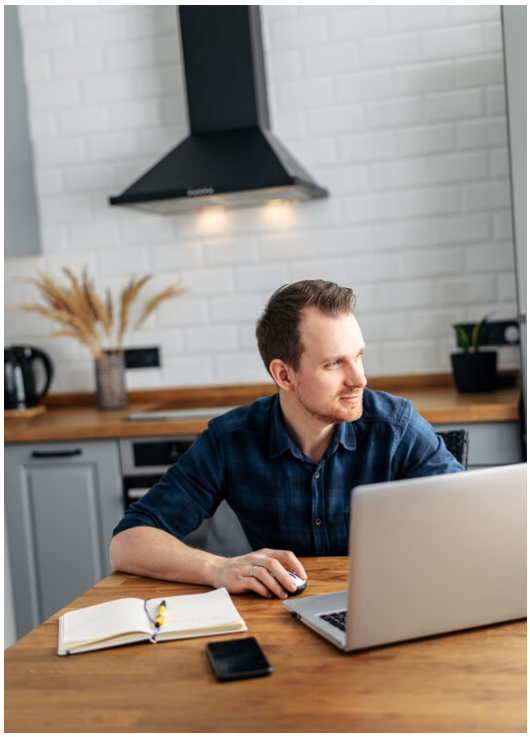
INSTITUT FÜR ENERGIE- UND UMWELTFORSCHUNG HEIDELBERG

Homeoffice und Ersatz von Dienst- und Geschäftsreisen durch Videokonferenzen

Potenziale zur Minderung der Treibhausgasemissionen unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus der Corona-Krise



ifeu paper 04/2021

Udo Lambrecht, Jan Kräck, Frank Dünnebeil

Heidelberg, Juli 2021

Dieses ifeu paper möchte Ergebnisse von Projektarbeiten, die am ifeu durchgeführt werden, der Öffentlichkeit zugänglich machen und damit den wissenschaftlichen Diskurs fördern. Der Inhalt wird von den Autoren und Autorinnen verantwortet und spiegelt deren Meinung wider. Die Autoren und Autorinnen begrüßen Rückmeldungen zu den Inhalten.

Kontakt: udo.lambrecht@ifeu.de

Zitierweise: Lambrecht, U., Kräck, J., Dünnebeil, F. (2021): Homeoffice und Ersatz von Dienst- und Geschäftsreisen durch Videokonferenzen. Potenziale zur Minderung der Treibhausgasemissionen unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus der Corona-Krise. ifeu paper 04/2021. Heidelberg

Förderung und Kooperation
Die Erarbeitung des Working Papers erfolgte im Rahmen des Forschungsvorhabens „Analysen und Bewertungen zur Klimaschutzwirkung von Instrumenten und Maßnahmen zur Treibhausgasminderung im Verkehr, Entwicklung von Gestaltungsoptionen“ ELMO4010. Das FE-Vorhaben wurde von ifeu-Institut im Auftrag des BMU mit finanziellen Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit durchgeführt. Für das Review des Working-Papers danken wir ganz herzlich Wiebke Zimmer vom Öko-Institut.

Bildnachweis Titelseite: oben ©insta_photos - stock.adobe.com; unten ©Вадим Пастух - stock.adobe.com

Inhalt

1 Hintergrund und Ziel der Studie **3**

2 THG-Minderungspotenziale einer erweiterten Homeoffice-Nutzung **4**

2.1 Zunahme der Homeoffice-Nutzung während der Corona-Pandemie 4

2.2 Berechnungsansatz THG-Minderungspotenzial 5

2.3 Kurzfristige verkehrliche Minderungspotenziale 8

2.4 Langfristige Minderungspotenziale 14

2.5 Fazit 20

3 THG-Minderung durch Ersatz von Dienst- und Geschäftsreisen durch Videokonferenzen **22**

3.1 Emissionen durch den Geschäftsreiseverkehr in Deutschland 24

3.2 Szenarien zur Minderung der THG-Emissionen 25

3.3 Energieverbrauch und CO_2-Emissionen durch Videokonferenzen 30

3.4 Exemplarische Beispiele: Reduktion der THG-Emissionen durch Videokonferenzen 31

3.5 Fazit Dienstreisen 33

4 Vergleich Minderungspotenziale Homeoffice und Reduktion Dienstreisen **34**

Abbildungen **35**

Tabellen **37**

5 Anhang **38**

5.1 Emissionsfaktoren der verwendeten Verkehrsmittel für Arbeitswege 38

5.2 Emissionsfaktoren der verwendeten Verkehrsmittel für Geschäftsreisen 38

5.3 Ergebnisse Tank to Wheel (ohne Vorketten) 39

5.4 Energieverbrauch für Homeoffice 40

5.5 Anteile der Erwerbstätigen nach Arbeitstagen pro Woche 41

Literaturverzeichnis **42**

1 Hintergrund und Ziel der Studie

Corona-Pandemie zeigt Möglichkeiten bei Homeoffice und Video-Konferenzen

Die Corona-Pandemie stellt die Gesellschaft vor große Herausforderungen. Gleichzeitig zeigte sie aber auch, dass gewohnte Verhaltensweisen sich in dieser Situation stark ändern konnten. Durch die notwendigen Kontaktbeschränkungen blieben viele Erwerbstätige im Homeoffice. Zudem wurden viele Besprechungen, Tagungen und Messen ins Internet verlegt. Es kann davon ausgegangen werden, dass zukünftig Homeoffice ebenso wie Videokonferenzen stärker als bisher genutzt werden. Hiermit stellt sich die Frage, inwieweit diese Änderungen sich auf die Treibhausgasemissionen in Deutschland auswirken könnten. Diese Studie geht daher der Frage nach, ob auf der Basis der Erfahrungen aus der Corona-Pandemie und weiterer Analysen belastbare Abschätzungen zu den **THG-Minderungspotenzialen einer erweiterten Homeoffice-Nutzung** sowie den **Ersatz von Dienst- und Geschäftsreisen durch Videokonferenzen** möglich sind.

Ziel der Untersuchung: THG-Minderungspotenziale im Verkehr durch Homeoffice und den Ersatz von Dienst- und Geschäftsreisen durch Videokonferenzen quantifizieren – sowie semi-quantitativ Folgewirkungen außerhalb des Verkehrs aufnehmen.

THG-Minderungspotenziale durch Homeoffice

Bisherige Studien fokussieren primär auf die Abschätzung der Minderung durch Entfall der Fahrten zum Arbeitgeber

Bisherige Analysen zur Abschätzung der Treibhausminderungspotenziale fokussierten primär auf die Abschätzung der aus einer Reduktion der Arbeitswege erfolgenden Minderung der verkehrlichen Emissionen. Das auf Basis dieser Analysen ermittelte Minderungspotenzial variiert zwischen 0,6 und 9 Mt CO_2-Äquivalent pro Jahr. Unterschiede resultieren primär aus stark differierenden Annahmen zum Anteil der im Homeoffice arbeitenden Beschäftigten sowie der Anzahl der jeweiligen Homeoffice-Tage. Rebound-Effekte (z.B. Umzug in weiter vom Arbeitsplatz entfernte Wohnorte) und Änderungen in der Gebäudenutzung (z.B. durch Entfallen von gewerblichen Arbeitsflächen) werden zwar öfters als relevant erwähnt, eine Quantifizierung findet aber kaum statt. In dieser Studie wird analysiert, welche THG-Minderungspotenziale sich durch eine verstärkte Homeoffice -Nutzung in Zukunft ergeben würden. Neben den direkten verkehrlichen Aspekten wird in einer Sensitivität auf weitere verkehrliche Folgewirkungen (Umzüge, Veränderung von Wegeketten mit anderen Wegezwecken) sowie in einem Exkurs auf mögliche Änderungen der Gebäudenutzung eingegangen.

THG-Potenzial durch Videokonferenzen zur Reduktion von Dienst- und Geschäftsreisen

THG-Minderungspotenzial von Videokonferenzen war umstritten. Während der Corona-Krise zeigten sich deren Möglichkeiten zur Reduktion von Geschäftsreisen deutlich

Das THG-Minderungspotenzial von Videokonferenzen wird bereits seit Längerem kritisch diskutiert. Trotz der deutlichen Zunahme von elektronischen Konferenzen ist bis zum Frühjahr 2020 die Anzahl der Geschäftsreisen nicht gesunken. Mit der Corona-Pandemie sind Web-Konferenzen zum Alltag in vielen Unternehmen geworden. Viele Unternehmen wollen mit dieser Erfahrung nach der Corona-Krise die Zahl der Dienstreisen reduzieren. Damit stellt sich auch die Frage nach zusätzlichen THG-Potenzialen durch eine Reduktion der Dienst- und Geschäftsreisen. Zur Ermittlung des Minderungspotenzials werden die Emissionen durch Dienst- und Geschäftsreisen in Deutschland abgeschätzt und in verschiedenen Szenarien angenommen, welcher Anteil hier durch Videokonferenzen ersetzt werden könnte.

2 THG-Minderungspotenziale einer erweiterten Homeoffice-Nutzung

2.1 Zunahme der Homeoffice-Nutzung während der Corona-Pandemie

Bis 50% der Beschäftigten während Corona im Homeoffice

Vor der Corona-Pandemie arbeiteten gemäß (DESTATIS 2020) ca. 13% der Beschäftigten in Deutschland im Homeoffice[1]. Von den Homeoffice-Arbeitenden nutzten rund 6% überwiegend, also täglich oder mindestens die Hälfte der Arbeitszeit Homeoffice und ca. 7% arbeiteten weniger als der Hälfte der Arbeitstage von zu Hause aus. Dies änderte sich während der Corona-Pandemie stark. Im Laufe des Jahres 2020 waren bis zu 40% der Beschäftigten im Homeoffice. Im ersten Lockdown im April 2020 arbeiteten bis zu 30% durchgängig im Homeoffice. Später im Jahr arbeiteten ca. 20 % durchgehend im Homeoffice, weitere 20 % zumindest teilweise. Im Februar 2021 waren nach einer IZA-Befragung (Bonin et al. 2021) sogar 49 % aller abhängig Beschäftigten ganz oder teilweise im Homeoffice.

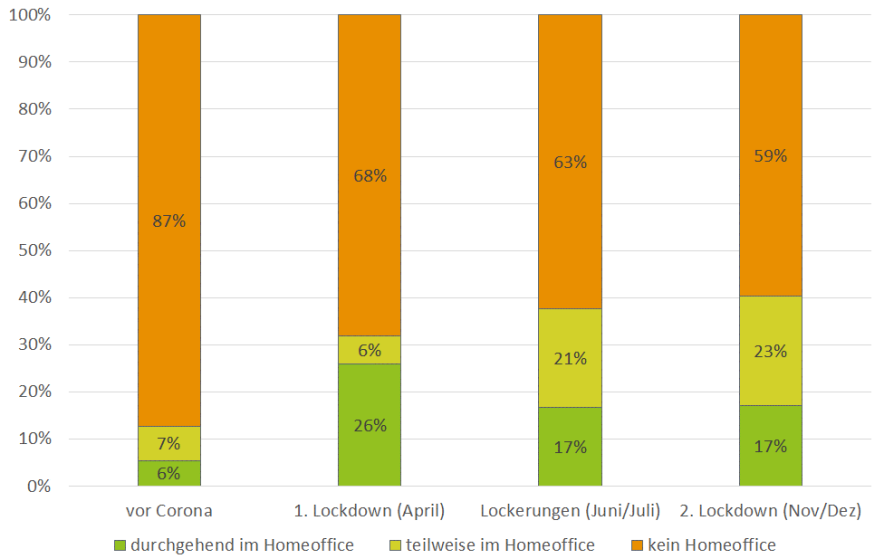


Abbildung 1: Angaben zur Homeoffice-Nutzung während der Corona-Krise in 2020 gemäß (DLR 2020) in Gegenüberstellung zum Jahr 2019 (vor Corona) nach (DESTATIS 2020).[2]

[1] In dieser Studie wird der Begriff „Homeoffice“ für das Arbeiten außerhalb der eigentlichen Arbeitsstätte genutzt. Damit schließen wir auch mobiles Arbeiten (Remote Work) ein, bei dem weniger strenge Anforderungen als beim Homeoffice gelten.

[2] Es gilt zu beachten, dass im Falle der Daten vor Corona, die Angabe „durchgehend im Homeoffice“ auch jene Erwerbstätigen beinhaltet, die mehr als die Hälfte ihrer Arbeitszeit im Homeoffice verbringt.

Wunsch nach Homeoffice-Nutzung auch nach der Pandemie

Bei vielen Beschäftigten zeigt sich jetzt stärker der Wunsch nach einer Ausweitung der Homeoffice-Möglichkeit. Zudem zeigen viele Arbeitgeber – auch auf Grund der Erfahrungen während der Corona-Pandemie – eine stärkere Offenheit zur Ausweitung des Homeoffices. Die Möglichkeit der Homeoffice-Nutzung hängt, wie (Alipour et al. 2020) feststellen, stark von der Branche und dem Bildungsgrad der Beschäftigten ab. Der Anteil der Beschäftigten, deren Arbeitstätigkeit grundsätzlich für regelmäßiges Homeoffice geeignet ist, sowie die Einschätzungen langfristiger Entwicklungen der Homeoffice-Nutzung, schwanken dabei zwischen den verschiedenen Untersuchungen. Allgemein wird davon ausgegangen, dass sich ein Hybrid-Modell durchsetzen wird: Erwerbstätige werden überwiegend nicht vollständig im Homeoffice sein, sondern auch weiterhin Präsenztage im Büro haben.

2.2 Berechnungsansatz THG-Minderungspotenzial

Primärer verkehrlicher Effekt durch verstärkte Nutzung von Homeoffice ist die **Vermeidung von Arbeitswegen**. Die Fahrten zum und vom Arbeitsplatz werden eingespart. Die beim Weg zur Arbeit entstehenden Emissionen hängen dabei von der Länge des Arbeitsweges und dem genutzten Verkehrsmittel ab. Das direkte THG-Reduktionspotenzial ergibt sich damit primär aus der Anzahl der zusätzlichen Homeoffice-Tage und den wegfallenden Emissionen durch die zuvor verwendeten Verkehrsmittel für den Arbeitsweg.

2.2.1 Aktuelle Untersuchungen zum THG-Minderungspotenzial von Homeoffice

Alle uns vorliegenden Studien konzentrieren sich auf die THG-Wirkungen einer direkten Änderung der Fahrleistungen durch Wegfall der Fahrt zum Arbeitsplatz. (Crow 2020) betrachtet als einzige Studie mit Änderungen des Energieverbrauchs in den privaten Haushalten auch indirekte THG-Wirkungen. Weitere Folgewirkungen, welche die direkten THG-Wirkungen verstärken oder auch vermindern können, werden in (IZT 2020) und (Clausen / Schramm 2021) zwar teilweise angesprochen, aber nicht quantifiziert.

Im Zwischenbericht der AG1 der NPM vom März 2019 (NPM 2019) wird für das Jahr 2030 ein Minderungspotenzial von **0,6 bis 1,3 Mt CO_2-Äqu**. durch Ausweitung der Homeoffice-Nutzung angegeben. Dabei wird angenommen, dass 3,4 Mio. Pendler (18% aller Erwerbstätigen) zusätzliche 1-2 Tage pro Woche im Homeoffice arbeiten sowie von einer mittleren Pendeldistanz von 16,86 km (heutiger Durchschnitt) und 100% Pkw-Nutzung ausgegangen. Dies ist, nach dem AG1-Zwischenbericht, als Maximalschätzung anzusehen.

Die Corona-Krise im Jahr 2020 war ein „Reallabor“ für die Nutzung von Homeoffice. Durchschnittlich 46% der Beschäftigten verbrachten während des Lockdowns mindestens einen Tag pro Woche im Homeoffice, manche arbeiteten sogar durchgängig von zuhause aus (Schramm 2020). Auf Basis von Annahmen zur Verkehrsmittelwahl und Anzahl der Homeofficetage wurde das CO_2-Einsparpotenzial des Lockdowns für den Zeitraum 16.3.2020 – 15.5.2020 durch Homeoffice in drei Szenarien ermittelt. Es wurde angenommen, dass 25% oder 50% der 18,8 Mio. Erwerbstätigen an 1-5 Tagen im Homeoffice arbeiten. Bei der Maximal-Annahme, dass 50% der Erwerbstätigen 5 Tage daheim arbeiten, ermittelte die Studie ein CO_2-Einsparpotenzial[1] von 1,5 Mt CO_2 (für zwei Monate), bei der Minimal-Annahme (25% arbeiten 1 zusätzlichen Tag im Homeoffice) von 153.000 t CO_2

[1] Die Studie berücksichtigt nicht, dass auch schon vor dem Lock-Down ein Teil der Beschäftigten im Homeoffice arbeiteten. Damit ist das hier ermittelte Potenzial höher als in anderen Studien, wo nur die Zusatzeffekte berücksichtigt werden gegenüber der Ausgangslage.

ausschließlich durch die Reduktion von Arbeitswegen. Hochskaliert auf das Jahr würden sich mit diesen Annahmen eine Bandbreite von **0,92 – 9 Mt CO_2** pro Jahr ergeben.

Eine Studie für Greenpeace (IZT 2020) kommt auf Basis der Erfahrungen im Lockdown auf maximale THG-Potenziale von mehr als 5 Mt CO_2-Äquivalente. Auch hier werden ein konservatives Szenario (25% Telearbeit-Anteil) und ein fortschrittliches Szenario (40% Telearbeit-Anteil) betrachtet. Es werden jeweils 1 bzw. 2 zusätzliche Homeoffice-Tage pro Woche berücksichtigt, um die Bandbreite der Einsparungen abzubilden. Dabei wird ein Verkehrsmittelmix angenommen und eine mittlere Pendeldistanz von 16 km. Dies führe zu einer Reduzierung der Verkehrsleistung für Arbeitswege zwischen 10,9 Mrd. Personen-km (Konservatives Szenario, 1 extra Tag) und 35,9 Mrd. Personen-km (fortschrittliches Szenario, zwei extra Homeoffice-Tage) mit entsprechenden Einsparungen **von 1,6 Mt THG-Äquivalenten bis 5,4 Mt THG-Äquivalenten**. Die Studie ermittelt das Minderungspotenzial von zusätzlichen Homeoffice-Tagen. Hierbei wird von Gesamtemissionen durch Arbeitswege von 30 Mt ausgegangen, die aufgrund der gewählten Abgrenzungen geringer liegen als in vorliegender Untersuchung sowie auch im Vergleich zu weiteren Studien. Die Studie nennt auch mögliche Rebound-Effekte der Telearbeit (Zusätzliche Fahrten, die normalerweise auf dem Arbeitsweg erledigt werden; zusätzlichen Energieverbrauch durch Internet als auch für Heizen, Kühlen etc. im Homeoffice). Diese werden in der Studie jedoch nicht in den Szenarienberechnungen berücksichtigt. Es wird angenommen, dass die Effekte klein sind – aber in weitergehenden Studien berücksichtigt werden sollten.

IEA (Crow 2020) analysiert die CO_2-Einsparungen der Ersetzung des Pendelverkehrs per Pkw durch Homeoffice für Haushalte in verschiedenen Staaten (USA, China, EU) im Sommer und im Winter. Im Unterschied zu den zuvor genannten Studien wird dabei auch der zusätzliche Energieverbrauch im Homeoffice (Heizen, Strom) berücksichtigt[1]. Für Europa wurde ein mittlerer Netto-Einspareffekt von 4,9 kg CO_2 (Sommer) bzw. 3,1 kg CO_2 (Winter) pro Homeoffice-Tag ermittelt. Während im Sommer die zusätzlichen Emissionen im Homeoffice gering sind (<10%) wird für den Winter ein zusätzlicher Energieverbrauch angenommen, der fast 50% des eingesparten Energieverbrauchs durch die vermiedenen Fahrten ausmacht. Für eine Hochrechnung für diese Studie wurde ein Mittelwert von 4 kg CO_2/Homeoffice-Tag in Europa angenommen. Bei der Annahme von 3,4 Mio. Erwerbstätigen (12% aller Erwerbstätigen) und 220 Arbeitstagen pro Jahr würde pro Homeoffice-Tag demnach eine Minderung von 3 Mt CO_2 pro Jahr in Deutschland resultieren. Bei zwei Tagen entsprechend **6 Mt CO_2-Äquivalent pro Jahr**.

