



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Marvin Viehmann

Analyse der Erfolgsfaktoren für den Ausbau der Elektromobilität durch den Vergleich der Länder Deutschland und Norwegen

*Fakultät Technik und Informatik
Department Maschinenbau und Produktion*

*Faculty of Engineering and Computer Science
Department of Mechanical Engineering and
Production Management*

Marvin Viehmann

**Analyse der Erfolgsfaktoren für den Aus-
bau der Elektromobilität durch den Ver-
gleich der Länder Deutschland und Nor-
wegen**

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung

im Studiengang Maschinenbau / Energie- und Anlagensysteme
am Department Maschinenbau und Produktion
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Erstprüferin: Prof. Dr.-Ing. Birgit Koeppen
Zweitprüfer: Prof. Dr. Thomas Veese

Abgabedatum: 28.02.2020

Zusammenfassung

Marvin Viehmann

Thema der Bachelorthesis

Analyse der Erfolgsfaktoren für den Ausbau der Elektromobilität durch den Vergleich der Länder Deutschland und Norwegen

Stichworte

Elektromobilität, Norwegen, Elektrofahrzeuge, Ladeinfrastruktur, Deutschland

Kurzzusammenfassung

In dieser Bachelorarbeit geht es um die Elektromobilität und warum diese in Norwegen, im Vergleich zu Deutschland, weit stärker ausgebaut ist. Es sollen deshalb die Erfolgsfaktoren für ein erfolgreiches Ausbauen der Elektromobilität herausgefunden werden. Dafür werden unterschiedliche Aspekte und Faktoren herausgearbeitet und zwischen den beiden Ländern Deutschland und Norwegen verglichen. Anschließend werden diese Fakten umfassend analysiert. Es werden dafür zum Beispiel der Ist-Stand, die Randbedingungen und Förderungen in den beiden Ländern aufgenommen und verglichen.

Marvin Viehmann

Topic of the bachelor thesis

Analysis of the success factors for the expansion of electromobility by comparing the countries Germany and Norway

Keywords

Electromobility, Norway, electric vehicles, charging infrastructure, Germany

Brief Summary

This bachelor thesis deals with electromobility and how it is far more developed in Norway than in Germany. The aim is therefore to identify the success factors for successfully expanding electromobility. For this purpose, different aspects and factors are identified and compared between the two countries Germany and Norway. These facts are afterwards analysed. For example, the actual status, the boundary conditions and support in the two countries are recorded and compared.

Aufgabenstellung



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

*Hamburg University of Applied Sciences
Department Maschinenbau und Produktion*

Aufgabenstellung

für die Bachelorthesis

von Herrn/Frau: **Marvin Viehmann**

Matrikel-Nummer: 2149536

Thema: **Analyse der Erfolgsfaktoren für den Ausbau der Elektromobilität durch den Vergleich der Länder Deutschland und Norwegen**

Schwerpunkte:

Das Ziel der Arbeit ist es, herauszufinden, welche Faktoren dazu beitragen, dass der Ausbau von Elektromobilität in einem Land erfolgreich wird. Dafür soll untersucht werden, welche unterschiedlichen Aspekte einen Einfluss darauf haben, ob der Ausbau funktioniert oder nicht. Anhand des Vergleiches zwischen Norwegen und Deutschland anhand der zuvor herausgearbeiteten grundlegenden Aspekte soll analysiert werden, warum in Norwegen der Anteil der Elektromobilität bereits deutlich höher ist als in Deutschland. Dafür werden zum Beispiel der IST-Stand, die Randbedingungen und Förderungen in den beiden Ländern aufgenommen und verglichen.

- Einarbeitung in das Thema Elektromobilität
- Recherche und Aufstellen von Aspekten, die den Ausbau der Elektromobilität beeinflussen
- Analyse der Aspekte hinsichtlich ihrer Ausprägung in Norwegen und Deutschland
- Beurteilung der Aspekte – Mit Blick auf ein erfolgreiches Ausbauen der Elektromobilität
- Dokumentation der Ergebnisse

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	III
Aufgabenstellung	IV
Inhaltsverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VIII
Abbildungsverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
2 Grundlagen der Elektromobilität	2
2.1 Einführung.....	2
2.2 Aufbau und Funktion.....	3
2.3 Energiespeicher Fahrzeugakku /-batterie.....	8
2.4 Laden der Elektrofahrzeuge.....	11
3 Ist-Stand der Elektromobilität	17
3.1 Mensch.....	17
3.1.1 Bevölkerung.....	17
3.1.2 Pkw-Bestand und Verteilung	22
3.1.3 Meinungsbild zur E-Mobilität	28
3.1.4 Wirtschaft.....	31
3.1.5 Anschaffungspreise	33
3.2 Technik.....	36
3.2.1 Ladeinfrastruktur.....	36
3.2.2 E-Autos	40
3.3 Staat.....	42
3.3.1 Aktuelle Gesetze & Förderungen in Norwegen	42
3.3.2 Aktuelle Gesetze & Förderungen in Deutschland	44
3.4 Geographie	51
3.4.1 Geographische Fakten und Klima	51
3.4.2 Stadt-Land-Gefälle.....	55
3.5 Energieerzeugung.....	56
3.5.1 Stromerzeugung	56
3.5.2 Nachhaltigkeit der Stromerzeugung	60
3.5.3 Kohlendioxid-Emissionsfaktor Stromerzeugung.....	60
3.5.4 Überschlägige Beispielrechnung: Golf vs. eGolf	64
3.5.5 Strompreise	65
3.5.6 Reicht der Strom für die Elektromobilität?	66
4 Analyse des Ist-Zustandes	69
4.1 Beispiel-Käufersicht bei der Analyse	69
4.2 Mensch.....	69
4.3 Technik.....	71
4.4 Staat.....	73
4.5 Geographie	76
4.6 Energieerzeugung.....	77
4.7 Beurteilung und Schlussfolgerung	78
5 Zusammenfassung	80
Literaturverzeichnis	81
Eidesstattliche Erklärung	XI

Abkürzungsverzeichnis

AC	Alternating Current = Wechselstrom
ACEA	European Automobile Manufacturers Association
Akku	Akkumulator
AVAS	Acoustic Vehicle Alerting System
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
BEV	Battery Electric Vehicle
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMS	Batterie-Management-System
CCCV	Constant Current, Constant Voltage
CCS	Combined Charging System
CHAdeMO	Charge de Move
COP21	Conference of the Parties (UN-Klimakonferenz)
CP	Control Pilot (Steuerleitung beim Laden)
CsgG	Carsharinggesetz
DC	Direct Current = Gleichstrom
DEU	Deutschland
E-Auto	Elektrofahrzeug
EE	Erneuerbaren Energien
E-Fahrzeug	Elektrofahrzeug
EFTA	European Free Trade Association
E-Mobilität	Elektromobilität
E-Modell	Elektrisches Modell
EmoG	Elektromobilitätsgesetz
EUR	Euro
EWR	Europäischer Wirtschaftsraum
FFE	Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.
FI-Schalter	Fehlerstromschutzeinrichtung
HEV	Hybrid Electric Vehicle
ICCB	In-Cable Control-Box
IEA	International Energy Agency
IEC	International Electrotechnical Commission
IMF	International Monetary Fund
IU	Konstantstrom und Konstantspannung
KBA	Krafftahrt-Bundesamt
KraftStG	Krafftfahrzeugsteuergesetz
Li-Ionen-Akku	Lithium-Ionen-Akku
L1-L3	Stromführende Leiter

N	Neutralleiter
NOK	Norwegische Krone 1 NOK = 0,10 EUR 1 EUR = 10,05 NOK (vgl. Finanzen.net. (2020a))
NOR	Norwegen
PE	Schutzleiter
PHEV	Plug-In Hybrid Electric Vehicle
Pkw	Personenkraftwagen
PP	Proximity-Pilot (Steuerleitung beim Laden)
THG	Treibhausgas
UBA	Umweltbundesamt
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
USD	US-Dollar 1 USD = 0,91 EUR 1 EUR = 1,09 USD (vgl. Finanzen.net. (2020b))
V2G	Vehicle to Grid
WiWO	WirtschaftsWoche
ZEV	Zero Emission Vehicle

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Ladeszenarien Elektroauto.....	39
Tabelle 3.2: Energiegehalte der Kraftstoffe in kWh umgerechnet.....	39
Tabelle 4.1: Steuerersparnis eGolf vs. Golf in Norwegen.....	74

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Fahrzeugtypen mit Elektroantrieb.....	2
Abbildung 2.2: Energiespeicher- und Energiewandlertausch.....	3
Abbildung 2.3: Beispiel für ein reines Elektrofahrzeug (BEV).....	4
Abbildung 2.4: Beispiel eines Hybridfahrzeuges	6
Abbildung 2.5: Hybridisierungsgrad	6
Abbildung 2.6: Serieller Hybrid.....	7
Abbildung 2.7: Paralleler Hybrid.....	7
Abbildung 2.8: Misch Hybrid	7
Abbildung 2.9: Aufbau einer Basiszelle	9
Abbildung 2.10: Modularer Aufbau des Fahrzeugakkus	9
Abbildung 2.11: Ladeverfahren -CCCV	12
Abbildung 2.12: Schema beim Mode 2 Laden.....	14
Abbildung 2.13: Laden an einer "Wallbox"	14
Abbildung 2.14: Öffentliche Ladestation.....	14
Abbildung 2.15: DC-Ladestation	15
Abbildung 2.16: DC-Ladestaion Stecker	15
Abbildung 2.17: Typ 2 Steckdose an Ladestation	16
Abbildung 2.18: Belegungen der Typ 2 Steckdose.....	16
Abbildung 2.19: CCS-Stecker Combo-2-Stecker.....	16
Abbildung 3.1: Bevölkerungsdichte und -anzahl Deutschlands 1991 bis 2018.....	18
Abbildung 3.2: Bevölkerungsdichte und -anzahl Norwegens 2008 bis 2018.....	19
Abbildung 3.3: Altersstruktur DEU 2008 & 2018.....	21
Abbildung 3.4: Altersstruktur NOR 2008 & 2018	21
Abbildung 3.5: Bestand an Pkw in Deutschland 2009 bis 2019.....	22
Abbildung 3.6: Pkw-Bestand in Norwegen 2014 bis 2018	23
Abbildung 3.7: Verteilung der Kraftstoffarten aller zugelassenen Pkws in DEU 2019	24
Abbildung 3.8: Verteilung der Kraftstoffarten auf alle Pkws 2017 in Norwegen	24
Abbildung 3.9: Bestand am 1. Januar 2019 nach Haltern	26
Abbildung 3.10: Bestand von Pkw mit E-Antrieb 2014 bis 2019.....	27
Abbildung 3.11: Definition der Ziele für die Emissionsreduzierung bis 2030.....	45

Abbildung 3.12: Beispiel eines E-Kennzeichens und E-Plakette in Deutschland	47
Abbildung 3.13: Kennzeichnung der Bevorrechtigung für Elektrofahrzeuge	47
Abbildung 3.14: Mittlere Jahrestemperaturen in Deutschland	53
Abbildung 3.15: Mittleres Jahrestemperaturen in Norwegen	54
Abbildung 3.16: Strommix in Deutschland 2018.....	57
Abbildung 3.17: Prozentuale Anteile der Erneuerbaren Energien Deutschland 2018	58
Abbildung 3.18: Strommix in Norwegen 2018	59
Abbildung 3.19: Entwicklung der spez. CO ₂ -Emissionen am DEU-Strommix.1990-2017	61
Abbildung 3.20: Jährlicher Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung in DEU ...	62
Abbildung 3.21: Tabelle über spezifische CO ₂ -Emissionen der Energieträger	63
Abbildung 3.22: Strompreise in Norwegen, Deutschland und EU. 2008-2019.....	65

1 Einleitung

Bereits im 19. Jahrhundert wurde der Ottomotor erfunden und mit ihm kam das Kraftfahrzeug in die Gesellschaft, welches durch stetige Weiterentwicklung und Verbesserung sehr erfolgreich bis auf den heutigen Stand gebracht wurde. Was nur wenige wissen ist, dass parallel an einem elektrischen Antrieb gearbeitet wurde und bereits auf der Weltausstellung im Jahr 1900 erfolgreich ein funktionsfähiges Elektrofahrzeug vorgestellt werden konnte, der „Lohner-Porsche“. Durchgesetzt hat sich, wie wir alle wissen, aber der Benzinmotor, denn dieser hatte eine sehr viel höhere Reichweite im Gegensatz zu den damals eingesetzten großen und schweren Bleiakkus. Erst durch die Entwicklung von Lithium-Ionen-Akkus, seit dem Jahr 1991, gab es Akkus, die durch ihre hohe Leistungs- und Kapazitätsdichten interessant für die Kraftfahrzeuganwendungen wurden. Dadurch konnten die ersten respektablen Elektrofahrzeuge entwickelt werden, die mit den heutigen konventionellen Fahrzeugen konkurrieren können. In den letzten Jahren ist das Umweltbewusstsein auf der Welt und in den Gesellschaften immer größer geworden und spätestens durch das Pariser Abkommen im Jahr 2015, bei dem sich 195 Länder verbindlich darauf geeinigt haben, dass diese bis zum Ende des Jahrhunderts eine Klimaneutralität erreichen wollen, gewinnt die Elektromobilität für das Erreichen des Zieles immer mehr an Bedeutung. ((vgl. Europa.eu. (2020)) Durch die Elektromobilität lässt sich eine nachhaltige, umweltfreundliche und langfristige Mobilität schaffen, die die Abhängigkeit von Erdöl durch alternative Antriebe senken und gleichzeitig das Ziel des Pariser Abkommens, die Emissionsminderung, erreichen kann.

Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist es deshalb herauszufinden, welche Erfolgsfaktoren dazu beitragen können, dass der Ausbau der Elektromobilität in einem Land erfolgreich werden kann. Das genaue Thema der Aufgabenstellung lautet daher: „Analyse der Erfolgsfaktoren für den Ausbau der Elektromobilität durch den Vergleich der Länder Deutschland und Norwegen“. Dafür soll untersucht werden, welche unterschiedlichen Aspekte einen Einfluss darauf haben, ob der Ausbau funktioniert oder nicht. Anhand des Vergleiches zwischen Deutschland und Norwegen anhand der zuvor herausgearbeiteten grundlegenden Aspekte soll analysiert werden, warum in Norwegen der Anteil der Elektromobilität bereits deutlich höher ist als in Deutschland. Das Thema wird in dieser Arbeit anhand von einer umfangreichen Literaturrecherche untersucht und bearbeitet. Hierzu werden zunächst in Kapitel 2 die Grundlagen über die Elektromobilität gegeben, damit das Nachfolgende besser verstanden werden kann. Anschließend wird in Kapitel 3 durch das Aufstellen von fünf bewusst gewählten Hauptgruppen der aktuelle Ist-Stand der Elektromobilität in den Ländern umfassend und in seiner ganzen Breite dargestellt. Zum Schluss werden in Kapitel 4 die herausgearbeiteten Aspekte und Einflussfaktoren genauestens analysiert und die dadurch möglichen Erfolgsfaktoren abgeleitet. Als Ausblick kann schon gesagt werden, dass sich mehrere Erfolgsfaktoren herleiten lassen. Die Relevanz dieser Arbeit besteht darin, dass die Elektromobilität eine zukunftssträchtige und bedeutsame Rolle bei der Transformation in eine neue und klimaneutrale Mobilitätsinfrastruktur darstellen wird. Zum einen ermöglicht diese die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu senken und zum anderen können Synergieeffekte bei der Energiewende eines Landes genutzt werden.

2 Grundlagen der Elektromobilität

In dem Kapitel werden allgemeine Informationen über die Elektromobilität gegeben und erläutert was unter einem Elektroauto zu verstehen ist. Außerdem werden der Aufbau und die Funktionsweise eines Elektrofahrzeuges dargestellt und erklärt. Anschließend wird genauer auf die Traktionsbatterie, womit ein E-Fahrzeug mit Energie versorgt wird, eingegangen. Als letztes soll es um die Ladung der Akkumulatoren bzw. der Elektrofahrzeuge gehen. Diese Grundlagen sollen dabei helfen, Zusammenhänge und Inhalte dieser Arbeit besser zu verstehen.

2.1 Einführung

Unter dem Begriff Elektromobilität wird der Personen- und Güterverkehr verstanden, der mit Fahrzeugen betrieben wird, die mittels eines Elektromotors angetrieben werden. Darunter fallen nicht nur die Elektrofahrzeuge, sondern auch die Eisenbahn, Elektrofahrräder, Elektrobusse, Segways und weitere Fahrzeuge, welche einen Elektroantrieb besitzen. Zur Familie der Elektromobilität zählen grundsätzlich alle Fahrzeugtypen bei denen der Antrieb über einen Elektromotor erfolgt, das heißt alle Fahrzeugarten oder ebenso Flugzeuge, die den Verbrennungsmotor durch einen elektrischen Antrieb austauschen gehören zur Elektromobilität. Es wird schnell deutlich, dass die Elektromobilität ein sehr großes Themengebiet umfasst, deshalb soll es in dieser Arbeit ausschließlich um die Elektrofahrzeuge gehen. Die Elektrofahrzeuge werden sehr uneinheitlich bezeichnet, wie z. B. Elektroautos, Elektromobilen, E-Mobilität oder E-Fahrzeuge. In dieser Arbeit wird das Elektrofahrzeug in unterschiedlichen Begriffen benannt bzw. bezeichnet, dabei wird aber immer über das Elektrofahrzeug gesprochen.

In der Abbildung 2.1 werden die Elektrofahrzeuge genauer definiert und in fünf Typen von Elektrofahrzeugen aufgeteilt.

Fahrzeugtyp	Englische Bezeichnung	Beschreibung
(Reines) Elektrofahrzeug	Battery Electric Vehicle (BEV)	Antrieb mit Elektromotor und mit am Netz aufladbarem Akku (Batterie)
Elektrofahrzeug mit Reichweitenverlängerung (= mit Range Extender, REX)	Range Extended Electric Vehicle (REEV)	Elektrofahrzeug mit zusätzlichem Verbrennungsmotor oder Brennstoffzelle zur mobilen Aufladung des Akkus
Plug-In-Hybridfahrzeug	Plug-In Hybrid Electric Vehicle (PHEV)	Kombination Elektroantrieb und Verbrennungsmotor, Akku am Netz aufladbar
Hybridfahrzeug	Hybrid Electric Vehicle (HEV)	Verbrennungsmotor plus Elektromotor, Akku nicht am Netz aufladbar
Brennstoffzellenfahrzeug	Fuel Cell Hybrid Electric Vehicle (FCHEV)	Elektromotor plus Brennstoffzelle zur Energieerzeugung

Abbildung 2.1: Fahrzeugtypen mit Elektroantrieb
Quelle: (vgl. Karle. (2017))

Es wird nach der Abbildung 2.1 in fünf unterschiedliche Typen von Elektrofahrzeugen unterschieden. Das größte Unterscheidungsmerkmal liegt darin, ob die Fahrzeuge teilweise oder

komplett durch einen Elektromotor angetrieben werden. Damit können Elektroantriebe alleine oder als Kombination mit konventionellen Antriebsarten verwendet werden.

In dieser Arbeit werden nur die reinen Elektrofahrzeuge (BEV) und die Hybridfahrzeuge (HEV) mit und ohne Plug-In (PHEV) betrachtet. Diese Fahrzeugtypen werden im Weiteren genauer beschrieben und in der Arbeit benannt. Die Brennstoffzellenfahrzeuge und Elektrofahrzeuge mit Reichweitenverlängerungen sollen in dieser Arbeit nicht genauer erklärt werden.

2.2 Aufbau und Funktion

Als erstes sollen die größten Unterschiede zwischen einem Elektrofahrzeug und einem konventionellem Kraftfahrzeug erläutert werden.

Das herkömmliche Auto mit Verbrennungsmotor wird dann zu einem Elektroauto, wenn der Antriebsstrang mit dem Verbrennungsmotor durch einen Antriebsstrang mit Elektromotor ersetzt wird. (vgl. Karle. (2017))

Außerdem muss der Energiespeicher, der den Motor mit Energie versorgt, ausgetauscht werden: In Abbildung 2.2 wird sinnbildlich der Energiespeicher und der Energiewandler ausgetauscht.

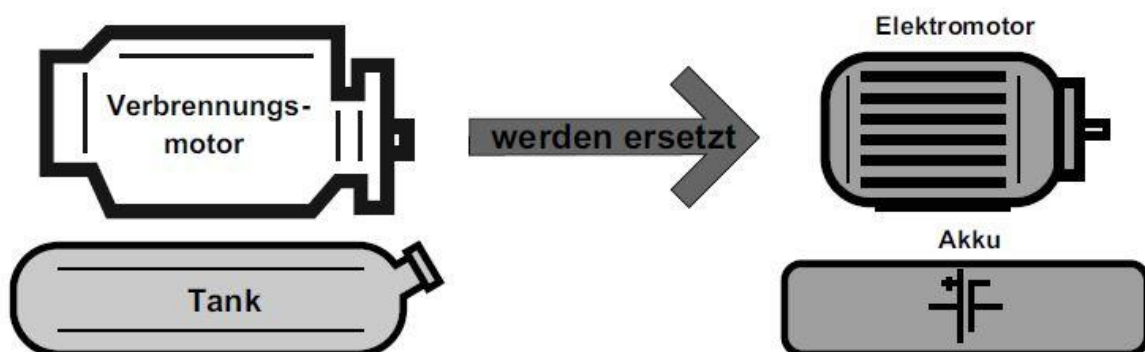


Abbildung 2.2: Energiespeicher- und Energiewandlersaustausch
Quelle: (vgl. Karle. (2017))

Das Schema, in Abbildung 2.2, zeigt in einfacher Form die Umwandlung von einem konventionellen Fahrzeug zu einem E-Fahrzeug. Dabei wird der altbekannte Verbrennungsmotor mit dem Kraftstofftank, durch einen Elektromotor mit einem Akkumulator ausgetauscht. In dem Verbrennungsmotor wird, vereinfacht beschrieben, chemische Energie aus dem Kraftstoff in mechanische Energie umgewandelt. Zum Vergleich wird bei einem Elektromotor die elektrische Energie aus dem Akkumulator in mechanische Energie umgewandelt. (vgl. Karle. (2017)) Diese genannten Unterschiede sind die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale von E-Fahrzeugen und konventionellen Fahrzeugen, welche für das Verständnis in dieser Arbeit verstanden sein sollten.

Aufbau von reinen Elektrofahrzeugen (BEV):

Die Abbildung 2.3 zeigt ein Beispiel für ein BEV. Dieser Aufbau ist, in den wesentlichen Punkten, bei jeden reinen Elektrofahrzeugen gleich aufgebaut.

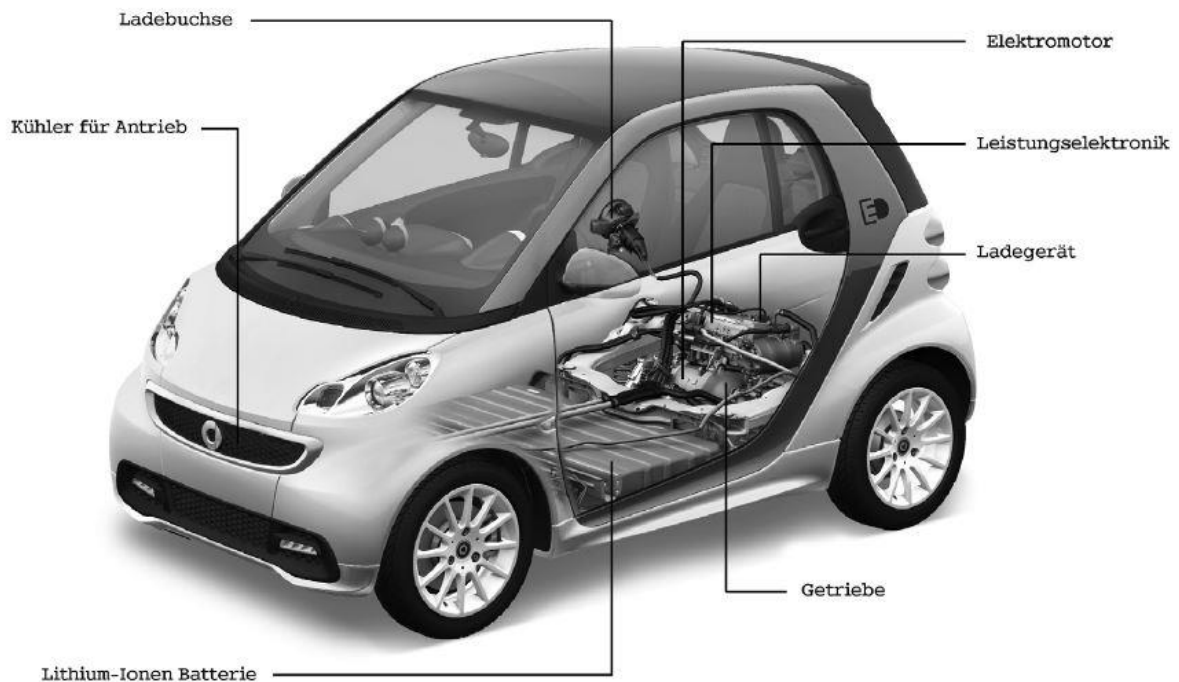


Abbildung 2.3: Beispiel für ein reines Elektrofahrzeug (BEV)
Quelle: (vgl. Karle. (2017))

In der Abbildung 2.3 sind die Hauptkomponenten, die in jedem E-Fahrzeug verbaut sind zu sehen: Der Akkumulator (abgekürzt Akku), der Elektromotor (Drehstrommotor), die Leistungselektronik und das Ladegerät mit Ladebuchse. Diese vier Komponenten werden alle reinen Elektrofahrzeuge aufweisen, deshalb werden diese Komponenten im weiteren Verlauf erklärt. Die Traktionsbatterie des reinen Elektroautos wird ausschließlich von außerhalb aufgeladen. Die Leistungselektronik sorgt dafür, dass der Elektromotor und der Akku miteinander funktionieren und stellt dabei ein Verbindungselement dar. Vereinfacht gesagt, reguliert die Leistungselektronik den Strom so, wie es der Elektromotor gerade benötigt. (vgl. Stadtwerke Karlsruhe. (2020))

Vorteile eines Elektroantriebes:

Elektromotoren, die heute eingesetzt werden sind sehr energieeffizient, sie weisen in ihrem ganzen Arbeitsbereich einen Wirkungsgrad von mehr als 90 % auf. Konventionelle Verbrennungsmotoren haben einen Wirkungsgrad von maximal 40 % und das nur in einem sehr kleinen Drehmoment-Drehzahlbereich. Außerdem haben Elektromotoren die vorteilhafte Eigenschaft, in einen Generatorbetrieb geschaltet werden zu können. Wird das Fahrzeug verzögert bzw. abgebremst, kann die Bremsenergie dazu genutzt werden, dass der Akku wieder aufgeladen wird. Dieser Vorgang wird als Rekuperation bezeichnet. Als Nebeneffekt werden die Bremsen weniger beansprucht. Durch diese beiden Eigenschaften können Elektrofahrzeuge mit einer großen Energieausnutzung betrieben werden und weisen so geringe Verbrauchswerte auf. (vgl. Karle. (2017))

Außerdem haben Elektrofahrzeuge einen einfacheren Aufbau, als konventionelle Kraftfahrzeuge. Denn bei ihnen fallen viele Zusatzbaugruppen, wie z. B. der Tank, das Öl mit dem

Öltank, das Auspuffsystem oder der Katalysator weg. Durch diese Gegebenheiten ist das Elektrofahrzeug sehr viel wartungsärmer und hat niedrigere Betriebskosten aufzuweisen. (vgl. Karle. (2017))

Zusätzlich werden die Elektroautos als „Zero Emission Vehicle“ (ZEV) eingestuft, was bedeutet, dass sie vor Ort als emissionsfrei gelten. Damit fahren sie bei örtlicher Betrachtung sauber aber wenn die produzierten Emissionen, die bei der Energieerzeugung von dem geladenen Strom mit dazu gerechnet werden, dann emittieren sie ebenfalls CO₂-Emissionen. Darauf wird in Kapitel 3.5 Energieerzeugung noch weiter eingegangen. (vgl. Karle. (2017))

Damit erfüllen Elektroautos, örtlich gesehen, schon heute das Ziel des Pariser Abkommens, in dem verankert ist, dass die Treibhausgasemissionen gesenkt bzw. auf null gesetzt werden sollen.

Nachteile eines Elektroantriebs:

Die Elektroautos haben einen hohen Anschaffungspreis im Gegensatz zu den Verbrennungsmotoren. Dabei kann es schnell zu einem Preisunterschied von mehreren Tausend Euro kommen, wenn das gleiche Automodell, als elektrische- oder konventionelle-Variante gekauft wird. Dieser höhere Preis kommt zum Großteil durch die sehr hohen Akkukosten zustande, welcher aber mit steigender Produktionszahl und Entwicklung sinken wird. (vgl. Karle. (2017))

Laut Horváth & Partners (vgl. Horváth & Partners. (2019a)) soll der Preis für Lithium-Ionen-Batterien im Jahr 2022 bei 75 Euro pro Kilowattstunde liegen, das wäre zum Preis vom Jahr 2013 eine Preisreduktion um rund 80 %.

Zudem haben Elektrofahrzeuge eine eingeschränkte Reichweite und eine lange Ladedauer im Vergleich zu den herkömmlichen Verbrennerfahrzeugen. Die mittlere Reichweite liegt bei 200 km und das Laden dauert selbst mit einer Schnelladeleistung rund 30 Minuten. (vgl. Karle. (2017))

Aufbau eines Hybrid- bzw. Plug-In-Hybridfahrzeuges:

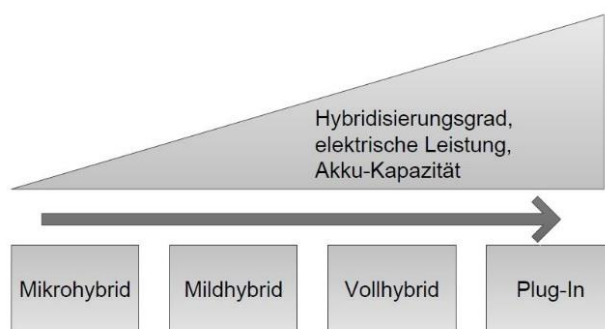
In Abbildung 2.4 ist ein Hybridfahrzeug mit seinem Antriebsstrang dargestellt. Im Gegensatz zu einem BEV besitzt das Hybridfahrzeug einen zusätzlichen Verbrennungsmotor. Damit hat ein Hybridfahrzeug immer zwei Energiewandler und zwei verschiedene Energiespeicher. Die Energiewandler sind dabei meistens ein Verbrennungsmotor und ein Elektromotor. Die Energiespeicher sind der Kraftstofftank und der Akku. Bei diesem Konzept werden dadurch die Vorteile beider Antriebsarten kombiniert und die Nachteile kompensiert. Der Verbrennungsmotor garantiert eine große Reichweite, das schafft ein derzeitiger Elektroantrieb nicht. Außerdem kann der Elektromotor in fast allen Drehzahlbereichen effizient arbeiten. Der Verbrennungsmotor nur in einem kleinen Bereich, dadurch wird der Gesamtwirkungsgrad des Fahrzeuges gesteigert. Zudem kann die Energierückgewinnung durch die Rekuperation stattfinden, da der Elektromotor als Generator genutzt werden kann. Durch diese Kombination wird das Auto schwerer, ist aufwändiger bei der Steuerung und hat insgesamt einen höheren Kaufpreis, da beide Antriebsarten verbaut sind. (vgl. Karle. (2017))



Abbildung 2.4: Beispiel eines Hybridfahrzeuges
Quelle: (vgl. Pkw-label.de. (2020))

Es ist in der Abbildung 2.4 zu erkennen, dass vorne ein konventioneller Motor und hinten die Traktionsbatterie mit dem Elektromotor eingebaut ist. Der Generator, der durch den Motor gedreht wird, ist über ein Kabel mit der Traktionsbatterie verbunden und kann diesen laden.

Es gibt **zwei Arten der Klassifizierung** nach denen Hybridfahrzeuge eingestuft werden: Die Abbildung 2.5 zeigt die **erste Klassifizierung**, dort wird nach Grad der Hybridisierung unterschieden. (vgl. Karle. (2017))



Je größer die elektrischen Leistungen und die Akkukapazitäten sind, desto höher ist der Grad der Hybridisierung.

Abbildung 2.5: Hybridisierungsgrad

Quelle: (vgl. Karle. (2017))

Die **zweite Klassifizierung** teilt die Hybride nach der Antriebsstruktur ein, wie die beiden Antriebsarten miteinander kombiniert werden. Dabei gibt es folgende Arten:

- Seriell-Hybride
- Parallel-Hybride
- Misch-Hybride

(vgl. Karle. (2017))

Es soll jetzt für diese drei Varianten kurz die Funktionsweise und die wichtigsten Unterschiede zueinander benannt werden.

Der Unterschied zwischen einem Hybrid und einem Plug-In Hybrid ist, dass diese Variante ihre Akkumulatoren zusätzlich von außen laden kann, also wie bei einem reinen Elektroauto.

Serieller Hybrid:

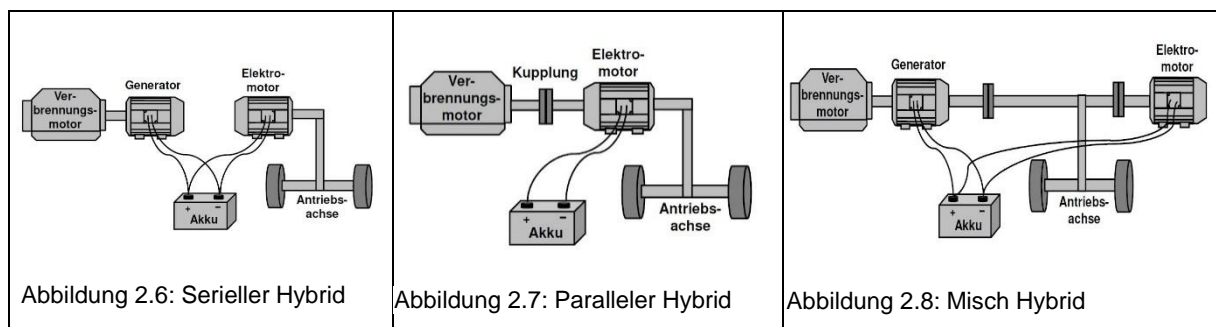
In Abbildung 2.6 ist der schematische Aufbau zu sehen. Es wird nur der Elektromotor als Antrieb genutzt, denn der Verbrennungsmotor ist nicht mechanisch mit der Antriebsachse verbunden. Der Verbrennungsmotor lädt hier nur über den Generator den Akku auf. Damit kann der Verbrennungsmotor immer im effizientesten Arbeitspunkt bleiben und dient als Range Extender. (vgl. Koeppen. (2019))

Paralleler Hybrid:

Die Abbildung 2.7 zeigt den parallelen Hybridantrieb, dieser ist dadurch gekennzeichnet, dass der Verbrennungsmotor über eine Kupplung mechanisch zum Antriebsstrang dazu geschaltet werden kann. Dadurch kann entschieden werden, ob die beiden Motoren gemeinsam oder einzeln genutzt werden sollen. Bei gleichzeitiger Benutzung können die beiden Motoren kleiner dimensioniert werden, da die Gesamtleistung gleich der Summe der beiden Motoren ist. (vgl. Koeppen. (2019))

Misch Hybrid:

Die Abbildung 2.8 zeigt die dritte Hybridart, den Misch-Hybridantrieb. Der Misch-Hybrid kombiniert dabei den seriellen und parallelen-Hybridantrieb. Dabei wird durch die Steuerungselektronik dafür gesorgt, dass jeweils die optimale Antriebsart gewählt wird. (vgl. Koeppen. (2019))



Quelle: (vgl. Koeppen. (2019))

Elektromotoren:

Der Elektromotor hat die Aufgabe, die elektrische Energie aus dem Energiespeicher in mechanische Antriebsenergie umzuwandeln und ist damit ein zentrales Element eines Elektrofahrzeuges.

Laut Karle (vgl. Karle. (2017)) werden am häufigsten Drehstrommotoren in der Asynchron- oder Synchronmotorvariante in den Elektrofahrzeugen verwendet.

Zur vollen Potenzialausschöpfung werden die Motoren dafür auf einer 400 Volt Spannungsebene betrieben, wodurch diese auf Wirkungsgrade von 90 % kommen. Durch die Rekuperation kann dieser Wirkungsgrad, dank der Energierückgewinnung, erhöht werden. Die Leistungselektronik hat die Aufgabe, die Drehzahlen und Momente am Elektromotor zu variieren. Dazu muss der Drehstrom, der dem Motor zugeführt wird, nicht nur in seiner Frequenz, sondern auch in seiner Leistung veränderlich steuerbar sein. (vgl. Karle. (2017))

2.3 Energiespeicher Fahrzeugakku /-batterie

Der Energiespeicher von Elektrofahrzeugen wird Fahrzeugakku oder -batterie genannt. Dieser soll die notwendige Energie für den Elektromotor bereitstellen und ist dabei das zweite zentrale Bauelement in einem E-Fahrzeug. Dieser ersetzt, wie in Abbildung 2.2 dargestellt, den Kraftstofftank aus den konventionellen Fahrzeugen. Bei den Elektrofahrzeugen hat sich der Lithium-Ionen-Akku durchgesetzt, nur in Hybridfahrzeugen werden Nickel-Metallhydrid-Akkus verwendet. Der Grund dafür ist, dass der Nickel-Metallhydrid-Akku zwar günstiger als der Li-Ionen-Akku ist, aber dafür eine sehr viel geringere Energiedichte aufweist. (vgl. Karle. (2017))

Vorteile der Lithium-Ionen-Akkus bei der Verwendung in Elektrofahrzeugen:

- Besitzen im Vergleich zu anderen Akkus eine hohe Energie- und Leistungsdichte.
- Kein Memoryeffekt, das bedeutet, dass dieser Akku keinen Kapazitätsverlust aufweist, wenn es zu häufigen Teilentladungen kommt. Damit ist gemeint, dass der Akku sich die teilgeladenen Zustände nicht „merkt“ und diese als neuen Nullwert ansieht. Dies hat zur Folge, dass ein E-Fahrzeug aus jedem Ladezustand heraus nachladen kann.
- Geringe Selbstentladung
- Hoher Wirkungsgrad durch einen geringen Innenwiderstand

Nachteile der Lithium-Ionen-Akkus:

- Es gibt eine begrenzte Anzahl der Ladezyklen, denn die Kapazität der Akkus sinkt mit deren Betrieb. Wenn der Akku noch 70 % bis 80 % seiner Nennkapazität aufweist, dann ist die Grenzlebensdauer erreicht und der Akku muss gewechselt werden.
- Die Arbeitstemperatur sollte zwischen 18°C und 25°C liegen, deshalb muss der Akku klimatisiert werden was den Energieverbrauch steigert.
- Der Ladestrom muss begrenzt werden, dadurch ergeben sich längere Ladezeiten. (Minimum eine halbe Stunde, aber mit hohem Aufwand verbunden)
- Der Ladevorgang muss überwacht werden, da der Akku nicht überladen werden darf.
- Eine Tiefentladung würde zu einer Zerstörung des Akkus führen, deshalb ist dafür eine Schutzelektronik vorzusehen.

(vgl. Karle. (2017))

Aufbau der Basiszelle und des Fahrzeugakkus als Li-Ionen-Akku

Der Aufbau einer Basiszelle des Li-Ionen-Akkus ist in Abbildung 2.9 dargestellt. Links ist das allgemeine Funktionsschema eines Li-Ionen-Akkus abgebildet und rechts der Aufbau einer Basiszelle in der Variante einer prismatischen- und Rundzelle.

