



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Optimierung der Energieversorgung im Straßenverkehr“

verfasst von / submitted by

Daniel Ďurkovič

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien, 2018 / Vienna 2018

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 066 915

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Betriebswirtschaft

Betreut von / Supervisor:

ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Andreas Novak

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe.

Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

Wien, am 25. November 2018

(Daniel Ďurkovič)

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung.....	I
Inhaltsverzeichnis.....	III
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
1 Einleitung	10
2 Globale Energieversorgung und Kohlendioxidemissionen	12
3 CO ₂ -Reduzierung	22
3.1 Was ist eigentlich Kohlendioxid.....	22
3.2 Arten von CO ₂ -Reduzierung	23
3.3 Kosten von CO ₂ -Reduzierung	23
3.3.1 Minimierung der Emissionen an der Quelle	23
3.3.2 CO ₂ aus der Atmosphäre ziehen.....	27
3.3.3 Aufforstung	30
3.3.4 Kostenanalyse	30
4 Automarktübersicht, CO ₂ -Emissionenübersicht, Indikatoren und Regression Analysen.....	36
4.1 Automarktübersicht	36
4.2 Die Komödie der Statistiken	40
4.3 Auswirkungen der energetischen Politik auf Staatsfinanzen	41
4.4 Analyse der Kraftstoffpreise	42
4.5 Fallstudie Dänemark	44
4.6 Fallstudie Norwegen	50
4.7 Regressionsanalyse Neuzulassungen	53
5 Schlussfolgerung	71
6 Quellenverzeichnis	72
6.1 Berichte	72
6.2 Online Quellen	73
7. Anhang	77
7.1 Abstract (Deutsch).....	77
7.2 Abstract (English)	78

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Steigerung der globalen Temperatur und CO ₂ -Emissionen.....	14
Abbildung 2: Globale Treibhausgasemissionen nach Gas.....	15
Abbildung 3: Globale Treibhausgasemissionen nach Wirtschaftssektoren.....	16
Abbildung 4: Globale CO ₂ -Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger und bei einigen industriellen Prozessen.....	17
Abbildung 5: Quellen von Treibhausgasemissionen in den USA.....	18
Abbildung 6: Treibhausgasemissionen, Analyse nach Quellsektor, EU-28, 1990 und 2016 (% von Gesamt).....	18
Abbildung 7: Vergleich von CO ₂ -Emissionen der Verkehrsträger.....	30
Abbildung 8: Anstieg im Verkauf von Elektrofahrzeugen.....	45
Abbildung 9: Einbruch der Umsätze nach dem Wegfall der Subventionen in Dänemark.....	46
Abbildung 10: Tesla-Verkauf in Dänemark.....	47
Abbildung 11: Marktkapitalisierung von BMW, General Motors, Ford und Tesla im Vergleich.....	50
Abbildung 12:... Marktkapitalisierung pro Auto 2016	51

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verbrauch von Primärenergie.....	19
Tabelle 2: Verbrauch von Primärenergie nach Kraftstoff.....	20
Tabelle 3: Kohlendioxidemissionen nach Verkehrstransport, 1990–2016 (in Millionen Tonnen Kohlendioxidäquivalent).....	22
Tabelle 4: LCOE Deutschland.....	25
Tabelle 5: LCOE Großbritannien.....	26
Tabelle 6: LCOE USA.....	26
Tabelle 7: Vergleich vom Kaufpreis, Cent/km und Reichweite bei ausgewählten Fahrzeugen	34
Tabelle 8: Verbrauchsunterschied bei ausgewählten Elektrofahrzeugen.....	35
Tabelle 9: Energiedichte der ausgewählten Energieträger	39
Tabelle 10: Preisvergleich von VW Golf und e-Golf in ausgewählten Ländern.....	52
Tabelle 11: Daten für die Regression.....	55
Tabelle 12: Emissionen nach Treibstoff.....	65
Tabelle 13: Emissionen pro 1\$ BIP.....	65
Tabelle 14: Emissionen pro Jahr	67
Tabelle 15: Emissionen nach Treibstoff	68
Tabelle 16: Neuzulassungen - EU15.....	69

Abkürzungsverzeichnis

BIP = Bruttoinlandsprodukt

CCS = carbon dioxide capture and storage, CO₂-Abscheidung und -Speicherung
(Fachbegriff: CO₂-Sequestrierung)

CCS = Carbon Capture and Storage

CO₂ = Kohlendioxid

ct/kWh = Cents pro Kilowattstunde

EPA = US. Environmental Protection Agency

E_t = electrical energy generated in the year t / Gewonnener Strom

EU = Europäische Union

F_t = fuel expenditures in the year t / Kraftstoffkosten pro Jahr

Gtoe = Äquivalent in Gigatonnen

GuD = Gas-und-Dampf

GW = Gigawatt

I_t = investment expenditures in the year t / Investitionskosten pro Jahr

LCOE = levelized cost of electricity

LKW = Lastkraftwagen

Mio. = Million

M_t = operations and maintenance expenditures in the year t / Betriebskosten pro Jahr

MWh = Megawattstunde

n = number of years of the energysource's lifetime / Lebenszyklus des Kraftwerks

P_{Benzin} = Preis je Liter Benzin

P_{Diesel} = Preis je Liter Diesel

PKW = Personenkraftwagen

P_{kWh} = Preis pro Kilowattstunde

PtG = Power-to-Gas-Anlagen

PtL = Power-to-Liquid-Anlagen

r = discount rate / Zinsrate

S = Steuersatz

S_v = Subvention

toe = Äquivalent in Tonnen Öl

USA = Vereinigte Staaten von Amerika

V = Verbrauch in Litern pro 100km

V = Verbrauch in Litern pro 100km

1 Einleitung

Die Absicht dieser Arbeit ist, dem Leser die zukünftige Umwandlung von Antriebsformen beim Straßenverkehrsmitteln näher zu bringen. Die künftigen Sozialprozesse treiben eine Revolution in der Automobilindustrie an, deren Abkommen zum Ende einer ganzen Ära des Automobilismus, wie wir es heute kennen, führen könnte.

Es liegt an der Umwandlung des Kraftkonzepts. Die Kraft soll nicht mehr durch den Brennprozess des Rohstoffes erzeugt werden. Stattdessen soll sie als Strom in Batterien gepumpt werden. Das Ziel ist es, CO₂-Emissionen auf Null zu bringen. Die Arbeit konzentriert sich auf den Ablauf der Revolution und die Erfüllung der Erwartungen im Straßenverkehr.

Wir haben uns entschieden, die energetische Revolution in der Automobilindustrie und die Energieerzeugung aufzunehmen. Dennoch wird die effizienteste und klimaneutralste Weise der Energieerzeugung aufgrund des Angstfaktors – die Kernenergie - abgeschafft. Die Mittel des Verkehrs, die am meisten Energie verbrauchen, bleiben unreguliert, während die Regulationen in der Automobilindustrie, die die Elektromobilität gewältig durchsetzen solle, drohen, sie zu scheitern. Es wird nichts gegen die Plünderung der Regenwälder unternommen. Generell sind nur wenige Schritte in die Richtung der Erhaltung von Vegetation unternommen worden. Beton und Plantagenbau dominieren überall. Wenn es um die steigende Temperatur in den Städten geht, ist ein Baum mit einer 36 kW starken Klimaanlage vergleichbar. Die Erde und Gras speichern Wasser. Jedes Gebäude, jede Straße oder Parkplätze behindern die Effektivität des Wasserkreislaufs in der Natur. Die durchschnittliche Temperatur in der freien Natur ist niedriger als in den Städten. Dieser Unterschied wächst mit der steigenden Temperatur. Wir sind von wirtschaftlichem Wachstum abhängig, aber das Gleichgewicht mit der Natur muss hergestellt werden. Die grünen Elemente, die die natürliche Nachhaltigkeit gewährleisten helfen, sollen in Urbanismus, Industrie und Landwirtschaft eingeführt werden. Eine Straße mit Bäumen leistet einen besseren Dienst zur Reduzierung der CO₂-Emissionen und der Temperatur als der Zwang zur Elektromobilität. Die Frage, die ich mir also gestellt habe, ist die: In die

Umwandlung welchen Verkehrsmittels sollte man optimalerweise investieren um die Kosten und Emissionen zu minimieren?

Die Analyse von Erzeugungsarten der Energie wird mithilfe des BP World Energy Reports ausarbeitet, deren Anteil am Straßenverkehr, ihre Kosten und Emissionen findet man in der Tabelle der EPA. Sie bilden die Realität in den USA ab. Es ist das einzige Land, das über diese Dateien einen detaillierten Bericht erstellt. Die Situation in anderen Ländern wird anhand der verfügbaren Teilinformationen abgeschätzt.

2 Globale Energieversorgung und Kohlendioxidemissionen

In diesem Kapitel wird dargestellt wie viel Energie in der Welt verbraucht wird. Für das Verständnis der Arbeit ist es notwendig, zentrale Begriffe aus dem Bereich Energieversorgung und Energieverbrauch zu erläutern. Dabei stellt sich auch die Frage, mit welchem Anteil der Straßenverkehr an dem globalen Energieverbrauch beteiligt ist.

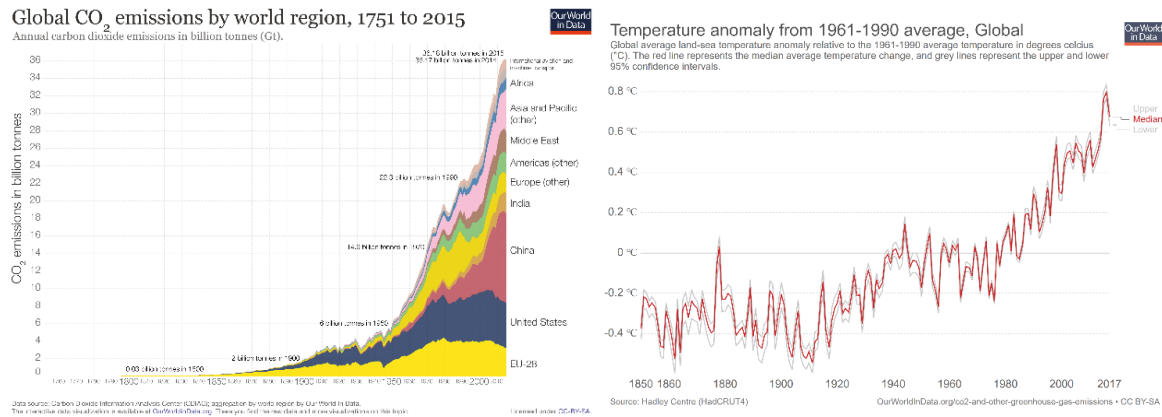
Der Weltenergieverbrauch im Jahr 2017 stellte 135.112,6 Mio. toe (Äquivalent in Tonnen Öl – aus englischem „tons of oil equivalent“) dar.¹ Eine toe = 11, 63 MWh, d.h. der Weltenergieverbrauch von 135.112,6 Mio. toe = 1.571.359.538.000 MWh. Das ist so viel, wie 1.100.000.000.000 Bugatti Chiron unter vollem Gas eine Stunde lang unterwegs verbraucht würden.

Bei dem Weltenergieverbrauch 2017 handelt es sich um einen Anstieg von 2,2% im Vergleich zum vorherigen Jahr.² Die Energieerzeugung besteht zu ca. 85% aus Erdöl (4621,9 toe), Erdgas (3156,0 toe) und Kohle (3731,5 toe). Den Rest stellen Kernenergie (596,4 toe), Hydroenergie (918,6 toe) und Erneuerbare Energiequellen (486,8 toe) dar. Für diesen Anstieg waren meistens Erdgas und Erneuerbare Energien verantwortlich. Die Herausforderung beim Energieverbrauch ist, die Emissionen zu reduzieren, mit außerordentlicher Bedeutung an Reduzierung von CO₂-Emissionen. Heute glaubt man, dass die Kohlendioxide und Kohlenwasserstoffe, genauer CO₂ und CH₄, die globale Erwärmung der Atmosphäre verursachen. In dieser Arbeit wird nicht diskutiert, ob es auch so ist oder nicht und es wird auf die Argumente Pro und Kontra und deren Bewertung vollkommen verzichtet. Es ist nur zu andeuten, dass es keinen entscheidenden wirtschaftlichen Beweis für diese Behauptung gibt. Es existiert jedoch eine Korrelation zwischen der Steigerung der globalen Temperatur und CO₂-Emissionen seit dem Jahr 1850 oder seit dem Anfang der industriellen Revolution. Die Steigerung der globalen Temperatur und CO₂-Emissionen ist in der Abbildung 1 dargestellt.

¹ Vgl. BP (2018), S. 2 f.

² Vgl. BP (2018), S. 2

Abbildung 1: Steigerung der globalen Temperatur und CO₂-Emissionen



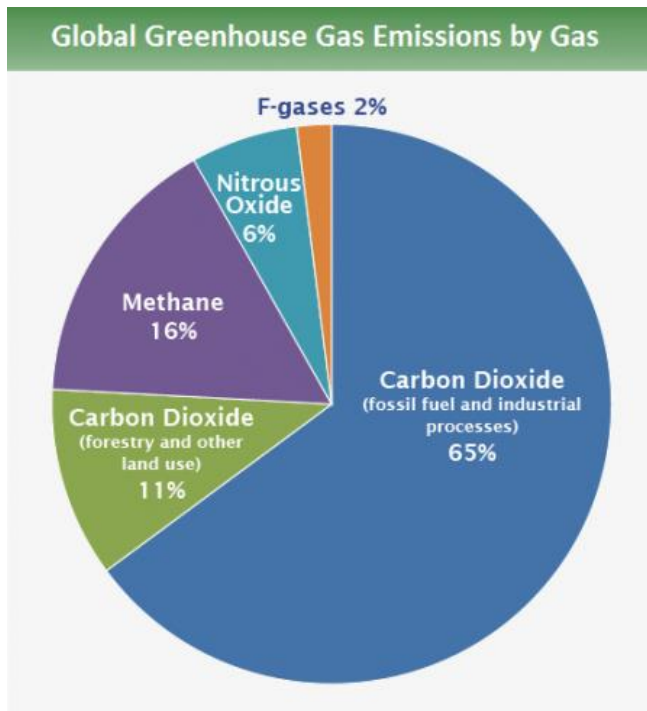
Quelle: Ritchie, H.; Roser, M. (2018): *CO₂ and other Greenhouse Gas Emissions*. [Zugriff am 15.9.2018]

Die Arbeit widmet sich, abgesehen von der Ursache der globalen Erwärmung, dem Umstieg von CO₂-emittierenden zu klimaneutralen Energieerzeugungsquellen im Straßenverkehr. Ziel der Arbeit ist der Versuch einer Beurteilung, ob die Art der energetischen Revolution im Straßenverkehr aus ökonomischer Sicht optimal ist.

Weltweit wurden im Jahre 2016 53,526 Gt_{oe} = 53.526.302.828 (ton of CO₂ equivalent) aus Treibhausgasen emittiert. Deren Verteilung findet man in der folgenden Abbildung 2. Die Emissionen der Kohlendioxide gleichen ca. 36,79 Gt_{oe}, das entspricht einem Anstieg von 2,2 im Jahr 2016 nach 3 Jahren Stillstand.³ Das Kohlendioxid beträgt 76 Prozent der globalen Treibhausgasemissionen, 65 Prozent davon kommen aus fossilen Brennstoffen und industriellen Prozessen und 11 Prozent aus der Forstwirtschaft und anderen Landnutzungen.

³ Vgl. BP (2018), S. 2 f.

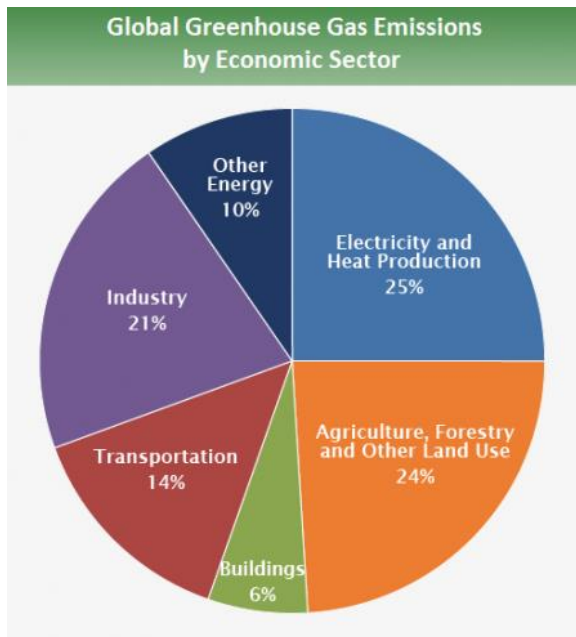
Abbildung 2: Globale Treibhausgasemissionen nach Gas



Quelle: www.epa.gov, Overview of Greenhouse Gases [Zugriff am 15.8.2018]

In der Abbildung 3 wird die Erzeugung von Treibhausgasemissionen der Welt nach Wirtschaftssektor gezeigt. Die meisten Emissionen werden in dem Sektor der Strom- und Wärmeerzeugung mit 25 Prozent und Land- und Forstwirtschaft, sowie andere Landnutzung mit 24 Prozent erzeugt. Wichtig für die Zwecke dieser Arbeit ist zu wissen, dass durch Transport 14 Prozent der Emissionen produziert werden. Die Industrie beteiligt sich mit 21 Prozent, die Gebäude und andere Energie sind an der Erzeugung mit den restlichen 16 Prozent beteiligt.

Abbildung 3: Globale Treibhausgasemissionen nach Wirtschaftssektoren



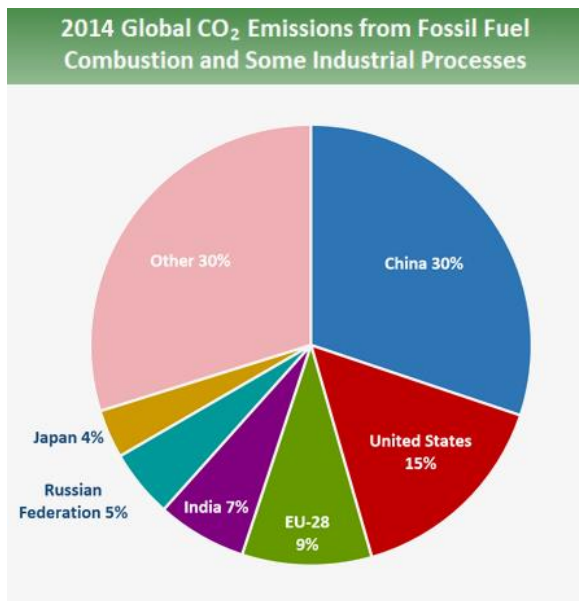
Quelle: www.epa.gov, Overview of Greenhouse Gases [Zugriff am 15.8.2018]

Wie die globale Verteilung von CO₂-Emissionen aussieht, die bei der Verbrennung fossiler Energieträger und bei einigen industriellen Prozessen produziert werden, zeigt die Abbildung 4. Aus dem Diagramm ist es klar, dass zu den größten Verschmutzer China und USA gehören.

„Die Lage scheint eindeutig: China ist der weltweit größte Klimasünder. [...] Aber ganz so einfach ist es nicht. Denn China fliegt von Platz 1, wenn man sich die Emissionen je Kopf anschaut – eine Argumentation, die auch chinesische Spitzenpolitiker gern vertreten, wenn es um ihre Verantwortung für den Klimawandel geht. Schaut man sich an, in welchem Land beziehungsweise welcher Region die Menschen pro Kopf die höchsten CO₂-Emissionen aufweisen, so landen die USA auf Platz 1 [...] Schon auf Platz 2 landet Russland, das vor allem mit einer extrem ineffizienten Industrie zu kämpfen hat. Erst dann folgt China.“⁴

⁴ Vgl. www.zeit.de, Die größten Klimasünder [Zugriff am 10.8.2018]

Abbildung 4: Globale CO₂-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger und bei einigen industriellen Prozessen

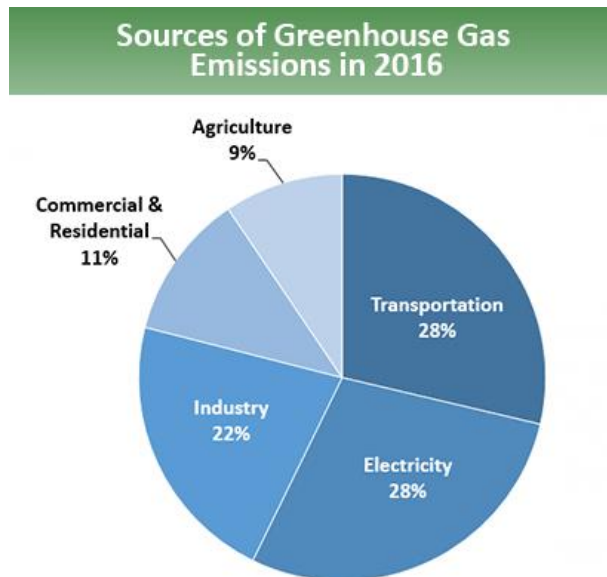


Quelle: www.epa.gov, Overview of Greenhouse Gases [Zugriff am 15.8.2018]

Am Beispiel der USA kann man darlegen, wie viele Emissionen durch Transport verursacht werden, da die USA zu den größten Verschmutzern gehören. Fast 28,5 Prozent (den größten Anteil) der Treibhausgasemissionen im Jahr 2016 wurden in USA durch Verkehr verursacht.⁵ Treibhausgasemissionen beim Transport entstehen hauptsächlich durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe für PKW, LKW, Züge, Schiffe und Flugzeuge. Über 90 Prozent von den Stoffen, die für den Transport verwendet werden, basieren auf Erdöl, dazu gehören auch Benzin und Diesel. Die folgende Abbildung 5 zeigt die Verteilung von den Ursachen der Treibhausgasemissionen in USA.

