



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Diplomarbeit

Österreichische Energiewirtschaft - Darstellung von Potenzialen in Hinblick auf Szenarien zur E-Mobilität im motorisierten Individualverkehr

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs
unter der Leitung

Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Michael Klamer

E280-05

Fachbereich für Verkehrssystemplanung

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Christopher Karl, BSc

Matr. Nr. 01207237

Wien, am 10.10.2021



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kurzfassung

Klimaschutz und Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen ist in den vergangenen Jahrzehnten eines der größten globalen Themen, denen sich AktivistInnen, LobbyistInnen, PolitikerInnen sowie WissenschaftlerInnen widmen. WissenschaftlerInnen gehen davon aus, dass die weltweiten klimatischen Veränderungen durch die anthropogenen Treibhausgaseffekte beschleunigt und verstärkt wurden. Um das künftige Ausmaß der klimatischen Veränderungen und die Einflüsse auf die Umwelt gering zu halten, sollen durch global gesetzte Klima- und Energiepolitische Ziele, Maßnahmen gesetzt werden, welche das Fortschreiten der bisherigen Entwicklung verhindern. Gekoppelt an den Umstand, dass fossile Rohstoffe mit Zunahme der Zeit immer mehr schwinden, sollen Alternativen gefunden werden, um die fossilen Rohstoffe zu entlasten. Im Zuge dieser Schwerpunkte einigten sich alle Staaten der Welt auf globale einheitliche Zielsetzungen. Der politische Wille - die Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen, um den Treibhausgas-Effekt zu minimieren – steht hierbei im Vordergrund.

Im Zuge dieser Arbeit soll erhoben werden, ob der politische Wunsch – gemessen an den Treibhausgas-Emissionen – erreicht werden kann und welchen Beitrag hierbei aus der E-Mobilität im motorisierten individualen Verkehr geleistet werden kann. Zudem sollen die Potenziale der österreichischen Energiewirtschaft hinsichtlich eines verstärkten E-Mobilitätsaufkommens in Form von Szenarien dargelegt werden.

Abstract

Climate protection and the reduction of greenhouse gas emissions has been one of the biggest global issues that activists, lobbyists, politicians and scientists have been addressing in the past few decades. Scientists assume that global climatic changes have been accelerated and intensified by anthropogenic greenhouse gas effects. In order to keep the future extent of climatic changes and the effects on the environment low, global climate and energy policy goals are to be used to set measures that prevent the progress of previous developments. Coupled with the fact that fossil raw materials dwindle more and more over time, alternatives are to be found to relieve fossil raw materials. In the course of these priorities, all countries in the world agreed on uniform global objectives. The political will - the reduction of greenhouse gas emissions in order to minimize the greenhouse gas effect - is in the foreground.

In the course of this work, it should be ascertained whether the political wish - measured in terms of greenhouse gas emissions - can be achieved and what contribution can be made from e-mobility in motorized individual transport. In addition, the potential of the Austrian energy industry with regard to increased e-mobility will be presented in the form of scenarios.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken wurden als solche kenntlich gemacht. Ich versichere, dass ich diese Hochschulschrift bisher weder im In- oder Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Wien, am 10.10.2021

Christopher Leopold Karl

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Familienmitgliedern und Freunden bedanken, die mich während der Erstellungsphase dieser Arbeit unterstützt haben.

Mein Dank gilt insbesondere meiner Freundin, die mich jederzeit seelisch unterstützt und aufgemuntert hat. Auch ein großes Dankeschön möchte ich an Mina richten.

Zu guter Letzt möchte ich mich selbstverständlich noch bei der Person bedanken, die meine Diplomarbeit am meisten geprägt hat.

Vielen Dank an meinen Diplomarbeitsbetreuer Herrn Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Michael Klamer. Herr Klamer hat mich in vielen Phasen meiner Arbeit tatkräftig unterstützt.

Mit seinen fachlichen Kenntnissen in dem Gebiet, war er genau die richtige Ansprechperson für meine Arbeit.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Methodik und Ziel der Arbeit	1
1.2	Forschungsfragen	2
2	Regularien und Auswirkungen	3
2.1	Treibhausgase.....	3
2.1.1	Kohlendioxidemissionen	3
2.1.2	THG-Emissionstrend und Stand Zielerreichung.....	6
2.1.3	Treibhausgas-Emissionen nach Sektoren	7
2.1.4	Treibhausgas-Emissionen im Verkehrssektor.....	8
2.2	Klima und Energieziele - Rechtliche Verankerungen in Österreich.....	9
2.2.1	Kyoto-Protokoll: "Schwarze Liste" für Treibhausgase.....	9
2.2.2	Übereinkommen von Paris.....	12
2.2.3	„Klima- und Energiepaket 2020“ der EU	14
2.2.4	Erneuerbare Energie – nationale Ziele	15
2.2.5	„EU-Klima- und Energiepolitik“ bis 2030.....	16
3	Österreichische Energiewirtschaft	18
3.1	Energieaufbringung und Energieverbrauch in PJ im Überblick.....	18
3.1.1	Energiebilanz Österreichs.....	20
3.1.2	Energetischer Endverbrauch nach Sektoren	21
3.1.3	Vergleich der Energieaufbringung und Energieverbrauch mit Vorjahren.....	22
3.1.4	Primärenergieeinsatz.....	23
3.1.5	Außenhandel mit Energie.....	26
3.1.6	Stromverbrauch im Lastverlauf.....	30
3.1.7	Bruttoinlandsverbrauch.....	33
3.1.8	Energieumwandlung.....	35
3.1.9	Elektrizität und Fernwärme	36
3.1.10	Energetischer Endverbrauch	38
3.1.11	Fazit: Energieaufbringung und -verwendung in Österreich	41
3.2	Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern	42
3.2.1	Erneuerbare Energie.....	42
3.2.2	Wasserkraft und Windkraft	44
3.2.3	Photovoltaik und Solarthermie	50
3.2.4	Wärmepumpen und feste Biomasse.....	53
3.2.5	Geothermie	58

3.2.6	Biogas und Biotreibstoffe	60
3.2.7	Ökostrom	63
3.2.8	Kernenergie	65
3.2.9	Erneuerbare Energien im EU-Vergleich	68
3.2.10	Zwischenfazit zu erneuerbaren Energieträger im EU-Vergleich:	73
3.2.11	Energieeffizienz	74
3.2.12	Fazit: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern & Energieeffizienz	84
3.3	Versorgungssicherheit & Energiepreise	85
3.3.1	Ausgaben und Einnahmen im Energieaußenhandel	86
3.3.2	Internationale Preisentwicklung	93
3.3.3	Preisentwicklung in Österreich	96
3.3.4	Strompreise	98
3.3.5	Stromgestehungskosten	99
3.3.6	Fazit Versorgungssicherheit und Energieeffizienz	111
4	Potenziale der österreichischen Energiewirtschaft	112
4.1	Elektromobilität	113
4.2	Zahlen, Daten und Fakten rund um die E-Mobilität in Österreich	115
4.3	CO ₂ -Emissionen im Vergleich von Elektrofahrzeugen und Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren	118
5	Szenarien	122
5.1	Szenario 1 – Business As Usual	122
5.2	Szenario 2 – Ambition	126
5.3	Fazit Szenarien	130
6	Ausblick und Zusammenfassung	131
7	Literaturverzeichnis	132
8	Abbildungsverzeichnis	137

1 Einleitung

Klimaschutz und Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen ist in den vergangenen Jahrzehnten eines der größten globalen Themen, denen sich AktivistInnen, LobbyistInnen, PolitikerInnen sowie WissenschaftlerInnen widmen. WissenschaftlerInnen gehen davon aus, dass die weltweiten klimatischen Veränderungen durch den Menschen hervorgerufene anthropogene Treibhausgaswirkungen, beschleunigt und verstärkt wurden. Um das künftige Ausmaß der klimatischen Veränderungen und die Einflüsse auf die Umwelt gering zu halten, sollen durch global gesetzte Klima- und Energiepolitische Ziele, Maßnahmen gesetzt werden, welche das Fortschreiten der bisherigen (negativen) Entwicklung verhindern. Gekoppelt an den Umstand, dass fossile Rohstoffe mit Zunahme der Zeit immer mehr schwinden, sollen Alternativen gefunden werden, um die fossilen Rohstoffe zu entlasten. Im Zuge dieser Schwerpunkte einigten sich alle Staaten der Welt auf globale einheitliche Zielsetzungen. Der Fokus des gemeinsamen „Pariser Abkommen“ ist die Verhinderung des weltweiten Temperaturanstiegs und die Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen, um die den Treibhausgas-Effekt zu minimieren.

Um die definierten Ziele zu erreichen sind über die Jahre viele Maßnahmen und Innovationen entwickelt worden, dabei ist eine der vielversprechendsten Entwicklung die Entstehung der Elektromobilität. Mit der Entwicklung des Elektromotors, sollen vor allem die Freisetzung von CO₂-Emissionen verhindert werden und zeitgleich eine Alternative zu Verbrennungsmotoren, welche fossile Rohstoffe zur Fortbewegung nutzen, bilden.

Da sich der Trend der E-Mobilität immer weiter intensiviert, soll die nachfolgende Arbeit einen wissenschaftlichen Mehrwert über den Einfluss eines verstärkten E-Mobilitätsaufkommen in Form des motorisierten Individualverkehrs auf das österreichische Energiewirtschaftssystem bieten. Zudem soll ermittelt werden, welchen Beitrag die E-Mobilität im motorisierten individualen Verkehr zur Reduzierung der CO₂-Emissionen leisten kann und ob die Zielsetzungen der angestrebten nationalen und internationalen Klima- und Energieziele erreicht werden können.

1.1 Methodik und Ziel der Arbeit

Um die Einflüsse eines verstärkten E-Mobilitätsaufkommen in Form des motorisierten Individualverkehrs auf das österreichische Energiesystem zu erheben, müssen primär die vorhandenen Strukturen, Stränge und Kennzahlen der Energiewirtschaft ermittelt werden. Daher bezieht sich der erste der beiden großen Teile dieser wissenschaftlichen Arbeit auf der Darlegung der österreichischen Energiewirtschaft. Hierbei werden relevante wirtschaftliche Zahlen, Daten und Fakten zu den wesentlichsten Bestandteilen der österreichischen E-Wirtschaft dargelegt. Dabei geht es von den Kapiteln der Energieaufbringung und Energieverbrauch zu erneuerbaren Energien samt Energieeffizienz schlussendlich zu der Versorgungssicherheit und den Energiepreisen. Nach der Präsentation der österreichischen Energiewirtschaft kann die erste Forschungsfrage – die Aufzeigung der Potenziale – beantwortet werden.

Mittels der Elektromobilität der Übergang zu den Szenarien der E-Mobilität geschaffen. In dem zweiten großen Abschnitt der Arbeit wird die vorhandene Elektromobilität samt ihren Vor- und Nachteilen dargestellt. Die anschließenden Szenarien sollen dann Aufschluss über die Tragbarkeit des verstärkten E-Mobilitätsaufkommen auf das österreichische Energienetz vorzeigen. Zudem sollen die Ergebnisse Aufschluss über die gewünschte politische Zielsetzung, der Reduzierung der CO₂-Emissionen liefern.

Um einen vollständigen Umfang der Arbeit zu erlangen, werden die beiden Teile noch am Anfang mit einer Einleitung und (politischen) Rahmenbedingungen sowie am Ende mit einem Fazit/Ausblick zu den vorhandenen Potenzialen der österreichischen Energiewirtschaft in Bezug auf das verstärkte E-Mobilitätsaufkommen ausgestattet. Die gesamte Arbeit wird unter der Heranziehung von wissenschaftlichen Literaturen als auch von Internetrecherchen, erarbeitet.

Die Ziele der Arbeit liegen bei der Ausarbeitung der Darstellung der österreichischen Energiewirtschaft samt ihrer Potenziale sowie der Szenarienbildung eines verstärkten E-Mobilitätsaufkommens. Der nachfolgende Fokus wird dabei auf den Energiesektor und die E-Mobilität gelegt, um die Forschungsfragen fachgerecht zu beantworten.

Die gebildeteren Szenarien samt Berechnungen sollen dabei behilflich sein den erhöhten Energiebedarf bei verstärkten E-Mobilitätsaufkommen des MIVs zu verbildlichen und die Einschätzung zur Umsetzung einer erfolgreichen Reduzierung der CO₂-Emissionen liefern. Zusätzlich sollen noch wesentliche Informationen zu den klima- und energiepolitischen Rahmenbedingungen vermittelt werden.

1.2 Forschungsfragen

Die Forschungsfragen, welche im Zuge der Arbeit thematisiert und beantwortet werden, lauten wie folgt:

1. Welche Potenziale weist die österreichische Energiewirtschaft für die E-Mobilität im MIV (speziell: PKWs) aktuell auf und welche Ressourcen und Möglichkeiten stehen in naher Zukunft zur Verfügung? (Planungshorizont: 10 - 30 Jahre)
2. Ist ein verstärktes Aufkommen der E-Mobilität im MIV in Form von E-PKWs für das österreichische E-Netz tragbar und kann die politisch gewünschte Reduzierung der CO₂-Emissionen erreicht werden?

2 Regularien und Auswirkungen

Im folgenden Abschnitt wird auf die Umweltauswirkungen und Regularien zu den Klima- und Energiezielen eingegangen. Dabei werden vor allem die Themen Treibhausgas-Emissionen und internationale sowie nationale Klima- und Energieziele in den Vordergrund gestellt.

2.1 Treibhausgase

Wie das Umweltbundesamt berichtet, lassen sich die vermehrt auftretenden Wetteranomalien und Extremwetterereignisse auf den Klimawandel zurückführen. Die Hauptursache für das Entstehen dieser Wetteranomalien, sowie der Extremwetterereignisse sind die vom Menschen verursachten Emissionen von Treibhausgasen (THG). (vgl. Umweltbundesamt GmbH (2), 2021)

Treibhausgase sind jene Gase in der Erdatmosphäre, welche den Treibhauseffekt produzieren. (vgl. Stiftung myclimate, 2021) Der Treibhauseffekt ist im Grunde genommen ein natürlicher Prozess, der die Temperatur der Erde massgeblich reguliert. Dabei wird die Erdoberfläche von kurzwelliger Sonnenstrahlung aufgeheizt. Die Oberfläche der Erde reflektiert die einfallende Strahlung als langwellige Wärmestrahlung, welche von den in der Atmosphäre befindlichen Treibhausgasen teilweise absorbiert wird. Durch die anschließende Abgabe der aufgenommenen Energie wird ein Teil der Strahlung an die Erde zurückgestrahlt und die Erdoberfläche und die untere Atmosphärenschicht somit erwärmt. Dieser Prozess bezeichnet den Treibhauseffekt. Seit Beginn des Zeitalters der Industrialisierung steigt das Vorkommen langzeitlicher Treibhausgase massiv. (vgl. Stiftung myclimate (2), 2021) Die meisten Treibhausgase weisen hierbei einen natürlichen oder einen anthropogenen Ursprung auf. (vgl. Stiftung myclimate, 2021)

Zu den klimawirksamen Gasen zählen:

- Kohlendioxid (CO₂ – entsteht beim Verbrauch fossiler Brennstoffe)
 - Methan (CH₄)
 - Distickstoffmonoxid (N₂O)
 - Fluorierte Gase (F-Gase)
- (Umweltbundesamt GmbH (2), 2021)

2.1.1 Kohlendioxidemissionen

Einer der wesentlichen Faktoren für das Fortschreiten der Treibhausgas-Emissionen sind die Kohlendioxid-Emissionen. Vor allem im Verkehrsbereich wird eine Vielzahl dieser Emissionen in die Luft getragen.

Bedingt durch seine hohe atomosphärische Konzentration ist Kohlendioxid nach Wasserdampf das wichtigste Klimagas. Seit Beginn der Industrialisierung ist die globale Konzentration von Kohlendioxid um knappe 45% angestiegen. Aber nicht nur Kohlendioxid-Konzentrationen tragen zu einem verstärkten Treibhauseffekt bei, sondern auch die restlichen klimawirksamen Gase. (vgl.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) - Deutschland, 2021)

Kohlenstoffdioxid oder auch in chemischer Summenformel CO_2 beschrieben, ist eine Zusammensetzung aus Kohlenstoff- und Sauerstoffatomen. Dabei setzt sich die chemische Verbindung aus einem Kohlenstoffatom mit zwei Sauerstoffatomen zusammen. Das Gas ist in seiner Beschaffenheit farblos, wasserlöslich, nicht brennbar, geruchslos und vor allem ungiftig. Neben Stickstoff, Sauerstoff und Edelgasen ist das Gas ein natürlicher und wesentlicher Bestandteil der Luft und ist einer der relevantesten Treibhausgase. In seiner Funktion als Treibhausgas ist CO_2 ein elementarer Bestandteil des natürlichen Treibhauseffekts.

Kohlenstoffdioxid ist, anders als aus den Medien zu entnehmen, per se nicht schädlich oder schlecht. Denn Kohlenstoffdioxid ist natürlich in großen Mengen in der Erdatmosphäre vorhanden. Zudem ist CO_2 ein natürliches Nebenprodukt der Zellatmung vieler Lebewesen und entsteht auch unter anderem bei der Verbrennung von Holz, Kohle, Öl aber auch Gas. Des Weiteren wird Kohlenstoffdioxid beim Zerfall toter Organismen oder natürlicher CO_2 -Quellen wie z.B. Vulkangasen freigesetzt. Sind Kohlenstoffdioxide einmal in der Erdatmosphäre abgesondert, so baut sich CO_2 im Gegensatz zu anderen Stoffen nicht selbst ab. Freigesetztes CO_2 wird im Zuge des Kohlenstoffkreislaufs entweder durch Gewässer physikalisch gespeichert, oder durch Grünpflanzen im Zuge der Photosynthese abgebaut. Solche Kohlenstoffspeicher werden Kohlenstoffsinken genannt. (vgl. Wagener, 2019)

Sind die vorhandenen Kohlenstoffsinken nicht mehr in der Lage, die durch die Menschen verursachten, zusätzlichen Kohlenstoffdioxide gänzlich zu binden oder umzuwandeln, steigt folglich die Sättigung in der Erdatmosphäre mit Kohlenstoffdioxid. Bei diesem Umstand wird von dem des anthropogenen Treibhausgaseffekt gesprochen. Dieser von den Menschen erzeugte Treibhausgaseffekt hat – wie in diversen Fachpublikationen und den Medien berichtet wird – negative Auswirkungen. (vgl. Wagener, 2019)

Zur weiteren Aufklärung der Kohlendioxidemissionen (CO_2) schreibt die Statistik Austria, dass die CO_2 -Emissionen getrennt nach Emissionen aus fossilen, biogenen, sowie sonstigen Quellen ausgewiesen werden. Der Grund dahinter ist, dass Kohlendioxidemissionen aus biogenen Quellen nicht als klimawirksam angesehen werden, da diese bei der Verbrennung freigesetzte, Mengen in nachwachsenden Rohstoffen gebunden werden und somit CO_2 -neutral sind. Kritisch hingegen zu sehen sind die Emissionen aus fossilen und sonstigen Quellen. Sonstige Quellen umfassen alle CO_2 -Emissionen, welche nicht durch Verbrennungsprozesse entstehen. Darunter zählt unter anderem der Prozess der Umwandlung von Kalkstein zu Zementklinker in der Zementproduktion. (vgl. Statistik Austria, 2020)

Die nachfolgende Darstellung Abbildung 1 veranschaulicht die Entwicklung der CO_2 -Emissionen in Österreich im Zeitraum von 1995 bis 2018 in 1.000 Tonnen. Wie zu entnehmen sank der Ausstoß an CO_2 aus fossilen Quellen zwischen 1995 und 2018 um etwa 0,6% auf 49,6 Mio. Tonnen. Dabei verzeichnete sich im gleichen Zeitraum eine Zunahme aus sonstigen Quellen um beinahe 20% auf 13,4 Mio. Tonnen. In Summe stiegen diese Emissionen zwischen 1995 und 2018 um 3,1% auf 63,0 Mio. Tonnen an. Der bisherige Höchstwert an CO_2 -Emissionen wurde mit rund 74 Mio. Tonnen im Jahr 2005 erzielt. Der Rückgang der CO_2 -Emissionen aus fossiler und aus sonstigen Quellen im zeitlichen Horizont von 2005 auf 2010 ist zu einem großen Teil auch auf die Wirtschaftskrise des Jahres 2008 zurückzuführen. Der darauffolgende Anstieg in den Jahren danach kann wiederum mit der Erholung der Wirtschaft und steigenden Produktionsmengen erklärt werden. Wie das Balkendiagramm

veranschaulicht, ist der Ausstoß von CO₂-Emissionen biogener Quellen über den betrachteten Zeitraum um mehr als 90% - auf 24 Mio. Tonnen gestiegen. Dies ist ein Indikator, dass die Bedeutung der biogenen Brenn- und Treibstoffe einen zunehmenden hohen Stellenwert einnehmen. (vgl. Statistik Austria, 2020)

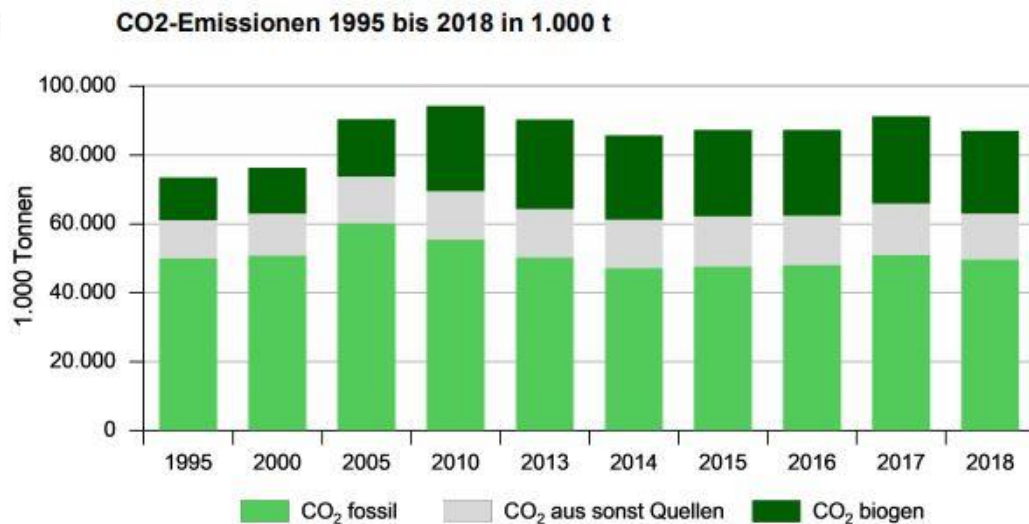


Abbildung 1: CO₂ - Emissionen 1995 bis 2018 in 1.000 t, Quelle: Statistik Austria, 2020

Da die Kohlenstoffdioxid-Emissionen einen immensen Einfluss auf den – anthropogene – Treibhausgaseffekt aufweist und einer der Hauptverursacher der Treibhausgase im Bereich Verkehr vorzufinden ist, wird der Fokus im Zuge dieser Arbeit auf die CO₂-Emissionen gelegt. Daher werden in den nachfolgenden Kapiteln immer wieder Vergleiche oder Bezüge zu den Kohlenstoffdioxid-Emissionen gezogen und sollen schlussendlich auch am Ende der Arbeit – vor allem im Kapitel Szenarien - eine wesentliche Rolle einnehmen.

Um nochmals darauf hinzuweisen, durch die Hervorhebung und Fokussierung der Kohlenstoffdioxid-Emissionen sollen die restlichen Treibhausrelevante Gase nicht untergeordnet werden, denn diese sind für den anthropogenen Treibhausgaseffekt ebenso entscheidend. Da im Bereich der CO₂-Emissionen der Großteil im Verkehrsbereich zu tragen, kommt und hier erhöhter Handlungsbedarf besteht, wird das Hauptaugenmerk auf diesen Aspekt gelegt.

Um die Klimawirksamkeit der Treibhausgase miteinander vergleichen zu können und auch das Erwärmungspotential der Gase definieren zu können, werden die Emissionswerte aller zuvor aufgezählten Gase in CO₂ - Äquivalent umgerechnet. (vgl. Stiftung myclimate, 2021)

2.1.2 THG-Emissionstrend und Stand Zielerreichung

Wie die nachfolgende Abbildung 2 verbildlicht, wurden 2019 in Österreich 79,8 Mio. Tonnen Kohlendioxid-Äquivalent emittiert. Gegenüber des Kyoto-Basisjahr 1990 entspricht dies einen Anstieg von 1,8%. Gemessen im Vergleich zum Vorjahr (2018) verzeichnet sich somit eine Zunahme um 1,5%. Zurückzuführen auf den Anstieg der Treibhausgas-Emissionen im Vergleich zum Vorjahr sind ausschlaggebende Faktoren der erhöhten Stahlproduktion, sowie die zunehmende Stromproduktion in Erdgas-Kraftwerken. Werden jedoch nur die vom Klimaschutzgesetz (KSG) umfassten Sektoren (Nicht-Emissionshandelsbereich) betrachtet, so liegen die Treibhausgas-Emissionen 2019 bei 50,2 Mio. Tonnen Kohlendioxid-Äquivalent. Somit befindet sich der Emissionswerte um ca. 1,9 Mio. Tonnen über dem nationalen Zielwert für das Jahr 2019.

Treibhausgas - Emissionen in Mio. t CO₂ - Äquivalent in Österreich von 1990-2019:

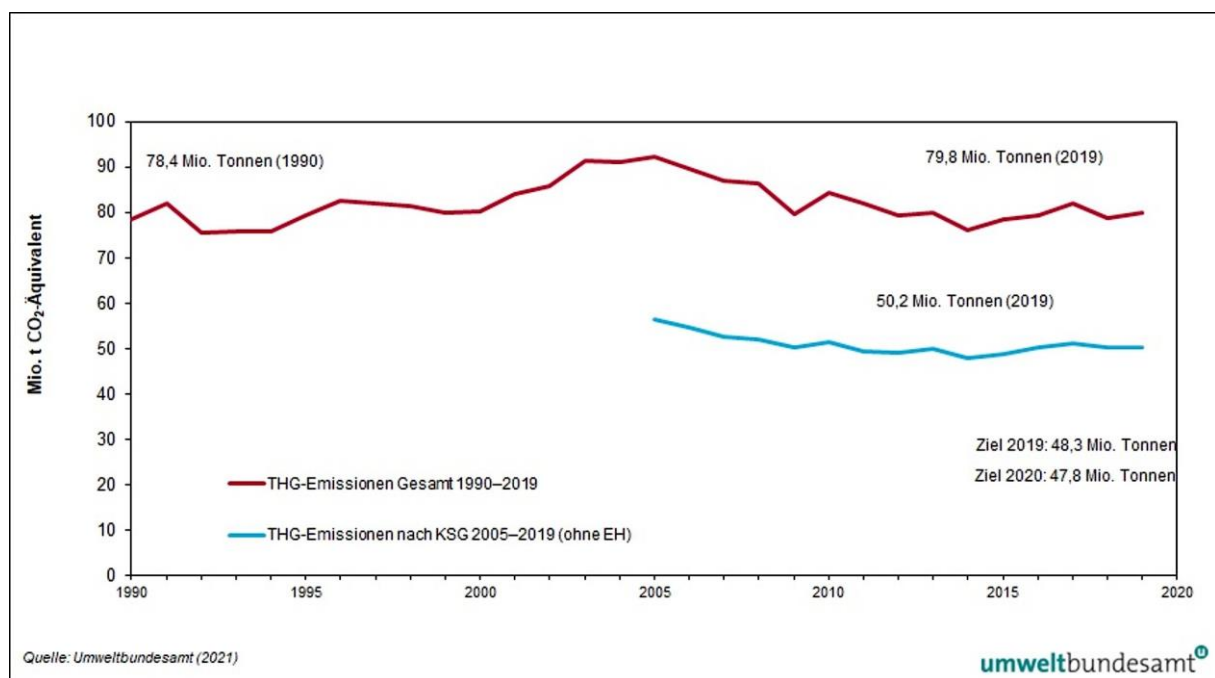


Abbildung 2: Treibhausgas - Emissionen in Mio. t CO₂ - Äquivalent in Österreich von 1990-2019, Quelle: Umweltbundesamt 2021

2.1.3 Treibhausgas-Emissionen nach Sektoren

Wie aus dem nachfolgenden Diagramm 3 zu entnehmen sind die größten Verursacher der Treibhausgas-Emissionen die Sektoren Energie und Industrie (EH* - 37%), Verkehr (30%), sowie Gebäude und Landwirtschaft (jeweils 10%). Den Abschluss bilden die Sektoren Energie und Industrie – nicht EH (7%) gefolgt von der Abfallwirtschaft sowie den fluorierten Gasen (jeweils 3%). 2019 beliefen sich die Gesamtemissionen des Sektors Energie und Industrie auf 35,0 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent. An zweiter Stelle fielen 24,0 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent auf den Bereich des Verkehrs zurück. Die beiden Sektoren der Gebäude und Landwirtschaften verursachten im selben Jahr jeweils 8,1 Mio. Tonnen. Rund 6,6 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent wurden von der Energie und Industrie – nicht EH Sektor verursacht. Die Abfallwirtschaft produzierte 2,3 Mio. Tonnen und die Fluorierten Gase 2,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent. (vgl. Umweltbundesamt GmbH (2), 2021)

*EH = Emissionshandel

Anteil THG – Emissionen 2019 in Österreich in Mio. Tonnen Äquivalent

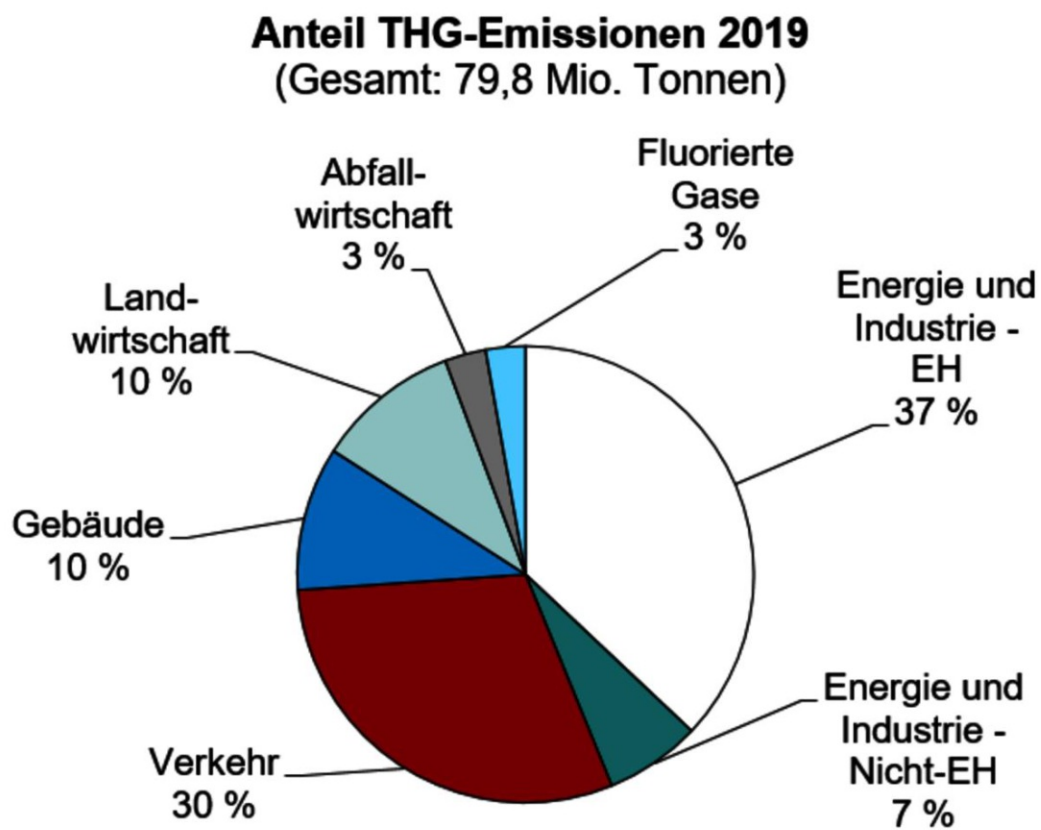


Abbildung 3: Anteil THG-Emissionen Äquivalent 2019, Quelle: Umweltbundesamt 2021

2.1.4 Treibhausgas-Emissionen im Verkehrssektor

Wie aus der vorherigen Abbildung 3 ersichtlich ist der Verkehrssektor einer der Hauptverursacher der Treibhausgas-Emissionen. Hierbei befindet sich der größte Anteil der Emissionen im Verkehr beim motorisierten Individualverkehr (PKWs). (Umweltbundesamt GmbH (Vekehr Klima), 2021)

Wie anhand der Abbildung 4 zu entnehmen ist ein Anstieg der Treibhausgas-Emissionen um knapp 75% seit 1990 ersichtlich. Dabei kam es 2019 im Vergleich zum Jahr 2018 um eine Zunahme von 0,1 Mio. Tonnen Kohlendioxid-Äquivalent. Dies erscheint auf den ersten Blick jedoch nicht nach einem gravierenden Zuwachs, verdeutlicht dennoch, dass es zu einem nahezu stetigen und kontinuierlichen Anstieg führt. Der Zuwachs an Treibhausgas-Emissionen resultiert aufgrund der Zunahme von Kraftstoffabsätzen – vor allem Diesel – sowie der gestiegenen Fahrleistung im Bereich der leichten Nutzfahrzeuge. Dank dem Einsatz von Bio-kraftstoffen konnte im Jahr 2019 eine Einsparung von 1,56 Mio. Kohlendioxid-Äquivalent erzielt werden. (vgl. Umweltbundesamt GmbH (Vekehr Klima), 2021)

Um einen erheblichen Einfluss auf die Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen zu erreichen und somit die mittel- bis langfristigen Klimaschutzziele zu erreichen wird in der nachfolgenden Arbeit das Thema Energieverbrauch und Kohlendioxid-Emissionen (CO₂ Emissionen) in Bezug auf den motorisierten Individualverkehr behandelt. Da der Bereich Verkehr den zweit größten Anteil an Treibhausgas-Emissionen erzeugt, besteht hier erhöhter Handlungsbedarf. Daher handeln die nachfolgenden Kapitel über die Beschaffenheit und die Potenziale der österreichischen Energiewirtschaft in Hinblick auf Szenarien zur E-Mobilität im motorisierten Individualverkehr.

Um die Treibhausgas-Emissionen zu reduzieren hat sich die Europäische Union das Ziel gesetzt die Treibhausgas-Emissionen stufenweise bis zum Jahr 2050 zu reduzieren. Hierfür wurden unterschiedliche klima- und energiepolitische Projekte und Arbeitspakete geschaffen, welche die europäische Union bis 2050 zu einer CO₂ armen Wirtschaft transformieren soll.

2.2 Klima und Energieziele - Rechtliche Verankerungen in Österreich

2.2.1 Kyoto-Protokoll: "Schwarze Liste" für Treibhausgase

Das Kyoto-Protokoll ist ein Abkommen, welches 1997 von der dritten Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen unterzeichnet wurde. Das Abkommen ist seit 2005 in Kraft und bildet weltweit dem ersten völkerrechtlichen verbindlichen Vertrag zur Eindämmung des Klimawandels. Es zielt darauf ab, den Ausstoß klimaschädlicher Gase zu senken. (vgl. Umweltbundesamt Deutschland, 2013)

In der internationalen Klimapolitik wird das Protokoll als Meileinsein betrachtet. Das Kyoto-Protokoll wurde insgesamt von 191 Staaten ratifiziert. Unter diesen Staaten befinden sich alle EU-Mitgliedsstaaten, sowie überaus einflussreiche Schwellenländer wie beispielsweise Brasilien, China, Indien oder auch Südafrika. Die Vereinigten Staaten von Amerika haben bis heute dem Kyoto-Protokoll nicht zugestimmt und nicht ratifiziert. Mit Kanada ist ein Staat im Jahr 2013 bereits ausgetreten. (vgl. Landeszentrale für politische Bildung Baden-Württemberg, 2021)

Das Protokoll zur Senkung der Treibhausgas-Emissionen umfasst bislang zwei Verpflichtungsperioden. Die erste Periode erstreckte sich von 2008-2012 und die zweite Phase von 2013-2020.

Erste Verpflichtungsperiode

In der ersten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls, waren die Industriestaaten dazu verpflichtet innerhalb der Periodenlaufzeit ihre Treibhausgas-Emissionen insgesamt um fünf % gegenüber Ihrer Emissionen aus dem Jahr 1990 zu senken. Die Mitgliedsstaaten der europäischen Union haben sich dazu festgelegt, ihre Emissionen innerhalb des Zeitraums um acht % gegenüber dem Jahr 1990 zu reduzieren. Hierbei wurde jedoch ein Gesamtziel der europäischen Union definiert und es kam aufgrund einer EU-internen Lastenverteilungsverfahren zu einer individuellen Zielsetzung jedes einzelnen Staates. So kam es, dass Länder unterschiedlich hohe Zielvorgaben hatten. Deutschland beispielsweise verpflichtete sich, 21% weniger Treibhausgase zu emittieren. (vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) Deutschland, 2017) Österreich hat sich in der ersten Verpflichtungsperiode zum Ziel gesetzt, seine Treibhausgas-Emissionen um 13% zu reduzieren und liegt somit weitaus höher, als der Durchschnitt der europäischen Union. (vgl. Wiener Umweltschutzanstalt, 2018)

Nach den Berechnungen der europäischen Umweltagentur haben es die damaligen 15 Mitgliedstaaten der europäischen Union geschafft, innerhalb der ersten Periode ihre Treibhausgas-Emissionen um durchschnittlich 11,7% gegenüber dem Ausgangsjahr 1990 zu reduzieren. Dabei wurde das Ziel deutlich übertroffen. (vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) Deutschland, 2017)

Vor allem Deutschland erreichte eine Einsparung von 23%, währenddessen Österreich sein Zielwert nicht tatsächlich erfüllen konnte. Die Treibhausgas-Emissionen stiegen während der Periode sogar deutlich an. Um die Vorgabe des Kyoto-Protokolls einzuhalten wurden daher, mussten deshalb etwa 70 Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente – im Wert von hunderten Millionen Euro – in Form von Zertifikaten zugekauft werden. Somit hat Österreich zum Ausgleich für die Zielverfehlung der Senkung

der CO₂ -Emissionen im eigenen Land Zertifikate erworben, um seine Verpflichtung rein rechtlich einzuhalten. Jedoch wurde somit das eigentliche Ziel – die Reduzierung der CO₂ -Emissionen innerhalb der eigenen Wirtschaft und der Schritt in Richtung der Transformation hinzu Klimaneutralität – verfehlt. (vgl. Wiener Umwelthanwaltschaft, 2018)

Formal betrachtet haben alle Staaten, welche im Kyoto-Protokoll gelistet waren ihre Ziele und Versprechen eingehalten. In Summe sind die Treibhausgas-Emissionen im Vergleich zu 1990 um etwas mehr als 20% zurückgegangen. Jedoch lässt sich die Reduzierung der Treibhausgasemissionen nicht ausschließlich und zweifelsfrei auf das Kyoto-Protokoll zurückführen. Denn die Einsparungen wurden auch von historischen Ereignissen beeinflusst. So nahmen der Zusammenbruch der Industrieproduktion in den ehemaligen Ostblock-Staaten Anfang der 1990er Jahren, sowie durch den Einbruch der globalen Wirtschafts- und Finanzkrise 2008, einen erheblichen Einfluss auf die Reduzierung. Zwar konnten die Werte der Treibhausgasemissionen in der ersten Periode des Kyoto-Protokolls gesenkt und die Zieldefinitionen eingehalten werden, dennoch zeigt der weltweite Emissionstrend eine andere Entwicklungstendenz. (vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) Deutschland, 2017)

Zweite Verpflichtungsperiode

Nach einer mehrjährigen Verhandlung (über fünf Jahre) einigten sich die Vertragsstaaten auf eine Verlängerung des Kyoto-Protokolls. Die zweite Verpflichtungsperiode erstreckt sich von 2013 bis 2020. Im Rahmen der Verlängerung des Kyoto-Protokolls verpflichteten sich die Mitgliedstaaten des Protokolls bis zum Ende der Periode ihre Treibhausgas-Emissionen um insgesamt 18% gegenüber 1990 zu minimieren. Die europäische Union hat sich - wie bereits in der vorläufigen Periode - dazu verpflichtet, über dieses Ziel hinaus einen höheren Emissionseinsparungswert festzulegen. (vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) Deutschland, 2017)

Zu den definierten Zielen wurden auch noch weitere wichtige Änderung des Protokolls vorgenommen. Die wichtigsten Änderungen sind im Folgenden ausgewiesen:

- *Japan, Kanada, Neuseeland und Russland sind in der zweiten Verpflichtungsperiode nicht dabei. Die USA nehmen auch diesmal nicht teil. Die Länder mit Reduktionsverpflichtungen sind die EU und ihre 27 Mitgliedstaaten, Australien, Island, Kasachstan, Kroatien, Liechtenstein, Monaco, Norwegen, Schweiz, Ukraine und Weißrussland. Zusammen sind sie für lediglich 15 % der globalen Emissionen verantwortlich.*
- *Die zweite Verpflichtungsperiode umfasst nun acht Jahre (2013-2020), im Vergleich zur fünfjährigen ersten Verpflichtungsperiode.*
- *Zusätzlich zu den bisher sechs reglementierten Treibhausgasen kommt in der zweiten Verpflichtungsperiode auch Stickstofftrifluorid (NF₃) hinzu. Es wird hauptsächlich bei Industrieprozessen ausgestoßen, zum Beispiel bei der Produktion von Flachbildschirmen und Solarzellen.*
- *Regeln zur Anrechnung der Emissionen aus dem Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF) wurden deutlich verändert. Die Anrechnung emittierter oder eingebundener Treibhausgase aus der Forstwirtschaft ist nicht verpflichtend. Angerechnet wird dabei die Differenz zu einem Referenzniveau, das für die meisten Staaten eine Business-as-usual-Projektion bis zum Jahr 2020 ist. Emissionen aus natürlichen Störungen (Sturm, Feuer, und anderen) können unter bestimmten Bedingungen*

von der Anrechnung ausgenommen werden. Die Veränderung des in Holzprodukten gespeicherten Kohlenstoffs können nun auch angerechnet werden. Es wird nicht mehr angenommen, dass mit der Holzernte aller in den Ernteprodukten enthaltene Kohlenstoff sofort emittiert wird. Eine neue freiwillige Aktivität wurde eingeführt: Trockenlegung und/oder Wiedervernässungen von Feuchtgebieten.

- *Beschluss des neuen Ambitionsmechanismus: In 2014 können die dem Kyoto-Protokoll unterliegenden Staaten ihre Minderungsziele ohne neuen Ratifizierungsprozess anheben. In Kraft treten die neuen Ziele dann nach Verabschiedung durch die Vertragsstaatenkonferenz.*
- *Offiziell können überschüssige Emissionsrechte aus der ersten Verpflichtungsperiode vollständig übertragen und im Emissionshandelssystem gehandelt werden. Durch eine politische Erklärung haben sich die EU und weitere Kyoto-II-Staaten selbst verpflichtet, in der zweiten Verpflichtungsperiode keine Überschusszertifikate zu kaufen. Dadurch wurde ein Handel mit diesen Emissionsrechten de facto ausgeschlossen. Der Umgang mit den Überschusszertifikaten nach der zweiten Verpflichtungsperiode wurde nicht geklärt.*
- *Neue Begrenzung von Überschusszertifikaten in der zweiten Verpflichtungsperiode: Überschüssige Emissionszertifikate werden automatisch gelöscht, falls das Emissionsbudget der zweiten Verpflichtungsperiode die durchschnittlichen Emissionen aus den ersten drei Jahren der ersten Verpflichtungsperiode (2008-2010) multipliziert mit acht übersteigt. (Umweltbundesamt Deutschland, 2013)*

Diese Veränderungen des Kyoto-Protokolls vor Beginn der zweiten Verpflichtungsperiode sollen dazu führen, dass die Ziele zur Treibhausgas-Emissionen erreicht werden und somit ein positiver Umwelteinfluss vorangetrieben wird. Jedoch zeigt sich, dass der weltweite Emissionstrend eine andere unerwünschte Richtung einnimmt. Denn bereits innerhalb der ersten Verpflichtungsperiode (2008-2013) erfolgte bis zum Jahr 2010 ein Anstieg der Treibhausgasausstöße um beinahe 30% gegenüber zum Ausgangsjahr 1990. (vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) Deutschland, 2017)

Auch aktuelle Prognosen weisen darauf hin, dass sich die Treibhausgas-Emissionen in 2021 und in den Folgejahren erhöhen werden. Dabei werde sich der Anstieg deutlich vom prognostizierten Wirtschaftswachstum unterscheiden, so das Ergebnis einer WIFO-Studie. Grund für den erhöhten Zuwachs der Treibhausgas-Emissionen ist die Produktion von Waren, welche die emissionsintensiven Sektoren umfasst. (vgl. Österreichischer Rundfunk - ORF, 2021)

Global betrachtet sind für den Anstieg der Treibhausgas-Emissionen neben einigen Industrieländern insbesondere die sich rasch entwickelnden Schwellenländer, wie zum Beispiel China und Indien, denen es zunehmend schwerer fällt, den CO₂ -Ausstoß ihrer boomenden Wirtschaft in den Griff zu bekommen, verantwortlich. (vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) Deutschland, 2017)

Der größte Schwachpunkt des Kyoto-Protokolls ist jedoch, dass nur Industrieländer mit Zielvorgaben ausgestattet werden. Länder wie z.B. die USA haben das Kyoto-Protokoll nie ratifiziert, zählen aber als zweitgrößter Treibhausgasemittenten weltweit. Die größten Zuwächse der Treibhausgas-Emissionen im letzten Jahrzehnt stammen hierbei aus Entwicklungsländern, diese werden im Kyoto-Protokoll jedoch nicht berücksichtigt. Aufgrund dieses Sachverhaltes wurde in den letzten Jahren intensiv an

einem neuen, umfassenden Klimaschutzabkommen gearbeitet und Verhandlungen durchgeführt. Im Dezember 2015 einigten sich alle 196 Staaten auf das Übereinkommen von Paris. (vgl. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2021)

2.2.2 Übereinkommen von Paris

Das Übereinkommen von Paris ist das erste umfassende und rechtsverbindliche Instrument zum Umweltklimaschutz. Die weltweite Klimaschutzvereinbarung wurde im Dezember 2015 auf der Pariser Klimakonferenz (COP21) beschlossen und trägt daher den Namen „Pariser Abkommen“. Damit die Klimaschutzvereinbarung in Kraft treten konnten, mussten mindesten 55 Länder, welche für mindesten 55 % der weltweit entstehenden Emissionen verantwortlich sind, ihre Zustimmung erteilen und ihre Ratifikationsurkunde hinterlegen. In Summe haben sich fast 190 Vertragsparteien zu dem Abkommen bekannt. Darunter zählen auch alle Mitgliedsstaaten der europäischen Union. (vgl. Europäische Union, 2021)

Ziele des Übereinkommens

Das Übereinkommen von Paris zielt darauf ab, die die fortschreitende globale Erderwärmung zu verhindern bzw. diese so gering wie möglich ansteigen zu lassen, sowie die weltweiten Treibhausgas-Emissionen zu limitieren und auf den Ausstoß der Treibhausgase zu achten. Mit der Zielvereinbarung der Staaten wurde ein großer Durchbruch in der internationalen Klimapolitik manifestiert. Die Zielsetzung sieht hierbei wie folgt aus:

- *die **globale Erderwärmung auf maximal zwei Grad Celsius** gegenüber vorindustriellen Werten begrenzt werden soll und zudem Anstrengungen unternommen werden sollen, den Anstieg auf 1,5 Grad Celsius zu begrenzen*
- *die **globalen Treibhausgasemissionen** so bald wie möglich ihr Maximum erreichen sollen und **bis Mitte des 21. Jahrhunderts auf Null gesenkt** werden sollen*
- *alle Staaten der Welt alle fünf Jahre **nationale Beiträge** (Nationally-Determined Contributions, NDCs) zur **Emissionsreduktion** vorlegen und umsetzen müssen; dabei soll die **Ambition kontinuierlich gesteigert** werden*
- *auch die **Anpassung an unvermeidbare Folgen des Klimawandels umfassend behandelt** wird sowie*
- *Maßnahmen der **Entwicklungsländer unterstützt** werden (mittels **Kapazitätsaufbau, Technologietransfer und Finanzierung**).*
(Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), 2021)

Im Gegensatz zu den vorherigen Klimaschutz Projekten dem Kyoto-Protokoll haben nun fast alle Staaten der Welt im Abkommen von Paris ihre nationalen Klimaschutzziele definiert. Mit der Ratifizierung sind nun die Staaten völkerrechtlich dazu verpflichtet, Maßnahmen zu der Zielerreichung zu ergreifen. Ein weiterer und überaus wichtiger Teil des Abkommen stellt die Unterstützung

ökonomisch schwächerer Länder dar. Durch das Abkommen erhalten wirtschaftsschwächere Staaten Wissens- und Technologietransfer, sowie auch finanzielle Hilfe, um ihre Maßnahmen zum Klimaschutz umzusetzen und folglich auch zu erreichen. Die jeweiligen nationalen Klimaschutzziele wurden im Abkommen von den Staaten selbst definiert. Im Zuge des Pariser Abkommens sind alle teilnehmenden Staaten dazu verpflichtet, alle fünf Jahre neu Ziele festzusetzen, welche deutlich motivierter sein müssen als die vergangenen. Die Umsetzungskontrolle erfolgt durch ein Komitee, welche die Regeln zur Transparenz sicherstellt und die Staaten bei ihren Verpflichtungen begleitet. (vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2), 2017)

Kritik am Pariser Abkommen

In den vergangenen Jahren kritisierten Forschende und die Klimabewegungen in der Bevölkerung unter anderem, dass die vollzogenen internationalen Klimaverhandlungen und Abkommen zwar überaus relevante Fortschritte erzielt haben, diese jedoch zu langsam umgesetzt werden würde und die nationalen Selbstverpflichtungen zu gering sind. Unter der Voraussetzung der Beibehaltung bestehender Selbstverpflichtungen werden weder das zwei Grad - Ziel noch das eineinhalb Grad-Ziel erreicht. Ein weiteres großes Problem sei, dass die vorgesetzten Höchstwerte an Treibhausgas-Emissionen mit dem Pariser Abkommen zwar völkerrechtlich verbindlich sind, jedoch bei der Nichterfüllung der Ziele keinerlei Sanktionen drohen. Somit entstehe keine tatsächliche Verbindlichkeit der Umsetzung und Einhaltung und führe zu einer nicht zwingenden Zielerreichungspolitik. (vgl. Bundeszentrale für politische Bildung, 2020)

Bereits Ende 2016 haben 163 Staaten des Pariser Abkommens ihre eigenen Pläne zur Treibhausgasreduzierung und Vorantreibung ihrer nationalen Klimapolitik präsentiert. Doch viele dieser Länder sind aktuell weit davon entfernt, ihre Klimaziele bis 2030 zu erreichen. Laut „The Intergovernmental Panel on Climate Change“ (IPCC) müssten die CO₂ -Emissionen bis 2030 um 45 % gegenüber dem Wert von 2010 verringert werden oder bis 2050 auf null reduziert werden, um die Zielsetzung des Abkommens des eineinhalb Grad-Zieles zu erfüllen. Die für Ende 2020 angesetzte 26. UN-Klimakonferenz in Glasgow musste aufgrund der Corona-Pandemie abgesagt werden. Die Vertagung der Klimakonferenz wird voraussichtlich Ende Oktober bis Mitte November 2021 erfolgen. (vgl. Bundeszentrale für politische Bildung, 2020)

2.2.3 „Klima- und Energiepaket 2020“ der EU

Neben des Pariser Abkommens und des Kyoto-Protokolls setzte sich die europäische Union mit dem Klima- und Energiepaket 2020 selbst weitere Klima-Ziele. Im Vordergrund stehen dabei die Reduktion der CO₂-Emissionen, die intensivere Nutzung nachhaltiger Energieträger, sowie der Verbesserung der Energieeffizienz. Die definierten Ziele lauten:

- *eine Senkung der Treibhausgasemissionen um 20 % (gegenüber dem Stand von 1990),*
 - *eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energie um 20 % (ausgehend von 9,8 % im Jahr 2010)*
 - *sowie eine Verbesserung der Energieeffizienz um 20 %.*
- (Wiener Umwelthanwaltschaft, 2018)

Neben diesen drei wichtigsten Kernzielen des Pakets werden weitere Unterziele zur Erreichung der Hauptziele definiert. Vor allem die nationalen Emissionsminderungsziele, sowie der nationalen Ziele der erneuerbaren Energien stehen hier im Vordergrund.

Nationale Emissionsminderungsziele

Die Ziele der nationalen Emissionsminderung gelten für die Lastenteilungsbranchen. Unter diesen Branchen zählen Bereiche, welche nicht vom Emissionshandelssystem (EHS) abgedeckt sind bzw. die nicht in den Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaftsbereich fallen. Auf sie entfielen im Jahr 2019 rund 60 % aller Emissionen in der EU (ohne den internationalen Luftverkehr). (vgl. Europäische Kommission (2), 2021)

Branchen, die nicht unter das Emissionshandelssystem fallen:

- *Wohnungswesen*
 - *Landwirtschaft*
 - *Abfall*
 - *Verkehr (mit Ausnahme des Luftverkehrs)*
- (Europäische Kommission (2), 2021)

Im Zuge der Lastenteilungsvereinbarung haben die EU-Mitgliedstaaten verbindliche Jahresziele zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen dieser Wirtschaftszweige bis 2020 (gegenüber dem Stand von 2005) festgelegt. Dabei variieren diese Ziele jedoch je nach Wohlstand und Wirtschaftsstand der Länder und reichen von einer Verringerung um 20 % (für die reichsten EU-Länder) bis zu einem Anstieg um höchstens 20 % (für die am wenigsten wohlhabenden Länder). Generell gilt die Vereinbarung, dass weniger wohlhabende Staaten ebenso dazu angehalten sind, Anstrengungen zur Senkung ihrer Emissionen zu unternehmen und nicht bis 2020 von diesen Regelungen ausgenommen sind. (vgl. Europäische Kommission (2), 2021)

2.2.4 Erneuerbare Energie – nationale Ziele

Neben den nationalen Emissionsminderungsziele stehen erneuerbare Energien im Vordergrund des Klima- und Energiepakets 2020. Im Rahmen der Richtlinie über die Energie aus regenerativen Quellen haben alle Mitgliedsstaaten der europäischen Union verbindliche nationale Ziele zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energie an ihrem Energieverbrauch bis 2020 festgelegt. Ähnlich wie im vorhergehenden Abschnitt variieren diese Ziele. Abhängig hierbei ist dies von der Ausgangslage und Fähigkeit der Länder, die Erzeugung erneuerbarer Energie zu erhöhen. Die Bandbreite erstreckt sich von zehn % in Malta bis hin zu 49% in Schweden.

Die europäische Union erreicht ihre definierten Ziele der erneuerbaren Energien, wenn:

20% - Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch bis 2020 (mehr als Verdopplung gegenüber den 9,8% im Jahr 2010) aus regenerativen Quellen stammen und 10% erneuerbare Energie im Verkehrssektor eingesetzt werden. (vgl. Europäische Kommission (2), 2021)

Im Klima- und Energiepaket 2020 ist vorgesehen, dass der überwiegende Anteil der Treibhausgasreduktion im Emissionshandelssektor erreicht werden soll. Dieser Sektor umfasst besonders treibhausgas-relevante Bereiche, wie zum Beispiel die Stromerzeugung oder die Zementindustrie der EU-Länder. Aufgrund eines vorhandenen Überschusses an über die Jahre erworbenen CO₂-Zertifikaten sind die Preise der Zertifikate jedoch seit Langem viel zu gering, um der Industrie ernsthafte Anreize für relevante CO₂-Einsparungen zu schaffen. Die bisherig tatsächlich erreichten bisherigen (gewünschten) Ergebnisse blieben deshalb deutlich hinter den Erwartungen. Für die weiteren Sektoren (wie z.B.: Verkehr, Raumwärme, Abfall etc.) wurden für jeden Mitgliedstaat der EU individuelle Zielvorgaben verbindlich vereinbart. (vgl. Wiener Umwelthanwaltschaft, 2018)

Um die festgelegten Ziele des Klima- und Energiepakets, sowie des Kyoto-Protokolls zu erreichen, musste Österreich seine Treibhausgas-Emissionen (ohne Emissionshandel) gegenüber 2005 um 16 % reduzieren. Zusätzlich war vorgesehen, dass ein geradliniger Zielpfad von 2013 bis 2020 eingehalten werden muss. Gemäß dem Beschluss (EU) 2017/1471 der Europäischen Kommission von 2017 ist für 2020 eine Emissionshöchstmenge von 47,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent einzuhalten. Wie anhand der nachfolgenden Abbildung 5 des Umweltbundesamtes ersichtlich, befindet sich Österreich in etwa auf Zielpfad, obwohl die Gesamtemissionen (inklusive der dem Emissionshandel/EH unterstehenden Bereiche) im Jahr 2018 immer noch rund 79 Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalent betrug. Somit konnte eine Reduzierung gegenüber 1990 nicht erreicht werden.