Die Li-Ionen-Zelle besteht im Wesentlichen aus:

- Einer negativen Elektrode, die meistens aus Graphit besteht oder aus amorphem Kohlenstoff
- Die andere Elektrode ist positiv und besteht aus einem Lithium-Metalloxid, z. B. Nickel-Kobalt-Mangan oder Nickel-Kobalt-Aluminium.
- Ein Separator trennt die Elektroden voneinander und lässt nur die positiv geladenen Li-Ionen durch. Die Elektronen werden aus zwei Gründen nicht durchgelassen: Zum einen

würde dies zu einem Kurzschluss führen und zum anderen sollen diese Elektronen an den Elektroden abgegriffen und zum Betrieb des Elektromotors genutzt werden.

- Einem eingesetzten Elektrolyt, dass die Beweglichkeit der Ionen gewährleistet, kann eine nicht-wässrige-Lösung oder ein gelartiges Polymer sein. (vgl. Karle. (2017))

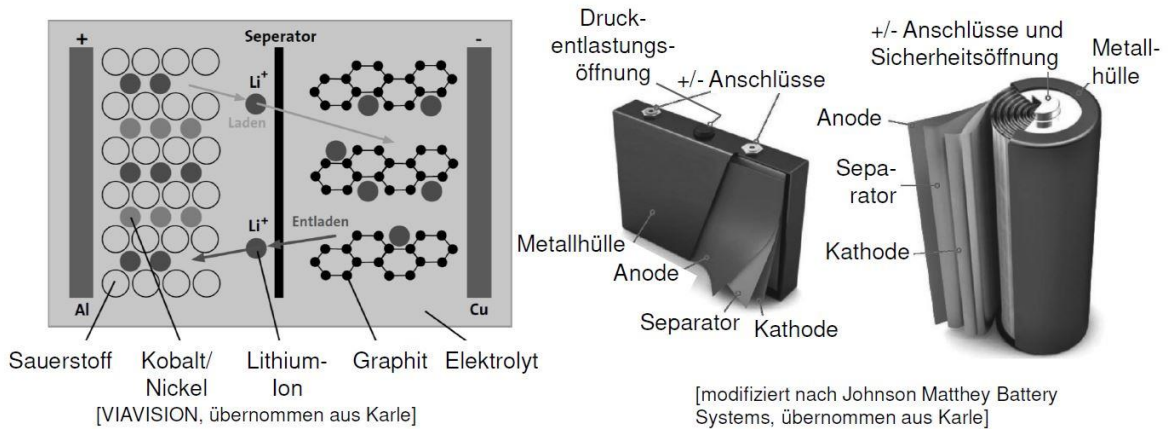


Abbildung 2.9: Aufbau einer Basiszelle
Quelle: (vgl. vgl. Koeppen. (2019))

Basiszellen, wie in Abbildung 2.9 gezeigt, würden nicht ausreichen damit folgende Kenngrößen in einem Elektroauto erreicht werden:

- Eine Ausgangsspannung von ca. 300 bis 400 Volt
- Eine Kapazität von mindestens 15 bis 25 kWh
- Eine Ausgangsleistung von 80 bis 160 kW
- Ladezyklen von mehr als 1000 Stück
- Ladezeiten von einer halben Stunde (mit der passenden Infrastruktur)

(vgl. Karle. (2017))

Für die Realisierung werden die Li-Ionen-Basiszellen zusammenschaltet, wie in Abbildung 2.10 zu sehen. Dazu werden erst die Basiszellen zu Modulen und dann mehrere Module zu einem Fahrzeugakku zusammengebaut.

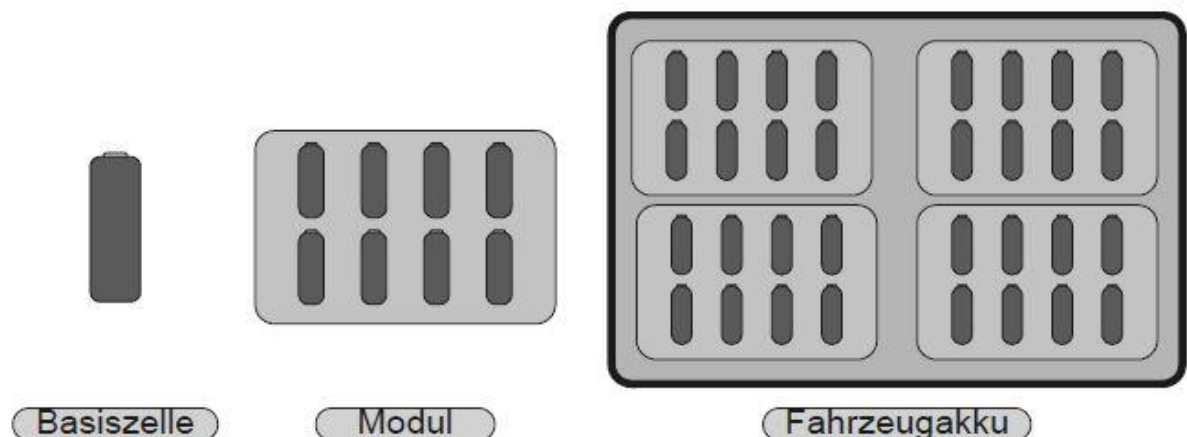


Abbildung 2.10: Modularer Aufbau des Fahrzeugakkus
Quelle: (vgl. Karle. (2017))

Energiedichte und Reichweite der Elektrofahrzeuge

Der Li-Ionen-Akku hat im Vergleich zu anderen elektrochemischen Speichern, die besten Energiedichten vorzuweisen. Dabei wird meist von der gravimetrischen Energiedichte ausgegangen. Die Akkukapazität auf die Akkumasse bezogen ergibt die gravimetrische Energiedichte in [Wh / kg], also wie viel Energie pro Gewichtseinheit zur Verfügung steht.

Werden jetzt die Energiedichten von Li-Ionen-Akkus mit denen von Dieselmotoren verglichen, ergibt sich, dass die Energiedichte des Dieselmotors um den Faktor 100 größer ist. Dem Elektrofahrzeug kommt aber in diesem Falle zu Gute, dass diese einen deutlich geringeren Verbrauch haben und die schwereren Akkus, durch den Effekt der Rekuperation, nur teilweise den Verbrauch erhöhen.

Schlussendlich haben die Elektrofahrzeuge eine durchschnittliche Reichweite von 200 km und die herkömmlichen Fahrzeuge, mit Diesel- oder Benzinmotoren, eine Reichweite von 800 bis 1000 km. (vgl. Karle. (2017))

Lebensdauer der Fahrzeugakkus:

Die genaue Lebensdauer der Antriebsakkus können nicht genau vorhergesagt werden. Es gibt aber bestimmte Einflüsse, die diese verkürzen:

- Zeitliche Alterung: Obwohl die Akkus nicht genutzt werden, verlieren diese nach und nach an Kapazität.
- Die Zyklen-Alterung: Jede Ladung kann die maximale Kapazität reduzieren.
- Alterung durch falsche Temperaturen: Besonders hohe und niedrige Temperaturen können die Alterung beschleunigen.

(vgl. Karle. (2017))

Insgesamt ist nicht genau zu sagen, welche Einflüsse tatsächlich die Lebensdauer stark senken, dafür gibt es noch keine langjährigen Erfahrungswerte. Der Nutzer eines Elektrofahrzeuges muss aber damit rechnen, dass im Laufe der Zeit, die Reichweite und damit die Kapazität seiner Fahrzeugbatterie sinken wird. Bei einer Restkapazität von 70 % oder 80 % des ursprünglichen Nennwertes wird der Akku typischerweise, von den Herstellern, als nicht mehr gebrauchsfähig eingestuft. Hierzu gibt es aber keine genormten Werte, vielmehr kann dies jeder Hersteller selbst entscheiden und angeben. (vgl. Karle. (2017))

Batterie-Management-System (BMS)

Das Batterie-Management-System soll den Akkumulator bei dem Gebrauch und der Nutzung überwachen, dadurch soll die Lebensdauer optimiert werden. Zusammenfassend übernimmt es dafür folgende Aufgaben:

- Sorgt für einen optimalen Lade- und Entladevorgang (Damit eine Überladung oder Tiefentladung verhindert wird.)
- Thermomanagement, Zellschutz und das Ausbalancieren der Zellen
- Kommunikation mit der Leistungselektronik (Steuerung und Regelung des Akkus)
- Überwachung der Basiszellen, damit eine Überlastung ausgeschlossen wird.

(vgl. Karle. (2017))

2.4 Laden der Elektrofahrzeuge

Akkumulatoren sind reversible und Batterien irreversible Energiespeicher. Der Unterschied liegt darin, dass Batterien nur einmal ihre chemisch gespeicherte Energie in elektrische Energie abgeben können. Akkumulatoren hingegen können den Wechsel von chemisch gespeicherter Energie in elektrische Energie ebenso umgekehrt wieder aufladen. Also: Elektrische Energie wird dabei in chemische Energie zurückgewandelt und damit gespeichert. Wie gerade erwähnt optimiert dabei das Batterie-Management-System (BMS) den Ladevorgang. In jedem Elektrofahrzeug ist ein speziell für das jeweilige Fahrzeugmodell notwendige Ladegerät integriert, sodass dies genau auf das eingesetzte Fahrzeugakku zugeschnitten ist. Außerdem muss das Ladegerät den zum Laden verfügbaren Wechselstrom aus dem Stromnetz in einen für den Akku nutzbaren Gleichstrom umwandeln können. (vgl. Karle. (2017))

Die Kenngrößen beim Laden sind dabei:

- Der Ladestrom
- Die Lade(schluss)spannung
- Die Kapazität des Akkus: Das heißt, die im Akku gespeicherte elektrische Energie.
- Diese wird entweder in Wattstunden (Wh) oder in Amperestunden (Ah) angegeben.
- Amperestunden (Ah) geben dabei die elektrochemisch gespeicherte Ladung an, also wie viele Ladungsträger in dem Speicher geladen sind. Zum Erhalt der Wattstunden (Wh) muss man die Amperestunden mit der Zellspannung multiplizieren.
- Die Wattstunden (Wh) geben direkt die gespeicherte Energie des Akkus an. Diese gibt gleichzeitig die elektrische Energie an, die zum Laden benötigt wird.
- Ladezeit und die Laderate
- Die Laderate gibt dabei den Ladestrom in Abhängigkeit der Akkukapazität an.
- Das bedeutet: Bei einer Laderate von 1 C (Achtung: nicht gleich der Einheit für die Kapazität: C = Coulomb!) wird die Stromstärke so gewählt, dass der Akku innerhalb von einer Stunde vollgeladen ist. Dementsprechend wird bei einer Laderate von 2 C mit der doppelten Stromstärke geladen und der Akku ist innerhalb einer halben Stunde voll aufgeladen. (vgl. Karle. (2017))

Anforderungen beim Laden von Li-Ionen-Akkus:

Damit die Akkumulatoren eine lange Lebensdauer haben, geben die Hersteller eng tolerierte Vorgaben für das Ladeverfahren vor. Die heutigen Akkus dürfen nur mit einer maximalen Lade(schluss)spannung von 4,2 Volt beaufschlagt werden. Diese Spannungsgrenze ist vor allem dann einzuhalten, wenn der Akku schon zu mehr als 80 % seiner max. Kapazität geladen wurde, das heißt die Spannung darf für die letzten 20 % nicht über diese Maximalspannung gehen. Unter den 80 % sind die Basiszellen weniger anfällig, sodass die Schnellladeverfahren sich genau das zunutze machen. Denn diese laden innerhalb von einer halben Stunde nur bis

zu 80 % der Gesamtkapazität auf, dadurch werden die Zellen nicht geschädigt. (vgl. Karle. (2017))

Die Li-Ionen-Akkus werden durch das sogenannte IU-Ladeverfahren bzw. CCCV-Ladeverfahren (Constant Current, Constant Voltage) geladen. Diese Verfahren arbeiten mit Konstantstrom und mit Konstantspannung. Es wird der Akku zuerst mit Konstantstrom geladen, dadurch ist der Ladestrom begrenzt und es wird ein zu hoher Ladestrom zu Beginn vermieden. Es wird solange mit Konstantstrom geladen, bis die Ladeschlussspannung von 4,2 Volt erreicht wird, dies ist spätestens bei 80 % der Nennkapazität der Fall. Ab diesem Zeitpunkt wird mit der Konstantspannung weitergeladen, dadurch kann die Grenzspannung nicht überschritten werden. Bei steigender Ladungskapazität und konstanter Ladeschlussspannung verringert sich der Ladestrom, bis dieser unter eine vorgegebene Grenze fällt. Der Akku ist voll und der Ladevorgang wird durch das Ladegerät automatisch beendet. (vgl. Karle. (2017))

In der Abbildung 2.11 ist das Ladeprofil von einer CCCV-Ladung dargestellt. Auf der y-Primärachse wurde der Strom in Ampere und auf der y-Sekundärachse die Spannung in Volt über der Zeit in Stunden aufgetragen.

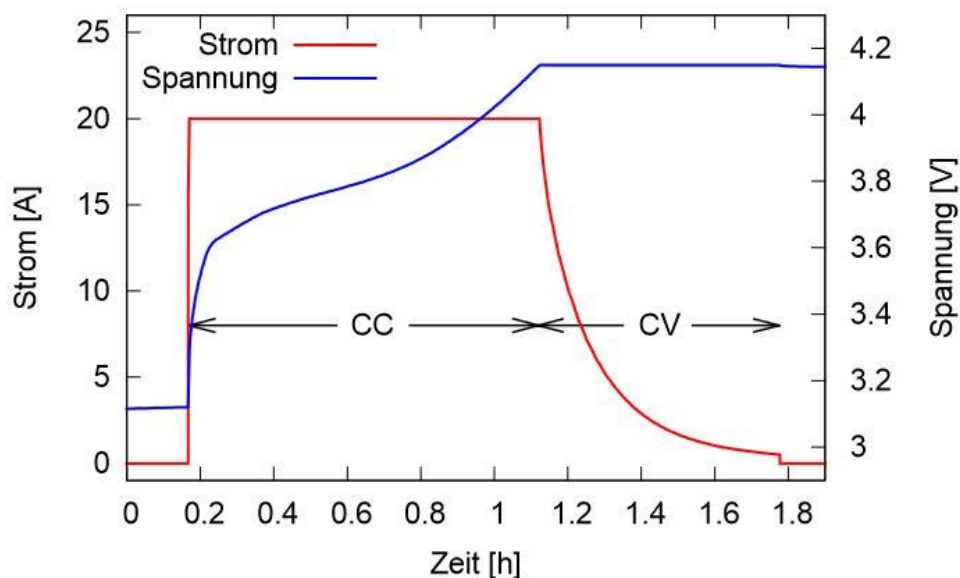


Abbildung 2.11: Ladeverfahren -CCCV
Quelle: (vgl. Grimsmann. (2014))

In diesem Beispiel wurde zuerst, wie bei der CC-Ladung, mit einem Konstantstrom von 20 A geladen, bis die beschriebene Grenzspannung erreicht wurde. In diesem Fall lag diese bei 4,15 V. Bis dahin wurden 80 % des Akkus geladen. Von dort an wurde mit der CV-Ladung, also mit der Konstantspannung von 4,15 V, weitergeladen, bis die Stromstärke unter einen gegebenen Grenzwert fällt, der Akku ist vollgeladen.

Für die fehlenden 20 % Akkukapazität kommt zusätzlich noch einmal die Hälfte von der Ladezeit dazu, die es für die 80 % Kapazität gebraucht hat.

Ladearten und Lademodi:

Die Automobilhersteller verkaufen ihre Elektrofahrzeuge weltweit, deshalb ist es wichtig, dass es eine einheitliche Infrastruktur für das Laden von E-Fahrzeugen gibt. Dieses Ziel wurde in der Norm IEC 62196 umgesetzt, mit dem Inhalt, dass vier grundlegende, unterschiedliche Lademodi und die dazu gehörigen notwendigen Steckverbindungen festgelegt wurden. Diese Lademodi werden heute ausschließlich verwendet. (vgl. Karle. (2017))

Diese 4 unterschiedlichen Lademodi werden im Weiteren beschrieben:

Mode 1:

- Hierbei wird energieseitig mit dem Wechselstrom (AC) aus der Haushaltssteckdose geladen. (Schutzkontakt- oder CEE-Steckdose) und fahrzeugseitig über eine Typ 2-Steckverbindung.
- Die maximale Ladeleistung beträgt bei der einphasigen Schutzkontaktsteckdose 3,7 kW (16 A / 230 V) und bei der dreiphasigen CEE-Steckdose 11 kW (3x16 A / 230 V).
- Es gibt keine Kommunikation zwischen Steckdose und Fahrzeug
- Es wird das fahrzeuginterne Ladegerät genutzt
- Steckdose muss über eine Fehlerstromschrutzeinrichtung (FI-Schalter) verfügen.
- Es muss sichergestellt sein, dass die genutzte Steckdose den notwendigen Strom auf Dauer zulassen kann, dies ist nicht immer gewährleistet. Es wird empfohlen mit reduzierten Ladeleistungen zu laden.

(vgl. Karle. (2017))

Mode 1 wird deshalb in der Praxis nur als Not-Lademöglichkeit mit reduzierter Leistung verwendet.

Mode 2:

- Hierbei wird versorgungsseitig mit dem Wechselstrom (AC) aus der Haushaltssteckdose geladen. (Schutzkontakt- oder CEE-Steckdose) und fahrzeugseitig über eine Typ 2-Steckverbindung.
- Maximale Ladeleistung beträgt einphasig 3,7 kW (16 A / 230 V) oder dreiphasig 22 kW (3 x 32 A / 230 V)
- Es wird mit einem speziellen Ladekabel mit integrierter Steuer- und Schutzfunktionsvorrichtung (ICCB) „In-Cable Control-Box“ geladen, welches den Ladevorgang absichert. Das Schema ist in Abbildung 2.12 dargestellt.
- Das Kabel wird meist beim Kauf des E-Fahrzeuges mitgeliefert.
- Es besteht eine Kommunikation mit dem Fahrzeug
- Es wird das fahrzeuginterne Ladegerät genutzt
- Es kann anstatt des ICCB-Kabels, eine Heimpladestation („Wallbox“) oder eine öffentliche Ladestation verwendet werden. (vgl. Karle. (2017))

Mode 2 wird typischerweise zum Laden zu Hause verwendet.

Das Schema beim Laden in Mode 2 ist in Abbildung 2.12 dargestellt.

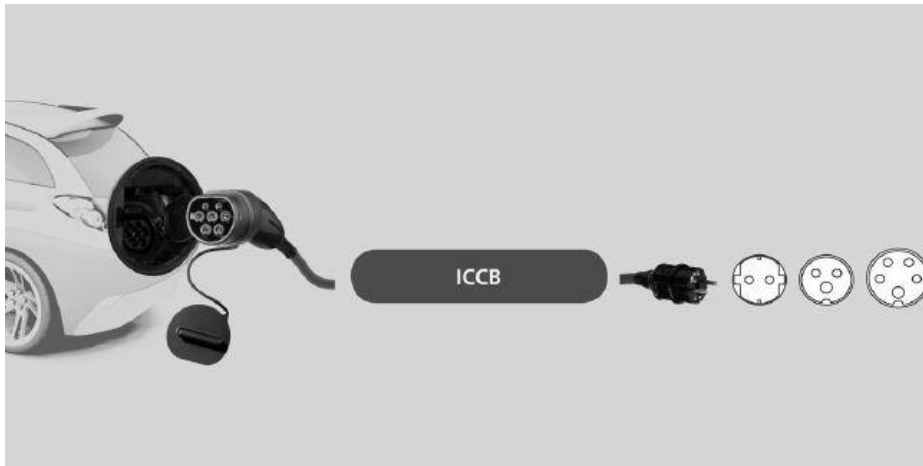


Abbildung 2.12: Schema beim Mode 2 Laden
Quelle: (vgl. Karle. (2017))

Mode 3:

- Laden mit Wechselstrom (AC) an privaten („Wallbox“) oder öffentlichen Ladestationen, die eine Ladeeinrichtung gemäß der IEC 61851 besitzen.
- Einphasig, bis max. 14,5 kW (1x63 A / 230 V) Ladeleistung
- Dreiphasig, bis max. 43,5 kW (3x63 A / 230V) Ladeleistung
- Feste Integration der Steuer- und Schutzfunktion, sowie des Kommunikationsmoduls.
- Es besteht eine Kommunikation mit dem Fahrzeug
- Es wird das fahrzeuginterne Ladegerät genutzt
- „Wallbox“ – Häufig ein fest installiertes Ladekabel auf der Energieseite, das auf der Fahrzeugseite einen Typ 2-Stecker zum Anschluss an das Fahrzeug besitzt. Gibt es aber ebenfalls ohne festes Ladekabel. Dann wird ein Kabel benötigt, welches für beide Seiten eine Typ 2-Steckerverbindung besitzt.
- Hauptsächlich an öffentlichen Ladestationen: Ein Ladekabel von Typ 2-Steckerverbindung erforderlich (Nicht an der Ladestation verbaut)
- Mode-3-Laden ermöglicht eine Ladezeit unter einer Stunde (vgl. Karle. (2017))

Mode 3 wird an öffentlichen Ladestationen und an privaten Wallboxen verwendet.



Abbildung 2.13: Laden an einer "Wallbox"

Quelle: (vgl. Karle. (2017))



Abbildung 2.14: Öffentliche Ladestation

Quelle: (vgl. Koeppen. (2019))

Mode 4:

- Laden an Gleichstrom-Ladestationen mit fest installierter Steuer- und Schutzfunktion
- Ladegerät ist hier in der Ladestation eingebaut und die benötigten Ladekabel sind fest mit der Station verbunden.
- Dabei gibt es zwei Ladevarianten:
 - DC-Low-Ladung mit einer maximalen Ladeleistung von 38 kW. Hierbei wird der „normale“ Typ 2-Stecker, wie bei der AC-Ladung verwendet.
 - Die DC-High-Ladung mit max.170 kW Ladeleistung. Hier wird ein zusätzliches Steckersystem benötigt: Der (CCS) Combined Charging System oder der (CHAdeMo) Charge de Move.
- Standardmodus bei Schnellladungen mit einer Ladezeit von einer halben Stunde (vgl. Karle. (2017))

Mode 4 wird an öffentlichen Ladestationen verwendet.



Abbildung 2.15: DC-Ladestation
Quelle: (vgl. Koeppen. (2019))

CHAdeMo CCS Typ 2



Abbildung 2.16: DC-Ladestation Stecker
Quelle: (vgl. Koeppen. (2019))

Die Abbildung 2.15 zeigt eine DC-Ladestation mit den drei verschiedenen Ladekabelarten, diese Steckverbindungen werden in Abbildung 2.16 gezeigt.

Typ 2-Steckverbindung:

Im Jahr 2013 wurde ein einheitlicher Ladestecker „Typ 2-Stecker“ als Norm für ganz Europa eingeführt, dieser ist für das Laden von Wechselstrom (AC) und das DC-Laden mit geringerer Leistung definiert. Alle Hersteller bieten seit dem Jahr 2017 einheitlich Elektrofahrzeuge mit dem EU-Ladestecker Typ 2 an. Dies gilt ebenso für Autobauer aus anderen Ländern, wie z. B. aus Amerika oder Japan. (vgl. Karle. (2017))

In der Abbildung 2.17 ist eine Typ 2 Steckdose zu sehen. Die genauen Belegungen der Kontakte von der Typ 2 Steckdose sind in Abbildung 2.18 genauer bezeichnet worden.

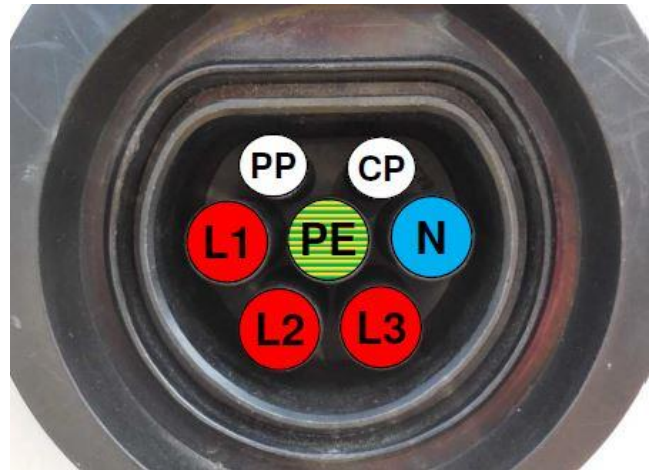


Abbildung 2.17: Typ 2 Steckdose an Ladestation Abbildung 2.18: Belegungen der Typ 2 Steckdose

Quelle: (vgl. Koeppen. (2019))

Die Belegungen in Abbildung 2.18 entsprechen dabei:

- PP und CP sind Steuerleitungen
- PE ist der Schutzleiter
- N der Neutralleiter
- L1 bis L3 sind die genutzten stromführende Phasen
- Bei der DC-Low-Ladung werden L2 und L3 als Plus und Minus Pol verwendet (vgl. Koeppen. (2019))

DC-Schnellladen:

Im Jahr 2017 wurde sich in Europa auf das CCS-System als AC/DC-Ladeschnittstelle für die Schnellladestationen geeinigt. Diese sollen in Europa und Amerika einheitlich verwendet werden. Das CHAdeMo-System ist ein völlig unabhängiges System und ist ein zweiter Standard für die Schnellladung, welches von den japanischen Herstellern verwendet wird. (vgl. Karle. (2017)) Die beiden Steckertypen stehen dabei in Konkurrenz:

- Hersteller in Europa verwenden: **CCS** (Combined Charge System). Fahrzeugseitiger Steckertyp ist der sogenannte **Combo-2-Stecker**
- Hersteller aus Japan verwenden: **CHAdeMO** (Charge de Move)



Abbildung 2.19: CCS-Stecker Combo-2-Stecker

Der **Combo-2-Stecker** ist die Erweiterung des Typ 2-Steckers (der obere Abschnitt) und wurde durch zwei extra DC-Kabel (unterer Abschnitt) ergänzt, siehe Abbildung 2.19.

Von dem Typ 2-Stecker werden die PP und CP Steuerleitungen und der PE Schutzleiter weiterhin verwendet. Die Ladung erfolgt über die zwei DC-Kabel, mit Plus und Minus. Die Fahrzeugseite hat in der Regel immer eine Steckdose für Typ 2-Stecker und CSS-Stecker. (vgl. Koeppen. (2019))

Quelle: (vgl. Koeppen. (2019))

3 Ist-Stand der Elektromobilität

In diesem Kapitel geht es darum den aktuellen Ist-Stand der Elektromobilität in Deutschland und Norwegen darzustellen. Dafür werden fünf Hauptgruppen gebildet, die unterschiedliche Themengebiete umfassen: Mensch, Technik, Staat, Geographie und Energieerzeugung. Unter diesen genannten Gruppen werden verschiedene Aspekte analysiert, die den Ausbau und die Akzeptanz der Elektromobilität beeinflussen. Es wurden genau diese fünf Hauptgruppen gebildet, damit das Gebiet der Elektromobilität umfassend analysiert werden kann. Zudem soll sichergestellt sein, dass das gesamte Gebiet dieses Themas abdeckt und in der ganzen Breite betrachtet wird. Die Themengebiete sind alle miteinander verknüpft und überschneiden sich dadurch in ihren Inhalten. Deshalb werden einige Aspekte in mehreren Themengebieten aufgegriffen.

3.1 Mensch

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit dem Menschen und welche Aspekte dazu beitragen, dass dieser sich ein Elektroauto kaufen würde.

Da angenommen werden kann, dass Menschen, global gesehen, gleiche Verhaltensweisen aufweisen wird hier im Allgemeinen keine Unterscheidung zwischen den Ländern Deutschland und Norwegen vorgenommen. Bei konkreten Zahlen, Fakten, Graphiken und Daten wird nach Deutschland und Norwegen unterschieden, denn so lassen sich später Unterschiede vergleichen.

3.1.1 Bevölkerung

Für Deutschland und Norwegen werden im Nachfolgenden die Gesamtbevölkerungen, das Bevölkerungswachstum, die Bevölkerungsdichten und die Altersdurchschnitte angegeben.

Deutschland:

Die Gesamtbevölkerungszahl von Deutschland beläuft sich, Stand 30.09.2019, gerundet auf insgesamt 83,15 Mio. Einwohner. (vgl. Statistisches Bundesamt. (2020a))

Das Statistische Bundesamt gibt Modellrechnungen heraus, die darstellen, wie sich der Bevölkerungsstand in Deutschland entwickeln kann. Bei diesen Modellrechnungen werden verschiedene Varianten angenommen. Die Varianten unterscheiden sich dadurch, dass die Lebenserwartung, die Geburtenhäufigkeit und ein Wanderungssaldo mit unterschiedlicher Gewichtung mit in die Rechnung einfließen. Hier wird nur ein mögliches Zukunftsszenario genannt, dass eine Gesamtbevölkerung in Deutschland im Jahr 2050 angibt. Die Berechnungsvariante BEV-VARIANTE-03 wird hier als kurzes Beispiel gewählt. In dieser Variante wird die Geburtenhäufigkeit und Lebenserwartung als moderat angenommen. Zudem wird ein hoher Wanderungssaldo als Grundlage in der Berechnung gewählt. Das Resultat dieser ausgewählten Variante ist, dass Deutschland, Stand 31.12.2050, einen Bevölkerungsstand von 83,6 Mio. Einwohnern hätte. (vgl. Statistisches Bundesamt. (2020b))

Es gibt mehrere Szenarien wie sich die Gesamtbevölkerungszahl entwickeln kann. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit davon ausgegangen, dass sich der Bevölkerungsstand nicht essentiell ändern wird und deshalb keinen unmittelbaren Einfluss auf die Ergebnisse dieser Arbeit haben wird. Bei Berechnungen wird mit der Einwohneranzahl, Stand 30.09.2019, mit insgesamt 83,2 Mio. Einwohnern gerechnet.

In der Abbildung 3.1 wird die Entwicklung der Bevölkerungsdichte in Deutschland von den Jahren 1991 bis 2018 dargestellt. Dabei werden die Einwohner je km² über die Jahre aufgetragen. Die Bevölkerungsdichte bildet sich aus der Gesamtbevölkerung des Landes im Verhältnis zur gesamten Staatsfläche. Des Weiteren wird in der gleichen Abbildung die Bevölkerungszahl in Deutschland über den gleichen Zeitraum aufgetragen.

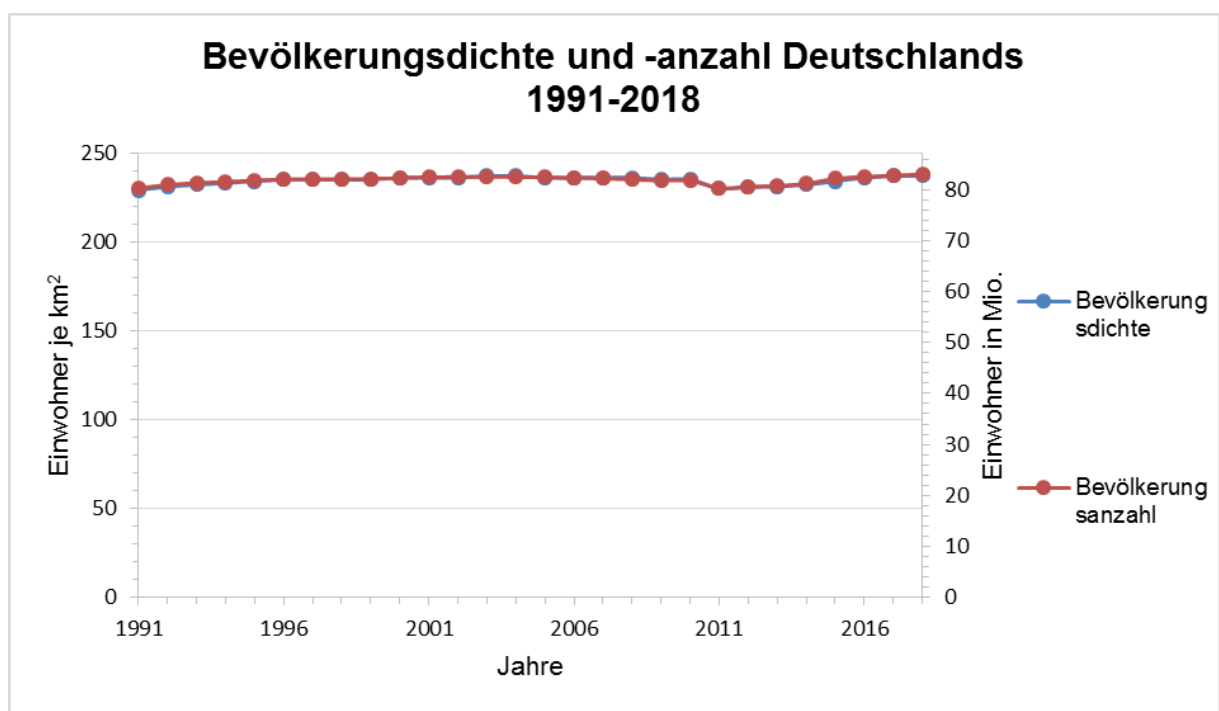


Abbildung 3.1: Bevölkerungsdichte und -anzahl Deutschlands 1991 bis 2018
Quelle: (vgl. Statistisches Bundesamt. (2019a)), (vgl. Statistisches Bundesamt. (2019b))

In der Abbildung 3.1 ist zu erkennen, dass die Bevölkerungsdichte und die Bevölkerungszahl einen gleichen Verlauf haben und deckungsgleich sind. Dies ist auch zu erwarten, denn die Bevölkerungsdichte hängt proportional mit der Staatsfläche von Deutschland zusammen, welche identisch bleibt.

Die durchschnittliche Bevölkerungsdichte lag bei 234 Einwohner je km² und der Durchschnitt bei der Bevölkerungszahl bei rund 82 Mio. Einwohnern. Im Jahr 1991 hatte Deutschland 80,3 Mio. und im Jahr 2018 rund 83 Mio. Einwohner. Dies ist ein Zuwachs von gut 3 % gegenüber der Einwohnerzahl aus dem Jahr 1991. Dementsprechend ist die Bevölkerungsdichte proportional zur steigenden Einwohnerzahl mit angestiegen und lag z. B. im Jahr 2018 bei 237 Einwohner je km². Im Jahr 1991 waren es 229 Einwohner je km².

Der Einbruch der beiden Graphen im Jahr 2011 ist damit zu erklären, dass in diesem Jahr ein Zensus stattgefunden hat und darum mit neuen Bevölkerungszahlen gerechnet wurde. Ein

Zensus ist eine gesetzlich angeordnete Volkszählung, bei der die amtliche Einwohnerzahl ermittelt wird. Der Zensus ist Grundlage für Bevölkerungsstatistiken des Statistischen Bundesamtes und hat damit eine wichtige Bedeutung für den Staat. (vgl. Statistisches Bundesamt. (2020c))

Nach dem Szenario des Statistischen Bundesamtes wird die Bevölkerung im Jahr 2050 mit 83,6 Mio. das gleiche Niveau von 2018 erreichen. Damit wird sich die Dichte der Bevölkerung nicht ändern und es wird in der Arbeit davon ausgegangen, dass die Bevölkerungsdichte durchschnittlich bei 234 Einwohner je km² liegen wird.

Norwegen:

In der untenstehenden Abbildung 3.2 ist die Gesamtbevölkerung von Norwegen in den Jahren 2008 bis 2018 zu sehen. Dabei wurden die Einwohner in Millionen über die Jahre aufgetragen. Zusätzlich ist die Entwicklung der Bevölkerungsdichte in Norwegen von den Jahren 2008 bis 2018 dargestellt. Dabei werden die Einwohner je km² über die Jahre aufgetragen. Die Bevölkerungsdichte bildet sich aus der Gesamtbevölkerung des Landes im Verhältnis zur gesamten Staatsfläche. Die Staatsflächen der beiden Länder werden in dem Kapitel 3.4 Geographie gezeigt.

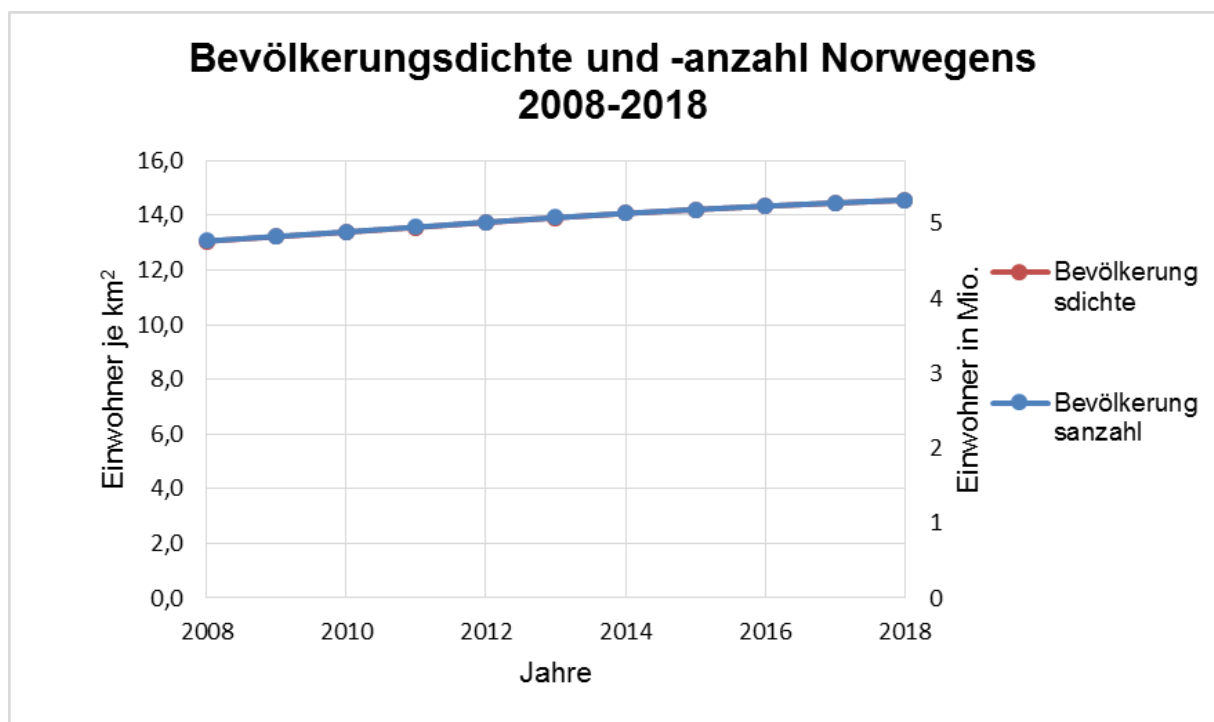


Abbildung 3.2: Bevölkerungsdichte und -anzahl Norwegens 2008 bis 2018
Quelle: (vgl. The World Bank Group. (2020a))

In der Abbildung 3.2 ist zu erkennen, dass die Bevölkerungsdichte und die Bevölkerungszahl einen gleichen Verlauf haben und deckungsgleich sind. Dies ist, wie für Deutschland, hier zu erwarten. Die Proportionalität zwischen der Bevölkerungszahl und der Bevölkerungsdichte bleibt für Norwegen identisch, denn die Staatsfläche bleibt hier unverändert bestehen. Im Jahr 2018 hatte Norwegen einen Gesamtbevölkerungsstand von 5,31 Mio. Einwohnern.

Nach der Abbildung 3.2 ist insgesamt ein positiver Trend bei dem Bevölkerungswachstum zu erkennen. Von 2008 bis 2018 ist die norwegische Bevölkerung um 11 % gewachsen. Waren es im Jahr 2008 noch 4,77 Mio. Einwohner, zählte Norwegen 2018 schon 5,31 Mio. Einwohner. Im Jahre 2018 lag die Bevölkerungsdichte in Norwegen bei rund 15 Einwohner je km². Dies ist bisher der höchste Wert für Norwegen. Da sich die Staatsfläche Norwegens nicht ändern wird, entwickelt sich die Bevölkerungsdichte und -anzahl proportional zueinander.

