

Karl Otto Schallaböck

Verkehr und Klima - was zu tun ist¹

Heinz Enderlein zu ehren²

Klar, wenn wir gedanklich diverse Milliarden Jahre zurückgehen, bestehen wir alle und was wir hier so sehen, aus Sternenstaub. Aber schon in geologischen Zeitskalen, also wenn es um (viele) Millionen Jahre geht, müssen wir unseren Globus als materiell praktisch geschlossenes System ansehen. Daran ändert auch der laufende Einfang von (Mikro-)Meteoriten und der Export von - auf absehbare Zeit lediglich - ein paar Tonnen in den mehr oder weniger nahen Orbit nichts. Energetisch sieht die Sache allerdings anders aus: Da ist das System als offen anzusehen und empfängt - etwa im 10.000fachen Umfang der gegenwärtigen menschlichen Aktivitäten - solare Energie, wie es diese Menge auch wieder in den Weltraum abgibt. Entscheidend dabei ist, dass in historischen Zeiträumen, also im Bereich von (vielen) tausend Jahren, die Energiebilanz auch in ziemlich kurzen Zeiträumen praktisch genau ausgeglichen ist, wenn wir von den vergleichsweise marginalen chemischen Einlagerungen absehen und auch vom ebenfalls marginalen Energietransport vom Erdkern an die Oberfläche. Dadurch konnten sich die für den aktuellen Zustand erforderlichen sehr geringen thermischen Schwankungen an der Erdoberfläche etablieren. In biografischen Zeiträumen, also in der eigenen Lebenszeit einschließlich der von unmittelbaren Vorfahren hat sich die Sache jetzt aber geändert:

Durch die enorm beschleunigte Aktivierung der über lange Zeit chemisch gespeicherten Energie sind wir dabei, den quasistationären thermischen Schwankungsbereich zu verlassen und damit herkömmliche ökologische Zusammenhänge ihrer Grundlage zu berauben. Eine beeindruckende Animation der (mit den jahreszeitlichen Schwankungen) ansteigenden CO₂-Konzentration in der Atmosphäre hat das Global Monitoring Laboratory, Earth System Research Laboratories, der US-NOAA bereitgestellt³: Zunächst in monatlichen Schritten werden die sich laufend ändernden global verteilten Messwerte für CO₂ in der Atmosphäre ab Anfang 1979 bis Anfang 2021 gezeigt, wie auch der Verlauf am Südpol und am Mauna-

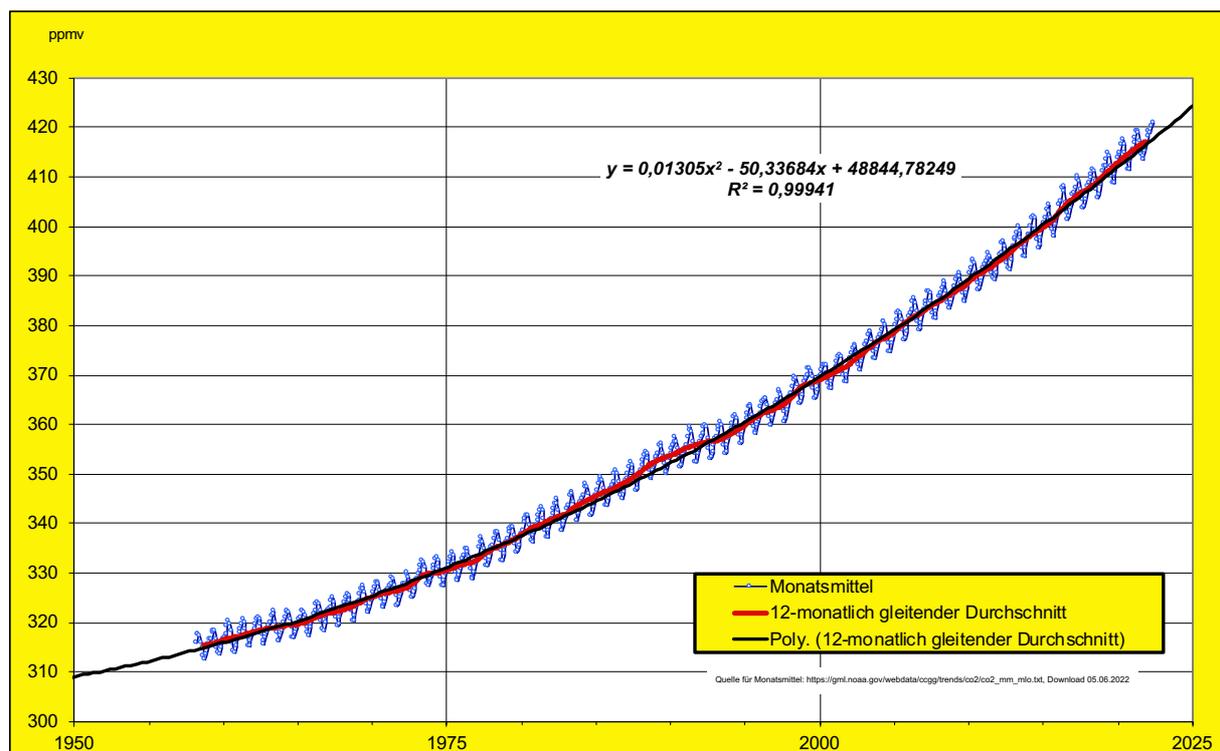
¹ Erweiterte und mit Quellenangaben versehene Fassung eines Aufsatzes für die Zeitschrift Solarforum, 2022

² Heinz Enderlein hat 1972 am Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung die erste Ausgabe des verkehrsstatistischen Taschenbuches „Verkehr in Zahlen“ (ViZ) bearbeitet, das in inhaltlicher Verantwortung des DIW vom BM Verkehr herausgegeben wurde, und dessen jährliche Aktualisierung bis 1991, ab 1985 unter Mitarbeit von Bernhard Schrader (DIW), der auch für die Aktualisierung 1992 und 1993, letztere unter Mitarbeit von Sabine Radke (DIW), verantwortlich zeichnete. Ab der Ausgabe 1994 bis zur Ausgabe von 2019 erfolgte die Bearbeitung durch Sabine Radke, ab der Ausgabe 2016 in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR); ab der Ausgabe 2020 werden ohne Namensangabe als Verantwortliche und Bearbeiter das DLR (jetzt an erster Stelle) und das DIW genannt. Nachdem mir vor vielen Jahren Heinz Enderlein aus seinem Vorrat die Lücken in meiner Sammlung geschlossen hat, verfüge ich über die komplette Kollektion der mittlerweile 50 Jahresausgaben - eine von mir höchst geschätzte Datensammlung.

³ Global Monitoring Laboratory, Earth System Research Laboratories, National Oceanic and Atmospheric Administration des U.S. Department of Commerce: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/history.html>; Aufruf zuletzt 17.09.2022

Loa-Observatorium, von dem die längste kontinuierliche Messreihe (ab den 1950er Jahren) vorliegt. Danach wird die zeitliche Perspektive weiter in die Vergangenheit verlängert, bis zum Zeitpunkt von 800.000 Jahren vor unserer Zeitrechnung. Es zeigen sich langfristige Schwankungen zwischen CO₂-Konzentrationen um etwa 180 ppm bei Eiszeiten und grob 280 ppm bei Warmzeiten - beides weit unterhalb der letzten dort mitgeteilten Werte (von Januar 2021) in Höhe von 415 ppm. Ich selbst beobachte seit vielen Jahren die Entwicklung der Messwerte auf Hawaii (Mauna-Loa-Obs.), die von der gleichen Quelle vorgehalten werden⁴. Seit einiger Zeit betreibe ich auch bescheidene eigene Analysen hierzu, jeweils nach Vorliegen der Angaben für den Monat Mai, der in der Regel das Jahresmaximum bildet.

Bodennahe CO₂-Konzentration, Mauna Loa Observatorium, bis Mai 2022



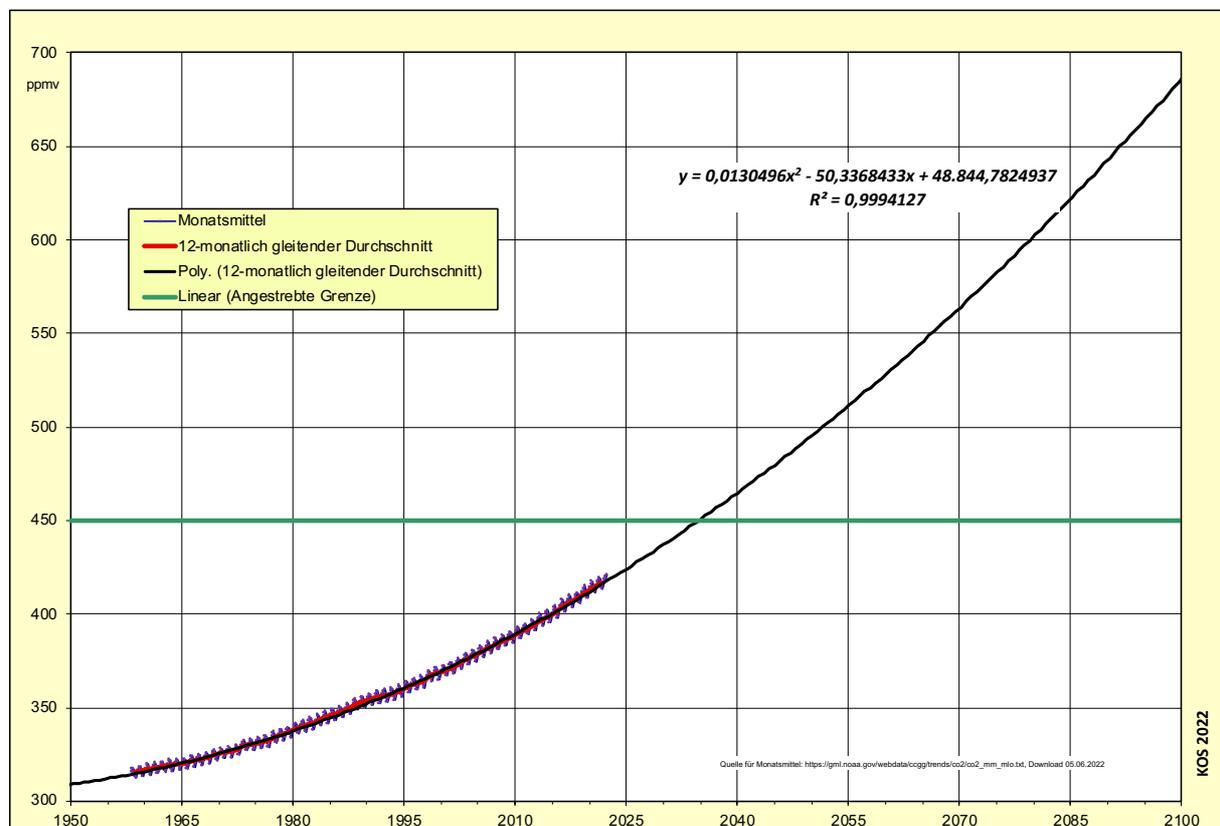
Dabei ergibt sich, dass die jahreszeitlichen Schwankungen bei Bildung von (gleitenden) 1-Jahres-Mittelwerten weitgehend wegfallen und sich eine recht glatte Entwicklung zeigt; für diese Kurve mit den gleitenden Mittelwerten lässt sich eine Näherungsfunktion bestimmen, die zwei bemerkenswerte Eigenschaften hat: (1) Es handelt sich um eine quadratische Funktion; das heißt, die Kurve zeigt nicht nur ansteigend nach oben, sondern weist einen beschleunigten Anstieg auf, sie wird im Zeitverlauf immer steiler. (2) Die Näherungsfunktion weist einen Korrelationskoeffizienten in geradezu unglaublicher Höhe von 0,9994 auf; der Korrelationskoeffizient beschreibt die Stärke der Übereinstimmung zwischen den Originalwerten und den Funktionswerten der Kurve: Besteht kein Zusammenhang zwischen beiden, so ist der Koeffizient 0, liegen alle Originalwerte genau auf der Näherungskurve, so

⁴ Vgl. <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/monthly.html> mit den entsprechend aufzurufenden Einzelseiten, insbesondere den stündlichen/täglichen, den täglichen/wöchentlichen/monatlichen und den monatlichen/jährlichen Angaben auch in grafischer Form und den lang laufenden numerischen Angaben unter dem Reiter „Data“

ist der Koeffizient 1, ein Wert von 0,9994 ist daher für eine lange empirische Zeitreihe schon sehr auffällig. Im Vergleich der von mir in den letzten Jahren angestellten Betrachtungen zeigt sich zudem, dass (a) der Anstiegskoeffizient der Kurve selbst noch laufend angestiegen ist, und dass (b) auch der Korrelationskoeffizient laufend höher geworden ist, sich die Entwicklung also laufend verstärkt und befestigt.

