# Prospektive Modellierung:

# Der zukünftige Einfluss von zeiteffizienten Praktiken und von Zeit-Rebound-Effekten auf die $CO_2$-Emissionen

im Rahmen des Forschungsprojektes

**ReZeitKon (Zeit-Rebound, Zeitwohlstand und nachhaltiger Konsum)**

Lorenz Erdmann, Max Priebe
(Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI)

unter Mitarbeit von

*Meent Mangels*

Juni 2022

Fraunhofer ISI
berlin
LEUPHANA UNIVERSITÄT LÜNEBURG
Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung
FONA Sozial-ökologische Forschung

**IMPRESSUM**

**Reihe:** Arbeitspapier des Fachgebiets Arbeitslehre/Ökonomie und Nachhaltiger Konsum Nr. 5

**Herausgeber:** Prof. Dr. Ulf Schrader

Das vorliegende Arbeitspapier entstand im Rahmen des Projekts „ReZeitKon - Zeit-Rebound, Zeitwohlstand und Nachhaltiger Konsum“ (2018-2021), das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird.

**Projektleitung:** Prof. Dr. Ulf Schrader, Dr. Sonja Geiger (TU Berlin)

**Kontakt**: lorenz.erdmann@isi.fraunhofer.de

**Homepage:** zeit-rebound.de

**ISSN: 2702-1947**

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung ... 3
1. Einleitung ... 11
2. Partizipative Entwicklung und integrierte Validierung des systemdynamischen Modells ... 14
2.1 Übersicht über die Modellentwicklung ... 14
2.2 Grundprinzipien der Modellierung und epistemischer Gehalt des Modells ... 15
2.3 Systemansatz zur Kopplung von Zukunftsszenarien mit dem Simulationsmodell ... 16
2.4 Integrierte Validierung ... 17
3. Beschreibung des Modells ... 18
3.1 Übersicht über die Module und Teilmodule ... 18
3.2 Das Bevölkerungsmodul ... 19
3.3 Die Praxismodule ... 23
3.4 Das Zeitwiederverwendungsmodul ... 30
3.5 Das Wohlstandsmodul ... 33
3.6 Das Treibhausgasemissionsmodul ... 35
4. Zukunftsszenarien ... 37
4.1 Die Szenario-Entwicklung ... 37
4.2 Die drei Zukunftsszenarien ... 38
4.2.1 Szenario A „Zeit ist Geld“ ... 38
4.2.2 Szenario B „Zeit ist Eigenzeit“ ... 39
4.2.3 Szenario C: „Zeit ist Fremdzeit“ ... 40
5. Simulationen ... 42
5.1 Übersicht über die Darstellung der Simulationsergebnisse ... 42
5.1.1 Maßnahmen zur Qualitätssicherung ... 42
5.1.2 Darstellungsweise von relativen Veränderungen ... 45
5.1.3 Die Auswertungssystematik ... 46
5.2 Verlaufsanalysen ... 46
5.3 Einflussanalysen ... 52
5.4 Sensitivitätsanalysen ... 59
5.5 Detailanalysen ... 61
5.5.1 Einflussanalysen für die Referenzprojektionen und die $CO_2$-Emissionsfaktor-„Einfrierung“-Simulationen ... 61
5.5.2 Der Einfluss einzelner zeiteffizienter Praktiken auf die $CO_2$-Emissionen ... 63
5.5.3 Der Einfluss von Zeit-Rebound-Effekten auf die $CO_2$-Emissionen ... 65
6. Fazit ... 68
6.1 Zusammenfassung ... 68
6.2 Reflexion und Ausblick ... 68

7. Literaturverzeichnis ..... 71
Anhang ..... 75
A 1. Terminologie zur Quantifizierung von Szenarien im Simulationsmodell ..... 75
A 2. Online-Befragungen im Projekt ReZeitKon ..... 77
A 3. Elemente der integrierten Validierung ..... 78
A 4. Parameter und Algorithmen ..... 81
A 4.1 Bevölkerungsmodul – Population Entity ..... 82
A 4.2 Praxismodul – Commitments Entity ..... 83
A 4.3 Praxismodul – Contracts Entity ..... 85
A 4.4 Praxismodul – Leisure Entity ..... 86
A 4.5 Praxismodul – Media_Consumption Entity ..... 87
A 4.6 Praxismodul – Mobility Entity ..... 90
A 4.7 Praxismodul – Regeneration Entity ..... 92
A 4.8 Praxismodule – direkter Zeit-Rebound-Effekt und Initialisierung der Gleichzeitigkeit ..... 93
A 4.9 Zeitwiederverwendungsmodul – Time-Budget Entity (indirekter Zeit-Rebound-Effekt) 95
A 4.10 Wohlstandsmodul – Wealth Entity ..... 97
A 4.11 Treibhausgasemissionsmodul – carbon entity ..... 99

## Zusammenfassung

Wenn eine soziale Praxis in Bezug auf einen definierten Nutzen, wie die Bereitstellung einer Mahlzeit, objektiv messbar Zeit „einspart“, wird sie im ökonomischen Sinne als zeiteffizient bezeichnet. „Zeiteinsparungen“ müssen in gleichem Umfang verwendet werden. Führt die Art der Verwendung „eingesparter“ Zeitbudgets dazu, dass sich die Zahl der Handlungen (einschließlich Erlebnissen) pro Zeiteinheit erhöht, so findet eine Beschleunigung des Lebens statt, was wir als Zeit-Rebound-Effekt bezeichnen (Erdmann und Pfaff 2021). Doch in welchem Ausmaß trägt der Zeit-Rebound-Effekt zum Klimawandel bei und wie lässt sich dieser Beitrag zukünftig beeinflussen?

In diesem Bericht aus dem Projekt ReZeitKon (Zeit-Rebound, Zeitwohlstand und nachhaltiger Konsum) wird die prospektive Simulation des Einflusses von zeiteffizienten Praktiken und von Zeit-Rebound-Effekten auf die $CO_2$-Emissionen dargestellt und analysiert. Hierbei wird der Zeit-Rebound-Effekt als eine systemdynamische Wirkung der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken aufgefasst, die die Perspektive der durch Alltagshandlungen verursachten $CO_2$-Emissionen um den Faktor der Verwendung modellhaft eingesparter Zeitbudgets sowie deren „Umwidmung“ erweitert.

Die Simulationen beziehen sich auf Personen im erwerbsfähigen Alter (18-67 Jahre) mit Wohnsitz in Deutschland. Die Simulation beginnt im Jahr 2020 und erstreckt sich bis in das Jahr 2040. Gegenstand der Simulation sind (1) die zeiteffiziente Bereitstellung von Mahlzeiten, (2) die Inanspruchnahme haushaltsnaher Dienstleistungen, (3) die Verringerung der wöchentlichen Erwerbsarbeitszeit, (4) die Wahl des Autos statt ÖPNV oder zu Fuß/mit dem Fahrrad und zügiger statt langsamer Fahrstil, (5) virtuelle Mobilität, (6) die konzentrierte Ausführung definierter Aktivitäten im Internet statt „Surfen“, (7) die Verkürzung der Regenerationszeit und (8) Multitasking.

Aufbauend auf dem Datensatz aus der Repräsentativbefragung wurden durch statistische Analysen eine Segmentierung der Bevölkerung vorgenommen und Daten für die Initialisierung des Simulationsmodells aufbereitet. Im Ergebnis wurden neun Bevölkerungsgruppen nach Alterskohorte und Zeitwohlstandsklasse differenziert und die Initialisierungsdaten für diese neun Cluster jeweils separat ausgewiesen (insbesondere Verbreitungsniveau zeiteffizienter Praktiken, „Zeiteinsparung“ und Zeitwiederverwendung).

Es wurden drei Zukunftsszenarien für das Jahr 2040 entwickelt, um die Validität der Simulationen gegenüber qualitativ verschiedenen Zeitkonzepten und anderen quantitativ schwer fassbaren zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten einschätzen zu können. Den Szenarien liegen drei verschiedene Zeitkonzepte zugrunde. Ihre Titel *Zeit ist Geld*, *Zeit ist Eigenzeit* und *Zeit ist Fremdzeit* geben die Unbestimmtheit der gesellschaftlichen Zeitverhältnisse im Jahr 2040 wieder. Für die alternativen Szenarios wurden die zukünftigen Werte ausgewählter Schlüsselparameter auf einem Validierungsworkshop geschätzt. Im Nachgang wurde für das Szenario *Zeit ist Geld* eine Untervariante mit noch dynamischerer Verbreitung zeiteffizienter Praktiken formuliert.

Das systemdynamische Modell ist in einem kombinierten qualitativen und quantifizierenden Prozess partizipativ entwickelt und in der System Dynamics Software Ventity™ implementiert worden. Das Modell wird von Bevölkerungsdaten, den Initialisierungsdaten, von Parameterschätzungen und von

Sekundärdaten gespeist. Im Ergebnis können für die neun Cluster in vier Szenarien die Verläufe von Variablen, insbesondere die $CO_2$-Emissionen simuliert werden. Infolge der unterschiedlichen Verbreitung zeiteffizienter Praktiken, daraus resultierender „Zeiteinsparungen“ und ihren Verwendungen unter den jeweiligen Szenario-Annahmen, entwickeln sich auch die mit den Szenarios verbundenen $CO_2$-Emissionen im Simulationszeitraum von 2020 bis 2040 auseinander.

In den Simulationen für alle drei Szenarien erfolgt bis 2040 im Vergleich zu 2020 eine deutliche Reduktion der $CO_2$-Emissionen, was maßgeblich auf die zu erwartende Reduzierung des $CO_2$-Fußabdrucks von Aktivitäten zurückzuführen ist. Die Reduktion ist am stärksten in Szenario *Zeit ist Eigenzeit* mit −45 %, in Szenario *Zeit ist Fremdzeit* beträgt sie −37 % und in Szenario *Zeit ist Geld* ist sie am geringsten mit −34 %. Dies bedeutet, dass unterschiedliche gesellschaftliche Zeitverhältnisse, wie in den Szenarien postuliert, zukünftig einen signifikanten Einfluss auf die $CO_2$-Emissionen haben können, indem sie jeweils bestimmte Produktions- und Konsumptionsmuster begünstigen.

Zu Vergleichszwecken haben wir für vier Szenarien (A „Zeit ist Geld“, B „Zeit ist Eigenzeit“, C „Zeit ist Fremdzeit“ und A2 „Zeit ist Geld – dynamischere Verbreitung zeiteffizienter Praktiken“) simuliert, wie sich die $CO_2$-Emissionen auf Bevölkerungsebene entwickeln würden, wenn sich zwar die zeiteffizienten Praktiken wie projiziert verbreiten würden, es aber keine Zeit-Rebound-Effekte (direkt und indirekt) gäbe. Die Ergebnisse dieser „Einfrierung“-Simulationen können mit den Werten der Simulationen einschließlich aller Zeit-Rebound-Effekte verglichen werden.

Ohne den Zeit-Rebound-Effekt lägen die $CO_2$-Emissionen um 1,2 bis 4,4 % niedriger bezogen auf die Werte im Jahr 2020. Die Bandbreite erklärt sich neben den Differenzen im Ausmaß „eingesparter“ Zeit auch aus den unterschiedlichen Verwendungsmustern in den drei Szenarien. Dies bedeutet, dass Menschen, die zeiteffiziente Praktiken ausüben, mit der Wahl der Verwendung „eingesparter“ Zeitbudgets auch ihren $CO_2$-Fussabdruck minimieren können. Der aus Umweltsicht negativ zu beurteilende Zeit-Rebound-Effekt wird in den Simulationen der gesamten $CO_2$-Emissionen kaschiert – ohne ihn, wäre die Dekarbonisierung noch ausgeprägter.

Diese Simulationswerte für den Einfluss des Zeit-Rebound-Effekts auf die $CO_2$-Emissionen der Bevölkerung mögen auf den ersten Blick gering erscheinen. Die Ursachen liegen insbesondere darin (1), dass die objektive Zeitbetrachtung dazu zwingt, konsequent über die Verwendung „eingesparter“ Zeitbudgets und die daran geknüpften $CO_2$-Emissionen Rechenschaft abzulegen und (2), dass sich gegenläufige Effekte wechselseitig kompensieren. Die Bandbreite der $CO_2$-Emissionen der Zeit-Rebound-Effekte erklärt sich auch aus den unterschiedlichen Verwendungsmustern „eingesparter“ Zeit in den drei Szenarien.

Zwischen den Szenarien gibt es einen $CO_2$-Emissionsunterschied von 11 %. Zeitpolitik hat deshalb ein nennenswertes Dekarbonisierungspotenzial, weil die Aktivitätsmuster mit ihrem jeweiligen $CO_2$-Fussabdruck zeitlich miteinander verwoben sind. Anders herum gesehen, scheint die gegenwärtige Politik des nachhaltigen Konsums bislang die zeitliche Verwobenheit der Aktivitätsmuster und daran gekoppelte Wechselwirkungen zu wenig zu beachten.

