

Diploma Thesis

**Impact of vehicle exhaust emissions
on humans and environment -
Reduction potential of various transport measures**

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieur
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

DIPLOMARBEIT

**Auswirkungen von KFZ-Abgasen auf Mensch und
Umwelt - Reduktionspotentiale verschiedener
verkehrlicher Maßnahmen**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Claudio Mladek, BSc

Matr.Nr.: 9525481

unter der Anleitung von

A.o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Thomas Macoun

Institut für Verkehrswissenschaften
Forschungsbereich Verkehrsplanung und Verkehrstechnik
Technische Universität Wien,
Gußhausstraße 30/230, A-1040 Wien

Wien, im März 2019

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei all jenen bedanken, die mich während meines Studiums an der Technischen Universität Wien unterstützt und begleitet haben.

Großer Dank gebührt Ao. Univ. Prof. DI Dr. techn. Thomas Macoun für seine Ermutigung zum Verfassen meiner Diplomarbeit am Institut „Verkehrsplanung und Verkehrstechnik“, die stets kompetente Betreuung sowie sein konstruktives Feedback während dieser Zeit.

Auch Ass.Prof. Mag.rer.nat. Dr.rer.nat. Norbert Kreuzinger möchte ich danken für die unkomplizierte und freundliche Unterstützung im Rahmen des Studienabschlusses.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei meinen Eltern und meiner Schwester, meinen Freunden, Arbeits- und Studienkollegen, die mich über all die Jahre hinweg unterstützt haben.

Zum Abschluss möchte ich mich noch ganz besonders bei meiner Verlobten bedanken, ohne deren Zuspruch und Unterstützung ich das Studium wohl kaum beendet hätte.

Kurzfassung

Der Verkehrssektor und die von ihm verursachten Abgase und Treibhausgase sind eine wesentliche Ursache für den rasch voranschreitenden Klimawandel und die daraus resultierende globale Erderwärmung. Daher gibt es weltweit Bemühungen, Reduktionspotentiale zu erschließen.

Der erste Teil dieser Diplomarbeit beschäftigt sich mit den relevanten Abgasarten von Kraftfahrzeugen. Dabei werden die chemische Zusammensetzung, Eigenschaften, Entstehung sowie Verweilzeit, die Entwicklung über die letzten knapp 30 Jahre und die jeweiligen direkten Auswirkungen auf Mensch und Umwelt näher betrachtet. Im Anschluss werden die Auswirkungen von Abgasen auf Kinder, SeniorInnen, AutofahrerInnen und den Klimawandel aufgezeigt.

Im zweiten Teil erfolgt zunächst ein kurzer Rückblick auf die drei wichtigsten Klimakonferenzen der letzten 22 Jahre sowie eine Begründung der Affinität des Menschen zum Automobil. Danach werden mögliche Reduktionspotentiale von Abgasen aufgrund von politischen Entscheidungen erläutert. So werden unter anderem Tempolimits auf Autobahnen und im Stadtbereich, Verkehrssteuern und alternative Antriebsarten ebenso beleuchtet wie Möglichkeiten zur Attraktivierung des öffentlichen Personennahverkehrs und des FußgängerInnen- und Radverkehrs. Bei den Reduktionspotentialen auf Planungsebene werden Aspekte wie die Äquivalenz des öffentlichen Personennahverkehrs, die Gefahr der Zersiedelung und andere Punkte beschrieben.

Zum Abschluss beschäftigt sich die Diplomarbeit mit neuen Technologien wie zum Beispiel selbstfahrenden Kraftfahrzeugen und der Mobilität als Dienstleistung.

Bei den aufgezeigten Reduktionsmöglichkeiten, sowohl auf politischer als auch auf planerischer Ebene, wird ersichtlich, dass es viele sehr unterschiedliche Ansatzpunkte gibt, dem Klimawandel entgegenzuwirken. Österreich hätte – bei einer zeitnahen und couragierten Umsetzung einiger dieser Maßnahmen – gute Chancen, seine ambitionierten Klimaziele zu erreichen.

Abstract

The transport sector and the corresponding exhaust fumes as well as the greenhouse gas emissions are significantly contributing to the quickly accelerating climate changes and the global warming resulting thereof. Therefore, a worldwide effort to develop reduction potentials has emerged.

The first segment of this thesis addresses the relevant types of automotive exhaust fume emissions. The chemical composition, characteristics, formation and retention time, as well as the progression during the past almost 30 years and the respective direct effects on humans and the environment have been taken into consideration in detail. Subsequently, the effects of exhaust fumes on children, seniors, drivers and the climate changes will be demonstrated.

The second segment provides a short review of the three most important climate conferences in the past 22 years as well as an explanation of the human affinity to motor vehicles. Thereafter, the possible reduction potentials of exhaust emissions in accordance with policy decisions will be explained. Amongst other topics, the speed limits on expressways and in urban areas, transportation taxes and alternative drive technologies, as well as options to make public transport systems, pedestrian and bicycle transportation more attractive will be highlighted. With regard to reduction potentials at the planning level, such aspects as the equivalence of public transportation, the risk of overdevelopment and other topics will be described.

In conclusion, the thesis addresses new technologies such as driverless motor vehicles and mobility as a service.

The reduction potentials discussed herein will demonstrate the numerous approaches available to counteract the climate changes on a political level as well as in the planning stages. Provided some of these measures are implemented in a timely and courageous manner, Austria has good potentials to meet its ambitious climate goals.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Fragestellungen	1
1.3	Aufbau und Methodik der Arbeit	2
1.4	Grenze der Arbeit	3
2	Warum sind KFZ-Abgase in unserer Zeit von immer größerer Bedeutung?	4
3	Relevante Abgasarten und ihre Auswirkungen auf Mensch und Umwelt	6
3.1	Kohlenmonoxid (CO)	6
3.1.1	Zusammensetzung und Eigenschaften	6
3.1.2	Entstehung und Verweilzeit	7
3.1.3	Entwicklung über die letzten 28 Jahre	8
3.1.4	Auswirkungen auf den Menschen	10
3.1.5	Auswirkungen auf die Umwelt	11
3.1.6	Immissionsgrenzwert	11
3.2	Kohlendioxid (CO ₂)	11
3.2.1	Zusammensetzung und Eigenschaften	11
3.2.2	Entstehung und Verweilzeit	12
3.2.3	Entwicklung über die letzten 28 Jahre	13
3.2.4	Auswirkungen auf den Menschen	15
3.2.5	Auswirkungen auf die Umwelt	16
3.2.5.1	Auswirkungen auf Pflanzen	16
3.2.5.2	Auswirkungen auf Bäume und Wälder	16
3.2.5.3	Auswirkungen auf die Weltmeere	17
3.2.5.4	Auswirkungen auf das Klima	17
3.2.6	Grenzwerte	18
3.3	Stickstoffmonoxid (NO)	19
3.3.1	Zusammensetzung und Eigenschaften	19
3.3.2	Entstehung und Verweilzeit	19
3.3.3	Entwicklung über die letzten 28 Jahre	20
3.3.4	Auswirkungen auf den Menschen	20
3.3.5	Auswirkungen auf die Umwelt	20

3.3.6	Immissionsgrenzwert	20
3.4	Stickstoffdioxid (NO ₂).....	20
3.4.1	Zusammensetzung und Eigenschaften.....	20
3.4.2	Entstehung und Verweilzeit.....	21
3.4.3	Entwicklung über die letzten 28 Jahre	22
3.4.4	Auswirkungen auf den Menschen	24
3.4.5	Auswirkungen auf die Umwelt.....	25
3.4.6	Immissionsgrenzwerte	25
4	Der Einfluss verschiedener Betriebszustände auf das Abgasverhalten	27
4.1	Ottomotor.....	27
4.2	Dieselmotor	27
5	Auswirkungen von Abgasen auf Kinder, SeniorInnen und AutofahrerInnen.....	29
5.1	Kinder	29
5.2	SeniorInnen	29
5.3	AutofahrerInnen.....	29
6	Auswirkungen von Abgasen auf die Umwelt	31
6.1	Temperaturänderungen global	31
6.2	Temperaturänderungen Österreich	32
6.3	Ozonbelastung und UV-Strahlung	33
6.4	Wasserressourcen:.....	33
6.5	Monetäre Belastung.....	36
7	Reduktionspotentiale verschiedener verkehrlicher Maßnahmen.	38
7.1	Was wurde auf Welt- und EU-Ebene beschlossen, dagegen zu tun?	38
7.1.1	Das Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen.....	38
7.1.2	Übereinkommen von Paris – Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen.....	39
7.1.3	Übereinkommen von Kattowitz – Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen	40
7.2	Die Macht des Autos. Warum fährt der Mensch so gerne damit?.....	40
8	Politische Reduktionsmöglichkeiten.....	44
8.1	Personenkraftwagen.....	46

8.1.1	Autobahnen	46
8.1.2	Tempo 30 statt Tempo 50 im Stadtverkehr	48
8.1.3	SUV	51
8.1.4	Dienstfahrzeuge	52
8.1.5	Verkehrsrestriktionen	53
8.1.5.1	Citymaut.....	53
8.1.5.2	Umweltzonen	56
8.1.5.3	Steuererhöhungen	57
8.1.6	Nachrüstung.....	62
8.1.6.1	Reduktion Rußpartikel	62
8.1.6.2	Reduktion NOx-Emissionen.....	63
8.1.7	Elektrofahrzeuge (BEV)	65
8.1.8	Innovative neue Technologien	69
8.1.8.1	Wasserstoff-Brennstoffzelle	69
8.1.8.2	Bosch – Dieseltechnik	72
8.2	LKW:.....	73
8.3	ÖPNV (Öffentlicher Personennahverkehr).....	74
8.3.1	Tarife	75
8.3.1.1	Wien.....	75
8.3.1.2	Europäische Städte im Vergleich.....	76
8.3.2	Moderne Fahrzeuge	76
8.3.2.1	U-Bahn, Straßenbahn, Schnellbahn	76
8.3.2.2	Busse.....	77
8.3.3	Haltestellen (für Bus und Straßenbahn)	81
8.3.4	Kurze Fahrintervalle	84
8.3.5	Gute Erreichbarkeit	84
8.3.6	Minimierung von Verspätungen und Ausfällen.....	85
8.4	Fußgänger:	86
8.4.1	Adaptierung von Gehsteigbreiten.....	87
8.4.2	Unterführungen	89
8.4.3	Querungshilfen bei mehrspurigen Fahrbahnen.....	89
8.4.4	Errichtung von Erholungsmöglichkeiten, Grünflächen und Witterungsschutz	89
8.4.5	Ausreichende Beleuchtung von Gehwegen	90
8.4.6	Reduktion des Parkraums bzw. Verlagerung unter die Erde	90
8.5	RadfahrerInnen.....	90

8.6	Umgebung	93
8.6.1	FußgängerInnenzonen	94
8.6.2	Begegnungszonen	95
8.6.3	Shared-Space-Zonen	97
8.6.4	Arbeit, Erholung, Einkaufsmöglichkeiten in der unmittelbaren Nähe	99
8.6.5	Produktionsstätten wieder regional ansiedeln.....	100
9	Planerische Reduktionsmöglichkeiten.....	101
9.1	FußgängerInnen	101
9.1.1	Umwege:	102
9.1.2	Steigungen:	103
9.1.3	Witterung:.....	103
9.1.4	Unattraktive Umgebung:	103
9.2	RadfahrerInnen.....	104
9.3	Öffentlicher Personennahverkehr	105
9.3.1	Haltestellen	105
9.3.2	Fahrplan	106
9.3.3	Chancengleichheit des öffentlichen Verkehrs	106
9.3.4	Gefahr der Zersiedelung	108
9.3.5	Tarife	109
9.3.6	Moderne Fahrzeuge.....	109
9.3.7	Keine Beeinträchtigung durch MIV.....	109
10	Ein Ausblick in die Zukunft.....	110
10.1	Selbstfahrende Autos	110
10.2	MaaS (Mobility as a Service / Mobilität als Dienstleistung).....	112
10.3	Seilbahnen.....	113
11	Zusammenfassung.....	115
12	Literaturverzeichnis.....	119
13	Zitatverzeichnis	135
14	Tabellenverzeichnis	136
15	Abbildungsverzeichnis	136

Abkürzungsverzeichnis

ADL	Alexander Dennis Limited (Hersteller von Omnibussen)
AGR	Abgasrückführung
BEV	Battery Electric Vehicle
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMW	Bayrische Motoren Werke
BYD	Build Your Dreams (Autohersteller)
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
COP	Conference of the Parties (Vertragsstaatenkonferenz)
EU	Europäische Union
Euro 1-6	Europäische Abgasnormen 1-6, die die Anzahl der maximal zulässigen Rußpartikel (mg/km) regeln
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
H ₂ O	Chemische Summenformel für Wasser
IG-L	Immissionsschutzgesetz – Luft
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change („Weltklimarat“)
IWF	Internationaler Währungsfond
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
KFZ	Kraftfahrzeug
LKW	Lastkraftwagen
Maas	Mobility as a Service (Mobilität als Dienstleistung)
MIV	Motorisierter Individualverkehr
Nm	Newtonmeter (Einheit des Drehmoments)
NO	Stickstoffmonoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO _x	Stickoxide
NOVA	Normverbrauchsabgabe
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PEMFC	Proton Exchange Membrane Fuel Cell (Polymerelektrolyt-Brennstoffzelle)
PKW	Personenkraftwagen

PM ₁₀	Particulate matter 10 (Feinstaub, 50% Teilchendurchmesser 10 µm)
RCP	Representative Concentration Pathways (Repräsentativer Konzentrations-Pfad)
RDE	Real Driving Emissions (Emissionsmessung im realen Fahrbetrieb)
SAE	Society of Automotive Engineers
SCR	Selective Catalytic Reduction (Selektive katalytische Reduktion)
SMS	Short Message Service (Kurznachrichtendienst)
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell (Festoxid-Brennstoffzelle)
SUV	Sport Utility Vehicle
TfL	Transport for London
ULEZ	Ultra Low Emission Zone (ultra niedrige Emissionszone)
USA	United States of America (Vereinigte Staaten von Amerika)
UV	Ultraviolett
Van	Kraftfahrzeug mit 5-7 Sitzen
VCÖ	Verkehrsclub Österreich
VW	Volkswagen
WHO	World Health Organisation (Weltgesundheitsorganisation)
WLAN	Wireless Local Area Network (kabelloses lokales Netzwerk)
WMO	World Meteorological Organisation (Weltorganisation für Meteorologie)
ZTL	Zone a traffico limitato (verkehrsberuhigte Zone)

Einheiten und Umrechnungen:

°C	Grad Celsius
µg/m ³	Mikrogramm pro Kubikmeter
cm	Zentimeter
g/km	Gramm pro Kilometer
g/mol	Gramm pro molarer Masse
Gg	Gigagramm (1 Gg = 1.000 t)
ha	Hektar
kg	Kilogramm
kg/m ³	Kilogramm pro Kubikmeter
km	Kilometer
km ²	Quadratkilometer

km/h	Kilometer pro Stunde
kW	KiloWatt
kWh	KiloWattStunde
m	Meter
mm	Millimeter
m ³	Kubikmeter
mg/km	Milligramm pro Kilometer
mg/m ³	Milligramm pro Kubikmeter
Nm	Newtonmeter
Pa	Pascal
ppb parts	per billion (Teile pro Milliarde)
ppm	parts per million (Teile pro Million)
ppmv	parts per million by volume
PS	Pferdestärke(n)

1 hPa = 100 Pascal

1 mg/m³ = 1000 µg/m³

1 ppm = 1000 ppb

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Der Klimawandel und die globale Erwärmung sind die dominierenden Themen unserer Zeit. Aufgrund einer wachsenden Weltbevölkerung, der Globalisierung, des wachsenden Wohlstandes und der damit verbundenen Zunahme an Kraftfahrzeugen ist der Verkehrssektor einer der größten Verursacher von Abgasen und Treibhausgasen.

Das Resultat sind einerseits verstärkt Wetterextreme wie langanhaltende Hitzeperioden, Starkregen, Hochwässer und Muren aber andererseits auch eine immer stärkere Belastung des menschlichen Körpers und Immunsystems durch Abgasemissionen und daraus resultierenden Phänomenen wie UV-Strahlung und Ozon.

In dieser Diplomarbeit werden neben den verschiedenen relevanten Abgasarten von Kraftfahrzeugen auch die unterschiedlichen Einsparungspotentiale von Abgasen betrachtet. Dabei werden sowohl die Reduktionsmöglichkeiten durch politische Entscheidungen als auch jene, die bei der Planung von Städten und Straßen umgesetzt werden können, dargestellt.

1.2 Fragestellungen

Anhand der im vorherigen Unterkapitel angeführten Problemstellung ergeben sich folgende Fragestellungen, die im Zuge dieser Diplomarbeit untersucht werden:

Fragestellungen hinsichtlich der Abgase von Kraftfahrzeugen

- Welche relevanten Abgasarten von Kraftfahrzeugen gibt es, was ist ihre Zusammensetzung und welche Eigenschaften haben sie.
- Wie entstehen die KFZ-Abgase und wie lange ist ihre Verweilzeit in der Atmosphäre?
- Wie haben sich die unterschiedlichen Abgasarten während der letzten knapp dreißig Jahre mengenmäßig entwickelt?
- Welche Grenzwerte gibt es für KFZ-Abgasemissionen?
- Welche Auswirkungen haben Abgase von Kraftfahrzeugen auf den Menschen (vor allem Kinder, SeniorInnen und AutofahrerInnen) bzw. die Umwelt?

Fragestellungen hinsichtlich des Reduktionspotentials von KFZ-Abgasen auf der Politik- und der Planungsebene

- Welche weltweiten Maßnahmen wurden vereinbart, um eine Reduktion der KFZ-Abgase zu erreichen?
- Wieso fahren Menschen so gerne mit dem Automobil?
- Welche Reduktionspotentiale auf Politikebene gibt es im Bereich der Personenkraftwagen, der Lastkraftwagen, des öffentlichen Personennahverkehrs, der FußgängerInnen und RadfahrerInnen bzw. der Umgebung?
- Wie kann man schon im Rahmen der Planung eine Reduktion von KFZ-Abgasen erreichen?
- Wie kann eine Äquivalenz zwischen öffentlichem Personennahverkehr und motorisiertem Individualverkehr erreicht werden?
- Welche zukünftigen Technologien und Möglichkeiten gibt es, die zu einer Reduktion der Abgasemissionen führen?

Bei der Beantwortung wurde der Schwerpunkt auf Österreich beziehungsweise Wien gelegt.

1.3 Aufbau und Methodik der Arbeit

Im ersten Abschnitt der Diplomarbeit werden die Abgasarten von Kraftfahrzeugen hinsichtlich Zusammensetzung, Eigenschaften, Entstehung, Verweilzeit in der Atmosphäre, Entwicklung über die letzten knapp dreißig Jahre erläutert. Auf die Auswirkungen von Abgasen auf den Menschen, insbesondere auf Kinder, SeniorInnen sowie AutofahrerInnen wird ebenso näher eingegangen wie auf die Auswirkungen auf die Flora.

Zu Beginn des zweiten Abschnittes werden die drei wichtigsten Klimakonferenzen innerhalb der letzten 22 Jahre betrachtet sowie eine Antwort für die Ursache der starken Affinität des Menschen zum Automobil formuliert. Anschließend werden die Reduktionspotentiale verschiedener verkehrlicher Maßnahmen angeführt, sowohl auf Ebene der Politik als auch auf Ebene der Planung. Dabei werden die Möglichkeiten bei Personenkraftwagen, bei LKWs und dem öffentlichen Verkehr beleuchtet sowie Wege aufgezeigt, FußgängerInnen- und Fahrradverkehr, sowie deren Umfeld attraktiver zu gestalten.

Im letzten Abschnitt werden innovative Technologien vorgestellt, die in Zukunft einen Beitrag zur Abgasreduktion leisten könnten. Anschließend werden die wesentlichen Aussagen und Erkenntnisse dieser Diplomarbeit nochmals zusammengefasst.

Da sich seit dem sogenannten Abgasskandal von VW das Thema der Abgase, der Elektromobilität und anderer alternativer Antriebsarten sehr dynamisch weiterentwickelt hat, und dies in der Diplomarbeit berücksichtigt werden sollte, wurde ein Schwerpunkt auf die Recherchen im Internet gelegt.

1.4 Grenze der Arbeit

Im Rahmen dieser Diplomarbeit werden lediglich die Auswirkungen relevanter KFZ-Abgasarten auf den Menschen und die Flora näher betrachtet, nicht jedoch die Auswirkungen auf die Fauna. Ebenso wenig wird in dieser Diplomarbeit auf den Einfluss von Feinstaub und von Lärm auf den Menschen eingegangen.

2 Warum sind KFZ-Abgase in unserer Zeit von immer größerer Bedeutung?

Im Jahr 2017 wurde ein neuer Höchstwert an weltweit produzierten Personenkraftwagen mit 98,9 Millionen aufgestellt. Allein in der EU wurden im Jahr 2017 15,2 Millionen PKW neu zugelassen, der höchste Wert seit 2007. Von den 15,2 Millionen Neuzulassungen entfielen über 50% allein auf Deutschland, Frankreich und Großbritannien. Mit einer Menge von 4,3 Millionen versechsfachten sich die SUV-Neuzulassungen gegenüber dem Jahr 2002 während die Anzahl an Kleinwagen (sowohl Benziner als auch Diesel) und Mittelklassewagen (Diesel) trotz ihres geringen CO₂-Ausstosses um 9% zurückging.

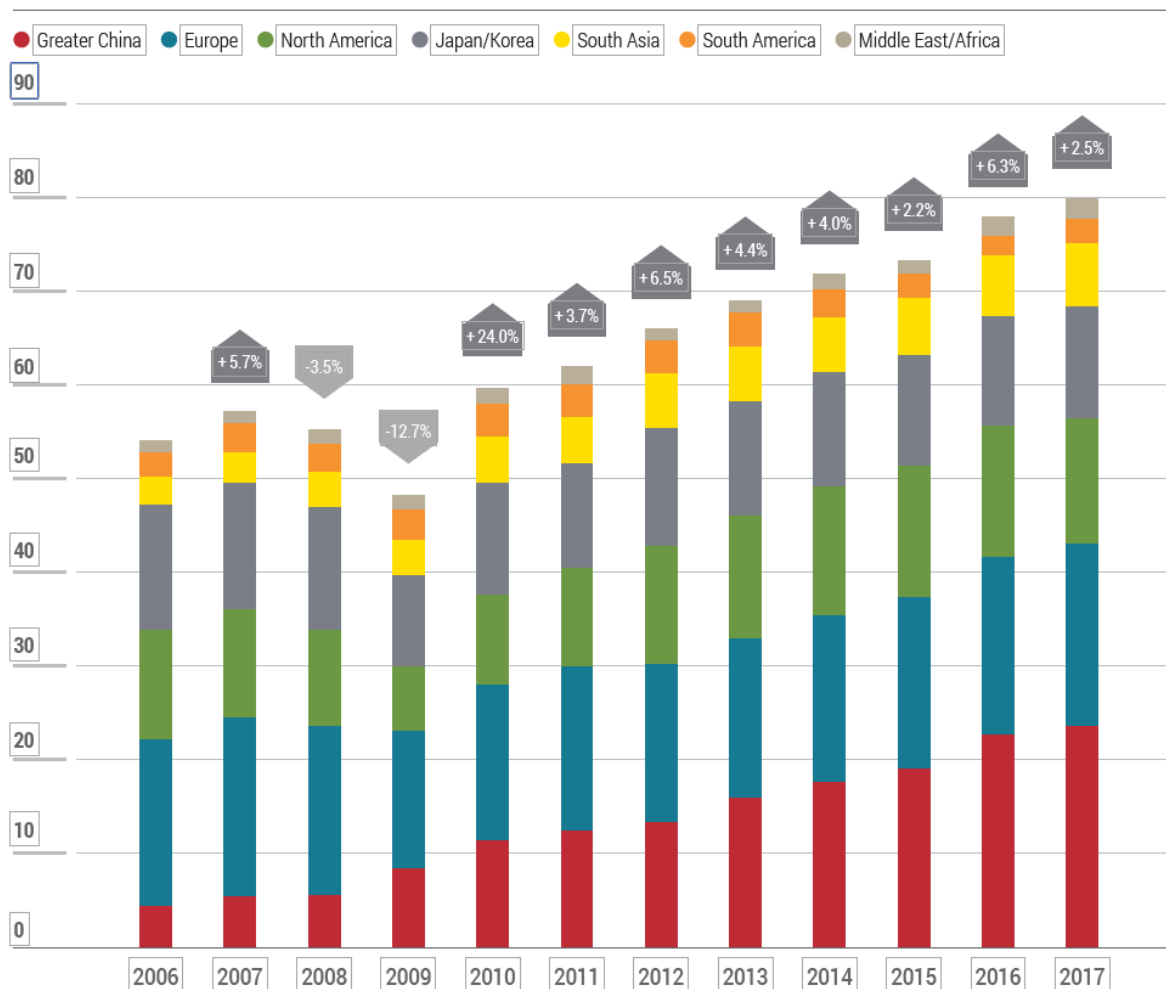


Abb. 1: Diagramm der weltweiten PKW Produktion ([Mio.],% Zu-/Abnahme, 2006 – 2017)
Quelle: ACEA (der Europäische Automobilherstellerverband) – The Automobile Industry Pocket Guide 2018-2019, reproduziert aus Oica, IHS Markit

Zurückzuführen ist die Zunahme an Kraftfahrzeugen auf der Welt auf eine stetig wachsende Weltbevölkerung, zunehmenden Wohlstand und vielerorts niedrige Treibstoffpreise.

Auch in Österreich ist die Anzahl an PKW-Neuzulassungen seit 1990 in regelmäßigen Abständen angestiegen.

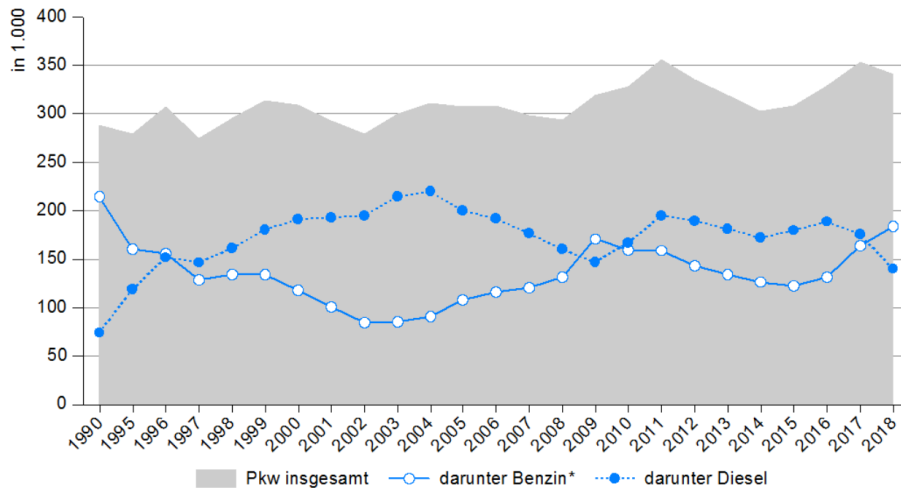


Abb. 2: PKW-Neuzulassungen in Österreich [in 1.000], Zeitraum 1990 – 2018. Quelle: Statistik Austria, Kraftfahrzeuge, KFZ-Neuzulassungen

Aufgrund dieser stetigen Zunahme an Kraftfahrzeugen werden ein aktiver Klimaschutz und neue innovative Wege notwendig, um die globale Erwärmung zu verlangsamen bzw. ihr Einhalt zu gebieten und den damit verbundenen Klimakollaps zu verhindern.

3 Relevante Abgasarten und ihre Auswirkungen auf Mensch und Umwelt

Bei Ottomotoren entstehen Kohlenmonoxid und Kohlendioxid, Stickoxide und Kohlenwasserstoffe als Schadstoffe. Dieselmotoren erzeugen – jedoch in geringeren Mengen – die gleichen Schadstoffe wie Ottomotoren, allerdings noch zusätzlich Schwefeldioxid und größere Mengen an Partikeln.

Mittels der Luftverhältniszahl λ (auch Verbrennungsluftverhältnis genannt), die bei Verbrennungsvorgängen Luft und Brennstoff in ein Verhältnis setzt, lässt sich unter anderem die Schadstoffkonzentration in Abgasen bestimmen (siehe nachfolgende Diagramme). Beträgt die Luftverhältniszahl den Wert eins ($\lambda = 1$), so spricht man von einer vollständigen Verbrennung, bei der weder unverbrannter Treibstoff übrig bleibt noch ein Defizit an Sauerstoff entsteht. Ist λ kleiner als eins, so spricht man von einem Luftmangel (umgangssprachlich als reiches bzw. fettes Gemisch bezeichnet), ist λ größer als eins, so spricht man von Luftüberschuss (umgangssprachlich auch als armes bzw. mageres Gemisch bezeichnet).

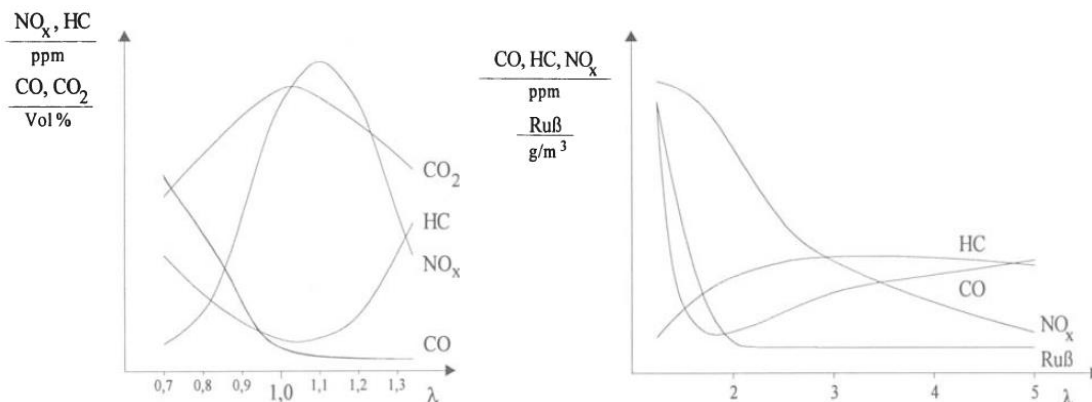


Abb. 3: Schadstoffkonzentration (links Ottomotor, rechts Dieselmotor mit Direkteinspritzung). Quelle: Hackbarth, Merhof – Verbrennungsmotoren: Prozesse, Betriebsverhalten, Abgas. Verlag: Vieweg Verlagsgesellschaft; Auflage: 1998, 16. Januar 1998

3.1 Kohlenmonoxid (CO)

3.1.1 Zusammensetzung und Eigenschaften

Kohlenstoffmonoxid (auch Kohlenmonoxid genannt) ist eine Verbindung von jeweils einem Anteil Kohlenstoff und Sauerstoff und wird mit CO (Summenformel) abgekürzt.

Kohlenstoffmonoxid ist ein Gas, welches geschmacklos, nicht reizend und sowohl farb- als auch geruchslos ist wodurch es für den Menschen sehr gefährlich werden kann.

Meist wird Kohlenmonoxid in ppm angegeben. 1 ppm Kohlenmonoxid entspricht ca. 1,1640 mg/m³ unter Normbedingungen (20 °C, 1013 hPa). Die molare Masse beträgt 28,01 g/mol und die Dichte 1,25 kg/m³. Der Schmelzpunkt von Kohlenmonoxid liegt bei -205,07 °C und sein Siedepunkt bei -191,5 °C.

Kohlenmonoxid wird häufig als Reduktionsmittel in Hochöfen bei der Eisenerzeugung verwendet da es wesentlich effektiver als Koks ist. Die chemische Industrie verwendet Kohlenmonoxid u.a. für die Produktion von Essigsäure, Polycarbonat, Phosgen und die Herstellung von Methanol.

3.1.2 Entstehung und Verweilzeit

Natürliche Quellen:

Natürliche Quellen für Kohlenmonoxid sind die Weltmeere (z.B. Siphonophoren, die ein Gemisch aus Sauerstoff und Kohlenmonoxid für den Auftrieb verwenden), vulkanische Gase (Prozentsatz abhängig von der Zusammensetzung der Gesteinschmelze) und die Vegetation (z.B. Mikroorganismen).

Eine weitere natürliche Ursache für die Entstehung von Kohlenmonoxid sind Waldbrände. Aufgrund von Klimawandel und globaler Erwärmung ist in manchen Regionen der Erde das Brandrisiko infolge z.B. langanhaltender Hitzeperioden deutlich größer geworden (z.B. Kanada, Westen der USA und China).

Ebenso entsteht Kohlenmonoxid bei der Oxidation von Kohlenwasserstoffen (beispielsweise Methan) zu Kohlenstoffdioxid in der Troposphäre als ein Zwischenprodukt.

Anthropogene Quellen:

Der größte Anteil an anthropogen entstandenem Kohlenmonoxid geht auf eine unvollständige Oxidation von fossilen Brenn- und Treibstoffen zurück. Man spricht von einer unvollständigen Verbrennung, wenn während dem Verbrennungsvorgang nicht ausreichend Sauerstoff zur Verfügung steht bzw. das Reaktionsgemisch nicht ausreichend durchmischt ist.

Primär verantwortlich für Kohlenmonoxidemissionen sind der Straßenverkehr, die Industrie und Haushalte. Weitere Quellen für Kohlenmonoxid sind die Verbrennung

von Biomasse sowie anthropogene Waldbrände. Die Gesamtfläche, welche jedes Jahr Bränden zum Opfer fällt, ist seit ca. 1950 aufgrund geänderter Lebensweisen und moderner Bewirtschaftung geringer geworden.

Die Verweilzeit von Kohlenmonoxid in der Atmosphäre beträgt ca. 2-3 Monate.

3.1.3 Entwicklung über die letzten 28 Jahre

Hinweis: Der in diesem Abschnitt behandelte Verkehrsbereich umfasst nicht nur die Kohlenmonoxidemissionen von Kraftfahrzeugen (zivile und militärische), sondern auch jene von Eisenbahnen, Schiffen und Flugzeugen (zivile und militärische).

Im Zeitraum von 1990 bis 2016 konnten in Österreich die Kohlenmonoxidemissionen mehr als halbiert werden (565.100 Tonnen). Die stärkste CO-Reduktion erfolgte im Verkehrsbereich aufgrund der im Jahr 1987 erlassenen gesetzlichen Regelung für benzingetriebene PKWs, dass nur noch jene neu zugelassen werden durften, die über einen Katalysator verfügten. Zusätzlich wurde auch im Laufe der Zeit die Effizienz der Motoren wesentlich verbessert. Durch diese zwei wichtigen und andere Maßnahmen konnte der Anteil der verkehrsbedingten Kohlenmonoxidemissionen am Gesamtvolumen von über 40% im Jahr 1990 auf 14,6% im Jahr 2016 gesenkt werden.

Auch in zwei anderen großen Bereichen, sowohl in der industriellen Produktion (z.B. aufgrund modernerer Befeuerungsanlagen) als auch im Kleinverbrauch (z.B. aufgrund des Verzichtes bzw. reduzierten Einsatzes von Koks als Heizstoff), konnten die Kohlenmonoxidemissionen über die Jahre verringert werden.

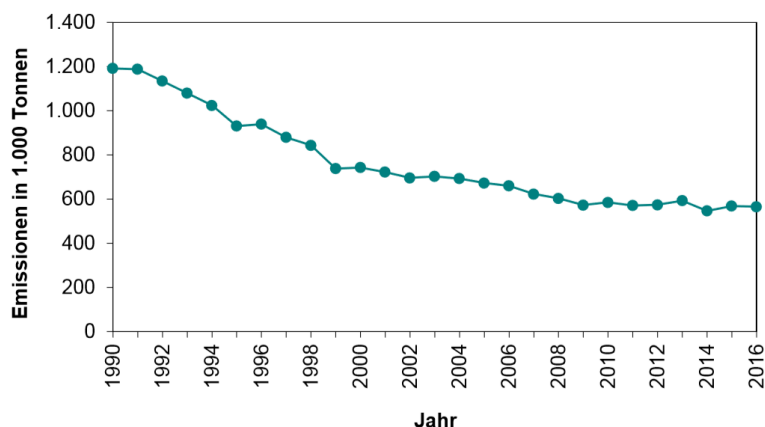


Abb. 4: CO-Emissionen in Österreich pro Jahr [1000t]. Quelle: Umweltbundesamt – Emissionstrends 1990-2016: Ein Überblick über die Verursacher von Luftschadstoffen in Österreich (Datenstand 2018)

Im Jahr 2016 waren es auch primär diese drei Bereiche (Verkehr, industrielle Produktion und Kleinverbrauch), die für den Hauptanteil an Kohlenmonoxidemissionen in Österreich verantwortlich waren. Es wurden 565.100 Tonnen Kohlenmonoxid emittiert, was eine Abnahme von 0,6% im Vergleich zum Vorjahr bedeutet. Dies ist darauf zurückzuführen, dass obwohl es in den Bereichen Verkehr und industrielle Produktion eine weitere Abnahme der Emissionen gab, diese witterungsbedingt im Bereich Kleinverbrauch fast egalisiert wurden.

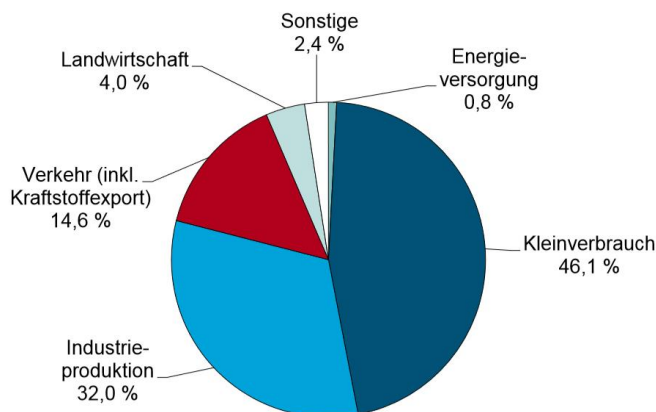


Abb. 5: CO-Emissionen in Österreich im Jahr 2016 [%]. Quelle: Umweltbundesamt – Emissionstrends 1990-2016: Ein Überblick über die Verursacher von Luftschadstoffen in Österreich (Datenstand 2018)

Während der letzten knapp 26 Jahre ging die Kohlenmonoxidbelastung in Österreich im Einklang mit den Kohlenmonoxidemissionen zurück. Sowohl im Jahr 2016 als auch im Jahr 2017 wurden keinerlei Grenzwertüberschreitungen mehr registriert. Die höchsten Jahresmittelwerte wurden 2017 in Leoben Donawitz (0,62 mg/m³), Steyregg Au (0,44 mg/m³) und Graz Süd bzw. Lienz Amlacherkreuzung (jeweils 0,42 mg/m³) gemessen.

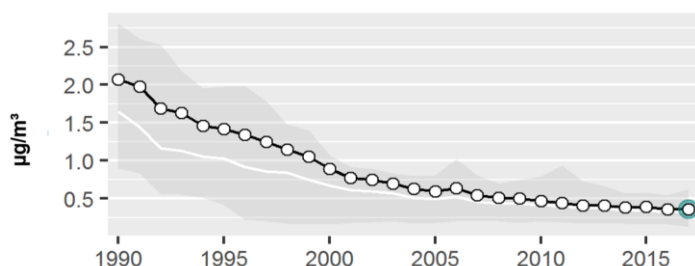


Abb. 6: Mittelwerte der CO-Belastung in Österreich (Kreise), Minima und Maxima (grau schattiert), Mittelwert von acht verkehrsnahen Messstellen (weiße Linie) [µg/m³]. Quelle: Umweltbundesamt – Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2017

3.1.4 Auswirkungen auf den Menschen

Kohlenmonoxid ist für den Menschen toxisch, da es sich, sobald es durch die Lunge in den menschlichen Körper gelangt, um ein Vielfaches schneller an das Hämoglobin bindet als Sauerstoff (300fach stärkere Affinität) und dadurch die Fähigkeit des Hämoglobins, Sauerstoff aufzunehmen, stark beeinträchtigt. Dies führt zu einem Sauerstoffmangel im Körper.

Sobald dies geschieht, spricht man umgangssprachlich von einer „Vergiftung“ des Körpers. Erste Folgeerscheinungen sind bereits bei einer sehr geringen Dosis von Kohlenmonoxid (35 – 200 ppm) in Form leichter Kopfschmerzen innerhalb weniger Stunden spürbar. Eine zunehmende Konzentration (ca. 400 ppm) führt zu starken Kopfschmerzen und 800 ppm resultieren in einem Benommenheitsgefühl, Brechreiz und Krämpfen. Ist man dieser Konzentration länger als zwei Stunden ausgesetzt, so führt dies zur Bewusstlosigkeit. Ab 1600 ppm kommt es binnen 20 Minuten zu einem Benommenheitsgefühl, Tachykardie, Kopfschmerzen und Brechreiz. Ist man dieser Konzentration länger als zwei Stunden ausgesetzt, so führt dies zum Tod. Eine Dosis von 3200 ppm führt innerhalb von zehn Minuten zu den zuvor genannten Symptomen, der Tod tritt bereits nach 30 Minuten ein. Ab 12000 ppm ist man innerhalb weniger Atemzüge bewusstlos, der Tod folgt nur Minuten später.

Aufgrund all dieser unterschiedlichen Symptome ist es sehr schwierig, erste Vergiftungsanzeichen auch als solche zu erkennen und wahrzunehmen, was Kohlenmonoxid umso gefährlicher für den Menschen macht. Ist man einer erhöhten CO-Konzentration ausgesetzt, so benötigt man einige Stunden an der „frischen Luft“ für den Abbau des Kohlenmonoxids im Körper.

Auch Folge- bzw. Spätschäden sind bei einer Kohlenmonoxidvergiftung nicht auszuschließen. Bei 10 bis 40 Prozent aller Menschen mit einer derartigen Vergiftung treten wenige Tage bis ca. drei Wochen später Folgeschäden auf. Betroffen davon sind meist das Herz und das Nervensystem. Dies geht von Gedächtnisproblemen über plötzliche Konzentrationsschwächen, Veränderungen in der Persönlichkeit, Psychosen bis hin zu Erkrankungen, die Parkinson ähneln. Als Spätschäden sind eine verminderte Herzleistung und Herzrhythmusstörungen anzuführen. Ebenso konnte eine die Fruchtbarkeit gefährdende Wirkung nachgewiesen werden.

3.1.5 Auswirkungen auf die Umwelt

Auch in Zukunft ist es unumgänglich, dass die Kohlenmonoxidemissionen weiter reduziert werden, da Kohlenmonoxid in der Troposphäre zur Bildung von Ozon beiträgt, welches ein Treibhausgas ist. Das Ozon in der Troposphäre ist kurzlebig und daher unregelmäßig auf der Erde verteilt.

Über Auswirkungen von Kohlenmonoxid auf Pflanzen liegen nur wenige Untersuchungsdaten vor. Diese wurden hauptsächlich im Zeitraum von ca. 1930 bis 1950 durchgeführt mit dem einheitlichen Ergebnis, dass erst ab einer sehr hohen Kohlenmonoxidkonzentration (einige Zehnerpotenzen über den derzeitigen Immissionen) deutliche Auswirkungen auf Pflanzen erkennbar sind. Dies wird auf den Umstand zurückgeführt, dass Kohlenmonoxid nur in geringem Ausmaß wasserlöslich ist und daher nur minimale Mengen von Pflanzen aufgenommen werden. Erst bei sehr hohen Konzentrationen sind u.a. eine raschere Alterung bei Blättern sowie der verfrühte Abfall von Blüten und Früchten festzustellen.

Der Immissionsgrenzwert für Kohlenmonoxid liegt bei 10 mg/m³ und entspricht dem in der „Richtlinie 2000/69/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 16. November 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft“ vorgegebenen Wert, welcher 2001 mittels einer IG-L-Novelle in nationales Recht übernommen wurde. Als Mittelungszeit wird der gleitende Achtstundenmittelwert herangezogen.

3.1.6 Immissionsgrenzwert

Der Immissionsgrenzwert für Kohlenmonoxid liegt bei 10 mg/m³ und entspricht dem in der „Richtlinie 2000/69/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 16. November 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft“ vorgegebenen Wert, welcher 2001 mittels einer IG-L-Novelle in nationales Recht übernommen wurde. Als Mittelungszeit wird der gleitende Achtstundenmittelwert herangezogen.

3.2 Kohlendioxid (CO₂)

3.2.1 Zusammensetzung und Eigenschaften

Unter dem Gas Kohlenstoffdioxid, welches umgangssprachlich auch Kohlendioxid bezeichnet und mit CO₂ abgekürzt wird, versteht man die Verbindung von einem

Anteil Kohlenstoff mit zwei Anteilen Sauerstoff. Seine Entdeckung wird dem schottischen Physiker bzw. Chemiker Joseph Black (1728 – 1799) zugeschrieben.

Kohlendioxid ist nicht entflammbar und sowohl farb- als auch geruchslos (lediglich bei höherer Konzentration wird es als saurer Geruch wahrgenommen).

Die molare Masse von Kohlendioxid beträgt 44,01 g/mol und seine Dichte 1,98 kg/m³. 1 ppm Kohlendioxid entspricht unter Normbedingungen (20 °C, 1013 hPa) 1,83 mg/m³. Der Sublimationspunkt liegt bei -78,5 °C. Das dabei entstehende feste Kohlendioxid wird auch umgangssprachlich als Trockeneis bezeichnet. Kohlendioxid besitzt weder Siede- noch Schmelzpunkt, lediglich bei sehr hohem Druck ist es möglich, Kohlendioxid zu verflüssigen.

Aufgrund seiner Fähigkeit, langwellige elektromagnetische Strahlung im Infrarotabstrahlungsspektrum zu absorbieren, wirkt es auch als Treibhausgas.

Der Einsatz von Kohlendioxid ist vielseitig. So wird es in der Lebensmittelindustrie in unterschiedlichsten Bereichen eingesetzt, sei es bei der Getränkeherstellung (z.B. Bier durch Gärung bzw. Limonaden durch künstliche Zugabe), in der Obstlagerung mittels präziser Regulierung des Kohlendioxid- und Sauerstoffgehalts in der Luft (Haltbarkeit wird dadurch um Monate verlängert) oder bei Fleisch, Fisch, Gemüse und Obst, welches in Folie abgepackt ist und mit einer Schutzatmosphäre ausgestattet wird, um die Mindesthaltbarkeit hinauszuzögern.

Ebenso kommt Kohlendioxid bei Feuerlöschern, als Kältemittel in Klimaanlage, bei Schweißvorgängen als Schutzgas, bei Nebelmaschinen oder in der chemischen Reinigung zum Einsatz. In der chemischen Industrie wird Kohlendioxid zur Erzeugung von Harnstoff angewandt.

3.2.2 Entstehung und Verweilzeit

Natürliche Quellen:

Zu den natürlichen Quellen von Kohlendioxid zählt die Zellatmung von Menschen und Tieren (Kohlenhydrate werden zu CO₂ und H₂O oxidiert), das Ausatmen des Menschen (ca. 5% CO₂-Anteil) und im Rahmen von alkoholischen Gärungsprozessen.

Ebenso wie Kohlenmonoxid findet sich auch Kohlendioxid in den Bestandteilen von vulkanischen Gasen. Zersetzt sich organische Substanz oder verfault diese, so bildet sich auch hier Kohlendioxid.

Anthropogene Quellen:

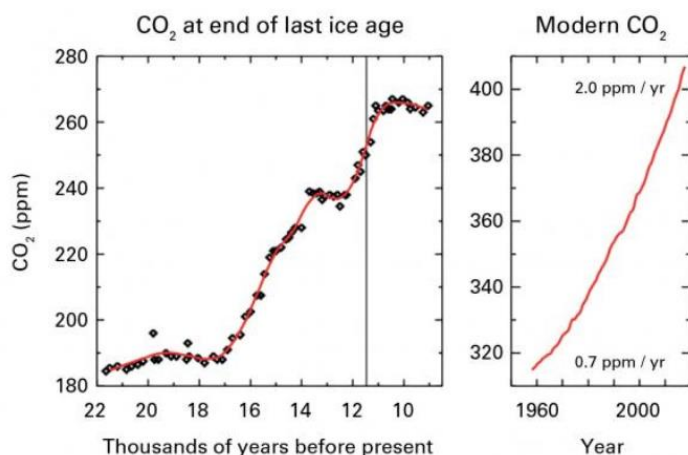
Der größte Anteil an anthropogenem Kohlendioxid geht auf die Verbrennung von fossilen Brennstoffen zurück. Vornehmlich der Verkehrssektor, private Haushalte (Heizungssysteme) und der mit fossilen Brennstoffen betriebene Industriebereich verursachen die größten CO₂-Emissionen. Hinzu kommen Brandrodung und Waldbrände.

Die Verweilzeit von Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre beträgt ca. 120 Jahre.

3.2.3 Entwicklung über die letzten 28 Jahre

Weltweit:

Bis zum Beginn der Industrialisierung im 18. Jahrhundert (ab ca. 1750) war die globale vorindustrielle CO₂-Konzentration stets nie höher als ca. 280 ppm. Seitdem wuchs dieser Wert aufgrund von anthropogenen Einflüssen auf über 400 ppm.