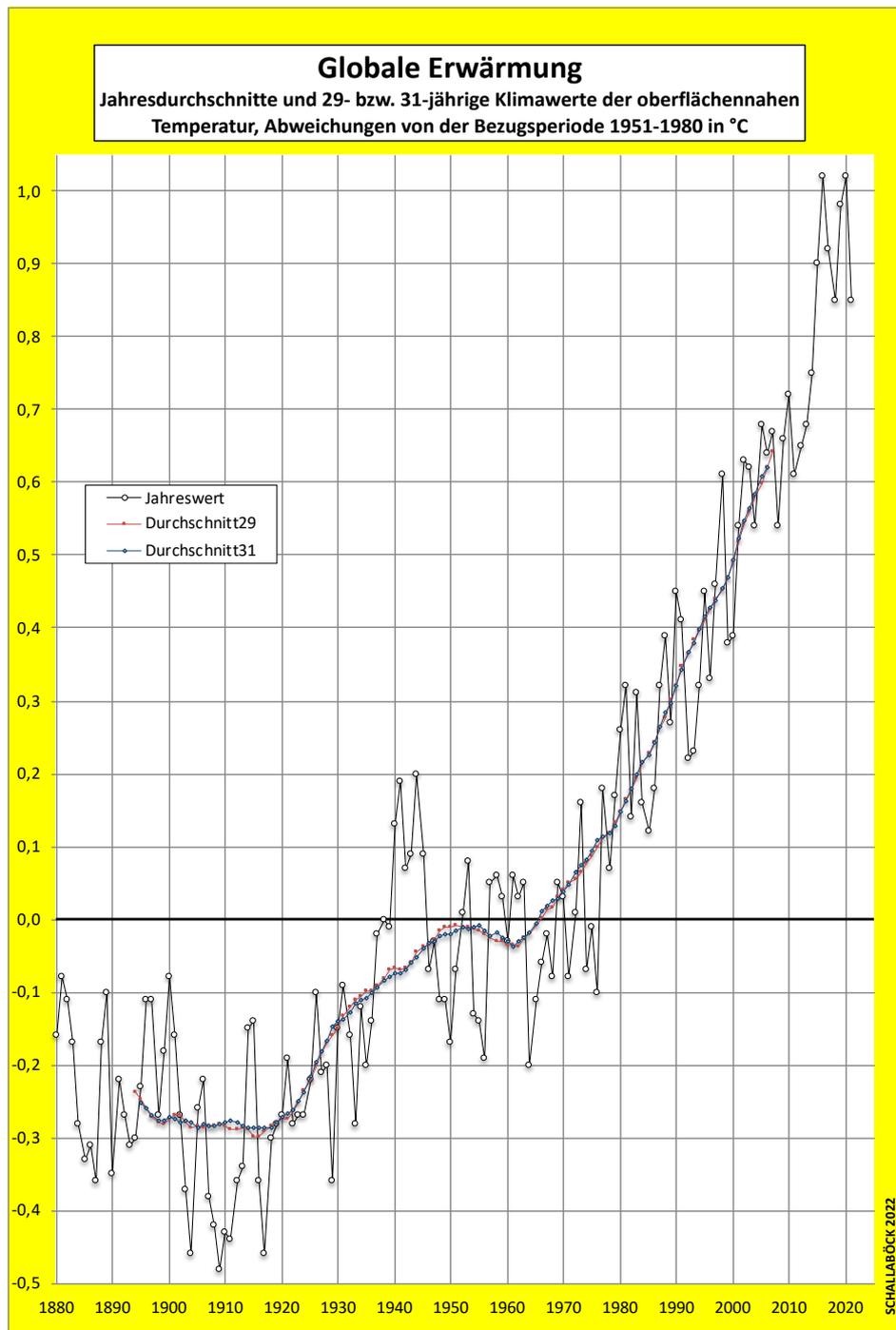
Ausdrücklich zu erinnern ist daran, dass die Korrelation lediglich den statistischen Zusammenhang beschreibt und keine Erklärung oder Begründung liefert. Insofern ist der prognostische Wert grundsätzlich eingeschränkt. Allerdings: Wenn sich nichts ändert gegenüber den vergangenen Entwicklungsfaktoren, dann sollte man auch für die weitere Entwicklung mit einer einigermaßen stabilen Fortsetzung rechnen.

Bodennahe CO₂-Konzentration, Mauna Loa Observatorium, Trend März 1958 - Mai 2022, bis 2100



Eine Fortsetzung des laufenden Trends würde bis zum Jahr 2100 auf eine CO₂-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre von gut 685 ppm hinauslaufen, ein abenteuerlicher Wert. Auch wenn noch einmal darauf hinzuweisen ist, dass dies hier keineswegs prognostiziert wird, so scheint doch eine substantielle Trendänderung in kürzerer Zeit wenig wahrscheinlich und damit ein Abbremsen der Entwicklung vor Erreichen der traditionell als maximaler Zielwert vertretenen Grenze von 450 ppm praktisch unerreichbar. Nun ist ja schon jetzt bei etwa 420 ppm der Abstand zu einer Warmzeitkonzentration deutlich höher als jener zwischen einer Warmzeit- und einer Eiszeitkonzentration. Soweit zwischen der atmosphärischen CO₂-Konzentration und der globalen Erwärmung der beobachtete Zusammenhang besteht und die atmosphärische CO₂-Konzentration und mehr noch die

Klimaentwicklung eine - in menschlichen Zeitmaßstäben - erhebliche Trägheit aufweisen, müssen wir deshalb noch von recht relevanten weiteren Entwicklungen, sprich: Erwärmungen ausgehen. Die bisherige Entwicklung (seit 1880) zeigt die nachfolgende Abbildung, basierend auf den Daten der NASA zu den jährlichen Temperaturabweichungen in Hundertstel Grad Celsius gegenüber dem Durchschnitt der Jahre 1951-1980.⁵



⁵ vgl. die Tabelle https://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata_v4/GLB.Ts+dSST.csv, die auch in der Textfassung https://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata_v4/GLB.Ts+dSST.txt abgerufen werden kann (Reports vom 13.01.2022 von mir abgerufen am 16.01.2022)

Danach war 2021 zusammen mit 2018 das bisher sechstwärmste Jahr, wobei die damit sieben wärmsten Jahre die sieben letzten Jahre (ab 2015) waren, das achtwärmste Jahr war demnach das Jahr davor, 2014. Alternativ könnten zumal für die jüngere Entwicklung auch die von der NOAA⁶ oder dem europäischen Programm Copernicus bereitgestellten Daten⁷ genutzt werden, was aber zu keinen substantiell unterschiedlichen Ergebnissen führen würde.

Entscheidend für die hier beigefügte Grafik ist, dass nicht nur der Beurteilungsmaßstab als Klimadatum eine dreißigjährige Periode mit ihrem Mittelwert beschreibt, sondern dass auch für die laufende Entwicklung Klimawerte gebildet werden; damit die zeitliche Mitte genau ein bestimmtes Jahr adressiert, werden von mir die 29- bzw. 31-jährigen Mittelwerte angeboten. Der Klimawert für die Temperatur eines bestimmten Jahres ist also der Durchschnitt der Temperaturen dieses Jahres und der Jahre jeweils 14 bzw. 15 Jahre davor und danach. Was zu sehen ist, ist nicht mehr nur die jährliche Temperaturentwicklung, sondern die globale Klimaentwicklung (soweit der Parameter Temperatur betrachtet wird). Im Ergebnis zeigt sich ein Temperaturanstieg von rd. 0,9°C von etwa 1920 - 2005, wobei aber der Großteil (rd. 0,65°C) erst nach 1960 eingetreten ist, und sich zudem im Zeitraum ab 1980 gegenüber den 20 Jahren davor noch einmal beschleunigt hat, auf mittlerweile nahezu 0,02°C jährlich. Unterstellen wir auch in den weiteren Jahren bis zum heutigen Zeitpunkt eine Fortsetzung der Entwicklung - wofür jedenfalls die bisher zugänglichen Werte sprechen, so sind gegenüber den gesicherten Werten bis vor eineinhalb Jahrzehnten 0,3°C weiter erhöhte Temperaturen anzunehmen, mithin bis heute gegenüber den Temperaturwerten von 1900-1920 Erhöhungen von rd. 1,2°C.

Aus dem laufenden Kalenderjahr liegen Daten und Analysen bis einschließlich August vor.⁸ Demnach kann für 2022 eine mäßige Temperaturerhöhung gegenüber 2021 erwartet werden, wodurch 2022 wieder als das sechstwärmste Jahr einzuordnen sein dürfte. Damit dürfte sich auch die Entwicklung bei den Klimawerten der Temperatur trendgemäß nach oben entwickeln. Die aktuell nicht so extreme Erwärmung (immerhin aber alle der letzten acht Jahre mindestens 0,1°C wärmer als alle Jahre davor) ist insbesondere soweit plausibel, als wir uns in einer ausgeprägten La-Nina-Phase befinden⁹, die praktisch bereits seit zwei Jahren läuft und deren Andauern noch für Herbst und Winter erwartet wird. Typischerweise finden wir in La-Nina-Perioden eher niedrigere, dagegen in El-Nino-Perioden eher höhere Temperaturen. Wenn möglicherweise ab Herbst nächsten Jahres das pazifische Strömungs- und Temperaturmuster wieder zu El Nino schwenkt, könnte auch die Temperatur der Atmosphäre wieder in die Richtung neuer Höchststände gehen.

⁶ vgl. <https://www.noaa.gov/news/2021-was-worlds-6th-warmest-year-on-record>, mit dem weiterführenden Link zu den Einzeldarstellungen, <https://www.ncei.noaa.gov/news/global-climate-202112> (Report vom 13.01.2022, abgerufen am 16.01.2022)

⁷ vgl. <https://climate.copernicus.eu/surface-air-temperature-december-2021>, Abruf 17.01.2022; danach war 2021 nach 2016, 2020, 2019 und 2017 das fünftwärmste Jahr, allerdings nur geringfügig wärmer als 2015 und 2018

⁸ zuletzt bei NOAA: <https://www.noaa.gov/news/earth-had-its-6th-warmest-august-on-record>, mit dem Verweis auf die detaillierte Berichterstattung unter: <https://www.ncei.noaa.gov/news/global-climate-202208>, vom 14.09.2022, des National Centers for Environmental Information (NCEI) mit weiterführenden Links

⁹ Wöchentlich aktualisierte Berichte zum Status der El-Nino-Southern-Oscillation (ENSO) bietet unter: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/enso_evolution-status-fcsts-web.pdf das Climate Prediction Center / NCEP der NOAA, zuletzt abgerufen am 14.09.2022

Insgesamt erscheint nach den hier dargestellten Entwicklungen die globale Klimaänderung in einem kritischen Zustand und einer absolut beängstigenden Perspektive. Dabei ist neben den vielfältigen Trägheiten und Verzögerungen auf die enorme Komplexität des systemischen Geschehens hinzuweisen (CO₂-Emissionen - CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre und in den Ozeanen - Temperatur der Atmosphäre über Land und über Wasser - weitere Änderungen von Klimaparametern wie Wind und Niederschläge - primäre und weitere Wirkungen der Klimaänderungen auf die jeweiligen ökosystemaren Zusammenhänge usw.) mit ihren vielfachen Rückkoppelungen. Die hier angesprochenen zwei Parameter CO₂-Konzentration und globale Mitteltemperatur sind zwar durchaus zentral, aber eben nur ein Ausschnitt aus dem relevanten systemischen Bild. Es sei daher ausdrücklich auf die leicht zugänglichen (allerdings nicht immer leicht verständlichen) breiten Darstellungen hingewiesen, zuallererst auf die umfangreichen Reports des IPCC.¹⁰ Neben den in mehrjährigen Abständen erscheinenden IPCC-Hauptgutachten bieten die jährlich erscheinenden Beilagen (Supplements) „State of the Climate“ des Bulletin of the American Meteorological Society¹¹, mit nahe 500 S. und diversen hundert beteiligten Wissenschaftlern in jedem Jahr ein hervorragenden und recht zeitnahen Überblick.