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Vorgehen zur prospektiven systemdynamischen Simulation der Auswirkungen der Verbreitung zeiteffizienter Techniken auf die $CO_2$-Emissionen (Quelle: eigene Darstellung). .....14
Abbildung 2: Grundstruktur des systemdynamischen Modells (Quelle: eigene Darstellung). 16
Abbildung 3: Hauptmodule des systemdynamischen Modells (Quelle: eigene Darstellung). Commitments – Haushalt und Care; Contracts – Erwerbsarbeit und Bildung; Leisure – Freizeit; Media_Consumption – Telepräsenz und Einkaufen; Mobility – Berufs-, Ausbildungs-, Freizeit- sowie Einkaufs-Erledigungsverkehr; Regeneration – Schlaf und Pausen.....19
Abbildung 4: Abhängige sozio-demographische Merkmale der neun Cluster und drei Modi des Veränderung des Zeitwohlstands (Quelle: eigene Darstellung). .....22
Abbildung 5: Kausalschleifendiagramm für zeiteffiziente Praktiken im Lebensbereich Commitments (Quelle: eigene Darstellung).....26
Abbildung 6: Kausalschleifendiagramm für zeiteffiziente Praktiken im Lebensbereich Contracts (Quelle: eigene Darstellung).....26
Abbildung 7: Kausalschleifendiagramm für zeiteffiziente Praktiken im Lebensbereich Leisure (Quelle: eigene Darstellung).....27
Abbildung 8: Kausalschleifendiagramm für zeiteffiziente Praktiken im Lebensbereich Media_Consumption (Quelle: eigene Darstellung).....27
Abbildung 9: Kausalschleifendiagramm für zeiteffiziente Praktiken im Lebensbereich Mobility (Quelle: eigene Darstellung).....28
Abbildung 10: Kausalschleifendiagramm für zeiteffiziente Praktiken im Lebensbereich Regeneration (Quelle: eigene Darstellung).....29
Abbildung 11: Kausalschleifendiagramm mit „Leserichtung" für den Zeitwohlstand (Quelle: eigene Darstellung). + bedeutet einen gleichläufigen Zusammenhang, - einen gegenläufigen Zusammenhang und # einen nicht dargestellten Zusammenhang, der in gleichlaufendem oder gegenläufigem Zusammenhang münden kann. .....34
Abbildung 12: Schematische Darstellung der $CO_2$-Emissionen und des Einflusses unabhängiger Parameter in Abhängigkeit von unterschiedlichen Referenzentwicklungen (Quelle: eigene Darstellung beruhend auf (Pamlin 2010)). .....45
Abbildung 13: $CO_2$-Emissionen auf Bevölkerungsebene in drei Szenarien für 2040 und im Jahr 2020 [Mio. t $CO_2$-eq./a]. .....47
Abbildung 14: Verlauf der $CO_2$-Emissionen in den drei Szenarien von 2020 bis 2040 für neun Bevölkerungsgruppen [Mio. t $CO_2$-eq./a]. .....49
Abbildung 15: Simulation der Entwicklung des durchschnittlichen Zeitwohlstands von Bevölkerungsgruppen im erwerbsfähigen Alter in Deutschland für drei Szenarien. 51
Abbildung 16: Simulation der Entwicklung des wöchentlichen Durchschnittseinkommens von Bevölkerungsgruppen im erwerbsfähigen Alter in Deutschland für drei Szenarien.. 51
Abbildung 17: Anteile verschiedener Lebensbereiche an den $CO_2$-Emissionen pro Kopf in den drei Szenarien im Jahr 2040 und in Basisjahr 2020 [% bezogen auf kg $CO_2$-eq./w]. ...54
Abbildung 18: Verlauf der $CO_2$-Emissionen in den drei Szenarien von 2020 bis 2040 für neun Bevölkerungsgruppen – Einfrierung der Bevölkerungsentwicklung [Mio. t $CO_2$-eq./a]. 56
Abbildung 19: Verlauf der $CO_2$-Emissionen in den drei Szenarien von 2020 bis 2040 für neun Bevölkerungsgruppen – Einfrierung der Zeitwohlstandsverteilung [Mio. t $CO_2$-eq./a]. 56
Abbildung 20: Verlauf der $CO_2$-Emissionen in den drei Szenarien von 2020 bis 2040 für neun Bevölkerungsgruppen – Einfrierung der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken [Mio. t $CO_2$-eq./a]. .....57
Abbildung 21: Verlauf der $CO_2$-Emissionen in den drei Szenarien von 2020 bis 2040 für neun Bevölkerungsgruppen – Einfrierung der $CO_2$-Emissionsfaktoren [Mio. t $CO_2$-eq./a]. 57
Abbildung 22: Verlauf der $CO_2$-Emissionen pro Kopf in den drei Szenarien von 2020 bis 2040 für neun Bevölkerungsgruppen [kg $CO_2$-eq./w].....58
Abbildung 23: Verlauf der $CO_2$-Emissionen pro Kopf in den drei Szenarien von 2020 bis 2040 für neun Bevölkerungsgruppen – Einfrierung der $CO_2$-Emissionsfaktoren [kg $CO_2$-eq./w]. ..58
Abbildung 24: Die $CO_2$-Emissionen der verschiedenen Cluster für die Szenarien A und A2 im Vergleich [Mio. t $CO_2$-eq./a] .....59
Abbildung 25: Die Bandbreite des zukünftige Einflusses der Verbreitung einzelner zeiteffizienter Praktiken auf die $CO_2$-Emissionen der Personen im erwerbsfähigen Alter in Deutschland (Szenarien A, B und C jeweils in Referenz- und Carbon Freeze-Projektion). .....64

Abbildung 26: Die Bandbreite des zukünftige Einflusses des Zeit-Rebound-Effektes auf die $CO_2$-Emissionen der Personen im erwerbsfähigen Alter in Deutschland (Szenarien A, B und C jeweils in Referenz- und Carbon Freeze-Projektion). .....66
Abbildung 27: Der zukünftige Einfluss des Zeit-Rebound-Effektes auf die $CO_2$-Emissionen der Personen im erwerbsfähigen Altern in Deutschland (Referenz).....67
Abbildung 28: Der zukünftige Einfluss des Zeit-Rebound-Effektes auf die $CO_2$-Emissionen der Personen im erwerbsfähigen Alter in Deutschland (Carbon Freeze).....67
Abbildung 29: Vorgehen bei der Quantitativen prospektiven Modellierung (eigene Darstellung in Anlehnung an (Hilty et al. 2006)).....75

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Zeitwohlstandsskala in der ersten Welle der Repräsentativbefragung. .....21
Tabelle 2: Segmentierung der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter mit Wohnsitz in Deutschland nach Alter und Zeitwohlstand (Quelle: eigene Berechnungen basierend auf ReZeitKon 2020, 1. Welle. .....22
Tabelle 3: Untersuchte zeiteffiziente Praktiken. .....25
Tabelle 4: Art der Verwendung „eingesparter" Zeit in den drei Wellen der Repräsentativbefragung (Quelle: eigene Berechnungen basierend auf ReZeitKon 2020, 1. und 2. Welle sowie ReZeitKon 2021, 3. Welle). .....32
Tabelle 5: Durchschnittliche Modi der Zeitverwendung in den Bedarfsfeldern Mobilität, Ernährung und Digitale Medien (Quelle: eigene Berechnungen basierend auf der 1. Welle der Repräsentativbefragung (n=1999)). .....32
Tabelle 6: Wegeanteil für die Art der Verwendung einer zusätzlichen Modellstunde in den Wellen der Repräsentativbefragung (Quelle: eigene Berechnungen basierend auf (Statistisches Bundesamt 2013)). .....33
Tabelle 7: Kumulierte Emissionskoeffizienten unterschiedlicher Aktivitäten in kg $CO_2$/h/Pers (Quelle: Erdmann und Pfaff 2021). .....35
Tabelle 8: Ausprägungen der Schlüsselfaktoren in den Rohszenarien (Quelle: eigene Analyse). 38
Tabelle 9: Maßnahmen zur Qualitätssicherung. .....43
Tabelle 10: Vergleich der Schätz- und Simulationswerte für die Schlafdauer wochentags und für die wöchentliche Erwerbsarbeitszeit. .....44
Tabelle 11: Abweichung der Szenarien vom Mittelwert für den Zeitwohlstand und das wöchentliche Einkommen.. .....44
Tabelle 12: Durchschnittliche „Einsparung" und Wiederverwendung von Zeit in den verschiedenen Szenarien 2040 im Vergleich zum Basisjahr 2020 (gewichtet mit dem Personenumfang der einzelnen Cluster) [h/w]. .....60
Tabelle 13: Sensitivitätsanalyse der $CO_2$-Emissionen auf Bevölkerungsebene in den verschiedenen Szenarien gegenüber einer vollständigen Umwidmung „eingesparter" Zeit in zusätzliche Aktivitäten [prozentuale Veränderung relativ zur projizierten Entwicklung bezogen auf die Basis 2020]. .....60
Tabelle 14: $CO_2$-Emissionen auf Bevölkerungsebene in den verschiedenen Szenarien ohne und mit Einfrierung einzelner Faktoren [Mio. t $CO_2$]. .....62
Tabelle 15: Veränderung der $CO_2$-Emissionen auf Bevölkerungsebene in den verschiedenen Szenarien ohne und mit Einfrierung einzelner Faktoren relativ zur Basis 2020 [Mio. t $CO_2$]. .62
Tabelle 16: Der zukünftige Einfluss der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken (alle) für neun Bevölkerungsgruppen in verschiedenen Szenarien. .....63
Tabelle 17: Der zukünftige Einfluss des Zeit-Rebound-Effektes (total) für neun Bevölkerungsgruppen in verschiedenen Szenarien. .....65
Tabelle 18: Die drei Wellen der Befragung in ReZeitKon im Vergleich. .....77
Tabelle 19: Explorative Interviews zu Zukünften der Zeitnutzung für die Entwicklung des Modellrahmens. .....78
Tabelle 20: Break-Out Session zur Konzeption von Szenarien und Impact Kategorien (Zweite Beiratssitzung am 28. Februar 2020). .....78
Tabelle 21: Teilnehmende an der interaktiven Session zur Schlüsselfaktorprojektion (PIW 5 am 7. Oktober 2020). .....78
Tabelle 22: Kommentierung initialer Kausalschleifendiagramme. .....79
Tabelle 23: Teilnehmende am Validierungsworkshop am 12. und 13. August 2021. .....79
Tabelle 24: Umgang mit den Hinweise und Anregungen vom Validierungsworkshop am 12. und 13. August 2021. .....80
Tabelle 25: Beiträge auf der Modellierungssession am 7. Oktober 2021 auf der Tagung „Zeit und Nachhaltigkeit". .....80
Tabelle 26: Entwicklung der Bevölkerung in den drei differenzierten Kohorten nach Simulationswochen [1.000 Personen, gerundet]. .....82
Tabelle 27: Verteilung von Personen innerhalb einer Alterskohorte auf Zeitwohlstandsklassen [Anteile, gerundet]. .....82
Tabelle 28: Parameterwerte für die Commitments Entity – Meal Preparation 1, cluster-specific. 83
Tabelle 29: Parameterwerte für die Commitments Entity – Meal Preparation 2, scenario-specific. 83
Tabelle 30: Parameterwerte für die Commitments Entity – Meal Preparation 3, time effort per meal coefficients. .....84

Tabelle 31: Parameterwerte für die Commitments Entity (other commitments). .....84
Tabelle 32: Parameterwerte für die Contracts Entity. .....85
Tabelle 33: Parameterwerte für die Leisure Entity. .....86
Tabelle 34: Parameterwerte für die Media_Consumption Entity – media usage initial. .....87
Tabelle 35: Parameterwerte für die Media_Consumption Entity – changes in media usage. 87
Tabelle 36: Parameterwerte für die Media_Consumption Entity – virtual mobility initial. .....88
Tabelle 37: Parameterwerte für die Media_Consumption Entity – changes in virtual mobility. 88
Tabelle 38: Parameterwerte für die Media_Consumption Entity – time saving through virtual mobility. .....89
Tabelle 39: Parameterwerte für die Media_Consumption Entity – shopping rates initial. .....89
Tabelle 40: Parameterwerte für die Mobility Entity – travel distances and travel time per mode of transport. .....90
Tabelle 41: Parameterwerte für die Mobility Entity – shift rates between modes of transport. 90
Tabelle 42: Parameterwerte für die Mobility Entity – driving style. .....91
Tabelle 43: Parameterwerte für die Mobility Entity – travel distance optimisation. .....91
Tabelle 44: Parameterwerte für die Mobility Entity – travel speed optimisation. .....91
Tabelle 45: Parameterwerte für die Regeneration Entity. .....92
Tabelle 46: Parameterwerte für den direkten Zeit-Rebound-Effekt in den Praxismodulen. ...93
Tabelle 47: Initialisierung der gleichzeitigen Ausübung von Tätigkeiten. .....93
Tabelle 48: Allokation der gleichzeitigen Ausübung von Tätigkeiten. .....94
Tabelle 49: Parameterwerte für den indirekten Zeit-Rebound-Effekt in der Time-Budget Entity – scenario A and A2. .....95
Tabelle 50: Parameterwerte für den indirekten Zeit-Rebound-Effekt in der Time-Budget Entity – scenario B. .....95
Tabelle 51: Parameterwerte für den indirekten Zeit-Rebound-Effekt in der Time-Budget Entity – scenario C. .....96
Tabelle 52: Parameterwerte für die Mobilitätsanteile der Zeitverwendungen in der Time-Budget Entity. .....96
Tabelle 53: Parameterwerte für den Zeitwohlstand in der Wealth Entity – Parameter zur Berechnung der Änderung des Zeitwohlstandsindex (tw change). .....98
Tabelle 54: Parameterwerte für den Zeitwohlstand in der Wealth Entity – time wealth initial. 98
Tabelle 55: Inputwerte für Carbon Intensities in kg $CO_2$/h im Jahr 2020. .....99
Tabelle 56: Inputwerte für Embedded Carbon in kg $CO_2$/Stück im Jahr 2020. .....99
Tabelle 57: Dekarbonisierungsraten für verschiedene Sektoren. .....100
Tabelle 58: Zuordnung der Kategorien aus der Modellierung zu den Dekarbonisierungsraten für verschiedene Sektoren. .....100
Tabelle 59: $CO_2$-Emissionsfaktoren (Initial und wöchentliche Änderungsrate). .....101

**Abkürzungsverzeichnis**

| | |
|---|---|
| a | Jahr |
| CAGR | Compound Annual Growth Rate |
| $CO_2$-Emissionen / $CO_2$-eq. | Mit $CO_2$-Äquivalenzwerten gewichtete Treibhausgasemissionen |
| d | Tag |
| Dmnl | Dimensionslos |
| h | Stunde |
| hw | „schwere“ Haus- und Gartenarbeit |
| lw | „leichte“ Haus- und Gartenarbeit |
| MIT | Motorisierter Individualverkehr |
| n | Anzahl |
| NMIT | Nicht-Motorisierter Individualverkehr |
| PT | Öffentlicher Verkehr |
| RB | Rebound-Effekt |
| STEEP | Society, Technology, Economy, Ecology, Policy |
| w | Woche |

# 1. Einleitung

Ein wesentliches Merkmal der sozialen Beschleunigung ist die „mit der Verknappung der Zeitressourcen und der daraus resultierenden „Zeitnot“ verknüpfte Erhöhung des *Tempos des Lebens durch Steigerung der Handlungs- und/oder Erlebnisepisoden pro Zeiteinheit*“ (Rosa 2005) [Hervorhebungen im Original]. Gleichwohl werben Unternehmen wie *Lieferando* damit, dass ihr Essenslieferdienst – im Vergleich zum Selberkochen – Zeit „einspart“, die dann für entspanntes Wohlergehen, also für Entschleunigung, zur Verfügung steht. Wenn eine solche Praxis in Bezug auf einen definierten Nutzen tatsächlich Zeit „einspart“, ist sie, dieser Logik folgend, zeiteffizient. Werden die aus der Verwendung zeiteffizienter Praktiken resultierende „Zeiteinsparungen“ nicht für Entschleunigung, sondern für eine Ausweitung von Handlungen und Erlebnissen pro Zeiteinheit verwendet, sprich: für Beschleunigung, so kann von einem **Zeit-Rebound-Effekt** gesprochen werden (Buhl 2016; Erdmann und Pfaff 2021; Buhl et al. 2021). Zeit-Rebound-Effekte werden in direkte und indirekte Rebound-Effekte eingeteilt (Brenčič und Young 2009). Wird das durch eine zeiteffiziente Praxis (z. B. Inanspruchnahme eines Essenslieferdienstes) eingesparte Zeitbudget wieder für dieselbe Aktivität aufgewendet (z. B. häufigere Mahlzeiten) handelt es sich um einen direkten Zeit-Rebound-Effekt, im Falle einer Zeitwiederverwendung für andere Aktivitäten (z. B. Freizeit) um einen indirekten Zeit-Rebound-Effekt.