Die Bevölkerung in Norwegen wuchs in den Jahren von 2008 bis 2018 im Durchschnitt um 1,1 % pro Jahr. Wenngleich die Bevölkerung in Norwegen im Jahr 2018 nur um ca. 0,71 % gegenüber dem Vorjahr gewachsen ist, bleibt trotzdem eine positive Bevölkerungsentwicklung zu erkennen. (vgl. The World Bank Group. (2020a))

In dieser Arbeit wird bei Berechnungen mit 5,31 Mio. Einwohnern für Norwegen gerechnet.

Bei dem Vergleich zwischen Deutschland und Norwegen ist deutlich, dass Norwegen mit rund 15 Einwohner je km² im Gegensatz zu Deutschland mit 234 Einwohner je km² sehr dünn besiedelt ist. Im Jahr 2018 lebten rund 83 Mio. Einwohner in Deutschland, dies entsprach einem Zuwachs von gut 3 % gegenüber der Einwohnerzahl aus dem Jahr 1991. In Norwegen lebten im Jahr 2018 mit 5,31 Mio. Menschen etwa 11 % mehr als im Jahr 2008. Das heißt, dass die norwegische Bevölkerung eine hohe Zuwachsrate hatte, die deutlich höher war als in Deutschland. Obwohl der betrachtete Zeitraum der beiden Länder unterschiedlich war, kann man trotzdem erkennen, dass die Bevölkerung in Norwegen schneller wächst. Vor allem in den urbanen Regionen, wie es in Kapitel 3.4.2 Stadt-Land-Gefälle gezeigt wird.

Trotzdem wird Norwegen in den nächsten Jahrzehnten keine so große Bevölkerungsanzahl wie Deutschland aufweisen, denn Deutschlands Bevölkerung ist fast um das 16-fache größer, als die von Norwegen. Durch die Proportionalität gilt dies ebenso für die Bevölkerungsdichte. Wenn die Norwegische Bevölkerung in den nächsten Jahren weiterhin ansteigt, wird diese nicht die gleich hohe Bevölkerungsdichte wie Deutschland erreichen können. Bei einer Verdoppelung von Norwegens Bevölkerung würde, dies einer Bevölkerungsdichte von rund 30 Einwohner je km² entsprechen.

Altersstruktur in Deutschland und Norwegen:

Die nachfolgenden Statistiken, in Abbildung 3.3 und Abbildung 3.4, zeigen jeweils die Altersstrukturen von Deutschland und Norwegen in den Jahren 2008 und 2018 auf.

Es handelt sich um ein gestapeltes Säulendiagramm, welches auf seiner Abszisse für jede Säule das entsprechende Jahr angibt. Auf der Ordinate wird der Altersgruppenanteil an der Gesamtbevölkerung aufgetragen. In diesem Fall gibt es drei Altersgruppen. Die erste von 0-14 Jahren, die zweite von 15-64 Jahren und die dritte jeder der älter als 64 Jahren ist.

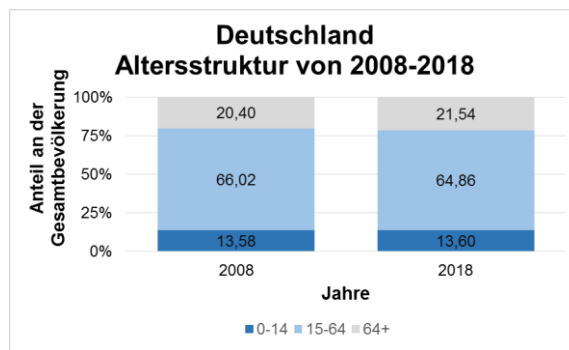


Abbildung 3.3: Altersstruktur DEU 2008 & 2018
Quellen: (vgl. Statistisches Bundesamt. (2020d)),

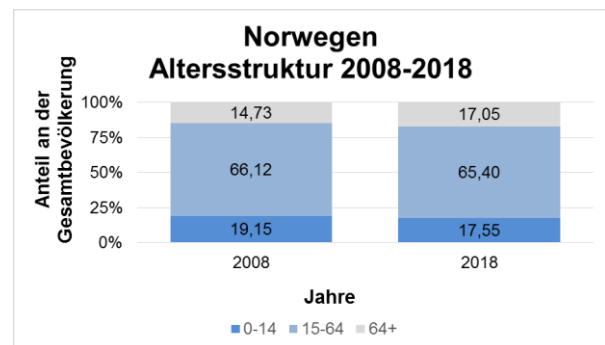


Abbildung 3.4: Altersstruktur NOR 2008 & 2018
(vgl. The World Bank Group. (2020b))

Nach den beiden Abbildungen 3.3 und 3.4 ergibt sich folgendes: Im Jahr 2018 lebten 83 Mio. Menschen in Deutschland und 5,31 Mio. Menschen in Norwegen. In Deutschland waren davon 13,6 % zwischen null und vierzehn Jahren, das entspricht 11,3 Mio. Kinder. In Norwegen lebten laut Statistik im Jahr 2018 rund 0,93 Mio. Kinder im Alter von null bis vierzehn Jahren, dies entsprach einem Anteil von 17,6 % an der Gesamtbevölkerung Norwegens.

Insgesamt lebten in Deutschland 53,8 Mio. Personen im Alter von fünfzehn und 64 Jahren. Dies machte einen Anteil von 64,9 % der Gesamtbevölkerung aus. Zu der Zeit lebten in Norwegen 3,5 Mio. Personen im Alter von fünfzehn bis 64 Jahren, dies entspricht 65,4 % der Gesamtbevölkerung.

Personen die älter als 64 Jahre alt waren haben einen Anteil von 21,5 % ausgemacht. Entsprechend lebten in dieser Altersgruppen 17,9 Mio. Menschen in Deutschland. Mit einem Anteil von 17,1 % lebten 0,91 Mio. Personen in einem Alter von 64 Jahren und aufwärts in Norwegen.

Diese Altersstruktur hat sich von dem Jahr 2008 zu 2018 nicht maßgeblich verändert. Deutlich zu erkennen ist, dass es mehr ältere als jüngere Menschen in den Jahren 2008 und 2018 in Deutschland gab.

Die meisten Personen in Norwegen sind in einem Alter von fünfzehn bis 64 Jahren. Es gibt nur geringfügig mehr Kinder, als Personen mit einem Alter über 64 Jahren.

Dies spricht dafür, dass sich die Sterberate und die Geburtenrate in Waage halten. Außerdem gab es in den beiden gezeigten Jahren immer mehr Kinder als ältere Personen in Norwegen. Der Abstand zwischen den Kindern und älteren Menschen wird aber immer geringer.

Vergleicht man beide Länder, dann ist zu erkennen, dass die Altersstrukturen ziemlich gleich sind. Nur in Deutschland gibt es eine geringere Anzahl von Kindern gegenüber Norwegen. Damit sind also beide Altersstrukturen als gleich zu bezeichnen und sind deshalb vergleichbar. Werden die Bevölkerungszahlen beider Länder mit in den Vergleich einbezogen, dann wird deutlich, dass Deutschland eine gleichbare Bevölkerungszahl, bei geringerer Geburtenrate, nur dann schaffen konnte, wenn es Zuwanderungen gab. Das spätestens seit 2006 viele Flüchtlinge aus Kriegsgebieten nach Europa und nach Deutschland kommen ist hinreichend

bekannt. Es ist sehr stark davon auszugehen, dass die Zuwanderung in Zukunft bestehen bleiben und weiterhin ansteigen wird.

Norwegen ist innerhalb von zehn Jahren um 11 % gewachsen. Daran wird die Zuwanderung zu einem gewissen Anteil beteiligt gewesen sein. Es ist davon auszugehen, dass nur Personen, die älter als 18 Jahre sind, sich für ein Elektroauto interessieren würden. Personen, die sich ein Elektroauto wiederum leisten können, werden im Durchschnitt älter sein, denn diese haben dafür eher die finanziellen Mittel zur Verfügung. Dadurch, dass die Altersstrukturen in Deutschland und Norwegen sehr ähnlich sind, ist dies kein entscheidender Erfolgsfaktor und wird nicht weiter vertieft werden.

3.1.2 Pkw-Bestand und Verteilung

Dieser Unterpunkt beschäftigt sich mit den Zulassungen von Personenkraftwagen und deren Bestand in den beiden Ländern. Das Augenmerk liegt dabei besonders auf den Kraftstoffarten und Antriebsarten der zugelassenen Pkw.

Pkw-Bestand in Deutschland und Norwegen:

Der Bestand an Personenkraftwagen in Deutschland ist in Abbildung 3.5 dargestellt. In diesem Säulendiagramm wird der Pkw-Bestand in Mio. über die Jahre angegeben. Der Zeitraum umfasst dabei die Jahre 2009 bis 2019.

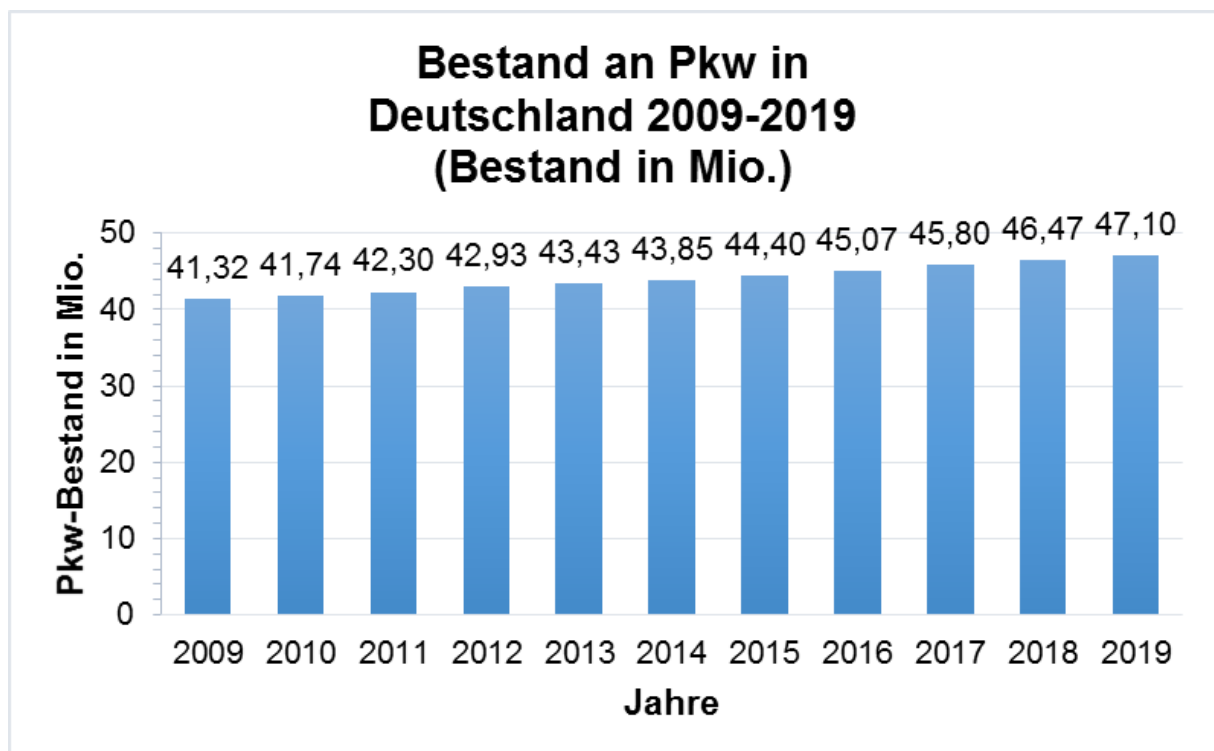


Abbildung 3.5: Bestand an Pkw in Deutschland 2009 bis 2019
Quelle: (vgl. KBA. (2020a))

In der Abbildung 3.5 ist deutlich zu erkennen, dass der Bestand an Personenkraftwagen in Deutschland in den letzten zehn Jahren stetig zugenommen hat. Ein Höchststand an Personenkraftwagen wurde 2019 mit 47,1 Mio. erreicht. Demnach ist davon auszugehen, dass der Bestand an Personenkraftwagen in Deutschland weiterhin ansteigen wird. In den Jahren 2009 bis 2019 sind rund 5,8 Mio. Pkws in den deutschen Bestand dazu gekommen, dies entspricht einem Wachstumsanstieg von 14 %.

In der Abbildung 3.6 ist der Personenkraftwagen Bestand von Norwegen in den Jahren 2014 bis 2018 zu sehen. Es wurde der Pkw-Bestand in Mio. über die Jahre aufgetragen.

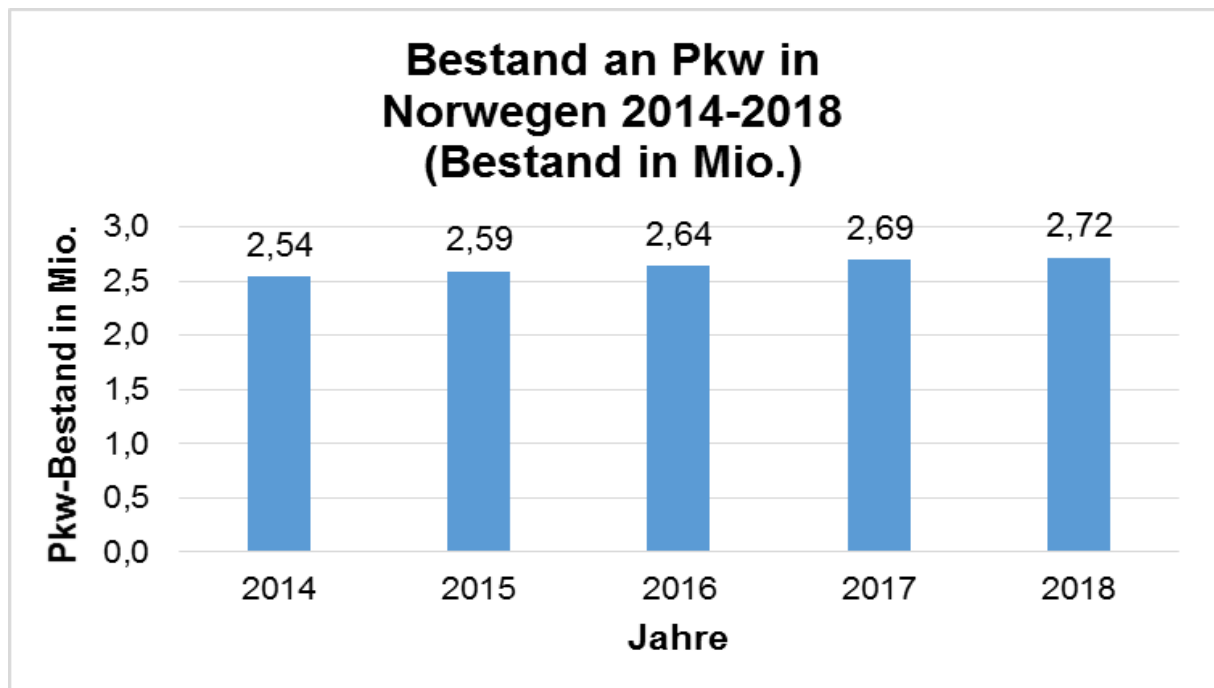


Abbildung 3.6: Pkw-Bestand in Norwegen 2014 bis 2018
Quelle: (vgl. ACEA. (2019): S. 3)

Erkennbar ist, dass der Bestand an Personenkraftwagen in Norwegen jedes Jahr zugenommen hat. Der höchste Stand wurde im Jahr 2018 mit insgesamt 2,72 Mio. zugelassenen Pkws in Norwegen erreicht. Wird der Bestand an Personenkraftwagen in Deutschland von 47,1 Mio. ins Verhältnis zu der Gesamtbevölkerung in Deutschland mit 83,2 Mio. gesetzt, dann ergibt sich folgendes Ergebnis: Für jeden Bundesbürger gibt es theoretisch 0,57 angemeldete Personenkraftwagen in Deutschland. Setzt man den Bestand in Norwegen von 2,72 Mio. Pkws ins Verhältnis zu der Gesamtbevölkerung mit 5,31 Mio. Menschen, ist anzunehmen, dass auf jede Person theoretisch 0,51 angemeldete Pkws kommen.

Beim Vergleich von Norwegen und Deutschland fällt auf, dass in Deutschland ca. 10 % mehr Fahrzeuge pro Kopf angemeldet sind als in Norwegen. Dies bedeutet, dass der Trend in Deutschland dahin geht, dass Familien mehr als ein Fahrzeug besitzen. Da der Unterschied nur bei 10 % liegt, kann gesagt werden, dass sich ebenfalls in Norwegen der Trend Richtung zwei oder drei Fahrzeugen in einer Familie entwickelt.

Verteilung der Kraftstoffarten auf alle Pkw in Norwegen und Deutschland:

Die Verteilung der Kraftstoffarten auf alle zugelassenen Personenkraftwagen in Deutschland im Jahr 2019 ist in Abbildung 3.7 zu sehen. Anmerkung: Der Anteil von 0,1 % Plug-In gehört

nicht zu dem Gesamtkreis, sondern stellt nur den Anteil von Hybriden dar, die mit einem Plug-In versehen sind.

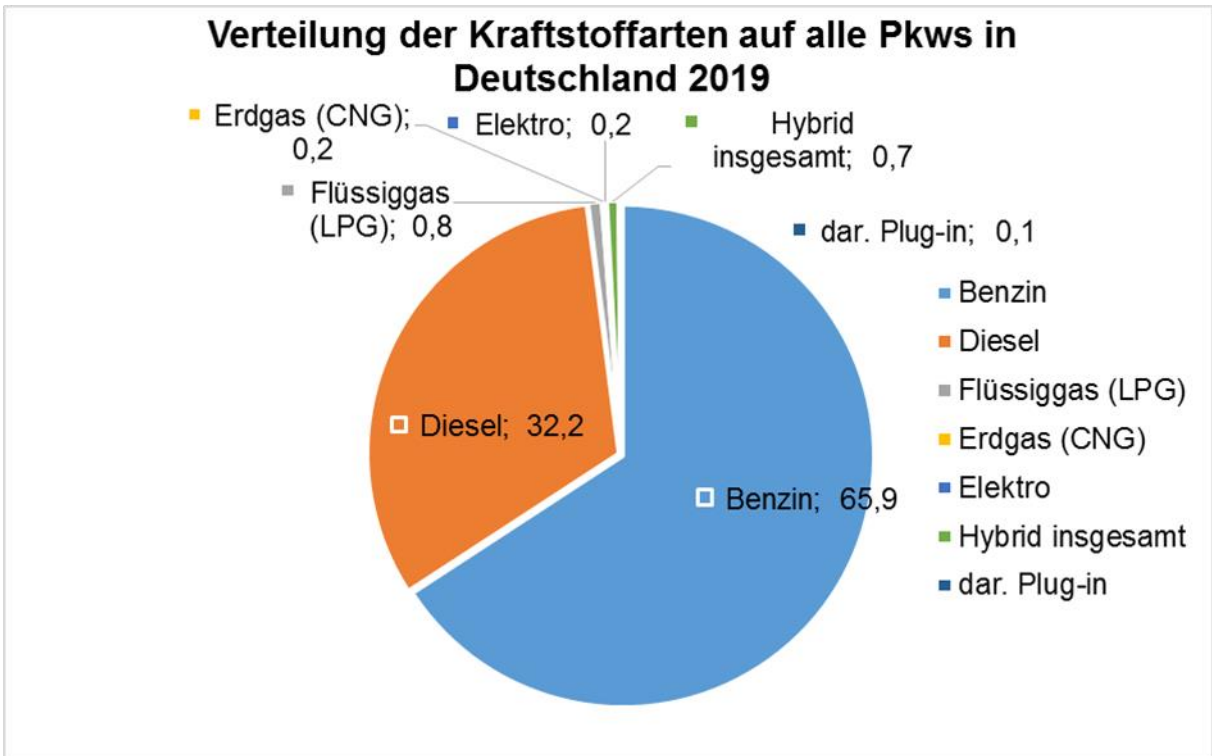


Abbildung 3.7: Verteilung der Kraftstoffarten aller zugelassenen Pkws in DEU 2019
Quelle: (vgl. KBA. (2020a))

Eine Übersicht über die Verteilung der Kraftstoffarten auf alle zugelassenen Personenkraftwagen 2017 in Norwegen ist in Abbildung 3.8 zu sehen.

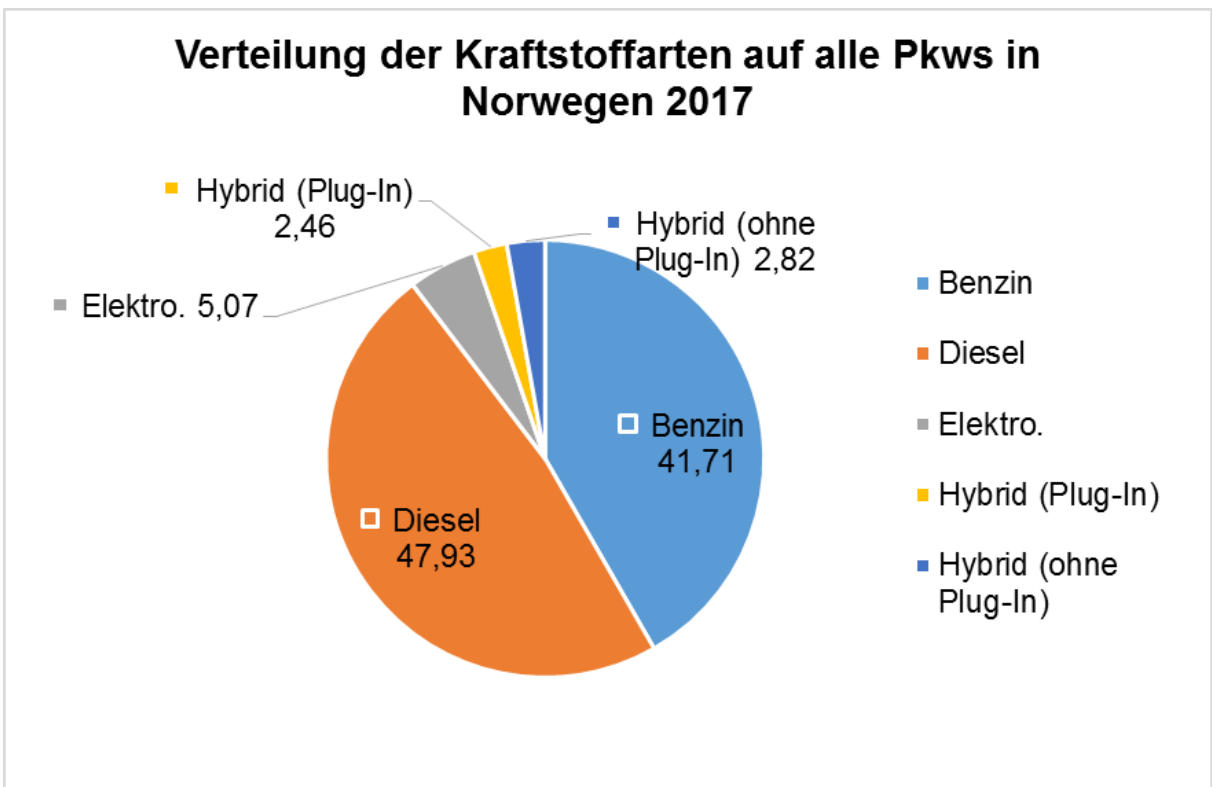


Abbildung 3.8: Verteilung der Kraftstoffarten auf alle Pkws 2017 in Norwegen
Quelle: (vgl. Statistics Norway. (2020))

Aus Abbildung 3.7 kann abgelesen werden, dass die Kraftstoffarten Benzin und Diesel mit 98,1 % den höchsten Anteil in Deutschland darstellen. Multipliziert man den Bestand an Personenkraftwagen in Deutschland aus dem Jahr 2019 mit dieser Prozentzahl, dann ergeben sich rund 46,2 Mio. Fahrzeuge, die mit einem konventionellen Verbrennungsmotor zugelassen waren. Aus dem Diagramm, in Abbildung 3.8, ist abzulesen, dass im Jahr 2017 rund 89 % der Personenkraftwagen in Norwegen mit Diesel oder Benzin gefahren sind, dies waren rund 2,5 Mio. Pkws.

Damit sind im Jahr 2017 in Norwegen 9 % weniger Fahrzeuge mit konventionellen Verbrennern als im Jahr 2019 in Deutschland zugelassen gewesen. Damit Deutschland ebenfalls auf diese Prozentzahl kommen würde, müssten bei dem Bestand aus dem Jahr 2019 mit 47,1 Mio. Fahrzeuge insgesamt 4,2 Mio. Pkw mit einer anderen Antriebsart umgerüstet werden.

Der Anteil von Hybriden im Jahr 2019 belief sich in Deutschland auf 0,7 %, dies entsprach 341.000 Fahrzeuge. Davon besaßen 0,1 Prozentpunkte einen Plug-In Anschluss und somit waren insgesamt 67.000 Plug-In-Hybride auf den Straßen.

In Norwegen kamen Plug-In-Hybride im Jahr 2017 auf rund 2,5 %, dies entsprach 67.000 Hybride. Hybridfahrzeuge ohne einen Plug-In kamen auf 2,8 %, dies waren 77.000 Fahrzeuge.

In Deutschland machten Hybridfahrzeuge, bei dem Pkw-Bestand von dem Jahr 2019, nur einen Anteil von 0,7 % aus. In Norwegen machten die Hybridfahrzeuge im Jahr 2017 bereits einen Anteil von 5,3 % aus. Damit waren in Norwegen im Jahr 2017 schon 7,5-mal so viele Hybridfahrzeuge registriert, als in Deutschland im Jahr 2019.

Reine Elektroautos hatten in Deutschland im Jahr 2019 einen sehr geringen Anteil von 0,2 %, dies waren 83.000 BEVs.

In Norwegen kamen die Elektroautos schon an zweiter Stelle mit rund 5 %, dies entsprach 139.000 BEVs im Jahr 2017. Der direkte Vergleich zeigt, dass Norwegen im Jahr 2017 schon 25-mal mehr BEVs auf den Straßen hatte, als Deutschland im Jahr 2019.

Erdgas und Flüssiggas betriebene Fahrzeuge ergaben zusammen 1 % in Deutschland. Laut Statistics Norway (vgl. Statistics Norway. (2020)) gab es im Jahr 2017 in Norwegen 317 Fahrzeuge in privatem Besitz, die mit anderen Kraftstoffarten fuhren wie z. B. Erdgas oder Flüssiggas, deshalb wurden sie in dem Diagramm von Norwegen vernachlässigt.

Die reinen Elektroautos und Plug-In-Hybride ergaben zusammen einen Prozentsatz von 0,3 % des gesamten Personenkraftwagenbestandes in Deutschland für das Jahr 2019. Dies entsprach einer Anzahl von 148.000 Personenkraftwagen. In Norwegen waren bereits im Jahr 2017 insgesamt 7,5 % aller zugelassenen Personenkraftwagen Elektroautos und Plug-In-Hybride, dies entsprach 206.000 Fahrzeugen.

Damit waren schon im Jahr 2017 in Norwegen 25-mal mehr Elektroautos und Plug-In-Hybride zugelassen, als im Jahr 2019 in Deutschland.

Laut Statistics Norway (vgl. Statistics Norway. (2020)) waren im Jahr 2019 schon 195 Tsd. Elektrofahrzeuge registriert. Dies entsprach einem Anteil von 7,1% Elektroautos. (Dabei wurden die Plug-In-Hybride nicht dazu gezählt.) Damit ist der Anteil der Elektroautos in Norwegen von dem Jahr 2017 bis 2019 um weitere 2,1 Prozentpunkte angestiegen.

Aus der Jahresübersicht von IEA (vgl. IEA. (2019a): S. 214) kann entnommen werden, dass im Jahr 2018 der Marktanteil der Neuzulassungen von Elektroautos in Norwegen und Deutschland sehr unterschiedlich waren. Dabei wurden BEVs und PHEVs zusammen gezählt.

In Norwegen lag der Marktanteil im Jahr 2018 bei **46,42%** der Neuzulassungen. In Deutschland lag im Jahr 2018 der Wert von neu zugelassenen Elektrofahrzeugen bei **1,96%**. Dieser Unterschied zeigt deutlich, wie gut Elektrofahrzeuge in Norwegen angenommen wurden und werden.

Die Abbildung 3.9 zeigt den Pkw-Bestand nach Haltergruppen. Es wird in diesem Diagramm zwischen vier Haltergruppen unterschieden: den Privaten, den Gewerblichen, dem Handel/Kfz-Reparatur und der Kfz-Vermietung. Bei der Kfz-Vermietung wird das Carsharing mit dazu gezählt.

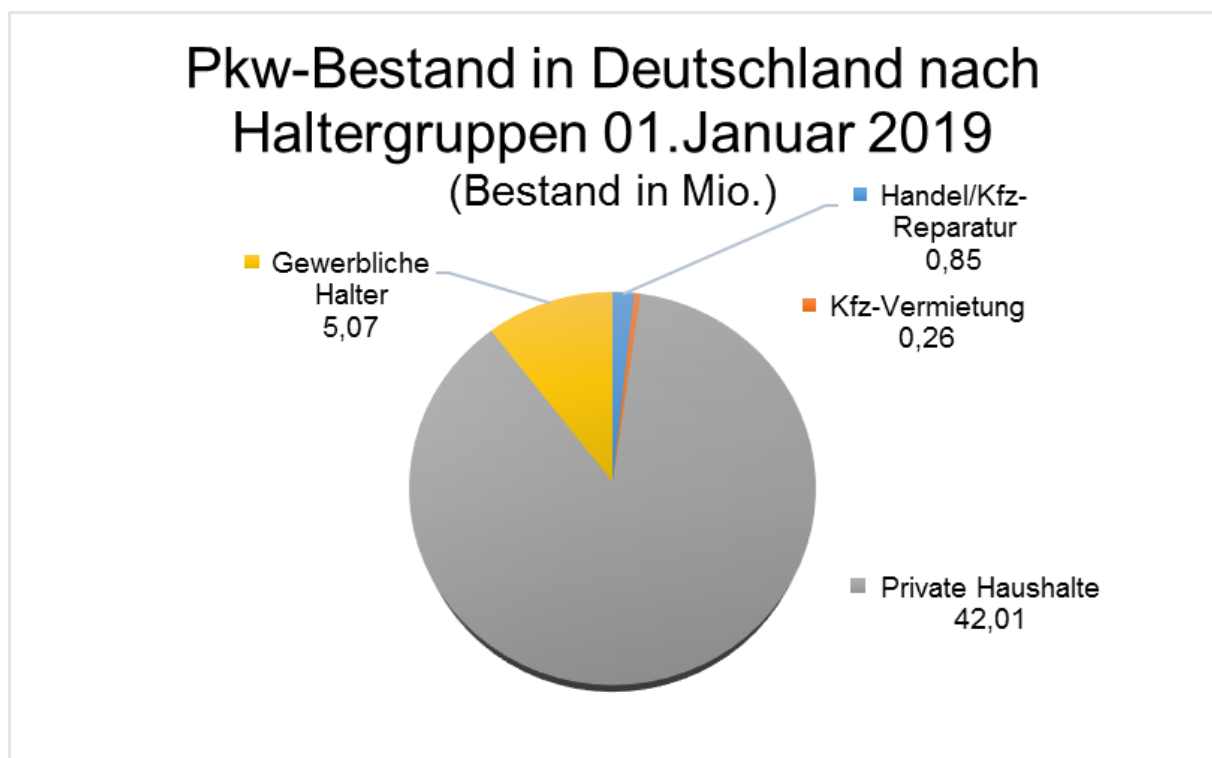


Abbildung 3.9: Bestand am 1. Januar 2019 nach Haltern
Quelle: (vgl. KBA. (2020b))

Laut des Diagramms befinden sich die meisten zugelassenen Personenkraftwagen in Deutschland in den privaten Haushalten. Danach direkt bei gewerblichen Haltern. Für diese Arbeit sind aber hauptsächlich die privaten Halter interessant bzw. werden betrachtet.

Im Kapitels 3.1 Mensch wurde schon gesagt, dass Menschen gleiche Verhaltensweisen aufweisen und deshalb keine allgemeine Unterscheidung gemacht wird. Außerdem ist die Bevölkerungsstruktur in Norwegen und Deutschland in etwa gleich, siehe Kapitel 3.1.1 Bevölkerung.

Es leben deutlich mehr Menschen in Deutschland als in Norwegen, dennoch sind die allermeisten Pkws in Norwegen und Deutschland in privater Hand. Aus diesem Grund wird hier davon ausgegangen, dass die Halteraufteilung in Norwegen der gleichen Verteilung wie in Deutschland entspricht. Also hauptsächlich in privater Nutzung und als Zweites in gewerblicher Hand.

Die unten stehende Abbildung 3.10 zeigt den fortlaufenden Verlauf des Bestandes von Personenkraftwagen, welche über einen Elektroantrieb verfügen. Der Zeitraum erstreckt sich von dem Jahr 2014 bis zum Jahr 2019. In den Jahren 2014 bis 2016 steht bei den Plug-In-Hybriden eine null. Laut KBA (vgl. KBA. (2020a)) liegt dies daran, dass für diese Jahre bei der Erhebung der Daten keine Unterscheidung vorgenommen wurde, ob das Hybridfahrzeug mit oder ohne Plug-In gebaut wurde. Erst ab dem Jahr 2017 gab es für die Plug-In-Hybride eine eigene Kategorie.

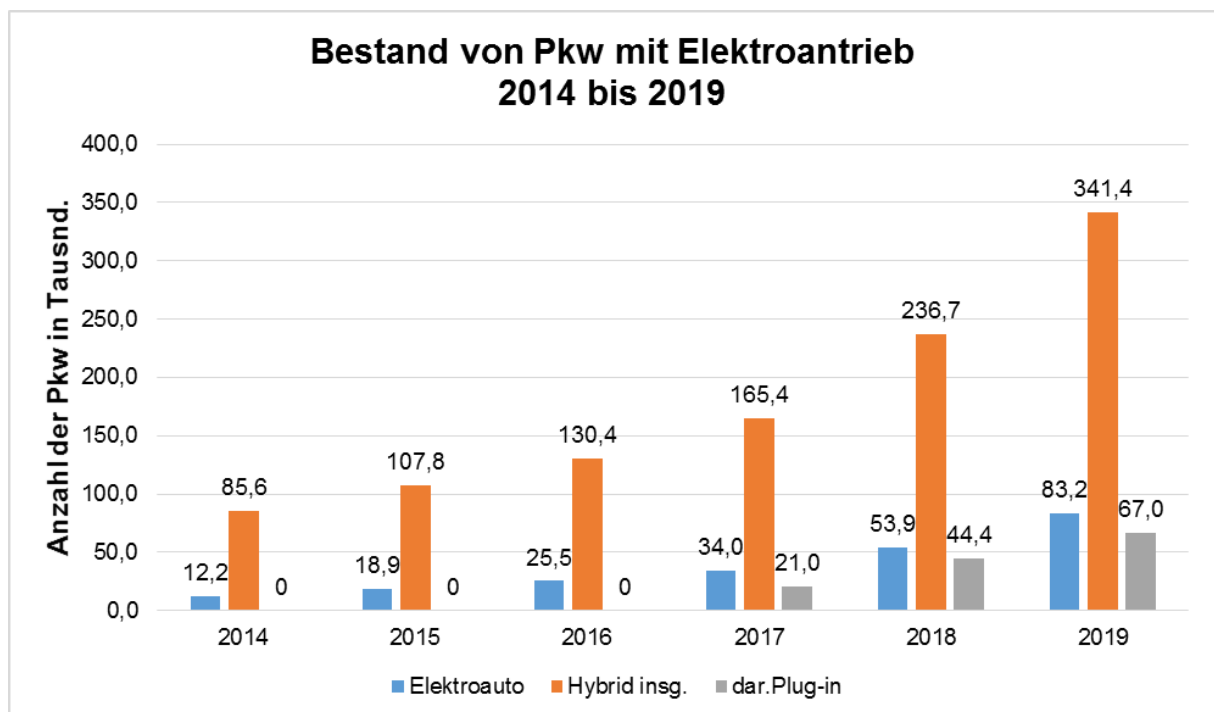


Abbildung 3.10: Bestand von Pkw mit E-Antrieb 2014 bis 2019

Quelle: (vgl. KBA. (2020a))

In der Abbildung 3.10 kann man sehen, dass der Hybridantrieb seit dem Jahr 2014 bis 2019 eine sehr gute Entwicklung gemacht hat. Im Jahr 2014 waren es schon rund 86.000 Hybridfahrzeuge. Bis zum Jahr 2019 wurde diese Anzahl an Hybriden fast vervierfacht und beträgt einen Wert von 341.000 Hybriden. Außerdem ist zu erkennen, dass seit dem Jahr 2017 Plug-In-Hybride gesondert aufgelistet werden. Diese Variante gab es aber die Jahre davor auch schon. In dem Diagramm wird der Hybrid insgesamt angegeben, worunter auch der Plug-In gezählt wurde. Bis in das Jahr 2017 wurde der Plug-In-Hybrid nicht extra angegeben, sondern ausschließlich mit dem Hybriden insgesamt zusammen. Die Anzahl der Plug-In-Hybride wachsen stetig an und belaufen sich im Jahr 2019 auf einen Bestand von rund 67.000 Fahrzeugen. Das reine Elektrofahrzeug hat im Jahr 2014 mit 12.200 Pkws gestartet. Die Entwicklung von dem Jahr 2014 bis 2019 scheint auf den ersten Blick gut auszusehen, denn bis ins Jahr 2019

stieg die Anzahl auf 83.200 Fahrzeuge an. Das ist fast sieben Mal mehr als noch im Jahr 2014. Wenn aber berücksichtigt wird, dass die Hybridfahrzeuge schon im Jahr 2014 mit einer Anzahl von 85.600 Fahrzeugen gestartet waren, dann sind 83.200 Elektrofahrzeuge im Jahr 2019 kein hoher Stand.

Im Jahr 2018 gab es insgesamt 3.4 Mio. Neuzulassungen von Pkws in Deutschland. Dabei waren es alleine 3.2 Mio. neu zugelassene Pkw, die mit Diesel oder Benzin betrieben werden. Dies entsprach einem Anteil von 94,7 %. Der Hybrid-Gesamt kam auf 130.000 Neuzulassungen und einem Anteil von 3,8 %. Davon waren es aber nur 31.000 Hybride mit Plug-In-Varianten, die dann nur noch einen Anteil von 0,92 % erreichten.

Personenkraftwagen mit reinem elektrischem Antrieb kamen gerade einmal auf rund 36.000 neu zugelassene Pkws, was gerade einmal einen Anteil von 1,05 % ausmacht.

(vgl. KBA. (2020c))

3.1.3 Meinungsbild zur E-Mobilität

In diesem Kapitel soll es darum gehen, ob die Bevölkerung überhaupt Elektroautos haben möchte. Die Frage soll beantwortet werden, ob sich die Menschen mit dem Thema elektrischer Mobilität schon auseinandergesetzt haben. Was spricht gegen ein E-Auto? Wie ist die Meinung der allgemeinen Bevölkerung?

Die nachfolgende Datenerhebung wurde im Jahr 2019 in Deutschland vorgenommen. Im Kapitel 3.1 Mensch wurde gesagt, dass Menschen in ihrem Handeln global gleich anzusehen sind. Das gilt in diesem Fall nicht, weil die Menschen in Norwegen, im Jahre 2019, andere Erfahrungen haben und dementsprechend anders geantwortet hätten. Wird aber davon ausgegangen, dass die Menschen in Norwegen dann befragt worden wären, als sie bei der Elektromobilität genauso weit waren wie jetzt in Deutschland, dann kann man eher sagen, dass die Menschen in Norwegen wohl gleich geantwortet hätten.

Deshalb spiegelt das aktuelle Meinungsbild nur die Einstellung der deutschen Bevölkerung wieder.