**Abb. 7: Kohlendioxidkonzentration am Ende der letzten Eiszeit (links) und in der heutigen Zeit (rechts).
Quelle: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/greenhouse-gas-concentrations-surge-new-record>**

2013 wurde erstmals weltweit (Hawaii) die Grenze von 400 ppm überschritten, was vor über drei bis fünf Millionen Jahren zuletzt der Fall war. Laut Weltwetterorganisation (WMO) stieg im Jahr 2017 die Kohlendioxidkonzentration von 403,3 ppm auf 405,5 ppm. Im Jahr 2018 waren es durchschnittlich schon 408,55 ppm und in diesem Jahr (2019) wurden bereits Rekordwerte von 414,27 ppm gemessen.

Nach derzeitigem Wissensstand würde ein Erreichen von ca. 560 ppm eine Erhöhung der Durchschnittstemperatur von ungefähr +3 °C gegenüber der Temperatur zu Industrialisierungsbeginn bedeuten.

Betrachtet man die globalen transportbedingten Kohlendioxidemissionen, so haben vor allem jene aus dem Sektor Straße gegenüber 1990 stark zugenommen.

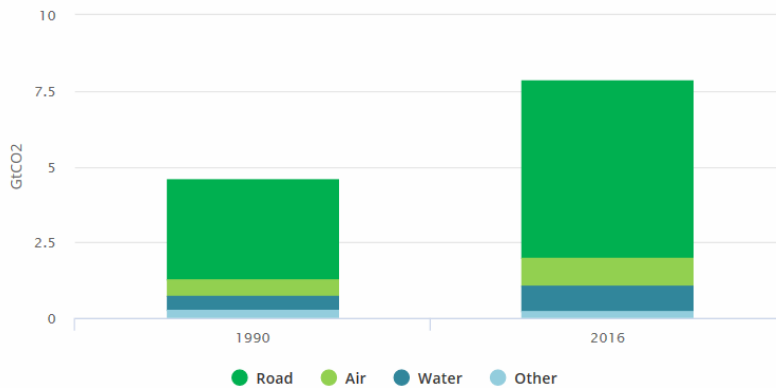


Abb. 8: Abbildung: anteilige weltweite Transport-CO₂-Emissionen. Quelle: <https://www.iea.org/statistics/co2emissions/>

Österreich:

Seit 1960 haben die Kohlendioxidemissionen regelmäßig im Vergleich zum Vorjahr zugenommen. Obwohl teilweise zwischen ein und vier Jahre lange Rückgänge zu erkennen sind, so ist doch eine allgemeine Zunahme bis zum Jahr 2005 ersichtlich (79,37 Mio. t). Seit 2005 haben die Emissionen um knapp 9,5 Mio. t abgenommen, jedoch ist ein neuerlicher kontinuierlicher Anstieg seit 2014 zu verzeichnen.

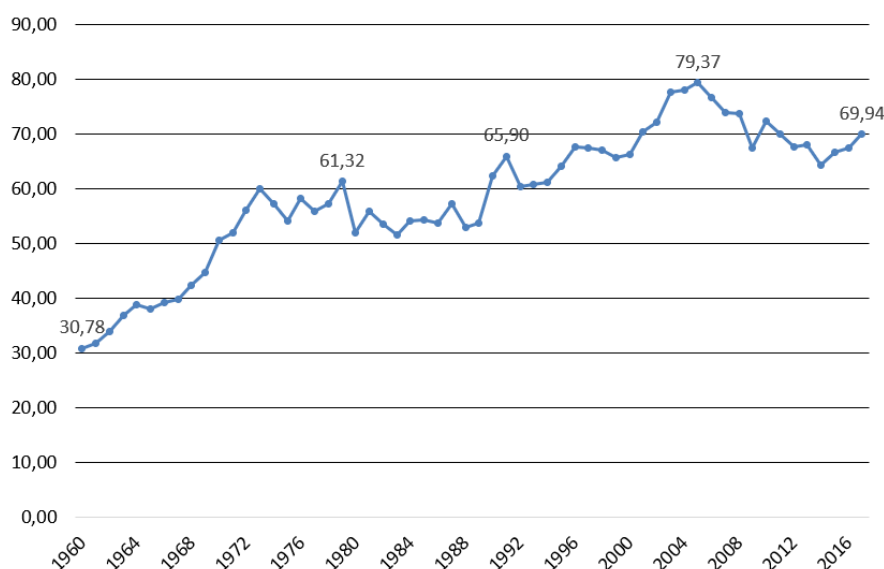


Abb. 9: CO₂-Emissionen in Österreich von 1960 – 2017 [Mio. t]. Quelle: <http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>

Im nachfolgenden Diagramm sind die Emissionszunahmen von CO₂ bei benzin- und dieselgetriebenen PKW im Zeitraum von 1990 bis 2016 in Österreich ersichtlich. Bei Diesel-PKW's ist ein negativer Trend erkennbar da die Emissionen stärker zunehmen als die Personenkilometer. Dies ist sowohl auf die gestiegene Anzahl an Neuzulassungen als auch auf die gestiegene Beliebtheit von SUVs und der damit verbundenen Zunahme an Gewicht und Leistungsfähigkeit des Motors zurückzuführen. Diese beiden Faktoren tragen maßgeblich zu Emissionsmengen bei. Zusätzlich hat sich der Besetzungsgrad von PKW zwischen 1990 und 2016 von 1,4 auf 1,2 Personen/PKW verringert.

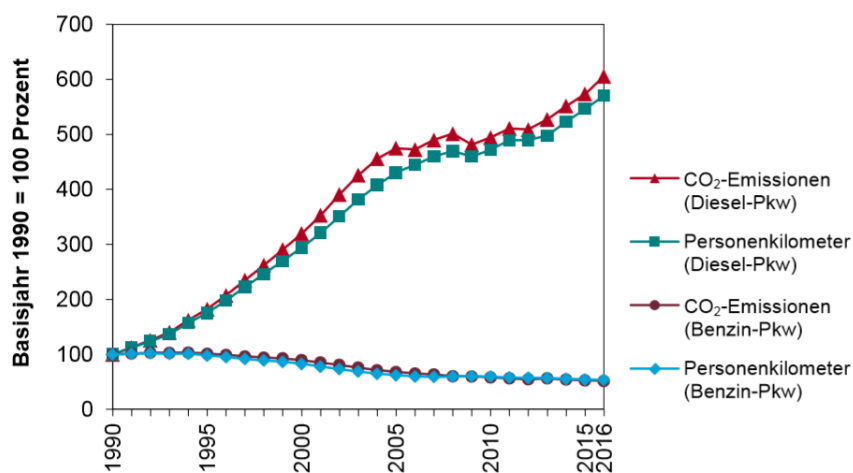


Abb. 10: Kohlendioxidemissionen des Personenverkehrs, Personenkilometer exklusive Kraftstoffexport. Quelle: Umweltbundesamt – Klimaschutzbericht 2018

3.2.4 Auswirkungen auf den Menschen

Kohlendioxid kommt in der Luft so wie wir sie heutzutage kennen in sehr geringen Mengen vor (ca. 380 ppm).

Der menschliche Körper benötigt Kohlendioxid für die Regelung des Stoffwechsels. Die Lungenbläschen spielen eine zentrale Rolle denn sie sind einerseits beim Einatmen dafür verantwortlich, dass lebensnotwendiger Sauerstoff durch deren Membranen ins Blut gelangt, andererseits gelangt durch die gleichen Membranen Kohlendioxid vom Blut in die Lungenbläschen und beim Ausatmen aus dem Körper.

Wenn nun jedoch die Kohlendioxidkonzentration in der Luft erhöht ist, so wird die Abgabe von Kohlendioxid aus dem Blut an die Lungenbläschen verringert was wiederum eine reduzierte Sauerstoffaufnahme zur Folge hat. Dieses Phänomen ist

unter dem Begriff „Vergiftung“ bekannt. Eine Anreicherung von Kohlendioxid im arteriellen Blut wird Hyperkapnie genannt.

Erste Auswirkungen einer erhöhten CO₂-Konzentration (ab ca. 1000 ppm) auf den menschlichen Körper sind unter anderem eine eingeschränkte Konzentrations- und Leistungsfähigkeit, eine Reizung der Atemorgane, Augenbeschwerden und erhöhter Puls. Bei zunehmender Belastung kann es zu Schwindel, Kopfschmerzen, Hörproblemen, Brechreiz und Durchblutungsstörungen im Gehirn kommen. Eine weitere Erhöhung von Kohlendioxid führt zu Krämpfen und Bewusstlosigkeit (ca. 100.000 ppm) beziehungsweise nach kurzer Zeit zum Tod (ca. 250.000 ppm).

Zu den möglichen Spätfolgen von chronischer Hyperkapnie zählen unter anderem eine verkürzte Lebenserwartung und eine Schwächung der Lungenleistung.

3.2.5 Auswirkungen auf die Umwelt

3.2.5.1 Auswirkungen auf Pflanzen

Kohlendioxid, welches in die Atmosphäre gelangt ist, ist nicht in der Lage, sich von allein abzubauen. Im Rahmen des Kohlenstoffkreislaufs wird das CO₂ entweder in Gewässern (z.B. Meere, Seen, etc.) gespeichert oder von grünen Pflanzen aus der Luft oder aus dem Wasser – z.B. Regenwasser - aufgenommen. Dabei wandeln sie das CO₂ in Kohlenhydrate um und erzeugen dabei Sauerstoff.

Es gibt viele wissenschaftliche Theorien, die besagen, dass die Kohlendioxidkonzentration wahrscheinlich bis zum Jahr 2050 auf über 550 ppm ansteigen wird. Daher liegt die Vermutung nahe, dass Pflanzen aufgrund der erhöhten Menge an vorhandenem CO₂ dieses verstärkt aufnehmen und somit schneller wachsen. Dies funktioniert zwar in Gewächshäusern („Düngungs-Effekt“), ist jedoch in der Natur bedeutend komplizierter da ebenso eine zusätzliche Menge an Bodennährstoffen, Wasser und Licht gewährleistet sein müssten. In Studien wurde nachgewiesen, dass Pflanzen unterschiedlich auf erhöhte CO₂-Belastung reagieren.

3.2.5.2 Auswirkungen auf Bäume und Wälder

Ebenso wie Pflanzen sind Bäume in der Lage, Kohlendioxid aufzunehmen. Aufgrund der Tatsache, dass Bäume den größten Anteil an der gesamten Biomasse haben, sind sie weltweit ein wichtiger und großer Kohlendioxidspeicher. Allerdings ist diese Speicherfähigkeit vielerorts stark gefährdet, da Wälder immer stärker durch

langanhaltende Hitzewellen und daraus resultierender Trockenheit, Waldbrände, immer stärker werdende Stürme bzw. Befall durch Schädlinge gefährdet werden. Der Verlust an CO₂-Speicherfähigkeit führt zu einer erhöhten CO₂-Konzentration in der Luft, dies wiederum zu einer schnelleren globalen Erwärmung was wiederum in noch stärkerer Schädigung von Wäldern resultiert. Ein Teufelskreislauf entsteht an dessen Ende Wälder sogar CO₂ emittieren, anstatt zu speichern.

In Österreich sind ca. 48% der Landesfläche Wälder mit einer jährlichen Wachstumsrate von ungefähr 3.400 ha. Während Nadelwälder rückläufig sind, hat die Anzahl an Laub- und Mischwäldern zugenommen. Diese sind im Vergleich zu Nadelwäldern auch resistenter gegen Schädlinge und den Klimawandel. Österreichs Wälder speichern umgerechnet 3,6 Milliarden Tonnen Kohlendioxidäquivalente, 40-mal mehr als der derzeitige Ausstoß in Österreich pro Jahr.

Der Klimawandel macht jedoch auch hier nicht halt. Im Jahr 2018 fielen ca. 920.000 Festmeter Schadholz an, ca. 220.000 Festmeter mehr als im Jahr zuvor. Zurückzuführen ist dies auf die Klimakrise (hohe Temperaturen und lange Trockenperioden), Sturmschäden und den Befall durch Borkenkäfer.

3.2.5.3 Auswirkungen auf die Weltmeere

Die Weltmeere sind einer der größten Kohlendioxidspeicher und können große Mengen an CO₂ und bis zu 10-mal mehr als Süßwasser aufnehmen. Ozeane reagieren träge bei der Aufnahme von CO₂ wodurch stets ein Ungleichgewicht zwischen Meer und Atmosphäre besteht. Durch die immer größer werdende Menge an aufgenommenem CO₂ besteht die Gefahr einer Versauerung der Ozeane und damit verbunden einer möglichen Gefährdung von Meereslebewesen.

3.2.5.4 Auswirkungen auf das Klima

Kohlendioxid ist eines der Spurengase in der Erdatmosphäre und ist hauptverantwortlich für die Entstehung von Treibhausgasen. Durch diese entsteht der – im Jahr 1824 von Joseph Fourier entdeckte – Treibhauseffekt.

Die Erde wird durch die Sonnenstrahlen, welche durch die Atmosphäre gelangen, aufgeheizt. Diese Wärme gibt die Erde wieder an die Atmosphäre ab, jedoch wird ein Teil davon auf die Erde zurückreflektiert. Dieser Effekt wird Treibhauseffekt genannt ist überlebensnotwendig, da dadurch die Erdoberfläche von -18 °C auf ungefähr +15 °C erwärmt wird.

Seit der Industrialisierung jedoch (ab ca. 1750) hat der Kohlendioxidanteil aufgrund anthropogener Umstände – vor allem Verbrennung fossiler Brennstoffe – in der Atmosphäre deutlich zugenommen und somit zu einem stärker werdenden Treibhauseffekt und einer daraus resultierenden globalen Erwärmung geführt.

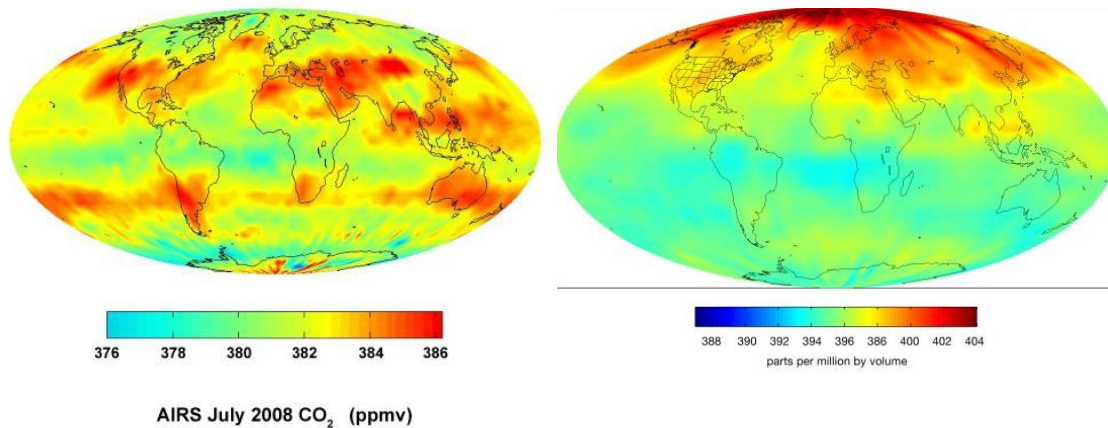


Abb. 11: CO₂-Gehalt in der Troposphäre in den Jahren 2008 (links) und 2013 (rechts) [ppmv]. Quelle: <https://photojournal.jpl.nasa.gov/instrument/Atmospheric%2BInfrared%2BSounder%2B%2528AIRS%2529>

Die Folgen der globalen Erwärmung sind vielfältig. So treten immer öfters Wetterextreme auf wie z.B. längere Hitze- oder Kältewellen, Überschwemmungen, Hurricanes, Stürme und Starkregen, die immer öfters großen Schaden verursachen und Menschen das Leben kosten.

Doch auch andere Phänomene wie rasch schmelzende Gletscher, steigende Meeresspiegel, verschobene Klima- und Vegetationszonen, die Ansiedlung von neuen Tier- und Pflanzenarten sowie Krankheiten aus anderen Klimazonen treten auf.

3.2.6 Grenzwerte

Um den ständig wachsenden Kohlendioxidemissionen Einhalt zu gebieten hat die EU im Juni 2000 ein der Überwachung der CO₂-Emissionen neuer Personenkraftwagen dienendes System beschlossen. Ziel ist es, die Selbstbindung von Autoherstellern besser überprüfen zu können. Seit 2000 sind die EU-Mitgliedstaaten verpflichtet, Daten hinsichtlich der jährlichen Neuzulassungen und CO₂-Emissionen zu erfassen und an die Europäische Kommission zu übermitteln. 2010 wurde das System adaptiert und verpflichtende Grenzwerte für Fahrzeughersteller definiert.

Im Zeitraum von 2012 bis 2015 durften die CO₂-Emissionen maximal 130 g/km betragen. Derzeit beträgt der Grenzwert 118,5 g/km.

Ab 2021 dürfen Neuwagen nur noch 95 g/km an CO₂-Emissionen aufweisen. Bei Nichteinhaltung dieses Grenzwertes müssen die Autohersteller pro Auto und pro Gramm über dem Grenzwert 95 Euro Strafe zahlen.

Ein weiteres Ziel ist es, bis zum Jahr 2025 bei neu zugelassenen PKWs und Vans eine Reduktion der Kohlendioxidemissionen um 15,0% und bis zum Jahr 2030 eine Reduktion um 35,0% gegenüber dem Wert von 2021 zu erreichen.

3.3 Stickstoffmonoxid (NO)

3.3.1 Zusammensetzung und Eigenschaften

Stickstoffmonoxid, auch als Stickstoffoxid bekannt, ist eine chemische Verbindung von einem Anteil Stickstoff und einem Anteil Sauerstoff. Die Summenformel von Stickstoffmonoxid lautet NO.

Stickstoffmonoxid tritt als farbloses und geruchloses, jedoch giftiges Gas auf.

1 ppm Stickstoffmonoxid entspricht ca. 1,25 mg/m³ unter Normbedingungen (20 °C, 1013 hPa). Die molare Masse von NO beträgt 30,01 g/mol und die Dichte 1,25 kg/m³. Der Schmelzpunkt von Stickstoffmonoxid liegt bei -164 °C und sein Siedepunkt bei -152 °C.

Zur Anwendung kommt Stickstoffmonoxid bei der Konfiguration von Messgeräten (als Prüfgas), der Nitriteherstellung und in der Medizin zur Behandlung von z.B. Bluthochdruck und Arteriosklerose.

3.3.2 Entstehung und Verweilzeit

Natürliche Quellen:

Stickstoffmonoxid kann sich bei Gewittern aufgrund von Blitzen bilden da die – neben Stickstoff und Sauerstoff – notwendige Temperatur von mehr als 1000 °C erreicht wird. Eine weitere Möglichkeit für Stickstoffmonoxidbildung sind denitrifizierende Pflanzen und Mikroorganismen.

Anthropogene Quellen:

NO entsteht in Verbrennungsmotoren bei hohen Verbrennungstemperaturen. 90% des Kohlenstoffmonoxids in der Nordhalbkugel resultiert aus anthropogenen Quellen.

Die Verweilzeit von Stickstoffmonoxid in der Atmosphäre beträgt wenige Tage.

3.3.3 Entwicklung über die letzten 28 Jahre

Da Stickstoffmonoxid primär aus anthropogenen Quellen stammt und dieser sehr rasch in der Atmosphäre zu Stickstoffdioxid oxidiert und sich ein NO-NO₂ Gleichgewicht einstellt, gibt es keine Statistiken, die nur die Konzentration von Stickstoffmonoxid im Laufe der Zeit dokumentieren. Daher wird eine zusammengefasste Statistik (NO inkl. NO₂) im Kapitel Stickstoffdioxid angeführt.

3.3.4 Auswirkungen auf den Menschen

Stickstoffmonoxid spielt eine wesentliche Rolle im menschlichen Körper. Durch NO wird Blutgerinneln entgegengewirkt, Blutgefäße werden erweitert bzw. die glatte Muskulatur wird entspannt. Im Jahr 1998 wurde der Nobelpreis für Physiologie und Medizin für die bedeutende Rolle von NO im menschlichen Körper an Ferid Murad, Robert Furchgott und Louis J. Ignarro verliehen.

Es gibt keinerlei Studien, die belegen, was für Auswirkungen Stickstoffmonoxid bei einer chronischen Exposition hat. Ebenso wenig gibt es derzeit Hinweise auf Kanzerogenität.

3.3.5 Auswirkungen auf die Umwelt

Über die Auswirkungen auf die Umwelt von Stickstoffmonoxid allein gibt es nur sehr geringe Unterlagen, da Stickstoffmonoxid sehr schnell zu Stickstoffdioxid oxidiert und zumeist nur in Kombination mit diesem auftritt. Nichtsdestotrotz ist NO Bestandteil von Smog und saurem Regen.

3.3.6 Immissionsgrenzwert

Für Stickstoffmonoxid gibt es keinen Grenzwert, da es sehr rasch zu Stickstoffdioxid oxidiert und sich ein Gleichgewicht einstellt.

3.4 Stickstoffdioxid (NO₂)

3.4.1 Zusammensetzung und Eigenschaften

Stickstoffdioxid, auch Nitrogendioxid bzw. Stickstoffperoxid genannt, ist eine chemische Verbindung von einem Anteil Stickstoff und zwei Anteilen Sauerstoff. Die Summenformel von Stickstoffdioxid lautet NO₂.

NO₂ ist ein giftiges, rötlich braunes Gas mit einem Chlor ähnelnden stechenden Geruch, welches den Stickoxiden zugeordnet wird.

1 ppm Stickstoffdioxid entspricht ca. 1,91 mg/m³ unter Normbedingungen (20 °C, 1013 hPa). NO₂ hat eine molare Masse von 46,01 g/mol und eine Gasdichte von 3,66 kg/m³. Der Schmelzpunkt beträgt -11,2 °C und der Siedepunkt 21,2 °C.

Stickstoffdioxid kommt in der Chemie zum Beispiel bei der Salpetersäureproduktion zum Einsatz oder auch als nichtwässriges Lösungsmittel.

3.4.2 Entstehung und Verweilzeit

Natürliche Quellen:

Natürliche Quellen von Stickstoffdioxid sind Gewitter, bei denen Stickstoffmonoxid gebildet wird, welches mit dem Sauerstoff in der Luft zu Stickstoffdioxid oxidiert bis sich ein Gleichgewicht einstellt. NO₂ wird auch von den im Erdreich vorhandenen Mikroorganismen synthetisiert. Eine weitere natürliche Quelle für NO₂ sind Vulkanausbrüche.

Anthropogene Quellen:

Die primäre anthropogene Quelle für Stickstoffdioxid ist die Verbrennung von fossilen Brennstoffen (Öl, Kohle und Gas), wobei vor allem der Verkehrssektor von großer Bedeutung ist. Weitere Quellen sind Kohle- und Gaskraftwerke sowie Heizkessel in Privathaushalten.

Stickstoffmonoxid reagiert in Erdnähe mit Ozon und oxidiert zu NO₂. Gleichzeitig bildet sich aber auch mit Hilfe von ultravioletter Strahlung aus Stickstoffdioxid wieder Stickstoffmonoxid; es entsteht ein Gleichgewicht. Aus diesem Grund werden NO und NO₂ oft zu NO_x zusammengefasst.

Je höher die Temperatur ist, umso weniger reagiert Stickstoffmonoxid mit Sauerstoff. Bei Temperaturen zwischen 200 und 300 °C entsteht die höchste Konzentration an NO₂, ab ca. 600 – 700 °C geht die Menge zurück auf 0,15 – 1,8 ppm.

Die Verweilzeit von NO₂ in der Atmosphäre beträgt zumeist ca. 5 – 7 Tage.

3.4.3 Entwicklung über die letzten 28 Jahre

Europäische Union:

In der EU haben die NO_x-Emissionen im Zeitraum von 1990 bis 2016 kontinuierlich abgenommen. Obwohl die größte Reduktion im Straßenverkehr erfolgte, ist im nachfolgenden Diagramm ersichtlich, dass noch immer der Straßenverkehr der größte Verursacher von NO_x-Emissionen ist, gefolgt von Energieproduktion und Haushalten.

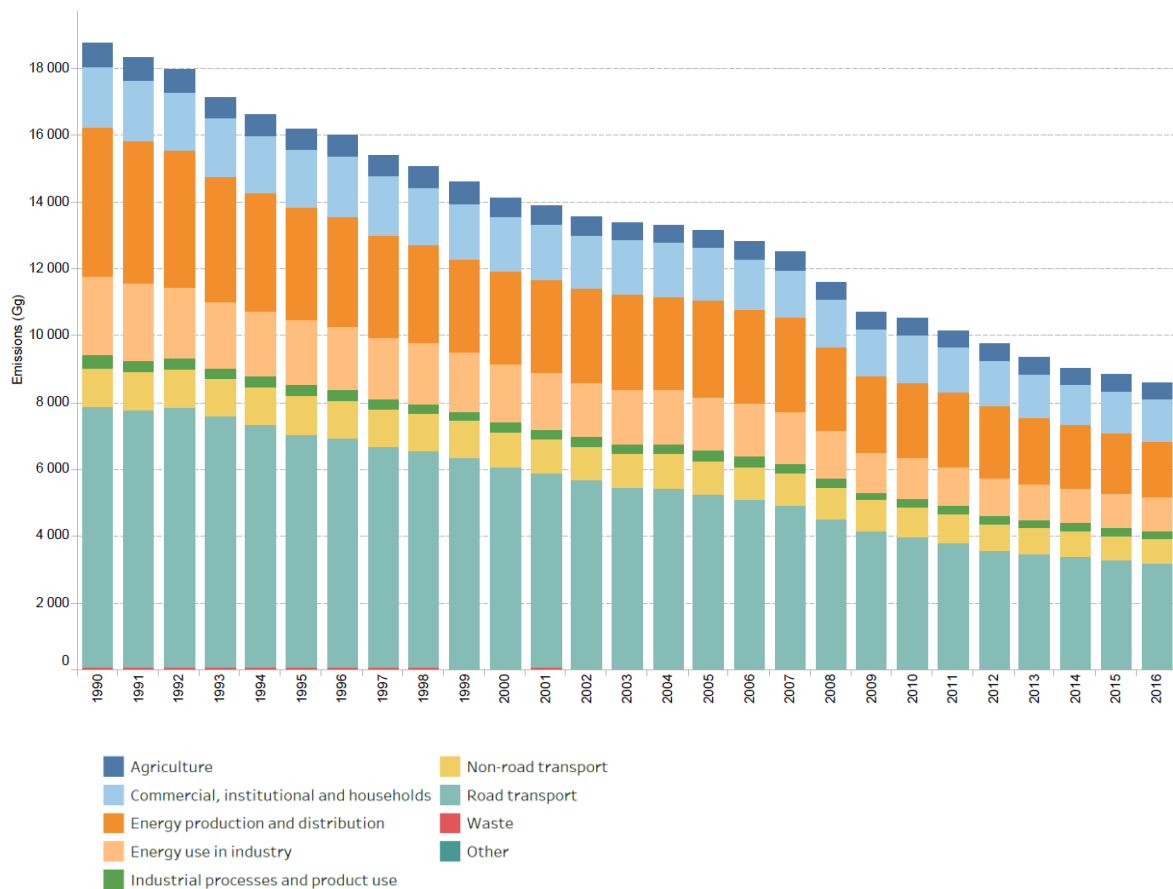


Abb. 12: NO_x-Emissionen in der EU zwischen 1990 und 2016 [Gg]. Quelle: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-pollutant-emissions-data-viewer-1>

Österreich:

Im Zeitraum von ca. 1985 bis 1993 gingen die NO_x-Emissionen aufgrund des Dreiwegekatalysators bei benzingetriebenen PKW stark zurück (von 200.000 Tonnen auf ca. 180.000 Tonnen).

Von 1990 bis 2016 ist in Österreich ein Rückgang von Stickoxidemissionen um 30% auf 154.300 Tonnen zu verzeichnen, was einen Rückgang um 3,1% zum Vorjahr bedeutet. Exklusive der NO_x-Emissionen bedingt durch Kraftstoffexport

(Treibstoffmengen, die im Fahrzeugtank exportiert werden), reduzieren sich die Emissionen auf 139.600 Tonnen.

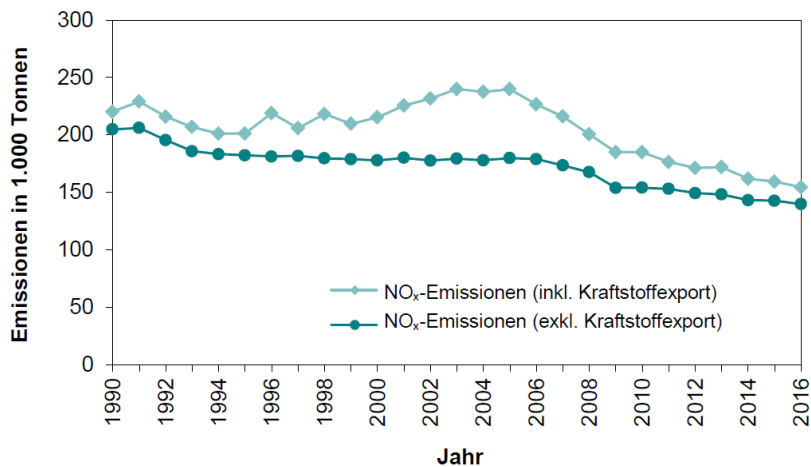


Abb. 13: NO_x-Emissionen in Österreich zwischen 1990 und 2016 [1000 t]. Quelle: Umweltbundesamt – Emissionstrends 1990-2016: Ein Überblick über die Verursacher von Luftschadstoffen in Österreich (Datenstand 2018)

Primär zurückzuführen ist die Abnahme der NO_x-Emissionen seit dem Jahr 2005 auf Innovationen und Technologiefortschritte in der Automobilierteilung, vor allem bei schweren Nutzfahrzeugen konnten größere Reduktionen erzielt werden, aber auch bei LKWs und PKWs mit Benzinantrieb konnten die Emissionen reduziert werden.

Auch in anderen Bereichen gab es Emissionsrückgänge, so unter anderem in der Industrie (krisenbedingt in den Jahren 2008 bis 2009), im Kleinverbrauch (bedingt durch milde Winter und daraus resultierend weniger Heiztage), der Landwirtschaft und auch im Energieversorgungssektor.

Lediglich im Jahr 2010 ist eine Zunahme an NO_x-Emissionen gegenüber dem Vorjahr festzustellen. Dies lässt sich mit einem längeren Winter und dem wirtschaftlichen Aufschwung in diesem Jahr begründen.

In Österreich war im Jahr 2016 der Verkehrssektor verantwortlich für ca. die Hälfte aller NO_x-Emissionen, mit größerem Abstand gefolgt von Industrie (20,9%) und der Landwirtschaft (12,2%).

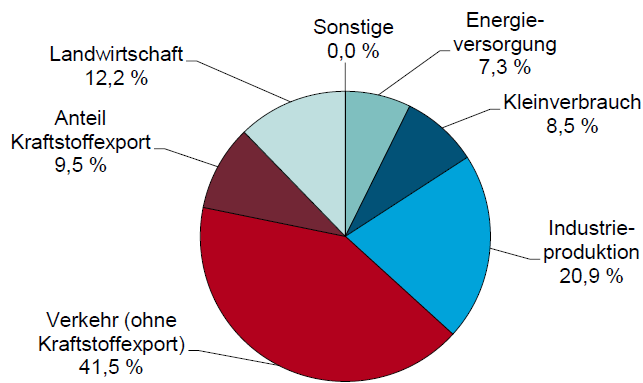


Abb. 14: NO_x-Verursacher im Jahr 2016. Quelle: Umweltbundesamt – Emissionstrends 1990-2016: Ein Überblick über die Verursacher von Luftschadstoffen in Österreich (Datenstand 2018)

Die Stickstoffdioxid-Belastung nahm zwischen den Jahren 1998 und 2016 im Mittel um ca. 27% ab, anfangs ähnlich stark wie NO_x, zwischen 2000 und 2006 war jedoch – im Gegensatz zum NO_x – wieder eine Zunahme von NO₂ zu verzeichnen. Seit 2006 ist wieder eine, wenn auch unregelmäßige, Abnahme der NO₂-Konzentration zu beobachten.

3.4.4 Auswirkungen auf den Menschen

Atmet man Stickstoffdioxid in größeren Mengen ein, so stellen sich zunächst Gleichgewichtsstörungen und Kopfschmerzen ein, die etwas später zu Atemnot und Lungenödemen führen. Lungenödeme können auch noch mit einer Latenzzeit von 24 Stunden auftreten.

Bei einer längerfristigen Einwirkung von 1 ppm kommt es bereits zu Atemwegsproblemen und eingeschränkter Vitalkapazität.

Ab einer Konzentration von 10 ppm entsteht eine Reizung der Augenschleimhäute, 25 ppm führen zu Brustschmerzen und eingeschränkter Atmungsfähigkeit. Bereits bei 50 ppm kommt es mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einem Lungenödem und chronischen Lungenschäden, ab ca. 100 ppm droht ein letales Lungenödem.

Als mögliche Langzeitfolgen steht Stickstoffdioxid im Verdacht, unter anderem Asthma, chronischen Husten, Lungenkrebs, Missbildungen bei Babys bzw. eine verminderte Zeugungsfähigkeit zu verursachen.

Allein in der EU sind im Jahr 2015 über 76.000 Menschen vorzeitig aufgrund der NO₂-Belastung gestorben.

3.4.5 Auswirkungen auf die Umwelt

Auswirkungen auf Pflanzen:

Sehr viele Pflanzen sind nicht immun gegen Stickstoffdioxid. Folgen davon können reduziertes Blattwachstum, verfrühtes Altern, geringere Erntemengen und reduziertes Trockengewicht sein.

Auswirkungen auf Bäume / Wälder:

Die Auswirkungen von Stickstoffdioxid auf Bäume sind katastrophal. Bei einer erhöhten NO₂-Konzentration haben Bäume zwar ein schnelleres aber zugleich auch gesundheitsschädigendes Wachstum, keine robusten Nadeln bzw. Blätter, eine erhöhte Anfälligkeit für Schädlingsbefall, eingeschränkte Stabilität und eine reduzierte Holzdichte. All dies führt dazu, dass Bäume vorzeitig knicken bzw. brechen.

Zusätzlich trägt Stickstoffdioxid zum sauren Regen bei und mindert die Qualität von Gewässern und Böden (Versauerung).

Auswirkungen auf das Klima:

Durch Stickstoffdioxid ist in Bodennähe meist mit erhöhten Ozonwerten zu rechnen. Aufgrund ultravioletter Strahlung zerfällt es in Bodennähe in atomaren Sauerstoff und NO. Der atomare Sauerstoff reagiert mit Sauerstoff und bildet Ozon, welches wiederum mit Stickstoffmonoxid reagierend Stickstoffdioxid bildet. Dadurch entsteht ein Gleichgewicht.

Stickstoffdioxid beeinflusst nicht nur sowohl die Ozonkonzentration in der Troposphäre als auch die Atmosphärenchemie, es ist auch neben Kohlendioxid und Methan eines der wichtigsten anthropogenen Treibhausgase.

3.4.6 Immissionsgrenzwerte

In der EU beträgt seit 2008 der Jahresmittelwert an NO₂-Immissionen 40 µg/m³ und der Einstundenmittelwert 200 µg/m³, welcher pro Jahr maximal 18 Mal überschritten werden darf. Diese Grenzwerte wurden von der EU-Kommission auf Empfehlung der WHO (Weltgesundheitsorganisation) vorgeschlagen und von allen EU-Mitgliedsstaaten in nationales Recht übernommen.

In Österreich sind die Stickstoffdioxidgrenzwerte wie folgt definiert: Der Halbstundenmittelwert beträgt 200 µg/m³, der Jahresmittelwert 30 µg/m³ (35 µg/m³ inkl. der Toleranzmarge).

Der Alarmwert (zum Schutz der menschlichen Gesundheit) ist bei NO₂ mit 400 µg/m³ als gleitender Dreistundenmittelwert festgelegt, der Zielwert (zum Schutz der menschlichen Gesundheit) mit 80 µg/m³ als Tagesmittelwert. Zum Schutz von Vegetation und Ökosystemen gilt ein Grenzwert von 30 µg/m³ NO_x.

Im Jahr 2017 wurden Überschreitungen dieser Grenzwerte meist entlang von Autobahnen, bei stark befahrenen Straßen bzw. im dichtverbauten Stadtgebiet (z.B. Wien, Salzburg, Graz, Linz oder Innsbruck) festgestellt, lediglich der Alarmwert wurde in ganz Österreich durchgängig nicht überschritten.

Eigentlich sollten Fahrzeuge der Euro 6 Abgasnorm der aktuelle Stand der Technik sein. Dies ist jedoch leider nicht der Fall wie die nachstehende Grafik zeigt. Fiat & Suzuki, Renault (inklusive Dacia und Nissan), Opel-Vauxhall, Hyundai und Mercedes-Benz sind jene fünf Firmen, die die NO_x-Grenzwerte am meisten überschreiten.

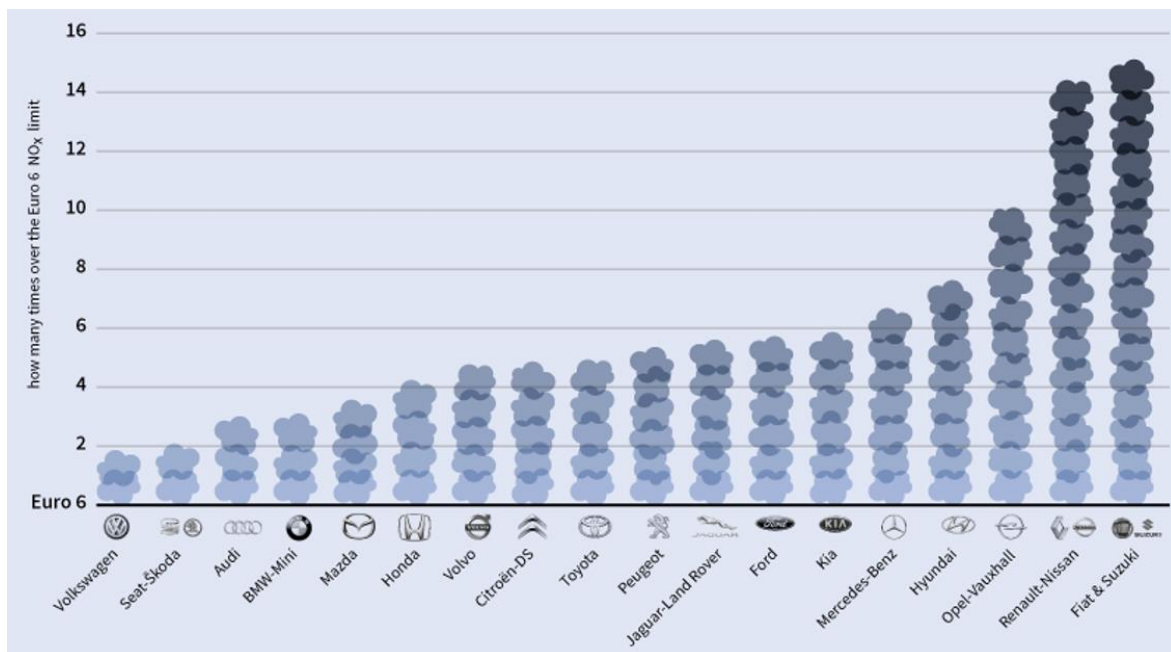


Abb. 15: Überschreitungsfaktor der zulässigen Euro 6 NO_x -Grenzwerte. Quelle: Transport & Environment – Dieselgate: Who? What? How? (2016)

4 Der Einfluss verschiedener Betriebszustände auf das Abgasverhalten

4.1 Ottomotor

Bis ein Ottomotor nach dem Kaltstart seine Betriebstemperatur erreicht hat, entstehen sehr große Mengen an Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen währenddessen die Stickstoffoxidemissionen in diesem Zeitraum vergleichsweise niedrig bleiben. Dies ist auf die niedrigen Motortemperaturen zurückzuführen, was in einer zu geringen Menge an verdampftem Treibstoff im Zylinder und Quench-Effekten (die Flamme erlischt in wandnahen Grenzschichten durch Abkühlung) resultiert. Mit zunehmender Motorwärme werden die Stickstoffoxidemissionen mehr, während hingegen die Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen zurückgehen.

Ottomotoren, die mit einem Vergaser mit Beschleunigungspumpe ausgestattet sind, erzeugen bei Beschleunigungsvorgängen verstärkt Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoff und Stickstoffoxide da während der Beschleunigung das magere Treibstoffgemisch angefettet wird, um mehr Motorleistung zu erreichen.

Auf Gefällestrecken bilden sich bei einem Ottomotor erhöhte Abgasmengen (Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoff), welche sich auf ein überfettetes Treibstoffgemisch zurückführen lassen.

4.2 Dieselmotor

Der Kaltstart eines Dieselmotors ist hinsichtlich der Abgase weniger problematisch als der von einem Ottomotor denn nur jene Treibstoffmenge, die auf die noch kalten Brennraumwände gelangt und während der Verbrennung nicht schnell genug verdampfen kann, ist von Bedeutung. Gemeinsam mit dem Quench-Effekt entstehen erhöhte Kohlenwasserstoffabgase, die jedoch mit zunehmender Betriebstemperatur rasch weniger werden.

Während Beschleunigungsvorgängen kommt es – ähnlich wie bei Ottomotoren – auch bei Dieselmotoren zu erhöhten Schadstoffemissionen. Speziell bei abgasturboaufgeladenen Motoren gelangt aufgrund einer zu geringen Menge an Abgasen und der Eigenträgheit des Turboladers nicht ausreichend Luft in den Zylindern

wodurch es zu einem falschen Verhältnis von Treibstoff und Luft kommt. Dies hat meist erhöhte Kohlenwasserstoff- und Rußemissionen zur Folge.

Bei Dieselmotoren entsteht auf Gefällestrecken – im Gegensatz zu Ottomotoren – keine erhöhten Abgasmengen.

5 Auswirkungen von Abgasen auf Kinder, SeniorInnen und AutofahrerInnen

5.1 Kinder

Kinder leiden besonders unter den Auswirkungen von KFZ-Abgasen. Aufgrund von geringerer Körpergröße, noch nicht voll entwickelten Körperorganen (z.B. Lunge) und einem erst im Laufe der Zeit stärker werdenden Immunsystem, haben Abgase um bis zu 33% größere Auswirkungen auf Kinder.

Die Auswirkungen fangen bereits vor der Geburt von Kindern an (erhöhtes Risiko einer Frühgeburt, einer eingeschränkten Lungenfunktion bzw. geringes Geburtsgewicht). Wachsen Kinder unter einer ständigen Abgasbelastung heran, leiden sie öfters an Husten bzw. Bronchitis und es wächst die Gefahr, dass sich asthmaähnliche Symptome entwickeln bzw. sich die Lunge suboptimal entwickelt. Ebenso steigt das Risiko einer bakteriellen Lungenentzündung. Entlang von stark frequentierten Straßen wurde ein erhöhtes Risiko an Leukämie zu erkranken festgestellt.

Die Langzeitfolgen bei Kindern, die einer erhöhten Abgaskonzentration exponiert sind, können Asthma sein, beeinträchtigtes Wachstum, Gehirnschäden, vermehrte Krankenhausaufenthalte und eine höhere Sterblichkeitsrate.

5.2 SeniorInnen

Auch SeniorInnen leiden unter einer erhöhten KFZ-Abgaskonzentration. Mögliche Auswirkungen sind eine schnellere Abnahme des Lungenvolumens, Bluthochdruck, erhöhte Anfälligkeit für Asthma und Lungenerkrankungen und ein höheres Schlaganfall- und Herzinfarkttrisiko.

5.3 AutofahrerInnen

Wenn man glaubt, dass man als aktiver AutofahrerInnen KFZ-Abgasen weniger exponiert ist als z.B. ein Fußgänger / eine Fußgängerin, so irrt man sich. AutofahrerInnen sind KFZ-Abgasen um einen wesentlich höheren Faktor ausgesetzt.

Dies geschieht einerseits durch Verdunstungen, die aus dem Tank- bzw. Motorbereich durch Klimaanlage bzw. Lüftung in das Wageninnere gelangen bzw. durch Fahrzeuge, die im Stau oder an einer roten Ampel direkt vor einem stehen.

Um sich ein Bild von der Belastung im Auto machen zu können, sei an dieser Stelle eine Studie und eine Dissertation erwähnt.

In einer Studie vom Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg wurde im Raum Düsseldorf die Abgaskonzentration im Wageninneren mit Werten von Messstationen und den zulässigen Grenzwerten verglichen. Während bei Messstationen in Düsseldorf Stickstoffdioxidwerte zwischen 24 und 92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen wurden, ergaben die Messungen im Autoinneren zwischen 117 und 447 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Somit ergibt sich, wenn man den Grenzwert in Deutschland von maximal 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an NO_2 -Immissionen im Jahresmittel berücksichtigt, eine Überschreitung im Wageninneren um das ca. 3- bis 11-fache. Seitens WHO wird bei einer Exposition von ca. 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auf bemerkbare Auswirkungen hingewiesen.

In seiner Dissertation „Belastungen des Menschen im und durch das Verkehrssystem – dargestellt anhand ausgewählter Luftschadstoffkomponenten“ aus dem Jahr 1994 hat Ao. Univ. Prof. DI Dr. techn. Thomas Macoun unter anderem ebenfalls Untersuchungen bezüglich der Schadstoffbelastung im Wageninneren durchgeführt (differenziert nach Abgaskomponenten bzw. nach Freiland- bzw. Stadtfahrt).

Ebenso wie bei der Studie der Universität Heidelberg konnte auch Ao. Univ. Prof. DI Dr. techn. Thomas Macoun im Rahmen seiner Dissertation bei Abgasen einen Immissionsunterschied zwischen Wageninneren und „Außenwelt“ feststellen. Während z.B. der Durchschnittswert für Kohlenmonoxid in Österreich bei ca. 1,02 ppm betrug, wurden im Wageninneren Werte im Bereich von 1,7 ppm (Bundesstraßen im Freiland) bis hin zu 7,3 ppm (Stadtgebiet) gemessen, in Extremfällen sogar bis zu 15 ppm (Fahrt auf Autobahn im Freilandgebiet während LKW-Verkehr). Ähnlich hohe Werte konnten auch bei Stickstoffdioxid festgestellt werden. Der Durchschnittswert lag bei 0,0186 ppm währenddessen im Autoinneren (bei Fahrten auf der Autobahn) eine Belastung von ca. 0,033 ppm bis hin zu 0,065 ppm gemessen werden konnte. Somit ergeben sich Überschreitungen bei Kohlenmonoxid mit einem Faktor von ca. 1,7 bis 7,1 und bei Stickstoffdioxid mit einem Faktor von ca. 1,8 bis 3,5.

6 Auswirkungen von Abgasen auf die Umwelt

Kohlenstoffdioxid hat nicht nur direkte Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt, es wirkt auch als Treibhausgas und trägt somit zum Klimawandel bei.

In der nachfolgenden Grafik sind die weltweiten Auswirkungen des Klimawandels dargestellt. Es wird ersichtlich, dass weltweit sämtliche Nationen auf die eine oder andere Art und Weise davon betroffen sind.