Praktiken wie die Lieferung von fertigem Essen und das Selberkochen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer unmittelbare Umweltwirkungen, ohne dass allgemein eine Aussage über die Vor- oder Nachteilhaftigkeit zeiteffizienter gegenüber weniger zeiteffizienten Praktiken getroffen werden kann. Wird in Umweltwirkungsabschätzungen die Verwendung „eingesparter“ Zeit für zusätzliche Aktivitäten berücksichtigt, so wird in der Fachliteratur auch von einem „rebound effect related to time“ gesprochen (Binswanger 2001; Jalas 2002). Aus Gründen der terminologischen Klarheit verwenden wir den Begriff des Zeit-Rebound-Effektes im Folgenden ausschließlich im Sinne der Ausweitung von Handlungen und Erlebnissen pro Zeiteinheit infolge der Ausübung zeiteffizienter Praktiken und unterscheiden davon ausdrücklich dessen Umweltwirkungen.

Im **Projekt ReZeitKon (Zeit-Rebound, Zeitwohlstand und nachhaltiger Konsum)** werden die Umweltwirkungen dieses Zeit-Rebound-Effektes anhand von zwei Forschungsfragen untersucht:

1. Wie wird die durch zeiteffiziente Praktiken „eingesparte“ Zeit tatsächlich verwendet und welche $CO_2$-Emissionen sind damit verbunden?[1]
2. Wie können sich die $CO_2$-Emissionen des Zeit-Rebound-Effektes zukünftig entwickeln?

Im Projekt ReZeitKon wurde zur Exploration dieser beiden Forschungsfragen ein sozialökologisches Forschungsdesign mit Repräsentativbefragung und zwei Modellierungssträngen entwickelt.

Grundlage für die Modellierung ist eine Repräsentativbefragung unter den erwerbsfähigen Personen in Deutschland (Gerold und Geiger 2020). Durch die Auswertungen der Repräsentativbefragung konnten die beiden Modelle mit empirischen Daten initialisiert und die statistischen Zusammenhänge,

[1] Die Ergebnisse des Modellierungsstranges zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage sind in einem separaten Forschungsbericht dokumentiert (Erdmann und Pfaff 2021).

beispielsweise zwischen der Ausübungshäufigkeit von zeiteffizienten Praktiken mit der Kaufhäufigkeit von Kleidung, für verschiedene Personengruppen ermittelt werden.

Der hier vorliegende Bericht dokumentiert den Modellierungsstrang zur zweiten Forschungsfrage, der eine systemdynamische Simulation des zukünftigen Einflusses der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken auf die $CO_2$-Emissionen der Personen im erwerbsfähigen Alter in Deutschland ermöglicht. Unter Verbreitung wird sowohl die Verbreitung neuartiger zeiteffizienter Praktiken wie Konsum 4.0, als auch die Diffusion bestehender zeiteffizienter Praktiken wie die Inanspruchnahme von Lieferservices für Essen gefasst. Die zukünftige Verbreitung zeiteffizienter Praktiken geht mit „Zeiteinsparungen“ einher, die als Zeit-Rebound-Effekt eine Ausweitung von Handlungen und Erlebnissen pro Zeiteinheit mit entsprechenden $CO_2$-Emissionen bewirken. Damit wird der antizipierte Zeit-Rebound-Effekt als eine systemdynamische Wirkung der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken aufgefasst, die die Perspektive der durch Alltagshandlungen verursachten $CO_2$-Emissionen um den Faktor modellhaft „eingesparter“ Zeitbudgets sowie deren „Umwidmung“ erweitert.

**Ziel** des zweiten Modellierungsstranges ist es, die zukünftigen Auswirkungen der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken einschließlich der damit verknüpften Zeit-Rebound-Effekte auf die $CO_2$-Emissionen der Personen im erwerbsfähigen Alter in Deutschland bis 2040 abzuschätzen. Die Zeitverwendungserhebung 2022 wird in Kürze mit validen Daten zur Zeitverwendung aufwarten, sodass das Modell dann mit den neuen Daten kalibriert werden kann. Entscheidend ist, dass die im Projekt ReZeitKon erhobenen Daten und erarbeiteten Zusammenhänge somit einer weiteren Nutzung zugänglich gemacht worden sind.

**Besonderheiten** des Modellierungsansatzes sind:

- die Berücksichtigung des gesamten Alltags, einschließlich oft vernachlässigter Lebensbereiche wie die Bereitstellung von Mahlzeiten und das Füllen von Pausen
- die Segmentierung der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter in Deutschland nach Alterskohorte und Zeitwohlstand basierend auf einer empirischen Befragung
- die Abbildung von Wechselwirkungen zwischen zeiteffizienten Praktiken und der Verwendung „eingesparter“ Zeit für diese verschiedenen Bevölkerungssegmente
- die erweiterte Sichtweise von Zeit-Rebound-Effekten als systemische Rückwirkungen der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken auf die $CO_2$-Emissionen
- die Entwicklung von qualitativen Szenarien zu zukünftigen Zeitverständnissen und die Quantifizierung ihrer Implikationen in einem systemdynamischen Modell
- die partizipativ angelegte Entwicklung und integrierte Validierung des Modells

Der **Bericht** ist demnach wie folgt aufgebaut:

Abschnitt 2 stellt die partizipative Entwicklung und integrierte Validierung des systemdynamischen Simulationsmodells vor. Hierzu gehören auch eine Vorstellung des entwickelten Systemansatzes und eine Reflexion der Aussagekraft des Modells. Integrierte Validierung bedeutet, dass Modellierung und Validierung schrittweise Hand in Hand gehen.

Abschnitt 3 beschreibt die verschiedenen Module des Modells, namentlich das Bevölkerungsmodul, die sechs Praxismodule (‚Commitments’, ‘Contracts’, ‘Leisure’, ‘Media_Consumption’, ‘Mobility’ und

‚Regeneration'), das Zeitwiederverwendungsmodul für den indirekten Zeit-Rebound-Effekt, das Wohlstandmodul und das Treibhausgasemissionsmodul.

Abschnitt 4 führt drei Zukunftsszenarien ein. Hierbei wird das der Modellierung zugrundeliegende ökonomische Zeitverständnis („Zeit ist Geld") in einem Szenario fortgeführt und es werden ihm zwei Szenarien mit alternativen Zeitverständnissen gegenübergestellt („Zeit ist Eigenzeit" und „Zeit ist Fremdzeit").

In Abschnitt 5 werden verschiedene Simulationsläufe des Modells präsentiert und analysiert. Im Zentrum steht die Quantifizierung der $CO_2$-Emissionen, die mit den Szenarien verbunden sind. Aufbauend auf verschiedenen Einfluss- und Sensitivitätsanalysen werden die Auswirkungen der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken und der Verwendung „eingesparter" Zeit isoliert und diskutiert.

Abschnitt 6 schließt ein Fazit, indem es aufbauend auf einer Zusammenfassung die prospektive Modellierung kritisch reflektiert und weitere Entwicklungsmöglichkeiten des Modells skizziert.

Ein Anhang mit der Erläuterung wesentlicher Begriffe (A 1.), einer Übersicht über die Befragungswellen in ReZeitKon (A 2.), einer Präzisierung der integrierten Validierung (A 3.) und einer die Modellbeschreibung transparent unterfütternden Darstellung der verwendeten Parameterwerte und Algorithmen (A 4.) rundet diesen Bericht ab.

# 2. Partizipative Entwicklung und integrierte Validierung des systemdynamischen Modells

Ziel der Modellentwicklung ist die Schaffung der Voraussetzungen, um den zukünftigen Einfluss der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken auf die $CO_2$-Emissionen (und am Rande den Zeitwohlstand und das Einkommen) abschätzen zu können. Schlüsselbegriffe aus den Disziplinen Foresight und Modellsimulationen sind in Anhang A 1. erläutert.

## 2.1 Übersicht über die Modellentwicklung

Die Modellierung des zukünftigen Zusammenspiels der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken, der Wiederverwendung „eingesparter" Zeitbudgets und den damit einhergehenden $CO_2$-Emissionen ist als ein iterativer Prozess mit einer Reihe von Grundelementen vorgenommen worden.

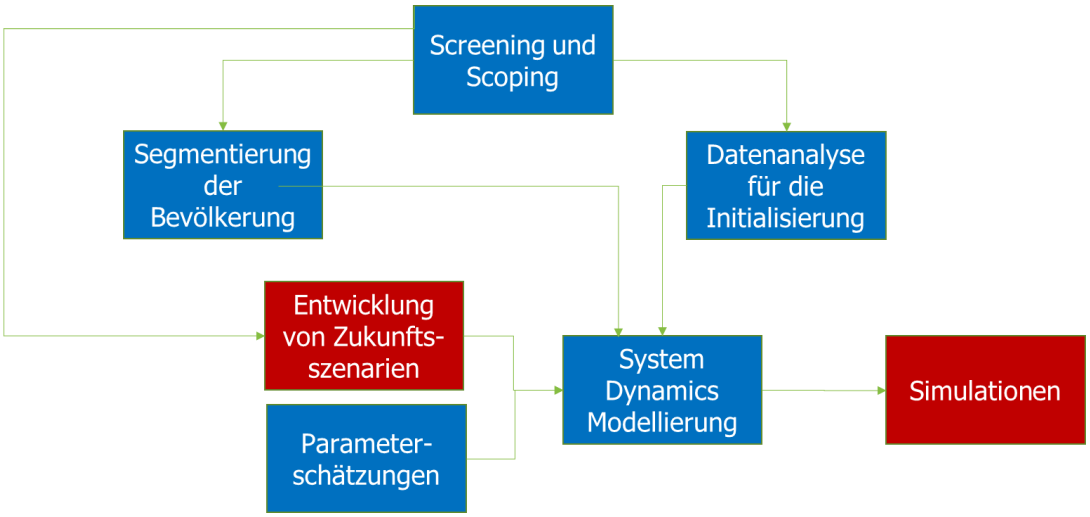


*Abbildung 1: Vorgehen zur prospektiven systemdynamischen Simulation der Auswirkungen der Verbreitung zeiteffizienter Techniken auf die $CO_2$-Emissionen (Quelle: eigene Darstellung).*

Im Screening und Scoping wurden ein Technik-, Zeit-, Umwelt-, Modellierungs- und Foresight-Perspektive eingenommen. Im Ergebnis wurden die Systemgrenzen des Modells abgesteckt und die Informationsbedarfe aus der Repräsentativbefragung identifiziert. Auch wurden explorative Interviews zur Einschätzung der Reichweite des Modellierungsansatzes geführt und die Schwerpunkte auf einem Projektintegrationsworkshop und einer Beiratssitzung diskutiert.[1]

Aufbauend auf dem Datensatz aus der Repräsentativbefragung (vgl. Anhang A 2.) wurde durch multivariate statistische Analysen (Backhaus et al. 2006) eine Segmentierung der Bevölkerung vorgenommen und Daten für die Initialisierung des Simulationsmodells aufbereitet. Im Ergebnis wurden neun Bevölkerungsgruppen nach Alter und Zeitwohlstand differenziert und die Initialisierungsdaten für diese neun Cluster jeweils separat ausgewiesen (insbesondere Verbreitungsniveau zeiteffizienter Praktiken, „Zeiteinsparung" und Zeitwiederverwendung).

Aufbauend auf dem Screening und Scoping wurden Zukunftsszenarien für das Jahr 2040 entwickelt, um die Validität der Simulationen gegenüber qualitativ verschiedenen Zeitkonzepten einschätzen zu

[1] Zum Screening und Scoping liegt ein separater projektinterner Bericht vor (Erdmann und Cuhls 2019).

können. Im Ergebnis liegen drei alternative Szenario-Texte vor, für die die zukünftigen Werte ausgewählter Schlüsselparameter auf einem Validierungsworkshop und vom Projektteam geschätzt wurden (vgl. Anhang A 3.).

Die Modellstruktur ist in einem kombinierten qualitativen und quantifizierenden Prozess entwickelt und in der objektorientierten Software *Ventity™* (Version 4.5) für verteiltes Modellieren implementiert worden. Das Modell wird von Bevölkerungsdaten, den Initialisierungsdaten, von Parameterschätzungen und von Sekundärdaten gespeist (vgl. Anhang A 4.). Im Ergebnis können für die neun Cluster in jeweils drei Szenarien die Verläufe von Variablen, insbesondere $CO_2$-Emissionen, simuliert werden.

Im Folgenden werden Grundprinzipien und epistemischer Gehalt, die Grundstruktur und die integrierte Validierung des systemdynamischen Modells näher erläutert, bevor dann in den anschließenden Abschnitten die Teilbereiche des Modells beschrieben werden.

## 2.2 Grundprinzipien der Modellierung und epistemischer Gehalt des Modells

Ein Modell stellt ein **vereinfachtes Abbild der realen Welt** dar (Borshchev und Filippov 2004), was zugleich Stärke und Schwäche ist. Die Abstraktion von der Wirklichkeit geht mit einem Verlust an Realitätstreue einher, ermöglicht aber erst eine praktische Handhabung des Modellierungsvorhabens, indem auf wesentliche Größen und Zusammenhänge fokussiert wird. Prospektive Modelle können so gesehen zwar nie „richtig“ liegen, bieten dennoch die Möglichkeit die Implikationen neuer Forschungsfragen zu explorieren, implizite Annahmen explizit zu machen und Unsicherheiten zu adressieren (Epstein 2008).

Die Systemdynamik des Modells entfaltet sich anhand der **kausalen Zusammenhänge** von Variablen über die Zeit. Die Variablen sind **auf einem hohen Abstraktionsniveau** gehalten; das heißt sie aggregieren die Alltagspraktiken für alle wesentlichen Lebensbereiche und für größere Segmente der Bevölkerung. Der große Umfang des Systems geht auf Kosten der Modellierungstiefe, die in thematisch fokussierten Monographien, zum Beispiel beim Autonomen Fahren (Trommer et al. 2016), möglich ist. Die Stärke des hier gewählten hohen Abstraktionsniveaus liegt darin, dass sie es erlaubt die meist unverbunden analysierten Lebensbereiche in Beziehung zueinander zu setzen. Zwischen den Variablen sind kausale Beziehungen angenommen worden, so dass „Wenn ..., dann ...“-Simulationen durchgeführt werden können. Für eine Modellierung wie diese mussten neben der Fruchtbarmachung von empirischen Daten und Sekundärquellen viele Parameterwerte geschätzt werden (vgl. Anhang A 4.).