Im Nachfolgenden wird das Meinungsbild der Bevölkerung in Deutschland in einigen Punkten zusammengefasst und dargestellt. Die zitierten Daten stammen alle aus der Datenerhebung des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW). Das Marktforschungsinstitut proytics market research GmbH, aus Dortmund wurde für diese Erhebung beauftragt. Im Januar 2019 wurden, über drei Wochen, insgesamt 1.200 Privathaushalte in Deutschland interviewt. Wenn offene Fragen gestellt wurden, also ohne eine vorgegebene Antwortmöglichkeit, dann wurde dies auf den Seiten mit einem „ungestützt“ gekennzeichnet. Dieser Hinweis wird hier bei den zitierten Fragen mit angegeben werden. (vgl. BDEW. (2019a))

1. Frage: „Kennen Sie neben Benzin-und Dieselaautos weitere sogenannte alternative Antriebsarten? Wenn ja, welche fallen Ihnen da spontan ein?“ (Mehrfachantwort; ungestützt). (vgl. BDEW. (2019a))

Das Elektroauto wurde, mit rund 62 % der gegebenen Antworten, spontan am meisten aufgezählt. Damit zählt das Elektroauto mit Abstand zu den ersten alternativen Antriebsarten, welche in den Köpfen der Bevölkerung verankert sind. Mit 31,2 % folgt der Hybridantrieb und ist damit die zweithäufigste alternative Antriebsart. Auf dem dritten Rang mit 11,4 % wurden Antriebe genannt, die allgemein mit Gas betrieben werden. Die Brennstoffzelle hat mit knappen 3,4 % keinen wirklich guten Bekanntheitsgrad. Rund 30 % der Befragten haben zu dem Begriff „alternative Antriebsarten“ keine Antwort geben oder wussten nicht was das sein soll. (vgl. BDEW. (2019a))

2. Frage: „Wie interessant ist das Thema Elektrofahrzeug bzw. E-Mobilität für Sie?“

(vgl. BDEW. (2019a))

Interesse an der E-Mobilität haben 56,8 % der befragten Teilnehmer. In diesem Zusammenhang sagten die Befragten, dass sie sich für die Elektromobilität interessieren oder sich bereits schon informiert haben. Davon planen 7 % sich ein E-Fahrzeug anzuschaffen.

Kein Interesse an Elektrofahrzeugen haben rund 40 %. Gut drei Viertel davon haben grundsätzlich gar kein Interesse an der E-Mobilität. Insgesamt nutzen bereits 0,7 % ein E-Fahrzeug. (vgl. BDEW. (2019a))

3. Frage: „Stellen Sie sich einmal vor, Sie würden sich für ein Elektroauto interessieren oder haben bereits über den Kauf eines Elektroautos nachgedacht. Welche Gründe könnten Sie davon abhalten, ein solches Auto zu kaufen?“ (Mehrfachantwort; ungestützt). (vgl. BDEW. (2019a))

Drei Hauptgründe, die gegen die Anschaffung eines Elektroautos sprechen sind für die Befragten folgende: Die **höheren Anschaffungspreise**, die **Reichweite** und die **Ladeinfrastruktur**.

Auf dem ersten Platz, mit rund 34 %, liegen die hohen Anschaffungspreise eines E-Autos im Vergleich zu einem konventionellen Auto. Den zweiten Platz belegt, mit 25,2 % der genannten Antworten, die geringe Reichweite mit einer Akkuladung. Auf dem dritten Platz folgt, mit 18,1 %, die zu geringe Verfügbarkeit an öffentlichen Ladesäulen. Vergleicht man diese Ergebnisse mit der Umfrage, die im Jahr 2018 durchgeführt wurde, dann zeigt sich, dass im Jahr 2019 immer noch die gleichen drei Hauptgründe aufgezählt werden. Allerdings war im Jahr 2018 für 26,3 % die Ladeinfrastruktur ein Hindernis und im Jahr 2019 nur noch 18,1 %. Das macht einen Rückgang von 8,2 %. Bei der Reichweite gab es einen Rückgang von 29,4 % im Jahr 2018 zu 25,2 % im Jahr 2019. Nur der Anschaffungspreis ist im Jahr 2019 immer noch ein Hauptgrund.

Für 33,3 % gab es keine Gründe, die gegen einen Kauf eines E-Autos sprachen oder konnten dazu keine Angaben machen. (vgl. BDEW. (2019a))

4. Frage: „Und welche Gründe würden für Sie für den Kauf eines Elektroautos sprechen?“ (Mehrfachantwort; ungestützt). (vgl. BDEW. (2019a))

Der mit Abstand wichtigste Grund für einen Kauf, der von den Befragten genannt wurde ist, die Umweltfreundlichkeit bzw. die Ökobilanz der E-Autos. Es wurde von 40,6 % der Teilnehmer genannt und ist damit das wichtigste Argument für den Kauf. Über die Hälfte der Befragten sehen, dass E-Autos grundsätzlich umweltfreundlich sind.

Mit rund 16 % kommt, mit großem Abstand, als nächster Grund die geringeren Betriebskosten. Bei dieser Frage haben knapp 47 % angegeben, dass sie keine Gründe für den Kauf haben, die E-Mobilität generell ablehnen oder gar keine Angabe gemacht haben. (vgl. BDEW. (2019a))

5. Frage: „Wenn Sie ein Elektrofahrzeug hätten, wo würden Sie dieses am liebsten laden wollen?“ (vgl. BDEW. (2019a))

Die allermeisten Befragten, mit 64,7 %, würden ihr E-Auto am liebsten zu Hause aufladen. Knapp 16 % würden eine öffentliche Ladesäule bevorzugen und nur rund 7 % am Arbeitsplatz laden. 13 % können keine Angaben darüber machen, wo sie am liebsten laden würden.

Das heißt, dass zwei Drittel der Befragten lieber die private Ladestation zur Verfügung hätten.

Wird diese Frage genauer unterschieden und zwar nach Wohnsituation ergeben sich folgende Ergebnisse: Es wurde die Frage fünf soweit geändert, dass jetzt nach Einfamilien-/ Zweifamilienhaus und Mehrfamilienhaus unterschieden wurde.

Die Befragten in einem Einfamilien-/ Zweifamilienhaus wollen, mit 70 %, gerne zu Hause laden. Sie sehen diese Art zu laden als leichteste Möglichkeit an. Die Bewohner in einem Mehrfamilienhaus, mit 60 %, wollen dies nur etwas weniger gern. Sie finden ebenfalls, dass es die leichteste Art zu laden ist. Einen Unterschied gibt es vor allem bei dem öffentlichen Laden. Es wollen 17 %, in Mehrfamilienhäusern lebende Befragte, die öffentlichen Ladepunkte nutzen. Sie sehen dies mit knapp 25 % als zweiteinfachste Möglichkeit, ihr Fahrzeug zu laden. Aber nur 13 % der Einfamilien-/ Zweifamilienhäuser Lebenden wollen es an öffentlichen Ladesäulen laden. Mit 38 % sehen die Befragten dies als die schwierigste Möglichkeit zu laden an. (vgl. BDEW. (2019a))

6. Frage: „Wer sollte Ihrer Meinung nach maßgeblich dafür verantwortlich sein, um die Elektromobilität in Deutschland voranzubringen?“ (vgl. BDEW. (2019a))

Mit knapp 38 % sehen die Befragten die Verantwortung bei der Bundesregierung. Dicht gefolgt von den Automobilherstellern, die mit rund 31 % genannt wurden. Die Stromversorger und den Kommunen zusammen kommen auf 18 %. Für weitere 13 % ist es egal oder sie haben keine Angaben dazu gemacht. (vgl. BDEW. (2019a))

7. Frage: „Bietet Ihr Stromversorger bereits Ladesäulen für Stromautos im öffentlichen Bereich an?“ „Hat Ihr Stromversorger Ladestationen für die eigene Garage – sogenannte Wallboxes – im Angebot?“ (vgl. BDEW. (2019a))

Mit 60 % wissen mehr als die Hälfte nicht, ob ihr Stromversorger Ladesäulen für Stromautos im öffentlichen Bereich anbietet. Außerdem wissen über 77 % nicht, ob ihr Stromversorger sogenannte Wallboxes für den privaten Gebrauch anbietet.

(vgl. BDEW. (2019a))

Zusammengefasst kennen die meisten Menschen das Elektroauto als alternative Antriebsart. Mit einem größeren Abstand wurden die Hybrid-Fahrzeuge an zweiter Stelle genannt. Ungefähr 57 % haben Interesse an der E-Mobilität, aber ebenso interessieren sich 40 % gar nicht dafür. Die größten Argumente, dass sich die Menschen kein E-Auto kaufen wollen, sind die vergleichsweise hohen Anschaffungspreise, die geringe Reichweite und die aktuelle Lage der Ladeinfrastruktur. Bei der Reichweite und der Ladeinfrastruktur gab es aber schon einen ersten Erfolg. Im Vergleich zu der Befragung aus dem Jahr 2018, kam bei der Datenerhebung im Jahr 2019 heraus, dass die Befragten diese beiden Punkte als weniger schlimm erachteten. Bei der Ladeinfrastruktur gab es einen Rückgang von 8 % und bei der Reichweite immerhin noch von 4 % im Gegensatz zum Jahr 2018.

Für den Kauf sprechen im Wesentlichen, die Umweltfreundlichkeit und die geringeren Betriebskosten eines Elektroautos. Insgesamt sehen mehr als die Hälfte das E-Auto als grundsätzlich umweltfreundlich an. Am liebsten wollen die Befragten ihre E-Autos zu Hause laden, weil sie dies als die einfachste Möglichkeit sehen. Danach erst an öffentlichen Ladesäulen, denn dies sehen sie als die schwierigste Möglichkeit. Bei der Frage wer die Elektromobilität in Deutschland voranbringen soll, wurde zuerst die Bundesregierung genannt. Dicht gefolgt von den Automobilherstellern. Die meisten wissen nicht, ob ihr Stromversorger Ladesäulen im öffentlichen Raum anbietet oder Wallboxes für die private Ladung im Portfolio hat.

3.1.4 Wirtschaft

Hier wird gezeigt, wie hoch das Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf und die Arbeitslosenquote in den beiden Ländern ist.

Das Bruttoinlandsprodukt in Norwegen lag im Jahr 2018 bei 81.500 USD pro Kopf, das entsprach 74.500 EUR. In Deutschland lag das BIP bei 47.600 USD pro Kopf, das entsprach 43.500 EUR.

Damit war das BIP pro Kopf 2018 in Norwegen um den Faktor 1,7-mal größer als in Deutschland. Das BIP zeigt an wie hoch die Wirtschaftsleistung eines Landes ist. Darüber kann man erkennen, wie hoch der Wohlstand in einem Land ist. (vgl. IMF. (2019a))

Nach den Angaben von GFK (vgl. GFK. (2019)) hatten die Norweger im Jahr 2019 eine durchschnittliche Kaufkraft pro Kopf von 29.800 EUR. Deutschland hatte einen Durchschnitt von 23.700 EUR pro Kopf. Der europaweite Durchschnittswert lag bei 14.700 EUR. Norwegen besitzt damit eine Kaufkraft pro Kopf von etwas mehr als das doppelte des europaweiten Durchschnitts. Deutschland knapp das 1,6-fache des Durchschnitts.

Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass die Kaufkraft einer Person in Norwegen höher liegt, als in Deutschland.

Das spiegelt sich bei dem Pro-Kopf-Einkommen von 2010 wieder. Nach dem Manager Magazin (vgl. Manager Magazin. (2010)) lag das Pro-Kopf-Einkommen in Deutschland bei 35.900 USD (= 32.800 EUR) und in Norwegen bei 52.200 USD (= 47.700 EUR). Hier haben die Norweger ebenfalls um rund das 1,4-fache mehr zu Verfügung.

Norwegen hat einen Staatsfond, der als Pensionsfond fungiert. Das Geld was in diesen Staatsfond fließt stammt seit 1996 aus den Einnahmen mit Öl und Gas. Die Verwaltungsmacht über das Geld hat der Staat. Das Vermögen liegt bei ungefähr neun Billionen Kronen, das macht rund 1,6 Mio. NOK (= 157.000 EUR) für jeden Einwohner. Aus diesem Grund sind alle 5,31 Mio. Einwohner in Norwegen von Geburt an Millionäre bzw. in Deutschland wären es 157.000 EUR. Aus diesem Fondvermögen gehen jedes Jahr ca. 3 % in das Haushaltsbudget des Landes. Damit werden unter anderem die kostenlosen Universitäten finanziert. Dieses Vermögen wird aber keiner Person ausgezahlt, sondern verbleibt beim Staat, der dafür als Wohlfahrtsstaat soziale Leistungen an den Bürger weiter gibt. (vgl. Orange by Handelsblatt (2018))

Laut Schätzungen vom IMF (vgl. IMF. (2019b)) steht die Arbeitslosenquote 2019 in Norwegen bei 3,6 %.

In Deutschland liegt die Arbeitslosenquote 2019 bei 5 %. (vgl. Bundesagentur für Arbeit. (2020))

Damit gibt es in den beiden Ländern nur einen sehr kleinen Unterschied bei der Arbeitslosenquote.

Wenn man die Lebenshaltungskosten und Kaufkraft in Relation zum Einkommen stellt, dann kommt laut laenderdaten.info (vgl. Laenderdaten.info. (2020)) folgendes bei heraus.

Das Beispiel von Laenderdaten.info:

Deutschland wurde dabei als Basis gewählt. Die Lebenshaltungskosten aus dem Jahr 2018 wurden von Deutschland genommen und zu einem Lebenshaltungskosten-Index von 100 gesetzt. An dieser Basis wurden die anderen Länder verglichen. Das Monatseinkommen, was sich hier aus dem Bruttonationaleinkommen pro Einwohner errechnet, beträgt für Deutschland 3.300 EUR. Der Kaufkraft-Index für Deutschland wurde wieder auf 100 gesetzt. (vgl. Laenderdaten.info. (2020))

Nun wurden die anderen Länder mit Deutschland verglichen. Dabei gilt, wenn der Lebenshaltungskosten-Index eines Landes kleiner als 100 % ist, dann sind die Kosten für den täglichen Bedarf günstiger als in Deutschland. Bei höheren Werten dementsprechend teurer. Liegt der Kaufkraft-Index unter dem von Deutschland, dann bedeutet dies, dass die Bevölkerung dann weniger Wohlhabend ist. (vgl. Laenderdaten.info. (2020))

Am Beispiel von Norwegen bedeutet das:

In Norwegen liegt der Lebenshaltungskosten-Index bei 143,5 %, das heißt, dass die Dinge, die für den täglichen Bedarf gekauft werden im Schnitt etwa 43,5 % teurer sind als in Deutschland. Das Monatseinkommen der Norweger liegt aber bei 5.700 EUR, im Gegensatz zu Deutschland mit 3.300 EUR. Daraus ergibt sich ein höheres Einkommen von gut 41 %. Daraus ergibt sich, dass der Kaufkraft-Index in Norwegen bei 119,3 % liegt. Das bedeutet, dass sich die Norweger fast 1,2-mal mehr leisten können, als ein Deutscher. Dies spricht dafür, dass die Norweger etwas wohlhabender sind. (vgl. Laenderdaten.info. (2020))

3.1.5 Anschaffungspreise

In diesem Unterpunkt soll kurz dargestellt werden, was ein Elektroauto und eine konventionelles Auto auf dem Markt kostet. Es werden hier zwei Beispiele zitiert, die für den deutschen Markt vorgesehen sind. Für den Tesla werden hier Preise für den norwegischen Markt gezeigt. Der Anschaffungspreis ist ein Thema für die Gruppe Mensch, weil der potentielle Käufer darüber entscheiden muss, ob er ein konventionellen Verbrenner oder ein Elektroauto kaufen möchte. Preise und Kosten sind ein großer Entscheidungsgrund für Menschen, ob etwas gekauft wird oder nicht.

VW Golf & eGolf

Im nachfolgendem wird der konventionelle Golf mit dem Elektroauto eGolf verglichen.

Für das Modell **Golf** gibt es drei verschiedene Ausstattungsvarianten mit unterschiedlichen Kaufpreisen. Dabei ist „Trendline“ die Einsteigervariante und „Highline“ die teuerste Variante. Die Ausstattungsvarianten mit den jeweiligen Kaufpreisen lauten:

- Trendline: = Ab 24.500 EUR
- Comfortline: = Ab 25.600 EUR
- Highline: = Ab 28.000 EUR

Dies sind die Preise mit den jeweiligen Standardausstattungen, sobald Sonderausstattungen hinzugefügt werden wird dieser Basispreis erhöht. (vgl. Volkswagen. (2020a))

Den **eGolf** gibt es nur in einer Variante mit 100 kW und mit einer 1-Gang-Automatik.

- eGolf: = Ab 31.900 EUR

Hier kann es durch Sonderausstattungen zu höheren Preisen kommen. (vgl. Volkswagen. (2020a))

Der VW eGolf ist im Gegensatz zu den drei konventionellen Golfvarianten am teuersten. Die günstigste VW Golf Variante „Trendline“ kostet 24.500 EUR und ist damit um 7.400 EUR günstiger. Damit kostet die Trendline-Variante gerade einmal 76 % von dem eGolf.

Die teuerste und bestausgestattete Variante der konventionellen VW Golf Familie kostet mit 28.000 EUR immer noch rund 4.000 EUR weniger.

Dieser große preisliche Unterschied, vor allem gegenüber zur Einsteigervariante, ist schon ein Entscheidungskriterium für den Käufer.

VW up! & VW e-up!

Die Kaufpreise von den konventionellen VW up! Modellen werden hier mit denen des elektrischen VW e-up! verglichen.

Es gibt für den **VW up!** vier verschiedene Ausstattungsvarianten. Die Varianten bieten unterschiedlich umfangreiche Ausstattungspakete an. Die Varianten mit ihren jeweiligen Listenpreisen sind:

- up! = 13.000 EUR
- up! Black Style = 14.000 EUR
- up! White Style = 14.000 EUR
- up! R-Line = 14.800 EUR

Sobald Sonderwünsche dazu kommen, erhöht sich dieser Listenpreis. (vgl. Volkswagen. (2020b))

Den **VW e-up!** gibt es in zwei Varianten. Zum einen als „normalen“ VW e-up! und als VW e-up! Style. Die Listenpreise:

- e-up! = 22.000 EUR
- e-up! „Style“ = 23.000 EUR

Sobald Sonderwünsche dazu kommen, erhöht sich dieser Listenpreis. (vgl. Volkswagen. (2020b))

Beim Vergleich vom e-UP! und dem „normalen“ up! fällt auf, dass das Elektromodell viel teurer ist. Der VW up! kostet rund 13.000 EUR und der VW e-up! 22.000 EUR, dies sind 9.000 EUR mehr für ein Elektroauto. Damit kostet der VW e-up ganze 40 % mehr, als ein konventioneller VW up!. Hier würde sich ein Käufer ebenfalls überlegen, welchen er kaufen würde.

Tesla Model 3

Hier wird das Tesla Model 3 für den deutschen und norwegischen Markt dargestellt. Es gibt drei Variationen, welche sich im Wesentlichen bei der maximalen Reichweite und der Antriebsart unterscheiden.

Für Deutschland gelten für dieses Modell folgende Preise: (vgl. Tesla. (2020a))

- Standard-Reichweite Plus = 44.400 EUR
- Maximale Reichweite = 54.000 EUR
- Performance = 60.400 EUR

Für Norwegen: (vgl. Tesla. (2020b))

• Standard Range Plus	=	384.900 NOK
• Long Range	=	459.900 NOK
• Performance	=	499.900 NOK
• NOK 384.900	=	38.300 EUR
• NOK 459.900	=	45.800 EUR
• NOK 499.900	=	49.800 EUR

Die Listenpreise sind für das Tesla Model3 in Norwegen günstiger, wenn die in norwegischen Kronen ausgeschriebenen Preise in Euro umgerechnet werden.

Norwegen ist kein Mitglied in der Europäischen Union, gehört aber dem Schengen-Raum an. (vgl. Schengen Visa Info. (2020))

Dieser Umstand könnte ein Grund dafür sein, dass die Preise für Deutschland und Norwegen voneinander abweichen. Ein weiterer möglicher Grund könnte sein, dass die Firma Tesla weiß, dass viele Elektroautos in Norwegen gekauft werden und sie mit günstigeren Preisen ihren Absatz auf dem norwegischen Markt erhöhen möchten. Nach Kapitel 3.1.2 Pkw-Bestand und Verteilung im Jahr 2018 wurden schon fast die Hälfte aller Neuzulassungen als Elektroauto zugelassen, das zeigt, dass Tesla einen größeren Markt dort sieht. Das sind aber nur spekulative Vermutungen.

3.2 Technik

In dem Kapitel Technik werden folgende Themen dargestellt: Der aktuelle Stand der Ladeinfrastrukturen in Norwegen und Deutschland. Dabei soll vor allem gezeigt werden, wie viele Ladesäulen es in jedem Land gibt. Außerdem soll es einen aktuellen Überblick darüber geben, was die Elektrofahrzeuge durchschnittlich für Reichweiten haben und welche Akkukapazitäten sie besitzen.

3.2.1 Ladeinfrastruktur

In diesem Unterpunkt soll gezeigt werden, wie viele Ladestationen es in den beiden Ländern aktuell gibt. Besonders die öffentlichen Ladestationen sind für die Elektromobilität insofern wichtig, weil diese die relativ geringen Reichweiten der Elektrofahrzeuge durch nachladen kompensieren sollen. Hierbei sind vor allem bei längeren Fahrten die Schnelllademöglichkeiten ein entscheidender Faktor. Private Ladestationen werden bei der flächendeckenden Ausbreitung von Elektroautos, insbesondere bei BEV, eine Schlüsselrolle spielen, denn die meisten Käufer möchten nach der Umfrage 3.1.3 ihr Fahrzeug zu Hause laden können. Deswegen sollen die Kosten für den Bau einer privaten Wallbox kurz aufgeführt werden. Abschließend soll gezeigt werden, wie lange es dauert um ein konventionelles Fahrzeug zu tanken oder ein Elektroauto zu laden.

Öffentliche Schnellladestationen an Autobahnen:

Schnellladestationen stellen mindestens eine Ladeleistung von 22 kW bis hin zu weit über 100 kW zur Verfügung und werden über die Lademodi Mode 3 (AC-Schnellladung, dreiphasig) oder Mode 4 (DC-Schnellladung) benutzt.

Hier werden die öffentlich zugänglichen Schnellladestationen an deutschen und norwegischen Autobahnen miteinander verglichen.

Deutschlands Autobahnen haben eine Gesamtlänge von 13.000 km. Dagegen hat Norwegen mit einer Gesamtautobahnlänge von 523 km im Verhältnis fast 25-mal weniger Gesamtlänge aufzuweisen. (vgl. EAFO.eu. (2019a)), (vgl. EAFO.eu. (2019b))

Laut EAFO (vgl. EAFO.eu. (2019a)) gab es im Jahr 2014 an deutschen Autobahnen zwei Schnellladestationen pro 100 km Autobahnlänge. Diese Anzahl hat sich im Jahr 2019 auf 47 Stationen pro 100 km erhöht, damit gab es 2019 ca. 24-mal mehr Schnellladestationen.

In Norwegen gab es im Jahr 2014 an ihren Autobahnen 48 Schnellladestationen pro 100 km, welche sich bis zum Jahr 2019 auf 655 Schnellladestationen pro 100 km erhöht haben, dies entspricht ca. das Vierzehnfache an Ladestationen. (vgl. EAFO.eu. (2019b))

Deutschland besitzt bei einem Vergleich von dem Jahr 2019 rund 14-mal weniger Schnellladestationen pro 100 km Autobahnstrecke, obwohl es überschlagen gerechnet, 6.000 Schnellladestationen an deutschen Autobahnen gab und in Norwegen hingegen 3.400 Stationen. Zum Erreichen der gleichen Ladestationsdichte wie Norwegen, müssten weitere rund 79.000 Schnellladestationen an deutschen Autobahnen errichtet werden. Bei dieser Betrachtung ist

vor allem wichtig, dass erkannt wird, dass Norwegen aufgrund seines relativ kleinem Autobahnstreckennetz eine einfachere Ausgangslage bei dem flächendeckenden Ausbau der Schnellladestationen an Autobahnen hat. Deutschland hat durch sein langes und sehr stark ausgebautes Autobahnnetz einen bedeutend höheren Aufwand die Schnellladeinfrastruktur an Autobahnen auf die gleiche Dichte wie Norwegen zu bringen. Proportional zur Autobahnlänge müssten in Deutschland mehr Ladestationen als in Norwegen errichtet werden um die Ladesäulendichte Norwegens zu erreichen.

Anzahl der Ladestationen in Deutschland und Norwegen:

Laut dem BDEW (vgl. BDEW. (2020)) gab es, Stand Dezember 2019, insgesamt 23.800 öffentlich zugängliche Ladestationen in Deutschland, davon sind 12 % Schnellladestationen. Hiervon werden über 70 % von den Energieunternehmen betrieben und errichtet, obwohl diese zurzeit noch nicht wirtschaftlich betrieben werden, weil noch zu wenige Kunden an den Ladestationen laden. Die Energieunternehmen sehen dies aber als eine Investition in die Zukunft an. Hochrechnungen von dem BDEW haben ergeben, dass es für eine Mio. Elektrofahrzeuge 70.000 Normalladepunkte und 7.000 Schnellladepunkte geben müsste, damit die Elektromobilität in Deutschland erfolgreich ankäme.

In Norwegen gab es im Jahr 2018 laut der IEA (vgl. IEA. (2019b)) rund 12.400 Ladestationen, davon 1.200 Schnellladepunkte.

Bei der Anzahl der gesamten Ladestationen in den beiden Ländern hat Deutschland rund die Hälfte mehr als Norwegen, obwohl die Zahlen für Norwegen schon aus dem Jahr 2018 stammen, wird diese Tatsache weiterhin annähernd stimmen. In beiden Ländern ist der Aufbau der Ladeinfrastruktur noch nicht abgeschlossen und wird Stück für Stück erweitert. In Deutschland benötigt man laut dem BDEW insgesamt 70.000 Ladestationen, wenn das Ziel von einer Million Elektrofahrzeugen erreicht wurde, damit genügend Ladestationen zur Verfügung stehen. (vgl. BDEW. (2020))

Da davon ausgegangen werden kann, dass die meisten Menschen zu Hause und über Nacht ihr Elektrofahrzeug laden möchten, wird der Ausbau an privaten Ladestationen „Wallbox“ ein wichtiger Faktor werden. Das mehr im privaten Raum geladen werden muss, wird deutlich, wenn es 70.000 Ladestationen für eine Mio. Fahrzeuge geben soll, denn dann würden diese nicht ausreichen. Dies liegt daran, weil viele Ladepunkte dann über längere Zeiträume privat blockiert werden würden. Die Wirtschaftlichkeit für die Ladestationsanbieter würde dabei nicht bestehen, wenn die Ladesäulen über einen längeren Zeitraum blockiert würden. (vgl. Karle (2017))

Laut dem ADAC (vgl. ADAC. (2019a)) ist das private Laden durch eine Wallbox vorteilhaft, weil dadurch höhere Leistungen mit bis zu 22 kWh geladen werden können und zudem sichergestellt ist, dass die Stromversorgung überwacht und den Stromgrößen dauerhaft standhält. Die Lademodi und Leistungen an einer Wallbox werden in Kapitel 2.4 genauer beschrieben. Außerdem steht das Auto in der Regel mehrere Stunden zu Hause, vor allem über Nacht und kann dadurch problemlos über eine längere Zeit geladen werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass

der Kunde für den Strom nur das zahlt, was dieser sonst für den Hausstrom zahlen muss. Dies ist meistens sehr viel kostengünstiger als an öffentlichen Ladestationen zu laden.

Außerdem dürfen Besitzer von Einzel- oder Zweifamilienhäusern selber entscheiden, ob eine Wallbox angebracht werden soll oder nicht. Für Bewohner eines Mehrfamilienhauses ist dies nicht so einfach. Prinzipiell ist ein Anbringen von einer Wallbox in Garagen oder Stellplätzen erlaubt, allerdings müssen dazu alle Wohnparteien einstimmig dafür sein und die Stromversorgung von den Wohnobjekten muss überprüft werden, ob diese den erhöhten Strombedarf abdecken können. (vgl. ADAC. (2019a))

Kosten für eine Wallbox:

Laut dem ADAC (vgl. ADAC. (2019a)) kosten Wallboxen in etwa 500 bis 2500 EUR wozu noch die Installationskosten kommen, welche den Kostenfaktor noch weiter in die Höhe steigen lässt. Danach wird aber der Strompreis pro kWh verlangt, der vom Stromversorger für normale Haushalte bestimmt ist. Aktuell liegt dieser in Deutschland bei ca. 31 Cent pro kWh und in Norwegen bei 19 Cent pro kWh.

Was für das Laden zu Hause spricht ist zusätzlich das momentane Chaos bei der Benutzung von öffentlichen Ladesäulen, dies soll kurz an dem Ladesäulen-Check von Lichtblick aus dem Jahr 2019 deutlich gemacht werden.

Das Energieunternehmen Lichtblick (vgl. Lichtblick.de. (2019)) hat im Jahr 2019 einen Ladesäulen-Check gemacht und folgendes zu den Strom- und Ladekosten herausgefunden: Bei dem Check wurden die Tarife für das Laden ohne Vertrag, bei den größten Ladesäulenbetreibern verglichen. Nach deren Einschätzung ist es für Nutzer sehr schwierig und unüberschaubar welcher Tarif bei welcher Ladesäule angewendet wird. Komplizierte Zugangsvoraussetzungen zur Benutzung der Ladesäule erschweren die Nutzung zusätzlich. So muss bei dem einen Ladepunkt per App eine Anmeldung erfolgen, bei der nächsten per SMS oder es wird vorab eine Registrierung im Internet vorausgesetzt.

Einige berechnen den Preis nach Zeit, andere pauschal und wie es nach ihrer Aussage richtig sein müsste, nach dem Verbrauch, also kilowattstundenbasiert. Besonders das verbrauchsabhängige Bezahlen muss seit dem 1. April 2019 gesetzlich an jeder Ladesäule möglich sein und zusätzlich müssen die Kosten klar dargestellt werden. Dies war bis dahin ein großes Manko.

Des Weiteren sind die Preise für das Laden sehr hoch, wenn man einen Roaminganbieter nutzt sogar noch höher, diese liegen in den meisten Fällen über den Haushaltsstrompreis von 31 Cent pro kWh. Teilweise wurde dadurch der Ladestrom für 100 km teurer, als das tanken von Benzin für die gleiche Strecke. Insbesondere beim Laden über Roaminganbietern, welche für 100 km über 16 EUR verlangen.

Deshalb ist es nach der Meinung von Lichtblick wichtig, dass es eine Transparenz bei den Ladepreisen gibt und der Nutzer die Wahl hat zwischen Tarifen frei zu entscheiden. Außerdem gäbe es noch keine Liste auf der alle öffentlichen Ladepunkte verzeichnet sind, eher gäbe es von allen unterschiedlichen Anbietern Karten, die vor allem ihre Ladepunkte zeigen. (vgl. Lichtblick.de. (2019))

Ladezeiten:

Wie lange dauert es ein Elektroauto im Vergleich zu einem konventionellen Fahrzeug zu laden? Typische Ladezeiten für ein E-Fahrzeug in der Praxis sind in Tabelle 3.1 dargestellt:

Ladeszenarien:	Garage, Stellplatz (Privates Laden)	Nachladen unterwegs (meist öffentliches Laden) (z. B. am Arbeitsplatz oder beim Einkauf)	Überlandfahrten (Langstrecke) (öffentliches Laden, z. B. an Autobahnen)
Lademodi:	Mode 2 oder Wallbox	Mode 3 Ladesäule	Mode 4 DC
Versorgungsseite:	AC (1- / 3-phasig)	AC (3-phasig)	DC
Ladestationsart:	Ladekabel oder Wallbox	Ladesäule oder Wallbox	Schnellladesäule
Ladedauer:	6 bis 8 Stunden	< 1 Stunden	0,5 Stunden (Schnellladung)

Tabelle 3.1: Ladeszenarien Elektroauto
Quelle: (vgl. Karle. (2017))

Nach der Tabelle 3.1 ist die schnellste Möglichkeit sein Fahrzeug zu laden mit der DC-Schnellladung, dies dauert eine halbe Stunde. Ferner ist dabei zu beachten, dass der Akku dabei aber nur maximal zu 80 % geladen werden kann, weil sonst der Akku Schaden nehmen könnte. Warum das so ist wird in Kapitel 2.4 erläutert. Etwas unter einer Stunde dauert das Laden an einer drei-phasigen Ladesäule mit den Lademodus 3. Die längste Zeit wird beim privaten Laden in der Garage benötigt, dies ist aber insofern weniger problematisch, weil das Fahrzeug dort oft über längere Zeit steht.

Wie lange dauert es zum Vergleich ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotoren zu tanken? Zunächst sollen die Energiegehalte von Benzin und Diesel in kWh / Liter angegeben werden, damit es mit den Kapazitäten von Akkus vergleichen kann. Die Tabelle 3.2 zeigt die umgerechneten Energiegehalte von Kraftstoffen in kWh / kg und kWh / Litern.

Kraftstoffart:	Energiegehalt in kWh / kg	Energiegehalt in kWh / Liter
Benzin	12,0	8,9
Diesel	12,0	10

Tabelle 3.2: Energiegehalte der Kraftstoffe in kWh umgerechnet
Quelle: (vgl. Karle. (2017))

Laut Focus Online (vgl. Focus.de. (2013)) ist die Durchflussmenge an Zapfsäulen bei voll durchgedrücktem Handhebel auf 55 bis 60 Litern pro Minute begrenzt.

Wird von einer Tankgröße von 60 Litern ausgegangen, dann dauert der ganze Tankvorgang nur eine Minute und bei dem Kraftstoff Diesel wären das 600 kWh getankte Energie. Beim Laden an der Schnellladestation dauert es mindestens eine halbe Stunde, damit der Akku zu 80 % geladen ist. Damit dauert das Laden eines Elektroautos gute 30-mal länger bei deutlich weniger Energieaufnahme.

Kraftstoff- und Haushaltsstrompreise in Deutschland und Norwegen:

In Norwegen sind die Preise für Benzin oder Diesel deutlich teurer als in Deutschland. (vgl. Karle (2017)). Die aktuellen Kraftstoffpreise, Stand 16.02.2020, sind für Deutschland: Benzin 1,57 EUR und 1,31 EUR für Diesel (vgl. ADAC. (2020a)). In Norwegen: Benzin 1,73 EUR und 1,67 EUR für Diesel. (vgl. ADAC. (2020b))

In Norwegen ist der Benzinpreis um 16 Cent pro Liter teurer und der Dieselpreis ist ebenfalls um 36 Cent pro Liter teurer als in Deutschland.

Die Haushaltsstrompreise im Jahr 2019 lagen in Deutschland bei 31 Cent pro kWh und in Norwegen bei 19 Cent pro kWh. (vgl. Eurostat. (2020))

In Norwegen sind damit die Strompreise um 12 Cent pro kWh günstiger als in Deutschland. Durch die relativ niedrigen Kraftstoffpreise und die hohen Strompreise in Deutschland, ist für viele potentielle E-Fahrzeugkäufer kein Anreiz erkennbar, insbesondere wenn das Fahrzeug durch das konventionelle Tanken viel schneller und auch weiter fahren kann. Dieser Preisunterschied müsste sich in Deutschland so entwickeln, dass dieser wie in Norwegen ist.

3.2.2 E-Autos

Wie viel Reichweite benötigt ein Autofahrer im Durchschnitt pro Tag und für welche Strecke reicht der Akku bei den heutigen E-Fahrzeugen aus, diese Fragen sollen hier beantwortet werden. Zudem soll kurz gezeigt werden wie sich der Markt für Elektroautos entwickelt und wie die Zukunft für die Fahrzeugakkus aussehen könnte.

Markt für Elektroautos:

Laut dem ADAC (vgl. ADAC. (2019b)) ist der Markt für Elektroautos noch lange nicht so groß als der für Verbrennungsmotoren aber er wächst stetig an. Stand 13.06.2019 gab es laut der ADAC-e-Modell Übersicht insgesamt zehn Modelle von deutschen, sechs Modelle von französischen, fünf Modelle von koreanischen, drei Modelle von japanischen, drei Modelle von amerikanischen und ein Modell von britischen Automobilherstellern. Insgesamt waren das 28 Modelle von e-Autos und es sind weitere Modelle geplant.

Laut Statista (vgl. Statista. (2019)) soll es bis zum Jahr 2025 insgesamt 172 Batterieelektromodelle, 147 Plug-In-Hybrid Modelle und fünfzehn Brennstoffzellenmodelle auf dem Automobilmarkt in Europa geben.

Die CO₂-Gesetzgebung in Europa wird ebenfalls dazu führen, dass die Hersteller ihre Modelle um Elektroautos erweitern. Bei diesem Gesetz werden niedrige CO₂-Emissionswerte von der

Neuwagenflotte der jeweiligen Hersteller gefordert, welche ohne Elektroautos nicht mehr einhaltbar sind. Genauer soll dieses Gesetz noch in Kapitel 3.3.2 erklärt werden. (vgl. UBA. (2020a))

Der Markt für Elektroautos wird nach der Prognose von Spiegel (vgl. Spiegel. (2019)) weiterhin ansteigen. Demnach sollen im Jahr 2025 insgesamt rund 30 Mio. E-Fahrzeuge neu zugelassen werden und im Jahr 2030 rund 54 Mio. E-Fahrzeuge.

In Norwegen sollen ab dem Jahr 2025 voraussichtlich nur noch Elektroautos zugelassen werden und damit besteht dort nur noch ein Markt für Elektroautos. (vgl. Borderstep Institut. (2020))

Zusammenfassend wird deutlich, dass der Markt für Elektroautos bereits besteht und in Zukunft noch weiter ausgebaut werden wird, besonders in Norwegen könnte der Elektroauto-markt ab dem Jahr 2025 der einzige Absatzmarkt für Automobilhersteller werden.

Reichweiten:

Welche Strecke legt eine Person mit dem Fahrzeug pro Tag zurück?

Laut Europa.eu (vgl. Europa.eu. (2007)) machen die Norweger und Deutschen durchschnittlich rund drei Fahrten pro Tag und Person, dabei legen diese eine durchschnittliche Strecke von 40 km zurück. Diese Statistik ist bereits aus dem Jahr 2007, dennoch wird diese heute immer noch in etwa das widerspiegeln, was die heutigen Fahrstrecken von Personen betrifft.

Wie groß sind die durchschnittlichen Reichweiten von Elektroautos?

Laut dem ADAC (vgl. ADAC. (2018)) sind die mittleren Reichweiten von Alternativen in Deutschland im Jahr 2018 folgende: Ein Plug-In-Hybrid kommt auf 820 km und ein BEV auf 260 km mittlere Reichweiten.

Die mittleren Reichweiten von 260 km bei einem BEV reichen für die durchschnittlichen Fahrten von 40 km am Tag aus. Die 260 km sind dabei ein gemittelter Wert. Es gibt demnach Fahrzeugmodelle, die eine größere Reichweite besitzen.

Zukunft der Akkus:

Zurzeit sind die Akkus ein Faktor für die Elektrofahrzeuge, die den Kaufpreis für den Kunden in die Höhe treiben. Wie sieht also die Entwicklung des Preises und der Kapazität aus?

Laut Horváth & Partners (vgl. Horváth & Partners. (2019a)) soll der Preis für Lithium-Ionen-Batterie im Jahr 2022 bei 75 Euro pro Kilowattstunde liegen, dies wäre zum Preis von Jahr 2013 eine Preisreduktion um rund 80 %.

Damit wird es erschwinglicher werden ein Elektrofahrzeug zu kaufen. Die höheren Preise waren einer der Gründe, warum viele potentielle Käufer, davor zurückschrecken sich ein E-Fahrzeug zu kaufen.