⁵ Vgl. www.epa.gov, Overview of Greenhouse Gases [Zugriff am 15.8.2018]

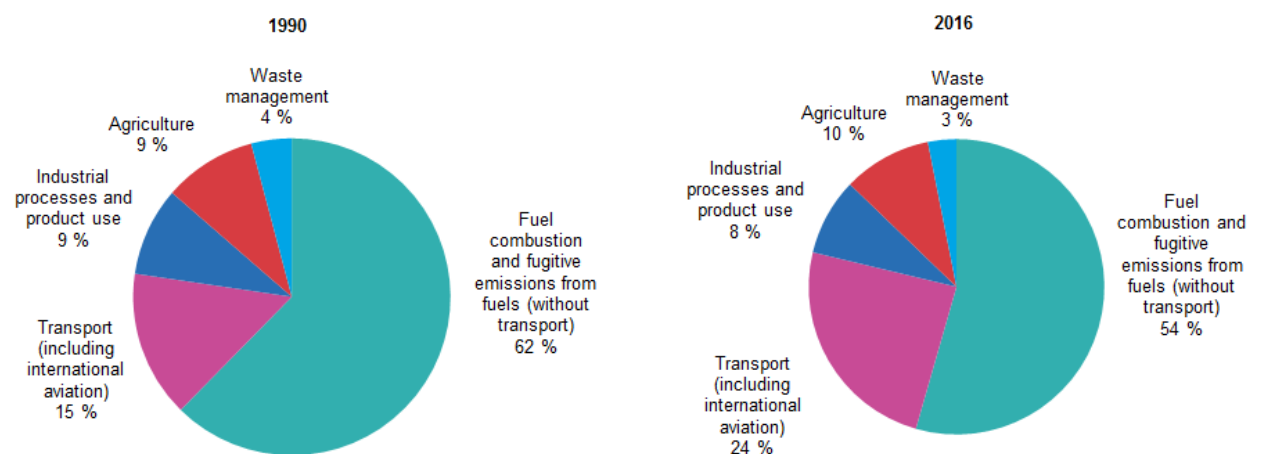
Abbildung 5: Quellen von Treibhausgasemissionen in den USA



Quelle: www.epa.gov, Overview of Greenhouse Gases [Zugriff am 15.8.2018]

Die Abbildung 6 zeigt welche Sektoren verursachen die meisten Emissionen in EU.

**Abbildung 6: Treibhausgasemissionen, Analyse nach Quellsektor, EU-28, 1990 und 2016
(% von Gesamt)**



Quelle: EUROSTAT: Greenhouse gas emissions, analysis by source sector, EU-28, 1990 and 2016 [Zugriff am 28.8.2018]

Tabelle 1: Verbrauch von Primärenergie

① Primary energy

Consumption*

Million tonnes oil equivalent	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Growth rate per annum			Share 2017
												2017	2017	2008-16	2017
US	2320.8	2267.9	2159.3	2235.6	2216.7	2161.0	2221.1	2246.2	2227.0	2228.0	2234.9	0.6%	-0.3%	16.5%	
Canada	321.4	320.7	303.7	310.5	323.2	319.9	331.5	335.4	331.1	339.0	348.7	3.2%	0.9%	2.6%	
Mexico	167.3	170.8	169.5	174.6	183.1	184.2	185.7	185.2	181.6	194.9	189.3	-2.6%	1.6%	1.4%	
Total North America	2809.5	2759.4	2632.5	2720.7	2722.9	2665.1	2738.3	2766.8	2739.7	2761.9	2772.8	0.7%	*	20.5%	
Argentina	73.3	74.7	72.6	77.4	78.9	81.2	84.5	84.6	86.4	86.6	85.9	-0.5%	2.1%	0.6%	
Brazil	229.6	240.3	238.9	263.6	276.6	283.5	294.3	301.8	299.1	293.0	294.4	0.8%	3.1%	2.2%	
Chile	32.5	32.2	31.5	31.7	34.5	35.3	35.7	35.1	35.9	37.6	38.3	2.2%	1.7%	0.3%	
Colombia	30.8	33.9	31.7	34.0	35.6	38.3	38.8	40.7	41.5	42.1	42.6	1.6%	3.2%	0.3%	
Ecuador	11.3	12.0	11.8	13.1	13.9	14.7	15.2	16.0	15.9	15.8	16.5	4.3%	4.0%	0.1%	
Peru	15.1	16.4	16.8	18.6	20.3	21.2	21.9	22.6	23.8	25.3	25.9	2.6%	6.2%	0.2%	
Trinidad & Tobago	20.5	20.1	20.7	21.7	21.6	20.6	21.1	20.5	20.3	18.2	18.1	-0.5%	-0.7%	0.1%	
Venezuela	81.8	84.8	83.5	80.5	82.8	86.4	85.4	81.1	78.8	74.3	74.2	0.2%	-0.9%	0.5%	
Other S. & Cent. America	92.2	91.4	89.3	92.0	94.6	95.2	95.2	95.4	99.3	103.9	104.7	1.0%	1.4%	0.8%	
Total S. & Cent. America	587.0	605.8	596.8	632.5	658.9	676.5	692.0	697.7	701.1	696.8	700.6	0.8%	2.1%	5.2%	
Austria	34.7	35.3	34.3	35.5	33.4	35.0	34.8	33.7	33.7	34.9	35.9	3.3%	-0.2%	0.3%	
Belgium	86.3	87.5	82.5	86.8	61.9	59.5	60.9	56.8	58.0	62.4	62.3	0.1%	-0.5%	0.5%	
Czech Republic	45.4	44.0	41.7	44.0	42.6	42.2	42.1	40.5	40.5	39.8	41.6	5.0%	-1.3%	0.3%	
Finland	32.5	31.4	29.2	31.9	29.3	28.4	28.0	27.0	27.6	28.3	27.6	-2.3%	-1.4%	0.2%	
France	260.2	261.9	248.0	256.0	247.2	247.4	250.3	240.6	242.3	238.9	237.9	-0.1%	-1.0%	1.8%	
Germany	331.9	335.5	315.0	328.7	317.0	321.3	330.7	317.2	323.3	328.2	335.1	2.4%	-0.5%	2.5%	
Greece	35.0	33.9	33.1	31.8	31.0	29.5	28.0	26.4	26.6	26.6	27.6	4.3%	-2.6%	0.2%	
Hungary	25.7	25.3	23.3	23.8	22.9	21.3	20.3	20.3	21.4	22.0	23.2	5.8%	-1.7%	0.2%	
Italy	183.4	181.5	169.6	174.9	171.0	164.6	158.0	149.1	152.2	153.8	156.0	1.8%	-1.3%	1.2%	
Netherlands	94.7	93.6	91.9	97.0	92.9	89.4	87.3	82.2	83.3	85.2	86.1	1.3%	-0.9%	0.6%	
Norway	45.9	46.8	43.7	41.9	42.8	47.8	44.8	46.3	47.0	47.3	47.5	0.5%	1.1%	0.4%	
Poland	95.7	97.4	93.9	100.1	100.6	97.6	97.9	94.3	95.3	99.5	102.1	2.9%	0.4%	0.8%	
Portugal	25.4	24.3	24.5	25.8	24.6	22.5	24.6	24.8	24.7	26.8	26.4	-1.4%	0.6%	0.2%	
Romania	38.8	38.7	33.8	34.0	34.9	33.7	31.3	32.7	32.8	32.8	33.9	3.7%	-1.9%	0.3%	
Spain	158.6	154.5	143.5	146.6	143.8	143.0	135.7	133.3	135.3	136.7	138.8	1.8%	-1.2%	1.0%	
Sweden	54.0	53.6	49.0	51.9	51.8	55.1	51.9	52.1	53.4	52.8	54.4	3.3%	*	0.4%	
Switzerland	28.9	29.9	30.0	29.2	27.7	29.3	30.2	28.9	28.3	27.3	26.4	-2.9%	-0.7%	0.2%	
Turkey	100.4	100.8	102.2	107.7	115.1	122.3	121.6	125.6	137.5	144.4	157.7	9.5%	4.4%	1.2%	
United Kingdom	223.1	219.2	206.4	213.5	202.0	204.5	203.7	192.0	194.4	192.2	191.3	-0.1%	-1.8%	1.4%	
Other Europe	161.4	163.3	154.6	160.2	156.6	149.7	152.0	147.6	151.0	155.0	157.6	2.0%	-0.5%	1.2%	
Total Europe	2041.7	2038.5	1932.1	2001.1	1949.1	1944.3	1934.0	1871.2	1908.7	1934.6	1969.5	2.1%	-0.8%	14.6%	
Azerbaijan	12.7	12.8	11.3	11.2	12.5	12.8	13.2	13.5	14.7	14.6	13.9	-4.1%	0.4%	0.1%	
Belarus	25.7	26.0	24.5	26.1	26.0	28.0	25.0	25.0	22.7	22.8	23.2	1.9%	-1.4%	0.2%	
Kazakhstan	54.1	56.4	50.8	54.9	60.5	62.7	63.5	64.4	63.1	64.5	67.4	4.8%	2.9%	0.5%	
Russian Federation	673.1	676.6	644.6	668.2	691.7	694.7	683.9	689.6	676.8	689.6	698.3	1.5%	0.3%	5.2%	
Turkmenistan	24.4	24.7	22.9	26.1	27.2	29.9	27.0	29.7	33.2	33.7	31.7	-5.6%	4.6%	0.2%	
Ukraine	134.9	133.5	113.4	121.5	126.3	123.1	115.2	101.6	84.0	86.1	81.9	-4.6%	-4.5%	0.6%	
Uzbekistan	48.4	52.0	43.4	43.9	44.8	44.4	44.0	46.5	48.4	42.8	43.0	0.8%	-0.7%	0.3%	
Other CIS	16.6	16.1	15.8	16.0	16.9	18.4	17.5	17.5	17.8	18.0	18.6	3.3%	1.5%	0.1%	
Total CIS	989.8	998.1	926.8	967.8	1006.0	1014.1	999.2	987.0	960.7	972.0	978.0	0.9%	-0.1%	7.2%	
Iran	202.6	210.4	217.7	218.8	228.6	229.9	240.6	255.1	254.1	259.8	275.4	6.3%	3.2%	2.0%	
Iraq	28.1	29.2	32.6	34.7	36.7	39.0	42.0	40.2	40.3	46.1	49.2	7.0%	5.7%	0.4%	
Israel	23.0	23.3	22.3	23.7	24.2	25.3	24.9	23.3	24.6	24.9	25.8	4.1%	1.3%	0.2%	
Kuwait	27.3	29.7	31.1	33.5	33.6	37.3	38.7	35.2	38.2	38.8	39.3	1.6%	3.3%	0.3%	
Oman	14.9	17.5	17.6	20.6	22.6	24.5	27.4	27.3	28.9	29.2	29.4	1.0%	6.9%	0.2%	
Qatar	26.3	23.3	23.4	28.3	32.3	38.1	40.4	44.1	49.6	49.9	54.1	8.7%	8.6%	0.4%	
Saudi Arabia	169.0	184.3	194.3	213.0	219.8	233.1	234.0	250.6	258.7	264.5	268.3	1.7%	5.0%	2.0%	
United Arab Emirates	70.7	81.0	79.8	83.7	88.2	92.7	97.3	97.2	106.3	109.6	108.7	-0.5%	5.5%	0.8%	
Other Middle East	56.3	58.3	58.5	58.0	64.8	51.1	49.9	50.1	47.8	46.8	46.9	0.5%	-1.5%	0.3%	
Total Middle East	618.2	657.1	677.2	714.3	740.9	771.1	795.3	823.1	848.3	869.7	897.2	3.4%	-4.1%	6.6%	
Algeria	34.4	36.4	36.6	37.6	39.9	43.6	46.2	50.4	53.0	53.0	53.2	0.6%	5.0%	0.4%	
Egypt	67.3	71.7	74.6	78.4	79.7	83.8	83.2	82.9	84.4	88.2	91.6	4.2%	3.3%	0.7%	
Morocco	14.0	15.4	15.0	16.7	17.5	17.8	18.2	18.4	18.9	19.1	19.6	2.7%	3.1%	0.1%	
South Africa	116.9	125.4	125.1	126.5	124.8	123.0	123.8	125.5	120.6	123.0	120.6	-1.6%	0.8%	0.9%	
Other Africa	114.3	119.8	120.1	127.7	123.7	131.6	139.2	147.9	152.5	154.7	164.5	6.6%	3.6%	1.2%	
Total Africa	346.9	369.7	373.4	386.9	385.6	399.8	410.6	425.1	429.4	438.0	448.5	2.9%	2.8%	3.3%	
Australia	126.7	128.9	128.2	129.2	133.5	132.0	132.9	135.1	138.0	139.5	139.4	0.2%	1.1%	1.0%	
Bangladesh	17.8	18.8	20.6	21.6	23.0	25.0	25.5	26.8	31.1	31.9	33.0	3.6%	6.5%	0.2%	
China	2150.3	2231.2	2329.5	2491.3	2690.1	2795.1	2907.0	2973.5	3009.8	3047.2	3132.2	3.1%	4.4%	23.2%	
China Hong Kong SAR	26.2	24.4	26.6	27.7	28.4	27.3	28.0	27.3	28.1	28.8	30.9	7.4%	1.6%	0.2%	
Indonesia	450.4	476.3	512.0	538.0	570.7	600.3	623.6	666.8	686.9	722.3	753.7	4.6%	5.7%	5.6%	
Japan	134.4	132.7	137.4	150.9	164.6	173.2	177.6	166.0	165.4	167.4	175.2	5.0%	2.9%	1.3%	
Malaysia	524.4	516.9	472.3	503.8	477.8	475.0	471.3	456.7	453.0	451.2	456.4	1.4%	-1.6%	3.4%	
New Zealand	77.2	80.0	77.7	81.8	82.9	89.1	93.1	93.9	95.1	97.6	99.6	2.4%	2.9%	0.7%	
Pakistan	19.3	19.5	19.4	20.0	19.8	20.0	20.2	21.1	21.3	21.7	22.1	2.2%	1.2%	0.2%	
Philippines	62.0	62.4	63.2	63.4	63.5	64.1	64.8	66.7	70.2	76.5	80.9	6.1%	2.8%	0.6%	
Singapore	27.1	28.0	28.3	29.3	29.9	30.9	33.1	34.9	38.3	40.6	43.3	6.9%	4.6%	0.3%	
South Korea	55.8	59.3	63.8	68.6	71.3	71.6	73.6	75.8	80.6	83.6	86.5	3.7%	4.9%	0.6%	
Sri Lanka	236.7	241.2	242.3	259.7	273.0	276.3	276.7	279.3	284.9	292.2	295.9	1.6%	2.5%	2.2%	
Taiwan	5.5	5.1	5.3	5.7	5.9	6.0	6.1	6.4	7.4	7.4	7.7	4.8%	3.3%	0.1%	
Thailand	111.8	108.8	104.1	110.4	110.3	110.1	111.9	114.4	112.9	114.0	115.1	1.3%	0.8%	0.9%	
Vietnam	94.2	95.5	98.8	105.0	108.1	116.7	118.7	122.1	124.9	126.9	129.7	2.5%	3.6%	1.0%	
Other Asia Pacific	31.1														