Borderstep hat Ende Februar 2021 eine weitere Studie veröffentlicht (Clausen / Schramm 2021). Mit der Annahme, dass sich bei 43% der Beschäftigten 30% Homeoffice etablieren würde, ergibt sich ein Anteil von 12,9 % aller Beschäftigten im Homeoffice. Die Studie berücksichtigt zudem, dass bereits bisher 4,8 % aller Tage im Homeoffice verbracht wurden. Somit ergibt sich in der Studie ein Anstieg von 8,1 % aller Arbeitstage im Homeoffice und eine Reduktion von ca. 16 Mrd. km/a durch Pendeln. Zusammen mit angenommenen Änderungen des Modal-Splits wird eine Reduktion der Treibhausgasemissionen durch Pendeln von **1,5 Mt CO_2-Äquivalente** pro Jahr ermittelt. Für die Beurteilung der Einsparungen sieht die Studie auch die Notwendigkeit, Aufwand von Heizen im Homeoffice bzw. notwendige größere Wohnungen, die eingesparte Bürofläche sowie den Effekt von weiteren Pendelentfernungen zu berücksichtigen.

[1] Die Bedingungen für die Änderung des Energieverbrauchs im Homeoffice im Vergleich zum Arbeitsplatz sind in der Realität dabei stark abhängig von der Nutzung der Wohnung, den Alternativen im Büro sowie einer Reihe weiterer Faktoren.

Tabelle 1: Übersicht aktuelle Untersuchungen zum THG-Minderungspotenzial von Homeoffice

Basis-Quelle	Annahme	Fahrten	Reduktion Arbeitswege	Energie Homeoffice	Ergebnis	CO_2-Einsparung pro Jahr
(NPM 2019)	18% zusätzlich (3,4 Mio. Pendler) im Homeoffice (1-2 Tage)	alle per Pkw 33,7 km/Tag	X		CO_2-Minderungs-potenzial pro Jahr	0,6 - 1,3 Mt CO_2-Äqu.(2030)
(Schramm 2020)	25%/50% der 18,8 Mio. Erwerbstätigen arbeiten 1-5 Tage Homeoffice	Verkehrsmittelmix 33 km/Tag	X		CO_2-Minderung während Lockdown: 0,5 – 1,5 Mio t in zwei Monaten	0,92 - 9 Mt CO_2-Äqu.(aktuell)[1]
(IZT 2020)	25 bzw. 40% der Erwerbstätigen arbeiten 1 bzw. 2 Tage im Homeoffice	Verkehrsmittelmix 32 km/Tag	X		CO_2-Minderungs-potenzial pro Jahr	1,6 – 5,4 Mt CO_2-Äqu. (aktuell)
(Crow 2020)	CO_2-Einsparung pro Home--Office-Tag und Person	Pkw, 30 km/Tag. 12% Erwerbstätige 1-2 Tage pro Woche	X	X	CO_2-Minderungs-potenzial pro Homeoffice-Tag und Person: 4 kg CO_2	3 - 6 Mt CO_2-Äqu.(aktuell)[2]
(Clausen / Schramm 2021)	12,9% aller Arbeitstage im Homeoffice (vs. 4,8% vor Corona) . Reduktion Pendelstrecke 8,1%	Strecke 21 km; Reduktion Pendel-Fahrten um 16 Mrd. km	X		CO_2-Minderungs-potenzial pro Jahr	1,5 Mt CO_2-Äqu.

Insbesondere durch die unterschiedlichen Annahmen zur dem Anteil der Beschäftigten, die Homeoffice nutzen, sowie der unterschiedlichen Ausgangslage (teilweise werden die Homeoffice-Nutzungen vor Corona berücksichtigt, teilweise nicht) kommen die Studien zu sehr verschiedenen Minderungspotenzialen. Viele Effekte, die sich auf die Treibhausgasminderungspotenziale des Homeoffice potenziell auswirken, werden in den vorliegenden Studien nicht quantifiziert. Dabei kann es sich sowohl um kurzfristige Wirkungen (z.B. Einfluss auf Fahrleistungen anderer bisher mit dem Arbeitsweg verbundener Wegezwecke, Energieverbrauch der Büroarbeitsplätze) als auch langfristige Wirkungen (z.B. Veränderung von Arbeitswegelängen, Verkehrsmittelwahl und Energiebedarf des Wohnens durch andere Wohnortentscheidung) handeln. Ob solche Folgewirkungen die direkten Emissionseinsparungen signifikant verstärken oder reduzieren können, oder ob eine verstärkte Homeoffice-Nutzung womöglich sogar sektorübergreifend insgesamt zu höheren Treibhausgasemissionen führen könnte, lässt sich damit anhand vorliegender Studien nicht beurteilen.

2.2.2 Berechnungsansatz dieser Studie

Primäre verkehrliche Wirkung zur Minderung der Treibhausgasemissionen durch das Homeoffice ist die Reduktion der Arbeitswege (siehe Abbildung 2). Bei der Analyse des Minderungspotenzials ist noch zu berücksichtigen, dass während des Arbeitsweges häufig Aktivitäten (z.B. Einkäufe) erledigt werden, die auch bei Homeoffice weiterhin anfallen und in dem Fall zu **zusätzlichen Fahrten** führen können. Konservativ nehmen wir an, dass diese Wege auch bei Homeoffice weiterhin anfallen und somit die eingesparten Fahrleistungen insgesamt geringer ausfallen als bei einem vollständigen Wegfall der Fahrt. Damit wird das Minderungspotenzial reduziert.

Bei einer Betrachtung des **langfristigen Potenzials** müssen noch weitere Effekte berücksichtigt werden, die zu einer Verminderung als auch zu einer Verstärkung des Treibhausgasminderungspotenzials führen könnten.

[1] Eigene Hochrechnung für diese Studie: Lockdown (2 Monate) auf das Jahr hochgerechnet
[2] Eigene Hochrechnung für diese Studie: 12% der Erwerbstätigen machen 1-2 Tage pro Woche mehr Homeoffice

- Digitale Arbeitsmodelle können längerfristig verkehrliche **Rebound-Effekte** aufweisen, z.B. durch eine Erhöhung der Wegelängen und verstärkte Pkw-Nutzung als **Folge eines Umzugs** in weiter vom Arbeitsplatz entfernte und schlechter an den Umweltverbund angeschlossene Wohnorte, aber auch Mehrverkehre durch zusätzliche Freizeitaktivitäten in der durch die geringere Pendelzeit gewonnenen Zeit.
- Homeoffice ermöglicht die effizientere Nutzung der **gewerblichen Büroflächen** beim Arbeitgeber, wenn entsprechende flexible gewerbliche Büroplätze vorhanden sind. Werden bisherige Strukturen bei vielen Firmen/Institutionen (jeder Arbeitnehmer hat seinen Schreibtisch) beibehalten, so kann dies dazu führen, dass **zusätzliche Aufwendungen** für die Ausstattung/Betrieb von zwei Arbeitsplätzen (daheim/Büro) entstehen.
- Weiterhin können bei einer Etablierung von **festen langfristigen Homeoffice-Arbeitsplätzen** zusätzliche Emissionen durch Heizung und Strombedarf z.B. durch eine Ausweitung der privaten Wohnflächen auftreten.

Schwerpunkt dieser Studie ist die Abschätzung der Minderungen der Treibhausgasemissionen durch die Vermeidung von Arbeitswegen (Kap. 2.3.3) unter Berücksichtigung möglicher Zusatzwege (2.3.4). Zudem wird in einer Sensitivität betrachtet, welchen Effekt der Umzug eines Teils der Erwerbstätigen weiter weg vom Arbeitgeber hätte (2.4.2). In einem Exkurs (Kap. 2.4.3) wird auf mögliche Effekte durch die Reduktion von gewerblichen Büroflächen auf die Treibhausgasemissionen eingegangen. Eine Übersicht über die in der Studie berücksichtigten und diskutierten Effekte gibt folgend folgende Graphik.

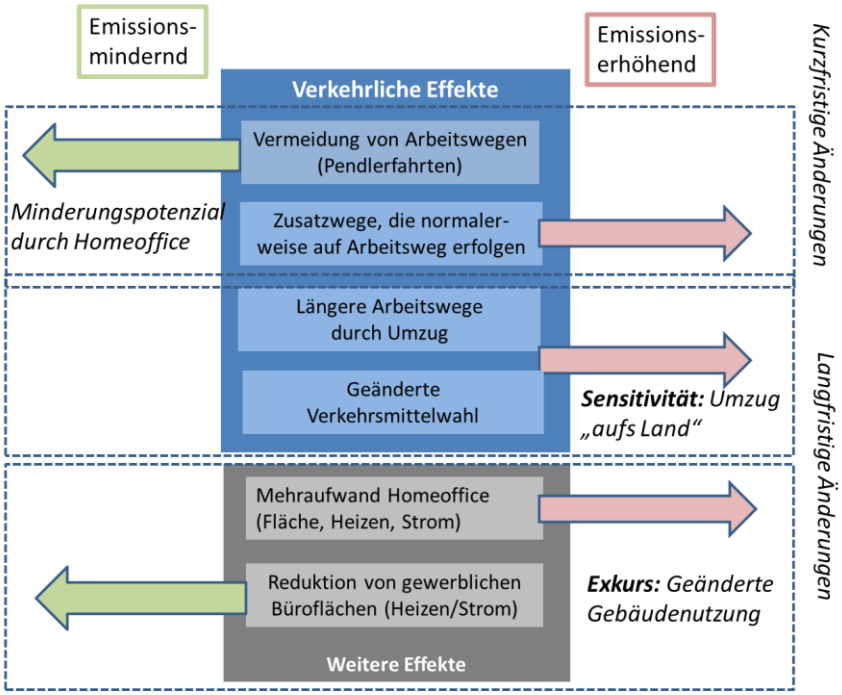


Abbildung 2: Änderung der THG-Emissionen durch verstärkte Homeoffice-Nutzung

2.3 Kurzfristige verkehrliche Minderungspotenziale

In diesem Kapitel werden die THG-Minderungspotenziale für den Fall abgeschätzt, dass ein erhöhter Anteil von Beschäftigten im Homeoffice arbeitet und entsprechend an diesen Tagen nicht zum Arbeitsplatz fährt. Dabei werden keine Änderungen bei der

Verkehrsmittelwahl und den Entfernungen angenommen. In einem zweiten Schritt wird abgeschätzt welche Emissionen zusätzlich auftreten könnten, wenn Aktivitäten, die normalerweise auf dem Weg zur Arbeit und zurück (z.B. Einkäufe, sportliche Aktivitäten) gemacht werden, bei Homeoffice-Tätigkeit zu zusätzlichen Fahrten führen.

2.3.1 Anteil der Arbeitswege an der Gesamtverkehrsleistung in Deutschland

Die Arbeitswege haben mit 674 Mio. Pkm pro Tag einen Anteil von 21% an der täglichen Gesamtverkehrsleistung von 3,2 Mrd. Pkm in Deutschland (infas et al. 2019). Damit sind sie nach dem Freizeitverkehr (34%) der zweitrelevanteste Wegezweck, gefolgt von knapp 17% für dienstliche Zwecke, 12% für Erledigungen und 7% für Einkauf. Weitere rund 6% fallen auf Wege zu Begleitzwecken und ca. 4% der Personenkilometer entfallen auf die Erreichung des oder Rückkehr vom Ausbildungsplatz.

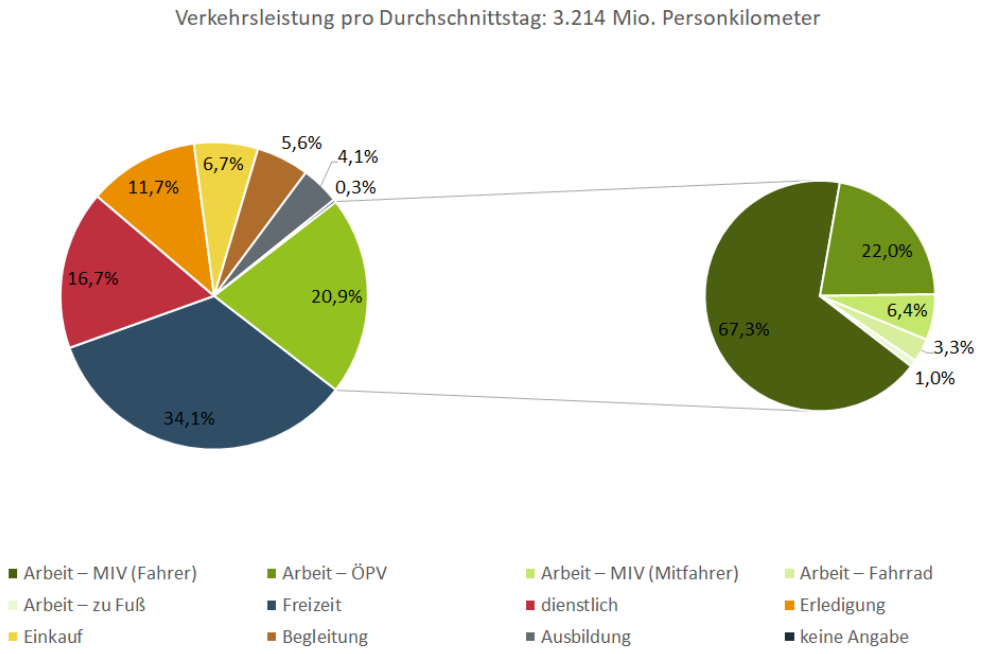


Abbildung 3: Verkehrsleistung an einem durchschnittlichen Tag unterteilt nach Wegezwecken gemäß (INFAS 2019)

Der motorisierte Individualverkehr hat mit 67% (Fahrer) und 6% (Mitfahrer) den größten Anteil an den Arbeitswegen. Danach folgt mit 22% der Öffentlichen Personenverkehr (ÖPV), der Radverkehr hat einen Anteil von knapp über 3%.

2.3.2 Treibhausgas-Emissionen für die Fahrt zum Arbeitsplatz (Arbeitswege)

Die Treibhausgasemissionen auf Arbeitswegen wurden auf Basis der Wegelängen aus der MID 2017 und anhand der THG-Emissionsfaktoren aus TREMOD 6.16 differenziert nach den jeweils verwendeten Verkehrsmitteln ermittelt. Für die rund 246 Mrd. Personen-km pro Jahr wurde eine THG-Emission (WtW) von 39,2 Mt ermittelt. Hiervon entfallen 36,1 Mt auf den Pkw und 3,2 Mt auf den öffentlichen Verkehr. Pro Arbeitsweg (einfach) entspricht dies ca. 2,6 kg THG-Emissionen. Diese Daten sind die Grundlage für die folgenden Abschätzungen.

2.3.3 Reduktionspotenzial durch Vermeidung von Arbeitswegen

Die Abschätzung des kurzfristigen THG-Minderungspotenzials wurde für zwei Szenarien vorgenommen. Der Anteil der Homeoffice-Nutzenden sowie die Anzahl der Tage im Homeoffice sind die hierbei bestimmenden Größen:

- In der Ausgangslage (Basissituation vor Corona) beträgt der Anteil der Homeoffice-Nutzenden 13%, davon sind 6% überwiegend im Homeoffice. Im Schnitt sind die Angestellten 2,6 Tage im Homeoffice (Die mittlere Anzahl an Tagen pro Woche, die bisher im Homeoffice verbracht wurden, wurde mittels der MID 2017 abgeschätzt). Die Anzahl der Arbeitswege ist somit um etwa 4,9%[1] niedriger gegenüber dem Fall, wenn alle Beschäftigten an jedem Arbeitstag zur Arbeitsstelle pendeln würden.
- Im Szenario 1 (Konservatives Szenario) steigt der Anteil der Homeoffice-Nutzenden auf 20% an. Etwa 13% der Erwerbstätigen sind dabei überwiegend im Homeoffice. Die Anzahl der Homeoffice-Tage steigt in diesem Szenario entsprechend der Situation im Herbst 2020 im Mittel auf 3,3 Tage (Zehl et al. 2020) pro Woche gegenüber 2,6 vor Corona. Damit gehen insbesondere Beschäftigte, die mehr als drei Tage pro Woche zu Hause arbeiten zusätzlich ins Homeoffice. Die Anzahl der Tage am Arbeitsplatz und der Arbeitswege geht in diesem Fall gegenüber der Ausgangslage um 4,6% zurück. Damit reduzieren sich die THG-Emissionen um 1,9 Mt CO_2.
- Im zweiten Szenario (Optimistisches Szenario) steigt der Anteil der Homeoffice-Nutzenden auf 40%. Dies entspricht in etwa dem Anteil während der Pandemie 2020. Als durchschnittliche Anzahl der Homeoffice-Tage werden ebenfalls 3,3 Tage angenommen. Die Anzahl der Fahrten zum Arbeitsplatz liegt damit um 18,9% niedriger als in der Ausgangslage und 13,9% niedriger als im Szenario 1. Das Wegfallen dieser Arbeitswege führt zu einer Reduktion der THG-Emissionen gegenüber der Ausgangslage um 5,8 Mt CO_2.

[1] Die MID-Daten beziehen sich auf einen Durchschnittstag im Jahr und eine 7-Tage Woche. Home-Office-Aktivität liegt dabei in MID zwischen weniger als einem bis zu sieben Tage pro Woche. Im Schnitt werden somit rund 5% der Fahrten eingespart, indem 13% der Beschäftigten im Schnitt an 2,65 von sieben Tagen pro Woche von zu Hause aus arbeiten. Auf die 5-Tage-Arbeitswoche bezogen wären dies dann ca. 1,9 Tage pro Arbeitswoche.

Tabelle 2: Eckdaten der Szenarien mit kurzfristigen Minderungspotenzialen gegenüber der Ausgangslage.

	Ausgangslage	**Konservatives Szenario**	**Optimistisches Szenario**
Anteil der Erwerbstätigen, die Homeoffice nutzen	13%	20%	40%
Anteil der Erwerbstätigen, die mehr als drei Tage im Homeoffice sind	4%	10%	21%
Mittlere Anzahl Tage pro Woche im Homeoffice	2,65	3,3	3,3
Reduktion der Arbeitswege gegenüber der Ausgangslage	-	4,6%	13,9%
Reduktion der Arbeitswege pro Jahr	-	0,8 Mrd.	2,3 Mrd.
Reduktion der THG-Emissionen (WtW)	-	1,9 Mt	5,8 Mt

2.3.4 Zusatzwege, die normalerweise auf dem Arbeitsweg erfolgen

Beide Szenarien gehen von gleichbleibenden Entfernungen pro Arbeitsweg und unveränderter Verkehrsmittelwahl aus. Die Fahrt zur Arbeit wird jedoch oft mit anderen Aktivitäten (Einkauf, Freizeit, Bring- und Holdienste) kombiniert, für die in der Kombination mit dem Arbeitsweg keine oder nur kurze zusätzliche Fahrleistungen anfallen. Werden diese Aktivitäten bei Homeoffice-Nutzung isoliert erbracht, wird dadurch ein Teil der wegfallenden Arbeitswege kompensiert.

Nach MID 2017 sind 70% der Fahrten direkt vom Wohnort zum Arbeitsplatz bzw. zurück. 30% der Arbeitswege werden mit anderen Aktivitäten kombiniert.