Das vorliegende Modell ist ein vereinfachtes Modell, das in seiner inhaltlichen Ausrichtung zeitfokussiert und in seiner Dynamik im wesentlichen zeitgetrieben (Verbreitung zeiteffizienter Praktiken, Verteilung von Zeitwohlstand in der Bevölkerung) ist. Natürlich sind dies nicht die einzigen **Faktoren für die Alltagspraktiken**; auch gehören Aspekte wie Komfort, Sauberkeit und Bequemlichkeit dazu (Shove 2003). Im Gegensatz zu anderen aktuellen Studien (Oehlmann et al. 2021), berücksichtigt das Modell monetäre Aspekte nur am Rande, so dass eine empirisch validierte integrierte Sichtweise monetärer und zeitlicher Rebound-Effekte, sowie weiterer Angebots- und Nachfragseitiger Faktoren des Konsums weiterhin aussteht.

Das Modell übersetzt Änderungen von Zeitwohlstand der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter und deren Ausübung zeiteffizienter Praktiken in $CO_2$-Emissionen. Die Mechanik der Bestimmung des Zeit-Rebound-Effektes wird hiermit zur systemischen Dynamik über die Zeit: d. h. die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken, dadurch bewirkte „Zeiteinsparungen" und deren Wiederverwendungen ändern sich kontinuierlich im Laufe der Zeit. Auch wenn die absoluten Werte der Simulationsläufe mit erheblichen Unsicherheiten behaftet sind, so sind die relativen Vergleiche verschiedener Simulationsläufe vergleichsweise **robust**. Die Unsicherheiten einzelner Parameter werden durch Sensitivitätsanalysen und die Zukunftsunsicherheiten durch Quantifizierung verschiedener Szenarien gefasst und in der Ergebnisdarstellung als Bandbreiten über diese Unsicherheiten hinweg kommuniziert.

Im Modell können einzelne Entwicklungen auch „abgeschaltet" werden. **Der spezifische Einfluss einer Entwicklung auf das Simulationsergebnis** für die $CO_2$-Emissionen kann angegeben werden, indem Simulationsergebnisse mit jeweils angeschalteter und abgeschalteter Entwicklung miteinander verglichen werden. Beispiele sind die projizierte Verringerung des $CO_2$-Fussabdrucks von Alltagsaktivitäten und die Verbreitung von zeiteffizienten Praktiken wie virtuelle Mobilität.[1]

## 2.3 Systemansatz zur Kopplung von Zukunftsszenarien mit dem Simulationsmodell

Die Modellkonstruktion erfolgt mit Hilfe der Software *Ventity* in einem Prozess, der verteiltes Modellieren und diskursive Synthesen umfasst. In folgender Abbildung ist der modellierte Systemansatz mit den Systemgrenzen des Modells (Trennlinien) und zentralen Wirkungsmechanismen (blaue Pfeile) abgebildet:

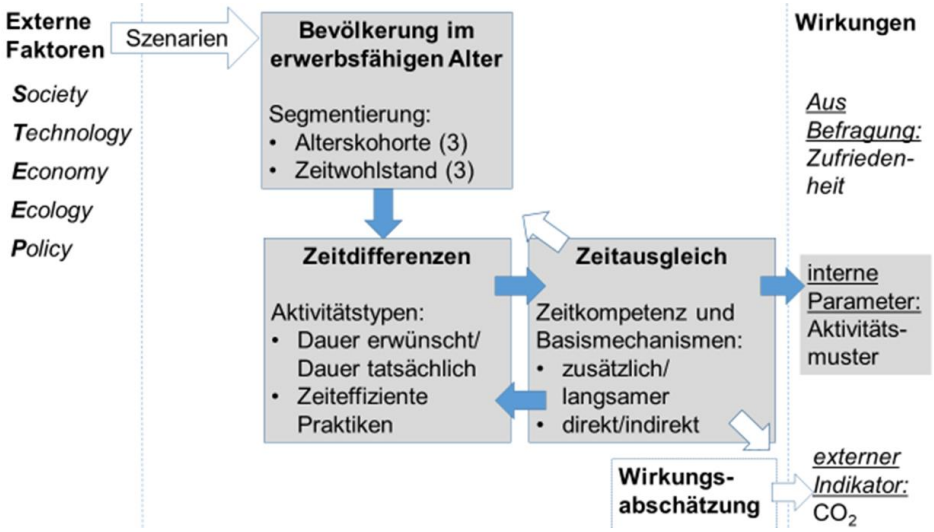


*Abbildung 2: Grundstruktur des systemdynamischen Modells (Quelle: eigene Darstellung).*

Wesentlicher Bezugspunkt der Grundstruktur des systemdynamischen Modells ist die Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter. Die Analyse der Repräsentativbefragung ergab, dass das Alter und der Zeitwohlstand den größten Einfluss auf die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken und die Diskrepanz

[1] Dadurch sind Aussagen möglich wie: „Ohne die projizierte Entwicklung des Außer-Haus-Verzehrs wären die $CO_2$-Emissionen im Jahr 2040 um 1 % geringer" (vgl. Erdmann und Hilty 2010; Hilty et al. 2006).

zwischen erwünschter und tatsächlicher Dauer von Schlaf und Arbeit haben. „Eingesparte" Zeitbudgets müssen wiederverwendet werden, was wiederum interne Rückwirkungen auf die Aktivitätsmuster der Personen hat. So kann die Zeit im Modell entweder zu einer Ausweitung derselben Aktivität oder einer anderen Aktivität wiederverwendet werden. Getrieben wird das Modell auch durch externe Faktoren, die mit Hilfe des STEEP-Ansatzes[1] gefasst und in den Zukunftsszenarien systematisch und konsistent gebündelt werden (vgl. Abschnitt 4).

## 2.4 Integrierte Validierung

Zur Validierung von Simulationsmodellen steht ein breites Set an Methoden zur Verfügung, wobei die konzeptionelle Validierung, die operationale Validierung und die Computermodell-Validierung unterschieden werden können (Sargent 2010).

In ReZeitKon erfolgte die konzeptionelle Validierung integriert als Bestandteil des Modellentwicklungsprozesses. Das prospektive systemdynamische Modell ist partizipativ konstruiert und validiert worden:

1. Ausgangspunkt waren **Interviews** mit Personen, deren alternative Blickwinkel (zeitliche Verfasstheit der Gesellschaft, Netz der Zeit, Digitalisierung, sozial-ökologischer Metabolismus) zur Konstruktion eines Modellrahmens genutzt wurden. Hierbei wurde entschieden, welche Faktoren im Modell variiert und welche aufgrund ihrer schwierigen Fassbarkeit in den Szenarien und damit als externe Faktoren gefasst werden.[2]
3. Auf der **2. Beiratssitzung** wurden Zieldimensionen und Ergebnisdarstellung der Modellierung diskutiert und aufgegriffen.
4. Daran anschließend wurden in einem **projektinternen Workshop** zukünftige Entwicklungen für externe Faktoren wie Wertesysteme oder Innovationen identifiziert (vgl. Anhang A 2).
5. Entwürfe von Kausalschleifendiagrammen für Mobilität, Ernährung, digitale Medien und Zeitwiederverwendung wurden von **externen Expert:innen** kommentiert und danach überarbeitet (vgl. Anhang A 2).
6. In einem partizipativen Workshop mit **externen Teilnehmer:innen** vom 12. bis 13. August 2021 wurden kritische Parameter validiert und vorläufige Simulationsergebnisse diskutiert. Hierbei schätzten Expert:innen zukünftige Entwicklungen von zeitbezogenen Variablen für Lebensbereiche wie Arbeit, Schlaf und Ernährung unter den Bedingungen von einfachen Rahmenszenarien, so dass die Wechselbeziehungen von Aktivitätsmustern dynamisch simuliert werden können. Details zur integrierten Validierung können dem Anhang entnommen werden (vgl. Anhang A 2).
7. Die vorläufigen Simulationsergebnisse wurden auf der **Konferenz** „Zeit und Nachhaltigkeit" auf einer Modellierungssession vorgestellt und diskutiert, woraufhin die Modellierung noch einmal modifiziert wurde.

Die Computermodell-Validierung erfolgte anhand von verschiedenen organisatorischen und reflexiven Maßnahmen. In phasenweise wöchentlichen **Modellierungstreffen** des Modellierungsteams

[1] STEEP steht für Society, Technology, Economy, Ecology, Policy
[2] vgl. internes Papier zum Modellrahmen (Erdmann und Cuhls 2019).

bestehend aus drei Personen wurde das konzeptionelle Modell in einem Computermodell schrittweise implementiert, Probleme identifiziert und Lösungen erarbeitet. Einige Probleme konnten durch Konsultation des **Ventity-Entwickler:innen-Forums** gelöst werden. Die verwendete Software *Ventity™* (Version 4.5) hat ein umfassendes **Fehlermeldungsprogramm**, das dabei unterstützt ein funktionsfähiges Modell zu programmieren. Hierzu gehören die Funktion „Causes-Uses Tree Diagram" und „Causes Data Table", die für die Sicherstellung der intendierten Logik bzw. die Plausibilitätsüberprüfung der Beiträge einzelner Parameter zu einem Variablenwert unterstützen.

Die operationelle Validierung schließt alle Maßnahmen ein, die eine hinreichende Genauigkeit der Simulationsergebnisse sicherstellen. Hierzu zählt vor allem die **Kalibrierung des Modells mit empirischen Daten und Zusammenhängen** aus der ReZeitKon-Befragung. Auch wurden auf dem **Validierungsworkshop** die **Werte für kritische Parameter** in Konsistenz mit den formulierten Szenarien geschätzt und in die Modellsimulationen überführt. Zudem wurde zahlreiche **Sensitivitäts- und Einflussanalysen** in der Modellauswertung durchgeführt (vgl. Abschnitt 5). Die Kommunikation der Ergebnisse in Form von **Bandbreiten** bezweckt, die Daten- und Zukunftsunsicherheit transparent zu transportieren.

# 3. Beschreibung des Modells

Die übergeordneten **Systemgrenzen** des Modells sind entsprechend der Repräsentativbefragung (vgl. Anhang A 2.), einer Diskussion der Wirkungsdimensionen auf der 2. Beiratssitzung (vgl. Anhang A 3.), vorangegangener Analysen des Modellrahmens (Erdmann und Cuhls 2019) wie folgt festgelegt worden:

- Personen im erwerbsfähigen Alter (18-67 Jahre) mit Wohnsitz in Deutschland
- Wirkungsdimensionen: Fokussierung auf die Treibhausgasemissionen mit Berücksichtigung des Zeitwohlstands und des monetären Wohlstands
- Simulationsdauer: 2020-2040 (ein Simulationsschritt entspricht einer Woche)

Diese Systemgrenzen bestimmen wesentlich mit, welche Aspekte in den einzelnen Modulen wie behandelt werden.

## 3.1 Übersicht über die Module und Teilmodule

Aufbauend auf dem gewählten Systemansatz (Abbildung 2) und der Voranalysen der Relevanz einzelner Praktiken für das Zeitbudget und für die $CO_2$-Emissionen (vgl. (Erdmann und Cuhls 2019) und Anhang A 2.) wurde ein modulares Modellierungsdesign entwickelt:

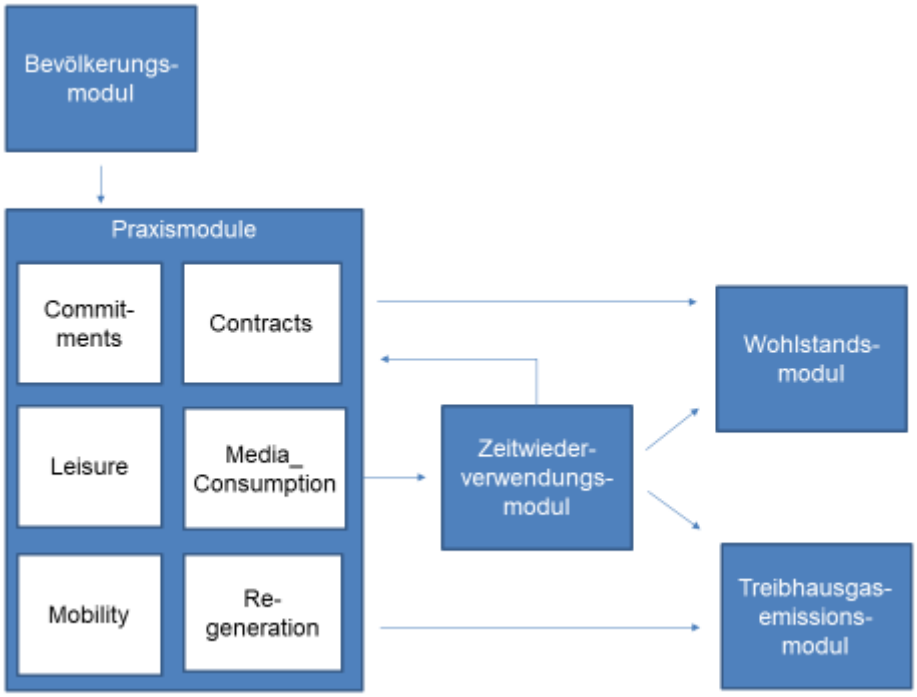


*Abbildung 3: Hauptmodule des systemdynamischen Modells (Quelle: eigene Darstellung). Commitments – Haushalt und Care; Contracts – Erwerbsarbeit und Bildung; Leisure – Freizeit; Media_Consumption – Telepräsenz und Einkaufen; Mobility – Berufs-, Ausbildungs-, Freizeit- sowie Einkaufs-Erledigungsverkehr; Regeneration – Schlaf und Pausen.*

Das systemdynamische Modell hat fünf qualitativ unterscheidbare Module. Das Bevölkerungsmodul simuliert die Bevölkerungsentwicklung und ihre Verteilung auf die neun durch Alterskohorte und Zeitwohlstandsklasse gebildeten Cluster. Es wird als extern bestimmte Data Entity angelegt. Das Praxismodul schließt sechs Zeitverwendungsbereiche mit ihren zeiteffizienten und nicht zeiteffizienten Praktiken ein. Modellierungstechnisch werden diese Zeitverwendungsbereiche als eigene Entities angelegt. Während der direkte Zeit-Rebound-Effekt im jeweiligen Praxismodul angelegt ist, ist der indirekte Zeit-Rebound-Effekt im Zeitwiederverwendungsmodul als eigenständige Entity angelegt, die aus den Zeitdifferenzen des Praxismoduls gespeist wird. Das Wohlstandmodul hat eine monetäre und eine zeitliche Komponente. Die monetäre Komponente wird über das von der Arbeitszeit abhängige Einkommen bestimmt und die zeitliche Komponente wird aus vier Hauptfaktoren gebildet: Zeit für Care, Diskrepanz zwischen tatsächlicher und erwünschter Arbeitszeit und Diskrepanz zwischen tatsächlicher und erwünschter Schlafdauer (Geiger und Gerold 2021) sowie der Zeitkompetenz, hier zu welchem Anteil „eingesparte“ Zeit für Regeneration und Freizeit wiederverwendet wird. Das Treibhausgasemissionsmodul wird wiederum von der Ausübungsintensität der Praktiken und den Zeitwiederverwendungen getrieben.