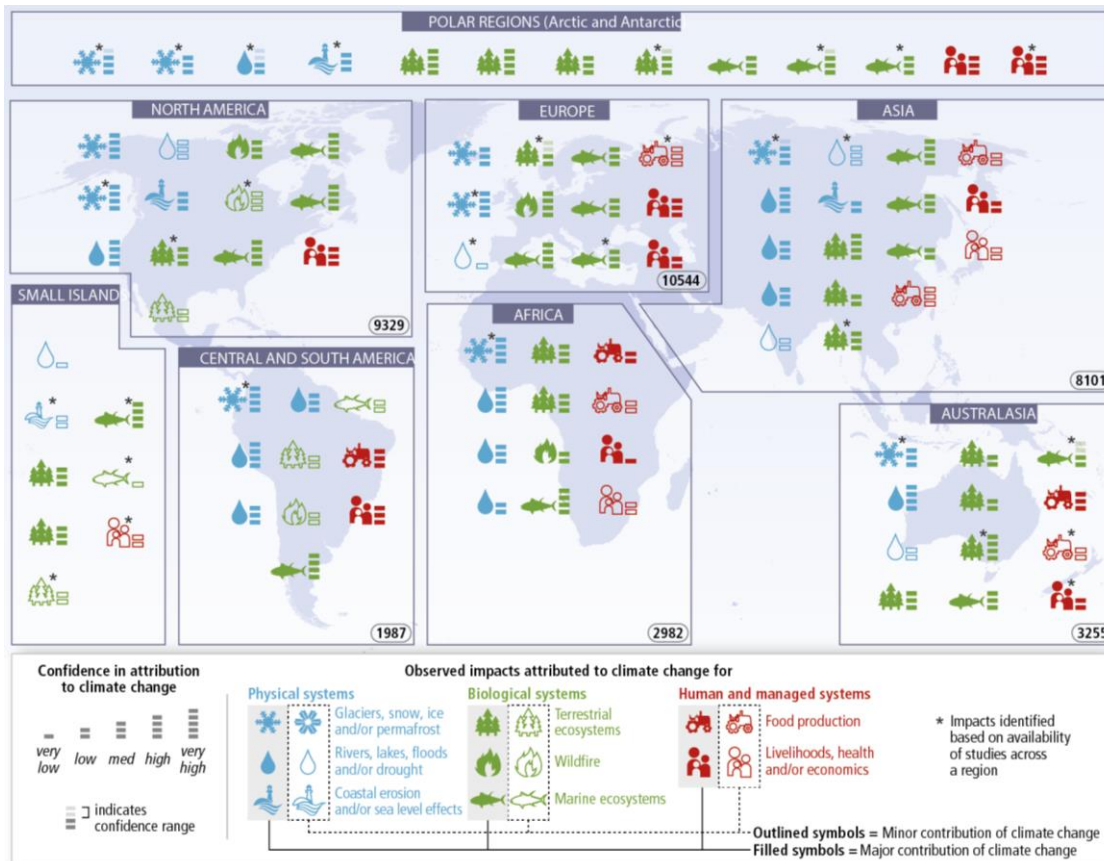


Abb. 16: Abbildung: weltweite Auswirkungen des Klimawandels. Quelle: IPCC – Climate Change 2014 Synthesis Report (2014)

6.1 Temperaturänderungen global

Der Weltklimarat (IPCC) hat in seinem „Climate Change 2014 Synthesis Report“ aus dem Jahr 2014 zwei „repräsentative Konzentrationspfade“ (RCPs), die von selbstständigen Wissenschaftlern erstellt wurden, hinsichtlich der Erhöhung der Oberflächentemperatur miteinander verglichen (siehe nachfolgende Abbildung). Während der Konzentrationspfad RCP2.6 von 9 Milliarden Menschen auf der Erde gegen Ende des Jahrhunderts ausgeht, geht RCP8.5 von ca. 12 Milliarden Menschen aus. Aufgrund dieses Unterschieds ergeben sich in den zwei Szenarien

unterschiedlich große Mengen an Treibhausgasen (400 ppm (RCP2.6) gegenüber 1370 ppm (RCP8.5) CO₂-Äquivalenz), die unterschiedlich stark den Klimawandel bis zum Ende des Jahrhunderts beeinflussen.

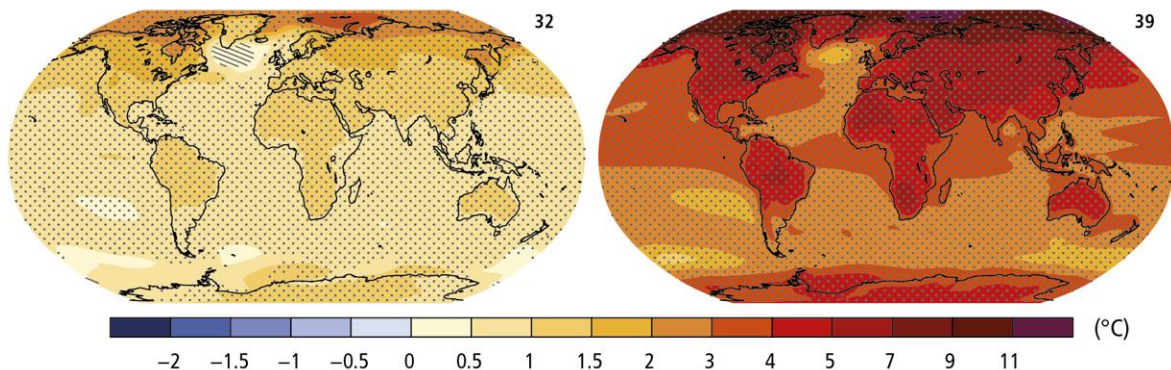


Abb. 17: geschätzte Erhöhung der durchschnittlichen Oberflächentemperatur im Zeitraum von 2081 – 2100 bezogen auf den Mittelwert des Zeitraumes 1986 – 2005: RCP2.6 Modell (linkes Bild), RCP 8.5 Modell (rechtes Bild). Quelle: IPCC – Climate Change 2014 Synthesis Report (2014)

6.2 Temperaturänderungen Österreich

Im Sommer 2018 wurde in Wien mit 41 Tropennächten (Nächte, in denen die Temperatur nicht unter 20 °C sinkt) ein neuer nationaler Rekord aufgestellt. Zugleich war es der viertwärmste Sommer in Wien seit über 250 Jahren.

Solche extremen Hitzeperioden setzen älteren Menschen zu, denn bei zu geringer Flüssigkeitszufuhr kommt es zu einer starken Belastung innerer Organe und des Herz-Kreislauf-Systems, was bis zu Nierenversagen führen kann. Auch AllergikerInnen sind zusätzlichen Belastungen ausgesetzt, da sich die Pollenflugsaison verlängert und somit Allergien verstärkt.

Doch nicht nur der Mensch wird durch solche Wetterextreme gefährdet, auch die Natur. So fangen Bäume aufgrund von Wasserknappheit verfrüht an ihre Blätter abzuwerfen. Des Weiteren sind sie wesentlich anfälliger für Schädlings- und Pilzbefall. In der Landwirtschaft kommt es aufgrund von längeren Hitzewellen verstärkt zu Ernteaussfällen.

Auch der Tourismus spürt die Auswirkungen des Klimawandels. Gletscher schmelzen kontinuierlich, Skiregionen müssen immer öfters auf Schneekanonen zurückgreifen bzw. werden in näherer Zukunft im Winter schneelos sein.

Pflanzen und Tiere, die sich bisher in unseren Regionen aufgrund widriger Klimaverhältnisse nicht ansiedeln konnten, finden plötzlich neue Lebensräume. Aber

auch tropische Krankheitserreger verbreiten sich aufgrund des Klimawandels zusehends.

6.3 Ozonbelastung und UV-Strahlung

Aufgrund häufigerer und längerer Hitzewellen kommt es in der Troposphäre auch verstärkt zu Ozonbildung. Ozon gelangt beim Menschen in die Lunge und führt z.B. zu Atem- und Kreislaufbeschwerden, starkem Kopfweh, tränenden Augen sowie einer Reizung der Schleimhäute. Betroffen davon sind sowohl Kinder als auch Menschen, die sich aufgrund von Sport oder Arbeit länger im Freien körperlich anstrengen sowie Menschen mit eingeschränkter Atemwegs- oder Herz-Kreislauf-Funktion.

Auch Pflanzen werden von Ozon beeinträchtigt. Eine Reduktion der Photosynthese führt zu eingeschränktem Wachstum und frühzeitigem Verlust von Blättern bzw. Nadeln.

Bis vor nicht allzu langer Zeit nahm die Ozonschicht in der Stratosphäre ab. Seitdem jedoch FCKW-haltige Substanzen verboten wurden, regeneriert sich die Ozonschicht in der Stratosphäre unterschiedlich schnell aufgrund des Klimawandels. Erhöhte UV-Strahlung kann zu Hautkrebs führen. In Österreich sind höher gelegene Regionen von einem erhöhten Hautkrebsrisiko betroffen.

6.4 Wasserressourcen:

Wasser ist weltweit eines der wertvollsten Güter, da der menschliche Körper zu 70 Prozent aus Wasser besteht und täglich auf Wasser angewiesen ist. Wird der durch Schwitzen, Verdauung, Urin und Atmung verursachte tägliche Wasserverlust (ca. 1,5 Liter) nicht ausgeglichen, so hat dies unter anderem Auswirkungen auf die Gedächtnisleistung, die Blutgerinnung, den Stoffwechsel, die Hautelastizität und das Immunsystem.

Obwohl im Sommer 2010 von den Vereinten Nationen das Recht auf Zugang zu sauberem Wasser als Menschenrecht anerkannt wurde, ist ein Zugang zu sauberem Wasser in vielen Ländern noch nicht gegeben. Fast die Hälfte der Weltbevölkerung lebt in Ländern, in denen nicht das ganze Jahr über die Wasserversorgung durchgängig aufrechterhalten werden kann. Schätzungen gehen davon aus, dass davon bis 2050 knapp 5,7 Milliarden Menschen weltweit betroffen sein werden. Dies

verdeutlicht auch die nachfolgende Abbildung. Sobald die Wasserentnahmen einen gewissen Prozentsatz der Ressourcen überschreiten, spricht man von Wasserstress. Je größer der Wasserstress in einem Land ist, umso anfälliger ist es bei einer plötzlichen Wasserknappheit.

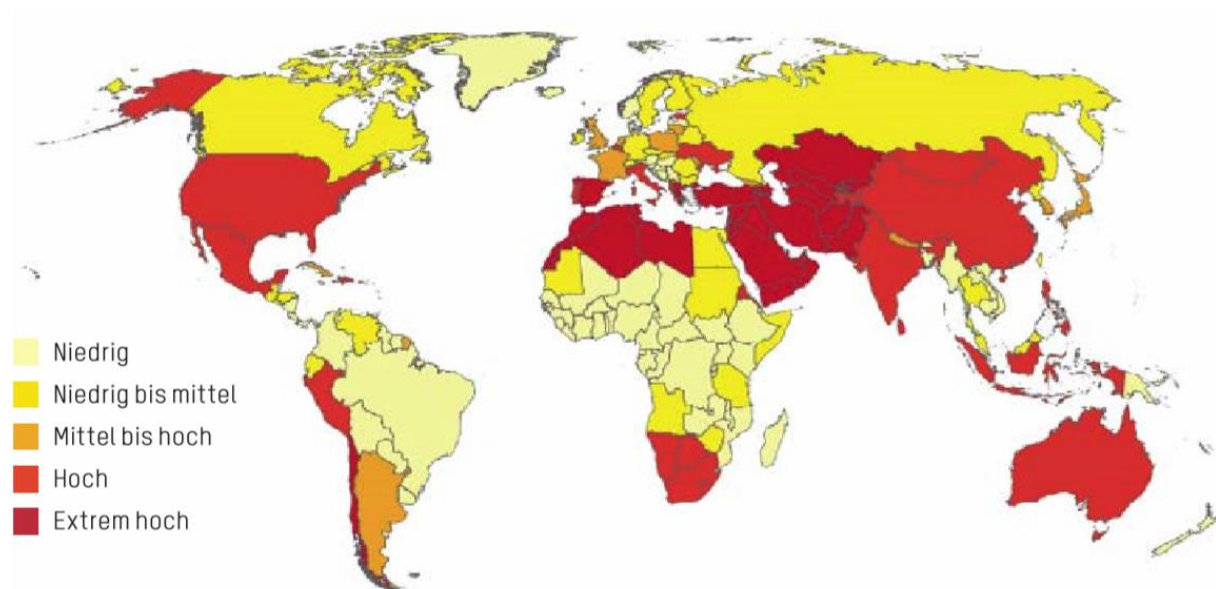


Abb. 18: globaler Wasserstress im Jahr 2040 bei einer Klimaerwärmung um 4 °C. Quelle: Oxfam Deutschland – Wasserkrisen durch Klimawandel

Die in Kapitel 6.1 beschriebenen repräsentativen Konzentrationspfade (RCP2.6 und RCP8.5) haben auch hinsichtlich der Wasserressourcen große Auswirkungen, da beim RCP8.5-Pfad, der von einer Bevölkerung von 12 Milliarden ausgeht, um ca. 30 Prozent mehr Wasser für die Nahrungsmittelproduktion aufgewendet werden muss als beim RCP2.6-Pfad.

Die Prognose RCP8.5 bedeutet somit einen großen Zuwachs an CO₂-Emissionen was zwangsläufig zu großen Veränderungen im Wasserkreislauf und einer Veränderung auf das Management der verfügbaren Wasserressourcen führen würde. Da dies weitreichende Auswirkungen hätte, ist eine Reduktion der CO₂-Emissionen unabdingbar. So käme es zu einem geringeren Eingriff in den natürlichen Wasserkreislauf und somit zu mehr Sicherheit bezüglich der Verfügbarkeit von Wasserressourcen.

Nicht nur eine wachsende Weltbevölkerung und ein steigender Wasserkonsum, sondern auch der Klimawandel verschärfen diese Situation erheblich. Durch die Erwärmung der Erde kommt es zu einer Verschiebung von Klimazonen und

Jahreszeiten, wodurch die Intensität und Häufigkeit von Wetterextremen noch zusätzlich verstärkt werden. Orkane, Starkregen, erhöhte Hochwasser- und Murengefahr sowie rasch schmelzende Gletscher sind einige der immer häufiger auftretenden globalen Phänomene. Zusätzlich entstehen Gefahren wie zum Beispiel ausgedehnte Hitze- und Dürreperioden, daraus entstehenden Trinkwasserversorgungsprobleme, eine Erhöhung der Meeresspiegel oder Gletscherseen, die rasch an Volumen zunehmen und dadurch zur Gefahr für darunterliegende Täler werden.

Ziel ist es daher, Wasser so gut es geht zu speichern, um eine ganzjährige gleichmäßige Wasserversorgung sicherzustellen. Dies kann jedoch nur dann funktionieren, wenn Wasser zum Beispiel in den Einzugsgebieten gehalten und nicht verunreinigt wird. Um dies zu erreichen, müssen in diesen Gebieten Wälder (auch Auenwälder) geschützt, Ackerbau auf ungeeigneten Flächen vermieden und Feuchtgebiete erhalten werden. In Städten ist ein „rückhalten“ des Wassers auch möglich, jedoch müssten mehr wasserdurchlässige Beläge verwendet und größere Grünzonen geschaffen werden.

Doch nicht nur die Wasserspeicherung ist von großer Bedeutung, auch der steigende Wasserverbrauch spielt eine zentrale Rolle. Nur wenn es gelingt, diesen zu reduzieren kann eine nachhaltige Wasserversorgung gewährleistet werden. Reduktionsmaßnahmen in der Landwirtschaft sind zum Beispiel ein niedrigerer Wasserverbrauch in der Fleischproduktion oder effizientere Bewässerungssysteme. In Industriezweigen, wo Wasser oft als Kühlwasser verwendet wird, kann das Wasser – nachdem es abgekühlt ist – in den natürlichen Kreislauf zurückgeführt werden. Auch Städte können Wasser sparen, beispielsweise durch eine regelmäßige Sanierung der Trinkwasserleitungen und wassersparende Haushaltsgeräte.

Österreich:

Österreich ist in der glücklichen Situation, eines der wasserreichsten Länder von ganz Europa zu sein. Dies liegt an der hohen durchschnittlichen Jahresniederschlagsmenge (rund 1.100 mm/Jahr), was knapp 98 Milliarden m³ Wasser entspricht. Weitere 30 Milliarden Kubikmeter „fließen“ über die Staatsgrenzen nach Österreich während hingegen knapp 44 Milliarden m³ Wasser pro Jahr verdunsten. Im Süden Österreichs und in Vorarlberg sind sinkende, im östlichen Alpenraum steigende Jahresabflüsse sowie Grundwasserneumengen festzustellen.

Pro Jahr werden in Österreich ca. drei Prozent (2,6 Milliarden m³) des vorhandenen Wassers genutzt. Der Anteil der Industrie beträgt 60 Prozent, jener der Trinkwasserversorgung 35% und jener der Landwirtschaft 5 Prozent. Österreich bezieht sein Trinkwasser zur Hälfte aus Quellen und zur Hälfte aus Grundwasservorkommen. Aktuelle Studien bestätigen Österreich die Fähigkeit, selbst bei anhaltenden Trockenperioden den Wasserbedarf decken zu können, zumal der Wasserverbrauch pro Person und Tag in den letzten Jahren von 150 Liter auf 130 Liter gesunken ist und noch weiter sinken wird.

Der durch den Klimawandel bedingte Anstieg der Lufttemperatur in Österreich führt auch zwangsläufig zu höheren Gewässer- und Grundwassertemperaturen sowie einem erhöhten Wasserbedarf von Pflanzen.

Der maximale Gletscherrückgang wird auf den Zeitraum von 2040-2050 geschätzt. Bis 2050 ist mit einer Gewässertemperaturerhöhung von 0.8°C zu rechnen, wodurch die Seehöhe (um 100 Meter) und Bioregionen verschoben werden.

Keine bzw. nur sehr geringe Auswirkungen hat der Klimawandel im Moment auf die Wasserkraft, auf Hochwässer und das Geschiebepotential.

6.5 Monetäre Belastung

Eine Vielzahl von Modellen versucht, die Kosten des Klimawandels zu berechnen. Aufgrund der Vielzahl an Einflussfaktoren und deren unterschiedliche Gewichtung in den einzelnen Modellen, divergieren die Ergebnisse.

So kommt zum Beispiel eine deutsche Studie zum Ergebnis, dass Deutschland in den nächsten 50 Jahren mit durch den Klimawandel verursachten Kosten von über 800 Milliarden Euro rechnen muss, wobei die Hälfte direkten Klimaschäden zugewiesen wird, der Rest sind indirekte Schäden aufgrund von Anpassungsmaßnahmen und gestiegenen Energiekosten. Seitens EU werden die Kosten bis 2080 auf jährlich 20 – 65 Milliarden Euro (in Europa) geschätzt.

Extremereignisse wie langanhaltende Hitzewellen und die daraus resultierenden Dürren, Hochwässer, Hagel, etc. verursachen immer größere Schäden in Milliardenhöhe. So kann zum Beispiel bei einem 100 jährlichen Hochwasser ein Schaden an Gebäuden in der Höhe von 4 – 7 Milliarden Euro entstehen (Preisniveau 2018).

In einem Bericht, den die Regierung des Vereinigten Königreiches im Jahr 2006 veröffentlicht hat, wurde festgestellt, dass es billiger sei, aktiv gegen den Klimawandel vorzugehen (ca. 1% des globalen BIP) als nichts zu tun (Folgekosten ca. 5 – 20% des globalen BIP).

7 Reduktionspotentiale verschiedener verkehrlicher Maßnahmen

7.1 Was wurde auf Welt- und EU-Ebene beschlossen, dagegen zu tun?

Weltweit verfolgen viele Staaten seit unterschiedlich langer Zeit die unterschiedlichsten Strategien gegen den Klimawandel und die globale Erwärmung.

In der Folge werden die drei bedeutendsten Konferenzen innerhalb der letzten 22 Jahr zusammengefasst.

7.1.1 Das Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen

Das Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen

Im Dezember 1997 fand in Kyoto (Japan) die dritte jährlich stattfindende Vertragsstaatenkonferenz (COP-3) statt, auf der das sogenannte Kyotoprotokoll verhandelt und beschlossen wurde. An der Konferenz nahmen 158 Vertragsstaaten, 6 Beobachterstaaten und viele internationale Organisationen und Medienvertreter, in Summe knapp 10.000 Menschen, teil.

Im Kyotoprotokoll wurde von den Vereinten Nationen zum ersten Mal eine für alle Staaten verpflichtende Begrenzung der Treibhausgasemissionen ratifiziert. Die in Protokollanhang B angeführten Industriestaaten verpflichteten sich, zwischen 2008 und 2012 die Treibhausgasemissionen um 5,2% gegenüber jenen aus dem Jahr 1990 zu senken. Die Mitgliedsstaaten der EU stimmten einer Senkung von 8% für diesen Zeitraum zu. Um dieses Ziel zu erreichen, vereinbarten die damaligen 15 EU-Mitgliedsstaaten intern unterschiedlich große Reduktionsmengen.

Damit das Kyotoprotokoll in Kraft treten konnte, mussten 55 Staaten, deren Emissionen 1990 mehr als 55% der Gesamtemissionen der Industriestaaten betragen, den Vertrag ratifizieren. Somit trat das Kyotoprotokoll erst am 16. Februar 2005 in Kraft. Insgesamt haben 191 Staaten – mit Ausnahme eines einzigen Industrielandes, der USA - das Protokoll ratifiziert.

Mit dem Protokoll wurden sechs Treibhausgase (Kohlenstoffdioxid, Distickstoffoxid, Methan, Fluorkohlenwasserstoffe, halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe und Schwefelhexafluorid) beschränkt.

7.1.2 Übereinkommen von Paris – Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen

Übereinkommen von Paris – Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen

Vom 30. November bis zum 12. Dezember 2015 fand in Paris die 21. Vertragsstaatenkonferenz (COP-21) statt. Diese Konferenz war von hoher Wichtigkeit, da eine Nachfolgevereinbarung für das Kyotoprotokoll beschlossen werden sollte.

In dem Pariser Klimaabkommen vereinbarten die Vertragsparteien des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, die globale Erwärmung auf unter 2,0 °C, idealerweise 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Ebenso verpflichteten sich alle Staaten, ab dem Jahr 2023 alle fünf Jahre Klimaschutzpläne auszuarbeiten und Informationen bezüglich der Fortschritte zu übermitteln. Ebenso kamen die Staaten überein, dass die Industrieländer die Entwicklungsländer bei Ihren Bestrebungen, die vereinbarten Punkte umzusetzen, mit 100 Milliarden jährlich ab dem Jahr 2020 bis zum Jahr 2025 finanziell unterstützen werden. Zum ersten Mal wurden auch die Existenz von Klimaschäden und die daraus resultierende Notwendigkeit der Schaffung von Unterstützungsmechanismen (Notfallpläne, Frühwarnsysteme, etc.) festgehalten.

Im April 2016 wurde das Abkommen von 176 Staaten unterzeichnet, unter anderem von den USA. Auch dieses Abkommen trat – ident zum Kyotoprotokoll – ab dem Zeitpunkt in Kraft, ab dem 55 Staaten, die mehr als 55% der Emissionen verursachen, es ratifiziert hatten. Das Pariser Klimaabkommen trat am 4. November 2016 in Kraft.

Am 4. August reichten die USA unter Präsident Donald Trump ihren Austritt aus dem Pariser Klimaabkommen ein. Bis jetzt haben das Pariser Klimaabkommen 195 Staaten unterschrieben und 184 ratifiziert.

7.1.3 Übereinkommen von Kattowitz – Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen

Letztes Jahr, vom 3. bis zum 15. Dezember 2018, fand in Kattowitz (Polen) die 24. jährlich stattfindende Konferenz der Vertragsparteien des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (COP-24) statt.

Ziel der Konferenz war die technische Umsetzung des Übereinkommens von Paris.

Im Übereinkommen von Kattowitz wurde festgelegt, dass ein Komitee die einzelnen Länder hinsichtlich der Einhaltung des Übereinkommens von Paris überwachen soll. Ebenso wurden transparente und einheitliche Regeln und Standards vereinbart, um sicherzustellen, dass Angaben hinsichtlich Klimaschutz, Anpassungsmaßnahmen und Treibhausgasemissionen vergleichbar und nachvollziehbar sind.

Die Industriestaaten erklärten sich bereit, alle zwei Jahre über ihre Investitionen in den Klimaschutz und für Anpassungen Bericht zu erstatten.

Eine weitere Vereinbarung war die regelmäßige Übermittlung eines Berichtes bezüglich der getroffenen Maßnahmen für die Reduktion der Treibhausgase. Dabei hat jeder Staat ab dem Jahr 2020 im Zweijahresabstand einen solchen Bericht vorzulegen.

Für das Jahr 2023 wurde ein Regelwerk für die erste globale Bestandsaufnahme und die ab diesem Zeitpunkt alle fünf Jahre stattfindenden Aufnahmen definiert.

Ab 2025 ist seitens der Industriestaaten eine verpflichtende, bei Schwellenländern eine freiwillige Anhebung der Investitionen in den Klimaschutz und Anpassungen inklusive einer Dokumentation der getätigten Investitionen vorgesehen.

Mit CO₂-Zertifikaten dürfen nur jene Staaten handeln, die dem Übereinkommen entsprechend ihre Emissionen reduzieren.

7.2 Die Macht des Autos. Warum fährt der Mensch so gerne damit?

Wenn man sich die Frage stellt, warum das Auto einen so starken Einfluss auf den Menschen ausübt und er so gerne damit fährt, so findet man meist die Antwort in einem der Bücher von Hermann Knoflacher. Em. O. Univ. Prof. DI Dr. techn. Hermann Knoflacher ist ein österreichischer Zivilingenieur und einer der namhaftesten Verkehrsexperten Österreichs, ehemaliger Vorstand des „Verkehrs-

planung und Verkehrstechnik“ Instituts an der TU Wien, Präsident des „Club of Vienna“, globaler FußInnen-Vertreter der Vereinten Nationen und ehemaliger Vorsitzender des Fahrgastbeirates der Wiener Linien. 2014 war Hermann Knoflacher bei den olympischen Winterspielen in Sotschi (Russland) als Berater auf dem Gebiet der Verkehrsplanung tätig.

In seinem Buch „Virus Auto – Die Geschichte einer Zerstörung“ schreibt er folgendes:

„Der aufrechte Gang ist nach wie vor, trotz sechs Millionen Jahren an Erfahrung, eine ziemlich ineffiziente Art der Fortbewegung. Je nach Geschwindigkeit, mit der man sich bewegt, muss im Vergleich zum Fahren mit dem Auto das Doppelte bis zum Sechsfachen allein an physischer Energie aufgewendet werden. Ganz zu schweigen von der geistigen Energie, sich in einem für Fußgänger schwierigen und unangenehmen Umfeld zu bewegen, wie es in den vergangenen zwei Jahrhunderten gestaltet wurde. Trotz dieses enormen Körperenergieaufwandes wird nur eine Geschwindigkeit von 3–4 km/h erreicht. Will man schneller sein, steigt der Energieaufwand proportional zur Geschwindigkeit.

Da kann man sich annähernd vorstellen, was in unserem Hirn beim Autofahren vor sich geht. Man braucht weniger als die Hälfte der Körperenergie pro Zeiteinheit und kann sich mit einer für Fußgänger unvorstellbaren Geschwindigkeit von 30 km/h, 50 km/h, 100 km/h, 130 km/h und schneller auf das Angenehmste fortbewegen. Die erste Information, man braucht weniger Körperenergie, stammt aus dem Inneren, die zweite, das Dahineilen, von außen. Beide werden mit Exponentialfunktionen positiv rückgekoppelt und nicht wie beim Fußgänger, wenn er sich schneller bewegen will, negativ im Hirn verrechnet. Dass daraus ein atemberaubendes, berauschendes Überlegenheitsgefühl entstanden ist, das die Menschen von den Füßen gerissen hat, ist nicht verwunderlich. Denn die externe Energie, die dazu aufgewendet werden muss, hat mit dem unmittelbaren Erleben des Autofahrens ja nichts zu tun; sie geht nicht in die erlebten Empfindungen ein. Für 1 Joule eingesparter Körperenergie des Autofahrers werden im System 200–400 Joule oder noch mehr aufgewendet, allerdings ohne Wahrnehmung und Rückkopplung auf unsere Sinne. Würden nämlich die Verbrennungsabgase, die beim Autofahren entstehen, über unseren Organismus direkt verrechnet, würde kein Mensch auch nur das Starten eines Autos überleben. Die Lunge und die Leber wären hoffnungslos überfordert. Dank der

Technik ist das aber nicht der Fall. Alle schädlichen Wirkungen werden auf die Allgemeinheit, die Natur, die nächsten Generationen verlagert. Und da man diese Wirkungen sinnlich nicht wahrnehmen kann, hat kaum jemand ein schlechtes Gewissen dabei.“

(Knoflacher, Hermann, 2013, Virus Auto: Die Geschichte einer Zerstörung. : Ueberreuter Verlag, 2013. ebook S125f/237)

Aufgrund der unglaublichen Ersparnis an Körperenergie und der erzielten hohen Geschwindigkeit wurde das Auto innerhalb kürzester Zeit äußerst beliebt. Umso mehr, als das Auto einen wesentlich höheren Komfort bietet, man sich darin stark und dominant fühlt und man auch eine höhere gesellschaftliche Wertschätzung erfährt.

Es entwickelte sich jedoch auch eine große Kluft zwischen der durch das Auto erzeugten Bewegungskraft und der Schnelligkeit der menschlichen Reaktionen und Instinkte, die nur auf die Geschwindigkeit eines Fußgehers/einer Fußgeherin ausgelegt sind.

Um die Größe dieser Kluft besser zu veranschaulichen ein Beispiel: Kein Mensch, der bei normalem Verstand ist, würde ohne zu zögern, freiwillig von einem 5 m hohen Dach in die Tiefe springen. Trotzdem ist der Mensch ohne eine ähnliche Angst zu empfinden dazu bereit, im Auto mit 100 km/h zu fahren, was – wenn er mit dem Auto gegen ein festes Hindernis prallt – einem Sprung aus 79 Metern Höhe gleichkommt.

Je mehr sich das Auto im Laufe der Zeit verbreitet hat, desto mehr wurde es als notwendig erachtet, es für alle Wege zu verwenden. In die Arbeit, zum Supermarkt, nach Hause, ja sogar um in die Natur zu kommen. Dafür wurden freiwillig viele Opfer gebracht. Grünflächen wurden zubetoniert zugunsten von mehr Parkplätzen, Wälder gerodet, um breitere und schnellere Straßen bauen zu können und Fußgänger an den Rand von Straßen verdrängt, um ausreichend Platz für das Auto, seine Fahrbahnen und Parkplätze garantieren zu können. Sogar bestehende öffentliche Verkehrsmittel wie zum Beispiel Straßenbahnen wurden systematisch wieder demontiert.

Ebenso willigte man bereitwillig ein, dass Kinderspielplätze verkleinert und eingezäunt wurden, dass Flächen dem Auto zuliebe zwangsenteignet wurden, Tiere

getötet wurden, ohne dass mit Konsequenzen gerechnet werden musste, und ebenso, dass die Landschaften und Ortschaften in ihrem Erscheinungsbild stark beeinträchtigt wurden.

Auch eine massive Beeinträchtigung der Gesundheit wurde in Kauf genommen. Die Luftqualität verschlechterte sich aufgrund der vielen Autoabgase rapide, der Lärm nahm durch die Motor- und Rollgeräusche stark zu, FußgängerInnen wurden häufig verletzt, weil AutofahrerInnen unaufmerksam oder zu schnell unterwegs waren. Langzeitriskien wie Krebs, Asthma, Bluthochdruck, Schlafstörungen und andere Gefahren wurden akzeptiert.

Doch auch der Mensch im Autoinneren verändert sich. Aufgrund der Tatsache, dass das Auto die energetische Ebene des Menschen stark beeinflusst, erfolgt eine Veränderung der ältesten Evolutionsschicht im wichtigsten Teil des Gehirns, dem Hypothalamus. Durch diese Veränderung werden auch alle anderen Evolutionsschichten verändert und es kommt dadurch zu einer zwangsläufigen Werteverchiebung, die weder durch finanzielle, psychische oder sonstige Einflüsse rückgängig gemacht werden kann.

Kaum eine Gesellschaftsschicht beziehungsweise kaum ein Wirtschaftsbereich ist nicht von diesem autolastigen Denken durchdrungen. So stark durchdrungen, dass es Menschen mit an sich gesundem Menschenverstand vollkommen gleichgültig ist, dass – um einen Menschen mit einem Körpergewicht von ca. 60 – 100 kg zu transportieren – ein Objekt gebaut wird, das bis zu 30 mal mehr wiegt und Platz benötigt, über 100 mal mehr Energie verbraucht, krebserregende und mutagene Luftschadstoffe emittiert und den Lebensraum des Menschen rund um die Uhr beeinträchtigt und zerstört.

Heutzutage wird es schon als ganz normal angesehen, dass das Auto im Haus oder direkt vor dem Haus steht. Alles andere würde von der autofanatichen Gesellschaft als Fehlplanung erachtet werden, denn es ist viel bequemer, wenn man nur wenige Meter zum Auto gehen muss als zum Beispiel 150 m zur nächsten Busstation. Doch genau hier liegt das Problem: Unsere Städte sind Städte für das Auto und nicht mehr Städte für den Menschen.

8 Politische Reduktionsmöglichkeiten

Obwohl Österreich so wie viele andere Staaten auch das Pariser Klimaabkommen ratifiziert hat, ist Österreich im Moment dennoch sehr weit entfernt davon, die vereinbarten Klimaziele zu erreichen.

Wie weit die angestrebten Klimaziele und die Realität differieren können, sollen die drei folgenden Beispiele aufzeigen.

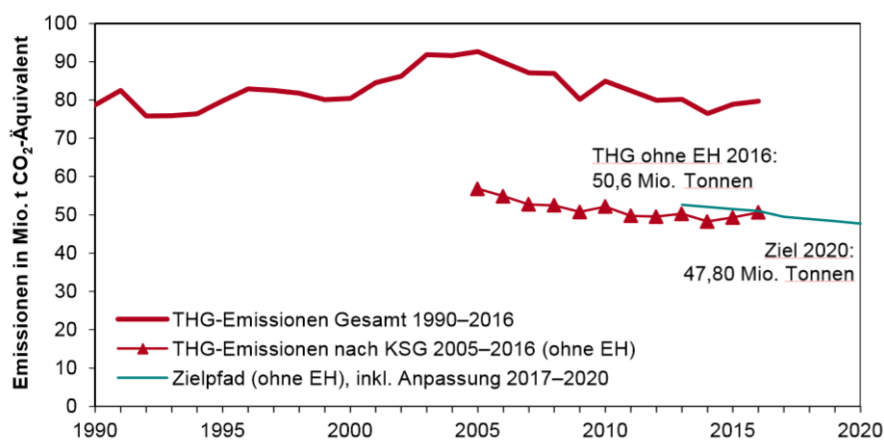
Beispiel 1:

- Angestrebtes Ziel:

Im Mai 2018 brachten das Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus sowie das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie den Bericht „#mission 2030 – Die österreichische Klima- und Energiestrategie“ heraus. Darin wird unter anderem das Bestreben Österreichs angeführt, bis zum Jahr 2030 36 Prozent seiner Treibhausgasemissionen (im Vergleich zu 2005) einzusparen. Vor allem beim emissionsstärksten Bereich, dem Verkehr, sollen 7,2 Millionen Tonnen CO_{2eq} eingespart werden.

- Realität:

Tatsache ist, dass Österreichs Treibhausgasemissionen seit 2014 wieder ansteigen (siehe nachfolgende Abbildung). Die Emissionszunahme im Jahr 2016 gegenüber dem Jahr 2015 ist auf ein größeres Verkehrsaufkommen an PKWs und LKWs zurückzuführen.



Quellen: UMWELTBUNDESAMT (2018a, b), ESD

umweltbundesamt[®]

Abb. 19: Treibhausgas-Emissionen Österreichs; Zielpfad 2013 bis 2020. Quelle: Umweltbundesamt

Beispiel 2:

- Angestrebtes Ziel:

Im August 2018 wurden in Ober- und Niederösterreich auf den ersten Auto-
bahnabschnitten testweise Tempo 140 eingeführt. Bei einer Zwischenbilanz
vermeldete Verkehrsminister Hofer, dass die Abgaserhöhung lediglich ein bis
zwei Prozent ausmache.

- Realität:

Die TU Graz errechnete in einer Studie, dass Tempo 140 eine Zunahme der
Abgasemissionen um 20 Prozent zur Folge hätte.

3. Beispiel

- Angestrebtes Ziel:

Im März 2018 hat der Bundesverwaltungsgerichtshof die Erlaubnis erteilt, eine
dritte Start- bzw. Landepiste am Flughafen Schwechat zu errichten. Dem war
ein langer Rechtsstreit vorangegangen, in dem ursprünglich die Errichtung
durch den Bundesverwaltungsgerichtshof untersagt wurde. Dieses Urteil
wurde jedoch vom Verfassungsgerichtshof wieder aufgehoben und dem
Bundesverwaltungsgerichtshof erneut zur Prüfung übergeben.

Die Bundesregierung Österreichs begrüßte die Genehmigung der dritten Piste,
da es den Wirtschaftsstandort Österreich zu stärken gelte. Ebenso wurde
seitens Regierung auf zehntausende neue – durch die 3. Piste entstehende –
Arbeitsplätze sowie eine möglichst rasche Errichtung hingewiesen.

- Realität:

Obwohl der Bundesverwaltungsgerichtshof im Rahmen der Genehmigung der
dritten Piste Auflagen – unter Anderem hinsichtlich der Treibhausgas-
emissionen – erteilt hat, darf bezweifelt werden, dass die Auflagen (CO₂-
Neutralität innerhalb von fünf Jahren ab Betriebsaufnahme der dritten Piste
bzw. 30.000 Tonnen CO₂-Reduktion) erfüllt werden können, da der Flug-
verkehr – sowohl in Österreich als auch global – rasant zunimmt. Aufgrund der
starken Zunahme an startenden und landenden Flugzeugen ist eine große
Zunahme an CO₂-Emissionen wahrscheinlich.

In diesem Kapitel sollen verschiedene Möglichkeiten betrachtet werden, eine Reduktion der Abgasemissionen durch politische Entscheidungen zu erzielen.

8.1 Personenkraftwagen

8.1.1 Autobahnen

Auf Österreichs Autobahnen gilt, so wie auch in vielen anderen EU Staaten (Frankreich, Holland, Italien, Kroatien, Luxemburg, Slowenien, die Tschechische Republik und Ungarn) ein Tempolimit von 130 km/h. Anfang August 2018 wurde auf zwei Autobahnstreckenabschnitten in Ober- und Niederösterreich testweise für ein Jahr Tempo 140 eingeführt mit der Option auf weitere und größere Teststrecken. Verkehrsminister Hofer, der diese Änderung in Auftrag gab, begründete dies mit der ausreichenden Breite der Autobahn bzw. der Fahrstreifen, dem Wunsch der ÖsterreicherInnen nach mehr Geschwindigkeit und einer Zeitersparnis gegenüber Tempo 130.

Jetzt, ein halbes Jahr später, wurde in einer Zwischenbilanz die Auswirkungen von Tempo 140 veröffentlicht. Das Durchschnittstempo erhöhte sich um ca. 4 km/h, die Zeitersparnis betrug auf der Teststrecke in Oberösterreich ca. 28 – 33 Sekunden (je nach Richtung), die in Niederösterreich ca. 87 – 88 Sekunden. Die Kohlendioxid- und Stickoxidemissionen nahmen laut Messungen um 1 – 2 Prozent und der Lärm nur geringfügig zu.

Diese Zwischenbilanz ist jedoch kritisch zu hinterfragen. Zunächst gibt es die als Begründung angeführte Zeitersparnis nicht, da die Menschen stets die gleiche Menge an Zeit aufwenden, um von A nach B zu gelangen, unabhängig davon ob sie zu Fuß, mit dem Fahrrad oder dem PKW unterwegs sind. Durch eine Erhöhung der Reisegeschwindigkeit kommt es lediglich zu größeren Wegestrecken die in der gleichen Zeit zurückgelegt werden können und somit akzeptiert werden. Dieser „Effekt“ wird die „Konstanz der Reisezeit“ genannt und wurde in vielen Studien (z.B. Bendtsen, 1914) belegt.

Ebenso sind die angegebenen Emissionszuwächse von CO₂ und NO_x mehr als fraglich da die Menge der Emissionen von Faktoren wie z.B. Antriebsart, Größe des Fahrzeugs, Geschwindigkeit und Fahrdynamik abhängig ist. Stellt man die

Emissionen der Zwischenbilanz mit der nachstehenden Tabelle des Umweltbundesamtes gegenüber, so ergeben sich deutliche Unterschiede.

Laut Umweltbundesamt nehmen die Stickoxidemissionen bei Tempo 140 um 16,38% gegenüber Tempo 130 zu, Kohlenstoffdioxidemissionen nehmen um 10,60% und die Feinstaubbelastung PM₁₀ um 18,64% zu. Dadurch rücken die Klimaziele Österreichs in weite Ferne.

Geschwindigkeit	NO _x	PM10	CO ₂
	[g/km]	[g/km]	[g/km]
Tempo 100	0.420	0.007	139
Tempo 130	0.520	0.008	155
Tempo 140	0.605	0.010	171

Geschwindigkeit	Δ NO _x	Δ PM10	Δ CO ₂
	[%]	[%]	[%]
Tempo 100	-19.27%	-10.55%	-10.18%
Tempo 130 (=100%)	-	-	-
Tempo 140	16.38%	18.64%	10.60%

Tabelle 1: absolute und relative Änderungen der Emissionen der österreichischen Flotte (PKW, leichte Nutzfahrzeuge und Motorräder) bei Tempo 100, 130 und 140 (ebene und freie Strecke). Quelle: Umweltbundesamt 2018. (<http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/verkehr/fahrzeugtechnik/PKW/tempo/>)

Betrachtet man jedoch die Emissionswerte bei Tempo 100 (CO₂-Reduktion um 10,18% und NO_x-Reduktion um 19,27% gegenüber Tempo 130), so ist zwar ein deutliches Einsparungspotential erkennbar, jedoch ist die Akzeptanz einer Reduzierung der Höchstgeschwindigkeit auf Autobahnen bei den AutofahrerInnen fraglich (siehe nachfolgende Abbildung). Ein möglicher Ansatz für eine größere Akzeptanz wären Geschwindigkeitsbeschränkungen in Abhängigkeit von der aktuellen Verkehrs- und Wetterlage und der daraus resultierenden Schadstoffbelastung.

Umfrage

Ihre Meinung zu Tempo 140?

Finde das super! Tempo 140 ist ohnehin längst Realität.

74 %

Furchtbar! Jetzt wird noch schneller als 140km/h gefahren werden.

14 %

Egal! Ich glaube nicht, dass das einen großen Unterschied ausmachen wird.

12 %

Insgesamt 3629 Teilnehmer

Abb. 20: Umfrage von „heute.at“ bezüglich Tempo 140 auf Österreichs Autobahnen. Quelle: <https://www.heute.at/politik/news/story/Tempo-140--6-Autos-mit-Messgeraeten-ausgestattet-59678737>

Als Beispiel für eine erfolgreiche Umsetzung geringerer Höchstgeschwindigkeiten auf Autobahnen in der EU ist Norwegen (maximal 100 km/h) zu nennen.

8.1.2 Tempo 30 statt Tempo 50 im Stadtverkehr

Seit einigen Jahren wird in regelmäßigen Abständen – meist sehr emotional – darüber diskutiert, ob und wie sinnvoll in Städten eine Reduktion des Tempolimits von 50 km/h auf 30 km/h ist.

Tempo 30 in Städten hat einige Vorteile. Der markanteste Vorteil ist mit Abstand der Rückgang von Unfällen bzw. Verkehrstoten pro Jahr und somit eine Steigerung der Verkehrssicherheit. Untersuchungen in Deutschland ergaben, dass es in Tempo 30 Zonen zu ca. 40% weniger Unfällen kommt als in Tempo 50 Zonen. Bei Unfällen mit Personenschaden konnte ein Rückgang von über 60% festgestellt werden.

Ein weiterer Vorteil ist, dass die Öffentlichen Verkehrsmittel dadurch in Bezug auf die Fahrzeit konkurrenzfähiger werden.

Lärm, der bei Tempo 50 primär durch Rollgeräusche entsteht, reduziert sich bei Tempo 30 um 3 dB, was vom Menschen wie eine Verkehrshalbierung wahrgenommen wird.

Der Treibstoffverbrauch ist zwar von Faktoren wie Fahrverhalten, dem Fahrzeug (z.B. Alter des Fahrzeugs und Größe des Motors), Reifenbreite und dem Getriebe abhängig, jedoch reduziert sich der Treibstoffverbrauch bei Tempo 30 im Durchschnitt um bis zu 12 Prozent. Aufgrund der geringeren Geschwindigkeit verbessert sich auch der Verkehrsfluss bei nur geringfügig zunehmender Fahrzeit.

Bei den Abgasemissionen, die von einer ganzen Menge Faktoren wie zum Beispiel Anzahl der Steigungen abhängig sind, konnten ebenfalls Unterschiede gemessen werden. So ergaben Messungen in Graz bei der Einführung von großflächigem Tempo 30 Zonen folgende Abgaswerte:

Stickoxide: -24% bis -32%

Kohlenstoffmonoxid: -20% bis +28%

Kohlendioxid: -1% bis gleichbleibend

Sehr ähnliche Werte konnten auch in Deutschland bei Abgasuntersuchungen festgestellt werden. Beide Untersuchungen kamen zu dem gleichen Ergebnis, dass je konstanter und mit niedrigerer Drehzahl gefahren wird, desto geringer die Schadstoffemissionen sind.

Ein weiterer sehr positiver Effekt von Tempo 30 Zonen ist, dass Menschen wieder beginnen, mehr zu Fuß zu gehen bzw. wieder verstärkt mit dem Fahrrad unterwegs sind. Dieser Effekt kann zusätzlich durch eine Verschmälerung der Fahrbahn(en) und einer Verbreiterung von Gehwegen bzw. Aufenthaltsbereichen positiv verstärkt werden. Dadurch werden eine zusätzliche Schadstoffreduktion und eine Revitalisierung von Straßen bzw. Stadtteilen erzielt, was zu einer deutlichen Erhöhung der Lebensqualität führt.

In Österreich hat Graz bereits im Jahr 1992 als erste Stadt großflächig Tempo 30 (mit Ausnahme von Vorrangstraßen) eingeführt. Der anfängliche Widerstand der GrazerInnen gegen diese Maßnahme schrumpfte mit der Zeit. Bei einer Befragung im Jahr 2001 – knapp 9 Jahre nach der Einführung von Tempo 30 – befürworteten knapp 80% diese Maßnahme.

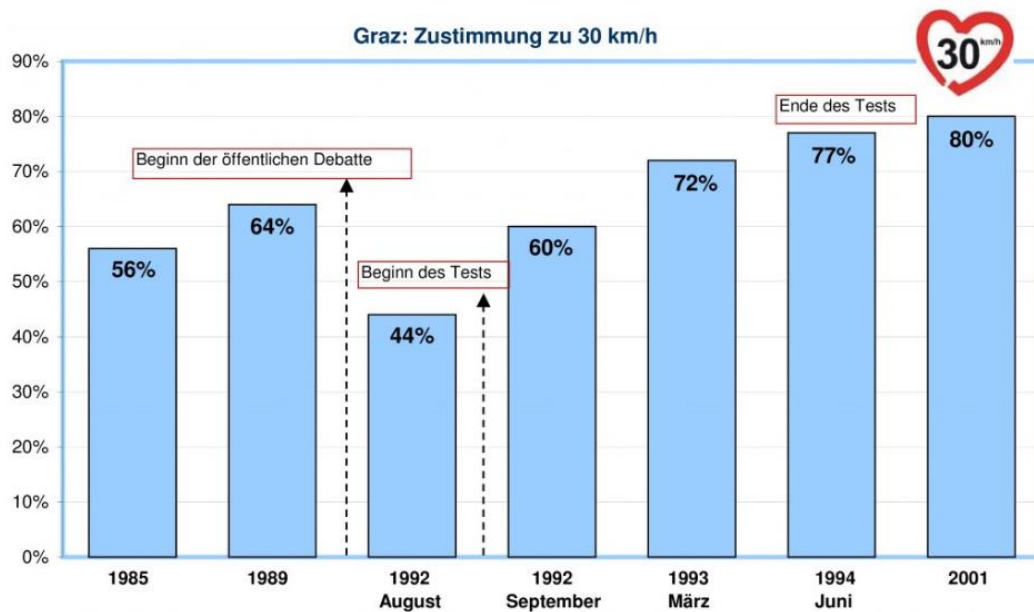


Abb. 21: Zustimmung zu Tempo 30 in Graz. Quelle: Graz 2000, Tiroler Landesregierung 2006, <http://de.30kmh.eu/>

Im Laufe der Jahre folgten viele andere Städte in Österreich, u.a. Wien (ca. 75% der Stadt Tempo 30), Salzburg (noch im Ausbau), Leoben, Kronstorf, Bad Ischl und Ansfelden.

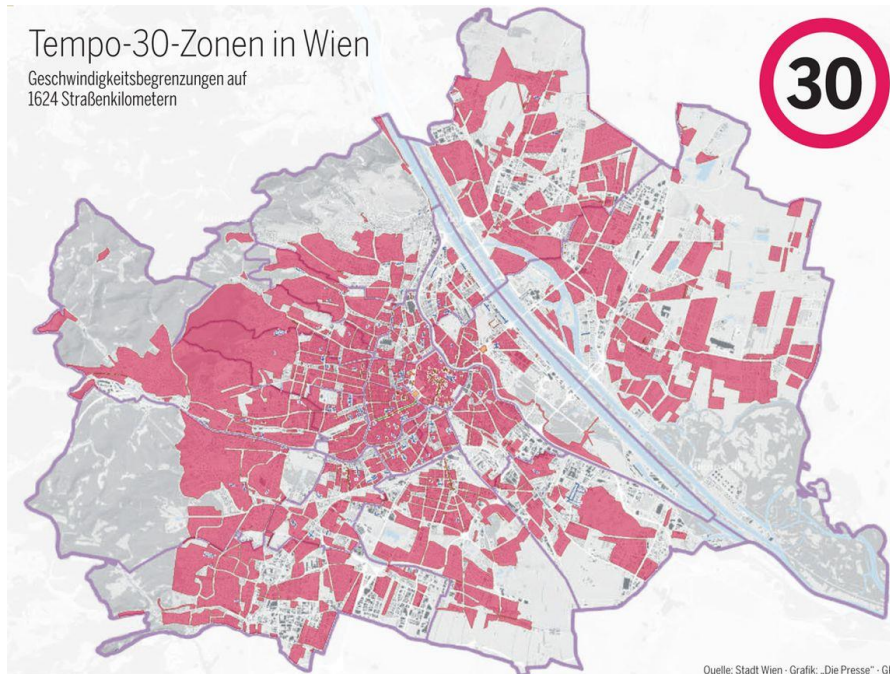


Abb. 22: Tempo 30 Zonen in Wien. Quelle: Die Presse (https://diepresse.com/home/panorama/wien/1579825/Tempo-30-in-Wien_Eine-Stadt-bremst-ab)

Auch viele europäische Städte haben Tempo 30 eingeführt, so auch Helsinki, London, Madrid oder Zürich.