An der Verursachung dieses Klimawandels ist in regionaler Betrachtung Deutschland und in sektoraler Betrachtung der Verkehr nennenswert beteiligt, wie auch innerhalb Deutschlands der Verkehr eine beträchtliche Rolle spielt.¹² Auf einen kurzen Nenner gebracht, könnte man sagen, dass allein die vom deutschen Verkehr ausgehenden Klimabelastungen schon die gesamten vertretbaren von Deutschland ausgehenden Belastungen ausmachen. Es besteht somit Anlass, auch unter dem Gesichtspunkt der Klimaverträglichkeit den deutschen Verkehr kritisch zu hinterfragen. Dazu erscheint es erforderlich, zunächst ein gewisses Grundverständnis über den Umfang und die Zusammensetzung des Verkehrs zu entwickeln, wobei hier aus Gründen der überwiegenden Bedeutung und des beschränkten Umfangs der Darstellung der Fokus auf dem Personenverkehr liegt.

¹⁰ Eine Übersicht über die Reports des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) findet sich unter: <https://www.ipcc.ch/reports/>, wobei besonders die Hauptgutachten (Assessment Reports, AR) mit ihrem umfassenden Zugriff herauszuheben sind, zuletzt das 6. Hauptgutachten, AR6, in vier Teilbänden Aug. 2021 - Sep. 2022.

¹¹ Vgl. <https://www.ametsoc.org/index.cfm/ams/publications/bulletin-of-the-american-meteorological-society-bams/state-of-the-climate/>, dort das Angebot zum Download des aktuellen Berichts, 32. Ausgabe über 2021, vol. 103, No. 8, August 2022, gesamt und kapitelweise, wie auch der früheren Jahresberichte ab 2011.

¹² Zur Entwicklung der Energieverbräuche und CO₂-Emissionen vgl. die jährlich aktualisierten Angaben der International Energy Agency (IEA) der OECD oder der Energy Information Administration (EIA) des U.S. Dep. of Energy, einschließlich der zugehörigen Prognostik, oder die übersichtlichen Daten nur für die Vergangenheit des BP Statistical Review of World Energy, im Internet vgl.: <https://www.iea.org/data-and-statistics>, <https://www.eia.gov>, sowie <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>; für Deutschland ist auf das umfangreiche Datenangebot der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) hinzuweisen vgl. <https://ag-energiebilanzen.de>, speziell u.a. die Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland, https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2022/04/awt_2020_d.pdf, aktuell mit den Daten für die Jahre 1990 - 2020; für die Treibhausgasemissionen vgl. die offiziellen Daten, die von den sog. Annex-I-Staaten, darunter auch von Deutschland, jährlich an das (Sekretariat des) United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) in Bonn gemeldet und von dort öffentlich zugänglich gehalten werden, vgl. zuletzt (Stand 23.09.2022): <https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2021> mit den 2021 eingereichten Angaben zum Kalenderjahr 2019 in textlicher Fassung (NIR - national inventory reports) und als Tabellenwerk (CFR - common reporting format)

Die hierzu wiedergegebenen Tabellen und Abbildungen stellen das sog. Verkehrsbild dar nach dem letztverfügbaren Stand von 2019: Die Zusammensetzung des Verkehrs nach den Verkehrszwecken einerseits und den Verkehrsmitteln oder Verkehrsarten andererseits. Dabei wird zunächst das Verkehrsaufkommen, wie man in der Verkehrswissenschaft den Umfang der Verkehrsfälle nennt, gegliedert, also die Anzahl der Wege; dies könnte man als die Nutzenkategorie interpretieren, insofern mit jedem Wege eine Zielerreichung verbunden ist. Sodann wird der Umfang der damit verbundenen zurückgelegten Kilometer gegliedert, was in der Verkehrswissenschaft häufig Verkehrsleistung genannt wird; mir liegt hierfür die Bezeichnung Verkehrsaufwand näher, während ich die teils in der Wirtschaft gebräuchliche Vorstellung befremdlich finde, dass der realisierte Aufwand stets eine (vom Unterton des Begriffs: positive) Leistung sei. Schließlich werden die mit diesem Verkehrsaufwand zusammenhängenden Klimalasten als - die gegenwärtig maßgebliche - Schadenskategorie vorgeführt. Im Einzelnen seien folgende definitorische Hinweise gegeben:

- Generell wird der Inländerverkehr aufgenommen, also die Verkehrsaktivitäten der Inländer im In- und im Ausland; abweichend davon wird im öffentlichen Verkehr (ÖSPV, Bahn, Luftverkehr) der Inlandsverkehr ausgewiesen, also der Verkehr der In- und Ausländer im Inland. Diese Inkonsistenz in der Quelle wird von mir durch ein Schätzverfahren ausgeglichen.
- Die hier als „Wege“ bezeichneten Verkehrsfälle werden vom DIW „beförderte Personen“ genannt. Der Umfang der Verkehrsaktivitäten und damit des Verkehrsaufwands/der Verkehrsleistung wird in Personenkilometern (Pkm) ausgewiesen. Die Verteilung der mit dem Verkehr zusammenhängenden Klimalasten wird von mir für die vorliegenden Zwecke nach einem sehr einfachen Schätzverfahren vorgenommen.
- Die Verkehrsarten können als weitgehend selbsterklärend unterstellt werden, die Terminologie lautet im Original: Fußwege; Fahrradverkehr; ÖSPV; Eisenbahnverkehr; MIV; Luftverkehr. Dabei bedeutet „ÖSPV“ öffentlicher Straßenpersonenverkehr, und schließt Kleinunternehmen mit weniger als 6 Bussen ein; der Eisenbahnverkehr schließt den S-Bahn-Verkehr ein. „MIV“ markiert den motorisierten Individualverkehr mit PKW und motorisierten Zweirädern.
- Die Verkehrszwecke beinhalten unter „Beruf“ die Wege zum Arbeitsplatz und von dort wieder nach Hause, unter „Ausbildung“ analog jene zur und von der Ausbildungsstelle. „Geschäft“ umfasst den gesamten persönlichen Wirtschaftsverkehr, also die Wege im Rahmen der Arbeit, „Einkauf“ schließt auch persönliche Erledigungen wie Arztbesuche und Behördengänge ein. „Begleitung“ ist eine erst in jüngerer Zeit eingeführte Kategorie, die in mir etwas eigentümlich erscheinender Weise einerseits den „aktiven Begleitverkehr“ (jemanden begleiten), wie auch den „passiven Begleitverkehr“ (von jemandem begleitet werden) beinhaltet. „Urlaub“ mag selbstverständlich erscheinen, umfasst jedoch lediglich Freizeitfahrten mit 5 oder mehr Tagen Dauer. „Freizeit“ bezeichnet die Restkategorie, also auch Kurzurlaube mit weniger als 5 Tagen Dauer.

Bei der Anzahl der Wege, die mit durchschnittlich gut drei Wegen je Einwohner und Tag (rd. 1.165 je Einwohner und Jahr) über lange Zeit ziemlich konstant sind, bilden nicht die Arbeits- und Ausbildungswege die Hauptsache, auch nicht der Geschäftsreiseverkehr; vielmehr dominieren die Einkaufs- und Freizeitwege, wobei letztere auch Kurzurlaube mit unter 5 Tagen Dauer beinhalten. Die eigentlichen Urlaubswege sind mit rd. 2 (einmal hin, einmal retour) je Einwohner und Jahr verständlicherweise eher selten, wie auch die Wege im

Luftverkehr. Etwas erstaunen mag die Tatsache, dass der sog. „Umweltverbund“ aus nicht motorisiertem und (bodengebundenem) öffentlichem Verkehr noch immer fast die Hälfte aller Wege ausmacht, wogegen die (leichte) Dominanz des Autoverkehrs wenig überraschend sein dürfte. Da die Quelle im Luftverkehr anstatt des sonst gewählten Inländerverkehrs den Inlandsverkehr ausweist, werden vorliegend für eine einheitliche Betrachtung des Verkehrs der Inländer nur 60 % der dort genannten flugzeuggestützten Wege berücksichtigt; beim sonstigen öffentlichen Verkehr erscheint eine Modifikation nicht erforderlich (insofern dabei der Verkehr der Ausländer im Inland und der Inländer im Ausland als nachrangig und weitgehend gleich vermutet werden kann).

Verkehrsaufkommen 2019, Wege in Mrd. nach Verkehrsarten und -zwecken¹³

	Beruf	Ausbildung	Geschäft	Einkauf	Freizeit	Begleitung	Urlaub	zusammen
Fuß	1,644	1,489	1,435	7,526	8,083	1,464	0,000	21,640
Rad	1,930	0,976	0,592	2,925	3,063	0,508	0,000	9,995
ÖSPV	1,863	2,019	0,937	2,309	2,199	0,406	0,006	9,739
Bahn	0,989	0,399	0,239	0,411	0,815	0,105	0,013	2,971
MIV	9,651	2,017	7,618	15,806	12,115	5,012	0,131	52,350
Luft, mod.	0,002	0,000	0,048	0,000	0,047	0,000	0,038	0,136
gesamt, mod.	16,079	6,900	10,868	28,977	26,322	7,496	0,188	96,831
Luft, original	0,004	0,000	0,080	-	0,078	-	0,064	0,227
ges., original	16,081	6,900	10,900	28,977	26,353	7,496	0,214	96,922

Verkehrsaufkommen 2019, Anteile an den Wegen nach Verkehrsarten und -zwecken in %

	Beruf	Ausbildung	Geschäft	Einkauf	Freizeit	Begleitung	Urlaub	zusammen
Fuß	1,70	1,54	1,48	7,77	8,35	1,51	0,00	22,35
Rad	1,99	1,01	0,61	3,02	3,16	0,52	0,00	10,32
ÖSPV	1,92	2,09	0,97	2,38	2,27	0,42	0,01	10,06
Bahn	1,02	0,41	0,25	0,42	0,84	0,11	0,01	3,07
MIV	9,97	2,08	7,87	16,32	12,51	5,18	0,14	54,06
Luft, mod.	0,00	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00	0,04	0,14
gesamt, mod.	16,61	7,13	11,22	29,93	27,18	7,74	0,19	100,00