Treibhausgas - Emissionen in Mio. t CO₂ - Äquivalent in Österreich von 1990-2019:

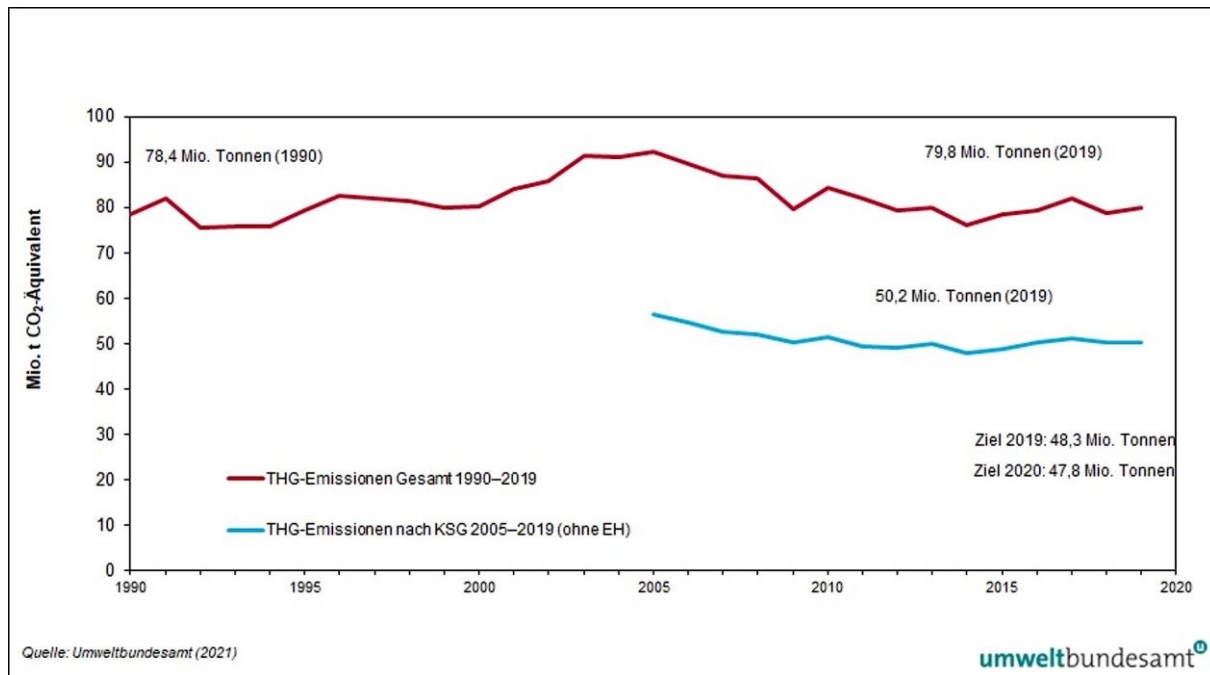


Abbildung 4: Treibhausgas - Emissionen in Mio. Tonnen CO₂ - Äquivalent in Österreich von 1990-2019,
Quelle: Umweltbundesamt 2021

2.2.5 „EU-Klima- und Energiepolitik“ bis 2030

Nach der abgeschlossenen Klima- und Energiepolitik der vergangenen Periode bis 2020 folgt im Anschluss die Zielsetzung jener für das nächste Jahrzehnt. Der Klima- und energiepolitische Rahmen erstreckt sich bis 2030 und umfasst die EU-weiten Zielvorgaben und politische Ziele für den Zeitraum 2021-2030. Im Rahmen des Arbeitspaketes dem sogenannten Grünen Deal hat die Kommission am Ende der vorherigen Periode die Zielvorgabe gesetzt, bis zum Jahr 2030 die Verringerung der Treibhausgas-Emissionen (Emissionen und Abbau) auf mindestens 55% gegenüber von 1990 zu erhöhen. Die Kommission prüft in dieser Phase, welche der Maßnahmen in allen Sektoren notwendig sind, um die die Zielerreichung bedingungslos zu erfüllen. Dabei wird neben der Reduktion der Treibhausgas-Emissionen auch ein verstärkter Fokus auf die Energieeffizienz und den Einsatz erneuerbarer Energien gelegt. (vgl. Europäische Kommission (3), 2021)

Die zentralen Ziele der Klima- und Energiepolitik bis 2030 sind wie folgt definiert:

- Senkung der Treibhausgasemissionen um mindestens 40 % (gegenüber 1990)
 - Anteil von Energie aus erneuerbaren Quellen von mindestens 32 %
 - Steigerung der Energieeffizienz um mindestens 32,5 %
- (Europäische Kommission (3), 2021)

Das wohl wichtigste Ziel, die Senkung der Treibhausgasemissionen um mindestens 40%, soll mit Hilfe des EU-Emissionshandelssystems, der Lastenteilungsverordnung und der Verordnung der Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft erreicht werden. Durch diese Ausrichtung tragen alle Sektoren zur Verwirklichung der Zielvorgabe der 40% Grenze bei, indem sie die Treibhausgas-Emissionen zum einen senken und zum anderen den Abbau ebendieses steigern. Die drei klimaorientierten Rechtsakte werden derzeit aktualisiert, um die definierte Zielvorgabe der Reduktion

der Treibhausgas-Emissionen zu erreichen. Die Kommission wird Vorschläge bis Mitte 2021 vorlegen und weitere Beschlüsse fassen. (vgl. Europäische Kommission (3), 2021)

Langfristigungsstrategie 2050

Die Langfristigungsstrategie 2050 ist eine von Österreich eigen geschaffene Strategie, welche auf Grundlage der Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates über das Governance-System für die Energieunion und den Klimaschutz beruht. Mit der Langfristigungsstrategie 2050 hat sich Österreich das Ziel gesetzt, bis spätestens im Jahr 2050 vollständig klimaneutral zu sein. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019)

Unter dem Begriff der Klimaneutralität wird der Umstand bezeichnet, dass ein Gleichgewicht zwischen Kohlenstoffemissionen und der Kohlenstoffaufnahme aus der Atmosphäre in Kohlenstoffsenken hergestellt wird. Als Kohlenstoffsenke wird hierbei ein System bezeichnet, welches mehr Kohlenstoff aufnimmt, als es abgibt. Die wichtigsten natürlichen Kohlenstoffsenken sind Böden, Wälder und Ozeane. Nach Schätzungen entfernen diese natürlichen Senken zwischen neun und halb bis elf Gigatonnen CO₂ pro Jahr. Im Gegensatz dazu wurden im Jahr 2019 global etwa 38 Gigatonnen an CO₂ Emissionen freigesetzt. Um das gewünschte Ziel der Null-Emissionen zu erreichen, müssten daher alle Treibhausgas-Emissionen weltweit durch Kohlenstoffbindung (mit Hilfe der Senken) ausgeglichen werden. (vgl. Europäisches Parlament, 2019)

Das österreichische Ziel der Klimaneutralität bis 2050, ohne des Einsatzes nuklearer Energie hat die Folge, dass die dann noch bestehenden, nicht vermeidbaren Treibhausgas-Emissionen (z.B. aus der Landwirtschaft oder aus Produktionsprozessen) durch eine natürliche oder technische Senke gespeichert werden müssen. Im Zuge einer öffentlichen Konsultation wurden Fragen zu den Zielen und Handlungsfelder für die langfristige Klimastrategie 2050 erarbeitet. Im Fokus stand dabei die Ausarbeitung der Relevanz übergeordneter Ziele welche wie folgt definiert wurden:

- Energieerzeugung aus 100% erneuerbaren Quellen bis 2050
- Saubere und leistbare Mobilität sicherstellen
- Klimafreundlicher Güterverkehr

Neben den Zielen wurden anschließend auch ausschlaggebende Maßnahmen zur Zielerreichung definiert. Diese lauten wie folgt:

Energie

- Schrittweise Reduktion fossiler Brennstoffe
- Förderung erneuerbarer Energieträger
- Energieeffizienz als Einsparungspotenzial in Gebäuden

Klimaneutrale Mobilität

- Verkehrsverlagerung
- Verringerung des Flugverkehrs
- Verkehrsvermeidung

Finanzielle Hebel

- Umsetzung der Kostenwahrheit für Produkte und Dienstleistungen
- Ausrichtung des Steuersystems an klimapolitischen Zielsetzungen (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019)

3 Österreichische Energiewirtschaft

Der nachfolgende Abschnitt – die Darlegung der österreichischen Energiewirtschaft – beschreibt einerseits die Beschaffenheit der heimischen Energiewirtschaft, andererseits ihre Zusammensetzung. Weiters werden die relevanten Informationen und Kennzahlen bezogen auf die inländische Energiewirtschaft dargelegt.

Die erfassten Informationen zur Energieaufbringung und der Verwendung einzelner Energieträger innerhalb einzelner Sektoren bilden eine wichtige Grundlage für strategische Ausrichtung, Planung und Steuerung der österreichischen Energiewirtschaft. Die zugrundeliegenden Daten zur Energieaufbringung und -verwendung werden umfassend und konsistent von der Statistik Austria, sowie dem Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie veröffentlicht. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S.9)

3.1 Energieaufbringung und Energieverbrauch in PJ im Überblick

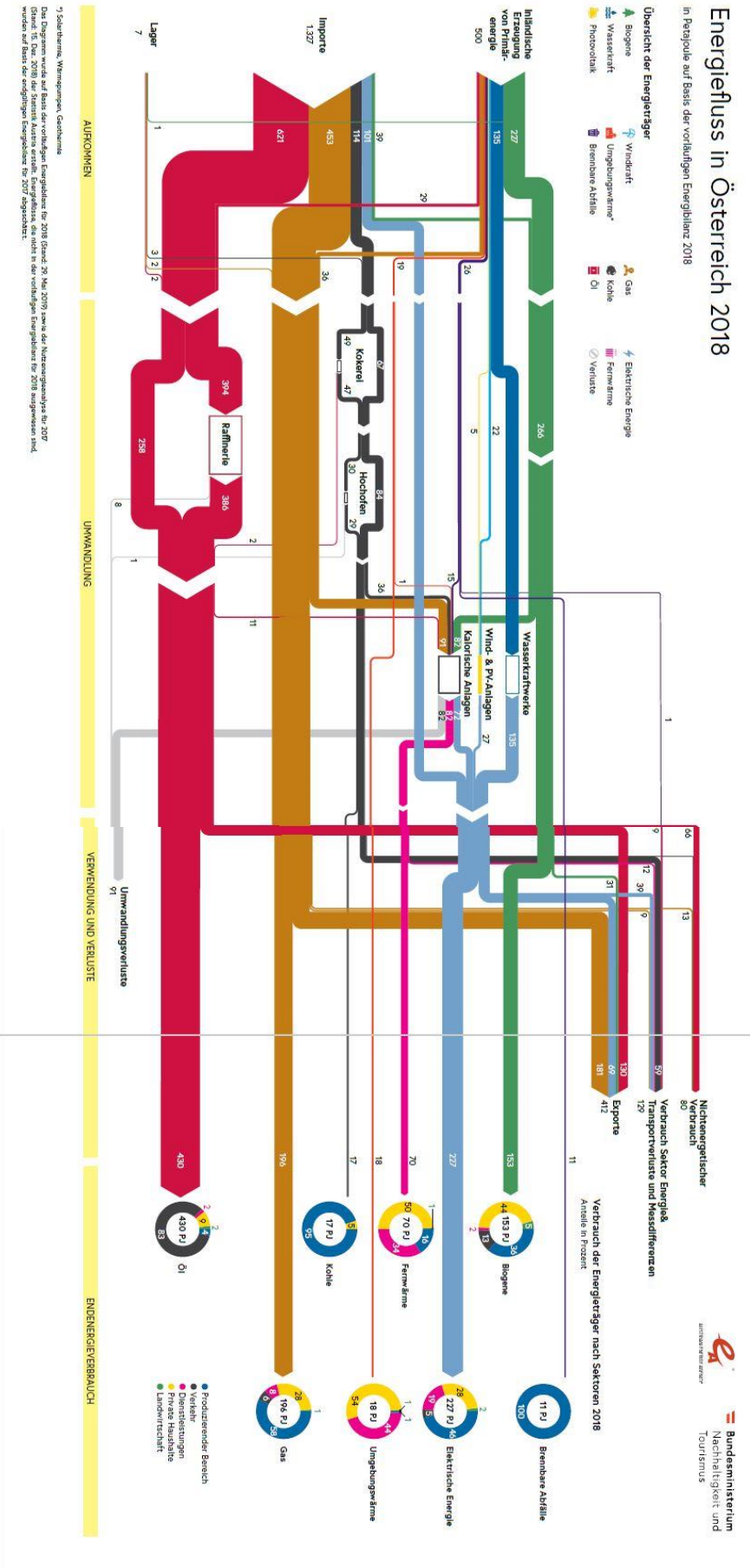
Im nachfolgenden Kapitel der Energieaufbringung und -verwendung in Österreich werden die Daten des Energieflussbildes analysiert und systemübergreifend interpretiert. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S.9)

Um die Vielzahl an Datenmengen grafisch zu veranschaulichen und übersichtlich zu gestalten, wurden die wesentlichen Zusammenhänge in Form eines Energieflussbildes visualisiert und grafisch dargestellt.

Das Energieflussdiagramm (Abbildung 6) dient zur einfachen, sowie verbesserten visuellen Aufnahme und soll dabei unterstützen die komplexen Zusammenhänge zu verstehen.

Energiefluss in Österreich 2018

In Periode auf Basis der vorläufigen Energiebilanz 2018



*) Solarthermie, Wasserpumpen, Geothermie
Das Diagramm wurde auf Basis der vorläufigen Energiebilanz für 2018 (Stand 20. Mai 2019) sowie der Nutzungsanalyse für 2017 erstellt. Die Werte sind auf Basis der vorläufigen Energiebilanz für 2017 abgelesen.

Abbildung 5: Energiefluss in Österreich 2018, Quelle: Bundesministerium Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 2

3.1.1 Energiebilanz Österreichs

	2005	2010	2016	2017	2018
Inländische Primärenergieerzeugung	407,4	490,1	514,3	515,9	499,6
Biogene Energien	147,8	200,9	224,8	226,0	226,8
Umgebungswärme*)	7,2	12,7	17,3	18,0	19,1
Wasserkraft	133,5	138,1	143,6	138,1	135,5
Wind	4,8	7,4	18,8	23,7	21,7
Photovoltaik	0,1	0,3	3,9	4,6	5,2
Brennbare Abfälle	18,5	25,8	31,7	30,7	26,1
Gas	55,7	58,5	40,4	43,7	36,0
Kohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Öl	39,8	46,3	33,7	31,2	29,2
(+) Importe	1.239,8	1.259,4	1.331,9	1.340,1	1.327,3
(-) Exporte	206,4	343,1	447,7	410,6	411,9
(+/-) Lager	-9,6	34,3	15,5	-3,6	7,3
(=) Bruttoinlandsverbrauch	1.431,3	1.440,6	1.414,0	1.441,9	1.422,4
(-) Nichtenergetischer Verbrauch	66,9	76,0	77,8	69,7	79,7
(=) Primärenergieverbrauch	1.364,3	1.364,6	1.336,2	1.372,2	1.342,7
(-) Umwandlungseinsatz	882,6	877,7	870,1	882,4	881,4
(+) Umwandlungsausstoß	763,8	764,0	777,8	785,1	790,3
(-) Verbrauch d. Sektors Energie**)	150,5	151,7	134,4	145,2	129,1
(=) Energetischer Endverbrauch	1.095,1	1.099,2	1.109,6	1.129,6	1.122,5
Produzierender Bereich	300,7	314,1	327,4	337,6	326,4
Verkehr	380,1	370,4	388,6	393,6	401,4
Dienstleistungen	125,1	115,5	98,3	100,0	101,8
Private Haushalte	269,0	277,6	273,3	276,4	270,6
Landwirtschaft	20,1	21,4	22,0	22,0	22,3
(+) Zurechnung Erneuerbaren-Richtlinie	77,9	81,1	90,2	95,6	k.A.
(=) Bruttoendenergieverbrauch	1.173,0	1.180,3	1.199,8	1.225,2	k.A.
Anrechenbare erneuerbare Energien	277,9	353,2	396,4	398,9	k.A.
Anteil erneuerbarer Energien in Prozent	23,7	29,9	33,0	32,6	k.A.

*) Solarthermie, Wärmepumpen, Geothermie ***) inkl. Transportverluste und Messdifferenzen

Abbildung 6: Energiebilanz Österreichs 2018, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 10

Die oben angeführte Abbildung 6 stellt zum einen die derzeitige aktuelle Energieaufbringung und Verbrauchszahlen (in PJ gemessen) dar, sowie zum anderen auch die Veränderungen dieser Werte in Gegenüberstellung der vorherigen Jahre.

Wie anhand der Tabelle zu entnehmen ist, lag der Primärenergieverbrauch in Österreich im Jahr 2018 bei 1.342,7 PJ. Davon wurden 499,6 PJ durch den inländischen Primärenergieeinsatz selbst gedeckt. Um von dem Primärenergieverbrauch zu dem letztendlichen tatsächlichen genutzten Endenergieverbrauch zu gelangen, werden noch Zu- und Abschläge (Umwandlungseinsatz und -Ausstoß etc.) auf den Primärenergieverbrauch angesetzt. Somit ergibt sich der energetische Endverbrauch in Höhe von 1.122,5 PJ für Österreich im Jahr 2018. (vgl. BMNT, 2019, S. 10)

3.1.2 Energetischer Endverbrauch nach Sektoren

Um eine genauere und detaillierte Aufschlüsselung des energetischen Endverbrauchs zu erreichen und um Handlungsschlüsse und Entwicklungszustände zu erlangen, wurde der Endverbrauch in fünf Sektoren unterteilt. Diese fünf Sektoren gliedern sich auf in:

- Produzierender Bereich
- Verkehr
- Dienstleistungen
- Private Haushalte
- Landwirtschaft

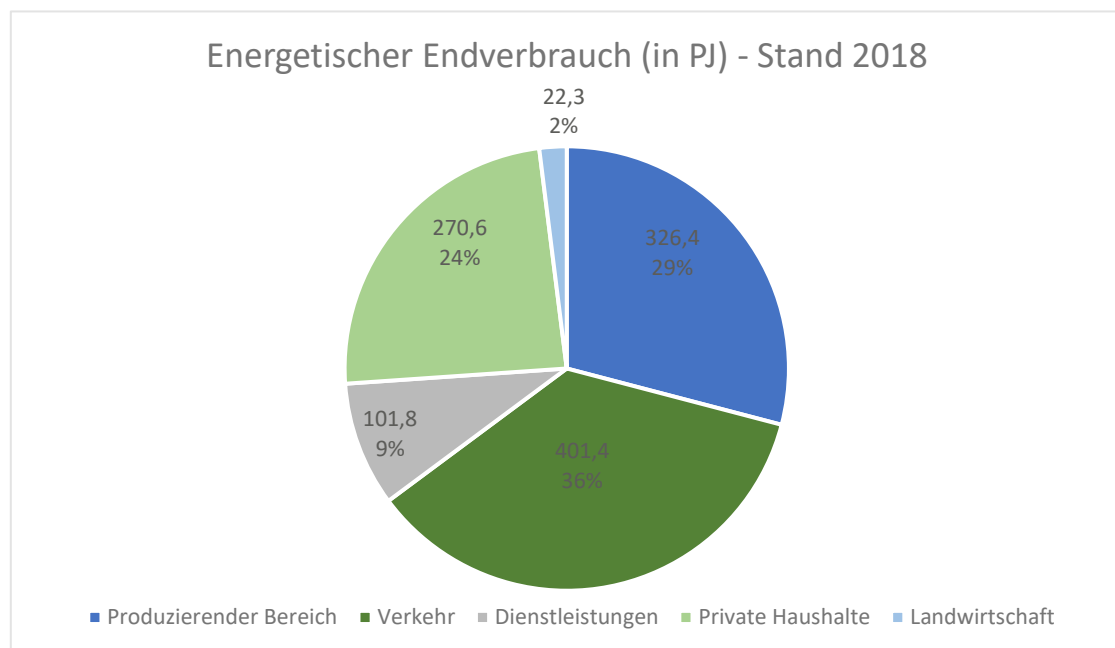


Abbildung 7: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren,
Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, eigene Darstellung

Den größten energetischen Endverbrauch weist – wie in der Abbildung 7 ersichtlich – der Bereich „Verkehr“ mit rund 36% bzw. 401,4 PJ des gesamten Endverbrauchs auf. Somit beansprucht der Bereich Verkehr bereits mehr als ein Drittel des gesamten Energieverbrauchs in Österreich und ist daher besonders für künftige Planungen, sowie weitere überaus relevant.

Der zweitgrößte Endenergieverbrauch wird von dem produzierenden Bereich getätigt – 326,4 PJ (29%). Knapp dahinter werden 270,6 PJ, also 24% des Gesamtenergieverbrauchs von privaten Haushalten in Anspruch genommen (Heizung, Klima, Warmwasseraufbereitung etc.). 101,8 PJ und somit knapp ein Zehntel des innerstaatlichen Endenergieverbrauchs werden für die Ausübungen von Dienstleistungen genutzt und mit 22,3 PJ (2%) - dem geringsten Endenergieverbrauch – die Landwirtschaft betrieben.

3.1.3 Vergleich der Energieaufbringung und Energieverbrauch mit Vorjahren

Verglichen mit dem Vorjahreswert der inländischen Primärenergieeinsatz– siehe Abbildung 8 - kam es zu einer geringeren Energieerzeugung. Im Jahr 2017 wurden 515,9 PJ generiert, wohin gegen mit Stand 2018 499,6 PJ an Primärenergie gewonnen wurde. Das entspricht einer 3,16-%igen Reduzierung zum Vorjahr. Ausschlaggebend für die Abnahme könnten womöglich die Veränderung der klimatischen Bedingungen sein, welche einer der Hauptursachen für die Generierung und Gewinnung der inländischen Energierohstoffe sind.

Eine weitere Reduzierung ist ebenso in den Bereichen des Primärenergieverbrauchs, sowie dem Bruttoinlandsverbrauch zu verzeichnen. Bei dem Bruttoinlandsverbrauch wurde der Vorjahreswert von 1.442 PJ auf 1.422 PJ gesenkt. Das entspricht einer Einsparung von 20 PJ. Eine ähnliche Reduktion verzeichnet der Primärenergieverbrauch. Hier konnten fast exakt 30 PJ des Primärenergieverbrauch eingespart werden. Das entspricht zwar lediglich einer Abnahme von etwas mehr als zwei % des Verbrauchs, jedoch konnte hier – ähnlich wie bei dem Bruttoinlandsverbrauch - eine leichte Einsparung verzeichnet werden, welche sich positiv auf die Gesamtbilanz auswirkt.

Unter Betrachtung der zeitlichen Veränderung der letzten rund 15 Jahre der Energieaufbringung und Endenergieverbrauch der österreichischen Energiewirtschaft zeigt sich, dass sich der energetische Endverbrauch über die Jahre verändert hat. Der energetische Endverbrauch ist in dem Betrachtungszeitraum um 27,4 PJ angestiegen – eine Zunahme von zweieinhalb %. In dieser Periode haben vor allem die Bereiche des Verkehrs (21 PJ) und des produzierenden Bereichs ca. (26 PJ) im Energieverbrauch zu gelegt. Private Haushalte haben einen nahezu unveränderten Verbrauchswert. Rückgang ist im Dienstleistungsbereich zu erheben, hier hat sich der energetische Endverbrauch um 23,3 PJ reduziert - eine Abnahme von 18,6%.

Die Hintergründe für diverse Zu- und Abnahmen der einzelnen Kennzahlen sind nicht zweifelsfrei belegt. Zurückführen lassen sich diese Sachverhalte auf mehrere Faktoren. Zum einen könnte dies dem immer fortschreitenden technologischen Fortschritt geschuldet sein. Zum anderen durch weitere Innovationen im Bereich des Umwandlungseinsatzes, womit höhere Gewinne verzeichnet werden und Verluste eingespart werden können.

Soziale Aspekte, Bewusstseinsbildung und der aktuelle immer in den Vordergrund rückende Klimawandel führen zu einer Veränderung des Verhaltens von Menschen und können diverse Trends und Veränderung der Energiekennzahlen erheblich beeinflussen.

3.1.4 Primärenergieeinsatz

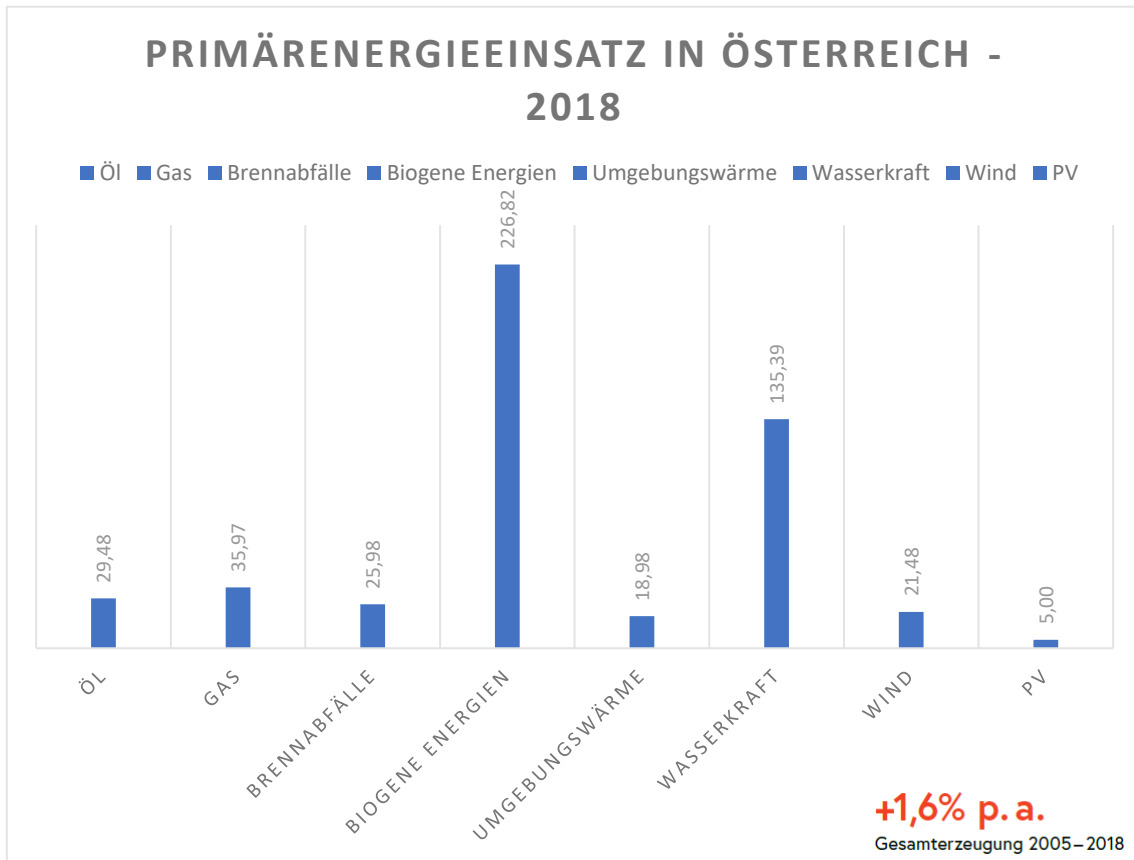


Abbildung 8: Primärenergieeinsatz in Österreich 2018,

Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, eigene Darstellung

Der Primärenergieeinsatz ist die Grundlage für die Entstehung der Endenergie und kann aus unterschiedlichen Quellen gewonnen werden.

Unter dem Begriff „Primärenergie“ wird in der Energiewirtschaft die ursprünglich vorkommende Energieform oder Energiequelle bezeichnet, die zur Umwandlung in elektrische Energie zur Verfügung steht. Beispiele für diese Energieträger sind für konventionelle Kraftwerke etwa Brennstoffe wie Kohle oder Erdgas, aber auch erneuerbare Energieträger wie Sonne, Wind oder Wasser. Primärenergie wird durch einen mit Verlusten behafteten Umwandlungsprozess in Sekundärenergie umgewandelt und nach Übertragungsverlusten zu der vom Verbraucher nutzbaren Endenergie. (Austrian Power Grid AG, 2021)

Die Erzeugung dieser Energiestufe im Inland ist von enormer Relevanz, da sie ausschlaggebend ist, wie viel an Energieexporte notwendig sind, um dem innerstaatlichen Verbrauch abzudecken. Wie die Abbildung 9 ersichtlich macht, wird nahezu die Hälfte (226,82 PJ - 46%) der erzeugten Primärenergie durch biogene Energien erzielt. Durch die Nutzung der Wasserkraft in Österreich wird mehr als ein Viertel (135,39 PJ - 27%) der Primärenergie bereitgestellt. Somit sind mit 73% bereits knapp drei Viertel der Primärenergie durch zwei Komponenten gedeckt. Mit einer Spannweite von vier bis sieben % tragen die Rohstoffe Gas (35,97 PJ - 7%), Öl (29,48 PJ - 6%), Brennabfälle (25,98 PJ - 5%), Windkraft (21,48 PJ - 4%) und Umgebungswärme (18,98 PJ - 4%) zur Erzeugung bei.

Lediglich ein % des gesamten Primärenergieeinsatzes wird mittels Photovoltaikanlagen getätigt. Hier besteht Entwicklungspotential.

Erklärung biogene Energieträger: Unter biogene Energieträger oder auch unter dem Begriff „Biomasse“ bekannt, handelt es sich um in der Regel um nicht fossile organische (tierisch, pflanzliche oder menschliche) Erzeugnisse, welche zur Energiegewinnung (Strom, Wärme oder auch Treibstoff) herangezogen werden können. Dies sind beispielsweise Altholz, Hackschnitzel, Pellets, Reststoffe aus Land- und Forstwirtschaft. Die Grundsubstanz biogener Energieträger ist daher fest oder flüssig, können jedoch nach Aufbereitungsschritten auch gasförmig auftreten. (Bundesministerium für Landwirtschaft, 2019)

Wie das Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus veröffentlicht, stammt rund ein Drittel der Primärenergieträgern aus inländischer Erzeugung, welche durch einen hohen und kontinuierlich steigenden Anteil regenerativer Energieträger gekennzeichnet ist. Biogene Brenn- und Treibstoffe und Wasserkraft bilden hierbei die beiden wesentlichsten Energieträger im Rahmen der inländischen Energieerzeugung. Andere erneuerbare Energieträger wie Photovoltaik, Windkraft und Umgebungswärme steigen kontinuierlich und stark an und tragen ebenfalls einen wichtigen Beitrag zum Primärenergieeinsatzes bei. Energieimporte aus dem Ausland zu rund zwei Dritteln decken den noch offenen Beitrag des Bruttoinlandsverbrauchs, wobei in erster Linie Öl und Gas importiert werden – da diese Vorkommen in Österreich kaum vorzufinden sind. (vgl. BMNT, 2019, S. 9)

3.1.4.1 Primärenergieeinsatz Österreichs im Vergleich zur EU-28

Der Vergleich des Primärenergieeinsatzes dient zur Verdeutlichung der Übereinstimmungen und den Differenzen zwischen den Anteilen der jeweiligen Energieträger hinsichtlich ihrer Primärenergieerzeugung. Verglichen wird hier der Staat Österreich und der Durchschnitt der 27 Mitgliedsstaaten der Europäischen Union.

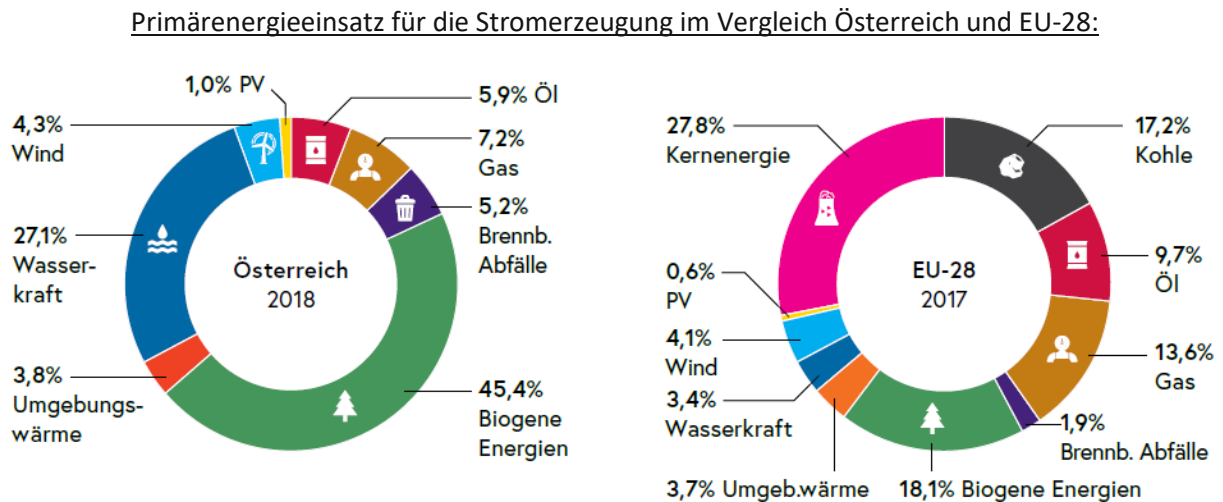


Abbildung 9: Primärenergieeinsatz für die Stromerzeugung im Vergleich Österreich und EU-28, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 12.

Auffällig im internationalen Vergleich ist, dass in Österreich keine Kohlekraft und Kernenergie zur Erzeugung von Primärenergie herangezogen werden – anders als in Nachbarländern Deutschland, Tschechien, Slowakei etc. Des Weiteren zeigt der direkte Vergleich der Anteile der biogenen Energieträger zwischen den EU-Mitgliedsstaaten und Österreich einen eklatanten Unterschied. Während in der EU durchschnittlich 18% an biogener Energie zum Primärenergieeinsatz genutzt werden, sind es in Österreich 46%. Dies ist ein gravierender Unterschied. Ein ebenso erheblicher Unterschied liegt auch im Bereich der Nutzung der Wasserkraft vor. Während durchschnittlich 3,4% in der EU zur Gewinnung der Primärenergie akquiriert wird, sind es in Österreich hingegen 27%.

Der Vergleich zwischen Österreich und dem Durchschnitt der EU schildert deutlich, dass der inländische Primärenergieeinsatz mit einem sehr hohen Anteil von vier Fünftel (ca. 83%) und einer starken Zunahme bei den erneuerbaren Energien gekennzeichnet ist und somit im Vergleich einen sehr starken Wert auf erneuerbare Energieerzeugnisse baut. Abschließend muss noch festgehalten werden, dass international betrachtet der Anteil Österreichs am gesamten EU-Primärenergieeinsatzes nur bei 1,6% liegt, an der Erzeugung erneuerbarer Energien bei 4,3%. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 12)

3.1.5 Außenhandel mit Energie

Aufgrund der nicht ausreichenden vorhandenen Ressourcen innerhalb des Landes, müssen zur Gewährleistung des österreichischen Energiehaushaltes bestimmte Rohstoffe importiert werden, damit die Versorgung sichergestellt werden kann. Dabei werden nicht nur Rohstoffe aus anderen Staaten importiert, sondern es werden auch einige innerstaatliche Rohstoffe exportiert. Beim Export werden die gewonnen natürlichen Ressourcen nicht nur innerhalb der europäischen Union exportiert, sondern auch in andere Kontinente transportiert.

Energieimporte

nach Energieträgern in Petajoule 2005–2018

+0,5% p. a.

Gesamtenergieimporte 2005–2018

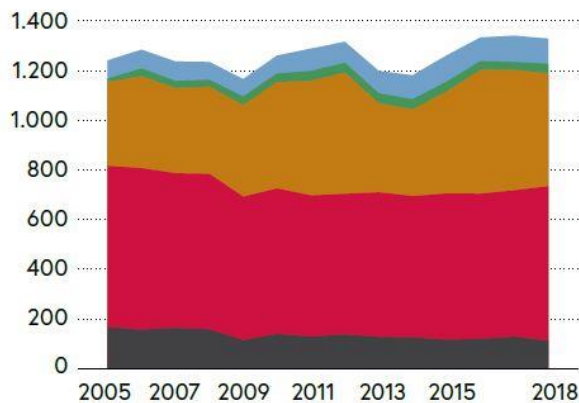


Abbildung 11: Energieimporte, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S 13.

Struktur der Energieimporte 2018

nach Energieträgern in Prozent

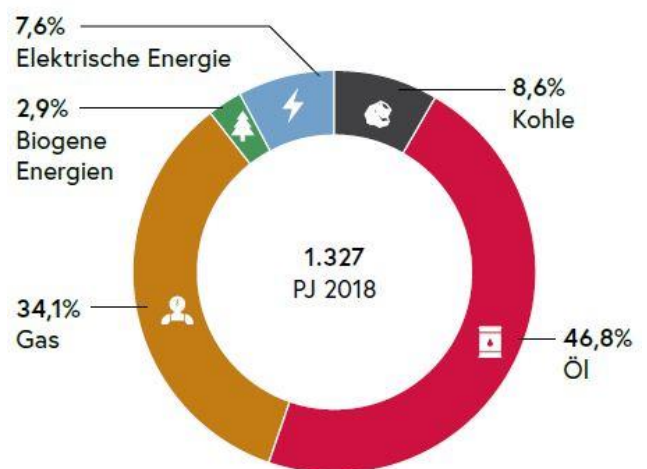


Abbildung 10: Struktur der Energieimporte 2018, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 13

Energieimporte

Im Jahr 2018 wurden in Österreich 1.327 PJ an Energie aus dem Ausland importiert. Den größten Anteil bildete der Rohstoff Erdöl mit fast der Hälfte an importierter Energie 46,8%. Dies lässt sich zum einen durch den hohen Verbrauch an Kraftstoff für Kraftfahrzeuge (Benzin, Diesel), sowie zum anderen auf den Heizbedarf für Gebäude zurückführen. Da in Österreich nur geringe Mengen an Erdöl- und Erdgasvorkommen vorhanden sind, müssen diese Rohstoffe aus anderen Ländern bezogen werden. In Österreich werden von der OMV und der RAG Austria AG Erdöl- und Erdgasförderungen betrieben. Die Unternehmen beziehen in wirtschaftlich relevanten Mengen die Produkte Erdöl und Erdgas im Wiener Becken (Niederösterreich) und in der Molassezone (Oberösterreich und Salzburg). Dabei ist im Jahr 2018 die Förderung von Erdöl mit -8,1% zurückgegangen und betrug 681.842 Tonnen (davon 664.009 Tonnen Erdöl im engeren Sinn). (vgl. Wirtschaftskammer Österreich, 2019)

Den zweitgrößten Anteil an Energieimporte werden mit mehr als ein Drittel (34,1%) mit dem Rohstoff Erdgas getätigt. Dies hat denselben Hintergrund wie das zuvor erwähnte Erdöl. Die Naturvorkommen des Erdgases ist in Österreich limitiert und der Staat ist daher konsequent auf der Suche nach neuen Vorkommen. An dritter Stelle wird mit 8,6% der Rohstoff Kohle importiert, um ausreichend Energie für die Beheizung, sowie der Erzeugung elektrischer Energie zur Verfügung zu haben. Da lediglich ein Teil der Nutzenergie der Kohleimporte für die Herstellung elektrischer Energie herangezogen werden, muss der Rohstoff Kohle aufgrund des zugrundeliegenden Bedarfs an

elektrische Energie aus dem Ausland importiert werden. Mit 7,6% ist dieser Anteil jedoch gering, da der Großteil (242 PJ) der benötigten elektrischen Energie in Österreich selbst erzeugt wird und somit weniger als ein Drittel der benötigten elektrischen Energie aus anderen Staaten importiert wird (100,9 PJ). Mit unter 3% bilden die Importe von biogenen Energien das Schlusslicht der Energieimporte.

Energieexporte

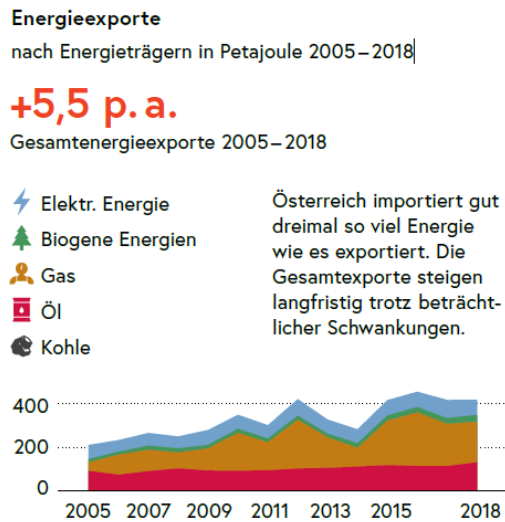


Abbildung 12: Energieexporte nach Energieträgern in Petajoule 2005 bis 2018, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 13

Wie anhand der bildlichen Darstellung in Abbildung 12 zu entnehmen, sind etwas mehr als 400 PJ an Gesamtenergie exportiert worden. Da diese Grafik jedoch nicht die einzelnen Exportangaben des jeweiligen Energieträgers einwandfrei erkenntlich macht, wurden deshalb die Kennzahlen von der Quelle „Statista“ zur Unterstützung herangezogen. Anhand der Kennzahlen zeigt sich klar, dass der Wert der Gesamtenergieexporte bei 411 PJ liegt. Der Energieträger Gas ist mit 181 PJ (44%) Österreichs größtes Exportgut. Gefolgt wird dieses von dem Rohstoff Öl mit 130 PJ (32%). An vorletzter Stelle wird mit 69 PJ (17%) elektrische Energie exportiert. Biogene Energien sind mit 7% und 31 PJ das Exportgut mit der niedrigsten Energiemenge. (vgl. Statista, 2021)

Seit der Betrachtungsperiode 2005 verzeichnen die Gesamtenergieexporte einen 5,5% Anstieg pro Jahr. Im Vergleich mit dem Import von Energien zeigt sich, dass Österreich etwa dreimal so viel Energie aus dem Ausland importiert, als es exportiert. Grund sind hierfür wie vorhin bereits erfasst, die nur in sehr geringen Mengen vorhandenen Rohstoffe Erdöl und Erdgas, welche für die Erzeugung von Strom und Wärme, oder einer Vielzahl von unterschiedlichen Produkten benötigt werden.

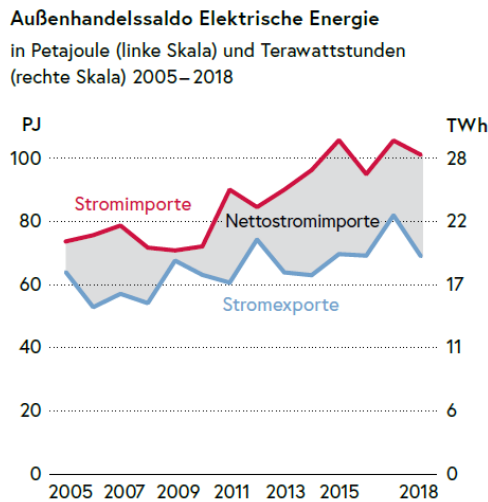


Abbildung 13: Außenhandelssaldo elektrische Energie, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 13

Im Folgenden wird die Einzelstatistik der elektrischen Energie hinsichtlich seines Imports und Exportverhaltens untersucht. Dabei verbildlicht die Abbildung 9 die Stromimporte, als auch -exporte im zeitlichen Kontext von 2005 bis 2018 in einer Grafik. Die Stromimporte (roter Graf) verzeichnen seit 2005 bei einem Stand von etwa 72 PJ einen massiven Zuwachs. Der Anstieg von rund 40% beläuft sich im Jahr 2018 bei etwa 101 PJ (28 TWh). Einen leichten Zuwachs von etwa 5 PJ konnten die Stromexporte (blauer Graf) seit 2005 vorweisen. Somit wurden 2018 69 PJ (19 TWh) an Strom ins Ausland exportiert. Nach einer anfänglichen Abnahme der Stromexporte, folgte 2009 dann ein vorläufiger Höhepunkt bei rund 69 PJ (19 TWh). 2012 wurde dann dieser Wert mit etwa 77 PJ überboten, senkte sich jedoch postwendend wieder bis zum Jahr 2014. Ab diesem Zeitpunkt folgte dann bis 2017 ein stärkerer Zuwachs. Der bisherige historische Spitzenwert von etwa 81 PJ an Stromexporte wurde erreicht. Aktuell (2018) befinden sich die Stromexporte in einem Abwärtstrend und positioniert sich bei 69 PJ (19 TWh).

PHYSIKALISCHE IMPORTE UND EXPORTE 2018 FÜR STROM in GWh			
		Importe	Exporte
Deutschland		14.998	3.984
Schweiz		1.201	5.464
Liechtenstein		–	302
Italien		25	1.417
Slowenien		398	4.096
Ungarn		591	3.753
Tschech. Republik		10.864	113
Summe		28.076	19.129

Abbildung 14: Physikalische Importe und Exporte 2018 für Strom in Österreich in GWh, Quelle: E-Control, 2019, S. 31

Wie in der Abbildung 14 verzeichnet, werden die Strom Importe und Exporte von Österreich dargestellt. Dabei zeigt ich deutlich, dass der meiste Strom aus dem Nachbarland Deutschland importiert werden (rund 15.000 GWh). Nach Deutschland bezieht Österreichs Energiewirtschaft von der Tschechischen Republik (etwa 11.000 GWh) den zweit höchsten Strombezug. Zwischen rund 400

bis 1.200 GWh werden von den Nachbarstaaten Slowenien, Ungarn und der Schweiz zugezogen. Mit rund 25 GWh wird von Italien am wenigsten Strom importiert. Die Nation Lichtenstein ist in der Liste angeführt, jedoch wird von dem Staat kein Strom bezogen, aber Strom an das Land exportiert.

Bezogen auf die Exporte wird der meiste Anteil des in Österreich produzierten Stroms an die Schweiz exportiert. 2018 waren das fast 5.500 GWh. Rund 4.000 GWh werden an Slowenien, Deutschland und Ungarn abgegeben. Den geringsten Stromexportanteil erhalten wie zuvor bereits erwähnt Lichtenstein (302 GWh) sowie die Tschechische Republik (113 GWh).

Die Importe und Exporte elektrischer Energie sind für die österreichische Energiewirtschaft von enormer Bedeutung. Sie nehmen direkten Einfluss auf die Bilanzen und beeinflussen somit schlussendlich auch die heimische Energiestruktur.

Ein konkretes Beispiel für die Relevanz der elektrischen Energieexporte erfolgte im Sommer 2020. Hierbei wurde ein Rekord beim Stromexport erzielt, denn am 15. Juni 2020 flossen insgesamt 3.943 MW Strom über das Stromtransportnetz ins Ausland. Dies verkündigte der Übertragungsnetzbetreiber Austrian Power Grid (APG). Grund für den enormen Stromexport ist auf eine sehr gute Wasserführung, eine leistungsstarke Stromproduktion der Windkraftanlagen infolge von Windspitzen, sowie einem geringen Verbrauch aufgrund der Nachtstunden, zurückzuführen. (vgl. Energate messenger, 2020) Die exportierte Leistung von etwa 4.000 MWh entspricht knapp der doppelten Erzeugungsleistung aller in Österreich verorteten Donaukraftwerke und würde für circa die Hälfte des heimischen Spitzenverbrauchs während der Sommermonate stehen. Somit ist die exportierte Leistung von hoher Relevanz – auch in Anbetracht des europäischen Kontexts. Der Vorstand der Austrian Power Grid (APG) berichtet über den Rekordexport, dass dieser eine Momentaufnahme ist und die Strom- und Energiewelt volatil und unvorhersehbar sei. Denn nur einige Wochen zuvor wurde eine größere Menge an Stromimporten und das Anfahren von konventionellen Kraftwerken zur heimischen Lastdeckung erforderlich gewesen. Um größere Stromexporte zu verhindern sei eine Netzinfrastruktur mit genügend Leistungskapazitäten und eine ausreichende Speicherinfrastruktur notwendig. (vgl. Energate messenger, 2020)

Importabhängigkeit verringern

In Österreich muss aufgrund mangels ausreichender heimischer Vorkommen den Großteil der fossilen Energieträger importieren, wobei die Importe langfristig weitgehend stagnieren. Importiert werden nach Österreich vor allem die Energieträger Mineralöl, Gas, Steinkohle. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S.13)

Diese Rohstoffe sind – wenn überhaupt – nur in marginalen Mengen vorzufinden, daher ist ein Import dieser Energieträger von hoher Relevanz. Um jedoch nicht vollständig von solchen Importen angewiesen zu sein und die Abhängigkeit von Energieimporten zu verringern, rät das deutsche Umwelt Bundesamt erneuerbare Energieträger weiter auszubauen sowie Lieferländer und Transportstrukturen zu diversifizieren. Auch das Einsparen von Energie hilft, genügend Energieträger verfügbar zu halten. (vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) - Deutschland, 2020)

3.1.6 Stromverbrauch im Lastverlauf

Der Import und Export von Strom und anderen Energieträgern hängt maßgeblich zum einen von den vorhandenstehenden innerstaatlichen Ressourcen, sowie zum anderen von der temporären Nutzung des benötigten Guts ab. Dabei werden vor allem in Spitzenlastzeiten mehr Ressourcen benötigt, als bei der Mittellast- oder Grundlastperiode. Können die Phasen nicht mit den inländischen Ressourcen gedeckt werden, so müssen diese importiert werden. Da es im tages- und jahreszeitlichen Verlauf zu unterschiedlichen Auslastungen kommt, können die untereinander vernetzten Staaten Ihre Güter bei Bedarf übermitteln. Ein konkretes Beispiel liefert hier die Stromnutzung.

In Österreich – wie auch bei anderen Ländern – gilt das Grundprinzip, dass sich Stromerzeugung und Stromverbrauch in jedem Augenblick exakt auf gleichem Niveau befinden müssen. Die Maßzahl die hierbei herangezogen wird ist die Netzfrequenz, welche exakt und konstant 50 Hertz beträgt. Mit dieser Frequenz ist die Stromversorgung intakt. Kommt es zu Ungleichheiten in Folge eines Überverbrauchs oder einer Überproduktion/Einspeisung an Strom in das Stromnetz, so entsteht Dysbalance welche zu Stromausfällen führen kann, oder auch darin resultieren kann, dass andere Kraftwerke Ihre Einspeisungsmenge reduzieren müssen.

Sollte nun der Stromverbrauch ansteigen und die in Österreich situierten Kraftwerke keine Ressourcen zur Stromeinspeisung in das Stromnetz haben, so muss rasch der Strom von anderen Ländern (welche Reserven vorhanden haben) importiert und in das österreichische Stromnetz eingespeist werden. (vgl. Austrian Power Grid AG (2), 2021)

Augrund der unterschiedlichen Auslastung des Strombedarfs (Grund-, Mittel und Spitzenlasten) entstehen die Statistiken der einzelnen Import- und Exportzahlen.

3.1.6.1 Lastverlauf im Tagesverlauf

Wie bereits erläutert, muss die Netzfrequenz des Stroms konstant sein und darf keine Ausprägungen vorweisen. Da es jedoch im Laufe des Tages zu unterschiedlichen Verbrauchsschwankungen kommt, stehen hier die Kraftwerke und das Stromnetz vor diversen Herausforderungen, um Stromausfälle und Übereinspeisungen zu verhindern. Deshalb werden Prognosen und Aufzeichnungen erstellt, um künftige Vorfälle zu unterbinden.

Das nachfolgende Liniendiagramm 16 verbildlicht die unterschiedlichen tageszeitlichen Stromverbrauchsschwankungen. Zudem unterteilt die Grafik die Verbrauchswerte in die Werktage sowie in die Wochenendtage Samstag und Sonntag, da sich in diesen Tagen die Verbrauchszahlen voneinander unterscheiden.

Wie anhand der Abbildung 15 zu entnehmen sind die Leistungsschwankungen werktags (mit Ausnahme des Abends) relativ gering. Während der Nachtphase bis etwa fünf Uhr früh liegt ein geringer Verbrauch vor (Grundlast). Ab sechs Uhr morgens startet der erste Anstieg des Stromverbrauchs. Dieses Niveau wird in etwa bis Mittag gehalten. Danach sinkt der Verlauf bis 17:00 etwas ab, dann erreicht er bis etwa 20:00 seinen Tageshöchstwert. Schlussendlich sinkt der Verbrauchswert wieder ab.

Im Vergleich mit dem Graf der Samstagsauslastung zeigt sich, dass der Anstieg der Samstagsleistungskurve etwas später startet und sich bis etwa 9:00 Uhr morgens stark entwickelt. Bis 13.00 mittags steigt der Verbrauch dann weiter an, bis sich dieser dann wieder (ähnlich wie bei Werktagen) bis 17:00 senkt. Abends erreicht dann der Graf seine maximale Auslastung und sinkt dann kontinuierlich ab.

Die Entwicklung des Lastverlaufs des Strombedarfs an Sonntagen verläuft zu den vorherigen beschriebenen Lastkurven anders. Hier entsteht ab 7:00 Uhr morgens ein überaus steiler und anhaltender Anstieg der Verbrauchswerte bis Mittag. Im Gegensatz zu den anderen beiden Lastverlaufskurven wird am Wochentag Sonntag um 12 Uhr bereits der Höchstwert an Strombedarf erreicht und nicht erst abends. Nach dem Hoch zu Mittag fällt der Strombedarf (ähnlich wie der Verlauf des Anstiegs) bis 17:00 ab, wo der Verbrauch dann bis 20:00 ein weiteres Hoch erreicht. Nach dem zweiten Anstieg, fällt der Strombedarf nachts wieder ab.

Zurückzuführen sind die Hoch- und Tiefwerte vor allem auf die menschlichen Bedürfnisse sowie die Ausübung diverser Tätigkeiten. So entstehen erhöhte Bedarfe morgens, wenn Personen aufwachen und sich ihr Frühstück zubereiten, Erwachsene sich für die Arbeit und Kinder für den Kindergarten bzw. Schule vorbereiten. Während des Tagesverlaufs werden in Büros und Betrieben zum Beispiel Maschinen, Mediengeräte etc. betätigt. Zu den Mittags- und Abendzeiten ist ein erhöhter Strombedarf in Folge der Essenzubereitung und Medienunterhaltung vorzufinden. Das sind einige der Gründe für die Entstehung der tageszeitlichen Schwankungen.

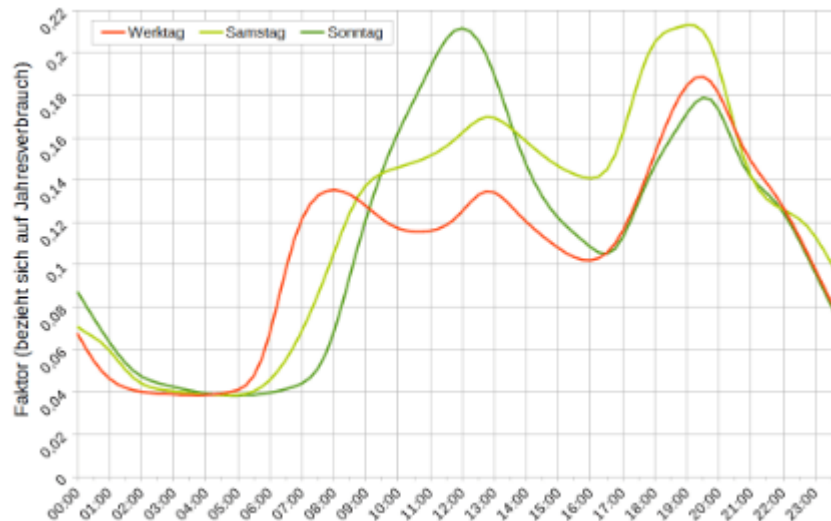


Abbildung 15: Lastverlauf im Tagesverlauf, Quelle: Selectra S.A.R.L 2021

3.1.6.2 Lastverlauf im Jahresverlauf

Ähnlich wie bei dem Lastverlauf während eines Tages werden während des Jahres unterschiedliche Monatsverbräuche erreicht. Die folgende Darstellung vermittelt den Lastverlauf des Strombedarfs in Monaten innerhalb des Jahres 2018.

Bei der Analyse des Balkendiagramms 16 lässt sich erheben, dass in den Herbst- und Wintermonaten ein erhöhter Strombedarf vorliegt. Dies lässt sich auf die Heizperiode und der verstärkten Nutzung von Beleuchtungen während den kalten und dunkleren Monate zurückführen. Im Frühjahr und den Sommermonaten wird etwas weniger Strom verbraucht, jedoch sind die Schwankungen innerhalb eines Tages höher als die jahreszeitlichen Schwankungen.

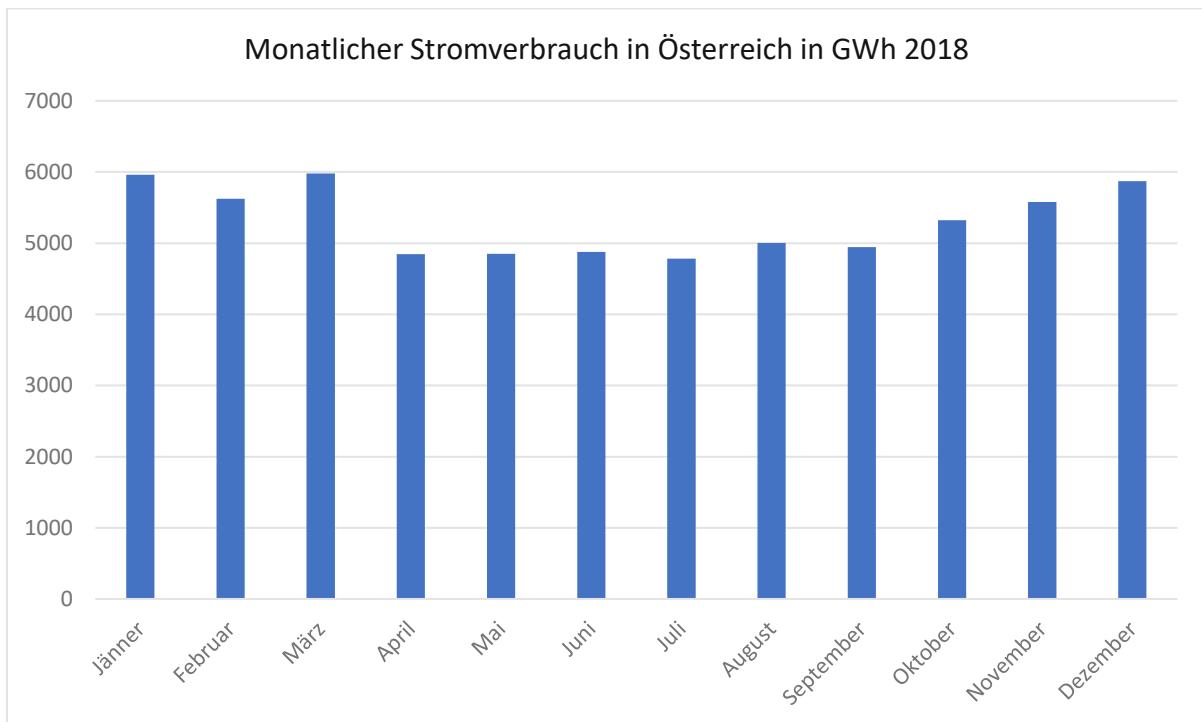
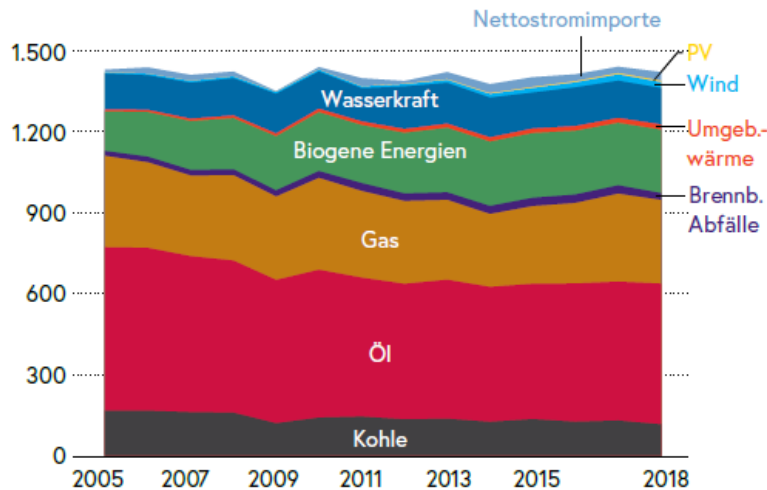


Abbildung 16: Monatlicher Stromverbrauch in Österreich in GWh 2018, Quelle: Statista 2021, eigene Darstellung

3.1.7 Bruttoinlandsverbrauch

Bruttoinlandsverbrauch

nach Energieträgern in Petajoule 2005–2018



Wachstum und Rückgang der Energieträger

	p.a. 2005–2018	2017–2018
PV	+38,4%	+13,3%
Wind	+12,3%	-8,3%
Nettostromimporte	+9,9%	+36,7%
Umgeb.-wärme	+7,8%	+6,6%
Brennb. Abfälle	+2,7%	-16,8%
Biogene Energien	+3,7%	+1,4%
Wasserkraft	+0,1%	-1,9%
Gas	-0,7%	-4,9%
Öl	-1,1%	+1,3%
Kohle	-2,8%	-10,9%

-0,1% p. a.

Bruttoinlandsverbrauch gesamt 2005–2018

Abbildung 17: Bruttoinlandsverbrauch, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 14

Definition Verbrauch:

Der Bruttoinlandsverbrauch an Energie, verkürzt auch als Bruttoinlandsverbrauch, ist der gesamte Energiebedarf eines Landes oder einer Region. Der Wert entspricht der Menge an Energie, die notwendig ist, um den Inlandsverbrauch der betrachteten geografischen Einheit zu decken. (Europäische Union - Eurostat, 2020)

Der Bruttoinlandsverbrauch an Energie umfasst:

- den Eigenverbrauch der Energiewirtschaft,
- Netz- und Umwandlungsverluste,
- den energetischen Endverbrauch sowie
- statistische Differenzen (die durch die Zahlen zum Primärverbrauch und zum energetischen Endverbrauch noch nicht abgedeckt sind). (Europäische Union - Eurostat, 2020)

Im Bruttoinlandsverbrauch nicht enthalten ist die Energie (Öl) für den grenzüberschreitenden Seeverkehr (Bunker). Der Bruttoinlandsverbrauch wird wie folgt berechnet: Primärerzeugung + rückgewonnene Energieprodukte + Nettoeinfuhren + Bestandsveränderungen – Bunkerbestände. Der Unterschied zwischen dem Bruttoinlandsverbrauch an Energie und dem Brutto(energie)verbrauch besteht darin, dass im Bruttoenergieverbrauch auch der Umwandlungsausstoß (Strom oder Wärme aus anderen Energiequellen) enthalten ist. Der Bruttoenergieverbrauch ist demnach ein produktspezifischer Verbrauch, der nicht den Primärenergiebedarf widerspiegelt. (Europäische Union - Eurostat, 2020)

2018 lag Österreichs Bruttoinlandsverbrauch an Energie bei 1.422 PJ. Das gab Wien Energie bekannt. Die genaue Aufteilung nach Energieträgern zeigt, dass mit über ein Drittel der Bruttoinlandsverbrauch der Energie durch Öl verbraucht wird. Gefolgt von etwas mehr als ein Fünftel des Gesamtenergieverbrauchs durch Gas. Biogene Energien werden an dritter Stelle mit 16,5% genutzt.

Mit rund 10% aller Bruttoinlandsverbräuche wird durch Wasserkraft gedeckt. Mit dem Rohstoff Kohle werden rund 8% aller Bruttoinlandsverbräuche abgedeckt. Brennbare Abfälle, Umgebungswärme, Wind und Photovoltaikanlagen zusammen erbringen den Deckungsgrad von 5%. Nettostromimporte aus anderen Staaten in Höhe von 2,3% und vervollständigen den innerstaatlichen Bruttoinlandsverbrauch an Energie.

