sowie VCÖ übereinstimmen.

Tabelle 2:
Anzahl der Fahrzeuge sowie
Summe der gefahrenen km
für 2007 und 2020

Quelle: Statistik Austria,
Berechnungen PwC

Fahrzeuganzahl und Kilometerleistung		2007	2020	2030
PKW	Anzahl	4.245.583	4.443.826	4.589.583
	Mrd. km/Jahr	63,68	66,66	68,84
Einspurige Fahrzeuge	Anzahl	435.905	456.259	471.224
	Mrd. km/Jahr	1,96	2,05	2,12
Leichte Nutzfahrzeuge	Anzahl	297.888	311.798	322.024
	Mrd. km/Jahr	4,47	4,68	4,83
Summe	Anzahl	4.979.376	5.211.882	5.382.831
	Mrd. km/Jahr	70,1	73,4	75,8
Summe 20% (Elektrofahrzeuge)	Anzahl	995.875	1.042.376	1.076.566
	Mrd. km/Jahr	14,0	14,7	15,2

Weiters wurde jede einzelne Fahrzeugklasse auf folgende Fahrtzwecke untersucht:

- Pendler – tägliche Fahrten von und zur Arbeitsstätte
- Dienstfahrten – berufsbedingte Fahrten
- Privat/Einkauf – private Fahrten und Einkaufsfahrten
- Ausbildung – tägliche Fahrten von und zur Lehrstätte, Schulen usw.
- Freizeit – tägliche Fahrten für z. B. Sport, Besuche usw.

Folgende Abbildung zeigt die Verteilung der gesamten km-Leistung auf die verschiedenen Fahrtzwecke.

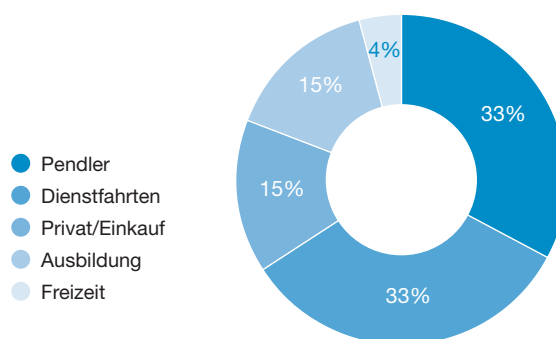


Abbildung 1:
Anteil der Kilometer pro
Fahrtzweck, 2007

Quelle: Herry Consult

Zur Analyse des stündlichen Fahrverhaltens wurde ein durchschnittlicher Werktag verwendet. Dieses Fahrverhalten dient als Basis zur Analyse der Batterieladungen und in weiterer Folge die Auswirkungen auf einen durchschnittlichen, täglichen Stromverbrauch. Die Abbildung 2 zeigt das stündliche Fahrverhalten der einzelnen Fahrprofile.

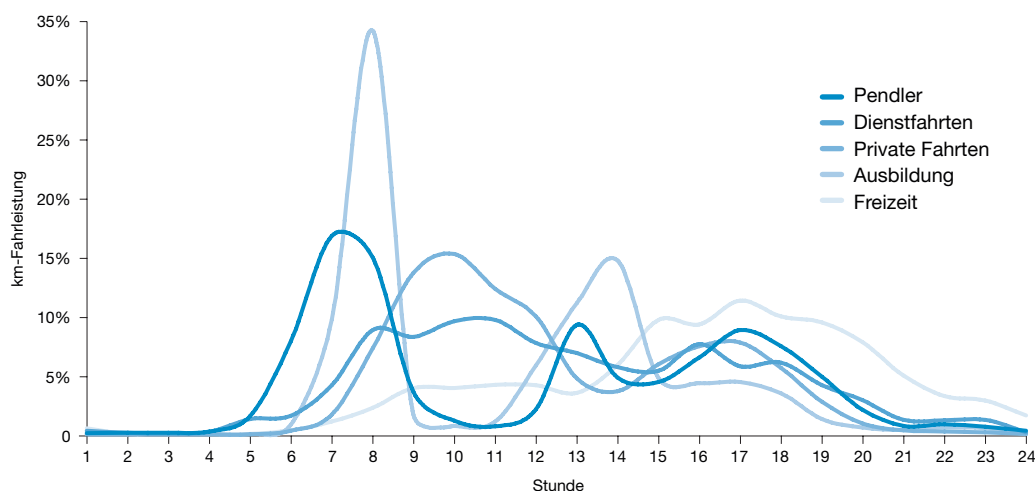


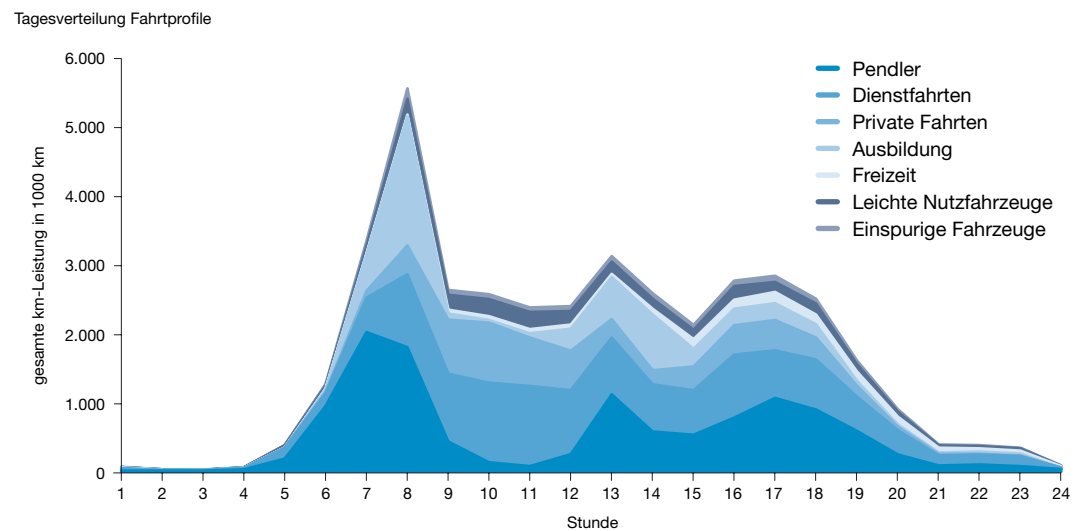
Abbildung 2:
24h Fahrprofile für die
einzelnen Fahrtzwecke

Quelle: Herry Consult

Die folgende Abbildung zeigt das gesamte Fahrtprofil über einen für alle Klassen. Es zeigt sich eine ausgeprägte Spitze um 8 Uhr in der Früh, die hauptsächlich durch den Pendelverkehr hervorgerufen wird. Eine weitere Verkehrsspitze ist am Abend um 18 Uhr erkennbar, hier fällt der Pendelverkehr und Freizeitverkehr zusammen. Eine weitere Spitze zeigt sich um die Mittagszeit gegen 13 Uhr, die ebenfalls aufgrund des Pendlerverkehrs entsteht.