Tabelle 2: Verbrauch von Primärenergie nach Kraftstoff

Primary energy: consumption by fuel*

Million tonnes oil equivalent	2016						2017					
	Oil	Natural gas	Coal	Nuclear energy	Hydro-electricity	Renewables	Oil	Natural gas	Coal	Nuclear energy	Hydro-electricity	Renewables
US	907.6	645.1	340.6	191.9	59.7	83.1	913.3	635.8	332.1	191.7	67.1	94.8
Canada	107.0	94.1	18.9	21.8	87.6	9.6	108.6	99.5	18.6	21.9	89.8	10.3
Mexico	90.1	79.0	12.4	2.4	6.9	4.1	86.8	75.3	13.1	2.5	7.2	4.4
Total North America	1104.6	818.2	371.9	216.1	154.2	96.8	1108.6	810.7	363.8	216.1	164.1	109.5
Argentina	32.7	41.6	1.0	1.9	8.7	0.7	31.6	41.7	1.1	1.4	9.4	0.7
Brazil	135.7	32.4	15.9	3.6	86.2	19.1	135.6	33.0	16.5	3.6	83.6	22.2
Chile	18.1	5.1	7.4	–	4.5	2.5	18.3	5.2	6.7	–	5.1	3.0
Colombia	16.5	9.2	5.5	–	10.6	0.4	16.7	8.6	4.0	–	13.0	0.4
Ecuador	13.5	0.6	–	–	3.6	0.1	11.3	0.5	–	–	4.5	0.1
Peru	11.8	6.5	1.0	–	5.4	0.6	12.1	5.8	1.0	–	6.5	0.6
Trinidad & Tobago	2.2	16.0	–	–	–	1	2.2	15.9	–	–	–	1
Venezuela	26.0	33.0	0.3	–	15.0	1	24.2	32.4	0.3	–	17.4	1
Other S. & Cent. America	66.1	6.3	3.8	–	22.6	5.2	66.8	6.1	3.2	–	22.9	5.6
Total S. & Cent. America	320.8	150.6	34.9	5.5	156.4	28.6	318.8	149.1	32.7	5.0	162.3	32.6
Austria	13.3	7.1	3.0	–	9.0	2.5	13.4	7.7	3.2	–	8.8	2.8
Belgium	32.5	13.9	3.0	9.8	0.1	3.1	32.2	14.1	2.9	9.5	0.1	3.5
Czech Republic	8.6	7.0	16.6	5.5	0.5	1.7	9.8	7.2	16.0	6.4	0.4	1.7
Finland	10.0	1.7	4.4	5.3	3.6	3.3	9.7	1.6	4.1	5.1	3.3	3.7
France	79.2	38.3	8.2	91.2	13.6	8.4	79.7	38.5	9.1	90.1	11.1	9.4
Germany	117.3	73.0	75.8	19.2	4.6	38.3	119.8	77.5	71.3	17.2	4.5	44.8
Greece	15.4	3.4	4.4	–	1.3	2.1	15.5	4.1	4.9	–	0.9	2.2
Hungary	7.3	8.0	2.3	3.6	0.1	0.7	7.9	8.5	2.8	3.6	1	0.7
Italy	59.8	58.5	11.0	–	9.6	14.8	60.6	62.0	9.8	–	8.2	15.5
Netherlands	41.1	29.7	10.2	0.9	1	3.3	40.8	31.0	9.1	1.2	1	4.0
Norway	10.1	3.8	0.8	–	32.2	0.5	10.1	3.9	0.8	–	32.0	0.7
Poland	29.2	15.7	49.5	–	0.5	4.7	31.6	16.5	48.7	–	0.6	4.8
Portugal	12.0	4.4	3.2	–	3.6	3.7	12.5	5.3	3.5	–	1.3	3.7
Romania	9.9	8.9	5.3	2.6	4.1	2.0	10.0	10.2	5.7	2.6	3.2	2.2
Spain	64.2	25.0	10.5	13.3	8.2	15.4	64.8	27.5	13.4	13.1	4.2	15.7
Sweden	15.5	0.8	2.1	14.3	14.0	8.1	15.6	0.7	1.9	14.9	14.6	6.8
Switzerland	10.6	2.7	0.1	5.2	7.9	0.7	10.9	2.7	0.1	4.6	7.2	0.8
Turkey	47.1	38.2	38.5	–	15.2	5.4	48.8	44.4	44.6	–	13.2	6.6
United Kingdom	76.3	69.6	11.2	16.2	1.2	17.6	76.3	67.7	9.0	15.9	1.3	21.0
Other Europe	60.0	24.8	35.3	8.2	16.8	9.8	61.2	25.9	36.1	8.1	15.2	11.0
Total Europe	719.3	434.7	295.1	195.2	146.1	144.2	731.2	457.2	296.4	192.5	130.4	161.8
Azerbaijan	4.7	9.4	1	–	0.4	1	4.4	9.1	1	–	0.4	1
Belarus	6.8	15.2	0.7	–	1	1	6.7	15.5	0.9	–	0.1	0.1
Kazakhstan	14.3	13.6	33.9	–	2.6	0.1	14.6	14.0	36.2	–	2.5	0.1
Russian Federation	152.5	361.3	89.2	44.5	41.8	0.3	153.0	365.2	92.3	46.0	41.5	0.3
Turkmenistan	7.1	26.5	–	–	–	1	7.3	24.4	–	–	–	–
Ukraine	9.9	25.1	29.7	18.3	1.7	0.4	10.0	25.6	24.6	19.4	2.0	0.4
Uzbekistan	3.3	35.8	1.0	–	2.7	1	3.3	35.8	1.2	–	2.7	1
Other CIS	4.2	4.7	1.6	0.5	7.0	1	4.1	4.4	1.9	0.6	7.6	1
Total CIS	202.8	492.6	156.2	63.3	56.3	0.8	203.4	494.1	157.0	65.9	56.7	0.9
Iran	80.7	173.1	0.9	1.5	3.5	0.1	84.6	184.4	0.9	1.6	3.7	0.1
Iraq	36.8	8.5	–	–	0.8	1	38.5	10.3	–	–	0.5	1
Israel	10.8	8.0	5.7	–	1	0.4	11.7	8.5	5.2	–	1	0.4
Kuwait	20.4	18.1	0.2	–	–	1	20.0	19.0	0.2	–	–	1
Oman	9.4	19.7	0.1	–	–	1	9.3	20.0	0.1	–	–	1
Qatar	12.8	37.1	–	–	–	1	13.3	40.8	–	–	–	1
Saudi Arabia	173.8	90.6	0.1	–	–	1	172.4	95.8	0.1	–	–	1
United Arab Emirates	45.7	62.3	1.5	–	–	0.1	45.0	62.1	1.6	–	–	0.1
Other Middle East	25.5	20.3	0.4	–	0.3	0.3	25.2	20.4	0.4	–	0.3	0.6
Total Middle East	416.0	437.6	9.1	1.5	4.6	1.0	420.0	461.3	8.5	1.6	4.5	1.4
Algeria	19.7	33.2	1	–	1	0.1	19.5	33.4	1	–	1	0.1
Egypt	42.0	42.4	0.2	–	3.0	0.6	39.7	48.1	0.2	–	3.0	0.6
Morocco	12.8	1.0	4.3	–	0.3	0.8	13.1	1.0	4.5	–	0.3	0.8
South Africa	28.7	4.0	84.7	3.6	0.2	1.8	28.8	3.9	82.2	3.6	0.2	2.0
Other Africa	89.4	33.9	5.7	–	23.7	2.0	95.2	35.5	6.2	–	25.6	2.1
Total Africa	192.6	114.5	94.9	3.6	27.1	5.2	196.3	121.9	93.1	3.6	29.1	5.5
Australia	50.5	35.9	43.6	–	4.0	5.4	52.4	36.0	42.3	–	3.1	6.7
Bangladesh	6.7	22.7	2.2	–	0.2	0.1	7.5	22.9	2.3	–	0.2	0.1
China	587.2	180.1	1889.1	48.3	261.0	81.7	606.4	206.7	1892.6	56.2	261.5	106.7
China Hong Kong SAR	19.4	2.7	6.7	–	–	1	21.9	2.7	6.3	–	–	1
Indonesia	217.1	43.7	405.6	8.6	29.0	18.3	222.1	46.6	424.0	8.5	30.7	21.8
India	74.2	32.9	53.4	–	4.4	2.6	77.3	33.7	57.2	–	4.2	2.9
Japan	191.4	100.1	118.8	4.0	18.1	18.8	188.3	100.7	120.5	6.6	17.9	22.4
Malaysia	36.7	36.1	19.6	–	4.9	0.3	36.9	36.8	20.0	–	5.6	0.4
New Zealand	7.9	4.2	1.2	–	5.9	2.4	7.7	4.2	1.2	–	5.7	2.4
Pakistan	28.3	32.9	5.6	1.3	7.8	0.6	29.2	35.0	7.1	1.8	7.0	0.8
Philippines	20.8	3.3	11.7	–	1.8	3.1	21.7	3.2	13.1	–	2.2	3.1
Singapore	72.7	10.2	0.4	–	–	0.2	75.3	10.6	0.4	–	–	0.3
South Korea	128.9	41.0	81.9	36.7	0.6	3.1	129.3	42.4	86.3	33.6	0.7	3.6
Sri Lanka	5.0	–	1.3	–	1.0	0.1	5.3	–	1.4	–	0.9	0.1
Taiwan	48.6	17.2	38.6	7.2	1.5	1.0	49.2	19.1	39.4	5.1	1.2	1.2
Thailand	62.1	43.5	17.7	–	0.8	2.8	63.9	43.1	18.3	–	1.1	3.4
Vietnam	21.9	8.8	28.3	–	14.5	0.1	23.0	8.1	28.2	–	15.9	0.1
Other Asia Pacific	21.8	9.8	18.3	–	13.0	0.1	23.3	10.0	19.4	–	13.7	0.1
Total Asia Pacific	1601.1	625.1	2744.0	106.0	368.5	140.8	1643.4	661.8	2780.0	111.7	371.6	175.1
Total World	4557.3	3073.2	3706.0	591.2	913.3	417.4	4621.9	3156.0	3731.5	596.4	918.6	486.8
of which: OECD	2190.6	1427.3	897.6	445.9	318.3	270.1	2206.8	1442.5	893.4	442.6	314.8	304.9
Non-OECD	2366.7	1645.9	2808.4	145.4	594.9	147.3	2415.1	1713.5	2838.0	153.8	603.9	181.9
European Union	635.5	385.9	239.5	190.1	79.2	136.3	645.4	401.4	234.3	187.9	67.8	152.3

*In this review, primary energy comprises commercially-traded fuels, including modern renewables used to generate electricity.
†Less than 0.05.

Quelle: BP (2018), S. 9

Es gibt keine bekannten globalen Dateien darüber, zu welchem Anteil an CO₂-Emissionen der Straßenverkehr verantwortlich ist. Für die Zwecke dieser Arbeit werden die Daten der USA genutzt, denn die Dateien zu den einzelnen Verkehrsarten am besten von EPA⁶ bearbeitet sind. Es wird vermutet, dass die Anteile in Europa sehr ähnlich sind. Der Straßenverkehr beteiligt sich an den Emissionen aus dem Verkehr mit zirka 90%⁷, PKWs emittieren davon 60%.⁸ Die Firmenautos und Privatautos stehen im Verhältnis 2:1 nach gefahrenen Kilometern. Davon ausgehend kann man behaupten, dass der Straßenverkehr in der EU sich an den ganzen CO₂-Emissionen der Welt mit 2,64% beteiligt.

Die Tabelle 3 zeigt die Kohlendioxidemissionen nach Verkehrstransporttyp für die Jahre 1990 bis 2016 in Millionen Tonnen Kohlendioxidäquivalent, sowie die durchschnittliche prozentuale jährliche Veränderung für die Periode von 1990 bis 2016 und von 2006 bis 2016. Aus der Tabelle ist es klar sichtbar, dass die Straßenfahrzeuge für den Großteil der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor verantwortlich sind.

⁶ EPA = United States Environmental Protection Agency

⁷ Vgl. EPA (2018)

⁸ Vgl. ebd.

Tabelle 3: Kohlendioxidemissionen nach Verkehrstransport, 1990–2016 (in Millionen Tonnen Kohlendioxidäquivalent)

Jahr	PKWs	Schwer-LKWs	Autobahn insgesamt	Wasser	Luft	Schiene	Rohrleitung	Gesamt
1990	926.6	237.7	1,164.3	44.4	187.4	38.5	36.0	1,470.6
1991	911.4	232.2	1,143.6	39.4	171.7	36.4	32.9	1,424.0
1992	942.8	242.8	1,185.6	54.7	169.4	37.4	32.2	1,479.3
1993	962	255.9	1,217.9	51.7	170.9	38.3	34.2	1,513.0
1994	975.60	272.9	1,248.5	53.5	178.1	41.2	37.6	1,558.9
1995	988.7	283.2	1,271.9	57.1	174.9	42.7	38.4	1,585.0
1996	1,011.1	295.5	1,306.6	54.3	187.1	43.4	39.1	1,630.5
1997	1,024.5	309.6	1,334.1	41.2	187.2	43.5	41.4	1,647.4
1998	1,055.3	323	1,378.3	34.8	190.9	43.9	35.2	1,683.1
1999	1,088.7	341.7	1,430.4	43.9	195.1	45.4	35.7	1,750.5
2000	1,085.6	355.7	1,441.3	64.4	197.4	45.5	35.4	1,784.0
2001	1,096.0	353.6	1,449.6	41.8	192	45.8	34.6	1,763.8
2002	1,121.1	366.8	1,487.9	46.5	187.6	45.4	36.6	1,804.0
2003	1,134.2	364.2	1,498.4	36.5	181.4	47.1	32.7	1,796.1
2004	1,152.2	379.5	1,531.7	39.3	188.8	49.6	31.3	1,840.7
2005	1,134.6	407.1	1,541.7	44.3	191.8	50.2	32.4	1,860.4
2006	1,122.6	416.1	1,538.7	47.4	184.6	52.2	32.4	1,855.3
2007	1,092.6	444.7	1,537.3	53.9	181.7	51.3	34.4	1,858.6
2008	1,034.0	426.6	1,460.6	44.7	175.1	47.6	35.9	1,763.9
2009	1,029.4	387.2	1,416.6	38.0	155.9	40.4	37.1	1,688.0
2010	1,021.1	400.1	1,421.2	43.9	153.4	43.1	37.3	1,698.9
2011	1,001.3	399.5	1,400.8	45.5	148.5	44.7	38.1	1,677.6
2012	996.5	400.9	1,397.4	39.3	145.1	43.4	40.5	1,665.7
2013	996.2	407.8	1,404.0	38.5	148.6	44.1	46.2	1,681.4
2014	1,037.8	420.2	1,458.0	27.9	149.9	45.6	39.4	1,720.8
2015	1,037.0	428.9	1,465.9	32.3	159.1	43.5	38.5	1,739.3
2016	1,062.1	437.5	1,499.6	38.9	167.5	40.2	39.6	1,785.8
	Durchschnittliche jährliche prozentuale Veränderung							
1990-2016	0.5%	2.4%	1.0%	-0.5%	-0.4%	0.2%	0.4%	0.7%
2006-2016	-0.6%	0.5%	-0.3%	-2.0%	-1.0%	-2.6%	2.0%	-0.4%
Hinweis: Emissionen aus US-Territorien sind nicht enthalten. Emissionen aus internationalen Bunkerbrennstoffen sind nicht enthalten. Zu den PKWs zählen Autos, leichte Lastwagen und Motorräder. Schwere LKWs umfassen mittlere und schwere LKWs und Busse.								

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an: EPA (2018).

3 CO₂-Reduzierung

Folgender Abschnitt der Arbeit setzt sich genauer mit unterschiedlichen Möglichkeiten zur Reduzierung von CO₂-Emissionen auseinander, sowie mit den damit verbundenen Kosten.

3.1 Was ist eigentlich Kohlendioxid

In der Atmosphäre sind Sauerstoff und Kohlendioxid vorhanden, wobei Kohlendioxid 0,03 Prozent und Sauerstoff 20,9 Prozent der Luft, die wir atmen, ausmacht.⁹ Beim Atmen kommt es zur Übertragung von diesen Stoffwechselgasen zwischen Atmosphäre und Blut in den Lungen - Sauerstoff dringt ins Blut ein und wird mittels Blut ins Gewebe transportiert, wo er Energie aus den verzehrten Lebensmitteln freisetzt. Dieser Prozess führt zur Produktion von Kohlendioxid, das entfernt werden muss. Im Ruhezustand verbraucht man pro Minute 3,5 Milliliter Sauerstoff pro Kilogramm Körpergewicht, um den Energiebedarf abzudecken. Wie viel Kohlendioxid in Verbindung mit diesem Sauerstoffverbrauch produziert wird, hängt von mehreren Faktoren, wie z.B. von dem Glykogengehalt, von dem Muskelfasertyp, von der Fettaufnahme aus der Nahrung, vom Training und Blutmetabolismus ab. Die geringste Menge, wenn ausschließlich Fett verbrannt wird, beträgt jedoch 0,7 Liter pro Liter Sauerstoff.

Beim Joggen mit 9,5 km/h beträgt der Sauerstoffbedarf 35,7 Milliliter pro kg pro Minute, was dem 10,2-fachen Bedarfs im Ruhezustand entspricht. Ist das Tempo sehr herausfordernd, verbrennen die Muskeln ausschließlich Kohlenhydrate und produzieren 35,7 Milliliter Kohlendioxid pro Kilogramm pro Minute. Eine Person mit einem Gewicht von 84 Kilo, die dieses Tempo aufrechterhält, produziert also 3 Liter Kohlendioxid pro Minute. Unter der Annahme, dass die Übung schwierig war, führt dies auch zu einer Ansammlung von Milchsäure und einer anschließenden Pufferung zu Kohlendioxid. Dies kann dazu führen, dass für jeden aus diesem Grund verbrauchten Liter Sauerstoff zusätzlich 0,1 Liter Kohlendioxid produziert werden. Dies bedeutet, dass man bei einer 84 kg schweren Person, die 9,5 km pro Stunde joggt, mit einer gesamten Kohlendioxidproduktion von 3,3 Liter pro

⁹ Vgl. Dimenna, F. (2017): What Effect Does Exercise Have on the Amount of Carbon Dioxide You Release? [Zugriff am 18.8.2018]

Minute rechnen kann. 1L CO₂ wiegt 1,96 Gramm. D. h. beim Joggen emittiert eine 84 kg wiegende Person 20g CO₂ pro km. Also wenn sich vier Kollegen entscheiden, etwas für ihre Gesundheit zu tun, und in die Arbeit joggen werden, es wäre für die Umwelt besser, wenn sie stattdessen mit einem Hybridauto führen, da das Hybridauto genauso viel Kohlendioxid emittiert. Das finde ich komisch. Das Leben basiert auf Kohlenstoff, dessen Oxidierung und wieder Reduzierung. Die zusätzliche Mühe, um irgendwas größeres oder besseres zu erreichen, wird größere Kohlendioxidemissionen verursachen. Dagegen kann man nichts machen. Es gibt deswegen keine Logik in Klimaneutralität. Wir können den Emissionenumfang reduzieren, aber wir können nicht vollkommen darauf verzichten.

3.2 Arten von CO₂-Reduzierung

Die CO₂-Reduzierungsarten liste ich wie folgend:

1. Die CO₂-Emission an der Quelle minimieren
2. Das CO₂ aus der Atmosphäre ziehen und es
 - a. unter der Erde lagern
 - b. zum Gewinn der synthetischen Treibstoffe benutzen
3. Das CO₂ mittels Aufforstung oder ähnlichen biologischen Prozessen reduzieren.

3.3 Kosten von CO₂-Reduzierung

3.3.1 Minimierung der Emissionen an der Quelle

Eine Kostenanalyse der Energiequellen basiert auf dem LCOE (levelized cost of electricity = Durchschnittliche Stromgestehungskosten)¹⁰

$$\text{LCOE} = \frac{\text{sum of costs over lifetime}}{\text{sum of electrical energy produced over lifetime}} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

¹⁰ Vgl. OECD (2005)

wobei

I_t = investment expenditures in the year t / Investitionskosten pro Jahr

M_t = operations and maintenance expenditures in the year t / Betriebskosten pro Jahr

F_t = fuel expenditures in the year t / Kraftstoffkosten pro Jahr

E_t = electrical energy generated in the year t / Gewonnene Strom

r = discount rate / Zinsrate

n = number of years of the energysource's lifetime / Lebenszyklus des Kraftwerks

Im Falle der kalorienbezogenen Energiequellen sind die Kosten der CO₂-Absorption zuzurechnen. Sie werden im Text unten besprochen.

g = cost per absorption of CO₂ tied in one kWh / Kosten per CO₂ Absorption in einem kWh gefangen.

LCOE nach Land

In den Tabellen 4, 5 und 6 werden die durchschnittliche Stromgestehungskosten für Deutschland, Großbritannien und USA aufgelistet.

Tabelle 4: LCOE Deutschland

Technologie	Niedrige Kosten 2013 (€/MWh)	Hohe Kosten 2013 (€/MWh)	Niedrige Kosten 2018 (€/MWh)	Hohe Kosten 2018 (€/MWh)
Braunkohle	38	53	46	80
Steinkohle	63	80	63	99
Erdgas	75	98	78	100
Wind Onshore	45	107	40	82
Wind Offshore	119	194	75	138
Solar	78	142	37	115
Biomasse	135	250	101	147

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an: Fraunhofer ISE (2018), Fraunhofer ISE (2013) [Zugriff am 20.9.2018]

Tabelle 5: LCOE Großbritannien

Technologie	Niedrige Kosten 2015 (£/MWh)	Mittlere Kosten 2015 (£/MWh)	Hohe Kosten 2015 (£/MWh)
Kernkraft (Druckwasserreaktor)	82	93	121
Solar	71	80	94
Wind Onshore	47	62	94
Wind Offshore	90	102	115
Biomasse	85	87	88
Erdgas Kombinierte Gasturbine	65	66	68
Erdgas mit CCS ¹¹	102	110	123
Open-Cycle-Gasturbine	157	162	170
Fortgeschrittenes Kohlekraftwerk mit CCS	124	134	153
Fortgeschrittenes GuD- Kraftwerk ¹² mit CCS	137	148	171

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an: BEIS (2016) [Zugriff am 20.9.2018]

Tabelle 6: LCOE USA

Technologie	Niedrige Kosten 2016 (\$/MWh)	Mittlere Kosten 2016 (\$/MWh)	Hohe Kosten 2016 (\$/MWh)
Fortgeschrittenes Kohlekraftwerk	128,9	-	196,3
Fortgeschrittenes Kohlekraftwerk mit CCS	102,7	-	143,5
Konventionelles GuD-Kraftwerk ¹³	52,4	58,6	83,2
Fortgeschrittenes GuD-Kraftwerk	51,6	53,8	81,7
Fortgeschrittenes GuD-Kraftwerk mit CCS	63,1	-	90,4
Konventionelle Gasturbine	98,8	100,7	148,3
Fortgeschrittene Gasturbine	85,9	87,1	129,8
Fortgeschrittenes Kernkraftwerk	95,9	96,2	104,3

¹¹ CCS = carbon dioxide capture and storage, CO₂-Abscheidung und -Speicherung (Fachbegriff: CO₂-Sequestrierung)

¹² GuD = Gas-und-Dampf

¹³ GuD = Gas-und-Dampf

Geothermal	42,8	44,0	53,4
Biomasse	84,8	97,7	125,3
Wind Onshore	43,4	55,8	75,6
Wind Offshore	136,6	-	212,9
Solar PV	58,6	73,7	143,0
Sonnenwärmekraftwerk	176,7	-	372,8
Wasserkraft	57,4	63,9	69,8

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an: EIA (2015) [Zugriff am 20.9.2018]

Ist die europäische Autoindustrie die wichtigste CO₂-Quelle, die um jeden Preis reduziert werden muss? Die klare Antwort ist nein.