Demnach basiert die österreichische Energieversorgung auf einer ausgewogenen Energieträger Mischung. Enorme Relevanz kommt hierbei dem besonders hohen Anteil erneuerbarer Energie am Bruttoinlandsverbrauch zugute. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 14)

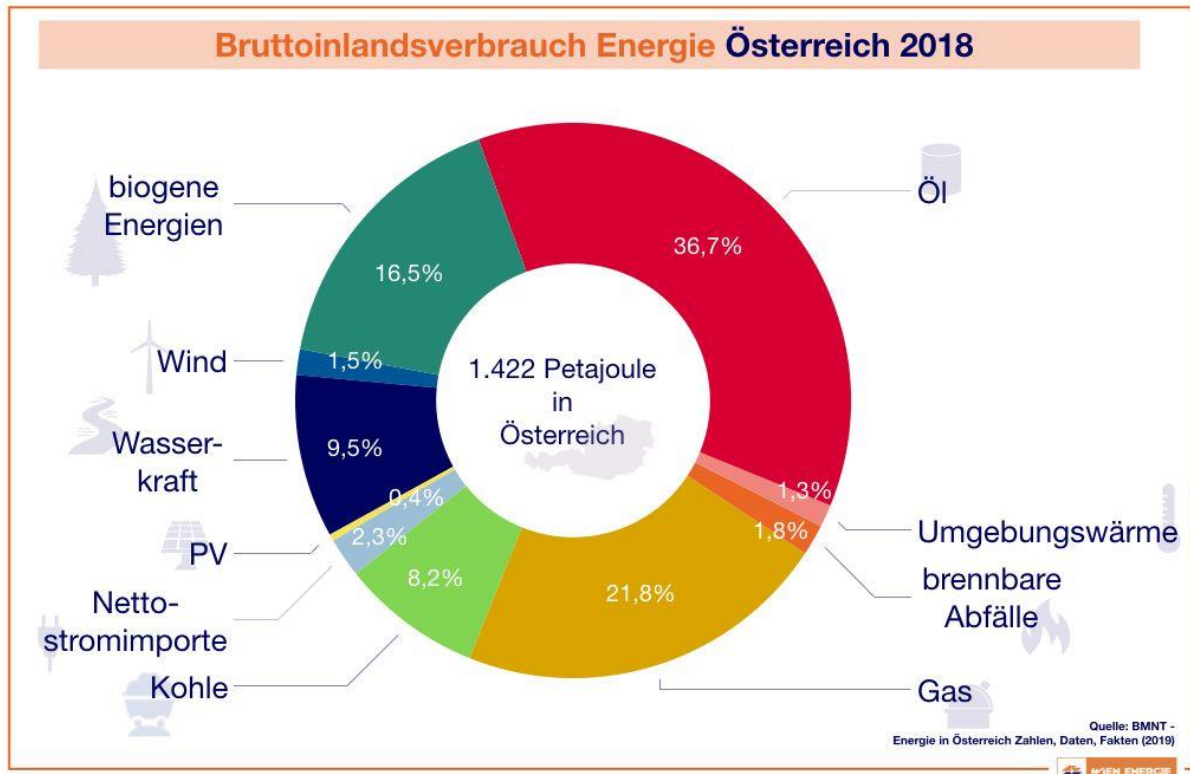


Abbildung 18: Bruttoinlandsverbrauch Energie Österreich 2018, Quelle: Wien Energie, 2018

3.1.8 Energieumwandlung

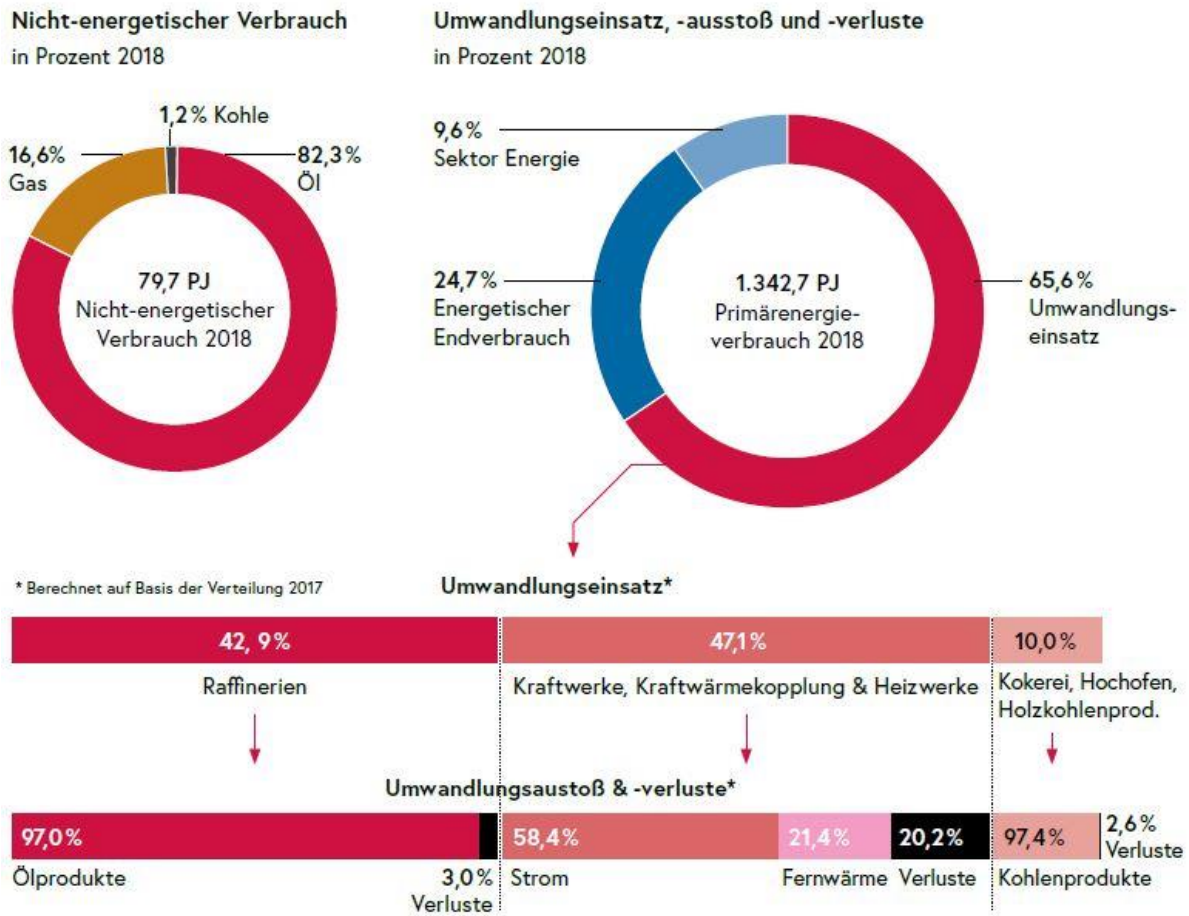


Abbildung 19: Energieumwandlung, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 15

Wie aus der oben abgebildeten Darstellung 19 hervorgeht, entweichen etwa 6% (79,7 PJ) des gesamten Bruttoinlandsverbrauchs dem nicht-energetischen Verbrauch (z.B. in der chemischen Industrie), die verbleibenden 94 % entfallen dabei auf den Primärenergieverbrauch. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 15)

Umwandlungseinsatz, -ausstoß und -verluste

Wie in der Abbildung 19 ersichtlich, werden in dieser Grafik der Umwandlungseinsatz, -ausstoß und -verluste dargestellt. Das Kreisdiagramm zeigt, dass rund ein Viertel (24,7%) des Bruttoinlandsverbrauchs an Energie von den EndverbraucherInnen direkt genutzt werden. Rund zehn % werden im Energiesektor selbst zur Energiegewinnung benötigt. Der größte Anteil des Primärenergieverbrauchs geht in den Umwandlungseinsatz über. Hierbei werden Bruttoinlandsverbräuche genutzt, um in andere (End)Energieformen zu werden. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 15)

Die Umwandlungseinsätze setzen sich dabei aus den Kategorien Raffinerien, Kraftwerke und Kokerei, Hochofen und Holzkohlenproduktion zusammen. Fast die Hälfte (47,1%) des vollständigen Umwandlungseinsatzes werden in Kraftwerke, Kraftwärmekopplungs- und Heizwerke umgewandelt

und zu Strom (58,4%), sowie Fernwärme (21,4%) verarbeitet. Dabei entstehen auch Umwandlungsverluste in Höhe von 20,2%. Der zweit größte Anteil (42,9%) der Umwandlungseinsätze werden in Raffinerien vollzogen. In den Raffinerien werden reine Ölprodukte mit fast vollständigem Auslastungsgrad (97%) verarbeitet – ein sehr hoher Effizienzgrad. Dabei entstehen im Gegensatz zu den Umwandlungseinsätzen von Kraftwerken sehr geringere Umwandlungsverluste. Bei den Raffinerien entstehen Umwandlungsverluste in Höhe von 3%. Ähnlich bei den Umwandlungsverlusten verhält sich die Gewinnung bzw. Erzeugung von Kohlenprodukte bei der letzten Kategorie Kokerei, Hochofen und Holzkohleproduktion. Hier entstehen mit nur 2,6% Umwandlungsverlust, der kleinste messbare Verlust. Im Gegenzug dazu steht die Kohlenprodukterzeugung von 97,4%.

Wie im Energiebericht aus dem Jahr 2019 des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus zu entnehmen, nimmt die Umwandlung von Energieträgern in Strom und Wärme in Österreich eine zentrale Position bei der Energieversorgung ein. Dabei dominiert die Wasserkraft die Stromerzeugung erheblich. Jedoch schwankt der Anteil je nach Wasserdargebot in den letzten Jahren zwischen 55 und 67 %. Ein rasanter Anstieg an weiteren erneuerbaren Energien und Ökostrom konnte verzeichnet werden. Regenerative Energierohstoffe und Ökostrom nehmen einen immer wichtigeren Stellenwert ein. Der Anteil an nicht fossilen Rohstoffen hat sich bei der Fernwärmeerzeugung im Darstellungszeitraum mehr als verdoppelt und verweist auf einen positiven Trend. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 15)

Nicht-energetischer Verbrauch

Der geringe Anteil von 79,7 PJ, welcher zum nicht „energetischen Verbrauch“ zugeordnet ist, wird für nicht energetische Zwecke herangezogen. Diese unterteilen sich in die drei Rohstoffe Öl, Gas und Kohle. Öl hat hierbei mit etwas mehr als 82% den größten Anteil, welcher vom Gas mit mehr als 15% gefolgt ist und mit lediglich etwas mehr als 1% Kohle den Abschluss bildet.

3.1.9 Elektrizität und Fernwärme

3.1.9.1 Bruttostromerzeugung in Österreich

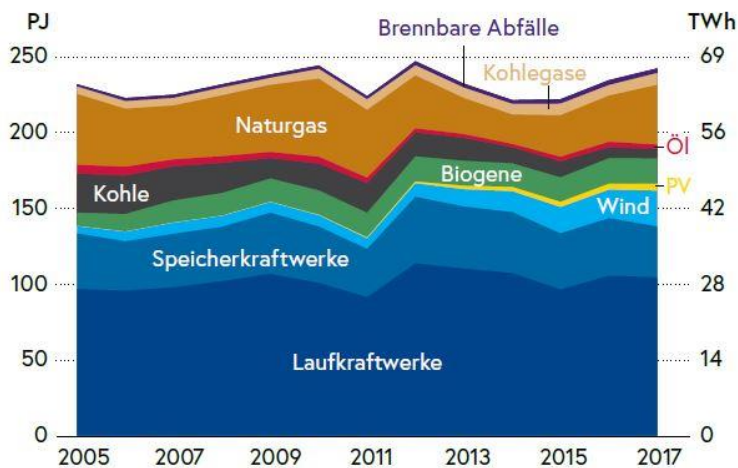
Im Jahr 2017 betrug die Bruttostromerzeugung in Österreich 242,8 PJ. Dabei wurden rund 75% an erneuerbaren Energien herangezogen. Das entspricht einer Erzeugung von rund 183 PJ. Der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) belief sich 2017 auf rund 15 %. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 16)

Wie der beiliegenden Tabelle zu entnehmen, sind Laufkraftwerke mit knapp unter der Hälfte (43%), jene erneuerbaren Energieerzeuger, welche den höchsten Erzeugungsumsatz generieren. Den zweithöchsten Ertrag unter den regenerativen Energieformen liefern mit knapp 14% Speicherkraftwerke. Diese werden wiederum gefolgt von rund 10% mittels der Windkraft. Biogene Energien liefern nahezu 7% des Gesamtbruttostromerzeugnisses bei. Die letzten erneuerbaren Energieträger sind Photovoltaik Anlagen und liefern beinahe 2%. Abgesehen von den regenerativen Anteilen werden durch fossile Energieträger 25% der gesamten Bruttostromerzeugnisse erzielt.

Hierbei steht an erster Stelle Naturgas, welches circa 16% der Erzeugung ausmacht. Die restlichen Energieträger wie Kohle, Kohlegase, Öl und brennbare Abfälle erzeugen Strom in einer Bandbreite von 1,2% bis 3,2%. Die Stromerzeugung von 2005 – 2018 hat um 0,1% pro Jahr zugenommen.

Bruttostromerzeugung in Österreich

in PJ (linke Skala) und TWh (rechte Skala) 2005–2017*



Struktur

der Bruttostromerzeugung 2017*

in Prozent	in PJ
43,0%	104,4
13,9%	33,7
9,8%	23,7
1,9%	4,6
6,9%	16,7
2,6%	6,3
1,2%	2,9
16,3%	39,5
3,2%	7,8
1,3%	3,1
100%	242,8

+0,1% p. a.

Stromerzeugung 2005–2018

Abbildung 20: Bruttostromerzeugung in Österreich, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 16

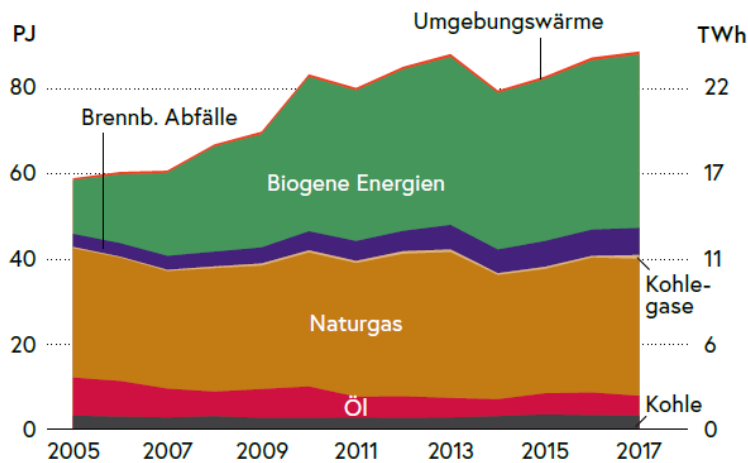
3.1.9.2 Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern

Bei der Fernwärmeerzeugung wurden im Jahr 2017 in Summe 90 PJ gewonnen. Die Fernwärme wird per se nicht eigens produziert, sondern ist die Abwärme von kalorischen Kraftwerken oder anderen Prozessen. Die nachfolgende Aufzählung der einzelnen Anteile ist die Rückführung der unterschiedlichen Rohstoffe wie sie in Kraftwerken genutzt wurden und dient daher nur einer ungefähren Darstellung des Einsatzes der Kraftwerke. Diese Summe wird zu 46% (40 PJ) aus fossilen Energieträgern und zu 54% (48 PJ) aus erneuerbaren Quellen gewonnen.

Ähnlich wie im zuvor beschriebenen Abschnitt, bilden Naturgase den größten Anteil der nicht erneuerbaren Energieträgern. In der Gesamtfernwärmeerzeugung machen sie mit 32,3 PJ mehr als ein Drittel aus. Kohle und Öl produzieren eine Fernwärme von 3,1 PJ respektive 4,7 PJ. Kohlegase bildet den Abschluss der nicht regenerativen Rohstoffe.

Bei den erneuerbaren Energieträgern werden drei Rohstoffe aufgelistet, welche zur Fernwärmeerzeugung herangezogen werden. Hierbei handelt es sich einerseits um biogene Energien, andererseits um brennbare Abfälle, sowie der Umgebungswärme. Der größte Energielieferant der Gesamtfernwärmeerzeugung bildet der Einsatz biogener Energieträger. Um welche Stoffe und zu welchen Anteilen es sich dabei konkret handelt, listet das Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus auf. Die Fernwärmeerzeugung hat von 2005 bis 2018 pro Jahr laut Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus um 2,6% zugelegt. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 16)

Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern
in PJ (linke Skala) und TWh (rechte Skala) 2005–2017*



Struktur
der Fernwärmeerzeugung 2017*

in Prozent	in PJ
3,4%	Kohle..... 3,1
5,3%	Öl..... 4,7
36,4%	Naturgas..... 32,3
1,0%	Kohlegase..... 0,9
7,2%	Brennbare Abfälle..... 6,4
46,0%	Biogene Energien..... 40,9
0,7%	Umgebungswärme..... 0,7
100%	Gesamt..... 88,9

+2,6% p. a.
Fernwärmeerzeugung 2005–2018

Abbildung 21: Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 16

3.1.10 Energetischer Endverbrauch

Der energetische Endverbrauch ist der Gesamtenergieverbrauch der Endnutzer wie private Haushalte, Industrie und Landwirtschaft, also die Energie, die zu den Endverbrauchern gelangt, ohne die Energie, die von der Energiewirtschaft selbst verbraucht wird. Im energetischen Endverbrauch nicht eingeschlossen sind die Energiemengen, die von der Energiewirtschaft verbraucht werden, einschließlich Energielieferungen, die für die Umwandlung bestimmt sind. Ebenfalls ausgenommen sind Brennstoffe, die in den Stromerzeugungsanlagen der industriellen Eigenerzeuger umgewandelt werden, sowie Koks, der in Kokereigas umgewandelt wird, soweit es sich hierbei nicht um den Verbrauch der Industrie insgesamt, sondern um den Verbrauch des Umwandlungssektors handelt. Der energetische Endverbrauch in der Kategorie „private Haushalte, Dienstleistungen usw.“ umfasst die von privaten Haushalten, Handel, öffentlicher Verwaltung, Dienstleistungen, Landwirtschaft und Fischerei verbrauchten Mengen. (Europäische Union - Eurostat (2), 2018)

Kategorien der Energie-Endnutzer:

- Private Haushalte,
- Landwirtschaft,
- Industrie,
- Kraftverkehr,
- Luftverkehr (Luftfahrt),
- Andere Verkehrsträger (Eisenbahn, Binnenschifffahrt),
- Dienstleistungen,
- Anderes.

(Europäische Union - Eurostat (2), 2018)

2018 wurde 1.122,5 PJ an energetischen Endverbrauch genutzt. Der größte Verbrauch lässt sich mit knapp 40% auf den Rohstoff Öl zurückführen. Grund für den verhältnismäßig hohen energetischen Endbedarf ist, dass Öl zum einen für die Fortbewegung von motorisierten Verkehrsmitteln in Form von

Treibstoff benötigt wird. Zum anderen da Öl als Herstellungsgut für eine Vielzahl an Gütern dient (Kosmetikprodukte wie Lippenstifte oder auch Hautcremen; in Medizinprodukten, Haushaltsartikeln wie unter anderem Druckerpatronen, Kugelschreibern, aber auch Autoreifen, Kleidung und PET-Flaschen uvm.). Ohne den Rohstoff Öl, wären diese Produkte nach den heutigen Produktionsstandards nicht herstellbar und ist aufgrund dessen in solch einem hohen Maß vorzufinden. Ein Fünftel des energetischen Endverbrauchs (20,2%) geht auf die Nutzung der elektrischen Energie zurück. Mit etwas weniger als einem Fünftel (17,5%) wird Gas genutzt. Dieser wichtige Energieträger wird insbesondere im Haushalt und in der Industrie vielfältig genutzt und beispielsweise zur Aufbereitung von Wärme in Gebäuden oder zum Kochen verwendet. Gas wird jedoch nicht nur im Haushalt genutzt, sondern auch als Treibstoff für Kraftfahrzeuge (Erdgasfahrzeuge), sowie in manchen Staaten auch zur Stromproduktion (Gaskombikraftwerke). (vgl. Gas Connect Austria GmbH, 2021)

Biogene Energien decken bereits 13,6% des energetischen Endverbrauchs ab. Etwas weniger als die Hälfte der biogenen Energien (6,2%) deckt Fernwärme den energetischen Endverbrauch. Umgebungswärme, Kohle und brennbare Abfälle bilden mit 1,6%, sowie mit 1,5% und 0,9% den Abschluss und tragen nur marginal zum energetischem Endverbrauch bei.

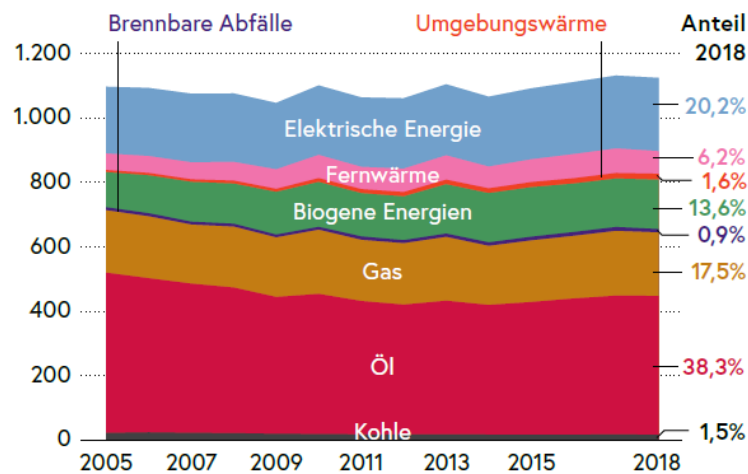
Wachstum und Rückgang der Energieträger

Im Betrachtungszeitraum von 2005 bis 2018 kam es zu einem 0,2-%igen Anstieg pro Jahr des energetischen Endverbrauchs, wobei hier vor allem die Umgebungswärme mit 8% den stärksten Zuwachs zu verzeichnen hat. Ebenfalls ein Anstieg zu verzeichnen hatten biogene Energien sowie die Fernwärme mit 2,7% und 2,5%. Eine Abnahme konnte bei Öl mit 1,1%, sowie bei Kohle 2,2% festgehalten werden.

Ebenso ist eine langfristige und weitestgehende Stabilisierung des energetischen Endverbrauchs, sowie ein Zuwachs bei den regenerativen Energien zulasten der fossilen Energieträger erkennbar. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 17)

Energetischer Endverbrauch

nach Energieträgern in Petajoule 2005–2018



Wachstum und Rückgang der Energieträger

p. a. 2005–2018	2017–2018
+8,0% ... Umgebungswärme	+6,7%
+2,7% ... Biogene Energien	+2,0%
+2,5% ... Fernwärme	-7,6%
+0,8% ... Brennbare Abfälle	-14,5%
+0,7% ... Strom	+0,4%
+0,1% ... Gas	-1,0%
-1,1% ... Öl	+0,1%
-2,2% ... Kohle	-6,1%

+0,2% p. a.

Energetischer Endverbrauch
gesamt 2005–2018

Abbildung 22: Energetischer Endverbrauch, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 17

3.1.10.1 Struktur des energetischen Endverbrauches in Österreich und EU-28

Unterteilt nach wirtschaftlichen Sektoren lässt sich wie in Abbildung 23 dargestellt erheben, dass dem Bereich Verkehr mit mehr als ein Drittel des gesamten energetischen Endverbrauchs der überwiegende Anteil zu gewiesen wird. Den zweithöchsten Verbrauch ist mit rund 30% dem produzierenden Bereich zugeordnet. Ein Viertel des Endverbrauches geht zu Lasten der privaten Haushalte. Dienstleistungen nehmen fast 10% des Gesamtbedarfs in Anspruch und lediglich zwei % des gesamten energetischen Endverbrauches Österreichs werden für landwirtschaftliche Zwecke herangezogen.

Der internationale Vergleich mit den europäischen Mitgliedsstaaten zeigt, dass grundlegend eine nahezu gleiche Verteilung des energetischen Endverbrauches vorliegt. Unterschiede zeigen sich vor allem jedoch im Bereich Verkehr. Hier befindet sich Österreich um fünf % über den internationalen Durchschnitt. Ebenso liegt der endenergetische Verbrauchsschnitt um fast fünf % im produzierenden Bereich höher. Hingegen dessen, liegt der Endverbrauchsschnitt bei Dienstleistungen um knapp sechs % unter dem EU Durchschnitt. In den Bereichen private Haushalte und Landwirtschaft sind nur geringe Unterschiede zu entnehmen.

Struktur des energetischen Endverbrauches in Österreich und EU-28

nach wirtschaftlichen Sektoren in Prozent

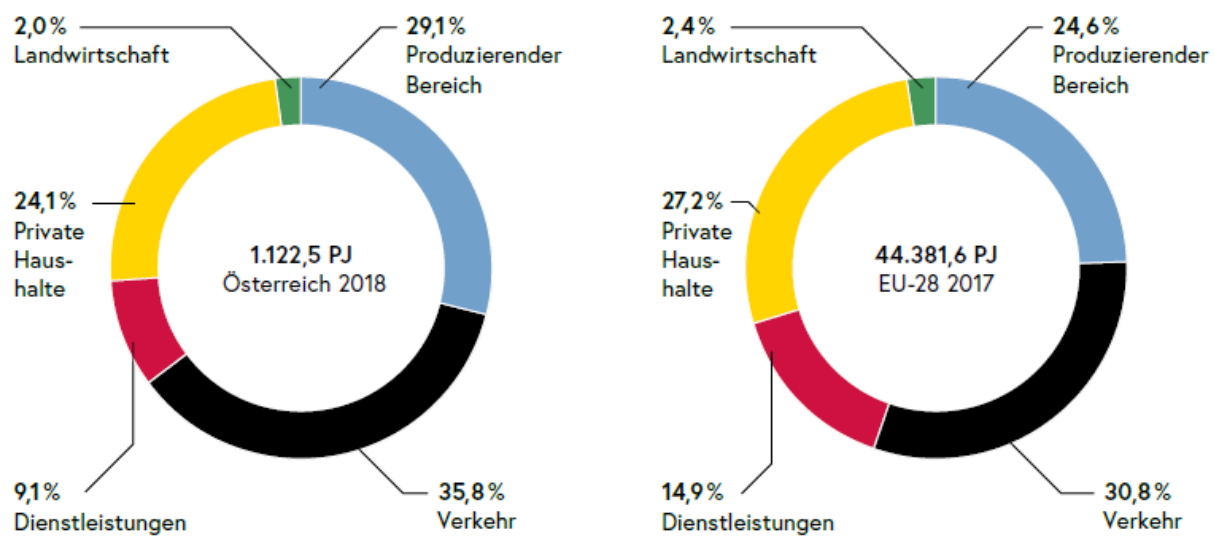


Abbildung 23: Struktur des energetischen Endverbrauches in Österreich und EU-28, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 17

3.1.11 Fazit: Energieaufbringung und -verwendung in Österreich

Zusammenfassend kann über die Energieaufbringung und -verwendung in Österreich festgehalten werden, dass das Aufkommen an Primärenergieträgern zu rund einem Drittel aus der inländischen Erzeugung stammt. Diese ist durch einen hohen und kontinuierlich steigenden Anteil an erneuerbaren Energieträgern gekennzeichnet. Im Rahmen des inländischen Primärenergieeinsatzes bilden Biogene Brenn- und Treibstoffe; sowie Wasserkraft die beiden wesentlichsten Bestandteile. Die Anteile regenerativer Energieträger wie Photovoltaik, Windkraft und Umgebungswärme steigen kontinuierlich und an. Die notwendigen Energieimporte tragen zu rund zwei Dritteln zur Deckung des Bruttoinlandsverbrauchs bei, wobei in erster Linie Öl und Gas importiert werden, da diese fossilen Rohstoffe innerhalb des Landes nicht in ausreichenden bzw. in nur marginalen Mengen vorrätig sind. Der Bruttoinlandsverbrauch konnte weitgehend auf dem Niveau von 2005 stabilisiert werden und ist nach wie vor von den fossilen Energieträgern abhängig. Der Anteil fossiler Energieträger wird sukzessive zugunsten des Anteils an erneuerbaren Energien zurückgedrängt, so dass künftig mehr erneuerbare Ressourcen genutzt werden. Im Vergleich zur Europäischen Union weist Österreich einen überaus hohen Anteil an erneuerbaren Energieträgern ein. Mehr als doppelt so viele regenerative Energieträger werden zur Deckung des Bruttoinlandsverbrauchs eingesetzt. Auch der Endenergieverbrauch konnte trotz Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum auf dem Niveau von 2005 weitestgehend stabilisiert werden. Im Bereich des energetischen Endverbrauchs zeigt sich, dass Strom nach den Ölprodukten der zweitwichtigste Energieträger, gefolgt von Gas und erneuerbaren Energieträgern ist. Der Verkehr ist aufgrund der stetig steigenden Nachfrage nach Verkehrsleistungen, sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr der bedeutendste Energienachfragesektor, in den mehr als ein Drittel der gesamten energetischen Endnachfrage fließt. Hier besteht Handlungsspielraum, um die stetig wachsende Anfrage und den Energieverbrauch zu reduzieren. Neben dem Verkehrsbereich ist der produzierende Bereich mit nahezu 30 % Endenergienachfrage ein wichtiger Energieverbrauchsbereich. Mit weniger als ein Viertel des gesamten Endenergieverbrauchs benötigen private Haushalte, den geringsten Anteil und bilden daher das Schlusslicht. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S.9)

3.2 Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern

3.2.1 Erneuerbare Energie

Definition:

Erneuerbare Energiequellen sind Energiequellen, die sich natürlich erneuern, z. B. Sonnenenergie, Windkraft und Gezeitenkraft. Zu den erneuerbaren Energiequellen gehören:

- *Biomasse und Abfälle: organisches, nicht fossiles Material biologischen Ursprungs, das zur Erzeugung von Wärme oder Strom genutzt werden kann. Hierunter fallen Holz und Holzabfälle, Biogas, feste Siedlungsabfälle und Biokraftstoffe sowie der verwertbare Teil der Industrieabfälle;*
- *Wasserkraft: Strom, der in Wasserkraftwerken aus der potenziellen und kinetischen Energie von Wasser erzeugt wird (ohne den in Pumpspeicherkraftwerken erzeugten Strom);*
- *geothermische Energie: die als Wärme aus der Erdkruste verfügbare Energie, die in der Regel in Form von heißem Wasser oder Wasserdampf vorliegt;*
- *Windenergie: die kinetische Energie des Windes, die in Windturbinen in Strom umgewandelt wird;*
- *Sonnenenergie: Sonnenstrahlung, die für die Erzeugung von Wärme (Warmwasser) und Strom genutzt wird;*
- *Umgebungswärme (Wärmepumpen): Wärmeenergie bei Nutztemperatur, die mithilfe von Wärmepumpen, die für ihren Betrieb Elektrizität oder andere Hilfsenergie benötigen, gewonnen (brauchbar gemacht) wird. Diese Wärmeenergie kann in der Umgebungsluft, unter der festen Erdoberfläche oder in Oberflächenwasser gespeichert werden.*
- *Erneuerbare Brennstoffe*
 - *Biobrennstoffe: Brennstoffe aus Biomasse*
 - *Erneuerbare Siedlungsabfälle*

(Europäische Union - Eurostat (4), 2021)

Eine klare Definition von erneuerbaren Energiequellen ist hinsichtlich Ihrer zeitlichen Begrenzung nicht vorhanden. Daher beschreibt das Umweltbundesamt regenerative Energiequellen als jene Energieformen, welche sich im Gegensatz zu fossilen Energieträgern (Kohle, Erdöl & Erdgas) verhältnismäßig schnell erneuern oder praktisch nahezu unerschöpflich zur Verfügung stehen. (vgl. Umweltbundesamt GmbH, 2021)

Eine weitere Quelle definiert die erneuerbaren Rohstoffe bzw. regenerative Energien damit, dass jene Energie aus Quellen sind, welche sich entweder kurzfristig von selbst erneuern oder deren Nutzung nicht zur Erschöpfung der Quelle beiträgt. (vgl. Erneuerbare Energie Österreich, 2021)

Wie aus den eben genannten soeben drei unterschiedlichen Definitionen der erneuerbaren Energieträger zu entnehmen ist, liegt keine klare zeitliche Definition vor, ab welchem Zeitpunkt die Energieträger als erneuerbar gelten. Fakt ist jedoch, dass der Bildungsprozess dieser Energieträger weitaus kürzer ausfallen, als jene der fossilen Energieträger und diese nahezu „unbegrenzt“ vorzufinden sind. Demnach wird der Terminus „erneuerbare Energieträger“ wie folgt festgelegt. Unter dem Begriff „erneuerbare Energieträger“ werden Rohstoffe bezeichnet, welche nicht aus Erdöl,

Erdgas oder Kohle stammen. Zudem ist der Lebenszyklus des Material auf drei Generationen (rund 80-90 Jahre) oder geringer angestzt.

Österreichs Primärenergieeinsatzes ist wie bereits beschrieben, von einem sehr hohen Anteil an erneuerbaren Energien geprägt und im internationalen Vergleich der EU-Mitgliedsstaaten überdurchschnittlich hoch. Die erneuerbaren Energien, welche in Österreich entstehen und umgewandelt werden sind 2,5-mal so hoch wie jene des EU-Durchschnittes.

2018 entstanden durch die im Inland vorhandenen regenerativen Quellen 408 PJ an erneuerbarer Energie. Davon entstammen rund 60% (227 PJ) durch Biogene (fest), Schreitholz und Biogas) aus biogener Energie und somit dem größten Energielieferanten der erneuerbaren Energieträger. Eine wertvolle erneuerbare Ressource liefert die Wasserkraft. Die durch die Wasserkraft gewonnene Energie ist gemeinsam mit der biogenen Energie, der wichtigste Energielieferant in Österreich und ist daher für die heimische Energiewirtschaft von höchster Bedeutung. Die Wasserkraft erbringt mit fast einem Drittel ein Jahresvolumen von 135 PJ und ist daher an zweiter Stelle der Erzeugungsstruktur der erneuerbaren Energie in Österreich. Einen ebenso wichtigen Beitrag zur Gewinnung der regenerativen Energie, jedoch bei weitem einen nicht so ertragsreich, bildet die Windkraft. 5,3% des Gesamtumsatzes erzielen Windräder in Österreich. Mithilfe der Umgebungswärme (Geothermie, Solarthermie und Wärmepumpen) werden 4,7% gewonnen und dienen der Beheizung von Räumlichkeiten, sowie der Warmwasseraufbereitung. 1,3% der erneuerbaren Energien werden mittels Photovoltaikanlagen erzielt. Hier besteht jedoch noch ein enormes Ausbaupotenzial.

Wie aus dem Energiebericht 2019 hervorgeht, werden Wasserkraft (135,5 PJ), Windkraft (21,7 PJ) und Photovoltaik (5,2 PJ) zur Stromerzeugung eingesetzt. Dabei decken sie 2018 trotz teilweiser schlechter Nutzungsbedingungen (trockenes und windarmes Jahr) etwa 70% der gesamten Stromerzeugung in Österreich. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 20)

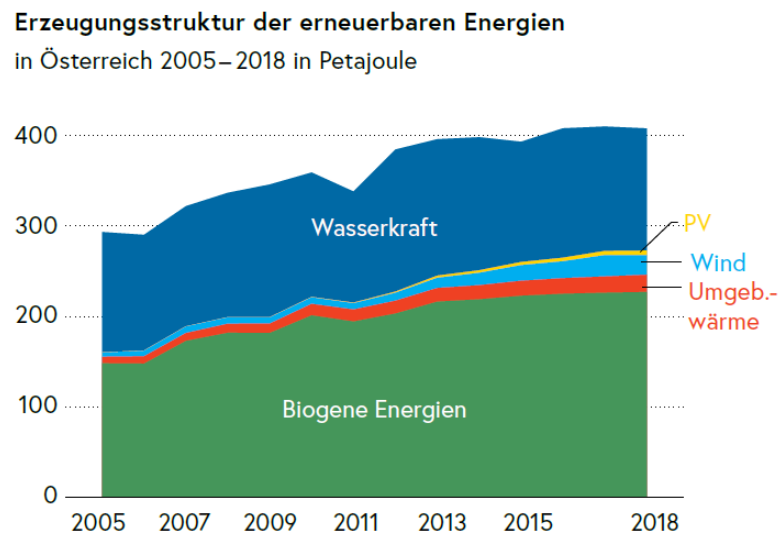


Abbildung 24: Erzeugungsstruktur der erneuerbaren Energien, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 20

3.2.2 Wasserkraft und Windkraft

Wasserkraft

Bei der Wasserkraft wird ein physikalisches Grundprinzip zur Erzeugung von Nutzenergie herangezogen. Dabei wird unter der Nutzung der Wasserkraft die Umwandlung der Bewegungsenergie (Strömung), sowie der potenziellen Energie (Höhendifferenz an Aufstauungen) in nutzbare Energie vollzogen. Hierbei werden Turbinen eingesetzt, welche je nach jeweiligen Einsatzgebieten in ihrer Bauform adaptiert werden. (vgl. Umweltbundesamt Deutschland, 2014)

Prinzipiell wird zwischen zwei Arten unterschieden:

- Laufwasserkraftwerke
- Speicherkraftwerke

Laufwasserkraftwerke:

Bei diesem Prinzip wird die natürliche Kraft der Strömung von Flüssen genutzt. Hier fließt das Wasser mit ihrer Strömungsgeschwindigkeit durch eine Turbine, welche die Durchlaufkraft in Nutzenergie umwandelt. Relevant bei diesem Prinzip ist die kontinuierlich fließende Bewegung des Wassers. (vgl. Biologie-Schule, 2021)

Speicherkraftwerke:

Hierbei werden Gewässer aufgestaut (z.B. durch Talsperren) und das gesammelte Wasser mittels Druckleitungen zu den Turbinen geführt, wo sie anschließend ähnlich wie bei den Laufwasserkraftwerken, eine Turbine durchlaufen, welche Nutzenergie produziert. Diese Anlagen sind nicht kontinuierlich in Betrieb, sondern werden nur zu spezifischen Zeiten herangezogen. Dieses betrifft vor allem jene Zeiten, wo ein erhöhter Strombedarf besteht. (vgl. Biologie-Schule, 2021)

Als effizienteste Form der Wasserkraftnutzung gelten Laufwasserkraftwerke, da diese in Flüssen und größeren Bächen errichtet werden. Diese Form erzeugt konstant elektrische Energie, welche zeitnah in das Stromnetz eingespeist wird. (vgl. Biologie-Schule, 2021)

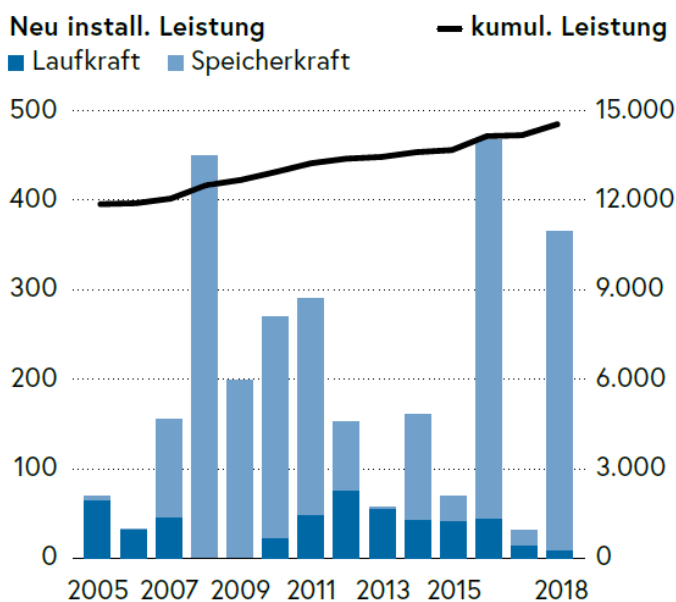
Die Wasserkraft ist eine erneuerbare Energiequelle, welche im überaus hohen Ausmaß zur Verfügung steht. Zu erwähnen ist, dass hier nicht unbegrenzt Ressourcen zur Verfügung stehen, sondern lediglich jene Mengen betrifft, welche in Österreich mit einem ausreichenden Höhenunterschied fließen. Die Nutzung der Wasserkraft wird zudem eingebremst, da größere Einschränkungen des ohnehin bereits weit ausgereizten Potentials in Form von Siedlungen und weitläufigen Arealen aufgrund des Naturschutzes zusätzlich eingegrenzt wird. Dadurch sind die Ausführungen weiterer Stau- und Speicherseen nicht realisierbar und weiteres Potential kann nicht genutzt werden. Nichtsdestotrotz befinden sich in Österreich eine Vielzahl von Wasserkraftanlagen zur Generierung von Strom. Aufgrund dessen wird nicht nur in Wien, sondern auch in ganz Österreich Wasser als Energiegewinnungsquelle genutzt. Ein weiterer wesentlicher Vorteil ist, dass die Stromerzeugung mittels Wasserkraft als besonders klimafreundlich gilt, denn hierbei werden CO₂ – Emissionen vermieden und es hilft dabei die Gesamt CO₂ Belastung zu reduzieren. Österreich ist ein Wasserkraft-Land: Beinahe zwei Drittel der heimischen Stromerzeugung kommen aus Wasserkraftwerken. Ein effektives Beispiel eines Wasserkraftwerkes ist das in Wien situierte Wasserkraftwerk „Freudenau“, welches 1998 das weltweit erste große Fluss-kraftwerk innerhalb einer Millionenstadt bildete und zum Einsatz kam. Das Kraftwerk liefert eine Leistung von 172 Megawatt und kann damit etwa die Hälfte aller privaten Wiener Haushalte mit Strom versorgen. Dieses Werk symbolisiert die Leistungsstärke der Wasserkraftwerke

innerhalb Österreichs und verbildlicht auch ihre Relevanz für das Land und der heimischen Energieversorgung. (vgl. Wien Energie GmbH, 2021)

Die Wasserkraft ist in Österreich ein relevanter Energieträger, welcher wesentlich zum hohen Anteil der erneuerbaren Energien und zur Ökostromerzeugung beiträgt. Die Relevanz dieses Energieträgers lässt sich anhand der dargestellten Grafik 25 entnehmen. Denn im Betrachtungszeitraum von 2005 – 2018 deckte die Wasserkraft (abhängig von den schwankenden Erzeugungsbedingungen) zwischen 55 – 67 % der heimischen Stromerzeugung und ist somit in diesem Segment der wichtigste Energieträger. Ende 2018 wurde österreichweit in allen 3.036 Wasserkraftwerken eine installierte Gesamtleistung von rund 14,5 GW erzielt. Bei den Wasserkraftwerken handelt es sich dabei um 2.923 Laufkraftwerke und 113 Speicherkraftwerke, welche dem Bereich der Kleinwasserkraft (bis 10 MW) zuzuordnen sind. Diese machen rund 10 % der installierten Leistung aus und decken gut 13 % der Jahreserzeugung ab. Die Leistung der Wasserkraft nahm im Betrachtungszeitraum jährlich um 1,6% zu. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 21)

Wasserkraft in Österreich 2005–2018

Jährlich neu installierte Bruttoengpassleistung und kumulierte Bruttoengpassleistung in MW



+1,6% p. a.

Leistung Wasserkraft 2005–2018

Abbildung 25: Wasserkraft in Österreich, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 21

Standortkarte der Wasserkraftwerke

Die nachfolgende Verortungskarte der Wasserkraftwerke (Abbildung 26) verbildlicht die Positionierung der Wasserkraftwerke in ganz Österreich. Dabei sind jene Kraftwerke abgebildet, welche eine Leistung von mehr als 10 MW aufweisen. Unterschieden werden die Kraftwerke nach ihrer Spezifikation. Da dies eine Karte aller in Österreich befindlichen Kraftwerke sind, sind daher auch nicht ausschließlich Wasserkraftwerke abgebildet. Auf die anderen Kraftwerke wird hier jedoch nicht eingegangen, sondern es wird der Fokus nur auf die Kraftwerke gelegt, welche mittels der regenerativen Ressource Wasser betrieben werden. Die auf der Karte verorteten Kraftwerke sind: Speicherkraftwerke (lila), Laufkraftwerke (blau), Windenergie (schwarz), Thermische Kraftwerke (orange) und Biomasseheizkraftwerke (rot). Wie anhand der Landkarte ersichtlich, verfügt jedes Bundesland – mit Ausnahme des Burgenlandes - mit größeren Flüssen eine Vielzahl an Wasserkraftwerken.

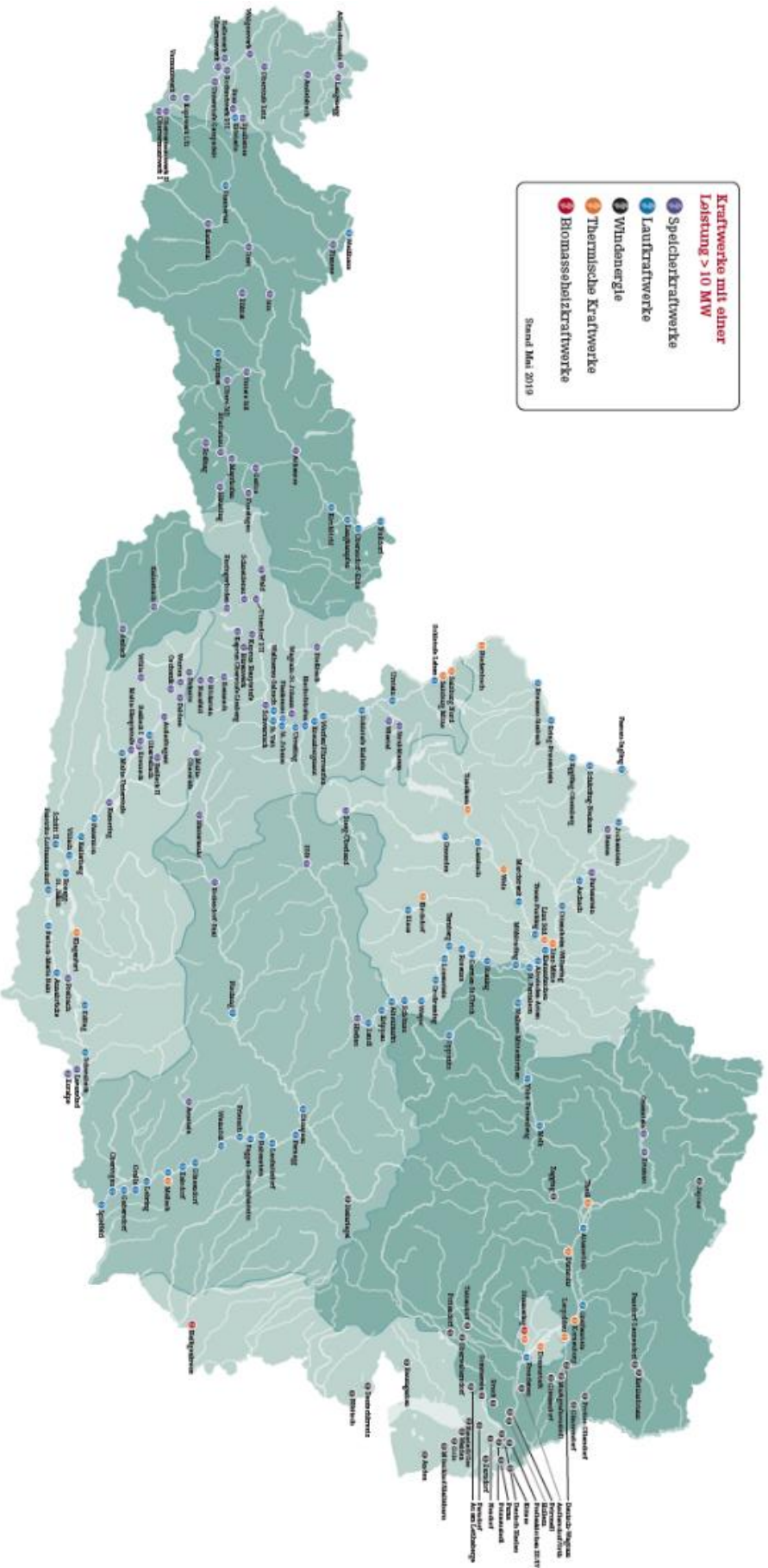
Aufgrund der Vielzahl der Wasserkraftwerke entlang der Flüsse gelingt die intensive Nutzung des Energieträgers Wassers und verhilft somit zur Gewinnung elektrischer Energie und zeitgleich auch zur hohen Deckung der Anteile erneuerbarer Energien am Bruttostrombedarf. Ein weiterer positiver Aspekt der Nutzung der Wasserkraft ist die CO₂ emissionsfreie bzw. emissionsarme Herstellung von Strom. Dies trägt einen wesentlichen Beitrag zur Reduzierung der CO₂-Emissionen – anders als bei anderen Stromproduktionsarten – bei.

Aufgrund des bereits vorhandenen hohen Bestands an Wasserkraftwerken ist ein weiteres Ausbaupotenzial der Wasserkraftwerke kaum mehr möglich. Somit ist das Potenzial des Ausbaugrades von Wasserkraftwerken sowie der Wasserkraft nahezu ausgeschöpft. Um das Potenzial zu steigern, kann hier nur noch die Effizienz der Stromerzeugung gesteigert werden.

Stromerzeugung in Österreich

Kraftwerke der österreichischen E-Wirtschaft

www.oesterreichsenergie.at



oesterreichs energie. Weil Energie in unserer Natur liegt.

Abbildung 26: Standortkarte der Wasserkraftwerke in Österreich, Quelle: Österreichs Energie, 2019

Windkraft

Definition:

„Windenergie ist Energie, die aus Windkraftanlagen gewonnen wird, welche durch die Nutzung der natürlichen Kraft des Windes elektrische Energie erzeugen. Das Prinzip funktioniert wie eine Windmühle: Durch den Wind wird ein elektrischer Generator angetrieben. Dieser wandelt die Bewegung der Windmühlenflügel in elektrische Energie um.“ (Energiehoch3 GmbH, 2020)

Das oben angeführte Zitat erklärt die Funktionsweise der Windräder. Wie wirksam das Prozedere jedoch für einen hohen Stromertrag ist, hängt von der Windgeschwindigkeit ab. Ausschlaggebend sind vor allem die hohen mittleren Windgeschwindigkeiten und die Größe der Rotorflächen der Windräder. Mit zunehmender Höhe über dem Erdboden weht der Wind stärker und gleichmäßiger. Desto höher die Windenergieanlage und je länger die Rotorblätter, desto besser kann die Anlage das Windenergieangebot ausnutzen und umso mehr Energie kann erzeugt werden. Laut dem deutschen Umweltbundesamt haben sich Windenergieanlagen bereits nach etwa drei bis sieben Monaten energetisch amortisiert. Nach dieser Zeit hat die Anlage jene Energie produziert, die für die Herstellung, den Betrieb und die Entsorgung aufgewendet werden musste. Diese Zeitspanne ist im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energieträgern wie z.B.: Photovoltaikanlagen oder Wasserkraftwerken sehr kurz. Konventionelle Energieerzeugungsanlagen amortisieren sich energetisch betrachtet dagegen nahezu nie. Denn während der in Betriebnahme muss immer mehr Energie in Form von Brennstoffen beigeführt werden, als an Nutzenergie erzeugt werden kann. Zudem bietet die Nutzung der Windkraft kurz- bis mittelfristig das wirtschaftlichste Ausbaupotenzial unter den erneuerbaren Energiequellen. Für die Energiewende nehmen Windenergieanlagen für die Stromerzeugung daher eine bedeutende Rolle ein. (vgl. Umweltbundesamt Deutschland, 2020)

Bei größeren Windparks, welche aus mehreren Windkraftanlagen bestehen, wird grundsätzlich zwischen zwei Arten der Anlagen unterschieden:

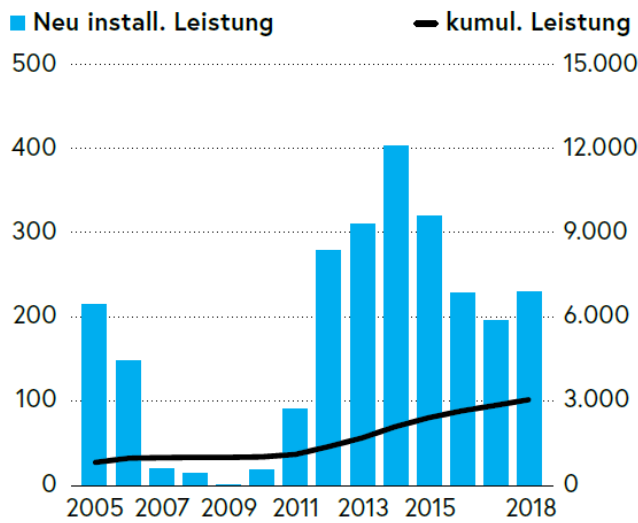
- Onshore („an Land“) – Diese Anlagen sind auf dem Festland angesiedelt, da hier der Bau der Windräder günstiger ist.
- Offshore („vor der Küste“) – Diese Anlagen sind im Küstenbereich des Meers verankert. Durch den vor Ort ansässigen stärkeren und konstanteren Wind kann mehr Strom erzeugt werden, dafür sind jedoch die Kosten der Errichtung entsprechend höher.
(vgl. Energiehoch3 GmbH, 2020)

Neben Wasserkraft ist die Stromerzeugung mittels Windkraft eine sehr bekannte und verbreitete Form von Nutzung von erneuerbaren Energiequellen. Sie ist nach biogener Energie und Wasserkraft der drittgrößte regenerative Stromlieferant.

Im Jahr 2018 wurden erstmals rund 3,1 GW an kumulierter Gesamtleistung aller in Österreich verorteten Windräder verzeichnet. Dies ist ein historischer wichtiger Meilenstein im Ausbau der erneuerbaren Energien, insbesondere der Windkraft. So wurden 2018 österreichweit 71 Windkraftanlagen mit insgesamt 230 MW neu errichtet. Der Großteil der Anlagen (71 Anlagen) wurde in Niederösterreich erbaut. Die restlichen Windkraftanlagen wurden im Burgenland (20) und in der Steiermark (10) aufgestellt. Ende 2018 waren somit 1.313 Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von etwas mehr als 3 GW in Österreich am Netz. Diese Leistung ermöglicht eine jährliche Gesamtstromproduktion von 7 TWh, was rund 11 % des österreichischen Stromverbrauchs entspricht.