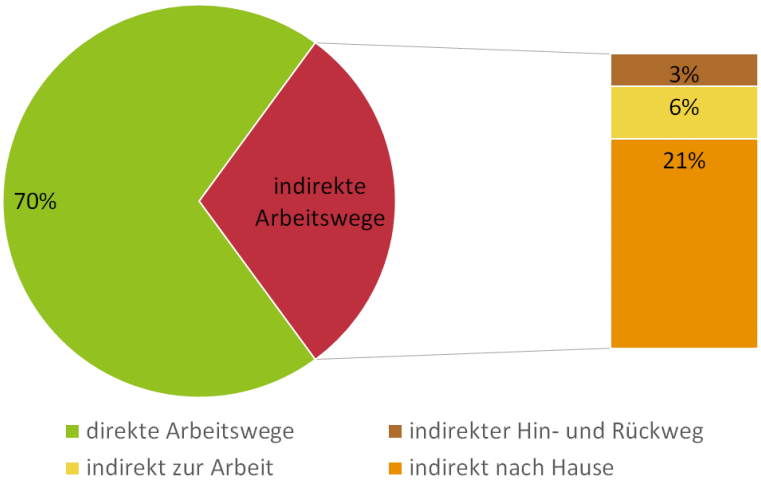


Abbildung 4: Anteile der Personen mit Arbeitswegen, die sich direkt oder indirekt zur Arbeitsstätte oder nach Hause begeben.

Während bei den indirekten Hinwegen nach MID 2017 zumeist die Begleitung weiterer Personen mit 41% die Hauptrolle hat, ist es bei den indirekten Heimwegen der Einkauf mit rund 29%. Hohe Anteile haben Freizeit mit 22% (Hinweg) bzw. 25% (Heimweg) und Erledigungen mit 17% (Hinweg) und 18% (Rückweg). Dazu kommen noch Einkauf mit 10% und bei den Rückwegen dienstliche Erledigungen mit 17%.

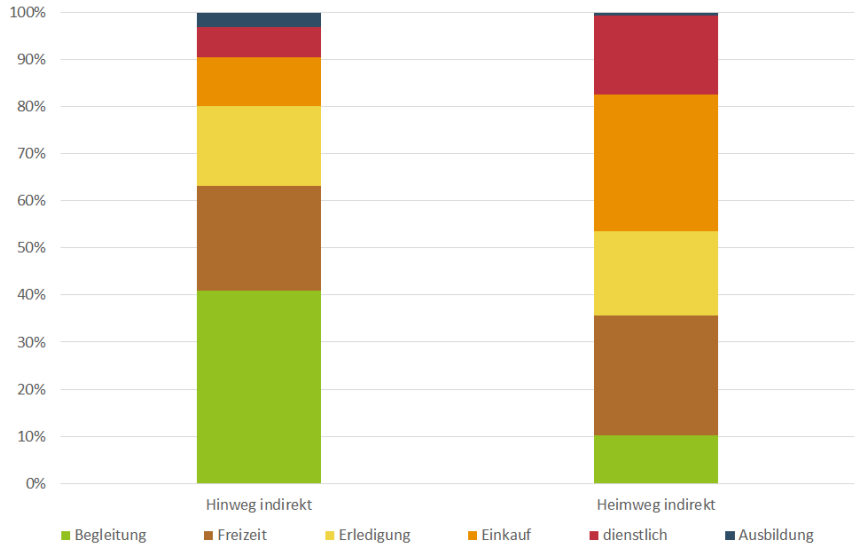


Abbildung 5: Anteile an den zusätzlichen Wegezwecken bei indirektem Weg zur oder von der Arbeitsstätte nach Hause.

In einer vereinfachten Sensitivitätsanalyse wurden die Emissionen ermittelt, die entstehen würden, wenn Aktivitäten (Bringdienste, Einkäufe, …), die zuvor von zu Hause auf dem Weg zur Arbeit oder umgekehrt quasi als Zwischenziel erledigt wurden, weiterhin auch bei Homeoffice als Extra-Fahrt erfolgen würden. Es wurden jeweils die den Wegezwecken entsprechenden Entfernungen aus der MID zu Grunde gelegt. Für das konservative Szenario wurden 0,4 Mt CO_2-Äquiv. und im optimistischen Szenario 0,8 Mt CO_2-Äquivalente für diese Wege ermittelt. Dies würde die THG-Minderungen gegenüber der Ausgangsbetrachtung, ohne der zusätzlichen Wege um 14-20 % abschwächen. Für eine genauere Analyse, wie die bisher auf dem Arbeitsweg erfolgten Aktivitäten (Bringdienste, Einkäufe etc.) langfristig erledigt werden sind weitere Untersuchungen notwendig.

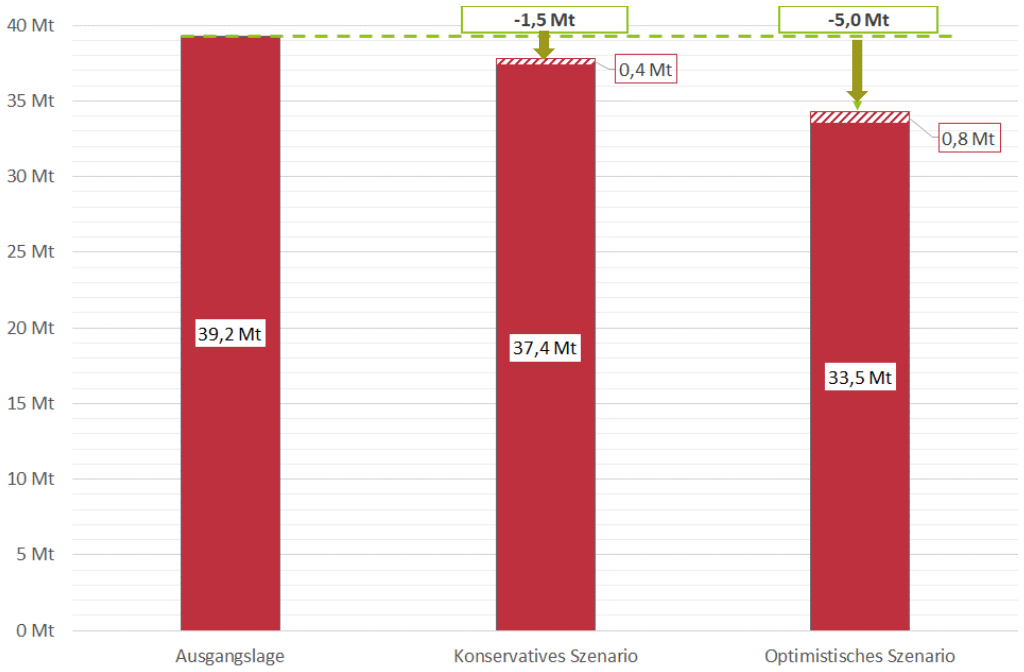


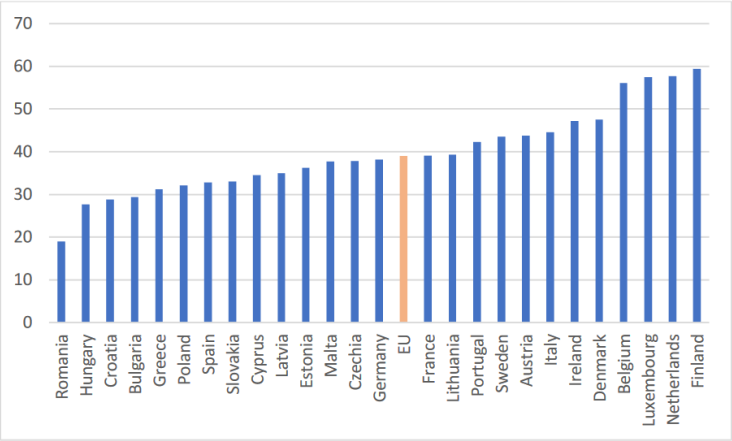
Abbildung 6: THG-Emissionen (WtW) durch den Berufsverkehr und Einsparungen im konservativen und optimistischen Szenario unter Berücksichtigung der verknüpften Wegezwecke bei indirekten Arbeits- oder Heimwegen von der Arbeitsstätte.

Eine Betrachtung der Arbeitswege mit unveränderten Annahmen zu Wegelängen und Verkehrsmittelwahl gibt nur einen Hinweis auf die potenzielle kurzfristige Änderung. Bei der Potenzialabschätzung einer längerfristigen Änderung der THG-Potenziale müssen noch weitere Effekte in Betracht gezogen werden. Änderungen durch Umzüge und der Nutzung von gewerblichen Flächen werden im nächsten Kapitel diskutiert.

2.4 Langfristige Minderungspotenziale

Die langfristigen Potenziale für Homeoffice hängen von der grundsätzlichen Eignung der jeweiligen Beschäftigung für Homeoffice ab. In verschiedenen Studien wurden grundsätzliche Potenziale für Homeoffice differenziert nach Branchen sowie weiteren Kriterien (Regionen, Betreuungssituation, ökonomischer Status, Bildungsniveau) untersucht. Dabei kommen Studien teilweise zu deutlich unterschiedlichen Einschätzungen:

- Nach Aussagen des DIW aus dem Jahr 2016 erlaubt der Arbeitsplatz bei etwa 60% der Beschäftigten keine Arbeit zu Hause (Brenke 2016). Dies trifft insbesondere auf die Land- und Forstwirtschaft als auch das Baugewerbe zu.
- Laut (Alipour et al. 2020) könnten 56 % der Beschäftigten in Deutschland zumindest zeitweise von zu Hause arbeiten. Das Potenzial bei Versicherungen und Dienstleistungen wird auf ca. 90 % geschätzt, im Bausektor liegt es bei etwa 40%. Es zeigt sich zudem eine große Differenz nach Einkommen und Ausbildung: das Nutzungspotenzial für zumindest gelegentliches Homeoffice liegt bei Personen mit Hochschulabschluss bei rund 86 % und ohne Hochschulabschluss bei ca. 47 %.
- Während der COVID-19-Krise haben europaweit Angestellte vermehrt im Homeoffice gearbeitet (Eurofond 2020). Dabei gibt es große Unterschiede (wie schon vor der Krise) zwischen den verschiedenen Staaten. Während in Rumänien weniger als 20 % im Homeoffice arbeiteten, waren es in Finnland etwa 60 %. Deutschland lag mit ca. 40 % in etwa auf dem Durchschnittswert der EU (Dingel / Neiman 2020) zeigten, dass 37% der Jobs in den USA vollständig im Homeoffice getan werden könnten. Bei einigen Ländern (Luxemburg, Schweden) wird hier das Potenzial – wegen anderer Strukturen der dortigen Beschäftigung (z.B. höhere Anteile in der Verwaltung / Bürojobs) – noch höher angesehen.



Note: no data for Slovenia. Country breakdowns not provided for round 2 (June/July 2020) due to limited observation count in most countries
Source: Eurofound Living, Working and COVID-19 survey, round 1 (author's elaboration)

Abbildung 7: Anteil der Angestellten im Homeoffice während COVID-19 Krise, April 2020, nach Staaten (Eurofond 2020)

- Im Februar 2021 waren nach einer aktuellen IZA-Befragung (Bonin et al. 2021) 49 % aller abhängig Beschäftigten ganz oder teilweise im Homeoffice. Längerfristig könnte durch eine weitere Digitalisierung und Automatisierung/Robotisierung sowie Abbau/Umwidmung von Arbeitsplätzen in der Produktion der Anteil der Homeoffice-fähigen Arbeitsplätze weiterwachsen und damit die Arbeitswege weiter reduziert werden.

Die Bandbreiten in der Literatur reichen damit von 40 bis 56% möglichen Anteilen an Beschäftigten im Homeoffice. In den Langfristszenarien 2030 werden somit entsprechend 40% und 55% der Beschäftigten Homeoffice-Möglichkeiten betrachtet. Weiterhin ist zu erwarten, dass es langfristig bei stärkeren Homeoffice-Möglichkeiten zu Umzügen und damit Veränderungen der Arbeitswege (Entfernung, Verkehrsmittelwahl) kommen kann. Zudem könnte ein höherer Anteil von Home-Office Auswirkungen auf die Anzahl der gewerblichen Büroflächen und den damit zusammenhängenden Energieverbrauch haben. Beide Effekte werden im Folgenden beleuchtet.

Exkurs: Längere Arbeitswege im ländlichen Raum und höhere Pkw-Nutzung

Die mittleren Wegelängen bei Arbeitswegen bei Bewohnern in den Metropolen oder der zentralen Stadt liegen bei 13 bzw. 14 km. Dagegen erhöhen sich die Strecken bei Bewohnern im kleinststädtischen Raum/dörflichen Raum auf 19-20 km (eigene Auswertungen der MID).

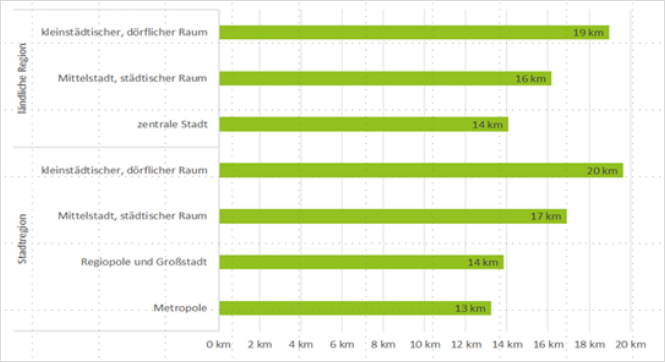


Abbildung 8: Mittlere Wegelängen pro Person nach regionalspezifischen Raumtypen der Haushalte für Arbeitswege

Zudem wird in den Metropolen zu einem größeren Teil der öffentliche Verkehr und weniger der Pkw genutzt. Der mittlere Anteil der Pkw-Nutzung liegt in den Metropolen bei etwa 50%, bei den Arbeitswegen in ländlichen Regionen steigt er bis über 85% an. Beide Faktoren haben entsprechend eine Wirkung auf die Emissionen durch das Pendeln.

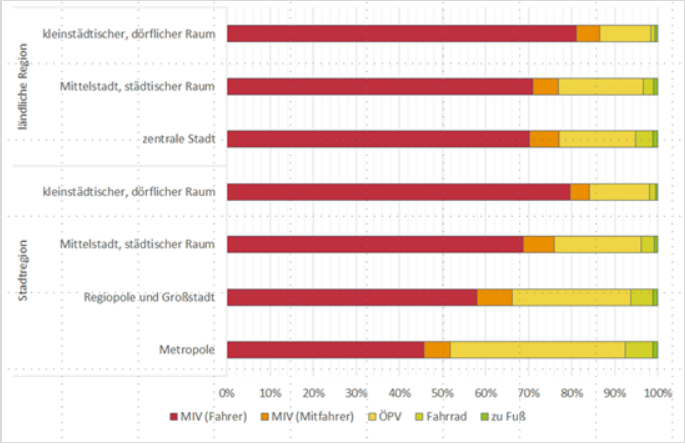


Abbildung 9: Anteile der Verkehrsmittel an der Verkehrsleistung für Arbeitswege differenziert nach siedlungsspezifischen

2.4.1 Reduktionspotenzial durch die Vermeidung von Arbeitswegen

Für das Jahr 2030 wurden zwei weitere Szenarien analysiert. Dabei wurden als Ausgangspunkt der Betrachtungen die gesamten Fahrleistungen der Arbeitswege gegenüber 2017, also vor der Corona-Pandemie (infas et al. 2019) konstant gehalten. Die spezifischen Emissionen der Verkehrsmittel wurden jedoch für das Jahr 2030 angesetzt (TREMOD 6.16)

- Im ersten Szenario steigt der Anteil der Homeoffice-Nutzenden (analog zum optimistischen Szenario) von bisher 13% (vor Corona) auf 40% (Langfristszenario 1a) an. Die durchschnittliche Anzahl der Homeoffice-Tage der Erwerbstätigen wird mit 3,3 Tage angesetzt. Hierdurch reduziert sich die Personentransportleistung auf Arbeitswegen um rund 13,9%, die Emissionen sinken um 4,7 Mt CO_2 pro Jahr im Gegensatz zu einer Homeofficenutzung, wie sie vor der Corona-Pandemie bestand.
- Im zweiten Szenario (Langfristszenario 2a) steigt der Anteil der Homeoffice-Nutzenden auf 55%. Damit wird mit diesem Szenario aus heutiger Sicht eher eine optimistische Sicht beschrieben. Die angenommene durchschnittliche Anzahl der Homeoffice-Tage liegt ebenfalls bei rund 3,3 Tagen. Diese Minderung von Arbeitswegen um 21% gegenüber dem Ausgangszustand führt zu einer Minderung der THG-Emissionen um 7,1 Mt CO_2.

Wie bei den kurzfristigen Minderungspotenzialen wurden auch die Emissionen durch Zusatzwege für Aktivitäten (z.B. Einkaufen, Bring- und Holdienste) abgeschätzt, die auch im Homeoffice erfolgen. Diese vermindern das THG-Minderungspotenzial um 0,6 bzw. 0,9 Mt CO_2-Äquivalent. Unter der Annahme, dass keine zusätzlichen Umzüge mit geänderten Arbeitswegelängen erfolgen, gehen damit im Szenario 1 (40% Homeoffice) die Emissionen um 4,2 Mt, im Szenario 2 (55% Homeoffice) um 6,2 Mt CO_2 zurück (bei konservativer Berücksichtigung der Zusatzwege von Aktivitäten, die normalerweise auf dem Arbeitsweg erfolgen).

Tabelle 3: Eckdaten der Langfrist-Szenarien

	Ausgangslage	**Konservatives Szenario (1)**	**Optimistisches Szenario (2)**
Mittlere Anzahl Tage pro Woche im Homeoffice	2,65	3,3	3,3
Anteil der Erwerbstätigen, die Homeoffice nutzen	13%	40%	55%
Reduktion der Arbeitswege gegenüber der Ausgangslage	-	13,9%	21%
Reduktion der Arbeitswege pro Jahr (in Mrd. Arbeitswege)	-	2,2 Mrd.	3,4 Mrd.
Reduktion der THG-Emissionen (WtW) durch Verringerung der Arbeitswege	-	4,7 Mt	7,1 Mt
THG-Emissionen (WtW) durch Zusatzwege von Aktivitäten, die normalerweise auf dem Arbeitsweg erfolgen	-	0,6 Mt	0,9 Mt

2.4.2 Sensitivität: Längere Arbeitswege durch Umzug

Wohnen weiter weg vom Arbeitgeber könnte durch Homeoffice attraktiver werden

Die Möglichkeit der verstärkten Homeoffice-Nutzung kann das Wohnen weiter weg vom Arbeitgeber, z.B. auf dem Land, attraktiver machen. Mit der Erfahrung aus der Corona-Krise und dem Weiterschreiten der Digitalisierung kam der Wunsch bei vielen Menschen auf im Grünen zu wohnen oder auch näher bei Freunden und Familie zu sein. Nach einer repräsentativen Umfrage von bitkom (Markert / Pauly 2020) würden ca. 20% der Berufstätigen umziehen, wenn sie in Zukunft größtenteils im Homeoffice arbeiten könnten. Um diesen Effekt zu berücksichtigen wurde als Sensitivität abgeschätzt welche THG-Emissionen entstehen würden, wenn 20% der Homeoffice-Nutzenden, die in Stadtregionen wohnen auf das Land ziehen würden[1]. Was bei Anteil von 40% Homeoffice-Nutzenden in etwa 2,4 Mio. Beschäftigten entspricht. Dabei wurden längere Strecken für die Fahrt zur Arbeit und eine veränderte Verkehrsmittelwahl (mehr Pkw) als auch die Veränderungen für Aufwendungen sowie im Modal-Split für weitere Wegezwecke (z.B. Einkauf) der umziehenden Haushalte berücksichtigt.