Abbildung 3:
Kumuliertes 24h Fahrtprofil

Quelle: Herry Consult



1.3 Elektrofahrzeuge

Für die vorliegende Studie wurde die Annahme getroffen, dass reine Elektrofahrzeuge (Fahrzeuge nur mit Batteriebetrieb) und keine alternativen Antriebskonzepte wie Hybrid oder Brennstoffzellenfahrzeuge, untersucht werden. Auf Basis von PwC Erhebungen wurden für 2020 und 2030 folgende Hauptparameter für Elektrofahrzeuge ermittelt:

PKW:

- Durchschnittliche Reichweite: 200 km
- Ladekapazität der Batterie: 30 kWh

Leichte Nutzfahrzeuge:

- Durchschnittliche Reichweite: 250 km
- Ladekapazität der Batterie: 50 kWh

Einspurige Fahrzeuge:

- Durchschnittliche Reichweite: 80 km
- Ladekapazität der Batterie: 4 kWh

1.4 Energiewirtschaft

Aus Sicht der Energiewirtschaft sind folgende Schlüsselfragen von Bedeutung:

- welche Lademengen sind für das Aufladen der Batterien notwendig und
- ist die Übertragungs- bzw. Durchleitungskapazität der Netze ausreichend

Hinsichtlich der künftigen Stromerzeugung ist wichtig zu untersuchen, wie sich der Stromverbrauch entwickelt und welche Potenziale, sei es aus Wasserkraft, fossilen Kraftwerken oder Erneuerbaren Energieträgern, künftig realisiert werden können. Je nach Einführungsgrad von Elektrofahrzeugen und auf Basis des Fahrverhaltens lassen sich die notwendigen Batterielademengen berechnen. Die Batterien werden über das öffentliche Stromnetz aufgeladen, der Ladevorgang ist mit Verlusten behaftet, so dass mehr Strom geladen werden muss, als später in der Batterie zur Verfügung steht. Der Verlustfaktor für eine durchschnittliche Batterieladestation wurde auf Basis von am Markt verfügbarer Ladestationen mit durchschnittlich 20% ermittelt und bei den Berechnungen entsprechend berücksichtigt.

Folgende Tabelle zeigt die notwendigen Batterielademengen, die die Energiewirtschaft bereitstellen muss. Unter Berücksichtigung einer durchschnittlichen Stromverbrauchssteigerung von jährlich +2% ergeben sie die Anteile am Stromverbrauch im Jahr 2020 (3,0%) und 2030 (2,6%)

Batteriekapazitäten bei 20% Elektrofahrzeugen		Batterielademengen	
		2020	2030
PKW	GWh	2.400	2.478
Leichte Nutzfahrzeuge	GWh	224	232
Einspurige Fahrzeuge	GWh	25	25
Summe	GWh	2.649	2.736
Anteil Stromverbrauch (+2,0%)		3,0%	2,6%

Tabelle 3:
Batterielademengen für 2020
und 2030 bei 20% Elektro-
fahrzeugen

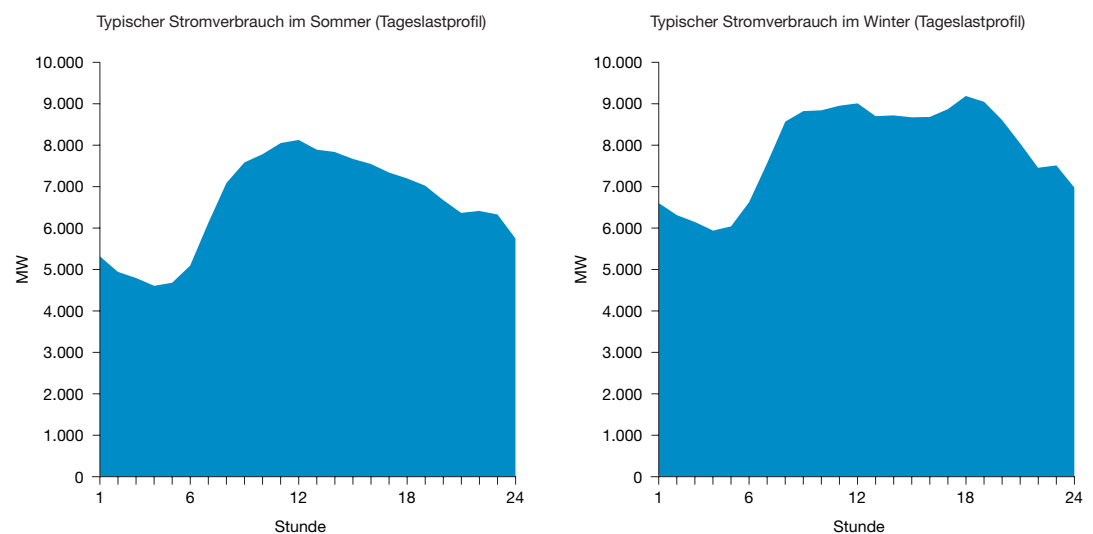
Quelle: PwC Berechnungen

Für die Analyse der Auswirkungen auf die tägliche Stromerzeugung wurden auf Basis von E-Control Daten jeweils ein Lastprofil (Stromverbrauchsverteilung über den Tag) für einen typischen Sommertag und der Stromverbrauchsverlauf für einen typischen Wintertag herangezogen.

Der durchschnittliche Stromverbrauch im Sommer ist dadurch gekennzeichnet, dass in der Nacht relativ wenig Strom verbraucht wird, zu Mittag der größte Stromverbrauch herrscht und dann sukzessive bis ca. 6h in der Früh wieder abnimmt. Der durchschnittliche Stromverbrauch im Winter ist hingegen von einer deutlichen Mittags- und Abendspitze gekennzeichnet. Auch während der Nachmittagstunden nimmt der Stromverbrauch nur geringfügig ab.

Abbildung 4:
Typischer Tagesverlauf des
Stromverbrauchs (Lastprofil)
für Sommer und Winter

Quelle: E-Control



Die Batterien der Elektrofahrzeuge können über handelsübliche Steckdosen in durchschnittlich 7 h aufgeladen werden. Stehen spezielle Ladestationen zur Verfügung, kann sich die Ladezeit auf bis zu 30 min reduzieren. Für die vorliegende Studie wurde eine durchschnittliche Ladezeit (von vollkommen entleerten Batterien) von 7 h vorausgesetzt.

Dem täglichen Stromverbrauch wurde der Stromverbrauch für das Aufladen der Batterien addiert. Grundsätzlich wurde in der Untersuchung die Annahme getroffen, dass

am Abend und in der Nacht jedes Fahrzeug aufgeladen wird, tagsüber ein Elektrofahrzeug nur zur Ladestation fährt, wenn die Batterien vollständig entleert wurden.

Folgende Abbildungen zeigen die Gesamtladekurven für einen Tag. Aus der Ladekurve kann man feststellen, dass basierend auf den durchschnittlich, täglich gefahrenen km eine Aufladung der Batterien über Nacht möglich ist und so jedes Fahrzeug in der Früh vollständig geladen ist.