Verkehrsaufkommen 2019, Wege je Einwohner nach Verkehrsarten und -zwecken¹⁴

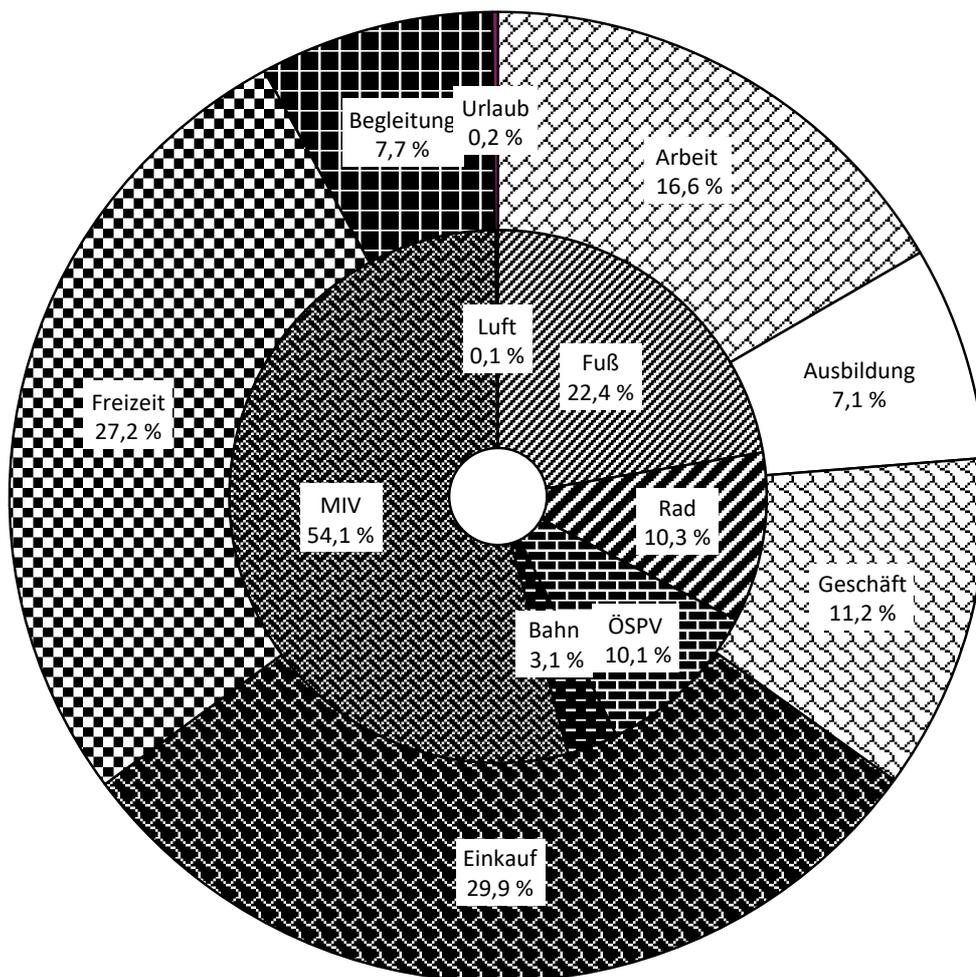
	Beruf	Ausbildung	Geschäft	Einkauf	Freizeit	Begleitung	Urlaub	zusammen
Fuß	19,8	17,9	17,3	90,6	97,3	17,6	0,0	260,4
Rad	23,2	11,7	7,1	35,2	36,9	6,1	0,0	120,3
ÖSPV	22,4	24,3	11,3	27,8	26,5	4,9	0,1	117,2
Bahn	11,9	4,8	2,9	4,9	9,8	1,3	0,2	35,8
MIV	116,1	24,3	91,7	190,2	145,8	60,3	1,6	630,0
Luft, mod.	0,0	0,0	0,6	0,0	0,6	0,0	0,5	1,6
gesamt, mod.	193,5	83,0	130,8	348,7	316,8	90,2	2,3	1.165,3

¹³ Quelle: ViZ 2021/2022, S. 222f, Modifikation im Luftverkehr: eigene Berechnung, vgl. Text

¹⁴ bezogen auf 80,092962 Mio. Einw. im Jahresdurchschnitt 2019, nach Angaben des Stat. Bundesamtes

Die Hauptdaten zum Verkehrsaufkommen in grafischer Übersicht:

Verkehrsaufkommen nach Zwecken und Verkehrsmitteln - Deutschland 2019 -



Insgesamt 96,8 Mrd. Wege

Quelle: VIZ 2020/2021; eigene Berechnungen:

Luftverkehr zu 60% Inländern zugerechnet

Beim Verkehrsaufwand verschiebt sich das Bild: Einkaufswege sind wegen der im Mittel kürzeren Distanzen wie auch Begleitungs- und Ausbildungswege in geringerem Umfang vertreten, während der Geschäftsreiseverkehr wie auch der Urlaubs- und der Freizeitverkehr (letzterer insbesondere wegen der eingeschlossenen Kurzurlaube) stärker zu Buche schlagen. Bei den Verkehrsmitteln wiederum treten verständlicherweise die nicht motorisierten Verkehrsarten wegen der geringeren Geschwindigkeiten und kürzeren Distanzen unterproportional in Erscheinung, während der Luftverkehr im Gegensatz zur Wegeanzahl eine relevante Rolle bekommt. Beim Luftverkehr werden übrigens abweichend von der Quelle entsprechend dem vorliegend einheitlich gewählten Inländerkonzept nicht bloß die über Deutschland geflogenen Kilometer, sondern geschätzte Gesamtdistanzen in Höhe von durchschnittlich 2.500 km berücksichtigt.

Verkehrsaufwand 2019 in Mrd. Pkm nach Verkehrsarten und Verkehrszwecken¹⁵

	Beruf	Ausbildung	Geschäft	Einkauf	Freizeit	Begleitung	Urlaub	zusammen
Fuß	2,7	1,6	1,8	9,1	19,1	1,9	0,0	36,2
Rad	8,0	2,5	2,6	7,3	18,1	0,7	0,0	39,2
ÖSPV	15,7	15,0	6,6	14,2	21,1	1,1	3,9	77,6
Bahn	24,6	8,5	13,0	8,9	39,2	0,8	6,6	101,6
MIV	164,7	18,0	171,4	160,7	283,6	53,3	67,9	919,6
Luft, mod.	6,0	0,0	120,0	0,0	117,0	0,0	96,0	340,5
gesamt, mod.	221,7	45,6	315,4	200,2	498,1	57,9	174,4	1.513,3
Luft, original	0,6	0,0	23,4	-	17,0	-	30,8	71,8
ges., original	216,2	45,6	218,8	200,1	398,0	58,0	109,2	1.246,0

Verkehrsaufwand 2019, Anteile an den Pkm nach Verkehrsarten und -zwecken in %

	Beruf	Ausbildung	Geschäft	Einkauf	Freizeit	Begleitung	Urlaub	zusammen
Fuß	0,18	0,11	0,12	0,60	1,26	0,13	0,00	2,39
Rad	0,53	0,17	0,17	0,48	1,20	0,05	0,00	2,59
ÖSPV	1,04	0,99	0,44	0,94	1,39	0,07	0,26	5,13
Bahn	1,63	0,56	0,86	0,59	2,59	0,05	0,44	6,71
MIV	10,88	1,19	11,33	10,62	18,74	3,52	4,49	60,77
Luft, mod.	0,40	0,00	7,93	0,00	7,73	0,00	6,34	22,50
gesamt, mod.	14,65	3,01	20,84	13,23	32,91	3,83	11,52	100,00

Verkehrsaufwand 2019, Pkm je Einwohner nach Verkehrsarten und -zwecken¹⁶

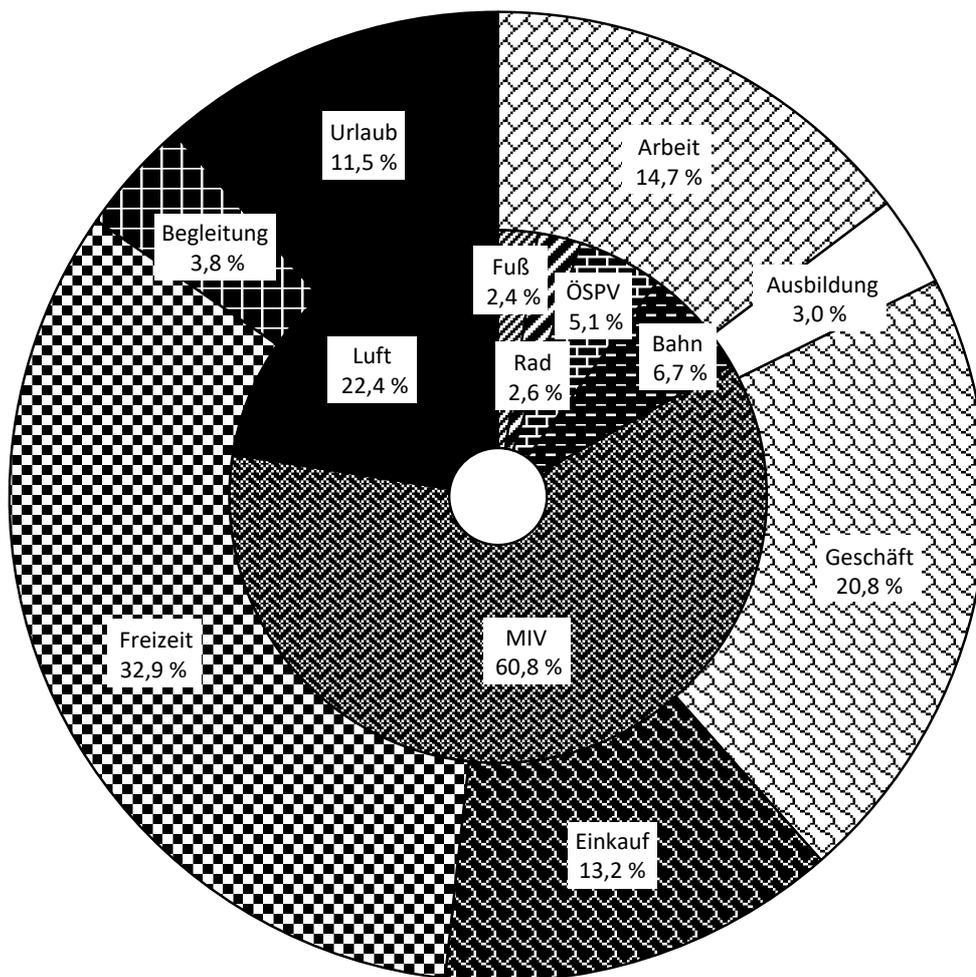
	Beruf	Ausbildung	Geschäft	Einkauf	Freizeit	Begleitung	Urlaub	zusammen
Fuß	32,5	19,3	21,7	109,5	229,9	22,9	0,0	435,7
Rad	96,3	30,1	31,3	87,9	217,8	8,4	0,0	471,8
ÖSPV	188,9	180,5	79,4	170,9	253,9	13,2	46,9	933,9
Bahn	296,1	102,3	156,5	107,1	471,8	9,6	79,4	1.222,7
MIV	1.982,1	216,6	2.062,7	1.934,0	3.413,0	641,5	817,2	11.067,1
Luft, mod.	72,2	0,0	1.444,2	0,0	1.408,1	0,0	1.155,3	4.097,8
gesamt, mod.	2.668,1	548,8	3.795,7	2.409,3	5.994,5	696,8	2.098,9	18.212,1

¹⁵ Quelle: ViZ 2021/2022, S. 224f, Modifikation im Luftverkehr: eigene Berechnung, vgl. Text

¹⁶ bezogen auf 80,092962 Mio. Einw. Im Jahresdurchschnitt 2019, nach Angaben des Stat. Bundesamtes

Auch die Hauptdaten zum Verkehrsaufwand in grafischer Übersicht:

Verkehrsaufwand nach Zwecken und Verkehrsmitteln - Deutschland 2019 -



Insgesamt 1.513 Mrd. km; Luftverkehr einschl. geschätztem Auslandsanteil

Quelle: VIZ 2020/2021; eigene Berechnungen:

Luftverkehr zu 60% Inländern zugeordnet

Durchschnittsdistanz im Luftverkehr mit 2.500 km angesetzt

Bei der Verteilung der Klimalasten kommt hier ein Schätzverfahren zur Anwendung: Dem nicht motorisierten Verkehr zu Fuß und per Fahrrad werden keine Klimalasten zugeordnet; dem öffentlichen Verkehr pro Personenkilometer der halbe Wert des Autoverkehrs, dem Luftverkehr dagegen der doppelte Wert. Dieses Verfahren ist offensichtlich recht grob, jedoch hinreichend robust (d.h. der öffentliche Verkehr wird in der Tendenz wohl eher zu ungünstig, der Luftverkehr dagegen in der Tendenz zu günstig abgebildet), um die Gewichte zutreffend einschätzen zu lassen. Im Ergebnis wenig erstaunlich kommt der Umweltverbund auf wenig mehr als 5 % der Klimalasten, wohingegen er noch gut 45 % aller Wege abwickelt; der Luftverkehr dagegen mit wenig mehr als 0,1 % der Wege dürfte für 40 % der Klimalasten verantwortlich sein. Die Dominanz des Autoverkehrs mit knapp 55 % ist in beiden Fällen ähnlich. Bei den Verkehrszwecken wird klar, dass die stark automobilgestützten Verkehrszwecke überwiegen; diese machen auch praktisch komplett den Luftverkehr aus, deutlich überwiegen: der Geschäftsreiseverkehr mit rd. einem Viertel und der Urlaubs- und Freizeitverkehr mit nahezu der Hälfte der Klimalasten.