Hierbei wird angenommen, dass die Anzahl der Wege je Haushalt der umziehenden Beschäftigten zu jedem Wegezweck (Arbeit, Einkauf, Erledigung, etc.) nach dem Umzug in Kleinstädte und Dörfer gleichbleibt. Aufgrund des unterschiedlichen Verkehrsmittelangebots (z.B. ÖPNV-Zugang und Verfügbarkeit) wird eine Änderung des Modal-Split, die der ländlichen Bevölkerung in den Zielregionen entspricht, unterstellt. Auch die mittleren Wegestrecken je Zweck und Verkehrsmittel in Kleinstädten und Dörfern werden übernommen. Die Pendelwegstrecke erhöht sich in der Gruppe der Umzügler im Schnitt auf das 1,5-fache. Der Anteil der MIV-Fahrer steigt von 54% auf 89%, da neben dem ohnehin höheren Anteil im Ländlichen am MIV (siehe auch Exkurs Abbildung 9) auch diejenigen, die zuvor im städtischen ihren Arbeitsweg mit dem Rad oder zu Fuß zurücklegten, nun vollständig aufgrund der höheren Distanz zur Arbeit die verbliebenen Arbeitswege ebenfalls im MIV bewältigen.

Umzugsbedingt würden somit für die betrachteten Haushalte[2] im Jahr 2030 ca. 1,5 Mt bzw. 2,1 Mt mehr CO_2 entstehen. Diese Erhöhung geht ca. zur Hälfte auf längere Arbeitswege und einen höheren Pkw-Anteil und zur Hälfte auf die Änderungen der Emissionen bei sonstigen Wegen, die nicht auf dem Arbeitsweg erfolgen (z.B. Freizeitverkehr am Wochenende) zurück.

[1] Etwa 78% der Gesamtbevölkerung wohnt in den hier berücksichtigten städtischen Gebieten (Eigene Abschätzung auf Basis von (INFAS 2019)). Wenn 20% der Homeoffice-Nutzenden aus städtischen Gebieten aufs Land ziehen, dann sind das bei einem Homeoffice-Anteil von 40% ca. 6% der Beschäftigten in Deutschland.

[2] In der Berechnung werden nicht nur die Änderungen der zurückgelegten Strecken der Beschäftigen berücksichtigt, sondern auch die Änderungen des mitumziehenden Haushaltes.

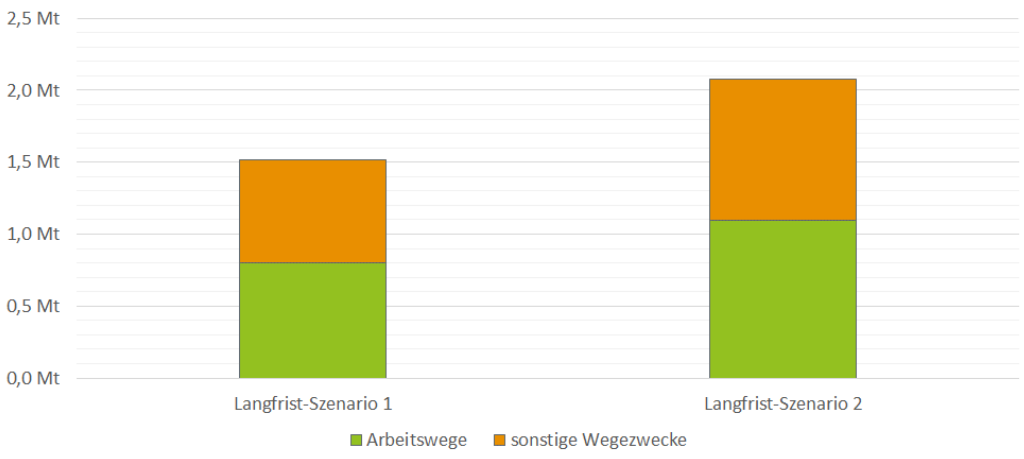


Abbildung 10: Abschätzung der THG-Emissionsänderung durch Umzug von 20% der Homeoffice-Nutzenden von Städten (Metropolen, Regiopolen, Mittelstädte und zentrale Städte) in Kleinstädte und Dörfer.

In den Szenarien 1b und 2b sind diese Zusatzemissionen berücksichtigt. Die verkehrlichen Emissionen würden durch einen Umzug von 20% der Homeoffice-Nutzenden in Städten in Kleinstädte (Sensivitätsbetrachtung) von 27,9 (inklusive zusätzlicher Wege anderer Zwecke) auf 29,4 Mt CO_2 und im Szenario 2 von 25,8 auf 27,9 Mt steigen. Damit würde das Minderungspotenzial im Langfristszenario 1, unter Berücksichtigung von Zusatzwegen für weitere Zwecke von 4,1 Mt auf 2,5 Mt und im Langfristszenario 2 von 6,2 auf 4,1 Mt CO_2 zurückgehen.

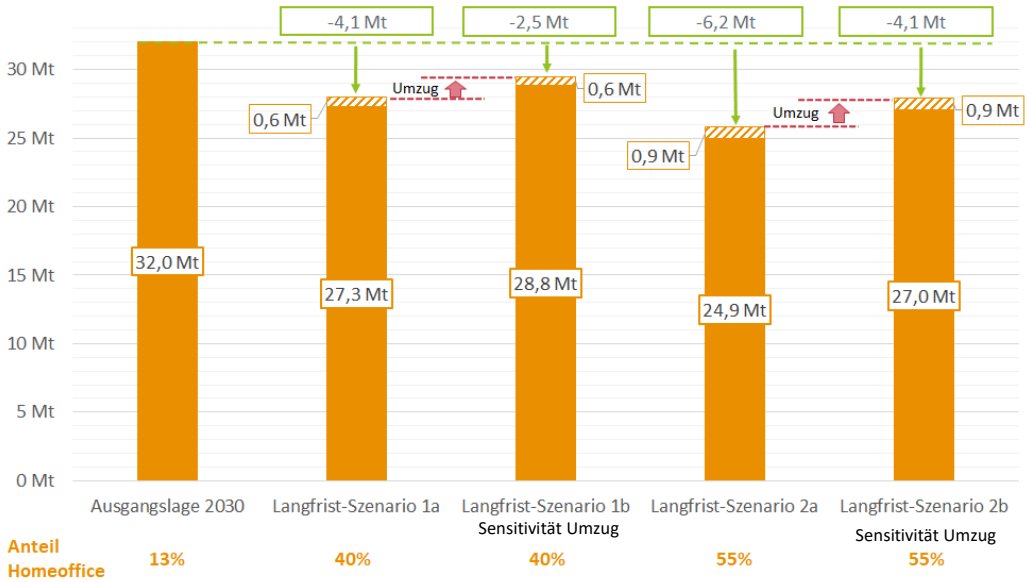


Abbildung 11: THG-Emissionen (WtW) in den langfristigen Szenarien für 2030 im Verkehrssektor **durch Arbeitswege** unter Berücksichtigung der Unsicherheiten bezüglich der Zusatzzwecke sowie der Änderungen bei Umzug von 20% der Homeoffice-Nutzenden samt Haushalt in ländliche Regionen. Die Verkehrsmenge entspricht den Angaben der MiD 2017, die Emissionsfaktoren beziehen sich auf das Jahr 2030 gemäß TREMOD-Trend-Szenario. Rote Pfeile stellen die Zusatzemissionen (Sensitivität) durch Umzüge dar.

2.4.3 Exkurs: Emissionen durch geänderte Gebäudenutzung

Änderungen des Energiebedarfs in Bürobestand und Homeoffice

Neben Änderungen der verkehrsbedingten Emissionen können weitere emissionsrelevante Folgewirkungen durch Homeoffice-Nutzung auch durch eine längerfristig veränderte Gebäudenutzung entstehen. Dem zusätzlichen Energiebedarf im Homeoffice (Heizen des zusätzlichen Arbeitszimmers, zusätzliche Internetnutzung zur Kommunikation mit Kollegen) und damit verbundenen Mehremissionen stehen potenzielle Reduktionen der gewerblichen Büroflächen und deren Energiebedarfen beim Arbeitgeber gegenüber. Eine nähere Auseinandersetzung kann im Rahmen dieser, auf die verkehrlichen Wirkungen ausgerichteten Analyse, nicht erfolgen. Die nachfolgenden Angaben dienen daher einer ersten, groben Einschätzung und sind vorbehaltlich einer spezifischeren Ausarbeitung zu verstehen.

Die Mehremissionen durch das Arbeiten in der eigenen Wohnung dürften niedriger anzusetzen sein als die Emissionen, die an einem durchschnittlichen gewerblichen Büroarbeitsplatz anfallen.

Die THG-Emissionen pro gewerblichen Büroarbeitsplatz zeigen je nach Gebäudestandard, Ausstattung und Fläche pro Arbeitsplatz eine große Bandbreite. Bei heutigen durchschnittlichen Gebäuden liegt der Wert nach Berechnungen basierend auf (Ritter et al. 2019) und GEMOD[1] bei einer angenommenen Fläche von 23 m^2 – 45 m^2 (inkl. Nebenräume, Sitzungsräume, Aufenthaltsräume) (Walberg 2020) pro Arbeitsplatz in etwa zwischen 9 und 20 kg CO_2-Äquivalent pro Arbeitstag und –platz. Auch die Mehremissionen eines Haushaltes bei der Etablierung eines Heimarbeitsplatzes hängen stark von den Rahmenbedingungen und der Nutzung ab. Für eine dauerhafte und angenehme Homeoffice-Nutzung kann näherungsweise davon ausgegangen werden, dass ein zusätzlicher Raum vorhanden sein sollte. Hierfür wurden rund 2 kg zusätzliche CO_2-Äqu./Arbeitstag angesetzt (siehe Anhang). Bei einem Büroarbeitsplatz liegen auf Basis dieser Veranschlagungen somit die Treibhausgasemissionen wesentlich höher als für ein Homeoffice. Hier spielen z.B. neben den höheren durchschnittlichen gewerblichen Bürogebäudenutzflächen pro Arbeitsplatz (inkl. Nebenräume, Sitzungsräume, Aufenthaltsräume), der Energieverbrauch von elektrischen Anlagen die oft im Homeoffice nicht vorkommen (z.B. Aufzüge, Klimaanlagen, …) sowie mglw. unterschiedliche Dämmstandards eine Rolle.

Bisher keine eindeutige Studienlage zu möglicher deutschlandweiter Büroflächenreduktion bei höheren Homeoffice-Anteilen

Neben diesem ersten Vergleich der direkten Treibhausgaswirkungen der Arbeitsformen spielt eine Rolle, inwiefern vermehrtes Arbeiten zu Hause auch tatsächlich gewerbliche Büroflächen einspart. Vermutlich sind – wie auch bei den verkehrlichen Wirkungen – Langzeituntersuchungen sinnvoll, da sich mögliche Veränderungen nicht sofort einstellen und weitere Sekundäreffekte (bspw. Umzüge) denkbar sind. Ob eine Steigerung der Homeoffice-Nutzung tatsächlich zu einer signifikanten Verringerung der gewerblichen Büroflächen in Deutschland führen würde, ist bisher jedoch ungeklärt. Nach (Walberg 2020) könnten 136 Mio. m^2 Büronutzfläche (von ca. 350 Mio. m^2 Gesamtbüronutzfläche in Deutschland) redundant sein, wenn 40% der knapp 15 Mio. Erwerbstätigen in deutschen Büros im Homeoffice arbeiten. Andere Untersuchungen gehen davon aus, dass es trotz der zunehmenden Verbreitung des mobilen Arbeitens auch im Jahr 2021 zu keinem Nachfrageeinbruch bei Büros kommen wird (IW 2021). So spielen Effekte wie die Umgestaltung von Arbeitsplätzen (z.B. größere Abstände zwischen den Arbeitsplätzen, Umwidmung von Gruppen- und Großraumbüros in kleinere Einheiten) hier eine Rolle. Unternehmen planen zudem häufiger eine andere Flächennutzung als eine Flächenreduzierung, zum Beispiel Gruppenbüros aufzulösen, zusätzliche Kommunikationsflächen zu schaffen oder aber die Abstände der Arbeitsplätze zu erhöhen (IW 2021). (Möbert et al. 2020) schätzt ab, dass die Nachfrage nach Büroraum um 13% sinken würde, wenn 50% der Bürobeschäftigten statt 10% ihrer Arbeitszeit 40% im Homeoffice arbeiten würden.

[1] https://www.ifeu.de/methoden-tools/modelle/gebaeudemodell/

Damit stellt sich also insbesondere die Frage, wie stark gewerbliche Büroflächen durch eine verstärkte Homeoffice-Nutzung längerfristig reduziert würden bzw. welche veränderten Rahmenbedingungen daraus resultieren (z.B. in Bezug auf Heizen). Hierfür spielt die konkrete Ausgestaltung eine große Rolle. Prinzipiell könnte das Homeoffice somit zwar zur Reduktion der gewerblichen Büroflächen und damit der entsprechenden Treibhausgasemissionen beitragen. Ob und wie stark es durch Homeoffice zu einer Verringerung der THG-Emissionen in gewerblichen Büroarbeitsplätzen kommen wird, hängt allerdings von vielen Parametern ab (Änderung der Büroflächen, energetische Standards der Gebäude etc.). Hierfür ist eine genaue Untersuchung zur Quantifizierung des nicht-verkehrlichen Minderungspotenzials notwendig ist, da einerseits unklar ist, wie sich Homeoffice mittel- bis langfristig auf den Büronutzflächenbestand auswirkt und anderseits sich der Flächenbedarf im Wohngebäudebestand und sowie den damit einhergehenden Energieverbräuchen und THG-Emissionen ändert.

Bei Erhöhung des Homeoffice-Anteils bestünde vermutlich Reduktionspotenzial bei gewerblichen Büroflächen, inwieweit dieses realisiert wird, ist jedoch offen und benötigt weitere Untersuchungen

2.5 Fazit

Homeoffice und die damit verbundene Reduzierung der Arbeitswege bietet prinzipiell ein großes Potenzial zur Minderung der Treibhausgasemissionen des Verkehrs. Bei einer Erhöhung des Anteils der Beschäftigten, die Homeoffice nutzen, von 13% auf 20% bzw. 40% würden sich die CO_2-Emissionen auf Arbeitswegen um 1,9 Mt (5%) bzw. 5,8 Mt (15%) verringern. Für das Langfristszenario wurde zur Abschätzung einer maximal erreichbaren Minderung bei einem Homeofficeanteil von 55% (im Mittel dabei 3,3 Tage die Woche) ein Minderungspotenzial von 7,1 Mt CO_2 durch die Reduktion der Arbeitswege ermittelt. Dieses Reduktionspotenzial kann geringer ausfallen durch zusätzliche Fahrten aus dem Homeoffice (z.B. Einkäufe, Bringdienste) und Umzüge.

Homeoffice bietet Minderungspotenzial – Langfristig müssen Effekte von Umzügen berücksichtigt werden

Die verkehrsbedingten Emissionen für Aktivitäten (z.B. Einkäufe, Bringdienste), die normalerweise auf dem Weg zur Arbeit oder zurück gemacht werden, wurden abgeschätzt. Wenn diese Aktivitäten bei Homeoffice zukünftig über eigenständige Fahrten erfolgen, dann führt dies in den verschiedenen Szenarien zu CO_2-Emissionen in Höhe von 0,4 – 0,9 Mt. Damit wird das Minderungspotenzial der eingesparten Arbeitswege um ca. 10 – 20% vermindert. Langfristig könnten auch längere Arbeitswege und eine geänderte Verkehrsmittelwahl die CO_2-Einspareffekte verringern. Umfragen zeigen, dass viele Beschäftige sich vorstellen können von der Stadt aufs Land zu ziehen, wenn sie stärker Homeoffice nutzen können. In einer Sensitivität wurde ermittelt, welchen Effekt es hätte, wenn 20% der Beschäftigten, die Homeoffice machen, von den städtischen Gebieten in ländliche Gebiete ziehen würden und entsprechend längere Arbeitswege haben und auch stärker den eigenen Pkw nutzen. Durch die umzugsbedingt neu induzierten Pkw-Fahrleistungen würden somit die zunächst erreichten CO_2-Einsparungen um ca. 1,5 Mt (bei 40% Homeoffice) bzw. 2,1 Mt (bei 55% Homeoffice) vermindert. Dadurch würde das Minderungspotenzial insgesamt um 39% bzw. 34% in den Langfristszenarien bis 2030 auf 6,2 bzw. 4,1 Mt verringert.

Ein besserer Ausbau des öffentlichen Verkehrs – auch im ländlichen Raum – könnte hier zu einer Abfederung der negativen Wirkungen eines Umzugseffektes beitragen. Zudem könnten regionale Arbeitsmöglichkeiten (z.B. Co-Working-Spaces) helfen, indem sie die soziale Interaktion der Beschäftigten fördern und gleichzeitig die notwendige Anzahl von Fahrten zur eigentlichen, weiter entfernten Arbeitsstätte vermindern sowie den möglicherweise anfallenden zusätzlichen Wohnflächenbedarf durch ein Homeoffice verringern. Politische Rahmenbedingungen sind so zu gestalten, dass durch die verstärkten Homeoffice-Möglichkeiten keine zusätzlichen großen Wegestrecken anfallen, welche die Minderungspotenziale überkompensieren.

Energieverbrauch des Bürobestandes zu analysieren – höherer Einfluss als Pendeln möglich

Die Studie zeigt insbesondere auf, dass neben der Bewertung verkehrlicher Effekte eine Analyse der CO_2-Minderungspotenziale durch Änderungen im Gebäudebestand erfolgen sollte. Dauerhafte Homeoffice-Nutzung erfordert geeignete Räumlichkeiten in der eigenen Wohnung. Dem steht gegenüber, dass durch Flexibilitätsoptionen der Arbeitsplatzwahl gewerbliche Büroflächen eingespart werden können. Diese Thematik konnte in der vorliegenden auf verkehrliche Aspekte fokussierenden Studie nur angerissen werden. Sie zeigt aber, dass hier prinzipiell ein großes Potenzial zur THG-Minderung besteht. Hierfür ist eine genaue Untersuchung zur Quantifizierung des nicht-verkehrlichen Minderungspotenzials notwendig, da einerseits bisher unklar ist, wie sich Homeoffice mittel- bis langfristig auf den Büronutzflächenbestand auswirkt und anderseits sich der Flächenbedarf im Wohngebäudebestand sowie den damit einhergehenden Energieverbräuchen und THG-Emissionen ändert.

Insgesamt gesehen bietet das Homeoffice somit ein großes Potenzial zur Minderung der Treibhausgasemissionen des Verkehrs durch die Verringerung der Arbeitswege. Die Studie zeigt aber auch auf, dass zusätzliche Fahrten im Homeoffice – die normalerweise auf dem Weg zur Arbeit gemacht werden – sowie Umzüge weiter weg vom bisherigen Arbeitsplatz, dieses Potenzial erheblich reduzieren können. Hier müssen entsprechende Maßnahmen ergriffen werden, um das THG-Minderungspotenzial von Homeoffice zu heben. Neben den verkehrlichen Maßnahmen sollte zukünftig stärker ein weiterer Augenmerk auf die Änderungen im Bürobestand und das daraus resultierende CO_2-Einsparpotenzial gelegt werden.

Eine spannende Entwicklung mit viel Potenzial liegt vor uns. Auch zukünftig werden, selbst bei guter Homeoffice-Möglichkeit, Beschäftigte einen Teil der Arbeitszeiten am Arbeitsplatz beim Arbeitgeber verbringen. Firmen werden neue Modelle zur Präsenz am Arbeitsplatz und im Homeoffice entwickeln, Gebäude- und Raumplanungen auf die neuen Gegebenheiten abstimmen. Ein kontinuierliches Monitoring zu den erfolgten Arbeitswegen, den Homeoffice-Tagen sowie der Änderungen im Büronutzflächenbestand werden helfen die Entwicklungen zu verfolgen und Maßnahmen und Instrumente zur CO_2-Minderung zu entwickeln.