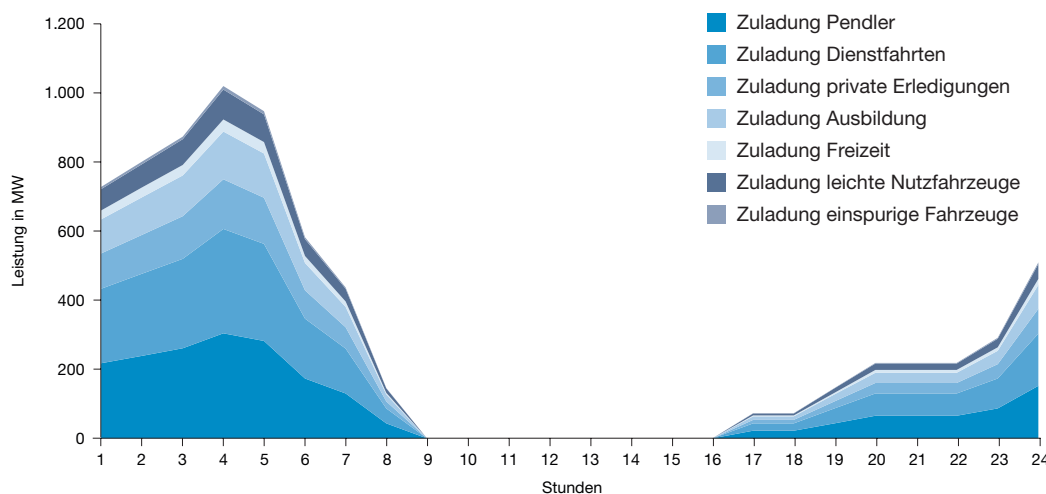


Abbildung 5:
Gesamtladekurve für einen
Tag (24 h-Verlauf) bei 20%
Elektrofahrzeugen

Diese Ladekurven werden nun zum Stromverbrauchsprofil (Lastprofilen) hinzugefügt und man erhält so einen täglichen Gesamtstromverbrauch (Gesamtlastprofil). In der folgenden Abbildung wird ein Gesamtlastprofil bei einer Einführung von 20% Elektrofahrzeugen und dem zusätzlichen Strombedarf für die Batterieladungen dargestellt. Der Stromverbrauch entspricht einem durchschnittlichen Sommertag im Jahr 2020.

Es ist erkennbar, dass die zusätzlichen Strommengen in der Nacht die Tagesspitzen nicht überschreiten. Da die Werte im Stundenraster dargestellt werden erhält man zugleich auch die Leistungswerte pro Stunde. Da das Stromnetz grundsätzlich so dimensioniert werden muss, dass der Stromtransport für die Lastspitzen ausreichend sein muss, ist hier deutlich erkennbar, dass das Stromnetz für den zusätzlichen Stromtransport nicht ausgebaut werden muss. Weiters kommt es zu dem positiven

Effekt, dass der Stromverbrauch in der Nacht angehoben wird und somit die Kraftwerke konstanter gefahren werden können, was wiederum zu einer erhöhten Wirtschaftlichkeit beiträgt.

Abbildung 6:
Gesamtstromverbrauchs-
profil inkl. Ladeenergien für
einen typischen Sommertag
(20% Elektrofahrzeuge, 2%
Stromverbrauchssteigerung)

Quelle: E-Control mit
Berechnungen von PwC

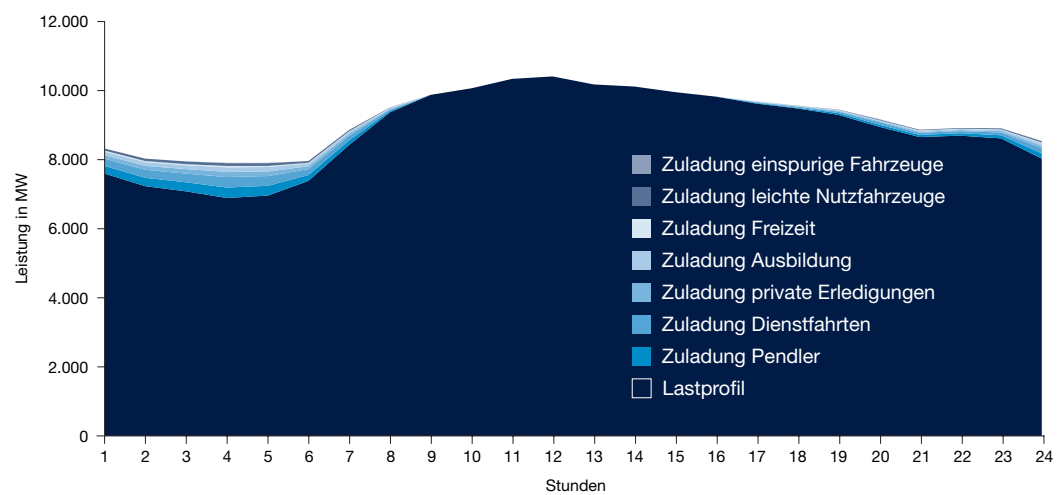
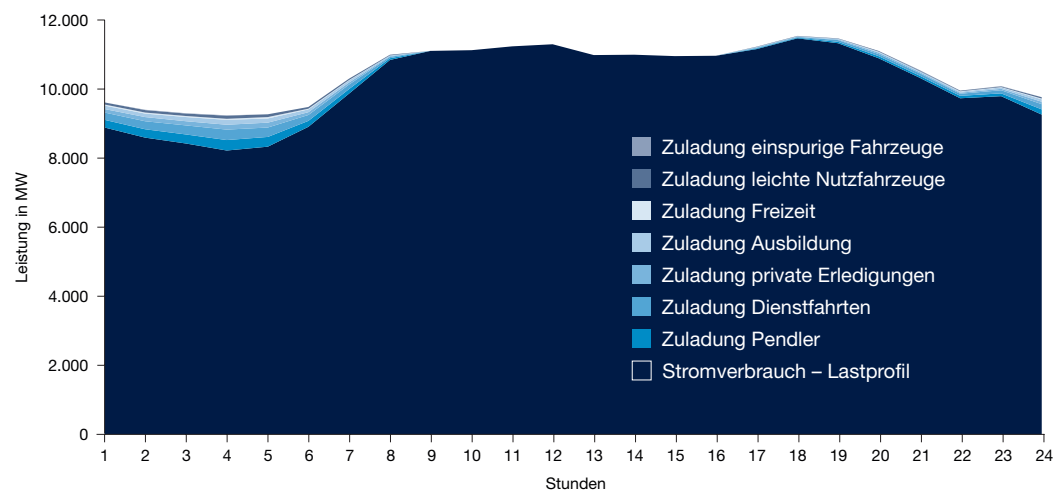


Abbildung 7:
Gesamtstromverbrauchs-
profil inkl. Ladeenergien für
einen typischen Wintertag
(20% Elektrofahrzeuge, 2%
Stromverbrauchssteigerung)

Quelle: E-Control mit
Berechnungen von PwC



1.5 Beitrag von Elektrofahrzeugen zur Energiewirtschaft (V2G Konzept)

Wenn Elektrofahrzeuge nicht benötigt werden, dann kann die gespeicherte Energie der Batterien bei Bedarf wieder in das elektrische Netz eingespeist werden. Diese Möglichkeit der Rückeinspeisung von Strom aus Elektrofahrzeugen in das elektrische Netz wird als ‚vehicle to grid‘ oder ‚V2G Konzept‘ bezeichnet.