Klimalasten des Verkehrs 2019, Gewichtswerte nach Verkehrsarten und -zwecken

	Beruf	Ausbildung	Geschäft	Einkauf	Freizeit	Begleitung	Urlaub	zusammen
Fuß	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rad	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ÖSPV	7,9	7,5	3,3	7,1	10,6	0,6	2,0	38,8
Bahn	12,3	4,3	6,5	4,5	19,6	0,4	3,3	50,8
MIV	164,7	18,0	171,4	160,7	283,6	53,3	67,9	919,6
Luft, mod.	12,0	0,0	240,0	0,0	234,0	0,0	192,0	681,0
gesamt, mod.	196,9	29,8	421,2	172,3	547,8	54,3	265,2	1.690,2

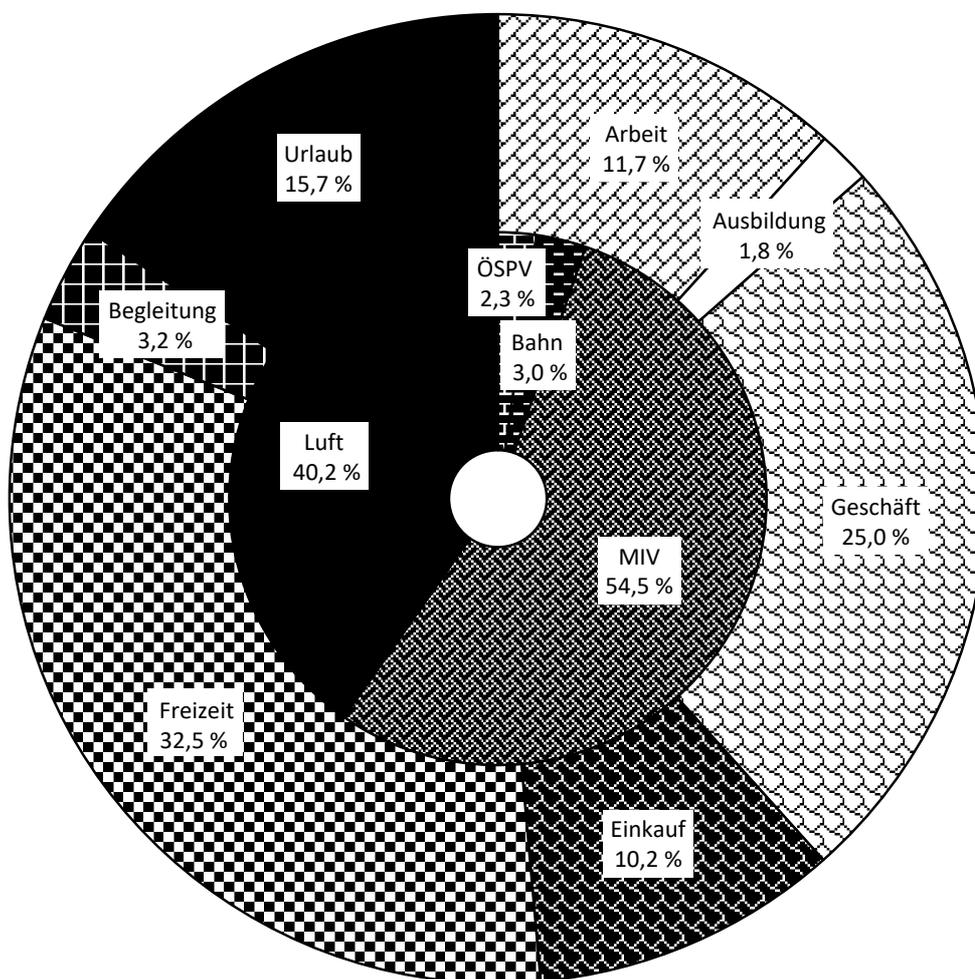
Klimalasten des Verkehrs 2019, Anteile der Gewichte nach Verkehrsarten und -zwecken in %

	Beruf	Ausbildung	Geschäft	Einkauf	Freizeit	Begleitung	Urlaub	zusammen
Fuß	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rad	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ÖSPV	0,46	0,44	0,20	0,42	0,62	0,03	0,12	2,30
Bahn	0,73	0,25	0,38	0,26	1,16	0,02	0,20	3,01
MIV	9,74	1,06	10,14	9,51	16,78	3,15	4,02	54,41
Luft, mod.	0,71	0,00	14,20	0,00	13,84	0,00	11,36	40,29
gesamt, mod.	11,65	1,76	24,92	10,19	32,41	3,21	15,69	100,00

Schon aus dieser im Grunde einfachen Analyse mag erkennbar werden, dass es nicht so sehr die Mobilität als solche, also die Erreichung von Zielen ist, die (Klima-)Probleme verursacht, sondern die Aufwendigkeit (die zurückgelegten Distanzen) und die Verkehrsmittelwahl, dabei sicherlich auch die Effizienz jeweils innerhalb der Verkehrsarten. Beim Luftverkehr kommt es wegen des immens hohen Belastungsumfanges je Nutzungsfall zweifellos auf eine möglichst drastische Reduktion der Nutzungsfälle an; allein ein Drittel aller Belastungen aus dem (Personen-)Verkehr ließen sich dadurch ziemlich kurzfristig abbauen. Neben dem Ersatz physischer Verkehre durch Telekommunikation im geschäftlichen Bereich kommt dabei im privaten Bereich die Substitution von luftverkehrsgestützten Urlaubs- und Kurzurlaubsreisen durch bodengestützte Verkehre, gegebenenfalls auch mit deutlich reduzierten Distanzen, in Frage.

Auch zu den relativen Klimalasten folgt hier eine Übersichtsgrafik:

Grobabschätzung der personenverkehrsbedingten Klimalasten nach Zwecken und Verkehrsmitteln - Deutschland 2019 -



eigene Abschätzungen auf Grundlage von VIZ 2020/2021:
Luftverkehr zu 60 % Inländern zugeordnet;
Durchschnittsdistanz im Luftverkehr mit 2.500 km angesetzt;
Klimalasten je Personenkilometer im öffentlichen Verkehr auf halbem,
im Luftverkehr auf doppeltem Niveau des MIV angesetzt;

Für die Entwicklung des Verkehrsbildes stehen in (weitgehend) gleicher Form Daten ab 1976 zur Verfügung.¹⁷ Ohne darauf hier im Detail einzugehen, seien einige große Trends angesprochen: Während die Anzahl der Wege je Einwohner eine erstaunlich geringe Variation aufweist, ist die je Einwohner zurückgelegte Strecke dramatisch angestiegen und hat sich binnen eines halben Jahrhunderts fast verdoppelt, d.h. die durchschnittlichen Wegelängen sind massiv angestiegen. Dies trifft praktisch für alle Wegezwecke zu und lässt sich maßgeblich durch den Übergang zu schnelleren Verkehrsmitteln erklären, die bei mehr oder weniger gleichem Zeitaufwand die Bewältigung größerer Streckenlängen ermöglichen. Dabei haben die - früher hochbedeutsamen - Fußwege in der fraglichen Zeit pro Person und Jahr um etwa ein Drittel abgenommen, weitgehend zugunsten der mittels PKW zurückgelegten Wege, entsprechend sind auch die im motorisierten Individualverkehr (MIV) zurückgelegten Strecken massiv angestiegen, pro Kopf um mehr als die Hälfte. Den deutlichsten Anstieg sehen wir jedoch im Luftverkehr, der auch derzeit im Vergleich zu anderen Verkehrsarten nur sehr selten genutzt wird, gegenüber 1976 aber pro Kopf und Jahr etwa sechsmal so oft. Bei dem hier holzschnittartigen Ansatz durchschnittlich gleicher Distanzen pro Flug führt das von dem Anteil von knapp 7 % im Jahr 1976 zu dem mittlerweile auf das Dreifache erhöhten erheblichen Anteil von über 20 % an allen pro Person und Jahr zurückgelegten Kilometern.

Für vertiefende Betrachtungen zum Verkehrsverhalten wird auf die alten KONTIV-Untersuchungen (für KONTInuierliche Verkehrsbeobachtung bzw. KONTInuierliche Erhebung zum Verkehrsverhalten) für die alte Bundesrepublik und danach auf die Untersuchungen „Mobilität in Deutschland“ (MiD) verwiesen¹⁸, die u.a. nach großen soziodemografischen Gruppen (dort „Lebenszyklusgruppen“ genannt) und Raumkategorien differenzieren und nicht nur die Verkehrszwecke und die Verkehrsmittelwahl beschreiben, sondern auch die Distanz- und Zeitdauerstruktur der Wege. Neben der bekannten Konzentration auf räumlich und zeitlich kurze und sehr kurze Wege mag als eher erstaunlich herausgestellt werden, dass die (tägliche, jährliche) Anzahl und Dauer der Wege über große Bereiche der Soziodemografie und der Siedlungsstruktur, und selbst im zeitlichen Längsschnitt nur geringe Unterschiede aufweisen. Mit anderen Worten: Bei (zunehmend) gestreuter Siedlungslage und entsprechend schlechterer Erreichbarkeit von Zielen wird auf schnellere Verkehrsmittel und größere Distanzen zurückgegriffen, bzw. bei Verfügbarkeit von höheren Geschwindigkeiten im Verkehr werden größere Distanzen bzw. eine stärker gestreute Siedlungslage oder Zielverteilung realisiert/toleriert.

Bezüglich möglicher Klimaentlastungen ist aufgrund der Bedeutungsgewichte klar, dass diese maßgeblich einerseits beim motorisierten Individualverkehr (MIV, insbesondere mit PKW), andererseits beim Luftverkehr ansetzen müssen.

¹⁷ Die für das Verkehrsbild 2019 herangezogene aktuelle Ausgabe von Verkehr in Zahlen (ViZ 2021/2022) führt die Daten auch für 1976 und für ausgewählte Jahre danach auf, ab dem Jahr 2000 in etwas dichter Folge. Die jährlichen Modellwerte von 1976 bis 1996 sind in ViZ 1998, S. 216-221 enthalten; die dort zugrunde gelegten leicht unterschiedlichen Definitionen finden sich in ViZ 1998, S. 208f und nicht, wie in FN 1 der Seiten 216-221 angegeben, auf S. 212f - als Unterschied ist insbesondere hervorzuheben, dass in den alten Daten der sog. Begleitverkehr noch nicht getrennt dargestellt wird, sondern im Freizeitverkehr enthalten ist.

¹⁸ Daten aus der aktuellen Untersuchungswelle von 2017, i.A. des Verkehrsministeriums maßgeblich durchgeführt von infas, wie auch von den früheren Untersuchungen 2008 und 2002 sind zugänglich über: <http://www.mobilitaet-in-deutschland.de>, einige wenige ausgewählte Daten werden regelmäßig auch in Verkehr in Zahlen übernommen, vgl. zuletzt ViZ 2021/2022, S. 230-233

Der Luftverkehr, der hier in Modifikation von den Angaben in „Verkehr in Zahlen“ lediglich grob modelliert dargestellt wurde, bedürfte einer detaillierten Untersuchung, die an der vorliegenden Stelle nicht erfolgen kann.¹⁹ Jedenfalls aber erscheint die fachliche Darstellung häufig nur eingeschränkt brauchbar, weshalb hier eine abweichende Betrachtung erforderlich erschien. In groben Zügen sei darauf hingewiesen, dass bei der üblichen Abgrenzung des Inlandsverkehrs der innerdeutsche Luftverkehr verständlicherweise größere Distanzen aufweist als der grenzüberschreitende Luftverkehr: Von Hamburg nach München ist es eben erheblich weiter als von Düsseldorf oder Köln bis zur deutschen Grenze bei Aachen auf dem Weg nach Mallorca oder nach New York. Deswegen erscheint die häufig verwendete territoriale Abgrenzung innerhalb des deutschen Hoheitsgebietes wenig erhellend.²⁰ Deswegen wird hier ein grob gegriffener Wert von 2.500 km je Flug hinterlegt - was naturgemäß nicht als präziser, „richtiger“ Wert behauptet werden soll, sondern lediglich als Anhaltspunkt;²¹ bei einer genaueren Betrachtung würden sich u.a. wohl die Distanzen bei den Kurzurlauben (unter 5 Tagen Dauer) als im Durchschnitt kürzer erweisen als jene bei den „eigentlichen“ Urlauben (ab 5 Tagen Dauer). Andererseits kann mit einer gewissen Nachvollziehbarkeit argumentiert werden, dass der Besuchsverkehr von Ausländern per Flieger in Deutschland nicht Deutschland, sondern dem jeweiligen Ausland zugerechnet werden sollte - deswegen werden in der hier entwickelten Abschätzung lediglich 60 % der in der Originalquelle angegebenen Fluggäste berücksichtigt. Schließlich sei darauf hingewiesen, dass im Luftverkehr die Klimlasten deutlich über das hinausgehen, was allein durch die CO₂-Emissionen markiert wird; der bei der hier vorgelegten Abschätzung verwendete Faktor 2 pro Pkm gegenüber dem MIV (also dem Autoverkehr) verwendete Wert sollte wohl eher als robust angesehen werden. Demgegenüber wird in den offiziellen Klimaberichten an das UNFCCC nur der für den inländischen Luftverkehr benutzte Treibstoff und dessen CO₂-Emissionen dem deutschen Budget zugerechnet, also von den grenzüberschreitenden Flügen noch nicht einmal der auf das deutsche Territorium entfallende Anteil berücksichtigt; die stark ansteigenden für den ins Ausland abgehenden Luftverkehr vertankten Mengen und deren CO₂-Emissionen werden allerdings als „Memo items“ (wie die für die internationale Schifffahrt abgegebenen / entfallenden Mengen) außerhalb des deutschen Gesamtbudgets nachrichtlich berichtet.²²

Insgesamt dürfte sich bei aller Grobheit der Abschätzung als absolut plausibel ergeben, dass im Luftverkehr die durchschnittlichen Belastungen je Flug soweit über den Lasten pro Weg bei den anderen Verkehrsarten liegen, dass unter der Perspektive des Klimaschutzes die Devise vernünftig ist, möglichst jeden Flug zu vermeiden - wobei es selbstverständlich auch eine große Zahl von Flügen gibt, deren Realisierung keineswegs beanstandet oder eingeschränkt werden sollte, vielleicht 10 Prozent aller Flüge.