## 3.2 Das Bevölkerungsmodul

Die Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter in Deutschland unterliegt verschiedenen Kräften des demographischen Wandels, darunter den üblichen Alterungsprozessen, Geburten und Sterbefälle, Migration und Austritt aus dem Erwerbsleben beispielsweise durch reguläre Verrentung. Einstellungen und umweltrelevante Verhaltensweise können sich je nach Generation erheblich voneinander unterscheiden, wie diverse Erhebungen von Merkmalen gruppiert nach Vorkriegsgeneration, Baby

Boomer, Generation X, Millennials und Generation Z zeigen (Duffy 2021). Aus diesem Grunde wird eine Segmentierung der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter vorgenommen.

**Erkenntnisinteresse**

Das Bevölkerungsmodul hat die Funktion, eine Hochrechnung personenbezogener Aussagen von der Mikroebene auf die Makroebene zu ermöglichen. Die Bevölkerungsentwicklung an für sich wird hier nicht eigens modelliert. Vom Statistischen Bundesamt stehen ausreichend Bevölkerungsprojektionen zur Verfügung, die als externe Daten in das Modell eingebunden werden können. Diese Annahme bedeutet aber auch, dass sich Veränderungen der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken im Simulationszeitraum von 2020 bis 2040 nicht auf die Bevölkerungsentwicklung auswirken.

Ziel der Etablierung eines Bevölkerungsmoduls ist die Segmentierung der Bevölkerung in wenige Gruppen anhand von Eigenschaften, die die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken wesentlich bestimmen. Im Bereich der der B2C-Märkte werden in der Regel sozio-demographische, psychographische und verhaltensbezogene Segmentierungskriterien berücksichtigt (Auberger 2015; Steinwender 2016). In der 1. und 2. Welle der Repräsentativbefragung wurden verschiedene sozio-demographische und verhaltensbezogene Kriterien erfasst, psychographische Kriterien aber erst in der 3. Welle der Repräsentativbefragung. Angesichts der Datenlage in der 1. Welle der Repräsentativbefragung konnten zur Segmentierung der Bevölkerung sozio-demographische und verhaltensbezogene Kriterien berücksichtigt werden. Im Kern des Interesses steht die Frage, welche Variablen die Verbreitung diverser zeiteffizienter Praktiken am stärksten beeinflussen.

**Daten und Methoden**

Als Projektion der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter mit Wohnsitz in Deutschland von 2020 bis 2040 wurde die „moderate Prognose“ für Geburtenrate, Lebenserwartung und Bevölkerungssaldo des Statistischen Bundesamtes verwendet (Statistisches Bundesamt 2021a). Für jedes Modellierungsjahr liegt damit auch die Altersverteilung in der Bevölkerung vor.

Die Änderung der Verteilung von Personen auf Zeitwohlstandsklassen ermöglicht eine Hochrechnung von Einzelpersonen auf die Bevölkerung. Ist für eine Bevölkerung im Jahr 2040 die Verteilung auf Zeitwohlstandsklassen bekannt, so kann diese aus der entsprechenden Verteilung für 2020 durch Interpolation simuliert werden.

Für die Segmentierung der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter wurden verschiedene Clusteranalysen basierend auf dem Ward-Verfahren durchgeführt (Backhaus et al. 2006). Voraussetzung hierfür ist, dass die in die Clusteranalyse eingehenden Variablen möglichst unabhängig voneinander sind, was mit Hilfe von bivariaten Korrelationsanalysen untersucht wurde. Im Anschluss an ein breites Screening von Korrelationen wurde ein Set an sozio-demographischen (Alter, Gender, Berufskategorie, Haushaltsgröße, Care-bedürftige im Haushalt, persönliches Einkommen) zeitbezogenen (Zeitwohlstand, Lebenstempo,) und konsumbezogenen (Diskrepanz Schlaf – erwünscht/tatsächlich, Reisegeschwindigkeit – gewichtet, Verhältnis Außer-Haus/Inner-Hause Mahlzeiten, Häufigkeit Transaktionsplattformnutzung, Häufigkeit Kleidungskauf groß) Leitvariablen bestimmt, das dann für die systematischen Clusteranalysen verwendet wurde.

Das Konstrukt „Zeitwohlstand“ wurde in der ersten Welle der Repräsentativbefragung (Geiger et al. 2021; Gerold und Geiger 2020) auf einer Skala erhoben, die 15 gleichgewichtete Items für die Dimensionen Lebenstempo, Souveränität, Planbarkeit, Synchronisierung und freie Zeit (Jorck 2019) umfasst und für die Auswertungen mehrfach modifiziert wurden. Die folgenden Aussagen zum Alltag wurden auf einer Likert-Skala beantwortet:

*Tabelle 1: Zeitwohlstandsskala in der ersten Welle der Repräsentativbefragung.*

| Item | Dimension | Konstrukt |
|---|---|---|
| 33. Mein Leben ist zu hastig. | Lebenstempo | Zeitwohlstand |
| 34. Ich hetze von Einem zum Nächsten. | | |
| 35. Ich kann gemächlich durchs Leben gehen. | | |
| 36. In meinem Alltag muss ich oft unvorhersehbare Ereignisse unterbringen. | Planbarkeit | |
| 37. Ich kann Freizeitaktivitäten Wochen im Voraus planen. | | |
| 38. Ich kann zusätzliche Termine (Arztbesuche, Reparaturen) gut in meinem Alltag unterbringen. | Synchronisierung | |
| 39. Ich muss private Termine oft kurzfristig verschieben. | | |
| 40. Ich kann regelmäßige private Termine wahrnehmen. | | |
| 41. Im Alltag kann ich selbst bestimmen, wie lange ich mich einer Sache widme. | Souveränität | |
| 42. Ich kann meinen Tagesablauf selbst gestalten. | | |
| 43. Ich mache Pause(n), wann ich möchte. | | |
| 44. Ich wünsche mir mehr Zeit für mich selbst. | Freie Zeit | |
| 45. Meine täglichen Aufgaben lassen mir kaum Freiraum. | | |
| 46. Ich habe reichlich freie Zeit. | | |
| 47. Ich habe genügend Zeit für all die Dinge, die mir wichtig sind. | | |

Im Ergebnis zeigte sich, dass die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken des Konsums am stärksten von der sozio-demographischen Variable Alter und von der zeitbezogenen Variable Zeitwohlstand abhängt. Durch Analyse der Häufigkeitsverteilungen der beiden Segmentierungsvariablen konnten schließlich jeweils drei Klassen gebildet werden, die in Kombination neun Cluster ergaben. Maßgeblich für die Bildung der Zeitwohlstandklassen ist die Gauß’sche Verteilung, wobei vom Schwerpunkt der Fälle unter der Glocke eine nach unten und eine nach oben abweichende Klasse differenziert wurde. Hinsichtlich der Altersverteilung wurden typische Lebenslagen zugrunde gelegt, wobei die Rush Hour des Lebens mit Berufsleben und häufig auch Kindern das mittlere Altersklassensegment bildet, von dem eine frühere und eine spätere Lebenslage unterschieden werden.

Folgende Tabelle zeigt die Besetzung der neun Cluster, die sich aus den drei Zeitwohlstandsklassen (gering, mittel, hoch) und den drei Alterskohorten (50-67 Jahre, 30-49 Jahre, 18-29 Jahre) ergeben im Überblick.

*Tabelle 2: Segmentierung der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter mit Wohnsitz in Deutschland nach Alter und Zeitwohlstand (Quelle: eigene Berechnungen basierend auf ReZeitKon 2020, 1. Welle.*

| Cluster | Altersgruppe | Zeitwohlstandsklasse | Anzahl |
|---|---|---|---|
| **Cluster 1** | 50-67 Jahre | Gering | n = 157 |
| **Cluster 2** | 50-67 Jahre | Mittel | n = 392 |
| **Cluster 3** | 50-67 Jahre | Hoch | n = 258 |
| **Cluster 4** | 30-49 Jahre | Gering | n = 318 |
| **Cluster 5** | 30-49 Jahre | Mittel | n = 380 |
| **Cluster 6** | 30-49 Jahre | Hoch | n = 114 |
| **Cluster 7** | 18-29 Jahre | Gering | n = 145 |
| **Cluster 8** | 18-29 Jahre | Mittel | n = 170 |
| **Cluster 9** | 18-29 Jahre | Hoch | n = 65 |

Die Verteilung der Anzahl an Fällen aus der 1. Welle der Repräsentativbefragung zeigt, dass mit Ausnahme von Cluster 9 jedes Cluster mit 114 bis 392 Fällen besetzt ist. Die Aussagekraft der statistischen Auswertungen für Cluster 9 fällt deshalb im Vergleich zu den anderen Clustern ab. Auch ist die Gauß'sche Verteilung des Zeitwohlstands in den drei Alterskohorten noch sichtbar. Die Aussagekraft der statistischen Auswertungen liegt für die mittlere Zeitwohlstandsklasse (Cluster 2, 5 und 8) durchgängig über derjenigen für geringen bzw. hohen Zeitwohlstand.

Alterskohorte und Zeitwohlstandsklasse begründen die neuen Cluster. Damit einhergehend sind in den Clustern jedoch auch andere sozio-demographische Variablen überproportional häufig in einer Alterskohorte vertreten:

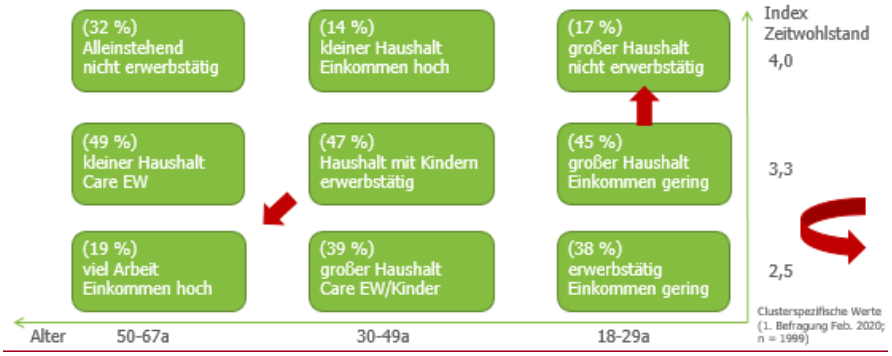


*Abbildung 4: Abhängige sozio-demographische Merkmale der neun Cluster und drei Modi des Veränderung des Zeitwohlstands (Quelle: eigene Darstellung).*

In der Altersklasse der 50-67-Jährigen ist geringer Zeitwohlstand zu 19 %, mittlerer Zeitwohlstand mit 49 % und hoher Zeitwohlstand mit 32 % vertreten. Geringer Zeitwohlstand geht in dieser Kohorte mit langer Arbeitszeit und hohem Einkommen einher; mittleren Zeitwohlstand findet mal gehäuft in einem kleinen Haushalt, in dem ggf. auch ein Erwachsener Care-bedürftig ist; und über hohen Zeitwohlstand verfügen vor allem nicht Erwerbstätige und/oder Alleinstehende. In der Altersklasse der 30-49-Jährigen ist geringer Zeitwohlstand zu 39 %, mittlerer Zeitwohlstand mit 47 % und hoher Zeitwohlstand mit 14 % vertreten. Im Vergleich zur Altersklasse der 50-67-Jährigen ist geringer Zeitwohlstand viel häufiger und hoher Zeitwohlstand viel geringer vertreten. Geringer Zeitwohlstand betrifft gehäuft

Erwachsene – und hier vor allem Frauen – in großen Haushalten in denen zudem Kinder und/oder Erwachsene Care-bedürftig sind. Über mittleren Zeitwohlstand verfügen gehäuft erwerbstätige Erwachsene mit Kindern im Haushalt. Hoher Zeitwohlstand findet sich vor allem bei kleinen Haushalten mit großen Einkommen. In der Altersklasse der 18-29-Jährigen ist geringer Zeitwohlstand zu 38 %, mittlerer Zeitwohlstand mit 45 % und hoher Zeitwohlstand mit 17 % vertreten. Dieses Verteilungsmuster ist mit demjenigen der Altersklasse der 30-49-Jährigen vergleichbar. Allerding geht geringer Zeitwohlstand hier eher mit Erwerbstätigkeit und geringem Einkommen einher. Mittlerer Zeitwohlstand betrifft überproportional häufig Erwachsene in großen Haushalten und/oder mit hohem Einkommen. Im Cluster mit hohem Zeitwohlstand finden sich gehäuft Personen die in großen Haushalten leben und selbst nicht erwerbstätig sind.

Abbildung 4 zeigt auch drei Modi der Zeitwohlstandänderung. Erstens kann eine Person innerhalb seiner Alterskohorte ihren Zeitwohlstand ändern, beispielsweise indem eine Erwerbstätigkeit verringert oder aufgegeben wird. Zweitens kann sich mit der Veränderung der Lebenslage, wie zum Beispiel dem Auszug der Kinder bei einem Alter der Eltern von 50 Jahren, ein Wechsel in eine andere Zeitwohlstandsklasse einhergehen. Drittens kann sich das Gesamtniveau des Zeitwohlstands in einer Gesellschaft ändern, indem „First Mover“ beispielsweise ihren Zeitwohlstand erhöhen, dann gefolgt von der breiten Masse und schließlich von den „Late Adopters“. Bei diesen drei Modi der Zeitwohlstandänderung handelt es sich um drei Möglichkeiten, die im Einzelfall nicht immer Sinn ergeben.