Windenergie in Österreich 2005–2018

Jährlich neu installierte Leistung und kumulierte Leistung in MW



Im Vergleich zum Bestand des Vorjahres 2017 stieg das Stromerzeugungspotential um rund 7%. (vgl. Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, 2019, S. 24)

+10,6% p. a.
Leistung Windenergie 2005–2018

Abbildung 27: Windenergie in Österreich, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 21

Die folgende Abbildung 27 verbildlicht die Situierung der Windkraftanlagen in Österreich. Angeführt sind in der Karte die jeweilige Anzahl der Windräder im jeweiligen Bundesland, sowie die Leistung in MW. Auffällig bei der Betrachtung der Karte ist, dass die östlichen Regionen Österreichs eine überaus hohe Anzahl an Windrädern aufweisen und in Betrieb haben. Zurückzuführen ist dieser Sachverhalt auf die geografische Situation, denn die Windkraft ist geografisch bedingt sehr ertragreich im geographischen Osten. Demnach befinden sich die meisten Windräder in der östlichen Hälfte des Landes. Dennoch weisen die westlichen Bundesländer ebenso relativ hohe Windkraftpotenziale auf. Die meisten Windkraftanlagen befinden sich in den Bundesländer Niederösterreich und Burgenland. Hier stehen Stand 2019 744 Anlagen in Niederösterreich und 450 Windkraftanlagen im Burgenland. Zusammengefasst befinden sich 2019 österreichweit 1.340 Anlagen, welche eine Gesamtleistung von 3.159 MW Strom produzieren. (vgl. Interessengemeinschaft Windkraft Österreich, 2020)

Windkraftanlagen in Österreich



Abbildung 28: Windkraftanlagen in Österreich 2020, Quelle: Interessengemeinschaft Windkraft Österreich, 2020

3.2.3 Photovoltaik und Solarthermie

Photovoltaik

Definition Photovoltaik:

Unter dem Begriff Photovoltaik versteht man die direkte Umwandlung von Lichtenergie (der Sonne) in elektrische Energie in Solarzellen. Die Energieumwandlung erfolgt dabei durch den Einsatz von Solarzellen, welche sich in sogenannten Solarmodulen befinden. Die Anhäufung mindestens zweier Solarpanäle wird folglich als Photovoltaikanlage bezeichnet. Der von der PV-Anlage erzeugte Strom kann anschließend entweder selbst vor Ort genutzt werden oder in das Stromnetz eingespeist werden. Wichtig dabei ist, dass vor der Nutzung des gewonnenen Stroms durch eigene Geräte oder vor der Einspeisung in das Stromnetz, die durch die Solarzellen erzeugte Gleichspannung mit einem Wechselrichter in Wechselspannung umgewandelt wird. (vgl. Oberösterreichischer Energiesparverband, 2020, S. 2)

Bei einer vollen Sonnenstrahlung (ca. 1.000 Watt pro Quadratmeter) kann eine Solarzelle etwa zehn bis fünfzehn % dieser Einstrahlung direkt in Strom umwandeln. Damit ist ihr Beitrag zur Stromerzeugung derzeit noch gering. Die Produktionskosten für Solarzellen sind in den vergangenen Jahren signifikant gesunken, dennoch ist die photovoltaische Stromgewinnung, aber immer noch weitaus teurer als aus anderen regenerativen Energiequellen. (vgl. Oesterreichs Energie (2), 2018)

Marktentwicklung der Photovoltaik in Österreich

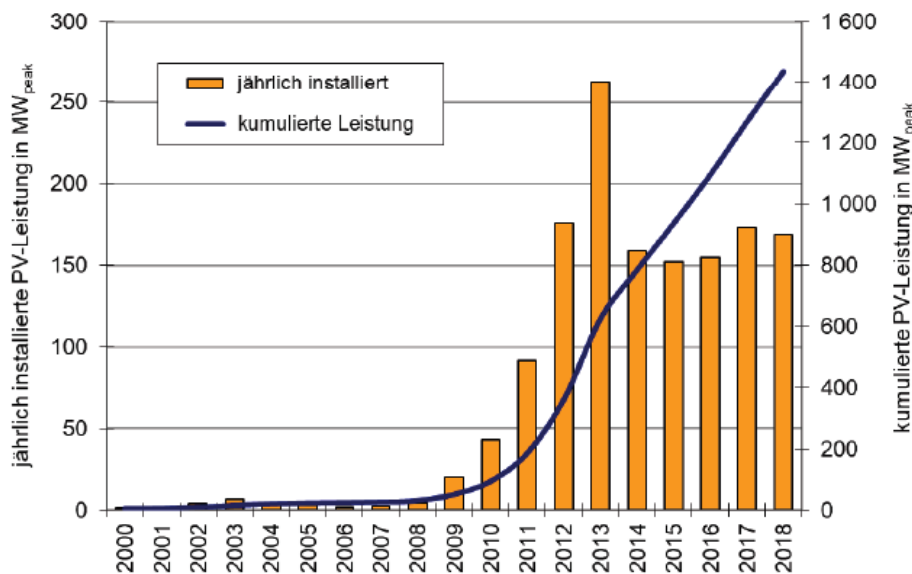


Abbildung 29: Die Marktentwicklung der Photovoltaik in Österreich bis 2018, Quelle: Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, 2019, S. 21

Der österreichische Photovoltaikmarkt erlebte ab den 1980er Jahren – nach seinen frühen Phasen der Innovationen, sowie autarken Anlagen – seinen ersten stärkeren Aufschwung. Der Aufschwung brach nach 2004 durch die Deckelung der Tarifförderung wieder ein. Nach einem Rekordzuwachs im Jahr 2013 – ausgelöst durch eine Förderanomalie – hat sich der Photovoltaikmarkt in den Folgejahren um jährliche Zubauraten zwischen 150 bis 175 MW_{peak} stabilisiert, siehe Abbildung 28. 2018 wurden österreichweit netzgekoppelte Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von 168.458 kW_{peak}, sowie autarke Anlagen mit einer Gesamtleistung von 212 kW_{peak} neu installiert. Ende 2018 wurden

somit insgesamt 168.670 kWpeak errichtet. Verglichen mit dem Vorjahr 2017 entspricht das einem leichten Rückgang von rund 2,5%. Sämtliche PV-Anlagen führten Ende 2018 zu einer kumulierten Gesamtleistung von ca. 1.438 MWpeak. Somit führten die in Österreich in Betrieb befindlichen PV-Anlagen zu einer Stromproduktion von 1.438 GWh bei und konnten dabei eine Reduktion der CO₂-Emissionen von mindestens über 509.000 Tonnen verzeichnen. (vgl. Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, 2019, S. 21)

Der Beitrag der Photovoltaik zur heimischen Stromerzeugung ist im Betrachtungszeitraum von 2005 – 2018 rasant gestiegen und beläuft sich nunmehr auf bereits über 2% der Gesamtbruttostromerzeugung in Österreich. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 22)

Solarthermie

Die Solarthermie nutzt ebenso wie die Photovoltaik die Sonnenenergie als regenerativen Energielieferanten. Der wesentliche Unterschied im Vergleich zu Photovoltaikanlage besteht darin, dass der Verwendungszweck der durch die Sonneneinstrahlung gewonnenen Energie differenziert. Die Sonnenenergie dient bei der Solarthermie zur Erzeugung von Wärme und nicht wie bei der Photovoltaik zur Herstellung von Strom. Die Solarthermie kann zur Warmwasseraufbereitung oder zur kombinierten Heizungsunterstützung herangezogen werden. Die Solarthermie leistet neben der Photovoltaik einen wesentlichen Beitrag zur Senkung des Energiebedarfs. Wesentlich für dieses Verfahren ist die herausragende gute Ökobilanz. (vgl. Solaranlage.eu, 2020)

Marktentwicklung der Solarthermie bis 2018

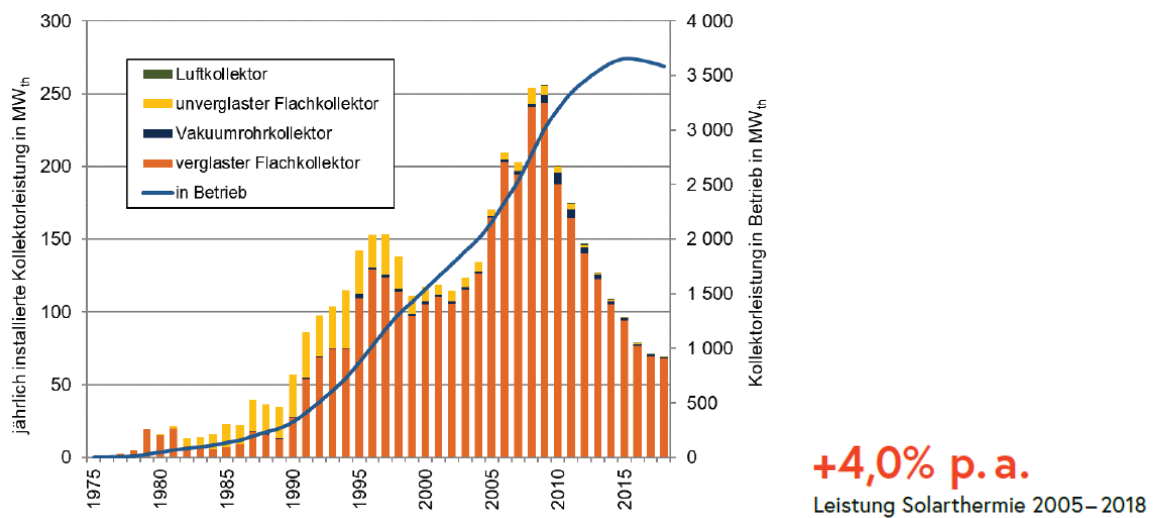


Abbildung 30: Marktentwicklung der Solarthermie in Österreich bis 2018,
Quelle: Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, 2019, S. 22

Die ersten Erfolge der Nutzung thermischer Solarenergie konnten in den 1980er Jahren im Bereich der Warmwasserbereitung und der Erwärmung von Schwimmbädern verzeichnet werden. Zu Beginn der 1990er Jahre gelang es anschließend, den Anwendungsbereich zu erweitern. Dabei wurde die thermische Solarenergie zur Raumheizung erschlossen. Durch die fortlaufende Entwicklung der Technik, der Erweiterung der Einsatzbereiche der thermischen Solarenergie auf den Mehrfamilienhausbereich, den Tourismussektor und die Einbindung von Solarenergie in Nah- und Fernwärmenetze, sowohl in ihrer gewerblichen, als auch industriellen Anwendung, stiegen zwischen dem Jahr 2002 und 2009 die Verkaufszahlen der Solarthermie-Panäle rasant an und erreichten im Jahr 2009 den historischen Höhepunkt. Zurückführen ließ sich dies zudem ebenso auf den Anstieg der Energiepreise. Wie anhand der Grafik 30 ersichtlich, ist nach der Phase des massiven Wachstums bis zum Jahr 2009 der Inlandsmarkt seitdem jährlich in Folge rückläufig. 2018 war eine gewisse Stabilisierung des Marktes nicht ausschließlich in Österreich, sondern auch in anderen europäischen Staaten zu erheben. In diesem Jahr konnten seit 2009 erstmals mehr als die Hälfte der europäischen größten zehn Staaten wieder Wachstumswahlen in Bezug auf Neuinstallationen verzeichnen. Im Vergleich zum Vorjahr 2017 verzeichnete der österreichische Inlandsmarkt nur einen leichten Rückgang um zwei %. So waren im Jahr 2018 mehr als 5,1 Millionen Quadratmeter an thermischen Kollektoren installiert – ein Zuwachs von rund 70 MW_{th} an Kollektorleistung im Vergleich zum Vorjahr. Die entspricht einer installierten Gesamtleistung von 3,5 GW_{th}, wovon der Nutzwärmeertrag bei 2,1

GWth lag. Somit wurden unter Zugrundelegung des österreichischen Wärmemixes 425.434 Tonnen an CO₂ Äquivalent-Emissionen eingespart. Ein durchschnittliches Wachstum von 4 % per Anno ist seit 2005 zudem zu verzeichnen. (vgl. Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, 2019, S. 22)

3.2.4 Wärmepumpen und feste Biomasse

Wärmepumpen

Wärmepumpen sind Maschinen, welche mittels der Umgebungstemperatur (etwa 75%) und einer Antriebsenergie (rund 25%) Nutzwärme produzieren. Die gewonnene Nutzwärme wird in weiterer Folge für die Warmwasseraufbereitung genutzt und in Form von Warmwasser beispielsweise zum Duschen, Kochen oder Beheizen der Wohnräume verwendet. Wärmepumpen werden nicht nur als Wärmelieferant genutzt, sondern werden auch zur energiesparenden Kühlung eingesetzt. Wärmepumpen lassen sich grundlegend in drei verschiedene Arten unterteilen:

- Grundwasser-Wärmepumpe
- Wärmepumpe mit Erdwärmesonden
- Luft-Wärmepumpen

(vgl. biz Verlag GmbH, 2020)

Im Grunde genommen agieren jedoch alle Wärmepumpen immer nach demselben Prinzip. Sie nutzen eine oder mehrere natürliche und regenerative Wärmequellen in der Umgebung (Luft, Geothermie oder Grundwasser) und entziehen ihr die benötigte Energie. Die entzogene Energie wird mittels einem Kältemittel in einen Kreislauf gebracht, wo diese nach mehreren Verfahrensschritten in Nutzwärme umgewandelt wird. Folglich wird die gewonnene Wärmeenergie im Haus verteilt und genutzt oder zwischengespeichert. Der technische Prozess beläuft sich dabei stets auf die drei beschriebenen Schritte. (Gewinnung – Nutzbarmachung – Beheizung). (vgl. Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V., 2021)

Funktionsprinzip Wärmepumpe:

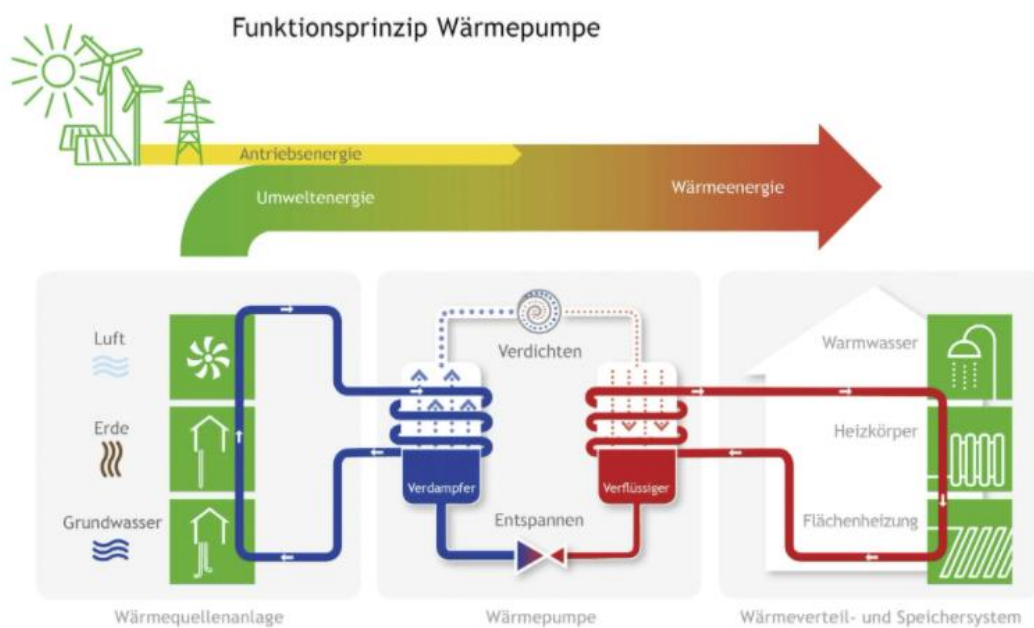


Abbildung 31: Funktionsprinzip Wärmepumpe, Quelle: biz Verlag, 2020

Wie aus dem Energie- und Umweltforschungsbericht aus 2019 des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie hervorgeht, ist die historische Entwicklung des Wärmepumpenmarktes in Österreich in drei Phasen unterteilt. (siehe Abbildung 31)

Die erste Phase ist in den 1980er Jahren von einer starken Marktdiffusion von Brauchwasserwärmepumpen geprägt. Die zweite Phase - in den 1990er Jahren – ist von einem deutlichen Markteinbruch der zuvor aufstrebenden Brauchwasserwärmepumpen gekennzeichnet. Ab 2001 – dem letzten und bis zum jetzigen Zeitpunkt anhaltenden Abschnitt – ist ein überaus starker und fast durchgängiger Anstieg der Verbreitung von Heizungsärmepumpe wahrzunehmen. Die Verbreitung fand nahezu parallel zu dem Marktaufschwung von energieeffizienten Gebäuden statt. Aufgrund der Beschaffenheit dieser Gebäude (geringer Heizwärmebedarf und geringer Heizungsvorlauftemperaturen) ist ein energieeffizienter und wirtschaftlicher Einsatz dieser Technologie ermöglicht worden, welche sich ideal ergänzen (vgl. Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, 2019, S. 23)

Marktentwicklung der Wärmepumpen in Österreich bis 2018

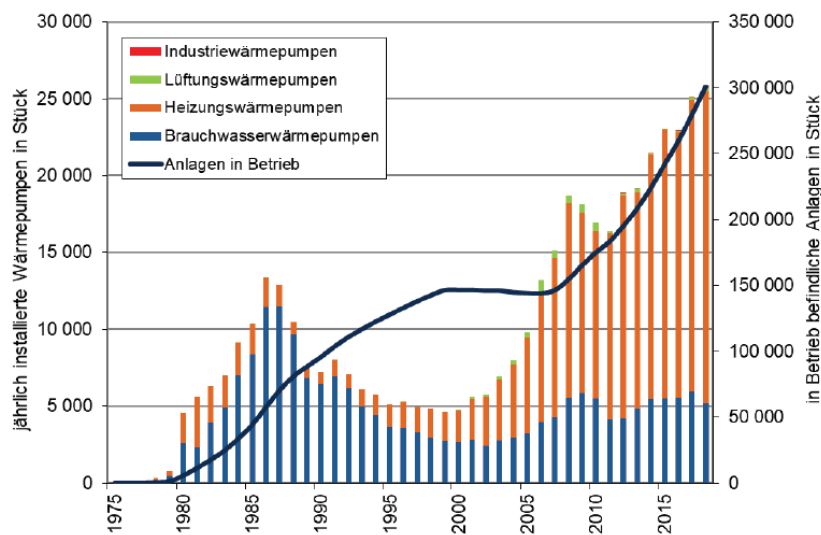


Abbildung 32: Marktentwicklung der Wärmepumpen in Österreich bis 2018, Quelle: Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, 2019, S. 23

Unter Betrachtung der Grafik 32 wird ersichtlich, dass die Nutzung von Umgebungswärme (aus Luft, Erde oder Grundwasser) mittels Wärmepumpen zur Anwendung der Warmwasserbereitung und der Raumheizung einen erheblichen Fortschritt aufweist. So konnte sich die Leistung der Wärmepumpe seit 2005 auf rund 10,4 PJ steigern, was eine Verdreifachung des Wertes ist. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 23)

In Abbildung 24 wird der deutliche Anstieg der neu installierten Wärmepumpe, sowie die Anlagen, welche zurzeit in Betrieb sind, visualisiert. Wie bereits zuvor erwähnt, ist der nahezu konstante Anstieg der Nutzung der Wärmepumpen seit 2005 klar ersichtlich. 2018 wurden gemäß dem Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus beinahe 20.300 Heizungsärmepumpen und etwa 5.200 Brauchwasserärmepumpen in den Umlauf gebracht. Damit sind fast 26.000 neue Wärmepumpen in Österreich installiert worden. In Summe werden mit Stand 2018 somit erstmals

mehr als 300.000 Wärmepumpenanlagen österreichweit eingesetzt - eine Zunahme von über 7,5% zum Vorjahr 2017. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 23)

Feste Biomasse

Als Biomasse werden Stoffe bezeichnet, welche aus organischen und nicht fossilen Materialien biologischen Ursprungs (Pflanzen und Tiere) entspringen, welche als Rohstoff für die Herstellung von Biokraftstoffe dienen. Biomasse umfasst ein überaus breites Spektrum an Materialien, welches aus dem biologischen Teil des Abfalls oder der Natur geerntet wird. Ein typisches Beispiel hierfür ist das Material Holz (Brennholz, Holzabfälle, Baumästen, Stumpe, Holzpellets usw.), welche die größte Energiequelle für die Biomasse darstellt. Weitere Beispiele für Biomasse sind unter anderem: Algen, Bambus, Gras, Klärschlamm, Mais, tierische Abfälle oder auch Zuckerrohr. Bei der Nutzung als Brennstoff gilt die Biomasse als kohlenstoffneutral, da Kohlenstoff während des Lebenszyklus der Biomasse aus der Atmosphäre entzogen und eingefroren wurde. Wie Eurostat und das deutsche Umweltbundesamt schildert, bestehen im Zusammenhang mit der Verwendung von Biomasse als Brennstoff mehrere Nachhaltigkeitsbedenken. (vgl. Europäische Union - Eurostat (5), 2021) (Europäische Union - Eurostat (5), 2021)

Zum einen führt die stark florierende Nachfrage nach Anbaubiomasse zu einer erheblichen Veränderung der globalen Landnutzung. Denn die Ausweitung der Bioenergienutzung, sowie deren Produktion innerhalb der Industrieländern, als auch die zunehmende Steigerung nach tierischen Produkten und den damit einhergehenden Bedarf an Futtermitteln in Schwellenländern, führen zu Veränderungen der globalen Landnutzung. Diese führen unmittelbar zu Preisschwankungen und Preisspitzen bei Nahrungs- und Futtermitteln und leiten folglich akute Knappheiten ein. Dies bedroht vor allem die Versorgungsstruktur vulnerabler Bevölkerungsgruppen und Länder.

Eine eklatante Preissteigerung von Nahrungsmitteln werden hinsichtlich der globalen Hungerproblematik kontrovers diskutiert. Aufgrund der extensiven Nutzungsformen können auch Verdrängungsprozesse von Kleinbauern und Kleinbauerinnen eingeleitet werden. Zum anderen löst die zunehmende Nachfrage nach Biomasse eine Ausweitung landwirtschaftlicher Produktionsfläche aus, welche zu einem wertvollen Verlust von Ökosystemen wie beispielsweise Wäldern, artenreichem Grünland und Mooren führen kann. Ebenso kann eine Intensivierung landwirtschaftlicher Produktion mit ökologischen Kosten einhergehen. (vgl. Umweltbundesamt Deutschland (2), 2020)

Biomasse als Brennstoff

Die energetische Nutzung fester Biomasse ist in Österreich mit einer langen Tradition verbunden und bildet eine der tragenden Säulen der nationalen erneuerbaren Energienutzung. Seit 2007 stieg die Nutzung der festen Biomasse als Brennstoffe an und verdeutlicht somit, dass der Bedarf an Biomasse als Brennstoff von enormer Relevanz ist. Der Bruttoinlandsverbrauch fester Biobrennstoff belief sich 2007 auf 142 PJ. Ende 2018 war ein Bruttoinlandsverbrauch 179,4 PJ zu entnehmen. Somit ergibt sich ein Anstieg von rund 40 PJ in der Zeitspanne von 2007 bis 2018, was einer Zunahme von mehr als einem Viertel (26,35%) entspricht. Die tatsächliche Bereitstellung und Verwertung dieser Ressourcen ist jedoch sehr stark von den Witterungsverhältnissen abhängig. Ersichtlich ist dies in der Abbildung 32. Von 2013 (179 PJ) auf 2014 (ca. 150 PJ) entstand ein erheblicher Rückgang des Bruttoinlandsverbrauchs der Brennstoffe.

Zurückzuführen ist dieser Sachverhalt auf die außergewöhnlich milde Witterung, welche zu einem massiven Rückgang führte. Dasselbe Ereignis konnte im Jahr 2018 wiederholt beobachtet werden. Die milde Witterung verursachte die Reduktion des Bruttoinlandsverbrauchs gegenüber dem Vorjahr 2017 von – dem bisherigen Höchstwert – rund 192 PJ auf 179,9 PJ. Dies zeigt, dass nicht allein die Verfügbarkeit der Ressourcen an festen Biomassen für eine Bereitstellung der regenerativen Energie ausschlaggebend ist, sondern auch die Witterungsverhältnisse eine entscheidende und einschneidende Rolle einnehmen. Durch den Einsatz von festen biogenen Brennstoffen konnten im Jahr 2018 rund 10 Millionen Tonnen CO₂ Äquivalent eingespart werden. Im selben Jahr konnte die Biobrennstoffbranche einen Gesamtumsatz von 1,624 Milliarden Euro erwirtschaften. Der Erfolg der Bioenergie hängt jedoch wie zuvor bereits erwähnt, maßgeblich von der Verfügbarkeit geeigneter Rohstoffe und von der Wettbewerbsfähigkeit der Preise ab. Dies setzt außerdem verstärkte Maßnahmen zur intensiveren Nutzung von biogenen Reststoffen und Abfällen voraus. Neben der klassischen Nutzung zur Raumwärmebereitstellung rückt zunehmend auch die Relevanz der Bioenergie als Teil eines Gesamtsystems in Kombination mit anderen regenerativen Energiequellen in den Fokus. Hierbei können Biomassebrennstoffe vor allem aufgrund ihrer leichten Speicherbarkeit brillieren. (vgl. Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, 2019, S.19)

Die Nutzung fester Biomasse (Scheitholz, Hackschnitzel, Pellets, Sägenebenprodukte, etc.) ist in Österreich aufgrund der großen inländischen Potentiale von hoher Bedeutung und im Darstellungszeitraum beträchtlich gestiegen. (Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, 2019, S.23)

Bruttoinlandsverbrauch fester Biobrennstoffe in Österreich von 2017 bis 2018

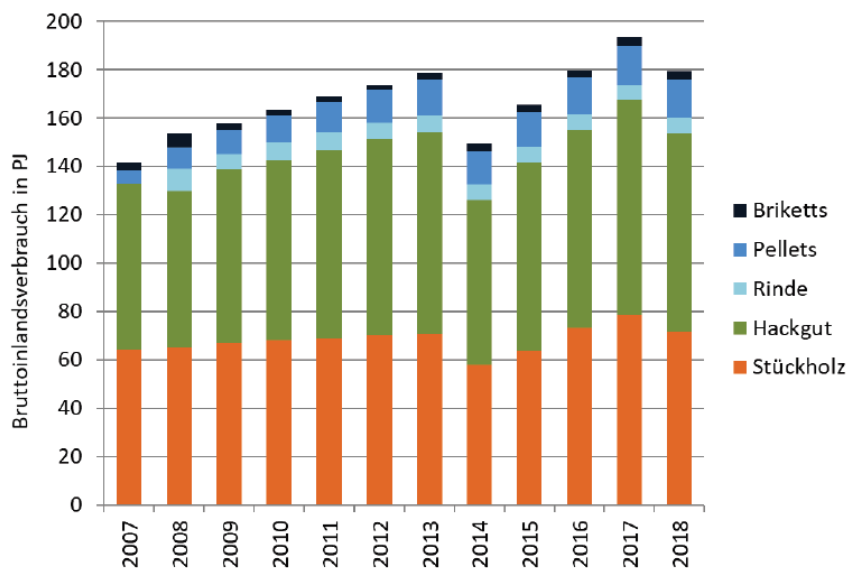


Abbildung 33: Bruttoinlandsverbrauch fester Biobrennstoffe in Österreich von 2007 bis 2018 in PJ, Quelle: Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, 2019, S. 19, S. 19

Feuerungsanlagen

Holzbasierte Energieträger werden zum einen zur Bereitstellung von (Fern-)wärme, sowie im Fall von KWK-Anlagen für Strom und Wärme eingesetzt, zum anderen werden sie auch direkt bei den Endverbrauchern in Biomassefeuerungen wie Kesseln und Öfen verbrannt. Die Anzahl der verkauften Biomassekessel ist nicht gleichmäßig konstant, sondern schwankt im Betrachtungszeitraum stark. In den letzten Jahren verdeutlicht sich ein eher rückläufiger Trend. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S23)

Der österreichische Markt für Biomassekessel wies in der Periode von 2000 bis 2006 ein kontinuierliches und hohes Wachstum auf. Im Jahr 2007 brach der Absatz aller Biomassekessel massiv ab. Hintergrund für diesen starken Einbruch waren die niedrigen Ölpreise – siehe Abbildung 33. Hinzu kamen des Weiteren die Auswirkungen einer Verknappung des Rohstoffes der Holzpellets, wodurch auch die Pelletspreise signifikant anstiegen. Dieser Prozess führte zu einem Markteinbruch im Bereich des Pelletkesselmarkts in einer Größenordnung von etwa 60%. 2009 führte dann die Wirtschafts- und Finanzkrise zu einem erneuten Einbruch und einem Rückgang der Verkaufszahlen um knapp 25%. Ab 2010 folgte dann jedoch anschließend eine Erholungsphase und erreichte 2012 ihren bislang höchsten Verkaufswert mit etwas mehr als 12.000 Stück Pelletskessel. Danach folgte eine erneute Einbruchsphase im Zeitraum bis 2016. Der Grund für die Abnahme waren die steigende Biomassebrennstoffpreise und vorgezogene Investitionen nach der Wirtschafts- und Finanzkrise, sowie die niedrigen Ölpreise und hohen Durchschnittstemperaturen in Österreich. Nach einem leichten Anstieg des Biokesselmarkts im Jahr 2017, sanken die Verkaufszahlen aller Kesseltypen 2018 jedoch wieder. Eine Abnahme der Verkaufszahlen der Stückholzkessel und der Hackgutkessel (<100 kW) ist um 10,7% bzw. 17,4% zu verzeichnen. Lediglich die Verkaufszahlen der Pelletskessel (<100 kW) stagnierten um -0,2%. Die detaillierte Beschreibung der Historie des Pelletskesselmarkts kann symbolisch für den ähnlichen Verlauf aller Kessel- und Öfenarten beobachtet werden. (vgl. Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, 2019, S.19)

Marktentwicklung von Biomassekesseln in Österreich bis 2018

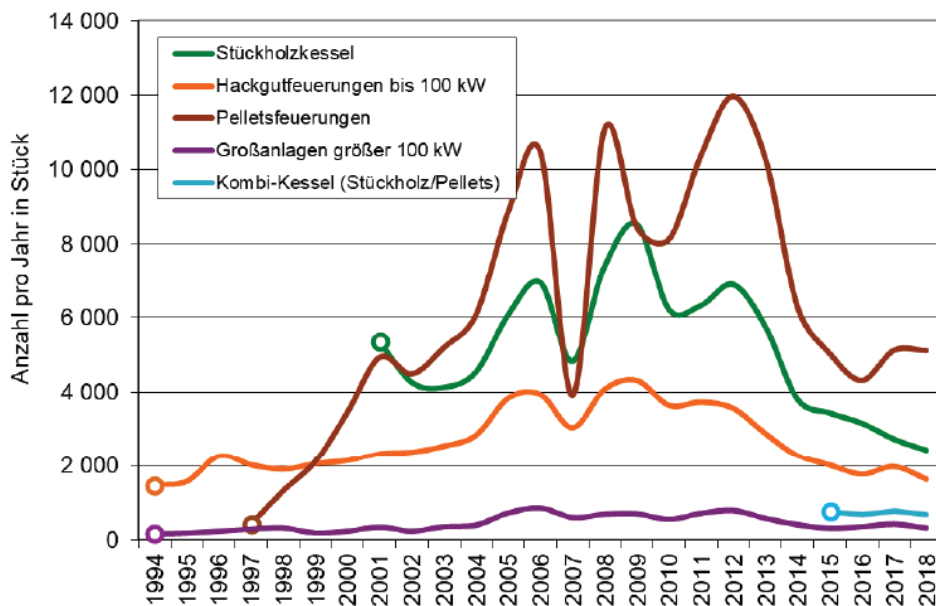


Abbildung 34: Marktentwicklung von Biomassekesseln in Österreich bis 2018, Quelle: Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, 2019, S. 20

3.2.5 Geothermie

Die Geothermie beschreibt die Nutzung der Energie, welche im Inneren der Erde in Form von Wärme gespeichert vorzufinden ist. Die Wärme stammt aus dem Zerfall natürlicher Radionuklide in Gesteinen der Erdkruste sowie aus dem Wärmeaustausch mit dem tieferen Erdmantel. Da etwa 99 % des inneren des Erdvolumens eine höhere Temperatur als 1.000° Celsius ist, kann demnach nur ein Bruchteil davon technisch genutzt werden. Die Hauptanwendung der Geothermie liegt primär in der Wärmeengewinnung. Neben der Wärmeengewinnung kann aber auch elektrische Energie (Wärmeprozess in Kombination mit Fernwärme) produziert oder gekühlt werden. Zusätzlich nimmt die Geothermie auch einen immer höheren Stellenwert in der saisonalen Speicherung von Wärme im Untergrund ein. Befindet sich die Erdwärme im Temperaturbereich unter 30° Celsius so wird die Wärmaufbereitung mit Hilfe von Wärmepumpen unterstützt. Die Erdwärme kann entweder direkt mit Wärmepumpen genutzt werden oder auch z.B. auch mittels einer Kraft-Wärme-Kopplung in Energie umgewandelt werden. (vgl. Erneuerbare Energie Österreich, 2020)

Um die Nutzung der geothermischen Wärmequellen vollziehen zu können, sind unterschiedliche Möglichkeiten vorhanden. Bei allen Arten ist jedoch immer eine Bohrung in den Erdmantel erforderlich. Dabei wird in zwei grundlegende Arten unterschieden – Oberflächennahe Geothermie und tiefe Geothermie.

Oberflächennahe Geothermie

Bei der oberflächennahen Nutzung der Erdwärme wird nur an der Erdoberfläche bis zu 400 Meter tiefgebohrt. Durch diese relative geringe Bohrtiefe – im Vergleich zur tiefen Geothermie – kann das Wasser bis zu einer Temperatur von 25°Celsius gefördert werden. Dieser Vorgang wird zur Beheizung und Kühlung von Gebäuden und technischen Anlagen genutzt. Im Zuge der Bohrung ein geschlossenes Rohrsystem in die Bohrlöcher eingelassen, durch welches anschließend kontinuierlich Wasser gepumpt wird. Durch die Untergrundwärme wird das durchlaufende Wasser erwärmt und im Anschluss an die Oberfläche transportiert, wo es über Wärmepumpe auf die jeweilige Nutzung final temperiert und verteilt wird. (vgl. Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V., 2015)

Tiefe Geothermie

Anders als bei der oberflächennahen Nutzung der Erdwärme, wird bei der tiefen Geothermie tiefläufigere Bohrungen durchgeführt. Hierbei bestehen zwei verschiedene Arten: hydrothermale und petrothermale Systeme in Tiefen von 3.000 bis 7.000 Metern.

Hydrothermale Systeme setzen an wasserführenden Schichten – den sogenannten Aquiferen – an. Hierbei wird das heiße Thermal direkt für die Energiegewinnung herangezogen. Petrothermale Systeme wiederum nutzen die Wärme des Tiefengesteins. (vgl. Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V., 2015)

Geothermie in Österreich

Die erstmalige Nutzung der Geothermie in Österreich fand in den Ölkrisen in den 1970er statt. Etwa zur gleichen Zeit wurden die ersten geothermisch versorgten Wärmepumpen installiert und die energetische Nutzung der Thermalwässern angewendet.

Zurzeit existieren in Österreich neun große geothermische Wärmeheizwerke mit einer Gesamtleistung von ca. 95 MW. An zwei Standorten wird seit rund 20 Jahren auch elektrische Energie mit Hilfe der Geothermie gewonnen, wobei die installierte Gesamtleistung beider Anlagen mit 1,2 MW verhältnismäßig sehr gering ausfällt. Der Geothermie Markt weist eine Bandbreite von über 70.000 Anlagen von individuellen Wärmenutzungen mittels Erdwärmepumpen auf. Die genaue Anzahl der installierten Wärmeleistungen sind zwar nicht bekannt, es wird aber eine Größenordnung von ca. 1 GW (inkl. Stromanteil der Wärmepumpe) angenommen, wobei ca. 75% - 80% der Wärme von der Geothermie bereitgestellt wird. Mit der Geothermie in Österreich wird innerhalb der erneuerbaren Energieträger nur eine kleinere Nische abgedeckt (ca. 2,5% der Wärmebereitstellung, weniger als 0,1% der Strombereitstellung) – ähnlich wie am globalen Markt.

Zudem beläuft sich der Ausbaugrad der Nutzung der bekannten Thermalwasservorkommen in Österreich bei nur etwa 10%, sodass ein deutlicher Ausbau der Geothermie technisch machbar ist. Österreichweit deckt die Geothermie den Niedertemperaturbereich zwischen weniger als 10°C (Umgebungswärme) bis ca. 150°C ab. (vgl. Erneuerbare Energie Österreich, 2020)

Vorteile der Geothermie

Die Geothermie stellt eine sehr umweltschonende Wärmequelle dar, welche, abgesehen vom Antriebsstrom der Wärmepumpe und des Pumpenkreislaufes keine Treibhausgas-Emissionen hervorruft. Vor allem die Oberflächennahe Erdwärme zur Wärme- oder Kältegewinnung ist grundsätzlich als nachhaltig und erneuerbar zu betrachten. Sie ist zudem fast überall verfügbar und ist aufgrund dieser Eigenschaften hervorragend für lokale Energieversorgungskonzepte ohne lange Transportwege geeignet. (vgl. Stadt Wien, 2021)

Ein weiterer und vor allem großer Vorteil der geothermischen Nutzung ist die umweltfreundliche, saison- und witterungsunabhängige Bereitstellung von Energie. Der Flächenbedarf eines geothermischen Kraftwerks bzw. einer Heizzentrale ist hier vergleichsweise gering. Sobald die Anlage und das Fernwärmenetz erst einmal errichtet ist, fallen keine weiteren zusätzlichen Transportbewegungen mehr an. (vgl. Erdwerk GmbH, 2021)

Im Folgenden sind einige Vorteile aufgelistet, welche bei der Nutzung von Geothermie auftreten können:

Aus Sicht des Endverbrauchers ergeben sich folgende positiven Aspekte:

- keine zusätzlichen Lagerflächen (z.B. für Öltanks) mehr notwendig
- preisstabile Wärmeversorgung
- keine potenzielle Brand- oder Explosionsgefahr (im Gegensatz zu Öl- oder Gasheizung)
- keine Geruchsbelästigung durch Heizöltanks
- keine Gewässerschadenshaftpflichtversicherung (im Gegensatz zur Ölheizung)
- keine Kosten für den Kaminkehrer

Aus Sicht einer Kommune sind folgende Vorteile zu nennen:

- regionale Wertschöpfung
- größere Unabhängigkeit von konventionellen Energieträgern (auch in politischer Hinsicht)
- Schaffung einer bezahlbaren und preisstabilen Wärmeversorgung für die eigene Bevölkerung
- umweltschonend durch Nutzung einer regenerativen Energiequelle vor Ort
- gute Fördermöglichkeiten
- kommunale Kontrolle der Energieversorgung
- langfristige Investition in die Infrastruktur auch für zukünftige Generationen
- Steigerung der Standortattraktivität (z.B. für Bauträger oder Industrie mit Prozesswärmebedarf)
- Übernahme einer Vorreiterrolle bei der deutschen Energiewende durch innovative Energiegewinnung, Erfüllung lokaler Umweltschutz-Ziele (Erdwerk GmbH, 2021)

3.2.6 Biogas und Biotreibstoffe

Biogas

Als Biogas wird brennbares Gas bezeichnet, welches meist in Biogasanlagen durch Fermentation (Vergärung) von biologischen Materialien (Biomasse) gewonnen wird. Das erzeugte Erdgas ähnelt aufgrund seiner chemischen Beschaffenheit dem Erdgas, enthält aber jedoch meistens häufig größere Mengen von Kohlendioxid und Wasserdampf, aber auch giftige Schwefelwasserstoffe und Ammoniak. Die beiden unerwünschten, letzteren Stoffe werden direkt nach der Erzeugung teilweise abgebrannt. Biogas kann mit aufwendiger Aufbereitung und Reinigung auf Erdgasqualität veredelt werden und liefert im Anschluss ähnliche Heiz- und Brennwerte wie Erdgas. Um Biogas herstellen zu können, werden unterschiedliche erneuerbare Energiequellen herangezogen. Hierzu werden beispielsweise diverse pflanzliche und tierische Abfallstoffe wie Küchenabfälle, Schweine-, Rinder- und Hühnermist, Schlachtabfälle und Gülle genutzt. Gezielt für die Biogasgewinnung werden auch Energiepflanzen wie Getreide, Mais, Raps und Zuckerrohr angebaut und verarbeitet. Der Verwendungszweck des gewonnenen Biogases erstreckt sich von der Stromerzeugung, bis hin zu der Wärmeerzeugung und Beheizung von Gebäuden, sowie als Antriebsstoff für Kraftfahrzeuge. (vgl. Paschotta, 2020)

Das in Österreich produzierte Biogas wird derzeit zu über 80 % für Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt, die restlichen knapp 20 % gehen direkt in den energetischen Endverbrauch über. Fast 70% des energetischen Endverbrauchs wird im Bereich der Industrie – vor allem in den Sektoren und Nahrungsmittel – verwendet. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S.24)

Wie zuvor bereits beschrieben ist der Einsatzbereich des Biogases vielseitig. Nach entsprechender Gasaufbereitung und -reinigung wird das Biogas in das Erdgasnetz eingespeist. Im Jahr 2018 wurden 171 GWh biogener Gase ins Energienetz eingespeist. Das entspricht im Vergleich gegenüber dem Vorjahr einer Zunahme um ca. 15 %.

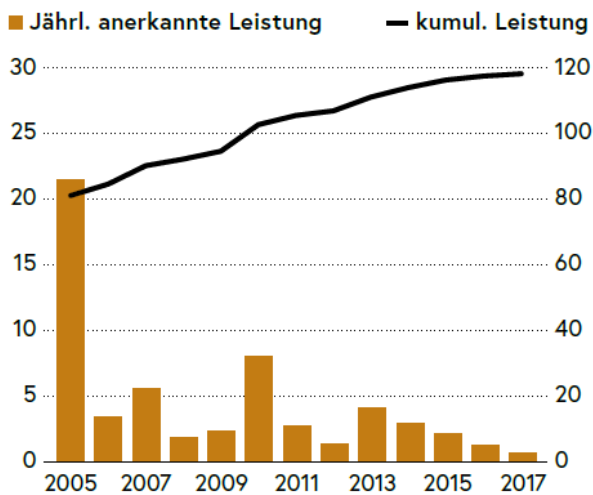
Innovationen im Bereich der Kraftfahrzeugindustrie ermöglichen auch erstmals den Einsatz von Biogas als Hauptenergieträger. Die tatsächlich eingesetzten Mengen an Biogas als Hauptenergieträger sind allerdings noch relativ unbedeutend und zu gering. Von den - Stand Anfang 2019 - rund 400 anerkannten Biogasanlagen, welche für die Strom- und Wärmeerzeugung zuständig sind, haben knapp 290 Anlagen mit einer kumulierten Gesamtleistung von knapp 86 MW einen Vertrag mit der OeMAG

– der Abwicklungsstelle für Ökostromprodukte in Österreich. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S.24)

Die eingespeiste Strommenge in das österreichische Energienetz für das Jahr 2018 belief sich auf 568 GWh elektrischer Energie (zuzüglich der per Bescheid anerkannten Ökostromanlagen). Durch verstromtes Biogas werden zusätzlich weitere 15,8 GWh, welche aus Klär- bzw. Deponiegasen gewonnen wurden, in das System eingespeist. Wie das Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus im Bericht für Biokraftstoffe im Verkehrssektor aus 2019 schildert, sind Angaben über die tatsächlich produzierte Biogasmenge nicht verfügbar, da in der Praxis das Gas direkt vom Motor aus dem Kessel angesaugt und verbrannt wird. Laut ExpertInnenangaben beläuft sich in Österreich die Summe der produzierten Biogasmengen auf 401 bis 630 Millionen m³. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2), 2019, S.28) (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2), 2019)

Biogasanlagen in Österreich 2005–2017*

Jährlich anerkannte Leistung und kumulierte Gesamtleistung in MW



*Daten für 2018 sind nicht verfügbar

Abbildung 35: Biogasanlagen in Österreich 2005-2017,
Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 24

Biotreibstoffe

Der Begriff Biotreibstoff wird oftmals als Biokraftstoff bezeichnet. Bei Biokraftstoffen handelt es sich jedoch um nicht fossile Brennstoffe. Sie sind erneuerbare Energieträger, welche aus organischem Material wie Pflanzenmaterialien oder tierischen Abfällen (Biomasse) ihre Energie beziehen und speichern. Diese Kraftstoffe haben unterschiedliche Aggregatzustände und können fest (z.B. Feuerholz, Kohle und Holzpellets), flüssig (z.B. Ethanol, Biodiesel und Pyrolyse-Öle) oder gasförmig sein (z.B. Biogas). Der Begriff Biokraftstoff wird oftmals auch im engeren Sinne für flüssige Biokraftstoffe zu Transportzwecken im Verkehrswesen verwendet. Zurzeit existieren bereits zwei Generationen der Biotreibstoffe, welche sich durch ihre Rohstoffe in der Herstellung unterscheiden. In der ersten Generation werden Biokraftstoffe heute aus Nutzpflanzen wie etwa Zuckerrohr und Raps hergestellt. Zu ihnen gehören Bioethanol (aus Zuckern und Stärke gewonnen) und Biodiesel (aus pflanzlichem Öl gewonnen). Die Biokraftstoffe der zweiten Generation sind aktuell in einer Entwicklungsphase und sollen aus Pflanzenmaterialien hergestellt werden, welche nicht als Nahrung verwendet werden

können. Dies sind z.B. Ernteabfälle und Abfälle aus der Landwirtschaft oder Siedlungsabfälle. Zu dieser Generation gehört das Bioethanol, welches aus zellulosehaltigen Materialien wie Stroh oder Holz gewonnen wird. (vgl. GreenFacts, 2020)

Wie aus der Grafik 36 zu entnehmen, besteht der wesentliche Anteil (rund 80%) der Biotreibstoffe in Österreich aus Biodiesel inklusive hydrierten Pflanzenölen (HVO). Biodiesel wird dabei im Wesentlichen durch die Beisetzung zu fossilem Diesel in den Verkehr gebracht. Hydrierte Pflanzenöle (HVO) werden zwar ebenso fossilem Diesel beigemischt, jedoch werden diese Pflanzenöle überwiegend in reiner Form beigesetzt. Der zweit größte Anteil (etwa 17%) entfällt auf Bioethanol, dieser Stoff wird hauptsächlich durch die Beimischung fossiler Ottokraftstoffe in Umlauf gebracht, während dessen reine Pflanzenöle – der geringste Anteil der Biotreibstoffe (etwa 3%) fast ausschließlich in reiner Form in Motoren vorzufinden sind und verbrannt werden. Wie aus dem Diagramm der Biotreibstoffe in Österreich von 2005 bis 2018 (Abbildung 35) ersichtlich, kam es vom Jahr 2005 auf das Folgejahr zu einem überaus deutlichen und sprunghaften Anstieg der abgesetzten Biotreibstoffmenge in Höhe von über 200%. 2005 war bei der Biotreibstoffherhebung rein Biodiesel inkl. HVO vorzufinden (ca. 97.000 Tonnen), während 2006 erstmals auch Pflanzenöle erhoben wurden. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S.24)

Grund für diesen massiven Anstieg könnte zum einen die Erweiterung der Anbaufläche für Energiepflanzen in Österreich im Jahr 2006 sein, zum anderen auch die Förderung der Europäischen Union, durch die gemeinsame Agrarpolitik (GAP) bei der die EU mit 45 EUR pro Quadratmeter Anbaufläche subventionierte. Diese Rückschlüsse sind jedoch nicht belegt worden, sie könnten jedoch als Indiz für den rasanten Anstieg im Jahr 2006 gedeutet werden. (vgl. Ortner, 2008, S.14)

Was jedoch einwandfrei belegbar ist, ist der generelle Aufschwung Biogenerstreibstoffe seit 2005 bis zum Jahr 2009 (ca. 635.000 Tonnen). Ab 2009 sanken die Biotreibstoffzahlen leicht bis zum Jahr 2013 ab. Danach folgte ein Zuwachs bis zum Rekordwert von knapp 800.000 Tonnen Biotreibstoff im Jahr 2015. Jedoch konnte dieser beachtliche Wert nicht gehalten werden und der Absatz an Biotreibstoffen ging - vor allem aufgrund des niedrigen Preisniveaus fossiler Kraftstoffe - zunächst signifikant zurück (2016), ehe im Jahr 2018 wieder ein leichter Anstieg zu verzeichnen war. 2017* waren insgesamt neun Biodieselproduktionsstätten österreichweit registriert, die in etwa zwei Drittel des inländischen

Verbrauches produzierten. Zur großindustriellen Produktion von Bioethanol war lediglich eine einzige Anlage verfügbar, welche allerdings mehr als das Doppelte des Inlandsverbrauches erzeugt hat. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S.24)

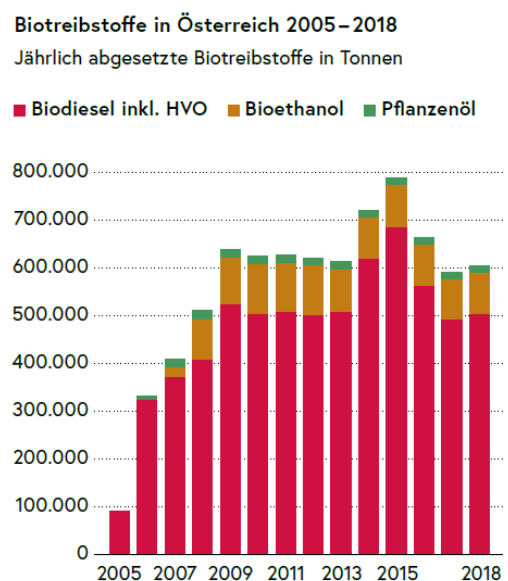


Abbildung 36: Biotreibstoffe in Österreich 2005-2018,
Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 24

3.2.7 Ökostrom

Der Begriff „Ökostrom“ beschreibt elektrische Energie, welche aus erneuerbaren Energiequellen erzeugt wurde. Dabei wird unterschieden, ob die elektrische Energie aus einem Rohstoff erzeugt wurde oder ob die Energie rohstoffunabhängig erzeugt wurde. Ökostrom kann aus den nachstehenden erneuerbaren Energiequellen produziert werden. (vgl. Energie-Control Austria, 2020)

Rohstoffunabhängige Erzeugung

- Wind
- Sonne
- Erdwärme
- Wellen- und Gezeitenenergie
- Wasserkraft

Rohstoffabhängige Erzeugung

- Biomasse
- Abfall mit hohem biogenem Anteil
- Deponiegas
- Klärgas
- Biogas

Mit dem Begriff „Ökostrom“ grenzt sich die aus regenerativen Energiequellen gewonnene Energie von den sogenannten konventionellen Erzeugungsarten, wie etwa aus den Energieträgern Gas, Kohle, Erdöl oder nukleare Energie, ab. (vgl. Energie-Control Austria, 2020)

Physikalisch und technisch betrachtet ist die eingespeiste elektrische Endenergie im Energienetz, welche den NutzerInnen zur Verfügung steht, keinesfalls ihrer ursprünglichen Quelle zuordenbar. So wissen EndabnehmerInnen nicht, welche Art des Stromes (Ökostrom oder konventioneller Strom) aktuell bezogen wird. Diese Information ist für die EndabnehmerInnen oftmals nicht ausschlaggebend, da die VerbraucherInnen (die BezügerInnen von Ökostrom) den Stromversorger für jene Menge an Energie entlohnen, welche verbraucht wird. Im Anschluss speist der Stromversorger dann jenen Anteil an Ökostrom in das Netz ein. So befindet sich schlussendlich der Anteil des verbrauchten Ökostroms im Stromnetz.

Wenn VerbraucherInnen einen Wechsel des Stromanbieters hin zu einem Ökostromanbieter durchführen möchten, so hat dieser Wechsel keinerlei technische Konsequenzen für diesen Haushalt und dessen Geräte. Hierfür werden nur die entsprechenden Mengen an Ökostrom erzeugt und in das Netz eingespeist. (vgl. Paschotta (2), 2020)

Zur Erreichung der österreichischen Klima- und Umweltschutzziele leistet der Ökostrom einen überaus relevanten und wichtigen Beitrag. Um die Steigerung und Produktivität der Ökostromproduktion zu sichern und zu vertiefen, wurde ein gesetzliches bundesweites Förderregime geschaffen. Ziel dieser Ökostromförderung ist die Erzeugung von Ökostrom durch innerstaatliche Anlagen, gemäß den Grundsätzen des europäischen Unionsrechts zu sichern. Verankert ist dies im § 4 ÖSG 2012. (vgl. OeMAG Abwicklungsstelle für Ökostrom AG, 2020)

Das Gesetz § 4 Abs. 2 ÖSG galt bis zum Jahr 2015 und besagt:

„Bis zum Jahr 2015 ist die Neuerrichtung und Erweiterung von Anlagen in einem solchen Ausmaß zu unterstützen, dass durch Anlagen mit Kontrahierungspflicht durch die Ökostromabwicklungsstelle und durch Anlagen mit Anspruch auf Investitionszuschuss ein Gesamtstromanteil von 15%, gemessen an der Abgabemenge an Endverbraucher aus öffentlichen Netzen, erzeugt wird ...“.
(Rechtsinformationssystem des Bundes – RIS, 2021)

Seit 2006 ist in Österreich kraft einer Ökostromnovelle (2006) die Ökostromabwicklungsstelle eingerichtet worden. Diese Abwicklungsstelle (OeMAG) ist dazu verpflichtet, den Ökostrom aus bestimmten Ökostromanlagen über einen gesetzlich definierten Zeitraum abzunehmen, welcher zu einem festgelegten Preis vergütet wird. (vgl. OeMAG Abwicklungsstelle für Ökostrom AG, 2020)

Der Bereich Ökostrom hat aufgrund der zuvor angeführten gesetzlichen Regelungen und Novellen (ab 2006) durch das Ökostromförderregime seit dem Jahr 2003 einen nachhaltigen Aufschwung erfahren. Dabei werden mittlerweile verschiedene Technologien zur Erzeugung erneuerbarer Energien entwickelt und realisiert, sowie der Ausbau erneuerbarer Energien forciert. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S.25)

Geförderte Ökostromanlagen 2018

Anzahl Verträge, installierte Leistung und Einspeisemengen

	Anzahl aktive Verträge (Stück) Q4 2018	Installierte Leistung (MW) Q4 2018	Einspeisemengen (GWh) 2018
Kleinwasserkraft	1.904	374	1.505,6
Windkraft	404	2.344	5.060,6
Photovoltaik	25.233	779	620,4
Biomasse fest	141	302	2.013,7
Biomasse flüssig	15	1	0,1
Biogas	288	86	568,0
Deponie- u. Klärgas	39	15	15,8
Geothermie	2	1	0,2
Gesamt	28.026	3.903	9.784,2

3.903 MW

install. Leistung gefördert Q4 2018

28.026

aktive Förderverträge Q4 2018

Quelle: OeMAG

Abbildung 37: Geförderte Ökostromanlagen 2018, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 25

Wie in der Abbildung 37 festgehalten wurden 28.026 Verträge von geförderten Ökostromanlagen in dem Jahr 2018 unterzeichnet. Dabei fallen mit 90% aller aktiven Anträge auf die Photovoltaikanlagen zurück (25.233 Stück). Den zweithöchsten Anteil (6,8% - 1.904 Stück) weisen Anträge für Kleinwasserkraftwerke auf. An dritter Stelle befanden sich Anträge für Windkraftwerke (404 Stück – 1,44%). Mit 288 und 141 Anträge für Biogas und feste Biomasse sind noch Anträge in größeren Umfang an Stückzahl eingegangen und bewilligt worden. Die restlichen drei Kategorien weisen im vierten Quartal dann nur noch eine geringe Antragszahl auf – Deponie- u. Klärgas 39, flüssige Biomasse 15 und Geothermie 2 Anträge.

Im gleichen Zeitraum wurde dabei die geförderte Leistung von 3.903 MW installiert. Dabei lieferten Windkraftanlagen mit 2.344 MW (60%) die meiste installierte Leistung. Gefolgt von den Photovoltaikanlagen (779 MW – 20%), Kleinwasserkraftwerke (374 MW - 9,5%) und feste Biomasse (302 MW– 7,7%) sind das die Bereiche mit der meist installiertesten Leistung im vierten Quartal. Die geringste installierte Leistung wurde bei der flüssigen Biomasse und der Geothermie – mit jeweils einem MW – erhoben.

In Summe wurden für das gesamte Jahr 2018 9.784 GWh Strom in das Stromnetz eingespeist. Dabei lieferte – ähnlich wie bei der installierten Leistung – die Windkraft mit 5.060 GWh (51,7%) mehr als die Hälfte der eingespeisten Menge und weist somit auch gleichzeitig den höchsten Anteil auf. Mit 2.013 GWh (20,5%) an eingespeister Energie hat die feste Biomasse den zweit höchsten Beitrag geleistet. Kleinwasserkraftwerke trugen mit einer Summe von 1.505 GWh (15%) am drittmeisten bei. Mit 620 GWh (6,3%) und 568 GWh (5,8%) befanden sich die Photovoltaik und das Biogas im mittleren Bereich der Reihung. Deponie- u. Klärgasanlagen lieferten mit 15,8 GWh im unteren Abschnitt der Einspeisemengen. Das Ende bildete – ident wie bei der installierten Leistung im vierten Quartal – die Geothermie und die flüssige Biomasse mit 0,2 GWh und 0,1 GWh.

Wie aus dem Energiebericht Österreichs aus dem Jahr 2019 zu entnehmen, ist die Entwicklung von Anzahl und Leistung der Ökostromanlagen in den letzten Jahren deutlich gestiegen. 2008 wurden rund 5.000 aktive Förderverträge mit Anlagenbetreibern bei einer installierten Leistung von 1.500 MW bei der Ökostromabwicklungsstelle umgesetzt. Zehn Jahre später befindet sich die Anzahl der aktiven Förderverträge bei 28.026 bei einer installierten Leistung von 3.903 MW. Ein klar ersichtlicher Unterschied, sowie eine positive Entwicklung. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 25)

3.2.8 Kernenergie

Die Kernenergie ist für viele Staaten der Welt ein wesentlicher Stromproduzent, denn die Stromproduktion aus der Kernenergie deckt rund zehn % der gesamten weltweiten Stromproduktion ab (Stand Jänner 2021). Von den weltweit 33 Staaten, welche Kernkraftwerke führen, decken 13 Länder – darunter Schweiz und Frankreich – mehr als ein Viertel ihres eigenen Strombedarfs mit der Kernenergie ab. Stand Anfang 2021 umfasst der Kernkraftwerkspark 441 Kernkraftreaktoren in 33 Ländern. (vgl. Swissnuclear, 2021)

Trotz der Sicherheitsrisiken sowie zweier schwerer Nuklearkatastrophen (Tschernobyl und Fukushima) seit der Nutzung der Kernkraft werden weltweit nach wie vor weiterhin Kernkraftwerke errichtet. Aufgrund des anhaltenden Zubaus der Kernkraftwerke konnte sich die installierte Leistung um fünf % innerhalb der letzten zehn Jahren erhöhen. (vgl. NÖ Energie- und Umweltagentur GmbH, 2021)

Kernkraftwerke weltweit

Die beigelegte Weltkarte stellt die derzeitige Situierung aller Kernkraftwerke weltweit dar. Dabei ist klar ersichtlich, dass sich die meisten Kernkraftwerke der Welt in den vereinigten Staaten von Amerika befinden. Hinter der USA mit 94 Kernkraftwerken rangieren sich die drei Weltmächte Frankreich (56) Weltmächte China (49) und Russland (38). Tendenziell weist der asiatische Kontinent (nach Nordamerika) die meisten Kraftwerke auf. Auffallend ist auch, dass auf den Kontinenten Australien/Oceanien und Afrika (mit Ausnahme zwei Kernkraftwerke) kaum bis gar keine Kernenergie zur Energiegewinnung herangezogen werden.

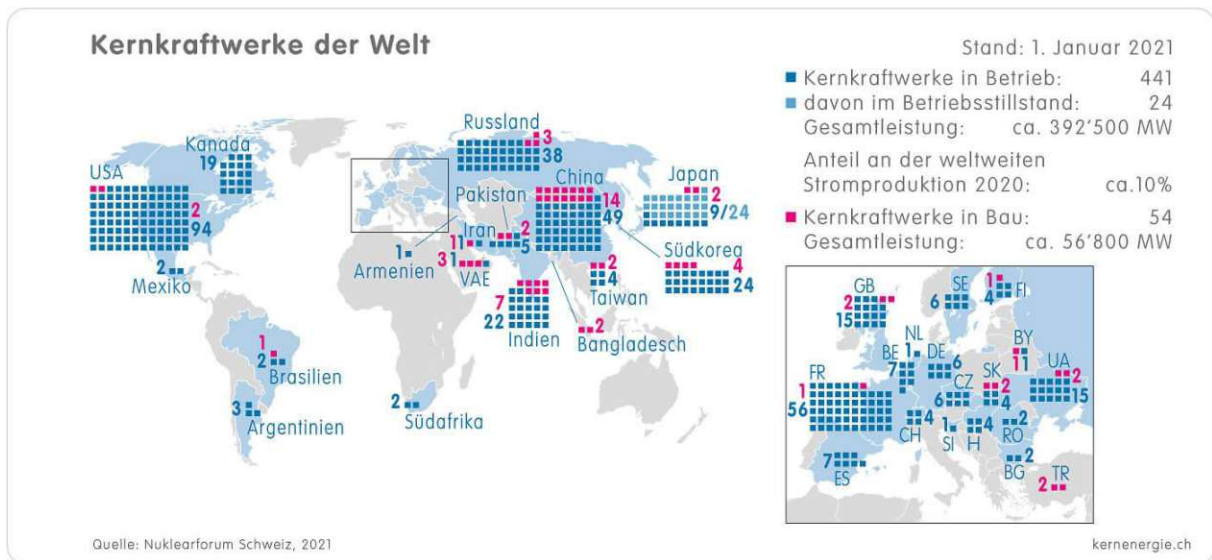


Abbildung 38: Kernkraftwerke der Welt, Quelle: Kernenergie Schweiz

Kernkraftwerke in der EU

Innerhalb der EU sind 110 Reaktoren – circa ein Viertel aller Reaktoren weltweit – in Betrieb. Dabei betreiben 13 der 27 Mitgliedsstaaten Kernkraftwerken. Eines der Mitgliedsstaaten (Kroatien) betreibt selbst aktiv kein Kernkraftwerk (KKW), ist jedoch zu 50 % Miteigentümer. Aktuell werden in nur drei Staaten in der EU tatsächlich gebaut. Bei diesen KKW's handelt es sich um Mochovce in der Slowakei, Olkiluoto in Finnland und Flamanville in Frankreich. Neben der Planung weiterer KKW-Projekte beabsichtigt Polen ein Kernenergieprogramm neu zu starten. Mit Deutschland und Belgien sind zwei Staaten innerhalb der Europäischen Union vorhanden, welche konkrete Ausstiegspläne der Kernenergie umsetzen. Drei weitere Staaten sind in der Überlegung diesen Ausstiegsplänen beizutreten. Wie bereits vorhin erwähnt ist das Land Frankreich jener Staat mit den meisten Kernkraftwerken innerhalb der EU. Weltweit betrachtet liegt Frankreich mit seiner Vielzahl an KKW an zweiter Stelle. Nach Frankreich weisen die Staaten Belgien (7), Spanien (7), Schweden (7), sowie Deutschland (6) und die Tschechische Republik (6) die meisten Kernkraftwerke in der Europäischen Union auf. Österreich selbst nutzt zur Stromerzeugung keine Kernenergie. (vgl. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), 2021)

Funktionsweise

Ein Kernkraftwerk produziert Strom aus der Wärme. Ein Kernkraftwerk ist ein Wärmekraftwerk, wie auch Kohle- oder Gaskraftwerke. Der wesentliche Unterschied ist, dass bei der Wärmeproduktion weder Luftschadstoffe noch Treibhausgase erzeugt wird. Mit der Energie, die bei der Spaltung von Atomkernen frei wird, wird unter hohem Druck Wasser aufgeheizt (wie in einem Dampfkochtopf). Dabei entsteht ein heißer Dampf, welcher eine Dampfturbine antreibt, die mit einem Generator verbunden ist. Der angeschlossene Generator erzeugt folglich Strom, welcher über das Stromnetz zu den Konsumenten geleitet wird. (vgl. Swissnuclear, 2018)

Wirkungsgrad

In einem Kernkraftwerk (der heutigen Generation) wird etwa ein Drittel der durch die Kernspaltung freigesetzten Wärme in Strom umgewandelt. Ein modernes Gas-und-Dampf-Kraftwerk (GuD) weist hingegen einen höheren Wirkungsgrad von bis zu 58 % auf. Der Unterschied ist physikalisch bedingt, denn Kernkraftwerke werden mit einer Temperatur von rund 300 Grad betrieben, ein modernes Gas-und-Dampf-Kraftwerk hingegen mit Temperaturen von mehr als 1200 Grad. Der maximale Wirkungsgrad eines Kraftwerks ist somit aufgrund seiner physikalischen Gegebenheiten beschränkt (Carnot-Faktor). Das bedeutet, dass mit steigender Temperatur auch der maximale Wirkungsgrad steigt. Kernkraftwerke können zukünftig (bei Neubau), wie beispielsweise der Ultrahochtemperaturreaktor, könnten dank ihrer hohen Prozesstemperatur höhere Wirkungsgrade von bis zu 70 % erzielen. (Swissnuclear, 2018)

Vor- und Nachteile der Kernenergie

Vorteile

- Atomstrom verursacht in der unmittelbaren Produktion keine CO₂-Emissionen
- Die Kernkraftwerke aus dem Boom der 1970er-Jahre nähern sich in absehbarer Zeit dem Ende ihrer wirtschaftlichen Betriebsdauer. Ihr Ersatz muss rechtzeitig in Angriff genommen werden.
- Die Nachfrage nach Strom nimmt weltweit laufend zu, besonders in bevölkerungsreichen Schwellenländern wie Brasilien, China oder Indien, die seit Jahren ein hohes Wirtschaftswachstum zeigen.
- Die Preisstabilität von Kernenergie, die anders als bei fossilen Energieträgern kaum vom Preis des Brennstoffs abhängt, macht die Kernenergie attraktiv.
- Die neuen erneuerbaren Energien sind nicht regelbar und produzieren nicht bedarfsgerecht.
- Der Klimaschutz und die knapper werdenden Rohstoffe sprechen für die praktisch treibhausgasfreie, umweltschonende Kernenergie.

Nachteile

- Bei der Stromproduktion entsteht beim Abbau von Uran als auch beim Bau und Abbau bzw. bei der Entsorgung eines Atomkraftwerkes Treibhausgasemissionen.
- Abbau von Uran ist schädlich – Restradioaktivität verbleibt im Ausscheidungsprodukt
- Schlechter Wirkungsgrad
- Atomkraftwerke sind im Vergleich zu erneuerbaren Stromerzeugern teuer
- Bereits mehrere AKW-Unfälle in der Vergangenheit
- Unfälle bergen verheerende Folgen (Verstrahlungen, gesundheitliche Beeinträchtigungen)

3.2.9 Erneuerbare Energien im EU-Vergleich

Bruttoendenergieverbrauch

In diesem Abschnitt werden die Anteile erneuerbarer Energien der Mitgliedstaaten der europäischen Union dargestellt, sowie einer Reihung (vom höchsten zum niedrigsten Anteil) unterzogen.