¹⁹ Eine systematische einführende Darstellung habe ich vor längerer Zeit für den BUND verfasst: Luftverkehr 2007 - Im Steigflug in die Klimakatastrophe?, Wuppertal 2008, im Volltext im Internet zugänglich unter: <https://docplayer.org/10701130-Luftverkehrsstudie-2007-im-steigflug-in-die-klimakatastrophe-finalreport-endbericht-karl-otto-schallaboock-mit-einem-beitrag-von-clemens-schneider.html>, Abruf 30.09.2022; die dort verwendeten Primärdaten lassen sich relativ einfach aktualisieren.

²⁰ Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass selbst in dieser Abgrenzung auch über Deutschland nur ein Teil des Luftverkehrs erfasst wird, nämlich nur, soweit dieser Verkehr in Deutschland Bodenberührung hat - die durchaus nennenswerten Überflüge Deutschlands dagegen werden dabei nicht erfasst.

²¹ Das Stat. Bundesamt verzeichnet für 2019 eine Luftverkehrsleistung von insgesamt rd. 500 Mrd. Pkm, vgl. Tab. 1.1.3 im Bericht FS 8 R 6.2, 2019, für In- und Ausländer, aber lediglich Flight Stages.

²² vgl. die oben, FN 12, genannte Berichterstattung an das UNFCCC, zuletzt der CFR-Bericht 2021 mit den Daten bis 2019, dort die Tabelle 10 (Table 10) mit den Emission Trends seit 1990

Bei den bodengestützten Verkehren, insbesondere beim Autoverkehr, kann die Klimaentlastung durch folgende logisch aufeinander aufbauende Strategien erfolgen:

- Reduktion des Verkehrsaufwands durch Reduktion der Wegedistanzen,
- Verlagerung von Wegen auf weniger belastende Verkehrsarten,
- Ersatz durch verbrauchsärmere Fahrzeuge,
- Übergang zu sparsamerer Betriebsweise der Fahrzeuge.

Da der Großteil der Verkehrserledigungen auch im unmittelbar persönlich gestaltbaren Bereich (Einkauf, Freizeit, Urlaub) auf PKWs entfällt, ist das Potenzial der Distanzreduktion durch die Modifikation der Zielauswahl sehr hoch einzuschätzen - es ist weitgehend, wenn auch nicht vollständig, eine Frage der Bereitschaft, jeweils etwas andere, näher liegende Ziele zu wählen. Auch für eine damit verknüpfte oder auf die gleichen Quell-Ziel-Relationen bezogene Verlagerung vom Auto auf den öffentlichen Verkehr oder von beiden zu nicht motorisierten Verkehrsarten gibt es offensichtlich hohe Potenziale, die innerhalb relativ kurzer Zeit erschlossen werden können - auch hier wiederum ist es häufig eine Frage der Bereitschaft, z.B. auf (echte oder vermeintliche) Komfort- oder Geschwindigkeitsvorteile zu verzichten, in der Regel weniger eine Kostenfrage (im Gegenteil: Insgesamt ließen sich hierbei erhebliche Kosten einsparen). Beim Ersatz der vorhandenen PKW durch verbrauchsärmere Fahrzeug(modell)e hingegen dürfte der mehr oder weniger deutliche Kostenvorteil auch für Bundesfinanzminister mit Hang zu schnellen Fahrzeugen erkennbar sein, und demgegenüber ist die tatsächliche Einbuße an Beförderungsgeschwindigkeit zumeist eher vernachlässigbar. Doch darauf wird weiter unten noch etwas genauer eingegangen. Schließlich kann auch der Übergang zu einer verbrauchssparsameren Betriebsweise wohl in den meisten Fällen noch zu 10 - 30 % Treibstoffersparnis - und naturgemäß im gleichen Umfang zur Reduktion der Treibstoffkosten - führen: Da heutzutage fast alle PKW über entsprechenden Anzeigen verfügen, kann eine exemplarische Beobachtung empfohlen werden, wie sich der spezifische Treibstoffverbrauch (l/100 km) verändert, wenn man auf der Autobahn möglichst konstant 100 km/h fährt anstelle eines heutzutage üblichen Pendelns zwischen 130 und 160 km/h.

Insgesamt erscheint es möglich, durch diese geschilderten Ansätze in relativ kurzer Zeit ein weiteres Drittel der (personen)verkehrsbedingten Klimalasten abzubauen. Zusammen mit der Reduktion des Luftverkehrs sollte es gelingen können, etwa innerhalb von zwei Jahren die Gesamtlasten um zwei Drittel zu reduzieren, ohne dass hierfür ernsthaft vitale Beeinträchtigungen in Kauf zu nehmen wären.

Einige vertiefende Betrachtungen sollen noch zur Entwicklung der PKW-Flotte angestellt werden: Die PKW-Flotte und die PKWs selbst werden immer größer. Der PKW-Bestand liegt mit 48,54 Mio. (01.01.2022) etwa 20 % höher als die Anzahl der Haushalte mit 40,68 Mio. (2021).²³ Vollmotorisierung war gestern, mittlerweile stehen für jedes Hinterteil drei Sitzplätze in Autos zur Verfügung. Seit 20 Jahren gibt es den Skoda Fabia Kombi, er ist größer (länger, breiter, höher) als der VW Passat der 1970er Jahre („Typ 32“) vom selben Automobilkonzern; auch die Motorenpalette ist beim aktuellen Fabia (Fabia IV) mit 48 - 110 kW oberhalb jener des Passat B1 mit 37 - 81 kW angesiedelt. Anders als der Passat, der

²³ Für Basisangaben wird auf deren einfache Zugänglichkeit ohne Einzelnachweis auf die Internetangaben des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA), des Statistischen Bundesamtes (StatBA, vgl. www.destatis.de), auf die seit vielen Jahren erscheinende Publikation „autokatalog“, auf wikipedia, und ggf. auf Firmenangaben verwiesen

seinerzeit als Mittelklassefahrzeug galt, wird der Fabia jedoch zwei Klassen tiefer als Kleinwagen eingestuft.

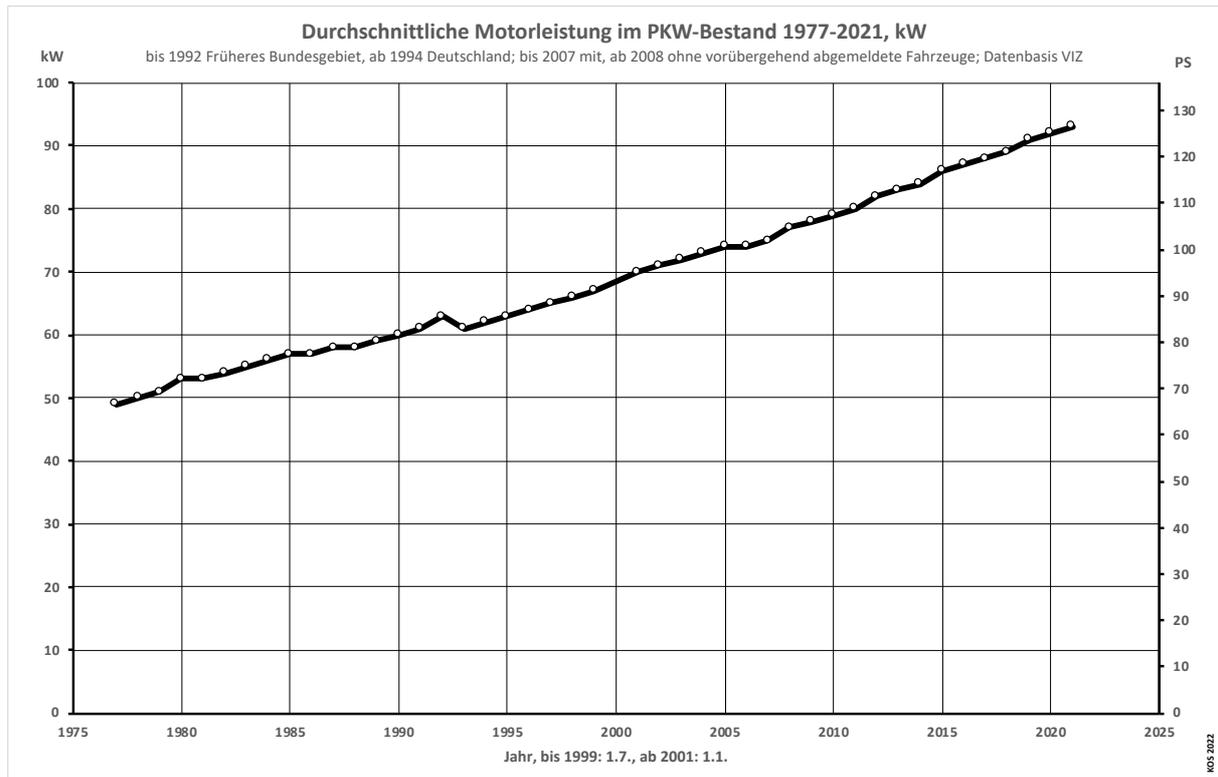
Wie nachfolgend noch im Detail erörtert, betrug die durchschnittliche Motornennleistung der PKW im Jahr 2021 93 kW (126,5 PS), also grob das Vierfache des Paradeautos des Wirtschaftswunders, des VW-Käfers; insgesamt sind in den Autos in Deutschland über 6 Mrd. mechanische Pferde installiert. Getrieben durch die überdurchschnittliche Motorisierung der sog. Dienstwagen steigt die durchschnittliche Motorleistung seit langer Zeit jährlich um etwa 1 kW. Mehr als die Hälfte der neuzugelassenen PKW wies 2020 eine Höchstgeschwindigkeit von über 200 km/h auf, 1990 waren das erst rd. 10 % - oder auch: schon 10 %, in Anbetracht der Tatsache, dass man außerhalb Deutschlands den Automobilen praktisch überall nur erheblich geringere Geschwindigkeiten im Betrieb erlaubt.