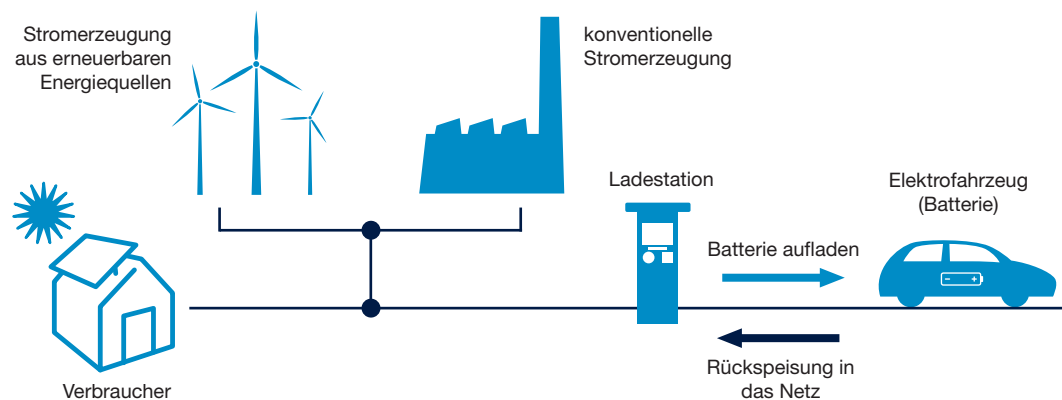


Abbildung 8: V2G Konzept

Dies kann vor allem für Fahrzeughalter (z.B. Pendler) interessant sein, die ihre Fahrzeuge z.B. während Parkzeiten nicht benötigen und bei entsprechend hohen Strompreisen die Batteriekapazitäten dem Strommarkt wieder zur Verfügung stellen. Somit besteht die Möglichkeit, dass eine Vielzahl von Elektrofahrzeugen, die am Stromnetz angeschlossen sind, eine volatile Stromerzeugung aus Wind oder Photovoltaik, kompensieren könnten¹.

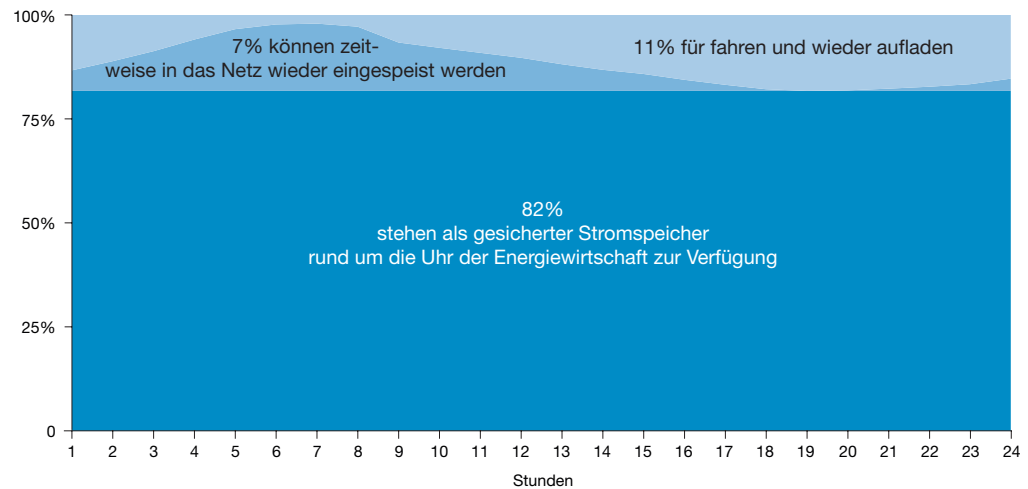
Für die Energiewirtschaft ist insbesondere wichtig, welcher Anteil der Batteriekapazitäten als gesicherte Stromlieferung zur Verfügung stehen könnte. Gesicherte Stromlieferungen werden als Stromlieferungen definiert, die 24 h zur Verfügung stehen (Bandlieferung).

Ausgehend von einem durchschnittlichen Fahrverhalten zeigen die Berechnungen, dass 82% der Batterieleistungen nicht benötigt wird (Fahrzeuge stehen) und somit wieder in das Stromnetz eingespeist werden können. Weitere 7% der Batteriekapazitäten stehen zeitweise über den Tag zur Verfügung und könnten zusätzlich in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Rund 11% der Batteriekapazität werden täglich für die Fahrten sowie Wiederbeladung benötigt.

¹ Somit könnten Elektrofahrzeuge einen Beitrag zum Ausgleichsenergiemarkt leisten, wobei der Beitrag sowohl eine Einspeisung in das Netz aber auch eine zusätzliche Entnahme (Aufladen von Batterien) bei kurzfristiger Mehrerzeugung (z.B. stärkere Stromerzeugung aus Windkraftwerken) sein könnte

**Abbildung 9:
Verteilung der täglichen
Batteriemengen auf Basis
des durchschnittlichen
Fahrverhaltens**

Quelle: Berechnungen PwC



Folgende Tabelle zeigt die möglichen Energiemengen, die bei Bedarf wieder in das elektrische Netz bei Nichtnutzung der Elektrofahrzeuge eingespeist werden können. Bei einer Anzahl von 20% Elektrofahrzeugen an der gesamten Anzahl von PKWs, einspurigen Fahrzeugen und leichten Nutzfahrzeugen, könnten ca. 16 TWh Strom wieder (gesichert) in das Netz eingespeist werden, das wären ca. 17% des Gesamtstromverbrauchs. Wenn man davon ausgeht, dass ca. 5-8% des Stromverbrauchs zur Regelung (Ausgleichsenergie) benötigt wird, dann könnten bereits 20% Elektrofahrzeuge einen erheblichen Anteil in diesem Bereich liefern. Bei dieser Abschätzung geht man davon aus, dass die Batterien alle einmal aufgeladen werden müssen. Da Elektrofahrzeuge jedoch nicht schlagartig ausgetauscht werden, würde es sich somit um einen kontinuierlichen Aufladevorgang handeln. Würde man die gesamten Mengen tatsächlich in das Netz einspeisen, müssten die Batterien auch wieder mit diesen Strommengen aufgeladen werden.

Zusätzlich können Elektrofahrzeuge einen Beitrag zur Versorgungssicherheit liefern. Batteriekapazitäten stehen sofort zur Verfügung und können auch im Falle von großen Stromausfällen sofort Strom wieder in das öffentliche Netz einspeisen.