Der folglich angewendete Indikator zur Darstellung der Anteile an regenerativen Energieträger am Bruttoendenergieverbrauch basiert auf den Definitionen der Directive 2009/28/EC – der Richtlinie erneuerbarer Energien - zur Förderung des Energieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen. Dieser wird auf Grundlage der, unter die Energiestatistik Verordnung (EG) Nr. 1099/2008 fallenden einschlägigen Statistiken berechnet und durch spezifische zusätzliche Daten, welche von den jeweiligen nationalen Verwaltungen (Staaten) an Eurostat gesandt werden, ergänzt. Der Indikator gibt an mit welchem Aufwand erneuerbare Energien genutzt werden und folglich bis zu welchem Grad fossile und/oder atomare Brennstoffe ersetzt haben und somit zeitgleich zur Dekarbonisierung der EU-Wirtschaft beitragen. Ein weiterer Aspekt dieses Indikators ist, dass dieser auch den Fortschritt auf EU-Ebene hinsichtlich des Europa 2020 Ziels für erneuerbare Energien zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch von 20% bis 2020 verweist. (vgl. Europäische Union - Eurostat (6), 2021)

Das unten angeführte Balkendiagramm 39 zeigt die Anteile der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch 2017 inkl. Zielwerte von 2020 in % an. Der Durchschnitt der EU 28 Mitgliedstaaten liegt bei 17,5%, wobei der Zielwert im Jahr 2020 bei 20% angesetzt wurde. Im direkten Vergleich mit dem Durchschnitt der Mitgliedstaaten der europäischen Union liegt Österreich weit über dem Mittelwert. Mit insgesamt 32,6% an erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch von 2017 hat Österreich 15% mehr als der Durchschnitt der europäischen Union. Stand 2017 befindet sich der Anteil an erneuerbaren Energien des heimischen Bruttoendenergieverbrauchs im internationalen Vergleich aller europäischen Länder auf dem fünften Platz und liegt somit vor größeren Staaten wie beispielsweise Deutschland, Großbritannien, Frankreich oder auch Spanien. An der Spitze der Ordnung befinden sich alle skandinavischen Länder - Schweden, Finnland, Lettland und Dänemark - und weisen Anteile von rund 40% auf. Jedoch gibt es mit Schweden einen Staat, welcher sogar über die Hälfte des Bruttoendenergieverbrauch mit erneuerbaren Energien abdeckt. Hervorzuheben ist zudem auch, dass die Zielsetzung des Landes von 2020 mit 49% angesetzt wurde und mit 54,5% bereits 2017 erreicht und weit aus übertroffen wurde. Die Zielsetzung der anteiligen Deckung des heimischen Bruttoendenergieverbrauchs mittels regenerativer Energiequellen ist Stand 2018 noch nicht vollständig erreicht, ist jedoch nur noch um knappe 1,5% vom gesetzten Ziel entfernt. Die signifikanteste Kluft zwischen Zielsetzung des derzeitigen Deckungsgrades weist Frankreich auf. Mit rund 16% befindet sich das Land um weitere sieben % von der gesetzten Zielsetzung unterhalb der gesetzten Zielsetzung.

Bruttoendenergieverbrauch

Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch 2017 und Zielwert 2020 in Prozent

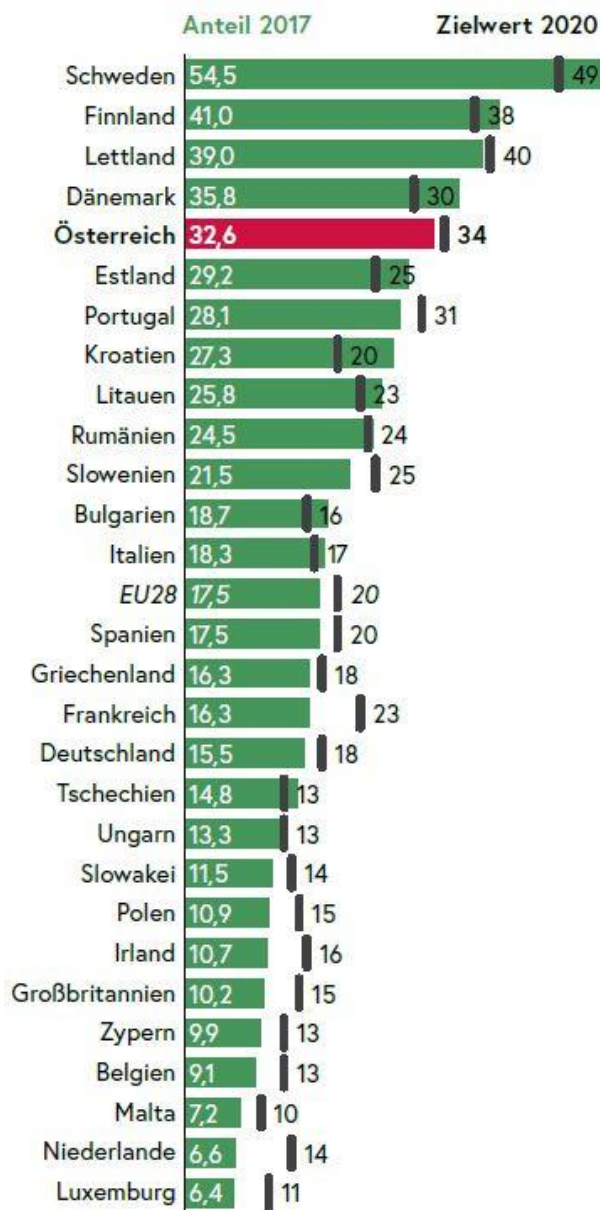


Abbildung 39: Bruttoendenergieverbrauch - Vergleich EU-28, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 26

Bruttostromverbrauch

Der Bruttostromverbrauch stellt den Anteil der regenerativen Energieträger am Bruttostromverbrauch dar und verbildlicht den Einsetzungsgrad am Gesamtstromverbrauch auf Nationalstaatenebene. Die Angaben sind in %en dargestellt. Bei der Betrachtung des folgenden Diagramms 40 wird rasch ersichtlich, dass Österreich jenes Land ist, welches mit 72,2% die meisten erneuerbaren Energien zur Deckung des Bruttostromverbrauchs verwendet. Dies lässt sich auf das hohe Maß der heimischen Ressourcen und der Energiepolitik zurückführen. Mit diesem Spitzenwert werden nahezu dreiviertel des gesamten landweiten Bruttostromverbrauchs mit regenerativen Rohstoffen gedeckt. Unter den fünf Nationen mit dem höchsten Deckungsgrades des Bruttostromverbrauchs zählen von zweiter bis vierte Stelle wieder skandinavische Staaten (Schweden, Dänemark und Lettland) mit einer Spannweite von 54,4%-65,9%. An fünfter Stelle befindet sich mit 54,2% - also dicht hinter Lettland – Portugal. Die nachfolgenden Länder weisen einen durchschnittlichen Deckungsgrad regenerierbarer Naturstoffe unter der Hälfte des Bruttostromverbrauchs auf. Der Mittelwert der EU-28 Staaten liegt bei rund einem Drittel (30,7%). Den geringsten Deckungsgrad weisen die Staaten Malta, Ungarn, Luxemburg und Zypern auf. Hierbei reicht das Ausmaß über den einstelligen %bereich nicht heraus. Was im Vergleich zu dem Bruttoendenergieverbrauch auffällt ist, dass beim Bruttostromverbrauch die gewünschte Zukunftsentwicklung in Form von Zielwerten des jeweiligen Staates fehlt. Nichtsdestotrotz, ist die Vorbildfunktion Österreichs - nämlich die Nutzung heimischer regenerativen Ressourcen zur Deckung von diversen Energiebedarfen – ein Ausrufezeichen und zeigt, dass eine intensive Nutzung erneuerbarer Energiequellen möglich ist.

Bruttostromverbrauch

Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch 2017 in Prozent

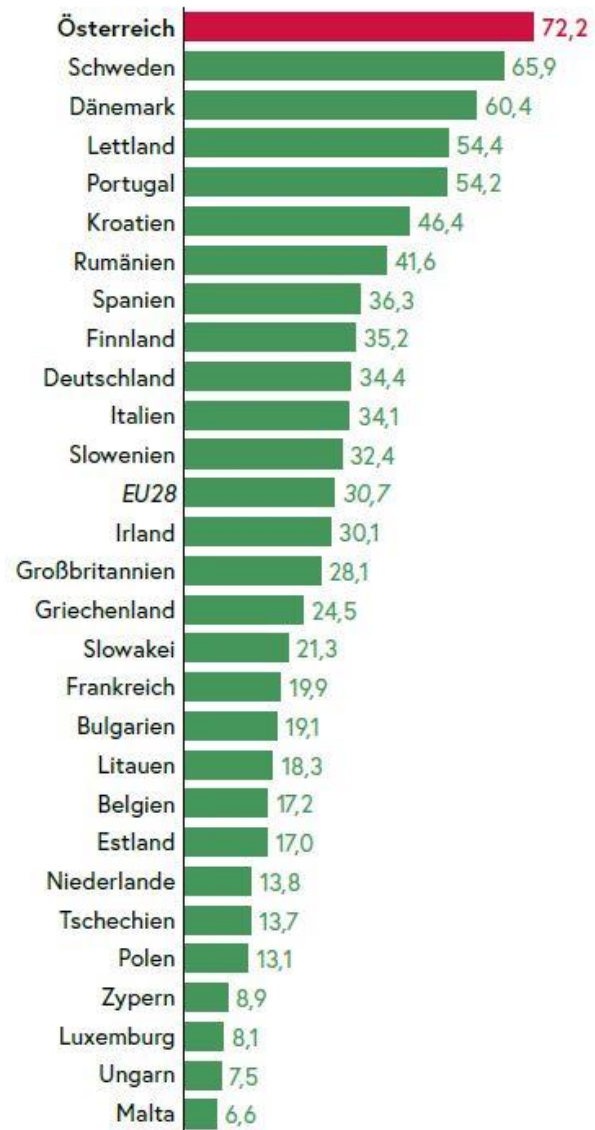


Abbildung 40: Bruttostromverbrauch - Vergleich EU-28, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 26

Verkehr

Das nachfolgende Sub-Kapitel im Abschnitt der erneuerbaren Energien im EU-Vergleich handelt von den Anteilen erneuerbarer Energie im Verkehr von 2017, in % dargestellt.

Aus der zugrundeliegenden Abbildung 41 ist klar ersichtlich, dass die Bilanz des heimischen Abschnitts aus dem Jahr 2017 mit rund 10% des genutzten Energieaufkommens – in Hinsicht auf den Deckungsgrad mit regenerativen Rohstoffen - im Bereich Verkehr eher gering ausfällt. In der Betrachtung des gesamten Erscheinungsbildes dieser Grafik, zeigt sich, dass Österreich dennoch eine gute Umsetzungsquote vorzuweisen hat, denn hierbei befindet sich Österreich an dritter Stelle der Reihung. Von einem erhöhten Einsatz vorhandener erneuerbarer Ressourcen im Verkehrsbereich kann – trotz der Besetzung der dritten Stelle in der Reihung – jedoch nicht gesprochen werden. Da der Nutzungsgrad aller europäischen Länder – mit Ausnahme Schweden und Finnland – sich im Bereich von 0,4% (Estland) bis maximal 10% (Österreich) erstreckt und somit de facto zu gering.

Wie soeben aufgegriffen, gibt es jedoch mit Schweden und Finnland zwei Ausnahmen. Aufgrund des geringen Anteils der restlichen 26 europäischen Staaten, heben sich die beiden Nationen mit ihren weitaus höheren Anteilen einschlägig hervor. Finnland weist mit 18,8% eine fast 100%ige Steigerung der Einbringung an regenerativen Energien im Vergleich zu Österreich auf. Mit dem höchsten Anteil von knapp 40% ist Schweden in der Gegenüberstellung sogar um das Vierfache höher als Österreich. Beachtlich ist, dass Finnland und Schweden sich überaus deutlich von den anderen europäischen Nationen absetzen. Dabei ist der Sprung vom Zweitplatzierten Finnland mit 18,8% auf Spitzenreiter Schweden mit 38,6% doppelt so hoch. Hier bezieht Schweden eine klare nachhaltige Position ein und ist für die restlichen Staaten eine Leitfigur im Einsatz erneuerbarer Energien im Verkehrssektor. Eine Zielsetzung hinsichtlich der angestrebten Entwicklung der Anteile der jeweiligen Nationen wäre ähnlich wie in dem vorherigen Abschnitt – dem Bruttostromverbrauch – wünschenswert. Jedoch ist die fortschreitende Entwicklung auch ohne Zielwert klar definiert und ersichtlich, denn die aktuellen Werte vermitteln, dass eine einschlägige und sukzessivere Einbringung nachhaltiger und erneuerbaren Energieträger fokussiert werden muss und die Werte bei etwa durchschnittlich 20% angesiedelt sein sollten. Der bisherige EU-Durchschnitt liegt bei 7,6%, also rund bei einem Drittel.

Verkehr

Anteil erneuerbarer Energien im Verkehr 2017
in Prozent

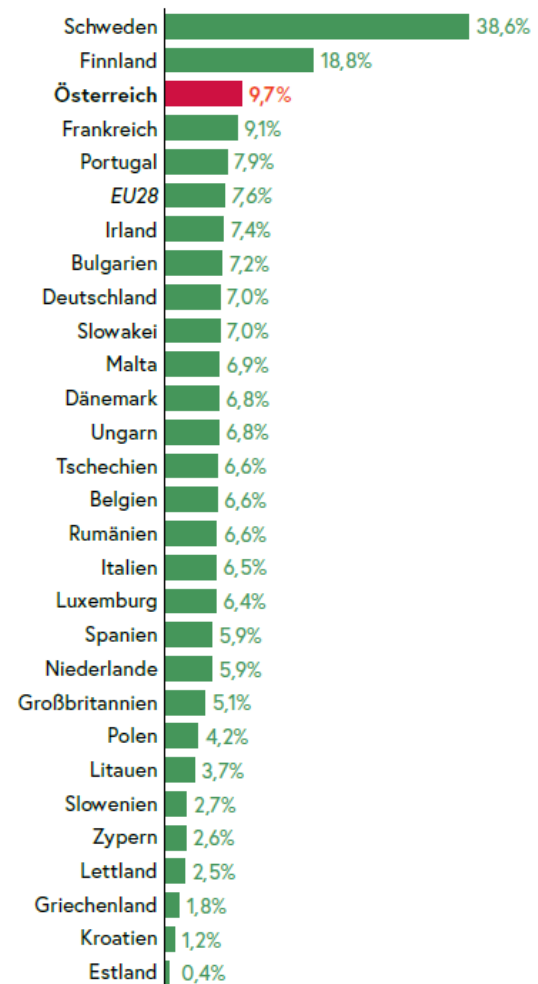


Abbildung 41: Verkehr - Vergleich EU-28,

Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 27

Raumheizung/Klimatisierung

Im letzten Abschnitt des internationalen Vergleichs der Nationen der europäischen Union wird der Einsatz der regenerativen Energien beim Bedarf der Raumheizung und der Klimatisierung untersucht. Vorweg kann der Darstellung entnommen werden, dass im Vergleich zu den Anteilen im Bereich Verkehr der Einsatz erneuerbaren Energieträger weitaus höher ist als im vorherigen Kapitel. Dies hat den Hintergrund, dass die Bandbreite des Einsatzspektrums in der behandelten Kategorie weit aus vielfältiger und höher ist, als im Bereich Verkehr.

Während im Bereich Verkehr bislang nur elektrische Motoren, Erdgas-Motoren, sowie Biokraftstoffe (Biodiesel) als Alternative zu Verbrennungsmotoren vorhanden sind, ist das Einsatzspektrum um einiges geringer als im Bereiche der Raumheizung und der Klimatisierung.

Ähnlich wie in den Abschnitten und Grafiken zuvor weisen die skandinavischen Länder die höchsten Anteile vor und belegen demnach die Positionen eins bis fünf. Der Mittelwert der Nationen Schweden, Finnland, Lettland, Estland und Dänemark liegt bei 55,3%, damit betreiben sie mehr als die Hälfte ihres Bedarfes an Raumheizung und Klimatisierung mit regenerativen Rohstoffen. Auch Litauen – an gleicher Stelle mit Dänemark (46,5%) – hat einen sehr hohen Einsatz dieser Materialien. Österreich weist einen Wert von 32% auf und ist somit an zehnter Stelle der Wertung. Zwischen Österreich und Lettland befinden sich noch Kroatien, Portugal und Slowenien (mit 33,2-36,5%). Da der EU-Durchschnitt bei 19,5% vermerkt ist, liegt Österreich weit aus über dem Durchschnitt. Sechs Staaten verfügen über eine Deckungsquote von unter zehn % und bilden somit auch das Ende der Reihung. Unter diesen Ländern befinden sich die Beneluxstaaten, Irland, Großbritannien und die Slowakei.

Raumheizung/Klimatisierung

Anteil erneuerbarer Energien an Raumheizung/
Klimatisierung 2017 in Prozent

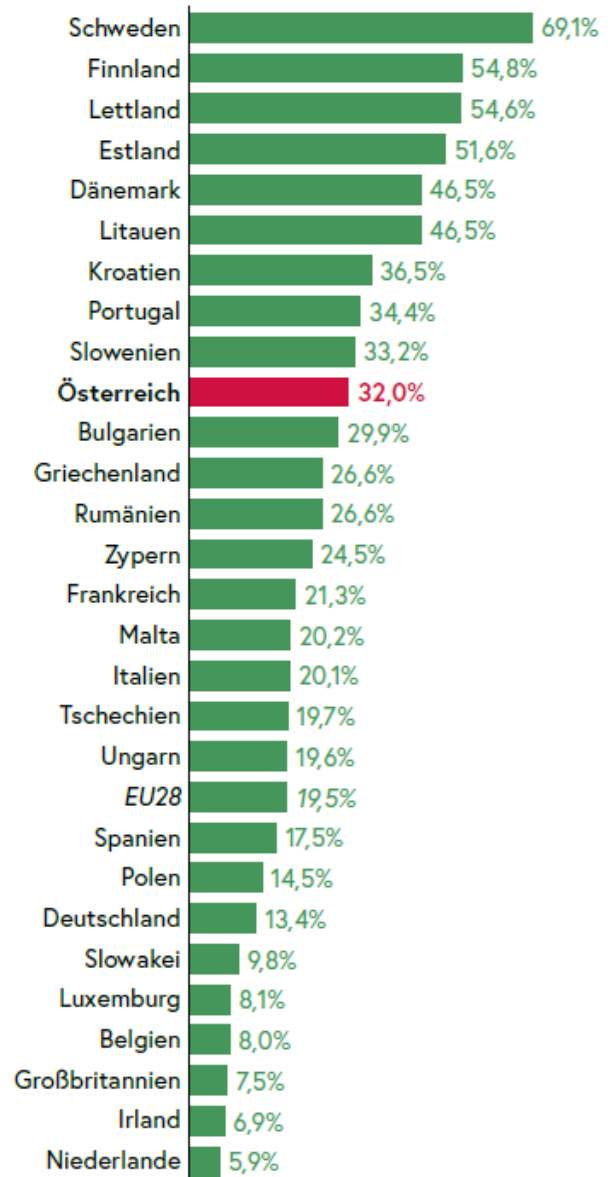


Abbildung 42: Raumheizung/Klimatisierung - Vergleich EU-28,
Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 27

3.2.10 Zwischenfazit zu erneuerbaren Energieträger im EU-Vergleich:

Skandinavische Länder sind im Einsatz erneuerbarer Energien bzw. bei der Nutzung regenerativer Energieträger im europäischen Vergleich an erster Stelle. Keine anderen Länder setzen vehement und kontinuierlich auf eine nachhaltige Zukunft. Aufgrund der ambitionierten Klima- und Energiepolitik werden Ziele definiert und Maßnahmen ergriffen, welche sich klar von anderen Staaten abheben. Aufgrund dieser Vorsätze und weisen die nordeuropäischen Staaten so herausragende Bilanzen.

Im direkten Vergleich der skandinavischen Staaten mit den restlichen Ländern der EU zeigt sich, dass die einzelnen europäischen Staaten in ihren Werten und Zielvorgaben weit voneinander getrennt sind, und somit eine große Diskrepanz und Handlungsbedarf besteht. Vor allem im Bereich Verkehr ist eine eklatante Dysbalance ersichtlich, welche ausgeglichen werden muss.

In Bezug auf Österreich kann anhand dieses Abschnittes festgehalten werden, dass im Bereich des Bruttoendenergieverbrauchs die Anteile der erneuerbaren Energien in Österreich mit mehr als 30% zu den fünf bestplatzierten Staaten gehört und am besten Weg ist, die Zielvorgabe von 34% zu erreichen. Im Vergleich zu den restlichen Ländern der europäischen Union befindet sich Österreich bei den Anteilen der erneuerbaren Ressourcen am Bruttostromverbrauch mit knapp dreiviertel des Gesamtanteils an erster Stelle und ist jenes Land, das eine überaus herausragende Leistung in der Verwendung regenerativer Energieträger im Bereich des Bruttostromverbrauchs aufweist, denn hier werden nur ein Viertel des Bruttostrombedarfs mit fossilen Brennstoffen gedeckt. Im Bereich Verkehr positioniert sich Österreich mit rund 10% an dritter Stelle, hinter Schweden und Finnland. Hier befindet sich Österreich zwar auf Rang drei, jedoch ist die Spannweite zu den vorhin genannten Staaten überaus hoch und noch ausbaufähig. Bezogen auf die Klimatisierung und der Raumheizung ordnet sich Österreich im vorderen Bereich des zweiten Drittels ein. Hier werden mit dem Bereich Verkehr ein Drittel des Energieverbrauches – also ein Vielfaches - mit erneuerbaren Ressourcen abgedeckt, jedoch weisen die restlichen Staaten der europäischen Union einen höheren Deckungsgrad auf.

Unter Betrachtung der Entwicklung der Anteile an erneuerbaren Energien in den unterschiedlichen Sparten – insbesondere des Bruttoendenergieverbrauch, sowie des Bruttostromverbrauchs - über die letzten Jahre hinaus, besticht Österreich mit einer zunehmenden, sukzessiven Integration vorhandener regenerativer Energieträger und positioniert sich im europäischen Vergleich im überdurchschnittlichen Bereich und teilweise auch überwiegend in den Spitzenbereichen. Unter Einhaltung der positiven und konstanten Entwicklung wird das Land voraussichtlich die vorgegebenen EU-Ziele des jeweiligen Bereichs erreichen.

3.2.11 Energieeffizienz

Wie das Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus verweist, ist die Energieeffizienz seit Jahrzehnten ein wichtiges Anliegen der österreichischen Energiepolitik. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S.28)

Die Relevanz der Energieeffizienz wird von der österreichischen Presseagentur APA mit „Energieeffizienz ist der Schlüssel zum Erreichen der österreichischen Klimaziele“ betitelt und verweist auf den enormen Stellenwert des Faktors. (vgl. APA – Austria Presse Agentur, 2020) Ziel der österreichischen Energieeffizienz ist die Einsparung von 20 % des heimischen Primärenergieverbrauchs, bis zum Jahr 2020. Verankert ist dieses Ziel im Bundes-Energieeffizienzgesetz, welches auf der Umsetzung der Richtlinie 2012/27/EU der Europäischen Union über Energieeffizienz basiert. Die Richtlinie ist hierbei Teil der Strategie Europa 2020 und zielt darauf ab ein intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum zu erreichen. (vgl. Bundesministerium für Klimaschutz, 2021)

Die Energieintensität ist eine Kennziffer, welche den Einsatz von eingesetzter Energie in Relation zu einer wirtschaftlichen Leistung oder anderen Bezugsgrößen setzt. Oftmals wird hierbei der Bruttonenergieverbrauch (PEV) mit dem Bruttoinlandsprodukt (BIP) in Relation (PEV/BIP) gesetzt. Diese Kennziffer, ebenso wie dessen Kehrwert (Energieproduktivität = BIP/PEV) wird als Indikator der Energieeffizienz betrachtet und herangezogen. Hierbei sollte das Ziel sein, dass die Energieintensität einen abnehmenden Entwicklungsverlauf aufweist. Das bedeutet, dass die eingesetzte Menge an Energie für eine Einheit des Bruttoinlandsprodukt (BIP) über den Zeitablauf abnimmt, während dessen hingegen die Energieproduktivität zeitgleich zunimmt. Also mit einer Energieeinheit ein größeres Bruttoinlandsprodukt geschaffen wird. (vgl. Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, 2021)

Wichtig für ein besseres und vereinfachtes Auffassen der folgenden Abbildungen in dem Kapitel der Energieeffizienz ist, dass je niedriger die Energieintensität ist, die Effizienz des betrachteten Systems steigt. Demnach gilt, je geringer die Energieintensität, umso höher die Energieproduktivität und Energieeffizienz. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S.28)

Entkopplung: Bruttoinlandsverbrauch vom Wirtschaftswachstum

Entkopplung: Bruttoinlandsverbrauch vom Wirtschaftswachstum

Index 2005 = 100

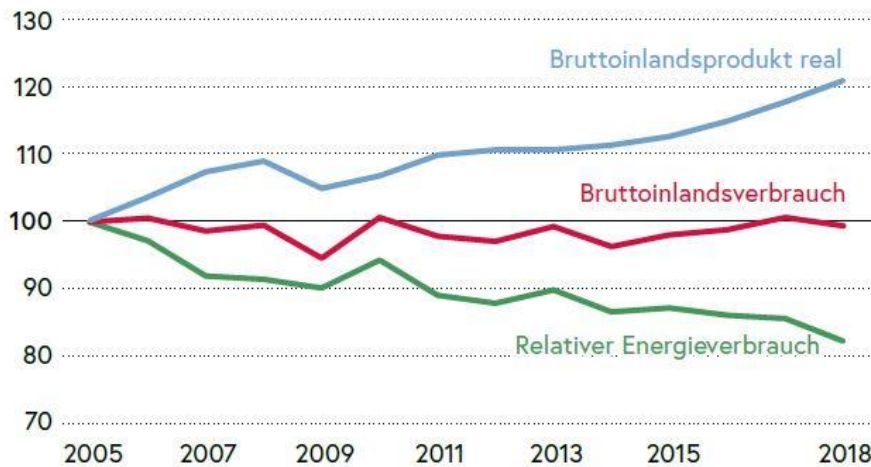


Abbildung 43: Entkopplung Bruttoinlandsverbrauch vom Wirtschaftswachstum, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 28

Das angeführte Liniendiagramm 43 verbildlicht die Entkopplung des Bruttoinlandsverbrauches und des Wirtschaftswachstums Österreichs in der zeitlichen Periode von 2005 bis 2018. Ausgangspunkt bildet das Jahr 2005 mit dem Index von 100. Über den zeitlichen Verlauf entwickelt sich eine deutlich sichtbare und markante Entkopplung der beiden Aspekte Wirtschaftswachstum (BIP real) und Energieverbrauch (Bruttoinlandsverbrauch).

Während das reale Bruttoinlandsprodukt kontinuierlich und stetig ansteigt (ca. 120, Stand 2018), verläuft die Entwicklung des Bruttoinlandsverbrauchs wesentlich flacher und bleibt jedoch nahezu konstant (ca. 100, Stand 2018). Der relative Energieverbrauch hingegen offenbart eine sinkende Tendenz (ca. 82, Stand 2018), wobei Schwankungen durch relevante Faktoren – wie beispielsweise die Wirtschaftsentwicklung oder die Witterungsverhältnisse - beeinflusst wurden. Die Grafik dokumentiert eine Reduktion des Effizienzindikators um rund 20 % und verzeichnet eine klare erfolgreiche Entkopplung des Wirtschaftswachstums vom Energieverbrauch in den letzten Jahren. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S.28)

Industriequote und Primärenergieintensität

Die unten abgebildete Darstellung 44 zeigt die Primärenergieintensität der Industrien innerhalb der ausgewählten EU-Staaten aus dem Jahr 2017. Wiedergegeben wird die Grafik in der Einheit von Kilogramm Öläquivalente je 1.000 EUR. Dabei wird die Industriequote des jeweiligen Landes in dem Kreisdiagramm angeführt und die Primärenergieintensität im Balkendiagramm dargestellt.

Bei Betrachtung der Grafik ist ersichtlich, dass Irland mit 53,2 PEV/BIP der Primärenergieintensität bei gleichzeitig der größten Industriequote von 34%, die beste Wertung aufweist. Dänemark weist ähnlich wie Irland eine gute Energieeffizienz mit 65,3 PEV/BIP Primärenergieintensität auf, jedoch liegt hier die Industriequote vergleichsweise bei nur 14%, also um 20% weniger als beim Spitzenreiter. Österreich befindet sich mit 99,6% der Primärenergieintensität oberhalb des EU-Durchschnittes,

welches sich bei knapp 110 positioniert. Den schlechtesten Wert liefert Bulgarien mit 411,7 PEV/BIP in koe pro 1.000 EUR. Vergleichsweise ist die Bilanz von Bulgarien im Vergleich zu Österreich um mehr als das Vierfache höher und demnach auch ineffizienter.

Industriequote und Primärenergieintensität

Industriequote und Primärenergieintensität 2017 (PEV/BIP in koe pro 1.000 €) ausgewählter Länder 2017



Quelle: Eurostat
 Primärenergieverbrauch (PEV) gemäß Energieeffizienz-RL;
 (PEV = Bruttoinlandsverbrauch – Nichtenerget. Verbrauch – Verbrauch Wärmepumpen)

Abbildung 44: Industriequote und Primärenergieintensität, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 28

Heizintensität der privaten Haushalte

Heizintensität der privaten Haushalte

Index 2005 = 100

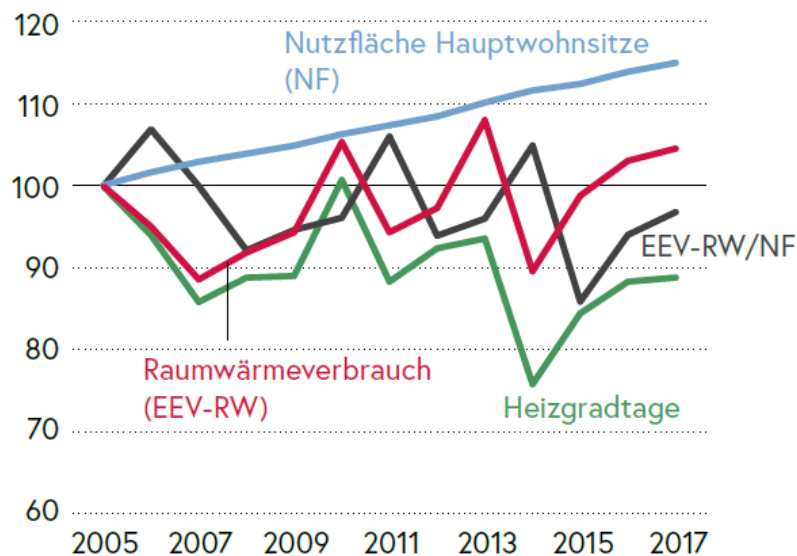


Abbildung 45: Heizintensität der privaten Haushalte, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 29

Da Raumwärme und Warmwasserbereitstellung fast ein Drittel des gesamten Energiebedarfs in Anspruch nehmen, ist die Entwicklung dieser Dimension bzw. eine Verbesserung in diesem Bereich von enormer Relevanz. Das nachfolgende Liniendiagramm verkörpert die Veränderung der Heizintensität der privaten Haushalte über den zeitlichen Horizont von 2005 bis 2017. Sie soll die Entwicklung über die Jahre darstellen. Zur Charakterisierung der Energieintensitätsentwicklung wird die Heizintensität bei Wohngebäuden am Endenergieverbrauch für Raumwärme pro m² Wohnnutzfläche herangezogen. Die Heizgradtage sind im Liniendiagramm angeführt, da Sie für den Verlauf und der Darstellung der Heizintensität eine tragende Rolle einnehmen. Heizgradtage sind ein Maß für die klimatischen Bedingungen an einem spezifischen Standort, auf den unterschiedliche klimatische Faktoren und nehmen somit Einfluss auf den Raumwärmeverbrauch, sowie die Dauer der Beheizung einwirken. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 29) In blau gekennzeichnet verläuft die Linie der Nutzfläche der Hauptwohnsitze. Wie ersichtlich steigt diese linear stetig über die Jahre hinweg an. Der rot eingefärbte Graf stellt den grundsätzlichen Raumwärmeverbrauch dar, dieser liegt 2017 bei 105. Heruntergebrochen auf die Wohnnutzfläche ergibt sich ein Raumwärmeverbrauch von rund 98 pro m² der Hauptwohnsitze. Grün symbolisiert den Verlauf der Heizgradtage. Die Grafen (Raumwärmeverbrauch und Raumwärmeverbrauch je Nutzfläche) verzeichnen einen nahezu parallelen Verlauf – mit einer geringen zeitlichen Versetzung. Die Schwankungen der beiden Grafiken orientieren sich dabei hauptsächlich an den Heizgradtagen. Da sich die Spannweite des Raumwärmeverbrauchs, sowie jene pro Nutzfläche, kaum über die Jahre hinweg gravierend geändert haben (rund 10%), kann von einer weitestgehenden Stabilisation gesprochen werden.

Heizintensität der Dienstleistungen

Ähnlich wie in der Abbildung 46 wird in dem unten angeführten Diagramm die Heizintensität in Bezug auf die Dienstleistungen dargestellt. Hier sind die beiden Grafen Heiztage und Raumwärmeverbrauch vorzufinden. Der wesentliche Unterschied liegt dabei in den beiden weiteren zu untersuchenden Klassifikationen der Erwerbstätigen, sowie der Bruttoschöpfung. Da bei der Heizintensität der privaten Haushalte der Energieverbrauch für die Raumwärme je m² Nutzfläche herangezogen wurde, werden bei Dienstleistungsgebäuden der Energieverbrauch zum einem pro Erwerbstätige Person (Vollzeitäquivalente VZÄ), sowie zum anderen je Bruttowertschöpfung (BWS) zur Berechnung herangezogen. Der zeitliche Horizont erstreckt sich hierbei ebenso wie in der vorherigen Grafik über die Jahre 2005 bis 2017 und bleibt somit unverändert. Ebenso unverändert bleiben auch die Heizgradtage, da diese ident sind.

Der reine Raumwärmeverbrauch ohne Spezifikationen befindet sich im Jahr 2017 bei rund 76, somit verzeichnet sich hier eine Abnahme von etwa 25% des Ausgangswertes von 2005. In Bezug auf den Energieverbrauch pro erwerbstätige Person (Vollzeitäquivalente VZÄ) zeigt sich, dass der Wert noch geringer ist und bei etwa 65 liegt. Die Abnahme dieses Wertes positioniert sich bei 35%. Die Heizintensität ist bei dem Raumwärmeverbrauch in Zusammenhang mit der Bruttowertschöpfung im Vergleich zum Raumwärmeverbrauch pro erwerbstätige Person dabei noch eine Spur niedriger. Mit etwa 63, Stand 2017 wird hier ein Tiefstwert erzielt – das entspricht einer Abnahme von rund 40%. Die beiden Tiefstwerte der Raumwärmeverbräuche konnten trotz Zuwächse in den Bereichen Erwerbstätigen und Bruttowertschöpfung erzielt werden. Somit hat sich die Energieintensität bei den beiden Charakteristika wesentlich verbessert. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S.29)

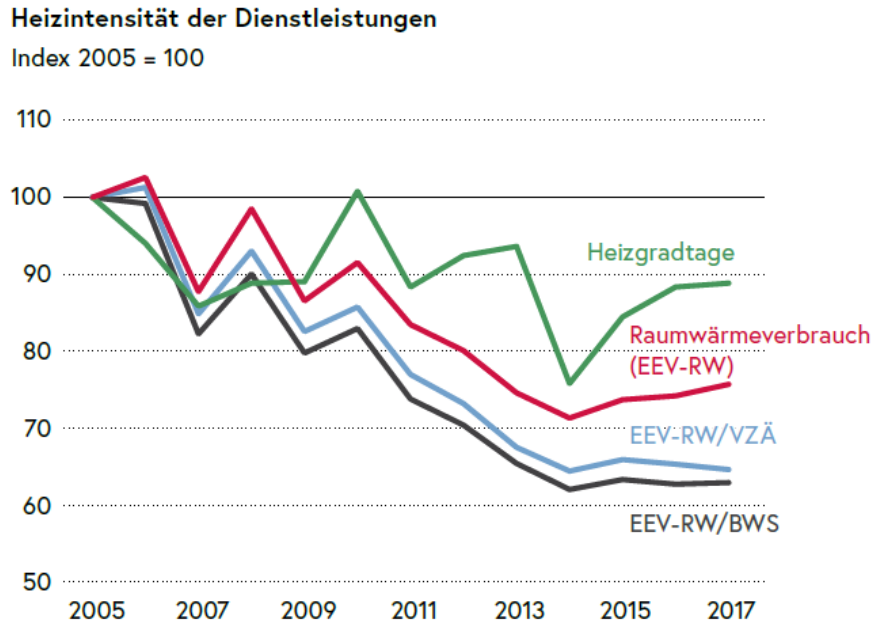


Abbildung 46: Heizintensität der Dienstleistungen, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 29

Energieintensität der Industrie

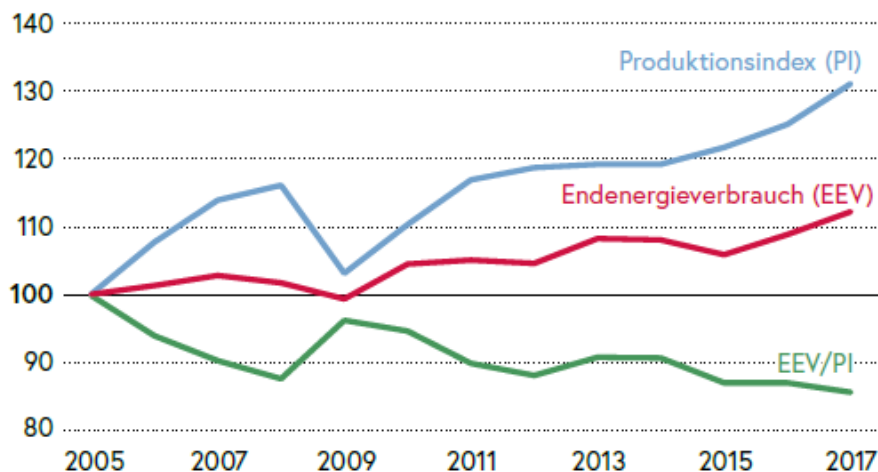
Im folgenden Abschnitt wird die Energieintensität der Industrie untersucht. Nach den vorhin beschriebenen Analysen der Energieeffizienz bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt, der Heizintensität von Wohngebäuden inkl. privater Haushalte sowie von Dienstleistungen, soll nun die Energieeffizienz in Zusammenhang mit der Industrie thematisiert werden.

Da die Industrie bzw. der produzierende Bereich mit rund 30% nach dem Verkehr (36%) den zweitgrößten Endenergieverbrauch aufweist, ist die Betrachtung der Energieintensität ebenso überaus relevant. Denn auch hier könnte bei unzureichender Energieeffizienz ein Handlungsbedarf bestehen.

Das Diagramm der Energieintensität der Industrie spiegelt den energetischen Endverbrauch der Industrie im zeitlichen Verlauf (2005-2017) wieder. Neben dem grundsätzlichen Endenergieverbrauch wird zusätzlich der Produktionsindex, sowie der energetische Endenergieverbrauch je Produktionsindex. Über die Jahre hinweg stieg der energetische Endverbrauch auf den Index (EEV) 112, also einer 12%igen Zunahme seit 2005. Ein stärkerer Anstieg seit 2011 entstand von 2014-2017, die Gründe für diesen Zuwachs wird im nachfolgenden behandelt. Trotz des konstanten Anstiegs – mit Ausnahme des Rückgangs 2008 (Finanzkrise) – des Produktionsindex konnte der energetische Endverbrauch je Produktionsindex im Laufe der Jahre eine starke Reduktion verzeichnen. Vom Startpunkt 2005 bis zur letzten Datenerfassung 2017 konnte eine Abnahme von 14% erzielt werden. Das entspricht einer jährlichen Senkung von -1,3%. Aufgrund der Verringerung des Endenergieverbrauchs pro Produktionsindex ist die Energieintensität innerhalb der Industrie gering und daher effizient.

Energieintensität der Industrie

Index 2005 = 100



-1,3% p. a.

Abbildung 47: Energieintensität der Industrie, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 30

Dekomposition der Energieverbrauchsentwicklung

Wie im Abschnitt, wird zuvor angekündigt wird in diesem Unterkapitel der Anstieg des energetischen Endverbrauchs von 2014-2017 analysiert. Dabei soll die nachfolgende Dekomposition Aufschluss über den Zuwachs bringen. Eine Dekomposition ermöglicht dabei eine Gegenüberstellung verschiedener Einflüsse auf den vorhandenen Energieverbrauch darzustellen und unterstützt somit die Interpretation der Energieverbrauchsentwicklung. Wie das Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus verlautet, wird der Endenergieverbrauch in der Industrie vor allem von der Aktivität, der Intensität und der Struktur dieser, sowie den klimatischen Bedingungen enorm beeinflusst. Dabei sei der Energieverbrauchszuwachs im Zeitraum von 2014 bis 2017 von 3,8 % ist auf die um 8,8 % gestiegene Wirtschaftsleistung und auf die um 3,4 % schlechteren klimatischen Bedingungen im Beobachtungszeitraum zurückgeführt. Positiv auf die Energieverbrauchsentwicklung haben sich hingegen der Strukturwandel hin zu Industriebranchen mit einer unterdurchschnittlichen Energieintensität (negativer Struktureffekt von -3,3 %) und eine Energieintensitätsverbesserung um 5,1 % ausgewirkt. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S.30)

Dekomposition der Energieverbrauchsentwicklung

im Sektor Industrie 2014–2017

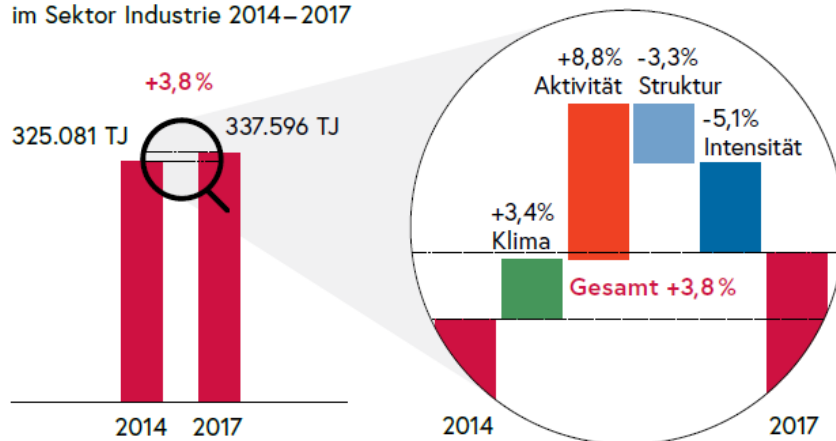


Abbildung 48: Dekomposition der Energieverbrauchsentwicklung, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 30

Energieintensität im Verkehr

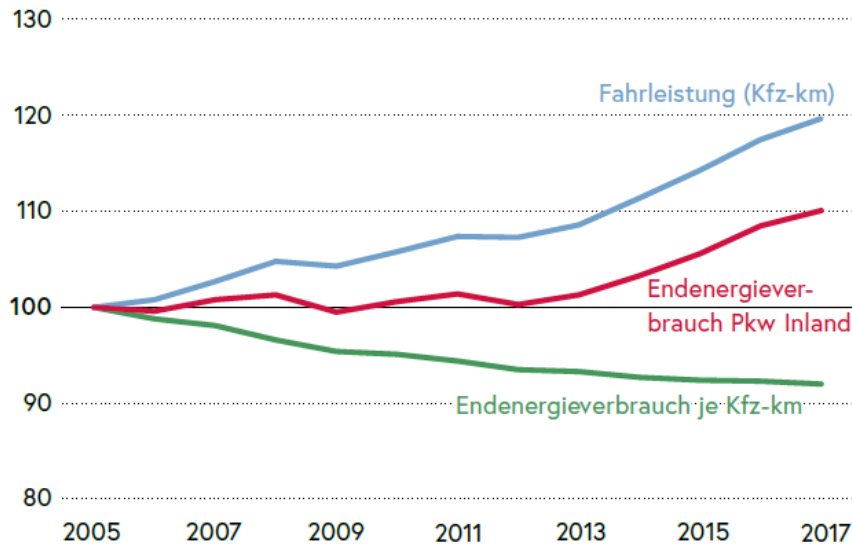
Um das Kapitel der Energieeffizienz abzuschließen, wird im letzten Punkt die Energieintensität im Verkehr analysiert. Im Rahmen dieser Arbeit stellt dieser Aspekt eine übergeordnete Rolle und soll Aufschluss über die den aktuellen Stand in Bezug auf die Energieintensität bei Personenkraftwägen vermitteln. Als letzter Graf ist der energetische Endverbrauch mit der Fahrleistung in Relation gesetzt (grün). Die Datensätze beginnen wieder bei dem Index von 2005 = 100. Seit der Datenerfassung 2005 verzeichnete die Fahrleistung von Personenkraftwagen im Inland einen massiven Zuwachs. Stand 2017 liegt die Fahrleistung bei knapp 120 – eine Zunahme von rund 20%.

Während dessen erlangte auch der Endenergieverbrauch der Personenkraftwagen im Inland ein Wachstum von 10% und liegt somit bei 110. Die beiden Grafen weisen eine Parallelität auf und verlaufen – in unterschiedlichem Ausmaß – ident. Hervorzuheben ist der erhebliche Anstieg der

Fahrleistung, sowie des Endenergieverbrauchs der Pkws im Inland seit 2012. Ähnlich wie bei den vorherigen Datensätzen und Grafiken, erzielt der spezifische Endenergieverbrauch je Fahrleistung eine Abnahme über den zeitlichen Horizont. 2017 platziert sich der Wert bei 92 und erreicht somit eine Reduktion von 8% seit Beginn der Aufzeichnung, das ist entspricht einer jährlichen Reduktion von 0,7%.

Energieintensität der Personenkraftwagen

Index 2005 = 100



-0,7% p. a.

Energieintensität der Personenkraftwagen 2005–2017

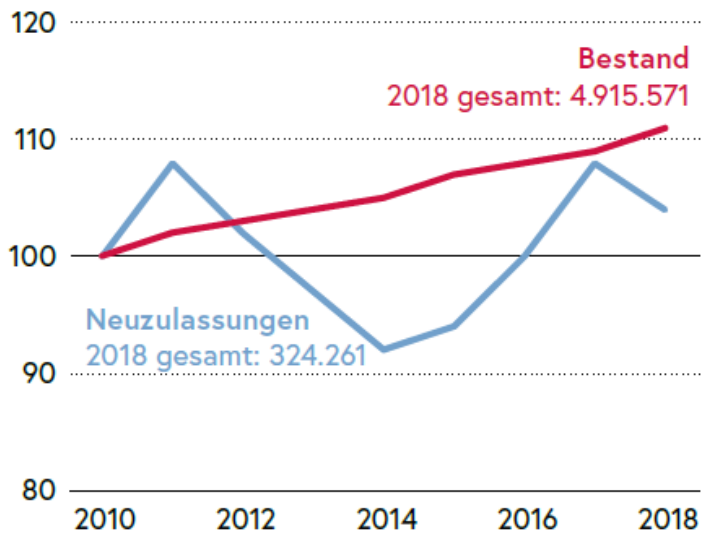
Quelle: Österreichische Energieagentur

Abbildung 49: Energieintensität der Personenkraftwagen, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 31

Benzin- und Diesel-Fahrzeuge in Österreich

Benzin- und Diesel-Fahrzeuge in Österreich

Bestand und Neuzulassungen, Index 2010 = 100



Quelle: KfZ-Statistik der Statistik Austria

Abbildung 50: Benzin- und Diesel-Fahrzeuge in Österreich, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 31

Wie im Kapitel der Energieintensität im Verkehr bereits angeführt, ist eine verstärkte Zunahme der Fahrleistung ab 2012 zu entnehmen. Grund für den Anstieg könnten die zwei nachstehenden Grafiken schildern. Sie bilden den Bestand und die Neuzulassungen von Fahrzeugen, die mittels Verbrennungs- sowie von Elektromotoren in Österreich vorangetrieben werden. Das erste der beiden Liniendiagramme (Abbildung 50) zeigt die Bestandszahlen und Neuzulassungen von Benzin – und Diesel-Fahrzeugen in Österreich. Der Index startet im Jahr 2010 bei 100. Bei der Betrachtung der Neuzulassungskurve wird rasch ersichtlich, dass es anfänglich zu einem rasanten Anstieg (rund 9%) 2011 kommt, jedoch postwendend ein starker Rückgang der Neuanmeldungen der Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren zu verzeichnen ist. Den Tiefpunkt erlangt der Graf im Jahr 2014, wo sich der Indexstand bei 92 positioniert – eine Reduktion von 16%. In den danach folgenden Jahren – bis 2017 - erreichte die Anzahl der Neuzulassungen dann wiederum ihren bislang höchsten Indexwert, wie vor der Abnahme im Jahr 2011. Nach dem erneuten Anstieg war postwendend eine Abnahme zu verzeichnen. Stand 2018 befindet sich der Indexwert bei etwa 104, was einer Neuzulassungsanzahl von 324.261 Fahrzeugen bedeutet. Während bei der Neuzulassung Zu- und Abnahmen über den Betrachtungszeitraum nachgewiesen werden, steigt die Bestandslinie der Fahrzeuge konstant und stetig an. 2018 liegt der Index bei 111 und nimmt über die Periode um 11% zu. Stand 2018 sind österreichweit 4.915.571 Kraftfahrzeuge angemeldet, welche mittels Benzin- und Dieselmotoren angetrieben werden. Das entspricht einem Durchschnitt von 0,55 KFZ pro EinwohnerIn.

Elektro-Fahrzeuge in Österreich

Neben den Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren werden auch Elektro-Fahrzeuge bei der Analyse berücksichtigt. So werden die Bestands- und Neuzulassungen im folgenden Liniendiagramm grafisch aufgearbeitet. Im Gegensatz zu den Benzin- und Diesel-Fahrzeugen werden die Statistiken der Elektro-Fahrzeuge in Österreich in Stückzahlen und nicht in einem Index wiedergegeben, jedoch bleibt der Betrachtungszeitraum (2010-2018) ident. Im Anfangsstadium der Neuzulassungen befinden sich die Zahlen bis 2013 konstant und im niederen Bereich (bis 1.000). Erst ab 2013 steigen die Neuzulassung von 1.000 bis 2.000 bis zum Jahr 2015, ab diesem Zeitpunkt erlangen die Neuzulassungen der Elektro-Fahrzeuge in Österreich einen kontinuierlich hohen Anstieg bis zur letzten Datenerfassung. 2018 sind mit 6.757 Neuanmeldungen von E-Fahrzeugen pro Jahr ein Höchstwert erreicht worden.

Da die Innovation der Elektromotoren im historischen Kontext der Automobilbranche noch jung ist, ist es nicht verwunderlich, dass die Bestandszahlen der Elektrofahrzeuge erst in den letzten Jahren einen massiven Zuwachs zu verzeichnen hatte. Ab 2010 kamen gemäß der Abbildung 50 sukzessive E-Fahrzeuge auf den Automobilmarkt und somit lag der Bestand vorerst im niedrigeren Bereich. Ab 2012 konnte dann eine erste nennenswerte Bestandanzahl ersichtlich gemacht werden. Ab diesem Moment wuchs der Bestand an E-Autos immer fortlaufend und konnte seit 2015 einen sprunghaften Zuwachs bis 2018 darlegen. Stand 2018 sind 20.831 Elektro-Fahrzeugen in Österreich gemeldet, ident wie bei den Neuzulassungen ist das der bisherige Maximalwert an Bestandswagen.

Grund für den enormen Anstieg des Grafen ist die technologische Entwicklung der Motoren, sowie die zeitgleichen Nachhaltigkeitsgedanken gepaart mit den Sanktionen gegen Umweltverschmutzung, sowie Förderungen für alternative Mobilitätsvarianten. Der Trend weist einen überaus starken und nahezu explosionsartigen Anstieg auf, der voraussichtlich in den kommenden Jahren anhalten wird.

Elektro-Fahrzeuge in Österreich Bestand und Neuzulassungen 2010–2018

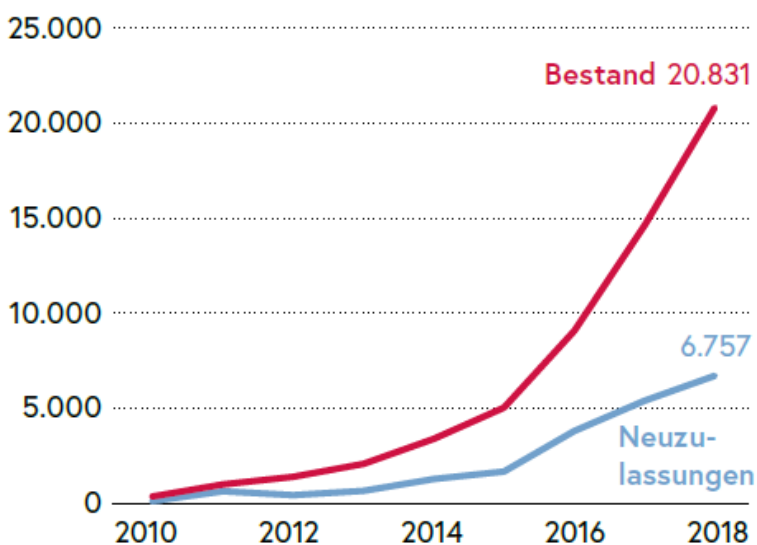


Abbildung 51: Elektro-Fahrzeuge in Österreich, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 31

3.2.12 Fazit: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern & Energieeffizienz

Wie eingangs bereits erfasst, hat sich Österreich dazu verpflichtet den Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch bis 2020 auf 34 % zu steigern. Zusätzlich sollen auch nicht mehr als 1.050 PJ an Endenergie bis 2020 verbraucht werden. Ein weiteres Ziel von Österreich ist es, bis 2030 die im Rahmen der #mission2030 - der österreichischen Energie- und Klimastrategie - den Anteil erneuerbarer Energien im Strombereich vollständig auf 100 % und im Endenergieverbrauch auf 45 – 50 % zu erhöhen. Die Primärenergieintensität soll bis dahin um 25 – 30 % verbessert werden. Wie aus dem zweiten Abschnitt der Darlegung der österreichischen Energiewirtschaft hervor geht, ist Österreich auf einem überaus positiven Weg, die gesetzten Zielvorgaben zu erreichen. Denn aufgrund seiner massiven Nutzung erneuerbarer Energiequellen in den unterschiedlichen Bereichen, ist Österreich im internationalen Vergleich ein Vorreiter. Derzeit werden bereits mehr als 70% des Bruttostromverbrauchs mit erneuerbaren Energiequellen gedeckt. Auch in den anderen Bereichen befindet sich Österreich immer unter den Ländern mit dem höchsten Anteil an eingesetzten regenerativen Energieträger. Aufgrund dessen ist Österreich eines der CO₂ -effizientesten EU-Länder, trotz des Verzichts auf die Kernenergie. Dieser Umstand konnte nur erreicht werden, da die vorhanden nationalen Ressourcen effektiv genutzt werden. Aufgrund der topographischen Lage verfügt Österreich über die beiden wesentlichen erneuerbaren Energiequellen Wasserkraft und biogene Brenn- und Treibstoffe. Diese beiden regenerativen Energieträger generieren den größten Anteil der inländischen Primärenergieproduktion. Ebenso zu erwähnen, sind auch andere erneuerbare Rohstoffe, insbesondere die Nutzung von Umgebungswärme im Rahmen von Wärmepumpen und die Primärenergiegewinnung aus Wind und Photovoltaik. Diese nehmen kontinuierlich, stetig, sowie deutlich zu und sind ein wesentlicher Bestandteil für den hohen Anteil der erneuerbaren Energieanteile in den einzelnen Bereichen. Ein weiterer wesentlicher Aspekt für den effektiven und hohen Einsatz der erneuerbaren Energien ist die Förderung dieser Energieträger. Seit 2010 sind die Förderan- und -verträge im Rahmen der Ökostromförderung massiv angestiegen. Demnach hat sich die Anzahl der Förderverträge nahezu vervierfacht. Der Anteil des geförderten Ökostroms am Endverbrauch hat sich seit 2003 auch mehr als verdoppelt. Neben den Erfolgen des hohen Nutzungsgrades des Einsatzes erneuerbarer Energieträger, konnten auch Wirksamkeiten in den Bereichen der Energieeffizienz verzeichnet werden. In den letzten Jahren seit 2005 ist es gelungen den Energieverbrauch vom Wirtschaftswachstum zu entkoppeln. Somit konnte die Primärenergieintensität um durchschnittlich 1,5% pro Jahr verbessert werden. Wie im Energiebericht 2019 von dem Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus beschrieben, ist die günstigste und sauberste Energie, jene die gar nicht gebraucht wird. Demnach soll der Sinn der Notwendigkeit der Nutzung hinterfragt werden. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S.19)

3.3 Versorgungssicherheit & Energiepreise

Nettoimporttangente

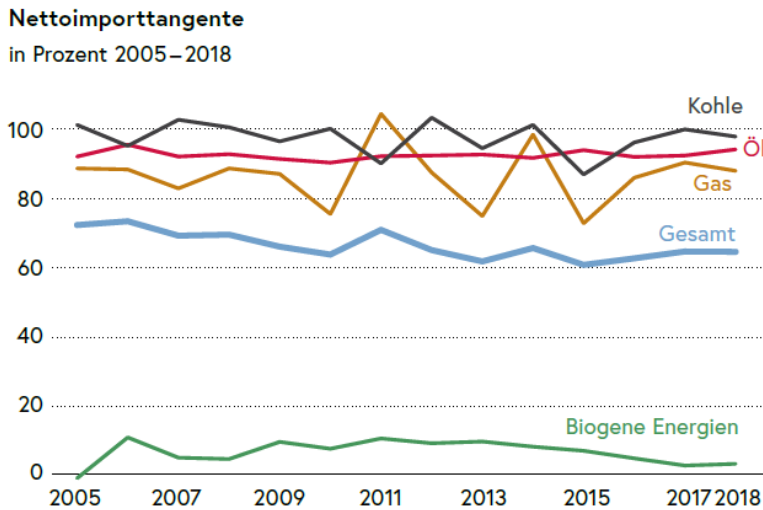


Abbildung 52: Nettoimporttangente Österreich 2005 bis 2018,
Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 34

Das angeführte Liniendiagramm 52 der Nettoimporttangente gibt die Importabhängigkeit der Energieversorgung an und errechnet sich aus dem Import-Export-Saldo dividiert durch den Bruttoinlandsverbrauch eines Landes. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 34)

Dabei verbildlicht das Diagramm die langzeitliche Entwicklung (in % von 2005 bis 2018) einzelner Energieträger (Kohle, Öl, Gas und biogene Energien) hinsichtlich ihrer Importabhängigkeit. Insgesamt beläuft sich der Wert der österreichischen Nettoimporttangente im Jahr 2018 auf 64,4%. Seit Beginn der Zeitachse hat sich der Wert von 72,2% auf 64,4% - also um 7,8% - verringert. Mit Ausnahmen zweier leichter Anstiege fällt die Nettoimporttangente konstant leicht über die Jahre hinweg. Den höchsten Wert der Nettoimporttangente weist der Rohstoff Kohle auf. Mit rund 98% ist Kohle jenes Element, welches die größte Importabhängigkeit aufweist. Hingegen konstant verhält sich der Graf des Naturrohstoffes Erdöl. Dieser ist von 2005 bis 2018 nahezu auf selben Position. Mit dem Rohstoff ist eine Variable innerhalb der Grafik enthalten, welche einen starken Schwankungsverlauf innehält und somit auch nicht in seiner Importabhängigkeit konstant ist. Damit ist Gas jenes Importgut, welches am schwierigsten hervorzusehen und planbar ist. Der Wert der Nettoimporttangente positioniert sich bei rund 98% ein. Mit der Nettoimporttangente biogener Energien wird diese Grafik beendet. Sie weist den niedrigsten Wert aller Nettoimporttangente auf und befindet sich 2018 bei etwa 5%. Grund hierfür ist, dass die österreichische Energiewirtschaft bereits sehr stark auf Produktion und Nutzung biogener und erneuerbarer Rohstoffe setzt. Demnach ist der Importanteil geringer, als bei den anderen Rohstoffen.