Für eine Detailbetrachtung der Motorleistungen der PKW stehen Daten ab 1977 zur Verfügung,²⁴ allerdings - wie bei so langen Zeitreihen nicht anders zu erwarten - mit gewissen statistischen Brüchen, die hier exemplarisch angesprochen werden sollen, um ein Verständnis für die Sicherheit der Daten einerseits und die leichten Unsicherheiten ihrer Bewertung zu vermitteln:

- Während die Angaben zum Bestand 1977 lediglich in grober Form vorliegen, sind die Jahresdaten über die Zusammensetzung der PKW-Bestandsflotte nach Klassen der Motornennleistung danach gut differenziert.
- Die Daten beziehen sich bis einschließlich 1999 jeweils auf den Stichtzeitpunkt 01.07., ab 2001 auf jeweils den 01.01., sodass einmalig ein Zeitabstand von 1,5 Jahren anstatt von 1 Jahr entsteht.
- Die Klassenbildung orientierte sich bis 1999 mehr an der herkömmlichen Messgröße PS, dagegen ab 2001 an der SI-Normgröße kW; zwar erlaubt der einfache Umrechnungsfaktor (1 kW = 1,36 PS) eine leichte Konvertierung, die glatten Klassengrenzen sorgen jedoch für (leichte) Unstimmigkeiten und unterschiedliche Brechungen.
- Bis 2007 umfassen die Daten auch die vorübergehend stillgelegten (abgemeldeten) PKW, danach nicht mehr, was zu einer lediglich scheinbaren Verkleinerung des PKW-Bestands von rd. 46,6 Mio. (01.01.2007) auf rd. 41,2 Mio. (01.01.2008) führt.
- Insbesondere aber schlägt die Wiedervereinigung Deutschlands zu Buche mit der Einbeziehung auch des PKW-Bestands in der früheren DDR. Das nachfolgend gewählten Verfahren, bis einschließlich 1992 die Daten für die frühere BRD/die alten Bundesländer zu verwenden, ab 1993 jene für ganz Deutschland, erzeugt zwar jeweils geografisch konsistente Datenkollektive bis 1992 und ab 1993; neben einer maßgeblich durch die geänderte Gebietsabgrenzung bedingten sprunghaften Erhöhung der Bestandsflotte von 32,0 Mio. (1992) auf rd. 38,8 Mio. (1993) ergibt sich auch eine (vorübergehende) Minderung der durchschnittlichen Motorleistung durch die Einbeziehung der leistungsschwächeren PKW-Flotte in den neuen Bundesländern.

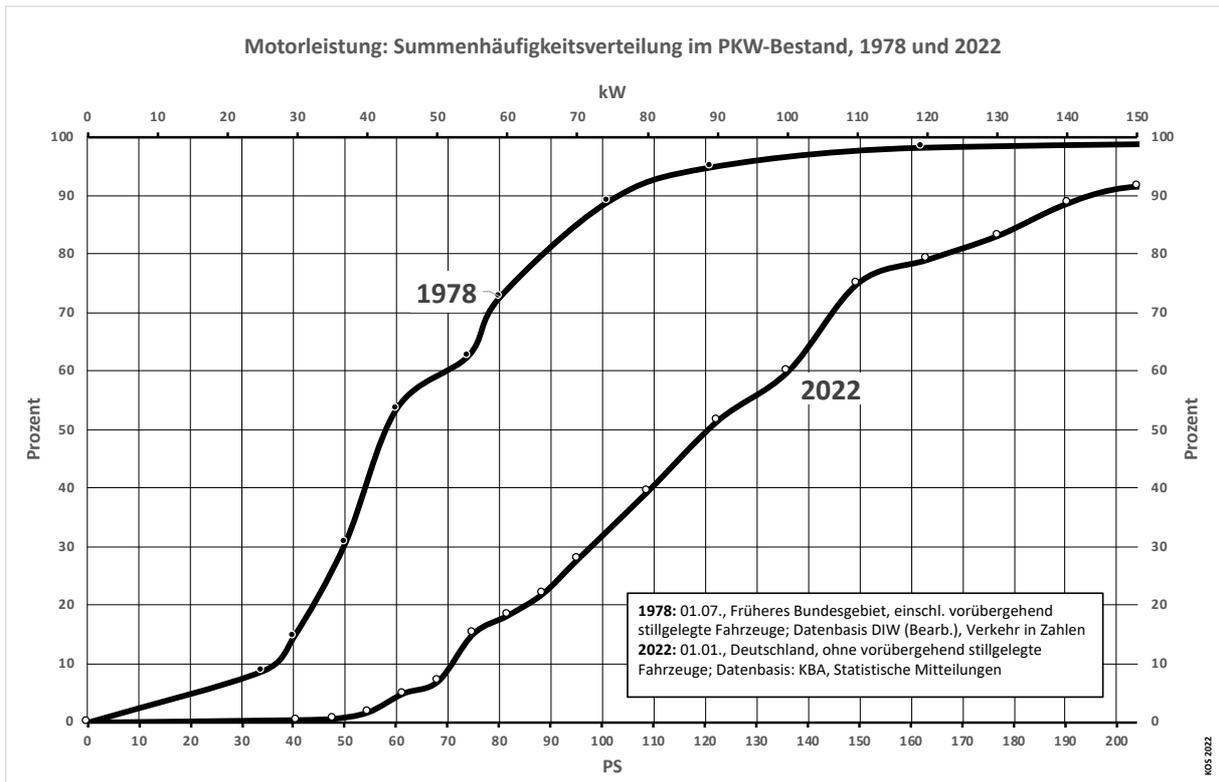
²⁴ Verwendet werden für die nachfolgenden quantitativen Darstellungen Angaben aus verschiedenen Ausgaben von Verkehr in Zahlen (ViZ), konkret für die Jahre 1977 - 1992: ViZ 1993, S. 140f, für die Jahre 1993 - 1999: ViZ 2004/2005, S. 152f, und ab 2001 Angaben aus verschiedenen Reihen der Statistischen Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA), insbesondere Reihe 2 für die Jahre 2001 - 2006 und FZ 21 für die Jahre ab 2009, sowie bezüglich der PKW-Neuzulassungen 2021 aus der Reihe FZ 22; die Werte der Durchschnittsleistungen der PKW-Flotte sind wiederum ViZ entnommen, neben den genannten Ausgaben für die Jahre 2001 - 2015: ViZ 2016/2017, S. 142f, sowie ab 2016: ViZ 2021/2022, S. 142f

Gezeigt werden soll aus diesen Daten zunächst die Entwicklung der durchschnittlichen Motorisierung der PKW-Flotte in Deutschland. Unter Berücksichtigung der Brüche in den Quelldaten überrascht der nahezu glatt-lineare Verlauf der Entwicklung über nahezu ein halbes Jahrhundert, von 67 PS (49 kW) im Jahr 1977 bis zu 93 kW (über 126 PS) im Jahr 2021. Zur Erinnerung: Der VW-Käfer hatte ab 1954 30 PS (22 kW) und ab 1960 34 PS (25 kW); der Trabant mit 18 - 20 PS (bis 1962) und dann 23 - 26 PS (bis 1990) lag noch deutlich darunter.

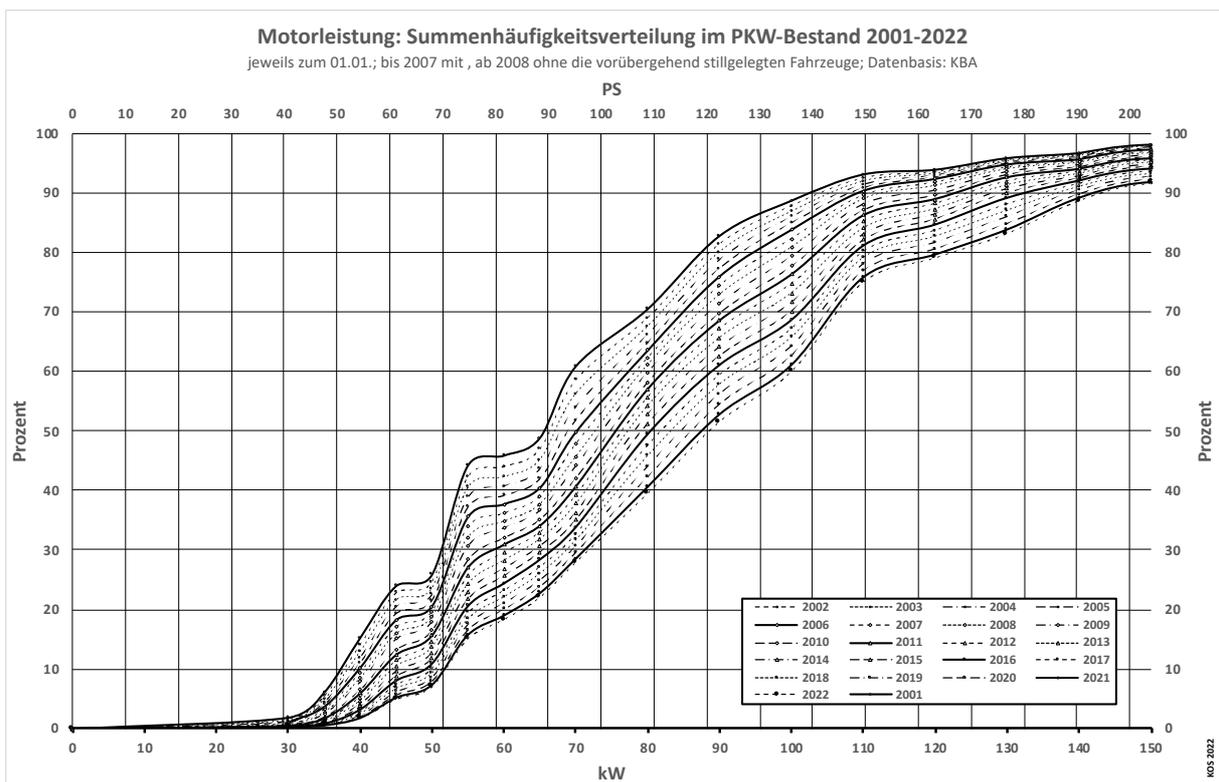


Die nachfolgende Abbildung zeigt den Bestandsaufbau nach zunehmender Motorleistung in Form der Summenhäufigkeitsverteilungen für die detailliert beschriebenen Eckjahre 1978 und 2022: Wie viele Prozent der Bestandsflotte weisen Motorleistungen bis x PS bzw. kW auf. Im Jahr 1978 hatten noch mehr als die Hälfte der PKW Motorleistungen unter 60 PS, während 2022 mehr als die Hälfte der Fahrzeuge Motorleistungen von 120 PS oder mehr aufwiesen; über 120 PS wiesen dagegen im Jahr 1978 nur rd. 5 % der PKW auf, während im Jahr 2022 nur mehr weniger als 5 Prozent unter 60 PS lagen. Ganz offensichtlich ist die aktuelle PKW-Flotte leistungsmäßig ganz anders aufgestellt als im Jahr 1978, wie auch weitere Vergleiche belegen; so sieht man etwa, dass 1978 rd. 80 Prozent der Flotte Motorleistungen unter 90 PS aufwiesen, dagegen 2022 nahezu 80 Prozent der Flotte Motorleistungen über 90 PS.

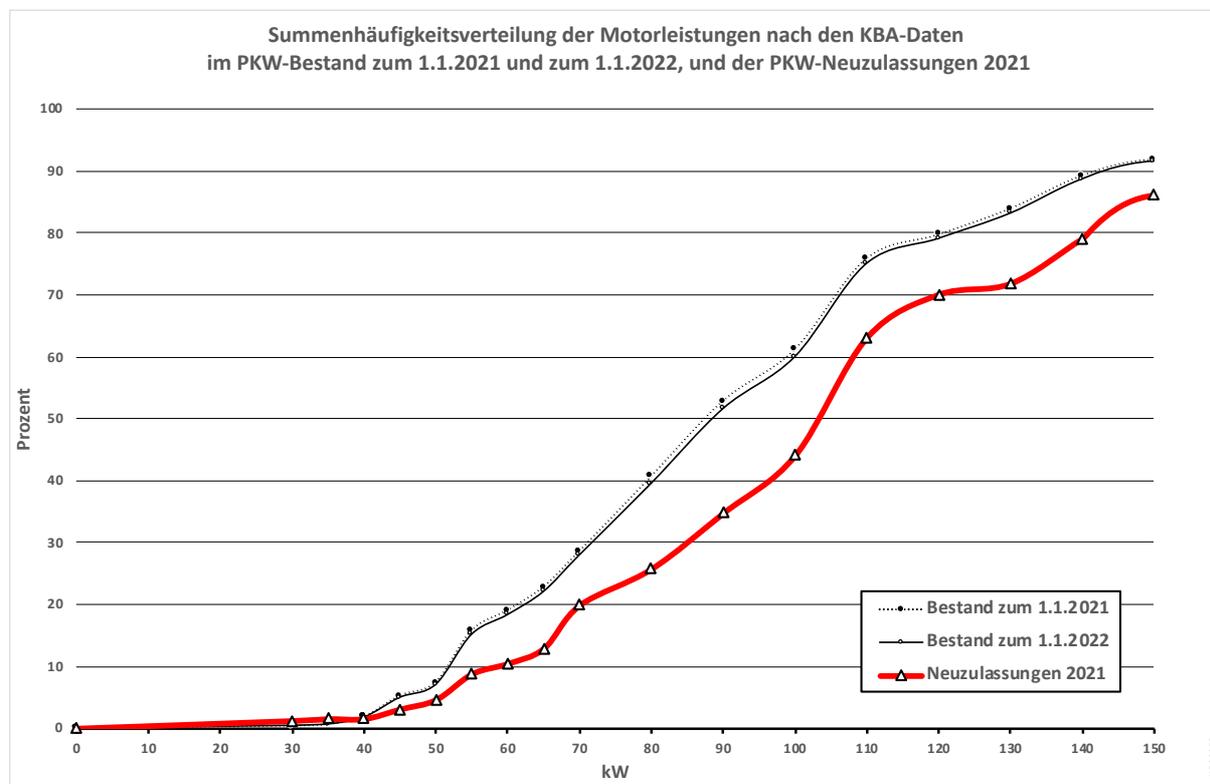
In einer weiteren Abbildung soll die jährliche Entwicklung dargestellt werden, wie sich der leistungsmäßige Flottenaufbau systematisch schrittweise in die höheren Leistungsstufen verschiebt; dabei wird lediglich der Zeitraum ab 2001 dargestellt, für den (mir) die differenzierten Daten des KBA mit den fein gegliederten kW-Klassen und zum einheitlichen Gebietsstand vorliegen.