Außerdem sollen die Akkus höhere Kapazitäten aufweisen und damit laut Horváth & Partners (vgl. Horváth & Partners. (2019b)) durchschnittlich bis zum Jahr 2021 eine Reichweite von 491 km erreichen. Dies wäre im Schnitt 90 % mehr Reichweite, als noch die im Jahr 2018 von dem ADAC errechneten Durchschnitte. (vgl. ADAC. (2018))

3.3 Staat

Hier sollen die aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen aufgelistet werden, die im Zusammenhang mit der Elektromobilität stehen. Es soll die Frage beantwortet werden, welche Förderungen und Anreize es derzeit in Deutschland und Norwegen gibt.

3.3.1 Aktuelle Gesetze & Förderungen in Norwegen

Anfang der 2000er hat sich die Politik in Norwegen darauf verständigt, dass sie die Elektromobilität vermehrt fördern und unterstützen wollen. Die politischen Entscheidungen, welche in diese Richtung gingen, wurden verstärkt. Das ehrgeizige Ziel der Norweger war es, die Mobilität nachhaltiger und umweltfreundlicher zu gestalten. Dieser Wunsch stammte schon aus der Umweltbewegung in den 80er Jahren. Es wurde zunächst eher die Forschung unterstützt. Diese hatte aber im Bereich des Elektroautobaus keine großen Erfolge. Es ging im Wesentlichen darum, dass Erfahrungen gesammelt wurden, wie die Elektromobilität auf den Kundenmarkt gebracht werden konnte und welche technischen Besonderheiten damit verbunden waren. (vgl. Borderstep Institut. (2020))

Welche politischen Entscheidungen bzw. gesetzliche Änderungen es seitdem gab, soll im Folgenden aufgeführt werden. Die letzte größere Aussage von der Regierung war 2016. Dort wurde sich in den Kopf gesetzt, dass ab dem Jahr 2025 alle Zulassungen von Neuwagen nur noch null Emissionen ausstoßen dürfen. Dementsprechend ein Elektrofahrzeug oder ein Wasserstoffauto sind. Zu Anfang sollte dieses Ziel über ein generelles Verbot aller anderen Antriebsarten erfolgen. Mittlerweile soll dieser ehrgeizige Plan über ein Ökosteuersystem erfolgen. (vgl. Borderstep Institut. (2020))

Seit den 1990er Jahren wurden Anreize durch die Politik geschaffen, welche den Ausbau der Elektromobilität in Norwegen schrittweise anschieben sollten. (vgl. Borderstep Institut. (2020)), (vgl. Norsk elbilforening. (2020))

Die Regierung, welche zurzeit besteht, hat entschieden, dass die gegebenen Anreize alle bis zum Ende 2021 bestehen bleiben sollen. Der Anreiz beim Kauf eines null Emission Neuwagens, dass die Mehrwertsteuer von 25 % entfällt, darf nur noch bis Ende 2020 bewilligt werden, dies hat die EFTA-Überwachungsbehörde (ESA) beschlossen.

Im Jahr 2021 sollen neue Anreize geschaffen werden, welche in Abhängigkeit von der aktuellen Lage und Zukunft entschieden werden. (vgl. Norsk elbilforening. (2020))

Die EFTA-Überwachungsbehörde stellt sicher, dass Norwegen die Rechtsnormen des Europäischen Wirtschaftsraumes (EWR) befolgt und deshalb am Europäischen Binnenmarkt teilnehmen darf. Zu dem Europäischen Wirtschaftsraum gehören außer Norwegen noch Island und Liechtenstein. Nur wenn Norwegen die Rechtsnorm einhält, darf es frei im Europäischen Wirtschaftsraum handeln. Die Privilegien sind dabei die Warenverkehrs-, Personen-, Dienstleistungs- und Kapitalverkehrsfreiheit innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraumes. (vgl. EFTA. (2020))

Diese Anreize werden nun der Reihenfolgen nach aufgeführt, welche bestehen, wenn ein neues Elektroauto gekauft wird. Wichtig: Alle Anreize gelten, Stand 05.02.2020, noch bis zum Ende 2021. Danach will die Regierung wieder neu darüber entscheiden, ob und welche Anreize sie weiterhin bewilligen wird. Nur der Erlass von der Mehrwertsteuer, bei dem Kauf eines Neuwagens (elektrisch oder Wasserstoff) wird zum Ende 2020 bereits eingestellt. (vgl. Norsk elbilforening. (2020))

Norwegische Anreize für Elektrofahrzeuge:

- Keine Neuwagen- oder Einfuhrsteuer (Seit 1990 - Mindestens bis 2021))
- Befreiung von der jährlichen Kfz-Steuer (1996 - Mindestens bis 2021)
- Befreiung von der Mautgebühr (Für viele Straßen, Tunnel oder Fähren in Norwegen zu zahlen). (1997 - 2017)
 - Seit 2017 gilt die sogenannte 50 %-Regel: Auf den Fähren wurde die Gebühr, für die Benutzung, mit einer Obergrenze von 50 % auf den Gesamtpreis wieder eingeführt. (2018 - Mindestens bis 2021)
 - Das gleiche galt für die Mautgebühren auf den Straßen und die Benutzungsgebühr für die Tunnel. Mit einer Obergrenze von 50 % auf den Gesamtpreis. (2019 - Mindestens bis 2021)
- Befreiung von der Mehrwertsteuer von (25 %) beim Kauf eines Elektrofahrzeugs. (2001 - 2020)
- Kostenloses Parken in den Gemeinden (1999 - 2017)
 - Ab (2017 - Mindestens bis 2021) konnten wieder Parkgebühren, mit einer Obergrenze von 50 % des Gesamtpreises, auf das Parken in den Gemeinden erhoben werden.
- Elektrofahrzeuge dürfen die Bus- und Taxispuren frei mitbenutzen (ab 2003 in Oslo, landesweit ab 2005 - 2016)
 - Seit (2016 - Mindestens bis 2021) gibt es neue Vorschriften, dass mindestens zwei Personen im Auto sitzen müssen, wenn diese Busspur verwendet werden möchte. (Als Reaktion auf die hohe Auslastung dieser Busspuren) Das darf aber jede Kommune selbst entscheiden, ob sie diese Regelung umsetzen möchte.
- Die Dienstwagensteuer war zu 50 % reduziert (2000 - 2018)
 - Diese wurde (2018 - Mindestens bis 2021) auf 40 % Erlass reduziert.
- Befreiung der Mehrwertsteuer von 25 % bei Elektroauto-Leasing-Modellen. (2015 - Mindestens bis 2021)
- Es gibt steuerliche Vorteile, wenn man seinen konventionellen Transporter verschrotten lässt und sich einen Null-Emissions-Transporter zulegt. (2018 - Mindestens bis 2021)

- Wer einen Führerschein der Klasse B besitzt, darf Elektrofahrzeuge der Klasse C1 (das sind leichte Lastkraftwagen, bis zu einem Gewicht von 4250 kg) fahren. (2019 - Mindestens bis 2021)

(vgl. Norsk elbilforening. (2020))

Die Regierung ist sich darüber einig, dass es immer einen Kaufvorteil mit sich bringen muss, wenn man sich für ein emissionsarmes bzw. emissionsfreies Fahrzeug entscheidet. Natürlich im Gegensatz zu einem konventionellen Modell, das emissionsreich ist. Deshalb wird die Kfz-Steuer so erhoben, dass Besitzer mit einem emissionsfreien Fahrzeug sehr wenig zahlen müssen und umgekehrt die Besitzer mit einem emissionsreichen Fahrzeug sehr hohe Steuern zahlen müssen. Das System wird Verursacherprinzip genannt. (vgl. Norsk elbilforening. (2020))

Beim Kauf eines Neuwagens wird die Kaufsteuer aus einer Kombination aus dem Gewicht, der Kohlendioxid- und NOx-Emission berechnet. Dadurch müssen sehr hohe Neuwagensteuer bei schweren und emissionsreichen Autos bezahlt werden. Die Elektroautos sind noch bis zum Ende 2021 davon befreit, würden dann aber deutlich weniger Neuwagensteuer kosten. (vgl. Norsk elbilforening. (2020))

3.3.2 Aktuelle Gesetze & Förderungen in Deutschland

Deutschland, Norwegen und 193 weitere Staaten haben sich auf der Weltklimakonferenz in Paris (COP21) im Dezember 2015 getroffen. Es wurde dort das erste Mal ein allgemeines, rechtsverbindliches weltweites Klimaschutzabkommen beschlossen, welches am 04. November 2016 in Kraft getreten ist. Das Hauptziel dabei ist, dass der Klimawandel durch Emissions-senkung abgeschwächt werden soll. Die weltweite Durchschnittstemperatur soll maximal um 1,5°C ansteigen. Außerdem sollen die weltweiten Emissionen dafür schnell und merklich gesenkt werden. Dafür wurden von den Staaten umfassende nationale Klimaschutzpläne erarbeitet und vorgelegt, welche aufzeigen sollen, wie diese ehrgeizigen Ziele in ihrem Land erreicht werden können. ((vgl. Europa.eu. (2020)), (vgl. BMU. (2020a)))

Deutschland hat im November 2016 den Klimaschutzplan 2050 im Bundeskabinett beschlossen. Dieser Plan beinhaltet die nationalen Klimaziele in Deutschland, welche im Konsens mit dem Pariser Klimaübereinkommen stehen. (vgl. BMU. (2020a))

Zentrale Inhalte sind:

- Als langfristiges Ziel soll die Treibhausgasneutralität in Deutschland bis zum Jahr 2050 realisiert sein.
- Es gibt Meilensteine für alle Handlungsfelder und Sektoren bis 2030.
 - Zu den Handlungsfeldern und Sektoren zählen: die Energieversorgung, der Gebäude- und Verkehrsbereich, die Industrie und Wirtschaft sowie die Land- und Forstwirtschaft.
- Es sollen strategische, dynamische lernende und transformative Prozesse entwickelt werden und als Orientierung bereitstehen. (vgl. BMU. (2020a))

In der Abbildung 3.11 werden die THG-Emissionen der einzelnen Handlungsfelder und die Gesamtsumme in den Jahren 1990, 2014 und gewünscht im Jahr 2030 aufgezeigt. Die Tabellenwerte von 2030 sollen das Zwischenziel Deutschlands darstellen, damit Deutschland bis zum Jahr 2050 Treibhausgasneutralität schaffen kann. Es ist ein großer Meilenstein, wie die einzelnen Sektoren die Minderung von THG-Emissionen umsetzen sollen.

Handlungsfeld	1990 (in Mio. Tonnen CO ₂ -Äq.)	2014 (in Mio. Tonnen CO ₂ -Äq.)	2030 (in Mio. Tonnen CO ₂ -Äq.)	2030 (Minderung in % gegenüber 1990)
Energiewirtschaft	466	358	175 – 183	62 – 61 %
Gebäude	209	119	70 – 72	67 – 66 %
Verkehr	163	160	95 – 98	42 – 40 %
Industrie	283	181	140 – 143	51 – 49 %
Landwirtschaft	88	72	58 – 61	34 – 31 %
Teilsumme	1.209	890	538 – 557	56 – 54 %
Sonstige	39	12	5	87 %
Gesamtsumme	1.248	902	543 – 562	56 – 55 %

Abbildung 3.11: Definition der Ziele für die Emissionsreduzierung bis 2030
Quelle: (vgl. BMU. (2020a))

Die Abbildung 3.11 zeigt das Zwischenziel der Bundesregierung bis 2030. Die gesamten Treibhausgasemissionen Deutschlands um mindestens 55 % bis 56 % bis spätestens 2030 gegenüber 1990 zu reduzieren. Die Gesamtsumme an THG-Emissionen im Jahr 1990 lag bei 1.248 Mio. Tonnen. Diese sollen bis 2030 auf 543 bis 562 Mio. Tonnen gesenkt werden.

Der Verkehrssektor soll ein Emissionsreduktionsziel von 40 % bis 42 % bis 2030 gegenüber 1990 erreichen. Die Energiewirtschaft sogar um 61 % bis 62 %.

Für diese Arbeit interessiert uns vor allem das Handlungsfeld des Verkehrs und der Energiewirtschaft.

Der Verkehrssektor soll bis zum Jahre 2030 40 % bis 42 % Emissionen gegenüber dem Jahr 1990 einsparen. Damit dieses Ziel erreicht werden kann, hat die Bundesrepublik Deutschland mehrere Gesetze und Anreize geschaffen damit der Ausbau der Elektromobilität angeschoben wird. Deshalb werden im Nachfolgenden die wichtigsten Gesetze und Anreize aufgelistet und erklärt.

Deutsche Anreize und Gesetze:

1. Zur Förderung der Elektromobilität hat die Bundesregierung im Jahr 2015 das Elektromobilitätsgesetz (EmoG) erlassen.
2. Festlegung der Europäischen CO₂-Gesetzgebung für die Pkw Neuwagenflotte
3. Befreiung von dem Kraftfahrzeugsteuergesetz (KraftStG)
4. Umweltprämie

1. Elektromobilitätsgesetz (EmoG):

Das Elektromobilitätsgesetz ist am 05. Juli 2015 in Kraft getreten und gilt bundesweit. Das Gesetz tritt mit Ablauf des 31.12.2026 außer Kraft. Es soll die Nutzung von emissionsarmen und emissionsfreien Fahrzeugen im Straßenverkehr fördern.

Das EmoG gewährt elektrisch betriebenen Fahrzeugen eine Bevorrechtigung im Straßenverkehr. Ein elektrisch betriebenes Fahrzeug ist nach dem Gesetz: ein BEV, ein Plug-In-Hybrid oder ein Brennstoffzellenfahrzeug. (vgl. Energieagentur.nrw. (2020))

Dabei sind nach dem Gesetz Elektrofahrzeuge:

Reine Batterieelektrofahrzeuge:

Das Fahrzeug wird vollständig von einem Elektromotor angetrieben, welcher seinen Strom aus dem mitgeführten Akkumulator erhält. Dieser Energiespeicher muss dabei mindestens von außerhalb wieder aufladbar sein. (vgl. EmoG. (2020))

Von außen aufladbare Hybridelektrofahrzeuge:

Das Fahrzeug muss mindestens über zwei verschiedene Energiewandler verfügen. Dabei muss mindestens ein Energiewandler elektrisch betrieben werden. Zudem müssen zwei unterschiedliche Energiespeicher zur Verfügung stehen, wovon einer mindestens von außen wieder aufladbar sein muss. Der wieder aufladbare Energiespeicher muss dann den elektrischen Antrieb mit Strom versorgen können.

Zusätzlich müssen Hybridfahrzeuge noch folgende Anforderungen erfüllen, damit sie die Bevorrechtigungen nutzen dürfen: (vgl. EmoG. (2020))

- Sie dürfen maximal 50 Gramm Kohlendioxid je gefahrenen Kilometer ausstoßen oder
- die reine Energiespeicherleistung reicht für eine Reichweite von mindestens 40 Kilometern. (vgl. EmoG. (2020))

Zur eindeutigen Kennzeichnung der elektrischen Fahrzeuge wird in den jeweiligen Zulassungsbehörden ein Kennzeichen ausgestellt, welches am Ende ein „E“ stehen hat. Dadurch kann das Elektroauto auf Anhieb erkannt werden und darf somit die Bevorrechtigungen des EmoG nutzen. Wer ein Auto aus dem Ausland hat, der kann eine E-Plakette in der Zulassungsbehörde erhalten. Festgeschrieben wurde diese Kennzeichnung in dem Artikel 1, § 9a und Artikel 2, § 39 - 52 in der 50. Verordnung zur Änderung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften. (vgl. Energieagentur.nrw. (2020))

In der Abbildung 3.12 ist ein Beispiel für eine E-Kennzeichnung und E-Plakette für Deutschland zu sehen. Mit dieser Kennzeichnung darf man nach dem EmoG die Bevorrechtigungen in Deutschland nutzen.



Abbildung 3.12: Beispiel eines E-Kennzeichens und E-Plakette in Deutschland
Quelle: (vgl. Energieagentur.nrw. (2020))

Das EmoG wird auf kommunaler Ebene angewendet. Die Kommunen haben durch das Gesetz die Möglichkeit, dass sie in ihrem Stadtgebiet verschiedene Bevorzugungen von Elektrofahrzeugen erlauben können. Dazu gehört die Reservierung von Parkplätzen, das kostenlose Parken, das Nutzen der Bus- oder Sonderspuren und die Erlaubnis bei Durchfahrtsverbotszonen zu fahren. Insbesondere die Verbotszonen, welche wegen der Schadstoffe oder Lärmbelastigungen eingeführt worden sind. (vgl. Energieagentur.nrw. (2020))

Damit die Fahrer von Elektroautos erkennen wo sie z. B. frei Parken dürfen, werden Verkehrsschilder mit einem Zusatzschild versehen. (vgl. Energieagentur.nrw. (2020))

Eine mögliche Kennzeichnung der Verkehrsschilder wird in Abbildung 3.13 gezeigt. Dies ist aber nur ein Beispiel dafür, wie ein Schild aussehen könnte. Die Entscheidung trägt letztendlich jedes Verkehrsamt für sich.



Hier wird beispielhaft ein Zusatzschild zu einem Parkplatzschild gezeigt. Das Zusatzschild enthält dann ein sinnbildhaftes Kraftfahrzeug mit einem Kabel und Stecker als Erkennungsmerkmal.

Abbildung 3.13: Kennzeichnung der Bevorrechtigung für Elektrofahrzeuge
Quelle: (vgl. Energieagentur.nrw. (2020))

2. Europäische CO₂-Gesetzgebung:

Seit dem Jahr 2009 gibt es eine Verordnung durch das EU-Parlament, welche die verbindlichen Rahmenbedingungen der CO₂-Emissionsgrenze für Neuzulassungen von Pkws in Europa vorsieht. Dabei gibt es keine CO₂-Emissionsgrenze für jeden einzelnen Pkw, sondern es wird der Ausstoß der ganzen Herstellerflotte gemittelt und je nach dem durchschnittlichen Gewicht der Autoklassen berechnet. Seit dem Jahr 2015 wird die komplette Flotte bei dieser Berechnung berücksichtigt. Der Zielwert von 2012 bis 2015 lag bei 130 g CO₂ / km.

Ab dem Jahr 2020 wird dieser Zielwert auf 95 g CO₂ / km gesenkt. Zu Beginn muss dieser Wert nur von 95 % der Neuwagenflotte eingehalten werden. Erst im Jahr 2021 soll dieser dann für die ganze Neuwagenflotte eingehalten werden. (vgl. UBA. (2020a))

Das heißt also, dass ab dem Jahr 2020 ein Hersteller für die gesamten in der EU verkauften Neuwagen einen durchschnittlichen Grenzwert von 95 g CO₂ / km einhalten muss. Wenn er dies nicht schafft, dann muss er Strafen zahlen. Dieser CO₂-Emissionswert würde einem durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch von 4,1 Litern Benzin bzw. 3,6 Litern Diesel auf 100 km entsprechen. (vgl. Karle. (2017))

Laut dem Kraftfahrt-Bundesamtes (vgl. KBA. (2020e)) lag der Durchschnitt bei allen Neuwagen im Jahr 2017 in Deutschland bei 127 - 128 g CO₂ / km.

Dies zeigt, dass mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren der neue Grenzwert von 95 g CO₂ / km nicht erreicht werden kann. Dafür benötigen die Hersteller die Hybride und Elektrofahrzeuge. Die Hersteller werden also dazu genötigt, zusätzlich Elektrofahrzeuge und Hybridfahrzeuge in ihrer Produktpalette zu haben. Dadurch wird es in Zukunft weiterhin viele weitere Elektrofahrzeugmodelle geben, welche durch Weiterentwicklungen immer kostengünstiger und effizienter werden. Guter Stellhebel von der Europäischen Union, welche durch das CO₂-Gesetz dafür gesorgt hat, dass die Automobilhersteller im Zugzwang sind ihr Fahrzeugportfolio zu erweitern und zu entwickeln.

Die Elektrofahrzeuge gehen bei der CO₂-Grenzberechnung mit null Gramm CO₂ in die Berechnung ein. Zurzeit gibt es noch eine Verstärkung bei der Mittelwertberechnung der Neuwagenflotten. Fahrzeuge, die weniger als 50 g CO₂ / km emittieren, werden mit einer höheren Gewichtung in die Mittelwertbildung einbezogen. Fahrzeugtypen, die unter den 50 g CO₂ / km bleiben können, werden mit den sogenannten „Supercredits“-Gewichtungen an der CO₂-Bilanzierung beteiligt. Fahrzeuge, die das erfüllen zählen: (vgl. Karle (2017))

- Ab 2020 als zwei Fahrzeuge
- Ab 2021 als 1,67 Fahrzeuge
- Ab 2022 als 1,33 Fahrzeuge
- Ab 2023 als ein Fahrzeug

Dazu soll es eine kleine Modellrechnung geben, damit dieser Sachverhalt greifbarer wird.

Annahmen:

Es soll der Mittelwert der CO₂-Emission für das Jahr 2020 berechnet werden. Die verkauften Fahrzeuge kommen dabei von einem Hersteller und es wären alle verkauften Produkte für das ganze Jahr.

- **30** verkaufte konventionelle Fahrzeuge mit **130 g CO₂ / km**,
- **5** verkaufte Plug-In-Hybride mit **49 g CO₂ / km**,
- **3** reine Elektrofahrzeuge mit **0 g CO₂ / km**.

Der Mittelwert ergibt sich zu:

$$\frac{30 \times 130 + 5 \times 49 + 3 \times 0}{46} \text{ g } \frac{\text{CO}_2}{\text{km}} = 90,1 \text{ g } \frac{\text{CO}_2}{\text{km}} \quad (3.1)$$

Quelle: (vgl. Karle. (2017))

Bei dem vorliegenden Mix an verkauften Fahrzeugen, würde der Grenzwert von 95 g CO₂ / km eingehalten werden können.

Durch dieses kurze Beispiel sollte deutlicher werden, wie die CO₂-Emissionswerte für die Neuwagenflotten der Hersteller in Europa berechnet werden. Natürlich ist die Berechnung bei einem großen Autobauer sehr viel komplizierter und es gibt zahlreiche Ausnahmeregelungen und Abweichungen für die Hersteller. Im Großen und Ganzen wird der Durchschnitt aber wie in dem leichten Beispiel ermittelt.

3. Befreiung von der Kraftfahrzeugsteuer (KraftStG):

Für BEVs oder reine Elektrofahrzeuge sieht das KraftStG eine befristete Befreiung der Steuern vor. Es werden nach dem Gesetz also keine Hybride oder Range-Extender-Fahrzeuge berücksichtigt. In dem Gesetz steht unter § 3d KraftStG geschrieben, dass Elektrofahrzeuge bei der Erstzulassung für zehn Jahre eine Steuerbefreiung erhalten. Danach müssen Elektrofahrzeuge eine Kraftfahrzeugsteuer von 50 % zahlen (§ 9 Abs. 2 KraftStG).

Diese Steuerbefreiung gilt bei Erstzulassungen zwischen dem 18.05.2011 und dem 31.12.2020 (§ 3d Abs. 1 KraftStG).

Fahrzeuge, welche von einem konventionellen Fahrzeug zu einem reinen Elektrofahrzeug umgebaut wurden, werden in der Zeit vom 18. Mai 2016 bis 31. Dezember 2020 für zehn Jahre von der Steuer befreit. Hier zählt dann der Tag der Erstzulassung ab dem Tag der Umrüstung. (vgl. KraftStG. (2020)), (vgl. Zoll.de. (2020))

4. Umweltprämie – Förderprogramm Elektromobilität

Das Förderprogramm Elektromobilität – Umweltbonus – wurde durch die (BAFA) ins Leben gerufen. Das Ziel dieser Kaufprämie ist es, dass der Absatz an Elektrofahrzeugen und Hybrid-Fahrzeugen angekurbelt wird. Außerdem werden die Kosten für den Einbau eines AVAS (Acoustic Vehicle Alerting System) von der Bundesregierung übernommen. Dieses künstliche Fahrgeräusch soll Verkehrsteilnehmer schützen, die auf akustische Signale angewiesen sind. (vgl. BAFA.(2020))

Es werden dabei nur Privatpersonen, Stiftungen, Unternehmen, Körperschaften und Vereine durch die Kaufprämie bzw. den Umweltbonus gefördert. Andere Einrichtungen, wie z. B. der Bund oder Kommunen sind davon ausgeschlossen. Automobilhersteller und deren Tochtergesellschaften gehören ebenfalls nicht zu den förderfähigen Institutionen.

Gefördert werden nur elektrisch betriebene Fahrzeuge, welche die Anforderungen laut § 2 des EmoG erfüllen. Außerdem müssen diese Neuwagen, durch Kauf oder Leasing, das erste Mal zugelassen worden sein. Diese Fahrzeuge müssen außerdem auf der Liste der förderfähigen Elektrofahrzeuge (BAFA-Liste) stehen. Andere Fahrzeuge werden nicht gefördert. Damit Fahrzeuge auf diese Liste aufgenommen werden, müssen die Automobilhersteller sich mit der BAFA in Verbindung setzen und ihre Elektrofahrzeuge vorstellen, welche sie auf dieser Liste haben wollen. Die Fahrzeuge werden dann von der BAFA überprüft, ob sie nach § 2 des Elektromobilitätsgesetzes förderfähig sind.

Der Umweltbonus wird für Neufahrzeuge seit dem 18. Mai 2016 gewährt. Die Förderhöhe beträgt für BEV und Brennstoffzellenfahrzeuge 4.000 € und für Plug-In-Hybride 3.000 €. Der Umweltbonus wird zur einen Hälfte von dem Bund (Bundesanteil) übernommen (2.000 € oder 1.500 €) und die andere Hälfte wird beim Kauf direkt durch Automobilhersteller (Eigenanteil) abgezogen (2.000 € oder 1.500 €). Das Basismodell, welches gefördert werden soll, darf einen maximalen Listenpreis von 60.000 € kosten. Der Antrag für den Erhalt des Bundesanteils der Umweltprämie wird durch einen elektronischen Antrag direkt bei der BAFA gestellt. Auf der Homepage der BAFA wird das genaue Vorgehen erklärt und durch eine Checkliste verdeutlicht. (vgl. BAFA. (2020))

Am 04. November 2019 hat sich der Staat mit den Automobilherstellern in Berlin bei dem sogenannten „Autogipfel“ darauf verständigt, dass der Umweltbonus bestehen bleiben soll und die Förderprämien angehoben werden. Diese Erhöhung wird jetzt durch Brüssel überprüft und deshalb gibt es noch keinen aktuellen Starttermin. (vgl. Carwow.de. (2020))

Laut der Internetseite der BAFA (vgl. BAFA. (2020)) gibt es zum jetzigen Zeitpunkt, Stand 08.02.2020, noch keine Informationen darüber, wann und um wie viel Euro die alte Umweltprämie angehoben wird.

Das heißt, dass die Umweltprämie in Zukunft bestehen bleibt und gleichzeitig die Förderhöhe angehoben wird. Wie hoch die ausgezahlte Prämie dann ist und für welche Fahrzeuge sie gilt, wird die BAFA auf ihrer Internetseite bei Bekanntmachung veröffentlichen.

Die direkte Förderung, beim Kauf eines Elektrofahrzeuges, ist eine effektive Möglichkeit seitens des Staates, dass die Verkaufszahlen bei E-Modellen angehoben werden kann. Dies haben die Erfahrungen aus Norwegen gezeigt, welche mit noch höheren Förderprämien beim Neukauf damit sehr gute Erfahrungen gemacht haben.

3.4 Geographie

In dieser Hauptgruppe Geographie sollen die geographischen Fakten für beide Länder kurz zusammengefasst werden. Dabei soll ein Überblick geben werden, wie groß die Staatsflächen sind, wie lang das Straßennetz ist, wo die meisten Menschen in den Ländern wohnen und wie das vorwiegende Klima in diesen Ländern ist. Des Weiteren wird auf das Potential der Wasserkraftnutzung in Deutschland und Norwegen eingegangen.

3.4.1 Geographische Fakten und Klima

Staatsfläche:

Die Staatsfläche von Deutschland beträgt rund 357.000 km². Norwegen hat eine Staatsfläche von ca. 385.000 km². (vgl. Laenderdaten.info. (2020)) Norwegen besitzt mit einem Unterschied von rund 28.000 km² die größere Fläche. Die Staatsflächen besitzen dennoch eine einigermaßen gleiche und damit gut vergleichbare Größe.

In Kapitel 3.1.1 wurde schon gezeigt, dass die Bevölkerungsdichten in Deutschland und Norwegen sich stark voneinander unterscheiden. In Deutschland liegt die durchschnittliche Bevölkerungsdichte bei 234 Einwohner je km² und in Norwegen bei geringeren fünfzehn Einwohner pro km². Hier wird jetzt deutlich warum das so ist. Deutschland hat rund 83 Mio. und Norwegen insgesamt 5,31 Mio. Einwohner, die sich auf eine sehr ähnliche Staatsfläche verteilen. Es war schon ersichtlich, dass es zwischen der Bevölkerungsdichte und –anzahl eine Proportionalität gibt. Dies wird in der Abbildung 3.1 und der Abbildung 3.2 an den Graphen direkt sichtbar.

Straßennetz:

Die Gesamtlänge des Straßennetzes in Deutschland beträgt 625.000 km. In Norwegen sind es rund 95.000 km für das gesamte Land. (vgl. Laenderdaten.info. (2020))

Damit besitzt Deutschland rund 85 % mehr gebaute Straßenlänge oder das 6,5-Fache von Norwegens Straßennetz.

Das Straßennetz in Norwegen ist vor allem nicht so weit ausgebaut, weil Norwegen in weiten Teilen dünn besiedelt und in vielen Teilen sehr bergig ist. Zudem müssten viele Brücken und Tunnel gebaut werden was mit einem hohen Kostenaufwand verbunden wäre.

Auf sehr vielen Straßen und für viele Brücken und Tunnel müssen die Norweger eine Mautgebühr bezahlen, die einen hohen Betrag für jeden Autofahrer in Norwegen bedeuten. (vgl. Borderstep Institut. (2017))

Möglichkeit der Wasserkraftnutzung:

Wasserkraft kann dann sehr gut genutzt werden, wenn das Wasser aus einer möglichst großen Fallhöhe auf die Laufräder der Turbinen trifft. Dabei steigt die Energiegewinnung mit der Fallhöhe an, denn Wasser besitzt somit eine höhere potenzielle Energie. Auch die Strömungen in einem Fluss können als Energiequelle genutzt werden. Die potentielle Energie der Strömungen ist dabei aber meistens nicht so groß wie die Energie von Wasser, welches aus einer großen Fallhöhe stammt. (vgl. UBA. (2020b))

Norwegen steht dabei sehr gut dar, weil es durch seine bergige und geographisch bedingte Lage besonders gute und viele Gefälleunterschiede für die Wasserkraft aufweisen kann. Deutschland hat nur wenig gute Möglichkeiten dafür, denn die günstigsten geographischen Bedingungen hat Deutschland nur in den abfluss- und gefällereichen Regionen der Mittelgebirge, der Voralpen und den Alpen. Diese Bedingungen sind nur in der Mitte und vor allem den Süden Deutschlands vorbehalten. (vgl. UBA. (2020b))

Laut dem UBA (vgl. UBA. (2020b)) wurde im Jahr 2010 bereits eine umfassende Potentialanalyse für Wasserkraft in Deutschland durchgeführt. Dabei kam heraus, dass in Deutschland schon zu 80 % das Wasserkraftpotential ausgeschöpft wird, dies sind rund 20 TWh, die noch ungefähr um 5 TWh ausgebaut werden können. Hauptsächlich durch die Optimierung und Modernisierungen der Wasserkraftanlagen kann dieser Anstieg realisiert werden.

Damit ist Deutschland bei der Wasserkraft schon auf dem höchstmöglichen Wert angekommen, bei rund 5,6 Gigawatt installierte Leistung im Jahr 2018. (vgl. BMWi. (2019)) Es können nur noch kleine Steigerungen bei der Wasserkraft erreicht werden, besonders durch die Optimierung der bestehenden Wasserkraftwerke. In Norwegen hingegen ist das Wasserkraftpotential noch nicht ausgeschöpft, wie hoch es genau ist, wird hier nicht dargestellt. Die Wasserkraft in Norwegen deckt bereits jetzt 98 % der Energieerzeugung ab und hatte 32,5 Gigawatt installierte Leistung im Jahr 2018. Diese installierte Leistung soll aber noch ausgebaut werden, somit ist definitiv noch Potential vorhanden, vor allem in den bergigen Regionen Norwegens. (vgl. IRENA. (2019))

Klima:

Es soll für Deutschland und Norwegen der Temperaturdurchschnitt dargestellt werden. Anschließend werden noch allgemeine Aussagen über die Klimaregionen in den beiden Ländern beschrieben.

Deutschland:

In der Abbildung 3.14 sieht man den Temperaturverlauf in Deutschland über das Jahr. Es wird ein mittleres Temperaturmaximum und ein mittleres Temperaturminimum angegeben. Das wird einmal in einem Graphen und einmal in Tabellen dargestellt. Dabei wird zu jedem Monat ein Durchschnittswert angegeben.

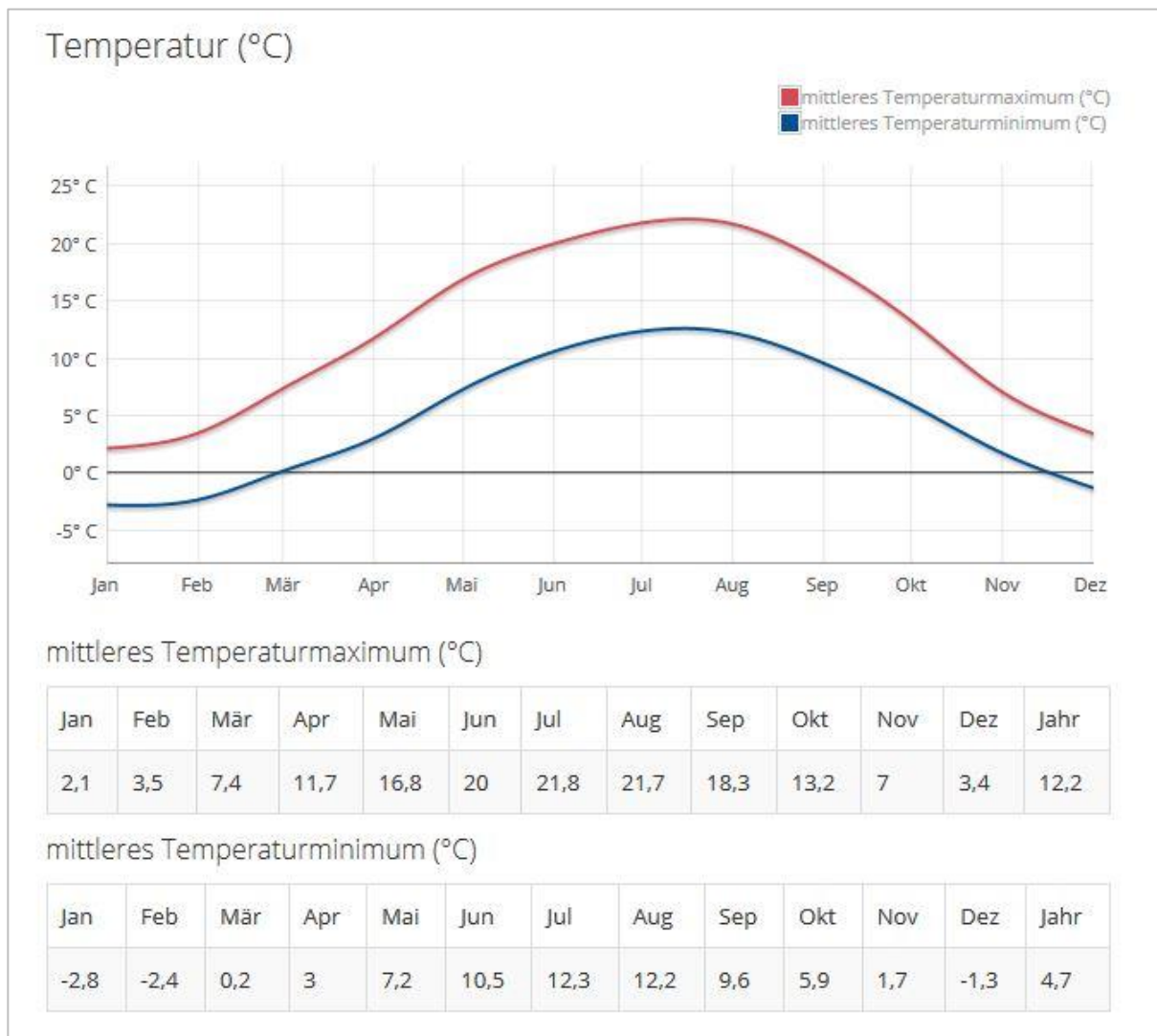


Abbildung 3.14: Mittlere Jahrestemperaturen in Deutschland
Quelle: (vgl. Wetter.de. (2019a))

Laut der Abbildung 3.14 liegt das mittlere Temperaturmaximum bei 12,2°C im Jahr. Das mittlere Temperaturminimum bei 4,7°C. Temperaturen unter null Grad gibt es in Deutschland vor allem in der Zeit Dezember bis März. Diese Temperaturen fallen dabei im Monatsdurchschnitt nie unter -3°C.

Insgesamt herrscht in Deutschland ein gemäßigtes Klima. Bei Betrachtung in Nord-Süd und Ost-West fällt auf, dass es im Norden ein maritimes Klima gibt. Dieses zeichnet sich dadurch aus, dass es im Sommer häufig regnet und es milde Winter mit Stürmen gibt.

Im Westen von Deutschland gibt es Einflüsse durch den Atlantik, darum wird es das ozeanische Klima genannt. Dort gibt es regenreiche Winter und mäßig warme Sommer.

Richtung Südwesten Deutschlands wird das Klima eher feuchter und subtropischer. Im Südosten wird es wie im Osten Deutschlands durch ein kontinentales Klima geprägt. Dort fällt eher Schnee im kalten Wintern. Außerdem gibt es trockene Sommer. (vgl. Wetter.de. (2019a))

Damit ist das Wetter in Deutschland gemäßigt anzunehmen, das heißt, dass es in Summe milde Temperaturen gibt. Nur in den Monaten zwischen Dezember und März ist mit Temperaturen unter null Grad zu rechnen. Die Jahrestemperaturen liegen im Mittel zwischen 12°C und 4,7°C.

Norwegen:

In der Abbildung 3.15 sieht man den Temperaturverlauf in Norwegen über das Jahr. Es wird ein mittleres Temperaturmaximum und ein mittleres Temperaturminimum angegeben. Das wird einmal in einem Graphen und einmal in Tabellen dargestellt. Dabei wird zu jedem Monat ein Durchschnittswert angegeben.