Ausgehend von der initialen Verteilung der Personen auf dem Zeitwohlstand in den verschiedenen Altersgruppen (Abbildung 4) sind für die Zukunftsszenarien (Abschnitt 4) alternative Verteilungen für das Jahr 2040 geschätzt und mittels kumulierter jährlicher Wachstumsraten CAGR (umgerechnet in wöchentliche Wachstumsraten) interpoliert worden (vgl. Anhang A 4.1).

## 3.3 Die Praxismodule

Das Praxismodul hat die Funktion, durch Verbreitung zeiteffizienter Praktiken Zeitdifferenzen zu generieren, die eine Wiederverwendung „eingesparter“ Zeitbudgets zwingend erforderlich macht. Das Praxismodul umfasst sechs Zeitverwendungsbereiche, in denen zeiteffiziente Praktiken verortet sind:

1. Commitments – Haushalt und Care;
2. Contracts – Erwerbsarbeit und Bildung;
3. Leisure – Freizeit;
4. Media_Consumption – Telepräsenz und Einkaufen;
5. Mobility – Berufs- und Ausbildungs-, Freizeit- sowie Einkaufs- und Erledigungsverkehr;
6. Regeneration – Schlaf und Pausen.

Hauptfunktionen der Zweitverwendungsbereiche sind Reproduktion (Commitments), Einkommensgenerierung (Contracts), Vergnügen (Leisure), Interaktion (Media_Consumption), Ortswechsel (Mobility) und Regeneration.

**Erkenntnisinteresse**

Im Kern des Erkenntnisinteresses stehen Praktiken, die das Potenzial haben Zeit „einzusparen“, die dann wiederverwendet werden kann. Natürlich gibt es auch Praktiken, die das Potenzial haben Zeit

„zu vergeuden“ („Zeitfresser“); solche Praktiken stehen aber aufgrund des Untersuchungsgegenstandes Zeit-Rebound-Effekte nicht im Vordergrund. Rebound-Effekte setzen Erwartungen an die Wirkungen von Effizienzmaßnahmen voraus, was bei den Versprechungen zeiteffizienter Praktiken der Fall ist. Zeiteffiziente Praktiken können auf zweierlei Art und Weise die $CO_2$-Emissionen beeinflussen (Erdmann und Pfaff 2021): Erstens unterscheiden sich die mit ihrer Ausübung verbundenen $CO_2$-Emissionen von denjenigen einer Referenzpraxis (z. B. Autofahren statt Radfahren) und zweitens hat auch die Wiederverwendung eingesparter Zeitbudgets einen $CO_2$-Fussabdruck. Im Praxismodul müssen deshalb zum einen zeiteffiziente Praktiken sichtbar werden, deren $CO_2$-Emissionen sich wesentlich von denjenigen einer Referenzpraxis unterscheiden und zum anderen müssen solche zeiteffizienten Praktiken gefunden werden, die große Zeitbudgets „einsparen“.

Ziel des Praxismoduls ist es deshalb, durch die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken Zeitdifferenzen zu erzeugen und ein Mengengerüst an Funktionen abzubilden, die für die Quantifizierung von $CO_2$-Emissionen sinnvoll ist.

**Daten und Methoden**

Die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken kann unter Zukunftsszenario-Bedingungen geschätzt werden.[1] Die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken kann vereinfacht mittels CAGR oder etwas elaborierter mit dem S-Kurven-Diffusionsansatz simuliert werden. Für letztere sind ein Wachstumskoeffizient, ein Ausgangsniveau und ein Sättigungsniveau erforderlich.

Zur Identifizierung relevanter Praktiken wurde bereits im internen Screening und Scoping (Erdmann und Cuhls 2019) eine Literaturauswertung vorgenommen und eine integrierte Technik-, Zeit- und Umweltperspektive eingenommen, um die entsprechenden Informationsbedarfe in der 1. Welle der Repräsentativbefragung decken zu können. Eine Auswertung der Befragungsergebnisse ermöglichte dann eine Überprüfung, inwieweit Zeitwohlstand, Verbreitung zeiteffizienter Praktiken und Zeitdifferenzen tatsächlich miteinander einhergehen (Buhl et al. 2021). Einige Hypothesen, die der 1. Welle der Befragung zugrunde lagen haben sich empirisch nicht in ausreichendem Maße nachweisen lassen, darunter der nur geringe „Zeiteinspareffekt“ der Verwendung von Tiefkühlkost oder von Küchenmaschinen.

Über diese Hypothesenüberprüfung hinaus wurden im Nachgang weitere Möglichkeiten der „Zeiteinsparung“ identifiziert, ohne dass unmittelbar danach gefragt wurde. Beispielsweise wurde eine Diskrepanz zwischen gewünschter und tatsächlicher Erwerbsarbeitszeit so gedeutet, dass die Reduzierung der Erwerbsarbeitszeit als zeiteffiziente Praxis verstanden werden kann. Aber auch ohne beispielsweise einen Schlafdauerreduzierungswunsch ist die Reduzierung der Schlafdauer eine Möglichkeit zunächst Zeit zu „sparen“, auch wenn ein Schlafdefizit wieder nach Kompensation (am Wochenende) strebt bzw. andere Tätigkeiten aufgrund von Müdigkeit dann länger dauern oder öfter ausgeführt werden müssen, bis sie zufriedenstellend erledigt sind. Folgende zeiteffiziente Praktiken wurden identifiziert und im Modell angelegt:

[1] Die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken kann auch als eine abhängige Funktion des Zeitwohlstandes und des Einkommens aufgefasst werden. Dies ist zwar grundsätzlich möglich, vernachlässigt aber andere angebots- und nachfrageseitige Faktoren, die für die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken ausschlaggebend sind.

*Tabelle 3: Untersuchte zeiteffiziente Praktiken.*

| Zeiteffiziente Praxis | Beschreibung |
|---|---|
| **Zeiteffiziente Mahlzeiten** | Haushalte können Zeit für die Bereitstellung von Mahlzeiten einsparen, indem sie (statt selbst warme Mahlzeiten zu kochen) kalte Mahlzeiten zubereiten, sich essen liefern lassen oder Außer-Haus-Essen (Engelmann et al. 2018). |
| **Haushaltsnahe Dienstleistungen** | Haushaltnahe Dienstleistungen ersetzen Teilen der Care-Arbeit und Haushaltsführung wie z. B. Putzen und Gartenarbeit (Steiner et al. 2012). Es handelt sich dabei um ein Outsourcing von Eigenarbeit. |
| **Erwerbsarbeitszeit reduzieren** | Eine Reduzierung der Erwerbsarbeit ist eine im Hinblick auf ihre Umweltwirkungen bereits mehrfach untersuchte zeiteffiziente Praxis (Schumacher et al. 2019; Buhl 2016). |
| **Fokussierung im Internet** | Die Aufmerksamkeit der Nutzer:innen im Internet ist umkämpft, da ein Großteil des kommerziellen Internet-Angebotes werbefinanziert ist (Klobasa et al. 2021; Solér 2018). Die Fokussierung im Internet ist ein Weg des „stress coping“ (Solér 2018), der Gegenspieler, das häufige und ausschweifende Verweilen im Internet, wird als „Zeitfresser“ bezeichnet (Rinderspacher 2017). |
| **Zeiteffiziente Mobilität** | Mobilität gehört zu den am häufigsten untersuchten Bedarfsfeldern des Konsums, für die auch zeitliche Effekte untersucht wurden. Während der Modal Split (u.a. NMIT (zu Fuß/Fahrrad), PT (öffentlicher Verkehr), MIT (Auto) häufig ins Visier genommen wird (Achachlouei und Hilty 2016), sind empirische Untersuchungen zum Fahrstil trotz des großen Einflusses auf die Umwelt die Ausnahme (Rumbolz 2013). |
| **Virtuelle Mobilität** | Die zeitlichen Effekte der virtuellen Mobilität (Remote Work, Teleshopping) sind seit längerem Gegenstand der Forschung (Hilty et al. 2006), wobei die Untersuchung der Auswirkungen der Internetzeit auf den Kauf von Trendprodukten ein aufkommendes Forschungsgebiet ist, das die Konsumbeschleunigung durch Obsoleszenz in den Blick nimmt (Kahlenborn et al. 2019; Klobasa et al. 2021). |
| **Regenerationszeit reduzieren** | Untersuchungen zeigen die herausragende Bedeutung der Schlafdauer und -qualität für die Produktivität, sei es in der Erwerbsarbeit oder Haushaltsführung (Hafner et al. 2016). Neben der Reduzierung der Schlafdauer wochentags ist das Auffüllen von Pausen mit produktiven Tätigkeiten eine beobachtbare zeiteffiziente Praxis (Hilty et al. 2006). |
| **Multitasking** | Während die tatsächliche kognitive Multitasking-Fähigkeit wissenschaftlich umstritten ist (Rieger 2012), werden Dinge parallel ausgeführt, die keine oder nur geringe Aufmerksamkeit erfordern, darunter Hausarbeits- und Care-Aktivitäten sowie Medien parallel zu anderen Aktivitäten wie Freizeit. |

Folgende Abbildungen zeigen die vereinfachten Kausalschleifendiagramme für die sechs Zeitverwendungsbereiche unter Ausweisung der zeiteffizienten Praktiken, die schließlich zur Generierung von Zeitdifferenzen verwendet wurden. Zeiteffiziente Praktiken sind in den Kästen auf der linken Bildhälfte aufgeführt. Das Multitasking (Rieger 2012) ist in gestrichelten Kästen aufgeführt; ihr Wirkungsmechanismus ist aus Gründen der Übersichtlichkeit jedoch nicht dargestellt. Kursive Schrift verweist auf verkürzt dargestellte Variablen, die die Modelldynamik mitbeeinflussen, aber nicht im Kern des dargestellten Mechanismus liegen (z. B. Automatisierung MIT und Optimierung PT, die

nicht unter operativer Kontrolle der Nutzer:innen stehen). Die in blau dargestellten indirekten Zeit-Rebound-Effekte entstammen dem Zeitwiederverwendungsmodul, während die direkten Zeit-Rebound-Effekte Teil der inneren Logik der Praxismodule sind. Schwarze Verbindungspfeile verweisen auf das sich aufaddierende Ineinanderfließen von Teilkomponenten zu einer aggregierten Variable.

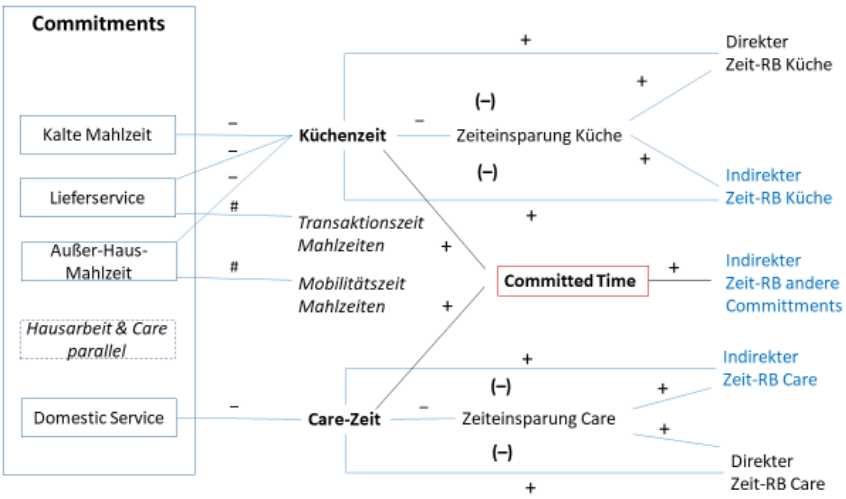


*Abbildung 5: Kausalschleifendiagramm für zeiteffiziente Praktiken im Lebensbereich Commitments (Quelle: eigene Darstellung).*

Die zeiteffizienten Praktiken ‚Kalte Mahlzeit', ‚Lieferservice' und ‚Außer-Haus-Essen' verringern im Vergleich zu ‚Warme Mahlzeit', die selbst zubereitet wird, die Küchenzeit. Ein Teil der „eingesparten" Küchenzeit fließt als direkter Zeit-Rebound-Effekt wieder zurück, indem beispielsweise mehr Mahlzeiten zubereitet werden. Ebenso fließt ein Teil der „eingesparten" Zeit durch andere zeiteffiziente Praktiken wie zum Beispiel ‚Virtuelle Mobilität' als indirekter Zeit-Rebound-Effekt in die Küchenzeit. In analoger Weise verringern haushaltsnahe Dienstleistungen in erster Linie die selbst aufgebrachte Care-Zeit. Küchen-Zeit und Car-Zeit fließen mit den Zeiten aus den indirekten Zeit-Rebound-Effekten für leichte und schwere Arbeit in Haus und Garten in die Kategorie Committed Time.

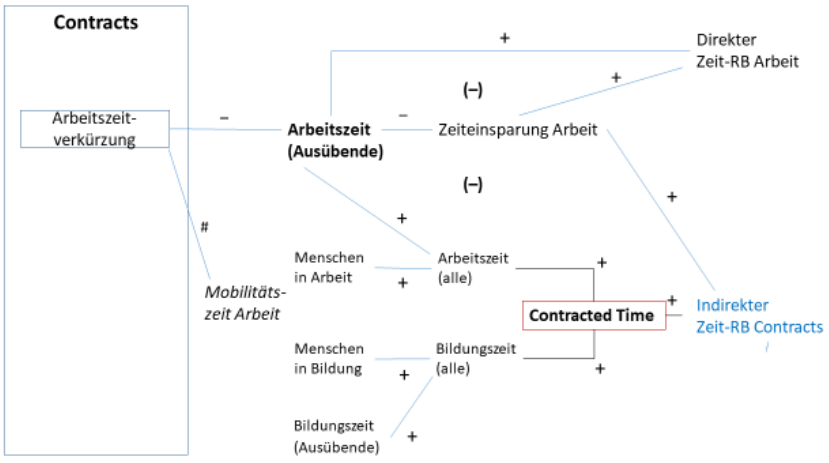


*Abbildung 6: Kausalschleifendiagramm für zeiteffiziente Praktiken im Lebensbereich Contracts (Quelle: eigene Darstellung).*

Im Lebensbereich Contracts ist nur die zeiteffiziente Praxis ‚Arbeitszeitverkürzung' modelliert worden. Diese senkt die Arbeitszeit für Arbeitende, wobei die „eingesparte" Arbeitszeit durch den direkten und indirekten Zeit-Rebound-Effekt ähnlich wie bei der Bereitstellung von Mahlzeiten im Lebensbereich Commitments teilkompensiert wird. Auch die nicht variierte Bildungszeit fließt in die Contracted Time ein, wobei sowohl bei der Erwerbsarbeit, als auch bei der Bildung berücksichtigt wurde, dass nur ein bestimmter Anteil an Menschen die Tätigkeiten ausübt.