Aus den Tabellen ist klar ersichtlich, dass die Kosten für eine grüne Kilowattstunde gleich sind wie für eine konventionelle. Die Kraftwerke, die zur Stromerzeugung die natürlichen Quellen ausnutzen (Sonne, Wind, Wasser) sind von der Inkonstanz des Wirkungsgrades abhängig. Bei den konventionellen Erzeugungsquellen kann man willkürlich über den erwünschten erzeugten Stromvolumen entscheiden. Man brennt einfach so viel Öl, oder spaltet so viel Kern, wie viel man benötigt. Bei natürlichen Quellen kann man nur dann erzeugen, wenn sie „aktiv“ sind. Neben der tatsächlichen Nachfrage ist nicht nur die Menge der Energie, sondern auch der Zeitrahmen der Lieferung wichtig. Es ist nicht nur wichtig wie viel Energie benötigt wird, sondern auch, wann. Unter kalorienbezogenen Quellen sind die Möglichkeiten bei der Beeinflussung der erzeugten Mengen auch unterschiedlich. Bei den Kohlenkraftwerken oder Gasturbinen kann man sehr rasch die Menge des erzeugten Stroms feststellen. Sie bringen zur Ausgleichung des unterschiedlichen Energiebedarfs Tagsüber bei. Im Fall von Kernkraftwerken ist die Verzögerung bei der Leistungsänderung wesentlich größer. Bei den natürlichen Quellen kann man den Erzeugungsprozess überhaupt nicht kontrollieren. Der Wind weht nicht und die Sonne scheint nicht nach unseren Wünschen. Die Auswirkung ist, dass wenn die Energie am meisten benötigt wird, mag sie die Natur nicht herstellen, und im Gegenteil kommt es bei Stromerzeugung zu Überschüssen, wenn die Nachfrage niedrig ist. Um diesem Nachteil zu entkommen, muss man die nicht verbrauchte grüne Energie lagern. Die Lagerung bringt zusätzliche Kosten. Sie

kann die Form von Batterie tragen, oder sie kann zur Herstellung der synthetischen Kraftstoffwerke genutzt werden. Mit dieser Behauptung kommt man zu dem zweiten Punkt, bzw. zu der zweiten Art der CO₂-Reduzierung:

3.3.2 CO₂ aus der Atmosphäre ziehen

In diesem Abschnitt der Arbeit werden folgende Methoden beschrieben:

Das CO₂ aus der Atmosphäre ziehen und es

- a) unter Erde lagern
- b) zum Gewinn der synthetischen Treibstoffe benutzen

3.3.2 a) Lagerung unter Erde

Die Technologie, die die Lagerung des Kohlendioxids unter der Erde ermöglichen soll, hat einen Namen: es handelt sich um Carbon Capture and Storage (CCS). Das Kohlendioxid kann aus der Atmosphäre mithilfe der Absorption, Adsorption oder Membran Gas Separation gefangen werden. Am häufigsten wird zurzeit die Absorption genutzt. Das Mittel dafür ist ein Kohlendioxidwäscher. „Die CO₂-Wäsche ist eine besondere Form der Kohlenstoffabscheidung, die nach der Verbrennung fossiler Brennstoffe erfolgt, jedoch bevor das Abgas in die Luft freigesetzt wird.“¹⁴ Es besteht aus einer chemischen Reaktion von wässrigem Ammoniak oder Monoethanolamin und emittiertem Kohlendioxid. Es gibt noch zwei weitere Technologien, die auf dem gleichen Prinzip basieren und unterscheiden sich meistens von Stoffen, die zum CO₂ addiert werden. Die einzige seriöse Methode ist jedoch die oben erwähnte.



¹⁴ Vgl. Horton, J.: How CO₂ Scrubbing Works [Zugriff am 28.8.2018]

„Abgesehen von der Verwendung von Lösungsmitteln, umfassen andere CO₂-Waschverfahren:

- Verwendung von Absorptionsmitteln, die CO₂ an ihre Oberfläche anziehen, wo es entfernt werden kann
- Verwendung von selektiv permeablen Membranen, die den Durchtritt von CO₂ verhindern, die gutartigen Gase jedoch entweichen lassen
- Kühlung der Rauchgase auf eine Temperatur, die CO₂ zur Kondensierung und zur Trennung aus der Lösung zwingt

Aktuelle Erfassungstechnologien kosten rund 150 \$ pro Tonne gefangenen Kohlenstoff, was zwischen 2,5 Cent / kWh und 4 Cent / kWh auf die Stromrechnung hin fügt. [Quelle: US-Department of Energy]. Bei anderen Schätzungen liegt der Preis näher bei 9 Cent / kWh - eine Steigerung um 84 Prozent gegenüber dem Strom, der von einer Anlage ohne Technologie zur Abscheidung von Kohlendioxid gekauft wird.“¹⁵

3.3.2 b) Gewinn von synthetischen Treibstoffen

Die synthetischen Kraftstoffe werden in der Zukunft einen wichtigen Bestandteil der Energieträger darstellen, denn sie tragen zur Dekarbonisierung der Energieerzeugung bei.

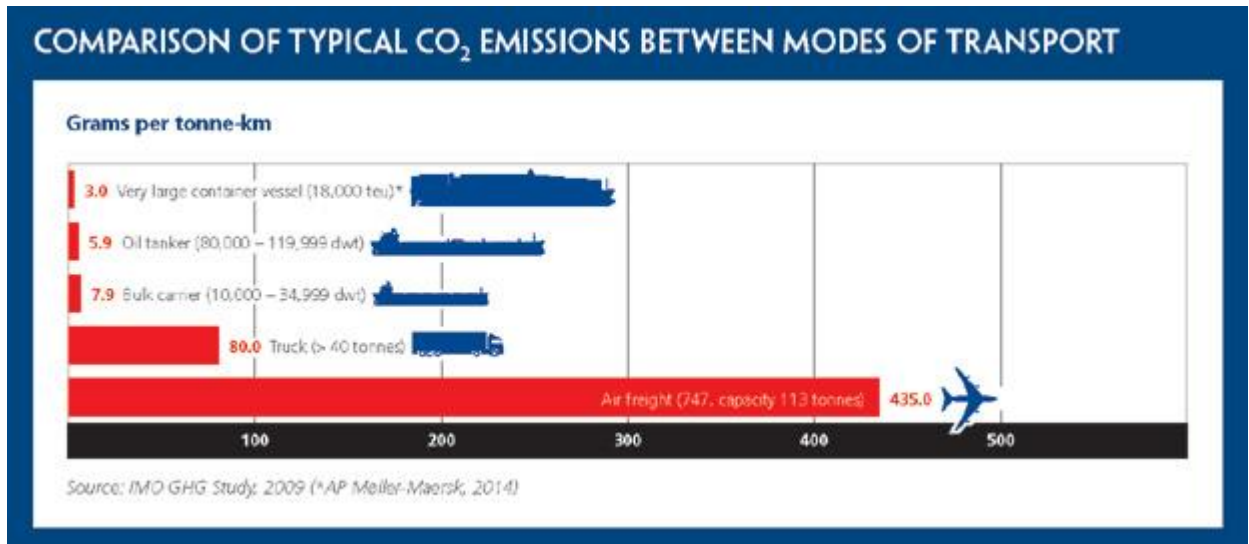
„Um wirtschaftlich effizient zu sein, benötigen Power-to-Gas- (PtG) und Power-to-Liquid-Anlagen (PtL) kostengünstigen Strom aus Erneuerbaren Energien und hohe Volllaststunden. Überschüssiger Erneuerbarer Strom wird nicht ausreichen, um den Strombedarf bei der Herstellung synthetischer Kraftstoffe zu decken. Stattdessen müssen Kraftwerke für erneuerbare Energie explizit für die Herstellung synthetischer Kraftstoffe gebaut werden, entweder in Deutschland (d.h. als Offshore-Wind) oder in Nordafrika und dem Mittleren Osten (d.h. als Onshore-Wind und/oder PV).“¹⁶ Für die Öl- und Gasexportländer könnte diese Möglichkeit von großer Bedeutung sein, da die Entwicklung von Anlagen für synthetische Kraftstoffe ein postfossilisiertes Geschäftsmodell bieten würde.

¹⁵ Vgl. Horton, J.: How CO₂ Scrubbing Works [Zugriff am 28.8.2018]

¹⁶ Vgl. www.solarify.eu, Was kosten Designer Fuels? [Zugriff am 14.9.2018]

„Synthetisches Methan und Öl werden in Europa anfangs zwischen 20 und 30 ct/kWh kosten. Die Kosten können bis 2050 auf 10 ct/kWh sinken, wenn die globale Leistung von PtG und PtL rund 100 GW erreicht. Die angestrebten Kostensenkungen erfordern erhebliche, frühzeitige und kontinuierliche Investitionen in Elektrolyseure und CO₂-Absorber.“¹⁷

Abbildung 7: Vergleich von CO₂-Emissionen der Verkehrsträger



Quelle: International Chamber of Shipping: Comparison of CO₂ Emissions by Different Modes of Transport [Zugriff am 14.9.2018]

Die Abbildung 7 zeigt den Vergleich von CO₂-Emissionen der Verkehrsträger. Diese Statistiken konzentrieren sich auf den Transport von Last, deswegen fehlt es hier an einem Auto. Wenn man eine Analyse für einen PKW mit Benzinantrieb machen möchte, dann wäre die Berechnungen wie folgt:

Emissionen pro 130g/CO₂/km

Zugelassene Last: 0,5 Tonnen = 260 CO₂ pro Tonnenkilometer.

¹⁷ Vgl. www.solarify.eu, Was kosten Designer Fuels? [Zugriff am 14.9.2018]

3.3.3 Aufforstung

Die Kosteneffektivität dieser Variante des Kohlenoxidreduzierung ist schlecht zu schätzen. Die Kosten zum Aufbau des jungen Waldes variieren von 4.000-12.000€/Hektar.¹⁸ Das entspricht 10.000 Bäumen pro Quadratkilometer. Ein Baum fängt 2,3 Tonnen CO₂ pro Jahr. Das sind 23.000 Tonnen pro Jahr. Deutschland emittiert 775.752.180 Tonnen. Die Fläche von 33.728 km² hätte aufgeforstet sein sollen um für Deutschland ohne weiteres CO₂ neutral zu werden. Das entspricht ja (6.000 € pro Hektar Aufforstungskosten = 20.237.013.391 €). Genausoviel wie VW vor hat, in zwei Jahren in die Elektromobilität zu investieren. Wenn wir die Abforstung von 90.000 km²/Jahr im Betracht ziehen, wird die Sache noch interessanter.

3.3.4 Kostenanalyse

E1-Primärenergie ist die Energie, die wir aus der Verarbeitung von Energiequellen in Kraftwerken erzeugen: Strom im Atomkraftwerk oder Benzin in der Raffinerie.

E2-Sekundärenergie: Die Energie, die nach den Distributionskosten zur Verfügung steht: Strom aus der Steckdose, Benzin an der Zapfsäule oder Gas am Gasherd.

E3-Tertiäre Energie - Energetische Dienstleistungen: Die Ausnutzung der Energie, oder die Verbrauchstart: Das Licht in der Glühbirne, Die Bewegung von dem Auto, Flugzeug, Aufzug...

Heute geschieht die Verwechslung von den Stellen in den Prozessen in der e1-e2-e3. Ein neues Element in der Kette bringt immer Zusatzkosten.

Wie oben schon erwähnt, das Benzin an der Zapfsäule, oder der Strom in der Steckdose. Die heutige Stromerzeugung kann die ganze Nachfrage der Elektroautos nicht decken. Außer der Kapazitätserhöhung der Kraftwerke kommt auch die Herstellung von synthetischen Kraftstoffen in Frage. Die aber addieren Elementen zur Energiekette. Bei der Umwandlung vom Benzinauto ins Elektroauto ändert sich im Fall der Ausnutzung von

¹⁸ Vgl. Zeitschrift Waldwirtschaft, Ausgabe 2009

synthetischen Kraftstoffen die Energiekette wie folgend: E1 (Raffinerie) -> E2 (Zapfsäule) -> E3 (bewegtes Auto), wird zum: E1 (Kraftwerk) -> E2 (Strom) -> E3/E1 (Erzeugung des synthetischen Gases) -> E2 (Synthetisches Gas an der Zapfsäule) -> E3 (Bewegtes Auto). Das führt natürlich zu zusätzlichen Kosten, denn wir haben nicht genug von grünen Energieüberschüssen.

Man kann die CO₂-Emissionen auch am BIP verbundene Variable umwandeln.

Werte für Deutschland:

$$\text{BiP index} = \frac{\text{CO}_2/\text{Emissionsproduktion}}{\text{Emissionsproduktion}} = \frac{1,239,592,010,000,000.00}{4,949,273,341,993.88} = 356\text{g}/1\text{€}$$

Tabelle der Emissionen nach Land und 1\$ pro BIP befindet sich unter der Tabellen im praktischen Teil.

Wie viele Bäume gibt es in Deutschland/Welt? = 7 500 000 000/3 000 000 000 000. Sie fangen 165 GToe CO₂. Das ist ein Achtel.

Wird der Verbrennungsmotor überleben?

Diese Arbeit versucht auf diese Frage eine Antwort zu finden. Die Automobilindustrie hat vor zwei Jahren eine dramatische Philosophieumwandlung erlebt. Damals war die allgemeine Meinung in der Gesellschaft noch dem klassischen Antriebkonzept treu, sowohl unter der generellen als auch der professionellen Meinung. Die Vorstände der Automobilgiganten überholten sich in den Äußerungen, die die Nichtigkeit den neuen Trends vorsagten.

Zwei Jahre später stellt es sich so dar, dass sich die VW AG traut, in den kommenden vier Jahren mehr elektro- als klassisch angetriebene Autos zu verkaufen. Die 130 Jahre der klassischen Automobilindustrie sollen in 10 Jahren vergessen werden. Ist das so wirklich optimal, rettet das die Welt, oder hilft es der Menschheit auf die Abhängigkeit an CO₂-Produktion zu verzichten?

Das Autofahren ist eine angenehme Sache. Es verleiht den Leuten Freiheit und durch das Streben wird die visiomotorische Koordination verbessert von Gehirn und Körperfunktionen. Der Einsatz der kognitiven Eigenschaften des Menschen beim Bedienen eines Automobils ermöglicht durch die Emittierung des Glückhormons die Freude am Fahren. Das Autofahren sorgt nicht nur für die Emittierung des Schadstoffes, sondern auch für die Emittierung des Endorphins.

3.4 Kostenanalyse von ADAC

Viele Menschen sind überrascht oder sogar schockiert, wenn sie den Kauf eines Elektroautos in Betracht ziehen. Die Einkaufspreise sind hoch, das Angebot nicht so groß und die Reichweite gering. Deshalb sagen viele Nein zu einem neuen Elektroauto. „Doch ist der Eindruck richtig? Wie fällt die Bilanz nach Abzug der Umweltprämie aus? Müssten die deutlich niedrigeren Wartungs- und Energiekosten von Elektroautos nicht über die Jahre der Nutzung ebenfalls zu Gunsten der Elektroautos durchschlagen?“¹⁹

Der ADAC hat eine vollständige Kostenberechnung für acht ausgewählte Elektroautos (BMW, Nissan, Hyundai, VW, Renault, Smart, Audi und Tesla) durchgeführt und das Ergebnis lautet: „tatsächlich: Nimmt man alle Kosten eines Autos zusammen, vom Kaufpreis über sämtliche Betriebs- und Wartungsaufwände bis zum Wertverlust schneiden Elektroautos immer häufiger überraschend gut ab. [...] Wichtig bei der Methodik: Um die Kosten fair zu berechnen, wurden nur vom ADAC getestete Fahrzeuge miteinander verglichen, die eine vergleichbare Motorleistung und eine ähnliche Ausstattung aufweisen. Beim Kraftstoff- bzw. Stromverbrauch wurden nicht die realitätsfernen Herstellerwerte verwendet, sondern die Werte, die der ADAC in seinen Autotests ermittelt.“²⁰

Die Verbrauchssteuerbereinigung wird hier allerdings in Frage nicht gestellt. Denn es bedeutet den Ausfall von den Steuereinnahmen. Um dies zu vermeiden, wird der Strom für alle teurer werden.

¹⁹ Vgl. www.adac.de, Kostenvergleich: Elektroautos oft überraschend günstig [Zugriff am 14.9.2018]

²⁰ Vgl. ebd.

Tabelle 7: Vergleich vom Kaufpreis, Cent/km und Reichweite bei ausgewählten Fahrzeugen

Marke und Model	Preis	Cent/km	Reichweite
BMW			
BMW i3s (94 Ah, 135 kW)	41.450 €	53,6	208 km
BMW 218i Active Tourer (103 kW)	38.490 €	60,6	662 km
BMW 218d Active Tourer (110 kW)	40.230 €	57,4	911 km
Hyundai			
Hyundai Ioniq Elektro (88 kW)	36.060 €	49,0	211 km
Hyundai i30 Kombi 1.0 T-GDI (88 kW)	28.790 €	51,4	735 km
Hyundai i30 Kombi 1.6 CRDi (100 kW)	32.090 €	52,0	926 km
Nissan			
Nissan Leaf (40 kWh, 110 kW)	36.600 €	51,1	201 km
Nissan Micra 0.9 IG-T (66 kW)	18.690 €	37,9	683 km
Renault			
Renault Zoë (41 kWh, 68 kW)	27.000 €	48,0	243 km
Renault Clio TCe 90 (66 kW)	15.590 €	36,4	789 km
Smart			
Smart Fortwo Coupé EQ (60 kW)	25.045 €	36,9	112 km
Smart Fortwo 0.9 turbo Cabrio (66 kW)	19.935 €	38,7	424 km
VW Up			
VW e-Up! (60 kW)	26.900 €	39,1	106 km
VW Up! 1.0 TSI (66 kW)	15.580 €	34,0	636 km
VW Golf			
VW e-Golf (100 kW)	36.835 €	48,6	201 km
VW Golf 1.5 TSI (96 kW)	30.670 €	49,0	847 km
Audi/Tesla			
Tesla Model X 100 D (386 kW)	121.080 €	131,9	451 km
Audi SQ7 TDI (320 kW)	105.680 €	137,7	914 km

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an: www.adac.de, Kostenvergleich: Elektroautos oft überraschend günstig [Zugriff am 10.11.2018]

Die Kostenvergleichung nimmt die Bereinigung von den Subventionen VW up!

Interessante werte sind euch bei dem Verbrauchstest von ADAC bei ausgewählten Elektrofahrzeugen rausgekommen. In der Tabelle 8 wird der Unterschied zwischen dem

Verbrauch wie es von dem Hersteller abgegeben wurde und dem tatsächlichen Verbrauch im ADAC Ecotest, dargestellt.

Tabelle 8: Verbrauchsunterschied bei ausgewählten Elektrofahrzeugen

Marke und Model	Verbrauch im ADAC Ecotest in kWh/100 km	Verbrauch Herstellerangabe (NEFZ) in kWh/100 km
Hyundai Ioniq Elektro Style	14,7	11,5
VW e-Golf	17,3	12,7
BMW i3 (94 Ah)*	17,4	12,6
Smart Fortwo Coupé EQ Prime	18,3	12,9
Hyundai Kona Elektro (64 kWh) Trend	19,5	14,3
Opel Ampera-e First Edition	19,7	14,5
Renault Zoe Intens	20,3	13,3
Nissan Leaf I Acenta (30 kWh)*	20,5	15,0
Nissan Leaf II Acenta	22,1	15,2
Tesla Model S P90D*	24,0	20,0
Tesla Model X 100D	24,0	20,8
Nissan e-NV200 Evalia	28,1	25,9 (nach WLTP)

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an: www.adac.de, Elektroautos im Test: So hoch ist der Stromverbrauch [Zugriff am 10.11.2018]

P_{kWh} =Preis pro Kwh

P_{Benzin} =Preis je liter Benzin

P_{Diesel} =Preis je liter Diesel

V=Verbrauch in Litern pro 100km

Elektro-auto = kWh Kosten = 0,2€ pro kWh*Verbrauch pro 100km.

Benzin/Dieselauto = Liter kosten Verbrauchsteuersatz bereinigt = 0,75€x*100km bzw
0,70x100km

Beim

VW e-Golf = 17,5*0,2= 3€/Liter

VW Diesel Golf = $4,5 \cdot 0,7 = 3 \text{ €/Liter}$

VW Benzin Golf = $5,5 \cdot 0,75 = 4,15 \text{ €/Liter}$

Es gibt keinen Unterschied in den Verbrauchskosten zwischen einem Elektroauto und einem Auto mit konventionellem Antrieb.

Die Automobilindustrie ist so groß geworden, weil die Nachfrage von den Emotionen angetrieben wird. Diese stammen aus einer nicht linearen Steigungskurve des Drehmoments, Krach des Motors und Einsatzes der Kopf-Augen-Koordination auf höchstem Niveau.

Der Peacock Faktor ist die entscheidende Variable, warum sich ein Mensch für das Auto entscheidet.

4 Automarktübersicht, CO2-Emissionenübersicht, Indikatoren und Regression Analysen

Dieser Abschnitt der Arbeit setzt sich genauer mit unterschiedlichen Indikatoren in dem Fahrzeugmarkt und analysiert diese mit Hilfe von regressiven Analysen.

4.1 Automarktübersicht

Anteil an BIP, Auto- und Energieproduktion

Die Einführung des elektrischen Antriebs und autonomen Fahrens drohen die Nachfrage nach dem Treibstoff zu behindern. Diese Trends sind nicht das Ergebnis der Nachfrage, sondern der Aktivität von Politikern.

Die Hoffnung für die Beibehaltung der Verbrennungsmotoren stellt sich in der Einführung der synthetischen Brennstoffe dar. Der Pionier in diesem Bereich scheint Audi zu sein.

Eine wichtige Frage, die man hier versucht zu beantworten, ist, wie sich der Bedarf an der elektrischen Energie ändert, sollten alle Autos auf der Welt rein elektrisch angetrieben werden. Und ob es überhaupt möglich ist.

Angenommen, die Strategie der Welt ist, eine reine Energie zu erzeugen. Dies würde zur Überschreibung der politischen Karte der Welt führen. Etwas wichtiger aber ist, mindestens in Europa, die Stickstoffemissionen aus den Städten zu vertreiben. Dieses Ziel ist vorübergehend sehr viel einfacher zu erreichen und wird nach dem Dieselgate leicht durchgesetzt.