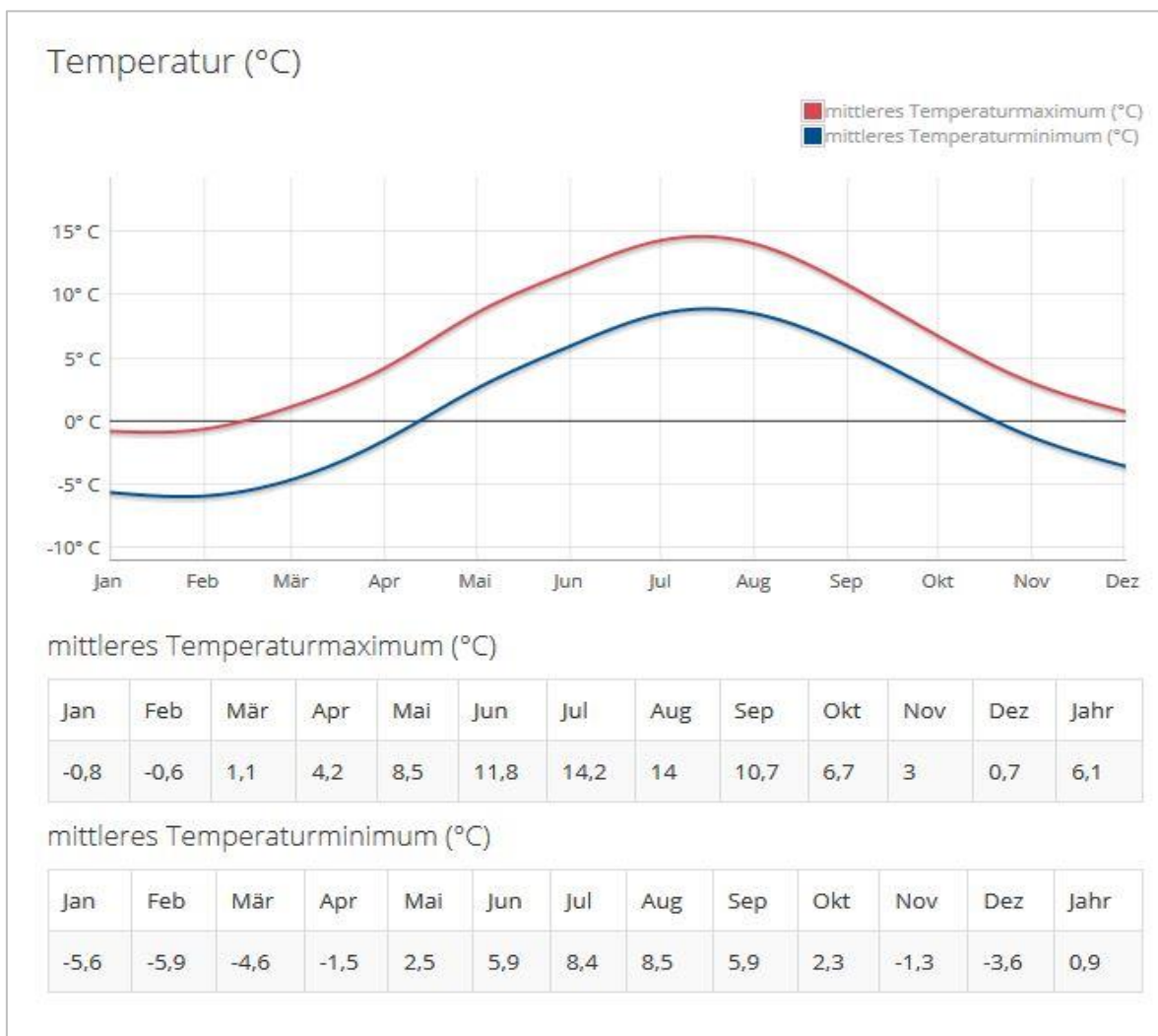


Abbildung 3.15: Mittleres Jahrestemperaturen in Norwegen
Quelle: (vgl. Wetter.de. (2019b))

Der Abbildung 3.15 wird entnommen, dass das mittlere Temperaturmaximum bei 6,1°C im Jahr liegt. Das mittlere Temperaturminimum lag bei 0,9°C. Dabei gab es Temperaturen unter 0 Grad in den Monatsdurchschnitten in der Zeit von November bis April. Die Temperaturen fallen dabei im Monatsdurchschnitt nie unter -6°C.

Norwegens Klima ist vor allem in Norden und Süden zu unterscheiden. Der nördliche Teil in Norwegen liegt in der sehr kalten Polarzone der Arktis. Darum liegt dort der Durchschnitt des Temperaturmaximums bei 3,8°C. Von November bis März liegen die Temperaturen im Schnitt immer unter dem Gefrierpunkt. Die Tagestiefstwerte liegen in Mittel im Norden bei -0,6°C. Im Süden ist das Klima hingegen sehr viel milder, mit einem Durchschnitt des Temperaturmaximums von 6,1°C. Diese südlichen Gebiete sind der gemäßigten Klimazone ähnlich. (vgl. Wetter.de. (2019b))

Damit ist Norwegen vor allem in Norden des Landes sehr kalt, denn dort liegt der Durchschnitt bei 3,8°C und es wird in der Nacht noch kälter. Der Süden ist eher mit dem deutschen Klima zu vergleichen, obwohl es im Mittel etwas kälter ist, sind die Temperaturen dennoch als mild einzustufen. Es ist aber von November bis April länger kälter, mit unter null Grad.

3.4.2 Stadt-Land-Gefälle

Es soll die Frage beantwortet werden, ob die Bevölkerung auf dem Land oder mehr in den Städten wohnt. Außerdem soll sich kurz die Stromversorgung angesehen werden, ob diese im gesamten Land gleichermaßen zur Verfügung steht.

Norwegen:

In Norwegen lebten, Stand 01.Januar 2019, insgesamt 4,37 Mio. Einwohner in städtischen Siedlungen, also in Städten. Mit rund 949.000 Einwohner lebte die restliche Bevölkerung in ländlichen Siedlungen, also auf dem Land. Damit leben rund 82 % der Bevölkerung in Städten. Im Vergleich vom Jahr 2018 zu 2019 ist der Anteil, der in Städten lebt um 0,9 Prozentpunkte gewachsen und der Anteil, der auf dem Land lebt um -0,6 Prozentpunkte gesunken. Dadurch wird klar, dass die Menschen zunehmend in Richtung der Städte abwandern (Urbanisierung). In Oslo lebten knapp 1,02 Mio. Menschen und in Bergen waren es 257.000 Einwohner. Insgesamt lebten in den fünf größten Städten Norwegens 1,8 Mio. Menschen, damit lebten gut 34 % der Bevölkerung in Großstädten. Es gilt in Norwegen eher eine Urbanisierung, die Menschen zieht es in die Richtung der großen Städte. (vgl. Statistics Norway. (2019b))

Deutschland:

Laut dem Statistischen Bundesamt (vgl. Statistisches Bundesamt. (2019c)) lebten, Stand 31.12.2018, insgesamt 61 Mio. Menschen in Städten, dies entsprach 73 % der Gesamtbevölkerung. Knapp 22 Mio. Einwohner lebten in ländlichen Gebieten, damit leben in Deutschland, wie auch in Norwegen die meisten Menschen in Städten.

Die meisten Menschen lebten 2018 in Berlin mit 3,6 Mio. Menschen. In Hamburg lebten mit insgesamt 1,8 Mio. Einwohner die zweithäufigsten und als dritthäufigstes mit 1,5 Mio. Menschen in München.

In den fünf größten Städten Deutschlands lebten im Jahr 2018 insgesamt 8,8 Mio. Menschen, das heißt, dass rund 11 % der Bevölkerung in den fünf Großstädten Deutschlands lebten. (vgl. Statistisches Bundesamt. (2019d)) In Deutschland geht der Trend ebenfalls in Richtung der Urbanisierung, es wird zum Teil von Landflucht geredet.

Energieversorgung: Stadt und Land

Die Stromversorgung liegt in Norwegen und Deutschland bei 100 %. Das gilt gleichermaßen für den städtischen und ländlichen Bereich. (vgl. The World Bank Group. (2020c)) Es gibt also keine Unterschiede bei der Stromversorgung, ob die Einwohner auf dem Land oder in den Städten wohnen. Dies ist für die Elektromobilität sehr wichtig, denn somit können die Elektrofahrzeuge überall mit der nötigen Energie versorgt werden.

3.5 Energieerzeugung

Die Herkunft des Stromes ist ein wichtiger Faktor dafür, ob die gesamte E-Mobilität umweltfreundlich und nachhaltig werden kann. Eine Stromproduktion, die sehr viele Treibhausgase und andere unerwünschte Nebenprodukte, wie z. B. Methan, verursacht wird in der Gesellschaft als schlecht angesehen. Elektroautos besitzen einen sehr guten Wirkungsgrad und einen niedrigen Energieverbrauch. Deshalb muss der Strom, den sie laden werden, umweltfreundlich sein. Ansonsten hat das Elektroauto keine Chance eine nachhaltige Mobilität zu schaffen. Deshalb wird an dieser Stelle gezeigt, wie der aktuelle Strommix der beiden Länder aussieht und welche Tendenzen es für die Zukunft gibt. Die Frage, ob denn genug Energie zur Verfügung steht, damit der steigende Energiebedarf der aufkommenden E-Autos gedeckt wird, soll hier beantwortet werden.

3.5.1 Stromerzeugung

Heutzutage findet die Stromerzeugung vor allem aus zwei Primärenergiequellen statt. Das sind zum einen die fossilen Energieträger und zum anderen die erneuerbaren Energiequellen. Zu den fossilen Energieträgern zählen: Kohle, Erdgas, Erdöl und Atomenergie. Bei erneuerbaren Energiequellen spricht man von: Windenergie, Wasserkraft, Photovoltaik und Biomasse. Der Begriff Strommix bedeutet, dass die Stromlieferung, die beim Endverbraucher bezogen wird, aus unterschiedlichen Energieträgern stammt. Es wird also nicht davon ausgegangen, dass ein Haushalt, zu 100 % den Strom, nur aus dem Kohlekraftwerk bezieht, sondern aus einer prozentualen Mischung aller ins Netz speisender Energiequellen. (vgl. Karle (2017))

Es wird in dieser Arbeit nicht weiter darauf eingegangen, dass in den elektrischen Verbundnetzen zu jedem Zeitpunkt genauso viel erzeugte Leistung eingespeist werden muss, wie sie im gleichen Moment verbraucht wird. Damit die Frequenz stabil bei 50 Hz gehalten wird.

Des Weiteren soll hier nicht der Unterschied zwischen volatilen und deterministischen Energiesystemen erklärt werden. Es wird in dieser Arbeit davon ausgegangen, dass der Strom produziert wird und dem Endverbraucher zu jeder Zeit - aus der Steckdose - zur Verfügung steht. Dieser Strommix soll für Norwegen und Deutschland für das Jahr 2018 graphisch dargestellt werden. Damit direkt erkannt werden kann, welche Energieträger in welchem Land genutzt werden. Das lässt später wiederum Rückschlüsse zu, in wie weit der Strom in diesen Ländern schon klimafreundlich ist.

Im Kapitel 3.5.2 wird das Thema Strommix noch einmal aufgenommen und im Zusammenhang mit der CO₂-Emissionen gesetzt.

Der Strommix in Deutschland im Jahr 2018 ist in Abbildung 3.16 zu sehen. Auf der Abzisse werden die verschiedenen Arten der genutzten Primärenergiequellen angezeigt. Die Ordinate gibt den Anteil an der Gesamtstromerzeugung wieder.

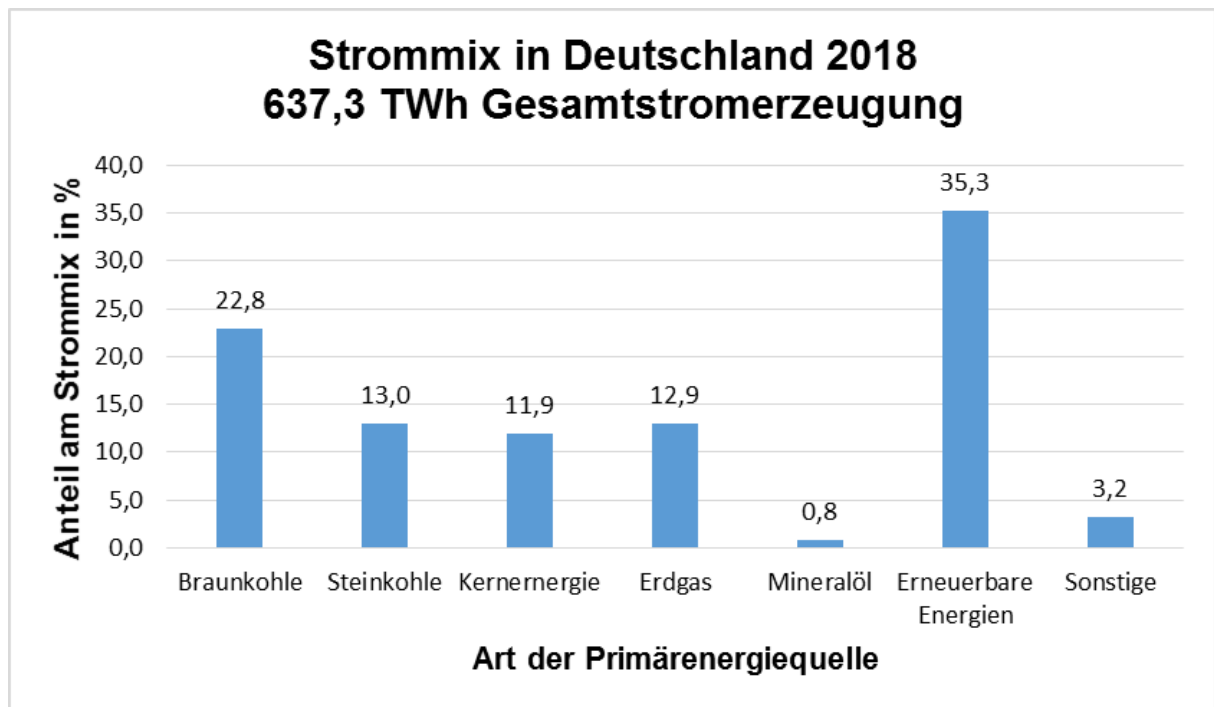


Abbildung 3.16: Strommix in Deutschland 2018
Quelle: (vgl. AGEB. (2019))

Es zeigt sich, dass in Deutschland sieben unterschiedliche Arten an Energiequellen genutzt werden. Daraus entsteht der sogenannte - Strommix. Den höchsten Anteil daran haben die Erneuerbaren Energien mit 35,3 %. Dies entspricht 224,8 TWh produzierter Strom aus EE. Danach folgt mit 22,8 % die Braunkohle und mit 13 % die Steinkohle. Die fossilen Energieträger haben einen gesamten Anteil von 61,5 % am deutschen Strommix 2018. Sie stellen also den Hauptteil der produzierten Strommenge.

In Deutschland wurde der zweitwichtigste Energieträger zur Stromerzeugung, die Braunkohle, von den erneuerbaren Energiequellen um einen Abstand von 12,5 % abgelöst. Wenn die beiden Quellen, Braunkohle und Steinkohle zusammengezogen werden, haben diese ungefähr einen Gleichstand mit den erneuerbaren Energien.

In Abbildung 3.20 zeigt sich, dass der Anteil an EE am deutschen Strommix weiter eine steigende Tendenz darstellt. Der geschätzte, jährliche Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung in Deutschland beträgt 2019 gute 40 %.

Die prozentualen Anteile an der erneuerbaren Energie sind in Abbildung 3.17 dargestellt. Es soll wie in Abbildung 3.18 einen Überblick über die Aufteilung der einzelnen Anteile der EE geben.

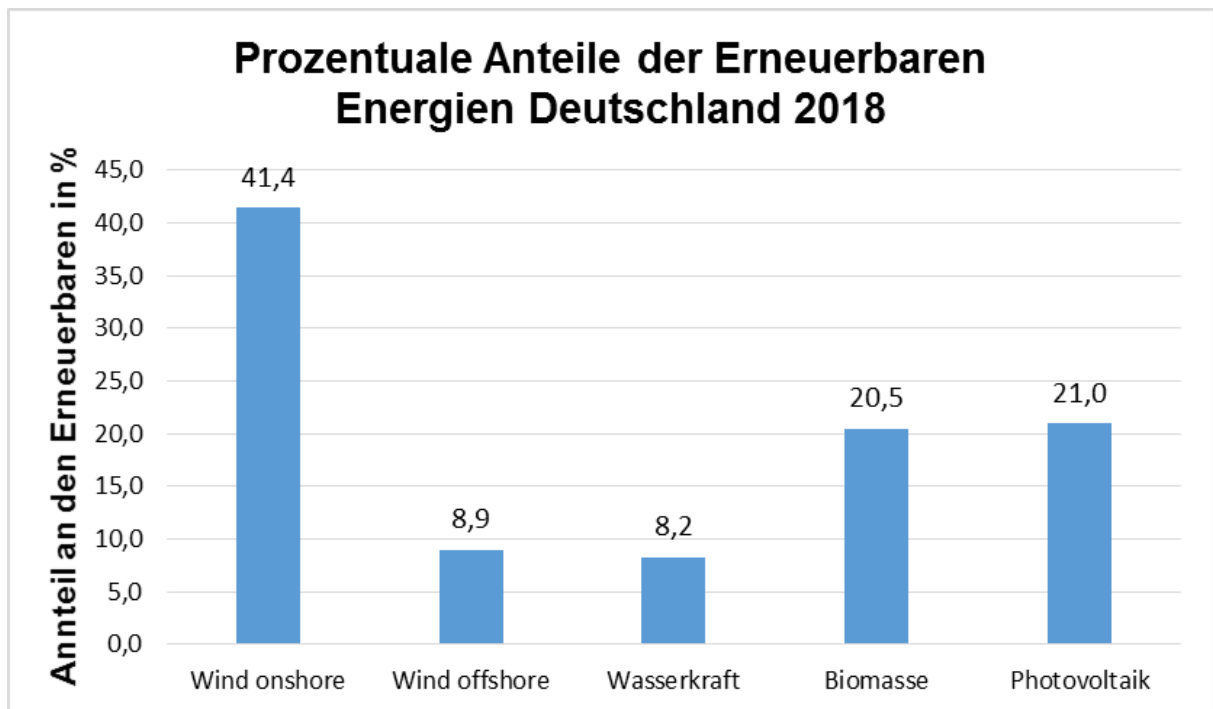


Abbildung 3.17: Prozentuale Anteile der Erneuerbaren Energien Deutschland 2018
Quelle: (vgl. AGEB. (2019))

Der größte Anteil an den erneuerbaren Energien hatte die Windkraft (onshore). Zusammen mit dem Windkraftanteil (offshore), deckte die Windkraft insgesamt die Hälfte der erneuerbaren Energien ab. Die Photovoltaik und Biomasse sind mit rund 20 % gleich stark vertreten. Am schwächsten ist die Wasserkraft, mit nur rund 8 %.

Der Strommix in Norwegen wird in Abbildung 3.18 gezeigt. Auf der Abzisse werden die verschiedenen Arten der genutzten Primärenergiequellen angezeigt. Die Ordinate gibt den Anteil an der Gesamtstromerzeugung an.

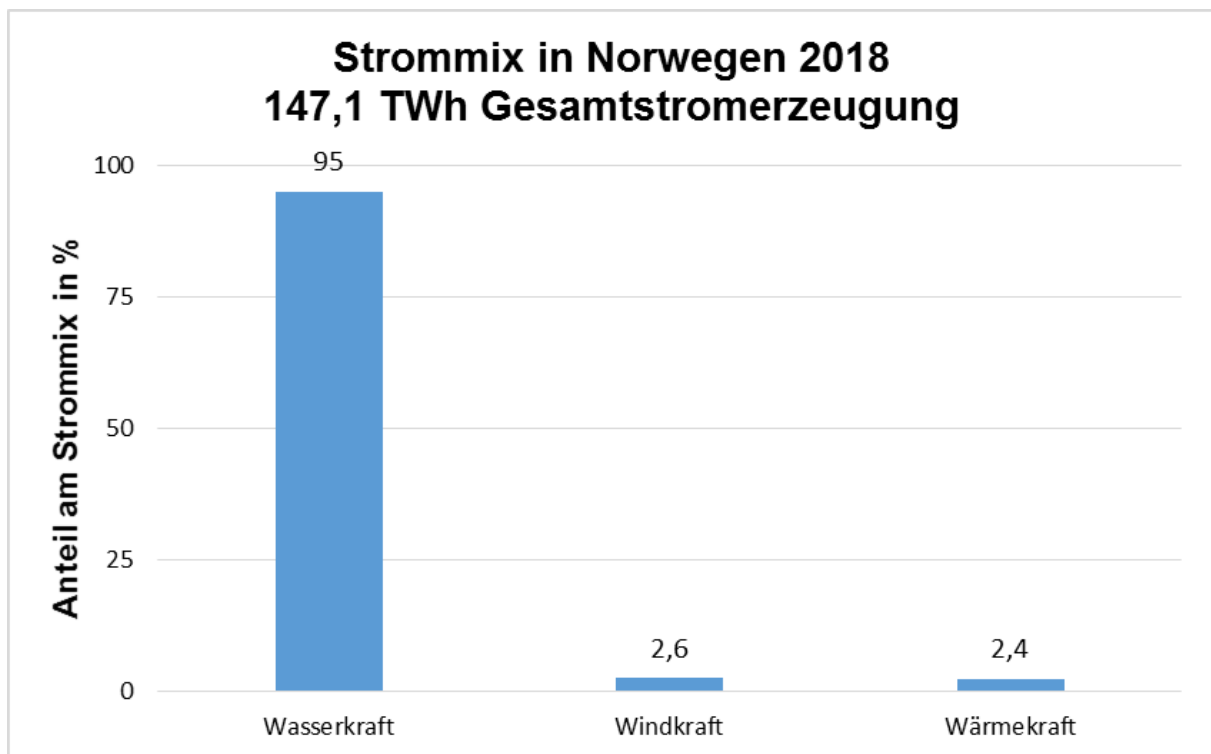


Abbildung 3.18: Strommix in Norwegen 2018
Quelle: (vgl. Statistics Norway. (2019a))

Es ist in der Abbildung 3.18 klar zu erkennen, dass Wasserkraft in Norwegen der Hauptstromlieferant ist. Dieser deckt einen Anteil von 95 % ab. Windkraft und Wärmekraft zusammen erreichen einen kleinen Anteil von 5 %.

Es fällt zusätzlich auf, dass nur die Wärmekraft eine Energiequelle aus fossilen Brennstoffen darstellt. Wenn diese durch erneuerbare Energien ersetzt wird, dann ist Norwegen bei 100 % Strom aus regenerativer Energiequellen.

Bei der Betrachtung, wie Deutschland und Norwegen ihren Strom erzeugen, wird sehr schnell der Unterschied ersichtlich. Norwegen gewinnt seinen Strom nur aus drei unterschiedlichen und Deutschland noch aus sieben unterschiedlichen Energiequellen.

Es muss aber deutlich gesagt werden, dass Deutschland mit 647 TWh im Gegensatz zu Norwegen mit 147 TWh produzierter Gesamtenergieerzeugung auch das Vierfache an Energie produzieren musste.

In Norwegen wird zu rund 98 % der Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt, dies ist ein sehr hoher Wert, wobei alleine 95 % durch die Wasserkraft abgedeckt werden können. In Deutschland liegt der Anteil von erneuerbaren Energien bei gerade einmal 35,3 %, das sind 63 Prozentpunkte weniger als in Norwegen. Hiermit wird klar, dass Norwegen eine sehr nachhaltige Energieerzeugung betreibt, welche sie vor allem durch die günstige geographische Lage der Wasserkraft erreicht.

Norwegen möchte seinen Anteil erneuerbarer Energien bis auf 100 % ausbauen und muss dafür nur noch einen kleinen Schritt tun. Auch Deutschland baut seinen Anteil in den EE aus, dass dieser Anteil steigt, ist in Abbildung 3.20 sichtbar. Dort ist ersichtlich, dass der Anteil an EE am deutschen Strommix weiter eine steigende Tendenz aufweist. Der geschätzte, jährliche

Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung in Deutschland betrug im Jahr 2019 schon gute 40 %.

Laut dem Klimaschutzplan 2050 möchte Deutschland die Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2050 erreichen, das Ziel ist 80 % EE bis in das Jahr 2050. In den nächsten Jahren soll es deshalb einen schrittweisen Ausstieg aus der Stromerzeugung durch Braun- und Steinkohle geben. (vgl. BMU. (2020a))

3.5.2 Nachhaltigkeit der Stromerzeugung

Hier soll die Frage beantwortet werden, in wie weit die beiden Länder schon dafür gesorgt haben, dass die Stromversorgung aus erneuerbaren Energien bezogen wird. Das spiegelt die allgemeine Einstellung der Menschen gegenüber der Umwelt wieder, denn die Meinungen und Wünsche der Bevölkerung werden von ihren gewählten Regierungen im Allgemeinen umgesetzt. Deshalb wird sich der Strommix in Deutschland und Norwegen angeschaut. Wie hoch ist der jeweilige Anteil an erneuerbarer Energien am Strommix und wohin wird es in Zukunft gehen?

Zudem wird über den spezifischen Kohlendioxid-Emissionswert ermittelt, in wie weit der Strom schon umweltfreundlich bzw. nachhaltig ist. Das Kohlendioxid wird als einer der Hauptverursacher für den Treibhauseffekt angesehen. Nur wenn dieser Wert immer kleiner wird, kann ein Elektrofahrzeug umweltfreundlicher und nachhaltiger werden als ein Verbrenner-Fahrzeug. Am Ende wird noch ein kurzes Übersichtsbeispiel folgen, wie hoch der CO₂-Emissionenausstoß eines Verbrenner-Fahrzeugs im Gegensatz zu einem Elektroauto ist.

Der Strombedarf für die Herstellung eines konventionellen Fahrzeuges oder eines Elektroautos sollen in diesem Kapitel nicht behandelt werden. Grundlegendes wurde dazu in Kapitel 3.1.4 Technik gesagt.

3.5.3 Kohlendioxid-Emissionsfaktor Stromerzeugung

Das Elektroauto ist nur dann umweltfreundlicher als das konventionelle Verbrennungsauto, wenn der Strom aus erneuerbaren Energiequellen stammt. Dafür wird gezeigt, wie viel Kohlendioxid verursacht wird, damit eine Kilowattstunde Strom in Norwegen und Deutschland produziert werden kann. Außerdem werden aktuelle Daten über den Anteil an erneuerbaren Energien an den jeweiligen Stromerzeugungen der Länder gezeigt.

Deutschland:

Die Abbildung 3.19 zeigt die Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2017, im Vergleich zu Kohlendioxid-Emissionen der Stromerzeugung, an. Außerdem gibt er erste Schätzungen für das Jahr 2018 an.

Auf der X-Achse wurden die Jahre aufgetragen. Auf der linken Ordinate werden die Emissionen in [Mio. t] angegeben, welche bei der gesamten Stromerzeugung entstanden sind. Die Ordinate auf der rechten Seite zeigt den spezifischen CO₂-Emissionsfaktor in [g / kWh] an.

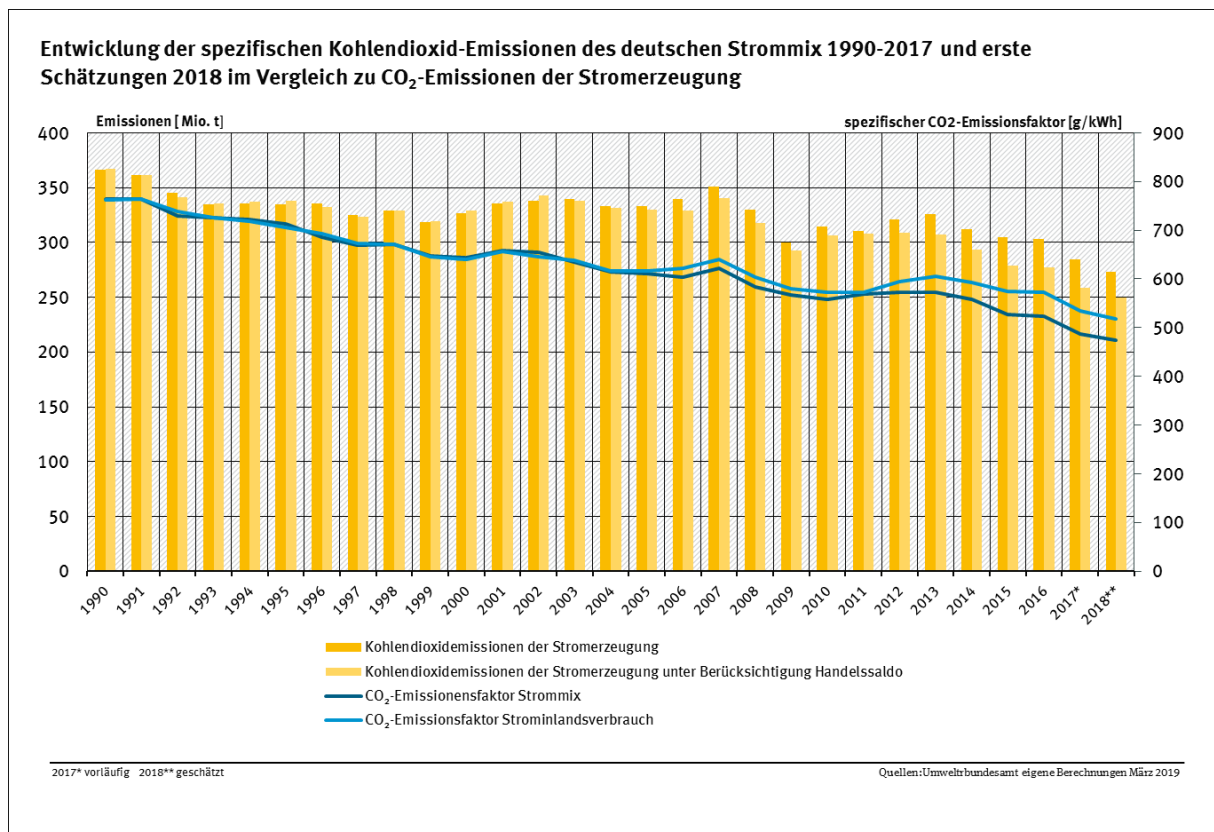


Abbildung 3.19: Entwicklung der spez. CO₂-Emissionen am DEU-Strommix.1990-2017
Quelle: (vgl. UBA. (2019))

In Abbildung 3.19 ist zu erkennen, dass der CO₂-Emissionsfaktor des Strommixes in Deutschland kontinuierlich sinkt. Das hängt damit zusammen, dass der Anteil der erneuerbaren Energien, bei der Stromerzeugung, immer weiter ansteigt. In Deutschland lag 2018 der CO₂-Emissionsfaktor des Strommixes bei geschätzten 474 [g / kWh]. (vgl. UBA. (2019))

Der Verlauf des ansteigenden Anteils der erneuerbaren Energien ist in Abbildung 3.20 zu sehen. Im Jahr 2018 lag der Anteil erneuerbarer Energien bei bereits 35,1 % der gesamten Stromerzeugung in Deutschland.

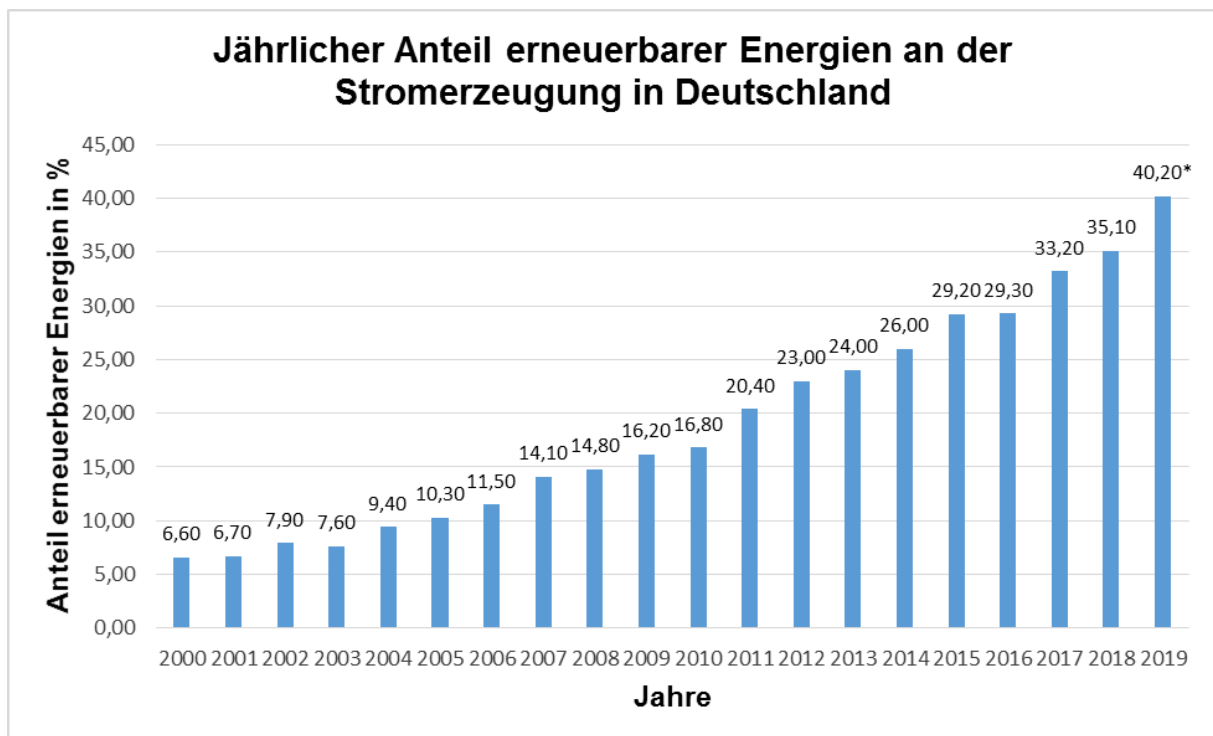


Abbildung 3.20: Jährlicher Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung in DEU
Quelle: (vgl. BDEW. (2019b))

Durch den jährlichen Anstieg an erneuerbaren Energien beim deutschen Strommix, siehe Abbildung 3.20, werden immer weniger fossile Brennstoffe verwendet. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass der Kohlendioxid-Emissionsfaktor am Strommix immer weiter sinken wird, so dass der Strom in Deutschland immer klimafreundlicher wird.

Das heißt, dass Elektrofahrzeuge in der Zukunft immer umweltfreundlicheren Strom laden werden. Ob die Elektromobilität damit klimafreundlicher wird, als konventionelle Autos, soll am Ende dieses Kapitels, anhand einer Überschlagsrechnung, gezeigt werden.

Norwegen:

Durch die Betrachtung des Strommixes in Norwegen fällt schnell auf, dass Norwegen zu 97 % seinen Strom aus erneuerbaren Energien gewinnt.

Laut Statistics Norway (vgl. Statistics Norway. (2019a)) wurden im Jahr 2018 insgesamt 147,1 TWh Strom produziert. Davon stammen 139,7 TWh aus der Wasserkraft und decken damit zu 95 % die Stromerzeugung ab. Aus der Windenergie kommen 2,6 % mit rund 3,9 TWh. Als letztes hat Norwegen Wärmekraftwerke, die Gas als Brennstoff verwenden, aus denen rund 3,5 TWh Strom geliefert werden. Damit sind das die letzten 2,4 %, die Norwegen davon trennen, zu 100 % Strom aus erneuerbaren Energien beziehen.

Es fehlt noch der Kohlendioxid-Emissionsfaktor für Norwegen. Da der nicht direkt gefunden werden konnte, wird im Weiteren dieser für das Jahr 2018 berechnet. Für die Berechnung benötigt man nach Karle (vgl. Karle. (2017)) folgende Werte:

- Die Struktur der Stromerzeugung, also die einzelnen Energieträger (wie Wasserkraft, Windkraft und Wärmekraft)
- Die jeweiligen Wirkungsgrade der Energieträger, werden als Bruttonutzungsgrad bezeichnet
- Und die jeweiligen spezifischen CO₂-Emissionen der Primärenergien.

Die Werte für die Bruttonutzungsgrade und die jeweiligen spezifischen CO₂-Emissionen der Primärenergien, stammen dabei von der FFE (Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.). Die Werte galten, für den Strom aus Deutschland, im Jahr 2009. Es werden diese Werte aber verwendet, da sich an diesen Zahlen voraussichtlich nichts Bedeutsames geändert hat.

Tabelle 1: *Spezifische CO₂-Emissionen der eingesetzten Energieträger zur Stromerzeugung, Deutscher Strommix 2009 /Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen/, /FfE-interne Daten/*

Strom aus: (für Deutschland, 2009)	Bruttonutzungsgrad in %	Spez. CO ₂ -Emissionen in g/kWh _{netto} , ohne Vorkette	Spez. CO ₂ -Emissionen in g/kWh _{netto} , inkl. Vorkette
Steinkohle	41,0	894	931
Braunkohle	38,0	1.152	1.175
Mineralöl	39,2	776	859
Erdgas	44,4	469	518
Sonstige	83,2	277	297
Wasser-/Windkraft	100,0	-	32
Kernenergie	33,0	-	11
Insgesamt	40,7	542	570

Abbildung 3.21: Tabelle über spezifische CO₂-Emissionen der Energieträger

Quelle: (vgl. FFE. (2010))

In Abbildung 3.21 sind die spezifischen CO₂-Emissionen der Primärenergien zu erkennen. Außerdem die Bruttonutzungsgrade bei der Stromerzeugung, der jeweiligen Energieträger. Es wird sich bei der Rechnung auf die Werte, mit Berücksichtigung der Vorkette bezogen. Die Vorkette berücksichtigt Dinge, wie die Förderung und Transport der Brennstoffe und den Bau der Anlage. (vgl. FFE. (2010))

Rechnung: Für Norwegen braucht man alle Werte für Erdgas, Wasser- und Windkraft.

- **Erdgas:** Bruttonutzungsgrad von 44,4 % und spez. CO₂-Emissionen in [g / kWh], inkl. Vorkette von 518 [g / kWh]
- **Wind-/Wasserkraft:** Bruttonutzungsgrad von 100 % und spez. CO₂-Emissionen in [g / kWh], inkl. Vorkette von 32 [g / kWh]

Es muss dabei gerechnet werden:

Anteil der Energieträger an der Gesamtstromerzeugung [%] x (1 / den Wirkungsgraden der Energieträger [%]) x (spez. CO₂-Emissionen in [g / kWh])

$$\begin{aligned}
 & \left(95 [\%] \times \frac{1}{100 [\%]} \times 32 \left[\frac{g}{kWh} \right] \right) + \left(2,6 [\%] \times \frac{1}{100 [\%]} \times 32 \left[\frac{g}{kWh} \right] \right) + \\
 & \left(2,4 [\%] \times \frac{1}{44,4 [\%]} \times 518 \left[\frac{g}{kWh} \right] \right) = \mathbf{59,2 [g / kWh]}
 \end{aligned} \tag{3.2}$$

Insgesamt kommt Norwegen damit auf einen spezifischen Kohlendioxid-Emissionswert von 59,2 [g / kWh]. Das ist ca. 8-mal weniger als der deutsche Wert.

Laut Karle (vgl. Karle (2017)) gehen aber erneuerbare Energien in der Bilanzrechnung nach UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) zur Treibhausgasberichterstattungen unter dem Kyoto-Protokoll als CO₂-neutral in die Rechnung ein.

Dadurch ergibt sich für Norwegen nur noch ein spezifischer Kohlendioxid-Emissionswert von **28 [g / kWh]**. Mit diesem Wert wird gerechnet. Dieser Wert ist dann sogar rund **17-mal kleiner**, als der von dem deutschen Kohlendioxid-Emissionswert von 474 [g / kWh].

3.5.4 Überschlägige Beispielrechnung: Golf vs. eGolf

Jeweils für den spezifischen Kohlendioxid-Emissionswert von Norwegen und Deutschland wird die Freisetzung von CO₂-Emissionen dargestellt. Wie viel [g / km] werden von einem konventionellen Fahrzeug und einem Elektroauto verursacht. Hier an dem Beispiel des VW Golfs und VW eGolf.

Annahmen: Daten von Volkswagen: (vgl. Volkswagen. (2020a))

- **Golf Trendline:** Diesel CO₂-Emissionen kombiniert: 111 – 108 [g / km]
- **eGolf:** Stromverbrauch 13,8 – 12,9 [kWh / 100km] (Der Energieverbrauch zählt immer ab Steckdose.)

Es wird immer der höchst angegebene Wert für die Berechnung gewählt, obwohl diese Werte unter Testbedingungen bei VW ermittelt worden sind, sollen diese trotzdem zur Überschlagsrechnung ausreichen.