Folgende Tabelle zeigt die mögliche Netzeinspeisung für 1 Jahr von Elektrofahrzeugen auf Basis des durchschnittlichen Fahrverhaltens. Unter Berücksichtigung einer durchschnittlichen Stromsteigerung von jährlich 2% ist auch der Anteil am Stromverbrauch angeführt.

jährliche Batteriekapazitäten bei 20% Elektrofahrzeugen		mögliche Netzeinspeisung		davon gesicherte Einspeisung	
		2020	2030	2020	2030
PKW	GWh	15.382	15.887	14.210	14.677
Leichte Nutzfahrzeuge	GWh	1.439	1.486	1.329	1.373
Einspurige Fahrzeuge	GWh	158	163	146	151
Summe	GWh	16.979	17.536	15.686	16.200
Anteil Stromverbrauch (+2,0%)		19,3%	16,4%	17,9%	15,1%

Tabelle 4:
Rück einspeisung von
Batteriekapazitäten in das
öffentliche Stromnetz
pro Jahr

Quelle: Berechnungen PwC

Voraussetzung für die Rück einspeisung wäre eine flächendeckende Installation von so genannten intelligenten Zählern (smart metering), die auch die Möglichkeit des ‚smart pricing‘, d.h. bei entsprechender Vergütung eine Rück einspeisung ermöglichen. Diese Zähler werden in die Ladestationen eingebaut. Im Umkehrschluss zeigt sich jedoch, dass die Verteilnetzbetreiber künftig die Stromnetze für den erhöhten Datenaustausch ausbauen müssen.

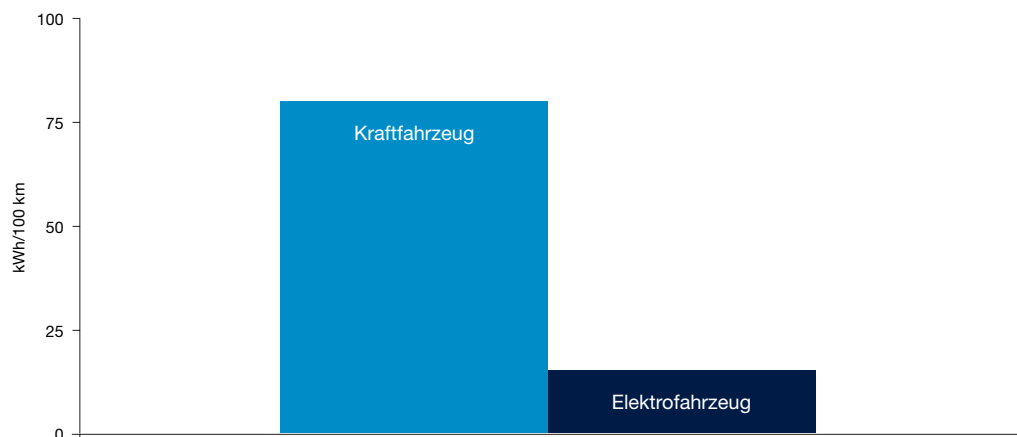
2 Benzin und Dieselverbrauch bei Kraftfahrzeugen, Stromverbrauch bei Elektrofahrzeugen

Abbildung 10:
Durchschnittlicher
Energieverbrauch von
Kraftfahrzeugen und
Elektrofahrzeugen in
kWh/100 km

Quelle: Berechnungen PwC auf Basis von Durchschnittswerten

1.6 CO2 Emissionen

Elektrofahrzeuge haben einen höheren Wirkungsgrad als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren und damit auch einen geringeren durchschnittlichen Energieverbrauch². Somit ergeben sich geringere CO2 Emissionen durch die Verwendung von Elektrofahrzeugen. Dem gegenüber entstehen durch das Aufladen der Batterien der Elektrofahrzeuge und der dafür produzierten Strommenge zusätzliche Emissionen.



Für die Ermittlung der CO2 Emissionen ist der spezifische Emissionsfaktor, d.h. wieviel g CO2 Emissionen hat 1 kWh Strom, wichtig. Die CO2 Berechnungen wurden unter folgenden Rahmenbedingungen durchgeführt:

- Berücksichtigung des geplanten Kraftwerksausbau der österreichischen Energiewirtschaft
- Erfüllung der staatlichen Vorgaben hinsichtlich Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern

Für die Berechnungen wurden die Kraftwerkspläne bis 2018, wie sie die österreichische Energiewirtschaft plant, als realisiert angenommen. Für den Zeitraum von 2018 bis 2030 wurde angenommen, dass die Potenziale an erneuerbaren Energieträgern (Wasserkraft, Wind usw.) realisiert werden. Wenn die Potenziale ausgenützt sind, wurde angenommen, dass der zusätzliche Strom importiert werden kann.

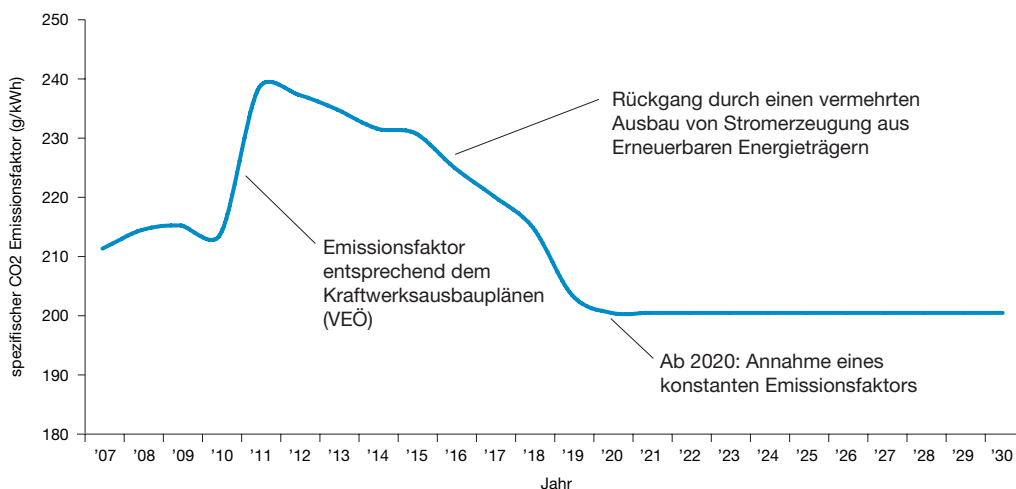
Grundsätzlich ist festzustellen, dass die künftigen Ausbaupläne der E-Wirtschaft einen großen Anteil an fossilen Kraftwerken vorsehen, sodass der spezifische Emissionsfaktor einer produzierten kWh Strom bis ca. 2018 höher als 2007 sein wird. Da die Vorgaben des derzeitigen Ökostromgesetzes eine Quote von 78% Stromproduktion aus erneuerbaren Energieträgern bis 2010 vorsieht, wurde für die Jahre bis 2030 angenommen, dass der Anteil von Ökostrom an der Gesamtstromerzeugung proportional konstant bleibt.

Für die CO₂ Emissionsberechnungen wurde ab 2020 somit ein spezifischer Emissionsfaktor von 200 g/kWh ermittelt. In diesem Emissionsfaktor ist auch ein Anteil von 5% Stromimport (entspricht dem Nettoanteil³ von Stromimporten 2007) berücksichtigt.

³ Anteil der Importe, die für die Inlandstrombedarfsdeckung notwendig sind. Der gesamte Stromimport für Österreich im Jahr 2007 lag über diesem Prozentsatz, da ein Teil auch exportiert wurde

**Abbildung 11:
Spezifischer Emissionsfaktor des produzierten elektrischen Stromes**

Quelle: Daten VEÖ,
Berechnungen PwC



Basierend auf diesen Emissionsfaktoren für die Stromerzeugung wurden die Gesamteinsparungen berechnet. Die Emissionen für den untersuchten Verkehrssektor (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, einspurige Fahrzeuge) ohne Elektrofahrzeuge zeigt folgende Tabelle⁴, wobei die Annahme getroffen wurde, dass die konventionellen Motoren bis 2030 keine Effizienzverbesserung hinsichtlich CO₂ Emissionen erfahren. Dies begründet sich damit, dass die Motoren zwar effizienter werden umgekehrt jedoch immer leistungsstärker.