8.1.3 SUV

Unter einem SUV (Abkürzung für „Sport Utility Vehicle“) versteht man einen PKW, der eine erhöhte Bodenfreiheit hat und in seinem Aussehen einem Geländewagen ähnelt. Nur ein Teil der SUVs ist jedoch wirklich geländetauglich da viele nur für den Straßenverkehr ausgelegt sind. Die Hälfte aller SUVs und ca. 79% aller großen SUVs sind dieselgetrieben.

So wie in vielen anderen EU Staaten, ist auch in Österreich der SUV sehr beliebt. Allein im ersten Quartal 2018 war jeder dritte Neuwagen ein SUV. In der nachfolgenden Abbildung ist der – mit Ausnahme von 2014 – stetige Zuwachs an SUV-Neuzulassungen erkennbar. Betrachtet man die Entwicklung seit 2005, so hat sich die Anzahl der SUVs vervierfacht.

Im Jahr 2018 nahmen die SUV Neuzulassungen in Österreich weiter um knapp 19,6 Prozent zu, obwohl die PKW Neuzulassungen insgesamt gegenüber dem Vorjahr um 3,5 Prozent zurückgingen.

Nicht nur in Österreich, auch in ganz Europa ist der Trend zum SUV deutlich erkennbar. So hat sich die Anzahl der jährlichen SUV-Neuregistrierungen seit 2001 verachtffacht. Prognosen deuten darauf hin, dass auch in den nächsten Jahren mit einer Zunahme von SUVs zu rechnen sein wird. Beispielsweise geht der Autohersteller Volkswagen davon aus, bis 2025 der SUV-Anteil bei Neuzulassungen über 50 Prozent betragen wird.

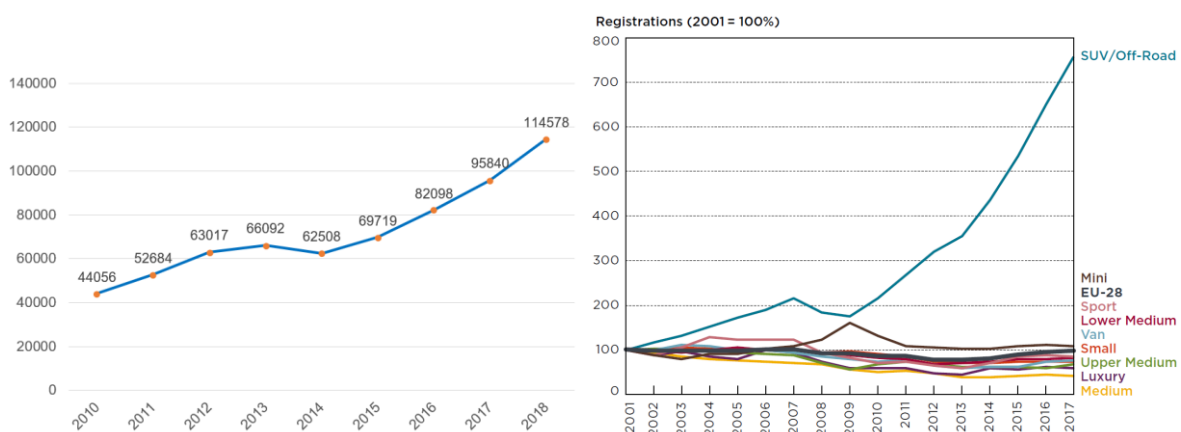


Abb. 23: Anzahl der SUV- und Geländewagenneuzulassungen in Österreich [Stück] (linke Abbildung) und in der EU [%] (rechte Abbildung). Quelle: Datafact, VCÖ 2018 (linke Abbildung), ICCT Pocketbook 2018 (rechte Abbildung).

Aufgrund ihrer Bauweise (größeres Gewicht und größerer Luftwiderstand) verbrauchen SUVs gegenüber „normalen“ PKWs wesentlich mehr Sprit und

verursachen dadurch auch höhere Abgasemissionen. Hinzukommt, dass – laut einer Studie des Umweltbundesamtes – der Unterschied zwischen realem Treibstoffverbrauch auf der Straße und jenem laut Herstellerangaben in den letzten Jahren immer größer geworden ist. Waren es im Jahr 2000 lediglich sieben Prozent, so betrug der Unterschied im Jahr 2016 bereits im Durchschnitt 39 Prozent.

Laut einem Bericht von Transport & Environment, einem Zusammenschluss von Umweltverbänden mit dem Schwerpunkt Verkehr, emittierte im Jahr 2016 in der EU ein durchschnittlicher SUV 131,7 g/km an Kohlendioxidschadstoffen. Im Vergleich dazu entstanden bei einem Mittelklassewagen 117,5 g/km CO₂.

Die große Beliebtheit von SUVs und die daraus resultierende Zunahme an Schadstoffemissionen gefährdet Österreichs Umsetzung des Klimaabkommens von Paris und Kattowitz. Dieser Trend ist auch in anderen EU Staaten erkennbar.

Berücksichtigt man die Tatsache, dass nur aufgrund des seit dem Jahr 2000 gestiegenen Durchschnittsgewichts von SUVs (ca. 124 kg zwischen 2000 und 2016) eine Schadstoffzunahme von ca. 10 g/km CO₂ erfolgte, so lässt sich ein mögliches Potential einer Abgasreduktion in dieser Fahrzeugkategorie erahnen.

8.1.4 Dienstfahrzeuge

Oft sind Dienstfahrzeuge eine Art Statussymbol und daher mit PS-starken Motoren ausgerüstet. Egal ob in der Politik oder in einer spezifischen Branche, überall sind PKWs zu finden, die große Mengen an Luftschadstoffen emittieren.

Wenn nun ein Dienstnehmer ein Dienstfahrzeug auch für private Zwecke nutzen darf, so erhöht sich automatisch die Bemessungsgrundlage für Lohnsteuer, Sozialversicherungsbeiträge und Lohnnebenkosten. Der monatliche Sachbezugswert beträgt zwei Prozent des PKW-Kaufwertes (maximal 960 Euro pro Monat) wenn die im Jahr der PKW-Anschaffung vorgeschriebenen Kohlendioxidemissionen überschritten werden. So liegt zum Beispiel der CO₂-Grenzwert für das Jahr 2017 bei 127 g/km und für das Jahr 2018 bei maximal 124 g/km. Unterschreitet der PKW im Anschaffungsjahr den jeweiligen Grenzwert, so reduziert sich der monatliche Sachbezugswert auf konstante 1,5 Prozent, auch wenn in den Folgejahren der Grenzwert überschritten wird.

Eine Halbierung des monatlichen Sachbezugswertes erfolgt, wenn die Summe der privaten Fahrten mit dem Dienstwagen nicht mehr als jahresdurchschnittlich 500 km pro Monat ausmacht.

Bei Elektrofahrzeugen, die keine CO₂-Emissionen verursachen, entfällt dieser monatliche Sachbezugswert vollständig. Davon profitiert auch der Arbeitgeber, da die zugehörigen Lohnnebenkosten entfallen. Diese Regelung gilt aber nicht für Hybridfahrzeuge.

Ebenso entfällt beim Kauf eines Elektrofahrzeuges die NOVA und die motorbezogene Versicherungssteuer. Seitens der Bundesregierung wird auch der Kauf eines Elektrofahrzeuges (BEV) für Dienstzwecke mit 3.000 Euro, der eines Hybridfahrzeuges mit 1.500 Euro gefördert. Für die Errichtung einer öffentlichen Schnellladestation erhält man bis zu 20.000 Euro an Förderung.

Die Anschaffung von Elektrofahrzeugen bringt somit nicht nur ArbeitgeberIn (keine zusätzlichen Lohnnebenkosten) und ArbeitnehmerIn (kein Sachbezugswert) etwas, sondern auch der Umwelt (keine CO₂-Emissionen).

8.1.5 Verkehrsrestriktionen

8.1.5.1 Citymaut

Die Citymaut ist eine Maßnahme, um in definierten Zonen einer Stadt primär Staus aber auch die Luft- und Umweltverschmutzung zu reduzieren. Die dadurch verbundenen Einnahmen können für weitere Maßnahmen zur Erreichung der angestrebten Ziele verwendet werden wodurch sich der Effekt verstärkt. Die sinnvolle Größe einer solchen Zone bleibt jeder Stadt überlassen und ist je nach örtlichen Gegebenheiten unterschiedlich.

In den nächsten Absätzen werden einige Beispiele von Städten, in denen eine Citymaut implementiert wurde, angeführt.

Mailand:

In Italien gibt es in vielen Städten verkehrsberuhigte Zonen, die anhand von Straßenschildern mit der Beschriftung „Zone a traffico limitato“ (ZTL) zu erkennen sind.

So hat Mailand zum Beispiel seit Jänner 2008 den innerstädtischen Kern wochentags zwischen 7:30 und 19:30 zur verkehrsberuhigten Zone erklärt.

Zufahrtsberechtigt ist man erst nach einer Zahlung von fünf Euro (z.B. online, SMS, Parkometer) und der anschließenden Aktivierung des Nummernschildes. Um diese Maßnahme zusätzlich noch zu verbessern, wurden die Preise für die öffentlichen Verkehrsmittel gesenkt und Parkgebühren außerhalb der verkehrsberuhigten Zone reduziert.

Die Strafen für unerlaubtes Einfahren in verkehrsberuhigte Zonen italienischer Städte beträgt – abhängig von der jeweiligen Stadt – zwischen 81 und 326 Euro.

London:

London führte im Februar 2003 die „London Congestion Charge“ ein, eine Citymaut mit dem Ziel, die Benutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln zu forcieren und gleichzeitig Staus und die daraus resultierende Umweltverschmutzung zu verringern. Ein Großteil des eingenommenen Geldes wird in den öffentlichen Nahverkehr investiert.

Gültig ist die Citymaut für das ca. 22 km² große Stadtzentrum von London (Westend und City). Bis heute ist es die größte Citymautzone weltweit. Zwischen 2007 und 2011 wurde die Zone durch die sogenannte „Western Extension“ fast doppelt so groß und umfasste auch Chelsea, Kensington sowie Knightsbridge. Im Jänner 2011 wurde die Zone wieder auf die ursprüngliche Größe reduziert.



Abb. 24: Abbildung: Londons Citymaut Zone (London Congestion Charge). Quelle: Transport for London (<https://tfl.gov.uk>), Google Maps

Für die Mautgebühr von 10 Pfund (ca. 11,60 Euro) ist es montags bis freitags zwischen 7:00 und 18:00 gestattet, in das Stadtzentrum zu fahren. Die Gebühr ist einmal täglich zu bezahlen, unabhängig davon wie oft man in oder durch das Stadtzentrum fährt. Von den Gebühren befreit sind unter anderem Einsatz- und Pannenfahrzeuge, Taxis, öffentliche Linienbusse und Fahrzeuge mit Elektro- bzw. Brennstoffzellenantrieb. Gezahlt werden kann online, per SMS, per Handy, bei Tankstellen und sogar per Post.

Fährt man ohne Mautzahlung in die Innenstadt von London, wird dies mit Strafen zwischen 14 Pfund (bei Zahlung am gleichen Tag) und 195 Pfund sanktioniert.

Aufgrund dieser Citymaut konnte eine Reduzierung des KFZ-Verkehrs von 10% (zugunsten einer Zunahme der ÖPNV-Fahrten) und ein 20 prozentiger Rückgang von Unfällen erreicht werden.

Im Jahr 2007 veröffentlichte TfL, der Betreiber der Citymaut (und zugleich auch Betreiber der öffentlichen Verkehrsmittel), einen Bericht („Fifth Annual Monitoring Report“), aus dem hervorging, dass seit der Einführung der Citymaut die Stickoxidemissionen um 17 Prozent, Kohlendioxid um 3 Prozent und Feinstaub (PM₁₀) um 24 Prozent zurückgegangen seien.

In einer 2011 veröffentlichten unabhängigen Studie wies das „Health Effects Institute“ jedoch darauf hin, dass es nur geringe Anzeichen für einen Rückgang der Schadstoffemissionen aufgrund der Citymaut gebe.

Seit Oktober 2017 hat London noch eine zusätzliche Zone mit dem Namen T(oxic)-Charge“ eingeführt. Lage- und größenmäßig ist sie ident mit der Citymautzone, jedoch gilt sie 24 Stunden pro Tag. In der „T-Charge“ fallen zusätzliche Tagesgebühren (10 Pfund) für Kraftfahrzeuge an, die nicht mindestens die Euro 4 Norm erfüllen.

Ab dem 8. April 2019 wird „T-Charge“ durch „ULEZ“ (Ultra Low Emission Zone) ersetzt. Sie ist in den meisten Punkt ident zu T-Charge, allerdings müssen Dieselfahrzeuge ab April mindestens der Euro 6 Norm entsprechen. Im Oktober 2021 ist eine Ausweitung der ULEZ Zone vorgesehen.

Wien:

Im Frühjahr 2018 wurde in Wien vorübergehend über eine Citymaut für Pendler ab der Stadtgrenze diskutiert, da ein größeres KFZ-Aufkommen aufgrund des Baus des

Lobautunnels befürchtet wurde. Diese Idee wurde jedoch rasch wieder verworfen mit der Begründung, dass es sinnvoller sei, für Pendler den öffentlichen Personennahverkehr attraktiver zu gestalten, anstatt Mautgebühren einzuheben.

8.1.5.2 Umweltzonen

Umweltzonen sind definierte Zonen (meist in Städten), in denen die Luftqualität durch Fahrverbote für KFZ, die hohe Schadstoffemissionen verursachen, verbessert werden soll.

Das österreichische Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L), in welchem Maßnahmen gegen Luftverschmutzung bzw. Luftschadstoffe definiert sind, dient als Grundlage für die Umweltzonen. Darauf baut die IG-L Abgasklassen-Kennzeichnungsverordnung auf, die am 6.4.2012 erlassen wurde und die Abgasplaketten in Aussehen, Montage und Identifizierung regelt.

In Österreich gibt es Umweltzonen in:

- Wien

Ganz Wien ist eine Umweltzone. Sie ist mit 1.7.2014 in Kraft getreten und das ganze Jahr über gültig. Erlaubt sind alle KFZ mit Ausnahme von Kleintransportern, Transportern, „normalen“ und schweren LKWs mit Euro 2, 1 oder 0. Ende 2017 und zu Beginn des Jahres 2018 wurde über eine Wiener Umweltzone für PKWs diskutiert. Aufgrund der niedrigen Luftschadstoffwerte Wiens wurde diese Idee seitens der Wiener Landesregierung für nicht notwendig erachtet und daher wieder verworfen.

- Niederösterreich

In Niederösterreich gibt es mehrere Umweltzonen (Bruck an der Leitha, Gänserndorf, Korneuburg, Mödling und Wien Umfeld). Diese sind seit 1.7.2014 rechtskräftig und gelten ebenfalls ganzjährig. Für die Umweltzonen gelten die gleichen Regelungen wie in Wien.

- Oberösterreich

In Oberösterreich ist die A1 auf dem Abschnitt zwischen Linz und Steyr eine seit dem 1.7.2016 bestehende Umweltzone mit ganzjähriger Gültigkeit. In diesem Bereich ist lediglich Transportern, LKWs sowie schweren LKWs mit Euro 2, 1 oder 0 die Fahrt untersagt.

- Tirol

In Tirol ist die A12 auf dem Streckenabschnitt Kufstein Süd bis Zirl West eine Umweltzone, die seit dem 1.8.2016 das ganze Jahr über durchgängig gültig ist. Diesen Streckenabschnitt dürfen Transporter, LKWs und schwere LKWs mit Euro 3, 2, 1 oder 0 nicht befahren.

- Steiermark

In der Steiermark wurden in den Städten Graz, Deutschlandsberg, Hartberg-Fürstenfeld, Leibnitz, Voitsberg, Weiz und in der Südoststeiermark Umweltzonen definiert. Diese sind seit 1.6.2012 rechtskräftig und gelten das ganze Jahr über. In der Steiermark gelten die gleichen Regelungen wie in Wien und Niederösterreich.

Seit Anfang Jänner 2015 gilt die Plakettenpflicht in Österreich für europäische Kleintransporter, Transporter, LKWs und schwere LKWs sobald sie in oder durch eine Umweltzone fahren. Bei Ignorieren der Plakettenpflicht drohen Strafen zwischen 90 und 2180 Euro.

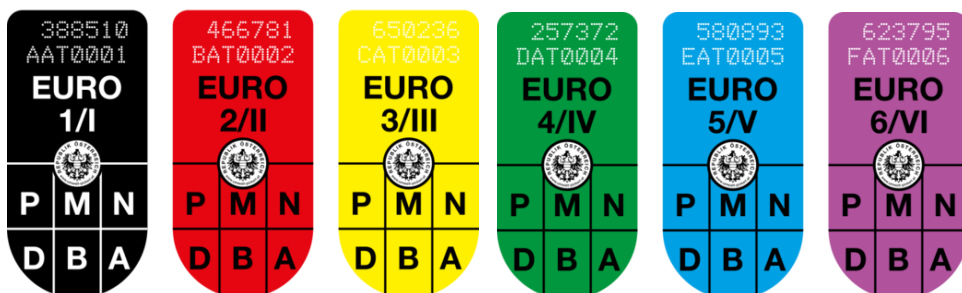


Abb. 25: die sechs österreichischen Umweltpickerl. Quelle: <http://www.umwelt-pickerl.at>

Im Vergleich dazu gibt es in Deutschland 58 Umweltzonen, in Frankreich 28, in Spanien und Dänemark je vier und in Belgien drei Zonen. In all diesen Ländern sind – so wie auch in Österreich – Plaketten für die Fahrt in oder durch eine Umweltzone notwendig.

8.1.5.3 Steuererhöhungen

Mineralölsteuer

Beschließt ein Staatsoberhaupt oder die Regierung eines Landes, die Treibstoffpreise für die Verbraucher durch Erhöhung des Steuersatzes in kurzer Zeit stark zu erhöhen, so reagieren Menschen seit jeher meist mit Kundgebungen,

Demonstrationen, Petitionen, Protest in sozialen Netzwerken und anderem. In den nachfolgenden Absätzen werden vier Beispiele (Mexico, Haiti, Frankreich und Simbabwe) etwas näher erläutert.

Mexico:

Im Jänner 2017 erhöhten der Präsident Enrique Peña Nieto und die Regierung Mexikos die Treibstoffpreise um 20 Prozent. Begründet wurde diese Vorgehensweise mit einer Anpassung an die Weltmarktpreise.

Mexikos Einwohner wehrten sich gegen die Maßnahmen zunächst mittels Demonstrationen, blockierten Tankstellen und Straßensperren auf Autobahnen. Doch schnell eskalierten die Proteste und es kam im ganzen Land zu Ausschreitungen und Zusammenstößen zwischen Demonstranten und Polizei, zur Plünderung hunderter Geschäfte und in der Folge zu zahlreichen Verhaftungen. Am Ende waren Dutzende Verletzte und ein mehrere Tote zu beklagen.

Haiti:

Haiti gilt als eines der ärmsten Länder Lateinamerikas. Im Jahr 2010 hatte ein starkes Erdbeben große Teile von Haiti zerstört. Davon hat sich das Land bisher nicht mehr erholt und ist seitdem auf Unterstützung, unter anderem durch den Internationalen Währungsfonds (IWF) angewiesen. Im Sommer 2018 vereinbarten Haiti und der IWF weitere Unterstützungen seitens des IWF im Gegenzug für eine Treibstoffpreiserhöhung und den Entfall der Treibstoffsubventionen in der Höhe von 100 Millionen Euro pro Jahr.

Als die haitianische Regierung dann Anfang Juli 2018 eine Treibstoffpreiserhöhung um 38 Prozent bei Benzin und um 47 Prozent bei Diesel sowie das Ende der Subventionen bekanntgab, gingen viele Menschen auf die Straße, um zu demonstrieren. Innerhalb weniger Tage eskalierte die Lage. Straßensperren wurden angezündet, Geschäfte geplündert und Hotels angegriffen. Dabei starben sieben Menschen. Daraufhin wurden die Maßnahmen von der Regierung vorübergehend zurückgenommen.

Frankreich:

Gegen Ende des Jahres 2018 kündigte der französische Präsident Emmanuel Macron eine Steuererhöhung auf fossile Treibstoffe (Diesel + 7 Cent/Liter, Benzin +3 Cent/Liter) ab dem Jahr 2019 an mit dem Ziel, Frankreichs Wechsel von fossiler

Energie in Richtung nachhaltiger Energie zu forcieren und zu finanzieren. Da es jedoch bereits im Laufe des Jahres Treibstoffhöhungen um knapp 18 Prozent gegeben hatte und die Preise für Benzin und Diesel bereits auf 1,53 bzw. 1,51 Euro pro Liter gestiegen waren, gingen die Leute auf die Straße und demonstrierten gegen Macrons Vorhaben. Aufgrund der Unzufriedenheit der Menschen kamen noch andere Forderungen hinzu und es bildete sich die sogenannte Gelbwestenbewegung. Im Laufe der Demonstrationen kam es auch mehrfach zu gewalttätigen Krawallen.

Simbabwe:

Letztes trauriges Beispiel ist Simbabwe. Mitte Jänner dieses Jahres wurden über Nacht die Treibstoffpreise radikal angehoben. So wurde der Preis für einen Liter Benzin von 1,24 Dollar auf 3,31 Dollar und der Preis für einen Liter Diesel von 1,36 Dollar auf 3,11 Dollar erhöht. Präsident Emmerson Mnangagwa erklärte, dass er mit dieser Maßnahme die Treibstoffknappheit in Simbabwe beheben wolle.

Bei den darauffolgenden Protesten kam es zu gewalttätigen Auseinandersetzungen zwischen der Polizei und Demonstranten in deren Verlauf mehrere Menschen schwer verletzt bzw. getötet wurden.

Wie man an diesen vier Beispielen sieht, sind die Gründe für eine Preiserhöhung zwar sehr unterschiedlich, die Reaktionen (Krawalle, Verletzte und im schlimmsten Fall sogar Tote) jedoch sehr ähnlich.

Es ist ersichtlich, dass das Automobil großen Einfluss auf jede Gesellschaft weltweit hat und die Menschen nicht oder nur geringfügig bereit sind, darauf zu verzichten.

Im Jahr 1956 stellte der amerikanische Geologe und Geophysiker Marion King Hubbert (1903-1989) auf einer Tagung sein Modell vor, in wie vielen Jahren in den USA die maximale Ölfördermenge erreicht sein würde. Ebenso berechnete Hubbert, in wie vielen Jahren die jeweilige maximale globale Fördermenge von fossilen Rohstoffen (Öl, Kohle, Gas) erreicht sein würde. In seinem Modell errechnete Hubbert für die globale Ölfördermenge das Jahr 2010 und beschrieb Solar- und Kernenergie als potenzielle und geeignete Alternativen.

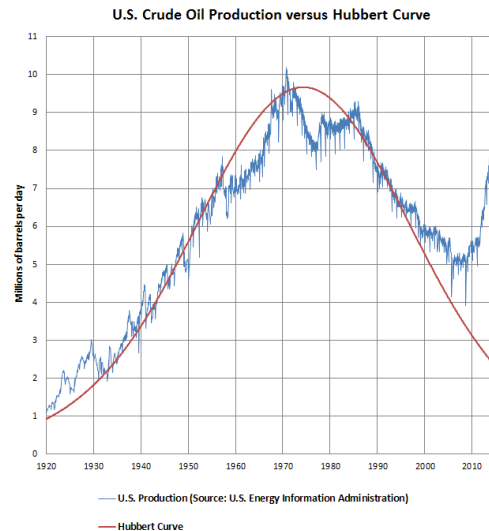
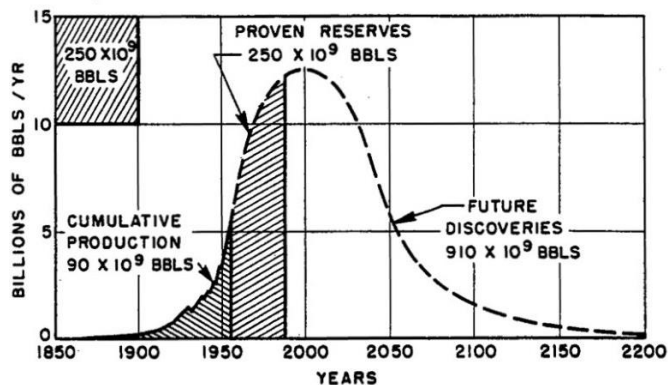


Abb. 26: Hubberts Vorhersage der globalen Ölförderung (links), Vergleich Hubberts Vorhersage zu tatsächlicher Fördermenge in den USA (rechts). Quelle: <https://oilindustryinsight.com> (links), <https://energyeducation.ca> (rechts)

Was die USA betrifft hatte Hubbert mit seiner Vorhersage Recht. Nach 1970 kam es zu einem drastischen Abfall der Fördermengen, wodurch die USA zu Ölimporten gezwungen waren. Die Zunahme ab 2010 ist auf die Ölförderung in Alaska und modernere Förderungstechniken, die neue Ölfunde ermöglichten, zurückzuführen.

Seitdem Hubbert sein Konzept vorgestellt hat wird darüber regelmäßig weltweit diskutiert, ob seine Vorhersagen zutreffen oder nicht. KritikerInnen bemängeln bei Hubberts Konzept, dass einige wesentliche Faktoren wie zum Beispiel Ressourcenwachstum und moderne Fördertechnologien nicht berücksichtigt worden sind.

Vorausgesetzt, dass es in der näheren Zukunft zu keiner drastischen Abkehr von fossilen Rohstoffen kommt, so ist mit weiteren Treibstoffpreiserhöhungen und damit verbundenen Konflikten zu rechnen.

Österreich:

Wurde in Österreich der Treibstoffpreis erhöht, so wurde im Gegensatz zu den oben erwähnten Beispielen von den Betroffenen bisher immer friedlich mittels diverser Printmedien, sozialer Netzwerke, Petitionen und Unterschriftenlisten ihrem Unmut Ausdruck verliehen.

In der nachfolgenden Abbildung ist die Preisentwicklung von Benzin und Diesel in Österreich in den vergangenen 29 Jahren dargestellt.

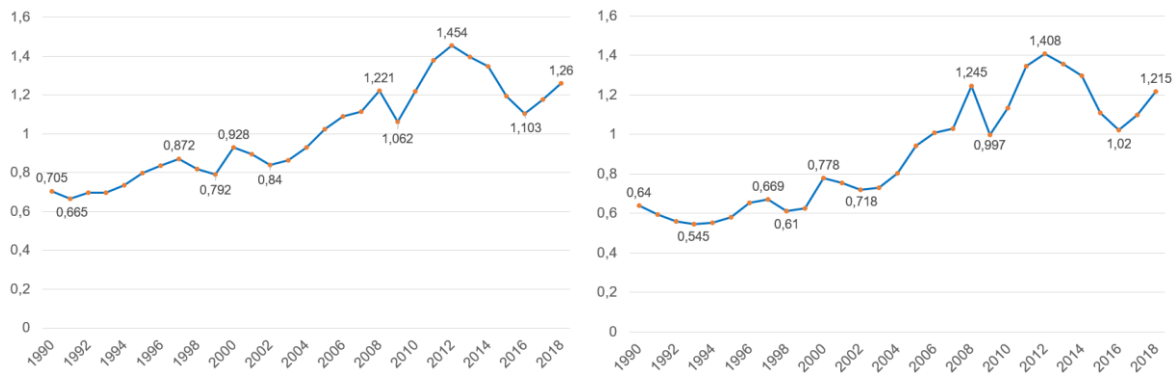


Abb. 27: Preisentwicklung Benzin (links), Preisentwicklung Diesel (rechts). Quelle: ÖAMTC

Aufgrund der starken Affinität des Menschen zum Automobil ergibt sich eine Kreuzpreiselastizität für den motorisierten Individualverkehr (MIV) von 0,18 und für den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) von 0,03 (Quelle: Gampe, Otruba). Das bedeutet: Erhöht man die Fahrpreise für den ÖPNV um 10 Prozent, so wählen um 1,8 Prozent mehr Menschen das Automobil als Fortbewegungsmittel. Erhöht man jedoch den Fahrpreis des MIV um 10 Prozent, so wechseln lediglich 0,3 Prozent zum ÖPNV.

KFZ bezogene Steuern

Mit folgenden Steuern kann man (in Österreich) ebenfalls auf das Fahrverhalten und die Verkehrsmittelwahl Einfluss nehmen.

Normverbrauchsabgabe (NOVA)

Unter der Normverbrauchsabgabe (NOVA) versteht man einmalige Steuerzahlung, die den Kauf und die Erstzulassung eines Fahrzeugs in Österreich besteuert. Wie viel dabei zu zahlen ist, hängt seit September 2018 nicht mehr Treibstoffverbrauch pro 100 Kilometer ab, sondern von den Kohlendioxidemissionen pro km. Aufgrund dieser Umstellung nahm das Finanzministerium im letzten Jahr 530,3 Millionen Euro ein, was – trotz rückläufiger KFZ-Neuzulassungen – ein 13 prozentiges Plus im Vergleich zum Jahr davor bedeutet.

Motorbezogene Versicherungssteuer

Die motorbezogene Versicherungssteuer ist eine Steuer, die regelmäßig fällig wird, sobald man einen zugelassenen PKW oder ein zugelassenes Motorrad besitzt. Der zu zahlende Betrag richtet sich bei PKWs nach der Motorleistung (kW), bei Motorrädern nach deren Hubraum. Auch bei Hybridfahrzeugen wird die motorbezogene Versicherungssteuer eingehoben während hingegen Elektrofahrzeuge von der

Steuer ausgenommen sind. Bei monatlicher Zahlung fallen im Vergleich zur jährlichen Gebühr 12 Prozent zusätzlich an. Die letzte Steuererhöhung erfolgte im Jahr 2014 und betrug durchschnittlich 12,9 Prozent.

Kraftfahrzeugsteuer

Im Gegensatz zur motorbezogenen Versicherungssteuer besteuert die Kraftfahrzeugsteuer schwere Fahrzeuge (z.B. LKW). Diese wird nach dem Gesamtgewicht bemessen. Jedes Monat wird ein Steuersatz von 1,55 Euro pro Tonne (bei einem KFZ-Gewicht von 3,5 bis 12 Tonnen), 1,70 Euro pro Tonne (KFZ Gewicht 12 bis 18 Tonnen) und 1,90 Euro bei einem Gewicht von mehr als 18 Tonnen, maximal jedoch 80 Euro fällig. Die Mindestgebühr beträgt 15 Euro pro Monat.

Parkgebühren

Das Fahrverhalten lässt sich auch mittels Parkgebühren (zum Beispiel Kurzparkzonen, Parkpickerl) beeinflussen. In manchen Städten ist Parken teurer als das Fahren selbst. So zahlt man etwa in Wiens Innenstadt umgerechnet 2,10 Euro für eine Stunde parken, in Graz 1,80 Euro und in Salzburg 1,50 Euro (Stand April 2017). Im internationalen Vergleich sind die Gebühren in Österreich gering. So zahlt man in New York (Manhattan) ca. 23,90 Euro pro Stunde, in London 8 Euro und in Stockholm 7,80 Euro.

8.1.6 Nachrüstung

8.1.6.1 Reduktion Rußpartikel

Partikelfilter

Die bei Dieselfahrzeugen entstehenden Abgase gelangen zuerst in den Oxidationskatalysator, in dem ein Großteil des entstandenen Kohlenwasserstoffs und Kohlenmonoxids in Kohlendioxid und Wasserdampf umgewandelt wird. Während die Abgase anschließend durch den Partikelfilter strömen, lagern sich die Rußpartikel am Filtermaterial ab. Dadurch werden bis zu 99% aller Rußpartikel herausgefiltert.

Im Laufe der Zeit kann der Partikelfilter aufgrund der Partikelmenge keine weiteren Rußpartikel mehr filtern. Sobald dies eintritt, erfolgt die sogenannte Regeneration. Dabei werden die Rußpartikel bei einer Temperatur von über 550 °C verbrannt. Da eine solche Temperatur nur schwer zu erreichen ist, kommen verschiedene Methoden zur Absenkung der notwendigen Temperatur zur Anwendung. So wird zum Beispiel die Zündtemperatur mit einer Spezialbeschichtung des Filters oder mit

Treibstoffbeimischungen auf ca. 300 – 400 °C gesenkt. Die bei der Reduktion entstehende Asche lagert sich im Filter ab und so muss dieser regelmäßig (circa alle 120.000 km) erneuert werden. Da dies jedoch meist mit Kosten im Bereich von 1.500 bis 4.500 Euro verbunden ist, wird auch oft von Firmen statt des Austausches eine kostengünstigere Partikelfilterreinigung angeboten.

Partikelkatalysator

Eine Alternative zum Partikelfilter ist der Partikelkatalysator, jedoch beträgt die Filterrate lediglich 40 – 80 Prozent. Der Partikelkatalysator ist aus einer gewellten, dünnen Stahlfolie aufgebaut. Die Stahlfolie besitzt „Öffnungen“, in denen sich ein Vlies befindet, worin sich die Rußpartikel ablagern. Bei ausreichend hohen Temperaturen werden die Rußpartikel – analog zum Partikelfilter – verbrannt.

Kombination von Partikelfilter und -katalysator

Abseits von unterschiedlichen Partikelfiltern und -katalysatoren sind am Markt auch Filter zu finden, die sowohl Filter- als auch Katalysatorsystem in einem einzigen „Element“ vereinen.

8.1.6.2 Reduktion NO_x-Emissionen

Modifikation des Abgasrückführsystems (AGR-System)

Sinkende Temperaturen bedeuten ein erhöhtes Risiko von vermehrt auftretenden Ablagerungen im AGR-System. Dies führt zu einer über-durchschnittlichen Belastung von Ventil und Kühler des Abgasrückführsystems. Obwohl diese Komponenten bereits optimiert wurden, ist ein Eingriff in das Abgasrückführsystem noch immer mit großen Auswirkungen (z.B. auf die Verbrennung) und immensem Aufwand verbunden, der nur von Fahrzeugherstellern finanziell tragbar ist. Diese Variante ist unwirtschaftlich und wird daher nicht umgesetzt.

NO_x-Speicherkatalysator

Ein NO_x-Speicherkatalysator erreicht bereits bei niedrigen Temperaturen eine effiziente Wirkungsweise und benötigt kein zusätzliches Tanksystem inklusive Dosiermodul, allerdings ist eine Regenerierung erforderlich sobald die Speicherkapazität erschöpft ist. Ein Sensor misst die Auslastung des NO_x-Speicherkatalysators anhand des Stickoxidanteils in den Abgasen.

Für die Regenerierung wird ein fettes Gemisch benötigt was zu erhöhtem Treibstoffverbrauch und zu vermehrt Rußpartikeln führt. Dadurch wird der Partikelfilter

verstärkt belastet und dessen Regenerierungsintervall verkürzt. Unter normalen Fahrbedingungen ist die Regenerierung durchschnittlich alle 60 Sekunden notwendig.

Der NO_x-Speicherkatalysator speichert zusätzlich auch CO₂ wodurch die Speicherkapazität schneller abnimmt und zusätzlich zu der Regenerierung auch eine Desulfatisierung notwendig ist.

Sowohl Regenerierung als auch Desulfatisierung bedeuten massive Eingriffe in die Motorsteuerung und sind daher in keiner Relation zum Nutzen. Auch diese Nachrüstungsvariante ist unwirtschaftlich und daher nicht umsetzbar.

SCR-Katalysator

Ein SCR-Katalysator benötigt Ammoniak um NO_x in seine Bestandteile (Stickstoff und Wasser) aufzuspalten. Ammoniak ist jedoch für den Menschen hoch giftig und ätzend. Daher kommt im Fahrzeug eine wässrige Harnstofflösung (AdBlue genannt) zum Einsatz, die sich unter Hitzeeinwirkung in Ammoniak umwandelt und anschließend mit den Stickoxiden reagiert.

Für die Reaktionen sind sowohl eine ausreichend hohe Temperatur (ungefähr 200 °C) sowie die richtige Menge an Harnstofflösung entscheidend. Bei zu wenig AdBlue entstehen erhöhte Stickoxidemissionen und bei zu viel AdBlue gelangt überschüssiges Ammoniak in eine Spezialschicht im Katalysator und wird dort in Stickstoff und Wasser umgewandelt.

Für die Speicherung von AdBlue im Fahrzeug ist ein separater Tank notwendig. Die Betankung erfolgt meist über Werkstätten, ist aber auch an ausgewählten Tankstellen mittels Zapfsäule oder Kanister möglich.

SCR-Katalysatoren sind eine äußerst wirkungsvolle Maßnahme, Stickoxidemissionen zu reduzieren. Im Optimalfall ist eine Reduktion von bis zu 90 Prozent möglich. Dieses System ist aufgrund des großen Einsparungspotentials empfehlenswert, allerdings liegen die Kosten einer solchen Nachrüstung im Bereich von circa 3.000 – 5.000 Euro.

Softwareupdates

Im Jahr 2015 wurde bei Abgasmessungen von PKWs des Herstellers Volkswagen Emissionswerte, die weit über den Grenzwerten lagen, festgestellt. Daraufhin wurden in vielen Ländern Verfahren wegen Betrugs gegen Volkswagen eingeleitet. Dies war

für viele Automobilhersteller der Beginn einer schwerwiegenden Krise, denn nicht nur bei Fahrzeugen von Volkswagen wurden hohe Schadstoffdifferenzen festgestellt, sondern auch bei Fahrzeugen anderer Hersteller wodurch ein großes Umdenken hinsichtlich der Schadstoffmengen und -grenzen begann.

Um den entstandenen Imageschaden in Grenzen zu halten, versprach Volkswagen ein Softwareupdate für sämtliche Fahrzeugtypen, bei denen zu hohe Emissionswerte gemessen wurden.

Die Resultate des Updates waren unterschiedlich. Zwar konnte bei einigen Fahrzeugen eine Reduktion der Stickoxide bei sommerlichen Fahrverhältnissen erzielt werden, jedoch nahmen die Stickoxidemissionen bei winterlichen Fahrverhältnissen teilweise sogar noch zu.

Ende August 2018 reichten Volkswagen und einige andere Fahrzeughersteller (z.B. Daimler, BMW und Opel) ihre Software-Updates beim Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) zur Freigabe ein.

Nach Freigabe des Softwareupdates begann Volkswagen das Software Update bei den betroffenen Fahrzeugen einzuspielen. Mitte Februar 2019 wurden bei dem Software Update jedoch erneut Ungereimtheiten entdeckt woraufhin Volkswagen – in Abstimmung mit dem KBA – das Einspielen der Software wieder stoppte.

Zum derzeitigen Stand ist es ungewiss, ob es durch ein Software Update zur erhofften bzw. versprochenen Stickoxid-Reduktion bei den betroffenen Dieselfahrzeugen kommt.

Studie über das Potenzial einer Realisierung einer Hardware-Nachrüstung für Dieselfahrzeuge EU5 (EU4) zur NO_x-Reduzierung (Auftraggeber Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Deutschland); 8.1.2018).

8.1.7 Elektrofahrzeuge (BEV)

Der Anteil an Elektrofahrzeugen (BEV) in der EU wächst von Jahr zu Jahr. Allerdings gibt es innerhalb der EU Staaten deutliche Wachstumsunterschiede. Schweden (innerhalb der EU) und Norwegen (außerhalb der EU) sind jene zwei Länder Europas mit den meisten Neuzulassungen bei Elektrofahrzeugen.

Bis 2030 wird in der EU – in Abhängigkeit der Klimaziele – ein Wachstum von Elektrofahrzeugen (BEVs) um ca. 3,9 – 13,0 Prozent erwartet.

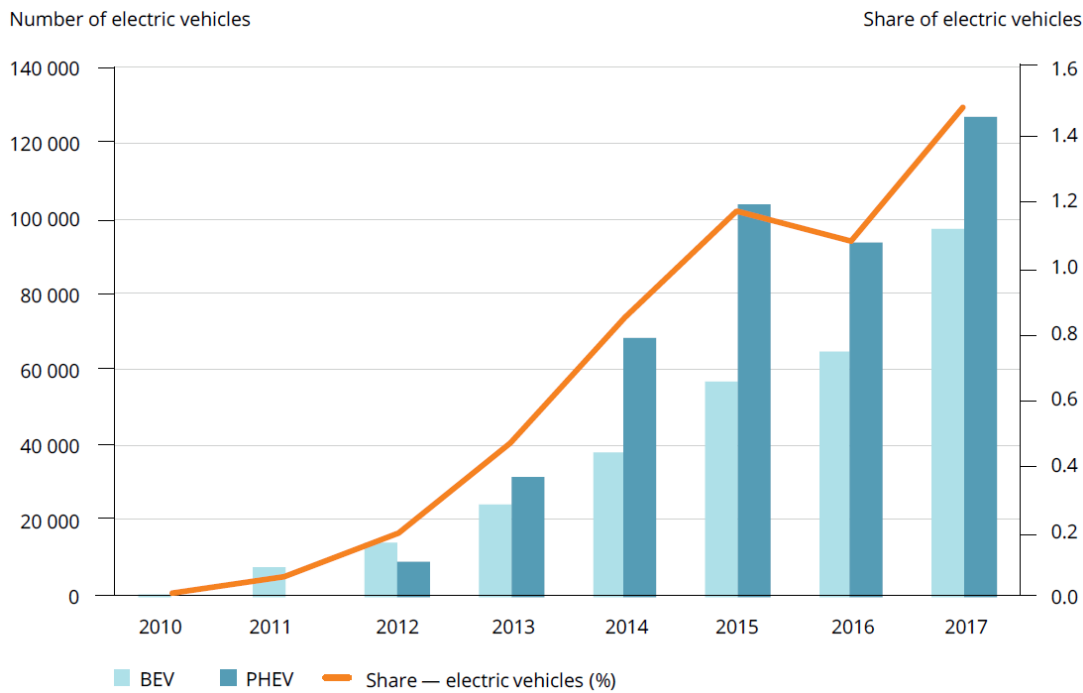


Abb. 28: Marktanteil an Elektrofahrzeugen in der EU. Quelle: EEA Report 13/2018: Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives

Elektro-PKWs machen auf Österreichs Straßen im Moment noch einen relativ geringen Anteil aus, der jedoch jedes Jahr stetig am wachsen ist. Betrug bei PKW-Neuzulassungen der Anteil an Elektrofahrzeugen (BEVs) im Jahr 2010 lediglich 112, so waren es im Vorjahr bereits 6757 Neuzulassungen, was eine Zunahme um ca. 24,4 Prozent gegenüber dem Jahr 2017 bedeutet.

Der Fahrzeugbestand an Elektrofahrzeugen in Österreich stieg bis Dezember 2018 auf insgesamt 20.831 an. Zwischen den Jahren 2010 und 2013 war nur ein geringer Zuwachs zu verzeichnen. Seit 2013 stieg der Gesamtbestand kontinuierlich stark an.

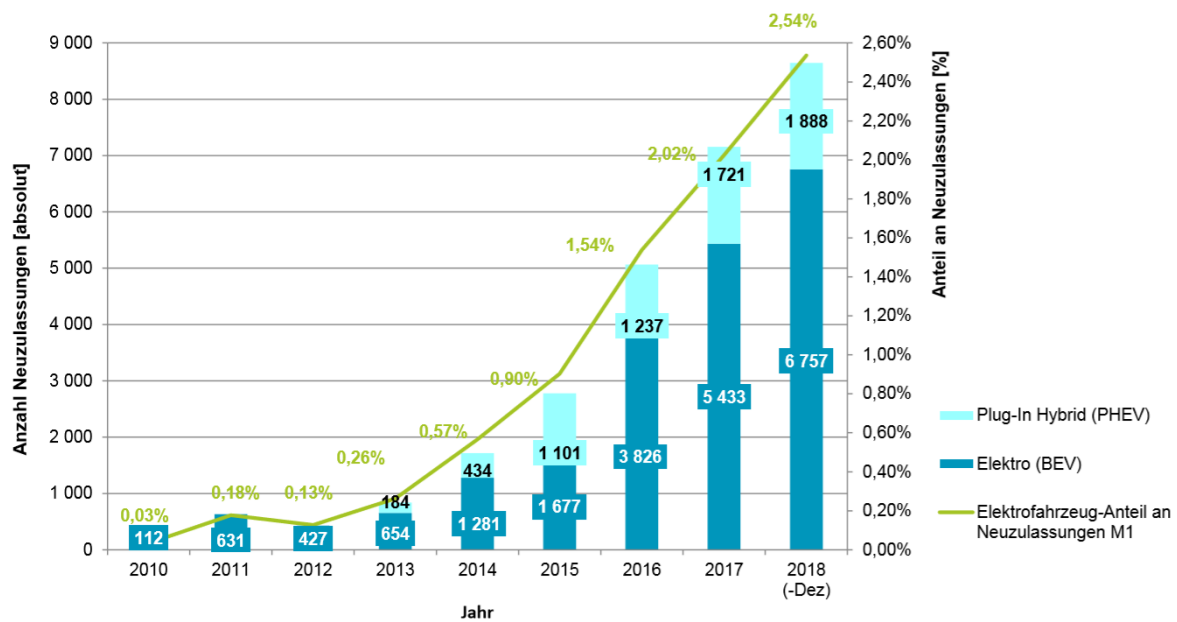


Abb. 29: Neuzulassungen von Elektro-Fahrzeuge in Österreich und Anteil an der Gesamtzahl der PKW-Neuzulassungen (M1). Quelle: Statistik Austria, Datenstand jeweils 31.12. des jeweiligen Jahres

In einer im Jahr 2016 vom Umweltbundesamt durchgeführten Studie wurden herkömmliche Antriebe (Diesel, Benzin) mit alternativen Antrieben (Hybrid, Elektro) anhand einer Ökobilanz miteinander verglichen. Berücksichtigt wurden Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen sowie Energiebedarf bezogen auf den gesamten Lebenszyklus (Produktion, Betrieb und Entsorgung) des jeweiligen Fahrzeugs.

In sämtlichen Punkten war das Elektroauto der Sieger, der Hybridantrieb schaffe es auf Platz zwei.

Elektroautos haben geringere Luftschadstoffemissionen (ca. 75 – 90 Prozent weniger als Diesel- bzw. Benzinfahrzeuge), geringeren Energieverbrauch und erzeugen weniger Lärm bis zu einer Geschwindigkeit von ca. 35 km/h.

Bei Elektrofahrzeugen entsteht hauptsächlich bei der Stromproduktion Stickoxide wodurch auch in dieser Kategorie der Elektroantrieb besser abschneidet. Eine zusätzliche Abgasnachbehandlung ist nicht notwendig.

In Puncto Staubemissionen haben alle vier Antriebsarten ähnliche Testergebnisse und auch bei dem Energieaufwand für die Herstellung eines Fahrzeuges sind die Ergebnisse fast ident. In Sachen Energieaufwand während des Betriebes hat der Elektromotor die niedrigsten Werte (Verbrennungsmotoren haben ca. 3 – 4 Mal höhere Werte).

Die Betriebskosten sind bei Elektrofahrzeugen wesentlich günstiger. Die Kosten für 100 km bei einem durchschnittlichen Stromverbrauch von 15 kWh / 100 km betragen ungefähr drei Euro. Die Wartungskosten fallen ebenfalls geringer aus, da Elektrofahrzeuge eine niedrigere Anzahl an beweglichen Teilen haben.

Elektromotoren besitzen ein größeres Anfahrtdrehmoment als Benzin- bzw. Dieselmotoren und können deswegen schneller bei niedrigen Geschwindigkeiten beschleunigen.

Bei Bremsvorgängen kann die dabei entstehende Energie gewonnen und in die Batterie rückgeführt werden (Rekuperation). Dieses System ist sowohl bei einspurigen als auch zweispurigen Elektrofahrzeugen möglich.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die für Elektrofahrzeuge notwendige Energie aus erneuerbaren Quellen (z.B. Wasserkraft, Wind und Photovoltaik) bezogen werden kann. In Österreich steigt der Anteil an erneuerbarer Energie kontinuierlich und betrug im Jahr 2016 bereits 33,5 Prozent, was EU-weit Platz vier hinter Schweden, Finnland und Lettland bedeutet. Gleichzeitig sank dadurch die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern.

In steuerlicher Hinsicht entfällt - im Gegensatz zu benzin- bzw. dieselgetriebenen Fahrzeugen – derzeit bei Elektrofahrzeugen sowohl die NOVA als auch die motorbezogene Versicherungssteuer.

Natürlich haben Elektrofahrzeuge auch Nachteile wie zum Beispiel den höheren Anschaffungspreis (im Vergleich zu einem diesel- oder benzingetriebenen Fahrzeug). Die Fahrreichweite (zumeist im Bereich 150 bis 300 km) ist im Moment auch stark begrenzt, jedoch sind 90 Prozent der täglichen Fahrten in Summe geringer als 100 km, wodurch sich dieser Nachteil relativiert.