Wie anhand des Diagramms zu entnehmen, besteht bei den Rohstoffen Kohle, Öl und Gas relativ hohe Importquoten in Österreich. Grund hierfür - wurde bereits in den beiden vorherigen beschrieben - ist das mangelnde inländische Vorkommen. Demnach ist Österreich auf diese Importe angewiesen. Im europäischen Durchschnitt ist Österreichs Energieversorgung über dem Durchschnitt angesiedelt. Die

Auslandabhängigkeit beläuft sich auf 55,1% (Stand 2017). Um die Abbildung 52 noch zu vervollständigen wird der Sachverhalt des Imports der Quoten von über 100 % erklärt. Diese kommen durch die Importe zur Aufstockung der Lagerbestände zustande, daher ergeben sich die kurzzeitigen Überschüsse von über 100%. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 34)

3.3.1 Ausgaben und Einnahmen im Energieaußenhandel

In der unten abgebildeten Darstellung (Abbildung 53) sind die Ausgaben und Einnahmen des Energieaußenhandels in Milliarden Euro (Stand 2018) angeführt. Bei Betrachtung der beiden Balken wird sofort ersichtlich, dass weitaus mehr Geld für die Importe ausgegeben als von den Exporten eingenommen wird. Dies ist jedoch nicht verwunderlich, da Österreich um seine Energiebedarfe zu decken, viele Rohstoffe bzw. elektrische Energie importieren muss und auf Auslandsimporte angewiesen ist.

In Summe wurden für die Importe im Jahr 2018 12,6 Milliarden Euro ausgegeben. Dabei wurde der Großteil von 7,8 Milliarden Euro (62%) für Erdöl mobilisiert. Rund ein Viertel des Budgets wurde für Gas vergütet (3 Mrd. Euro). 1,1 Milliarden Euro wurde für elektrische Energie verausgabt und weniger als eine Milliarde wurde für den Rohstoff Kohle investiert.

Die wirtschaftlichen Zahlen des Exports verdeutlichen, dass rund ein Viertel der Ausgaben für die Energie- und Rohstoffimporte erwirtschaftet wurde. Der größte Anteil des Erlöses geht auf den Export von Öl zurück. Knapp 60% des gesamten Einnahmenerlöses (1,9 Mrd. Euro) stammt aus den Verkauf von Öl ins Ausland. Den zweitmeisten Umsatz mit 900 Millionen Euro erreichte Österreich mit dem Export von elektrischer Energie. An letzter Stelle mit „lediglich“ 400 Millionen Euro an Einnahmen befindet sich das Exportgut Gas.

Da der Export in keiner wirklichen Relation zu den Import bzw. seinen Ausgaben steht, sollten diese auch nicht mit einander verglichen werden. Das Balkendiagramm soll lediglich Aufschluss über die Einnahmen und Ausgaben der Import/Exportbilanz liefern und in Werte dargestellt werden, um die Relevanz noch etwas besser zu unterstreichen und greifbarer darzustellen.

Ausgaben und Einnahmen im Energieaußenhandel
in Milliarden Euro 2018

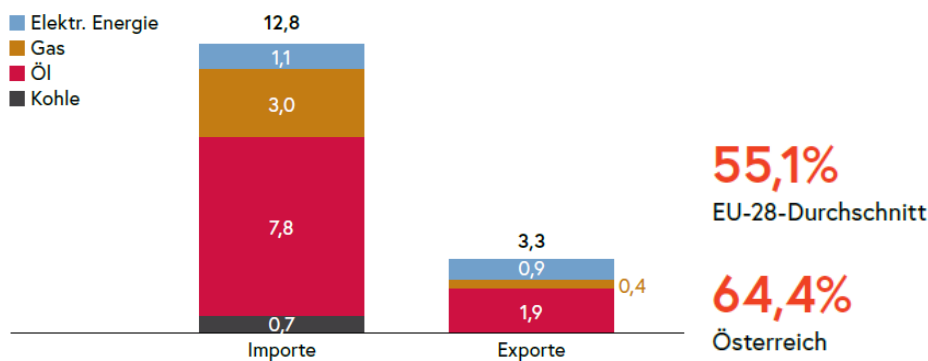


Abbildung 53: Ausgaben und Einnahmen im Energieaußenhandel in Milliarden Euro 2018, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 34

Speicherstände Erdgas

Um für die Energie- und Wärmeversorgung ausreichend Erdgas zur Verfügung zu haben und bei Spitzenlasten keine Engpässe feststellen zu müssen, werden große Erdgasmengen in Speicher gelagert und bei Gebrauch herangezogen. Die nachfolgende Abbildung 54 veranschaulicht die Speicherstände, sowie den Monatsverbrauch des Erdgases in Österreich im Jahr 2018.

Österreichweit können maximal 8,2 Milliarden Kubikmeter an Gaskapazität gespeichert werden. Über das gesamte Jahr werden dabei rund 8,6 Milliarden Kubikmeter von Erdgas in Österreich genutzt. Den jeweiligen Monatsverbrauch und Monatsspeicherstand ist im Balkendiagramm nach Monaten abgebildet. Wie anhand der Abbildung 55 verdeutlicht, sind die Gasspeicher innerhalb des österreichischen Territoriums in der Regel um ein Mehrfaches des monatlichen Erdgasverbrauchs gefüllt. Insbesondere am Jahresende sind die Erdgasspeicherstände höher als am Jahresanfang. Dies hat den Hintergrund, dass ausreichend Rohstoff vor und während der Heizperiode vorhanden ist. Denn während der Winterperiode ist ein erhöhter Erdgasverbrauch für die Beheizung notwendig. Dieser Verbrauch spiegelt sich auch im Balkendiagramm wider. Hier weisen die Monate Jänner, Februar, März, November und Dezember einen erhöhten Bedarf – rund 1 Mrd. Kubikmeter – auf. Die in Österreich gespeicherten Gasmengen sind nicht ausschließlich für VerbraucherInnen bestimmt, dennoch sollte Österreichs Versorgung mit Erdgas weitestgehend sicher sein, um Engpässe zu vermeiden. Seit Beginn dieses Jahrzehnts sind die Erdgasspeicherkapazitäten in Österreich von 4,6 Milliarden Kubikmeter auf derzeit 8,2 Milliarden Kubikmeter gestiegen und verzeichnen eine knapp 80%ige Zunahme.

Speicherstände und Monatsverbrauch

Speicherstand am Monatsende und Monatsverbrauch in Millionen Kubikmeter 2018

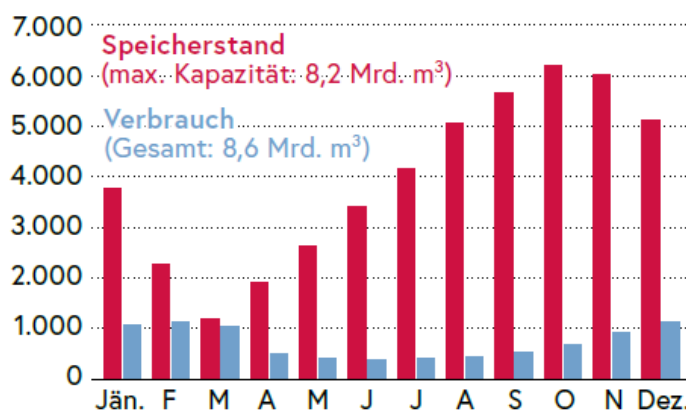


Abbildung 54: Speicherstände und Monatsverbrauch, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 35

Nachdem die heimische Speicher- und Verbrauchsstruktur von Erdgas analysiert wurde, soll nun im folgenden Abschnitt die Speicher- und Verbrauchsstruktur von Erdgas im internationalen Kontext untersucht werden. Dies wird dargestellt im Balkendiagramm (Abbildung 55) mit der Auflistung aller Mitgliedstaaten der europäischen Union. Die Reihung der Länder erfolgt nach ihren jeweiligen Speicherkapazitäten, links daneben ist der Verbrauchswert der Nation angeführt.

Bei der Betrachtung des Diagramms ist sofort ersichtlich, dass größere Staaten wie beispielsweise Deutschland, Italien, Frankreich, Niederlande und Großbritannien einen verhältnismäßig hohen Verbrauch, zeitgleich aber nur geringe Speicherkapazitäten aufweisen.

Die niedrigsten Speicherkapazitäten im Verhältnis zum Verbrauch des Erdgases liefert Großbritannien. Hier sind lediglich 10.142 GWh (umgerechnet in Speicherkapazität) an Leistung als Speichervolumen vorhanden, wohin gegen für das gesamte Jahr 2017 ein Erdgasverbrauch in Höhe von 789.035 GWh vorliegt. Das entspricht einer Speicherkapazität von 0,01% des vorhandenen Verbrauchs. Eine ebenso verhältnismäßig schwache Speicherquote liefert das Land Belgien. Hier können 0,05% des landweiten Jahresverbrauchs von Erdgas gespeichert werden. Österreich befindet sich im europäischen Durchschnitt an zweiter Stelle der Länder mit den meisten Speicherkapazitäten gemäßen des Verbrauchs des Landes. Österreichweit können 101% des Verbrauchs gespeichert werden. Nur Lettland kann dieses Verhältnis mit 220% überbieten – das entspricht einem Speichervolumen von mehr als der doppelten Menge des Jahreserdgasverbrauchs des Landes. Die Staaten mit den größten Speichervolumen sind Deutschland (233.025 GWh), Italien (194.715 GWh), Frankreich (133.027 GWh) und Niederlande (130.034 GWh). Danach folgt in der Rangordnung bereits Österreich mit 92.204 GWh und positioniert sich somit unter den fünf Länder mit dem meisten Speichervermögen.

Speicher und Verbrauch im internationalen Vergleich
Speicherkapazität und Verbrauch in Gigawattstunden (GWh) 2017

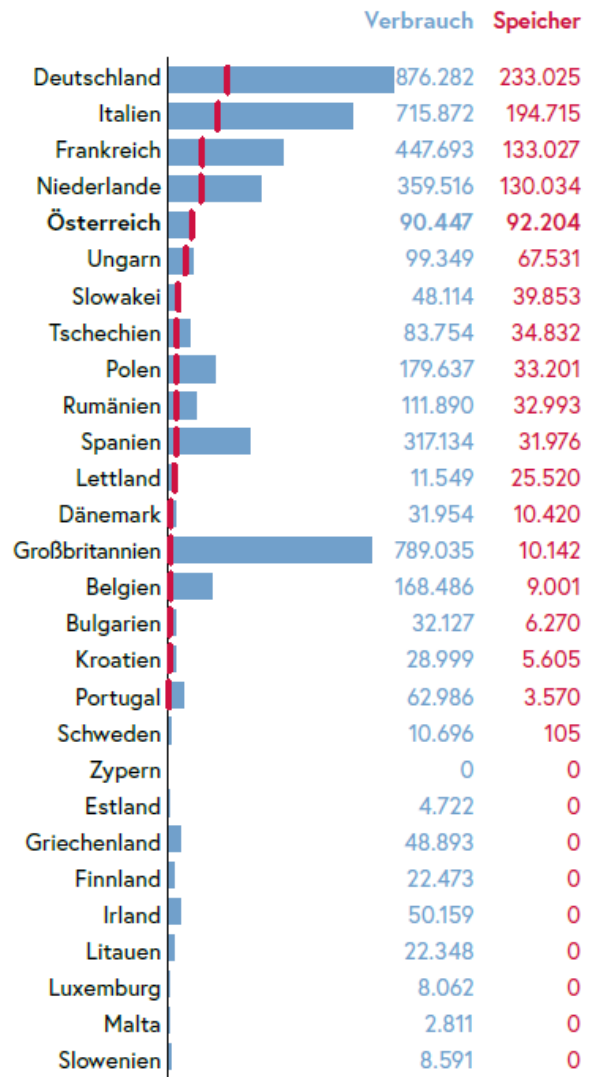


Abbildung 55: Speicher und Verbrauch im internationalen Vergleich,
Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 35

Erdölbevorratung

Wie aus Abbildung 56, dem Gesamlagerbestand von Erdöl und Erdölprodukten hervorgeht, weist der Verbrauch an Erdöl und deren Produkte eine leicht rückläufige Tendenz auf. Wie bereits im Kapitel des Bruttoinlandsverbrauchs aufgezeigt, ist der Anteil des Erdöls mit derzeit 36,7% der höchste aller Energieträger innerhalb Österreichs. Dementsprechend ist eine Sicherstellung der Versorgung, sowie einer adäquaten Krisenvorsorge von überaus hoher Relevanz. Stand 2018 umfasste der Gesamlagerbestand an Erdöl und Erdölprodukten 3,16 Millionen Tonnen. Davon entfielen jedoch 2,71 Millionen Tonnen (86%) auf Pflichtnotstandsreserven. Diese Notstandsreserven sind aufgrund der Mitgliedschaft Österreichs bei der internationalen Energieagentur, sowie der Europäischen Union notwendig. Damit ist Österreich verpflichtet die Haltung von Notstandsreserven für Erdöl und Mineralölprodukte vorzuweisen. Der Umfang der Notstandsreserven sind mit mindestens 25% bzw. 90 Tage der Nettoimporte des Vorjahres vorgegeben. Somit ist Österreich verpflichtet 2,17 Millionen Tonnen an Erdöl und Mineralölprodukte bereitzuhalten. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 35)

Bei der Begutachtung des Balkendiagramms zeigt sich, dass im Verlauf der Zeitachse der Betrag der Gesamlagerbestände von ursprünglich 3,57 Mio. Tonnen auf 3,16 Mio. Tonnen reduziert wurde. Dabei hat sich der Lagerbestand der Mineralölprodukte von 2,5 Mio. Tonnen auf 2,1 Mio. Tonnen verringert. Der Erdölanteil hat sich zwar über die Jahre leicht verändert, ist zum Ausgangswert von 2005 jedoch gleich geblieben. Auffällig bei der Betrachtung ist auch, dass 2017 der Gesamlagerbestand der Erdöl und Erdölprodukte seinen tiefsten Stand vorwies (3,02 Mio. Tonnen). Der zeitliche Verlauf verbildlicht eine sinkende Tendenz, ob diese angehalten wird, ist jedoch offen.

Gesamlagerbestände von Erdöl und -produkten in Millionen Tonnen

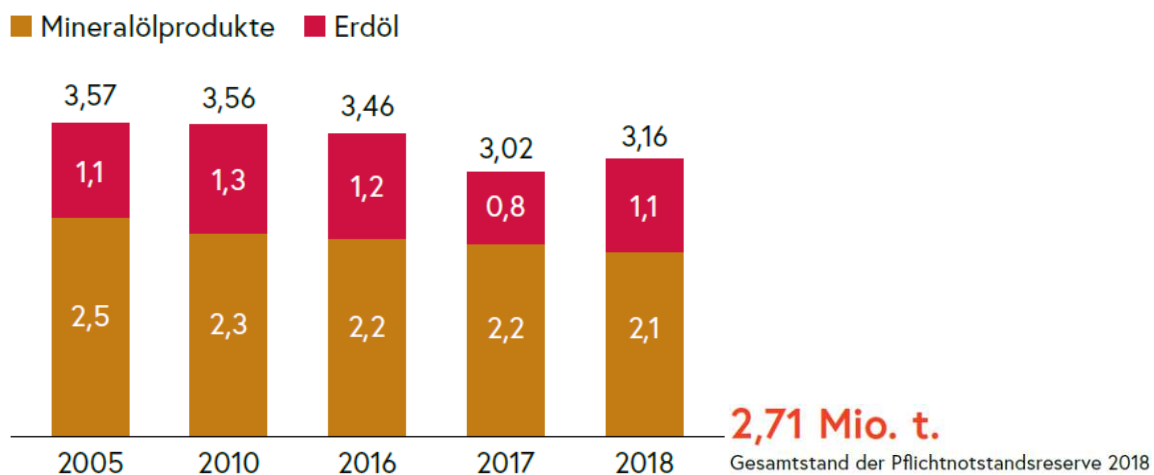


Abbildung 56: Erdölbevorratung, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 35

Erdölimporte

Da Österreich nur eine geringe Menge an Erdöl und Erdgas fördert, ist Österreich an das Importieren dieser Rohstoffe und Produkte angewiesen. Der nachfolgende Abschnitt beschäftigt sich mit dem Thema des Erdölimports bzw. die Importländer, von denen Österreich ihre Güter bezieht

Um Aufschluss über die Herkunft des Erdöls zu erlangen, werden in der nachfolgenden Darstellung 56 jene Staaten angeführt, von denen die meisten Erdölmengen im Jahr 2018 importiert wurden. Die Staaten sind gemäß ihrer institutionellen Zugehörigkeit farblich gekennzeichnet, um eine bessere wirtschaftliche Struktur ersichtlich zu machen. Insgesamt sind drei Institutionen bzw. Organisation vorzufinden – die ehemaligen GUS Staaten, Länder, die der OPEC zugehörig sind, sowie ein Staat aus der europäischen Union. Insgesamt haben die zehn erfolgreichsten Länder in Summe 8.325.521 Tonnen Erdöl exportiert. Dabei wurde aus Kasachstan, mit mehr als drei Millionen Tonnen Erdöl, am meisten importiert. Aus Libyen wurden Stand 2018 rund 1,9 Millionen Tonnen Erdöl eingeführt. Mit diesem Wert befindet sich das Land an zweiter Stelle. An dritter Stelle befindet sich Iran, hier wurden 987.628 Tonnen des Rohstoffs importiert. Das entspricht etwa die Hälfte der Importe von Libyen. Aserbajdschan und Irak haben mit circa 740.000 und 705.000 Tonnen Erdöl die weiteren Positionen der Reihung belegt. 467.596 Tonnen liefert Nigeria an Österreich/EU? und befindet sich mit diesem Lieferumfang am Anfang der unteren Reihenhälfte. Aus Russland wurden 210.782 Tonnen Erdöl eingeführt. An letzter Stelle der Reihung befindet sich mit Tschechien, dem einzigen Land aus der europäischen Union, welches im internationalen Vergleich am meisten Öl nach Österreich oder EU? exportierte. Der Wert fällt verhältnismäßig zu den vorherig aufgezählten Staaten gering aus, ist jedoch mit 22.312 Tonnen eines der Länder aus denen am meisten Erdöl importiert wurde. Um die Versorgungssicherheit sicherzustellen, ist eine umfangreiche Bandbreite der Erdölbezugsquellen notwendig, um beim Ausfallen eines oder mehrerer Erdöllieferanten kompensieren zu können. Hierzu dienen die Notstandsreserven an Erdöl, wie im vorherigen bereits angeführt. Aufgrund dieser breiten Diversifikation wurden 2018 Erdöl aus zwölf unterschiedlichen Herkunftsländern bezogen. (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 36)

Österreichs Top 10 Importländer für Erdöl

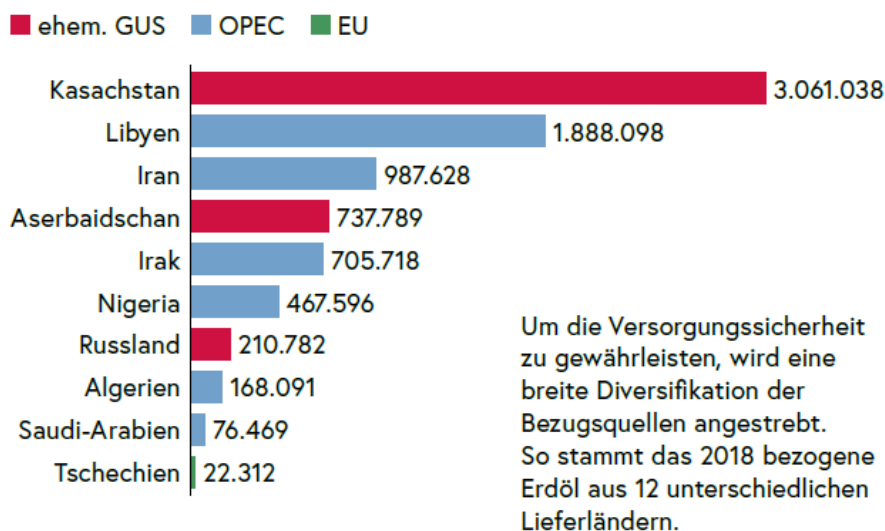


Abbildung 57: Österreichs Top-10 Importländer für Erdöl, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 36

Wie zuvor bereits erwähnt, sind die Staaten der Erdöllieferanten ihren zugehörigen Institutionen bzw. Organisationen zugeordnet. Die Länder sind in der Abbildung farblich gekennzeichnet worden. Um einen direkten Vergleich der Organisationen hinsichtlich gelieferten Erdölmengen zu schaffen, wurde die nachfolgende Darstellung erstellt. Das Kreisdiagramm (Abbildung 58) zeigt die Summen der Erdölimporte der Länder – gemäß ihrer Zuordnung - von Grafik 50. Die drei Summen der ehemaligen GUS Staaten, OPEC und der EU werden im Kreisdiagramm ersichtlich gegenübergestellt. Da die gelieferte Erdölmenge der EU (vertreten durch Tschechischen) in der Gesamtbetrachtung so marginal ausfällt, befindet sich der Wert bei 0,002 % und ist bei der Rundung der Zahlen daher auf 0% abgerundet worden. Bei der Analyse des Diagramms zeigt sich des Weiteren, dass die beiden Organisationen der OPEC, sowie die ehemaligen GUS Staaten nahezu einen identen Anteil an Erdöl lieferten. Weshalb die beiden Organisationen nahezu jeweils die Hälfte der Erdölimporte abdeckten, ist nicht klar erwiesen. Vermutlich wird jedoch darauf geachtet, dass beide Organisationen gleichermaßen zum Zug kommen und damit keine Benachteiligung in der Versorgung entsteht. Ergänzend noch die Erklärung zu den beiden Institutionen bzw. Organisationen der ehemaligen GUS Staaten, sowie der OPEC.

Die Gemeinschaft Unabhängiger Staaten (GUS) wurde im Dezember 1991 von den Führern der Republik Belarus, der russischen Föderation, sowie der Ukraine gegründet. Das Bündnis diente in erster Linie dazu, die Beziehungen zwischen Freundschaft, guter Nachbarschaft, interethnischer Harmonie, Vertrauen und gegenseitigem Verständnis, sowie einer vorteilhaften Zusammenarbeit zwischen Staaten weiterzuentwickeln und zu stärken. Dabei wurden Zielbereiche definiert, die sich auf die Zusammenarbeit in politischen, wirtschaftlichen, ökologischen, humanitären und kulturellen Bereichen stützen. Von relevanter Bedeutung war insbesondere die Aufgabe der umfassenden, ausgewogenen, wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung der Mitgliedsstaaten im Rahmen des gemeinsamen Wirtschaftsraums. Aktuell ist die GUS eine Form des Zusammenarbeitens zwischen verschiedenen gleichberechtigten und unabhängigen Staaten, einer regionalen zwischenstaatlichen Organisation, welche von der internationalen Gemeinschaft einberufen, wird. (CIS - Gemeinschaft Unabhängiger Staaten, 2021)

OPEC

Die Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC) zu Deutsch: „Organisaion der erdölexportierenden Länder“ ist eine zwischenstaatliche Organisation, welche September 1960 von Iran, Irak, Kuwait, Saudi Arabien und Venezuela gegründet wurde. Das Ziel der Organisation ist es, die bestehende Erdölpolitik zwischen den Mitgliedstaaten zu koordinieren und auch zu vereinheitlichen, damit die Erdölproduzenten faire und stabile Preise erhalten. Des Weiteren ist die effiziente, wirtschaftliche und regelmäßige Versorgung der Verbrauchsnationen mit Erdöl, einer der zentralen Anliegen, sowie eine angemessene Kapitalrate zu erzielen und in die Branche zu investieren. (vgl. Organisation der erdölexportierenden Länder - OPEC, 2021)

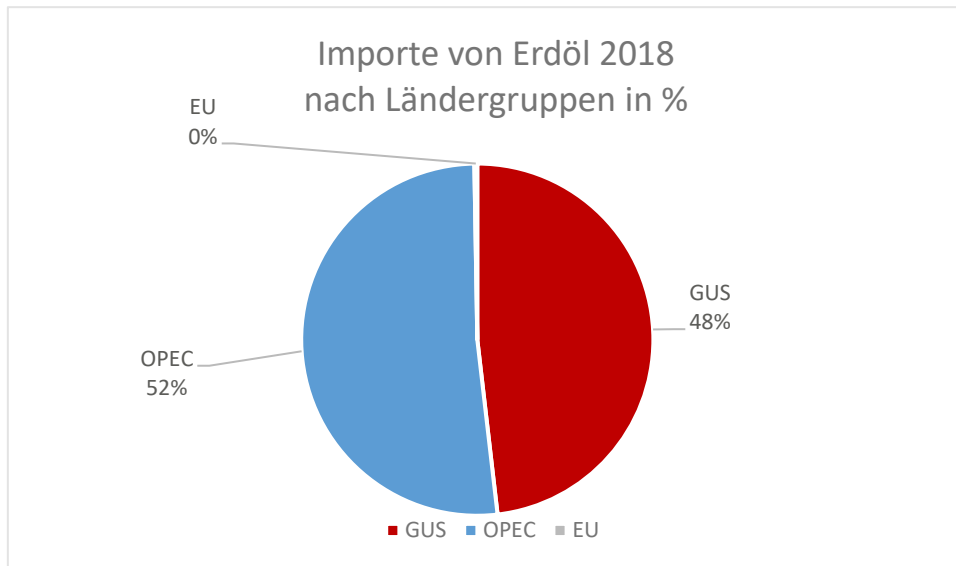


Abbildung 58: Importe von Erdöl 2018,
Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, S.36, eigene Darstellung

3.3.2 Internationale Preisentwicklung

Für Haushalte und Wirtschaft bildet die Energie einen wesentlichen Faktor, deshalb ist neben der Energieverbrauchs- und Energieaufkommensentwicklung auch die Entwicklung der Energiepreise von hoher Bedeutung. Aufgrund dessen werden in den nächsten Kapiteln die Entwicklung der Energiepreise untersucht. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 37)

Internationale Ölpreisentwicklung

Den Anfang der Untersuchung über die Preisentwicklungen macht die internationale Preisentwicklung von Erdöl und Erdgas.

Die angeführte Grafik 59 symbolisiert den Verlauf der internationalen Ölpreisentwicklung bezogen auf die für die USA (WTI) und den europäischen Raum (BRENT) relevanten Rohölpreise in US-Dollar pro Barrell von 1995 bis 2019.

Die Abbildung beginnt im Jahr 1995 wo sich der Preis pro Barrell bei etwa 19 Dollar (WTI und BRENT) befindet. Von diesem Wert aus wandert der Preis hinauf auf rund 23 Dollar, bis dieser 1999 den Allzeittiefpunkt von etwa 10 US-Dollar pro Barrel erreicht. Von diesem historische Tief erreichten dann die beiden Rohölpreise bis 2008 ihren historischen Höhepunkt. Zu diesem Zeitpunkt befand sich der Preis pro Barrel bei etwa 134 Dollar. Gefolgt von dem Höchstwert folgte dann schlagartig der bislang gravierenste Absturz der Rohölpreise der Geschichte. Aufgrund der Weltwirtschaftskrise 2008/2009 kam es zu dem massiven Einbruch beider Preise. Grundsätzlich verlaufen beide Preisgrafen parallel und weisen kaum signifikante Abweichungen von einander auf. Bis 2011 weisen die WTI und der BRENT Rohölpreise einen identen Wert auf. Ab 2011 werden dann erstmalige größere Schwankungen ersichtlich. Während der europäische Rohölpreis sich nach oben orientiert, wandert der amerikanische Rohölpreis hinunter. Im Jahr 2012 herum ist die Kluft zwischen den WTI und BRENT Rohölpreis hier am größten. Zu diesem Zeitpunkt positioniert sich der Preis für die USA relevanten Rohölpreise bei etwa 85 Dollar pro Barrel, wohingegen sich der für den europäischen Raum relevante Rohölpreis bei etwa 115 Dollar pro Barrel niederlässt. Das macht einen Unterschied von rund 30 US-Dollar pro Fass aus. Tendenziell verlaufen die größeren Schwankungen parallel, jedoch in einem unterschiedlichen Ausmaß. 2015 endet dann die Abweichung der beiden Rohölpreise und verzeichnen dann gleich den zweiten historischen Absturz. 2016 befand sich der Preis bei circa 30 US-Dollar pro Barrel, entwickelte sich dann bis 2018 hinauf auf 80 US-Dollar, bevor der Preis 2019 erneut eine Reduktion verzeichnete.

Die Preise auf den internationalen Öl- und Gasmärkten, die aufgrund der Importabhängigkeit bei diesen Energieträgern für die Preisbildung in Österreich ausschlaggebend sind, zeigen eine relativ volatile Entwicklung. Preisspitzen sind von geopolitischen und globalwirtschaftlichen Faktoren abhängig und können kaum von Österreich beeinflusst werden. (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019)

Internationale Ölpreisentwicklung

des für die USA relevanten Rohölpreises (WTI) und des für den europäischen Raum relevanten Rohölpreises (BRENT) in US-Dollar/Barrel 1995 – 2019

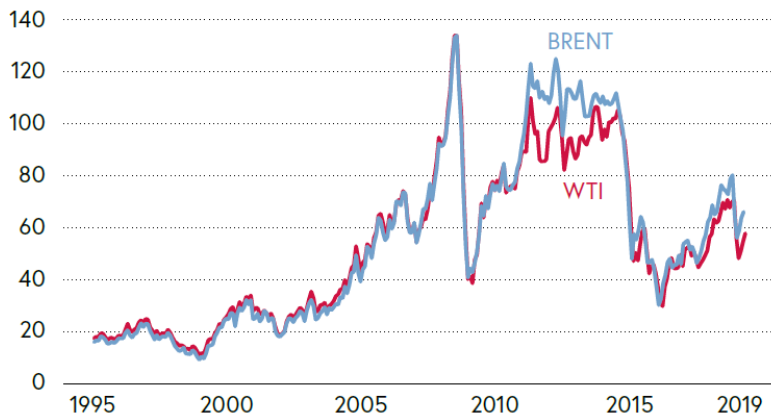


Abbildung 59: Internationale Ölpreisentwicklung, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 37

Internationale Gaspreisentwicklung

Nach der Betrachtung der Entwicklung des Rohölpreises, wird nun die internationale Gaspreisentwicklung untersucht. Hierzu wird in der Abbildung 60 der Verlauf (von 1995 bis 2019) dreier Preise dargestellt und miteinander verglichen. Bei den drei Gaspreisen handelt es sich um den USA relevanten Gaspreis (US Henry Hub), den für europäische Raum relevanten Gaspreis (EU) und den für Japan relevanten Gaspreis (LNG) in US-Dollar je Million British Thermal Unit. Die Einheit *British Thermal Unit* ist eine Einheit für Energiemenge aus einem veraltetem Einheitssystem. Die British Thermal Unit Wärme ist jene Wärmemenge, welche benötigt wird, um ein britisches Pfund Wasser um ein Grad Fahrenheit zu erwärmen. Die Einheiten wie Pfund, Fahrenheit etc. passen nicht zum internationalen Einheitssystem (SI). Die grundlegenden internationalen Einheiten für die Energie ist das Joule (J) und die Kilowattstunde (kWh). Dennoch wird die British Thermal Unit in den vereinigten Staaten von Amerika und anderen Ländern bis heute verwendet. Genutzt werden diese beispielsweise für Angaben von Heizwerten von Brennstoffen, Leistungen für Klimaaggregate etc. (vgl. Paschotta (3), 2020)

Im Zusammenhang des Erdgasverbrauchs bzw. in diesem konkreten Fall der Betrachtung des Gaspreises pro Einheit wird die Einheit „mmBTU“ herangezogen. Die „mm“ stehen dabei für Millionen „mm“ vor BTU für tausend von tausend. Dabei entspricht 1 mmBTU 26,4 Kubikmeter Gas, basierend auf einem Energieinhalt von 40 Megajoule/m³. (vgl. LUMITOS AG, 2021)

Bei der Begutachtung der Gaspreisentwicklung (Abbildung 61) fallen sofort die gravierenden Diskrepanzen der Gaspreise im letzten Abschnitt der Grafik auf. Im Gegensatz zu der Erdölpreisentwicklung sind hier eklatante Unterschiede der einzelnen marktorientierten Preise vorzufinden. Während anfänglich alle drei relevanten Gaspreise noch beinahe gleich auf sind, steigt 2001 erstmalig der US relevante Gaspreis (US Henry Hub) in die Höhe und ist signifikant höher als der Durchschnitt der anderen Preise. Der US Henry Hub Preis befindet sich zu diesem Zeitpunkt bei 9 US-Dollar/mmBTU, die restlichen zwei Preise liegen bei 6 US-Dollar/mmBTU (LNG) und 2 US-Dollar/mmBTU (EU). Nach dem zwischenzeitlichen Hoch des Preises für Gas in den USA, sinkt dieser wieder und beläuft sich dann wieder in der Nähe der restlichen beiden Gaspreise. Von diesem Moment an steigt die Gaspreisentwicklung aller Preise stetig an, bis alle gemeinsam ihren bis dato historischen

höchsten Preisentwicklungswert im Jahr 2009 erzielten - mit Ausnahme zweier Ausreißer des US Henry Hub Preises im Jahr 2003 und 2006. Die Preise positionieren sich zwischen zwölf bis 16 US-Dollar/mmBTU. Nach der Weltwirtschaftskrise fielen – ähnlich wie alle anderen Preise und Güter – rapide und massiv ab und beliefen sich danach in einem Bereich von drei bis acht US-Dollar/mmBTU. Kurz darauf entwickelten sich die drei marktorientierten Gaspreise in unterschiedliche Dimensionen. Während sich der USA relevante Gaspreis bislang nie wieder von dem Wirtschaftseinbruch erholen konnte und sich in einem Allzeittief (bis maximal 6 US-Dollar/mmBTU) befindet, konnten die beiden anderen Gaspreise Gewinne und Anstiege verzeichnen. Das Ausmaß der Entwicklung nimmt hierbei unterschiedliche Dimensionen an. Die Entwicklung und der Verlauf der beiden EU und Japan relevanten Gaspreise haben einen identen und zeitgleichen Verlauf, unterscheiden sich jedoch in Ihrer Intensität. Zwischen der Periode von 2012 bis 2015 steigen die beiden Preise und der europäische Gaspreis liegt zwischen zehn und 13 US-Dollar/mmBTU. Der japanische Gaspreis befindet sich in dieser Zeit zwischen 16 bis 20 US-Dollar/mmBTU, somit ist der LNG Gaspreis um rund zwei Drittel höher als der für die EU relevante Gaspreis. Im Jahr 2015 herum verzeichnen alle internationalen Gaspreise einen Werteverlust, bis dieser zum Jahr 2018 wieder einen Zuwachs verzeichnet. Die Gaspreise positionieren sich bei vier (US Henry Hub), neun (EU) und elf (LNG) US-Dollar/mmBTU, bevor diese 2019 wieder eine Abnahme verzeichnen.

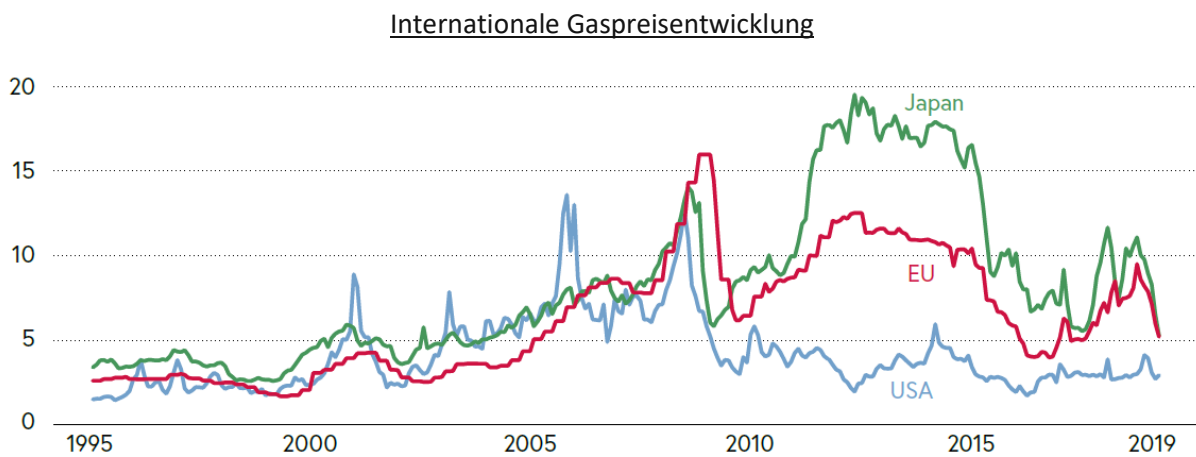


Abbildung 60: Internationale Gaspreisentwicklung, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 37

3.3.3 Preisentwicklung in Österreich

Die internationale Öl- und Gaspreisentwicklung spiegelt sich in den Preisen für Österreich wider. Die realen Haushalts-Energiepreise sind kaum gestiegen und die realen Industrie-Energiepreise sind teilweise sogar gesunken (Strom, Gas). (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 38)

Der Energiepreisindex (EPI) ist Bestandteil des Verbraucherpreisindex (VPI) und ein gewichteter Index, der monatlich von der österreichischen Energieagentur auf Basis der von Statistik Austria publizierten Messzahlen zum Verbraucherpreisindex (VPI) bzw. der im VPI enthaltenen Energieträger erhoben wird. Die einzelnen Energieträger werden im EPI repräsentativ gewichtet, um damit das aktuelle Konsumverhalten der privaten Haushalte darstellen zu können. (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 38)

Der österreichische Strompreisindex (ÖSPI) wird nach einer standardisierten Methode und auf Basis der Notierungen an der Energie-Börse EEX (European Energy Exchange) in Leipzig berechnet. Grundlage des ÖSPI sind die Marktpreise für Strompreis-Futures der kommenden vier Quartale. Sie sind gleichzeitig ein Indikator für die zu erwartende Entwicklung des Strompreises. Der ÖSPI bildet nur die reine Energiekomponente ab. (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 38)

Die Entwicklung des EPI zeigt einen deutlichen Anstieg der Haushaltsenergiepreise bis 2012, danach einen markanten Rückgang bis 2016, ehe die Preise in den letzten beiden Jahren wieder stiegen. Der reale EPI liegt allerdings 2018 nur knapp über dem Wert für 2005. Der ÖSPI ging – nach einer anfänglich beträchtlichen Zunahme – bis 2016 stark zurück und nahm in den letzten beiden Jahren ebenfalls wieder zu. Die Entwicklung der Gasindustriepreise in Österreich zeigt in Analogie zu der internationalen Preisentwicklung einen Anstieg der realen Preise bis 2012, danach ist ein deutlicher Rückgang festzustellen. Der Strompreis wird seit 2008 kontinuierlich günstiger für die österreichische Industrie, während er in der EU zunächst steigt und zuletzt nur knapp unter dem Ausgangsniveau von 2009 liegt. (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 38)

Während der ÖSPI anfänglich ein extremes Wachstum verzeichnet, kommt es ab 2008 zu einer massiven Abnahme des Preises und erreicht 2016 seinen historischen Tiefpunkt. Zu dieser Zeit befindet sich der vormals über allen stehenden höchsten Preis, nun am tiefsten (unter den anderen Preisen). (Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 38)

Verbraucherpreis- und Energiepreisindex Entwicklung 2005–2018, Index 2005 = 100

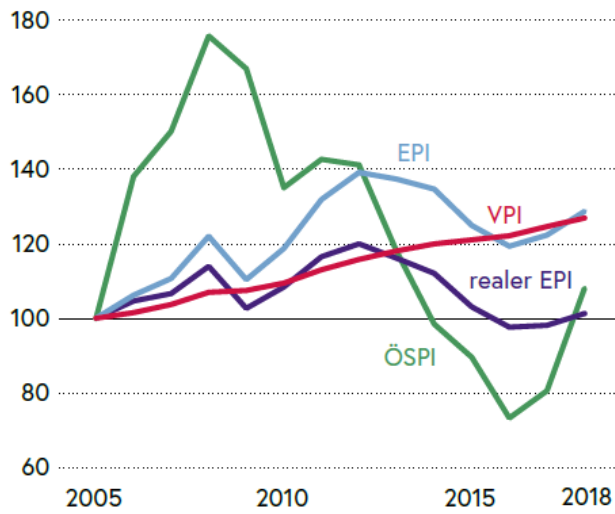


Abbildung 61: Verbraucherpreis- und Energiepreisindex in Österreich,
Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 38

Vergleich Österreich mit EU-Durchschnitt der realen Bruttopreise Industrie, Index 2009 = 100

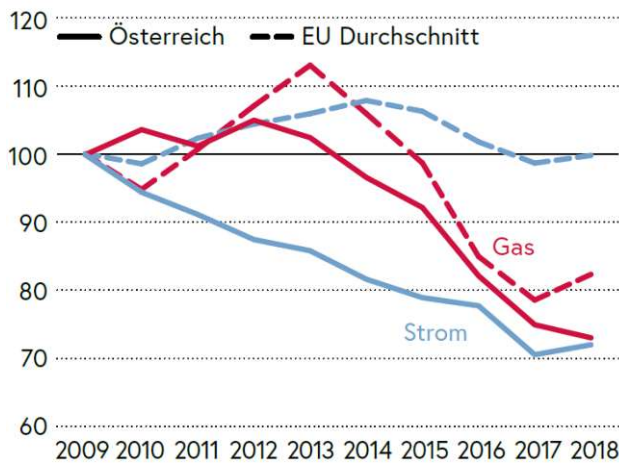


Abbildung 62: Vergleich Österreich mit EU-Durchschnitt,
Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 38

3.3.4 Strompreise

Im folgenden Abschnitt wird geschildert, wie sich der Strompreis für Haushalte und Industrien zusammensetzt.

Zur Aufschlüsselung der Zusammensetzung des Strompreises dient die Darstellung 63, welche die Strompreise für die Industrie und Haushalte von 2018 aufzeigt. Zusätzlich werden im Balkendiagramm auch die Strompreise für Österreich, sowie der Europäischen Union aufgelistet, um einen direkten Vergleich mit dem durchschnittlichen Strompreis der Nationen der europäischen Union zu erhalten. Bei der Zusammensetzung des Strompreises ist zu beachten, dass dieser sich nicht ausschließlich aus dem Energie- bzw. Versorgungspreis bildet. So setzt sich der Strompreis nicht nur anhand der entnommenen Leistung (Preis pro Kilowatt), sowie die Grundgebühr des jeweiligen Stromanbieters zusammen. Weitere einflussnehmende Aspekte auf den Strombetrag sind Netzgebühren/Netzkosten, sowie sämtliche Steuern und Abgaben. Wie in der nachfolgenden Abbildung 56 ersichtlich, setzt sich der Strompreis im Bereich der Haushalte im Jahr 2018 Großteils aus Steuern und Abgaben (7,4 Cent) gefolgt von den Netzkostengebühren und zuletzt der tatsächlich genutzten Stromleistung (6,2/kWh) zusammen. Damit ergibt sich ein Preis von 19,9 Cent pro Kilowattstunde.

Im direkten Vergleich mit dem Durchschnittspreis für Strom zeigt sich, dass der Preis pro Kilowattstunde etwas geringer ausfällt, hier liegt der Preis bei 19,3 Cent. Signifikant ist der Unterschied der Preise hinsichtlich des Preises der Stromleistung (Preis/kWh). Im EU-Durchschnitt liegt dieser bei 7,6 Cent, während in Österreich der Grundpreis dieses Anteils sich auf 6,2 Cent pro kWh beläuft. In den anderen Bereichen sind jedoch die österreichischen Anteile höher.

Der Strompreis im Industriebereich ist um einiges günstiger als der Strompreis der privaten Haushalte. Der Preis für Strom im Industriebereich liegt bei genau 12 Cent, während sich der Strompreis für private Haushalte auf 19,9 Cent pro Kilowattstunde beläuft. Der Betrag von 12 Cent pro kW beläuft sich daher auf nur $\frac{2}{3}$ des herkömmlichen Strompreises privater Haushalte. Der industrielle Stromkostenbetrag gliedert sich nach: 4,9 Cent (40%) für Steuern und Abgaben, 3,9 Cent (33%) für die genutzte Leistung an Strom pro kWh, sowie den Netzkosten von 3,2 Cent (27%). Verglichen mit dem industriellen Preis des EU-Durchschnitts befindet sich dieser mit 12,8 Cent pro kWh etwas über dem heimischen Stromkostenbetrag. Ähnlich wie im Vergleich der Kostenzusammensetzung der einzelnen drei Parameter bei den privaten Haushalten zeigt sich, dass sich die Verhältnisse der Veränderungen (Ab- und Zunahme) ident verändern. So verzeichnet die Relation der Stromleistung (Cent/kWh) bei dem Strompreis der Industrie einen Zuwachs gegenüber dem österreichischen Strompreis – wie bei den privaten Haushalten. Abnahmen in den Variablen Steuern und Abgaben, sowie Netzkosten sind im Verhältnis zum heimischen Strompreis im Durchschnitt der EU-Länder ersichtlich.

Wie in Abbildung 64 ersichtlich, befindet sich Österreich mit einem Strompreis der Industrie von 12 Cent pro kWh im europäischen Strompreisvergleich unterhalb des Gesamtdurchschnitts. Damit zählt Österreich zu einem der Länder, wo der Strompreis der Industrie günstiger ist. Das Verhältnis der Parameter Energie- und Versorgungskosten, Netzkosten, sowie Steuern und Abgaben, welche den Strompreis ergeben, ist in Österreich und Lettland im Verhältnis zu den anderen Staaten verhältnismäßig gleichverteilt. Am ausgeglichensten in der Auflistung sind die Länder Dänemark, Deutschland und Malta. Bei Dänemark und Deutschland ist der Anteil an Steuern und Abgaben derartig asymmetrisch, dass diese Variable zwei Drittel oder mehr des Strompreises in Anspruch nehmen. Das Gegenteil ist beim Staat Malta der Fall, hier ist der Menge an Steuern und Abgaben so gering, dass

gerade einmal ein Zehntel des Strompreises damit gedeckt werden. Der Vorteil an Steuern und Abgaben ist jener, dass der jeweilige Staat – in dem Strom genutzt wird - den dementsprechenden Anteil der genutzten Stromleistung in Form Abgaben und oder Steuern vergütet bekommt und somit eine weitere Einnahmequelle hat. In Dänemark und Deutschland profitieren gemäß des Balkendiagramms 63 die Staaten am meisten von dem Strompreis. Hier geht nur ein sehr geringer Anteil an die Stromerzeuger. Da in den beiden Ländern auch die höchsten Steuern und Abgaben pro kWh Strom gezahlt werden, ist es auch nicht verwunderlich, dass diese zwei Staaten den höchsten Strompreis der Industrie vorweisen. In Dänemark werden in der Industrie 25,2 Cent pro kWh Strom gezahlt. In Deutschland und in Zypern werden etwas weniger als 20 Cent pro kWh Strom gezahlt. Aber auch die Nationen Italien, Großbritannien, sowie Irland zählen mit etwa 16 Cent pro kWh Strom zu den teuersten Strompreisländer für die Industrie. Im Mittelfeld der Industriestrompreise befinden sich Länder wie beispielsweise Belgien (13,5 Cent), Spanien (13,3 Cent), Lettland (12,6 Cent) und Österreich (12 Cent). Mit unter zehn Cent pro kWh Strom liegen Bulgarien (9,9 Cent), Luxemburg (9,1 Cent), Tschechien (8,8 Cent), Schweden (8,7 Cent) und Finnland (8,6 Cent).

Strompreise für Industrie und Haushalte 2018

nach Komponenten in Cent/kWh

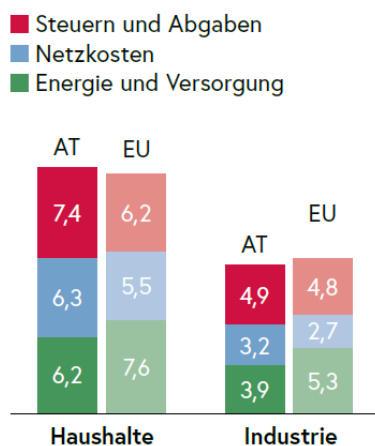


Abbildung 63: Strompreise für Industrie und Haushalte 2018,
Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 39

3.3.5 Stromgestehungskosten

Um einen genauen Einblick in die Strompreisentstehung zu erlangen, werden im folgenden Abschnitt die Stromgestehungskosten untersucht. Stromgestehungskosten bezeichnen jene Kosten, welche für die Energieumwandlung von einer Energieform in elektrischen Strom benötigt werden. Sie werden im Regelfall in Euro oder Dollar pro MWh angeführt. Die Stromgestehungskosten ergeben sich aus mehreren relevanten Parametern. (vgl. Bundesverband Geothermie e.V., 2020) Die Erhebung dieser Kosten sind insofern von hoher Relevanz, da sie angeben wie viel die Produktion (unter Berücksichtigung einer Vielzahl überausrelevanter Parameter) einer Megawattstunde der Umwandlung des jeweiligen Energieträgers kostet. Da bei dieser Berechnung unter anderem auch die Kapitalkosten, Betriebskosten usw. berücksichtigt werden, kann eine präzisere Aussage über die

Stromkosten getätigt werden und ist somit aussagekräftiger, als reine Hochrechnungen zu den herkömmlichen Produktionskosten des Stromes.

Da es aufgrund der Vielzahl an spezifischen Daten und Werten – welche nicht immer bis kaum ausgewiesen und recherchierbar sind - schwierig ist eine genaue und wissenschaftliche Berechnung der Stromgestehungskosten zu tätigen, wurden die Stromgestehungskosten von dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, angeführt. Im Rahmen der Studie zu der Ermittlung der Stromgestehungskosten von erneuerbaren Energieträgern, wurden hier wissenschaftliche Berechnungen und Untersuchungen zu den einzelnen Stromgestehungskosten aller Energieträger (mit Ausnahme der Kernenergie) vollzogen. Aufgrund der aktuellen Datengrundlage und den wissenschaftlich erhobenen Informationen des Instituts zu den einzelnen Parametern wurden diese Kosten herangezogen und keine eigene Berechnung durchgeführt.

Berechnung Stromgestehungskosten:

Wie bereits erwähnt ist die Berechnung der Stromgestehungskosten eine komplexe Angelegenheit, welche viele Informationen und Parameter benötigt, um aussagekräftige und korrekte Ergebnisse zu liefern.

Wie das Fraunhofer-Institut schildert, ist die Höhe der tatsächlichen Stromgestehungskosten maßgeblich von den nachfolgenden Parametern abhängig:

- **Spezifische Anschaffungskosten**
für Bau und Installation der Anlagen mit Ober- und Untergrenzen; ermittelt aus aktuellen Kraftwerks- und Marktdaten
- **Standortbedingungen**
mit typischem Strahlungs- und Windangebot für unterschiedliche Standorte oder mit Volllaststunden im Energiesystem
- **Betriebskosten**
während der Nutzungszeit der Anlage
- **Lebensdauer der Anlage**
- **Finanzierungsbedingungen**
am Finanzmarkt ermittelte Renditen und Laufzeiten aufgrund technologiespezifischer Risikoaufschläge und länderspezifischer Finanzierungsbedingungen, unter Berücksichtigung des Anteils von Fremd- und Eigenkapitalfinanzierung.
(Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2021, S. 7)

Neben den oben angeführten Parameter sind noch weitere Informationen notwendig, um exakte Berechnungen durchführen zu können.

Das Institut hat für die Berechnung der Kosten folgende Berechnungsformel angewendet.

$$LCOE = \frac{(I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{A_t}{(1+r)^t}) * ANF}{\frac{\sum_{t=1}^n M_t}{n}}$$

(Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2021, S. 38)

LCOE Stromgestehungskosten in EUR/kWh

- I₀** Investitionsausgaben in EUR
- A_t** Jährliche Gesamtkosten in EUR im Jahr t
- M_{t,el}** Produzierte Strommenge im jeweiligen Jahr in kWh
- i** realer kalkulatorischer Zinssatz
- n** wirtschaftliche Nutzungsdauer in Jahren
- t** Jahr der Nutzungsperiode (1, 2, ...n)

(Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2021)

Die spezifischen Angaben und Werte, welche im Zuge der Berechnungen herangezogen wurden, können aus dem Bericht des Instituts entnommen werden.

Berechnungsergebnisse der Stromgestehungskosten in EUR/kWh

Die Studienergebnisse der Stromgestehungskosten sind in der nachfolgenden Abbildung 65 grafisch dargestellt. Bei der Untersuchung zeigt sich, dass die niedrigsten Stromgestehungskosten die Photovoltaikanlagen auf Freiflächen (> 1 MWp) aufweisen. Hier entstehen Kosten von 3,12 bis 4,16 Cent/kWh. Die Spannbreite ergibt sich aufgrund des Berechnungsmodells mit unterschiedlichen Auslastungsgraden (niedrigster und höchster Auslastungsgrad).

An zweiter Stelle der kostengünstigsten Herstellungsverfahren ist der gewonnen Strom von Onshore Windanlagen. Bei diesen Anlagen liegen die Stromkosten bei 3,94 bis zu 8,29 Cent/kWh. Etwas höher liegen die Kosten hierbei den Windanlagen im Offshore Bereich (höhere Installationskosten etc.), bei den Anlagen positioniert sich der Preis zwischen 7,23 und 12,13 Cent/kWh. Zwischen den beiden Windanlagenarten gliedern sich noch die beiden restlichen Photovoltaikanlagen (ohne Batterie) ein. Die Kosten bei den Photovoltaikanlagen am Dach im Großformat (> 30 kWp) liegen bei 4,63 bis 9,78 Cent/kWh. Bei einem Kleinformat (<30 kWp) ordnen sich die Stromgestehungskosten bei 5,81 und 8,04 Cent/kWh ein.

Grundsätzlich gilt für die Zusammenfassung aller Anlagentypen der Photovoltaik- und Windenergieanlagen, dass diese beiden Formen die geringsten Stromgestehungskosten aufweisen. Gleich im Anschluss an die beiden Kraftwerkanlagen liefern die Kernkraftwerke als nächstes die niedrigsten Kostenanteil. Diese Werte wurden nicht anhand der Studie des Fraunhofer-Instituts erhoben, wurden jedoch von anderen Quellen ermittelt und in die Darstellung eingearbeitet (siehe nachfolgendes Kapitel Stromgestehungskosten – Atomenergie). Da der gewonnene Strom aus der

Kernenergie oftmals als kostengünstig deklariert wird, zeigt sich bei der Untersuchung, dass dies zutrifft. Hier liegt der Stromgestehungspreis je kWh bei 5 bis 15 Cent/kWh. Im mittleren Kostenbereich der Stromproduktionskosten befinden sich feste Biomassen (7,22 – 15,33 Cent/kWh), Biogas (8,45-17,26 Cent/kWh), Gas-und-Dampf-Kombikraftwerke (7,79 – 13,06 Cent/kWh). Die kostenintensivsten Stromerzeugungskraftwerke sind Kraftwerke welche Braunkohle (10,38 – 15,34 Cent/kWh), Steinkohle (11,03 – 20,04 Cent/kWh) und Gas (11,46 – 28,96 Cent/kWh) verarbeiten. Gasturbinenkraftwerke sind aufgrund ihren kurzfristigen und vor allem flexiblen Einsätzen am kostenintensivsten und weisen deshalb eine große Spannbreite auf.

Stromgestehungskosten im Vergleich nach Energieträger

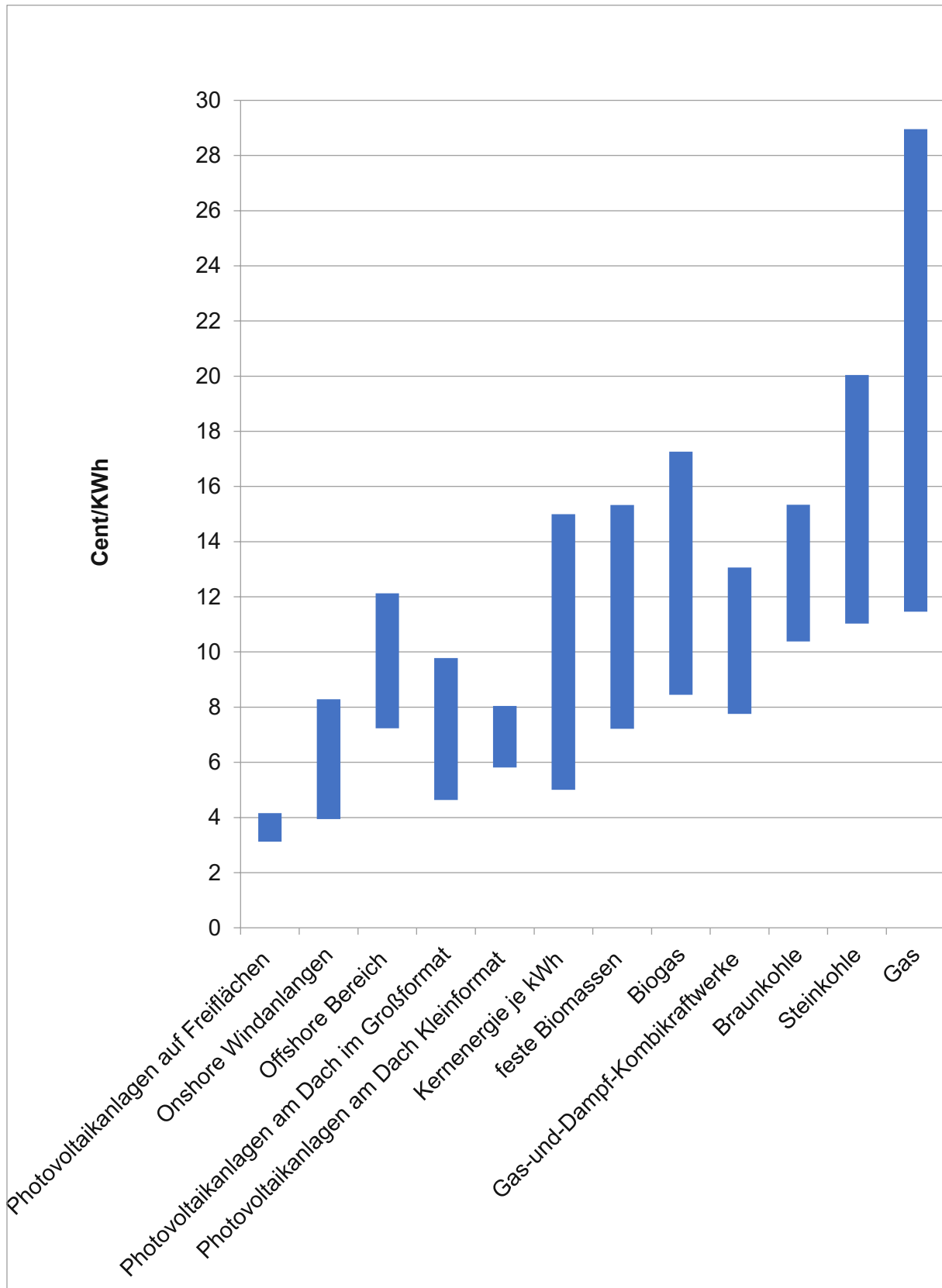


Abbildung 64: Stromgestehungskosten im Vergleich nach Energieträger,
Quelle: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2021 S. 2ff., eigene Darstellung

Stromgestehungskosten – Atomenergie

Wie bereits erwähnt sind die Stromgestehungskosten der Kernenergie nicht vom Fraunhofer Institut erhoben worden. Grund für die nicht Erhebung ist vermutlich zum einem die schwierige Ermittlung anhand fundierter Kennzahlen und zum anderen auch das mangelnde Interesse der Erhebung. Wie aus dem Bericht des westdeutschen Rundfunks Köln hervor geht, bestätigte ein Mitarbeiter des Fraunhofer Instituts im Rahmen einer Studie, dass kein Interesse mehr vorhanden sei, die Produktionskosten von Atomstrom zu erheben. (vgl. Westdeutscher Rundfunk Köln, 2019) Im Zuge der Erhebung der Stromgestehungskosten hat der westdeutsche Rundfunk Köln eine Anfrage an das deutsche Energie- und Wirtschaftsministerium gestellt. Wie das Ministerium schilderte, seien keine aktuellen Daten diesbezüglich vorhanden. Grund hierfür sei der geplante Atomausstieg aus der Atomkraftenergie bis zum Jahr 2022. Wie das Energie- und Wirtschaftsministerium jedoch mitteilte, belaufen sich die Stromgestehungskosten bei rund 13 Cent pro Kilowattstunde. (vgl. Westdeutscher Rundfunk Köln, 2019)

Da es aufgrund der mangelnden Datenlage schwierig ist, spezifische Kennzahlen für die Erhebung der Stromgestehungskosten der Kernenergie zu erhalten, wurden noch zwei weitere Preisspannen ermittelt. Die Werte sind etwas divers, weisen jedoch eine in etwa gleich Preisspanne auf.