Die Reinheit der Energieerzeugung als ein ernstes Ziel der Politik ist hier leider zu bezweifeln. Das Flaggschiff der Menschheit in dem Feld Energieerzeugung, die Kernenergie, wird aufgrund der bösen Meinungen der Politikvorstände abgelehnt und verdammt. Die Angst kann nicht als ein Hauptentscheidungsfaktor dienen, wobei alle anderen Faktoren vernachlässigt werden.

Auch die Kohlenstoffreduktionsstrategie ist irgendwie nicht gut durchgedacht. Es werden die Motorhubräume und Zylinder in Autos gedrosselt, während die relativ sauber

arbeitenden Atomkraftwerke geschlossen werden und durch Kohlenkraftwerken mit Eigenschaft Clean Coal ersetzt. Es werden folgende wichtige Fragen gestellt:

1. Wie viel Energie brauchen alle Autos?
2. Wie viel Elektrizität ist es?
3. Haben künftige Energiequellen genug Kapazität?

Tabelle 9: Energiedichte der ausgewählten Energieträger

Energieträger	Energiedichte nach Masse (MJ / kg)	Energiedichte nach Volumen (MJ / L)	Spezifische Energie (Wh / kg)	Energie- dichte (Wh / L)	Verwendung
Hydrogen, liquid	141.86 (HHV) 119.93 (LHV)	10.044 (HHV) 8.491 (LHV)	39,405.6 (HHV) 33,313.9 (LHV)	2,790.0 (HHV) 2,358.6 (LHV)	Rocket engines
Hydrogen, at 690 bar and 15°C	141.86 (HHV) 119.93 (LHV)	5.323 (HHV) 4.500 (LHV)	39,405.6 (HHV) 33,313.9 (LHV)	1,478.6 (HHV) 1,250.0 (LHV)	Rocket engines
Hydrogen, gas	141.86 (HHV) 119.93 (LHV)	0.01188 (HHV) 0.01005 (LHV)	39,405.6 (HHV) 33,313.9 (LHV)	3.3 (HHV) 2.8 (LHV)	
Methane (1.013 bar, 15 °C)	55.6	0.0378 A.	15,444.5	10.5	Cooking, home heating, electric power plants
Natural gas	53.6	0.0364 A.	14,888.9	10.1	
LNG (NG at -160 °C)	53.6	22.2 A.	14,888.9	6,166.7	Cooking, home heating, electric power plants
CNG (NG compressed to 250 bar/~3,600 psi)	53.6	9 A.	14,888.9	2,500.0	
LPG propane	49.6	25.3 A.	13,777.8	7,027.8	Cooking, home heating, automotive engines, lighter fluid
LPG butane	49.1	27.7 A.	13,638.9	7,694.5	Cooking, home heating, automotive engines, lighter fluid
Gasoline (petrol)	46.4	34.2 A.	12,888.9	9,500.0	Automotive engines, electric power plants
Polypropylene plastic	46.4	41.7	12,888.9	11,583.3	
Polyethylene plastic	46.3	42.6	12,861.1	11,833.3	

Crude oil (according to the definition of ton of oil equivalent)	46.3	37 A.	12,861.1	10,277.8	
Residential heating oil	46.2	37.3 A.	12,833.3	10,361.1	
Diesel fuel	45.6	38.6 A.	12,666.7	10,722.2	Automotive engines, electric power plants
Gasohol E10 (10% ethanol 90% gasoline by volume)	43.54	33.18 A.	12,094.5	9,216.7	
Lithium	43.1	23.0	11,972.2	6,388.9	
Jet A aviation fuel/kerosene	42.8	33 A.	11,888.9	9,166.7	Aircraft engines
Biodiesel oil (vegetable oil)	42.20	33 A.	11,722.2	9,166.7	
Polystyrene plastic	41.4	43.5	11,500.0	12,083.3	
Body fat metabolism	38	35 A.	10,555.6	9,722.2	Human and animal nutrition
Butanol	36.6	29.2	10,166.7	8,111.1	
Gasohol E85 (85% ethanol 15% gasoline by volume)	33.1	25.65	9,194.5	7,125.0	
Graphite	32.7	72.9	9,083.3	20,250.0	
Coal, anthracite	26–33	34–43	7,222.2–9,166.7	9,444.5–11,944.5	Electric power plants, home heating
Ethanol	30	24	8,333.3	6,666.7	
Polyester plastic	26.0	35.6	7,222.2	9,888.9	
Magnesium	24.7	43.0	6,861.1	11,944.5	
Coal, bituminous	24–35	26–49	6,666.7–9,722.2	7,222.2–13,611.1	
PET plastic	23.5 (impure)		6,527.8		
Methanol	19.7	15.6	5,472.2	4,333.3	Fuel engines
Hydrazine (combusted to N ₂ +H ₂ O)	19.5	19.3	5,416.7	5,361.1	
Liquid ammonia (combusted to N ₂ +H ₂ O)	18.6	11.5	5,166.7	3,194.5	
PVC plastic (improper combustion toxic)	18.0	25.2	5,000.0	7,000.0	
Wood	18.0		5,000.0		Home heating, cooking
Peat briquette	17.7		4,916.7		
Sugars, carbohydrates, and protein metabolism	17	26.2 (dextrose)	4,722.2	7,277.8	Human and animal nutrition
Calcium	15.9	24.6	4,416.7	6,833.3	
Glucose	15.55	23.9	4,319.5	6,638.9	
Dry cow dung and camel dung	15.5		4,305.6		

Coal, lignite	10–20		2,777.8– 5,555.6		
Sodium (burned to wet sodium hydroxide)	13.3	12.8	3,694.5	3,555.6	
Sod peat	12.8		3,555.6		
Nitromethane	11.3		3,138.9		
Sulfur (burned to sulfur dioxide)	9.23	19.11	2,563.9	5,308.3	
Sodium (burned to dry sodium oxide)	9.1	8.8	2,527.8	2,444.5	
Battery, lithium-air rechargeable	9.0		2,500.0		
Household waste	8.0		2,222.2		
Zinc	5.3	38.0	1,472.2	10,555.6	
Iron (burned to iron(III) oxide)	5.2	40.68	1,444.5	11,300.0	
Teflon plastic (combustion toxic, but flame retardant)	5.1	11.2	1,416.7	3,111.1	
Iron (burned to iron(II) oxide)	4.9	38.2	1,361.1	10,611.1	
ANFO	3.7		1,027.8		
Battery, zinc-air	1.59	6.02	441.7	1,672.2	
Liquid nitrogen	0.77	0.62	213.9	172.2	
Compressed air at 300 bar (potential energy)	0.5	0.2	138.9	55.6	
Latent heat of fusion of ice (thermal)	0.335	0.335	93.1	93.1	
Water at 100 m dam height(potential energy)	0.001	0.001	0.278	0.278	

Quelle: www.engineeringtoolbox.com, Fossil and alternative fuel [Zugriff am 5.10.2018]

Aus der Tabelle geht klar hervor, dass die Batterien des elektrischen Antriebes am effektivsten sind. Aus der Einsicht wird ein vernünftiger Kunde das elektrische Auto über allen andere Antriebsformen präferieren. Das Problem sind die Kosten für Strom. Der Preis des Stroms ist dreimal so hoch wie der von den Ölprodukten. Die optimale Variante ist hier das Erdgas. Auch wenn die Steuerlast bei an allen Ölprodukten gleich angehoben würde, ist das Erdgas am billigsten. Und zwar deswegen, weil es keine Raffination braucht. Nur Filtration.

Der Stadtverkehr verursacht den größten Teil der Emissionen in den Städten. Die Volksgesundheit wird von dem Stadtverkehr am meisten beeinflusst. Die größten

Ökosünder sind die Kuriere, die Polizei, Firmenautos, Autobahnpolizei, Taxi. Sie alle fahren – 30.000 – 100.000 km/Jahr * 150 g CO₂ = 7,5 t CO₂ im Durchschnitt.

LKW-Verkehr emittiert im Durchschnitt – 200.000 km/Jahr * 700 g CO₂ = 140 t CO₂. Erst danach kommen die Nutzer von PKWs. Und am Ende sind die Feinschmecker mit Luxusautos, die bis zu 10.000 km im Jahr fahren. Aber genau diese sind am meisten belastigt.

70% von Rohölerzeugung wird im Straßenverkehr verbraucht. Davon 80% wird zu Benzin, 15% zu LPG und 5% umgewandelt. 3. 6 MJ = 1 kWh ≈ 1.34 HPh. Aus einem Liter Benzin kriegt man 34,2 KJ Energie erzeugt, das heißt ca. 9,5 kWh. Aus 7 Liter ist es ca. 67kWh = 91 PS = 23 kWh Strom, annehmend, dass die Effizienz beim Elektroantrieb dreimal so hoch ist wie beim Benzinantrieb. Pro ein Liter Benzin werden ca. 3 kWh benötigt, um den ausgefallenen Energiebedarf zu ersetzen. In den USA beim Verbrauch von 143 Milliarden Barrel Benzin im Straßenverkehr sind es 650.000.000 MWh. Das ist ungefähr so viel, wie die Atomkraftwerke in den Vereingten Staaten erzeugen. Eine einfache Antwort auf die Frage, wie wäre es möglich, Emissionen beim Straßenverkehr auf Null zu reduzieren, ist die Kapazität der Atomkraftwerke zu verdoppeln und gleichzeitig zu gewährleisten, dass der neuerzeugte Strom für den Betrieb der neuzugelassenen Elektroautos verbraucht wird.

4.2 Die Komödie der Statistiken

“In Norwegen wird mehr als die Hälfte der neuzugelassenen Autos mit Strom angetrieben.“ Dieser Satz jubelt der Erfolg der Revolution der Elektromobilität, die in jedem Land in kurzer Zeit stattfinden soll. Die Aussage behauptet die Präferenzlosigkeit im Bezug zur Antriebsart. Sie nimmt an, dass alle Hindernisse auf dem Weg zur Verbreitung der Elektromobilität, die mangelnde Infrastruktur, größere Nachfrage nach zusätzlicher Stromerzeugung und die ungenügende Reichweite, überwunden seien, zumindest in Norwegen. Wenn wir uns die Sache näher anschauen, sehen wir, dass es nicht so positiv ist. Unter diese Zahl fallen auch die Hybrid und Mildhybrid Modelle. Diese sind mit einem vollwertigen Benzinmotor ausgestattet. Es ist fraglich ob der Inhaber sich auch für ein rein elektrisches Model entscheiden würde, hätte er nur die Wahl zwischen einem Benzin- oder Elektro Antrieb. Die

Nutzfunktion eines Kunden wäre bei einem rein elektrischen Model niedriger. Wenn wir nur diese Modelle im Betracht ziehen, finden wir, dass die Variablen, die die Nutzenfunktion nach unten drücken, sind nicht zu vermeiden. Norwegen ist ein reiches Land. Ein Großanteil der Inhaber von Elektromobilen haben einen zweiten, konventionellen Wagen und zwar deswegen, um genau die auch in Norwegen existierenden Hindernisse der Elektromobilität zu überwinden. Anhand dieses Beispiels können wir sehen, dass die puren Verkaufsstatistiken keinen Aussagewert haben. Ein anderer Grund für die Präferenzen der Norweger für E-Autos sind die größte negative und positive Subvention in der Welt. Aufgrund letzter politischer Geschehen in Europa ist es klar, dass uns die Elektromobilität aufgezwungen wird. Es hat aber natürlich nichts mit Ökologie zu tun. An die Katastrophe der grünen Politik erinnert uns des Dieselgate Skandals, wo wir auch zu einer grünen "Diesel-Alternative" gezwungen worden waren. Die Milliardenverluste sollen uns Mahnung sein. Das nächste Elektrogate wird unsere Automobilindustrie wahrscheinlich nur schwerlich überleben.

4.3 Auswirkungen der energetischen Politik auf Staatsfinanzen

Die Subvention ist kostenpflichtig. Die Anreize, die zur Stimulierung des Markts mit Elektroautos führen sollen, stellen den Betrag in Staatsbudget dar, die niedrigere Verbrauchssteuereinnahmen aus den Treibstoffen aber auch. Jeder ersparte Liter Benzin odr Diesel verursacht nicht nur niedrigere CO₂-Emissionen, sondern auch niedrigere Steuererträge. Dieser Ausfall wird ausgeglichen werden müssen. Die Verbrauchssteuer auf Strom wird eingeführt werden müssen. Weil es unmöglich wird, zumindest bei den Haushaltsladern, den Strom für das Auto vom Reststrom zu trennen, wird die Verbrauchssteuer auf den ganzen Strom eingeführt werden müssen. Die Folge werden höhere Strompreise für alle sein. Die erhöhte Nachfrage nach Strom wird die Preise weiter erhöhen. Der Preis für Sprit wird im Gegenteil senken, was zu noch niedrigeren Steuereinnahmen führen wird. Dies wird nur dann wahr sein, wenn wir das Öl zur Erzeugung des Stroms aufgrund größerer Nachfrage nach Elektroautos benutzen.

4.4 Analyse der Kraftstoffpreise

Synthetische Treibstoffe – Emissionslose Alternative zu der “Alternative“

E-GAS - Das Projekt von Audi

Der Autohersteller Audi will in dem e-gas Projekt weltweit eine ganze Kette nachhaltiger Energieträger aufbauen, und zwar als erster von den Autofirmen.

„Die Audi e-gas-Anlage im norddeutschen Werlte, die der Anlagenbauer ETOGAS (vormals SolarFuel) im Auftrag der AUDI AG errichtet hat, ist die weltweit erste Anlage im industriellen Maßstab, die aus CO₂ und erneuerbarem Strom einspeisefähiges, synthetisches Erdgas generiert. Zu ihrem Betrieb dient regenerativer Strom, zum Beispiel aus Wind, Sonnenenergie oder Biomasse.“²¹

Die Audi e-gas-Anlage wurde offiziell im Juni 2013 eröffnet. Sie verfügt über eine Aufnahmeleistung von rund 6.000 kW. Das Ziel ist ein von den größten Problemen der Energiewende zu lösen, d.h. „vor allem dann Ökostrom beziehen, wenn ein kurzfristiges Überangebot vorliegt.“²²

„In der Anlage in Werlte wird der erneuerbare Strom in einem ersten Schritt mittels Elektrolyse in Wasserstoff (Audi e-hydrogen) umgewandelt, den Treibstoff für künftige Brennstoffzellenautos wie den Audi Q5 HFC. Zwei Hochdruckzylinder speichern bei dieser Technikstudie den Wasserstoff unter 700 bar Druck; eine Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzelle (PEM), die 98 kW leistet, liefert die Energie für den Elektroantrieb. Die beiden E-Maschinen geben zusammen 90 kW und 420 Nm Drehmoment ab.“²³

Die Wasserstoff- Versorgungsinfrastruktur, die benötigt wird, gibt es im Moment noch nicht. Deswegen ist Audi mit noch einem anderem innovativen Verfahrensschritt gekommen. „Durch Kombination des Wasserstoffs mit CO₂ entsteht in der

²¹ Vgl. www.audi-technology-portal.de, Audi e-gas [Zugriff am 5.10.2018]

²² Vgl. ebd.

²³ Vgl. www.audi-technology-portal.de, Audi e-gas [Zugriff am 5.10.2018]

Methanisierungsanlage, die der Elektrolyse nachgeschaltet ist, synthetisches erneuerbares Erdgas - das Audi e-gas. Es lässt sich vor Ort in das Erdgasnetz einspeisen und dort speichern.“²⁴

Das Kohlendioxid, ein Abfallprodukt, das sonst die Atmosphäre belasten würde, stammt aus einer Biogasanlage, d.h. es stammt aus organischem Abfall und nicht aus Energiepflanzen. Dadurch wird der Wettbewerb mit der Lebensmittelproduktion ausgeschaltet. „Die Audi e-gas-Anlage bindet das CO₂ in den Treibstoff ein. Somit ist das Audi e-gas ein klimaneutraler Treibstoff - bei der Verbrennung im Motor wird genau die Menge CO₂ frei, die vorher in der e-gas-Anlage gebunden wurde.“²⁵ So wird aus einem Abfallprodukt, das durch die Trennung aus Gasen von Industrie- und (Bio-) Abfallverbrennungsanlagen entsteht, häufig auch ein attraktives Geschäftsmodell.²⁶

„Audi e-gas ist ein energiereicher Kraftstoff, der chemisch mit fossilem Methan, dem Hauptbestandteil von Erdgas, identisch ist und sich hervorragend zum Antrieb von Verbrennungsmotoren eignet. Von 2013 an wird die Anlage in Werlte voraussichtlich etwa 1.000 Tonnen Methan pro Jahr produzieren und dabei 2.800 Tonnen CO₂ binden. Mit dem regenerativ erzeugten Audi e-gas können 1.500 Audi A3 Sportback g-tron jeweils 15.000 Kilometer pro Jahr CO₂-neutral fahren.“²⁷

Das Audi e-gas Projekt kann als Beispiel auch für weitere Firmen und Länder sein, da es beantwortet die wichtige Frage, wie man Öko-Strom effizient und ortsunabhängig speichern kann.

„Weht viel Wind, lassen sich Stromüberkapazitäten in Audi e-gas wandeln und im öffentlichen Gasnetz einlagern - mit seinen 217 Terrawattstunden Kapazität ist es der mit Abstand größte Energiespeicher in Deutschland. Aus dem Gasnetz kann man die Energie, wenn gewünscht, jederzeit ins Stromnetz zurückführen. Das Potenzial der Strom-Gas-

²⁴ Vgl. www.audi-technology-portal.de, Audi e-gas [Zugriff am 5.10.2018]

²⁵ Vgl. ebd.

²⁶ Vgl. www.frames-group.com, Biogas CO₂ capture solutions [Zugriff am 23.10.2018]

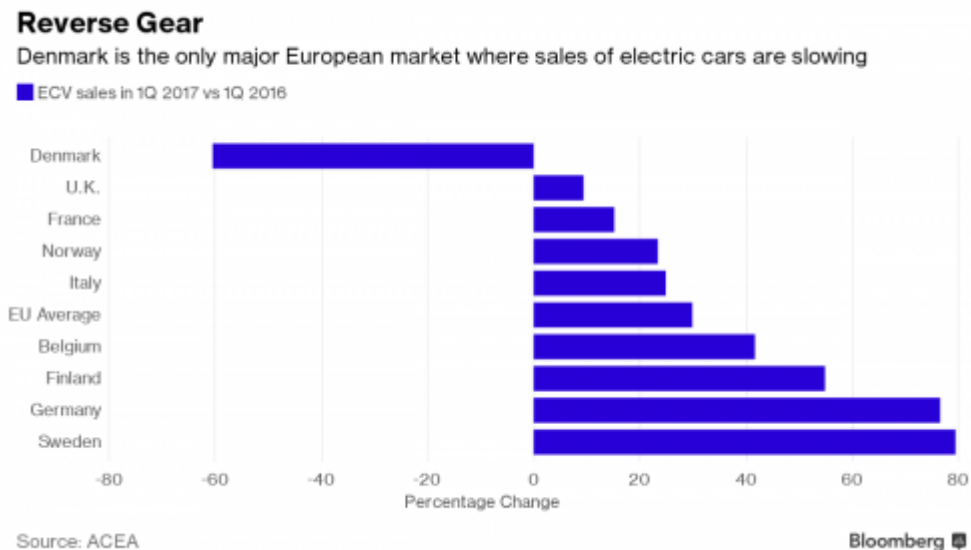
²⁷ Vgl. www.audi-technology-portal.de, Audi e-gas [Zugriff am 5.10.2018]

Kopplung, Wind- oder auch Solarenergie in großen Mengen zu speichern, kann dem Quellenausbau der erneuerbaren Energien starke Impulse verleihen. Das Audi e-gas Projekt lässt sich leicht auf alle Länder übertragen, in denen Erdgasnetze existieren.“²⁸

4.5 Fallstudie Dänemark

Der Verkauf von elektrisch aufladbaren Fahrzeugen, zu denen auch Plug-in-Hybride gehören, war im ersten Quartal 2017 laut den neuesten Daten der European Automobile Manufacturers Association (ACEA) in weiten Teilen Europas sehr lebhaft. Der Umsatz stieg im umweltfreundlichen Schweden um 80%, in Deutschland um 78%, in Belgien um etwas über 40% und wuchs in der gesamten Europäischen Union um etwa 30%. Wie man aus der folgenden Tabelle entnehmen kann, war die einzige Ausnahme Dänemark, wo der Umsatz um mehr als 60% zurückgegangen ist. Die Begründung ist einfach - die Regierung hat die Subventionen der Steuerzahler eingestellt.²⁹

Abbildung 8: Anstieg im Verkauf von Elektrofahrzeugen



Quelle: www.zerohedge.com, Reverse Gear [Zugriff am 5.10.2018]