Auch das hohe Gewicht und die Diversität von Akkus sowie deren hoher Preis und längere Ladezeiten (im Vergleich zu einem Tankvorgang) sind ein zusätzliches Manko.

Kritisch zu hinterfragen sind der weiterhin hohe Platzverbrauch von Elektrofahrzeugen sowie die Lärmpflicht bis 20 bzw. 30 km/h.

Damit der Anteil an Elektrofahrzeugen auch in Zukunft weiterhin zunimmt, wird der Kauf eines Elektrofahrzeugs in Österreich 2019 mit einer Zahlung von 3.000 Euro

gefördert. Ebenso werden Heimpladestationen mit 200 – 600 Euro und öffentliche Ladestationen mit 20.000 Euro gefördert. Eine weitere Maßnahme ist der Ausbau der öffentlichen Elektroladestationen. So werden zum Beispiel bis Ende 2020 in Wien über 1.000 neue Ladestationen errichtet, wodurch in ganz Wien stets eine Ladestation innerhalb von 400 m erreichbar ist. Kriterien für die Standorte sind unter anderem die Umsteigemöglichkeit auf den ÖPNV, nahe Einkaufsmöglichkeiten, Auslastung und die Anbindung an das Stromnetz.

Auch die ÖBB investiert in Elektroladestationen, die in Bahnhofsnähe bei den Parkanlagen errichtet werden. Somit können Pendler, während sie mit dem Zug unterwegs in die Arbeit sind, ihr Elektrofahrzeug aufladen. Solche Systeme sind zum Beispiel bereits in Amstetten, Leoben, Melk und St. Pölten in Betrieb.

8.1.8 Innovative neue Technologien

8.1.8.1 Wasserstoff-Brennstoffzelle

Als eine Alternative zu den bisher genannten Antriebsarten für die Zukunft wird die Wasserstoff-Brennstoffzelle angesehen. Ein wasserstoffgetriebenes Fahrzeug besitzt – wie auch ein Elektrofahrzeug – einen Elektromotor, der jedoch mit einer Wasserstoff-Brennstoffzelle angetrieben wird. Dabei entstehen keinerlei schädliche Emissionen, lediglich Wasserdampf wird freigesetzt.

Nach derzeitigem Stand der Technik kann Wasserstoff nicht nur in einer Brennstoffzelle, sondern auch in einem Ottomotor zur Anwendung kommen, allerdings ist der Wirkungsgrad niedrig und es entstehen NO_x-Emissionen.

Man unterscheidet zwei Arten von Brennstoffzellen, die aufgrund ihres unterschiedlichen Elektrolyts differieren.

Bei der Polymerelektrolyt-Brennstoffzelle, auch mit PEMFC („Proton Exchange Membrane Fuel Cell“) abgekürzt, wird eine dünne Polymermembran als Elektrolyt verwendet, während bei der Festoxid-Brennstoffzelle, auch mit SOFC („Solid Oxide Fuel Cell“) abgekürzt, das Elektrolyt aus Zirkondioxid, einer Art Hochleistungskeramik, besteht.

Die Funktionsweise wird nachstehend anhand einer Polymerelektrolyt-Brennstoffzelle erklärt.

Wasserstoffbrennzellen ähneln einer Batterie, allerdings ist ein Treibstoff – in diesem Falle Wasserstoff – notwendig. Es werden stets mehrere Brennstoffzellen gestapelt angeordnet, meist „Stack“ (englisch für Stapel) genannt. Eine einzelne Brennstoffzelle besteht aus zwei Bipolarplatten, die als Außenhülle dienen und kleine Kanäle haben, um eine gleichmäßige Sauerstoff- und Wasserstoffversorgung sicherzustellen. Außerdem dienen die beiden Platten jeweils als Anode und Kathode. Zwischen den beiden Bipolarplatten befindet sich eine sogenannte Protonenaustauschmembran.

Die angesaugte Umgebungsluft wird in der Kathode durch die Kanäle geleitet und auf die Schicht der Membran, die als Katalysator dient, verteilt. Sobald der Fahrzeuglenker / die Fahrzeuglenkerin beschleunigt, wird Wasserstoff in die Anode transferiert. Die Membran verhindert einen direkten Kontakt zwischen Sauerstoff und Wasserstoff, lediglich die Protonen der Wasserstoffatome gelangen durch die Membranschicht. Durch die bei der entstehenden elektrochemischen Reaktion freigesetzten Elektronen entsteht Strom, welcher einen Elektromotor antreibt. Überschüssige und aus Rekuperation gewonnene Energie werden in einer Batterie gespeichert. Dadurch kann dem Elektromotor bei Beschleunigungsvorgängen zusätzliche Energie zugeführt werden, wodurch ein gutes Fahrverhalten sichergestellt ist.

Auf der gegenüberliegenden Membranseite entsteht aus den Wasserstoffprotonen, dem Sauerstoff und den Elektronen Wasser, die einzige Emission dieser Antriebsart.

Der Tankvorgang mit Wasserstoff dauert – ähnlich wie bei fossilen Brennstoffen – nur wenige Minuten, allerdings benötigt der Tank relativ viel Platz.

Neben Honda, Hyundai und Toyota hat auch Daimler als erster deutscher Hersteller ein Wasserstofffahrzeug im Sortiment. Andere Autohersteller warten trotz über 25-jähriger Forschungstätigkeit im Bereich Wasserstoffantrieb noch ab bis die Infrastruktur besser ausgebaut ist und somit bessere Voraussetzungen geschaffen sind.

Auch die österreichische Firma Magna forscht auf dem Gebiet des Wasserstoff- und Elektroantriebs. So hat Magna einen Mercedes V-Klasse Konzeptwagen entwickelt, der sowohl einen Elektroantrieb als auch eine Brennstoffzelle besitzt. Ziel ist es, dass, sobald die Batterie des Elektroantriebs schwächer wird, die Brennstoffzelle

anfängt Strom zu produzieren und damit die Batterie wieder auflädt. Die Brennstoffzelle fungiert somit als eine Art „Range Extender“. Vorteile dieses Konzepts sind die erhöhte Reichweite und die Flexibilität, allerdings benötigen Brennstoffzellen und die Batterien für den Elektroantrieb viel Platz und erhöhen dementsprechend das Gewicht des Fahrzeugs.

Schätzungen gehen davon aus, dass bis zum Jahr 2030 ca. 2.000.000 Wasserstofffahrzeuge weltweit unterwegs sein werden. Dabei werden Toyota und Hyundai, aufgrund ihrer Vorreiterrollen und den selbstgesteckten Ansprüchen, sehr wahrscheinlich eine führende Rolle spielen.

Ein Problem bei dieser Antriebsart ist die Wasserstoffherstellung, denn Wasserstoff kommt nur gebunden vor und bis dato wurde noch keine billige und zugleich umweltschonende Methode für die Gewinnung gefunden. Im Moment wird Wasserstoff unter anderem aus Erdgas, Wasser und Biomasse gewonnen.

Auch die Anzahl der Tankstellen ist noch ein Problem. So gibt es in Österreich derzeit nur fünf Tankstellen (je eine in Wien, Wr. Neudorf, Asten, Innsbruck und Graz), in Deutschland immerhin schon 60 Tankstellen. An der Tankstelle kostet derzeit ein Kilogramm Wasserstoff knapp 9 Euro, womit man ca. 100 km weit fahren kann. Seitens der EU wurde eine Richtlinie erlassen, die alle Mitgliedsstaaten zur Errichtung ausreichend vieler Wasserstofftankstellen verpflichtet.

Der Kaufpreis eines Wasserstofffahrzeuges ist ebenfalls ein Nachteil gegenüber benzin- oder dieselgetriebenen PKWs. So beträgt beispielsweise der Einstiegslistenpreis des Toyota Mirai im Moment noch über 70.000 Euro. Die Autohersteller arbeiten an einer Reduktion der Kosten, um zumindest das derzeitige Preisniveau von Hybridfahrzeugen zu erreichen.

Ein weiteres Problem ist die Empfindlichkeit der Brennstoffzellen gegenüber der Kälte. Doch dieses Problem haben Autohersteller bereits in den Griff bekommen. So funktioniert z.B. der neue Toyota Mirai auch noch bis minus 31 Grad Celsius.

Die Explosionsgefahr konnte ebenfalls minimiert werden. Die Drucktanks, in denen der Wasserstoff gespeichert wird, werden meist zentral im Fahrzeug situiert. Zudem ist das Material der Tanks optimiert und dadurch widerstandsfähiger als früher.

8.1.8.2 Bosch – Dieseltechnik

Bosch kündigte nach mehrjähriger, kostenintensiver Forschung im Sommer 2018 eine neue Technologie an, die Diesemissionen mit Ausnahme von CO₂ um den Faktor 10 reduziert.

Die neue Dieseltechnik von Bosch wirkt den zwei Faktoren, die für hohe NO_x-Emissionen ausschlaggebend sind, entgegen. Ein Faktor ist der Einfluss des Fahrzeuglenkers / der Fahrzeuglenkerin. Ziel ist eine Abgasrückführung, die sich an die Fahrdynamik anpasst. Dies wird durch einen Turbolader möglich.

Der zweite Faktor ist die Temperatur. Erst ab einer Temperatur von 200 Grad werden Stickoxide optimal konvertiert. Diese Temperatur wird bei Fahrten durch die Stadt nur selten erreicht. Um diesem Effekt entgegenzuwirken reguliert Boschs neue Dieseltechnik aktiv die Abgastemperatur. Dadurch kann die Abgasanlage nicht abkühlen und die Emissionen werden auf einem geringen Niveau gehalten. Dies ist vor allem im Stadtverkehr von großem Vorteil. Um die Abgaswerte so gering wie möglich zu halten, kommt zusätzlich eine optimierte Einspritztechnik zur Anwendung.



Abb. 30: Funktionsweise der neuen Dieseltechnik der Fa. Bosch. Quelle: Fa. Bosch (<https://www.boschpresse.de/pressportal/de/de/durchbruch-neue-bosch-dieseltechnik-kann-stickoxid-problem-loesen-155524.html>)

Aufgrund dieser neuen Technik gelingt es Bosch, die Stickoxidwerte auf 13 µg/km bei Fahrten im praktischen Fahrbetrieb (RDE-Fahrten) zu reduzieren. Selbst bei über die gesetzlich vorgeschriebenen Anforderungen hinausgehenden Probefahrten in der Stadt werden Stickoxidwerte von lediglich 40 µg/km gemessen. Wenn man diese Werte mit dem für 2020 vorgeschriebenen Grenzwert von 120 µg/km vergleicht, so ist dies eine deutliche Reduktion der NO_x-Emissionen.

Weitere Vorteile von Boschs Dieselmotoren ist die Tatsache, dass der neue Motor nicht mehr Treibstoff verbraucht als bestehende Dieselmotoren und nur bereits am Markt existierende Komponenten verwendet werden. Dadurch kann diese Technologie bereits in zwei bis drei Jahren auf den Markt kommen.

8.2 LKW:

So wie bereits im Jahr 2017 hat der LKW-Verkehr auch im Jahr 2018 in Österreich zugenommen. An 96 von 106 Zählstellen wurde eine Zunahme von mehr als zwei Prozent festgestellt, bei 56 Zählstellen sogar eine Zunahme von über vier Prozent. Die meisten LKWs wurden in Österreich auf dem Autobahnabschnitt A1 im Bereich Haid gezählt, gefolgt vom Abschnitt A2 Biedermannsdorf.

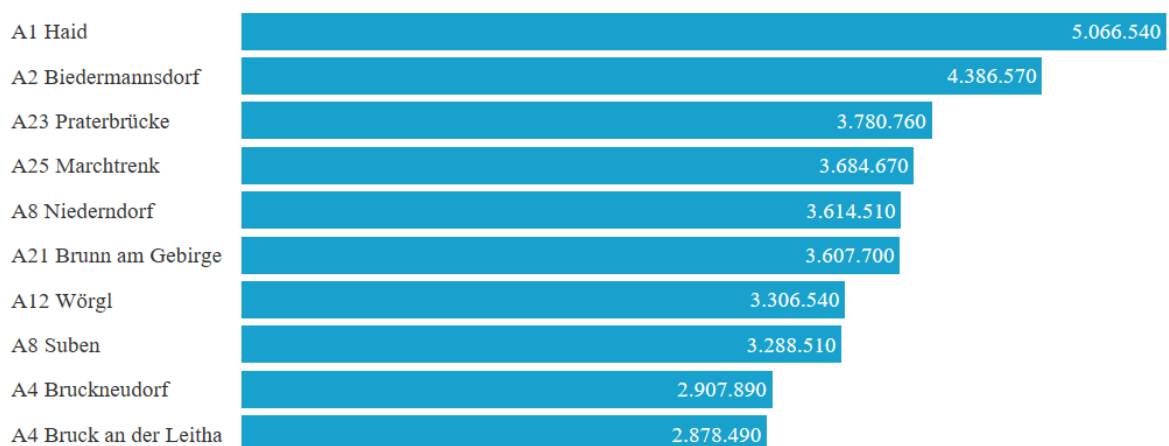


Abb. 31: Anzahl der LKWs in Österreich im Zeitraum von 1.1. bis 30.11.2018. Quelle: Asfinag, VCÖ 2018

In Österreich sind fast ausschließlich mit Dieseltreibstoff angetriebene LKWs unterwegs, wodurch sehr große Mengen an NO_x und Feinstaub emittiert werden. LKWs emittieren ebenso wie PKWs am Prüfstand weitaus weniger Stickstoffoxide als im Echtbetrieb auf der Straße.

Schwere Nutzfahrzeuge, die der Abgasnorm Euro 6 entsprechen, sind mit Spezialsystemen, die die Stickoxidabgase nachbehandeln, ausgestattet. Dadurch konnten die NO_x-Emissionen bei diesen Fahrzeugen deutlich gesenkt werden.

Im Februar dieses Jahres hat die EU erstmals – trotz des Widerstands von Italien, Deutschland und einiger anderer Länder - eine Emissionsreduktion für LKW beschlossen. So sollen die durchschnittlichen CO₂-Emissionen von LKWs ab dem Jahr 2025 ca. 15% weniger ausmachen als in diesem Jahr, ab dem Jahr 2030 soll eine Reduktion um 30% gegenüber 2019 erfolgen.

Um eine Reduktion an LKWs auf Österreichs Autobahnen zu erreichen, empfiehlt der VCÖ einen fortlaufenden Ausbau der ÖBB, eine bessere Anbindung von Betrieben an das Eisenbahnnetz, die Abschaffung von steuerlichen Erleichterungen für Dieseltreibstoff, eine höhere Maut für Lastkraftwagen, vermehrt LKW-Kontrollen sowie den Konsum von regionalen und langlebigen Konsumgütern.

Stellt man den Transport von Gütern mit der Bahn und mit LKWs hinsichtlich der entstehenden Schadstoffemissionen gegenüber, so ergibt sich, dass die Bahn um das 6-fache weniger Energie benötigt, wesentlich weniger Kohlendioxid- und Stickoxidemissionen verursacht und auch in der Verkehrssicherheit deutlich um einen zweistelligen Faktor voranliegt.

Eine mögliche Alternative für die Zukunft entwickelt die Firma Nikola Motors in Kooperation mit Bosch. Ziel ist es, bis 2021 die ersten Elektro-Schwerlasten auf den Markt zu bringen.

Die emissionsfreie Elektro-Laster soll nicht nur durch den Wasserstoffantrieb, einer Leistung von 1000 PS und 2.700 Nm Drehmoment – was einer doppelten Leistungstärke gegenüber herkömmlichen Sattelschleppern entspricht – punkten, sondern auch bei den Betriebskosten.

Weitere Ziele sind eine Fahrdistanz von 500 bis 1.000 Kilometer und eine Tankzeit von circa 20 Minuten.

8.3 ÖPNV (Öffentlicher Personennahverkehr)

In vielen Städten weltweit existieren ÖPNV-Systeme in unterschiedlichen Formen. Um Menschen dazu zu bringen, vom motorisierten Individualverkehr zum öffentlichen

Personennahverkehr zu wechseln, muss der ÖPNV attraktiv gestaltet werden. Dies kann erreicht werden durch

- günstige Tarife
- moderne Fahrzeuge
- fahrgastfreundliche, saubere und barrierefreie Haltestellen
- kurze Fahrintervalle
- einen durchgängigen Betrieb
- gute Erreichbarkeit
- Minimierung von Verspätungen bzw. Ausfällen

8.3.1 Tarife

Je billiger ein Tagesticket, eine Wochen-, Monats- oder Jahreskarte für die öffentlichen Verkehrsmittel ist, umso mehr werden sie von der Bevölkerung angenommen und benutzt. Auch Ermäßigungen (zum Beispiel für SchülerInnen, Jugendliche, SeniorInnen), Förderungen (zum Beispiel für Gehörlose) und steuerliche Absetzbarkeit erhöhen die Akzeptanz von öffentlichen Verkehrsmitteln.

In den folgenden Absätzen werden einige Beispiele erwähnt, unter anderem Wien, das ein Paradebeispiel für ein ausgezeichnetes Preis-Leistungs-Verhältnis ist.

8.3.1.1 Wien

Im Jahr 2012 trafen die Wiener Landesregierung und die Wiener Linien (städtische Verkehrsbetriebe der Stadt Wien) die Vereinbarung, dass der Preis für eine Jahreskarte für die öffentlichen Verkehrsmittel von 459 auf 365 Euro gesenkt wird.

Seitdem stieg die Zahl der verkauften Jahreskarten von Jahr zu Jahr an. Im Jahr 2018 wurde erstmalig die 800.000er Grenze überschritten. Auch die Anzahl der Fahrgäste nahm in den letzten Jahren stark zu. Waren es im Jahr 2012 noch 906,6 Millionen Fahrgäste, so waren es 2017 bereits 961,7 Millionen.

Diese Zunahme bemerkt man auch am Anteil des öffentlichen Verkehrs beim Modal Split. Ca. 38 Prozent aller Wege werden inzwischen mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt. Damit dies auch in Zukunft so bleibt, investierten die Wiener Linien im Jahr 2018 knapp 407 Millionen Euro in eine Erweiterung des Netzes und die Anschaffung neuer, moderner Fahrzeuge.

Auch die Akzeptanz und Beliebtheit der öffentlichen Verkehrsmittel von Wien nahm im Laufe der Jahr stetig zu. 91 Prozent der Wiener und Wienerinnen fahren mit den „Öffis“, zwei Drittel davon oftmals.

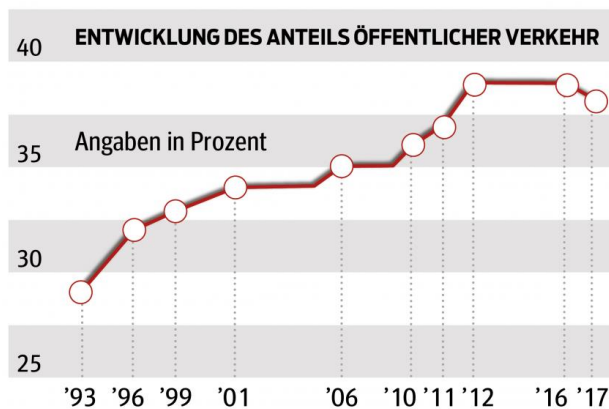


Abb. 32: Anteil des öffentlichen Verkehrs am Modal Split in Wien. Quelle: Wiener Linien

8.3.1.2 Europäische Städte im Vergleich

London ist europaweit jene Stadt mit der teuersten Jahreskarte für öffentliche Verkehrsmittel. So zahlt man in London – abhängig von der Anzahl der Zonen – zwischen ca. 1625 (Innenstadt) und 2980 Euro (ganz London) (Stand 2019).

Auch in Dublin zahlt man eine beträchtliche Summe für eine Jahreskarte. Möchte man in Dublin ein Jahr lang mit dem Bus fahren, so zahlt man 1400 Euro, für ein Jahr lang Straßenbahn fahren 1210 Euro (Stand 2019).

In Berlin zahlt man für die Jahreskarte ab 761 Euro, in Paris ca. 760 Euro und in Rom lediglich 250 Euro (Stand 2019)

8.3.2 Moderne Fahrzeuge

Im öffentlichen Personennahverkehr ist es notwendig, die Fahrzeuge in regelmäßigen Abständen gegen modernere auszutauschen. Dies ist notwendig, um eine ernsthafte Konkurrenz für das Automobil darzustellen.

Es müssen gewisse Mindeststandards im öffentlichen Verkehr erfüllt sein, damit die Attraktivität für Fahrgäste nicht abnimmt.

8.3.2.1 U-Bahn, Straßenbahn, Schnellbahn

Die Mindeststandards für Straßenbahn, U-Bahn und Schnellbahn sind sehr ähnlich. Eine ausreichende Anzahl an Steh- und Sitzplätzen, Sauberkeit, guter Internet- und

Mobiltelefonempfang, Infoscreens und Klimaanlage für heiße Sommertage erzeugen eine hohe Attraktivität für die Fahrgäste.

In der Schnellbahn sind Steckdosen, verstellbare Sitze und kleine Tische, auf denen z.B. mit Notebooks gearbeitet werden kann, zusätzliche positive Aspekte.

Sämtliche Fahrzeuge, die die Wiener Linien seit 2002 gekauft haben, besitzen eine Klimaanlage. Der Grund für diese Maßnahme war, dass sich die Anzahl der Hitzetage (über 30 °C) innerhalb der letzten 40 Jahre verdreifacht hat (1970 – 1990 im Schnitt neun, in der Gegenwart ca. 27 Hitzetage pro Jahr).

Zwei Drittel aller Fahrzeuge sind inzwischen klimatisiert, davon Busse zu 100 Prozent, U-Bahnen zu 49 Prozent und Straßenbahnen zu 36 Prozent.

Der Austausch von nicht klimatisierten U-Bahnen und Straßenbahnen kann erst nach Ablauf ihrer kalkulierten Lebenszeit erfolgen, da ein vorzeitiger Wechsel unwirtschaftlich wäre.

8.3.2.2 Busse

Busse müssen bezüglich ihrer Attraktivität die gleichen Mindeststandards wie Straßenbahnen und U-Bahnen erfüllen, allerdings weisen Busse bezüglich ihrer Umweltfreundlichkeit einen starken Aufholbedarf auf.

Nicht nur PKWs sondern auch Busse emittieren zu viele die Gesundheit gefährdende Abgase. Da im Gegensatz zu PKWs für Busse noch keine Emissionsgrenzen definiert wurden, einigten sich im Dezember 2018 die EU Staaten erstmalig darauf, für neue Busse und LKWs CO₂-Emissionsgrenzwerte festzulegen. So sollen bis 2025 15 Prozent gegenüber 2019 und bis zum Jahr 2030 30 Prozent der Emissionen vermieden werden.

Elektrobusse machen – laut einer Studie von Transport and Environment – lediglich neun Prozent der Bus-Neuzulassungen in Europa aus. Viele Städte zögern aufgrund der hohen Anfangsinvestitionskosten beim Umstieg auf Elektrobusse. Rechnet man jedoch die Betriebskosten, Klimakosten und die entstehenden Kosten im Gesundheitswesen aufgrund von Abgasemissionen und Lärmbelastung hinzu, dann ergibt sich, dass Elektrobusse bereits jetzt billiger sind als Dieselbusse.



Abb. 33: Hersteller von Elektrobussen in Europa (Stand 9/2017). Quelle: Europressediens Bonn

Im Februar 2019 wurde von der EU die „Clean Vehicles Directive“, eine Richtlinie für emissionsarme bzw. -freie Fahrzeuge, überarbeitet. Mit der Änderung wurde unter anderem festgelegt, dass bis 2025 ein Viertel und bis 2030 ein Drittel aller von öffentlichen Unternehmen oder Behörden gekauften Busse „sauber“ sein muss. Mit diesem Schritt erhofft sich die EU einen großen Fortschritt da bereits jetzt – laut Angaben von „Transport and Environment“ – drei Viertel aller Busse öffentlich gekauft werden.

In den folgenden Absätzen werden die Bestrebungen der Wiener Linien und der ÖBB hinsichtlich eines Umstieges auf „saubere“ Busse näher betrachtet sowie einige europäische Städte beispielhaft angeführt.

Wiener Linien:

Zwischen 2013 und 2016 tauschten die Wiener Linien die Hälfte ihrer Busflotte gegen Dieselbusse des Typs Mercedes Citaro. Grund dafür waren der geringe Treibstoffverbrauch und die Erfüllung der Euro 6 Abgasnorm. Ebenfalls im Jahr 2013 wurden in Wiens Innenstadt die ersten Elektrobuse mit einer Länge von sieben Metern eingesetzt.

2017 begann der Austausch der anderen Hälfte der Busflotte gegen moderne, emissionsarme (Euro 6) und größere Busse.

2018 wurde der Auftrag für sieben große Elektrobusse an die Firma Rampini erteilt, die bereits dieses Jahr zum Einsatz kommen werden. Neben der Emissionsfreiheit ist auch die kurze Aufladezeit (ungefähr sechs Minuten) mittels eines ausfahrbaren Stromabnehmers, die Rekuperation, die ca. 25 Prozent der Bremsenergie beträgt sowie die rein elektrische Heizung bzw. Kühlung ein Vorteil der Elektrobusse.



Abb. 34: Diesel-Bus (linkes Bild) und Elektro-Bus (rechtes Bild) der Wiener Linien. Quelle: Wiener Linien

ÖBB:

Die ÖBB transportieren pro Jahr mit knapp 2100 dieselgetriebenen Postbussen über 208 Millionen Passagiere.

Im Herbst 2018 erfolgte erstmals seitens der ÖBB ein dreiwöchiger Testbetrieb mit einem wasserstoffgetriebenen Bus. Ziel der ÖBB ist es, einen neuen, emissionsarmen Weg zu beschreiten und damit den Klimaschutz zu fördern.

Aufgrund seines Wasserstoffantriebs ist der Bus emissionsfrei. Seine Wasserstoffzelle ist innerhalb kurzer Zeit (ca. 15 Minuten) wieder aufgetankt.

Die ÖBB erwägen bei einer positiven Bilanz der Testphase eine offizielle Ausschreibung für wasserstoffgetriebene Busse.



Abb. 35: ÖBB-Wasserstoffbus. Quelle: <http://futurezone.at> (linkes Bild), ÖBB (rechtes Bild)

Es wird in Österreich noch einige Zeit dauern bis Wasserstoffbusse verstärkt zum Einsatz kommen, da die Herstellung von Brennstoffzellen im Moment noch teuer ist und es in Österreich erst wenige (fünf) Wasserstofftankstellen gibt.

Europa:

Auch andere Städte in Europa stellen ihre Busflotte auf Elektroantrieb um. So haben die öffentlichen Verkehrsbetriebe in Hamburg (Hamburger Hochbahn) die politische Vorgabe erhalten, ab 2020 nur noch Elektrobusse zu kaufen. Bis 2030 soll der komplette Umstieg auf Elektrobusse finalisiert sein.

In Oslo (Norwegen) kommen seit Anfang 2018 mehrere Elektrobusse zum Einsatz. Einerseits werden zwei Elektro-Gelenkbusse der chinesischen Firma BYD getestet, andererseits auch zwei Elektrobusse der polnischen Firma Solaris. Unterschied zwischen den beiden Fabrikaten ist, dass die Elektrobusse von BYD nur einmal pro Tag, die Busse von Solaris hingegen mehrmals täglich an der Endstation mittels eines Schnellladers geladen werden müssen.

Londons Luftqualität ist eine der schlechtesten in Europas Städten. Daher hat es sich Londons Bürgermeister Sadiq Khan zum Ziel gesetzt, Londons Luft bis 2050 mittels emissionsfreien Verkehrs drastisch zu verbessern.

Go Ahead, Londons größtes Verkehrsunternehmen, hat in den letzten Jahren bereits mehrfach Elektrobusse bei BYD und ADL bestellt. Die Anzahl an Elektrobussen, die Passagiere durch London transportieren, steigt damit auf über 100 Stück an. Geladen werden die Elektrobusse über Nacht in den dafür vorgesehenen Bus-Terminals.

In Holland hat das ÖPNV-Unternehmen Qbuzz 160 Elektrobusse für die Provinzen Drente und Groningen bestellt. Ziel von Qbuzz ist es, bis 2030 die gesamte Busflotte auf Elektrobusse umzustellen und ab diesem Zeitpunkt zu 100 Prozent emissionsfrei unterwegs zu sein.

Um die Akzeptanz von Bussen bei der Bevölkerung zu steigern, ist es wichtig, dass Busse kurze Fahrintervalle haben und pünktlich bei der jeweiligen Station ankommen bzw. abfahren. Doch dies ist nicht immer möglich, denn bei Staus sind meist auch die öffentlichen Busse inmitten des Staus „gefangen“.

Eine Lösung für dieses Problem ist der Busfahrstreifen, der nur von öffentlichen Bussen bzw. öffentlichen Oberleitungsbussen verwendet werden darf. Dadurch ist

ein schnelles Vorankommen des Busses – auch während einer Stauphase – gewährleistet.

Optional kann der Busfahrstreifen auch (temporär) für Fahrräder, Krankenwagen, Einsatzfahrzeuge, Taxis, Reisebusse oder Elektroautos freigegeben werden. Bei einem Fahrradverkehr auf Busfahrstreifen ist darauf zu achten, dass es aufgrund der Anzahl an RadfahrerInnen zu keinen Problemen mit Bussen kommt bzw. dass für Busse ausreichend Platz zum Überholen vorhanden ist.

Die ersten Busfahrstreifen entstanden in Deutschland (Wiesbaden) im Jahr 1968 und in Österreich (Innsbruck) im Jahr 1988. In Wien wurde im Jahr 1990 der erste Busfahrstreifen in der Burggasse eingeführt, 1991 ein weiterer in der Neustiftgasse.

8.3.3 Haltestellen (für Bus und Straßenbahn)

Ein wesentlicher Bestandteil jedes ÖPNV-Netzes weltweit sind die Haltestellen. Obwohl sie von hoher Bedeutung sind, wird ihnen meist nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt.

Haltestellen übernehmen zwei wesentliche Funktionen. Einerseits dienen sie den Fahrgästen als Wartebereich, andererseits sind sie auch ein Informationsbereich bezüglich der Fahrintervalle.

Attraktiv gestaltete Haltestellen hinterlassen einen positiven Eindruck, sowohl beim Fahrgast als auch bei nicht ortskundigen Personen. Umso wichtiger sind Haltestellen für Orte, die ihre EinwohnerInnen zum Benutzen der öffentlichen Verkehrsmittel animieren wollen. Dabei spielen auch Sauberkeit und Barrierefreiheit eine zentrale Rolle.

Haltestellen sollen für den MIV möglichst früh erkennbar sein, daher sind diese ausnahmslos in gut überschaubaren Straßenabschnitten mit ausreichender Sichtweite vorzusehen. Um allen Menschen die gleichen Chancen für die Nutzung eines öffentlichen Verkehrsmittels zu ermöglichen, sind Haltestellen barrierefrei auszuführen.

Die Errichtung, Gestaltung sowie Wartung von Haltestellen obliegen der jeweiligen Gemeinde beziehungsweise Stadt. Die Gestaltung einer Haltestelle ist meist von der jeweiligen Passagiermenge und der Verkehrsfrequenz abhängig. Die Grundausstattung sollte stets ein Witterungsschutz (Schutz vor Kälte, Nässe und Wind), eine

gute Beleuchtung, Sitzgelegenheiten und ein ausreichend dimensionierter Mülleimer sein. Das jeweilige Verkehrsunternehmen ist für die Beschilderung der Haltestelle und die Montage von Fahrgastinformationen zuständig. Bei großen Passagiermengen und dichter Verkehrsfrequenz sollten dynamische Fahrgastinformationssysteme vorgesehen werden, da diese die genauen Abfahrtszeiten für eine Haltestelle anzeigen.

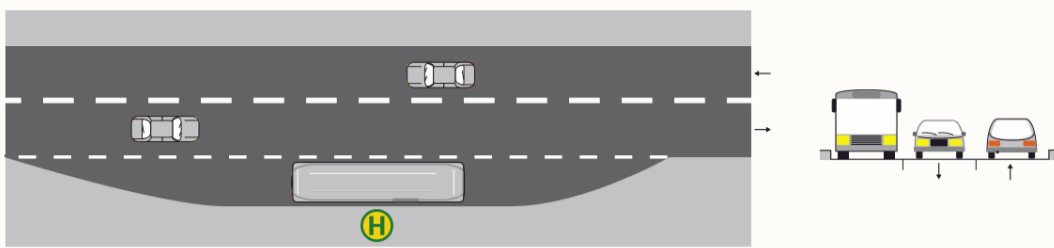
Ebenso sind in der Nähe von stark frequentierten Haltestellen Fahrradabstellplätze von Vorteil (Bike & Ride Anlagen).

Bei der Errichtung von Haltestellen steht stets die Sicherheit der Passagiere an vorderster Stelle. Dies kann durch die Haltestellenbeleuchtung, „durchsichtige“ Wartebereiche (Glaselemente) und spezielle Kennzeichnungen erreicht werden.

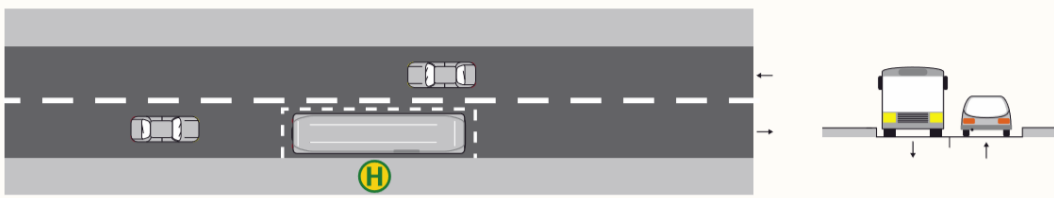
Um die Äquivalenz von öffentlichen Verkehrsmitteln und MIV zu gewährleisten, sind Haltestellen im Stadtgebiet als Kap oder ohne Bucht auszuführen.

Bei Haltestellen im Freiland ist aus Sicherheitsgründen eine Bucht zu wählen. Busbuchten haben eine – vom Bustyp abhängige – Länge zwischen 40 und 53 Metern (inklusive Verziehungen).

Rand-Haltestelle mit Bucht (Busbucht)



Rand-Haltestelle ohne Bucht



Rand-Haltestelle mit Gehsteigvorziehung (Kap-Haltestelle)

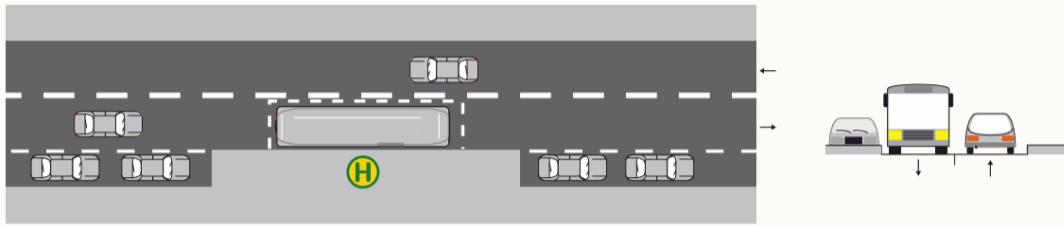


Abb. 36: Haltestellenvarianten. Quelle: ÖNORM B4970 (zurückgezogen), bearbeitet vom Land Tirol

In der Nähe von Haltestellen sind Querungsstellen mit abgesenkten Randsteinen vorzusehen. Diese können unterschiedlich ausgeführt werden, z.B. Schutzwege mit und ohne Mittelinsel bzw. mit und ohne Ampelanlage. Querungsstellen mit Mittelinsel stellen die sicherste Variante für FußgeherInnen dar.

Haltestellen müssen ausreichend beleuchtet werden. Dies ist vor allem in der Früh und spätabends von großer Bedeutung, damit KFZ-LenkerInnen die Fahrgäste rechtzeitig wahrnehmen können.

Auch das Wartehäuschen muss ausreichend ausgeleuchtet sein damit sich Fahrgäste – besonders nachts – sicher fühlen und keine Angstgefühle verspüren. Da Wartehäuschen in der betriebsfreien Zeit meist dunkel bleiben sollen, ist die Installation von Bewegungsmeldern zweckmäßig.

Die Kennzeichnung von Haltestellen sollte einheitlich sein und diese bereits aus der Ferne als solche erkennen lassen. Zusätzlich sind vom Verkehrsbetreiber Fahr- und Umgebungspläne – optional auch taktile Fahrpläne – in geeigneter Höhe vorzusehen. Haltestellen können zusätzlich auch mit Bodenmarkierungen gekennzeichnet werden.

Der Wartebereich der Haltestelle muss rutschfest und ausreichend breit dimensioniert sein (Minimum 1,5 Meter; empfohlen $\geq 2,0$ Meter) und sollte gegenüber der Fahrbahn um mindestens 12 cm erhöht werden. Auch Zu- und Abgang sind barrierefrei auszuführen. Ein taktiles Bodenleitsystem ist für Blinde bzw. sehbeeinträchtigte Personen vorzusehen.

Der ganze Haltestellenbereich muss gut entwässert sein, um Spritzwasser zu vermeiden.

8.3.4 Kurze Fahrintervalle

Kurze Fahrintervalle – vor allem in den Stoßzeiten – sowie ein durchgängiger Betrieb wirken sich bei den Fahrgästen positiv aus.

Bei den Wiener Linien ist die Intervalllänge abhängig vom Wochentag, der Uhrzeit und von den Schulferien. So fahren U-Bahnen in Intervallen von fünf (Stoßzeiten in der Früh) bis 10 Minuten (abends). Seit Herbst 2010 fahren Wiens U-Bahnen auch nachts in 15 Minuten-Intervallen, wovon tagtäglich ca. 50.000 Fahrgäste Gebrauch machen.

Straßenbahnen verkehren in Intervallen von ca. 6 – 7 Minuten (in der Früh) bis hin zu Intervallen von 21 Minuten (spätabends). Nachts (ca. 1 bis 5 Uhr) ist der Straßenbahnbetrieb – auch am Wochenende – eingestellt.

Autobusse haben in der Früh Intervalle von 4 – 6 Minuten, gegen abends sind die Intervalle bis zu 20 Minuten. Manche Buslinien verkehren am Wochenende eingeschränkt (nur samstags) oder gar nicht. Nachts ist der Betrieb – mit Ausnahme der Nachtautobusse, die auch am Wochenende fahren – eingestellt.

8.3.5 Gute Erreichbarkeit

Der öffentliche Personennahverkehr wird primär von FußgeherInnen benutzt denn 75 Prozent aller ÖsterreicherInnen wohnen weniger als 500 Metern von der nächsten Haltestelle entfernt. Sowohl eine gute Erreichbarkeit der öffentlichen Verkehrsmittel durch direkte, barrierefreie und sichere Wege (unabhängig welche Jahreszeit und welche Uhrzeit) als auch ein weitreichendes Informationssystem, welches mittels Infoscreens, Smartphone-App oder Homepage Auskunft über die verfügbaren Verkehrsmittel, deren Ankunftszeiten, Verspätungen oder Störungen gibt, ist von großer Wichtigkeit.

Die Haltestellen dürfen für den Fahrgast nicht allzu weit entfernt sein denn die Bereitschaft, längere Wege zurückzulegen lässt – in Abhängigkeit vom Umfeld – schnell nach.

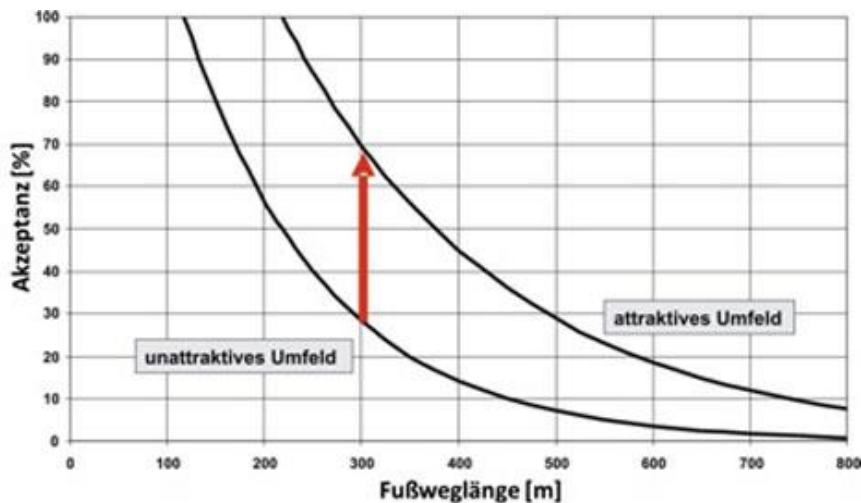


Abb. 37: Akzeptanz von Fußweglängen in Abhängigkeit der Attraktivität des Umfeldes. Quelle: <https://www.eurozine.com/die-strasse-die-fussganger-und-die-stadtentwicklung/>

Aus der Abbildung erkennt man, dass in einem unattraktiven Umfeld bereits nach knapp 120 Metern die Akzeptanz rasch geringer wird, jedoch in einem attraktiven Umfeld die Akzeptanz erst nach 220 Metern nachlässt. Ein attraktives Umfeld erzeugt man durch die Situierung von Cafés, Grünzonen, Sitzgelegenheiten, Trinkbrunnen und Geschäften.

Zusätzliche Attraktivität kann durch WLAN-Hotspots, Bäckereien oder Mini-Supermärkte in oder bei den Haltestellen erzeugt werden.

Die Attraktivität wird auch durch andere neben der Haltestelle befindliche Mobilitätsformen (z.B. Radabstellplätze, Taxistände, E-Bike Ladestationen, etc.), gesteigert.

Zu wenig Platz im Haltestellenbereich sowie Absperrungen, die Umwege notwendig machen, reduzieren die Attraktivität. Ebenso sollten Unterführungen oder große Steigungen für FußgeherInnen aufgrund des nötigen erhöhten Energieaufwandes vermieden werden.

8.3.6 Minimierung von Verspätungen und Ausfällen

Verspätungen und Ausfälle beim öffentlichen Verkehr erzeugen bei Fahrgästen oft Frust und Ärger, besonders in den frühen Morgenstunden am Weg in die Arbeit und abends am Weg nach Hause.

Da die Ursachen vielfältig sind (z.B. aufgrund von ungünstiger Witterung, Polizeieinsätzen, Unfällen, etc.) und man solchen Ereignissen nicht vorbeugen kann, ist

eine möglichst rasche Informationsweitergabe über Verspätungen und Ausfälle an den Fahrgast sehr wichtig.

Die Wiener Linien informieren diesbezüglich in Echtzeit via Homepage bzw. Smartphone-App.

8.4 Fußgänger:

Natürlich ist jedem klar, dass Menschen nicht wie Kraftfahrzeuge Abgase erzeugen und dementsprechend auch keine Abgase reduzieren oder einsparen können. Aber Menschen fahren mit Automobilen. Sehr viel sogar. Und hier liegt das Einsparungspotential.

Bringt man Menschen dazu, zu Fuß zu gehen, anstatt ein KFZ für die Fortbewegung zu benutzen, lassen sich sowohl Abgase als auch Lärm stark reduzieren. Dies ist jedoch nicht einfach zu erreichen, denn FußgängerInnen sind die schwächsten und meist bedrohten Verkehrsteilnehmer. Kollisionen mit Kraftfahrzeugen können bereits bei niedrigen Geschwindigkeiten zu schweren Verletzungen führen. Doch nicht nur die Fahrgeschwindigkeit von Kraftfahrzeugen bedroht FußgängerInnen, auch Abgase und Lärm bedrohen ihre Gesundheit. Ebenso stellen zu enge oder nicht vorhandene Gehsteige, Stolperfallen und mangelhafte Beleuchtung eine Gefahr für die Gesundheit dar.

Aufgrund der Affinität des Menschen zum Automobil wurden weltweit Städte primär nach den Bedürfnissen des Automobils und des Autofahrers/der Autofahrerin gestaltet. Größtenteils mehrspurige und ausreichend breite Fahrbahnen sowie ausreichend Parkplätze in jeder Straße und Gasse sind zum Alltagsbild geworden. Grünflächen und die Flächen, die einst für Handel und Freizeit genutzt wurden, existieren nicht mehr oder nur noch in eingeschränktem Ausmaß. FußgängerInnen, die früher die Straßen belebten, wurden an den äußersten Straßenrand gedrängt.

Die Nutzung des städtischen Straßenraums erfolgt primär quer zur Längsachse da sich auf den gegenüberliegenden Straßenseiten Wohnungen oder Geschäfte befinden. Da jedoch längs der Straßen die Fahrbahnen für den MIV verlaufen, können bereits sehr kurze Wege eine Gefahr für FußgängerInnen darstellen.

Auf den nächsten Seiten werden – etwas ausführlicher – Maßnahmen aufgezeigt, wie das Umfeld des Menschen attraktiver und fußgeherInnenfreundlich gestaltet werden kann.

Wenn man Fußwege für FußgängerInnen attraktiver gestalten möchte, so gibt es einige Möglichkeiten:

- Adaptierung von Gehsteigbreiten
- Vermeidung von Unterführungen
- Vorrang von FußgängerInnen bei Kreuzungen
- Querungshilfen bei mehrspurigen Fahrbahnen (Mittelinsel)
- Errichtung von Erholungsmöglichkeiten (z.B. Sitzgelegenheiten), Grünflächen und Witterungsschutz
- Ausreichende Beleuchtung von Gehwegen
- Reduktion bzw. Verlagerung des Parkraums unter die Erde
- FußgängerInnenzonen (siehe 8.6.1 FußgängerInnenzonen, Seite 94)
- Begegnungszonen (siehe 8.6.2 Begegnungszonen, Seite 95)
- Shared-Space-Zonen (siehe 8.6.3 Shared-Space-Zonen, Seite 97)
- Arbeit, Erholung, Einkaufsmöglichkeiten in der unmittelbaren Nähe (siehe 8.6.3 Shared-Space-Zonen, Seite 97)

8.4.1 Adaptierung von Gehsteigbreiten

In der ÖNORM B1600:2017-04-01 („Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen“) wird die Breite von Gehsteigen wie folgt definiert:

„Die nutzbare Breite (Durchgangslichte) von Gehsteigen bzw. Gehwegen muss mindestens 150 cm betragen. Hindernisse, wie Poller, Abfallkörbe, Fahnenmaste u.a.m., müssen so angeordnet werden, dass die Durchgangslichte von 90 cm nicht unterschritten wird und Richtungsänderungen über 45° in der Wegführung vermieden werden.

Auf eine Länge von maximal 100 cm darf die Durchgangslichte aufgrund von Vorsprüngen durch Vitrinen, Automaten, Bauteile u. dgl. Bis auf 120 cm verringert werden.“

(ÖNORM. B1600 Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen. 2017-04-01, Seite 6)

In der gleichen Norm ist einige Seiten später der Platzbedarf von unterschiedlichen Menschen dargestellt. So benötigt ein Kinderwagen mit Begleitperson sowie jemand, der am Stock geht, je 70 cm, jemand mit Krücken 80 bis 90 cm, ein Rollstuhlfahrer/eine Rollstuhlfahrerin 90 cm und ein Blinder mit Blindenhund 150 cm.

Man erkennt, dass 150 cm Gehsteigbreite in den meisten Fällen nicht ausreichend sind und es zu Platzmangel kommt, insbesondere wenn zwei der im vorigen Absatz genannten Personen aneinander vorbei wollen.

In der nachfolgenden Abbildung ist ersichtlich, dass bei einer Gehsteigbreite von 2,21 m 50 Prozent aller Begegnungen zweier Personen nur eingeschränkt möglich sind, bei einer Breite von 2,56 m sind es nur noch 15 Prozent. Begegnen sich drei Personen am Gehsteig, so liegt der 50 Prozent-Wert bei 3,11 m und der 85 Prozent-Wert bei 3,40 m.

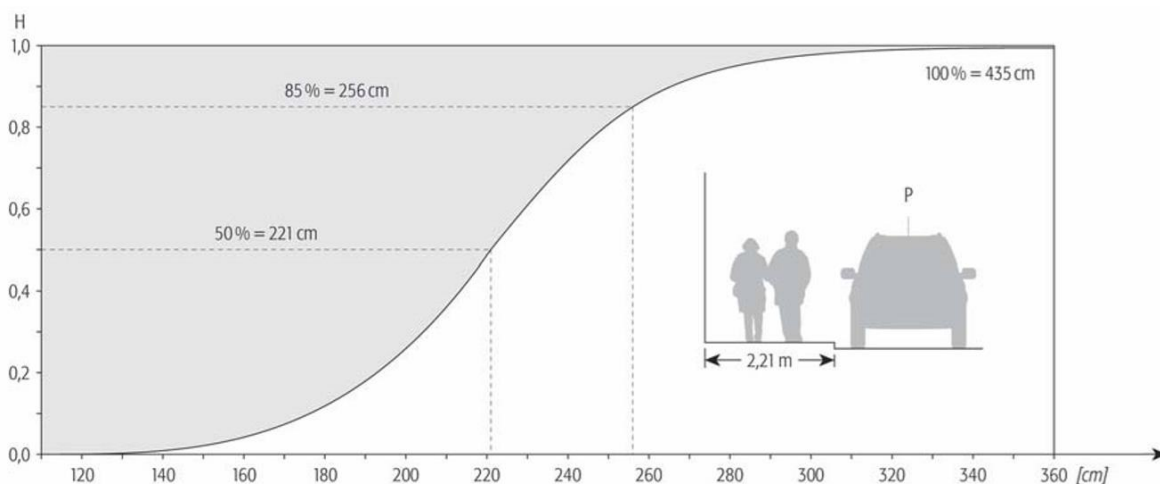


Abb. 38: Platzbedarf bei der Begegnung von 2 Personen (bei Seitenhindernissen). Quelle: Schopf J.M. (1985)

Nicht nur die Gehsteigbreite ist wichtig, sondern auch, dass der Gehsteig nicht eingeschränkt wird durch z.B. schräg parkende Autos, Poller oder andere Hindernisse.