⁴ Beim Vergleich der CO₂ Emissionen im Verkehr ist hier zu beachten, dass nur die CO₂ Emissionen von PKW, leichten Nutzfahrzeugen und einspurigen Fahrzeugen als Basis dient.

Tabelle 5:
CO2 Emissionen für den
untersuchten Verkehrssektor
ohne Elektrofahrzeuge und
nach Einführung von 20%
Elektrofahrzeugen

Quelle: Berechnungen PwC

CO2 Emissionen			
ohne Elektrofahrzeuge	CO2	2020	2030
Einspurige Fahrzeuge	Mio t	0,19	0,19
Leichte Nutzfahrzeuge	Mio t	1,27	1,31
PKW	Mio t	11,14	11,51
Summe CO2 (ohne Elektrofahrzeuge)	Mio t	12,60	13,02
mit Elektrofahrzeugen		20%	20%
Einspurige Fahrzeuge	Mio t	0,15	0,15
Leichte Nutzfahrzeuge	Mio t	1,02	1,05
PKW	Mio t	8,91	9,20
Summe CO2 (mit Elektrofahrzeugen)	Mio t	10,08	10,41
Einsparung durch Umstieg	Mio t	2,52	2,60
Batterie laden	Mio t	(0,53)	(0,55)
Gesamteinsparung	Mio t	1,99	2,06
CO2 Einsparung mit Elektrofahrzeugen		16%	16%

Berücksichtigt man die Strommengen, die man zum Aufladen der Batterien benötigt, mit einem durchschnittlichen Strommix, so zeigt sich, dass die Gesamtemissionen des untersuchten Sektors um 15% gesenkt werden können.

1.7 Volkswirtschaftliche Auswirkungen

Die volkswirtschaftlichen Auswirkungen wurden in Form einer vereinfachten Kosten-Nutzen Analyse⁵ durchgeführt und in folgende Bereiche untergliedert:

- Staatsausgaben – Auswirkungen durch Steuerverschiebungen
- Staat und Importe – Auswirkungen durch Steuerverschiebungen sowie Kosten für Erdölimporte
- Investitionen und Konsum – Auswirkungen auf Veränderungen im Stromverbrauch und Ölverbrauch (Konsum) sowie Investitionen (Kraftwerke, Netze, Ladestationen)

⁵ Im Gegensatz zu einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse wurde hier versucht den Nutzen in Geldeinheiten monetär zu bewerten

Dabei wurden folgende Bereiche untersucht:

- **Steuermehreinnahmen** – Mehreinnahmen von UST und Energieabgabe durch erhöhten Verkauf bzw. Netznutzung (Konsum) von Strom
- **Geringere Treibstoffabgaben** – Mineralölunternehmen verkaufen nach Einführung von Elektrofahrzeugen weniger Benzin und Diesel. Das Erdöl für diese Produkte muss importiert werden. Nach einer Einführung von Elektrofahrzeugen reduzieren sich die Importe und der Volkswirtschaft steht somit mehr Kapital für Investitionen oder Konsum zur Verfügung.
- **CO2 Emissionen** – Einsparungen durch geringere CO2-Emissionen und den damit verbundenen Vermeidungskosten. Die Emissionen (t CO2) wurden mit den Marktpreisen, basierend auf den Handelswerten von CO2 auf der europäischen Energiebörse EEX, bewertet. Die CO2 Emissionen wurden dem Bereich Staat zugeordnet, da dieser die CO2 Vermeidungskosten für den Bereich Verkehr trägt.
- **Mehreinnahmen** aus dem zusätzlichen Stromverkauf und die zusätzliche Netznutzung – Es wird die Annahme getroffen, dass der gesamte Ladestrom aus dem öffentlichen Netz bezogen wird, d.h. private Stromversorgungen (z.B. Solarzellen am Haus) werden hier nicht berücksichtigt. Somit wird den Berechnungen hinterlegt, dass der gesamte Strombedarf von der öffentlichen Energiewirtschaft bereitgestellt werden muss.
- **Geringere Investitionen in Kraftwerke** – Durch die Möglichkeit der Ruckeinspeisung von nicht genutzten Batteriekapazitäten ist ein reduzierter Ausbau von Kraftwerken möglich. Es wird die Annahme getroffen, dass 25% der ungenutzten Batteriekapazitäten wieder Strom in das Netz einspeisen und damit zu einem geringeren Ausbau Kraftwerken⁶ führen.
- **Mindereinnahmen UST, Mindereinnahmen MöST** – Durch eine geringere Abgabe von Benzin und Diesel reduziert sich das entsprechende Steueraufkommen. Es wird unterstellt, dass sich die Steuersätze und Steuerbasis nicht ändern.
- **Investitionen in Ladestationen** – Notwendiger Ausbau von Batterieladestationen, wobei durchschnittliche, spezifische Investitionskosten herangezogen wurden. Es wurde auch angenommen, dass Ladestationen zu Hause die gleichen Investitionskosten verursachen wie neue Ladestationen auf Parkplätzen oder Tankstellen. Die Investitionskosten beinhalten auch durchschnittliche Kosten für Grabungsarbeiten.

⁶ Insbesondere Speicherkraftwerken

NoVA und motorbezogene Versicherungssteuer wurden nicht berücksichtigt, da die Annahme getroffen wurde, dass nach einer signifikanten Einföhrungsrate von Elektrofahrzeugen ebenso für Elektrofahrzeuge NoVA und motorbezogene Versicherungssteuer zu zahlen ist und somit steuerneutral ist.

Weiters wurden keine Beschäftigungseffekte berücksichtigt, wobei es auf der einen Seite im Strommarkt durch die Verbesserung der Verteilnetze und künftigen Mehraufwand von Datenverarbeitung zu einem positiven Beschäftigungseffekt käme, auf der Seite der Mineralölwirtschaft aufgrund geringerer Raffineriekapazitäten es zu einem negativen Beschäftigungseffekt käme. Im Bereich der Tankstellen wäre der Effekt neutral, da schwere Nutzfahrzeuge weiterhin als Umsatzbringer erhalten bleiben und Tankstellen auch elektrische Energie (in Form von Batteriewechselsätze oder über Ladestationen) verkaufen würden.