3 THG-Minderung durch Ersatz von Dienst- und Geschäftsreisen durch Videokonferenzen

Trotz technischer Möglichkeiten bis 2020 kaum Einsparungen von Dienstreisen durch Videokonferenzen

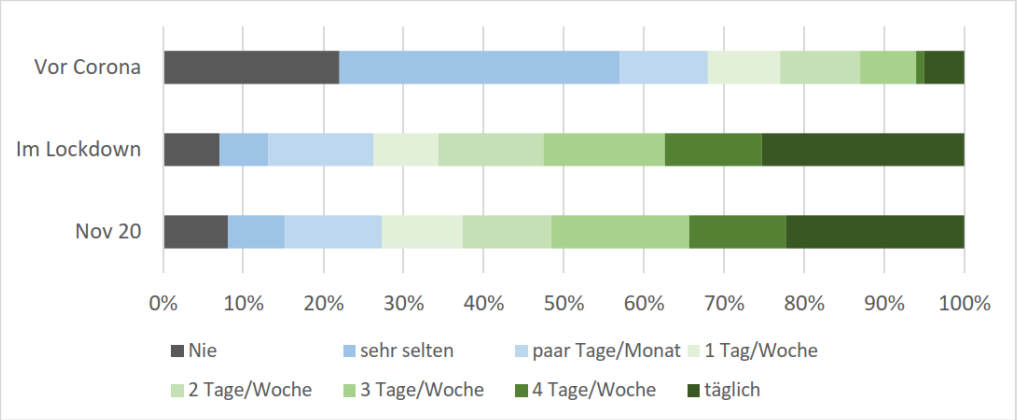
Bereits seit Jahren besteht die Möglichkeit, Videokonferenzen als Alternative zu Dienstreisen einzusetzen. Besonders hohe Treibhausgasminderungs-Potenziale, aber auch Kostensenkungspotenziale haben hier Videokonferenzen, die Flugreisen ersetzen. Trotz einer deutlichen Zunahme in der Nutzung von elektronischen Konferenzen ist die Zahl der Geschäftsreisen jedoch bis zur Corona-Pandemie nicht gesunken, sondern zwischen 2004 und 2017 in Deutschland nach Angaben des Verbandes Deutsches Reisemanagement sogar um ca. 28% angestiegen (Clausen et al. 2020).

Zunahme der Videokonferenzen in den letzten Jahren

In den letzten Jahren haben insbesondere Unternehmen der Informationswirtschaft Dienstreisen durch digitale Lösungen ersetzt, primär wegen Zeitersparnis und Kostenreduktion. Eine Sonderauswertung des ZEW (ZEW 2019) zeigte, dass 57% der Unternehmen aus der Informationswirtschaft Dienstreisen durch digitale Konferenzsysteme ersetzt haben. Weitere Potenziale wurden für die nächsten Jahre gesehen. Viele Unternehmen planen Maßnahmen zur Verbesserung der CO_2-Bilanz. Dabei nimmt die Anzahl der Maßnahmen mit der Größe der Unternehmen zu ((VDR 2020a). Heute – wie erwartet - nutzen dabei schon 94% der Unternehmen Telefon-, Web- und Videokonferenzen.

Verstärkte Nutzung von digitalen Möglichkeiten zur Kommunikation in der Corona-Krise

Das Arbeiten im Homeoffice in der Corona-Krise hat dazu geführt, dass jetzt viele Unternehmen (als auch Universitäten, Behörden etc.) verstärkt digitalen Medien zur Kommunikation eingesetzt haben. Eine Untersuchung des IAO (Bauer 2020) zeigt, dass über 90% der befragten Unternehmen vermehrt Web- und Videokonferenzsysteme einsetzen. So wurden über die Hälfte der Mitarbeitendengespräche als auch Einstellungsgespräche in der Krise per Videokonferenz abgehalten. Auch wurden verstärkt Telefon- oder Videokonferenzen zur Auftragsklärung (bei 73%) durchgeführt und auch Workshops über Web-/Videokonferenzen abgehalten. Eine Befragung von Boderstep (Clausen / Schramm 2021) zeigt eine starke Zunahme der Nutzung von Videokonferenzen während und nach dem Lockdown 2020. Während der Anteil der Personen, die „nie“ und „sehr selten“ Videokonferenzen nutze, vor der Pandemie bei ca. 55% lag, sank dieser Anteil auf 15% im November 2021



Quelle: Borderstep, n = 500, Lockdown März bis Mai 2020

Abbildung 12: Häufigkeit der Nutzung von Videokonferenzen (Clausen / Schramm 2021)

Reduktion des Geschäftsverkehrs nach Corona wahrscheinlich – genaues Potenzial noch unklar

Aus der Konjunkturumfrage des ifo Instituts im Juni 2020 geht hervor, dass 57% der deutschen Unternehmen es für wahrscheinlich halten, dass sie die Geschäftsreisen dauerhaft einschränken als Folge der Coronakrise (ifo 2020). Weniger reisen wollen insbesondere demnach die Pharmabranche, Unternehmensberater und IT-Dienstleister (80%) und Firmen aus Forschung und Entwicklung (74%). Die bleibenden Veränderungen sind schwer abzuschätzen. Sie werden sicherlich stark von der Art der Reise und des Unternehmens abhängen. In einer ifo-Randstadt Befragung von Personalleitern (ifo/Randstad 2020) gingen 61% der Befragten davon aus, dass sich die Anzahl der Dienstreisen verringern wird. Trotz des günstigen Kostenverhältnisses von Videokonferenzen im Vergleich zu persönlichen Treffen ist noch nicht klar, welche Reisen in Zukunft unternommen werden und welche durch Videokonferenzen ersetzt werden. Während bei der „Inaugenscheinnahme bei Kunden oder Lieferanten“ oder „Vertragsverhandlungen“ viele eine Präferenz bei persönlichen oder mehrheitlich persönlichen Treffen haben, sehen viele Personen bei Beratungsgesprächen, Detaildiskussionen mit Kunden oder Anbietern oder auch Projektgesprächen große Potenziale bei Video-Meetings (Clausen / Schramm 2021).

Die vorliegende Studie soll Hinweise darauf geben, wie hoch das THG-Minderungspotenzial durch den Einsatz von Videokonferenzen im Bereich der Mobilität ist.

Methodischer Ansatz zur Ermittlung des Minderungspotenzials

Ziel der Studie ist die Ermittlung des Minderungspotenzials von Dienst- und Geschäftsreisen durch Videokonferenzen. Hierzu wird folgender Ansatz zur Ermittlung des Minderungspotenzials gewählt:

- Ermittlung der gesamten Treibhausgasemissionen durch den Dienst- und Geschäftsreiseverkehr der Deutschen
- Definition von Szenarien zur potenziellen Entwicklung bzw. Reduktion des Dienst- und Geschäftsreiseverkehrs unter Berücksichtigung des verstärkten Einsatzes von Videokonferenzen
- Diskussion und Bewertung der Ergebnisse

3.1 Emissionen durch den Geschäftsreiseverkehr in Deutschland

In (Schulz et al. 2020) werden die klimawirksamen Emissionen des deutschen Reiseverkehrs quantifiziert. Mithilfe eines statistischen Fusionsmodells, das auf verschiedenen statistischen Quellen zu Verkehrsaufkommen und -leistung im Personenverkehr basiert, werden die Reiseverkehre der Inländer nach dem Verursacherprinzip und die zugehörige Verkehrsmittelnutzung identifiziert. Reiseverkehre von Bürgern anderer Staaten im Bundesgebiet oder nach Deutschland sind daher nicht in der hier herangezogenen Verkehrsleistung enthalten. Das Ergebnis ist ein konsistentes Verkehrsmengengerüst, das primär folgende Datenquellen berücksichtigt:

- Fahrleistungserhebung (FLE) der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)
- Mobilitätspanel Deutschland (MOP)
- MiD-Stichtagswegemodul für Alltagsmobilität (MiD 2017)
- MiD-Reisemodul für Übernachtungsreisen (MiD 2017)
- ADV-Fluggastbefragung (ADV 2018)
- Modellrechnungen für Verkehr in Zahlen des BMVI.

50% der Personenverkehrsleistung der Inländer sind Reiseverkehr. Davon ca. 20% Geschäftsreisen

Für den Reiseverkehr der Deutschen wurde eine Verkehrsleistung von 767 Mrd. Personenkilometer der Inländer für das Bezugsjahr 2017 ermittelt. In Relation zur Gesamtverkehrsleistung von 1.518 Mrd. Personenkilometer des Inländerverkehrs sind das etwas über 50%. Ein Großteil der zurückgelegten Strecken durch Personen werden bei Reisen mit Verkehrsmitteln des motorisierten Individualverkehrs (MIV) mit einem Anteil von ca. 370 Mrd. Pkm (ca. 48% am Reiseverkehr und rund 24% am Gesamtverkehr) zurückgelegt. Weitere ca. 290 Mrd. Pkm entfallen auf den Flugverkehr und rund 74 Mrd. Pkm (10% des Reiseverkehrs bzw. 5% des Gesamtverkehrs) werden mit öffentlichen Verkehrsmitteln (ÖPV) zurückgelegt. Von den rund 767 Mrd. Personenkilometer im Reiseverkehr entfallen rund 19% (146,6 Mrd. Pkm) auf geschäftliche Reisen. Mit 49,1 Mrd. Pkm trägt der MIV rund ein Drittel zu dieser Verkehrsleistung bei, wie in Abbildung 13 dargestellt.

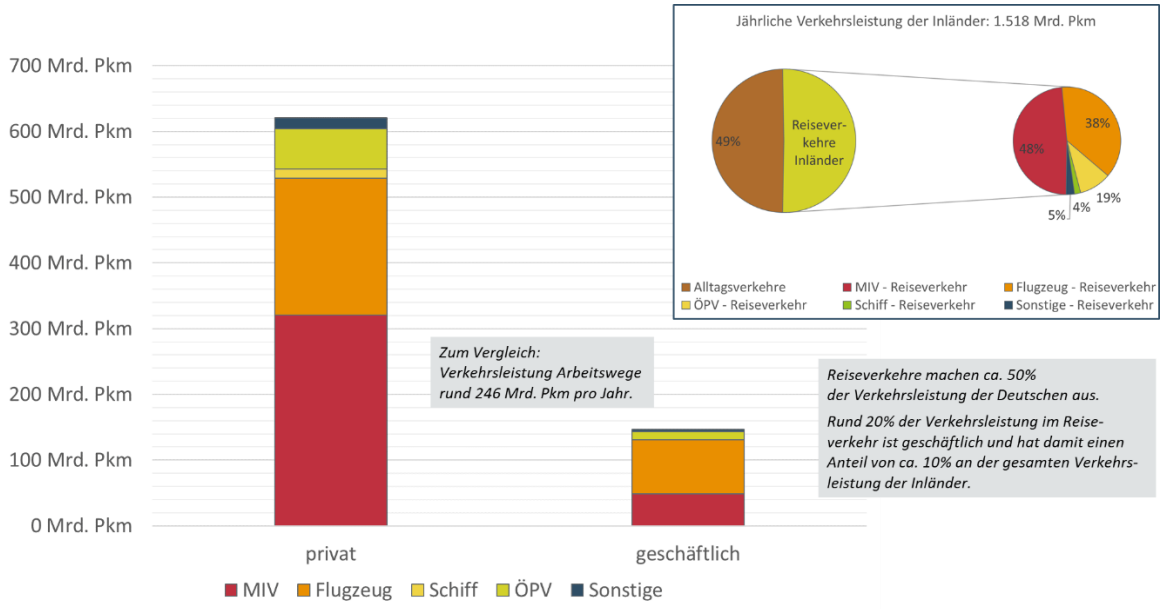


Abbildung 13: Verkehrsleistungen Reiseverkehr nach Verkehrsmitteln, differenziert nach Privat- und Geschäftsreisen (Schulz et al. 2020)

Geschäftliche Reisen tragen mit 26,9 Mt CO_2 zu ca. 23% der Reiseverkehrsemissionen der Deutschen bei. Der internationale Flugverkehr hat daran einen Anteil von 54%, der Pkw etwa 37%, der nationale Flugverkehr 6%. Während der Anteil des Öffentlichen Verkehrs mit etwa 2% sehr gering ist. Bei diesen Zahlen werden die Emissionen der deutschen Geschäftsreisenden betrachtet. Eine Analyse der Emissionen von Geschäftsreisenden aus dem Ausland in Deutschland – deren Emissionen prinzipiell auch durch eine stärkere Nutzung von Videokonferenzen zurückgehen könnten – konnte in dieser Studie nicht berücksichtigt werden.

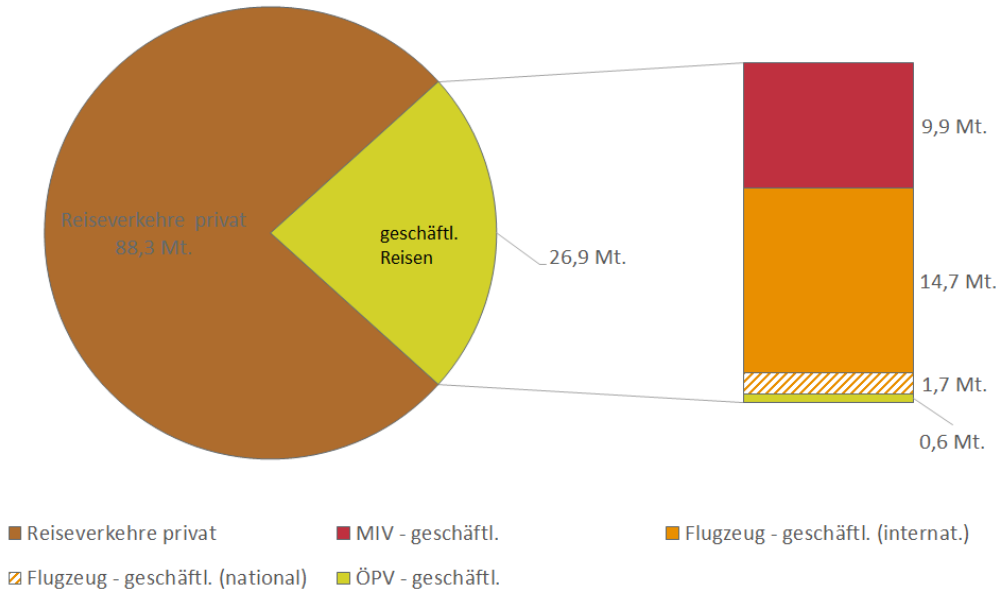


Abbildung 14: THG-Emissionen (WtW, inkl. EWF) der Inländer-Reiseverkehre unterteilt nach Privat- und Geschäftsreisen.

3.2 Szenarien zur Minderung der THG-Emissionen

Die Corona-Pandemie hat den Dienst- und Geschäftsreiseverkehr einschneidend geändert. In einer Umfrage (31.5.2021) des Verbandes Deutsches Reisemanagement (VDR)[1] gehen nur 5,2% der befragten Unternehmen davon aus, dass die Anzahl der Geschäftsreisen auf das Niveau vor der Pandemie zurückgeht. 22% geht von einem Rückgang von bis 10%, 57% geht davon aus, dass die Geschäftsreisen um bis zu 30% abnehmen. Etwa 12% gehen sogar davon aus, dass die Geschäftsreisen um bis zu 50% abnehmen. Ca. 4% von über 50%. Während der Corona-Krise waren dabei gesundheitliche Risiken die stärksten Hauptgründe für die Reduzierung der Dienstreisen.

[1] https://www.vdr-service.de/corona/ergebnisse-der-vdr-barometerumfrage-zum-coronaviruscovid-19-corporates-2021

Aber die Pandemie hat auch dazu geführt, dass viele Firmen intensive Erfahrungen mit Videokonferenzen gemacht haben. In einer umfangreichen Befragung nahmen 43% der Geschäftsreisenden an, dass sie in Zukunft weniger reisen werden, weil sich die Telekommunikations-Tools als effektiv erwiesen haben (Oliver Wyman 2020). Auch eine Umfrage unter Reisemanagern im April 2020 zeigte, dass 60% nach Covid-19 von einem Rückgang der Geschäftsreisen ausgingen und virtuelle Konferenzen und interne + externe virtuelle Meetings stark zunehmen werden (BCD 2020).

Eine Delphi-Befragung unter Reisexperten (TNMT 2021) gibt starke Hinweise darauf, dass virtuelle Interaktion in Zukunft immer wichtiger wird, globale Konferenzen abnehmen werden und mehr hybride Ansätze gefahren werden. Ca. 30% der Befragten stimmten zu (likely, very likely), dass Fortschritte in der Kommunikations-Technologie die meisten Geschäftsreisen ersetzen könnten. Aber 48% hielten dies für sehr unwahrscheinlich (5%) bzw. unwahrscheinlich (43%). Besonders starke Rückgänge werden bei Large Scale meetings, incentives, conferences and exhibitions (MICE) erwartet (TNMT 2021).

(Sorensen 2020) analysierte die Anlässe des Geschäftsreiseverkehrs mit dem Flugzeug und schätzte jeweils ab, welche davon durch Technologien wie Videokonferenzen ersetzt werden könnten. So wurden im Verkauf („Sales und Securing Clients“) nur geringe Abnahmen der entsprechenden Passagiere angenommen, während eine starke Abnahme bei „Intra-Company-Meetings“ angenommen wurden – sowohl aus Kostengründen als auch wegen der Möglichkeit diese Meetings durch neue Kommunikationstechnologien online stattfinden zu lassen. Insgesamt wurde eine Minderung von 19% - 36% des Geschäftsreiseverkehrs mit dem Flugzeug angenommen.

Dienstreisende erwarten, dass im Anschluss an die Pandemie das aktuelle Verhalten anteilig beibehalten wird. Wenn hier keine wesentlichen klimarelevanten Reboundeffekte auftreten würden, dann könnten nach (Clausen / Schramm 2021) der Bahnverkehr um 28 %, der Autoverkehr um 35 % und der Flugverkehr um 22 % für Dienstreisen dauerhaft zurückgehen.

Die Analysen zeigen allesamt, dass prinzipiell von einer Minderung der Geschäftsreisetätigkeit nach Corona ausgegangen wird. Etablierung, Erfahrungen und Verbesserungen in den Kommunikationstechnologien sind hier ein starker Treiber. Aber auch Kostengründe und eine stärkere Berücksichtigung/Sensibilisierung von Umweltbelangen (VDR 2020a), (GBTA 2021) (VDR 2020b) sowie Zeitgewinne spielen eine große Rolle. Eine genaue Zuordnung zur Wirkung von Videokonferenzen auf die potenzielle Reduktion von Treibhausgasemissionen aus dem Geschäftsreiseverkehr ist nicht möglich. Deshalb wurden in dieser Studie verschiedene Szenarien aufgestellt, um die möglichen Treibhausgasemissionen abzuschätzen. Durch die Variation der Annahmen können so die Größenordnungen und die Wirkung auf die CO_2-Emissionen transparent dargestellt werden.

3.2.1 Szenario-Annahmen

Folgende Annahmen wurden den Szenarien zu Grunde gelegt

Szenario 1 – Keine Kulturänderung: *Reduktion der Geschäftsreisen um 20%*

Die überwiegende Mehrheit der Geschäftsreise-Experten in einer Umfrage des VDR (VDR 2020c) rechnet mit Rückgängen bei der Reisetätigkeit von zehn bis maximal 30 Prozent. Lt. (Clausen / Schramm 2021) nehmen 20% der Befragten an, dass Sie nach Corona gar keine Geschäftsreisen mehr unternehmen. Auch der Lufthansa-Chef Carsten Spohr, der als Optimist eingeschätzt wird, nimmt an, dass die Zahl der Geschäftsreisenden auf die Dauer zwischen 10 – 20% unter dem Niveau von 2019 liegt.[1]. In (Sorensen 2020) wird eine Minderung von 19% - 36% des Geschäftsreiseverkehrs mit dem Flugzeug ermittelt.