Es ist auch auf die Barrierefreiheit zu achten. So sind FußgängerInnenquerungen nach Ö-Norm Vorgabe behindertengerecht abzusenken, um ein ungehindertes Queren zu ermöglichen.

8.4.2 Unterführungen

FußgängerInnen reagieren empfindlich auf Höhenunterschiede, da Körperenergie aufgewandt werden muss, um diese zu überwinden. Daher sollte man möglichst auf Unterführungen verzichten, zumal sie nachts auch Angstgefühle erzeugen können.

Eine Alternative zu Unterführungen ist das Durchziehen des FußgängerInnenniveaus quer über die Fahrbahn. Dadurch entsteht für FußgängerInnen kein großer Energieaufwand. KFZ-LenkerInnen müssen ihre Geschwindigkeit aufgrund der „Schwelle“ reduzieren, was sich positiv auf die Zahl der Verkehrsunfälle auswirkt.



Abb. 39: Niveaugleiche Fahrbahnquerung (1020 Wien, Negerlegasse). Quelle: Claudio Mladek

8.4.3 Querungshilfen bei mehrspurigen Fahrbahnen

Um bei mehrspurigen Fahrbahnen rascher von einer Seite auf die andere zu gelangen, empfiehlt es sich, entweder Mittelinseln für FußgängerInnen vorzusehen, den Gehsteig vorzuziehen oder die Fahrbahnen zu teilen. Durch diese Maßnahmen ist ein rascheres und sicheres Überqueren der Fahrbahnen gewährleistet.

8.4.4 Errichtung von Erholungsmöglichkeiten, Grünflächen und Witterungsschutz

Zu Fuß gehen kostet viel Körperenergie, insbesondere im Sommer wenn es heiß ist. Daher ist die Errichtung von Erholungsmöglichkeiten (z.B. Sitzgelegenheiten, Trinkbrunnen) sowie von einem Witterungsschutz sehr wichtig. Die Errichtung von Grünflächen die Pflanzung von Bäumen bewirkt bei FußgeherInnen ein gesteigertes Attraktivitätsempfinden der Umgebung wodurch freiwillig größere Distanzen zurückgelegt werden.

8.4.5 Ausreichende Beleuchtung von Gehwegen

FußgeherInnen sind nicht nur tagsüber unterwegs, sondern auch nachts. Umso wichtiger ist es in der Nacht, die Gefahr des Stolperns zu minimieren und die Sicherheit für FußgeherInnen zu erhöhen. Dies ist besonders für ältere Menschen, Frauen und Kinder wichtig.

Gut ausgeleuchtete Gehwege wirken positiv auf das persönliche Sicherheitsgefühl und unterstützen die Gleichstellung von FußgeherInnen und KFZ-LenkerInnen.

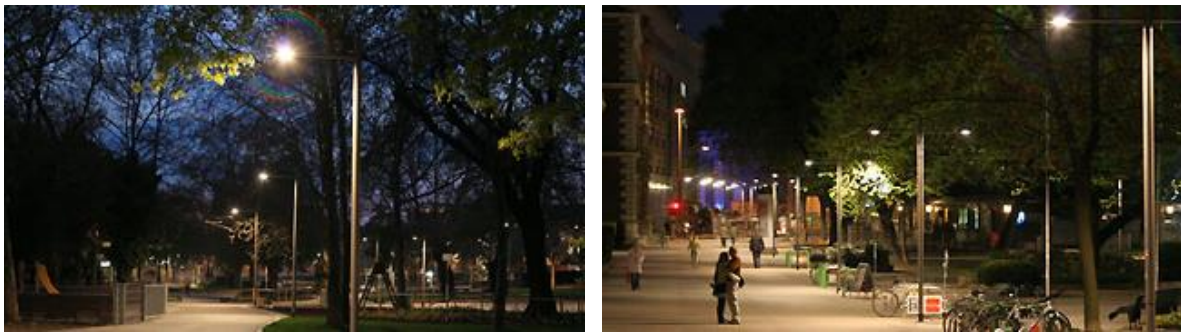


Abb. 40: Beleuchtung der Gehwege im Resselpark (1040 Wien). Quelle: <https://www.wien.gv.at>

8.4.6 Reduktion des Parkraums bzw. Verlagerung unter die Erde

Gelingt es, den Parkraum zu reduzieren bzw. in reduziertem Umfang unter die Erde zu verlagern, so gewinnt man ebenerdig deutlich an Platz. Diesen Platz kann für breitere Gehsteige, Grünflächen, Radwege, Sitzgelegenheiten, Spielplätze, etc. verwenden. Dadurch wird der Verkehrsraum aufgewertet und es entsteht mehr Qualität für FußgeherInnen als auch AnrainerInnen.

8.5 RadfahrerInnen

Beim Fahrradverkehr wird zwischen Alltagsverkehr und Freizeitverkehr unterschieden. Während RadfahrerInnen im Alltagsverkehr eher schnell und ziel-orientiert unterwegs sind, fahren RadfahrerInnen im Freizeitverkehr eher langsam und wegorientiert.

In Österreich beträgt der Anteil des Radverkehrs am Modal Split im Schnitt ca. 6 bis 7 Prozent. Mit zunehmendem Angebot an Radfahranlagen wächst auch der Anteil des Radverkehrs. Dies hat positive Auswirkungen, denn es sinkt der Anteil an KFZ-LenkerInnen, wodurch weniger Luftschadstoffe und Staus entstehen. Bei einer mit dem Fahrrad zurückgelegten Distanz von fünf Kilometern wird gegenüber einem

Automobil bereits ein Kilogramm CO₂ eingespart. Ein weiterer positiver Aspekt ist, dass die Gesundheit gefördert wird.

In Österreich wird je nach Region unterschiedlich viel mit dem Fahrrad gefahren. Die meisten RadfahrerInnen sind im Lungau (Salzburg) und im Rheintal-Bodenseegebiet mit jeweils 54 Prozent unterwegs, im Nordburgenland sind es 52 Prozent und im Ballungsraum Graz 46 Prozent.

In Wien gab es im Jahr 1975 lediglich knapp 11 km Radwege, die jedoch in einem schlechten Zustand waren bzw. von Autos zu Parkplätzen umfunktioniert wurden. Hermann Knoflacher, damals Verkehrsberater für die Stadt Wien, führte in 100 deutschen Städten Umfragen bezüglich der Größe des Radnetzes und des RadfahrerInnenaufkommens durch. Das Ergebnis war überall das gleiche. Je mehr Radwege angeboten wurden, desto mehr wurden sie genutzt. Daher intervenierte Hermann Knoflacher beim damaligen zuständigen Wiener Stadtrat, den Fahrradverkehr mit in das Wiener Verkehrskonzept aufzunehmen. Dies wurde im Jahr 1981 mit dem Beschluss eines neuen Verkehrskonzeptes für die Stadt Wien mit umgesetzt.

Seitdem ist das Radverkehrsnetz stetig gewachsen und mit ihm der Anteil an RadfahrerInnen. Inzwischen beträgt der Anteil des Fahrradverkehrs am Wiener Modal Split knapp 7 Prozent.

Im Jahr 2013 untersuchte der VCÖ, in welchen Städten Europas am meisten Fahrrad gefahren wird. Sieger waren die holländische Stadt Houten (44 Prozent), gefolgt von den deutschen Städten Oldenburg (43 Prozent) und Münster (38 Prozent).

Es gibt jedoch auch Negativbeispiele so wie zum Beispiel die Stadt Prag, die seit Sommer 2018 die Prager Innenstadt tagsüber (10 bis 17 Uhr) für den Radverkehr gesperrt hat. Begründet wird dies seitens der Stadtregierung mit der Sorge um die Sicherheit von FußgängerInnen und dem Verweis, dass Radfahren am Stadtrand und in der Natur besser sei.

In der Stadt gelangen FahrradfahrerInnen – im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln – meist am schnellsten an ihr Ziel. In einem Experiment in Graz im Jahr 2010 traten ein Fahrrad, ein E-Bike, ein Elektroauto, eine Straßenbahn und ein PKW über eine Distanz von 6 km (inklusive korrektem Parken) gegeneinander an. Sieger dieses

Duells war das Fahrrad, gefolgt von E-Bike und Elektroauto. Das Schlusslicht bildete der PKW, der doppelt so viel Zeit wie das Fahrrad benötigte.

Fahradunfälle sind meist auf Regelmisssachtungen im Kreuzungsbereich sowie auf die gemeinsame Nutzung von Fahrbahnen mit Kraftfahrzeugen zurückzuführen.

So wie das FußgängerInnenaufkommen von komfortablen Gehwegen abhängig ist, ist das RadfahrerInnenaufkommen von einem attraktiven Radverkehrsnetz abhängig. Ein großes Radverkehrsnetz, großzügig dimensionierte Radwegquerschnitte und der Schutz vor Kraftfahrzeugen erhöhen die Attraktivität.

Radverkehrsnetze werden hierarchisch (Haupttrouten, Sammelrouten und Flächenerschließung) geplant wobei stets Aspekte wie Netzwirksamkeit, Steigungs- und Barrierefreiheit, Quell- und Zielpunkte sowie die Sicherheit berücksichtigt werden. Weiters spielen sowohl die vorhandene bzw. erforderliche Fläche sowie die Sichtverhältnisse bei Knotenpunkten eine wesentliche Rolle.

Im Folgenden werden die verschiedenen Arten von Radverkehrsanlagen erläutert, die in Abhängigkeit des jeweiligen KFZ-, LKW- und Bus-Aufkommens gewählt werden.

Man unterscheidet folgende Radverkehrsanlagen:

- Radfahrstreifen

Darunter versteht man einen Teil der Fahrbahn, der für RadfahrerInnen bestimmt ist und mit Bodenmarkierungen (Fahrradsymbol) entsprechend gekennzeichnet ist.

- Mehrzweckstreifen

Mehrzweckstreifen sind Radfahrstreifen, die auch von KFZ – falls der Fahrstreifen nicht ausreichend breit ist – befahren werden dürfen ohne jedoch dabei RadfahrerInnen zu gefährden.

- Radweg

Der Radweg ist ein rein für den Fahrradverkehr bestimmter Weg. Es wird zwischen benutzungspflichtigen und nicht benutzungspflichtigen Radwegen unterschieden. Zur Anwendung kommen Radwege bei großen KFZ-Mengen

oder hohen KFZ-Geschwindigkeiten. Die Regelbreite beträgt zwischen 2,0 und 3,0 m.

- Geh- und Radweg

Dies ist ein Weg, der sowohl von FußgeherInnen als auch RadfahrerInnen benutzt werden darf.

- Fahrradstraßen

Fahrradstraßen sind Straßen bzw. Straßenabschnitte, in denen – temporär oder permanent – nur Fahrradverkehr erlaubt ist.



Abb. 41: Radfahrstreifen (links), Mehrzweckstreifen (rechts). Quelle: <https://www.wien.gv.at>

Die Breite des Lichtraumes eines Radfahrers/einer Radfahrerin beträgt 1,5 m (1,0m Verkehrsraum inklusive 2 x 0,25 m Sicherheitsabstand), bei Dreirädern erhöht sich der Verkehrsraum auf 1,3m. Zwei entgegengerichtete RadfahrerInnen benötigen 2,5m Platz (2,0 m und 2 x 0,25m).

Schutzstreifen, die den Radfahrer/die Radfahrerin vor dem angrenzenden KFZ-Verkehr schützen, müssen mindestens 0,5 m breit sein, im Bereich von parkenden Autos mindestens 0,75 m.

Radwege sind im Bereich von Kreuzungen, Einmündungen bzw. zu Beginn und am Ende auf das Fahrbahnniveau abzusenken.

8.6 Umgebung

In diesem Abschnitt werden Möglichkeiten angeführt, in Städten die Umgebung für FußgeherInnen wieder attraktiver und umweltfreundlicher zu gestalten.

8.6.1 FußgängerInnenzonen

Unter FußgängerInnenzonen versteht man einen Straßen- bzw. Flächenabschnitt, in dem sich nur FußgeherInnen bewegen dürfen. KFZ dürfen nur in Ausnahmefällen (z.B. Anlieferung von Waren, Müllabfuhr) und in definierten Zeitfenstern in FußgängerInnenzonen fahren. FußgeherInnen dürfen auf der Fahrbahn gehen, allerdings nicht den KFZ-Verkehr mit Absicht behindern.

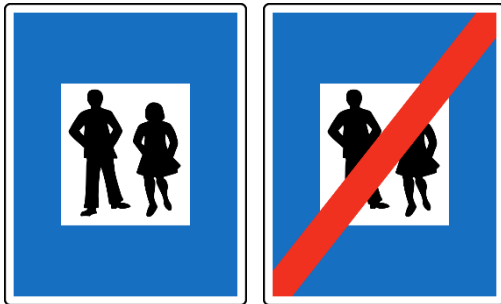


Abb. 42: Verkehrsschilder FußgängerInnenzone (links), FußgängerInnenzone Ende (rechts). Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Fußgängerzone>

Der Trend zu FußgängerInnenzonen begann in den 1950ern in Europa. In Rotterdam, Kassel, Kiel und Stuttgart wurden im Jahr 1953 die ersten FußgängerInnenzonen errichtet.

In Österreich entstand die erste FußgängerInnenzone 1961 in Klagenfurt. Eine der berühmtesten FußgängerInnenzonen Österreichs ist die Kärntner Straße in Wien. Sie wurde 1971 trotz größerer Proteste probeweise und 1974 permanent in eine Fußgängerzone umgewandelt. Aufgrund des Erfolgs wurden im Laufe der Zeit auch der Graben, der Stephansplatz und Nebengassen zu FußgängerInnenzonen erklärt.

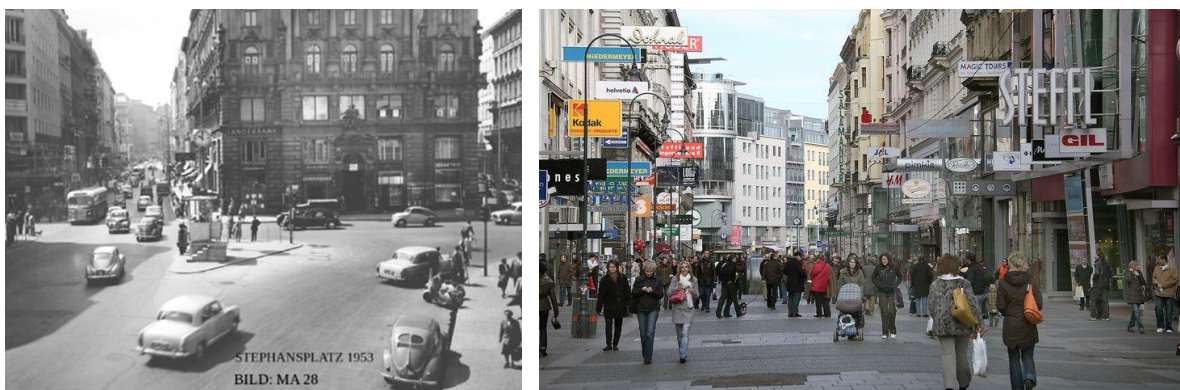


Abb. 43: Stephansplatz und Kärntner Straße im Jahr 1953 (links), Kärntner Straße heute (rechts). Quelle: MA28 (Bild links), www.BilderBox.com (Bild rechts)

In Wien ist seit dem Jahr 1974 ein stetiges Wachstum an FußgängerInnenzonen zu verzeichnen. Lediglich im Jahr 2004 ist ein Rückgang zu verzeichnen. Grund dafür ist die Rückgängigmachung des Praters als FußgängerInnenzone.

Gesetzlich ist die FußgängerInnenzone in der Straßenverkehrsordnung im Paragraphen 76a geregelt.

FußgängerInnenzonen werden meist dort errichtet, wo sehr viele FußgängerInnen unterwegs sind wie zum Beispiel Geschäftsstraßen, Ortszentren und auf öffentlichen Plätzen.

8.6.2 Begegnungszonen

Unter einer Begegnungszone versteht man eine Straße oder einen Straßenabschnitt, in der / dem FußgängerInnen gegenüber AutofahrerInnen Vortritt haben.

Erstmalig wurden in der Schweiz Straßen in Begegnungszonen umgewandelt, im Laufe der Zeit haben auch andere Länder (zum Beispiel Österreich, Frankreich oder Belgien) dieses Konzept übernommen.

Diesbezüglich wurde in Österreich im Jahr 2013 die Straßenverkehrsordnung vom Nationalrat mittels der 25. Novelle geändert.

Merkmale einer solchen Begegnungszone sind:

- Höchstgeschwindigkeit von maximal 20 km/h (in Österreich einige Ausnahmen mit 30 km/h), wodurch das Queren der Straße erleichtert wird.
- FußgängerInnen haben in der gesamten Bewegungszone Vortritt. In Österreich sind FußgängerInnen und FahrzeuglenkerInnen gleichberechtigt. FußgängerInnen dürfen zwar die ganze Fahrbahn benutzen, jedoch nicht den KFZ-Verkehr mit Absicht behindern.
- FahrzeuglenkerInnen müssen sowohl auf FußgängerInnen als auch auf RadfahrerInnen Rücksicht nehmen und notfalls warten.
- Kraftfahrzeuge dürfen nur an ausgewiesenen Stellen parken.
- Verzicht auf Zebrastreifen und Ampeln
- Bestmögliche Reduktion von Verkehrsschildern
- Verzicht auf Randsteine (Niveaugleichheit ist jedoch optional) und daraus resultierende Barrierefreiheit

Die stark reduzierte KFZ-Fahrgeschwindigkeit führt dazu, dass FußgängerInnen sich wieder vermehrt im Straßenraum aufhalten.

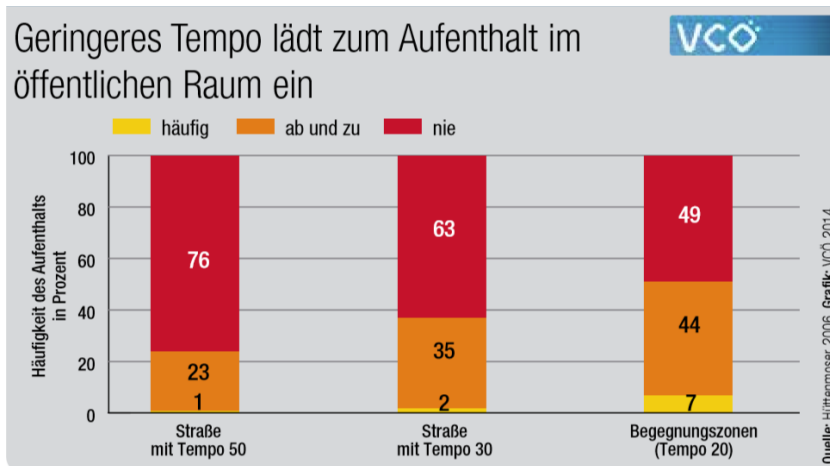


Abb. 44: Aufenthaltshäufigkeit in Abhängigkeit von der KFZ-Fahrgeschwindigkeit. Quelle: VCÖ (Begegnungszonen erhöhen Lebensqualität im Ort)

In ganz Österreich gibt es inzwischen zahlreiche Begegnungszonen, unter anderem in Bregenz, Dornbirn, Graz, Linz, St. Pölten und Wien. Eine der bekanntesten Begegnungszonen in Österreich ist zweifelsohne die Mariahilfer Straße in Wien, die seit August 2015 als solche fungiert. 2019 soll noch eine weitere prominente Begegnungszone zu der Mariahilfer Straße hinzukommen: die Rotenturmstraße, eine populäre und stark von FußgängerInnen frequentierte Verbindungsstraße zwischen Schwedenplatz und Stephansplatz in Wiens Innenstadt, wird in eine Begegnungszone umgewandelt.



Abb. 45: Verkehrsschild Begegnungszone (links), Begegnungszone Mariahilfer Straße in Wien (rechts). Quelle: RIS (Rechtsinformationssystem des Bundes); Pittel + Brausewetter

Durch den Entfall von Parkplätzen bzw. aufgrund von schmälere Fahrbahnen entsteht Platz, der mit unterschiedlichen Mitteln effizient neugestaltet werden kann.

Solche Gestaltungselemente sind zum Beispiel:

- mehr Platz für FußgängerInnen und RadfahrerInnen
- Sitzgelegenheiten für FußgängerInnen
- Trinkbrunnen bzw. Wassertische
- attraktive Grünflächen, schattenspendende Bäume, Blumenbeete und Pflanzenkübel
- Fahrradabstellplätze
- größere Schanigärten

Diese Umgestaltung des Straßenraums erhöht die Lebensqualität der AnrainerInnen, macht den Straßenraum für FußgängerInnen attraktiver und belebt ihn.

Aufgrund des nur noch eingeschränkt möglichen KFZ-Verkehrs macht es vor allem bei Geschäfts- und Einkaufsstraßen, Innenstadt- und Altstadtbereichen, Märkten bzw. Promenaden Sinn, diese in Begegnungszonen umzuwandeln. In der Schweiz ist es gesetzlich geregelt, dass nur Nebenstraßen in Begegnungszonen umgewandelt werden dürfen.

Wichtig für das Funktionieren einer Begegnungszone ist eine große Menge an FußgängerInnen und RadfahrerInnen im Vergleich zu KFZ-LenkerInnen da es nur so zu ständigen Begegnungen kommt.

Die Herstellungskosten für Begegnungszonen sind geringer als jene für Shared-Space-Zonen, vorausgesetzt, dass die Fußwege erhalten bleiben.

8.6.3 Shared-Space-Zonen

Der holländische Verkehrsplaner Hans Monderman (1945 – 2008) entwickelte Anfang der 1980er das Shared-Space Konzept. Ziel dieses Konzeptes ist es, sowohl die Verkehrssicherheit zu verbessern, den Straßenraum – vor allem für FußgängerInnen – wieder attraktiver zu gestalten und den Verkehrsfluss zu optimieren.

Merkmale einer Shared-Space-Zone:

- Es wird auf Verkehrsschilder, Ampeln und Bodenmarkierungen (Zebrastreifen, etc.) verzichtet. Der Verkehr regelt sich von selbst und es entsteht eine

gegenseitige Rücksichtnahme. Lediglich das Rechtsfahrgebot und die Rechtsvor-Links-Regel bleiben bestehen.

- Der Straßen- bzw. Verkehrsraum wird gemeinsam benutzt (keine Flächenaufteilung unter den Verkehrsteilnehmern).
- Die Gestaltung aller Verkehrsflächen erfolgt auf gleichem Niveau (keine Randsteine) wodurch im Vergleich zu Begegnungszonen höhere Umbaukosten entstehen.
- Es gilt die Gleichberechtigung aller Verkehrsteilnehmer. Es dürfen keine absichtlichen, gegenseitigen Behinderungen erfolgen.
- Parken ist überall gestattet, jedoch darf dadurch keinerlei Behinderung entstehen.
- Aufgrund des Ortsgebiets beträgt die Höchstgeschwindigkeit 50 km/h, wobei die Straßenverkehrsordnung vorschreibt, dass die Fahrgeschwindigkeit stets an die örtlichen Sicht-, Straßen- und Verkehrsverhältnisse angepasst werden muss.
- Aufgrund des Verzichts auf Ampeln und der besseren Kommunikation mit FußgängerInnen sind konstante KFZ-Fahrgeschwindigkeiten und eine bessere Verkehrsleistung möglich.

Ebenso sind meist Umbauarbeiten notwendig, um die neuen Gemeinschaftsflächen deutlich erkennbar zu machen.



Abb. 46: Verkehrsschild Shared-Space-Zone. Quelle: Wikipedia.

Shared-Space-Zonen werden meist in Geschäftsstraßen, Wohnbereichen, Ortskernen, bei Schulen und bei Knotenpunkten mit hoher Verkehrsteilnehmerzahl errichtet.

Allgemein ist es sinnvoll, Shared-Space-Zonen dort zu realisieren, wo das Verhältnis von FußgängerInnen, RadfahrerInnen und KFZ-LenkerInnen ansatzweise gleich ist.

So wie bei Begegnungszonen wird auch bei Shared-Space-Zonen Raum zurückgewonnen. Dieser „freie“ Raum kann für vielerlei genutzt werden (Grünflächen, Cafés, Sitzgelegenheiten, etc.). Dadurch entsteht wieder mehr Leben im Verkehrsraum, denn er lädt zum Verweilen und Erkunden ein. Ortskerne werden wieder attraktiv und erhalten ihre Identität zurück und Straßen verlieren Ihre Dominanz.

In Holland wurde das Shared-Space Konzept bereits in 107 Städten und Orten umgesetzt. In diesen Shared-Space-Zonen hat sich seitdem kein einziger schwerer Unfall mehr ereignet. Aber auch andere Staaten wie zum Beispiel Belgien, Deutschland, England, die Schweiz und Schweden haben Shared-Space-Zonen umgesetzt.

In Österreich wurden ebenfalls Shared-Space-Zonen realisiert. Die erste erfolgreiche Realisierung war im Jahr 2009 in Gleinstätten (Steiermark).

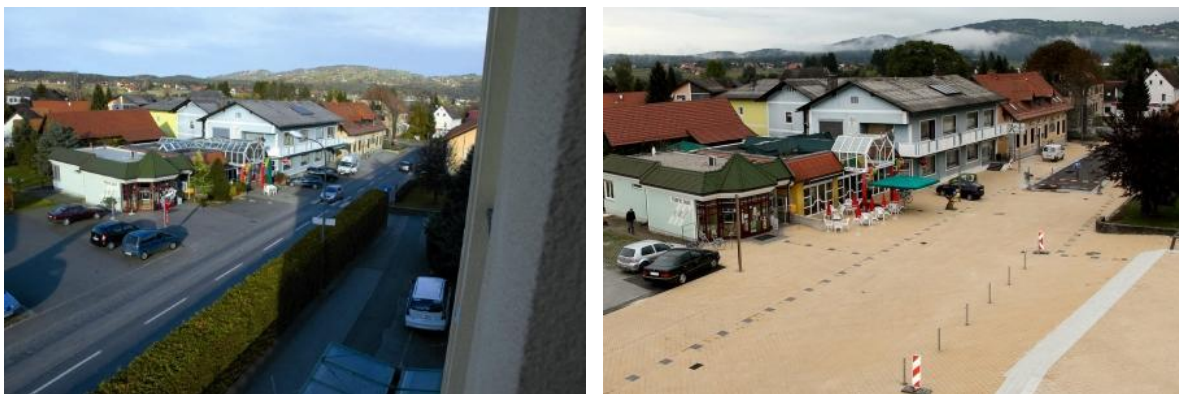


Abb. 47: Gleinstätten vor Shared-Space (links), Gleinstätten mit Shared-Space (rechts). Quelle: Das Land Steiermark

Seitdem wurden auch in anderen Gemeinden und Städten Shared-Space-Zonen realisiert (z.B. in Graz, Vöcklabruck, Villach und Velden am Wörthersee).

8.6.4 Arbeit, Erholung, Einkaufsmöglichkeiten in der unmittelbaren Nähe

Dies ist einer der wichtigsten Motivatoren für Menschen, zu Fuß zu gehen, anstatt das Automobil zu benutzen. Wenn Arbeit, Einkaufs- und Erholungsmöglichkeiten in unmittelbarer Nähe sind, dann werden diese Wege – in einem einigermaßen attraktiven Umfeld – zu Fuß zurückgelegt. Sind Arbeit, Erholung und Einkaufsmöglichkeiten jedoch weit entfernt, so wird meist das Auto verwendet, um dorthin zu gelangen.

In einer Diplomarbeit (Peperna, O., 1982) wurde nachgewiesen, dass FußgängerInnen in einem attraktiven, autofreien Umfeld eher dazu bereit sind, längere Strecken zu Fuß zurückzulegen als in einem unattraktiven, autolastigen Umfeld. So liegt die Akzeptanzdifferenz zwischen attraktivem und unattraktivem Umfeld bei einer Weglänge von 300 m bei knapp 40 Prozent (70 zu 30 Prozent).

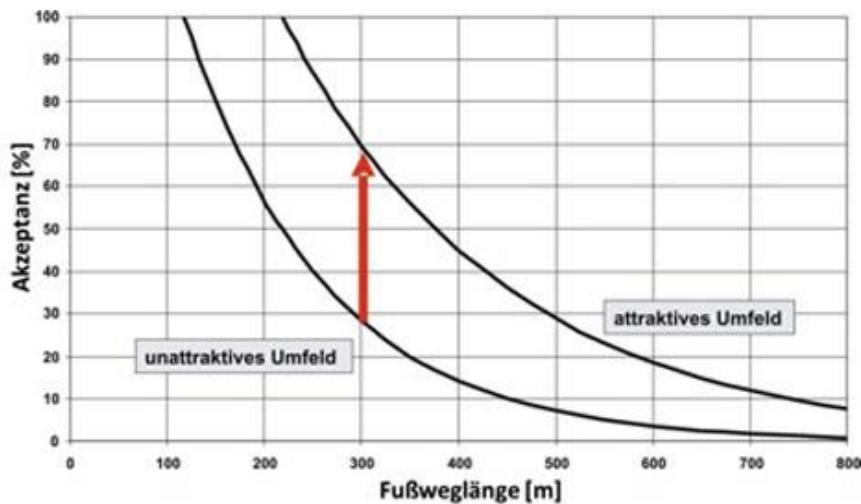


Abb. 48: Akzeptanz von Fußweglängen in Abhängigkeit der Attraktivität des Umfeldes. Quelle: <https://www.eurozine.com/die-strasse-die-fussganger-und-die-stadtentwicklung/>

8.6.5 Produktionsstätten wieder regional ansiedeln

In der Politik und in Printmedien gibt es regelmäßig den Wunsch nach noch höheren Geschwindigkeiten in Verkehrssystemen. Solch eine Geschwindigkeitserhöhung führt jedoch dazu, dass große Städte dadurch gestärkt und noch größer werden, während hingegen kleine Städte und Ortschaften wirtschaftlich geschwächt werden.

Wettbewerbsvorteile entstehen nur für große Betriebe während kleine um ihr Überleben kämpfen müssen. Als Folge davon ziehen Betriebe in Richtung der großen Städte und viele Menschen müssen anfangen zu pendeln, denn der Arbeitsplatz ist nicht mehr in der Nähe der Wohnung, sondern räumlich getrennt.

Ziel ist es daher, das Verkehrssystem zu entschleunigen und Betriebe wieder in die Region zurückzuholen. Denn wenn der Arbeitsplatz wieder sehr nahe ist, wird das Automobil häufiger stehen gelassen und vermehrt zu Fuß gegangen oder mit dem Fahrrad in die Arbeit gefahren.

9 Planerische Reduktionsmöglichkeiten

Eines der wichtigsten Prinzipien lautet, dass nur Strukturen dazu imstande sind, eine Verhaltensänderung herbeizuführen. Ändert man also die Strukturen, so ändert sich auch das Verhalten.

Wird der Verkehrsraum nicht mehr nach den Bedürfnissen des Automobils geplant, sondern nach menschlichen Bedürfnissen, so ändert sich auch das Mobilitätsverhalten der Menschen.

9.1 FußgängerInnen

Vor dem zweiten Weltkrieg erlebte das Automobil in den Vereinigten Staaten von Amerika bereits einen sehr starken Aufschwung. Dieser Trend setzte sich nach dem zweiten Weltkrieg auch in Europa fort. Zwischen 1950 und 1980 wurde der Verkehrsraum fast ausschließlich für das Automobil geplant, FußgängerInnen wurden nicht wirklich berücksichtigt, was in vielen Städten heute noch stellenweise sichtbar ist (siehe nachfolgende Abbildung).



Abb. 49: Gehsteig Kirchenstraße, Amstetten (links); Gehsteig Färbergasse, Wien (rechts). Quelle: Sabine Schnadt (linkes Foto); Claudio Mladek (rechtes Foto)

Erst im Laufe der 1980er begann man langsam damit, den unmotorisierten Menschen wieder mehr in den Vordergrund zu rücken.

FußgängerInnen haben zwar aus planerischer Sicht Stärken wie eine hohe Flexibilität, geringen Platzverbrauch und eine gute Steigfähigkeit, jedoch auch einige „Schwächen“, die in der Planung berücksichtigt werden müssen.

So reagieren FußgängerInnen empfindlich auf

- Umwege
- Steigungen
- die Witterung
- eine unattraktive Umgebung

9.1.1 Umwege:

Umwege werden von FußgängerInnen nur widerwillig in Kauf genommen. Wenn es irgendwie geht, werden die Umwege vermieden, was meist zu Trampelpfaden auf Wiesen oder Grünflächen führt.



Abb. 50: Trampelpfade Quelle: <https://speednotes.wordpress.com> (linkes Bild), <https://www.merkur.de> (rechtes Bild)

Eine gute Planung zeichnet sich durch direkte Fußwege aus was bereits bei der Flächenwidmung berücksichtigt werden sollte. Auch Durchgänge bei Gebäudeblöcken im Abstand von ca. 20 bis 50 Metern sowie die Miteinbeziehung von Innenhöfen als Gehflächen sind Zeichen einer umsichtigen Planung. Ebenso muss bei Kreuzungen auf Umwege geachtet werden, da oft lieber diagonal gegangen wird.

Doch Umwege sind nicht immer zwingend schlecht. Ist die Umgebung attraktiv, so ist die Akzeptanz eines Umweges größer als der direkte Weg in einer unattraktiven Umgebung.

9.1.2 Steigungen:

Jeder Höhenunterschied (auch Bordsteinkanten) der von FußgängerInnen überwunden werden muss, ist mit einem Energieaufwand verbunden. Daher gilt es solche Höhenunterschiede zu vermeiden beziehungsweise auf ein Minimum zu reduzieren. Dies kann durch eine durchgezogene FußgängerInnenebene im Kreuzungsbereich (siehe Abb. 39, Seite 89) und die Vermeidung von Unter- bzw. Überführungen erreicht werden.

9.1.3 Witterung:

Im Gegensatz zu AutofahrerInnen sind FußgängerInnen dem Wetter ausgesetzt. Einen guten Schutz bieten Bäume, denn sie spenden im Sommer Schatten, schützen vor (leichtem) Regen und sind ein Staubfilter. Eine weitere Schutzmöglichkeit sind Arkaden, Pergolen und Flugdächer sowie Haltestellen von öffentlichen Verkehrsmitteln.

9.1.4 Unattraktive Umgebung:

Große geschlossene Häuserblöcke, lange Gehwege mit wenigen Grünflächen und ohne Abkürzungen wirken für FußgängerInnen monoton und unattraktiv, wodurch der Widerstand, längere Distanzen zu Fuß zurückzulegen, rasch zunimmt. Im Gegensatz dazu nimmt der Widerstand bei einem attraktiven Stadtbild erst weitaus später zu.

Nicht nur die optische Attraktivität spielt eine Rolle, sondern auch akustische Reize. Während zum Beispiel der Lärm eines LKWs als störend empfunden wird, werden Geräusche eines plätschernden Baches als anregend empfunden.

Möchte man eine attraktive Umgebung für FußgängerInnen schaffen, so muss man einige Planungsgrundsätze beachten.

Alle 150 – 300 Meter sollte ein Platz angeordnet werden, da die Attraktivität von Gehwegen nach solch einer Distanz nachlässt. Zusätzlich muss der Straßenraum für FußgängerInnen zum Erlebnis werden. Dies erfolgt dann, wenn der Straßenraum dem Maßstab von FußgängerInnen entspricht.

Gestaltung der Erdgeschoßzone:

1. Reihe links: Schaufenster
1. Reihe Mitte: Werbung und Schaufenster
1. Reihe rechts: Vordächer

2. Reihe links: Vorbauten
2. Reihe Mitte: Pergola
2. Reihe rechts: Arkaden

3. Reihe links: Wirtschaftsflächen
3. Reihe Mitte: Vorgezogenes Erdgeschoß
3. Reihe rechts: Rücksprungpassagen

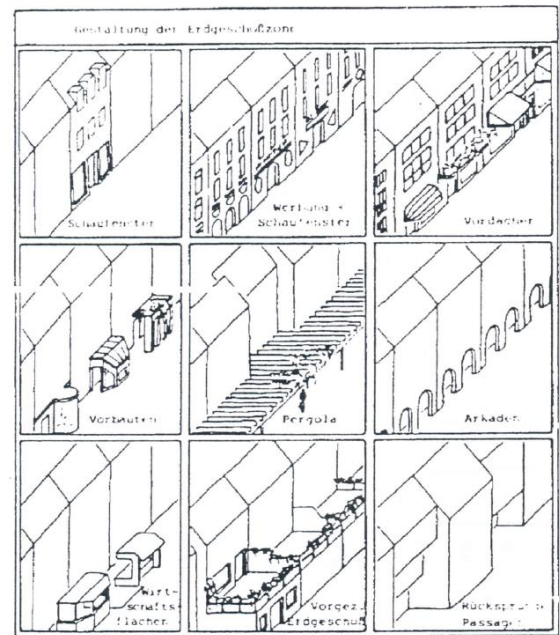


Abb. 51: Gestaltung der Erdgeschoßzone.
Quelle: Mäcke (1982)

9.2 RadfahrerInnen

So wie FußgängerInnen ist auch FahrradfahrerInnen bei der Planung der Vorrang gegenüber dem motorisierten Individualverkehr zu geben.

Wichtige Faktoren für die Planung eines guten RadfahrerInnenetzes sind die Reisegeschwindigkeit, der Umwegfaktor (je näher an 1,0 umso besser), der Radwegquerschnitt (abhängig von der Hierarchie und der Anzahl der RadfahrerInnen), die soziale Sicherheit sowie die Errichtung von Fahrradabstellplätzen (wenn möglich mit Diebstahlschutz).

Die Radwegsbreite sollte stets anhand der 85 Prozent-Breite definiert werden. Für Einrichtungsradwege ist eine Breite von mindestens 1,46 m, für Zweirichtungsradwege eine Breite von mindestens 3,15 m zu wählen.

Ein Beispiel für die erfolgreiche Implementierung des Radverkehrsnetzes in das bestehende Verkehrssystem ist London.

Londons Luftqualität ist eine der schlechtesten in ganz Europa und auch der Feinstaub ist vielerorts in London 1,5- bis 2-mal höher als der erlaubte Grenzwert.

Um die Luftqualität zu verbessern und einen Verkehrskollaps in der Stadt zu verhindern, beschloss London im Jahr 2008, große Investitionen für den Ausbau des Radnetzes zu tätigen da es bis 2010 noch kaum gekennzeichnete Fahrradwege gab.

Seit 2010 wurden acht sogenannte „Cycle Superhighways“ errichtet. Dabei handelt es sich um breite, vom KFZ-Verkehr räumlich getrennte Radwege, die quer durch London verlaufen.

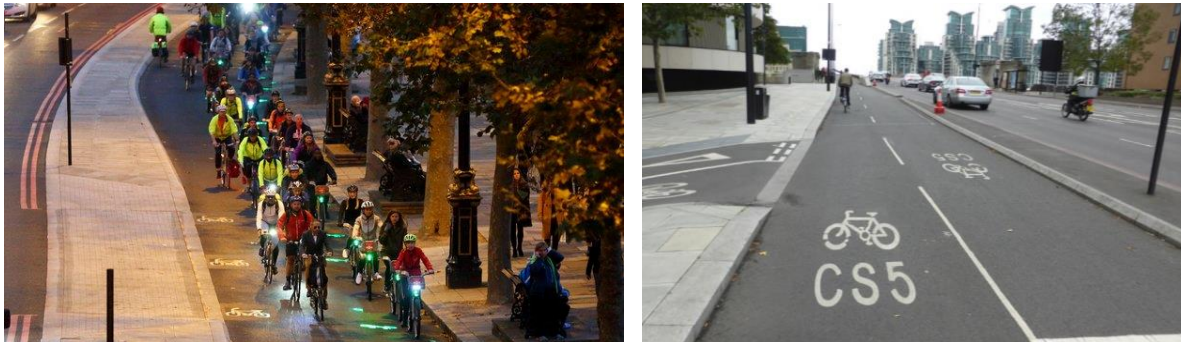


Abb. 52: Cycle Superhighways in London. Quelle: Jordan Mansfield/Getty Images for Santander/TFL (Bild links), <https://ecf.com> (Bild rechts)

Durch diese Maßnahme nahm der RadfahrerInnenverkehr zwischen 2005 und 2016 um mehr als 75 Prozent zu. Die Errichtung weiterer „Cycle Superhighways“ ist aufgrund ihrer Beliebtheit geplant.

9.3 Öffentlicher Personennahverkehr

Der öffentliche Personennahverkehr spielt eine wesentliche Rolle beim Versuch, den Klimawandel und die globale Erwärmung in den Griff zu bekommen. Umso wichtiger ist es bei der Neuplanung von öffentlichen Verkehrsmitteln und ihren Haltestellen, diese möglichst attraktiv und kundenfreundlich zu gestalten.

Solche Planungsansätze betreffen:

- Haltestellen
- Fahrplan
- Chancengleichheit des öffentlichen Verkehrs
- Gefahr der Zersiedelung
- Tarife
- Moderne Fahrzeuge
- Keine Beeinträchtigung durch MIV

9.3.1 Haltestellen

Haltestellen sollten gut sichtbar und ausreichend groß dimensioniert sein, Schutz vor der Witterung bieten (Wartehäuschen), nachts während der Betriebszeiten

beleuchtet sein, ausreichend Komfort (Sitzgelegenheiten, Fahrpläne, Mülleimer, etc.) bieten, gut zu Fuß erreichbar und barrierefrei sein (siehe auch 8.3.3 Haltestellen (für Bus und Straßenbahn) Seite 81).

Ebenso sollten bei Haltestellen auch andere Mobilitätsservices angeboten werden (z.B. Citybikes, Elektrobikes, Fahrradabstellplätze, etc.)

9.3.2 Fahrplan

Die Fahrpläne der verschiedenen Verkehrsmittel sollten gut aufeinander abgestimmt sein, sodass es bei Knotenpunkten zu keinen langen Wartezeiten kommt. Die Intervalle sollte bedarfsabhängig gewählt sein (in den Stoßzeiten kürzere Intervalle, nachts längere) und die Möglichkeit aufweisen, notfalls Garnituren zusätzlich „einzuschieben“.

Ebenso erhöhen Tarife und Netzkarten, die für mehrere Verkehrsverbände Gültigkeit haben, die Attraktivität.

9.3.3 Chancengleichheit des öffentlichen Verkehrs

Es gibt nicht viele Dinge, in denen sich fast alle PolitikerInnen Österreichs einig sind, aber in einem Punkt sind sie sich einig. Der öffentliche Personennahverkehr hat Vorrang gegenüber dem motorisierten Individualverkehr.

Dieser Standpunkt ist in vielen Städten – nicht nur in Österreich, sondern auf der ganzen Welt – mehr Illusion als Realität.

Menschen haben nur einen eingeschränkten Vorrat an Körperenergie und gehen daher – in Abhängigkeit der Attraktivitätskurve – primär nur kurze Wege. So verlieren Wege bereits ab 120 m (bei monotonem Umfeld) bzw. 220 m (bei optisch ansprechendem Umfeld) rasch an Attraktivität.

Das Automobil steht in der heutigen Zeit meist im oder vor dem Haus bzw. in der Garage. Dadurch beträgt die Attraktivität des Automobils – so wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt – 100 Prozent oder nur geringfügig weniger. Das öffentliche Verkehrsmittel in der Distanz schafft es mit Glück auf 10 Prozent.

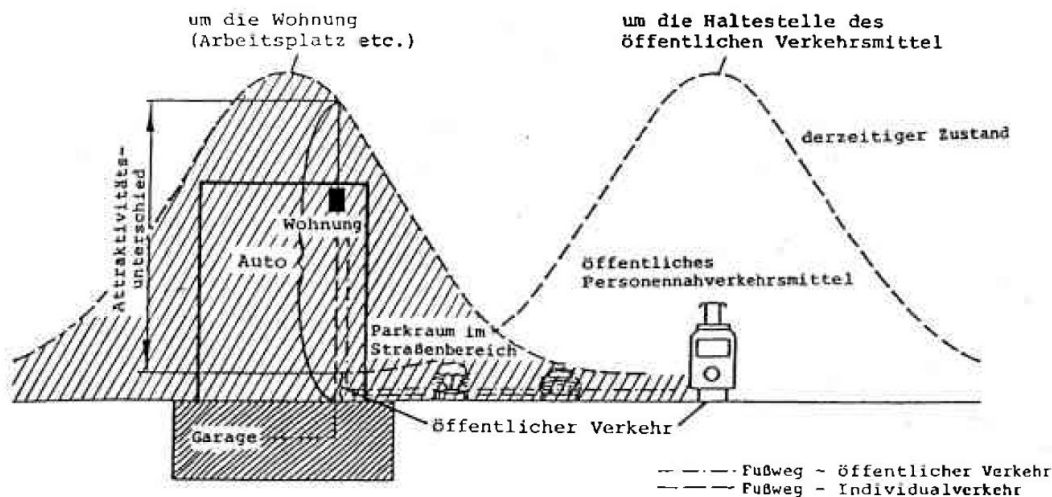


Abb. 53: Attraktivitätsverteilung um die Wohnung und die Haltestelle. Quelle: Hermann Knoflacher – Zur Harmonie von Stadt und Verkehr (1996, Böhlau Verlag)

Es ist daher nicht verwunderlich, dass Menschen lieber mit dem Automobil fahren als mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Die Chancengleichheit von ÖPNV und MIV ist nicht gegeben, zumal für AutofahrerInnen beim Shopping, bei Freizeitaktivitäten und am Arbeitsplatz nahegelegene Parkplätze, meist unentgeltlich, zur Verfügung stehen.

Möchte man eine Chancengleichheit zwischen ÖPNV und MIV herstellen, so bedeutet das, dass Garage und ÖPNV-Haltestelle gleich weit entfernt sein müssen. Diese Äquivalenz erreicht man nur, wenn das Automobil in unterirdischen Sammelgaragen geparkt wird (siehe nachfolgende Abbildung). Somit ist eine Chancengleichheit geschaffen.

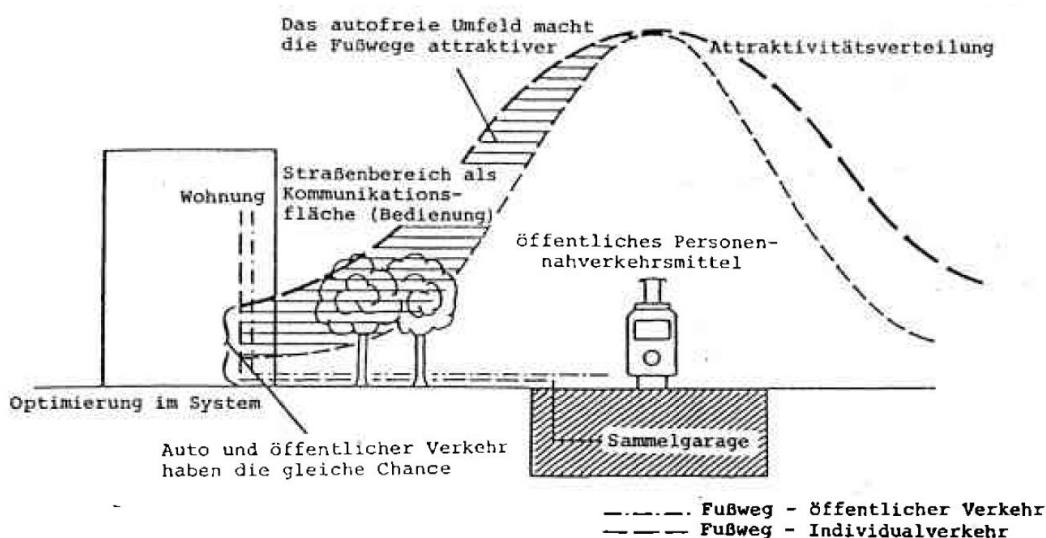


Abb. 54: Chancengleichheit von öffentlichem Verkehrsmittel und Automobil. Quelle: Hermann Knoflacher – Zur Harmonie von Stadt und Verkehr (1996, Böhlau Verlag)

Die Vorteile einer solchen Chancengleichheit wären enorm. Städte würden viel Platz zurückgewinnen, denn es stünden keine Autos mehr in den Straßen. Dieser Platz könnte für Grünflächen, Spielplätze, Cafés und anderes genutzt werden. Dadurch würde die Attraktivität der Umgebung steigen wodurch Menschen auch wieder bereit wären, längere Distanzen zu Fuß zu gehen. Darüber hinaus wäre die Luft wieder weniger abgasbelastet und die Anzahl an Verkehrsunfällen würde zurückgehen. Kinder könnten wieder im Freien spielen ohne Angst haben zu müssen. Auch würden sich die Ausgaben der Städte, zum Beispiel bei der Straßenerhaltung, im Gesundheitswesen und beim Umweltschutz verringern.