Tabelle 6:
Volkswirtschaftliche Kosten-
Nutzen Analyse

Kosten-Nutzen Analyse	20% Elektrofahrzeuge	
Mehreinnahmen in TEUR	2020	2030
Steuermehreinnahmen	95.352	118.720
verminderte Ausgaben für Ölimporte	739.158	1.007.499
CO2 Einsparung	73.651	132.826
Summe Staat/Importe	908.161	1.259.045
Stromverbrauch (Konsum)	349.527	427.280
geringere Investitionen in Kraftwerke	1.053.597	1.088.155
Summe Investitionen/Konsum	1.403.124	1.515.435
Summe volkswirtschaftliche Mehreinnahmen	2.311.285	2.774.480
Mindereinnahmen in TEUR	2020	2030
Mindereinnahmen UST Treibstoff	272.335	371.203
Mindereinnahmen MöST, Treibstoff	622.519	848.516
Summe Staat/Importe	894.854	1.219.719
höhere Investitionen in Ladestationen	111.000	111.000
Summe Investitionen/Konsum	111.000	111.000
Summe volkswirtschaftliche Kosten	1.005.854	1.330.719
Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung	1.305.430	1.443.762
Anteil Steuern und Abgaben	13.307	39.326
Anteil Konsum/Investitionen	1.292.124	1.404.435

Es zeigen sich deutliche Verschiebungen im Steuerbereich, einer Reduktion der Importabhängigkeit von Erdöl und somit freies Kapital für Investitionen und Konsum, sowie auch deutliche Mehreinnahmen durch zusätzlichen Stromverkauf. Durch die Möglichkeit der Rückeinspeisung von nicht genutzten Batteriekapazitäten (parkende Elektrofahrzeuge) wäre ein reduzierter Ausbau von Kraftwerken (geringere Investitionen) möglich.

Das Ergebnis der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung zeigt, dass insgesamt ein positiver Effekt eintritt, wobei die Auswirkungen auf den Staatshaushalt in etwa neutral sind, für den Bereich Konsum aber auch Investitionen jedoch eine deutlich positiver Effekt von rd. 1,3 Mrd. EUR zu erwarten ist.

1.8 Möglicher Beitrag zu den Energieeffizienzzielen

Die EU-Richtlinie 2006/32/EG (Energy Service Directive – ESD) schreibt eine Steigerung der Energieeffizienz von 9% als Zwischenziel bis 31.12.2016 vor und insgesamt eine Einsparung von 20% an Primärenergieträgern bis 2020. Für Österreich beträgt dieses Ziel bis 2016 eine nachweisliche Energieeinsparung von 80.400 TJ (22.333 GWh) gegenüber einem Referenzszenario, wobei diese Einsparung im nationale Allokationsplan für Energieeffizienz ermittelt wurde (Quelle: EEAP, BMWA, 2007)

Folgende Tabelle stellt die Ergebnisse zur Untersuchung des möglichen Beitrags zu den Energieeffizienzzielen dar:

Benzin- und Dieserverbrauch (GWh)	20%	
	2020	2030
PKW Benzin	4.882	5.042
PKW Diesel	5.272	5.445
Einspurige Fahrzeuge	181	187
Leichte Nutzfahrzeuge	688	710
Total	11.023	11.384

Stromverbrauch Elektrofahrzeuge (GWh)	20%	
	20%	20%
PKW	2.400	2.478
Leichte Nutzfahrzeuge	224	232
Einspurige Fahrzeuge	25	25
Summe Elektrofahrzeuge	2.649	2.736
Einsparung	8.374	8.649
Anteil an Energieeffizienzvorgaben	37%	39%

Tabelle 7:
Beitrag der Elektrofahrzeuge
zu den Energieeffizienzzielen

Quelle: Berechnungen PwC

Das Ergebnis zeigt, dass bei einer Umstellung von 20% Elektrofahrzeugen (ca. 1 Mio Fahrzeuge) der Anteil an den Energieeffizienzzielen (22,3 TWh) bei 8,4 TWh (37%) liegt, wobei dies bei einem volkswirtschaftlichen Nettoeffekt von ca. 1,3 Mrd EUR erreicht werden kann.

2 Anhang

2.1 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anteil der Kilometer pro Fahrtzweck, 2007, Berechnung PwC	5
Tabelle 2: Anzahl der Fahrzeuge sowie Summe der gefahrenen km für 2007 und 2020 (Quelle: Statistik Austria, Berechnungen PwC)	6
Tabelle 3: Batterielademengen für 2020 und 2030 bei 20% Elektrofahrzeugen (Quelle: PwC Berechnungen)	9
Tabelle 4: Rückeinspeisung von Batteriekapazitäten in das öffentliche Stromnetz pro Jahr (Quelle: Berechnungen PwC)	15
Tabelle 5: CO2 Emissionen für den untersuchten Verkehrssektor ohne Elektrofahrzeuge und nach Einführung von 20% Elektrofahrzeugen (Quelle: Berechnungen PwC)	18
Tabelle 6: Volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen Analyse	20
Tabelle 7: Beitrag der Elektrofahrzeuge zu den Energieeffizienzzielen (Quelle: Berechnungen PwC)	21

2.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anteil der Kilometer pro Fahrtzweck, 2007 (Quelle: Herry Consult)	7
Abbildung 2: 24h Fahrtprofile für die einzelnen Fahrtzwecke, (Quelle: Herry Consult)	7
Abbildung 3: Kumuliertes 24h Fahrtprofil (Quelle: Herry Consult)	8
Abbildung 4: Typischer Tagesverlauf des Stromverbrauchs (Lastprofil) für Sommer und Winter (Quelle: E-Control)	10
Abbildung 5: Gesamtladekurve für einen Tag (24 h-Verlauf) bei 20% Elektrofahrzeugen	11
Abbildung 6: Gesamtstromverbrauchsprofil inkl. Ladeenergien für einen typischen Sommertag (20% Elektrofahrzeuge, 2% Stromverbrauchssteigerung), (Quelle: E-Control mit Berechnungen von PwC)	12
Abbildung 7: Gesamtstromverbrauchsprofil inkl. Ladeenergien für einen typischen Wintertag (20% Elektrofahrzeuge, 2% Stromverbrauchssteigerung), (Quelle: E-Control mit Berechnungen PwC)	12
Abbildung 8: V2G Konzept	13
Abbildung 9: Verteilung der täglichen Batteriemengen auf Basis des durchschnittlichen Fahrverhaltens (Quelle: Berechnungen PwC)	14
Abbildung 10: Durchschnittlicher Energieverbrauch von Kraftfahrzeugen und Elektrofahr- zeugen in kWh/100 km (Quelle: Berechnungen PwC auf Basis von Durchschnittswerten)	16
Abbildung 11: Spezifischer Emissionsfaktor des produzierten elektrischen Stromes (Quelle: Daten VEÖ, Berechnungen PwC)	17

2.3 Abkürzungsverzeichnis

HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs
kWh	Kilowattstunden
MWh	Megawattstunde
GWh	Gigawattstunde
J	Joule
t	Tonne
EUR	Euro
USD	Amerikanischer Dollar
EF	Emissionsfaktor
PKW	Personenkraftwagen
CAPEX	Capital expenditures, Kapitalkosten, Investitionsaufwand
CAGR	compound annual growth rate, durchschnittliche Wachstumsrate
EV	Electric Vehicle
PEV	Pure Electric Vehicle
HEV	Hybrid Electric Vehicle
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle
Li-Ion	Lithium-Ionen Batterien
NiCd	Nickel Cadmium Batterien
NiMh	Nickel Metall Hybrid Batterien
Pb	Bleibatterien
ERG	Electric Recharge Grid
OEM	Original Equipment Manufacturer, Originalausrüstungshersteller
V2G	Vehicle-to-Grid Konzept, Stromeinspeisung von nicht genutzten Elektrofahrzeugen in das öffentliche Netz
WtW	Well-to-Wheels, Analyse der CO2 Emissionen von der Förderung (well) bis zum Fahren (Wheels)
UST	Umsatzsteuer
MöST	Mineralölsteuer
NoVA	Normverbrauchsabgabe
UCTE	Westeuropäische Stromverbundnetz

2.4 Quellenverzeichnis

ARB, 2007: Independent Expert Panel.