Mit diesem Szenario soll eine untere Abschätzung des Minderungspotenzials vorgenommen werden. Daher wird für dieses Szenario ein **Rückgang der Geschäftsreisen von 20% für alle Verkehrsmittel gleichermaßen** angenommen.

Szenario 2 – Kulturänderung – *Video statt Reisen Reduktion 40%*

Zur Abschätzung der Wirkung einer Kulturänderung – Video statt Reisen – müssen die Anlässe der Reisen und deren Ersetzbarkeit durch Videokonferenzen abgeschätzt werden.

Im Jahr 2018 führten 37% der Geschäftsreisen zu unternehmensinternen Meetings und Veranstaltungen (Jerzy 2019). In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass diese größtenteils durch Telefon- und Videokonferenzen ersetzt werden können und vermutlich auch einen großen Anteil an den erwarteten Rückgängen nach der Coronapandemie haben dürften.

Für Flugreisen analysierte (Sorensen 2020) die Anlässe des Geschäftsreiseverkehrs und schätzte jeweils ab, welche davon durch Technologien wie Videokonferenzen ersetzt werden könnten. So wurden im Verkauf („Sales und Securing Clients“) nur geringe Abnahmen der entsprechenden Passagiere angenommen, während eine starke Abnahme bei „Intra-Company-Meetings“ angenommen wurden – sowohl aus Kostengründen als auch wegen der Möglichkeit diese Meetings durch neue Kommunikationstechnologien Online stattfinden zu lassen. Insgesamt wurde eine Minderung von 19% - 36% des Geschäftsreiseverkehrs mit dem Flugzeug angenommen.

Mit einem weiteren Kulturwandel gehen wir davon aus, dass man 40% der Geschäftsreisen mittelfristig durch Videokonferenzen ersetzen könnte.

In allen Szenarien werden dabei – aufgrund der vorliegenden Datenbasis - nur die Minderungen im Geschäftsreiseverkehr der Deutschen berücksichtigt. Dazu kommen noch die Minderung von Geschäftsreisenden, die wegen besserer Videokonferenztechnik etc. nicht nach und in Deutschland reisen.

[1] https://www.wiwo.de/unternehmen/dienstleister/geschaeftsreisen-ein-rueckgang-fast-auf-null/26672352.html

3.2.2 Ergebnisse

Die Treibhausgasemissionen (WTW) gehen im Szenario 1 um 5,4 Mt CO_2-Äquivalente zurück, Szenario 2 um 10,8 Mt CO_2-Äquivalente[1]. Hierbei sind alle Geschäftsreisen der Deutschen – inklusive internationaler Flüge – berücksichtigt. Nicht berücksichtigt sind die Geschäfts- und Dienstreisen von Ausländern auf dem Gebiet von Deutschland.

Tabelle 4: WTW-Emissionen (CO_2-Äqui) im Dienst- und Geschäftsreiseverkehr unterteilt nach Verkehrsmitteln sowie die jeweiligen Einsparungen in den beiden Minderungsszenarien durch Reduzierung der Reisen aufgrund von Telekonferenzen und Online-Meetings.

		Einsparungen	
WTW-Emissionen	**Emissionen 2017**	**Szenario 1**	**Szenario 2**
MIV - geschäftl.	9,9 Mt.	2,0 Mt.	4,0 Mt.
Flugzeug - geschäftl. (national)	1,7 Mt.	0,3 Mt.	0,7 Mt.
Flugzeug - geschäftl. (internat.)	14,7 Mt.	2,9 Mt.	5,9 Mt.
Schiff - geschäftl.	0,1 Mt.	0,0 Mt.	0,0 Mt.
ÖPV - geschäftl.	0,6 Mt.	0,1 Mt.	0,3 Mt.
Gesamt	**27,0 Mt.**	**-5,4 Mt.**	**-10,9 Mt.**

Bei der internationalen Klimaberichterstattung werden die Emissionen des internationalen Flugverkehrs zwar berichtet. Sie fließen aber nicht in die Bilanzierung der Staaten und damit in die Zielerreichung ein. Die Emissionsminderungspotenziale sinken bei Nicht-Berücksichtigung des internationalen Flugverkehrs mit 2,4 Mt bzw. 5 Mt auf weniger als die Hälfte. Werden darüber hinaus, wie bei der Berichterstattung üblich, statt der WtW-Emissionen nur die TTW-Emissionen betrachtet, dann sinkt das Minderungspotenzial von auf 2,4 Mt auf 1,9 Mt (Szenario 1) bzw. von 5 Mt auf 4 Mt (Szenario 2).

Tabelle 5: TTW-Emissionen im Dienst- und Geschäftsreiseverkehr unterteilt nach Verkehrsmitteln sowie die jeweiligen Einsparungen in den beiden Minderungsszenarien durch Reduzierung der Reisen aufgrund von Telekonferenzen und Online-Meetings.

	Einsparungen

[1] Beim Flugverkehr entsteht eine zusätzliche Klimawirkung durch den Ausstoß von Partikeln, Schwefel- und Stickoxiden, Wasserdampf und anderen Emissionen in großen Flughöhen. Diese Wirkung wurde mit dem Emission Weighting Factor (EWF) ebenfalls berücksichtigt.

TTW-Emissionen	Emissionen 2017	Szenario 1	Szenario 2
MIV - geschäftl.	8,1 Mt.	1,6 Mt.	3,3 Mt.
Flugzeug - geschäftl. (national)	1,4 Mt.	0,3 Mt.	0,6 Mt.
Flugzeug - geschäftl. (internat.)	13,4 Mt.	2,7 Mt.	5,3 Mt.
Schiff - geschäftl.	0,1 Mt.	0,0 Mt.	0,0 Mt.
ÖPV - geschäftl.	0,2 Mt.	0,0 Mt.	0,1 Mt.
Gesamt	**23,2 Mt.**	**-4,6 Mt.**	**-9,3 Mt.**

Der Anteil der Emissionen, die durch die Videokonferenzen zusätzlich entstehen wird auf unter 1% geschätzt (siehe auch nächstes Kapitel) und entsprechend in den Szenarien nicht berücksichtigt.

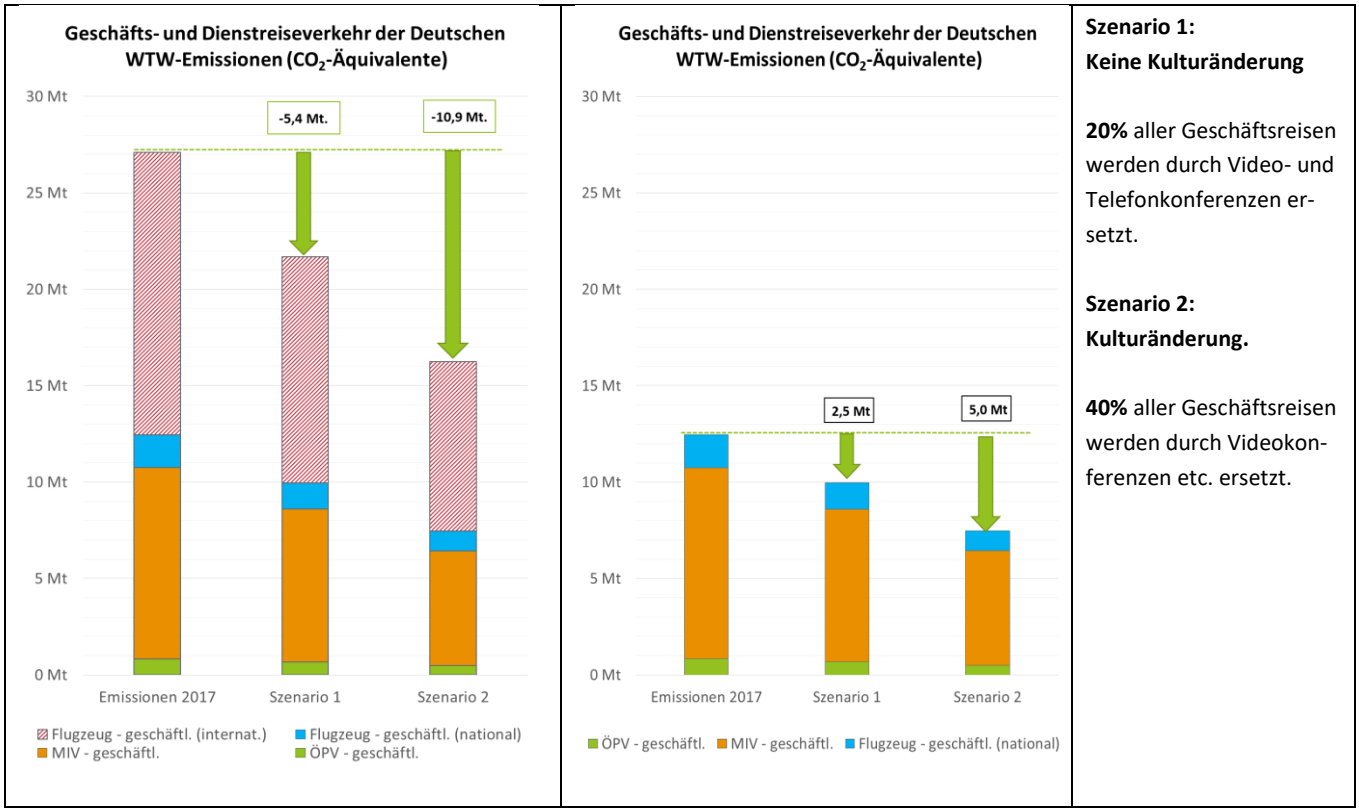


Abbildung 15: WtW-Emissionen durch Geschäftsreisen der Deutschen (rechts ohne internationale Flüge)

3.3 Energieverbrauch und CO_2-Emissionen durch Videokonferenzen

Bei der Durchführung von Videokonferenzen entsteht ein Energieverbrauch und entsprechende CO_2 durch folgend Geräte und Infrastrukturen (Hintermann 2020):

- Endgeräte (Darstellung des Videos)
- Kommunikationsnetze (Übertragung der Video-Dateien)
- Rechenzentren (Speicherung, Vorverarbeitung und Bereitstellung der Videodaten)

Dabei sind Energieverbrauch und die CO_2-Emissionen z.B. abhängig von der gewählten Auflösung (Datenübertragung), den genutzten Endgeräten (Laptop, Desktop, Fernseher) und der gewählten Netze (Festnetz/Mobilfunk) und Effizienz der Übertragungsnetze und Rechenzentren. Der Datenverbrauch ist von der Anwendung (audio/audio+video/screensharing) und der verwendeten Plattform abhängig. (netzwoche 2020). Der Energieverbrauch für die Datenübertragung gibt (Gröger 2020) nach (Schien et al. 2014) 52 Wh/GB und (Hintermann 2020) 75 Wh/GB. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Effizienz der Rechenzentren zwischen 2018 und 2020 um 25% verbessert hat. (Hintermann 2020).

Der Energiebedarf und die CO_2-Emissionen sind damit von einer Reihe von individuellen Faktoren abhängig. Deshalb werden hier generalisierte Werte für eine 4-stündige Videokonferenz den Analysen zu Grunde gelegt. In (Gröger 2020) wird ein Wert von 460 g $CO_{2äqu.}$ für die Teilnahme an einer 4-stündigen Online-Konferenz (Desktop/Router) pro Person abgeschätzt. (Schramm 2020) ermittelt 1085 g CO_2 für PC bzw. 734 g CO_2 (Notebook) für eine 4-stündige Konferenz pro Gerät (jeweils auf die Nutzung bezogen, ohne Herstellung der Geräte).

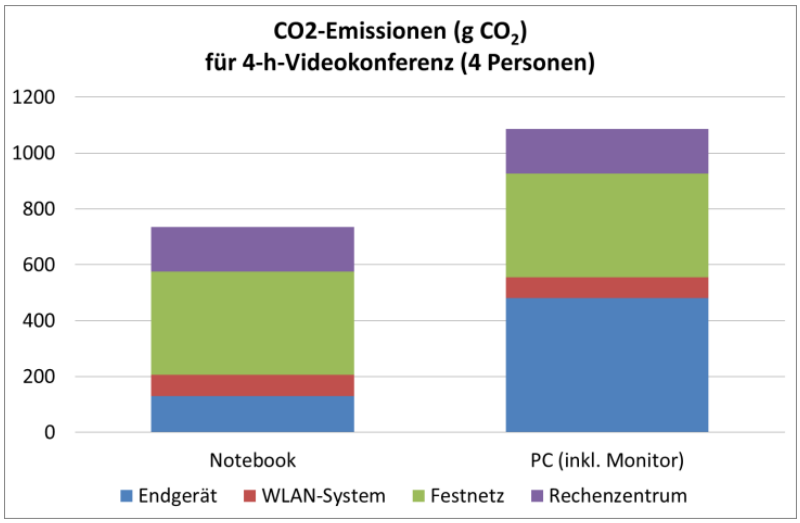


Abbildung 16: CO_2-Emissionen für 4-h-Videokonferenz mit 4 Personen nach (Schramm 2020)

Wir legen hier - im Sinne einer konservativen Betrachtung – einen Wert von 1085 g CO2-Äqu. für eine 4-stündige Konferenz mit 4 Personen den folgenden Berechnungen zu Grunde[1].

[1] Einige Plattformen weisen zudem eine geringere Datenrate als die in (netzwoche 2020) angenommenen 660 MB/h auf.

3.4 Exemplarische Beispiele: Reduktion der THG-Emissionen durch Videokonferenzen

Videokonferenzen werden aktuell – verstärkt durch die Einschränkungen der Corona-Krise – in vielen Bereichen umfassend eingesetzt. Projektbesprechungen firmenintern als auch extern werden durch Videokonferenzen ersetzt, Kundenbesuche von Außendienstmitarbeitern durch individuelle Videocalls. Weiterbildungen und auch Tagungen finden verstärkt Online statt. Im Folgenden werden zwei Beispiele vorgestellt, um das individuelle Potenzial zur Treibhausgasminderung zu verdeutlichen: Eine Projektbesprechung in Berlin mit externer Teilnahme von Projektpartnern aus Süddeutschland sowie eine größere Internationale Tagung.

3.4.1 Projektbesprechung Berlin

Eine Projektbesprechung in Berlin mit 4 Personen (zwei aus Heidelberg, eine aus München sowie eine aus Berlin) soll stattfinden. Es werden die Alternativen einer Reise im Vergleich zu einer Videokonferenz dargestellt. Durch eine Reise der 3 Personen nach Berlin würden – je nach Verkehrsmittel – zwischen 113 und 837 kg CO_2 resultieren.

Tabelle 6: Treibhausgasemissionen Besprechung Berlin (Quelle Daten ecopassenger.org)

		kg CO_2-Emissionen		
Strecke	**Personen**	**Zug**	**Auto[1)]**	**Flugzeug[2)]**
Heidelberg-Berlin-Heidelberg	2	69,26	185,6	560
München-Berlin-München	1	44	180,8	276,8
Transportemissionen Meeting	**3**	**113,2**	**366,4**	**836,8**
Zum Vergleich 4h-Videokonferenz	**4**	**1,1**	**1,1**	**1,1**
Anteil an Transportemissionen		1%	0,3%	0,1%

[1)] HD-Berlin-HD: Besetzung 2 Personen; Mü-Berlin-Mü: Besetzung 1 Person
[2)] inkl. Flughafenzubringer durch Bahn und Pkw; inkl. RFI

Die Treibhausgas-Emissionen für eine 4-stündige Videokonferenz für 4 Personen liegen bei ca. 1 kg CO_2 (siehe Abbildung 16). Die Emissionen werden damit fast vollständig eingespart. Es entstehen nur 0,1% - 1% der Emissionen der Transportmittel.

3.4.2 Beispiel: Internationale wissenschaftliche Tagungen

2019 fanden in Deutschland 2,89 Mio. Veranstaltungen mit 423 Mio. Teilnehmern, davon ca. 43,2 Mio. internationale Teilnehmer statt. Unternehmen bilden mit etwa 50% die größte Gruppe von Veranstaltern. Verbände haben einen Anteil von ca. 20% und die Wissenschaft von ca. 9% (EITW 2020b). Der Anteil von Hybriden Veranstaltungen lag 2019 bei ca. 30%. 14% der Veranstalter haben rein virtuelle Veranstaltungen durchgeführt.

[1] Annahme: Die Personen reisen jeweils zu zweit im Pkw an

Während der Corona-Krise nahmen die Veranstaltungen fast vollständig ab und haben im September 2020 nur 1/3 des Vorjahresvolumens erreicht (EITW 2020a). Es wird als ein mögliches Szenario angesehen, dass sich die Veranstaltungsbranche nachhaltig zu virtuellen und hybriden Veranstaltungen verschiebt.

Eine umfangreiche Analyse des Treibhausgasemissionen eines astronomischen Instituts (Jahnke et al. 2020) und einer großen astronomischen Tagung (Burtscher et al. 2020) wurden vom MPI Heidelberg durchgeführt.

- Die durch **Dienstreisen (Flugzeug)** resultierenden Treibhausgasemissionen lagen **pro Wissenschaftler** dabei bei 8,5 t CO_2-Äquivalent und damit in der Höhe wie alle anderen durch das MPI verursachten Emissionen (Strom, Heizung, Pendeln, …).
- Während das **jährliche Treffen der Europäischen Astronomischen Gesellschaft** im Jahr 2019 physisch in Lyon stattfand wurde das Treffen 2020 wegen Corona rein online abgehalten. Die mittleren Emissionen pro Teilnehmer durch die Anreise betrugen 1,5 t $CO_{2\text{-Äqui}}$ (bei 1.240 Teilnehmern etwa. **1.855 t $CO_{2eq.}$** Im Jahr 2020 nahmen 1.777 Personen an der Tagung teil. Auch bei Berücksichtigung des Strombedarfs der Online-Infrastruktur entstanden hierbei mit **588 kg $CO_{2\text{-eq.}}$ nur ca. 1/3.000** der Emissionen im Vergleich zu einer Präsenttagung.

Die Summe der Emissionen aller Teilnehmer einer großen internationalen Tagung kann der Höhe der Treibhausgasemissionen einer ganzen Stadt in einer Woche entsprechen. Eine Analyse der Herbsttagung der American Geophysical Union (AGU) in San Francisco im Dezember 2019 (Klöwer et al. 2020) ergab, dass die 28.000 Teilnehmer etwa 285 Millionen km reisten und dabei 80.000 t CO_{2equi} verursachten. Also ca. 3 t pro Wissenschaftler. Dabei wurden 75% der Emissionen durch Interkontinentalflüge mit One-Way-Distanzen von über 8.000 km ausgestoßen (36% der Teilnehmer). Änderungen des Tagungsortes innerhalb der USA könnten 12% der Gesamtemissionen reduzieren. Als Möglichkeit zur Reduktion der Emissionen wurden zudem genannt: Erhöhung der Virtuellen Teilnahme, nur noch 2-jährlich stattfindende Konferenzen, Three-hub-modell. Hier würden die Teilnehmer zu dem nächsten Hub reisen (Chicago, Tokyo, Paris). Die Analyse zeigte zudem, dass durch das virtuelle Meeting 2020 nur 0,1% der Emissionen von 2019 resultierten.