Wiens Stadtregierung verfolgt einen derartigen Kurs der Chancengleichheit. So werden neue Wohnviertel mit Büroflächen durchmischt und die Viertel bleiben durch Sammelgaragen autofrei. Gleichzeitig soll möglichst viel Grünraum erhalten bleiben um dadurch eine hohe Lebensqualität – bei gleichzeitig günstigen Wohnungsmieten – sicherzustellen. Ein Beispiel für die erfolgreiche Umsetzung dieses Konzepts ist die Seestadt Aspern.

9.3.4 Gefahr der Zersiedelung

Auch wenn es verlockend erscheinen mag, die Geschwindigkeit von öffentlichen Verkehrsmitteln zu steigern, so birgt dies die Gefahr der Zersiedelung. Tatsache ist, dass der Mensch stets gleich viel Zeit für Mobilität aufwendet. Wächst also die Geschwindigkeit, wächst die Distanz, die er in dieser Zeit zurücklegt.

Steigert man die Verkehrsmittelgeschwindigkeit in einer Stadt, so werden viele Menschen an den Stadtrand ziehen, weil es dort noch Natur gibt und die Lebensqualität höher ist als in der Stadt selbst. Im Laufe der Zeit wohnen immer mehr Menschen am Stadtrand. Steigt die Verkehrsmittelgeschwindigkeit erneut, dann werden die Stadtrandgrenzen erneut verschoben. Das Resultat ist Zersiedelung.

Diese Zersiedelung hat nicht nur in Österreich, sondern ganz Europa in den letzten Jahrzehnten zugenommen. Da die Zersiedelung jedoch nur langsam fortschreitet, ist sie nur schwer bemerkbar.

Zersiedelung bringt viele Nachteile mit sich wie zum Beispiel einen hohen Grad an Bodenverbrauch, die im klaren Widerspruch zum Grundsatz des sparsamen Bodenverbrauchs hinsichtlich Nachhaltigkeit steht. Durch den Bodenverbrauch wird

die Natur zurückgedrängt und der Lebensraum vieler Tierarten minimiert. Ökosysteme werden zerstört und invasive Pflanzen und Lebewesen können sich ungehindert ausbreiten.

Doch nicht nur die Menge an Abgasemissionen und Treibhausgasen steigt dadurch, auch die Infrastrukturkosten (Strom, Wasser, Straßenerhaltung, etc.) einer Stadt nehmen rasant zu.

Hohe Geschwindigkeit ist auch das Problem bei dem Planungsansatz „Stadt der kurzen Wege“, der ein – aufgrund der räumlichen Nähe von Arbeit, Erholung, Wohnen und Nahversorgung – verringertes Verkehrsaufkommen beschreibt. Da die Zeit konstant ist, kann es bei hohen Geschwindigkeiten keine kurzen Wege geben. Kurze Wege ergeben sich erst aufgrund von geringen Geschwindigkeiten wie zum Beispiel der FußgängerInnengeschwindigkeit.

9.3.5 Tarife

Die Tarife sollten so festgelegt werden, dass der Preis keine abschreckende Wirkung auf die Fahrgäste ausübt.

Damit auch Fahrgäste mit einem geringen Einkommen die öffentlichen Verkehrsmittel nutzen können, sollten – in Abhängigkeit vom Einkommen – Ermäßigungen für diverse Tarife festgelegt werden.

9.3.6 Moderne Fahrzeuge

In Hinsicht auf die Klimaziele und die globale Erwärmung sollten moderne und emissionsfreie bzw. -arme Fahrzeuge angeschafft werden (siehe 8.3.2 Moderne Fahrzeuge, Seite 76).

9.3.7 Keine Beeinträchtigung durch MIV

Bei den Fahrtrouten der verschiedenen öffentlichen Verkehrsmittel sollte sichergestellt werden, dass der Grad an durch den MIV verursachte Verkehrsstörungen minimiert wird.

10 Ein Ausblick in die Zukunft

Überall auf der Welt wird an neuen zukunftsweisenden Technologien im Verkehrsbereich geforscht. In diesem Kapitel werden exemplarisch drei fortschrittliche Technologien näher erklärt.

10.1 Selbstfahrende Autos

In regelmäßigen Abständen wird in Medien über sogenannte selbstfahrende Autos Bericht erstattet. Darunter versteht man Fahrzeuge, die ohne Zutun des Fahrers/der Fahrerin imstande sind, selbstständig und zielorientiert im Straßenverkehr zu fahren. Das Silicon Valley gilt als Vorreiter im Bereich selbstfahrender Autos.

Bei selbstfahrenden Autos werden (laut SAE International) folgende 6 Stufen („level“) unterschieden:

- Level 0:
Der KFZ-Lenker/die KFZ-Lenkerin muss selbstständig das Fahrzeug steuern.
- Level 1:
Es existieren Fahrhilfen, die den KFZ-Lenker/die KFZ-Lenkerin unterstützen (z.B. Tempomat).
- Level 2:
Das Fahren erfolgt teilautomatisiert, der Fahrer/die Fahrerin muss jedoch das System ständig überwachen. Beispiele für Teilautomatisierung sind Spur-, Stau- und Bremsassistent.
- Level 3:
Dieser Level beinhaltet hochautomatisiertes Fahren. Dabei ist der Fahrer/die Fahrerin nicht mehr genötigt, das System zu überwachen, kann aber jederzeit, sollte es erforderlich sein, die Kontrolle über das Fahrzeug übernehmen. Als Beispiel für hochautomatisiertes Fahren sei das automatische Spuren wechseln auf der Autobahn erwähnt.
- Level 4:
Das Fahrzeug fährt vollautomatisiert. Der Fahrer/die Fahrerin kann in gefährlichen Situationen stets die Kontrolle übernehmen.

- Level 5:
Es ist kein Fahrer/keine Fahrerin mehr nötig, das Fahrzeug fährt komplett selbstständig.

In Teilen der USA und in Asien sind Level 3-Fahrzeuge bereits im Einsatz.

Level 4-Fahrzeuge sind noch nicht serienreif da noch viele Probleme gelöst werden müssen. Diese Probleme betreffen ins besonders die Zuverlässigkeit von Sensoren, Kameras und der Software, in jeder Situation alles zu erfassen und stets richtig darauf zu reagieren. Ebenso ist die Haftungsfrage bei Unfällen von Level 4-Fahrzeugen noch nicht geklärt. Angestrebtes Ziel einiger Automobilhersteller ist es, im Jahr 2025 die ersten Level 4-Fahrzeuge auf den Markt zu bringen.

In einer nahen Zukunft werden auch Level 5-Fahrzeuge existieren, die jedoch aufgrund der teuren verbauten Komponenten und der daraus resultierenden kostspieligen Wartung für viele nur schwer bzw. nicht leistbar sein werden. Annahmen gehen davon aus, dass Level 5-Fahrzeuge zukünftig auf „Bestellung“ Personen von A nach B transportieren werden.

Erste Schritte in Richtung Level 5-Fahrzeuge werden bereits von der Firma Waymo in Phoenix (USA) mittels eines Fahrdienstes erzielt, der 100 autonom fahrende Fahrzeuge umfasst. Destinationen können sowohl über Smartphone-App als auch Touchscreen im Fahrzeug definiert werden.



Abb. 55: autonom fahrende Fahrzeuge von der Firma Waymo. Quelle: Waymo.com

Die Entwicklung von autonom fahrenden Fahrzeugen bringt viele Vorteile, wie zum Beispiel weniger Unfälle, weniger Verkehrsstaus und ein flüssigerer Verkehr. Aber auch Nachteile sind zu befürchten, zum Beispiel ein Attraktivitätsverlust von

öffentlichen Verkehrsmitteln oder Zersiedelung aufgrund von größeren Pendeldistanzen.

10.2 MaaS (Mobility as a Service / Mobilität als Dienstleistung)

Unter Mobilität als Dienstleistung (Mobility as a Service) wird eine Kombination von öffentlichen Verkehrsmitteln, Taxis, Car Sharing und Autoverleihservices verstanden. Sämtliche Schritte (Bestellung, Durchführung und Abrechnung) können über eine einzige App bzw. ein einziges Portal durchgeführt werden, was ein Buchen von verschiedenen Verkehrsmitteln bei unterschiedlichen Anbietern ermöglicht.

Ziel dieses Konzeptes ist es, den Menschen in den Mittelpunkt zu stellen und ihm ein auf ihn persönlich abgestimmtes Mobilitätsangebot anzubieten. Dadurch entstehen eine große Flexibilität und die Möglichkeit, stets das passendste Verkehrsmittel auswählen zu können. Mit diesem Konzept soll es auch obsolet werden, ein eigenes KFZ zu besitzen.

MaaS kann aber negative Auswirkungen haben und zum Beispiel den öffentlichen Personennahverkehr schwächen bzw. wieder mehr zum Autofahren verleiten. Daher darf MaaS nicht als Ersatz für den öffentlichen Verkehr verstanden werden sondern als ein „Zusatzmodul“.

Ein weiterer möglicher Nachteil ist, dass es zur Ausgrenzung von Personen kommen kann, die sich nicht oder nur wenig mit dieser Technologie auskennen. Aufgrund der unterschiedlichen Mobilitätsangebote kann es auch zu zusätzlichen Kosten für Verkehrsdienstbetreiber oder für die Kunden von MaaS kommen.

MaaS kommt bereits in mehreren Städten zum Einsatz. Eine der ersten war Helsinki (Finnland), wo das MaaS-System von der Firma Whim eingeführt wurde. Kunden können aus drei verschiedenen Modellen auswählen. Das „all inclusive“ Paket um ca. 500 Euro pro Monat, ein „nur Bus und Citybikes“ Paket um ca. 50 Euro pro Monat oder für Neugierige und Unentschlossene die „pro Fahrt zahlen“ Option.

Auch in anderen Städten, wie zum Beispiel in Antwerpen (Belgien) oder Birmingham (England), kann MaaS bereits benutzt werden. Berlin, München und Amsterdam überlegen solch ein System in näherer Zukunft zu implementieren.

In Wien wurde vor knapp drei Jahren die Firma „Upstream – next level mobility“ von den Wiener Linien und den Wiener Stadtwerken gegründet um eine MaaS Plattform

aufzubauen. 2017 kam als Ergebnis die Smartphone-App „WienMobil“ heraus, die Zugriff auf die Wiener Linien, Citybikes, Carsharing Dienste sowie Taxis bietet. Seitdem wurde die App über 100.000 Mal heruntergeladen.

WienMobil stellt für den Nutzer diverse Informationen bereit. Es werden stets die in der Nähe verfügbaren Verkehrsmittel inklusive Abfahrtszeiten sowie deren Anzahl (bei Citybikes) angezeigt. Ebenso ist es in der App möglich, Fahrkarten zu kaufen und die Jahreskarte der Wiener Linien digital zu hinterlegen. Zusätzlich stellt die App sämtliche Fahrpläne von Bussen, Straßenbahnen und U-Bahnen zur Verfügung und man erhält Echtzeitmeldungen bezüglich aktueller Störungen.

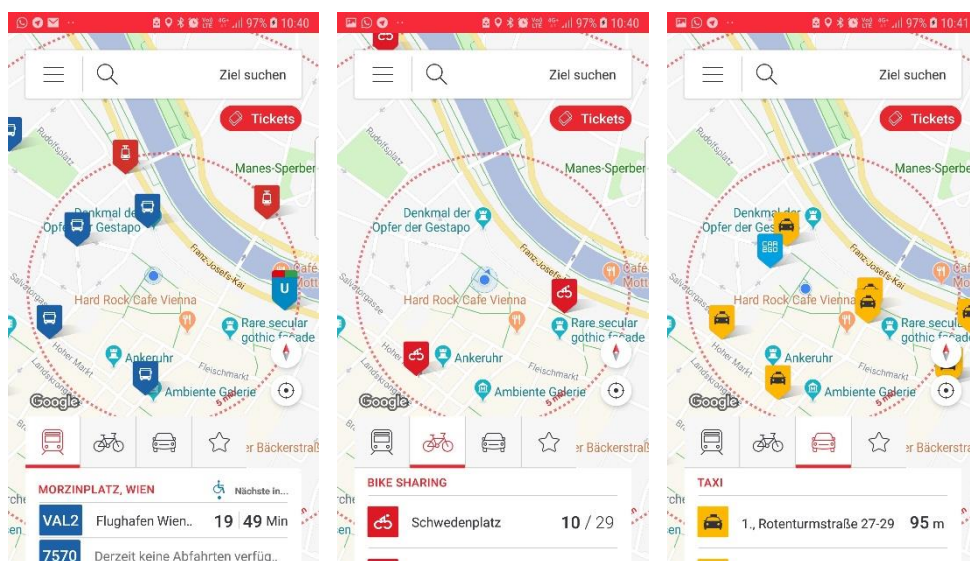


Abb. 56: WienMobil-App: Anzeige öffentlicher Verkehrsmittel (links), Citybikes (Mitte), Taxis und Carsharing-Dienste (rechts). Quelle: Claudio Mladek

Um die WienMobil-App und das Mobilitätsangebot weiter zu verbessern, wurde im Herbst 2018 in Wien bei der U3 U-Bahnstation „Simmering“ die erste WienMobil-Station eröffnet. Diese beinhaltet eine Elektro-Ladesäule, Infoterminals, absperrbare Fahrradboxen, E-Bikes, Lastenfahrräder, eine Luftpumpe, Sitzgelegenheiten sowie Platz für Carsharing-Dienste. Geplant sind weitere solche Stationen in ganz Wien.

10.3 Seilbahnen

Die Stadt Linz geht einen ganz neuen Weg, um die Verkehrssituation und den Klimaschutz in Linz zu verbessern. Geplant ist innerhalb der nächsten drei Jahre die Errichtung einer Pendler-Seilbahn mit 8,4 km Länge, die den Süden von Linz mit dem Stadtzentrum verbindet.

Die 35 Personen fassenden Gondeln fahren mit knapp 30 km/h und können pro Stunde 5.500 Fahrgäste transportieren. Hoher Komfort ist durch die Klimatisierung der Gondeln und ein kostenloses WLAN sichergestellt.

Abseits der Emissionsfreiheit punktet die Seilbahn mit ihrer Geschwindigkeit, dem geringen Bedarf an Platz, geringen Herstellungskosten und einer kurzen Bauzeit.

Die Bevölkerung von Linz steht dem Projekt mit einer 70 prozentigen Akzeptanz positiv gegenüber.

Auch in anderen Teilen der Welt ist diese Idee populär. In Südamerika zum Beispiel versuchen viele größere Städte den Verkehrsproblemen mittels Seilbahnen Herr zu werden.

Die meisten Seilbahnen gibt es in La Paz (Bolivien), wo bereits acht Seilbahnen mit einer Gesamtlänge von knapp 28 km errichtet wurden. Die Gesamtkosten belaufen sich derzeit auf etwa 685 Millionen Dollar, bis 2020 sollen zwei weitere Seilbahnen fertiggestellt werden.



Abb. 57: Abbildung: Seilbahn in La Paz (Bolivien). Quelle: Doppelmayr Seilbahnen GmbH

11 Zusammenfassung

Kraftfahrzeugen emittieren die Schadstoffe Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid und Kohlenwasserstoffe in unterschiedlich starken Konzentrationen.

Obwohl es weltweit Bestrebungen gibt (z.B. Klimakonferenzen von Kyoto, Paris und Kattowitz), diese Abgase zu reduzieren, nehmen die CO₂-Emissionen in den meisten Ländern der Welt weiter zu. Dies ist unter anderem auf eine wachsende Weltbevölkerung und wachsenden Wohlstand zurückzuführen sowie einer daraus resultierenden wachsenden Anzahl an KFZ-Neuzulassungen. Im Jahr 2017 erreichte die weltweite PKW-Produktion einen neuen Höchstwert von 98,9 Millionen. 2013 wurde erstmals die 400 ppm CO₂-Grenze überschritten. Dieses Jahr betrug der Jahreshöchstwert bereits 414,27 ppm. Das Erreichen von 560 ppm wird – laut Schätzungen – zu einer Temperaturerwärmung um 3°C führen, was in grobem Widerspruch zu der auf der Klimakonferenz von Kyoto vereinbarten maximalen Temperaturerhöhung von 1,5 – 2,0°C steht.

Die Auswirkungen von Abgasen auf den Menschen sind unterschiedlich und konzentrationsabhängig. Die Symptome sind zum Beispiel Kopfschmerzen, Augenbeschwerden, Benommenheitsgefühle, Brechreiz, Krämpfe, Konzentrationsprobleme, Durchblutungsstörungen im Gehirn und Bewusstlosigkeit. Im Extremfall kann der Tod eintreten.

Auch Langzeitfolgen können nicht ausgeschlossen werden, unter anderem Gedächtnisprobleme, Konzentrationsschwächen, Asthma, chronischer Husten, parkinsonähnliche Erkrankungen, Lungenkrebs und Missbildungen bei Babys. Aufgrund dieser Auswirkungen sterben allein in der EU jährlich zehntausende Menschen vorzeitig.

Kinder leiden aufgrund ihrer geringen Körpergröße und der noch nicht voll entwickelten Organe (wie z.B. Lunge) sowie einem noch nicht voll funktionsfähigem Immunsystem besonders unter KFZ-Abgasen. Auch Senioren sind anfälliger, was zu Bluthochdruck, Asthma und Lungenerkrankungen führen kann.

AutofahrerInnen selbst sind im Wageninneren ebenso den Abgasen ausgesetzt, allerdings einer weit höheren Konzentration als z.B. FußgängerInnen (1,7- bis 11,0-fache Konzentration).

Abgase haben nicht nur auf den Menschen Auswirkungen, sondern auch auf Pflanzen und Bäume. Dies äußert sich (in Abhängigkeit der Konzentration) in einer raschen Alterung von Blättern, reduziertem Wachstum, verfrühtem Abfall von Blüten bzw. Knospen, niedrigeren Erntemengen und einem reduzierten Trockengewicht.

KFZ-Abgase sind ein wesentlicher Verursacher des Treibhauseffektes und der draus entstehenden globalen Erderwärmung, der Versauerung der Ozeane, der erhöhten Ozon- und UV-Strahlung, von Smog und saurem Regen. Ebenso haben Abgase Einfluss auf die globalen Wasserressourcen. In Deutschland werden die aufgrund des Klimawandels in den nächsten 50 Jahren anfallenden Kosten auf über 800 Milliarden Euro geschätzt.

Betrachtet man die Reduktionspotentiale verschiedener verkehrlicher Maßnahmen, so kann man diese unterteilen in Reduktionspotentiale mittels politischer Entscheidungen und Reduktionspotentiale, die bereits in der Planungsphase entstehen.

Die politischen Reduktionsmöglichkeiten sind vielfältig. Beispiele im Bereich der Personenkraftwagen sind die Reduzierung der Geschwindigkeit auf Autobahnen (19,27% weniger NO_x bzw. 10,18% weniger CO_2) oder im Stadtgebiet (30 statt 50 km/h bedeuten -30% NO_x) sowie die Einführung einer Citymaut, die Errichtung von Umweltzonen, Steuererhöhungen (Mineralölsteuer als auch kraftfahrzeugbezogene Steuern (NOVA, motorbezogene Versicherungssteuer und Kraftfahrzeugsteuer)). Es empfiehlt sich auch eine Reduktion der Attraktivität von SUVs, da die Menge an Neuzulassungen seit 2005 um 400% gestiegen ist.

Eine weitere Möglichkeit ist das Erzwingen oder Fördern von herstellerseitigen Nachrüstungen bei Kraftfahrzeugen (Rußpartikelfilter (99% Effizienz), Rußpartikelkatalysatoren (40-80% Effizienz), NO_x -Speicher-katalysatoren und SCR-Katalysatoren) sowie Softwareupdates.

Auch der Einsatz von Elektrofahrzeugen, bei denen in der EU bis 2030 ein Wachstum von 4 – 13% erwartet wird, sowie die Verwendung von Wasserstoff-Brennzellen als Antrieb bzw. Boschs neuer Dieseltechnik (nur noch 13 – 40 $\mu\text{g}/\text{km}$ NO_x) sind zukünftige Optionen.

Bei Lastkraftwagen kann eine Reduktion durch den verstärkten Umstieg auf die Schiene bzw. durch Elektrolaster erreicht werden.

Der öffentliche Personennahverkehr weist ein großes Einsparungspotential durch eine Erhöhung der Attraktivität auf. Dies gelingt beispielsweise durch günstige Tarife, eine moderne Fahrzeugflotte, fahrgastfreundliche Haltestellen, kurze Betriebsintervalle und einen durchgängigen Betrieb, gute und barrierefreie Erreichbarkeit sowie einer Minimierung von Ausfällen und Verspätungen.

Ein ebenso großes Potential hat der FußgängerInnenverkehr, wenn es gelingt, AutofahrerInnen wieder vermehrt dazu zu bringen, Wege zu Fuß zurückzulegen. Ein attraktives Umfeld, breite Gehsteige mit niveaugleichen Fahrbahnquerungen, die Vermeidung von Unterführungen, Vorrang bei Kreuzungen, die Errichtung von Erholungsmöglichkeiten und Witterungsschutzen, ausreichende Gehwegsbeleuchtung sowie FußgängerInnen-, Begegnungs- und Shared-Space-Zonen sind Möglichkeiten dafür. Auch die Nähe von den „Bereichen“ wohnen, arbeiten, einkaufen und erholen zueinander ist von großer Wichtigkeit.

Auch die Planungsphase weist Reduktionspotentiale auf, denn nur geänderte Strukturen erzeugen eine Änderung im Verhalten.

So ist bei FußgängerInnen darauf zu achten, dass direkte Gehwege mit regelmäßigen Durchgängen geplant werden sowie eine attraktive Umgebung. Radwege sind mit geringem Umwegfaktor und einem ausreichenden Querschnitt für Einrichtungs- bzw. Zweirichtungsverkehr vorzusehen.

Bei der Planung von öffentlichen Verkehrsmitteln ist neben den bereits auf politischer Ebene erwähnten Möglichkeiten auch die Äquivalenz von öffentlichem Personennahverkehr und motorisiertem Individualverkehr zu erwähnen. Denn nur wenn sich Garage und Haltestelle des öffentlichen Verkehrsmittels in gleicher Entfernung befinden ist eine Chancengleichheit garantiert da sonst von einem 90 prozentigen Attraktivitätsverlust des öffentlichen Personennahverkehrs auszugehen ist. Ebenso ist auf eine Gefahr der Zersiedelung aufgrund zu hoher Geschwindigkeiten im Verkehrssystem zu achten.

Zukunftsweisende Technologien bzw. Konzepte, die immer mehr an Bedeutung gewinnen und ein Reduktionspotential aufweisen sind beispielsweise selbstfahrende Autos, Seilbahnen und das Konzept „MaaS“ („Mobilität als Dienstleistung“), einer kundenbedarfsorientierten Kombination aus ÖPNV, Car Sharing und Taxis. MaaS

existiert in Wien seit knapp drei Jahren wobei die zugehörige Smartphone-App bereits über 100.000 Mal heruntergeladen wurde.

Abschließend kann gesagt werden, dass es auch im Verkehrssektor durchaus viele erfolgsversprechende Möglichkeiten zur Reduktion von Emissionen gibt und so den nötigen Beitrag zur Erreichung der globalen Klimaziele zu erbringen.

Ohne eine Änderung in unser aller Einstellung und Verhalten wird jedoch das Erreichen der Klimaziele nicht möglich sein.

Dass die Jugend der Welt das erkennt und damit begonnen hat, für den Klimaschutz zu kämpfen, gibt Hoffnung.

12 Literaturverzeichnis

- ccm Gesundheit*. [Online] Abgase von Autos: In welcher Konzentration für Menschen gefährlich? [Zitat vom: 25. Februar 2019.] <https://gesundheit.ccm.net/faq/4841-abgase-von-autos-in-welcher-konzentration-fuer-menschen-gefaehrlich>.
- 30 km/h. *30 km/h – Macht die Straßen lebenswert!* [Online] [Zitat vom: 28. Februar 2019.] <http://de.30kmh.eu>.
- Amt der Tiroler Landesregierung - Abteilung Verkehrsplanung. *Haltestellen attraktiv gestalten! - Sicher, fahrgastfreundlich und barrierefrei*. [Online] [Zitat vom: 13. März 2019.] https://www.tirol.gv.at/fileadmin/themen/verkehr/verkehrsplanung/downloads/110315_MOBILE_05_11.pdf.
- Ärzte Zeitung. *Wohnen in Autobahnnähe lässt Krebsrisiko nach oben schießen*. [Online] [Zitat vom: 26. Februar 2019.] <https://www.aerztezeitung.de/medizin/krankheiten/krebs/lymphome/article/898226/abgase-wohnen-autobahnaehe-laesst-krebsrisiko-nach-oben-schiessen.html>.
- Ateles, Laura**. profil vom 10. März 2018. *Wasserstoff als Kraftstoff der Zukunft*. [Online] [Zitat vom: 5. März 2019.] <https://www.profil.at/portfolio/innovation/wasserstoff-kraftstoff-zukunft-9829694>.
- B.Z. vom 8. Juli 2018. *Erhöhung der Treibstoffpreise - Auf den Straßen von Haiti brennt die Wut*. [Online] [Zitat vom: 8. März 2019.] <https://www.bz-berlin.de/welt/auf-den-strassen-von-haiti-brennt-die-wut>.
- Baden Württemberg, Landesanstalt für Umweltschutz. *Wirkungen von Emissionen des Kfz-Verkehrs auf Pflanzen und die Umwelt*. [Online] [Zitat vom: 25. Jänner 2019.] <https://fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/93427/U12-M63-N00.pdf?command=downloadContent&filename=U12-M63-N00.pdf>.
- Begegnungszonen in Österreich - Sammlung & Dokumentation. *Begegnungszonen in Österreich*. [Online] [Zitat vom: 10. März 2019.] <http://www.begegnungszonen.or.at/>.
- Beutnagel, Werner**. 2019. CARIT - Connected Mobility. *Der Stoff aus dem die Träume sind*. [Online] 16. Jänner 2019. [Zitat vom: 5. März 2019.] <https://www.car-it.com/der-stoff-aus-dem-die-traeume-sind/id-0060801?cookie-state-change=1551803262979>.
- Briefert, Claus**. 2012. *Umweltchemie, 3. Auflage*. s.l. : John Wiley & Sons, 2012. ISBN: 978-3-527-66299-9].
- BM Nachhaltigkeit und Tourismus. . *CO2-Monitoring der Neuzulassungen von Pkw - Trend der CO2-Emissionen weiter abnehmend*. [Online] [Zitat vom: 20. Februar 2019.] <https://www.bmnt.gv.at/umwelt/luft-laerm-verkehr/co2-monitoringPKW1.html>.
- BOSCH - Invented for life. *Durchbruch: Neue Bosch-Dieselseltechnik kann Stickoxid-Problem lösen - Pressemeldung vom 25.4.2018*. [Online] [Zitat vom: 14. März 2019.] <https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/de/durchbruch-neue-bosch-dieselseltechnik-kann-stickoxid-problem-loesen-155524.html>.
- BOSCH - Invented for life. *Weltpremiere: Nikola Motors und Bosch bringen Lkws mit Brennstoffzelle auf Achse - Pressemeldung vom 20.9.2017* . [Online] [Zitat vom: 18. März 2019.] <https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/de/weltpremiere-nikola-motors-und-bosch-bringen-lkws-mit-brennstoffzelle-auf-achse-126336.html>.

- BR - Wissen. *Extremwetter durch Klimawandel - Mehr Starkregen, Dürren, Hitzewellen und Orkane*. [Online] [Zitat vom: 18. März 2019.] <https://www.br.de/themen/wissen/wetter-extremwetter-klimawandel-100.html>.
- Bruckner, Regina. 2018.** Der Standard vom 26. November 2018. *Lärmpflicht für Flüster-Elektroautos kommt Mitte 2019*. [Online] [https://, 2018](https://www.derstandard.at/2000092246796/Laermpflicht-fuer-Fluester-Elektroautos-kommtMitte-2019). [Zitat vom: 4. März 2019.] [derstandard.at/2000092246796/Laermpflicht-fuer-Fluester-Elektroautos-kommtMitte-2019](https://www.derstandard.at/2000092246796/Laermpflicht-fuer-Fluester-Elektroautos-kommtMitte-2019).
- Bundesfachschule Kälte Klima Technik. *Gefährlichkeit von Kohlenstoffdioxid*. [Online] [Zitat vom: 19. Februar 2019.] <https://www.bfs-kaelte-klima.de/fap/technik/gefaehrlichkeit-von-kohlenstoffdioxid/>.
- Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich. 39. *Bundesgesetz: Änderung der Straßenverkehrsordnung 1960 (25. StVO-Novelle) vom 25. Februar 2013*. [Online] [Zitat vom: 26. Februar 2019.] https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2013_I_39/BGBLA_2013_I_39.html.
- Bundeskanzleramt. *28.03.2018 Bundesregierung begrüßt Entscheidung zur 3. Piste am Flughafen Wien*. [Online] [Zitat vom: 27. Februar 2019.] <https://www.bundeskanzleramt.gv.at/-/bundesregierung-begru-t-entscheidung-zur-3-piste-am-flughafen-wien>.
- Bundesministerium Arbeit, Soziales, Gesundheit und Konsumentenschutz. *Qualitätsstandards für den öffentlichen Verkehr 2020 in Österreich aus Sicht der KonsumentInnen. Jänner 2016*. [Online] [Zitat vom: 12. März 2019.] [https://www.sozialministerium.at/cms/site/attachments/7/6/8/CH3434/CMS1476175845706/qualitaetsstandards_fuer_den_oeffentlichen_verkehr_2020_aus_konsumentinnensicht_\(dv\).pdf](https://www.sozialministerium.at/cms/site/attachments/7/6/8/CH3434/CMS1476175845706/qualitaetsstandards_fuer_den_oeffentlichen_verkehr_2020_aus_konsumentinnensicht_(dv).pdf).
- Bundesministerium Finanzen. *Normverbrauchsabgabe (NoVA)*. [Online] [Zitat vom: 8. März 2019.]
- Bundesministerium Finanzen. *Motorbezogene Versicherungssteuer*. [Online] [Zitat vom: 8. März 2019.] <https://www.bmf.gv.at/steuern/fahrzeuge/motorbezogene-versicherungssteuer.html>.
- Bundesministerium Finanzen. *Kraftfahrzeugsteuer*. [Online] [Zitat vom: 8. März 2019.] <https://www.bmf.gv.at/steuern/fahrzeuge/kraftfahrzeugsteuer.html>.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur Deutschland (Auftraggeber). 8. Jänner.2018. *Studie über das Potenzial einer Realisierung einer Hardware-Nachrüstung für Diesel-fahrzeuge EU5 (EU4) zur NOX-Reduzierung*. [Online] [Zitat vom: 7. März 2019.] https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/hardware-nachruetzung-generalisierende-studie.pdf?__blob=publicationFile.
- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. *ELEKTROMOBILITÄT IN ÖSTERREICH - Zahlen und Daten 2018*. [Online] [Zitat vom: e. März 2019.] https://www.bmvit.gv.at/verkehr/elektromobilitaet/downloads/oesterreich2018_de.PDF.
- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT). *Leitfaden für barrierefreien Öffentlichen Verkehr vom Dezember 2009*. [Online] [Zitat vom: 12. März 2019.] https://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/barrierefreiheit/downloads/leitfaden_haltestellen.pdf.

- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT). *Planung für geh- und sehbehinderte Menschen vom Juli 2003*. [Online] [Zitat vom: 17. März 2019.] <https://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/verkehr/gesamtverkehr/downloads/strassenraumfueralle.pdf>.
- Bundesministerium Nachhaltigkeit und Tourismus. *Wasser in Österreich - Österreichische Wasserwirtschaft im Überblick*. [Online] [Zitat vom: 18. März 2019.] <https://www.bmnt.gv.at/wasser/wasser-oesterreich.html>.
- Bundesministerium Nachhaltigkeit und Tourismus. *Warum wir uns an die Folgen des Klimawandels anpassen müssen*. [Online] [Zitat vom: 27. Februar 2019.] https://www.bmnt.gv.at/umwelt/klimaschutz/klimapolitik_national/anpassungsstrategie/argumentarium.html.
- Bundesministerium Nachhaltigkeit und Tourismus. *Die Beschlüsse der Klimakonferenz von Katowice*. [Online] [Zitat vom: 26. Februar 2019.] <https://www.bmnt.gv.at/umwelt/klimaschutz/internationales/klimakonferenzen/ergebnisse-cop24.html>.
- Bundesministerium Nachhaltigkeit und Tourismus. *#mission2030 Die Klima- und Energiestrategie der Österreichischen Bundesregierung*. [Online] [Zitat vom: 14. Jänner 2019.] https://mission2030.info/wp-content/uploads/2018/04/mission2030_Klima-und-Energiestrategie.pdf.
- Bundesministerium Nachhaltigkeit und Tourismus. *Waldinventur des BFW - Daten und Fakten*. [Online] [Zitat vom: 20. 02 2019.] <https://www.bmnt.gv.at/forst/oesterreich-wald/waldzustand/waldinventur2019.html>.
- CleanAirDay. *Air pollution and children*. [Online] [Zitat vom: 25. Februar 2019.] <https://www.cleanairday.org.uk/air-pollution-and-children>.
- CO2 earth. [Online] [Zitat vom: 20. Februar 2019.] <https://www.co2.earth/>.
- co2online. *Was ist CO2?* [Online] [Zitat vom: 19. Februar 2019.] <https://www.co2online.de/klima-schuetzen/klimawandel/was-ist-co2/>.
- Das Gletscherarchiv. *Klimawandel - Klimaänderung und Gletscher*. [Online] <http://www.gletscherarchiv.de/klimawandel/>.
- Das Land Steiermark. *Shared Space-Projekt macht Gleinstätten "berühmt"*. [Online] [Zitat vom: 11. März 2019.] <http://www.verkehr.steiermark.at/cms/beitrag/11337944/31717860/>.
- Der Spiegel. *Studie von Umwelphysikern - Stickoxidbelastung ist im Auto am höchsten*. [Online] [Zitat vom: 22. Februar 2019.] <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/abgasstickoxidbelastung-im-auto-am-hoechsten-a-1219095.html>.
- Der Standard vom 17. Oktober 2018. *Selbstfahrende Autos könnten Verkehrsaufkommen sogar erhöhen*. [Online] [Zitat vom: 15. März 2019.] <https://derstandard.at/2000089537030/Selbstfahrende-Autos-koennten-Verkehrsaufkommen-sogar-erhoehen>.
- Der Standard vom 10. Mai 2013. *CO2-Konzentration war in der Geschichte der Menschheit nie höher*. [Online] [Zitat vom: 19. Februar 2019.] <https://derstandard.at/1363710686869/CO2-Dichte-in-Atmosphaere-so-hoch-wie-nie-in-Menschheitsgeschichte>.

- Der Standard vom 10. Oktober 2018. *EU-Umweltrat einigt sich auf 35-prozentige CO2-Reduktion für Pkws bis 2030.* [Online] [Zitat vom: 21. Februar 2019.] <https://derstandard.at/2000089028404/EU-Umweltrat-einig-ueber-35-Prozent-CO2-Reduktion-fuer-Pkw>.
- Der Standard vom 11. Oktober 2011. *Wiener Öffi-Jahreskarte für 365 Euro ab Mai 2012.* [Online] [Zitat vom: 16. März 2019.] <https://derstandard.at/1317019887152/Tarifreform-Wiener-Linien-Wiener-Oeffi-Jahreskarte-fuer-365-Euro-ab-Mai-2012>.
- Der Standard vom 15. April 2017. *So teuer ist das Parken in Österreich im weltweiten Vergleich.* [Online] [Zitat vom: 8. März 2019.] <https://derstandard.at/2000056490144/So-teuer-ist-das-Parken-in-Oesterreich-im-weltweiten-Vergleich>.
- Der Standard vom 20. Dezember 2018. *EU-Staaten einig über 30 Prozent CO2-Reduktion bei LKW bis 2030.* [Online] [Zitat vom: 1. Jänner 2019.] <https://derstandard.at/2000094447653/EU-Staaten-einig-ueber-30-Prozent-CO2-Reduktion-bei-Lkw>.
- Der Standard vom 30. Oktober 2017. *UN: Kohlendioxidgehalt in der Atmosphäre stieg 2016 im Rekordtempo.* [Online] [Zitat vom: 19. Februar 2019.] <https://derstandard.at/2000066885878/UN-Kohlendioxid-Gehalt-in-der-Atmosphaere-stieg-2016-im-Rekordtempo>.
- Der Standard vom 6. Jänner 2017. *Mexiko: Proteste gegen Benzinpreise eskalieren.* [Online] [Zitat vom: 8. März 2019.] <https://derstandard.at/2000050320363/Mexiko-Proteste-gegen-Benzinpreise-eskalieren>.
- Deutsche UNESCO-Kommission. *Pressemitteilung, 19. März 2018 - Weltwasserbericht 2018: Hälfte der Menschheit von Wassermangel bedroht.* [Online] [Zitat vom: 18. März 2019.] <https://www.unesco.de/kultur-und-natur/wasser-und-ozeane/wasser/weltwasserbericht-2018-haelfte-der-menschheit-von>.
- Dewald, Ulrich. 2003.** *wissenschaft.de. Spektakulärer Test zeigt: Wasserstoff im Auto muss nicht gefährlicher sein als Benzin.* [Online] 3. Februar 2003. [Zitat vom: 4. März 2019.] <https://www.wissenschaft.de/technik-digitales/spektakulaerer-test-zeigt-wasserstoff-im-auto-muss-nicht-gefaehrlicher-sein-als-benzin/>.
- Die Presse. *Tempo 140 auf Autobahnen? 20 Prozent mehr Schadstoffbelastung.* [Online] [Zitat vom: 27. Februar 2019.] <https://diepresse.com/home/panorama/oesterreich/5352429/Tempo-140-auf-Autobahnen-20-Prozent-mehr-Schadstoffbelastung>.
- Die Presse vom 14. Jänner 2019. *Tote nach Treibstoff-Protesten in Simbabwe.* [Online] [Zitat vom: 9. März 2019.]
- Die Presse vom 15. November 2018. *Tempo 140: Alle Oppositionsparteien kritisieren Hofer.* [Online] [Zitat vom: 27. Februar 2019.] https://diepresse.com/home/panorama/oesterreich/5530309/Tempo-140_Alle-Oppositionsparteien-kritisieren-Hofer.
- Die Presse vom 21. Dezember 2018. *Wo in Österreich die meisten Lkw fahren.* [Online] [Zitat vom: 28. Februar 2019.] <https://diepresse.com/home/wirtschaft/economist/5550050/Wo-in-Oesterreich-die-meisten-Lkw-fahren>.
- Die Presse vom 23. Dezember 2018. *"Auffälligkeiten" im Software-Update für Skandal-Dieselaautos von VW.* [Online] [Zitat vom: 1. März 2019.]

- <https://diepresse.com/home/wirtschaft/economist/5551048/Auffaelligkeiten-im-SoftwareUpdate-fuer-SkandalDieselautos-von-VW>.
- Die Presse vom 5. August 2017. *USA reichten bei UNO offiziell Austritt aus Klimaabkommen ein*. [Online] [Zitat vom: 26. Februar 2019.]
<https://diepresse.com/home/ausland/aussenpolitik/5264245/USA-reichten-bei-UNO-offiziell-Austritt-aus-Klimaabkommen-ein>.
- dorfanger-blankenburg.de. *Shared Space und Begegnungszonen*. [Online] [Zitat vom: 11. März 2019.] <https://dorfanger-blankenburg.de/cms/begegnungszonen>.
- Dublin Bus. *Monthly & Annual Tickets*. [Online] [Zitat vom: 14. März 2019.] <https://luas.ie/tax-saver-ticket-prices.html>.
- DWD Deutscher Wetterdienst. *Athmosphärenbeobachtung - Zusammensetzung der Atmosphäre - Spurengase - Kohlenmonoxid (CO)*. [Online] [Zitat vom: 14. Februar 2019.]
https://www.dwd.de/DE/forschung/atmosphaerenbeob/zusammensetzung_atmosphaere/spurengase/inh_nav/co_node.html.
- DWD Deutscher Wetterdienst. *Stickoxide (NO, NO2, NOx, NOy)*. [Online] [Zitat vom: 21. Februar 2019.] Stickoxide (NO, NO2, NOx, NOy).
- ecology.at. *Pflanzen sind empfindlicher als Menschen!* [Online] [Zitat vom: 25. Februar 2019.] http://www.ecology.at/projekt/detail/ozon/content/c_9reizend2.html.
- EIGA - EUROPEAN INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION. *Physiologische Gefahren durch Kohlendioxid (CO2) - "Nicht nur erstickend"*. [Online] [Zitat vom: 19. Februar 2019.]
<http://www.oeigv.at/PDFs/EIGA-IGV-SI24-11-D.pdf>.
- Eltis - The urban mobility observatory vom 23. Juli 2018. *How Helsinki became a 'Mobility as a Service' leader*. [Online] [Zitat vom: 14. März 2019.]
<http://www.eltis.org/discover/news/how-helsinki-became-mobility-service-leader>.
- emobilitaet.online - Das Anwenderportal vom 22.7.2017. *BYD und ADL beliefern London mit weiteren Elektrobussen*. [Online] [Zitat vom: 14. März 2019.]
- emobilitaet.online - Das Anwenderportal vom 5. Jänner 2108. *Oslo setzt als erste europäische Stadt auf elektrische BYD-Gelenkbusse*. [Online] [Zitat vom: 14. März 2019.] <https://emobilitaet.online/news/wirtschaft/4295-oslo-setzt-als-erste-europaeische-stadt-elektrische-gelenkbusse-ein>.
- energie tipp vom 7. Jänner 2016. *Was ist Kohlendioxid?* [Online] [Zitat vom: 18. Februar 2019.] <https://www.energie-tipp.de/co2/was-ist-kohlendioxid/>.
- EPOMM - European Platform on Mobility Management. *e-update Dezember 2017*. [Online] [Zitat vom: 15. März 2019.]
http://www.epomm.eu/newsletter/v2/content/2017/1217_2/doc/eupdate_de.pdf.
- europa.eu. *UN-Klimakonferenz in Kattowitz – Fragen und Antworten*. [Online] [Zitat vom: 26. Februar 2019.] http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-18-6592_de.pdf.
- Europäisches Parlament. *Klimawandel und Umwelt*. [Online] [Zitat vom: 25. Februar 2019.]
<http://www.europarl.europa.eu/factsheets/de/sheet/72/climate-change-and-the-environment>.
- European Environment Agency - EEA Report 2018. Air quality in Europe – 2018 report No 12/2018.** s.l. : European Environment Agency. ISBN: 978-92-9213-990-2.

- . *Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives - EEA report 13/2018*. s.l. : EEA.
- Fischer, Alexander und Zeillinger, Kurt. 2017.** ÖAMTC. *Projekt H2Ö*. [Online] Oktober 2017. [Zitat vom: 5. März 2019.] <https://www.oeamtc.at/autotouring/auto/projekt-h2oe-21453690>.
- Först. INFRASTRUKTUR.2050. Güterverkehr der Zukunft.** [Online] [Zitat vom: 14. März 2019.] <https://www.roadmap2050.at/gueterverkehr-der-zukunft/>.
- futurezone - Technology News vom 14. Jänner 2019. *Was sich 2019 beim Laden von E-Autos ändert*. [Online] [Zitat vom: 4. März 2019.] <https://futurezone.at/digital-life/was-sich-2019-beim-laden-von-e-autos-aendert/400377554>.
- futurezone - Technology News vom 8. Oktober 2018. *ÖBB testen erstmals Wasserstoffbus in Österreich*. [Online] [Zitat vom: 12. März 2019.] <https://futurezone.at/digital-life/oebb-testen-ersten-wasserstoffbus-in-oesterreich/400139777>.
- Gansterer, Markus. 2014.** VCÖ. *Mehr Öffentlichen Verkehr mit hoher Qualität*. [Online] 20. März 2014. [Zitat vom: 14. März 2019.] <https://www.vcoe.at/files/vcoe/uploads/News/VCOe-Factsheets/2014-03%20Mehr%20Oeffentlicher%20Verkehr/VCOe-Factsheet%20Mehr%20Oeffentlicher%20Verkehr%20mit%20hoher%20Qualitaet.pdf>.
- . VCÖ. *Begegnungszonen erhöhen Lebensqualität im Ort*. [Online] [Zitat vom: 17. März 2019.] <https://www.vcoe.at/files/vcoe/uploads/News/VCOe-Factsheets/2014-04%20Begegnungszonen/VCOe-Factsheet%20Begegnungszonen.pdf>.
- GELAENDEWAGEN.AT. *Die SUV-Zulassungszahlen 2018 in Österreich*. [Online] [Zitat vom: 1. März 2019.] https://gelaendewagen.at/artikel19/suv_zulassungen_2018_03.php.
- Glanz, Karl. 2014.** *Wien wie es lebt*. s.l. : Lulu Verlag, 2014. 978-1312645219.
- GLOBAL 2000. *Klimawandel in Österreich*. [Online] [Zitat vom: 26. Februar 2019.] <https://www.global2000.at/klimawandel-oesterreich>.
- GLOBAL 2000. *Das Klimaabkommen von Paris - Briefing*. [Online] [Zitat vom: 20. Oktober 2018.] https://www.global2000.at/sites/global/files/GLOBAL%202000_Paris%20Briefing_Final.pdf.
- Gnahn, Christine. 2018.** Salzburger Nachrichten vom 19. September 2018. *Selbstfahrende Autos - Wenn das Auto das Steuer übernimmt*. [Online] 2018. [Zitat vom: 15. März 2019.] <https://motor.sn.at/news/selbstfahrende-autos-wenn-das-auto-das-steuer-uebernimmt-40257586>.
- green-Zones.eu. *green-Zones.eu*. [Online] [Zitat vom: 6. März 2019.] <https://www.green-zones.eu>.
- H2. *H2 tanken - Wasserstoffmobilität beginnt jetzt*. [Online] [Zitat vom: 5. März 2019.] <https://h2.live/tankstellen>.
- Hackbarth, Ernst-Michael und Merhof, Wolfgang. 1998.** *Verbrennungsmotoren: Prozesse, Betriebsverhalten, Abgas*. Braunschweig, Wiesbaden : Vieweg Verlagsgesellschaft, 1998.
- Hanania, Jordan, Stenhouse, Kailyn und Donev, Jason.** ENERGY EDUCATION vom 26. August 2015. *Hubbert's peak*. [Online] [Zitat vom: 8. März 2019.] https://energyeducation.ca/encyclopedia/Hubbert%27s_peak.

- headout blog vom 24. Jänner 2019. *Everything You Need To Know About Public Transportation In Rome*. [Online] [Zitat vom: 14. März 2019.] <https://blog.headout.com/public-transportation-in-rome/>.
- Hebestreit, Carsten. 2017.** Oberösterreichische Nachrichten. *Ab 2020 zählt jedes Gramm CO₂: Für Abgas-Sünder wird's teuer*. [Online] 18. Februar 2017. [Zitat vom: 20. Februar 2019.] <https://www.nachrichten.at/anzeigen/motormarkt/motor/Ab-2020-zaehlt-jedes-Gramm-CO2-Fuer-Abgas-Suender-wird-s-teuer;art111,2487088>.
- Hertenberger, Gerhard. 2007.** Profil. *Abgase: Staub zu Staub*. [Online] 24. März 2007. [Zitat vom: 15. Februar 2019.] <https://www.profil.at/home/abgase-staub-staub-168355>.
- Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie. *Stickstoffoxide (NO / NO₂)*. [Online] [Zitat vom: 22. Februar 2019.] <http://www3.hlug.de/medien/luft/komponenten/stickoxide/stickoxide.htm>.
- Heute. *Das erste Foto: So soll die Seilbahn für Linz aussehen*. [Online] [Zitat vom: 15. März 2019.] <https://www.heute.at/oesterreich/oberoesterreich/story/Das-erste-Foto--So-soll-die-Seilbahn-fuer-Linz-aussehen-40097211>.
- Heute vom 24. Juli 2018. *Tempo 140: 6 Autos mit Messgeräten ausgestattet*. [Online] [Zitat vom: 28. Februar 2019.] <https://www.heute.at/politik/news/story/Tempo-140--6-Autos-mit-Messgeraeten-ausgestattet-59678737>.
- Hoffmann, Julian.** eurotransport.de vom 12. Februar 2019. *EU fordert saubere Busse - Clean Vehicles Directive überarbeitet*. [Online] [Zitat vom: 14. März 2019.] <https://www.eurotransport.de/artikel/eu-fordert-saubere-busse-clean-vehicles-directive-ueberarbeitet-10689754.html>.
- Hucko, Margret. 2018.** SPIEGEL ONLINE. *Steigende CO₂-Emissionen - Das Problem sind die Autofahrer*. [Online] 24. April 2018. [Zitat vom: 2. März 2019.] <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/co2-ausstoss-autofahrer-sind-das-problem-a-1204467.html>.
- Ichner, Bernhard.** Kurier.at vom 13. November 2018. *Rekord: Schon 800.000 Fahrgäste haben eine Jahreskarte*. [Online] [Zitat vom: 14. März 2019.] <https://kurier.at/chronik/wien/rekord-schon-800000-fahrgaeste-haben-eine-jahreskarte/400322961>.
- IFA - GESTIS-Stoffdatenbank. *Stickstoffmonoxid*. [Online] [Zitat vom: 20. Februar 2019.] [http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/000000.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$vid=gestisdeu:sdbdeu\\$3.0](http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/000000.xml?f=templates$fn=default.htm$vid=gestisdeu:sdbdeu$3.0).
- IFA Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. *GESTIS-Stoffdatenbank*. [Online] [Zitat vom: 16. Februar 2019.]
- IPCC - Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen. *KLIMAÄNDERUNG 2014 Synthesebericht*. [Online] [Zitat vom: 17. Dezember 2018.]
- Julia, Schrenk.** KURIER.at vom 10.06.2018. *Wien: Die Citymaut ist endgültig abgesagt*. [Online] [Zitat vom: 6. März 2019.] <https://kurier.at/chronik/wien/wien-die-citymaut-ist-endgueltig-abgesagt/400048769>.
- jusline - Recht.Schnell. *Straßenverkehrsordnung 1960*. [Online] [Zitat vom: 27. Februar 2019.] <https://www.jusline.at/gesetz/stvo>.
- Kirchgeßner, Kilian. 2018.** tagesschau.de vom 7. Mai 2018. *Wer sein Rad liebt, der schiebt*. [Online] 2018. <https://www.tagesschau.de/ausland/prag-fahrradverbot-101.html>.