Neben dem Abbau der Wellen im unteren und mittleren Leistungsbereich, die wohl durch besonders stark vertretene Fahrzeugmodelle und Motorisierungen zu erklären sind, fällt die relativ gleichmäßige Anteilsminderung dieser Leistungsbereiche von Jahr zu Jahr auf, und natürlich die damit verbundene Verschiebung des gesamten Bestands in höhere Leistungsbereiche. Auch die oben offene Leistungsklasse mit über 150 kW (205 und mehr PS) Motorleistung ist mittlerweile erkennbar am Bestand beteiligt.



Zur Erklärung und als Hinweis auf die zu erwartende künftige Entwicklung stellt die letzte Abbildung dieser Serie der Entwicklung im Bestandsaufbau den Leistungsaufbau bei den Neuzulassungen gegenüber:



Wie unschwer zu erkennen ist, eilt die Zusammensetzung der Neuzulassungen dem Bestand weit voraus und bewirkt dadurch die laufende Aufmotorisierung des Bestandes: u. a. rd. 80 Prozent der neuen PKW mit Motorleistungen über 70 kW (über 95 PS), rd. 30 Prozent der neuen PKW mit Motorleistungen ab 130 kW (ab 177 PS). Selbst wenn - anders als in der Vergangenheit - die künftigen Neuzulassungsjahrgänge nicht mehr auch ihrerseits laufend leistungsstärker werden, ergibt sich für die weitere Entwicklung des PKW-Bestandes noch eine massive Leistungssteigerung, soweit schrittweise ältere, schwächere PKW-Jahrgänge aus dem Bestand ausscheiden und die aktuelle Leistungsverteilung der neuen PKW den Bestand dominiert.

Analoge Analysen ließen sich, weitgehend gestützt auf die gleichen Quellen wie bei der Leistungsentwicklung, auch hinsichtlich der Entwicklung zu den Höchstgeschwindigkeiten der Fahrzeuge vornehmen.²⁵ Auch hierbei ist die mehr oder weniger stetige Entwicklung der gesamten Fahrzeugflotte in immer höhere Geschwindigkeitsklassen demonstrierbar, worauf aber im vorliegenden Kontext aus Umfangsgründen verzichtet werden soll.

Das Problem besteht darin, dass diese Autos nicht nur immer mehr Material, Energie und Platz beanspruchen - allein schon durch ihre Existenz, vor allem aber, wenn sie dann auch

²⁵ etwas abgekürzte Daten hierzu finden sich auch für die Jahre 2008 - 2020/21 in der aktuellen Ausgabe von Verkehr in Zahlen (ViZ 2021/2022, S. 136f), für die Jahre 1995 - 2007/08 in ViZ 2008/2009, S. 138f, sowie für die Jahre 1990 und 1992/93 - 2003 in ViZ 2004/2005, S. 144f, jeweils für die Bestände und die Neuzulassungsjahrgänge

noch in Betrieb gesetzt werden. Jeder normalbegabte Zeitgenosse weiß, dass größere, schwerere, leistungsstärkere und (potenziell) schnellere Autos nicht nur in der Anschaffung mehr kosten, sondern in der Regel auch im Betrieb mehr Treibstoff verbrauchen und höhere Kosten verursachen. Die durch technischen Fortschritt zugänglichen - zu Recht immer wieder herausgestellten und auch zur Nachhaltigkeit benötigten - Effizienzgewinne werden durch diese Entwicklung wieder kompensiert, teilweise überkompensiert. Mit Gewährleistung von Mobilität hat die tatsächliche Entwicklung in Deutschland schon lange nichts mehr zu tun, es geht offensichtlich um psychische Faktoren und zwar - in Anbetracht der Erfordernisse zur Eindämmung des Klimawandels - offensichtlich um psychische Defekte.

Es ist wohl klar, dass die hier entwickelten Überlegungen im Grundsatz inhaltlich allgemein zugänglich sind, wie auch, dass das Publikum dem entsprechend ein anderes Verkehrsverhalten an den Tag legen könnte. Es wird ja niemand gezwungen, eine Urlaubsreise mit dem Flugzeug anzutreten oder (jedenfalls, wenn er/sie zu den rd. 99 % der Haushalte mit maximal 5 Personen gehört:) ein Auto oberhalb der Kleinwagenklasse zu betreiben, im Gegenteil: Obwohl man weiß, dass ein kleineres und leistungsschwächeres Auto in Anschaffung und Betrieb billiger ist, benutzt man ein größeres, leistungsstärkeres; und obwohl man weiß, dass langsames (zumal auch die zulässigen Geschwindigkeiten nicht überschreitendes) Fahren möglich und spritsparender wäre, wählt man höhere oder überhöhte Geschwindigkeiten.

Dies deutet auf die Sinnfälligkeit staatlich reglementierenden Handelns hin (und selbstverständlich auch auf die Notwendigkeit der Durchsetzung der Regeln). Dabei ist von besonderer Bedeutung, dass sich die Ausgabebereitschaft für Verkehr als annähernd konstant erwiesen hat, bei etwa 10 - 12 % des privaten Budgets, und insbesondere dass sich auch die Bereitschaft für den zeitlichen Verkehrsaufwand als weitgehend konstant erwiesen hat, nämlich bei etwas mehr als einer Stunde pro Tag: Hat man mehr Geld zur Verfügung, steckt man es gerne in die Beschaffung und/oder die Nutzung schnellerer Verkehrsmittel, kommt man schneller voran, spart man nicht etwa Zeit, sondern erweitert den Aktionsraum. Entsprechend ist klar, dass die wirksamen Maßnahmen, nämlich die Verteuerung des Verkehrs gemessen am persönlichen Ausgabevermögen und die Beschränkung des Aktionsraums durch eine Temporeduktion nicht unbedingt den Wünschen von Autofahrern entsprechen. Auch ist der Übergang zu einer zurückhaltenderen Lebensweise nicht so einfach wie der zu einer immer expansiveren in den letzten Jahrzehnten. Gleichwohl erscheinen solche Maßnahmen unter den Gesichtspunkten des Gemeinwohls und der Nachhaltigkeit unentbehrlich.

Konkret betrifft das zunächst das verkehrliche Geschwindigkeitsregime, wo auch eine erhebliche Zustimmung durch vom Autoverkehr negativ betroffene Bevölkerungsteile (wie auch von aufgeklärten Autonutzern) besteht. Hier kann zunächst Tempo 100 auf Autobahnen, Tempo 80 auf Außerortsstraßen und Tempo 30 auf Innerortsstraßen als Regelgeschwindigkeit empfohlen werden, zusätzlich auf etwa 80 % der Innerortsstraßen, die eben keine vorrangige Durchgangsfunktion aufweisen, sondern Aufenthaltsfunktion als Lebensraum auch von Alten und Kleinkindern, geistig oder körperlich Behinderten etc.: Verkehrsberuhigung, d. h. unbedingter Vorrang der jeweils physikalisch schwächeren Verkehrsteilnehmer. Selbstredend hat ein derartiger Zugriff, zumal wenn er hinreichend sanktionsbewehrt umgesetzt wird, ein anderes Wirkungsspektrum als ein zahnloses, isoliertes und kaum kontrolliertes Tempo 130 auf Autobahnen.

Die volle Wirksamkeit entfalten die Geschwindigkeitsabsenkungen aber erst, wenn auch die Fahrzeugflotte in der Größe der Fahrzeuge, ihrem Leistungs- und Geschwindigkeitsvermögen dementsprechend umgebaut wird; ergänzend sind daher Limits für die Größe, die Masse, die Motorleistung und die Höchstgeschwindigkeit der Fahrzeuge sinnvoll; Ziel könnte dann eine PKW-Flotte sein, deren Normverbrauch - im Falle des Einsatzes herkömmlicher flüssiger Kraftstoffe - deutlich unter 3 l/100 km liegt. Es dürfte auf der Hand liegen, dass eine derartige Maßnahmenorientierung geradezu entgegengesetzt ist dem gegenwärtigen Ansatz eines sog. Dienstwagenprivilegs, bei dem mit einem Fördervolumen je Fahrzeug etwa in der Höhe des sog. Hartz-IV-Satzes die laufend fortgesetzte und erweiterte Übermotorisierung des PKW-Bestands betrieben wird.

Ergänzende verkehrsrechtliche und infrastrukturelle Maßnahmen zur Stützung der sozial und ökologisch vorteilhafteren nicht motorisierten und öffentlichen Verkehrsarten sollen - neben vielen weiteren im vorliegenden Zusammenhang wichtigen Gesichtspunkten etwa zur Entwicklung der Siedlungsstruktur - an dieser Stelle aus Umfangsgründen lediglich genannt, aber nicht weiter ausgeführt werden; der Duktus des Zugriffs dürfte klar geworden sein, und die notwendigen konzeptiven Präzisierungen, Ergänzungen und Erweiterungen könnten entsprechend abgeleitet werden. Hinsichtlich des Luftverkehrs aber erscheint der Hinweis sinnvoll, dass für die erstrebenswerte deutliche Reduktion auch eine staatlich gestützte Rückführung der Infrastruktur angezeigt ist, etwa auf bundesweit fünf Standorte für den kommerziellen Luftverkehr.

Zugegeben, das ist hier keine unbedingt erfreuliche Wortmeldung; hätte man vor 50 Jahren den wachstumskritischen Impuls ernst genommen, wäre man vor 30 Jahren den Hinweisen auf mögliche Klimaänderungen mit mehr praktischer Konsequenz gefolgt, müsste man heute nicht so strikt formulieren. Und zweifellos: Es waren damals jeweils sowohl für die Politik wie für das normale Publikum in Inhalt und Verständlichkeit zureichende Informationen verfügbar, die zu einer anderen Entwicklung hätten führen können.

Nun ist die Sache, wie sie ist, und man sollte sich nicht der Illusion hingeben, dass die - durchaus relevanten - jetzt schon beobachtbaren Klimaänderungen und deren Folgen mit der Wucht der weiteren Entwicklung vergleichbar sei, wenn man weitermacht wie bisher. Man sollte sich auch nicht der Illusion hingeben, dass mit den gegenwärtig verfolgten technologischen Innovationen im Luft- und Autoverkehr nennenswert etwas gewonnen wäre: Weder wasserstoffbasiertes noch elektrisches Fliegen bieten die Aussicht auf zeitgerechte Problemlösungen im Luftverkehr; im Autoverkehr ist elektrisches Fahren auch erst dann eine belastbare Lösung, wenn nicht nur (mehr als) genug regenerativer Strom verfügbar ist, sondern auch eine (quantitativ und kostenseitig) zureichende Speichertechnologie für regenerativen Strom.

Es müsste - jedenfalls in Deutschland - bekannt sein, dass man mit dem laufenden Ankündigen immer neuer künftiger Wunderwaffen keinen Blumentopf gewinnen kann. Wenn man erst einmal auf einem verträglichen Pfad ist und dort Innovationen erweiterte Möglichkeiten eröffnen: gerne. Aber erst wenn man tatsächlich auf einem verträglichen Pfad ist und die Innovationen tatsächlich verfügbar sind.