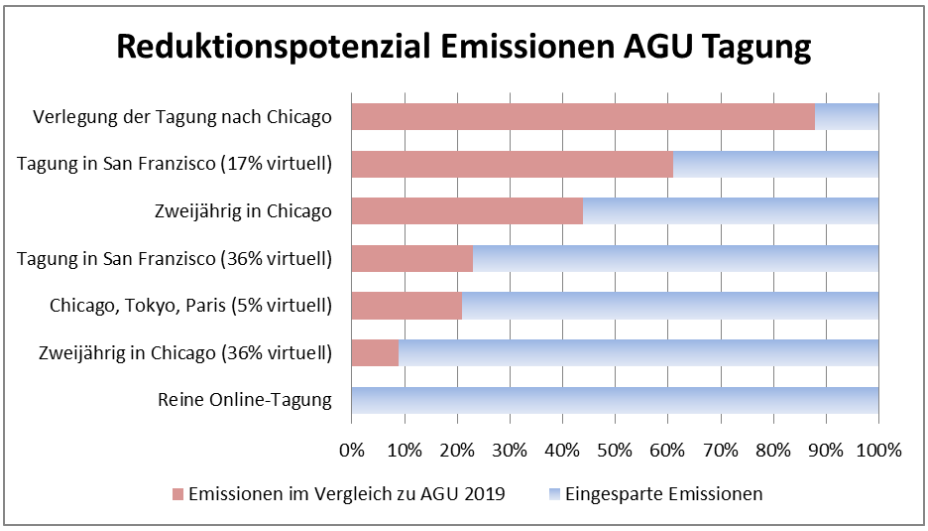


Abbildung 17: Möglichkeiten zur Reduktion der CO_2-Emissionen einer Tagung (Beispiel AGU-Tagung) nach (Klöwer et al. 2020)

3.4.3 Dienstreisen im BMZ

Das BMZ (Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) hat einen umfassenden Bericht „Klimaneutrales BMZ 2020“ veröffentlicht (BMZ 2020). Mobilität hat mit etwa 4.600 Tonnen CO_2/Jahr einen Anteil von fast 80% der Emissionen. Der Anteil der Dienstreisen beträgt über 90%, der Pendelverkehr etwa 8%. Hier soll vor jeder Reise kritisch geprüft werden, ob sie vermeidbar ist und ob stattdessen eine Video- oder Telefonkonferenz genutzt werden kann.

Die Videokonferenztechnik wird im BMZ kontinuierlich ausgebaut. So sind inzwischen alle Besprechungsräume mit Videokonferenztechnik ausgestattet. Für das Jahr 2020 ist der Ausbau um weitere Räume geplant. Seit 2018 sind zudem alle Arbeitsplätze mit Videotelefonen ausgestattet, die ebenfalls videokonferenzfähig sind. Im BMZ werden jährlich über 10.000 Videokonferenzen gebucht, das entspricht etwa 40 Konferenzen pro Arbeitstag. Bis zum Jahr 2030 sollen die gesamten Flugemissionen aufgrund organisatorischer Maßnahmen (u.a. Vermeidung von Flügen durch Videokonferenzen) um 25% reduziert werden.

3.5 Fazit Dienstreisen

Die Corona-Pandemie führte – bedingt durch die Reiseeinschränkungen – zu einer stärkeren Nutzung von Videokonferenzen bei Unternehmen und Institutionen. Es wird von vielen Unternehmen und auch Wissenschaftlern davon ausgegangen, dass die Erfahrungen während der Corona-Pandemie – gekoppelt mit Kosteneinsparpotenzialen und Reduzierung des Reiseaufwandes der Beschäftigten (Zeitgewinne) – zu einer stärkeren Nutzung von Videokonferenzen und einer deutlichen Reduktion der Dienstreisen führen wird.

Eine exakte Zuordnung der Reduktion von Dienst- und Geschäftsreisen auf die Etablierung von Videokonferenzen ist nicht möglich. Detaillierte Analysen nach Reiseanlass und Befragungen zeigen jedoch, dass die Reduktion der Dienstreisen zwischen 20% und 40% liegen könnten. Die Treibhausgasemissionen von deutschen Geschäftsreisenden (In- und Ausland) wurden in dieser Studie auf 26,9 Mt pro Jahr abgeschätzt. Durch Videokonferenzen könnten diese Emissionen um 5,4 bzw. 10,9 Mt zurückgehen.

Die Analysen zeigen zudem, dass über die Hälfte der Emissionen im Dienst- und Geschäftsreiseverkehr bei internationalen Flügen entstehen. Für die Treibhausminderungen des Verkehrs von Deutschland nach dem Kyoto-Protokoll können diese nicht angerechnet werden. Hier werden nur Inlandsflüge und nationale Verkehre berücksichtigt. Damit reduziert sich das THG-Minderungspotenzial bezogen auf die nationalen Klimaziele auf 2,5 bzw. 5 Mt. Hierin enthalten sind die Emissionen zur Bereitstellung von Kraftstoffen und Strom, die beim Verkehrssektor selbst nicht berücksichtigt werden. Minderungspotenziale der Dienst- und Geschäftsreisenden aus dem Ausland nach Deutschland konnten in dieser Studie nicht ermittelt werden. Auch die Auswirkungen auf den Energieverbrauch durch Übernachtungen und Veranstaltungen konnte nicht berücksichtigt werden. Hierzu sind weitere Analysen notwendig.

Um die genannten Potenziale dauerhaft zu heben sind weitere Anstrengungen notwendig. Der Ausbau und die Nutzerfreundlichkeit sowie Datensicherheit von Videokonferenzen und der dazugehörenden Infrastruktur muss weiter vorangetrieben werden. Beschäftigte müssen umfangreich geschult werden in der Nutzung der neuen Medien. Eine Kulturänderung ist in vielen Bereichen notwendig. Zudem sind auch genaue Analysen zu Hemmnissen und deren Abbau – z.B. bei Berufseinsteigern und Jungwissenschaftlern – bei der Nutzung dieser Medien notwendig.

4 Vergleich Minderungspotenziale Homeoffice und Reduktion Dienstreisen

Die in dieser Studie ermittelten Treibhausgasminderungspotenziale durch verstärkte Homeoffice-Nutzung liegen – je nach angenommenem Anteil der Beschäftigten, die Homeoffice in Anspruch nehmen – zwischen 1,9 und 7,1 Mt CO_2-Äquivalente (etwa 1% - 3% der Emissionen des Verkehrs in Deutschland). Zusätzliche Wege für Aktivitäten, die normalerweise auf dem Arbeitsweg unternommen werden, können dieses Minderungspotenzial um 0,4 – 0,9 Mt CO_2-Äquivalente reduzieren.

Als potenziell relevanter Rebound-Effekt wurde der Umzug von Homeoffice-Nutzenden, die bisher im städtischen Umfeld wohnen, auf das Land ermittelt. In einer Sensitivität eines Umzugs von 20% dieser Homeoffice-Nutzenden (also etwa 6% der gesamten Erwerbstätigen), wurden 1,9 bzw. 2,7 Mt CO_2 ermittelt, die zusätzlich durch längere Wege und andere Verkehrsmittelwahl emittiert werden und entsprechend die Minderungspotenziale reduzieren.

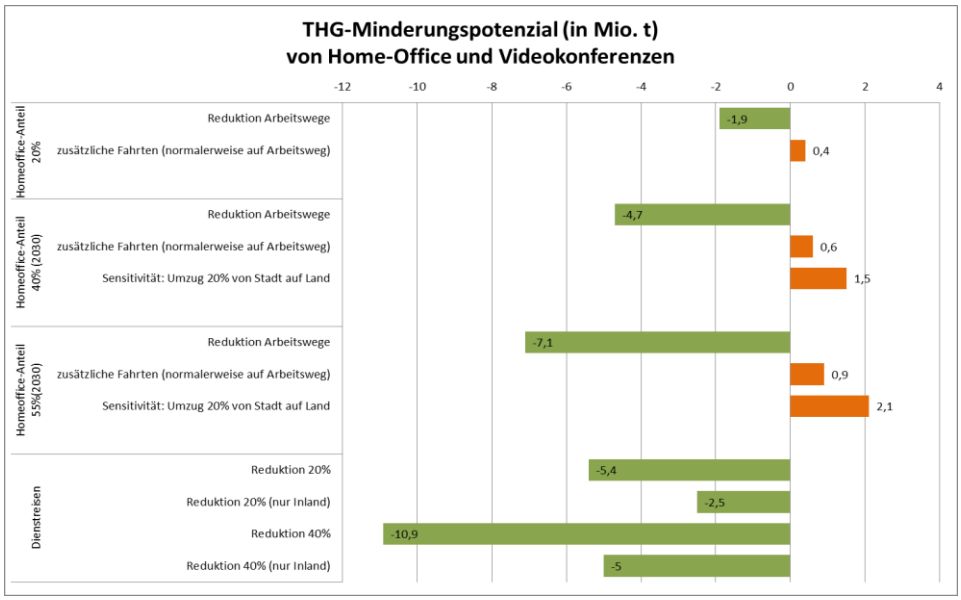


Abbildung 18: THG-Minderungspotenzial (WtW in Mt pro Jahr) von Homeoffice und Videokonferenzen

Das Minderungspotenzial durch eine Steigerung der Homeoffice-Nutzung auf 20% mit 1,9 Mt CO_2 liegt in der ähnlichen Höhe wie die Minderungen durch eine Reduktion des Dienstreiseverkehrs der Deutschen (2,5 Mt CO_2) ohne Berücksichtigung der internationalen Flüge.

In der vorliegenden Studie wurden Treibhausgasminderungspotenziale nur für den Verkehr analysiert. Bei Homeoffice-Nutzung ebenso wie bei einer Reduktion von Dienstreisen sind darüber hinaus weitere Treibhausgasminderungspotenziale auch außerhalb des Verkehrs (z.B. Hotelübernachtungen, Tagungsräume) zu erwarten, die zukünftig tiefergehend untersucht werden sollten.

Abbildungen

Abbildung 1: Angaben zur Homeoffice-Nutzung während der Corona-Krise in 2020 gemäß (DLR 2020) in Gegenüberstellung zum Jahr 2019 (vor Corona) nach (DESTATIS 2020). 4

Abbildung 2: Änderung der THG-Emissionen durch verstärkte Homeoffice-Nutzung 8

Abbildung 3: Verkehrsleistung an einem durchschnittlichen Tag unterteilt nach Wegezwecken gemäß (INFAS 2019) 9

Abbildung 4: Anteile der Personen mit Arbeitswegen, die sich direkt oder indirekt zur Arbeitsstätte oder nach Hause begeben. 11

Abbildung 5: Anteile an den zusätzlichen Wegezwecken bei indirektem Weg zur oder von der Arbeitsstätte nach Hause. 12

Abbildung 6: THG-Emissionen (WtW) durch den Berufsverkehr und Einsparungen im konservativen und optimistischen Szenario unter Berücksichtigung der verknüpften Wegezwecke bei indirekten Arbeits- oder Heimwegen von der Arbeitsstätte. 13

Abbildung 7: Anteil der Angestellten im Homeoffice während COVID-19 Krise, April 2020, nach Staaten (Eurofond 2020) 14

Abbildung 8: Mittlere Wegelängen pro Person nach regionalspezifischen Raumtypen der Haushalte für Arbeitswege 15

Abbildung 9: Anteile der Verkehrsmittel an der Verkehrsleistung für Arbeitswege differenziert nach siedlungsspezifischen Merkmalen 15

Abbildung 10: Abschätzung der THG-Emissionsänderung durch Umzug von 20% der Homeoffice-Nutzenden von Städten (Metropolen, Regiopolen, Mittelstädte und zentrale Städte) in Kleinstädte und Dörfer. 18

Abbildung 11: THG-Emissionen (WtW) in den langfristigen Szenarien für 2030 im Verkehrssektor **durch Arbeitswege** unter Berücksichtigung der Unsicherheiten bezüglich der Zusatzzwecke sowie der Änderungen bei Umzug von 20% der Homeoffice-Nutzenden samt Haushalt in ländliche Regionen. Die Verkehrsmenge entspricht den Angaben der MiD 2017, die Emissionsfaktoren beziehen sich auf das Jahr 2030 gemäß TREMOD-Trend-Szenario. Rote Pfeile stellen die Zusatzemissionen (Sensitivität) durch Umzüge dar. 18

Abbildung 12: Häufigkeit der Nutzung von Videokonferenzen (Clausen / Schramm 2021) 23

Abbildung 13: Verkehrsleistungen Reiseverkehr nach Verkehrsmitteln, differenziert nach Privat- und Geschäftsreisen (Schulz et al. 2020) 24

Abbildung 14: THG-Emissionen (WtW, inkl. EWF) der Inländer-Reiseverkehre unterteilt nach Privat- und Geschäftsreisen. 25

Abbildung 15: WtW-Emissionen durch Geschäftsreisen der Deutschen (rechts ohne internationale Flüge) 29

Abbildung 16: CO_2-Emissionen für 4-h-Videokonferenz mit 4 Personen nach (Schramm 2020) 30

Abbildung 17: Möglichkeiten zur Reduktion der CO_2-Emissionen einer Tagung (Beispiel AGU-Tagung) nach (Klöwer et al. 2020) 32

Abbildung 18: THG-Minderungspotenzial (WtW in Mt pro Jahr) von Homeoffice und Videokonferenzen 34

Abbildung 19: THG-Emissionen (TtW) und -Einsparungen durch den Verkehr im konservativen und optimistischen Szenario unter Berücksichtigung der verknüpften Wegezwecke bei indirekten Arbeits- oder Heimwegen von der Arbeitsstätte. (ohne Vorkette) 39

Abbildung 20: THG-Emissionen (TtW) in den langfristigen Szenarien für 2030 im Verkehrssektor **durch Arbeitswege** unter Berücksichtigung der Unsicherheiten bezüglich der Zusatzzwecke sowie der Änderungen bei Umzug von 20% der Homeoffice-Nutzenden samt Haushalt in ländliche Regionen. Die Verkehrsmenge entspricht den Angaben der MiD 2017, die Emissionsfaktoren beziehen sich auf das Jahr 2030 gemäß TREMOD-Trend-Szenario. Rote Pfeile stellen die Zusatzemissionen (Sensitivität) durch Umzüge dar. 40

Abbildung 21: Wo befindet sich der Arbeitsplatz im Homeoffice 40

Tabellen

Tabelle 1: Übersicht aktuelle Untersuchungen zum THG-Minderungspotenzial von Homeoffice 7

Tabelle 2: Eckdaten der Szenarien mit kurzfristigen Minderungspotenzialen gegenüber der Ausgangslage. 11

Tabelle 3: Eckdaten der Langfrist-Szenarien 16

Tabelle 4: WTW-Emissionen im Dienst- und Geschäftsreiseverkehr unterteilt nach Verkehrsmitteln sowie die jeweiligen Einsparungen in den beiden Minderungsszenarien durch Reduzierung der Reisen aufgrund von Telekonferenzen und Online-Meetings. 28

Tabelle 5: TTW-Emissionen im Dienst- und Geschäftsreiseverkehr unterteilt nach Verkehrsmitteln sowie die jeweiligen Einsparungen in den beiden Minderungsszenarien durch Reduzierung der Reisen aufgrund von Telekonferenzen und Online-Meetings. 28

Tabelle 6: Treibhausgasemissionen Besprechung Berlin (Quelle Daten ecopassenger.org) 31

Tabelle 7: Verkehrsleistungsspezifische Treibhausgasäquivalente der betrachteten Verkehrsmittel basierend auf den fahrzeugspezifischen Emissionsfaktoren gemäß TREMOD 6.16 und den Verkehrsleistungen der MID 2017 für Arbeitswege. 38

Tabelle 8: Verkehrsleistungsspezifische Treibhausgasäquivalente der betrachteten Verkehrsmittel basierend auf den Emissionsfaktoren gemäß TREMOD 6.16 und den Verkehrsleistungen der MID 2017 für Geschäftsreisen. 39

Tabelle 9: Angaben zur Anzahl der Tage im Homeoffice gemäß (infas et al. 2019) 41

5 Anhang

5.1 Emissionsfaktoren der verwendeten Verkehrsmittel für Arbeitswege

Zur Berechnung der Emissionen werden die Emissionsfaktoren der Verkehrsmittel aus TREMOD 6.16 für die Jahre 2017 und 2030 den differenzierten Verkehrsmittelangaben im Wegedatensatz (ca. 20 Fahrzeugarten) zugeordnet und anschließend auf Basis der MID 2017 verkehrsleistungsgewichtet zu den fünf Kategorien Fahrrad, MIV (Fahrer), MIV (Mitfahrer), ÖPV und zu Fuß zusammengefasst. Die Emissionen für Mitfahrer werden dabei auf null gesetzt. Daraus ergeben sich die in nachfolgender **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellten Emissionsfaktoren der Treibhausgasäquivalente inklusive (WtW) und ohne (TtW) der Vorketten-Emissionen der jeweiligen Energieträger:

Tabelle 7: Verkehrsleistungsspezifische Treibhausgasäquivalente der betrachteten Verkehrsmittel basierend auf den fahrzeugspezifischen Emissionsfaktoren gemäß TREMOD 6.16 und den Verkehrsleistungen der MID 2017 für Arbeitswege.

Verkehrsmittel	TtW 2017	WtW 2017	TtW 2030	WtW 2030
Fahrrad	0 g/Pers.-km	0,3 g/Pers.-km	0 g/Pers.-km	0,2 g/Pers.-km
MIV (Fahrer)	179 g/Fzg.-km	218 g/Fzg.-km	141 g/Fzg.-km	180 g/Fzg.-km
MIV (Mitfahrer)	0 g/Fzg.-km	0 g/Fzg.-km	0 g/Fzg.-km	0 g/Fzg.-km
zu Fuß	0 g/Pers.-km	0 g/Pers.-km	0 g/Pers.-km	0,0 g/Pers.-km
ÖPV	20 g/Pers.-km	58 g/Pers.-km	14 g/Pers.-km	40 g/Pers.-km

5.2 Emissionsfaktoren der verwendeten Verkehrsmittel für Geschäftsreisen

Zur Berechnung der Emissionen werden die Emissionsfaktoren der Verkehrsmittel aus TREMOD 6.16 für das Jahr 2017 den differenzierten Verkehrsmittelangaben im Reise- und Wegedatensatz zugeordnet und anschließend auf Basis der MID 2017 verkehrsleistungsgewichtet zu den fünf Kategorien Flugzeug, MIV, und ÖPV zusammengefasst. Der Treibhausgasemissionsfaktor des Flugverkehrs für Geschäftsreisen ist darüber hinaus gemäß der Verkehrsleitung in unterschiedlichen Distanzklassen der Flugaktivität gewichtet. Daraus ergeben sich die in Tabelle 8 dargestellten Emissionsfaktoren der Treibhausgasäquivalente inklusive (WtW) und ohne (TtW) der Vorketten-Emissionen der jeweiligen Energieträger:

Tabelle 8: Verkehrsleistungsspezifische Treibhausgasäquivalente der betrachteten Verkehrsmittel basierend auf den Emissionsfaktoren gemäß TREMOD 6.16 und den Verkehrsleistungen der MID 2017 für Geschäftsreisen.

Verkehrsmittel	TtW	WtW
Flugzeug	182 g/Pers.-km	201 g/Pers.-km
MIV	165 g/Pers.-km	202 g/ Pers.-km
ÖPV	17 g/ Pers.-km	50 g/Pers.-km

Beim Flugverkehr ist eine zusätzliche Klimawirkung durch den Ausstoß von Schwefel- und Stickoxiden, Partikeln, Wasserdampf und anderen Emissionen in großen Flughöhen nachgewiesen. Diese Wirkung wurde als Emission Weighting Factor (EWF) ebenfalls berücksichtigt.

5.3 Ergebnisse Tank to Wheel (ohne Vorketten)

Die Emissionen im Hauptteil der Studie sind inkl. der Bereitstellung der Energieträge (Stromerzeugung, Kraftstoffbereitstellung) angegeben. Im Folgenden sind zur Ergänzung die Emissionen ohne Vorkette (also „Auspuffemissionen“) dargestellt.