Biomasse Verband, 2008: EU Richtlinie für erneuerbare Energien – Konsequenzen für Österreich, <http://www.biomasseverband.at/biomasse/?cid=1576>).

BMF, 2008: Budget 2007/2008, Zahlen-Hintergründe-Zusammenhänge, https://www.bmf.gv.at/Budget/Budget20072008/Zahlen_Hintergruende_Zusammenfassung.pdf.

BMLFUW, 2008: klimafreundlich mobil – Ideen für den Verkehr der Zukunft.

BMVIT, 2007: Verkehr in Zahlen – Ausgabe 2007, <http://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/downloads/viz07gesamt.pdf>.

DEET, 2008: Comparison of electricity generation costs.

EEAP – Energy Efficiency Allocation Plan, BMWA, 2007

E-Control, 2008: Haushaltsstrompreisentwicklung in den Netzbereichen, http://www.e-control.at/portal/page/portal/ECONTROL_HOME/STROM/STROMPREISE/ENDVERBRAUCHERPREISE/Tab1_dt.xls.

E-Control, 2008: Öffentliches Netz – Kalenderjahr 2007

http://www.econtrol.at/portal/page/portal/ECONTROL_HOME/STROM/ZAHLENDATENFAKTEN/ENERGIESTATISTIK/Archiv/Betriebsstatistik2007/files/2007_OeffBil.xls).

E-Control, 2008: Täglicher Belastungsablauf

http://www.e-control.at/portal/page/portal/ECONTRericht_OL_HOME/STROM/ZAHLENDATENFAKTEN/ENERGIESTATISTIK/Archiv/Betriebsstatistik2007/belab.

E-Control, 2008: Ökostrom – Bericht der Energie-Control GmbH, Oktober 2008

EEX, 2008: Futurepreise, <http://www.eex.com/de/Marktdaten/Handelsdaten/Strom/Phelix%20Futures%20%7C%20Terminmarkt>.

E-Control, 2008: Ökostrombericht, http://www.e-control.at/portal/page/portal/ECONTROL_HOME/OKO/DOWNLOADS/BERICHTE/OEKOSTROMBERICHT/ECG-Oekostrombericht_ENDVERSION_Final%20Document_2008-10-2.pdf.

EIU, 2008: Austria Five-year Forecast, Ölpreis Brent.

EWI, 2008: Auswirkungen der Emissionshandelsrichtlinie gemäß EU-Kommissionsvorschlag vom 23.01.2008 auf die deutsche Elektrizitätswirtschaft.

HBEFA - Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs, 2008: Emissionsfaktoren Verkehr, <http://www.hbefa.net/Tools/DE/MainSite.asp>.

Herry Consult, 2008: telefonische Auskünfte.

Heuer, Steffan: Rollende Kraftwerke; Fokus Automobil 2010; 2004, <http://www.udel.edu/V2G/docs/Heuer-TechReviewV2G-04.pdf>

IEA, 2005: Projected costs of generating electricity, 2005 Update, <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2005/ElecCost.pdf>.

PwC Deutschland, 2008: Automotive Institute.

Schluchter, Christian: Die Idee des Vehicle to grid (V2G); Eidgenössische Technische Hochschule Zürich; Zürich, 2007, http://www.eeh.ee.ethz.ch/uploads/tx_ethpublications/pps_07_schluchter.pdf

Speicher, Christian: Speicherkraftwerke auf Rädern; Wissenschaft NZZ Online; 29. 10. 2008, http://www.nzz.ch/nachrichten/forschung_und_technik/speicherkraftwerke_auf_raedern_1.1185551.html

Statistik Austria, 2007: Ergebnisse Kfz-Bestand 2007 – Tabelle 3: PKW-Bestand 1960 bis 2007 nach Antriebsarten, http://www.statistik.at/web_de/static/kfz-bestand_2007_030435.pdf.

Statistik Austria, 2007: Vorausberechnete Bevölkerungsstruktur für Österreich 2007-2075 laut Hauptszenario, http://www.statistik.at/web_de/static/ergebnisse_im_ueberblick_bevoelkerungsprognose_-_oesterreich_027308.pdf.

Statistik Austria, 2000: Energieeinsatz der Haushalte (Mikrozensus 1999/2000) – Fahrleistungen und Treibstoffeinsatz privater Pkw – Ergebnisse für Österreich, http://www.statistik.at/web_de/static/fahrleistungen_und_treibstoffeinsatz_privater_pkw_nach_bundeslaendern_mikr_022697.pdf.

Statistik Austria, 2004: Energieeinsatz der Haushalte (Mikrozensus 2004) – Fahrleistungen und Treibstoffeinsatz privater PKW, http://www.statistik.at/web_de/static/fahrleistungen_und_treibstoffeinsatz_privater_pkw_mikrozensus_2004_022681.pdf.

Statistik Austria, 2007: Ergebnisse Kfz-Bestand 2007 – Tabelle 1: Kfz-Bestand 2007 nach Fahrzeugarten, http://www.statistik.at/web_de/static/kfz-bestand_2007_030435.pdf.

Statistik Austria, 2007: Jahresdurchschnittspreise und –steuern für die wichtigsten Energieträger 2007, http://www.statistik.at/web_de/static/jahresdurchschnittspreise_und_-steuern_2007_fuer_die_wichtigsten_energietr_030493.xls.

Statistik Austria, 2008: Dauersiedlungsraum der Bundesländer , Gebietsstand 2008, http://www.statistik.at/web_de/static/dauersiedlungsraum_der_bundeslaender_gebietsstand_2008_031190.xls, Gemeindefliste sortiert nach Gemeindekennziffer, Gebietsstand 2008, http://www.statistik.at/web_de/static/gemeinden_sortiert_nach_gemeindekennziffer_mit_status_und_postleitzahlen_x_022955.xls, Dauersiedlungsraum, Gebietsstand 2008, http://www.statistik.at/web_de/static/dauersiedlungsraum_der_gemeinden_gebietsstand_2008_031188.xls.

VEÖ, 2008: Sonderbeilage „Hoffnung Wasserkraft“.

Windtner, 2008: „energy“ 2-3/08, Zeitschrift der österreichischen Energieagentur.

Der öffentliche Sektor, Ewald Nowotny, 4. Auflage, Heidelberg 1999

Ihre Ansprechpartner bei PricewaterhouseCoopers

Ihre Ansprechpartner zur Studie

Bernhard Haider
Partner
Tel. +43 1 501 88 2900
bernhard.haider@at.pwc.com

Erwin Smole
Director
Tel. +43 1 501 88 2928
erwin.smole@at.pwc.com