Laut Angaben der Swissnuclear befindet sich der Strompreis je kWh erzeugt aus Kernkraftwerken umgerechnet zwischen fünf bis zwölf Cent. (vgl. Swissnuclear, 2018) Nach Greenpeace-Angaben einer Studie kostet ein kWh Strom einer Kernkraftanlage zwischen 6,2 bis 15,2 Cent. Bei allen Werten wurden externe Kosten und Kosten der Treibhausgasemissionen explizit mit eingerechnet. (vgl. Westdeutscher Rundfunk Köln, 2019) In Summe befinden sich alle drei Preisspannen in einer Bandbreite von fünf bis 15 Cent pro kWh.

Nach der Erhebung der Stromgestehungskosten der Kernenergie zeigt der Vergleich, dass die Produktionskosten im Vergleich zu anderen Energieträgern relativ kostengünstig sein können. Was bei der Untersuchung jedoch nicht ermittelt wird, sind die künftigen Umweltauswirkungen. Diese sind nicht Untersuchungsgegenstand und wurden demnach auch nicht weiter erhoben. Was jedoch im Zuge der Recherche ermittelt wurde ist, dass es äußerst schwierig ist, verlässliche Werte und Kennzahlen für die Folgekosten der Kernenergie zu erhalten. Grund dafür sind die von Studie zu Studie schwankenden Ergebnisse, so die Stellungnahme des deutsche Umweltbundesamt im Bericht des westdeutschen Rundfunks Köln. Daher rät das Umweltbundesamt sich an der aktuellen Technologie mit den höchsten Umweltkosten (in dem Fall Braunkohle) zu orientieren.

Strompreis je Kilowattstunde in Österreich nach Bundesländer

Stand 2017 befanden sich in Österreich die Gesamtkosten für Strom pro Kilowattstunde in einem durchschnittlichen Haushalt zwischen 18,00 und 22,9 Cent. Dabei gilt tendenziell, je größer der Verbrauch ist, desto geringer belaufen sich die Kosten je Kilowattstunde, da Pauschalbeträge, die sich nach dem Verbrauch richten auf mehr Leistung/Kilowattstunden aufteilen. Die nachstehende Tabelle verbildlicht den Preis pro Kilowattstunde, welcher ein österreichischer Durchschnittshaushalt mit 3.5000 Kilowattstunden Jahresverbrauch mit dem meistgenutzten Tarif im jeweiligen Bundesland inkl. Steuern und Abgaben ausgibt. (vgl. Selectra, 2021)

Preis pro Kilowattstunde gemessen am Standardtarif inkl. Steuern, Abgaben und Netzgebühren 2017

Bundesland	Cent pro Kilowattstunde
Wien	19.59
Niederösterreich	19.73
Oberösterreich	22.70
Burgenland	19.23
Steiermark	21.44
Kärnten	22.90
Salzburg	18.40
Tirol*	18.57
Vorarlberg	18.00

*Tirol Wert zwischen unterschiedlichen Ortschaften geschätzt. Jahresgesamtkosten auf Kilowattstunden bei 3500 auf Kilowattstunden aufgeteilt. Stand: 2017

Abbildung 65: Preis pro Kilowattstunde gemessen am Standardtarif inkl. Steuern, Abgaben und Netzgebühren 2017, Quelle: Selectra, 2021

Die Darstellung 65 zeigt, dass die EndverbraucherInnen in Vorarlberg durchschnittlich 18.00 Cent pro Kilowattstunde (inkl. Steuern und Abgaben) bezahlen. Damit ist das westlichste Bundesland Österreichs, welches am wenigsten für den Stromverbrauch ausgibt. Etwas mehr wird in den Bundesländern Salzburg und Tirol ausgegeben. Hier liegen die Preise bei 18,4 und 18,57 Cent pro Kilowatt. Mit dem Preis von noch unter 20 Cent pro Kilowattstunde befinden sich die Bundesländer Burgenland (19,23 Cent), Wien (19,59 Cent) und Niederösterreich (19,73 Cent) in der Mitte der Preisstaffelung. In den restlichen drei Länder - Steiermark (21,44 Cent), Oberösterreich (22,7 Cent) und Kärnten (22,9 Cent) – zählen die EndverbraucherInnen mit ihrem Strompreis über 20 Cent pro Kilowattstunde zu den teuersten Bundesländern in Österreich.

Fazit Stromgestehungskosten

Wie anhand der beiliegenden Abbildung und Erhebung der Strompreise zu erschließen ist, gilt Strom aus Kohlekraftwerken als kostengünstig. Tatsächlich verursachen Kohlekraftwerke grundsätzlich relativ niedrige Stromgestehungskosten, wird jedoch aufgrund abnehmender Volllaststunden der Betrieb zunehmend kostenintensiver. Im Gegenzug dazu steht die Stromerzeugung mit erneuerbaren Energien. Diese Varianten werden in ihren Produktionskosten immer günstiger. Wie in der Abbildung 64 und der Erhebung des Fraunhofer-Institut ersichtlich, befinden sich die Stromgestehungskosten von Photovoltaik und Windkraft (je nach Anlagenart) unter den Kosten der konventionellen Kraftwerke. Hinzu werden die Umweltkosten sowie die Kosten für den Rückbau der Kraftwerke hier nicht berücksichtigt. Somit erhalten diese Kraftwerke einen weiteren Nachteil. Auch zu berücksichtigen sind die Rückbau- und die Endlagerungskosten von Atomkraftwerken, welche überaus kostenintensiv sein werden. Fakt ist wiederum, dass die Berechnungen des Fraunhofer-Instituts gezeigt haben, dass die

Stromproduktionskosten von erneuerbaren Energieträgern nicht um ein Vielfaches günstiger ist, als die Erzeugung mittels konventioneller Kraftwerke mit fossilen Brennstoffen. (vgl. X2E System Engineering GmbH, 2021)

Gaspreise

Wesentlich für diesen Abschnitt der Beschreibung der Energiepreise innerhalb der österreichischen Energiewirtschaft ist neben der Analyse der Zusammensetzung des Strompreises und der zeitlichen Entwicklung der Erdöl- und Ergaspreisentwicklung im internationalen Kontext auch die Untersuchung der Gaspreise für die Industrie und die privaten Haushalte in Österreich.

Ähnlich wie im Kapitel der Strompreise verbildlicht das Balkendiagramm (Abbildung 66) die Gaspreise für die Industrie, sowie der Haushalte von Österreich zum Jahr 2018. Die Angaben beziehen sich ebenfalls auf die Einheit von Cent pro kWh Leistung und zeigt das Verhältnis der drei Parameter – Steuern und Abgaben, Netzkosten, sowie Energie und Versorgung - und deren Einfluss auf den Gaspreis.

In österreichischen Haushalten beträgt der Gaspreis je Kilowattstunde 6,8 Cent, hierbei entfallen mit etwa die Hälfte (44% - 3 Cent) des Preises auf die Energie- und Versorgungskosten. Der nächstgrößte Anteil – etwa 30% (2 Cent) - des Gaspreises geht auf Kosten der Netznutzung zurück. 1,8 Cent (26%) des Preises werden für Steuern und Abgaben abgetreten. Damit ist der Anteil der Steuern und Abgaben am geringsten und der Großteil des Preises wird direkt für die Energie und Versorgung genutzt. Im Vergleich zum Strompreis widerspricht dieser Sachverhalt die Konstellation des Preises. Während der Steuer- und Abgaben-Anteil beim Gaspreis der geringste ist, ist die Menge der Steuer und Abgaben beim Strom der größte Kostenfaktor.

Im europäischen Vergleich der Haushaltsgaspreise zeigt sich, dass der EU- Durchschnittspreis bei 5,8 Cent pro kWh liegt, somit ist der EU-Durchschnittspreis um rund 15% günstiger als der in Österreich gehandelte Gaspreis. Unterschiede im Preis zeigen sich vor allem bei den Steuern und Abgaben hier wird in Europa durchschnittlich 0,3 Cent pro kWh für Gas ausgegeben. Eine größere Einsparung im Vergleich wird in den europäischen Staaten bei den Netzkosten erzielt. Hier wird um 0,6 Cent weniger als in Österreich gezahlt. Für die Gasnutzung werden im EU-Durchschnitt um 0,1 Cent weniger für den Versorgungspreis gezahlt als in Österreich dies der Fall ist.

Bei der Betrachtung der Gaspreise bei der Industrie verhält sich die Preisaufstellung und -konstellation ident wie bei den Strompreisen. Der in der Industrie gehandelte und genutzte Gaspreis ist um einiges günstiger, als dies bei den Haushalten der Fall ist. Insgesamt beläuft sich der Gaspreis je kWh auf vier Cent. Der Preis für die Haushalte liegt bei 6,8 Cent - ein Preisunterschied von 41%. Was die beiden Preise jedoch vereint ist, dass der höchste Anteil des Gaspreises auf die Energie und Versorgungskosten zurück fällt. Bei der Industrie macht dieser Anteil 2,1 Cent und somit mehr als die Hälfte des Preises (52,5%) aus. Ein Drittel des Preises (1,3 Cent) werden an Steuern und Abgaben abgetreten und 0,6 Cent je kWh werden für Netzkosten ausgegeben. Bei der Untersuchung des Gaspreises in der Industrie zeigt der direkte Vergleich mit der EU, dass für die Nutzung der Energie und Versorgung jeweils der gleiche Betrag (2,1 Cent) getätigt wird. Auch die beiden Netzkostenanteile sind mit nur 0,1 Cent Unterschied nur marginal und somit fast ident. Der wesentliche Unterschied im Vergleich der beiden befindet sich im Steuern- und Abgabenanteil. Während in Österreich – wie so oft

auch in den vorherigen Abschnitt gleich – mit 1,3 Cent etwas mehr für den Bereich abgegeben wird, sind es durchschnittlich bei der europäischen Union um 0,3 Cent je kWh weniger. Der reale Bruttogaswert für die Industrie hat sich in Österreich während der Periode von 2009 bis 2019 um jährlich 3,4% gesenkt und somit eine Reduktion des Gaspreises langfristig erwirtschaftet.

Gaspreise für Industrie und Haushalte 2018

nach Komponenten in Cent/kWh

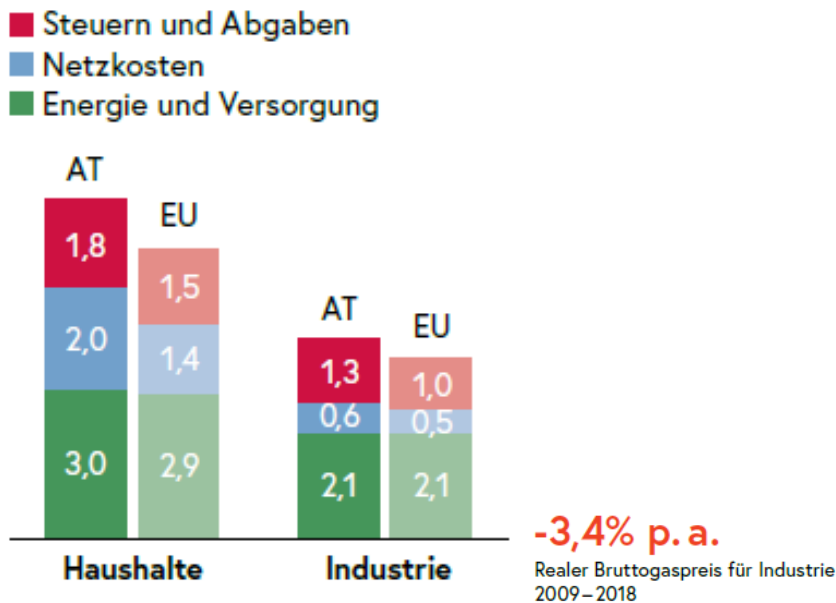


Abbildung 66: Gaspreise für Industrie und Haushalte 2018,
Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 40

Im detaillierten Vergleich der industriellen Gaspreise aller europäischen Staaten – abgebildet in Diagramm 66 – werden wie zuvor beim Kapitel Strompreis die Verhältnisse aller drei Parameter aller Staaten aufgestellt.

Dabei ist sofort ersichtlich, dass die Länder Schweden, Dänemark und Finnland den höchsten Steuer- und Abgabensatz für die Gaspreise in der Industrie besitzen. Hier liegt der Steuer- und Abgabensatz über einem Drittel des Gesamtpreises, somit ist es nicht verwunderlich, dass diese Nationen auch zeitgleich die höchsten Gaspreise (über 7,2 Cent pro kWh) der Industrie in der Auflistung der europäischen Staaten innehaben. Österreich positioniert sich in der Reihung mit 4 Cent pro kWh im oberen Drittel und befindet sich mit diesem Wert auch über Deutschland und dem europäischen Durchschnitt. Die niedrigsten Gaspreise in der Industrie verzeichnen die Länder Belgien (2,9 Cent) Großbritannien, Tschechien, Rumänien und Italien (alle 3,2 Cent pro kWh).

Gaspreise der Industrie im EU-Vergleich in Cent/kWh 2018

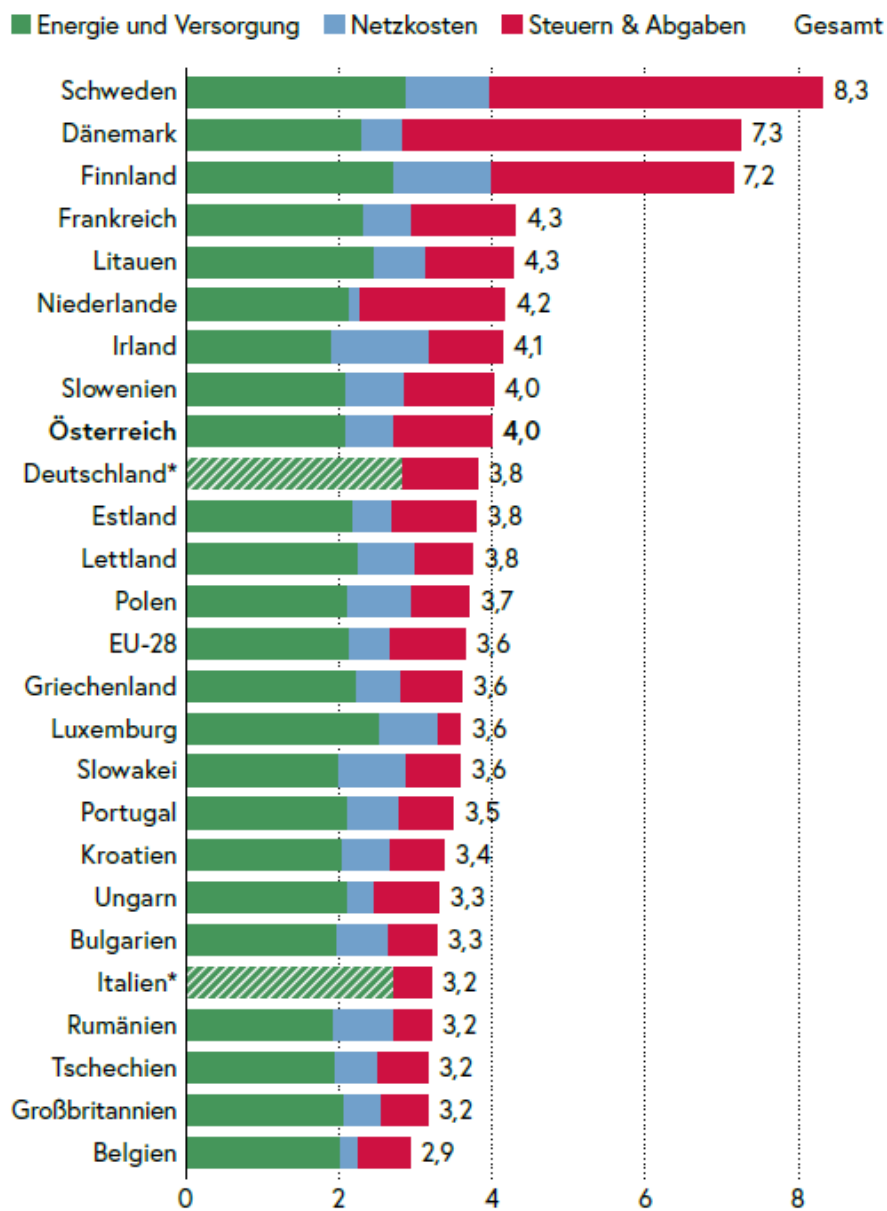
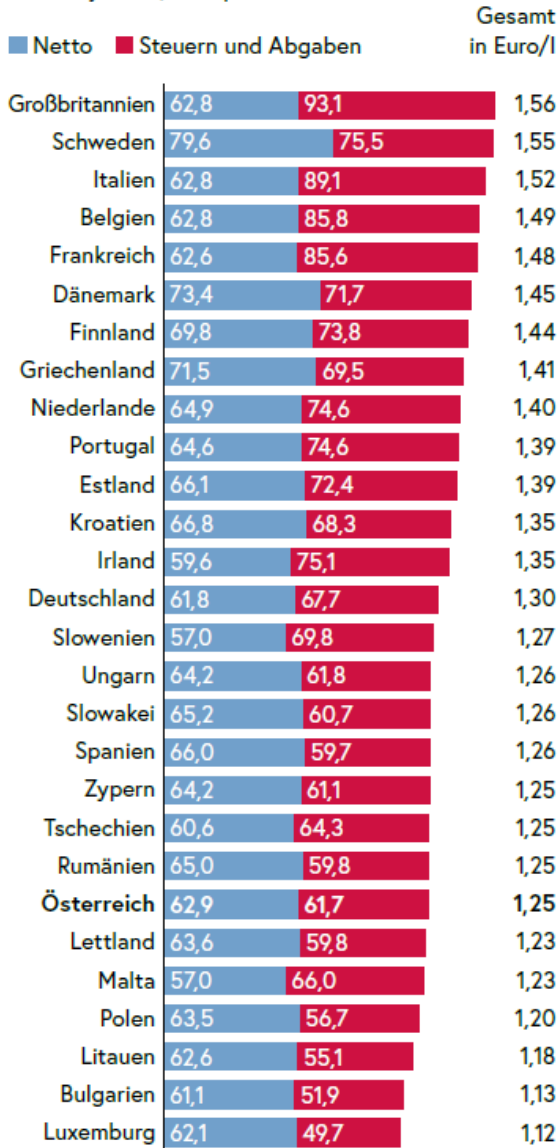


Abbildung 67: Gaspreise der Industrie im EU-Vergleich, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 40

Treibstoffpreise

Dieselpreise im EU-Vergleich

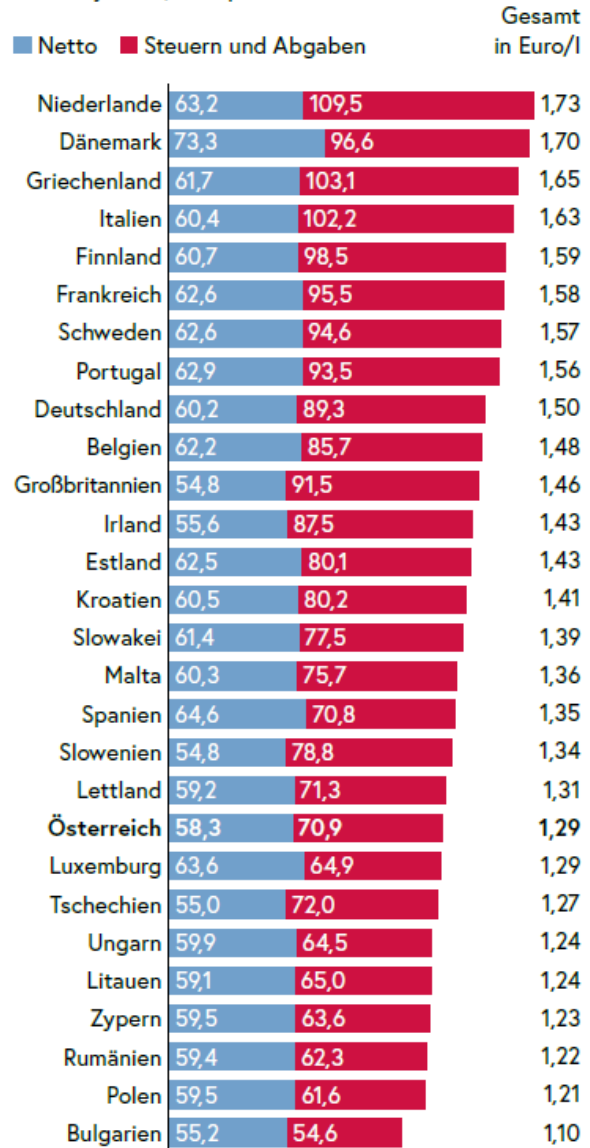
in Cent je Liter, 29. April 2019



Quelle: Oil Bulletin

Superbenzinpreis 95 im EU-Vergleich

in Cent je Liter, 29. April 2019



Quelle: Oil Bulletin

Abbildung 68: Diesel- und Superbenzinpreise im EU-Vergleich, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 41

Um das Kapitel der Versorgungssicherheit und Energiepreise abzuschließen wird im kommenden und letzten Abschnitt auf die Treibstoffpreise eingegangen. Hierzu werden – wie in Abbildung 68 abgebildet – die Diesel- und Superbenzinpreise in ihrer Preiszusammensetzung dargestellt und untersucht, sowie im europäischen Vergleich der jeweiligen Treibstoffpreise mit jenen der anderen Mitgliedstaaten gegenübergestellt.

Der Treibstoffpreis setzt sich grundlegend aus zwei Aspekten zusammen. Diese sind der Nettopreis des Treibstoffs, welche die Kosten für Rohöl, Produktion und Vertrieb, sowie einen bestimmten Gewinnaufschlag für die Produzenten beinhaltet, zum anderen Steuern und Abgaben. (vgl. Österreichischer Automobil-, Motorrad- und Touringclub (ÖAMTC), 2018)

Grundsätzlich zeigt sich im internationalen Vergleich, dass der Anteil an Steuern und Abgaben den Großteil des jeweiligen Treibstoffpreises einnimmt. Besonders bemerkbar macht sich dies bei den Preisen des Superbenzins. Hier ist der Anteil der Steuern und Abgaben sogar um einiges höher, als im Vergleich mit den Dieselpreisen. Dadurch setzen sich schlussendlich die höheren Gesamtpreise des Benzins in den Europäischen Ländern zusammen.

Wie der internationale Vergleich bestätigt, ist dieser Sachverhalt auch in Österreich vorzufinden. Der österreichische Dieselpreis liegt am 29. April 2019 bei durchschnittlich 1,25 Euro pro Liter. Dieser setzt sich aus dem Nettopreis von 62,9 Cent pro Liter und den Steuern und Abgaben in Höhe von 61,7 Cent je Liter zusammen. Im Vergleich dazu befindet sich der Superbenzinpreis am selben Datum bei 1,29 EUR pro Liter Treibstoff. Der gravierende Unterschied in der Preiskonstellation liegt auch hier – wie bei den anderen EU-Mitgliedstaaten - am höheren Steuern- und Abgabensatz. Denn während sich der Nettobenzinpreis auf 58,3 Cent pro Liter beläuft, liegt der Anteil der Steuer und Abgaben bei 70,9 Cent je Liter. Somit überwiegt dieser Anteil im Vergleich der beiden Treibstoffarten. Der Grund für den unterschiedlichen Steuer- und Abgabensätze liegt bei der Mineralölsteuer. Die Mineralölsteuer (MöSt) ist eine Verbrauchssteuer, welche im Regelfall je Liter Treibstoff anfällt. Da die Mineralölsteuer bei Benzin mit einem höheren Steuersatz bemessen wird als bei Diesel, sind die Kraftstoffpreise von erstgenanntem höher. (vgl. Österreichischer Automobil-, Motorrad- und Touringclub (ÖAMTC), 2018)

3.3.6 Fazit Versorgungssicherheit und Energieeffizienz

Neben der bereits im vorderen Abschnitt beschriebenen Ziele der österreichischen Energiewirtschaft wie beispielsweise die Steigerung der Anteile erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch, sowie die Reduzierung des Endenergieverbrauchs oder auch die Primärenergieintensität zu verbessern, ist ein zentraler Aspekt der österreichischen Energieversorgung die Versorgungssicherheit. Das Niveau kann dabei durch unterschiedliche Aspekte und Faktoren beeinflusst werden. Zum einen kann die Importabhängigkeit vieler fossiler Energieträger verringert werden, in dem die heimischen erneuerbaren Energieträger intensiver genutzt und ausgebaut werden. Zum anderen wird durch die vorhandenen massiven Speichervorräte, sowie den umfassenden und international vergleichsweise großen Speichersystemen sichergestellt, dass im Falle einer Unterversorgung immer ausreichend Ressourcen vorhanden sind. Außerdem besteht – aufgrund der massiven Vorräte – genügend Zeit um Anpassungsmaßnahmen wie beispielsweise die Importe von bestimmten Rohstoffen wiederherzustellen. Auch die bereits beschriebene ausreichende und breite Diversifikation der Lieferländer von Erdöl stellt sicher, dass im Falle eines Risikos von Lieferengpässen immer noch ausreichend Erdöl importiert werden kann. Die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Kennzahlen der Versorgungssicherheit zeigen, dass sich die Versorgungssicherheit in den letzten ein und halb Jahrzehnten kontinuierlich und positiv entwickelt haben. So habe sich die Nettoimportquote (Ausmaß der Importabhängigkeit) seit 2005 von 72,2% auf 64,4% verbessern können. Auch die Speicherkapazität des Erdgases weist mit 8,2 Milliarden Kubikmeter Speichervolumen einen Wert aus, welcher sich nur etwas unter dem jährlichen Erdgasverbrauch (8,6 Mrd. m³) befindet. Ebenso befindet sich der Gesamtstand von 2,71 Millionen Tonnen von Erdöl als Pflichtnotstandsreserve nur etwas unter dem Jahresverbrauch (3,16 Mio. Tonnen). Neben der Bevorratungen von Rohstoffen, sowie der Versorgungssicherheit sind die Energiepreise für den Wirtschaftsstandort Österreich ebenso von enormer Relevanz. Die Entwicklung der Gas- und Strompreise der letzten Jahre verzeichneten stärkere Rückgänge der Industriepreise als im europäischen Durchschnitt. Seit 2014 positionieren sich die realen Industriegaspreise unter dem Preisniveau von 2009 und sind dabei jährlich um circa 3,4% pro Jahr gesunken. Seit 2009 ist der Industriestrompreis konstant um durchschnittlich etwa 3,6% pro Jahr günstiger geworden.

Die Strom- und Gaspreise der privaten Haushalte befinden sich dagegen über jene Preise der Industrie, weisen jedoch in den letzten Jahren eine stagnierende Tendenz auf. Auch die Entwicklung des österreichischen Strompreisindex zeigt grundsätzlich einen Rückgang auf – seit 2008. Von 2008 bis 2016 ist der Strompreisindex massiv zurückgegangen, hat sich aber in den letzten Jahren seit dem historischen Tiefpunkt 2016 erholt und ist seitdem gestiegen. Im europäischen Vergleich der Industriestrompreise befindet sich Österreich – trotz des Großteils an Steuern und Abgaben – in der Mitte der Reihung. Bei Gaspreisen der Industrie im EU-Vergleich rangiert sich Österreich im oberen Drittel der Auflistung. Im Gegenteil zu der Rangierung der Gaspreise, positioniert sich Österreich im Vergleich bei den Treibstoffpreisen im unteren Drittel. (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 33)

4 Potenziale der österreichischen Energiewirtschaft

Wie in den vorherigen Kapiteln bereits angeführt, weist die der österreichischen Energiewirtschaft ein enormes Potenzial für die E-Mobilität auf. Ausschlaggebend für das massive Potenzial ist das Vorhandensein, Quantität dieser regenerativen Energiequellen, sowie die Nutzung vorhandener Ressourcen.

Durch den Einsatz dieser Rohstoffe wird ein Großteil des Strombedarfs als auch der Stromproduktion mit erneuerbaren Quellen gedeckt. Der Anteil der erneuerbaren Energie gemessen am Bruttoendenergieverbrauch weist mit knapp ein Drittel einen überaus hohen Wert auf und liegt rund doppelt so hoch wie der europäische Durchschnittswert.

Um diese Anteile jedoch noch zu erhöhen, müssen diese Quellen weiterhin gefördert werden. Die Grundvoraussetzungen sind aufgrund der geografischen/topologischen Bedingungen überdimensional gegeben und müssen nur genutzt werden. Das vorliegende Potenzial ist dem Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Umwelt bewusst und ist dabei die Ressourcen zu nutzen. Das spiegelt sich auch in der sukzessiven Zunahme der Anteile der erneuerbaren Energien bei der Stromproduktion als auch am Bruttostrom- und -Endenergieverbrauch. Hierbei sind die Anteile fossiler Energieträger sukzessive zurückgegangen.

Im internationalen Vergleich mit den Staaten der europäischen Union weisen Österreichs erneuerbarer Energieträgeranteile überdurchschnittlich hohe Bilanzen auf.

Wie bereits erwähnt, bilden biogene Brenn- und Treibstoffe sowie Wasserkraft die beiden wesentlichsten Bestandteile im Rahmen der inländischen Primärenergieerzeugung. Die Anteile regenerativer Energieträger wie der Photovoltaik, Windkraft und Umgebungswärme steigen kontinuierlich an und sind ein wesentlicher Bestandteil für die Zukunft.

Wasserkraft:

Steht in einem überaus hohen Ausmaß zur Verfügung – ist jedoch auf seinen Höhenverlauf nicht unbegrenzt nutzbar. Der Aus- und Zubau von Wasserkraftwerken führt zu einer erhöhten Stromgewinn. Relevant vor allem in Spitzenlastenzeiten, wo Speicherkraftwerke ihr Potenzial ausfüllen können.

Windkraft:

Neben Wasserkraft ist die Stromerzeugung mittels Windkraft eine ideale regenerative Energiequelle, um Strom zu generieren. Sie ist nach biogener Energie und Wasserkraft der drittgrößte regenerative Stromlieferant und kann künftig einen weiteren wesentlichen Beitrag zur erhöhten Stromproduktion beitragen.

Photovoltaik:

Eine weitere wichtige Energiequelle zur Stromproduktion. Jedoch ist der derzeitige Umwandlungsgrad noch zu gering, wird aber mit der fortlaufenden Entwicklung immer relevanter und kann künftig einen erheblichen Einfluss auf die Stromgewinnung nehmen.

4.1 Elektromobilität

Die Mobilität ist eine der Grundbedürfnisse der Menschen und steht für viele im Zusammenhang mit der Lebensqualität. Wie stark die Lebensqualität davon abhängig ist, uneingeschränkt mobil zu sein, zeigt das weltweit wachsende Verkehrsaufkommen. Vor allem in Ballungszentren steigt das Verkehrsaufkommen überdurchschnittlich hoch. Neben der Lebensqualität ist die Mobilität auch ein zentraler Aspekt des Wirtschaftssystems, welches heutzutage in globalen Maßstäben funktioniert. Neben den vielen Vorteilen bringt die Mobilität jedoch auch einige Nachteile mit sich. Einer der größten Nachteile ist, dass der Verkehr als Hauptverursacher des massiven Anstiegs von Treibhausgas-Emissionen gilt. Denn wie in den vorherigen Kapiteln eingehend bereits beschrieben, stiegen die Emissionszahlen seit 1990 überaus signifikant an. (vgl. Klima- und Energiefonds (Österreich), 2020)

Um in eine Zukunft gehen zu können, in der es möglich ist, weiterhin mobil zu bleiben – sowohl privat als auch wirtschaftlich betrachtet - und den Ansprüchen an die gesetzten Klima- und Energieziele der Politik anzuknüpfen und ihnen gerecht zu bleiben, werden neue Mobilitätssysteme und -strategien nötig. Die Verkehrsmittel der Zukunft sollten effizient, leistbar und komfortabel sein. Gleichzeitig, aber auch sorgsam mit bestehenden (natürlichen und erneuerbaren) Ressourcen umgehen. (Klima- und Energiefonds (Österreich), 2020)

Mit der Elektromobilität ist eine der Schlüsseltechnologien für die Mobilität der Zukunft entstanden, welche den zuvor erwähnten Anforderungen grundsätzlich entspricht. Wie von vielen WissenschaftlerInnen, aber auch Organisationen und Unternehmen profiliert, bietet die E-Mobilität nicht nur die Möglichkeit, einen deutlichen Beitrag zur Dekarbonisierung und zugleich zur Luftschadstoffverringerung des Verkehrs zu leisten und somit zu einem nachhaltigen Mobilitätssystem beizutragen, sondern weist zudem ein großes Potenzial auf, Wertschöpfung und neue Arbeitsplätze zu generieren. Den Rahmen der Entwicklung der Elektromobilität bilden hierbei internationale als auch nationale Klima- und Energiestrategien. (vgl. Klima- und Energiefonds (Österreich), 2020)

Was ist Elektromobilität?

Elektromobilität oder auch E-Mobilität abgekürzt, bezeichnet gemäß der deutschen Bundesregierung die Nutzung von all jenen Fahrzeuge, welche mittels eines Elektromotors angetrieben werden und ihre Energie zur Fortbewegungszwecke aus dem Stromnetz beziehen. Dazu gehören rein elektrisch betriebene Fahrzeuge, die Kombination eines Elektro- und kleinem Verbrennungsmotor (REEV) und am Stromnetz aufladbare Hybridfahrzeuge. (vgl. VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, 2021)

Darunter fallen unter anderem auch E-Bikes oder Pedelecs, Elektro-Motorrädern, sowie E-Busse und -Trucks. Ausschlaggebend für diese Form der Mobilität ist, dass die aufgezählten Fahrzeuge ganz oder teilweise elektrisch angetrieben werden, einen Energiespeicher mit sich führen und ihre Energie überwiegend aus dem Stromnetz beziehen. Bislang werden Elektroautos vor allem in Städten, und zwar leise, effizient und emissionsarm genutzt. Oftmals bieten Sie auch für Lieferdienste, Taxen und Carsharing eine gute Alternative und werden daher verstärkt eingesetzt. (vgl. Infineon Technologies AG, 2021)

Bei der Nutzung von Elektrofahrzeugen gibt es unterschiedliche Antriebstechnologien, welche die Fahrzeugtypen unterscheidet. Daher werden oft unterschiedliche Bezeichnungen oder Begrifflichkeiten herangezogen und klar abgegrenzt welche Antriebsart tatsächlich als E-Fahrzeug

betitelt werden darf und welche nicht. Im folgenden Abschnitt werden die unterschiedlichen Elektrofahrzeugtypen aufgelistet und Ihre jeweilige Spezifikation angeführt.

Definition E-Fahrzeuge

Grundsätzlich werden elektronisch betriebene Fahrzeuge in zwei Kategorien gegliedert. Die Rede ist hierbei von vollelektrischen Fahrzeugen und Hybrid-Fahrzeugen. Bei vollelektrischen Fahrzeugen wird eine rein vollelektrische Antriebstechnologie (Strom) genutzt. Bei Hybrid-Fahrzeugen werden zwei Antriebstechniken zur Fortbewegung eingesetzt. Im Regelfall handelt es sich bei den beiden Antriebsarten um einen Elektro- als auch einen Verbrennungsmotor. Neben diesen beiden Kategorien existieren noch weitere Unterteilungsmöglichkeiten der Elektrofahrzeuge, diese lauten: (vgl. Infineon Technologies AG, 2021)

Elektrofahrzeuge (auch Steckerfahrzeuge genannt):

- BEV** Battery Electric Vehicles sind reine Elektrofahrzeuge mit extern aufladbarer Batterie, ohne internem Energieumwandler, wie Verbrennungsmotor oder Brennstoffzelle. Die vorhandene Batterie wird über das Stromnetz aufgeladen.
- PHEV** Plug-in-Hybrid Electric Vehicles verfügen neben einem Verbrennungsmotor immer auch eine extern aufladbare Batterie und können mit dieser rein elektrisch fahren, (typischerweise 20 bis 80 km). Bei «parallelen PHEV» treibt der Verbrennungsmotor direkt die Antriebsachse an. Bei «seriellen PHEV» treibt nur der Elektromotor die Räder an. Ein kleiner, auf die Stromerzeugung optimierter Verbrennungsmotor mit Generator (oder eine Brennstoffzelle) kann zugeschaltet werden, um die Batterie des Elektromotors wieder aufzuladen.
- REEV** Range Extended Electric Vehicles sind serielle Plug-in-Hybride und können die geringe Reichweite von vollelektrischen Fahrzeugen deutlich verlängern.
- FCEV** Fuel Cell Electric Vehicles sind Wasserstoff-Brennstoffzellenfahrzeuge, die aus dem Energieträger Wasserstoff (H₂) in einer Brennstoffzelle Strom für ihren Elektroantrieb erzeugen. Aus Sicht der Fahrzeugtechnologie sind FCEV und PHEV sehr ähnlich. Kann die Batterie auch extern aufgeladen werden, ist das FCEV auch ein PHEV. FCEV brauchen immer eine separate H₂-Tankstelleninfrastruktur. H₂ lässt sich auf verschiedene Wege herstellen – ein FCEV ist dann ein «Elektroauto», wenn H₂ über Elektrolyse aus Strom erzeugt wird (und nicht aus Erdgas).

Keine Elektrofahrzeuge sind:

- HEV** Hybrid Electric Vehicles (Hybridfahrzeuge). Wie PHEV verfügen HEV zwar über eine Batterie, welche aber nur als temporärer Energiespeicher verwendet wird und (aus Kosten- und Gewichtsgründen) möglichst klein gehalten wird. Die Batterie lässt sich nicht extern aufladen (nur über den Verbrennungsmotor oder durch die Rückgewinnung von Bremsenergie), d.h. das Fahrzeug fährt ausschließlich mit Benzin.
- H2ICE** Wird Wasserstoff in einem Verbrennungsmotor (ICE Internal Combustion Engine) direkt verbrannt, ist es ein „Verbrennerauto“. Für die Gesamtsicht entscheidend ist, ob das aus erneuerbaren Primärenergien H₂ erzeugt wurde.
(vgl. EBP Schweiz AG, 2021)

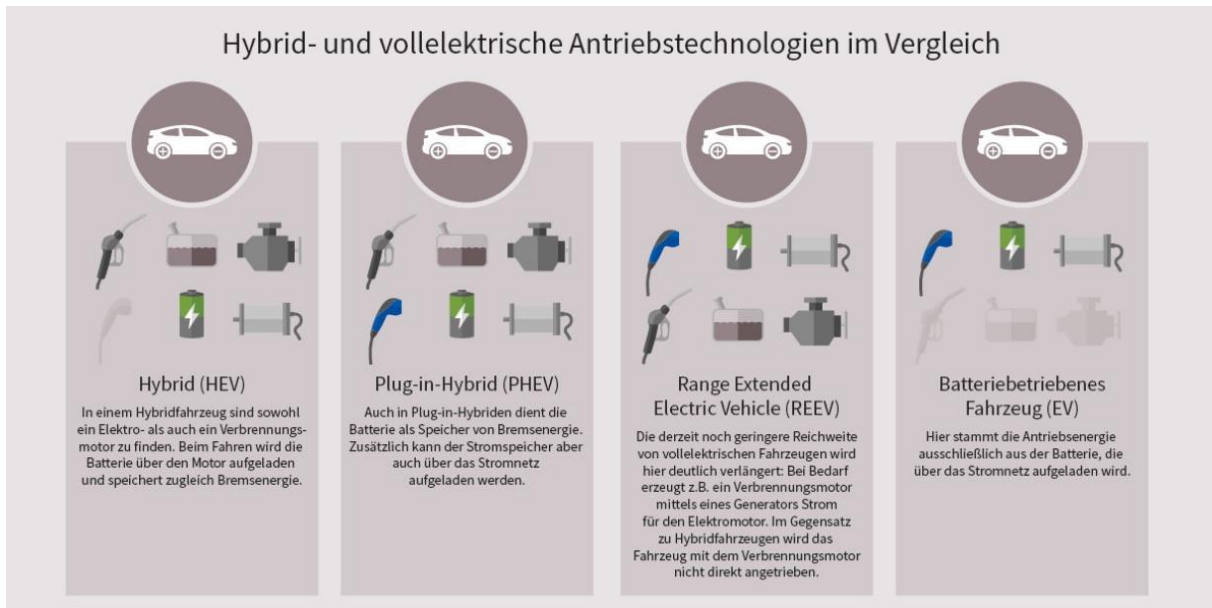


Abbildung 69: Hybrid- und vollelektronische Antriebstechnologien im Vergleich, Quelle: Infineon Technologies AG, 2021

4.2 Zahlen, Daten und Fakten rund um die E-Mobilität in Österreich

Die nachfolgenden Unterkapitel behandeln statistische Kennzahlen und weiten Informationen zum aktuellen State of the Art der Elektromobilität in Österreich. Mit diesen Informationen soll im Anschluss betrachtet werden, wie sehr diese Form der Elektromobilität in Österreich verankert ist, wie stark sie von der Gesellschaft angenommen wird und wie sich der Trend der Elektrofahrzeuge entwickelt hat.

Anzumerken ist, dass die folgenden Diagramme und Statistiken mit der Betitelung der „Kategorie M1“ ausgestattet sind. Daher beziehen sich die Informationen rein auf Personenkraftwagen (PKWs) gemäß der österreichischen Fahrzeugklassen – Kraftwagen zur Personenbeförderung mit mindestens vier Rädern.

Neuzulassungen von E-Fahrzeugen

Mithilfe der Statistik über die Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen, lassen sich Entwicklungsphänomene einfach ersichtlich darstellen. So können über eine längere Periode Trends festgestellt werden. Bei der vorliegenden Grafik zeigt sich, dass vor allem in den letzten drei Jahren (2019 bis 2021) ein überaus gravierender und sprunghafter Anstieg an Neuzulassungen von Elektromotoren betriebenen PKWs zu verzeichnen war. Von 2019 auf 2020 ist Anzahl an Neuzulassungen auf insgesamt 12.215 gestiegen. Das entspricht einer Zunahme von 107% in nur einem Jahr. Vor allem die Anzahl an neuzugelassenen vollelektrischen PKWs (BEV) haben hier einen starken Zuwachs (+6.730) erhalten. Mit knapp 5.500 Neuzulassungen liegen Plug-In Hybridfahrzeuge nur knapp hinter den rein elektrischen PKWs. 2021 nahmen die Neuzulassungen (23.287) dann nur marginal um etwas mehr als einen % ab. In Summe sind mit 23.287 Neuzulassungen Stand Juni 2021 ein historischer Neuzulassungswert erzielt worden. Denn der Anteil von Neuzulassungen der Elektrofahrzeugen gerechnet mit den Neuzulassungen der PKWs mit allen Antriebsarten beläuft sich 17,33% und ist somit der bislang höchste Wert.

In Anbetracht der anfänglich überschaubaren Entwicklung der Neuzulassungen von 2011 bis 2015, kam es am Ende der Dekade zu einem regelrechten boomenden Aufschwung.

Neuzulassungen von E-Fahrzeugen der Kategorie M1 nach Jahr (für Österreich)

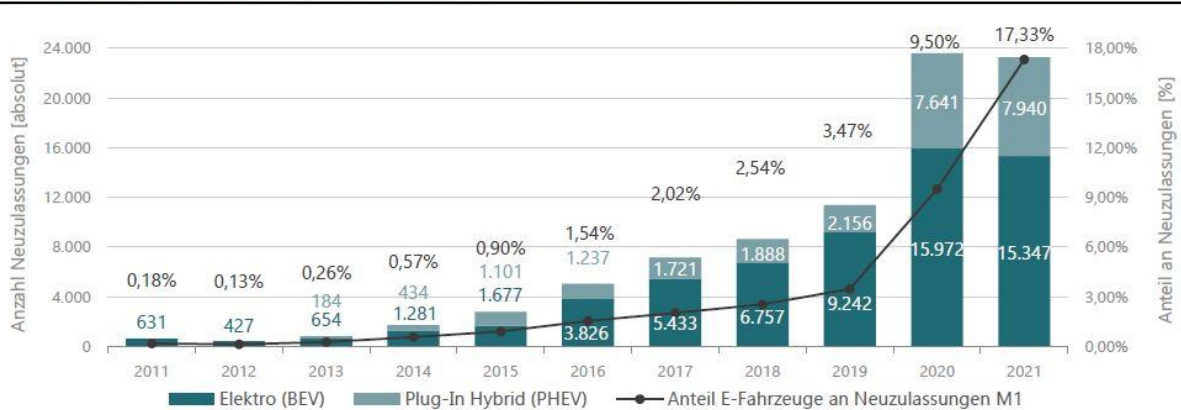


Abbildung 70: Neuzulassungen von E-Fahrzeugen der Kategorie M1 nach Jahr (für Österreich),
Quelle: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2021, S. 2

Bestand von E-Fahrzeugen

Die unten angeführte Abbildung 71 veranschaulicht den Anstieg der Bestandszahlen von Elektrofahrzeugen. Der Verlauf über das knappe Jahrzehnt ähnelt dem eines exponentiellen Wachstums.

Anfänglich (2010 bis 2015) war nur ein geringer Zuwachs der Elektromobilität erkennbar. Seit 2015 entwickelten sich die Bestandszahlen dann rasant. Mit Ende Juni 2021 sind 82.514 Elektrofahrzeuge in Österreich gemeldet. Der Großteil mit knapp unter 60.000 Fahrzeugen sind davon rein elektrisch betrieben. In Summe beläuft sich der Gesamtbestand an E-Fahrzeugen gemessen am Gesamtbestand der PKWs mit allen anderen Antriebsarten auf 1,61% - somit nur ein marginaler Bestandswert.

Bestand von E-Fahrzeugen der Kategorie M1 im Zeitverlauf (für Österreich)

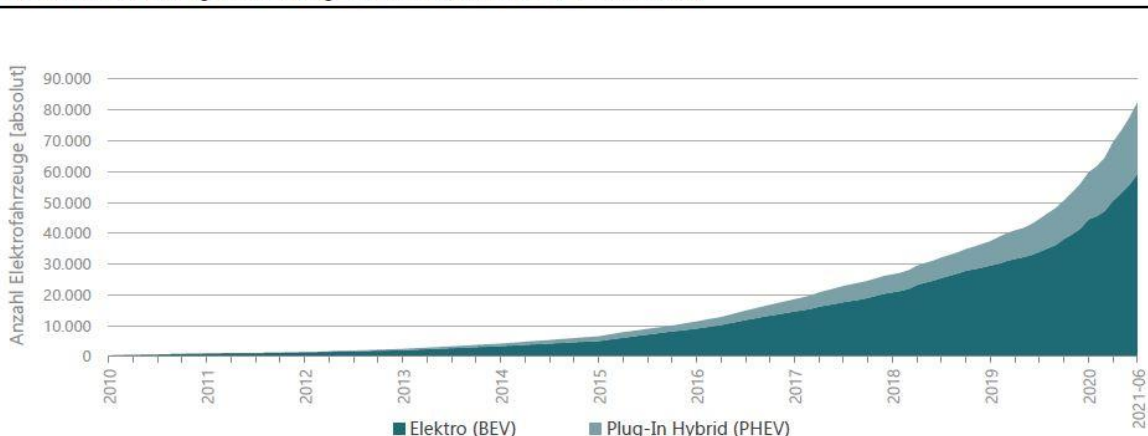


Abbildung 71: Bestand von E-Fahrzeugen der Kategorie M1 im Zeitverlauf (für Österreich),
Quelle: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2021, S. 4

Fahrzeugbestand Österreich nach Fahrzeugart

Wie soeben geschildert, befindet sich der Anteil aller Elektrofahrzeuge am Gesamtanteil aller Personenkraftwagen bei einem Schnitt von 1,61%. Die folgende Abbildung __ repräsentiert den Fahrzeugbestand aller in Österreich gemeldeten Fahrzeuge, gelistet nach Fahrzeugart und Kraftstoffart bzw. Energiequelle. Stand Juni 2021 sind österreichweit 5.130.072 Personenkraftwagen der Klasse M1 gemeldet. Das entspricht einen PKW-Durchschnitt von 0,57 je EinwohnerIn*. Von den mehr als fünf Millionen PKWs sind 53% (2.746.437) mit Diesel- und 43% (2.207.183) mit Benzinmotoren ausgestattet. Verglichen mit dem Jahr 2012, in dem 4.584.202 PKWs in Österreich zugelassen waren, hat sich die Gesamtanzahl der Personenkraftwagen um rund zwölf % erhöht. Der Anteil der Elektrofahrzeuge am Gesamtbestand betrug damals noch 0,03% (1.389 E-Fahrzeuge). Erstmals im Jahr 2020 wurde der Elektrofahrzeug-Anteil am Gesamtbestand der PKWs der Ein-%marke übertroffen (1,17%).

Tabelle Fahrzeugbestand Österreich nach Fahrzeugart, Kraftstoffart bzw. Energiequelle

Fahrzeugarten, Kraftstoffarten bzw. Energiequellen	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021 Juni
Personenkraftwagen Kl. M1	4.584.202	4.641.308	4.694.921	4.748.048	4.821.557	4.898.578	4.978.852	5.039.548	5.091.827	5.130.072
Benzin inkl. Flex-Fuel	2.001.295	2.003.699	2.011.104	2.019.139	2.038.019	2.080.434	2.139.239	2.179.235	2.195.578	2.207.183
Diesel	2.570.124	2.621.133	2.663.063	2.702.922	2.749.046	2.770.470	2.776.332	2.772.854	2.762.273	2.746.437
Elektro (BEV)	1.389	2.070	3.386	5.032	9.073	14.618	20.831	29.523	44.507	59.289
Erdgas CNG (monovalent & bivalent)	3.109	3.651	4.262	4.775	5.031	5.206	5.542	5.746	5.731	5.585
Plug-In Hybrid (PHEV)	k. A.	408	776	1.512	2.287	3.948	5.710	8.042	15.237	23.177
Wasserstoff (FCEV)	k. A.	k. A.	3	6	13	19	24	41	45	48
Elektrofahrzeuge im Bestand M1 (BEV, PHEV, FCEV)	1.389	2.478	4.165	6.550	11.373	18.585	26.565	37.606	59.789	82.514
Elektrofahrzeuge – Veränderung gegenüber Vorjahr	40,4%	78,4%	68,1%	57,3%	73,6%	63,4%	42,9%	38,9%	59,0%	80,5%
Elektrofahrzeug-Anteil am Gesamtbestand M1	0,03%	0,05%	0,09%	0,14%	0,24%	0,38%	0,53%	0,75%	1,17%	1,61%
Weitere reine Elektrofahrzeuge der Klassen L, M, N	5.120	5.594	6.067	6.532	7.524	8.912	10.920	13.311	16.080	18.996
Motorbikes/Trikes/Quadracycles (Kl. L)	4.565	4.835	5.116	5.324	5.907	7.057	8.614	10.533	12.565	14.438
Omnibusse Klasse M2 und M3	126	139	131	138	149	143	154	161	172	174
Lastkraftwagen Klasse N1 (< 3,5 to)	428	619	819	1.069	1.467	1.711	2.141	2.605	3.330	4.365
Lastkraftwagen Klasse N2, N3 (> 3,5 to)	1	1	1	1	1	1	11	12	13	19

Abbildung 72: Tabelle Fahrzeugbestand Österreich nach Fahrzeugart, Kraftstoffart bzw. Energiequelle, Quelle: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2021, S. 5

Öffentlich zugängliche Aufladepunkte in Österreich

Neben der Anzahl und Anteile der vorhandenen E-Fahrzeuge spiegelt die aktuelle Ladeinfrastruktur für die Batterie dieser Fahrzeuge, welche sich im öffentlichen Raum befinden muss, eine wesentliche Rolle in der Elektromobilität. Denn je höher die Anzahl der Fahrzeuge, desto mehr Lademöglichkeiten werden benötigt. Wie aus dem Balkendiagramm zu entnehmen, sind in der Abbildung 73 die Lademöglichkeiten (unterschieden nach Normal- und Schnelllademöglichkeit) nach Bundesland im Jahr 2021 aufgelistet. In Summe sind 8.643 Ladeeinrichtungen in ganz Österreich situiert. Von den vorhandenen Ladestationen sind 7.270 Stationen Normalladepunkte und 1.373 Schnellladepunkte. Die meisten der vorhandenen Ladepunkte weist das Bundesland Niederösterreich auf. Hier sind 2.415 (28% des Bestands) Lademöglichkeiten vorzufinden, wovon 2.082 Normalladepunkte und 333 Schnellladepunkte sind. Gefolgt wird Niederösterreich von der Bundeshauptstadt Wien, hier entfallen 1.407 Ladestationen (16% des Bestands – 1.291 Normalladepunkte und 116 Schnellladepunkte). Mit Tirol und Oberösterreich sind noch zwei Bundesländer vertreten, welche mehr als 1.000 Ladestationen

installiert werden. Das Bundesland mit den wenigsten Ladestationen ist das Burgenland. Hier befindet sich der Bestand bei insgesamt 254 Stück (0,03% des Bestands) wovon 201 Normalladepunkte und 53 Schnellladepunkte sind.

Öffentlich zugängliche Ladepunkte in Österreich

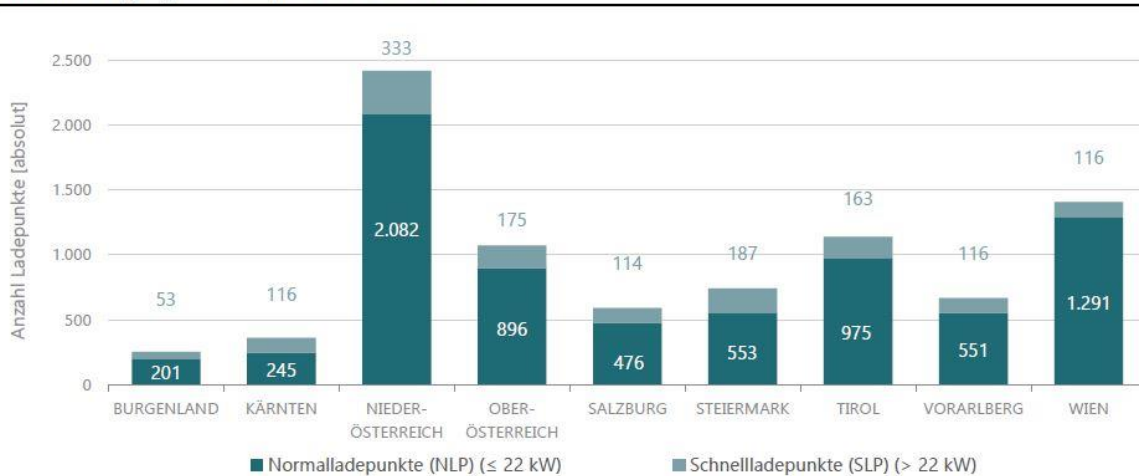


Abbildung 73: Öffentlich zugängliche Ladepunkte in Österreich,
Quelle: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2021, S. 4

4.3 CO₂-Emissionen im Vergleich von Elektrofahrzeugen und Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren

In Bezug auf die Nutzung von Elektrofahrzeugen im Zusammenhang mit CO₂-Emissionen wird oftmals oder gar immer die Argumentation aufgebracht, dass bei der Nutzung der E-Fahrzeuge keinerlei CO₂-Emissionen anfallen und demnach diese weitaus umweltfreundlicher und umweltschonender sind, als herkömmliche Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren.

Die nachfolgende Darstellung (Abbildung 74) soll Aufschluss über diesen Sachverhalt liefern. Abgebildet ist in der Grafik die Konstellation der CO₂-Emissionen nach verschiedenen Fahrzeug- und Kraftstoffarten hinsichtlich ihres Verbrauchs.

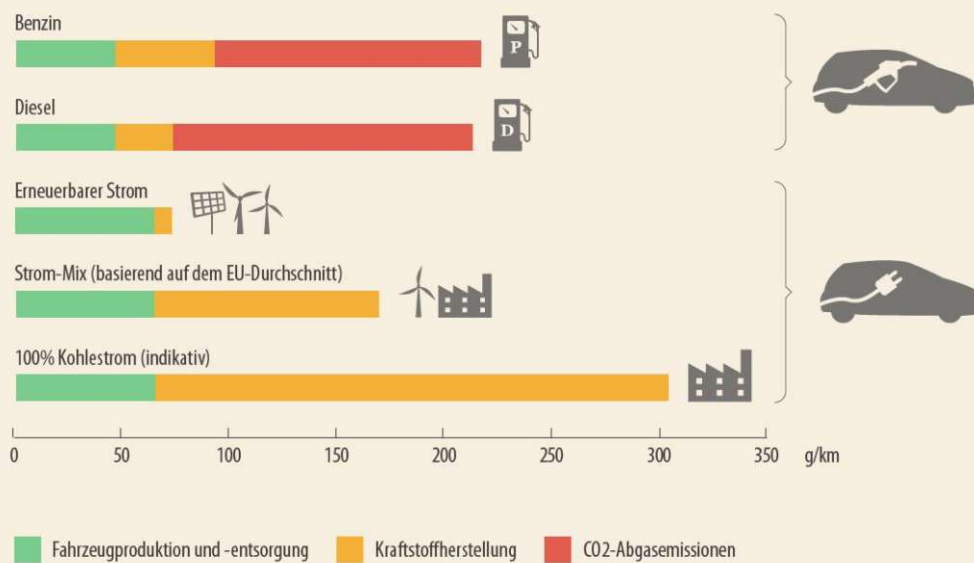
Grundsätzlich gilt, dass die bei der Nutzung eines E-Fahrzeuges keine direkten CO₂-Abgabeemissionen entstehen. Dies bezieht sich jedoch nur auf rein elektrisch betriebene Fahrzeuge und nicht auf Hybrid-Fahrzeuge. Des Weiteren gilt es zusätzlich relevante Parameter in der Kohlenstoffdioxidemissionszusammensetzung zu berücksichtigen, um eine möglichst niedrige CO₂-Bilanz zu erzielen. So können insbesondere die Nutzung und Herstellung des Kraftstoffes bzw. der Energie ausschlaggebend für eine positive oder negative CO₂ Bilanz sein. Es kann vorkommen, dass z.B. bei der Nutzung eines reinen E-Fahrzeuges (BEV) einmal ein Strom aus erneuerbaren Energieträgern herangezogen wird und einmal ein Strom aus einem Kohlekraftwerk genutzt wird. In beiden Fällen wird mittels eines rein elektrisch betriebenen PKWs fortbewegt, jedoch entstehen aufgrund der Nutzung unterschiedlicher Stromerzeugnisse (bezogen auf Herstellungsverfahren) unterschiedlich CO₂-Emissionen, welche in weiterer Folge auch eventuell eine schlechtere CO₂-Emissionsabgabe vorweisen kann, als ein herkömmliches Verbrennerfahrzeug.

Generell zeigt die Abbildung, dass Kraftfahrzeuge mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren in der Fahrzeugherstellung und -entsorgung eine niedrigeren CO₂ Ausstoß aufweisen als Elektrofahrzeuge (in Gramm/km). Hier liegen die Werte bei rund 50 g/km während es bei den E-Fahrzeugen um rund 15-

20% g/km mehr sind. Auch bei der Kraftstoffherstellung wird bei Benzin oder Diesel betriebenen Fahrzeuge weitaus weniger als CO₂ emittiert. Beim Kraftstoff Diesel sind es rund 20-25 g/km während es bei Benzin betriebenen Motoren rund doppelt so viel ist (90-100 g/km). Die CO₂-Bilanz ist bei E-Fahrzeugen maßgeblich von der Kraftstoffherstellung abhängig. Wird das E-Fahrzeug mit einem Strom-Mix basierend auf dem EU-Durchschnitt aufgeladen, so liegt der CO₂-Ausstoß bei etwa 100 g/km. Wird das Auto jedoch mit Kohlestrom aufgeladen, so verdoppelt sich schnell der CO₂-Ausstoß und weist dann einen Wert von rund 200 g/km auf. In dieser Konstellation ist das E-Fahrzeug mit Kohlestrom – ohne CO₂-Abgabeemissionen – umweltschädlicher als herkömmlich PKWs mit Verbrennungsmotoren. Wird das E-Fahrzeug jedoch mit einem Strom aus erneuerbaren Energieträger gewonnen, so liegt hier der geringste Verbrauch in der Kraftstoffherstellung vor. In Summe ist diese Variante auch die CO₂ ärmste Abgabeemissionsform. Um die CO₂-Emissionen vollständig zu ermitteln, werden bei den Fahrzeugen mit Benzin- und Dieselmotoren noch die CO₂-Ausstöße bei der Treibstoffverbrennung zugerechnet. Diese sind bei Benzinmotoren etwas niedriger als bei Dieselmotoren, machen jedoch den größten Anteil bei beiden Fahrzeugen aus. Bei E-Fahrzeugen entfällt dies zur Gänze. Zusammenfassend kann entnommen werden, dass reine Elektrofahrzeuge (BEV) bei Heranziehung von Strom gewonnen durch erneuerbare Energieträger oder eines Strom-Mix (EU-Durchschnitt) weniger CO₂ emittieren als E-Fahrzeuge mit Strom aus Kohlekraftwerken oder herkömmlich Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren. Wird ein E-Fahrzeug mit Strom aus Kohlekraftwerke genutzt, so hat dies im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren einen weitaus höheren CO₂-Ausstoß.