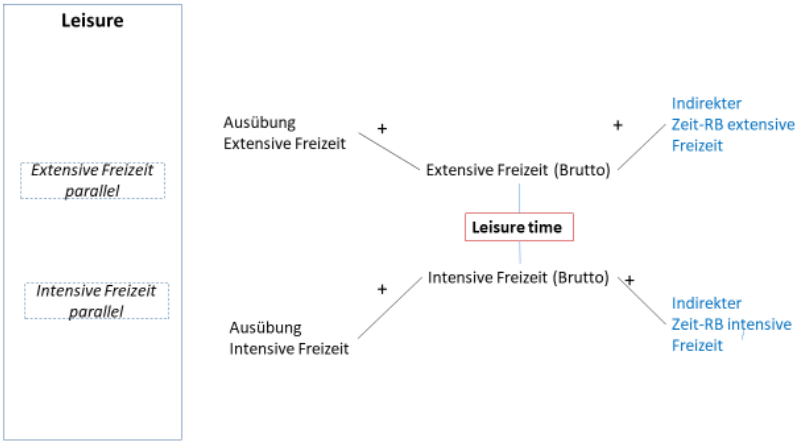


*Abbildung 7: Kausalschleifendiagramm für zeiteffiziente Praktiken im Lebensbereich Leisure (Quelle: eigene Darstellung).*

Die Freizeit wurde nur oberflächlich modelliert, da die Items aus der Repräsentativbefragung kaum eine valide empirische Einschätzung ermöglichen. Aus Gründen der Umweltrelevanz wird extensive und intensive Freizeit unterschieden. Als zeiteffiziente Praxis wird ausschließlich die Ausübung von Freizeit parallel zur Mediennutzung angesetzt. Mit dem Bezug von Zeitbudgets aus dem indirekten Zeit-Rebound-Effekt ist der Leisure-Lebensbereich in der Modellierung vorwiegend ein getriebenes Teilmodul.

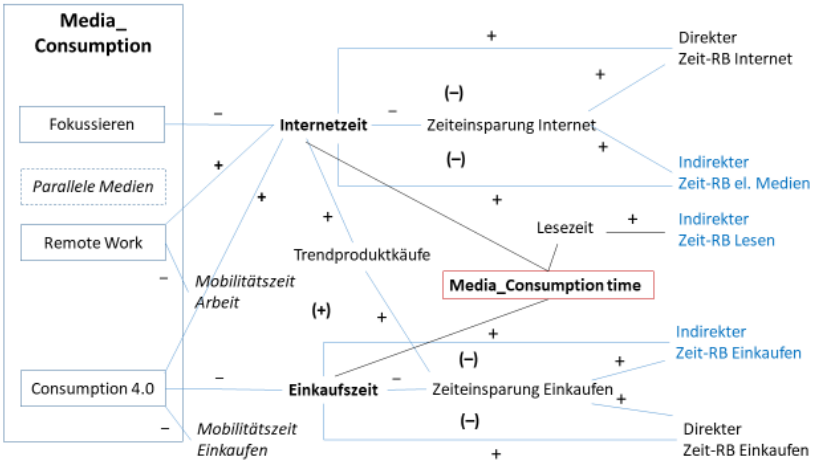


*Abbildung 8: Kausalschleifendiagramm für zeiteffiziente Praktiken im Lebensbereich Media_Consumption (Quelle: eigene Darstellung).*

Die zeiteffizienten Praktiken ‚Fokussieren' (im Internet), ‚Consumption 4.0' und ‚Remote Work' beeinflussen alle die Internetzeit, wohingegen nur ‚Consumption 4.0' die Einkaufszeit verringert. In Ergänzung zu den bereits beschriebenen Mechanismen des direkten und indirekten Zeit-Rebound-Effektes wird im Media_Consumption Teilmodul noch eine Kopplung der Trendproduktkäufe (große und kleine Kleidungstücke, große und kleine Elektronikgeräte, große und kleine andere Trendprodukte) an die Internetzeit und Einkaufszeit modelliert.

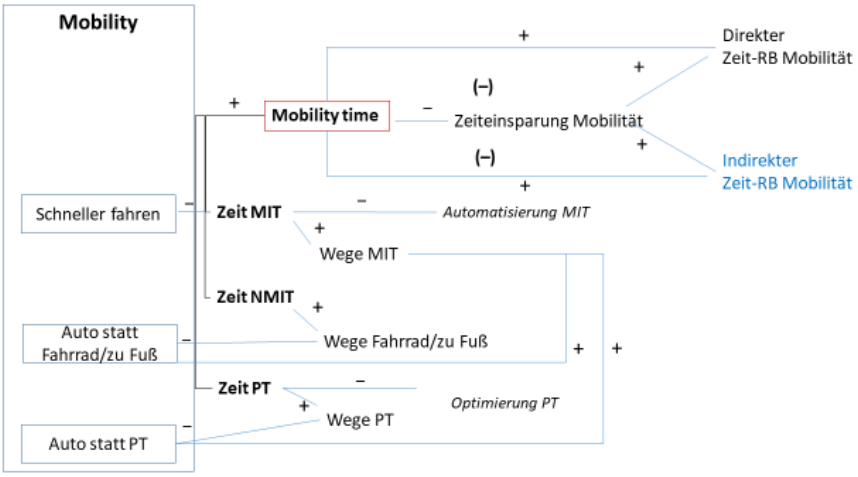


*Abbildung 9: Kausalschleifendiagramm für zeiteffiziente Praktiken im Lebensbereich Mobility (Quelle: eigene Darstellung).*

Die zeiteffizienten Praktiken ‚Auto statt PT' (PT - Public Transport), ‚Auto statt NMIT' (NMIT - Non-Motorized Individual Transport) und ‚Schneller fahren' reduzieren die Mobilitätszeit, die wiederum mit den zurückgelegten Wegelängen verknüpft ist. Auch durch Automatisierung des motorisierten Individualverkehrs (MIT) und Optimierung des Öffentlichen Verkehrs (PT) wird Mobilitätszeit „eingespart", allerdings stehen diese Mechanismen in erster Linie unter der operativen Kontrolle der Verkehrsinfrastrukturbetreiber und sind deshalb höchstens in zweiter Linie auf Entscheidungen der Nutzer:innen zurückzuführen. Direkter und indirekter Zeit-Rebound-Effekt tragen über die bekannten Mechanismen zur Mobilitätszeit bei. Eine Besonderheit sind langfristige raumstrukturelle Wirkungen zeiteffizienter Mobilität, die im Zeitwiederverwendungsmodul als indirekter Zeit-Rebound-Effekt angelegt sind. Hierbei wird „eingesparte" Mobilitätszeit pro zurückgelegter Kilometer für das Zurücklegen längerer Strecken verwendet.

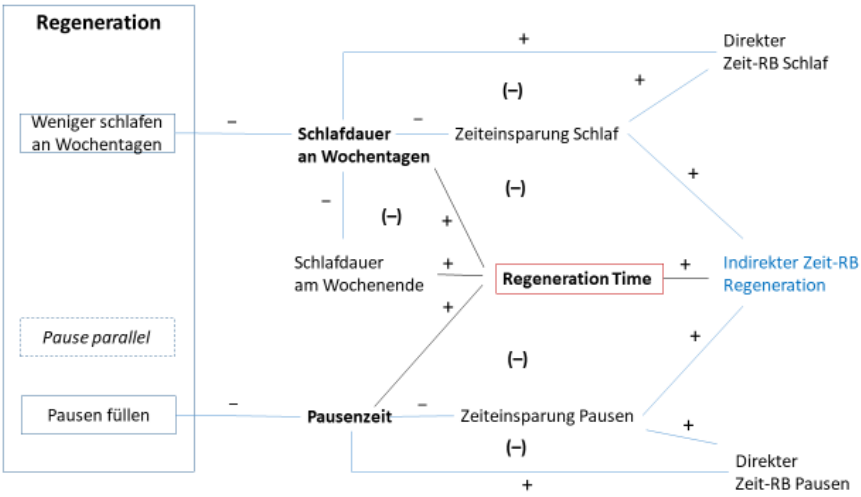


*Abbildung 10: Kausalschleifendiagramm für zeiteffiziente Praktiken im Lebensbereich Regeneration (Quelle: eigene Darstellung).*

Für die zeiteffiziente Praxis ‚Weniger schlafen an Wochentagen' wurde ein Mechanismus eingeführt, der zwar zu einer „Zeiteinsparung" unter der Woche führt, der allerdings größtenteils am Wochenende durch verlängertes Schlafen wieder kompensiert wird. Auch ist die zeiteffiziente Praxis ‚Auffüllen von Pausen' im Teilmodul Regeneration angelegt und beeinflusst die Regeneration Time. Ein besonderer hier nicht abgebildeter Mechanismus ist, dass die Verringerung der Schlafdauer an Wochentagen und der Pausenzeit zu erhöhten indirekten Zeit-Rebound-Effekten für die Erwerbsarbeit führt, da die Konzentration nachlässt. Konzepte wie die „Müdigkeitsgesellschaft" (Han 2018) fassen diesen Zusammenhang zwischen überbordender Tätigkeit und sinkender Produktivität.

***

Die Abbildung für die sechs Praxismodule zeigt, dass die Zeitverwendungsbereiche und die darin verankerten zeiteffizienten Praktiken in unterschiedlicher Tiefe modelliert wurden. Charakteristisch für den direkten und den indirekten Zeit-Rebound-Effekt in allen Bereichen – bis auf Leisure[1] – sind die Balancing loops (–). Im Media_Consumption Modul findet sich zudem ein Reinforcing loop (+), der Consumption 4.0-Praktiken über die Ausweitung der Internetzeit und Verringerung der Einkaufszeit pro Gut zu einem sich beschleunigenden Trendproduktkaufmechanismus verbindet. Weiterhin wird ersichtlich, dass der indirekte Zeit-Rebound-Effekt je nach Praxismodul auf unterschiedlichem Variablenniveau ansetzt. Dies drückt das jeweilige Antwortverhalten der Befragten aus der 1. Welle der Repräsentativbefragung möglichst präzise aus.

Die initialen Kausalschleifendiagramme für Ernährung, Mobilität und digitale Meiden sind von ausgewählten Fachexpert:innen validiert worden (vgl. Anhang A 3.). Einzelne Hinweise wurden aufgenommen, andere nicht. Zu letzteren gehören die Snackification der Mahlzeiten und kollaborative Konsumpraktiken. Die Berücksichtigung der Lage des Schlafes ist auf die Kommentare aus dem Validierungsworkshop zurückzuführen (vgl. Anhang A 3.). Ausschlaggebend für die Berücksichtigung der Anregungen waren die Einschätzung der Umsetzbarkeit und der erwartete Effekt auf die $CO_2$-

[1] Für Leisure wurden in der Befragung keine Items angelegt, die eine sinnvolle Konstruktion von Zeitdifferenzen infolge der Intensivierung von Freizeitaktivitäten ermöglichen. Dennoch ist Leisure eine wichtige Zeitverwendung, die erhebliche Anteile des indirekten Zeit-Rebound-Effektes aufnimmt.

Emissionen. Die Praxismodule sind grundsätzlich um die erwähnten Aspekte erweiterbar; für die Zwecke dieses Vorhabens ist die ohnehin schon umfassende Abbildung des Alltags jedoch ausreichend.

Die Initialisierungsdaten der Variablen im Praxismodul stammen überwiegend aus der 1. Welle der Repräsentativbefragung. Sie sind punktuell um Daten aus Sekundärquellen ergänzt worden. Ausgehend von der initialen Verbreitung zeiteffizienter Praktiken in den verschiedenen Clustern sind für die Zukunftsszenarien (Abschnitt 4) alternative Veränderungspfade der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken geschätzt (Anhang A 4.) und bis in das Jahr 2040 simuliert worden (Abschnitt 5).

## 3.4 Das Zeitwiederverwendungsmodul

Die Zeitdifferenzen („Gewinne“) infolge der Ausübung zeiteffizienter Praktiken müssen wieder für andere Aktivitäten aufgewendet werden. Diesen modellhaft zu verstehenden Zeitwiederverwendungsmechanismus behandelt das Zeitmodul.

**Erkenntnisinteresse**

Menschen haben unterschiedliche Präferenzen, was Sie mit „eingesparter“ Zeit zu machen gedenken. In den drei Wellen der Repräsentativbefragung sind die Präferenzen der Menschen erhoben worden (Erdmann und Pfaff 2021).

Das Zeitwiederverwendungsmodul hat das Ziel, die in den Praxismodulen „eingesparte“ Zeit wieder zu verteilen, wobei zwischen einem direkten und einem indirekten Zeit-Rebound-Effekt zu unterscheiden ist. Aus modellierungspraktischen Gründen ist der direkte Zeit-Rebound-Effekt unmittelbar im jeweiligen Praxismodul verankert, weshalb das Zeitwiederverwendungsmodul nur den (allerdings mengenmäßig dominierenden) indirekten Zeit-Rebound-Effekt adressiert. Die indirekte Zeitwiederverwendung wird dann wieder in die Praxismodule zurückgeführt.

**Daten und Methoden**

Die Änderung der Verbreitung von zeiteffizienten Praktiken verursacht Zeitdifferenzen, die ausgeglichen werden müssen (und selbst veränderbar sind) und wiederum Rückwirkungen auf den Zeitwohlstand, das wöchentliche Einkommen und die $CO_2$-Emissionen haben.

Angesichts des objektiven Zeitbegriffs in den oben genannten Erhebungen kann modellhaft eine idealtypische Stunde definiert werden, die infolge der Ausübung zeiteffizienter Praktiken oder anderer Ereignisse und Rahmenbedingungen verwendet werden kann (Erdmann und Pfaff 2021). Die Verwendung „eingesparter“ Zeitbudgets infolge der Ausübung zeiteffizienter Praktiken hat drei Komponenten, die es zu berücksichtigen gilt:

I. Die Art der Aktivität (z. B. Sport, Mediennutzung)
II. Der Modus der Aktivitätsausübung (z. B. langsamere Ausführung ohnehin praktizierter Tätigkeiten, zusätzliche Ausübung von Tätigkeiten)
III. Die Korrektur der Ausübungszeit der Aktivität um gekoppelte Aktivitätszeiten (z. B. erforderlicher Verkehr).

Grundlage für die Bestimmung der Verwendung „eingesparter“ Zeitbudgets sind drei in ReZeitKon durchgeführte Repräsentativbefragungen unter Personen im erwerbsfähigen Alter (18-67 Jahre) in Deutschland (vgl. Anhang A 2.).