- **2018.** ZEIT ONLINE. *Bloß keine Radfahrer vom 24. Juni 2018.* [Online] 2018. [Zitat vom: 15. März 2019.] <https://www.zeit.de/mobilitaet/2018-06/prag-oepnv-mobilitaet-radfahren-nachhaltigkeit>.
- klimaaktiv - Bundesministerium Nachhaltigkeit und Tourismus vom 29.3.2017. *Vorteile der Elektromobilität.* [Online] [Zitat vom: 4. März 2019.] <https://www.klimaaktiv.at/mobilitaet/elektromobilitaet/elektromobilitaet.html>.
- Knoflacher, Hermann. 1995.** *Fußgeher und Fahrradverkehr.* s.l. : Böhlau Verlag, 1995. 978-3-205-98308-8.
- **2013.** *Virus Auto: Die Geschichte einer Zerstörung.* s.l. : Ueberreuter Verlag, 2013.
- **1996.** *Zur Harmonie von Stadt und Verkehr.* Wien : Böhlau Wien Verlag, 1996.
- KONTRAST.at. *Höheres Unfall-Risiko, mehr Abgase: Das bedeutet Tempo 140 auf unseren Autobahnen.* [Online] [Zitat vom: 28. Februar 2019.] <https://kontrast.at/das-bedeutet-tempo-140/>.
- Kotrba, David. 2018.** futurezone - Technology News . *Von Benzin bis Wasserstoff: Autoantriebe im Vergleich.* [Online] 26. März 2018. <https://futurezone.at/produkte/von-benzin-bis-wasserstoff-autoantriebe-im-vergleich/400010235>.
- Kroisleitner, Oona. 2018.** Der Standard vom 9. November 2018. *Begegnungszone in der Wiener Rotenturmstraße nimmt Form an.* [Online] 2018. [Zitat vom: 10. März 2019.] <https://derstandard.at/2000090988142/Begegnungszone-in-der-Rotenturmstrasse-nimmt-Form-an>.
- Kugler, Martin. 2009.** Die Presse. *Bäume in Not: Wälder werden zu CO2-Quellen.* [Online] 25. April 2009. [Zitat vom: 18. Februar 2019.] https://diepresse.com/home/science/473844/Baeume-in-Not_Waelder-werden-zu-CO2Quellen.
- Kurier. *Südamerika: Immer mehr Städte setzen auf Seilbahnen.* [Online] [Zitat vom: 14. März 2019.] <https://kurier.at/wirtschaft/suedamerika-immer-mehr-staedte-setzen-auf-seilbahnen/296.521.158>.
- Land Oberösterreich. *Grenzwerte in den EU-Richtlinien.* [Online] [Zitat vom: 14. Februar 2019.] https://www.land-oberoesterreich.gv.at/Mediendateien/Formulare/DokumenteAbt_U/Grenzwerte_in_den_EU-Richtlinien.pdf.
- Limboung, Maria. 2018.** TAGESSPIEGEL CAUSA. *Tempo 30 in allen Städten und Gemeinden.* [Online] 25. Januar 2018. [Zitat vom: 28. Februar 2019.] <https://causa.tagesspiegel.de/politik/zu-viele-autos-in-der-stadt/tempo-30-in-allen-staedten-und-gemeinden.html>.
- LONDON TOOLKIT - guiding the independet traveller since 2002. *London Travelcard public transport pass in 2019.* [Online] [Zitat vom: 14. März 2019.] <https://www.londontoolkit.com/briefing/travelcard.htm>.
- LONDON.de. *Mit dem Auto nach London.* [Online] [Zitat vom: 6. März 2019.] <https://www.london.de/reise/mit-dem-auto/>.
- Luas. *Luas Tax Saver Tickets.* [Online] [Zitat vom: 14. März 2019.] <https://luas.ie/tax-saver-ticket-prices.html>.
- Macoun, Thomas. 1994.** *Belastungen des Menschen im und durch das Verkehrssystem - dargestellt anhand ausgewählter Luftschadstoffkomponenten.* Wien : Dissertation,

eingereicht an der Technischen Universität Wien Fakultät für Bauingenieurwesen, 1994.

— TU Wien. *Skriptum zur Vorlesung „Transport- und Siedlungswesen“* .

MedLexi. *Hyperkapnie*. [Online] [Zitat vom: 22. Februar 2019.]
<https://medlexi.de/Hyperkapnie>.

Meschik, Michael. BOKU Wien. *Skriptum Planungsgrundlagen des Radverkehrs*.

Meyer, Thomas. 2017. *Ökologie mitteleuropäischer Flussauen*. Heidelberg : Springer Spektrum, 2017. ISBN 978-3-662-55455-5.

Mittelbayrische vom 27. Juli 2017. *Klimawandel Gefahr für Senioren*. [Online] [Zitat vom: 26. Februar 2019.] <https://www.mittelbayerische.de/region/regensburg-stadtnachrichten/klimawandel-gefahr-fuer-senioren-21179-art1545640.html>.

Möchel, Kid. Kurier.at vom 16. August 2018. *Dieselskandal: Software-Updates floppen, Hardware-Nachrüstung gefordert*. [Online] <https://kurier.at/wirtschaft/dieselskandal-software-updates-floppen-hardware-nachruetzung-gefordert/400091264>. [Zitat vom: 7. März 2019.]

netdoctor. *Ozon: Auswirkungen auf die Gesundheit*. [Online] [Zitat vom: 26. Februar 2019.] <https://www.netdokter.at/krankheit/klimawandel/ozon-auswirkungen-gesundheit-6941638>.

news ORF.at vom 21. Februar 2019. *Heimische Wälder - Bedrohung von mehreren Seiten*. [Online] [Zitat vom: 21. Februar 2019.] <https://orf.at/stories/3112347/>.

Nikola. *Nikola World 2019*. [Online] [Zitat vom: 18. März 2019.] <https://nikolamotor.com>.

ÖAMTC. *Großbritannien: Londoner City-Maut für ältere Fahrzeuge teurer*. [Online] [Zitat vom: 6. März 2019.]

ÖAMTC. *Motorbezogene Versicherungssteuer*. [Online] [Zitat vom: 8. März 2019.] <https://www.oeamtc.at/thema/steuern-abgaben/motorbezogene-versicherungssteuer-18178410>.

oesterreich.gv.at. *Elektroautos und E-Mobilität – Förderungen und weiterführende Links*. [Online] [Zitat vom: 4. März 2019.] <https://www.help.gv.at/Portal.Node/hlpd/public/content/6/Seite.060021.html>.

oesterreich.gv.at. *Elektroautos und E-Mobilität – Förderungen und weiterführende Links*. [Online] [Zitat vom: 4. März 2019.] <https://www.help.gv.at/Portal.Node/hlpd/public/content/6/Seite.060021.html>.

oesterreich.gv.at. *Ermäßigungen und finanzielle Unterstützungen für Senioren*. [Online] [Zitat vom: 14. März 2019.] https://www.help.gv.at/Portal.Node/hlpd/public/content/202/Seite.2020019.html#SeniorenSeniorenJahresnetzkarte_der_Wiener_Linien.

Ökosystem Erde . *Strategien für die Zukunft - Wasser fürs Leben, Wasser für Menschen - Genug sauberes Wasser für alle*. [Online] [Zitat vom: 2018. März 2019.] <http://www.oekosystem-erde.de/html/wasserzukunft.html>.

ÖNORM. *B1600 Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen. 2017-04-01*.

OÖ Nachrichten vom 19. November 2018. *Protest gegen Spritsteuer legte Frankreich lahm*. [Online] [Zitat vom: 9. März 2019.]

- OXFAM Deutschland. *Wasserkrisen durch Klimawandel - Wie der Klimawandel weltweit die Versorgung mit Wasser gefährdet*. [Online] [Zitat vom: 18. März 2019.] https://www.oxfam.de/system/files/oxfam_wasserkrisen-durch-klimawandel-web.pdf.
- parlament.gv.at. (Übersetzung) *Übereinkommen von Paris*. [Online] [Zitat vom: 20. Oktober 2018.] https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XXV/II/_01193/imfname_538851.pdf.
- Plafki, Christian.** Medizin-Netz. *Vergiftungen mit Kohlenmonoxid (CO)*. [Online] [Zitat vom: 15. 02 2019.] <https://www.medizin-netz.de/umfassende-berichte/vergiftungen-mit-kohlenmonoxid-co/>.
- Presseportal. *Deutsche Umwelthilfe e.V. - Welt-Asthma-Tag: Dieselabgase erhöhen Risiko von Asthmaerkrankungen*. [Online] [Zitat vom: 26. Februar 2019.] <https://www.presseportal.de/pm/22521/3623625>.
- RATP - Demandez Nous La Ville. *Travel passes and prices - Tickets and travel passes catered for you*. [Online] [Zitat vom: 14. März 2019.] <https://www.ratp.fr/en/titres-et-tarifs>.
- rbb 24. *Interview Umweltmedizinerin Barbara Hoffmann - "12.800 vorzeitige Todesfälle pro Jahr ist seriös geschätzt"*. [Online] [Zitat vom: 26. Februar 2019.] <https://www.rbb24.de/politik/thema/2017/abgasalarm/beitraege/interview-umweltmedizinerin-barbara-hoffmann.html>.
- Rhein, Monika. 2006.** scine xx - das wissensmagazin. *Wo bleibt das Kohlendioxid? Ozeane speichern mehr Treibhausgase als gedacht*. [Online] 9. Juni 2006. [Zitat vom: 20. Februar 2019.] <https://www.scinexx.de/news/geowissen/wo-bleibt-das-kohlendioxid/>.
- Ritzer, Cornelia.** Tiroler Tageszeitung vom 7. März 2019. *Neue NoVA-Berechnung sorgt für Budget-Plus*. [Online] [Zitat vom: 8. März 2019.] <https://www.tt.com/wirtschaft/wirtschaftspolitik/15403428/neue-nova-berechnung-sorgt-fuer-budget-plus>.
- russfrei-fuers-klima. *Stickoxide - Auswirkungen*. [Online] [Zitat vom: 21. Februar 2019.] <https://www.russfrei-fuers-klima.de/themen/stickoxide/auswirkungen/>.
- RVS. *RVS 03.02.13 – Radverkehr von 1. Februar 2014*.
- S Bahn Berlin. *VBB-Umweltkarte als Jahreskarte*. [Online] [Zitat vom: 14. März 2019.] <https://sbahn.berlin/tickets/alle-tickets/wochen-monats-abo-jahrestickets/vbb-umweltkarte-als-jahreskarte/>.
- Salzburger Nachrichten vom 25. Juli 2018. *Citymaut in Wien - in vielen italienischen Städten Realität*. [Online] [Zitat vom: 6. März 2019.] <https://www.sn.at/panorama/international/citymaut-in-wien-in-vielen-italienischen-staedten-realitaet-36896932>.
- Schmidt, Boris.** Frankfurter Allgemeine - Motor vom 21. Oktober 2015. *Probefahrt mit Toyota Mirai - Die Zukunft tankt Wasserstoff*. [Online] [Zitat vom: 5. März 2019.] <https://www.faz.net/aktuell/technik-motor/motor/brennstoffzellen-auto-toyota-mirai-im-test-reichweite-verbrauch-13863614.html>.
- Schnabel, Bojan.** Smarter Together - gemeinsam g'scheite. *WienMobil-Station eröffnet*. [Online] [Zitat vom: 15. März 2019.] <https://www.smartertogether.at/wienmobil-station-eroeffnet/>.
- science media center germany. *Luftverschmutzung durch Stickstoffdioxid NO2*. [Online] [Zitat vom: 22. Februar 2019.]

- https://www.sciencemediacenter.de/fileadmin/user_upload/Fact_Sheets_PDF/Luftverschmutzung_NO2_SMC_Fact-Sheet.pdf.
- science ORF.at. *Klimawandel: Erste Auswirkungen auf Österreichs Tierwelt*. [Online] [Zitat vom: 26. Februar 2019.] <https://sciencev1.orf.at/news/111697.html>.
- scinexx. *Wo bleibt das Kohlendioxid? Ozeane speichern mehr Treibhausgase als gedacht*. [Online] [Zitat vom: 10. Jänner 2019.] Ozeane speichern mehr Treibhausgase als gedacht.
- Sempelmann, Peter. 2017.** trend vom 8. November 2017. *Selbstfahrende Autos: Die Zukunft hat begonnen*. [Online] 2017. [Zitat vom: 15. März 2019.] <https://www.trend.at/branchen/auto-mobilitaet/selbstfahrende-autos-zukunft-8416741>.
- Simon, Frederic. 2018.** EURACTIV. *Elektrobusse gegen den Klimawandel: Europas Städte tun sich schwer*. [Online] 9. November 2018. <https://www.euractiv.de/section/energie-und-umwelt/news/elektrobusse-gegen-den-klimawandel-europas-staedte-tun-sich-schwer/>.
- Simons, Kristina und Franken, Marcus.** co2online. *Was sind Brennstoffzellen – und wie funktionieren sie?* [Online] [Zitat vom: 5. März 2019.] <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/brennstoffzellen-heizung/was-sind-brennstoffzellen/>.
- Skarics, Rudolf. 2018.** e-move - Elektroautokompetenz. *Wasserstoff: Das Scharren in den Startlöchern*. [Online] 1. September 2018. <https://e-move.at/news/wasserstoff-das-scharren-in-den-starloechern/?cn-reloaded=1>.
- SMATRIC. *Warum ihr nächster Firmenwagen ein Elektroauto sein sollte*. [Online] [Zitat vom: 4. März 2019.] <https://smatrics.com/news/elektroauto-als-firmenwagen>.
- SMATRICES - Strom gibt Gas. *ÖBB und SMATRICES eröffnen erste gemeinsame E-Tankstelle*. [Online] [Zitat vom: 4. März 2019.] <https://smatrics.com/news/oebb-eroeffnet-e-tankstellen>.
- Soziales Wien - Stadt Wien. *Jahreskarte der Wiener Linien für Gehörlose*. [Online] [Zitat vom: 14. März 2019.] <https://www.fsw.at/p/zuschuss-zur-jahreskarte-fuer-gehoerlose>.
- SPIEGEL ONLINE vom 19. Februar 2019. *CO2-Grenzwerte - EU einigt sich auf Abgasgrenzwerte für Lkw und Busse*. [Online] <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/co2-grenzwerte-eu-einigt-sich-auf-abgasgrenzwerte-fuer-lkw-und-busse-a-1253953.html>.
- Stadt Wien. *1.000 neue E-Ladestellen bis 2020*. [Online] [Zitat vom: 4. März 2019.] <https://www.wien.gv.at/verkehr-stadtentwicklung/e-ladestellen-ausbau.html>.
- Stadt Wien. *Anlageart - Radfahren auf Busfahrstreifen*. [Online] [Zitat vom: 17. März 2019.] <https://www.wien.gv.at/verkehr/radfahren/bauen/anlagearten/busfahrstreifen.html>.
- Stadt Wien. *Öffentliche Beleuchtung - Umsetzungsbeispiel von Gender Mainstreaming*. [Online] [Zitat vom: 17. März 2019.] <https://www.wien.gv.at/menschen/gendermainstreaming/beispiele/beleuchtung.html>.
- Stadt Wien. *Fußgängerzonen - Maßnahmen zur Verkehrsberuhigung*. [Online] [Zitat vom: 16. März 2019.] <https://www.wien.gv.at/verkehr/verkehrssicherheit/massnahmen/fussgaengerzonen.html>.

- Statistik Austria. *Kraftfahrzeuge - Bestand*. [Online] [Zitat vom: 5. März 2019.]
http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/verkehr/strasse/kraftfahrzeuge_-_bestand/index.html.
- Auftraggeber Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur Deutschland. 8.Jänner.2018.** *Studie über das Potenzial einer Realisierung einer Hardware-Nachrüstung für Diesel-fahrzeuge EU5 (EU4) zur NOX-Reduzierung*. Auftraggeber Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur Deutschland. 8.Jänner.2018.
- systemchange-not-climatechange.at. *Auswirkungen der 3. Piste*. [Online] [Zitat vom: 27. Februar 2019.] <https://systemchange-not-climatechange.at/de/auswirkungen-3-piste/>.
- Transforming Cities - Urbane Systeme im Wandel. Die Wissensplattform. vom 7. Juli 2016. *Zersiedelung in Europa nimmt zu*. [Online] [Zitat vom: 14. März 2019.]
<https://www.transforming-cities.de/zersiedelung-in-europa-nimmt-zu/>.
- Transport Environment. *Dieselgate: Who? What? How?* [Online] [Zitat vom: 22. Februar 2019.] <https://www.transportenvironment.org/publications/dieselgate-who-what-how>.
- Umwelt Bundesamt.de. *Kyoto-Protokoll*. [Online] [Zitat vom: 17. Dezember 2018.]
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/internationale-eu-klimapolitik/kyoto-protokoll#textpart-1>.
- Umweltbundesamt. *CO2-Emissionen von Neuzulassungen - Monitoringsystem der CO2-Emissionen neuer Personenkraftwagen und leichter Nutzfahrzeuge*. [Online] [Zitat vom: 29. Februar 2019.]
<http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/verkehr/fahrzeugtechnik/pkw/co2monitoring/>.
- Umweltbundesamt. *Daten Luftqualität - Grenz-, Ziel- und Schwellenwerte*. [Online] [Zitat vom: 22. Februar 2019.] <http://www.umweltbundesamt.at/grenzwerte/>.
- Umweltbundesamt. *Klimaschutzbericht 2018 REP-0660*. [Online] [Zitat vom: 16. Jänner 2018.]
- Umweltbundesamt. *Höhere Geschwindigkeit führt zu höherer Umweltbelastung*. [Online] [Zitat vom: 27. Februar 2019.]
<http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/verkehr/fahrzeugtechnik/PKW/tempo/>.
- Umweltbundesamt. *Luftgüte aktuell - Grenzwerte*. [Online] [Zitat vom: 12. Februar 2019.]
http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/luft/luftguete_aktuell/grenzwerte/.
- Umweltbundesamt. *Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2017, REP-0643*. [Online] [Zitat vom: 25. Jänner 2019.]
<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0643BFZ.pdf>.
- Umweltbundesamt. *Schluss mit Ruß*. [Online] [Zitat vom: 7. März 2019.]
<http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/verkehr/fahrzeugtechnik/abgasnachbehandlung/filter/>.
- Umweltbundesamt. *Diesel, Benziner, Hybrid- oder Elektroauto: Was ist besser für die Umwelt?* [Online] [Zitat vom: 7. März 2019.]
http://www.umweltbundesamt.at/aktuell/presse/lastnews/news2016/news_160623/.
- Umweltbundesamt. *Ein weiter Weg zum Wasserstoff*. [Online] [Zitat vom: 5. März 2019.]
<http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/verkehr/kraftstoffe/wasserstoff/>.
- Umweltbundesamt. *Transport von Gütern auf der Straße*. [Online] [Zitat vom: 10. März 2019.] <http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/verkehr/fahrzeugtechnik/lkw/>.

- Umweltbundesamt. 2018.** *Emissionstrends 1990-2016, Ein Überblick über die Verursacher von Luftschadstoffen in Österreich (Datenstand 2018) Report REP-0658.* Wien : Umweltbundesamt GmbH, 2018. ISBN 978-3-99004-440-7.
- **2018.** *Klimaschutzbericht 2018, Report Band 0660.* Wien : Umweltbundesamt GesmbH, 2018. ISBN: 978-3-99004-478-0.
- Umweltbundesamt.de. *Stickstoffdioxid-Belastung: Hintergrund zu EU-Grenzwerten für NO2.* [Online] [Zitat vom: 21. Februar 2019.] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/stickstoffdioxid-belastung-hintergrund-zu-eu>.
- Umweltnetz Schweiz. *Macht CO2 unsere Pflanzen fett?* . [Online] [Zitat vom: 20. Februar 2019.] <https://www.umweltnetz-schweiz.ch/themen/klima/2961-macht-co2-unsere-pflanzen-fett.html>.
- umweltnetz-schweiz.ch. *Klimagipfel 2017: Was kostet der Klimawandel?* [Online] [Zitat vom: 26. Februar 2019.] <https://www.umweltnetz-schweiz.ch/themen/klima/2706-kosten-klimawandel.html>.
- Umwelt-Pickerl.at . *Umwelt-Pickerl.at* . [Online] In Österreich ist das Umwelt-Pickerl Pflicht! [Zitat vom: 8. März 2019.] <https://www.umwelt-pickerl.at/>.
- unfccc. *Das Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen.* [Online] [Zitat vom: 17. Dezember 2018.] Das Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpger.pdf>) .
- unicef UNITED KINGDOM. *Every child's breath is under threat - How toxic air is putting children's health at risk and what you can do to help fix it.* [Online] [Zitat vom: 25. Februar 2019.] <https://www.unicef.org.uk/clean-air-child-health-air-pollution/>.
- Universität für Bodenkultur Wien . *UV-Strahlung und Klimawandel* . [Online] [Zitat vom: 29. Februar 2019.] <https://www.wau.boku.ac.at/met/forschungsthemen/atmosphaerische-strahlung/forschungsbereich-uv-strahlung-und-gesamtozon/forschungsschwerpunkte/uv-strahlung-und-klimawandel/>.
- Upstream Mobility vom 4. März 2019. *3 Jahre Upstream Mobility.* [Online] <https://www.upstream-mobility.at/news/2019/3/4/3-jahre-upstream-next-level-mobility>.
- Urbanek, Bettina. 2014.** VCÖ. *VCÖ-Factsheet 2014-12 - Gute Bedingungen für das Gehen stärken den Öffentlichen Verkehr.* [Online] 2014. [Zitat vom: 12. März 2019.] <https://www.vcoe.at/publikationen/vcoe-factsheets/detail/gute-bedingungen-fuer-das-gehen-staerken-den-oeffentlichen-verkehr>.
- VCD. *CO2 EMISSIONS FROM CARS: the facts.* [Online] [Zitat vom: 1. März 2019.] https://www.vcd.org/fileadmin/user_upload/Redaktion/Themen/Auto_Umwelt/CO2-Grenzwert/2018_04_CO2_emissions_cars_The_facts_report_final.pdf.
- VCÖ. *VCÖ-Factsheet 2013-04 - Lebensqualität für Städte und Gemeinden durch Tempo 30.* [Online] [Zitat vom: 28. Februar 2019.] <https://www.vcoe.at/news/details/lebensqualitaet-fuer-staedte-und-gemeinden-durch-tempo-30>.
- VCÖ. *Welchen Nutzen hat Tempo 30?* [Online] [Zitat vom: 28. Februar 2019.] <https://www.vcoe.at/service/fragen-und-antworten/welchen-nutzen-hat-tempo-30>.
- VCÖ. *Tempo 30 zur Regel machen.* [Online] [Zitat vom: 28. Februar 2019.] <https://www.vcoe.at/news/details/tempo-30-zur-regel-machen>.

- VCÖ. VCÖ: *Bereits jeder 3. Neuwagen in Österreich ist ein SUV.* [Online] [Zitat vom: 1. März 2019.] <https://www.vcoe.at/news/details/suv-neuwagen-2018>.
- VCÖ. VCÖ: *Lkw-Verkehr auf Österreichs Autobahnen heuer massiv gestiegen.* [Online] [Zitat vom: 1. März 2019.] <https://www.vcoe.at/presse/presseaussendungen/detail/20181221-lkw-verkehr-autobahnen>.
- VCÖ. VCÖ: *Beim Radfahren große Unterschiede zwischen Österreichs Regionen.* [Online] [Zitat vom: 17. März 2019.] <https://www.vcoe.at/presse/presseaussendungen/detail/radfahren-regionen>.
- VCÖ. VCÖ-Untersuchung: *In welchen Städten Europas am meisten Rad gefahren wird - 02.06.2013.* [Online] [Zitat vom: 17. März 2019.] <https://www.vcoe.at/news/details/vcoe-untersuchung-in-welchen-staedten-europas-am-meisten-rad-gefahren-wird-02062013>.
- VCS Verkehrsclub Schweiz. *Stickoxide (NOx).* [Online] [Zitat vom: 20. Februar 2019.] <https://www.verkehrsclub.ch/politik/aktuelle-kampagnen/abgas-betrug/stickoxide/>.
- Vergleich24.at. *KFZ-Steuer in Österreich.* [Online] [Zitat vom: 8. März 2019.] <https://www.vergleich24.at/versicherung/ratgeber/kfz-steuer>.
- Vienna.at - Vienna Online vom 3. August 2009. *Kärntner Straße: Wiens erste Fußgängerzone feiert Geburtstag.* [Online] [Zitat vom: 17. März 2019.] <https://www.vienna.at/krntner-strae-wiens-erste-fugngerzone-feiert-geburtstag/2075454>.
- Volk, Frank.** AUTOMOBIL PRODUKTION vom 31. August 2018. *Autobauer: Pläne für freiwillige Software-Updates bei KBA eingereicht.* [Online] <https://www.automobilproduktion.de/hersteller/wirtschaft/autobauer-plaene-fuer-freiwillige-software-updates-bei-kba-eingereicht-380.html>.
- VW. *Volkswagen rechnet 2025 mit 50 Prozent SUV-Anteil.* [Online] [Zitat vom: 1. März 2019.] <https://www.volkswagen-newsroom.com/de/pressemitteilungen/volkswagen-rechnet-2025-mit-50-prozent-suv-anteil-4318>.
- WASSERWERK.at. *Wasserressource / Österreich.* [Online] [Zitat vom: 18. März 2019.] <http://www.wasserwerk.at/home/alles-ueber-wasser/wasserressource/16>.
- Werwitzke, Cora.** 2019. electrive.net - Branchendienst für Elektromobilität. *Niederlande: Qbuzz gibt Bau von 160 E-Bussen in Auftrag.* [Online] 6. März 2019. [Zitat vom: 14. März 2019.] <https://www.electrive.net/2019/03/06/niederlande-qbuzz-gibt-bau-von-160-e-bussen-in-auftrag/>.
- Widholm, Katharina.** stadt-WIEN.at. *3 Mrd. Euro für die Dritte Piste am Flughafen Schwechat.* [Online] [Zitat vom: 28. Februar 2019.] <https://www.stadt-wien.at/wien/flughafen/dritte-piste-genehmigt.html>.
- wien ORF.at vom 19.9.2018. *Rekordsommer mit 41 Tropennächten.* [Online] [Zitat vom: 26. Februar 2019.]
- wien.gv.at. *Stickstoffoxide (NO, NO2).* [Online] [Zitat vom: 22. Februar 2019.]
- wien.gv.at. *Ozon - Auswirkungen für Mensch und Umwelt.* [Online] [Zitat vom: 28. Februar 2019.] <https://www.wien.gv.at/umwelt/luft/schadstoffe/ozon.html>.
- wien.ORF.at vom 21.1.2018. *Zu wenig Feinstaub für Umweltzonen.* [Online] <https://wien.orf.at/news/stories/2896750/>.
- Wiener Linien. *Wien bekommt erstmals große Elektrobusse.* [Online] [Zitat vom: 13. März 2019.]

- <https://www.wienerlinien.at/eportal3/ep/contentView.do/pageTypeld/66526/programld/74577/contentTypeld/1001/channeld/-47186/contentId/4200572>.
- Wiener Linien. *Wiener Linien*. [Online] [Zitat vom: 13. März 2019.] <http://www.wienerlinien.at>.
- Wiener Linien - Unternehmensblog. *Mit der U-Bahn durch die Nacht*. [Online] [Zitat vom: 12. März 2019.] <https://blog.wienerlinien.at/erfolgreich-durch-die-nacht/>.
- Wiener Linien - Unternehmensblog vom 6. Dezember 2018. *Klimaanlagen in den Öffis: ein heißes Thema*. [Online] [Zitat vom: 13. März 2019.] <https://blog.wienerlinien.at/klimaanlage-in-den-oeffis/>.
- Wiki Bildungsserver. *RCP-Szenarien*. [Online] [Zitat vom: 26. Februar 2019.]
- Wiki Bildungsserver. *Klimawandel - Waldbrände*. [Online] [Zitat vom: 14. 02 2019.] <http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Waldbrände>.
- Wiki Bildungsserver. *Troposphärisches Ozon*. [Online] [Zitat vom: 15. Februar 2019.] http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Troposphärisches_Ozon.
- Wikipedia. *Verbrennungsluftverhältnis*. [Online] [Zitat vom: 14. Februar 2019.] <https://de.wikipedia.org/wiki/Verbrennungsluftverhältnis>.
- Wikipedia. *Kohlenstoffmonoxid*. [Online] [Zitat vom: 14. Februar 2019.] <https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffmonoxid>.
- Wikipedia. *Vulkanisches Gas*. [Online] [Zitat vom: 14. Februar 2019.] https://de.wikipedia.org/wiki/Vulkanisches_Gas.
- Wikipedia. *Kohlenstoffmonoxidintoxikation*. [Online] [Zitat vom: 15. Februar 2019.] <https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffmonoxidintoxikation>.
- Wikipedia. *Portugiesische Galeere*. [Online] [Zitat vom: 15. Februar 2019.] https://de.wikipedia.org/wiki/Portugiesische_Galeere.
- Wikipedia. *Kohlenstoffdioxid*. [Online] [Zitat vom: 18. Februar 2019.] <https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffdioxid>.
- Wikipedia. *Zellatmung*. [Online] [Zitat vom: 20. Februar 2019.] <https://de.wikipedia.org/wiki/Zellatmung>.
- Wikipedia. *Treibhausgas*. [Online] [Zitat vom: 9. Jänner 2019.] <https://de.wikipedia.org/wiki/Treibhausgas>.
- Wikipedia. *Industrialisierung*. [Online] [Zitat vom: 11. Jänner 2019.] <https://de.wikipedia.org/wiki/Industrialisierung>.
- Wikipedia. *Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre*. [Online] [Zitat vom: 19. Februar 2019.] https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffdioxid_in_der_Erdatmosphäre.
- Wikipedia. *Treibhauseffekt*. [Online] [Zitat vom: 9. Jänner 2019.] <https://de.wikipedia.org/wiki/Treibhauseffekt>.
- Wikipedia. *Stickstoffmonoxid*. [Online] [Zitat vom: 20. Februar 2019.] <https://de.wikipedia.org/wiki/Stickstoffmonoxid>.
- Wikipedia. *Stickstoffdioxid*. [Online] [Zitat vom: 15. Jänner 2019.] <https://de.wikipedia.org/wiki/Stickstoffdioxid>.
- Wikipedia. *Recht auf Zugang zu sauberem Wasser*. [Online] [Zitat vom: 18. März 2019.] https://de.wikipedia.org/wiki/Recht_auf_Zugang_zu_sauberem_Wasser.

- Wikipedia. *Der Weltklimagipfel 1997 in Kyoto*. [Online] [Zitat vom: 27. Februar 2019.]
https://de.wikipedia.org/wiki/Kyoto-Protokoll#Der_Weltklimagipfel_1997_in_Kyoto.
- Wikipedia. *UN-Klimakonferenz in Katowice 2018*. [Online] [Zitat vom: 27. Februar 2019.]
https://de.wikipedia.org/wiki/UN-Klimakonferenz_in_Katowice_2018.
- Wikipedia. *Hermann Knoflacher*. [Online] [Zitat vom: 27. Februar 2019.]
https://de.wikipedia.org/wiki/Hermann_Knoflacher.
- Wikipedia. *Sport Utility Vehicle*. [Online] [Zitat vom: 1. März 2019.]
https://de.wikipedia.org/wiki/Sport_Utility_Vehicle.
- Wikipedia. *Innenstadtmaut*. [Online] [Zitat vom: 6. März 2019.]
https://de.wikipedia.org/wiki/Innenstadtmaut#Deutscher_Sprachraum.
- Wikipedia. *London Congestion Charge*. [Online] [Zitat vom: 6. März 2019.]
https://de.wikipedia.org/wiki/London_Congestion_Charge.
- Wikipedia. *Gelbwestenbewegung*. [Online] [Zitat vom: 8. März 2019.]
<https://de.wikipedia.org/wiki/Gelbwestenbewegung>.
- Wikipedia. *Fördermaximum*. [Online] [Zitat vom: 6. März 2019.]
<https://de.wikipedia.org/wiki/Fördermaximum>.
- Wikipedia. *Abgasskandal*. [Online] [Zitat vom: 4. März 2019.]
<https://de.wikipedia.org/wiki/Abgasskandal>.
- Wikipedia. *Dieselfußpartikelfilter*. [Online] [Zitat vom: 1. März 2019.]
<https://de.wikipedia.org/wiki/Dieselfußpartikelfilter#Partikelkatalysator>.
- Wikipedia. *Mercedes-Benz Citaro*. [Online] [Zitat vom: 12. März 2019.]
https://de.wikipedia.org/wiki/Mercedes-Benz_Citaro#Erste_Citaro-Generation.
- Wikipedia. *Busfahrstreifen*. [Online] [Zitat vom: 13. März 2019.]
<https://de.wikipedia.org/wiki/Busfahrstreifen>.
- Wikipedia. *Shared Space*. [Online] [Zitat vom: 11. März 2019.]
https://de.wikipedia.org/wiki/Shared_Space.
- Wikipedia. *Liste der Shared-Space-Projekte*. [Online]
https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Shared-Space-Projekte.
- Wikipedia. *Begegnungszone*. [Online] [Zitat vom: 10. März 2019.]
<https://de.wikipedia.org/wiki/Begegnungszone>.
- Wikipedia. *Fußgängerzone*. [Online] [Zitat vom: 17. März 2019.]
<https://de.wikipedia.org/wiki/Fußgängerzone>.
- Wikipedia. *Stadt der kurzen Wege*. [Online] [Zitat vom: 14. März 2019.]
https://de.wikipedia.org/wiki/Stadt_der_kurzen_Wege.
- Wikipedia. *Seilbahnnetz La Paz*. [Online] [Zitat vom: 15. März 2019.]
https://de.wikipedia.org/wiki/Seilbahnnetz_La_Paz.
- Wikipedia. *UN-Klimakonferenz in Paris 2015*. [Online] [Zitat vom: 20. Oktober 2018.]
https://de.wikipedia.org/wiki/UN-Klimakonferenz_in_Paris_2015#Ergebnisse.
- Williams, Sarah. 2017.** LUFFT BLOG. *Fünf Gründe, warum die Überwachung des CO2-Gehalts eine gute Idee ist*. [Online] ". Februar 2017. <https://www.lufft.com/blog/fuenf-gruende-warum-die-ueberwachung-der-co2-konzentration-eine-gute-idee-ist/>.

- wissenschaft.de. *Das wundersame NO*. [Online] [Zitat vom: 22. 02 2019.]
<https://www.wissenschaft.de/umwelt-natur/das-wundersame-no/>.
- WKO. *KFZ-Sachbezug - Infos für die Lohnverrechnung*. [Online] [Zitat vom: 2. März 2019.]
<http://www.wko.at/service/steuern/KFZ-Sachbezug.html>.
- WKO. *Kurzinformation Abgasplakette für LKW*. [Online] [Zitat vom: 8. März 2019.]
<https://www.wko.at/service/verkehr-betriebsstandort/Kurzinformation-Abgasplakette.html>.
- world ocean review. *Die Rolle des Meeres als größter CO2-Speicher*. [Online] [Zitat vom: 20. Februar 2019.] <https://worldoceanreview.com/wor-1/meer-und-chemie/kohlendioxidspeicher/>.
- Wuslof, Thomas.** *Chemiezauber.de. Entstehung von Kohlenstoffdioxid auf der Erde*. [Online] [Zitat vom: 20. Februar 2019.] <https://chemiezauber.de/inhalt/basic-1/weitere-nichtmetalle-und-deren-oxide/kohlenstoff-und-seine-oxide/189-entstehung-von-kohlenstoffdioxid-auf-der-erde.html>.
- Youtube. *Mercedes-Benz Fuel Cell GmbH - Die Funktionsweise des Elektrofahrzeugs mit Brennstoffzelle*. [Online] [Zitat vom: 5. März 2019.]
<https://www.youtube.com/watch?v=1G0QRxVr9c4>.
- ZEIT ONLINE vom 19. März 2018. *Unesco - 3,6 Milliarden Menschen von Wasserknappheit betroffen*. [Online] [Zitat vom: 2018. März 2019.]
<https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2018-03/unesco-wassermangel-klimawandel-weltwasserbericht-2018>.

13 Zitatverzeichnis

- Knoflacher, Hermann. 2013.** *Virus Auto: Die Geschichte einer Zerstörung*. s.l. : Ueberreuter Verlag, 2013. 41
- ÖNORM.** *B1600 Barrierefreies Bauen – Planungsgrundlagen*. 2017-04-01. 87

14 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: absolute und relative Änderungen der Emissionen der österreichischen Flotte (PKW, leichte Nutzfahrzeuge und Motorräder) bei Tempo 100, 130 und 140 (ebene und freie Strecke). Quelle: Umweltbundesamt 2018. (http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/verkehr/fahrzeugtechnik/PKW/tempo/)	47
--	----

15 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Diagramm der weltweiten PKW Produktion ([Mio.],% Zu-/Abnahme, 2006 – 2017) Quelle: ACEA (der Europäische Automobilherstellerverband) – The Automobile Industry Pocket Guide 2018-2019, reproduziert aus Oica, IHS Markit.....	4
Abb. 2: PKW-Neuzulassungen in Österreich [in 1.000], Zeitraum 1990 – 2018. Quelle: Statistik Austria, Kraftfahrzeuge, KFZ-Neuzulassungen	5
Abb. 3: Schadstoffkonzentration (links Ottomotor, rechts Dieselmotor mit Direkteinspritzung). Quelle: Hackbarth, Merhof – Verbrennungsmotoren: Prozesse, Betriebsverhalten, Abgas. Verlag: Vieweg Verlagsgesellschaft; Auflage: 1998, 16. Januar 1998	6
Abb. 4: CO-Emissionen in Österreich pro Jahr [1000t]. Quelle: Umweltbundesamt – Emissionstrends 1990-2016: Ein Überblick über die Verursacher von Luftschadstoffen in Österreich (Datenstand 2018)	8
Abb. 5: CO-Emissionen in Österreich im Jahr 2016 [%]. Quelle: Umweltbundesamt – Emissionstrends 1990-2016: Ein Überblick über die Verursacher von Luftschadstoffen in Österreich (Datenstand 2018)	9
Abb. 6: Mittelwerte der CO-Belastung in Österreich (Kreise), Minima und Maxima (grau schattiert), Mittelwert von acht verkehrsnahen Messstellen (weiße Linie) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. Quelle: Umweltbundesamt – Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2017.....	9
Abb. 7: Kohlendioxidkonzentration am Ende der letzten Eiszeit (links) und in der heutigen Zeit (rechts). Quelle: https://public.wmo.int/en/media/press-release/greenhouse-gas-concentrations-surge-new-record	13
Abb. 8: Abbildung: anteilige weltweite Transport- CO ₂ -Emissionen. Quelle: https://www.iea.org/statistics/co2emissions/	14
Abb. 9: CO ₂ -Emissionen in Österreich von 1960 – 2017 [Mio. t]. Quelle: http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions	14
Abb. 10: Kohlendioxidemissionen des Personenverkehrs, Personenkilometer exklusive Kraftstoffexport. Quelle: Umweltbundesamt – Klimaschutzbericht 2018	15
Abb. 11: CO ₂ -Gehalt in der Troposphäre in den Jahren 2008 (links) und 2013 (rechts) [ppmv]. Quelle: https://photojournal.jpl.nasa.gov/instrument/Atmospheric%2BInfrared%2BSounder%2B%2528AIRS%2529	18
Abb. 12: NO _x -Emissionen in der EU zwischen 1990 und 2016 [Gg]. Quelle: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-pollutant-emissions-data-viewer-1	22
Abb. 13: NO _x -Emissionen in Österreich zwischen 1990 und 2016 [1000 t]. Quelle: Umweltbundesamt – Emissionstrends 1990-2016: Ein Überblick über die Verursacher von Luftschadstoffen in Österreich (Datenstand 2018).....	23

Abb. 14: NOx-Verursacher im Jahr 2016. Quelle: Umweltbundesamt – Emissionstrends 1990-2016: Ein Überblick über die Verursacher von Luftschadstoffen in Österreich (Datenstand 2018).....	24
Abb. 15: Überschreitungsfaktor der zulässigen Euro 6 NOx -Grenzwerte. Quelle: Transport & Environment – Dieselgate: Who? What? How? (2016).....	26
Abb. 16: Abbildung: weltweite Auswirkungen des Klimawandels. Quelle: IPCC – Climate Change 2014 Synthesis Report (2014)	31
Abb. 17: geschätzte Erhöhung der durchschnittlichen Oberflächentemperatur im Zeitraum von 2081 – 2100 bezogen auf den Mittelwert des Zeitraumes 1986 – 2005: RCP2.6 Modell (linkes Bild), RCP 8.5 Modell (rechtes Bild). Quelle: IPCC – Climate Change 2014 Synthesis Report (2014).....	32
Abb. 18: globaler Wasserstress im Jahr 2040 bei einer Klimaerwärmung um 4 °C. Quelle: Oxfam Deutschland – Wasserkrisen durch Klimawandel.....	34
Abb. 19: Treibhausgas-Emissionen Österreichs; Zielpfad 2013 bis 2020. Quelle: Umweltbundesamt.....	44
Abb. 20: Umfrage von „heute.at“ bezüglich Tempo 140 auf Österreichs Autobahnen. Quelle: https://www.heute.at/politik/news/story/Tempo-140--6-Autos-mit-Messgeraeten-ausgestattet-59678737	48
Abb. 21: Zustimmung zu Tempo 30 in Graz. Quelle: Graz 2000, Tiroler Landesregierung 2006, http://de.30kmh.eu/	50
Abb. 22: Tempo 30 Zonen in Wien. Quelle: Die Presse (https://diepresse.com/home/panorama/wien/1579825/Tempo-30-in-Wien_Eine-Stadt-bremst-ab).....	50
Abb. 23: Anzahl der SUV- und Geländewagenneuzulassungen in Österreich [Stück] (linke Abbildung) und in der EU [%] (rechte Abbildung). Quelle: Datafact, VCÖ 2018 (linke Abbildung), ICCT Pocketbook 2018 (rechte Abbildung).	51
Abb. 24: Abbildung: Londons Citymaut Zone (London Congestion Charge). Quelle: Transport for London (https://tfl.gov.uk), Google Maps	54
Abb. 25: die sechs österreichischen Umweltpickerl. Quelle: http://www.umwelt-pickerl.at ...	57
Abb. 26: Hubberts Vorhersage der globalen Ölförderung (links), Vergleich Hubberts Vorhersage zu tatsächlicher Fördermenge in den USA (rechts). Quelle: https://oilindustryinsight.com (links), https://energyeducation.ca (rechts).....	60
Abb. 27: Preisentwicklung Benzin (links), Preisentwicklung Diesel (rechts). Quelle: ÖAMTC	61
Abb. 28: Marktanteil an Elektrofahrzeugen in der EU. Quelle: EEA Report 13/2018: Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives	66
Abb. 29: Neuzulassungen von Elektro-Fahrzeuge in Österreich und Anteil an der Gesamtzahl der PKW-Neuzulassungen (M1). Quelle: Statistik Austria, Datenstand jeweils 31.12. des jeweiligen Jahres	67
Abb. 30: Funktionsweise der neuen Dieselsechnik der Fa. Bosch. Quelle: Fa. Bosch (https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/de/durchbruch-neue-bosch-dieselsechnik-kann-stickoxid-problem-loesen-155524.html).....	72
Abb. 31: Anzahl der LKWs in Österreich im Zeitraum von 1.1. bis 30.11.2018. Quelle: Asfinag, VCÖ 2018.....	73
Abb. 32: Anteil des öffentlichen Verkehrs am Modal Split in Wien. Quelle: Wiener Linien ...	76

Abb. 33: Hersteller von Elektrobussen in Europa (Stand 9/2017). Quelle: Europressedienst Bonn	78
Abb. 34: Diesel-Bus (linkes Bild) und Elektro-Bus (rechtes Bild) der Wiener Linien. Quelle: Wiener Linien.....	79
Abb. 35: ÖBB-Wasserstoffbus. Quelle: http://futurezone.at (linkes Bild), ÖBB (rechtes Bild)	79
Abb. 36: Haltestellenvarianten. Quelle: ÖNORM B4970 (zurückgezogen), bearbeitet vom Land Tirol.....	83
Abb. 37: Akzeptanz von Fußweglängen in Abhängigkeit der Attraktivität des Umfeldes. Quelle: https://www.eurozine.com/die-strasse-die-fussganger-und-die-stadtentwicklung/	85
Abb. 38: Platzbedarf bei der Begegnung von 2 Personen (bei Seitenhindernissen). Quelle: Schopf J.M. (1985)	88
Abb. 39: Niveaugleiche Fahrbahnquerung (1020 Wien, Negerlegasse). Quelle: Claudio Mladek	89
Abb. 40: Beleuchtung der Gehwege im Resselpark (1040 Wien). Quelle: https://www.wien.gv.at	90
Abb. 41: Radfahrstreifen (links), Mehrzweckstreifen (rechts). Quelle: https://www.wien.gv.at	93
Abb. 42: Verkehrsschilder FußgängerInnenzone (links), FußgängerInnenzone Ende (rechts). Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Fußgängerzone	94
Abb. 43: Stephansplatz und Kärntner Straße im Jahr 1953 (links), Kärntner Straße heute (rechts). Quelle: MA28 (Bild links), www.BilderBox.com (Bild rechts)	94
Abb. 44: Aufenthaltshäufigkeit in Abhängigkeit von der KFZ-Fahrgeschwindigkeit. Quelle: VCÖ (Begegnungszonen erhöhen Lebensqualität im Ort)	96
Abb. 45: : Verkehrsschild Begegnungszone (links), Begegnungszone Mariahilfer Straße in Wien (rechts). Quelle: RIS (Rechtsinformationssystem des Bundes); Pittel + Brausewetter	96
Abb. 46: Verkehrsschild Shared-Space-Zone. Quelle: Wikipedia.	98
Abb. 47: Gleinstätten vor Shared-Space (links), Gleinstätten mit Shared-Space (rechts). Quelle: Das Land Steiermark	99
Abb. 48: Akzeptanz von Fußweglängen in Abhängigkeit der Attraktivität des Umfeldes. Quelle: https://www.eurozine.com/die-strasse-die-fussganger-und-die-stadtentwicklung/	100
Abb. 49: Gehsteig Kirchenstraße, Amstetten (links); Gehsteig Färbergasse, Wien (rechts). Quelle: Sabine Schnadt (linkes Foto); Claudio Mladek (rechtes Foto).....	101
Abb. 50: Trampelpfade Quelle: https://speednotes.wordpress.com (linkes Bild), https://www.merkur.de (rechtes Bild).....	102
Abb. 51: Gestaltung der Erdgeschoßzone. Quelle: Mäcke (1982)	104
Abb. 52: Cycle Superhighways in London. Quelle: Jordan Mansfield/Getty Images for Santander/TFL (Bild links), https://ecf.com (Bild rechts)	105
Abb. 53: Attraktivitätsverteilung um die Wohnung und die Haltestelle. Quelle: Hermann Knoflacher – Zur Harmonie von Stadt und Verkehr (1996, Böhlau Verlag).....	107

Abb. 54: Chancengleichheit von öffentlichem Verkehrsmittel und Automobil. Quelle: Hermann Knoflacher – Zur Harmonie von Stadt und Verkehr (1996, Böhlau Verlag)	107
Abb. 55: autonom fahrende Fahrzeuge von der Firma Waymo. Quelle: Waymo.com	111
Abb. 56: WienMobil-App: Anzeige öffentlicher Verkehrsmittel (links), Citybikes (Mitte), Taxis und Carsharing-Dienste (rechts). Quelle: Claudio Mladek	113
Abb. 57: Abbildung: Seilbahn in La Paz (Bolivien). Quelle: Doppelmayr Seilbahnen GmbH	114