²⁸ Vgl. www.audi-technology-portal.de, Audi e-gas [Zugriff am 5.10.2018]

²⁹ Vgl. Bloomberg, Denmark is killing Tesla and other electric cars [Zugriff am 15.9.2018]

Wie Bloomberg schreibt und Elon Musk nur zu gut weiß, bestätigen die Ergebnisse, dass ,saubere Energie-Fahrzeuge nicht attraktiv genug sind, um ohne irgendeine Form von steuerpflichtigen Subventionen zu konkurrieren.³⁰

Diese Entwicklung in Dänemark zeigt, wo die Technologie- / Kosten-Kurve für umweltfreundliche Fahrzeuge aktuell ist und warum die anhaltende Großzügigkeit der Regierungen auf der ganzen Welt für "grüne" Pioniere von entscheidender Bedeutung ist. Die Fallstudie zeigt ebenso, warum Trumps Entscheidung kürzlich aus dem Pariser Klimaschutzvertrag zurückzutreten, eine tödliche Bedrohung für dieses Geschäftsmodell ist. Dänemarks Faszination für grüne Autos ist allgemein bekannt. Die fahrradbegeisterten Menschen des Landes kauften 5.298 grüne Fahrzeuge im Jahre 2015. Es war mehr als doppelt so viel wie in diesem Jahr in Italien (mit zehnmal so viel Bevölkerung) verkauft wurde. Diese phänomenalen Verkaufszahlen hatten jedoch ebenso viel mit Preis und Bequemlichkeit zu tun wie mit der Umweltbewusstsein: Die Händler von Elektrofahrzeugen waren lange Zeit von der atemberaubenden Einfuhrsteuer von 180 Prozent verschont, die Dänemark auf Fahrzeuge mit einem herkömmlichen Verbrennungsmotor auferlegt.³¹

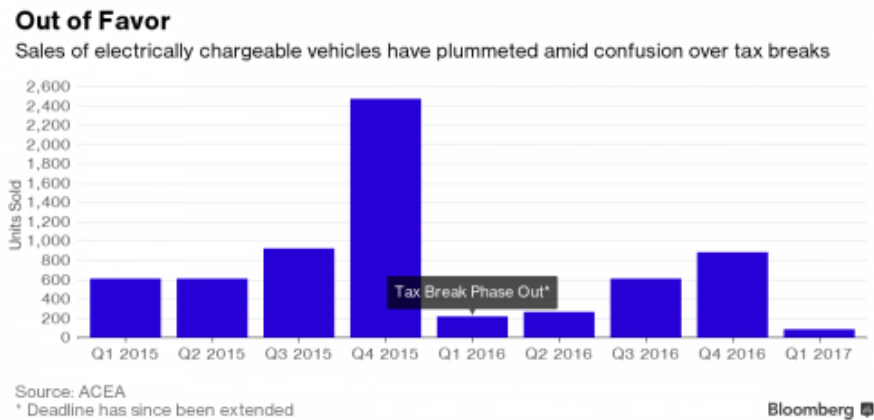
Im Herbst 2015 änderte sich alles, als die Regierung von Ministerpräsident Lars Lokke Rasmussen die schrittweise Abschaffung der Steuererleichterungen für Elektroautos ankündigte. Als Grund wurde der Wunsch, gleiche Wettbewerbsbedingungen zu schaffen, sowie die Budgetbeschränkungen genannt. Rückblickend wirkte sich diese Maßnahme tatsächlich negativ auf den Markt aus: Die folgende Abbildung zeigt den gesamten Einbruch der Umsätze nach dem Wegfall der Subventionen.³²

³⁰Vgl. www.zerohedge.com, Reverse Gear [Zugriff am 5.10.2018]

³¹ Vgl. Bloomberg, Denmark is killing Tesla and other electric cars [Zugriff am 15.9.2018]

³² Vgl. Ebd.

Abbildung 9: Einbruch der Umsätze nach dem Wegfall der Subventionen in Dänemark.



Quelle: www.zerohedge.com, Out of Favour [Zugriff am 5.10.2018]

Tesla, die Firma, deren Verkäufe damals explodierten, wurde am meisten getroffen. Das Unternehmen mit CEO Musk setzte sich gegen diese Maßnahme ein und warnte in Kopenhagen, dass der Verkauf betroffen sein würde. Wem würde die Warnung adressiert, ob der Bevölkerung Dänemarks, der Regierung oder den eigenen Aktionären und seinem eigenen Bankkonto, ist nicht klar. Aber er hatte absolut recht: insgesamt 2.738 Autos verkaufte Tesla 2015 in Dänemark und 2016 sank die Anzahl um 94% auf nur 176 Einheiten.³³

Der Chef der dänischen Elektroauto-Allianz, Laerke Flader, sagte, dass der Preis (sprich Subventionen der Steuerzahler) entscheidend ist und das neue Steuerregime des Landes den Markt vollständig getötet hat.³⁴

³³ Vgl. Bloomberg, Denmark is killing Tesla and other electric cars [Zugriff am 15.9.2018]

³⁴ Vgl. Wirtschaft in Europa (2017): Keine Staats-Prämie für Elektroautos: Verkäufe stürzen ab [Zugriff am 5.10.2018]

Abbildung 10: Tesla-Verkauf in Dänemark



Quelle: www.zerohedge.com, Tesla Blues, [Zugriff am 5.10.2018]

Es ist wahrscheinlich offensichtlich, wie die Geschichte weiterging. Der ursprüngliche Plan der Regierung bestand darin, Steuervergünstigungen von 2016 bis 2020 abzuschaffen. Dann würden die Elektrofahrzeuge genau wie Autos mit fossilen Brennstoffen behandelt. Die Regierung beschloss jedoch, die Regeln zu ändern, nachdem sie einen Umsatzrückgang stärker als erwartet bei den Elektrofahrzeugen gesehen hatten.³⁵

Der Übergang zu einer Zeit nach der Subventionierung wurde verschoben. Nach den neuen Regeln sollten im Zeitraum von 2016 bis 2018 zunächst mindestens 5.000 neue Elektroautos verkauft werden. Ab 2019 werden die Verkaufszahlen nicht mehr gemessen und die Steuervergünstigungen werden schrittweise beseitigt.³⁶

Der neue Plan hat folgende Punkte:

- Im Jahr 2019 - 40 Prozent Zulassungssteuer abzüglich 10.000 Kronen (ca. 1.300 €)
- im Jahr 2021 - die Steuer steigt auf 65 Prozent

³⁵ Vgl. Bloomberg, Denmark is killing Tesla and other electric cars [Zugriff am 15.9.2018]

³⁶ Vgl. Ebd.

- im Jahr 2021 - die Steuer steigt auf 90 Prozent
- im Jahr 2022 - wird die Steuer 100 Prozent betragen

Es bleibt unklar, ob auch Lobby von Tesla die Entscheidung der dänischen Regierung beeinflusst hat. Was jedoch klar ist, ist dass diese Änderungen die Kunden verwirrt haben und es gibt keine große Hoffnung auf eine sofortige Erholung des Umsatzes. Viele potenzielle Kunden wollen jetzt lieber abwarten oder haben auf ihre Einkäufe verzichtet.

„In anderen skandinavischen Staaten werden E-Autos immer noch großzügig gefördert. So zahlt Schweden jedem Käufer eine Prämie von 40.000 Kronen (4.000 Euro).“³⁷

Sobald die Händler in Dänemark wieder steuerfreie Preise anbieten dürfen, kann man laut Laerke Flader wieder mit einer Umsatzerholung rechnen. Er sagte, dass die dänische Elektroauto-Industrie „nicht in einen Markt investieren möchte, der nächstes Jahr möglicherweise nicht da ist. Sie würden eher dort investieren, wo die Bedingungen langfristig besser und vorhersehbarer sind.“³⁸ Das kann man als eine Menge garantierter Steuerzuschüsse übersetzen. Die Begeisterung der Kunden für alles „grüne“ wird aber diesmal wahrscheinlich nicht so offensichtlich.

Die dänische Fallstudie hat gezeigt, wie viel die Marktkapitalisierung (market cap?) von Tesla von der Großzügigkeit der Regierung abhängt. Der Verkauf stürzt ab, sobald man die Subventionen wegnimmt, und zwar um über 90%. Der gleiche Verfall würde auch mit der Marktkapitalisierung von Tesla passieren (die derzeit bei über 800.000 USD pro verkauftes Auto liegt), falls andere Länder gleiche Änderungen wie Dänemark einführen.³⁹

³⁷ Vgl. Wirtschaft in Europa (2017): Keine Staats-Prämie für Elektroautos: Verkäufe stürzen ab [Zugriff am 5.10.2018]

³⁸ Vgl. Vgl. Wirtschaft in Europa (2017): Keine Staats-Prämie für Elektroautos: Verkäufe stürzen ab [Zugriff am 5.10.2018]

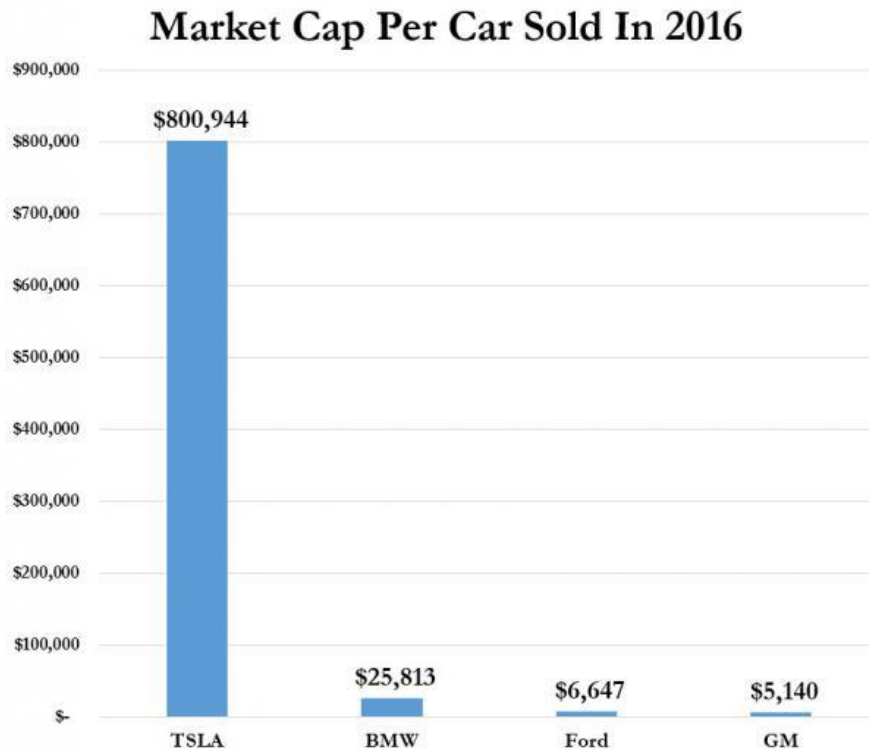
³⁹ Vgl. Bloomberg, Denmark is killing Tesla and other electric cars [Zugriff am 15.9.2018]

Abbildung 11: Marktkapitalisierung von BMW, General Motors, Ford und Tesla im Vergleich



Quelle: www.businessinsider.com, Tesla Values [Zugriff am 5.10.2018]

Abbildung 12: Marktkapitalisierung pro Auto 2016



Quelle: seekingalpha.com, How Many Widgets Does Tesla Have To Produce? [Zugriff am 5.10.2018]

4.6 Fallstudie Norwegen

Wenn es sich um Elektroautos handelt, ist Norwegen ein führendes Land. Nicht nur in der Hauptstadt Oslo, sondern auch im Rest des Landes, betragen Elektro- oder Hybridautos mehr als die Hälfte der Neuwagenverkäufe im vergangenen Jahr. Das norwegische Parlament hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2025 alle neuen Autos emissionsfrei zu fahren. Andere Länder haben ähnliche Ziele mit weitaus längeren Horizonten, wie z.B. Großbritannien und Frankreich im Jahr 2040 oder Indien im Jahr 2030.⁴⁰

Die Motivation der norwegischen Bevölkerung ist jedoch sehr einfach, und zwar geht es auch um Geld und nicht nur um den ökologischen Nutzen.

⁴⁰ Vgl. Petroff, A. (2017): These countries want to ditch gas and diesel cars [Zugriff am 5.10.2018]

Einwohner, die ein reines Elektrofahrzeug kaufen, werden mit Anreizen im Wert von mehreren Tausend Euro belohnt, statt Besteuerung, die normalerweise die Autofahrer bestraft.

Um genauer zu sein, werden die Käufer nicht nur von 25% Mehrwertsteuer und von den starken Einfuhr- oder Kaufsteuern befreit, sondern auch von der Straßensteuer und Mautgebühren. Zu den weiteren Vergünstigungen gehören kostenlose Parkplätze in Städten, Möglichkeit die Busspuren zu nutzen oder Fahren zum halben Preis. Deshalb ist Norwegen mit einer Bevölkerung von nur 5,35 Millionen der drittgrößte Markt der Welt für Elektrofahrzeuge gleich nach USA und China.

Die Fahrkosten

Der Kauf eines Benzin- oder Dieselautos in Norwegen ist teuer. Zum Vergleich: Ein Volkswagen Golf 1.4, 90 KW Trendline (oder ein gleichwertiges neues Auto) kostet in Norwegen 36.300 \$, in Österreich 24.400 \$, in den USA 21.800 \$ und in Großbritannien 23.500 \$.⁴¹ Der Unterschied ist erheblich, auch wenn man die höheren Verbraucherpreise in Norwegen berücksichtigt. Die Herstellung und der Kauf von Elektroautos kosten zwar mehr, da sie aber nicht der ursprünglichen Steuer und der Mehrwertsteuer unterliegen, ist der Preis von Elektrofahrzeugen mit dem Preis von Fahrzeugen mit fossilen Brennstoffen vergleichbar. Zum Vergleich: VW e-Golf kostet in Norwegen 39.800 \$ und in Österreich 46.000 \$, d.h. der Preisunterschied zwischen Elektrofahrzeugen und Fahrzeugen mit fossilen Brennstoffen liegt nur bei 3.500 \$ in Norwegen, während in Österreich bei 21.600 \$. In der Tabelle 10 sind Preisunterschiede für weitere ausgewählte Länder aufgelistet.

Tabelle 10: Preisvergleich von VW Golf und e-Golf in ausgewählten Ländern

Land	VW Golf 1.4 Preis	VW e-Golf Preis	Preisunterschied
Norwegen	36.327 \$	39.775 \$	3.448 \$
Österreich	24.422 \$	46.043 \$	21.621 \$
Deutschland	23.259 \$	41.964 \$	18.705 \$
Großbritannien	23.520 \$	42.876 \$	19.356 \$
USA	21.760 \$	30.495 \$	8.735 \$

⁴¹ Vgl. www.numbeo.com, Cost of living [Zugriff am 5.10.2018]

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an: www.numbeo.com, Cost of living [Zugriff am 5.10.2018]

Unter Berücksichtigung des norwegischen Steuersystems muss zu dem Preis eines Benzfahrzeugs die Zulassungssteuer und die Mehrwertsteuer von 25% hinzugefügt werden.

Es ist ebenfalls zu berücksichtigen, dass die elektrische Version billiger zu fahren ist. Mit einem Elektrofahrzeug kann man mehr als 3.400 \$ pro Jahr sparen - bei jährliche Ladekosten von durchschnittlich 400 \$ im Vergleich mit Benzinkosten von durchschnittlich 1.700 \$ wird ca. 1.300 \$ gespart, die Befreiung von Mautgebühren bringt weitere 1.700 \$ pro Jahr und durch die Einsparungen bei der Straßensteuer werden weitere 400 \$ erspart.

Die Versicherungskosten für Autos mit Elektro- und fossilen Brennstoffen sind in Norwegen ähnlich, wobei in anderen Ländern die elektrische Version etwas teurer zu versichern ist.

Hinter den Zahlen

Das Erreichen des Ziels, bis 2025 alle neuen Fahrzeuge emissionsfrei zu fahren, könnte trotz der Begeisterung in Norwegen relativ schwierig sein. Die meisten Norweger benutzen ein Elektroauto als Zweitwagen, wobei als Motivation das Ersparnis von Maut bei Pendlern zu sehen ist. Die Wirtschaftlichkeit vom Bauen einer zu Spitzenzeiten ausreichender Ladeinfrastruktur ist ebenfalls fraglich. Das wird einen Kompromiss zwischen längeren Stopps und Lade-Warteschlangen auf langen Strecken und täglichen Kosten und Zeiteinsparungen für die Fahrer bedeuten.⁴²

Laut norwegischem Verband für Elektrofahrzeuge, besitzen 70% von den 60.000 Mitglieder auch ein Auto mit fossilen Brennstoffen. Viele Einwohner fahren immer noch mit großen SUVs zum Langlauffahren in die Natur.

Müssen Porsches und Lamborghinis notwendig eine Hybridisierung eingehen, somit die Welt gerettet wird? Die Antwort lautet, der Studie (Teil der Regressionsanalyse) zufolge:

⁴² Vgl. Jones, H. (2018): What's put the spark in Norway's electric car revolution? [Zugriff am 5.10.2018]

Nein. Es ist eine reine Schikane der Gesetzgeber. Die Autos aus der Spitze der Autohierarchie gelten für die Jubeln der Industrie und sollen als technische Wunder zur technologischen Erbe zählen und geschützt werden. Kein Hybrid für Ferrari!

Die Kohlenoxid Emissionen sollen aufgrund der marginalen Kosten betrachtet. Man solle erwägen, wie viel CO₂ jede nächste EURO verhindert. Es ist wirtschaftlich effektiver, einen LKW auf CNG umzubauen, als einen Hybrid noch emissionsärmer zu machen.

Die marginalen Kosten auf grüne Energie soll man auch im Rahmen der Wirtschaftsleistung jenes Staates abzubilden. Ein zusätzlich investierter Euro in China bringt ja mehr CO₂ Ersparnisse als im Land mit kleinerem Anteil der CO₂ abhängige Energiequellen.

4.7 Regressionsanalyse Neuzulassungen

In dem praktischen Teil der Arbeit werden Daten mittels einer Regression analysiert und ausgewertet. Die Daten von einzelnen EU Staaten, die folgend für die Regressionen benutzt werden, zeigt die Tabelle 11. Für jedes Land wird die Anzahl an neuzugelassenen Fahrzeugen, die Anzahl der Bevölkerung und daraus resultierende Anzahl an Neuzulassungen pro Kopf aufgelistet. Weiters werden die Neuzulassungen mit alternativem Antrieb gesamt und in einzelnen Kategorien, d.h. die Neuzulassungen von ECV (electric chargable vehicles), die Neuzulassungen von Hybridmodelle und die Neuzulassungen ohne Elektrik (Gas) in der Tabelle dargestellt.