Für **Deutschland** ergibt sich folgende CO₂-Bilanz für den eGolf:

$$CO_2 \text{ Ausstoß } eGolf = 13,8 \frac{kWh}{100 km} \times 474 \frac{g}{kWh} = \mathbf{65,4 \frac{g}{km}} \tag{3.3}$$

Für **Norwegen** ergibt sich folgende CO₂-Bilanz für den eGolf:

$$CO_2 \text{ Ausstoß } eGolf = 13,8 \frac{kWh}{100 km} \times 28 \frac{g}{kWh} = \mathbf{3,9 \frac{g}{km}} \tag{3.4}$$

Die beiden CO₂-Emissionenswerte für den eGolf sind deutlich kleiner als für den Golf Trendline, der einen Verbrennungsmotor hat. Das heißt, dass Elektrofahrzeuge bezüglich ihrer CO₂-Emissionenswerte einen großen Vorteil gegenüber der konventionellen Fahrzeuge haben. Dieser Vorteil wird bei steigendem Einsatz erneuerbarer Energien noch größer werden. (vgl. Karle (2017))

In **Deutschland** weist der CO₂-Emissionenswert, bei aktuellem Strommix, einen Wert von 65,4 [g / km] auf. Das ist rund das **1,7-fache weniger** an CO₂-Emissionen, als bei einem vergleichbaren Verbrennungsmodell mit Dieselmotor.

In **Norwegen** liegt der CO₂-Emissionenswert, bei aktuellem Strommix, sogar auf einem Wert von nur 3,9 [g / km]. Das ist fast ein **29-faches Mal weniger** an CO₂-Emissionen, als bei einem vergleichbaren Verbrennungsmodell mit Dieselmotor.

3.5.5 Strompreise

Es sollen in diesem Kapitel die Strompreise zwischen Norwegen und Deutschland verglichen und dargestellt werden.

Die Strompreise sind in Abbildung 3.22 dargestellt. Das Diagramm zeigt die Preise in Cent pro kWh über die Jahre. Es sind drei Datenreihen zu sehen. Die blaue Datenreihe steht für Deutschland, die orangefarbene für Norwegen und die grüne für die Europäische Union. Die Datenpunkte wurden mittels interpolierten Linien miteinander verbunden.

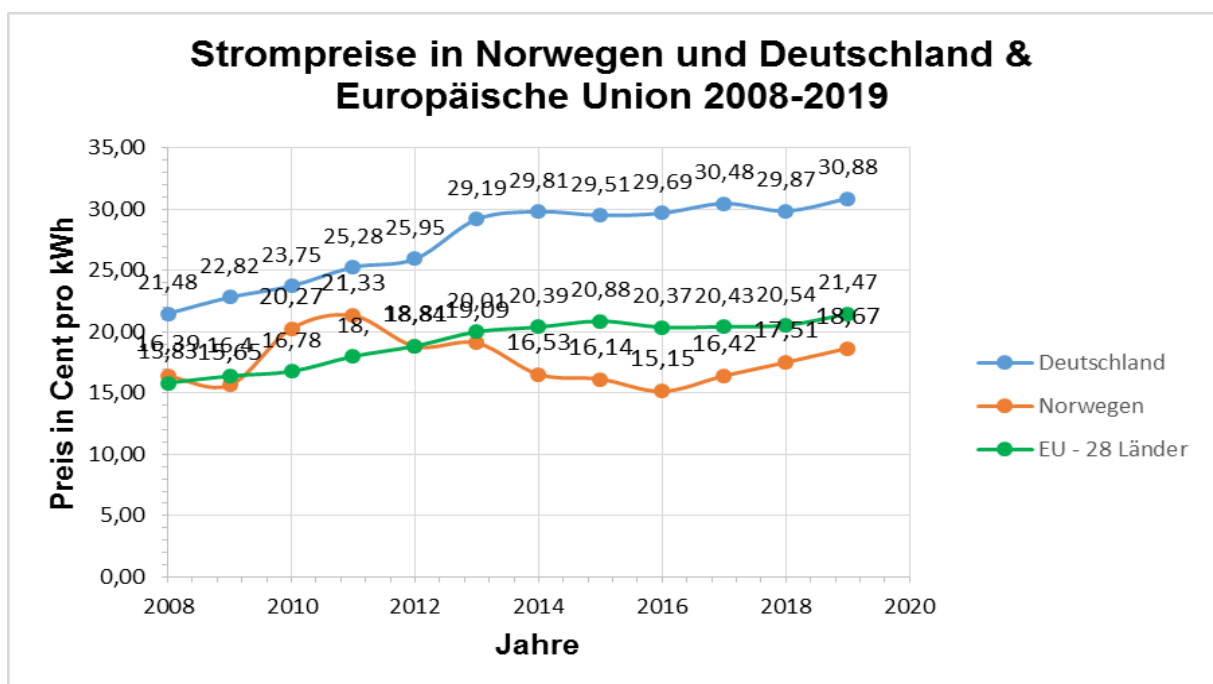


Abbildung 3.22: Strompreise in Norwegen, Deutschland und EU. 2008-2019.
Quelle: (vgl. Eurostat. (2020))

Das Diagramm stellt den preislichen Verlauf der Strompreise in Norwegen, Deutschland und in der gesamten Europäischen Union dar. Dabei wird Deutschland durch die blaue, Norwegen durch die orangefarbene und die Europäische Union durch die grüne Datenreihe repräsentiert. Bei genauerer Betrachtung sieht man, dass Deutschland den höchsten Strompreis in dieser Grafik hat. Er liegt 2019 im Durchschnitt bei 31 Cent pro kWh. Der europaweite Durchschnitt

liegt 2019 bei gerade einmal 22 Cent pro kWh. Norwegen hat den niedrigsten Strompreis, dieser liegt 2019 im Durchschnitt bei 19 Cent pro kWh. Der Unterschied zwischen dem deutschen und dem norwegischen Strompreis liegt bei 12 Cent pro kWh. Norwegen und der EU-Durchschnitt haben einen Unterschied von 3 Cent pro kWh.

3.5.6 Reicht der Strom für die Elektromobilität?

Möchte man eine nachhaltige E-Mobilität schaffen, dann muss der Strom für die Ladung und Produktion der Elektroautos aus erneuerbaren Energiequellen stammen. Deshalb stellt sich in diesem Unterabschnitt die Frage, ob die Produktion aus regenerativen Energiequellen, den steigenden Bedarf für E-Fahrzeuge abdecken könnte. Eine Modellrechnung soll zeigen, ob die schon im Jahr 2018 produzierten Strommengen, aus erneuerbaren Energien, für Norwegen und Deutschland ausreichen würden. Dazu wird erstmal berechnet, wie viel Energie die Elektrofahrzeuge benötigen würden. Danach wird diese Zahl in Relation zu der im Jahr 2018 produzierten Strommenge, aus erneuerbaren Energien, in Norwegen und Deutschland gesetzt. Es soll an dieser Stelle nur gezeigt werden, wie viel Prozent es davon gewesen wären. Anschließend wird geschaut, ob diese extra Belastungen aufgrund der E-Mobilität, durch die Gesamtstromerzeugung in diesem Jahr abgedeckt werden könnte. Außerdem soll der Prozentsatz angegeben werden wie viel die EE noch mehr produzieren müssten, damit die E-Mobilität mit EE gespeist werden könnte. Bei der Betrachtung mit der Gesamtstromerzeugung wird natürlich der gesamte Strommix betrachtet.

Rahmenbedingungen:

- Im Jahr 2018 wurden in Deutschland 224 TWh Strom aus EE produziert. (vgl. AGEB. (2019)). In Norwegen waren es 144 TWh im Jahr 2018. (vgl. Statistics Norway. (2019a))
- Insgesamt wurden im Jahr 2018 in Deutschland 637 TWh Strom produziert. Der Gesamtstromverbrauch lag bei 589 TWh. Es wurden 31,7 TWh importiert und 80,5 TWh exportiert. Daraus ergibt sich, dass 48,8 TWh zur freien Verfügung stehen würden, wenn der Strom nicht verbraucht, sondern in die Elektromobilität gesteckt werden würde. (vgl. AGEB. (2019))
- In Norwegen wurden im Jahr 2018 insgesamt 147 TWh Strom produziert. Der Gesamtstromverbrauch lag bei 137 TWh. Es wurden 8,34 TWh importiert und 18,5 TWh exportiert. Daraus ergibt sich, dass rund 10 TWh zur freien Verfügung stehen würden, wenn der Strom nicht verbraucht, sondern in die Elektromobilität gesteckt werden würde. (vgl. Statistics Norway. (2019a))
- Der Durchschnittsstromverbrauch sei bei 15 kWh / 100km. Wenn man davon ausgeht, dass hauptsächlich Elektrofahrzeuge aus der Kompaktklasse vertreten sind. (vgl. Karle (2017))
- Für das Jahr 2020 war das Ziel der Bundesregierung, dass eine Million Elektrofahrzeuge fahren. Aus der Abbildung 3.10 kann man sehen, dass dieses Ziel nicht erreicht wurde. 2019 gab es insgesamt 83.000 Elektrofahrzeuge und 67.000 Plug-In-Hybride die in Deutschland zugelassen waren. Laut der WiWo (vgl. WiWo. (2017)) rechnen Studien damit,

dass es im Jahre 2025 drei Millionen E-Autos in Deutschland geben könnte. Im Jahr 2040 sogar ca. 20 Millionen und damit fast die Hälfte aller Pkws in Deutschland.

- Es wird in der Modellrechnung für Deutschland angenommen, dass es drei Millionen Elektroautos gibt. Außerdem wird mit dem Pkw-Bestand in Deutschland aus dem Jahr 2019 nachgerechnet, ob schon jetzt 100 % Elektroautos mit Strom aus EE versorgt werden könnten. (47,1 Mio. zugelassene Fahrzeuge 2019 (vgl. KBA. (2020a))
- Anfang 2019 gab es 195.000 zugelassene Elektrofahrzeuge in Norwegen. Laut der Tagesschau (vgl. Tagesschau. (2019)) will Norwegen beschließen, dass ab dem Jahr 2025 nur noch Elektrofahrzeuge zugelassen werden dürfen. Wenn das so wäre, würden alle bereits zugelassenen Fahrzeuge nach und nach in komplette 100 % Elektrofahrzeuge umgewandelt, wann das genau wäre, ist schwer zu sagen.
- Bei 100 % Elektrofahrzeugen in Norwegen wären das aktuell 2,78 Mio. Fahrzeuge, die insgesamt zugelassen sind. Da aber mit einer steigenden Anzahl von Pkws in Norwegen in den nächsten Jahren gerechnet werden kann, wird für Norwegen ebenfalls mit drei Millionen Elektroautos gerechnet, das wären damit aber alle Pkws in Norwegen.
- Mit einer durchschnittlichen Jahresfahrleistung 2018 in Deutschland von: 13.700 km (vgl. KBA. (2020d))
- Die Jahresfahrleistung wird für Deutschland und Norwegen auf 15.000 km festgelegt.

Berechnung:

Der Gesamtbedarf für die Elektrofahrzeuge: Energiebedarf [E_{Bedarf}]

$$E_{\text{Bedarf}} = \text{Fahrzeuge} \times \text{Jahreskilometer} \times \left(\frac{\text{Stromverbrauch}}{\text{Kilometer}} \right) \quad (3.5)$$

Deutschland und Norwegen: 3 Mio. Fahrzeuge

$$E_{\text{Bedarf}} = 3 * 10^6 \times 15000 \text{ km} \times \left(\frac{15 \text{ kWh}}{100 \text{ km}} \right) = 6,75 * 10^9 \text{ kWh} \quad (3.6)$$

Deutschland: 47,1 Mio. Fahrzeuge

$$E_{\text{Bedarf}} = 47,1 * 10^6 \times 15000 \text{ km} \times \left(\frac{15 \text{ kWh}}{100 \text{ km}} \right) = 106 * 10^9 \text{ kWh} \quad (3.7)$$

Der Gesamtbedarf von 6,75 TWh für drei Millionen Elektrofahrzeuge bedeutet für **Deutschland**:

- Einen Anteil von 3 % des Stromangebotes aus erneuerbaren Energien im Jahr 2018.

- Die 6,75 TWh könnten sehr gut von den 48,8 TWh überschüssigem Strom gedeckt werden. Im Bezug darauf, dass dieser nicht exportiert, sondern für die E-Mobilität verwendet werden würde.
- Es müssten insgesamt 231 TWh Strom aus EE erzeugt werden, damit dieser zu 100 % die Elektromobilität abdecken könnte, das entspräche einem Wachstum der EE von 3%.

Der Gesamtbedarf von rund 106 TWh für 47,1 Mio. Elektrofahrzeuge in Deutschland:

- Die 106 TWh würden 47 % des Stromangebotes erneuerbaren Energien im Jahr 2018 verbrauchen.
- Diese Größe kann noch nicht abgedeckt werden. Das zu 100 % Elektrofahrzeuge in Deutschland fahren ist nur ein Modell bzw. ein „worst case“-Szenario für die Stromversorgung.
- Es müssten insgesamt 331 TWh Strom aus EE erzeugt werden. Das entspräche ein Wachstum der EE von 47,2 %. Also wird fast doppelt so viel Energie aus EE benötigt, als in Jahr 2018 produziert wurde.

Der Gesamtbedarf von 6,75 TWh für drei Millionen Elektrofahrzeuge in Norwegen:

- Einen Anteil von 4,7 % des Stromangebotes aus erneuerbaren Energien im Jahr 2018.
- Die 6,75 TWh könnten sehr gut von den 10 TWh überschüssigem Strom gedeckt werden. Im Bezug darauf, dass dieser nicht exportiert, sondern für die E-Mobilität verwendet werden würde.
- Es müssten insgesamt 150 TWh Strom aus EE erzeugt werden, damit dieser zu 100 % die Elektromobilität abdecken könnte. Das entspräche einem Wachstum an EE von 4,7 %.

Es gibt keine Probleme dabei, die geplanten 3 Mio. Elektrofahrzeuge mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen zu versorgen. Weder für Deutschland noch für Norwegen. Dazu müssten nur die Stromexporte in beiden Ländern gestoppt und für die Elektromobilität verwendet werden. Wenn diese Exporte nicht gestoppt werden sollen, dann benötigt man in Deutschland einen Zuwachs von 3 % EE, damit die Elektromobilität zusätzlich versorgt werden kann.

Die EE haben in Deutschland einen jährlichen und stetigen Anstieg, was dafür spricht, dass in Zukunft genügend Energie aus erneuerbaren Energiequellen zur Verfügung stehen wird. Norwegen ist schon bei guten 97 % Anteil EE und will diesen Anteil bis auf 100 % ausbauen.

Dabei wären in Norwegen, bei dieser Berechnung, schon 100% Elektrofahrzeuge auf den Straßen. Wenn man annehme, dass der Stand an Pkw-Zulassungen im Jahr 2019 schon zu 100 % auf Elektroautos umgestellt wäre, dann wäre dieser Bedarf mit erneuerbaren Energien abdeckbar. Natürlich hier unter der Prämisse, dass die Stromexporte aus Norwegen gestoppt und in die Versorgung der Elektromobilität gesteckt werden würde. Ansonsten müssten hier die EE zu 4,7 % wachsen, denn der Zuwachs an den berechneten 100 % Elektromobilität würden auf den Energieverbrauch dazu kommen.

4 Analyse des Ist-Zustandes

Das Ziel dieses Kapitels ist es, hervorzuheben, welches die Erfolgsfaktoren für den Ausbau der Elektromobilität sind. Dafür wird der umfassend recherchierte Ist-Zustand der Elektromobilität in Deutschland und Norwegen, aus Kapitel 3, analysiert. Damit das Themengebiet der Elektromobilität vollständig und umfassend betrachtet werden konnte, wurden dazu fünf Hauptgruppen gebildet (Mensch, Technik, Staat, Geographie und Energieerzeugung), denn dadurch wurde sichergestellt, dass dieses Thema in seiner ganzen Breite betrachtet wurde. Genau diese fünf Hauptgruppen sollen im nachfolgendem einzeln und nacheinander präzise analysiert werden. Zum Schluss werden alle extrahierten Erfolgsfaktoren zum erfolgreichen Ausbau der Elektromobilität zusammengefasst und bewertet.

4.1 Beispiel-Käufersicht bei der Analyse

Während der Analyse von den einzelnen Themengebieten und Aspekten soll immer wieder der Bogen geschlagen werden, welche Aspekte aus Sicht eines Käufers dafür sprechen würden, dass dieser sich für den Kauf eines Elektroautos entscheiden würde. Es wird deshalb die Käufersicht bei Stellen eingebracht die Argumente für den Kauf eines E-Fahrzeuges liefern und durch das Beispiel deutlicher erklärt werden.

Dieser beispielhafte Käufer hat dabei die Wahl zwischen einem konventionellen Golf „Trendline“ oder einem elektrischen eGolf. Für diese Fahrzeugmodelle wurden bereits die Anschaffungspreise in Kapitel 3.1.4 aufgeführt. Zur kurzen Erinnerung, die Kosten für einen eGolf fangen ab 31.900 EUR und für den Golf „Trendline“ ab 24.500 EUR an. (vgl. Volkswagen. (2020a))

4.2 Mensch

In dem Kapitel 3.1 Mensch hat sich gezeigt, dass die Einwohnerzahl Deutschlands um das sechzehnfache höher ist, als in Norwegen. Dies hat aber keinen unmittelbaren Einfluss darauf, ob Elektrofahrzeuge gekauft werden oder nicht. Die Altersstrukturen in Norwegen und Deutschland sind sehr ähnlich und können somit als gleich angesehen werden. Damit haben diese keinen erkennbaren Einfluss darauf, ob mehr oder weniger Elektroautos in Deutschland gekauft werden könnten, denn in Norwegen werden sehr viel mehr Elektroautos verkauft trotz gleicher Altersstruktur.

Allerdings gibt es einen proportionalen Zusammenhang zwischen der Bevölkerungsanzahl und der Bevölkerungsdichte. Dadurch ist Deutschland sehr viel dichter besiedelt als Norwegen und muss deshalb dafür sorgen, dass es sehr viel mehr Ladeinfrastrukturpunkte zur Verfügung stellt. Dieser erhöhte Aufwand bleibt Norwegen wegen seiner geringen Bevölkerungsdichte erspart und konnte deshalb schon schneller umgesetzt werden.

Des Weiteren hat sich gezeigt, dass vor allem in Deutschland der Trend zum Zweit- oder Drittfahrzeug pro Familie geht. Aus dieser Tatsache könnte sich eine gute Chance entwickeln, das Zweit- oder Drittfahrzeug als Elektrofahrzeug auszuführen und dies als Stadtauto für kurze

Distanzen zu nutzen. Damit wären die Städte örtlich von CO₂-Emissionen frei und für lange Fahrten gibt es noch ein konventionelles Fahrzeug.

Laut KBA (vgl. KBA. (2020b)) befinden sich die meisten Personenkraftwagen in privater Hand, deshalb muss der Privatkäufer, als potentieller Hauptkunde, davon überzeugt werden, sich ein Elektrofahrzeug zu kaufen.

Beim Vergleich der zugelassenen Fahrzeuge erkennt man, dass in Norwegen im Jahr 2017 bereits 25-mal so viele Elektroautos und Plug-In-Hybride zugelassen sind als 2019 in Deutschland. Insgesamt besteht in Deutschland nur ein sehr kleiner Prozentsatz des Pkw-Bestandes aus Elektrofahrzeugen. Außerdem lag der Marktanteil von BEVs und PHEVs im Jahr 2018 bei 46,42 % der Neuzulassungen in Norwegen. In Deutschland hingegen lag 2018 der Wert von neu zugelassenen Elektrofahrzeugen bei 1,96 %. (vgl. IEA. (2019a): S. 214) Daraus lässt sich ableiten, dass die Bevölkerung in Norwegen davon überzeugt ist, dass Elektrofahrzeuge die Zukunft ihrer Mobilität darstellt und sie keine Hindernisse dabei sehen, diese in ihrer Gesellschaft zu akzeptieren.

In Deutschland hingegen liegt die Kaufroutine noch bei den bewährten Verbrennungsmotoren. Dazu passt der Bestand an Elektrofahrzeugen aus dem Jahr 2019 in Deutschland. Dabei gab es insgesamt 341.000 Hybridfahrzeuge und nur 83.000 Elektrofahrzeuge. (vgl. KBA. (2020a)) Die meisten Menschen vertrauen hier noch auf die Kombination zwischen einem Verbrennungsmotor und einem Akku als Unterstützung, denn mit den Gegebenheiten eines Verbrennungsmotors sind die Menschen vertraut.

Laut der Umfrage vom BDEW in Deutschland über die Elektromobilität (vgl. BDEW. (2019a)) kennen die meisten Menschen das Elektrofahrzeug als alternative Antriebsart. Rund 60 % sind an der Elektromobilität interessiert. Die größten Argumente, dass sich die Menschen kein E-Auto kaufen wollen, sind die vergleichsweise hohen Anschaffungspreise, die geringe Reichweiten und die aktuelle Lage der Ladeinfrastruktur. Deshalb sind es genau diese drei Argumente, welche einen erfolgreichen Ausbau der Elektromobilität gewährleisten würden.

Beim Vergleich der Kaufkraft von deutschen oder norwegischen Personen ist herausgekommen, dass die beiden Länder ähnlich gute wirtschaftliche Voraussetzungen haben. Nur die Norweger sind im Durchschnitt wohlhabender als die Deutschen, was nicht zuletzt durch die Einnahmen des Staates durch die Öl- und Gasreserven stammt. Trotzdem sind beide Länder wohlhabend genug, um sich die Elektromobilität leisten zu können, genauer gesagt, die Bevölkerung kann es sich mit seiner Kaufkraft leisten. Deshalb spielt die Wirtschafts- oder Kaufkraft beider Länder nur einen kleinen Faktor dabei, dass die Norweger mit dem höheren Wohlstand eher ein teureres Elektroauto kaufen würden, als es in Deutschland der Fall ist.

Der Beispielkäufer in Deutschland muss zum Beispiel für einen konventionellen Golf „Trendline“ 24.500 EUR zahlen und für einen elektrischen eGolf 31.900 EUR. (vgl. Volkswagen. (2020a)) Damit sind das 7.400 EUR mehr für ein Elektroauto, die ein Käufer bereit sein muss zu zahlen.

Bei der Umfrage des BDEW ist genau dieser höhere Kaufpreis der Grund, warum viele Menschen in Deutschland sich gegen den Kauf eines Elektroautos entscheiden. Der erhöhte Kaufpreis resultiert durch die wesentlich hohen Akkukosten, die aber laut Horváth & Partners (vgl. Horváth & Partners. (2019a)) in den nächsten Jahren sinken sollen. Der Preis für Lithium-

lonen-Batterien soll im Jahr 2022 bei 75 Euro pro Kilowattstunde liegen, dies wäre zum Preis von Jahr 2013 eine Preisreduktion um rund 80 %. Dadurch fallen die Preise für ein Elektroauto und somit ist das Sinken der Preise für Lithium-Ionen-Batterie ebenso ein Erfolgsfaktor für den Ausbau der Elektromobilität, denn dann würden die jetzt hinderlichen hohen Anschaffungspreise gesenkt werden.

4.3 Technik

Für den Ausbau der Elektromobilität ist es vor allem wichtig, dass eine sehr gut ausgebaute und flächendeckende Ladeinfrastruktur besteht, dies geht aus dem Kapitel 3.2 hervor. Für die Kunden soll das Laden des Elektrofahrzeuges zum einen unkompliziert und komfortabel sein und zum anderen an möglichst vielen Stromtankstellen durchführbar sein. (vgl. Karle. (2017)) Ein Kunde, der nicht zu 100 % sicher gehen kann, dass immer eine geeignete Ladestation bzw. Wallbox zur Verfügung steht, der wird sich immer gegen ein BEV entscheiden.

Deshalb muss es eine hohe Anzahl an öffentlichen Ladesäulen im Land geben, davon insbesondere Schnellladestationen an Autobahnen und Fernstraßen, diese Schnellladestationen sind eine der Schlüsselkomponenten, für den erfolgreichen Ausbau der Elektromobilität. An diesen Schnellladestationen kann, in relativ kurzer Zeit, die Reichweite des BEV wieder nachgeladen werden und somit eines der Hauptargumente gegen ein BEV, die geringe Reichweite, kompensieren. Durch die Schnellladestationen kann ein Elektrofahrzeug innerhalb einer halben Stunde auf 80 % Nennkapazität geladen werden. Damit kann sich ein Käufer, der bisher innerhalb einer oder zwei Minuten sein Fahrzeug mit Kraftstoff vollgetankt hat, schneller mit arrangieren und seine Gewohnheiten daran anpassen.

Laut Karle (vgl. Karle. (2017)) sind die öffentlichen Ladesäulen dazu gedacht, dass diese als Nachlademöglichkeit benutzt werden können, damit größere Strecken gefahren werden können. Hierbei sind für Karle ebenfalls die Schnellladestationen eines der Hauptfaktoren.

Laut dem BDEW (vgl. BDEW. (2020)), benötigt es für eine Mio. Elektrofahrzeuge 70.000 Normalladepunkte und 7.000 Schnellladepunkte, damit die Elektromobilität in Deutschland erfolgreich ankäme.

Außerdem muss die Benutzung und das Auffinden von Ladestationen einfacher gestaltet werden, denn zurzeit ist dies noch sehr schwierig und unüberschaubar. Zudem müssten die Preise und Tarife, die an den Ladesäulen angeboten werden, auswählbar sein. Teilweise sind die Preise für das Laden höher als das Tanken von Benzin. Außerdem muss für den Kunden sichergestellt sein, dass die angefahrene Ladestation für ihn frei und funktionsfähig ist. Ansonsten wird es dort zu großen Wartezeiten und Frustration kommen. (vgl. Lichtblick.de. (2019)) Am besten wäre es, wenn das Benutzen von Ladestationen vereinheitlicht wird damit dieser Vorgang genauso unkompliziert wie das Tanken an einer Tankstelle ablaufen kann. Zur Vereinheitlichung wurde in Europa bereits eine Steckverbindungsart zum Laden an Ladestationen eingeführt, die Typ 2-Steckverbindung, zumindest für das AC-Laden. Bei Schnellladestationen mit Gleichstrom gibt es noch zwei parallel konkurrierende Steckverbindungsarten. In Europa wird von den Herstellern das CSS (Combined Charge System) System verwendet und von japanischen Herstellern das CHAdeMO (Charge de Move). Dort sollte es noch zu einer

einheitlichen Steckverbindung kommen, denn gerade das Schnellladen ist ein sehr wichtiger Faktor zum erfolgreichen Ausbau der E-Mobilität.

Private Ladestationen („Wallbox“) werden bei der flächendeckenden Ausbreitung von Elektroautos, insbesondere bei BEV, eine Schlüsselrolle spielen, denn die meisten Käufer möchten nach der Umfrage 3.1.5 ihr Fahrzeug zu Hause laden können und sehen dies als einfachste Möglichkeit an. Dies gilt für Käufer von Ein- und Zweifamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern. Außerdem bietet es sich an, da das Fahrzeug in der Regel mehrere Stunden und über Nacht zu Hause steht und somit bequem geladen werden kann. Das heißt, wenn der Käufer eines E-Fahrzeuges nicht weiß, ob dieser sein Fahrzeug sicher und bequem zu Hause laden kann, dann wird sich der Käufer gegen ein Elektrofahrzeug entscheiden.

Deshalb muss für jeden privaten Haushalt eine Lademöglichkeit bestehen. Am Besten in der Anschlussart einer Wallbox, diese erlaubt eine höhere Ladeleistung, überwacht den Ladevorgang und kann den Stromgrößen dauerhaft standhalten. Bei Einzel- oder Zweifamilienhäusern wäre die Umsetzung kein größeres Problem aber bei Mehrfamilienhäusern schon, weil dort zum einen alle Bewohner dafür sein müssen und zum anderen müssen Stellplätze oder Garagen zur Verfügung stehen. Das mehr im privaten Raum geladen werden muss, wird alleine dadurch deutlich, wenn es 70.000 Ladestationen für eine Mio. Fahrzeuge geben soll, dann würden diese nicht ausreichen, wenn die Ladepunkte über längere Zeiträume privat blockiert werden würden. Die Wirtschaftlichkeit für die Ladestationsanbieter würde dabei nicht bestehen, wenn die Ladesäulen über einen längeren Zeitraum blockiert würden. (vgl. Karle (2017))

Darum sind der Staat und die Kommunen gefordert dafür eine Lösung zu finden, damit das private Laden kein Problem darstellt. Laut Karle (vgl. Karle (2017)) sieht dieser ebenso die Politik in der Pflicht, dass dieses Ladeproblem im privaten Raum gelöst werden muss, weil sonst eine große Käuferschicht weg fallen würde. Die öffentlichen Ladestationen sollen aus wirtschaftlichen Gründen von vielen Nutzern an einem Tag angefahren werden und nicht durch einzelne, täglich für das private laden blockiert werden. (vgl. Karle (2017))

Die Kraftstoffpreise müssen hoch und die Strompreise zum Laden gering gehalten werden. Dies gibt einen Anreiz für die Menschen zum Wechsel auf Elektroautos. In Norwegen gibt es diesen Unterschied bereits und scheint Einfluss darauf zu nehmen, dass ein Elektroauto kostengünstiger im Betrieb ist. Deutschland müsste seine Kraftstoffpreise anheben und dafür sorgen, dass die Strompreise zum Laden geringer werden.

Ein Markt für Elektroautos ist bereits vorhanden und wird in Zukunft noch weiter ausgebaut werden. (vgl. Spiegel. (2019)) Laut Statista (vgl. Statista. (2019)) soll es bis zum Jahr 2025 insgesamt 172 Batterieelektromodelle, 147 Plug-In-Hybrid Modelle und fünfzehn Brennstoffzellenmodelle auf dem Automobilmarkt in Europa geben. In Norwegen könnte der Elektroautomarkt ab dem Jahr 2025 der einzige Absatzmarkt für Automobilhersteller werden, da die Regierung nur noch auf Elektromobilität setzen möchte.

Der Käufer eines Elektroautos muss seine Gewohnheiten dahingehend ändern, dass das Laden seines BEV mindestens eine halbe Stunde bis hin zu mehreren Stunden dauern kann. Im

Gegensatz zum Tanken von Kraftstoff, welches gerade mal ein bis zwei Minuten zum Vollarbeiten in Anspruch genommen hat. Diese Umgewöhnung stellt aber kein großes Problem dar, denn die Reichweiten, die im alltäglichen Leben zurückgelegt werden sind bereits ohne nachladen realisierbar. Das komplette Aufladen erfolgt dann am Zielort oder zu Hause über Nacht.

Laut Europa.eu (vgl. Europa.eu. (2007)) sind die durchschnittlichen Fahrstrecken pro Tag von Norwegern und Deutschen mit ca. 40 km ähnlich. Laut dem ADAC (vgl. ADAC. (2018)) besitzen die aktuellen BEV-Modelle eine mittlere Reichweite von 260 km. Damit kann schon jetzt die Durchschnittsstrecke am Tag sehr gut zurückgelegt werden.

Die Akkus werden bis zum Jahr 2021 höhere Kapazitäten aufweisen und damit laut Horváth & Partners (vgl. Horváth & Partners. (2019b)) durchschnittlich eine Reichweite von 491 km erreichen. Damit wären das im Schnitt 90 % mehr Reichweite, als noch die im Jahr 2018 von dem ADAC errechneten Durchschnitt. (vgl. ADAC. (2018))

Besonders die Erhöhung der Reichweiten von Elektroautos ist einer der Erfolgsfaktoren, die dabei helfen können, dass der Ausbau der Elektromobilität erfolgreich voranschreitet.

Durch die Weiterentwicklung und Massenfertigung der Lithium-Ionen-Batterien sollen die Kosten bis zum Jahr 2022 bei 75 Euro pro Kilowattstunde liegen, das wäre zum Preis von Jahr 2013 eine Preisreduktion um rund 80 %. (vgl. Horváth & Partners. (2019a))

Damit könnten die Anschaffungspreise von E-Fahrzeugen gesenkt werden und eines der Hauptargumente gegen den Kauf eingestellt werden.

Somit ist einer der Erfolgsfaktoren die Weiterentwicklung der Batterietechnik, die dadurch zum einen die Reichweiten erhöht und gleichzeitig durch Massenfertigung geringe Herstellungskosten verursacht und im Umkehrschluss die Anschaffungspreise der E-Fahrzeuge sinken werden. Zusammen mit einer ebenfalls sehr guten Ladeinfrastruktur, im öffentlichen wie auch im privaten Raum, gibt es keinen derzeitigen Grund sich als Käufer gegen ein Elektrofahrzeug zu entscheiden. Vielmehr würden dann die im Kapitel 2 erklärten Vorteile des elektrischen Antriebes im Vordergrund der Käufer stehen.

4.4 Staat

Damit der Ausbau der Elektromobilität erfolgreich in einem Land umgesetzt werden kann benötigt es eine konsequente Politik bzw. Regierung, die zu 100 % hinter diesem Ausbau steht. Die Regierung sollte dafür umfangreiche Anreize und Fördermaßnahmen bereitstellen, die den Ausbau der E-Mobilität antreibt und dafür sorgt, dass emissionsfreie bzw. emissionsarme Fahrzeuge immer einen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber Verbrennern haben.

Laut Borderstep (vgl. Borderstep Institut. (2020)) hängt die Geschwindigkeit, mit der der Übergang in die Elektromobilität passiert, sehr stark mit der Politik zusammen und mit der Anzahl und Umfang der Anreize die von ihr gemacht werden.

Norwegen ist dabei ein gutes Vorbild, wenn es darum geht, konsequente Anreize für den Kauf eines E-Fahrzeugs bereitzustellen, denn bereits seit dem Jahr 1990 gibt es laufend neue An-

reize für den potentiellen Käufer. In Abschnitt 3.3.1 wurden alle Anreize und Fördermaßnahmen, die es in Norwegen gab bzw. gibt aufgelistet und sollen an dieser Stelle nicht wiederholt werden.

Es sollen nur die wichtigsten Anreize kurz verdeutlicht werden, denn es fallen vor allem die hohen und direkten Vergünstigungen beim Kauf eines E-Fahrzeuges auf. Norweger, die sich emissionsfreie Fahrzeuge kaufen, müssen keine Mehrwertsteuer von 25 % bezahlen und zudem keine Neuwagen- oder Kaufsteuer. Die Kaufsteuer von Neuwagen wird dabei aus einer Kombination aus dem Gewicht und dem CO₂- und NO_x-Emissionen ermittelt. Dabei ist diese Steuer progressiv, also steigernd, dadurch sind größere Fahrzeuge mit sehr hohen Emissionausstoß sehr viel teurer.

Zur Verdeutlichung kurz ein Beispiel von der Norsk elbilforening (vgl. Norsk elbilforening. (2020)) hier wurde ebenfalls ein Kaufbeispiel für einen Golf und eGolf aufgezeigt:

	Golf	eGolf
Einfuhrpreis:	22046 EUR	33037 EUR
CO₂-Steuer (113g/km):	4348 EUR	-
NO_x-Steuer:	206 EUR	-
Gewichtssteuer:	1715 EUR	-
Verschrottungsgebühr:	249 EUR	249 EUR
25 % Mehrwertsteuer:	5512 EUR	(8259 EUR)
Endpreis:	34076 EUR	33286 EUR (41545 EUR)

Tabelle 4.1: Steuerersparnis eGolf vs. Golf in Norwegen
Quelle: (vgl. Norsk elbilforening. (2020))

Der Tabelle 4.1 ist zu entnehmen, dass durch die Steuervorteile der Kauf eines Elektroautos günstiger ist als ein Verbrenner. Die Werte in Klammern sollen zeigen, wie viel alleine der Wegfall der Mehrwertsteuer ausgemacht hat und das dies ein großer Anreiz für Käufer ist, sich für ein E-Fahrzeug zu entscheiden.

Deutschland hat bisher sehr viel weniger Anreize für den Kauf eines Elektrofahrzeuges eingeführt. Erst im Jahr 2015 wurde das Elektromobilitätsgesetz eingeführt, welches die Nutzung von emissionsarmen und emissionsfreien Fahrzeugen im Straßenverkehr fördern soll. (vgl. EmoG. (2020))

Außerdem gibt es eine befristete Befreiung der Kraftfahrzeugsteuer für neu zugelassene Elektrofahrzeuge, die für zehn Jahre gilt. (vgl. KraftStG. (2020))

Die erste direkte Förderung der E-Mobilität wurde im Jahr 2016 durch die Umweltprämie eingeführt, die als direkte Förderung beim Kauf eines Elektrofahrzeuges dient. Durch diese Förderung erhalten Käufer eines Elektrofahrzeuges, je nach Art und Modell, entweder 4000 EUR oder 2000 EUR Förderungsgeld.

Diese Förderprämie soll erhöht werden, dies wurde im November 2019 beschlossen. (vgl. Carwow.de. (2020) Laut der Internetseite der BAFA (vgl. BAFA. (2020)) gibt es aber zum jetzigen Zeitpunkt, Stand 08.02.2020, noch keine näheren Informationen darüber, wann und um wie viel Euro die alte Umweltprämie angehoben wird.

Mit dem aktuellen Umweltbonus würde der eGolf für den Käufer 27.900 EUR kosten, dies ist eine Ersparnis von rund 13 % auf dem ursprünglichen Verkaufspreis. Zum Vergleich, der günstigste konventionelle Golf kostet 24.500 EUR. Diese Vergünstigung ist zum Vergleich zu Norwegen sehr gering und der eGolf ist immer noch teurer, als das Verbrenner-Modell.

Die Erhöhung des Umweltbonus ist ein wichtiger Schritt für den Ausbau der Elektromobilität, dies kann an den Neuzulassungen vom Jahr 2018 in Deutschland und Norwegen gezeigt werden. Direkte Förderungen beim Fahrzeugkauf haben sich in Norwegen deutlich positiv auf die Zulassungszahlen ausgewirkt: In Norwegen lag der Marktanteil der zugelassenen Elektrofahrzeuge 2018 bei 46,42% der Neuzulassungen. In Deutschland hingegen lag 2018 der Wert von neu zugelassenen Elektrofahrzeugen bei 1,96%.

Dieser Unterschied zeigt deutlich, wie gut die direkte Förderung für das Elektroauto in Norwegen angenommen wurde und wird. (vgl. IEA. (2019a): S. 214)

Natürlich gibt es in Norwegen noch weitere Anreize, wie z. B. der Wegfall der Mautgebühren, dies wird im Kapitel Geographie noch aufgegriffen.

Für ganz Europa wurde im Jahr 2009 eine Verordnung durch das EU-Parlament beschlossen, das verbindliche CO₂-Emissionsgrenzwerte für Neuzulassungen von Pkws in Europa beinhalten. Ab dem Jahr 2020 wird dieser Zielwert auf 95 g CO₂ / km gesenkt und muss durch die Autohersteller eingehalten werden, sonst drohen hohe Strafgebühren. (vgl. UBA. (2020a))

Diese Verordnung ist aber ein sehr effektiver Hebel dafür, dass die Autohersteller dazu aufgefordert werden ihre Fahrzeugmodelle auf Hybrid- oder Elektrofahrzeuge umzustellen. Es kann also durch ein noch weiteres Absenken der Grenzwerte darauf Einfluss genommen werden, welche Modelle die Autohersteller anbieten und verkaufen werden.

Abschließend ist zu sagen, dass die Anreize durch den Staat erheblich dazu beitragen, ob und wie schnell die Elektromobilität in einem Land ausgebaut werden kann. Eine Bevölkerung, die merkt, dass ihre Regierung das Thema Elektromobilität konsequent verfolgt und es zu einer ihrer Hauptaufgaben macht, diese erfolgreich und ganz zu etablieren, ist eher dazu bereit eine für sie neue Technik zu wählen. Genau diese Voraussetzung hat die Bevölkerung in Norwegen. Deutschland muss deshalb noch verstärkter fördern und Anreize schaffen. Wobei die direkte Förderung beim Kauf eines E-Fahrzeuges der Schlüssel sein kann, denn in Norwegen wurde dieses Konzept erfolgreich angenommen. Laut der Umfrage aus Kapitel 3.1.3 sieht die Bevölkerung diese Aufgabe bei ihrer Regierung. Einer der Hauptfaktoren für den Ausbau der E-Mobilität ist die konsequent ausgerichtete Politik eines Landes.