CO₂-EMISSIONEN DES VERKEHRS IN DER EU

CO₂-Lebenszyklusemissionen verschiedener Fahrzeug- und Kraftstoffarten (2014)



Quelle: Europäische Umweltagentur, TNO



Abbildung 74: CO₂ Emissionen des Verkehrs in der EU, Quelle: Europäische Umweltagentur

Elektromobilität als Chance für ein neues Verkehrssystem

Dank der fortschreitenden und innovativen Technologie steht mit dem Elektromotor eine Technologie zur Verfügung, die das Potenzial hat, die Erdölabhängigkeit deutlich zu reduzieren, den Antrieb auf Basis erneuerbarer Energie umzustellen und einen wichtigen Beitrag zur Treibhausgas Reduzierung des Verkehrs zu leisten. Im Gegensatz zu Verbrennungsmotoren sind zahlreiche klimarelevante Weiterentwicklungen bei der Elektromotoren- und vor allem Batterietechnologie in den kommenden Jahren zu erwarten. Um eine einwandfreie Entwicklung der umwelt- und gesellschaftsverträglichen Mobilität zu erlangen, bedarf es darüber hinaus aber auch Strukturen, die unter anderem unnötige Fahrten verringern oder vermeiden, mehr Verkehrssicherheit gewährleisten und neben der Gesundheitsbelastung durch Lärm und Schadstoffe auch den Ressourcenverbrauch reduzieren. (vgl. Klima- und Energiefonds (Österreich), 2018, S. 7)

Mit der Elektromobilität ist in dem vergangenen Jahrzehnt ein weltweiter entstanden. Beigetragen zu diesem Aufschwung sind vor allem internationale Vereinbarungen (Klima- und Energiepolitik) – aber auch die jüngeren Skandale rund um manipulierte Abgaswerte von Dieselfahrzeugen – haben bereits einige europäische Staaten eine Abkehr von konventionellen Verbrennungsmotoren angekündigt. So wollen z.B.: Großbritannien und Frankreich ab dem Jahr 2040 keine Diesel- und Benzinautos (inkl. Hybride) mehr neuzulassen. Norwegen forciert dabei eine überaus strengere Klimapolitik und hat sich zum Ziel gesetzt, dass bereits ab 2025 alle Autos emissionsfrei fahren sollen. In Österreich wird zurzeit diskutiert, dass ab dem Jahr 2030 alle neu zugelassenen Kraftfahrzeuge abgasfrei unterwegs sein sollen. Der Verkehrssektor bietet nicht nur wegen seines hohen Anteils an den Treibhausgasemissionen einen hervorragenden Ansatzpunkt, sondern umfasst zugleich auch eine große Chance für die Dekarbonisierung. Die Investitionszyklen und der durchschnittliche Behaltezeitraum eines Autos bieten die Möglichkeit, innerhalb eines Jahrzehntes den Großteil des Fahrzeugparks auszutauschen. In anderen Bereichen, wie z.B. bei Gebäuden oder Kraftwerken, ist dies in der kurzen Periode nicht möglich, da dies hier einen längeren Zeitraum in Anspruch nimmt. (Klima- und Energiefonds (Österreich), 2018)

Wie zuvor bereits ausführlich beschrieben sind Elektroautos im umfassenden Sinn emissionsfrei unterwegs. Zu beachten ist, aus welcher Quelle die genützte Energie entstammt um die C=2 Bilanz so niedrig wie möglich zu halten. Ebenso ist der Faktor der Produktion des Vehikels und deren Batterie von enormer Relevanz. Laut dem International Council on Clean Transportation (ICCT) sollen Elektroautos nach spätestens drei Jahren Autos mit Diesel und Benzinverbrennungsmotoren in der Klimabilanz vollständig überholt haben. Wird in dieser Zeit die aufwendige Batterieproduktion noch umweltfreundlicher, so wird laut Forschungsinstitut der Vorsprung in der Klimabilanz noch weiter ansteigen. (vgl. Infineon Technologies AG, 2021)

5 Szenarien

Der folgende Abschnitt beschäftigt sich mit dem Ansatz des verstärkten Aufkommens der E-Mobilität in Form des motorisierten Individualverkehrs (PKWs). Dabei geht es konkret um die Erhebung von Erkenntnissen, mit welchen die zweite Forschungsfrage beantwortet wird. Dazu werden folglich zwei Szenarien generiert, welche sich in den Grundzügen ähneln, aber unterschiedliche Ausprägungsarten vorweisen. Dies dient dazu einen direkten Vergleich zu gewährleisten und Differenzen klar ersichtlich darstellen zu können. Am Ende werden die Erkenntnisse der beiden Szenarien „Business As Usual“ und „Ambition“ zusammengetragen und die Auswirkungen auf das österreichische Energienetz erhoben.

5.1 Szenario 1 – Business As Usual

Im ersten Szenario der „Business as usual“ werden Annahmen und Zielsetzungen getroffen, welche sich an die bestehende Entwicklung als auch den österreichischen Klima- und Energiezielen orientieren. Da die bestehenden Ziele überaus ambitioniert sind, werden die Annahmen und Zielsetzungen in diesem Szenario etwas milder angesetzt. Im zweiten Szenario werden dann die Rahmenbedingungen und Zielsetzungen intensiviert und in Kontext mit den österreichischen und europäischen Klima- und Energieziele gesetzt.

Für den zeitlichen Horizont sind zwei Betrachtungszeitpunkte festgelegt – 2030 und 2050.

Die Darstellung der beiden differierenden Szenarien mit gleicher Ausgangslage sollen unterschiedliche Ergebnisse liefern, die im Anschluss miteinander verglichen werden und Bezug auf die Forschungsfragen nehmen. Die beiden diversen Ausprägungsformen unterstützen zum einen klare und unterschiedliche Ergebnisse zum anderen sollen die beiden Szenarien auch den Unterschied einer fortlaufenden, politisch un gelenkten Entwicklung sowie einer politisch motivierten Entwicklungstendenz aufzeigen.

Daher wird dem Szenario „Business As Usual“ ein milderer Beispiel geschaffen, welches eine nahezu unveränderte simulierte Version der aktuellen Entwicklungstendenz ohne weitere Eingriffe bzw. Beschränkungen widerspiegelt.

Kennzeichnend für das Beispiel ist der kontinuierliche Verlauf (ohne politischer Ambitionen) und leicht verstärktem E-Mobilitätsaufkommen mit einer leicht positiven Entwicklungstendenz.

Die bestehende Fahrzeugflotte (PKWs) wird dabei aufrechterhalten und die bestehende durchschnittliche Wachstumsrate an Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen beibehalten.

Die Ziele des Szenarios „Business As Usual“ lauten:

- Senkung der CO₂-Emissionen um mindestens 10 % bis 2030 (gegenüber dem Wert von 1990)
- Senkung der CO₂-Emissionen um mindestens 30 % bis 2050 (gegenüber dem Wert von 1990)
- Keine Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren ab 2030
- Zunahme der E-Autos um 5% bis 2030 aus dem Bestand des E-Fuhrparks
- Anstieg des E-Auto-Anteils um mindestens 20% ab 2030

Für die nachstehenden Berechnungen wird zuerst die Berechnungsgrundlage erläutert und schließlich die Annahmen des Szenarios aufgezeigt.

Ausgangslage für die Messung der Zielerreichung bildet der Treibhausgas-Emissionswert (Äquivalent) aus dem Jahr 1990, dieser liegt bei 78,4 Millionen Tonnen.

Da der Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit nicht auf die Treibhausgas-Emissionen ausgerichtet ist, sondern sich auf die CO₂-Emissionen bezieht, wird der Anteil an Kohlendioxid-Emissionen aus dem Basisjahr von 1990 ermittelt. Wie anhand der angeführten Abbildung 76 des Umweltbundesamt aus dem Emissionstrendbericht von 2007 ersichtlich wird, befand sich der CO₂-Emissionswert 1990 bei 61,93 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent. Somit bildet dieser Wert die Ausgangsbasis für die Erhebung der Zielerreichung der österreichischen und europäischen Klima- und Energieziele sowie der Szenarien. Da es sich bei dem CO₂-Emissionswert von 1990 um die Gesamtbilanz aller im Jahr emittierten Kohlendioxidstoffe handelt, muss dieser Wert nochmals in zwei Teile heruntergerechnet werden, um den tatsächlichen Ausgangswert für die nachfolgenden Berechnungen zu erhalten. Der Bereich Verkehr nimmt wie in der Abbildung 3 ersichtlich 30% im Jahr 2019 an. Dieser Anteil wird ebenso für die Aufteilung des Wertes von 1990 genutzt. Bei der Berechnung ergibt sich der CO₂-Emissionsanteil von 18,58 Millionen CO₂-Äquivalent. Von diesem Wert wird nun der CO₂-Emissionsanteil berechnet, welcher durch PKWs verursacht wird. Wie aus dem Diagramm 75 ersichtlich, stammen rund 60% aller freigesetzten CO₂-Emissionen alleine durch PKWs. Nach der Berechnung belaufen sich somit 11,15 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent, welche allein von allen PKWs im Jahr 1990 emittiert wurden. Dieser Wert ist nun der Ausgangspunkt, mit dem die Ziele der österreichischen und europäischen Klima- und Energieziele und der gebildeten Szenarien verglichen werden.

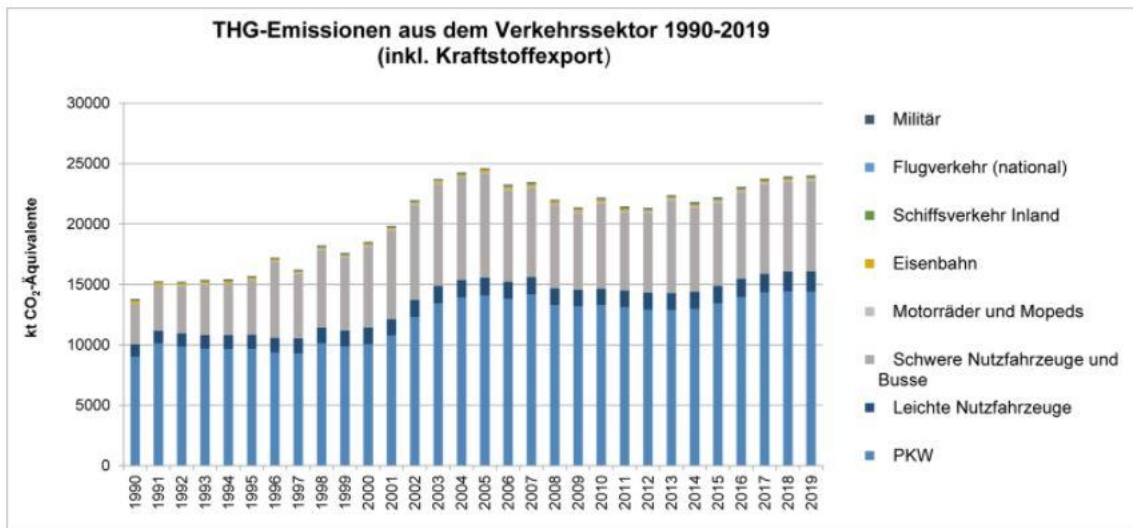


Abbildung 75: THG - Emissionen aus dem Verkehrssektor 1990-2019, Quelle: Umweltbundesamt GmbH (3), 2021

Tabelle 4:
Treibhausgasemissionen
in Österreich (Millionen
Tonnen CO₂-
Äquivalente).

Luftemissionen	CO ₂
Treibhausgas- potenzial (GWP)	1
Basisjahr (1990)	61,93
1991	65,48
1992	60,04
1993	60,41
1994	60,76
1995	63,66
1996	67,33
1997	67,15
1998	66,81
1999	65,34
2000	65,96
2001	70,04
2002	71,71
2003	77,97
2004	77,14
2005	79,65
Basisjahr bis 2005	+28,6 %
Anteile 2005	85,4 %

Abbildung 76: CO₂-Emissionen in Österreich Stand 1990, Quelle: Umweltbundesamt, 2007, S. 20

Als Berechnungsgrundlage gilt der Fahrzeugbestand der Personenkraftwagen der Klasse M1 mit dem Stand von 2021 und beträgt:

Fahrzeugkategorie	Anzahl an Fahrzeugen
Benzin	2.207.183
Diesel	2.746.437
Elektro (BEV)	59.289
Erdgas	5585
Plug-In Hybrid (PHEV)	23.177
Wasserstoff (FCEV)	48
Gesamt PKWs	5.041.719

Tabelle 1: Fahrzeuganzahl nach Motorisierungstyp 2021, Quelle: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2021, S. 5, eigene Darstellung

Neben der Anzahl der Kraftfahrzeuge ist die Jahresfahrleistung pro PKW in Österreich mit 13.000 Kilometer pro Jahr (Stand 2018) festgesetzt. (VCÖ - Mobilität mit Zukunft, 2019)

Herangezogene CO₂-Emissionswerte (Äquivalente):

- Durchschnittswert für Benzin und Dieselfahrzeuge: 216,6 g/Pkm oder Tkm
- Autos mit Erdgas-Antrieb; 216,6 g/Pkm oder Tkm. Hier wurde der gleiche Wert wie bei den Benzin- und Dieselfahrzeugen herangezogen, da für Erdgas betriebene Fahrzeuge keine spezifischen Emissionswerte der Emissionskennzahlen Datenbasis 2019 vorhanden sind.
- Elektrofahrzeuge (BEV/PHEV/FCEV): 87,6 g/Pkm oder Tkm

(Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2019)

Um den Verbrauch an Energie zu messen, wird die Leistung von 15 kWh je 100 km gerechnet. Damit befindet sich der Wert im Durchschnittsbereich der aktuellen Verbrauchszahlen von E-Fahrzeugen.

Wie anhand der Abbildung 77 ersichtlich, bleibt der Gesamtfahrzeugbestand über den Betrachtungszeitraum unverändert. Dabei wird angenommen, dass der Zuwachs der E-Fahrzeuge um fünf Prozent bis 2030 zunimmt. Von 2031 bis 2050 beträgt die Zunahme zwanzig Prozent. Wichtig zu erwähnen ist, dass die Anzahl der zugelegten E-Autos mit einer zeitgleichen Reduzierung der Autos mit Verbrennungsmotoren ersetzt wird, dadurch bleibt die Fahrzeugsumme über die Betrachtungsperiode konstant.

Szenario 1 - Fahrzeugberechnung	Stand 2021	Zuwachs 5%	Stand 2030	Zuwachs 20%	Stand 2050
Elektrofahrzeuge	82514		86639,7		103967,64
Benzin	2 207 183		4 949 215		4 930 714
Diesel	2 746 437				
Erdgas	5585		5864,25		7037,1
Summe	5 041 719		5 041 719		5 041 719

Tabelle 2: Fahrzeugberechnung Szenario 1, Quelle: eigene Darstellung

Berechnung CO₂-Emissionen:

Um die zweite Forschungsfrage zu beantworten, werden in den nachfolgenden Kapiteln Berechnungen zum Stromverbrauch sowie des CO₂-Emissionsaustoß getätigt.

Um den CO₂ Gehalt zu ermitteln, werden die Bestandszahlen der unterschiedlichen Fahrzeugkategorien und Jahre (Tabelle 2 - Verbrennungsmotoren, E-Fahrzeugen etc.) herangezogen. Im nächsten Schritt wird die Anzahl der Fahrzeuge mit der durchschnittlichen Fahrleistung eines PKWs pro Jahr (13.000 km) multipliziert. Somit ergibt sich die Jahresfahrleistung der PKWs, dieser Wert wird anschließend mit dem jeweiligen CO₂-Äquivalentwert multipliziert. Das Ergebnis ist der Wert der CO₂-Äquivalente in Gramm/Tkm. Um die gewünschte Maßeinheit in Tonnen zu erreichen wird der ermittelte Wert durch eine Million dividiert. Das Endresultat ist der Wert der CO₂-Äquivalente in Tonnen.

Unten in der Tabelle sind die einzelnen Endwerte an CO₂-Äquivalente in Tonnen zu entnehmen.

Szenario 1 - CO₂ Ausstoß in Tonnen Äquivalent	2021	2030	2050
Benzin, Diesel & Erdgas	13 964 129	13 952 512	13 903 720
Elektrofahrzeuge	93 967	98 665	118 398
Summe CO₂ Ausstoß 2021 in Tonnen Äquivalent	14 058 096	14 051 178	14 022 119
Summe CO₂ Ausstoß 2021 in Mio. Tonnen Äquivalent	14,06	14,05	14,02

Tabelle 3: Szenario 1 CO₂ Ausstoß in Tonnen Äquivalent, Quelle: Eigene Darstellung

Stromverbrauch E-Fahrzeuge:

Nach der Erhebung der CO₂-Emissionswerte wird nun der Stromverbrauch von Elektrofahrzeugen ermittelt. Dieser Wert liefert die Aussagen darüber, wie intensiv der Stromverbrauch aller E-Autos im Jahresdurchschnitt ist und welchen Einfluss Elektroautos auf das Energienetz in Österreich haben. Das Berechnungsmodell gleicht dem des CO₂ Ausstoßes. Hier werden jedoch lediglich die Elektrofahrzeuge (nach Jahren) für die Berechnung herangezogen und mit der Fahrleistung und dem Verbrauch multipliziert. Das Ergebnis ist in kWh/a angeführt, um auf die TWh umzurechnen wird der Wert durch eine Milliarde dividiert. Die Ergebnisse der jeweiligen Verbrauchszahlen sind in der Tabelle 4 ausgewiesen.

Wie in der Tabelle 4 dargestellt wird, befindet sich der Verbrauch aller E-Fahrzeuge in dem jeweiligen zeitlichen Abschnitt unter 0,2 TWh/a. Diese Summen sind aufgrund der verhältnismäßigen geringen KFZ-Stückzahlen so niedrig.

Stromverbrauch der Elektrofahrzeuge – Szenario 1

Szenario 1	2021	2030	2050
Summe TWh/a	0,1609	0,1689	0,203

Tabelle 4: Stromverbrauch der Elektrofahrzeuge - Szenario 1, Quelle: eigene Darstellung

5.2 Szenario 2 – Ambition

Das zweite Szenario „Ambition“ ist in der Grundstruktur ähnlich dem ersten Szenario. Der erhebliche Unterschied bei diesem Szenario ist die Intensivität der Maßnahmen und Ziele. Die definierten Ziele werden im Vergleich zum Szenario „Business As Usual“ deutlich „motivierter“ angesetzt und sind in einer zeitlich schnelleren Umsetzungsperiode geplant. Die Maßnahmen lauten:

- Senkung der CO₂-Emissionen um mindestens 30 % bis 2030 (gegenüber dem Wert von 1990)
- Senkung der CO₂-Emissionen um mindestens 50 % bis 2050 (gegenüber dem Wert von 1990)
- Keine Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren ab 2030
- Ab 2040 nur noch Elektrofahrzeuge
- Zunahme der E-Autos um 50% aus dem E-Fuhrparkbestand

Für die nachstehenden Berechnungen wurden dieselben Annahmen herangezogen, sollten andere Annahmen eintreten, so werden diese nachfolgenden angeführt.

Herangezogene CO₂-Emissionswerte (Äquivalente):

- Elektrofahrzeuge (BEV/PHEV/FCEV): 49,3 g/Pkm oder Tkm
(Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2019)

Änderung von 87,6 auf 49,3 g/Pkm oder Tkm erfolgt aufgrund des ambitionierten Ansatzes und der Zielsetzung. Politische Rahmenbedingungen zwingen in diesem Szenario nur noch Ökostrom für alle E-Fahrzeuge zu nutzen, dadurch sinkt der CO₂-Äquivalentwert auf 49,3 g/Pkm oder Tkm

Ident wie im Szenario „BAU“ bleibt die Anzahl der Personenkraftwagen über den Betrachtungszeitraum unverändert. Dabei wird diesmal aufgrund der intensiveren Zielvorgaben angenommen, dass der Zuwachs der Elektroautos bis 2030 um 50% Prozent zunimmt. Da im zweiten Szenario gemäß der Zielvorgabe ab 2040 keine Autos mit Verbrennungsmotoren rechtlich erlaubt sind, werden diese mit der gleichen Anzahl an E-Fahrzeugen ausgeglichen. Dies lässt sich auf den anhaltenden Mobilitätsdrang zurückführen und zeigt gleichzeitig, wie gravierend die Auswirkungen einer vollständigen Elektromobilität mit den Zahlen der aktuell vorhandenen Kraftfahrzeuge auf das österreichische Energiesystem wären.

Szenario 2 – Fahrzeugberechnung	Stand 2021	Zuwachs 50%	Stand 2030	Stand 2050
Elektrofahrzeuge	82514		123771	5 041 719
Benzin	2 207 183		4 909 571	0
Diesel	2 746 437			
Erdgas	5585		8 378	0
Summe	5041719		5041719	5041719

Tabelle 5: Fahrzeugberechnung Szenario 2, Quelle: eigene Darstellung

CO₂-Emissionen:

Das Berechnungsmodell ist hier ident wie das Modell aus dem ersten Szenario „Business As Usual“. Die errechneten Werte sind in der Tabelle abgebildet.

Während die CO₂-Emissionen im ersten Szenario eine geringe Reduktion aufwiesen, ist im Vergleich mit der ambitionierten Variante eine erhebliche Senkung der CO₂-Emissionen ersichtlich. Am Anfang der Betrachtungsperiode liegt der errechnete Wert bei 14,11 Millionen Tonnen und senkt sich bis 2050 auf 3,23 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent. Zurückführen ist dies auf den Umstand, dass ab dem Jahr 2040 keine Autos mit Verbrennungsmotoren mehr zugelassen sind. Diese machen einen massiven Anteil des CO₂-Ausstoßes aus. Da diese nicht mehr vorhanden sind, reduziert sich der Betrag demnach auf 3,23 Millionen Tonnen.

Szenario 2 CO ₂ Ausstoß in Tonnen Äquivalent	2021	2030	2050
Benzin, Diesel & Erdgas	13 964 129	13 847 958	0
Elektrofahrzeuge	140 950	79 325	3 231 238
Summe CO ₂ Ausstoß 2021 in Tonnen Äquivalent	14 105 080	13 927 283	3 231 238
Summe CO ₂ Ausstoß 2021 in Mio. Tonnen Äquivalent	14,11	13,93	3,23

Tabelle 6: Szenario 2 CO₂ Ausstoß in Tonnen Äquivalent, Quelle: Eigene Darstellung

Verbrauch E-Fahrzeuge:

Auch bei diesem Berechnungsmodell hat sich im Vergleich zum ersten Szenario die Vorgehensweise nicht geändert.

Entgegen den geringen Energieverbrauchszahlen des Szenarios „Business As Usual“ weisen die Kennzahlen des Szenarios „Ambition“ weitaus höhere Strombedarfswerte auf. Wie aus der zweiten

Tabelle 7 zu entnehmen, beläuft sich der Jahresverbrauch an Strom für die E-PKWs im Jahr 2021 auf 0,16 TWh/a. Der Wert ist aufgrund des gleichen Fahrzeugbestands ident. Ab dem Jahr 2030 verändert sich die Anzahl der E-Fahrzeugflotte und dementsprechend auch die Verbrauchszahl auf 0,24 TWh/a. Damit hat sich die Menge bereits merklich angehoben. Durch die verhängte Nutzungssperre von Personenkraftwagen mit Verbrennungsmotoren im Jahr 2040 und der einhergehenden Ersetzung der Anzahl an Fahrzeugen mit dem E-Fahrzeugen bis zum Jahr 2050 steigen die Verbrauchszahlen. Ein eklatanter Zuwachs auf 9,83 TWh/a wird bei der Umstellung des gesamten Fuhrparks auf Elektrofahrzeuge erzeugt. Dies ist ein enormer Verbrauchswert, welcher aber dennoch vom österreichischen Energiesystem getragen werden kann.

Stromverbrauch der Elektrofahrzeuge – Szenario 2

Szenario 2	2021	2030	2050
Summe TWh/a	0,1609	0,2414	9,831

Tabelle 7: Stromverbrauch der Elektrofahrzeuge - Szenario 2, Quelle: eigene Darstellung

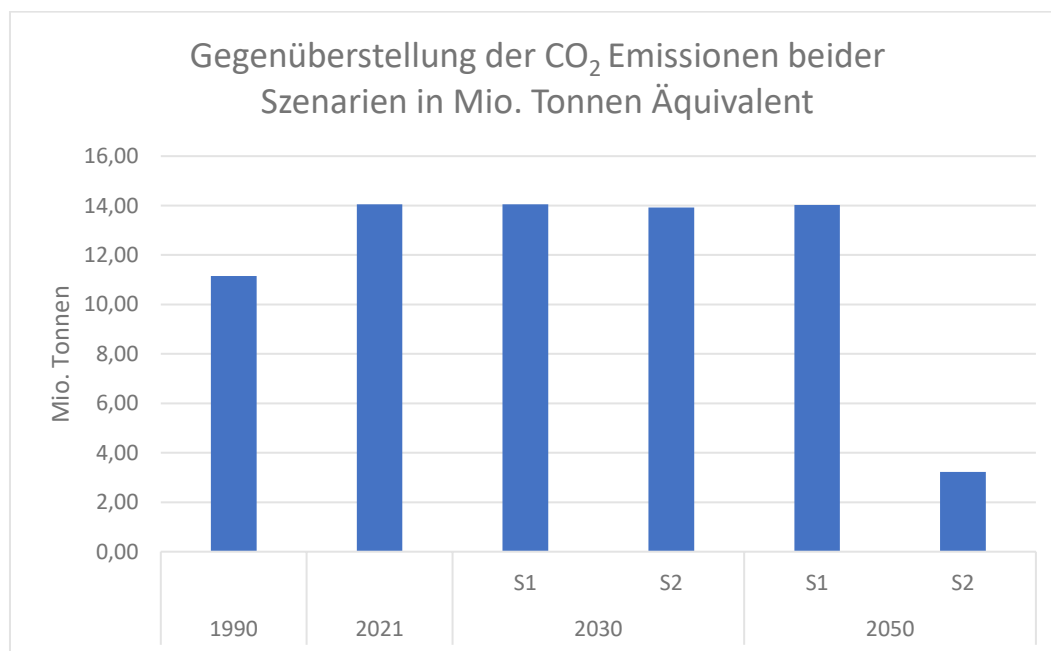


Abbildung 77: Gegenüberstellung der CO₂ Emissionen beider Szenarien in Mio. Tonnen Äquivalent, Quelle: eigene Darstellung,

Die Tabelle fasst die erhobenen Werte zu den durchgeführten Berechnungen der CO₂-Emissionen in Äquivalente zusammen. Sie stellt die Zahlen der CO₂- Äquivalente, welche rein von den Personenkraftwagen emittiert werden, dar. Es zeigt sich, dass seit dem Ausgangsjahr 1990 die Kohlendioxidschadstoffe bis zum Jahr 2021 einen Zuwachs von knapp 3 Millionen Tonnen CO₂- Äquivalente erzielt haben. Anhand der festgelegten Szenarien und Berechnungen zeigt sich, dass die Anzahl der CO₂-Äquivalente bis 2030 nahezu unverändert sein werden. Der leichte Anstieg der E-Mobilität und der marginale Rückgang der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren machen hier kaum einen Unterschied aus. Erst bei einem massiven Rückgang der Bestandsflotte mit

Verbrennungsmotoren – wie im Szenario 2 im Jahr 2050, in dem keine PKWs mit Verbrennungsmotoren mehr vorhanden sind – wird die Diskrepanz ersichtlich. Das bedeutet, dass erst bei einer massiven Flottenreduzierung ein Einsparungspotenzial an CO₂-Emissionen gegeben ist. Bezogen auf die in den Szenarien festgelegten Ziele kann festgehalten werden, dass die beiden Zielvorgaben im Szenario „Business As Usual“, als auch das erste Ziel des Szenarios „Ambition“ nicht erfüllt wurden. Denn bei allen drei Zielen ist der gewünschte Reduzierungsanteil gemessen am Ausgangswert von 1990 nicht erreicht worden. Lediglich das letzte Reduktionsziel des zweiten Szenarios „Ambition“ konnte erzielt werden. Mit rund 3,23 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente befindet sich der Wert unterhalb der gesetzten Obergrenze von 5,57 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten.

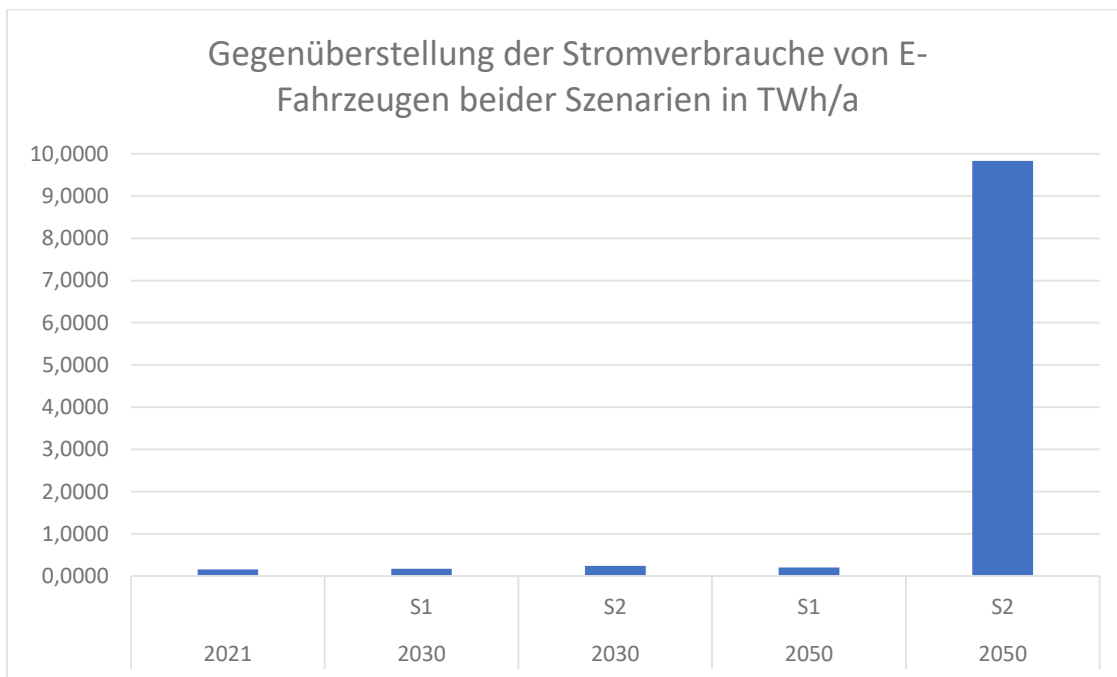


Abbildung 78: Gegenüberstellung der Stromverbrauche von E-Fahrzeugen beider Szenarien in TWh/a, Quelle: eigene Darstellung

Ähnlich wie zuvor, zeigt das Diagramm 78, dass sich die Summen in den Jahren von 2021 bis 2030 nicht wirklich signifikant voneinander unterscheiden. Das liegt an dem verhältnismäßig niedrigen Elektrofahrzeugbestand. Erst bei einer Umstellung des Flottenbestands auf über 50%, zeigen sich erhebliche Verbrauchsunterschiede. Wie im Szenario 2 ersichtlich, beläuft sich der Gesamtstrombedarf aller Fahrzeuge in Österreich im Jahr 2050 bei 9,83 TWh. Dies ist ein überaus hoher Bedarf, welcher mit Hilfe von Importen zu bewerkstelligen ist. Bei zusätzlichen Importen von Strom aus dem Ausland würde sich das jedoch klar in der Handelsbilanz sowie der generellen österreichische Energiewirtschaftsbilanz ersichtlich machen. Bei einem erhöhten Strombedarf im Ausmaß des zweiten Szenarios, müsste sich auch zudem die bestehenden Netzkapazitäten und Bereitstellungszeiten des Stroms ändern. Denn die tages- und jahreszeitlichen Schwankungen erleben aufgrund des massiven Strombedarfs zum einen erhöhte Verbrauchszahlen und vor allem andere Auslastungszeiten (da z.B. viele Menschen nachts ihr Auto laden würden).

5.3 Fazit Szenarien

Wie anhand der abgebildeten Szenarien und der Darlegung der österreichischen Energiewirtschaft aufgezeigt wird, stellt das erhöhte Verkehrsaufkommen der E-Mobilität eine zu bewerkstelligende Herausforderung auf das untersuchte Energienetz dar.

Die errechneten Verbrauchszahlen zeigen, dass erst bei einer vollständigen Umstellung der landesweiten Fahrzeugflotte ein zusätzlicher erhöhter Strombedarf besteht. Dieser könne jedoch durch Großteil durch die eigenen innerstaatlichen Ressourcen abgedeckt werden, der Restbedarf muss demnach importiert werden. Die Abdeckung des Bedarfs rein durch erneuerbaren Energieträger kann zum Zeitpunkt der Verfassung dieser Diplomarbeit nicht vollzogen werden.

Die in den Szenarien festgelegten Zielsetzungen können überwiegend nicht erreicht werden. Erst bei einer massiven Umstellung der Fahrzeugflotte auf Elektrofahrzeuge gelingt die Reduzierung der CO₂-Emissionen.

Bezogen auf die österreichischen und europäischen Klima- und Energieziele, kann festgehalten werden, dass diese, in der jetzigen Form nicht umsetzungsfähig sind. Die technologischen Fortschritte sind noch nicht so weit, dass eine so große Menge an CO₂-Emissionen eingespart werden kann. Wie die Berechnungen gezeigt haben, können im Verkehrsbereich bei PKWs nur größere Einsparungen erzielt werden, wenn ein massiver Bestandteil von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren nicht mehr genützt werden würde.

Daher ist der politische Wunsch nach einer größeren Einsparung von Treibhausgasemissionen (insbesondere der CO₂-Emissionen) alleine mit dem verstärkten Einsatz einer E-Mobilität aktuell nicht realisierbar. Um die gewünschten politischen Vorgaben zu erreichen, müssen in allen Bereichen massive Einsparungen vollzogen werden. Vor allem in den Bereichen, die den größten CO₂ Ausstoß generieren, wie beispielsweise der Energie und Industrie oder im Gebäude/Wohnbereich/Bauwesen.

6 Ausblick und Zusammenfassung

Stand 2017 werden 183 PJ (etwa 51 TWh) - von 243 PJ - der Bruttostromerzeugung in Österreich durch erneuerbare Energieträger erzeugt. Der Großteil entsteht dabei aus der Stromerzeugung mithilfe von Wasserkraft. Sie bildet mit der Windenergie die stärksten erneuerbaren Energieträger zur Stromproduktion. Da der Ausbau- und Auslastungsgrad der Wasserkraft bereits ausgeschöpft ist, besteht hier kaum noch weiteres Potenzial. Somit müssen weitere regenerativer Quellen verstärkt genutzt und gefördert werden. Gelingt es die erneuerbaren Energieträger verstärkter zur Stromproduktion heranzuziehen, dann könnte der errechnete Bedarf der Elektrofahrzeuge hiermit teilweise abgedeckt werden. Bis dieser erhöhte Strombedarf und Umstand eines verstärkten E-Mobilitätsaufkommen eintritt, werden noch einige Jahre, wenn nicht auch Jahrzehnte vergehen. In dieser Periode können weitere technologische Fortschritte dazu führen, die vorherrschenden Ressourcen effizienter zu nutzen. Wenn das vorhandene Potenzial der Nutzung und des Ausbaus regenerativen Energieträgern forciert und gefördert wird, könnte die österreichische Energiewirtschaft in mehreren Jahren massiv davon profitieren.

Neben den Vorteilen der Energiegewinnung mittels erneuerbarer Energien, welche einen erhöhten E-Mobilitätsbedarf (teilweise) abdecken könnten, ist die Erhebung der Treibhausgas-Emissionen bei unterschiedlichen Szenarienverläufen von Relevanz. Hier wurde aufgezeigt, was eine Abnahme von PKWs mit einem Brennstoffantrieb erzielen kann. Korrekterweise muss festgehalten werden, dass gemäß den Berechnungen in den Szenarien, ein gewünschter Effekt erst Eintritt, wenn etwa 75% der bestehenden Autos mit Verbrennungsmotoren nicht mehr eingesetzt werden. Auch wenn die Zahlen in dem Szenario „Ambition“ etwas zu hoch wirken, so verbildlichen diese, dass eine Reduktion der Treibhausgas-Emissionen

grundsätzlich	möglich	ist.
---------------	---------	------

Auf die Fragestellung, ob die einzelnen Ziele wie z.B. die Einhaltung der Reduzierung von CO₂-Emissionen in Höhe von 20% zum Ausgangsjahr 1990 erreicht werden können, gibt es eine klare Antwort. Gemessen rein an den CO₂-Emissionen der PKWs ist die Zieleerreichung definitiv nicht möglich. Hierzu sind die politischen Rahmenbedingungen sowie Klima- und Energieziele schlicht und ergreifend zu ambitioniert. Denn hier müssten weiterführende Annahmen und Maßnahmen in allen Treibhausektoren gesetzt werden und würden daher den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Die beiden Forschungsfragen konnten mit den ausgewählten und dargestellten Inhalten abgehandelt werden und zeigen, dass eine Einhaltung der CO₂-Emissionsziele nicht umsetzbar ist und das Potenzial der österreichischen Energiewirtschaft für ein erhöhtes E-Mobilitätsaufkommen grundsätzlich vorhanden ist, jedoch noch nicht bereit hierfür ist – wenn es um die Deckung des Strombedarf aus eigenen Ressourcen geht.

7 Literaturverzeichnis

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) - Deutschland. (25. 02 2020). *Primärenergiegewinnung und -importe*. Von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/primaerenergiegewinnung-importe> abgerufen zuletzt am: 10.02.2021
- APA – Austria Presse Agentur. (3. 12 2020). *Energieeffizienzgesetz neu – dringend benötigt!* Von https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20201203_OTS0205/energieeffizienzgesetz-neu-dringend-benoetigt abgerufen zuletzt am: 13.04.2021
- Austrian Power Grid AG. (2021). *Primärenergie*. Von <https://www.apg.at/de/Energiezukunft/Glossar/Primaerenergie> abgerufen zuletzt am: 28.01.2021
- Biologie-Schule. (17. 01. 2021). *Wasserkraft*. Von <http://www.biologie-schule.de/wasserkraft.php> abgerufen zuletzt am: 13.04.2021
- biz Verlag GmbH. (21. 10. 2020). *Wärmepumpe – die Heizung der Zukunft*. Von <https://www.zuhause3.de/finanzen-und-energie/waermepumpe-definition-erklaerung> abgerufen zuletzt am: 19.07.2021
- Bundesministerium für Klimaschutz, U. E. (2021). *Energieeffizienzgesetz (EEfG) und Energieeffizienzrichtlinie*. Von <https://www.bmk.gv.at/themen/energie/effizienz/recht/eefg.html> abgerufen zuletzt am: 13.04.2021
- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). (13. 04 2021). *Das Übereinkommen von Paris*. Von https://www.oesterreich.gv.at/themen/bauen_wohnen_und_umwelt/klimaschutz/1/Seite.1000325.html abgerufen zuletzt am: 08.05.2021
- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). (13. 04 2021). *Das Übereinkommen von Paris*. Von https://www.oesterreich.gv.at/themen/bauen_wohnen_und_umwelt/klimaschutz/1/Seite.1000325.html abgerufen zuletzt am: 08.05.2021
- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). (2021). *Erneuerbare Energien*. Von <https://www.bmk.gv.at/themen/energie/energieversorgung/erneuerbare.html> abgerufen zuletzt am: 11.10.2021
- Bundesministerium für Landwirtschaft, R. u. (08. 02 2019). *Biomasse*. Von <https://www.bmlrt.gv.at/energie-bergbau/energie/Biomasse.html> abgerufen zuletzt am: 03.10.2021
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus . (2019). *Langfriststrategie 2050 - Österreich*. Wien. zuletzt am: 08.05.2021
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2). (2019). *Biokraftstoffe im Verkehrssektor 2019*. Wien.
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2). (2019). *Biokraftstoffe im Verkehrssektor 2019*. Wien.

- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. (2019). *Energie in Österreich - Zahlen, Daten, Fakten 2019*. Wien.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2). (05. 09 2017). *Die Klimakonferenz in Paris*. Von <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/internationale-klimapolitik/pariser-abkommen> abgerufen zuletzt am: 08.05.2021
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) Deutschland. (26. 05 2017). *Verpflichtungsperioden*. Von <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/internationale-klimapolitik/kyoto-protokoll/verpflichtungsperioden> abgerufen zuletzt am: 08.05.2021
- Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie. (2019). *Innovative Energietechnologien in Österreich Marktentwicklung 2018*. Wien.
- Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V. (29. 01 2021). *Wie funktioniert die Wärmepumpe?* Von <https://www.waermepumpe.de/waermepumpe/funktion-waermequellen/> abgerufen zuletzt am: 19.07.2021
- Bundeszentrale für politische Bildung. (11. 12 2020). *Fünf Jahre Pariser Klimaabkommen*. Von <https://www.bpb.de/politik/hintergrund-aktuell/322749/fuenf-jahre-pariser-klimaabkommen> abgerufen zuletzt am: 08.05.2021
- CIS - Gemeinschaft Unabhängiger Staaten. (28. 04 2021). *Historischer Bezug - Gemeinschaft unabhängiger Staaten*. Von <https://e-cis.info/page/3509/80648/> abgerufen zuletzt am: 13.10.2020
- Dr. Paschotta, R. (. (14. 03 2020). *British Thermal Unit*. Von RP-Energie-Lexikon: https://www.energie-lexikon.info/british_thermal_unit.html abgerufen zuletzt am: 19.07.2021
- Dr. Paschotta, R. (. (21. 04 2020). *Ökostrom*. Von RP-Energie-Lexikon: <https://www.energie-lexikon.info/oekostrom.html> abgerufen zuletzt am: 19.07.2021
- Dr. Paschotta, R. (28. 01 2020). *Biogas*. Von RP-Energie-Lexikon: <https://www.energie-lexikon.info/biogas.html> abgerufen zuletzt am: 19.07.2021
- Energate messenger. (30. 06 2020). *Neuer Rekord beim Stromexport*. Von <https://www.energatemessenger.de/news/203611/neuer-rekord-beim-stromexport> abgerufen
- Energie-Control Austria. (29. 12 2020). *Was ist Ökostrom?* Von <https://www.e-control.at/konsumenten/was-ist-oekostrom> abgerufen zuletzt am: 19.07.2021
- Energiehoch3 GmbH. (14. 11 2020). *Windenergie kurz erklärt*. Von <https://www.energiehoch3.de/lexikon/w/windenergie/> abgerufen zuletzt am: 16.03.2021
- Erdwerk GmbH. (2021). *Was ist Geothermie?* Von <https://www.erdwerk.com/de/hintergrund/was-ist-geothermie> abgerufen zuletzt am: 10.09.2021
- Erneuerbare Energie Österreich . (13. 06 2021). *Erneuerbare Energien in Österreich - Definition und Technik*. Von <https://www.erneuerbare-energie.at/energie-uebersicht> abgerufen zuletzt am: 10.09.2021

- Europäische Kommission (2). (2021). *Klima- und Energiepaket 2020*. Von https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_de abgerufen zuletzt am: 11.10.2021
- Europäische Kommission (3). (2021). *Klima- und energiepolitischer Rahmen bis 2030*. Von https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_de#tab-0-0 abgerufen zuletzt am: 11.10.2021
- Europäische Kommission. (2021). *Übereinkommen von Paris*. Von https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_de abgerufen zuletzt am: 11.10.2021
- Europäische Union - Eurostat (2). (03. 09 2018). *Glossar: Energetischer Endverbrauch*. Von https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Final_energy_consumption/de abgerufen zuletzt am: 13.04.2021
- Europäische Union - Eurostat (3). (27. 01 2021). *Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch*. Von https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/products-datasets/-/T2020_31 abgerufen zuletzt am: 11.10.2021
- Europäische Union - Eurostat (4). (04. 01 2021). *Glossar: Erneuerbare Energiequelle*. Von https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Renewable_energy_sources/de abgerufen zuletzt am: 13.04.2021
- Europäische Union - Eurostat (5). (26. 01 2021). *Glossar: Biomasse*. Von <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Biomass?action=statexp-autotranslate&lang=de> abgerufen zuletzt am: 13.04.2021
- Europäische Union - Eurostat (6). (02. 04 2021). *Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch*. Von https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/products-datasets/-/T2020_31 abgerufen zuletzt am: 19.07.2021
- Europäische Union - Eurostat. (11. 02 2020). *Glossar: Bruttoinlandsverbrauch an Energie*. Von https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Gross_inland_energy_consumption/de abgerufen zuletzt am: 19.09.2021
- Europäisches Parlament. (07. 10 2019). *Was versteht man unter Klimaneutralität und wie kann diese bis 2050 erreicht werden?* Von <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20190926STO62270/was-versteht-man-unter-klimaneutralitaet> abgerufen zuletzt am: 08.05.2021
- Gas Connect Austria GmbH. (28. 04 2021). *Verwendung (Erdgas)*. Von <https://www.gasconnect.at/ueber-erdgas/rohstoff-erdgas/verwendung> abgerufen zuletzt am: 10.09.2021
- GreenFacts. (04. 01 2020). *Biokraftstoffe*. Von <https://www.greenfacts.org/de/glossar/abc/biokraftstoffe.htm> abgerufen zuletzt am: 10.09.2021

- Infineon Technologies AG. (07 2021). *Was Sie über Elektromobilität wissen sollten*. Von <https://www.infineon.com/cms/de/discoveries/elektromobilitaet/> abgerufen zuletzt am: 11.10.2021
- Interessengemeinschaft Windkraft Österreich. (18. 10 2020). *Windenergie in Österreich*. Von [https://windfakten.at/?xmlval_ID_KEY\[0\]=1234](https://windfakten.at/?xmlval_ID_KEY[0]=1234) abgerufen zuletzt am: 11.10.2021
- Klima- und Energiefonds (Österreich). (01 2020). *Zero Emission Mobility*. Wien.
- Landeszentrale für politische Bildung Baden-Württemberg. (April 2021). *Kyoto-Protokoll*. Von <https://www.lpb-bw.de/kyoto-protokoll> abgerufen zuletzt am: 03.10.2021
- Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH. (30. 05 2021). *Energieintensität*. Von <https://www.lmbv.de/index.php/Glossar/energieintensitaet.html> abgerufen zuletzt am: 03.10.2021
- LUMITOS AG. (28. 04 2021). *British thermal unit*. Von https://www.chemie.de/lexikon/British_thermal_unit.html abgerufen zuletzt am: 13.08.2021
- Oberösterreichischer Energiesparverband. (2020). *Photovoltaik - Strom aus der Sonne*. Linz.
- OeMAG Abwicklungsstelle für Ökostrom AG . (27. 12 2020). *Grundlagen zum Thema Ökostrom*. Von <https://www.oem-ag.at/de/oekostromneu/> abgerufen zuletzt am: 13.04.2021
- Oesterreichs Energie (2). (18. 06 2018). *Photovoltaik*. Von <https://oesterreichsenergie.at/p.html> abgerufen zuletzt am: 13.04.2021
- Oesterreichs Energie. (18. 11 2020). *Stromerzeugung in Österreich - Kraftwerke der österreichischen E-Wirtschaft*. Von <https://oesterreichsenergie.at/kraftwerkskarte-oesterreich.html> abgerufen zuletzt am: 27.08.2021
- Organisation der erdölexportierenden Länder - OPEC. (30. 03 2021). *Kurze Geschichte*. Von https://www.opec.org/opec_web/en/about_us/24.htm abgerufen zuletzt am: 07.09.2021
- Ortner, D. K. (2008). *In welchem Verhältnis steht die Produktion von Biokraftstoffen in Österreich zum Bedarf an Nahrungsmitteln in Zimbabwe?* Wien.
- Österreichischer Rundfunk - ORF. (19. 04 2021). *Treibhausgasemissionen steigen wieder*. Von <https://oesterreich.orf.at/stories/3099891/> abgerufen zuletzt am: 11.10.2021
- Rechtsinformationssystem des Bundes – RIS. (30. 04 2021). *Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Ökostromgesetz 2012, Fassung vom 30.04.2021*. Von <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007386> abgerufen zuletzt am: 03.10.2021
- Selectra. (14. 04 2021). *Der Strompreis in Österreich*. Von <https://stromliste.at/strompreis> abgerufen zuletzt am: 11.10.2021
- Solaranlage.eu. (16. 11 2020). *Solarthermie*. Von <https://www.solaranlage.eu/solarthermie> abgerufen zuletzt am: 03.10.2021
- Statista. (03. 02 2021). *Energieexporte aus Österreich nach Energieträger in den Jahren 2018 und 2019*. Von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/286987/umfrage/struktur-der-oesterreichischen-energieexporte/> abgerufen zuletzt am: 11.10.2021

- Statistik Austria. (2020). *Umweltgesamtrechnungen - Modul - Luftemissionsrechnung 1995 bis 2018*. Wien.
- Stiftung myclimate (2). (11. 06 2021). *Was ist der Treibhauseffekt?* Von <https://www.myclimate.org/de/informieren/faq/faq-detail/was-ist-der-treibhauseffekt/> abgerufen zuletzt am: 03.10.2021
- Stiftung myclimate. (11. 06 2021). *Was sind Treibhausgase?* Von <https://www.myclimate.org/de/informieren/faq/faq-detail/was-sind-treibhausgase/> abgerufen zuletzt am: 03.10.2021
- Swissnuclear. (2018). *So funktioniert ein Kernkraftwerk*. Von <https://www.kernenergie.ch/de/so-funktioniert-ein-kernkraftwerk.html> abgerufen zuletzt am: 10.05.2021
- Umweltbundesamt Deutschland (2). (26. 06 2020). *Bioenergie*. Von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/bioenergie#bioenergie-ein-weites-und-komplexes-feld-> abgerufen zuletzt am: 10.05.2021
- Umweltbundesamt Deutschland. (25. 07 2013). *Kyoto-Protokoll*. Von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/internationale-eu-klimapolitik/kyoto-protokoll#entstehungsgeschichte-und-erste-verpflichtungsperiode> abgerufen zuletzt am: 03.10.2021
- Umweltbundesamt Deutschland. (27. 11 2014). *Energie aus Wasserkraft*. Von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/energie-aus-wasserkraft#vom-wasser-zum-strom> abgerufen zuletzt am: 10.09.2021
- Umweltbundesamt Deutschland. (14. 08 2020). *Windenergie*. Von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/windenergie#strom> abgerufen zuletzt am: 11.10.2021
- Umweltbundesamt GmbH (2). (15. 03 2021). *Treibhausgase*. Von <https://www.umweltbundesamt.at/klima/treibhausgase> abgerufen zuletzt am: 11.10.2021
- Umweltbundesamt GmbH (Vekehr Klima). (2021). *Verkehr beeinflusst das Klima*. Von <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/mobilitaet/mobilitaetsdaten/verkehr-treibhausgase> abgerufen
- Umweltbundesamt GmbH. (18. 03 2021). *Erneuerbare Energie*. Von <https://www.umweltbundesamt.at/energie/erneuerbare-energie> abgerufen zuletzt am: 11.10.2021
- Wien Energie GmbH. (08. 11 2021). *Wasserkraft*. Von <https://www.wienenergie.at/ueber-uns/unternehmen/energie-klimaschutz/energieerzeugung/wasserkraft/> abgerufen zuletzt am: 11.10.2021
- Wiener Umweltschutz. (2018). *Kyoto-Vereinbarung*. Von <https://wua-wien.at/klimaschutz-klimawandelanpassung-und-resilienz/kyoto-vereinbarung> abgerufen zuletzt am: 10.09.2021
- Wirtschaftskammer Österreich. (2019). *Die österreichische Mineralölindustrie 2018*. Von <https://www.wko.at/branchen/industrie/mineraloelindustrie/die-mineraloelindustrie.html> abgerufen zuletzt am: 10.02.2021

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: CO ₂ - Emissionen 1995 bis 2018 in 1.000 t, Quelle: Statistik Austria, 2020	5
Abbildung 2: Treibhausgas - Emissionen in Mio. t CO ₂ - Äquivalent in Österreich von 1990-2019, Quelle: Umweltbundesamt 2021	6
Abbildung 3: Anteil THG-Emissionen Äquivalent 2019, Quelle: Umweltbundesamt 2021.....	7
Abbildung 4: Treibhausgas - Emissionen in Mio. Tonnen CO ₂ - Äquivalent in Österreich von 1990-2019, Quelle: Umweltbundesamt 2021	16
Abbildung 5: Energiefluss in Österreich 2018, Quelle: Bundesministerium Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 2	19
Abbildung 6: Energiebilanz Österreichs 2018, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 10	20
Abbildung 7: Energetischer Endverbrauch nach Sektoren, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, eigene Darstellung	21
Abbildung 8: Primärenergieeinsatz in Österreich 2018, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, eigene Darstellung.....	23
Abbildung 9: Primärenergieeinsatz für die Stromerzeugung im Vergleich Österreich und EU-28, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 12.	25
Abbildung 10: Struktur der Energieimporte 2018, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 13	26
Abbildung 11: Energieimporte, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 13.....	26
Abbildung 12: Energieexporte nach Energieträgern in Petajoule 2005 bis 2018, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 13	27
Abbildung 13: Außenhandelsaldo elektrische Energie, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 13	28
Abbildung 14: Physikalische Importe und Exporte 2018 für Strom in Österreich in GWh, Quelle: E-Control, 2019, S. 31	28
Abbildung 15: Lastverlauf im Tagesverlauf, Quelle: Selectra S.A.R.L 2021	31
Abbildung 16: Monatlicher Stromverbrauch in Österreich in GWh 2018, Quelle: Statista 2021, eigene Darstellung	32
Abbildung 17: Bruttoinlandsverbrauch, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 14	33
Abbildung 18: Bruttoinlandsverbrauch Energie Österreich 2018, Quelle: Wien Energie, 2018	34
Abbildung 19: Energieumwandlung, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 201, S. 15	35
Abbildung 20: Bruttostromerzeugung in Österreich, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 16	37
Abbildung 21: Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 16.....	38
Abbildung 22: Energetischer Endverbrauch, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 17	39
Abbildung 23: Struktur des energetischen Endverbrauches in Österreich und EU-28, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 17	40
Abbildung 24: Erzeugungsstruktur der erneuerbaren Energien, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 20.....	43
Abbildung 25: Wasserkraft in Österreich, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 21	45

Abbildung 26: Standortkarte der Wasserkraftwerke in Österreich, Quelle: Österreichs Energie, 2019	47
Abbildung 27: Windenergie in Österreich, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 21	49
Abbildung 28: Windkraftanlagen in Österreich 2020, Quelle: Interessengemeinschaft Windkraft Österreich, 2020	49
Abbildung 29: Die Marktentwicklung der Photovoltaik in Österreich bis 2018, Quelle: Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, 2019, S. 21	50
Abbildung 30: Marktentwicklung der Solarthermie in Österreich bis 2018, Quelle: Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, 2019, S. 22	52
Abbildung 31: Funktionsprinzip Wärmepumpe, Quelle: biz Verlag, 2020	53
Abbildung 32: Marktentwicklung der Wärmepumpen in Österreich bis 2018, Quelle: Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, 2019, S. 23	54
Abbildung 33: Bruttoinlandsverbrauch fester Biobrennstoffe in Österreich von 2007 bis 2018 in PJ, Quelle: Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, 2019, S. 19	56
Abbildung 34: Marktentwicklung von Biomassekesseln in Österreich bis 2018, Quelle: Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, 2019, S. 20	57
Abbildung 35: Biogasanlagen in Österreich 2005-2017, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 24	61
Abbildung 36: Biotreibstoffe in Österreich 2005-2018, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 24	62
Abbildung 37: Geförderte Ökostromanlagen 2018, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 25	64
Abbildung 38: Kernkraftwerke der Welt, Quelle: Kernenergie Schweiz	66
Abbildung 39: Bruttoendenergieverbrauch - Vergleich EU-28, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 26	69
Abbildung 40: Bruttostromverbrauch - Vergleich EU-28, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 26	70
Abbildung 41: Verkehr - Vergleich EU-28, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 27	71
Abbildung 42: Raumheizung/Klimatisierung - Vergleich EU-28, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 27	72
Abbildung 43: Entkopplung Bruttoinlandsverbrauch vom Wirtschaftswachstum, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 28	75
Abbildung 44: Industriequote und Primärenergieintensität, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 28	76
Abbildung 45: Heizintensität der privaten Haushalte, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 29	76
Abbildung 46: Heizintensität der Dienstleistungen, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 29	78
Abbildung 47: Energieintensität der Industrie, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 30	79
Abbildung 48: Dekomposition der Energieverbrauchsentwicklung, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 30	80
Abbildung 49: Energieintensivität der Personenkraftwagen, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 31	81
Abbildung 50: Benzin- und Diesel-Fahrzeuge in Österreich, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 31	82

Abbildung 51: Elektro-Fahrzeuge in Österreich, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 31	83
Abbildung 52: Nettoimporttangente Österreich 2005 bis 2018, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 34	85
Abbildung 53: Ausgaben und Einnahmen im Energieaußenhandel in Milliarden Euro 2018, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 34	86
Abbildung 54: Speicherstände und Monatsverbrauch, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 35	87
Abbildung 55: Speicher und Verbrauch im internationalen Vergleich, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 35	88
Abbildung 56: Erdölbevorratung, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 35	89
Abbildung 57: Österreichs Top-10 Importländer für Erdöl, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 36	90
Abbildung 58: Importe von Erdöl 2018, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, S.36, eigene Darstellung	92
Abbildung 59: Internationale Ölpreisentwicklung, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 37	94
Abbildung 60: Internationale Gaspreisentwicklung, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 37	95
Abbildung 61: Verbraucherpreis- und Energiepreisindex in Österreich, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 38	97
Abbildung 62: Vergleich Österreich mit EU-Durchschnitt, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 38	97
Abbildung 63: Strompreise für Industrie und Haushalte 2018, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 39	99
Abbildung 64: Stromgestehungskosten im Vergleich nach Energieträger, Quelle: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2021 S. 2ff., eigene Darstellung.....	103
Abbildung 65: Preis pro Kilowattstunde gemessen am Standardtarif inkl. Steuern, Abgaben und Netzegebühren 2017, Quelle: Selectra, 2021	105
Abbildung 66: Gaspreise für Industrie und Haushalte 2018, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 40	107
Abbildung 67: Gaspreise der Industrie im EU-Vergleich, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 40	108
Abbildung 68: Diesel- und Superbenzinpreise im EU-Vergleich, Quelle: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019, S. 41	109
Abbildung 69: Hybrid- und vollelektronische Antriebstechnologien im Vergleich, Quelle: Infineon Technologies AG, 2021	115
Abbildung 70: Neuzulassungen von E-Fahrzeugen der Kategorie M1 nach Jahr (für Österreich), Quelle: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2021, S. 2	116
Abbildung 71: Bestand von E-Fahrzeugen der Kategorie M1 im Zeitverlauf (für Österreich), Quelle: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2021, S. 4	116
Abbildung 72: Tabelle Fahrzeugbestand Österreich nach Fahrzeugart, Kraftstoffart bzw. Energiequelle, Quelle: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2021, S. 5	117

Abbildung 73: Öffentlich zugängliche Ladepunkte in Österreich, Quelle: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2021, S. 4	118
Abbildung 74: CO ₂ Emissionen des Verkehrs in der EU, Quelle: Europäische Umweltagentur	120
Abbildung 75: THG - Emissionen aus dem Verkehrssektor 1990-2019, Quelle: Umweltbundesamt GmbH (3), 2021	123
Abbildung 76: CO ₂ -Emissionen in Österreich Stand 1990, Quelle: Umweltbundesamt, 2007, S. 20.	124
Abbildung 77: Gegenüberstellung der CO ₂ Emissionen beider Szenarien in Mio. Tonnen Äquivalent, Quelle: eigene Darstellung,	128
Abbildung 78: Gegenüberstellung der Stromverbräuche von E-Fahrzeugen beider Szenarien in TWh/a, Quelle: eigene Darstellung	129

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Fahrzeuganzahl nach Motorisierungstyp 2021, Quelle: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2021, S. 5, eigene Darstellung	124
Tabelle 2: Fahrzeugberechnung Szenario 1, Quelle: eigene Darstellung.....	125
Tabelle 3: Szenario 1 CO ₂ Ausstoß in Tonnen Äquivalent, Quelle: Eigene Darstellung.....	125
Tabelle 4: Stromverbrauch der Elektrofahrzeuge - Szenario 1, Quelle: eigene Darstellung.....	126
Tabelle 5:Fahrzeugberechnung Szenario 2, Quelle: eigene Darstellung.....	127
Tabelle 6: Szenario 2 CO ₂ Ausstoß in Tonnen Äquivalent, Quelle: Eigene Darstellung	127
Tabelle 7: Stromverbrauch der Elektrofahrzeuge - Szenario 2, Quelle: eigene Darstellung.....	128