Tabelle 11: Daten für die Regression

Land	Neuzulassungen	Bevölkerung	Neuzulassungen pro Kopf	Neuzulassungen mit alternativem Antrieb gesamt	Neuzulassungen von ECV (electric chargeable vehicles) gesamt	Neuzulassungen von Hybridmodelle gesamt	Neuzulassungen ohne Electric (Gas)
ÖSTERREICH	353 320	8 861 091	0,03987	14 161	7 154	6 572	435
BELGIEN	546 558	11 502 204	0,04752	29 543	14 299	12 571	2 673
BULGARIEN	31 244	7 050 034	0,00443	1 301	106	1 195	0
TSCHECHIEN	271 595	10 625 449	0,02556	7 223	307	2 826	4 090
DÄNEMARK	221 818	5 808 202	0,03819	8 490	1 342	7 101	47
ESTLAND	25 020	1 315 000	0,01903	1 271	43	1 188	40
FINNLAND	118 581	5 519 463	0,02148	12 003	3 055	8 514	434
FRANKREICH	2 110 748	67 401 000	0,03132	108 318	36 835	69 680	1 803
DEUTSCHLAND	3 441 262	83 080 010	0,04142	117 989	54 617	55 236	8 136
GRIECHENLAND	88 083	10 816 286	0,00814	2 906	199	2 348	359
UNGARN	116 265	9 771 000	0,0119	4 765	1 192	3 539	34
IRLAND	131 355	4 857 000	0,02704	5 383	948	4 435	0
ITALIEN	1 970 497	60 494 118	0,03257	230 010	4 827	63 398	161 785
LETTLAND	16 692	1 934 379	0,00863	492	56	344	92
LITAUEN	25 865	2 797 000	0,00925	767	52	715	0
NIEDERLANDE	417 075	17 262 100	0,02416	30 891	11 079	17 667	2 145
POLEN	486 352	38 611 020	0,0126	28 015	1 068	16 896	10 051
PORTUGAL	222 134	10 291 196	0,02158	10 530	4 082	4 692	1 756
RUMÄNIEN	105 083	19 622 000	0,00536	2 227	188	2 039	0
SLOWAKEI	96 085	5 443 120	0,01765	2 905	209	1 936	760
SLOWENIEN	70 892	2 066 880	0,0343	1 843	456	1 005	382
SPANIEN	1 234 931	46 788 820	0,02639	67 916	7 476	55 522	4 918
SCHWEDEN	379 393	10 216 988	0,03713	44 163	19 678	19 562	4 923
GROSSBRITANIEN	2 540 617	66 040 229	0,03847	119 821	47 298	72 523	0
NORWEGEN	158 650	5 312 343	0,02986	82 853	62 313	20 500	40
SCHWEIZ	314 028	8 544 034	0,03675	17 569	8 391	8 414	764

Land	BIP Nominal \$	KKB \$	Subvention	VW Golf 1.4 Preis \$	VW e-Golf Preis \$	Preisunterschied	Benzin Preis \$
ÖSTERREICH	47 290	49 869	1	24 422	46 043	21 621	1,37
BELGIEN	43 582	46 553	1	24 422	46 885	22 463	1,62
BULGARIEN	8 064	21 687	1	20 822	44 772	23 950	1,28
TSCHECHIEN	20 152	35 512	1	19 625	45 058	25 433	1,41
DÄNEMARK	56 444	49 883	1	38 954	49 594	10 640	1,64
ESTLAND	19 840	31 749	1	19 770	46 389	26 619	1,53
FINNLAND	46 017	44 333	1	28 032	44 772	16 740	1,74
FRANKREICH	39 869	43 760	1	23 259	46 242	22 983	1,61
DEUTSCHLAND	44 550	50 425	1	23 259	41 964	18 705	1,58
GRIECHENLAND	18 637	27 737	1	20 933	45 353	24 420	1,80
UNGARN	15 531	29 474	1	19 811	44 772	24 961	1,34
IRLAND	70 638	75 539	1	27 911	53 010	25 099	1,61
ITALIEN	31 984	38 140	1	23 433	46 873	23 440	1,76
LETTLAND	15 547	27 644	1	19 966	47 241	27 275	1,44
LITAUEN	16 730	32 299	1	19 928	46 776	26 848	1,37
NIEDERLANDE	48 346	53 635	1	27 940	46 382	18 442	1,83
POLEN	13 822	29 521	1	18 899	44 772	25 873	1,29
PORTUGAL	21 161	30 417	1	29 074	48 390	19 316	1,75
RUMÄNIEN	10 757	24 508	1	18 426	44 516	26 090	1,37
SLOWAKEI	17 664	33 025	1	17 444	40 795	23 351	1,53
SLOWENIEN	23 654	34 408	1	20 933	44 772	23 839	1,51
SPANIEN	28 359	38 286	1	20 933	44 927	23 994	1,44
SCHWEDEN	53 218	51 475	1	22 097	45 433	23 336	1,61
GROSSBRITANIE N	39 735	44 117	1	23 520	42 876	19 356	1,59
NORWEGEN	74 941	71 831	1	36 327	39 775	3 448	1,85
SCHWEIZ	80 591	61 422	1	25 840	42 561	16 721	1,63

Land	Neuzulassungen mit alternativem Antrieb/Neuzulassungen	Neuzulassungen mit ECV (electric chargeable vehicles) / gesamten Neuzulassungen	VW Golf 1.4 Preis \$	VW e-Golf Preis \$	Golf/e-Golf Preisverhältnis	Anteil an Infrastruktur	Neuzulassungen Gas/Neuzulassungen
ÖSTERREICH	4,01%	2,02%	24 422	46 043	0,5304	TBD.	0,12%
BELGIEN	5,41%	2,62%	24 422	46 885	0,5209	TBD.	0,49%
BULGARIEN	4,16%	0,34%	20 822	44 772	0,4651	TBD.	0,00%
TSCHECHIEN	2,66%	0,11%	19 625	45 058	0,4355	TBD.	1,51%
DÄNEMARK	3,83%	0,61%	38 954	49 594	0,7855	TBD.	0,02%
ESTLAND	5,08%	0,17%	19 770	46 389	0,4262	TBD.	0,16%
FINNLAND	10,12%	2,58%	28 032	44 772	0,6261	TBD.	0,37%
FRANKREICH	5,13%	1,75%	23 259	46 242	0,5030	TBD.	0,09%
DEUTSCHLAND	3,43%	1,59%	23 259	41 964	0,5543	TBD.	0,24%
GRIECHENLAND	3,30%	0,23%	20 933	45 353	0,4616	TBD.	0,41%
UNGARN	4,10%	1,03%	19 811	44 772	0,4425	TBD.	0,03%
IRLAND	4,10%	0,72%	27 911	53 010	0,5265	TBD.	0,00%
ITALIEN	11,67%	0,24%	23 433	46 873	0,4999	TBD.	8,21%
LETTLAND	2,95%	0,34%	19 966	47 241	0,4226	TBD.	0,55%
LITAUEN	2,97%	0,20%	19 928	46 776	0,4260	TBD.	0,00%
NIEDERLANDE	7,41%	2,66%	27 940	46 382	0,6024	TBD.	0,51%
POLEN	5,76%	0,22%	18 899	44 772	0,4221	TBD.	2,07%
PORTUGAL	4,74%	1,84%	29 074	48 390	0,6008	TBD.	0,79%
RUMÄNIEN	2,12%	0,18%	18 426	44 516	0,4139	TBD.	0,00%
SLOWAKEI	3,02%	0,22%	17 444	40 795	0,4276	TBD.	0,79%
SLOWENIEN	2,60%	0,64%	20 933	44 772	0,4675	TBD.	0,54%
SPANIEN	5,50%	0,61%	20 933	44 927	0,4659	TBD.	0,40%
SCHWEDEN	11,64%	5,19%	22 097	45 433	0,4864	TBD.	1,30%
GROSSBRITANIEN	4,72%	1,86%	23 520	42 876	0,5486	TBD.	0,00%
SCHWEIZ	5,59%	2,67%	25 840	42 561	0,6071	TBD.	0,24%

Quelle: Eigene Darstellung nach: www.vw.com und weiteren Webseiten der Automarken in den gelisteten Ländern [Zugriff am 5.10.2018]

Regression-Neuzulassungen pro Kopf-BIPn

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,690459
R Square	0,476734
Adjusted R Square	0,454931
Standard Error	0,009223
Observations	26

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,001860065	0,00186	21,86573242	9,463E-05
Residual	24	0,002041621	8,51E-05		
Total	25	0,003901686			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	0,010486107	0,0035969	2,915318	0,007581988	0,00306247	0,01790974	0,00306247	0,017909744
X Variable 1	4,72069E-07	1,00954E-07	4,676081	9,463E-05	2,6371E-07	6,8043E-07	2,6371E-07	6,80428E-07

Ich habe die Korrelation zwischen BIP nominal und Neuzulassungen untersucht. Die Häufigkeit der Neuzulassungen ist hier durch den Anteil der neuzugelassene KFZs pro Person in jenem Land ausgedrückt. Je größer die Zahl ist, desto mehr Autos werden pro Kopf gekauft.

Die Nullhypothese schlägt vor, (bis) inwiefern sich die Abhängigkeit der Häufigkeit der neuzugelassenen Kraftfahrzeuge von der Größe des BIPs pro Person durch einen Zufall erklären lässt?

p Wert = 0.009463. Das heißt, dass für den beobachteten Zusammenhang ist der Zufall mit 0.9% Wahrscheinlichkeit verantwortlich. Das spricht von der Stärke des Models aus.

Die zweite Potenz der standarden Ausweichung des Models, $R^2 = 0.454931$.

R² = zweite Potenz der Korrelation zwischen X und Y. R=1 meint, dass die absolute lineare Beziehung zwischen die erklärte und erklärende existiert.

R²= Summe der zweiten Potenzen durch Model erklärt, oder generell, die Zahl der Elementen der erklärten Variable in der Statistischen Probe Y durch erklärbaren Variablen X

R² = 0.454931 bedeutet, dass 45% der Variationen in Neuzulassungen Y können durch der Höhe der BIP pro Person erklärt werden

Ich umforme weiter das Model nach dem BIP pro Kopf, kaufkraftbereinigt.

BIP kkb

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,647358
R Square	0,419072
Adjusted R Square	0,394867
Standard Error	0,009718
Observations	26

<i>ANOVA</i>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,001635087	0,0016351	17,313199	0,000350601
Residual	24	0,002266599	9,444E-05		
Total	25	0,003901686			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	0,00089378	0,006104413	0,146416	0,8848159	0,011705106	0,01349267	0,0117051	0,013492673
X Variable 1	5,824E-07	1,39969E-07	4,1609133	0,0003506	2,93516E-07	8,7128E-07	2,9352E-07	8,71278E-07

P-wert ist in diesem Fall größer. Die R² ist umgekehrt kleiner. Das Model ist schwächer. Die Unterschiede in BIP unter Länder sind in diese Probe kleiner. Die Zahl der Neuzugelassene

KFZs bleibt aber sehr unterschiedlich. BIP kaufkraftbereinigt ist fast gleich in Slowakei und Italien. Trotzdem werden in Italien fast zweimal so viele Autos pro Person verkauft als in der Slowakei. Vergleichung von diesen zwei Länder spricht für die Schwäche des Models aus. Umgekehrt ist es, wenn ich die Schweiz mit Österreich vergleiche. Im Model mit BIP nominal wäre zu erwarten, dass in der Schweiz zweimal so viele neue Autos zugelassen werden. Der tatsächliche Stand ist, dass die gleiche Zahl der neuzugelassenen Fahrzeuge demgleichen Wert des kaufkraftbereinigtem BIPS entspricht.

ECVZull-Preis. G-eG

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,719492
R Square	0,517669
Adjusted R Square	0,497572
Standard Error	0,053593
Observations	26

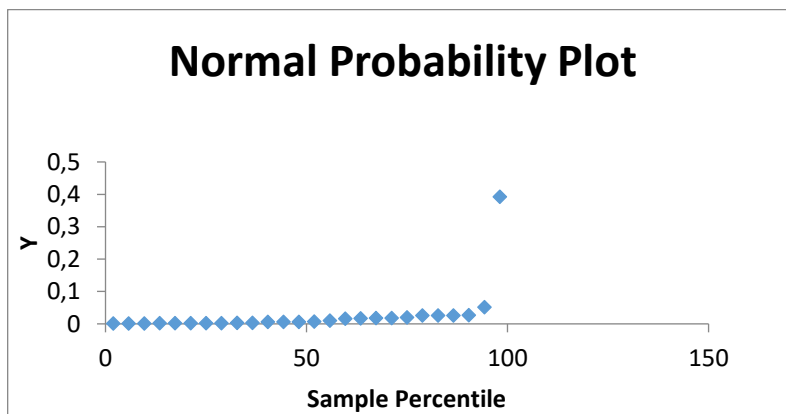
ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,073983922	0,0739839	25,75838766	3,43539E-05
Residual	24	0,068933435	0,0028722		
Total	25	0,142917357			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	-0,21576881	0,048951767	-4,407784	0,000187267	-0,31680029	0,11473733	-0,31680029	0,114737332
X Variable 1	0,464510794	0,091524312	5,0752722	3,43539E-05	0,275613898	0,65340769	0,275613898	0,65340769

PROBABILITY OUTPUT

<i>Percentile</i>	<i>Y</i>
1,923076923	0,00113036

5,769230769	0,001718625
9,615384615	0,001789062
13,46153846	0,002010439
17,30769231	0,002175157
21,15384615	0,00219594
25	0,002259233
28,84615385	0,002449636
32,69230769	0,003354901
36,53846154	0,003392651
40,38461538	0,006050005
44,23076923	0,00605378
48,07692308	0,00643232
51,92307692	0,007217083
55,76923077	0,010252441
59,61538462	0,015871212
63,46153846	0,017451159
67,30769231	0,018376295
71,15384615	0,018616738
75	0,020247934
78,84615385	0,025762981
82,69230769	0,026161908
86,53846154	0,026563568
90,38461538	0,026720547
94,23076923	0,051867061
98,07692308	0,392770249



Die Nullhypothese schlägt vor, inwiefern sich die Abhängigkeit des Anteils des neuzugelassenen ECVs an gesamt neuzugelassenen KFZs vom Preisunterschied des Golfs zu e-Golf durch einen Zufall erklären lässt?

p Wert = 0.000351

Das heißt, dass für den beobachteten Zusammenhang ist der Zufall mit 0.03% Wahrscheinlichkeit verantwortlich. Das spricht von der Stärke des Modells aus.

Eine Grenzwert stellt Norwegen dar. Ich lasse die Regression ohne Norwegen laufen. Das Model sollte schwächer sein, aber immer noch stark.

Regression ohne Norwegen

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,403639237
R Square	0,162924633
Adjusted R Square	0,126530052
Standard Error	0,011583882
Observations	25

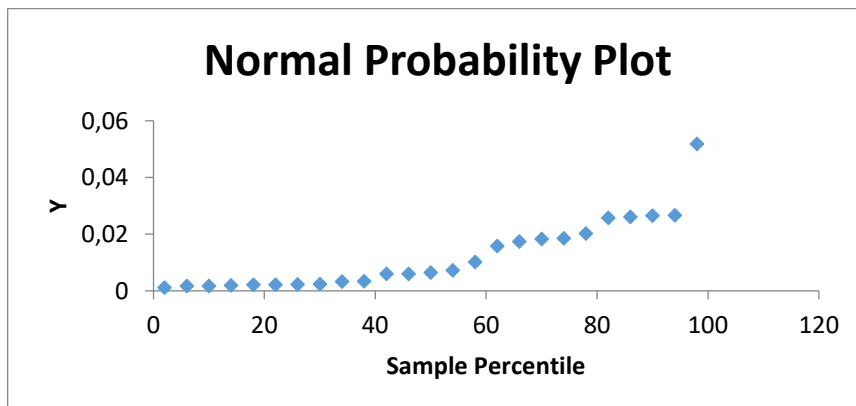
ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,000600701	0,0006007	4,4766179	0,045399717
Residual	23	0,003086285	0,0001342		
Total	24	0,003686986			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	-0,01671372	0,013881498	1,2040285	0,240823915	-0,04542979	0,012002347	0,04542979	0,012002347
X Variable 1	0,057146959	0,027009597	2,115802	0,045399717	0,00127335	0,113020568	0,00127335	0,113020568

PROBABILITY OUTPUT

<i>Percentile</i>	<i>Y</i>
2	0,00113036
6	0,001718625
10	0,001789062

14	0,002010439
18	0,002175157
22	0,00219594
26	0,002259233
30	0,002449636
34	0,003354901
38	0,003392651
42	0,006050005
46	0,00605378
50	0,00643232
54	0,007217083
58	0,010252441
62	0,015871212
66	0,017451159
70	0,018376295
74	0,018616738
78	0,020247934
82	0,025762981
86	0,026161908
90	0,026563568
94	0,026720547
98	0,051867061



Das Model ohne Norwegen ist offensichtlich schwächer. Der -P Wert ist fast 5 Prozent. Immer noch gut genug, um die Nullhypothese abzulehnen.

Der Kostenunterschied ist zwischen Elektroautos und konventionelle Autos mit Verbrennungsmotor ist fast zweifacher. Mittels legislativer Emissionsbeschränkungen

werden sich die Elektroantriebe immer mehr unter Motorhauben ihren Weg finden. Das ist kostspielig für die Hersteller als auch für die Konsumenten. Drastische Preiserhöhungen der Automobilen sind zu erwarten. Es herrscht berechtigt Besorgnis, dass die höheren Preisen zu niedrigeren Verkaufszahlen der Autoherstellern führen werden. Die rufen nach Subventionen auf neue Elektroautos auf. Abgesehen von größeren Ausgaben der öffentlichen Budgets, um die Subventionen zu finanzieren, droht der Elektrogate nachdem Dieselgate den Fahnschiff der Europäischen Industrie, das Automobilismus, endlich zu sinken.

Bezüglich dieses Themas hört man, dass die Leute in Osteuropäische Länder wegen ihres niedrigen Einkommen sich nicht mehr neue Autos erlauben werden können. Das mag so sein, aber in generell stellt diese Ursache kein großartiges Problem dar. Denn z. B. in Bulgarien werden pro Jahr so viele Autos verkauft, wie in Bezirken Graz und Graz-Umgebung insgesamt. Zynismus an Seite. Die behördliche Emissionsbeschränkungen könnten in Osteuropa deswegen eine mildere Ebene annehmen. Bevor sich die Verkaufszahlen, mit denen von Westeuropa ausgleichen, könnten die Autos in Osteuropa mit kleiner Anspruch an Investitionen in der emissionsarme Technologie.

CO2 pro BIP Analyse

Tabelle 12: Emissionen nach Treibstoff

	CO2 kg/Energiequellen kWh
Erdgas	0,2
LPG	0,23
Benzin	0,25
Kerosin	0,26
Rohöl	0,26
Diesel	0,27
Mazut	0,28
Schwarzkohl	0,34
Braunkohl	0,36
Span	0,38
Holz.	0,39

Quelle: volker-quacshing.de [Zugriff am 20.11.2018]

Tabelle 13: Emissionen pro 1\$ BIP

Land	Emissionen Total	BIP total	g CO2 pro 1\$ BIP	BIP pro Kopf
Russland	1 661 899 320 000 000,00	1 284 727 602 173,71	1 293,58	8759,036118
Japan	1 239 592 010 000 000,00	4 949 273 341 993,88	250,46	38972,34064
Deutschland	775 752 180 000 000,00	3 477 796 274 496,80	223,06	42232,57421
Canada	675 918 610 000 000,00	1 535 767 736 946,18	440,12	42348,94546
Iran	642 560 010 000 000,00	418 976 711 586,86	1 533,64	5219,109805
Korea	604 043 830 000 000,00	1 414 804 158 515,26	426,95	27608,24743
Indonesien	530 035 650 000 000,00	932 256 495 234,25	568,55	3570,284615
Saudi Arabien	517 079 410 000 000,00	644 935 541 446,45	801,75	19871,71897
Brasilien	462 994 920 000 000,00	1 793 989 048 409,29	258,08	8639,365743
Mexico	441 412 750 000 000,00	1 076 912 039 691,17	409,89	8443,691924
Australien	414 988 700 000 000,00	1 208 039 015 868,39	343,52	49896,6811
Südafrika	390 557 850 000 000,00	295 762 685 147,67	1 320,51	5280,017633
Türkei	368 122 740 000 000,00	863 721 647 958,68	426,21	10862,72538
Vereinigtes Königreich	367 860 350 000 000,00	2 650 850 178 102,14	138,77	40412,03362
Italien	358 139 550 000 000,00	1 859 383 610 248,72	192,61	30668,98143
Frankreich	331 533 320 000 000,00	2 465 134 297 438,91	134,49	36870,21913
Polen	296 659 670 000 000,00	471 400 273 917,01	629,32	12415,04329
Taiwan	276 724 870 000 000,00	530 680 000 000,00	521,45	\$22 541,00
Thailand	271 040 160 000 000,00	411 755 164 832,67	658,26	5979,293546
Malaysien	266 251 540 000 000,00	296 535 930 381,12	897,87	9508,23775

Spanien	251 892 320 000 000,00	1 237 255 019 653,86	203,59	26616,7578
Ukraine	233 220 080 000 000,00	93 270 479 388,52	2 500,47	2185,728031
Kazakhstan	231 919 540 000 000,00	137 278 320 084,17	1 689,41	7714,841844
Egypt	219 377 350 000 000,00	332 927 833 278,04	658,93	3479,281246
Vereinigten Arabischen Emiraten	218 788 680 000 000,00	357 045 064 669,84	612,78	38517,80039
Vietnam	206 042 140 000 000,00	205 276 172 134,90	1 003,73	2170,648054
Argentinien	200 708 270 000 000,00	554 860 945 013,62	361,73	12654,355
Österreich	73 764 110 000 000,00	390 799 991 147,47	188,75	44731,01086
Tschechien	111 825 430 000 000,00	195 305 084 919,14	572,57	18483,71648
Slowakei	36 817 240 000 000,00	89 768 598 023,39	410,13	16529,54097
Total	30 655 598 620 000 000,00	32 176 489 262 702,10	952,73	
Welt	35 755 322 000 000 000,00	75 936 811 478 760,20	470,86	\$10 124,91
Anteil der eingelistenen Ländern	85,74%	0,423727157		
EU 28	3 431 656 000 000 000,00	16 491 855 791 194,90	208,08	32259,86726

Quelle: data.worldbank.org, GDP (current US\$). [Zugriff am 15.8.2018]

Regression:

Die Null Hypothese: Ist es zufällig, dass die Länder mit größerem BIP pro Kopf weniger CO2/1\$ BIPs produzieren?