4.5 Geographie

Die Staatsflächen von Deutschland und Norwegen sind in ihrer Größe als gleich anzusehen und tragen nicht direkt dazu bei, ob die E-Mobilität erfolgreich werden kann oder nicht. Nur die Bevölkerungsdichte, die unter dem Analyseteil 4.2 angesprochen wurde, hat einen Einfluss darauf. Denn je höher die Bevölkerungsdichte in einem Land ist desto mehr und dichter müssen Ladestationen zur Verfügung stehen. Nur so kann ein Käufer die Gewissheit haben, dass es genügend Ladepunkte für ihn gibt und vor allem zur Benutzung frei sind. Deshalb gilt für Länder mit einer hohen Bevölkerungsdichte, dass diese einen erhöhten Aufwand haben ausreichende Ladeinfrastruktur zu etablieren. Außerdem besitzt Deutschland ein sehr viel größeres Straßennetz als Norwegen, diese Tatsache erschwert die flächendeckende Versorgung zusätzlich, da dadurch sehr viele Straßen mit einer Ladeinfrastruktur abgedeckt werden müssen.

Norweger müssen allerdings auf sehr vielen Straßen und für viele Brücken und Tunnel eine Mautgebühr bezahlen, dadurch kommen hohe Beträge zusammen. Durch die in 4.4 angesprochenen Anreize der Regierung müssen Besitzer eines Elektrofahrzeuges bzw. eines emissionsarmen Fahrzeuges keinerlei Mautgebühren zahlen bzw. in Zukunft nur die Hälfte der Gebühr. Dies ist ein guter Grund für die Norweger sich für den Kauf eines Elektroautos zu entscheiden. (vgl. Borderstep Institut. (2017))

Dieses gute Argument, sich für ein Elektroauto zu entscheiden, wenn der Käufer dadurch keine Maut zahlen muss, gibt es in Deutschland nicht, weil dort keine Maut erhoben wird.

Das Klima in Norwegen ist vor allem im Norden und Süden zu unterscheiden. Im Norden ist es sehr kalt und im Süden werden die Temperaturen milder und sind eher der gemäßigten Klimazone zuzuordnen. Damit ist das Klima im Süden Norwegens eher mit dem deutschen Klima zu vergleichen, obwohl es im Durchschnitt etwas kälter ist, sind die Temperaturen dennoch als mild einzustufen. Es ist allerdings im Schnitt von November bis April etwas länger kälter, mit unter null Grad. (vgl. Wetter.de. (2019a,b))

Das Klima in Deutschland ist also kein Hindernis dabei, dass die Elektromobilität nicht erfolgreich werden kann, da es in einem durchschnittlich kälteren Land wie Norwegen schon funktioniert.

In Norwegen und Deutschland leben die meisten Menschen in Städten oder Großstädten. Hierbei ist zu sehen, dass der Trend in beiden Ländern zusätzlich zu Urbanisierung geht, also das immer mehr Menschen in die großen Städte vom Land ziehen. (vgl. Statistics Norway. (2019b)), (vgl. Statistisches Bundesamt. (2019c))

Dadurch ist es ebenfalls sehr wichtig, dass eine sehr gute private Ladeinfrastruktur in den Städten aufgebaut wird. Ohne das private Laden, kann die Elektromobilität nicht erfolgreich werden, da die öffentlichen Ladestationen nicht dafür gedacht sind seinen täglichen privaten Ladevorgang daran abzuwickeln. Zum einen wäre das nicht wirtschaftlich für den Betreiber der Ladestation und zum anderen würden die Ladepunkte bei weitem nicht ausreichen. (vgl. Karle. (2017))

Wenn das Problem des privaten Ladens in den Städten bzw. Großstädten nicht von der Regierung gelöst wird, dann ist es sehr wahrscheinlich, dass die Elektromobilität sich nicht durchsetzen kann, weil eine sehr große Käuferschicht sich nicht für ein Elektrofahrzeug entscheiden wird, wenn die Frage nach dem - Wo soll ich Laden? - nicht beantwortet werden kann. (vgl. Karle. (2017))

Natürlich muss ebenso eine sehr gute elektrische Versorgung für die Bevölkerung bestehen. Diese Stromversorgung liegt in Norwegen und Deutschland bei 100 %, sowohl für den städtischen und ländlichen Bereich. (vgl. The World Bank Group. (2020c))

Durch eine zu schlechte Stromversorgung wird der Ausbau der E-Mobilität in Deutschland nicht scheitern.

4.6 Energieerzeugung

Bei dem Aspekt der Energieerzeugung geht es vor allem darum, wie der Strom in den Ländern produziert wird, denn nur wenn die Energieerzeugung nachhaltig, also aus regenerativen Energiequellen stammt, kann die Elektromobilität einen Entlastungseffekt des Klimas bewirken. (vgl. Borderstep Institut. (2020))

Norwegen ist in diesem Bereich ebenfalls ein sehr gutes Vorbild, denn es wird dort zu 98 % die Stromversorgung aus regenerativen Energiequellen gewonnen. Mit 95 % alleine durch die Wasserkraft. Dies ist aber durch die sehr guten geographischen Gegebenheiten nicht auf andere Länder, wie z. B. Deutschland zu übertragen. (vgl. Statistics Norway. (2019a))

Deutschland ist mit einem Anteil von 35 % erneuerbarer Energien im Jahre 2018 bereits auf einem guten Stand und wird diesen Anteil weiter ausbauen. Laut dem Klimaschutzplan 2050 möchte Deutschland die Treibhausgasneutralität bis 2050 erreichen, das Ziel ist 80 % erneuerbarer Energien bis in das Jahr 2050. (vgl. BMU. (2020a))

Laut Borderstep (vgl. Borderstep Institut. (2020)) leisten bereits bei dem heutigem Strommix neue Elektrofahrzeuge in Deutschland einen sofort wirksamen Beitrag zum Klimaschutz.

Wie nachhaltig und umweltfreundlich der Strommix in einem Land ist, wird durch den Kohlendioxid-Emissionswert sichtbar, denn dieser gibt an, wie viel Gramm CO₂ pro Kilowattstunde produzierten Strom verursacht wird. Kohlendioxid wird dabei als einer der Hauptverursacher für den Klimawandel angesehen. In Deutschland liegt dieser Wert bei 474 [g / kWh] und in Norwegen bei überschlagend berechneten 28 [g / kWh]. Dies war aber zu erwarten, denn die Energieerzeugung findet fast ausschließlich über die Wasserkraft statt.

Anhand einer Beispielrechnung im Unterkapitel 3.5.4 konnte aber gezeigt werden, dass die Nutzung von dem heutigem Strommix in Deutschland schon um das 1,7-fache weniger an CO₂-Emissionen verursacht als ein vergleichbares Verbrennerfahrzeug. In Norwegen sind es sogar 29-mal weniger CO₂-Emissionen.

Die Strompreise eines Landes haben einen Einfluss auf die Elektromobilität, denn je höher die Strompreise sind desto geringere Kostenvorteile haben diese gegenüber den Kraftstoffpreisen. Zum Vergleich hat Deutschland einen durchschnittlichen Strompreis von 31 Cent pro kWh und Norwegen einen Preis von 19 Cent pro kWh, dies ist ein Unterschied von guten 12 Cent pro kWh. In Europa liegt der Durchschnitt bei 22 Cent pro kWh. (vgl. Eurostat. (2020))

Wird diese Tatsache mit den Kraftstoffpreisen in den Ländern Deutschland und Norwegen verglichen ist deutlich zu sehen, dass die Preise für Kraftstoffe in Deutschland günstiger sind als in Norwegen. Dadurch gibt es einen geringeren Betriebskostenvorteil von einem Elektroauto gegenüber einem konventionellen Fahrzeug.

Aus diesem Grund würden sich viele Käufer überlegen, ob die Nutzung eines Elektroautos nicht teurer wird und noch die aufgeführten Nachteile wie die geringe Reichweite, hohe Anschaffungspreise und die aktuelle Situation der Ladeinfrastruktur in die Entscheidung mit einfließen lassen.

Bei einer überschlägigen Berechnung in Unterkapitel 3.5.6 wurde gezeigt, dass es keine Probleme dabei geben würde, wenn z. B. 3 Mio. Elektrofahrzeuge in Norwegen oder Deutschland mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen versorgt werden müssten. Damit steht definitiv genügend umweltfreundlicher Strom aus EE zur Verfügung und wird kein Hindernis darstellen, dass die Elektromobilität in Deutschland scheitern würde.

Für eine nachhaltige E-Mobilität ist demnach vor allem wichtig, dass dieser aus umweltfreundlichen Energiequellen gewonnen wird und am besten zu einem geringen Endpreis zur Verfügung stehen würde.

4.7 Beurteilung und Schlussfolgerung

Die vorausgegangenen Analysen und Ausführungen zeigen, dass es fünf Erfolgskriterien gibt, die den Ausbau der Elektromobilität erfolgreich machen. Das sind: Eine gut ausgebaute Ladeinfrastruktur (öffentlich und privat), umfangreiche, staatliche Förderungen und Anreize, kostengünstigere Anschaffungspreise von Elektrofahrzeugen, die Erhöhung der Reichweiten und mit Blick auf eine nachhaltige E-Mobilität muss eine umweltfreundliche Energieversorgung vorhanden sein.

Die Ladeinfrastruktur ist dabei die wichtigste Grundvoraussetzung, damit die Elektromobilität in einem Land erfolgreich angenommen wird. Dafür müssen ausreichend viele öffentliche Ladestationen vorhanden sein, die über das Staatsgebiet flächendeckend und dicht verteilt sind. Zudem sollte die Benutzung von Ladesäulen einfach, einheitlich, planbar, kostengünstig und transparent gestaltet werden, damit das Laden genauso unkompliziert abläuft, wie das Tanken von Kraftstoffen. Insbesondere der Ausbau der Schnellladestationen an Autobahnen und Fernstraßen sind ein Schlüssel zum Erfolg, weil diese dafür sorgen, dass größere Reichweiten mit einem Elektrofahrzeug gefahren werden können.

Für das private Laden muss es definitiv ein Lösungskonzept von der Regierung und Kommunen geben, damit das Laden zu Hause problemlos funktioniert und gewährleistet werden kann. Ohne das Lösen des Problems der privaten Ladung, wird sich die Elektromobilität nicht in vollem Umfang durchsetzen können, weil eine sehr große Käuferschicht, insbesondere in Großstädten und Ballungsräumen, wegfallen wird.

Die Lösung des privaten Ladens ist das stärkste Kriterium dafür, ob der Ausbau der E-Mobilität letztendlich erfolgreich umgesetzt werden kann.

Förderungen und Anreize durch den Staat tragen erheblich dazu bei, ob und wie schnell die Elektromobilität in einen Land ausgebaut werden kann. Eine Bevölkerung, die davon überzeugt ist, dass ihre Regierung das Thema Elektromobilität konsequent verfolgt und es zu einer

ihrer Hauptaufgaben macht, diese erfolgreich und ganz zu etablieren, ist eher dazu bereit eine für sie neue Technik zu wählen. Genau diese Voraussetzung hat die Bevölkerung in Norwegen, in der die Regierung den ehrgeizigen Plan verfolgt, dass ab dem Jahr 2025 nur noch Elektroautos zugelassen werden sollen. Deutschland muss deshalb noch verstärkter fördern und Anreize schaffen. Wobei die direkte Förderung beim Kauf eines E-Fahrzeuges eines der Schlüssel sein kann, denn in Norwegen wurde dieses Konzept erfolgreich angenommen. Laut der Umfrage aus Kapitel 3.1.3 sieht die Bevölkerung diese Aufgabe bei ihrer Regierung. Einer der Hauptfaktoren für den Ausbau der E-Mobilität ist die konsequent ausgerichtete Politik eines Landes.

In Norwegen kam es zu einem Synergieeffekt für die Käufer eines Elektrofahrzeuges, denn diese hatten sehr große direkte Abzüge beim Kauf, müssen keine Kfz-Steuer zahlen und mussten zudem keinerlei Mautgebühren für die Straßen-, Fähr- oder Tunnelnutzung bezahlen. Dadurch wurde das E-Fahrzeug viel wirtschaftlicher, als ein konventionelles Fahrzeug.

Der effektivste Hebel der Politik, die für ganz Europa gilt, ist die Festlegung eines CO₂-Emissionsgrenzwertes, denn dadurch wird bereits der Autohersteller gezwungen Fahrzeugmodelle anzubieten, die einen Hybrid- oder einen rein elektrischen Antrieb besitzen. Andernfalls kann dieser den CO₂-Emissionsgrenzwert seiner verkauften Neuwagenflotten nicht einhalten. Diese Bestimmung hilft dabei, dass der Ausbau in einem Land angetrieben wird, weil dadurch mehr Modelle zur Auswahl stehen und wiederum die Forschung in dem Bereich der Elektromobilität durch die Autohersteller angehoben wird.

Durch die Weiterentwicklung der Batterietechnik werden sich gleich mehrere Erfolgskriterien verbessern, denn es werden die Reichweiten der Fahrzeuge vergrößert, die Produktion der Batterien kostengünstiger und damit schlussendlich die Anschaffungspreise sinken. Die Fertigungskosten von Lithium-Ionen-Batterien sollen bis zum Jahr 2022 bei 75 Euro pro Kilowattstunde liegen, das wäre zum Preis vom Jahr 2013 eine Preisreduktion um rund 80 %. (vgl. Horváth & Partners. (2019a)) Die Akkus werden außerdem bis zum Jahr 2021 höhere Kapazitäten aufweisen und laut Horváth & Partners (vgl. Horváth & Partners. (2019b)) durchschnittlich eine Reichweite von 491 km erreichen.

Die Batterieentwicklung kann somit gleich mehrere Argumente, die bisher noch gegen eine Kaufentscheidung fallen, kompensieren oder zumindest abschwächen.

Für eine nachhaltige Elektromobilitätslösung ist ebenfalls sehr entscheidend, dass die benötigte Energie zum Laden und zur Produktion der E-Fahrzeuge durch umweltfreundliche und CO₂-neutrale erneuerbare Energiequellen gedeckt wird. Diese Grundvoraussetzungen sind aber in Deutschland und Norwegen bereits jetzt schon vorhanden. Außerdem besteht durch die Elektromobilität eine deutliche Synergiemöglichkeit bei der Energiewende in Deutschland, denn der erzeugte Strom aus erneuerbaren Energiequellen kann direkt zur Ladung der E-Fahrzeuge genutzt werden.

Als Ausblick ist die Integration der E-Fahrzeuge in ein „Smart Grid“ möglich, dies wird dann als „Vehicle to Grid“ (V2G)-Technik bezeichnet, die dann als dezentrale Speicher fungieren und somit das Problem der Speicherung von z. B. überschüssiger Windenergie mit lösen könnten. So könnten Synergien zwischen dem Energiemanagement und der Mobilität in intelligenten Stromnetzen geschaffen werden. (vgl. Karle. (2017))

5 Zusammenfassung

Wie anhand dieser Bachelorarbeit gezeigt werden konnte, gibt es insgesamt fünf Erfolgsfaktoren, die einen Einfluss darauf nehmen, ob der Ausbau der Elektromobilität in einem Land erfolgreich sein kann.

Zunächst wurden durch eine umfangreiche und aktuelle Ist-Stand Literaturrecherche die wichtigsten Aspekte über die Elektromobilität erfasst, die einen Einfluss auf den Erfolg oder Misserfolg haben könnten. Im Nachgang wurden diese einer umfassenden Analyse unterzogen, welche dabei das Potential und die Wichtigkeit der Aspekte analysierte. Als Ergebnis kam folgendes heraus: Eine gut ausgebaute Ladeinfrastruktur im öffentlichen und insbesondere im privaten Bereich ist entscheidend, dass die Elektromobilität flächendeckend von der Gesellschaft angenommen werden kann. Dabei nehmen die Schnellladestationen an Autobahnen und die Wallboxen im privaten Bereich eine Schlüsselrolle ein. Außerdem hat sich gezeigt, dass umfangreiche, staatliche Förderungen und Anreize dazu führen, dass mehr Elektrofahrzeuge verkauft werden. Hierbei ist besonders die direkte Förderung beim Kauf ein wichtiger Aspekt. Diese Förderung ist in Norwegen sehr gut angenommen worden. Die Senkung der Anschaffungspreise und die gleichzeitige Erhöhung der Reichweiten von Elektrofahrzeugen ist ein wichtiger Aspekt, denn so können die letzten beiden Hauptargumente gegen die E-Mobilität gelöst werden. Die Weiterentwicklung der Batterietechnik ist dabei der Schlüssel, denn diese bewirkt eine höhere Reichweite und sorgt für sinkende Herstellungskosten durch vorhandenes Know-how und Massenfertigung der Akkus.

Wird als letztes mit Blick auf eine nachhaltige E-Mobilität geschaut, dann muss eine umweltfreundliche Energieversorgung vorhanden sein. Das heißt der Strommix eines Landes muss im besten Fall zu 100 % aus regenerativen Energiequellen bestehen. Erst durch eine nachhaltige Energieversorgung wird auch die Elektromobilität umweltfreundlich und bringt den geforderten Effekt hin zu einer klimaneutralen Mobilität.

Bezugnehmend auf das vorangestellte Aufgabenthema ist zu sagen, dass in Norwegen schon sehr viel für die Förderung der Elektromobilität gemacht wurde. Die Regierung steht dort zu 100 % hinter der Transformation, hin zu einer nachhaltigen Elektromobilität und hat sehr großen Erfolg dabei mit direkten Kaufanreizen die Zahl der verkauften Elektrofahrzeuge zu steigern. Nicht zu Letzt auch durch die Aussage der Regierung, dass es immer wirtschaftlicher sein soll ein emissionsarmes oder emissionsfreies Fahrzeug zu fahren als ein konventionelles tragen zu dem Erfolg bei. Deutschland muss hingegen noch einiges aufholen, wenn es darum geht, die Elektromobilität direkt zu fördern. Bisher wurden noch zu wenige Anreize dafür geschaffen, dass sich ein Elektrofahrzeug wirtschaftlich für einen potentiellen Käufer rentiert. Die Bevölkerung in Deutschland ist zurzeit noch nicht genug davon überzeugt worden, dass die Regierung konsequent hinter der Elektromobilität steckt. Dies muss sich für den erfolgreichen Ausbau ändern.

Abschließend ist zu sagen, dass das Thema der Elektromobilität ein zukunftssträchtiges und sehr weit umfassendes Gebiet ist und noch sehr viele spannende Fragen aufwirft, wie z. B. die Lösung für das private Laden in der Zukunft aussehen soll. Die Elektromobilität besitzt ein großes Potential dafür zu sorgen, dass eine umweltfreundliche und nachhaltige Mobilität aufgebaut werden kann und zusätzlich die Energiewende eines Landes unterstützt.

Literaturverzeichnis

- ACEA. European Automobile Manufacturers Association. (2019):** Vehicles in use Europe 2019, in: *ACEA Report*, 2019, S. 3.
- ADAC. Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V. (2018):** Mittlere Reichweiten ausgewählter alternativer Antriebe in Deutschland im Jahr 2018 (in Kilometern). Statista. Statista GmbH, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1061319/umfrage/mittlere-reichweiten-ausgewaehlter-alternativer-antriebe-in-deutschland/> [14.02.2020].
- ADAC. Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V. (2019a):** Wallbox: Elektroauto-Ladestation für zu Hause - Die wichtigsten Tipps, [online] <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/laden/elektroauto-laden-wallbox-faq/> [13.02.2020].
- ADAC. Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V. (2019b):** Diese Elektroautos gibt es auf dem Markt, [online] <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/kaufen/elektroautos-uebersicht/> [14.02.2020].
- ADAC. Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V. (2020a):** Tanken im Ausland: Deutschland, [online] <https://www.adac.de/infotestrat/tanken-kraftstoffe-und-antrieb/kraftstoffpreise/tanken-im-ausland/default.aspx/> [16.02.2020].
- ADAC. Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V. (2020b):** Tanken im Ausland: Norwegen, [online] <https://www.adac.de/infotestrat/tanken-kraftstoffe-und-antrieb/kraftstoffpreise/tanken-im-ausland/default.aspx/> [16.02.2020].
- AGEB. AG Energiebilanzen e.V. (2019):** Stromerzeugung nach Energieträgern 1990 – 2019, [online] <https://ag-energiebilanzen.de/4-0-Arbeitsgemeinschaft.html/> [31.01.2020].
- BAFA. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. (2020):** Elektromobilität (Umweltbonus), [online] https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Elektromobilitaet/elektromobilitaet_node.html;jsessionid=8CE2BB9AE3B7C62EFABB0C054587361A.1_cid362/ [06.02.2020].
- BDEW. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2019a):** Meinungsbild der Bevölkerung zur Elektromobilität; Meinungsbild E-Mobilität, [online] https://www.bdew.de/media/documents/Awh_20190527_Fakten-und-Argumente-Meinungsbild-E-Mobilitaet.pdf/ [30.01.2020].
- BDEW. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2019b):** Stromerzeugung und -verbrauch in Deutschland, [online] https://www.bdew.de/media/documents/20191212-BRD_Stromerzeugung1991-2019.pdf/ [30.01.2020].
- BDEW. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2020):** Ladesäulen: Energiewirtschaft baut Ladeinfrastruktur auf, [online] <https://www.bdew.de/energie/elektromobilitaet-dossier/energiewirtschaft-baut-ladeinfrastruktur-auf/> [13.02.2020].

- BMU. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. (2020a):** Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, [online] https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf/ [06.02.2020].
- BMU. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. (2020b):** Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung, [online] <https://www.bmu.de/download/nationaler-entwicklungsplan-elektromobilitaet-der-bundesregierung/> [10.02.2020].
- BMWi. (2019):** Installierte Wasserkraftleistung* in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2018 (in Megawatt). Statista. Statista GmbH, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/200658/umfrage/installierte-leistung-zur-stromerzeugung-aus-wasserkraft-in-deutschland/> [09.02.2020].
- Borderstep Institut. Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit. (2020):** Verbreitung radikaler Systeminnovationen - am Fallbeispiel Elektromobilität Norwegen, [online] https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2019/08/AP1Go-Fall-Norwegen_20190808.pdf/ [05.02.2020].
- Bundesagentur für Arbeit. (2020):** Arbeitslosenquote in Deutschland im Jahresdurchschnitt von 2004 bis 2020. Statista. Statista GmbH, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1224/umfrage/arbeitslosenquote-in-deutschland-seit-1995/> [16.02.2020].
- Carwow.de. (2020):** Förderungen für E-Autos 2020: Welche Zuschüsse gibt es? , [online] <https://www.carwow.de/ratgeber/elektroauto/foerderungen-fuer-e-autos-2020-welche-zuschuesse-gibt-es/> [08.02.2020].
- EAFO.eu. European Alternative Fuels Observatory. (2019a):** Summary Germany, [online] <https://www.eafo.eu/countries/germany/1734/summary/> [12.02.2020].
- EAFO.eu. European Alternative Fuels Observatory. (2019b):** Summary Norway, [online] <https://www.eafo.eu/countries/norway/1747/summary/> [12.02.2020].
- EFTA. European Free Trade Association. EFTA Surveillance Authority. (2020):** Die EFTA Überwachungsbehörde, [online] <http://www.eftasurv.int/about-the-authority/the-authority-at-a-glance-/die-efta-uberwachungsbehorde/> [05.02.2020].
- Emobly.de. (2019):** Norwegen: Hochburg der Elektromobilität, [online] <https://emobly.com/de/wissen/norwegen-hochburg-der-elektromobilitaet/> [05.02.2020].
- EmoG. Elektromobilitätsgesetz. (2020):** Gesetz zur Bevorrechtigung der Verwendung elektrisch betriebener Fahrzeuge. Aus Gesetze-im-Internet.de, [online] <https://www.gesetze-im-internet.de/emog/index.html#BJNR089800015BJNE000700000/> [06.02.2020].
- Energieagentur.nrw. (2020):** Wegweiser für Kommunen zum Elektromobilitäts- und Carsharinggesetz. Umsetzung in der Praxis, Anwendungsbeispiele und bisherige Erfahrungen, [online] <https://broschueren.nordrheinwestfalendirekt.de/broschuerenservice/energieagentur/wegweiser-fuer-kommunen-zum-elektromobilitaets-und-carsharinggesetz/3097/> [06.02.2020].

- Europa.eu. eurostat. (2007):** Mobilität im Personenverkehr in Europa (87/2007), [online] <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3433488/5298273/KS-SF-07-087-DE.PDF/0d50ff3c-a042-4c49-85e8-5333c92a7186/> [14.02.2020].
- Europa.eu. Europäische Kommission. (2020):** Klimapolitik. Pariser Übereinkommen, [online] https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_de#tab-0-0/ [06.02.2020].
- Eurostat. Data browser. (2020):** Strompreise nach Art des Benutzers, [online] https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00117/CustomView_1/table?lang=de/ [31.01.2020].
- FFE. Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (2010):** Basisdaten von Energieträgern, [online] <https://www.ffe.de/themen-und-methoden/erzeugung-und-markt/186-basisdaten-energietraeger/> [31.01.2020].
- Finanzen.net. (2020a):** Währungsrechner: Norwegische Krone - Euro (NOK in EUR), [online] https://www.finanzen.net/waehrungsrechner/norweg-krone_euro/ [29.01.2020].
- Finanzen.net. (2020b):** Währungsrechner: Dollar - Euro (USD in EUR), [online] https://www.finanzen.net/waehrungsrechner/us-dollar_euro/ [08.02.2020].
- Focus.de. Focus Online. (2013):** Wenn die Zapfpistole sich auf stur stellt, [online] https://www.focus.de/auto/news/leser-fragen-experten-antworten-wenn-die-zapfpistole-sich-auf-stur-stellt_aid_901167.html/ [15.02.2020].
- GfK. (GeoMarketing). (2019):** Die zehn Länder mit der höchsten Kaufkraft pro Einwohner in Europa im Jahr 2019. Statista. Statista GmbH. [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/2310/umfrage/kaufkraft-pro-einwohner-in-europaeischen-laendern/> [29.01.2020].
- Grimsmann, Florian. (2014):** *Auswirkungen des Ladeprofiles auf das Lithium-Plating-Verhalten von Lithium-Ionen-Zellen*, Masterarbeit, [online] https://uol.de/fileadmin/user_upload/physik/ag/ehf/energiespeicher/abschlussarbeiten/Masterarbeit_Florian_Grimsmann.pdf/ [11.02.2020].
- Horváth & Partners. (2019a):** Weltweite Preisentwicklung für Lithium-Ionen-Batterien von 2013 bis 2022 (in Euro/kWh). Statista. Statista GmbH, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/534429/umfrage/weltweite-preise-fuer-lithium-ionen-akkus/> [10.02.2020].
- Horváth & Partners. (2019b):** Durchschnittliche Reichweite von Elektrofahrzeugen in Deutschland in den Jahren 2016 bis 2022 (in Kilometern). Statista. Statista GmbH, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/443614/umfrage/prognose-zur-reichweite-von-elektroautos/> [14.02.2020].
- IEA. International Energy Agency. (2019a):** Scaling-up the transition to electric mobility, in: *Global EV Outlook 2019*, May 2019, S. 214.

- IEA. International Energy Agency. (2019b):** Anzahl öffentlicher Ladestationen für Elektroautos nach Ländern weltweit im Jahr 2018. Statista. Statista GmbH, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/871876/umfrage/anzahl-oeffentlicher-ladestationen-fuer-e-autos-nach-laendern/> [13.02.2020].
- IMF. (2019a):** Die 20 Länder mit dem größten Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf im Jahr 2018 (in US-Dollar). Statista. Statista GmbH, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/166224/umfrage/ranking-der-20-laender-mit-dem-groessten-bruttoinlandsprodukt-pro-kopf/> [29.01.2020].
- IMF. (2019b):** Norwegen: Arbeitslosenquote von 1980 bis 2018 und Prognosen bis 2024. Statista. Statista GmbH, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/17323/umfrage/arbeitslosenquote-in-norwegen/> [16.02.2020].
- IRENA. (2019):** Installierte Leistung der Wasserkraftanlagen in Norwegen in den Jahren 2008 bis 2018 (in Megawatt). Statista. Statista GmbH, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/468362/umfrage/installierte-leistung-von-wasserkraftanlagen-in-norwegen/> [09.02.2020].
- Karle, Anton. (2017):** *Elektromobilität: Grundlagen und Praxis*, 2., aktualisierte Aufl., München: Carl Hanser Verlag.
- KBA. Kraftfahrt-Bundesamt. (2020a):** Bestand an Pkw in den Jahren 2009 bis 2018 nach ausgewählten Kraftstoffarten, [online] https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/2018/2018_b_umwelt_z.html?nn=2218538/ [28.01.2020].
- KBA. Kraftfahrt-Bundesamt. (2020a):** Bestand an Pkw am 1. Januar 2019 nach ausgewählten Kraftstoffarten, [online] https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/2019_b_umwelt_dusl.html?nn=663524/ [28.01.2020].
- KBA. Kraftfahrt-Bundesamt. (2020b):** Bestand am 1. Januar 2019 nach Haltern, [online] https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Halter/halter_node.html [28.01.2020].
- KBA. Kraftfahrt-Bundesamt. (2020c):** Neuzulassungen von Pkw im Jahr 2018 nach ausgewählten Kraftstoffarten, [online] https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Umwelt/2018_n_umwelt_dusl.html?nn=652326/ [28.01.2020].
- KBA. Kraftfahrt-Bundesamt. (2020d):** Verkehr in Kilometern – Inländerfahrleistung, [online] https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/verkehr_in_kilometern_node.html [01.02.2020].
- KBA. Kraftfahrt-Bundesamt. (2020e):** Neuzulassungen im Jahr 2017 nach Umwelt-Merkmalen, [online] https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Umwelt/2017/2017_umwelt_node.html [06.02.2020].
- Koeppen, Birgit. (2019):** *Elektrische Energieanlagen Kapitel 4. Verbraucher elektrischer Energie - 4.2 Elektrofahrzeuge*, Wintersemester 2019/20, [10.02.2020].

- KraftStG. Kraftfahrzeugsteuergesetz. (2020):** Kraftfahrzeugsteuergesetz. Aus Gesetze-im-Internet.de, [online] <http://www.gesetze-im-internet.de/kraftstg/index.html#BJNR005090927BJNE000310140/> [06.02.2020].
- Laenderdaten.info. (2020):** Ländervergleich Deutschland und Norwegen, [online] <https://www.laenderdaten.info/laendervergleich.php?country1=NOR&country2=DEU/> [05.02.2020].
- Lichtblick.de. Generation reine Energie. (2019):** Ladesäulen-Check 2018: Teure Tarife und regionale Monopole bestimmen den Markt, [online] <https://www.lichtblick.de/presse/news/2019/06/26/lades%C3%A4ulencheck-2019-kampf-um-vormachtstellung-auf-kosten-der-verbraucher/> [13.02.2020].
- Manager Magazin. (2010):** Pro-Kopf-Einkommen in ausgewählten Ländern im Jahr 2010 (in US-Dollar)*. Statista. Statista GmbH. [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/169824/umfrage/pro-kopf-einkommen-in-ausgewaehlten-laendern/> [29.01.2020].
- Norsk elbilforening. Norwegische Elektroautovereinigung. (2020):** Norwegian EV policy. Norway is leading the way for a transition to zero emission in transport, [online] <https://elbil.no/english/norwegian-ev-policy/> [05.02.2020].
- Orange by Handelsblatt. (2018):** Wie Norwegen seine Bürger reich spart, [online] <https://orange.handelsblatt.com/artikel/48608/> [29.01.2020].
- Pkw-label.de. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). (2020):** Elektrofahrzeuge (BEV/PHEV/REEV), [online] <https://www.pkw-label.de/alternative-antriebe/elektrofahrzeuge-bevphevreev/> [10.02.2020].
- Schengen Visa Info. (2020):** Die Länder des Schengen-Raums, [online] <https://www.schengenvisainfo.com/de/staaten-des-schengen-raums/> [29.01.2020].
- Spiegel. (2019):** Prognostizierte Anzahl der Neuzulassungen von Elektroautos und Plug-in-Hybriden weltweit in den Jahren 2020 bis 2030 (in Millionen). Statista. Statista GmbH, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/973273/umfrage/prognostizierte-anzahl-der-neuzulassungen-von-elektroautos-weltweit/> [14.02.2020].
- Stadtwerke Karlsruhe. (2020):** Aufbau und Funktionsweise von Elektroautos, [online] <https://emobilitaet.stadtwerke-karlsruhe.de/aufbau-und-funktionsweise/> [10.02.2020].
- Statista. (2019):** Gesamtzahl verfügbarer Elektroauto-Modelle nach Antriebsart in Europa in den Jahren 2012 bis 2025. Statista. Statista GmbH, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1036206/umfrage/anzahl-verfuegbarer-elektroauto-modelle-nach-antriebsart-in-europa/> [14.02.2020].
- Statistics Norway. (2019a):** Electricity Annually, [online] <https://www.ssb.no/en/energi-og-industri/statistikker/elektrisitet/aar/> [31.01.2020].
- Statistics Norway. (2019b):** Population and land area in urban settlements, [online] <https://www.ssb.no/en/befolkning/statistikker/befsett/> [05.02.2020].

- Statistics Norway. (2020):** Registered vehicles by type of fuel, [online] <https://www.ssb.no/en/transport-og-reiseliv/statistikker/bilreg/> [29.01.2020].
- Statistisches Bundesamt. (Destatis). GENESIS-Online. (2019a):** Bevölkerungsdichte (Einwohner je km²) in Deutschland von 1991 bis 2018. Statista. Statista GmbH, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/440766/umfrage/bevoelkerungsdichte-in-deutschland/> [27.01.2020].
- Statistisches Bundesamt. (Destatis). GENESIS-Online. (2019b):** Einwohnerzahl - Anzahl der Einwohner von Deutschland von 1990 bis 2018 (in Millionen). Statista. Statista GmbH, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/2861/umfrage/entwicklung-der-gesamtbevoelkerung-deutschlands/> [08.02.2020].
- Statistisches Bundesamt. Statistische Ämter des Bundes und der Länder. (2019c):** Daten aus dem Gemeindeverzeichnis, Städte in Deutschland nach Fläche, Bevölkerung und Bevölkerungsdichte, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1353/umfrage/einwohnerzahlen-der-grossstaedte-deutschlands/> [05.02.2020].
- Statistisches Bundesamt. (2019d):** Die größten Städte in Deutschland nach Einwohnerzahl zum 31. Dezember 2018. Statista. Statista GmbH, [online] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1353/umfrage/einwohnerzahlen-der-grossstaedte-deutschlands/> [05.02.2020].
- Statistisches Bundesamt. (Destatis). (2020a):** Bevölkerung nach Geschlecht und Staatsangehörigkeit, [online] <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Tabellen/zensus-geschlecht-staatsangehoerigkeit-2019.html/> [27.01.2020].
- Statistisches Bundesamt. (Destatis). GENESIS-Online. (2020b):** Vorausberechneter Bevölkerungsstand: Deutschland, Stichtag, Varianten der Bevölkerungsvorausberechnung, [online] <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data?operation=themes&code=1/> [27.01.2020].
- Statistisches Bundesamt. (Destatis). Zensus2011. (2020c):** Bundesverfassungsgericht erklärt Zensus 2011 für verfassungskonform, [online] https://www.zensus2011.de/DE/Home/Aktuelles/PM_Destatis_20190919.html?nn=3065474/ [27.01.2020].
- Statistisches Bundesamt (Destatis). GENESIS-Online. (2020d):** Bevölkerung: Deutschland, Stichtag, Altersjahre, [online] <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data?operation=themes&code=1/> [27.01.2020].
- Tagesschau. (2019):** Ende des Verbrennungsmotors; Norwegen gibt das Tempo vor, [online] <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/verbrennungsmotor-international-101.html/> [01.02.2020].
- Tesla. (2020a):** Tesla Model3, [online] https://www.tesla.com/de_de/model3/design#battery/ [29.01.2020].

- Tesla. (2020b):** Tesla Model3, [online] https://www.tesla.com/no_NO/model3/design?redirect=no#battery/ [29.01.2020].
- The World Bank Group. Data Bank. (2020a):** World Development Indicators, [online] <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#/> [28.01.2020].
- The World Bank Group. Data Bank. (2020b):** World Development Indicators, [online] <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#/> [28.01.2020].
- The World Bank Group. Data Bank. (2020c):** World Development Indicators, [online] <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#/> [05.02.2020].
- UBA. Umweltbundesamt. (2019):** Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2018, in: *CLIMATE CHANGE 10/2019*, April 2019, [online] https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-04-10_cc_10-2019_strommix_2019.pdf [30.01.2020].
- UBA. Umweltbundesamt. (2020a):** Pkw und leichte Nutzfahrzeuge. Europäische Abgas-Gesetzgebung, [online] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsstandards/pkw-leichte-nutzfahrzeuge#europaische-abgas-gesetzgebung/> [06.02.2020].
- UBA. Umweltbundesamt. (2020b):** Nutzung von Flüssen: Wasserkraft, [online] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/fluesse/nutzung-belastungen/nutzung-von-fluessen-wasserkraft#wasserkraftnutzung-global/> [09.02.2020].
- Volkswagen. (2020a):** Der Golf Varianten, [online] https://www.volkswagen.de/de/modelle-und-konfigurator.html?---=%7B%22modelle-und-konfigurator_featureAppSection%22%3A%22%2F%252Fgolf%22%7D/ [29.01.2020].
- Volkswagen. (2020b):** Der up! Varianten, [online] https://www.volkswagen.de/de/modelle-und-konfigurator.html?---=%7B%22modelle-und-konfigurator_featureAppSection%22%3A%22%2F%252Fup%22%7D/ [29.01.2020].
- Wetter.de. (2019a):** Klima für Deutschland, [online] <https://www.wetter.de/klima/europa/deutschland-c49.html/> [05.02.2020].
- Wetter.de. (2019b):** Klima für Deutschland, [online] <https://www.wetter.de/klima/europa/norwegen-c47.html/> [05.02.2020].
- WiWo. WirtschaftsWoche. (2017):** Elektromobilität Hält das Stromnetz dem E-Auto-Boom stand? , [online] <https://www.wiwo.de/technologie/mobilitaet/elektromobilitaet-haelt-das-stromnetz-dem-e-auto-boom-stand/20231296.html/> [01.02.2020].
- Zoll.de. (2020):** Steuervergünstigungen für reine Elektrofahrzeuge, [online] https://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Steuern/Verkehrsteuern/Kraftfahrzeugsteuer/Steuerverguenstigung/Elektrofahrzeuge/elektrofahrzeuge_node.html/ [06.02.2020].

Eidesstattliche Erklärung



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit

Gemäß der Allgemeinen Prüfungs- und Studienordnung ist zusammen mit der Abschlussarbeit eine schriftliche Erklärung abzugeben, in der der Studierende bestätigt, dass die Abschlussarbeit „– bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit [(§ 18 Abs. 1 APSO-TI-BM bzw. § 21 Abs. 1 APSO-INGI)] – ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich zu machen.“

Quelle: § 16 Abs. 5 APSO-TI-BM bzw. § 15 Abs. 6 APSO-INGI

Dieses Blatt, mit der folgenden Erklärung, ist nach Fertigstellung der Abschlussarbeit durch den Studierenden auszufüllen und jeweils mit Originalunterschrift als letztes Blatt in das Prüfungsexemplar der Abschlussarbeit einzubinden.

Eine unrichtig abgegebene Erklärung kann –auch nachträglich– zur Ungültigkeit des Studienabschlusses führen.

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung der Arbeit

Hiermit versichere ich,

Name: Viehmann

Vorname: Marvin

dass ich die vorliegende Bachelorarbeit bzw. bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit – mit dem Thema:

Analyse der Erfolgsfaktoren für den Ausbau der Elektromobilität durch den Vergleich der Länder Deutschland und Norwegen

ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

- die folgende Aussage ist bei Gruppenarbeiten auszufüllen und entfällt bei Einzelarbeiten -

Die Kennzeichnung der von mir erstellten und verantworteten Teile der -bitte auswählen- ist erfolgt durch:

Elmshorn

Ort

28.02.2020

Datum

Unterschrift im Original