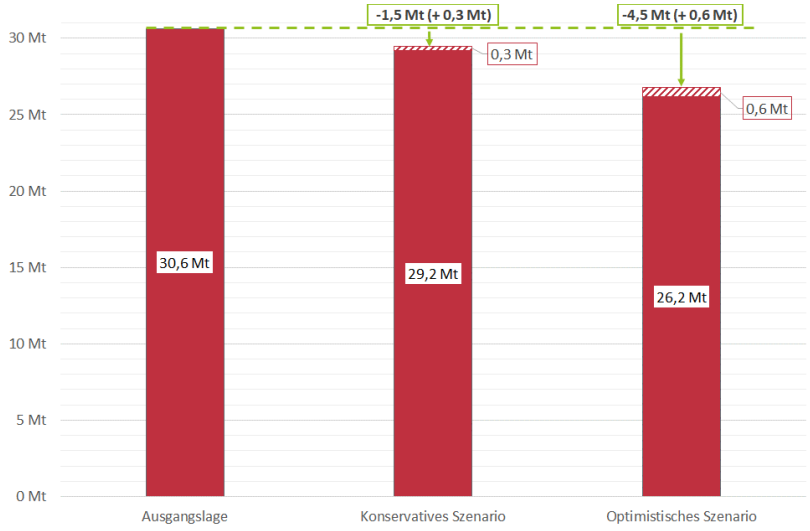


Abbildung 19: THG-Emissionen (TtW) und -Einsparungen durch den Verkehr im konservativen und optimistischen Szenario unter Berücksichtigung der verknüpften Wegezwecke bei indirekten Arbeits- oder Heimwegen von der Arbeitsstätte. (ohne Vorkette)

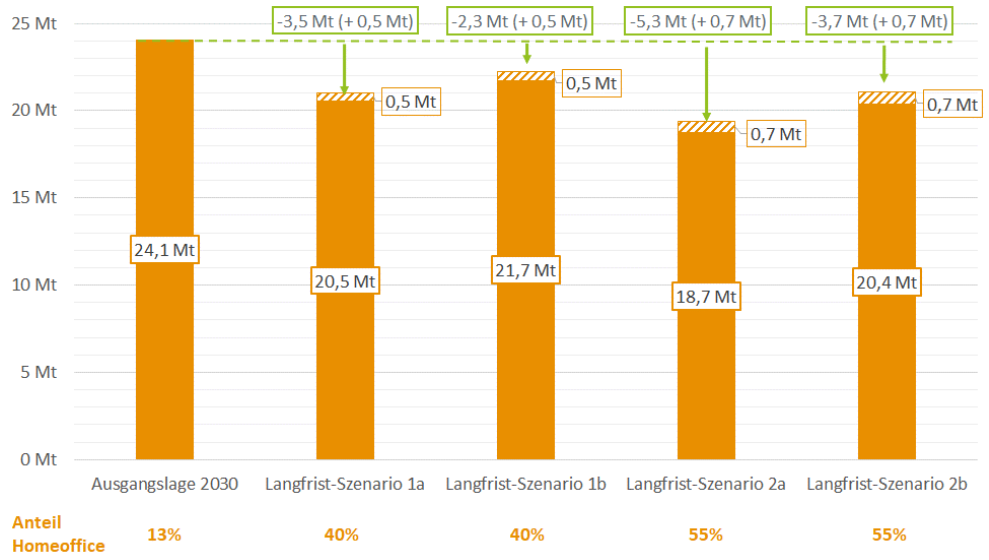


Abbildung 20: THG-Emissionen (TtW) in den langfristigen Szenarien für 2030 im Verkehrssektor **durch Arbeitswege** unter Berücksichtigung der Unsicherheiten bezüglich der Zusatzzwecke sowie der Änderungen bei Umzug von 20% der Homeoffice-Nutzenden samt Haushalt in ländliche Regionen. Die Verkehrsmenge entspricht den Angaben der MiD 2017, die Emissionsfaktoren beziehen sich auf das Jahr 2030 gemäß TREMOD-Trend-Szenario. Rote Pfeile stellen die Zusatzemissionen (Sensitivität) durch Umzüge dar.

5.4 Energieverbrauch für Homeoffice

Im Folgenden wird eine erste Abschätzung zu dem Energieverbrauch im Homeoffice vorgenommen.

Die Änderungen hängen hier stark von der Größe und Ausstattung des Homeoffices sowie dem jeweiligen Heizverhalten der Homeoffice-Nutzer ab. Während der Corona-Pandemie befand sich bei ca. 50% der Beschäftigten der Arbeitsplatz in einem separaten Arbeitszimmer (Bockstahler et al. 2020) . Bei langfristiger und kontinuierlicher Nutzung des Homeoffice sollte ein guter separater Arbeitsplatz zur Verfügung stehen.

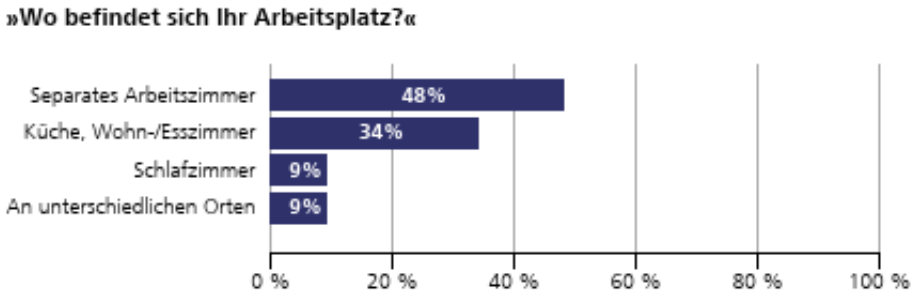


Abbildung 21: Wo befindet sich der Arbeitsplatz im Homeoffice

Entsprechend können diese Änderungen hier nur beispielhaft dargestellt werden. Dabei wird hier davon ausgegangen, dass der Erwerbstätige 200 Tage im Jahr im Homeoffice arbeitet. Bei anderen Teilzeit-Faktoren würden sich Änderungen beim Energiebedarf ergeben.

Zusätzlicher Energieverbrauch durch Heizung bzw. Temperaturerhöhung des Homeoffices (extra Zimmer)

Für eine dauerhafte und angenehme Homeoffice-Nutzung kann davon ausgegangen werden, dass ein zusätzlicher Raum vorhanden sein sollte. Für die durchschnittlichen Treibhausgasemissionen je Quadratmeter Wohnfläche wurden auf Basis des Gebäudemodells GEMOD[1] für das Bezugsjahr 2020 für Heizen/Warmwasser rund 41,2 kg CO2-Äquivalente je Quadratmeter angenommen. Ein durchschnittlicher Raum von 10 m² führt damit zu **412 kg CO_2-Äquivalent** für die Beheizung pro Jahr. **Dieser Wert von 2 kg CO2-Äquivalent pro Arbeitstag wird im Exkurs im Kapitel2.4.3 angesetzt.**

Dabei wird vernachlässigt, dass ggf. zusätzlich geschaffener Wohnraum einen besseren energetischen Standard aufweisen könnte als der aktuelle Durchschnitt. Auch ist unklar wieviel Wohnraum zusätzlich geschaffen bzw. hierfür neu errichtet würde oder ob nur Verschiebungseffekte auftreten könnten, indem Haushalte mit Homeoffice-Bedarf tendenziell in größere Wohneinheiten wechseln und solche ohne in kleinere, was bilanziell zu einer Verringerung oder gar zur Vermeidung eines zusätzlichen Wohnraumbedarfs und dessen Energieverbrauch bzw. Emissionen führen kann. Auch die Emissionen für die Errichtung dieser Wohnfläche sind nicht enthalten.

5.5 Anteile der Erwerbstätigen nach Arbeitstagen pro Woche

Die Reduktion der Arbeitswege ergibt sich aus der Reduktion der Anzahl der Tage im Büro. Laut MID 2017 arbeiteten rund 6% der Erwerbstätigen 3 Tage und mehr, 7% weniger als drei Tage im Büro (siehe Tabelle 9). Damit ergibt sich im Mittel ein Wert von 2,65 Tage pro Woche im Homeoffice.

Tabelle 9: Angaben zur Anzahl der Tage im Homeoffice gemäß (infas et al. 2019)

	Anteile an Homeofficetätigen	Anteile an Erwerbstätigen
weniger als einen Tag in der Woche	9,4%	1,2%
1 Tag	29,6%	3,9%
2 Tage	17,9%	2,3%
3 Tage	9,8%	1,3%
4 Tage	7,3%	0,9%
5 Tage und mehr	26,1%	3,4%

Für insgesamt rund 15 Mrd. Fahrten bzw. Wege zur Arbeit wurden ca. 246 Mrd. Pkm pro Jahr erbracht.

[1] https://www.ifeu.de/methoden/modelle/gebaeudemodell/

Literaturverzeichnis

Alipour, J.-V.; Falck, O.; Schüller, S. (2020): Homeoffice während der Pandemie und die Implikationen für eine Zeit nach der Krise. S. 7.

Bauer, W. (2020): Arbeiten in derr Corona-Pandemie - Auf dem Weg zum New Normal. Studie des Fraunhofer IAO in Kooperation mit der Deutschen Gesellschaft für Personalführung DGFP e.V.

BCD (2020): COVID-19 travel buyer experience and outlook. *https://cdn.bcdtravel.com/wp-content/uploads/Infographic_COVID-19-Surview.pdf* (18.05.2021).

BMZ (2020): Klimaneutrales BMZ 2020: Vermeiden. Reduzieren. Kompensieren. S. 80.

Bockstahler, M.; Jurecic, M.; Rief, S. (2020): WORKING FROM HOME EXPERIENCE. S. 66.

Bonin, H.; Krause-Pilatus, A.; Rinne, U. (2021): Arbeitssituation und Belastungsempfinden im Kontext der Corona-Pandemie. S. 38.

Brenke, V. K. (2016): Home Office: Möglichkeiten werden bei weitem nicht ausgeschöpft. In: *DIW WOCHENBERICHT NR. 5/2016 VOM 3. FEBRUAR 2016*. S. 12.

Burtscher, L.; Barret, D.; Borkar, A. P.; Grinberg, V.; Jahnke, K.; Kendrew, S.; Maffey, G.; McCaughrean, M. J. (2020): The carbon footprint of large astronomy meetings. In: *Nature Astronomy*. Vol. 4, No.9, S. 823–825.

Clausen, J.; Schramm, S. (2021): Klimaschutzpotenziale der Nutzung von Videokonferenzen und Homeoffice. S. 55.

Clausen, J.; Schramm, S.; Hintemann, R. (2020): CliDiTrans Werkstattbericht 3-2: Virtuelle Konferenzen und Online-Zusammenarbeit in Unternehmen: Effektiver Klimaschutz oder Mythos? S. 22.

Crow, D. (2020): Working from home can save energy and reduce emissions. But how much? – Analysis. In: *IEA*. https://www.iea.org/commentaries/working-from-home-can-save-energy-and-reduce-emissions-but-how-much. (11.01.2021).

DESTATIS (2020): Erwerbstätige, die von zu Hause aus arbeiten. In: *Statistisches Bundesamt*. https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Qualitaet-Arbeit/Dimension-3/home-office.html. (20.12.2020).

Dingel, J. I.; Neiman, B. (2020): How many jobs can be done at home? In: *Journal of Public Economics*. Vol. 189, S. 104235.

DLR (2020): Dritte DLR-Befragung: Wie verändert Corona unsere Mobilität? In: *DLR Verkehr*. https://verkehrsforschung.dlr.de/de/news/dritte-dlr-befragung-wie-veraendert-corona-unsere-mobilitaet. (10.02.2021).

EITW (2020a): Auswirkungen des Corona-Virus auf den deutschen Veranstaltungsmarkt: Phase 2. Extrastudie: Anbieter-Befragungen & Szenarien-Modelle. *https://gcb.de/fileadmin/GCB/Information/Trends_and_Studies/MeBa/2020-12_GCB_Szenarien-2021__Management-Summary.pdf* (17.01.2021).

EITW (2020b): Meeting-& EventBarometerDeutschland 2019/2020. Die Deutschland-Studie des Kongress- und Veranstaltungsmarktes. *https://www.evvc.org/sites/default/files/2020-05/MEBa_ManagementInfo_2020.pdf* (17.01.2021).

Eurofond (2020): Labour market change. Teleworkablity and the COVID-19 crisis: a new digital divide? *https://www.eurofound.europa.eu/sites/default/files/wpef20020.pdf* (10.02.2021).

GBTA (2021): Coronavirus Poll Results.

Gröger, J. (2020): Digitaler CO2-Fußabdruck - Datensammlung zur Abschätzung von Herstellungsaufwand, Energieverbrauch und Nutzung digitaler Endgeräte und Dienste. Im Auftrag des Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. S. 43.

Hintermann (2020): Videostreaming: Energiebedarf und CO2-Emissionen. *https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2020/06/Videostreaming_2020.pdf* (12.01.2021).

ifo (2020): Unternehmen planen auch nach Corona weniger Dienstreisen. https://www.ifo.de/node/56292. (15.01.2021).

ifo/Randstad (2020): Randstad ifo Personalleiterbefragung. Ergebinsse: 2. Quartal 2020. *https://www.randstad.de/s3fs-media/de/public/2020-08/randstad-ifo-personalleiterbefragung_q2_2020.pdf* (24.10.2020).

INFAS (2019): Mobilität in Deutschland – MiD Ergebnisbericht. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15). Bonn, Berlin. www.mobilitaet-in-deutschland.de. *http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf* (24.10.2020).

infas; DLR; ivt; infas 360 (2019): MID 2017. In: *Mobilität in Deutschland*. http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/publikationen2017.html. (17.12.2020).

IW (2021): IW-Kurzbericht 6/2021. Büroflächenabbau bleibt die Ausnahme. *https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Kurzberichte/PDF/2021/IW-Kurzbericht_2021-Bueroflaechenabbau.pdf* (28.02.2021).

IZT (2020): Arbeiten nach Corona - Warum homeoffice gut fürs Klima ist. *https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/s03091_gp_home_office_studie_08_2020_dt_fly_fin_04.pdf* (13.10.2020).

Jahnke, K.; Fendt, C.; Fouesneau, M.; Georgiev, I.; Herbst, T.; Kaasinen, M.; Kossakowski, D.; Rybizki, J.; Schlecker, M.; Seidel, G.; Henning, T.; Kreidberg, L.; Rix, H.-W. (2020): An astronomical institute's perspective on meeting the challenges of the climate crisis. In: *Nature Astronomy*. Vol. 4, No.9, S. 812–815.

Jerzy, N. (2019): Klimaschutz: Sechs Tipps für die nachhaltige Geschäftsreise. https://www.wiwo.de/erfolg/management/klimaschutz-sechs-tipps-fuer-die-nachhaltige-geschaeftsreise/25294806.html. (15.01.2021).

Kemmler, D. A.; Straßburg, S.; Seefeldt, F.; Anders, N.; Rohde, D. C.; Fleiter, D. T.; Aydemir, A.; Kleeberger, H.; Hardi, L.; Geiger, D. B. (2017): Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen in der Zeitreihe 2005 – 2014. S. 314.

Klöwer, M.; Hopkins, D.; Allen, M.; Higham, J. (2020): An analysis of ways to decarbonize conference travel after COVID-19. In: *Nature*. Vol. 583, No.7816, S. 356–359.

Markert, Dr. L. A.; Pauly, B. (2020): Homeoffice in Zeiten der Corona-Pandemie. https://www.bitkom.org/Themen/Corona/Homeoffice-in-Zeiten-der-Corona-Pandemie. (15.02.2021).

Möbert, J.; Moebert, J.; Schattenberg, M.; Schattenberg, M. (2020): Arbeitswelt der Zukunft: Ist das Homeoffice wirklich das Ei des Kolumbus? S. 13.

netzwoche (2020): Das sind die Strom- und Datenfresser unter den Videokonferenz-Apps. https://www.netzwoche.ch/news/2020-05-10/das-sind-die-strom-und-datenfresser-unter-den-videokonferenz-apps/0lt0. (10.02.2021).

NPM (2019): NPM-AG-1-Wege-zur-Erreichung-der-Klimaziele-2030-im-Verkehrssektor.pdf. *https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2020/03/NPM-AG-1-Wege-zur-Erreichung-der-Klimaziele-2030-im-Verkehrssektor.pdf* (13.10.2020).

Oliver Wyman (2020): Anticipating the Traval Recovoery - Traveler sentiment survey , Edition 2. *https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/v2/media/2020/Global_Travel_Sentiment_Survey_Edition_2.pdf* (11.02.2021).

Ritter, Prof. Dr.-Ing. V.; Bagherian, B.; Müller, A.; Voss, Prof. Dr.-Ing. K.; Berges, M. J. (2019): Vergleichswerte für den Energieverbrauch von Nichtwohngebäuden. S. 183.

Rundnagel, R. (2015): Flächenbedarf Büro: Raum und Arbeitsplatz. S. 7.

Schien, D.; Coroama, V. C.; Hilty, L. M.; Preist, C. (2014): The Energy Intensity of the Internet: Edge and Core Networks. In: L. M. HILTY: / B. AEBISCHER: *ICT Innovations for Sustainability*. Advances in Intelligent Systems and Computing Springer International Publishing, Cham. S. 157–170.

Schramm, S. (2020): Effekte der COVID-19-Pandemie auf berufsbedingten Ver- kehr, geschäftliche Meetings, Home-Office und Klimabilanz. S. 54.

Schulz, A.; Chlond, B.; Magdolen, M.; Kuhnimhof, T. (2020): Klimawirksame Emissionen des deutschen Reiseverkehrs. S. 144.

Sorensen, J. (2020): Journey Ahead Airline BusinessHow the Pandemic and Technology wll change Airline Business Travel. Wisconsin. *https://www.cartrawler.com/ct/media/2020/11/Journey-Ahead-Airline-Business-Travel-CarTrawler-Series.pdf* (18.05.2021).

TNMT (2021): Industry experts weigh in on the future of business travel. In: *TNMT*.

VDR (2020a): VDR-Geschaeftsreiseanalyse-2020.pdf. https://www.vdr-service.de/fileadmin/services-leistungen/fachmedien/geschaeftsreiseanalyse/VDR-Geschaeftsreiseanalyse-2020.pdf. (17.01.2021).

VDR (2020b): Ergebnisse der VDR-Barometerumfrage zum Coronavirus/Covid-19 (Corporates) 2020. https://www.vdr-service.de/corona/ergebnisse-der-vdr-barometerumfrage-zum-coronaviruscovid-19-corporates-2020. (04.02.2021).

VDR (2020c): Pressemitteiliung: VDR sieht kein „Ende einer Ära“: Geschäftsreisen bleiben für Unternehmen und Gesamtwirtschaft wichtig. 11.8.2020. https://www.vdr-service.de/nc/aktuelles/einzelnews/news/vdr-sieht-kein-ende-einer-aera-geschaeftsreisen-bleiben-fuer-unternehmen-und-gesamtwirtschaft-wichti. (15.01.2021).

Walberg, D. (2020): Bremse Baukosten für bezahlbares Wohnen?

Zehl, F.; Weber, P.; Knie, A.; Follmer, R.; Schelewsky, M. (2020): DIE VERMESSUNG DER MOBILITÄT IN DER PANDEMIE. WZB, infas, Berlin, Bonn. S. 28.

ZEW (2019): Unternehmen ersetzen Dienstreisen häufig durch Telefon- und Videokonferenzen. ZEW Branchenreport Informationswirtschaft August 2019 Mannheim. *https://www.zew.de/fileadmin/FTP/brepikt/201902BrepIKT.pdf* (11.01.2021).