SUMMARY
OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,597338549
R Square	0,356813343
Adjusted R Square	0,333842391
Standard Error	12492,65178
Observations	30

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	2424216260	2424216260	15,53324137	0,000491826
Residual	28	4369857756	156066348,4		
Total	29	6794074016			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	31199,92167	3622,898615	8,611867177	0,000000000	23778,75027	38621,09306	23778,75027	38621,09306
X Variable	-	-	-	-	-	-	-	-
1	16,91888519	4,292800421	3,941223334	0,000491826	25,71228823	8,125482149	25,71228823	8,125482149

Ergebnis: P-Wert ist 0.0004918, d.h.: die Wahrscheinlichkeit, dass dieses Verhältnis vom Zufall abhängt, ist kleiner als 0.005 Prozent ist. Die Nullhypothese lehne ich ab.

R Squared beweist, dass dieses Model 33% der Dateien erklärt.

Der Grund dafür ist ziemlich großer Wert bei Ländern wie Kanada, Vereinigten Emiraten...

Well-2-Wheel Analyse

Ist eine Art der Analyse, die alle CO2 Emissionen des Autos von Quelle des Kraftstoffs bis zu Emissionen aus Auspuff zusammenrechnet.

Es handelt sich hier um ein "Durchschnittsauto". Bei Benzin und Hybride stellen die Werte den Durchschnitt von CO2 Emissionen dar, wenn sie mit Benzin angetrieben werden.

Tabelle 14: Emissionen pro Jahr

	Emissionen pro Jahr				
State	All electric	Hybrid HEV	Plug-in Hybrid (PHEV)	Benzin	Anteil der CO2 freien Energiequellen
CA	1974	6258	4545	11435	56,69
TX	5006	6258	6457	11435	24,63
NY	1770	6258	4416	11435	62,02
PA	3755	6258	5668	11435	43,48
OH	6840	6258	7614	11435	17,17
FL	4662	6258	6240	11435	16,09
AK	4127	6258	5903	11435	28,11
MI	4884	6258	6380	11435	37,99
MN	4338	6258	6036	11435	49,74
IN	8197	6258	8470	11435	6,66
HI	6531	6258	7419	11435	17,93
WA	895	6258	3864	11435	85,84
OR	1364	6258	4159	11435	73,2
ID	817	6258	3815	11435	82,86
MT	5026	6258	6469	11435	47,74

ND	6429	6258	7354	11435	33,75
WI	6386	6258	7328	11435	23,74
ME	1050	6258	3962	11435	78,36
VT	0	6258	3317	11435	99,59
NH	1139	6258	4018	11435	77,23
MA	3533	6258	5528	11435	26,85
RI	4344	6258	6040	11435	4,38
CT	2192	6258	4682	11435	52,73
NJ	2444	6258	4841	11435	48,19
DE	4740	6258	6289	11435	1,63
MD	3374	6258	5427	11435	55,01
DC	1338	6258	4143	11435	70,53
WY	8582	6258	8712	11435	11,84
SD	2129	6258	4642	11435	75,13
IA	4685	6258	6254	11435	48,07
IL	3484	6258	5497	11435	60,17
NV	3646	6258	5599	11435	25,4
UT	7663	6258	8133	11435	13,63
CO	6401	6258	7337	11435	22,41
KS	3945	6258	5787	11435	57,61
MO	8135	6258	8431	11435	13,98
KY	8389	6258	8591	11435	6,93
VA	3439	6258	5469	11435	38,42
AZ	4191	6258	5943	11435	42,34
NM	6635	6258	7484	11435	17,89
OK	4194	6258	5945	11435	35,12
AR	5554	6258	6803	11435	28,18
TN	4052	6258	5855	11435	51,78
NC	4018	6258	5833	11435	42,93
LA	4431	6258	6094	11435	20,63
MS	4273	6258	5994	11435	14,95
AL	3931	6258	5779	11435	39,65
GA	4403	6258	6076	11435	32,92
SC	2763	6258	5042	11435	61,97
WV	9277	6258	9151	11435	4,54

Quelle: Alternative Fuels Data Center: Emissions from Hybrid and Plug-In Electric Vehicles [Zugriff am 20.11.2018]

Tabelle 15: Emissionen nach Treibstoff

	CO2 kg/Energiequellen kWh
Erdgas	0,2
LPG	0,23
Benzin	0,25
Kerosin	0,26
Rohöl	0,26
Diesel	0,27
Mazut	0,28
Schwarzkohl	0,34
Braunkohl	0,36
Span	0,38
Holz	0,39

Quelle: volker-quacshing.de [Zugriff am 20.11.2018]

Neuzulassungen EU15+BIP Entwicklung

Neuzulassungen - EU15

Jahr	EU 15	Zuwachs in %	BIP Entw.
1990	13124928		2,973
1991	13048122	-0,58519178	1,428
1992	13149575	0,777529517	1,059
1993	10932229	-16,8624918	-0,147
1994	11584739	5,968682142	2,837
1995	11669364	0,730486893	2,682
1996	12398970	6,252320178	1,982
1997	13005029	4,887978598	2,895
1998	13940823	7,195631782	2,973
1999	14632826	4,963860455	3,019
2000	14319107	-2,14393993	3,865
2001	14401917	0,578318187	2,204
2002	14008013	-2,73508034	1,354
2003	13842554	-1,18117395	1,314
2004	14127452	2,058131758	2,569

2005	14111851	-0,11043039	2,109
2006	14367268	1,809946831	3,348
2007	14363818	-0,02401292	3,079
2008	13152925	-8,43016112	0,484
2009	13298970	1,110361383	-4,349
2010	12554592	-5,59726054	2,101
2011	12347848	-1,64676001	1,706
2012	11299121	-8,49319655	-0,425
2013+cro	11097111	-1,78783819	0,258
2014	11657752	5,05213474	1,743
2015	12705169	8,984725357	2,316
2016	13481646	6,111504695	1,957
2017	13826363	2,556935555	2,435

Quelle: www.acea.be, by-country-registrations, [Zugriff am 20.11.2018]

Regression Statistics	
Multiple R	0,402364
R Square	0,161897
Adjusted R Square	0,128372
Standard Error	5,213224
Observations	27

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	131,2479959	131,248	4,829253	0,037463099
Residual	25	679,4426029	27,1777		
Total	26	810,6905989			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	-2,06616187	1,488320442	-1,38825	0,177308	-5,131415205	0,99909146	-5,1314152	0,999091456
X Variable 1	1,393866596	0,634280344	2,197556	0,037463	0,087541774	2,70019142	0,08754177	2,700191418

Nullhypothese: Ist die Abhängigkeit des Wachstums der Neuzulassungen von BIP

Wachstums nur zufällig?

P-Wert = 3.7%. Wir lehnen die Nullhypothese ab. Neuzulassungen wachsen oder fallen abhängig davon, wie groß der BIP Wachstum ist.

Es ist bemerkenswert, dass ab 2009, wo die Wirtschaft am meisten gesunken war, sunken die Neuzulassungen 4 Jahren in der Reihe.

Land	BIP in mio \$ 2016	Steueranteil an BIP	Steuergewinne gesamt	Steuergewinn e aus der Autoindustrie	Gewinne aus der Autoindustrie	Gewinne aus der Autoindustrie als Anteil an
AUSTRIA	390,799.99	0.43	168,044.00	\$14,410.00	3.69%	8.58%
BELGIUM	467,545.55	0.47	219,746.41	\$20,680.00	4.42%	9.41%
BULGARIA	53,240.89	0.29	15,439.86			
CZECH REPUBLIC	195,305.08	0.35	68,356.78	\$7,260.00	3.72%	10.62%
DENMARK	306,899.65	0.47	144,242.84			
ESTONIA	23,337.91	0.35	8,168.27			
FINLAND	238,677.67	0.44	105,018.17	\$8,800.00	3.69%	8.38%
FRANCE	2,465,134.30	0.48	1,183,264.46	\$80,850.00	3.28%	6.83%
GERMANY	3,477,796.27	0.4	1,391,118.51	\$99,550.00	2.86%	7.16%
GREECE	192,690.81	0.42	80,930.14	\$5,610.00	2.91%	6.93%
HUNGARY	125,816.64	0.39	49,068.49			
IRELAND	304,819.02	0.24	73,156.56	\$5,940.00	1.95%	8.12%
ITALY	1,859,383.61	0.43	799,534.95	\$80,300.00	4.32%	10.04%
LATVIA	27,571.51	0.3	8,271.45			
LITHUANIA	42,773.03	0.32	13,687.37			
NETHERLANDS	777,227.54	0.39	303,118.74	\$21,450.00	2.76%	7.08%
POLAND	471,400.27	0.34	160,276.09			
PORTUGAL	205,184.48	0.37	75,918.26	\$9,350.00	4.56%	12.32%
ROMANIA	187,805.92	0.26	48,829.54			
SLOVAKIA	89,768.60	0.37	33,214.38			
SLOVENIA	44,708.60	0.32	14,306.75			
SPAIN	1,237,255.02	0.34	420,666.71	\$29,260.00	2.36%	6.96%
SWEDEN	514,459.97	0.45	231,506.99	\$10,500.00	2.04%	4.54%
UNITED KINGDOM	2,650,850.18	0.35	927,797.56	\$60,280.00	2.27%	6.50%
SWITZERLAND	668,745.28	0.28	187,248.68			
NORWAY	371,075.00	0.39	144,719.25			

[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Total_tax_revenue_by_country,_1995-2016_\(%25_of_GI](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Total_tax_revenue_by_country,_1995-2016_(%25_of_GI)

5 Schlussfolgerung

Die marginale Nachfrage nach Energie muss immer beabsichtigt werden. Denn jedes weitere Elektroauto erhöht die Nachfrage nach elektrischer Energie. Diese marginale Energie wird meistens aus den "schmutzigen" Quellen erzeugt. Mit jedem zusätzlichen neuen Elektrowagen soll unbedingt auch grüne Energie im Umfang von aller verbrauchten Energie pro Lebenszyklus dessen Autos notwendig geliefert. Der Anteil der angebotenen grünen Energie in der Staatswirtschaft muss schneller wachsen als die gesamte Nachfrage nach der Energie. Sonst ist ein Elektroauto eine Last mit größerem Anspruch an CO₂ basierte Energiequellen als ein Konventionelles Auto. Denn ein zusätzlich investierter Euro sorgt für unterschiedliche Effektivität wenn sie mit Absicht auf Art oder Lage der Investition gespendet wird.

6 Quellenverzeichnis

6.1 Berichte

BEIS (2016): *Electricity Generation Costs*. [www.gov.uk, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/566567/BEIS_Electricity_Generation_Cost_Report.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/566567/BEIS_Electricity_Generation_Cost_Report.pdf) [Zugriff am 20.9.2018]

BP (2018): *BP Statistical Review of World Energy 2018*. [www.bp.com, https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf](https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf) [Zugriff am 15.8.2018]

EIA: Energy Information Administration (2015): *Annual Energy Outlook 2015*. [www.eia.gov, https://www.eia.gov/pressroom/presentations/sieminski_05042015.pdf](https://www.eia.gov/pressroom/presentations/sieminski_05042015.pdf) [Zugriff am 20.9.2018]

EPA: U.S. Environmental Protection Agency (2018): *Inventory of U. S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2016*. EPA 430-R-18-003, www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks-1990-2016 [Zugriff am 20.9.2018]

Fraunhofer ISE (2013): *Levelized cost of electricity renewable energy technologies*. [www.ise.fraunhofer.de, https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/Fraunhofer-ISE_LCOE_Renewable_Energy_technologies.pdf](https://www.ise.fraunhofer.de) [Zugriff am 20.9.2018]

Fraunhofer ISE (2018): *Studie: Stromgestehungskosten erneuerbare Energien*. [www.ise.fraunhofer.de, https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.html](https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.html) [Zugriff am 20.9.2018]

OECD: Nuclear Energy Agency/International Energy Agency/Organization for Economic Cooperation and Development (2005): *Projected Costs of Generating Electricity (2005 Update)* OECD PUBLICATIONS, No. 53955 2005 (66 2005 01 1 P) – ISBN 92-64-00826-8

6.2 Online Quellen

Alternative Fuels Data Center: *Emissions from Hybrid and Plug-In Electric Vehicles*.
https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_emissions.html [Zugriff am 15.9.2018]

Alternative Fuels Data Center: *Emissions from Hybrid and Plug-In Electric Vehicles*.
https://afdc.energy.gov/vehicles/electric_emissions.html [Zugriff am 20.11.2018]

Bloomberg, *Denmark is killing Tesla and other electric cars*,
<https://about.bnef.com/blog/denmark-is-killing-tesla-and-other-electric-cars/> [Zugriff am 15.9.2018]

data.worldbank.org, *GDP (current US\$)*.
https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?year_high_desc=true [Zugriff am 15.8.2018]

Dimenna, F. (2017): *What Effect Does Exercise Have on the Amount of Carbon Dioxide You Release?* www.livestrong.com, <https://www.livestrong.com/article/376756-response-of-the-respiratory-system-to-exercise/?ajax=1&is=1> [Zugriff am 18.8.2018]

EDGAR (2017): *Fossil CO₂ & GHG emissions of all world countries, 2017*
<http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=CO2andGHG1970-2016&dst=CO2gdp>
[Zugriff am 20.11.2018]

EUROSTAT: *Greenhouse gas emissions, analysis by source sector, EU-28, 1990 and 2016 (Percentage of total)*. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Greenhouse_gas_emissions,_analysis_by_source_sector,_EU-28,_1990_and_2016_\(Percentage_of_total\).png&oldid=390740](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Greenhouse_gas_emissions,_analysis_by_source_sector,_EU-28,_1990_and_2016_(Percentage_of_total).png&oldid=390740) [Zugriff am 28.8.2018]

Horton, J.: *How CO₂ Scrubbing Works*. science.howstuffworks.com
<https://science.howstuffworks.com/environmental/green-science/co2-scrubbing1.htm>
[Zugriff am 28.8.2018]

International Chamber of Shipping: *Comparison of CO₂ Emissions by Different Modes of Transport*. www.ics-shipping.org, <http://www.ics-shipping.org/shipping->

facts/environmental-performance/comparison-of-co2-emissions-by-different-modes-of-transport [Zugriff am 14.9.2018]

Jones, H. (2018): What's put the spark in Norway's electric car revolution? [www.theguardian.com, https://www.theguardian.com/money/2018/jul/02/norway-electric-cars-subsidies-fossil-fuel](https://www.theguardian.com/money/2018/jul/02/norway-electric-cars-subsidies-fossil-fuel) [Zugriff am 5.10.2018]

Petroff, A. (2017): *These countries want to ditch gas and diesel cars.* <https://money.cnn.com/2017/07/26/autos/countries-that-are-banning-gas-cars-for-electric/index.html> [Zugriff am 5.10.2018]

Ritchie, H.; Roser, M. (2018): *CO₂ and other Greenhouse Gas Emissions.* OurWorldInData.org, <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions#impact-of-emissions-on-atmospheric-concentrations> [Zugriff am 15.9.2018]

seekingalpha.com, *How Many Widgets Does Tesla Have To Produce?* <https://seekingalpha.com/article/4086865-many-widgets-tesla-produce> [Zugriff am 5.10.2018]

Wirtschaft in Europa (2017): *Keine Staats-Prämie für Elektroautos: Verkäufe stürzen ab.* [wirtschaft-in-europa.de, https://wirtschaft-in-europa.de/keine-staats-praemie-fuer-elektroautos-verkaeufe-stuerzen-ab/](https://wirtschaft-in-europa.de/keine-staats-praemie-fuer-elektroautos-verkaeufe-stuerzen-ab/) [Zugriff am 5.10.2018]

www.acea.be, *By country registrations*, <https://www.acea.be/statistics/tag/category/by-country-registrations> [Zugriff am 20.11.2018]

www.adac.de, *Elektroautos im Test: So hoch ist der Stromverbrauch.* <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/stromverbrauch-elektroautos-adac-test/> [Zugriff am 10.11.2018]

www.adac.de, *Kostenvergleich: Elektroautos oft überraschend günstig.* <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/e-mobilitaet/elektroauto-kostenvergleich/> [Zugriff am 10.11.2018]

www.businessinsider.com, *Tesla Values*, <https://www.businessinsider.com/tesla-value-vs-ford-gm-chart-2017-4> [Zugriff am 5.10.2018]

www.engineeringtoolbox.com, *Fossil and alternative fuel*.
https://www.engineeringtoolbox.com/fossil-fuels-energy-content-d_1298.html [Zugriff am 5.10.2018]

www.epa.gov, *Overview of Greenhouse Gases*,
<https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases> [Zugriff am 15.8.2018]

www.numbeo.com, *Cost of living*, <https://www.numbeo.com/cost-of-living> [Zugriff am 5.10.2018]

www.solarify.eu: *Was kosten Designer Fuels?* <https://www.solarify.eu/2018/05/16/034-was-kosten-designer-fuels/> [Zugriff am 14.9.2018]

www.vw.com [Zugriff am 5.10.2018]

www.zeit.de, *Die größten Klimasünder*, <https://www.zeit.de/wirtschaft/2014-09/klimawandel-klimaschutz-china-usa> [Zugriff am 10.8.2018]

www.zerohedge.com, *Out of Favour*.
<https://www.zerohedge.com/sites/default/files/images/user5/imageroot/2017/06/04/denmark%20ev%202.jpg> [Zugriff am 5.10.2018]

www.zerohedge.com, *Reverse Gear*.
<https://www.zerohedge.com/sites/default/files/images/user5/imageroot/2017/06/04/EV%20sales%20Europe%201.jpg> [Zugriff am 5.10.2018]

www.zerohedge.com, *Tesla Blues*,
<https://www.zerohedge.com/sites/default/files/images/user5/imageroot/2017/06/04/tesla%20denamrk.png> [Zugriff am 5.10.2018]

[www.audi-technology-portal.de, Audi e-gas, https://www.audi-technology-portal.de/de/mobilitaet-der-zukunft/audi-future-lab-mobility/audi-future-energies/audi-e-gas](https://www.audi-technology-portal.de/de/mobilitaet-der-zukunft/audi-future-lab-mobility/audi-future-energies/audi-e-gas) [Zugriff am 5.10.2018]

[www.frames-group.com, Biogas CO2 capture solutions. www.frames-group.com/Biogas-CO2-capture-solutions](http://www.frames-group.com/Biogas-CO2-capture-solutions) [Zugriff am 23.10.2018]

7. Anhang

7.1 Abstract (Deutsch)

Klimawandel ist heutzutage das gesellschaftliche Hauptthema. Wir erleben ständig wachsenden Temperaturen der Atmosphäre. Es zeigt sich die Korrelation zwischen dem wirtschaftlichen Wachstum seit der industriellen Revolution und immer mehr emittierten Kohlendioxide. Ob die globale Erwärmung tatsächlich die extra von Menschheit emittierenden Kohlendioxide verursachen, werden wir in ein paar Jahren sehen, falls die rekordhohen Temperaturen weiter ständig wachsen werden, bis sie nicht mehr als freudig für das Leben werden. In diesem Zeitpunkt scheint niemand diese Variante nicht nur zulassen, sondern mal erwähnen. Auch wenn wir uns alle jetzt darauf einigen würden, Kohlendioxide drastisch zu reduzieren, wird es im globalen Rahmen zirka ein Hundert Jahre dauern, denn heute basiert die Energieproduktion von 85% an der Verarbeitung von kohlengebundenen Energiequellen. In meiner Arbeit stelle ich die möglichen Lösungen zum Erreichen dieses Zieles vor und versuche ich sie auf Optimalität zu testen. Ich liste die konkrete Werte nach Emissionsquellen und Ländern auf. Ich versuche ihre Kosten zu berechnen und sich weiter an denen von Verkehr, im Detail Straßenverkehr, konzentrieren. Im praktischen Teil werde ich die Vermarktung von alternativen Antrieben im Straßenverkehr in Europa listen und deren Erfolg bewerten. Dazu verwende ich außer anderem auch die von mir entwickelte Indikatoren. Die Optimalität der Investitionen werde ich an den Konzept von marginalen Kosten anpassen.

7.2 Abstract (English)

Climate change is the main social topic of today. We experience steadily rising temperatures in the atmosphere. There is an observable correlation between the economic growth since the industrial revolution and the continually growing carbon dioxide emissions. Whether global warming really is caused by the extra carbon dioxide emissions from human activity, will be clear in a few years time, if the record temperatures keep rising up to the point they will be too high to accomodate life on earth anymore. At this point in time it seems that no one will mention this possibility, nontheless accept it. Even if all of us agree upon drastic reduction of the carbon dioxide emissions, it will globally take a hundred years, being that the energy production depends on using carbon based sources from 85%. In my thesis I will attempt to introduce the possible solutions for achieving this target and test their optimality. I list the actual values of carbon dioxide emissions by source and country. I attempt to calculate their costs and focus more on those caused by transportation, more precisely by highway transportation. In the practical part of the thesis I will consider the market strategy of the alternative fuels within highway transportation and the rate of its success. To measure the rate of success, among other methods, I will design and apply my own indicators. The optimization of investments will be applied to the concept of marginal costs.