In der 1. und 3. Welle wurde identisch nach der Art der Verwendung „eingesparter" Zeit gefragt, in der 2. Welle der Befragung wurde nicht nach Absichten, sondern retrospektiv nach tatsächlicher Zeitverwendung gefragt (aber nur diejenigen die angaben, im Zuge des COVID-19 Lockdowns Zeit „gespart" zu haben).

**Kasten 1: Ausgewählte Frage aus der Repräsentativbefragung zur Bestimmung der Verwendung „eingesparter" Zeit (Was?)**

„Wenn Sie täglich eine Stunde mehr zur Verfügung hätten, wofür würden sie diese hauptsächlich verwenden?" (1. und 3. Welle)

„Falls Sie im Zusammenhang mit Corona (durch Homeoffice, Kurzarbeit oder Komplettausfall ihrer Arbeit) zusätzliche freie Zeit haben, wofür verwenden Sie diese hauptsächlich?" (2. Welle)

Unter den besonderen Bedingungen der 2. Welle der Repräsentativbefragung konnte auch der Einfluss der Zeitkompetenz auf die Art der Verwendung „eingesparter" Zeitbudgets erhoben werden. Angesichts der besonderen Restriktionen im Lockdown scheint eine Verallgemeinerung allerdings kaum möglich. In der 3. Welle der Befragung wurde auch gefragt, an welchen Aktivitäten denn gespart werden soll, wenn Zeit für etwas Anderes benötigt wird („Woher kommt die Zeit?"). Diese Antwortmuster legen die Grundlage für eine Abbildung der Auswirkungen von „Zeitfressern" auf andere Zeitverwendungsbereiche, da „Zeitfresser" hier aber nicht im Kerninteresse stehen, werden diese Aspekte hier nicht weiterverfolgt.

Die Antwortmuster der intendierten Verwendung „eingesparter" Zeitbudgets zeigen, dass Hausarbeit und Care, Freizeit und Regeneration dominieren. Arbeiten und Lernen oder auch freiwilliges Engagement (hier aufgrund der marginalen Bedeutung in den Antwortmustern nicht dargestellt) spielen entgegen der Desiderata aus der Debatte von der Erwerbsarbeits- zur Tätigkeitsgesellschaft (Seidl et al. 2019) dagegen nur eine untergeordnete Rolle. Die Bedingungen und Fragearten in der 2. Welle der Befragung waren zwar von denjenigen der 1. und 3. Welle verschieden, dennoch kann man vorsichtig schlussfolgern, dass der Lockdown langfristige Auswirkungen auf die intendierten Zeitverwendungsmuster hatte. Ein Vergleich zwischen 1. und 3. Welle der Befragung zeigt eine Abnahme sozialer Kontakte und eine Zunahme der Mediennutzung.

Die Antwortmuster der Befragten in den Wellen zur Art der Verwendung „eingesparter" Zeit sind in folgender Tabelle wiedergegeben („Wohin geht die Zeit?"):

*Tabelle 4: Art der Verwendung „eingesparter" Zeit in den drei Wellen der Repräsentativbefragung (Quelle: eigene Berechnungen basierend auf ReZeitKon 2020, 1. und 2. Welle sowie ReZeitKon 2021, 3. Welle).*

| | 1. Welle | 2. Welle | 3. Welle |
|---|---|---|---|
| **Schlafen und Ausruhen** | 30% | 10% | 32% |
| **Sport und Bewegung** | 14% | 9% | 13% |
| **Soziale Kontakte** | 20% | 14% | 16% |
| **Mediennutzung – elektronisch** | 5% | 7% | 7% |
| **Mediennutzung – print** | 9% | 11% | 11% |
| **Hobbies und DIY** | 13% | 7% | 12% |
| **Unternehmungen und Freizeitkonsum** | 2% | 0% | 2% |
| **Haus und Wohnung** | 0% | 5% | 0% |
| **Hausarbeit** | 3% | 21% | 2% |
| **Gartenarbeit** | 1% | 11% | 2% |
| **Arbeiten und Lernen** | 3% | 4% | 2% |

Der Modus der Aktivitätsausübung wurde anhand der geschlossenen Fragen in den Bedarfsfeldern des Konsums bestimmt (1. Welle der Repräsentativbefragung):

*Tabelle 5: Durchschnittliche Modi der Zeitverwendung in den Bedarfsfeldern Mobilität, Ernährung und Digitale Medien (Quelle: eigene Berechnungen basierend auf der 1. Welle der Repräsentativbefragung (n=1999)).*

| | Mobilität | Ernährung | Digitale Medien | Gesamt |
|---|---|---|---|---|
| **Direkte Entschleunigung** | 10 % | 11 % | 8 % | 10 % |
| **Direkte Beschleunigung** | 4 % | 23 %* | 8 % | 11 % |
| **Indirekte Entschleunigung** | 53 % | 39 % | 48 % | 47 % |
| **Indirekte Beschleunigung** | 33 % | 27 % | 36 % | 32 % |

Anmerkungen: * Die Antwortoption „Öfter selbst mit frischen Zutaten kochen" drückt dies nicht vollständig richtig aus; aber tendenziell schon, denn die „eingesparte" Zeit wird in eine Erhöhung der Fertigungstiefe gesteckt (d. h. für den gleichen Zweck Essenszubereitung wieder aufgezehrt).

Die Beschleunigungseffekte, die hier mit dem Zeit-Rebound-Effekt identifiziert werden, betragen nach dieser Auswertung 43 % der beabsichtigten Zeitverwendung (11 % direkt und 32 % indirekt). Dies bedeutet aber auch, dass 57 % der Zeitverwendung nach diesen Angaben nicht für die Ausweitung von Aktivitäten, sondern für die Entschleunigung (insbesondere Schlafen und Ausruhen sowie Verlangsamung anderer Aktivitäten) eingesetzt werden sollen.

Herkömmlich Analysen des Zeit-Rebound-Effektes ignorieren diese Korrektur unter Berücksichtigung des Modus' der Zeitverwendung. Hier wird aus Gründen der Vergleichbarkeit auch zunächst angenommen, dass die gesamte „eingesparte" Zeit in zusätzliche Aktivitäten gesteckt, wonach der Modus der Zeitverwendung im Nachgang als Sensitivitätsanalyse untersucht wird (Abschnitt 5).

Schließlich wird die Modellstunde noch in einen Anteil für die Aktivitätsausübungszeit (netto) und einen Anteil für die dafür erforderliche Wegezeit aufgeteilt. Die Ergebnisse der Allokation der Modellstunde auf einen Ausübungsanteil und einen Wegeanteil sind in folgender Tabelle dargestellt.

*Tabelle 6: Wegeanteil für die Art der Verwendung einer zusätzlichen Modellstunde in den Wellen der Repräsentativbefragung (Quelle: eigene Berechnungen basierend auf (Statistisches Bundesamt 2013)).*

| | Aktivität | Wegeanteil 1. und 3. Welle | Wegeanteil 2. Welle * |
|---|---|---|---|
| **1** | Schlafen und Ausruhen | 0 % | 0 % |
| **2** | Sport und Bewegung | 24 % | 10 % |
| **3** | Soziale Kontakte | 29 % | 5 % |
| **4** | Mediennutzung – elektronisch | 8 % | 2 % |
| **5** | Mediennutzung – print | 5 % | 2 % |
| **6** | Hobbies und DIY | 24 % | 10 % |
| **7** | Unternehmungen und Freizeitkonsum | 28 % | 10 % |
| **8** | Haus und Wohnung | 18 % | 5 % |
| **9** | Hausarbeit | 18 % | 5 % |
| **10** | Gartenarbeit | 18 % | 5 % |

Anmerkungen: für Schlafen und Mediennutzung werden in der Zeitverwendungserhebung keine Wegezeiten mehr genannt. Hier wird angenommen, dass für Ausruhen ebenso wie für Schlafen keine Wegezeiten benötigt werden (ansonsten wäre hier der unrealistische Wegezeitanteil von Kategorie 6 (29 %) anzusetzen. Die Kategorie Arbeiten und Lernen wurde mit ihren Wegeanteilen der Mediennutzung anteilig zugeordnet, weshalb hier geringe Wegeanteile zu berücksichtigen sind. *eigene Schätzungen bezogen auf die Lockdown-Episoden im Jahr 2020.

Die Herleitung dieser durchschnittlichen Initialisierungswerte ist ausführlich in einem separaten Bericht dokumentiert (Erdmann und Pfaff 2021). In der systemdynamischen Modellierung ist die Art der Verwendung „eingesparter" Zeitbudgets clusterspezifisch angelegt. In Sensitivitätsanalysen sind für die Zukunftsszenarien (Abschnitt 4) alternative plausible Verwendungen „eingesparter" Zeit geschätzt und ihre Auswirkungen bis Jahr 2040 simuliert worden (vgl. Abschnitt 5).

## 3.5 Das Wohlstandsmodul

Das Wohlstandsmodul erstreckt sich in erster Linie auf den Zeitwohlstand und am Rande auch auf den monetären Wohlstand. Der Zeitwohlstand ist Kriterium für die Segmentierung der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter mit Wohnsitz in Deutschland gemäß der 1. Welle der Repräsentativbefragung. Der Zeitwohlstand ist aber auch eine abhängige Größe von anderen Variablen, was in einer separaten Veröffentlichung ausführlich dokumentiert ist (Gerold und Geiger 2020). Wohlstand kann damit auch als Wirkung der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken aufgefasst werden.

**Erkenntnisinteresse**

Im Kern des Erkenntnisinteresses steht die Simulation des Zeitwohlstandes von 2020 bis 2040. Der Zeitwohlstand kann sowohl als Ursache für, als auch als Wirkung der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken aufgefasst werden.

Die monetäre Dimension des Wohlstandes wird am Rande mitgeführt, um grundsätzlich anschlussfähig an Wohlstandsdebatten sein zu können, allerdings ohne eine ausgewogene integrierte Perspektive von Zeitwohlstand und monetärem Wohlstand bereitstellen zu können.

**Daten und Methoden**

Der Zeitwohlstand ist im Projekt ReZeitKon ein Konstrukt, das die fünf Dimensionen Lebenstempo, Souveränität, Planbarkeit, Synchronisierung und Freie Zeit einschließt (Jorck 2019). In der 1. Welle der

Repräsentativbefragung wurden 15 Items zur Abdeckung dieser Dimensionen abgefragt und ein Zeitwohlstandsindex zunächst anhand von 14 Items und abschließend anhand von 12 Items gebildet (gleichgewichtet). Auch die Relationen der fünf Dimensionen sind im Projektverlauf so modifiziert worden, dass ‚Lebenstempo', ‚Souveränität', ‚Planbarkeit' und ‚Synchronisierung' als Determinanten für ‚Freie Zeit' aufgefasst wurden (Gerold und Geiger 2020). Die Analyse der Abhängigkeit der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken von freier Zeit, Lebenstempo und Zeitwohlstand ergab jedoch, dass diese mit dem Zeitwohlstand am besten korreliert. Aus diesem Grunde wurde das ursprüngliche Konstrukt des Zeitwohlstands (14 Items gleichgewichtet) für die Modellierung beibehalten.

Für die Umweltmodellierung in ReZeitKon wurden vier kausale Einflussfaktoren auf den Zeitwohlstand identifiziert (vgl. Anhang A 4.10):

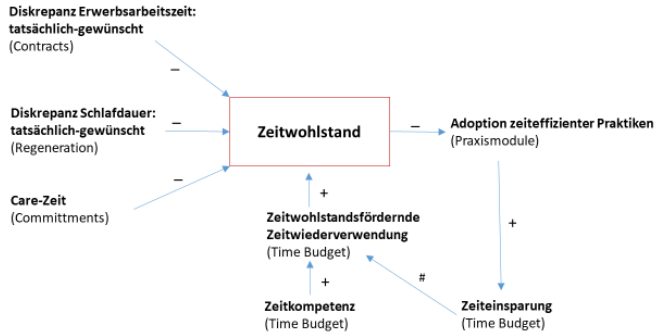


*Abbildung 11: Kausalschleifendiagramm mit „Leserichtung" für den Zeitwohlstand (Quelle: eigene Darstellung). + bedeutet einen gleichläufigen Zusammenhang, - einen gegenläufigen Zusammenhang und # einen nicht dargestellten Zusammenhang, der in gleichlaufendem oder gegenläufigem Zusammenhang münden kann.*

Der Zeitwohlstand wird in Einklang mit den Analysen im Anhang (Verweis) wesentlich durch die Diskrepanz zwischen tatsächlicher und gewünschter Erwerbsarbeitszeit, die Diskrepanz zwischen tatsächlicher und gewünschter Schlafdauer und Care-Zeit geprägt. Der Zeitwohlstand selbst ist ein Prädiktor für die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken, die wiederum die „Zeiteinsparung" bestimmen. Von der Zeitkompetenz hängt es schließlich ab, ob die Zeiteinsparung auch tatsächlich in eine Zeitwohlstandsfördernde Verwendung „eingesparter" Zeit mündet. Nicht dargestellt ist in dieser Abbildung, dass sich die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken auch auf die Diskrepanz zwischen tatsächlicher und gewünschter Erwerbsarbeitszeit, die Diskrepanz zwischen tatsächlicher und gewünschter Schlafdauer und Care-Zeit auswirken kann.

Durch Regressionsanalyse der vier Komponenten Diskrepanz zwischen tatsächlicher und gewünschter Erwerbsarbeitszeit, die Diskrepanz zwischen tatsächlicher und gewünschter Schlafdauer, Care-Zeit und Zeitwohlstandsfördernde Verwendung „eingesparter" Zeit durch Zeitkompetenz lässt sich ein Algorithmus zur Simulation des Verlaufes von Zeitwohlstand formulieren (s. Anhang A 4.10).

Die monetäre Dimension des Wohlstandes wurde vereinfacht abgebildet, indem die variierende Erwerbsarbeitszeit mit dem durchschnittlichen Stundenlohn multipliziert wird.

Sowohl der Zeitwohlstand als auch der monetäre Wohlstand sind Variablen, die initialisiert sind und von anderen Variablen getrieben als Wirkungen bis 2040 simuliert werden (vgl. Anhang A 4.10).

## 3.6 Das Treibhausgasemissionsmodul

Treibhausgasemissionen sind die zentrale Untersuchungsgröße der Umweltmodellierung in ReZeitKon (Erdmann und Pfaff 2021). In erster Näherung wirken die Treibhausgasemissionen nicht auf den Zeitwohlstand zurück, weshalb sie als „reine Wirkung“ im Simulationsmodell eine vollständig getriebene Variable sind.

**Erkenntnisinteresse**

Die Literatur zur Dekarbonisierung von Wirtschaft und Gesellschaft ist nahezu unüberschaubar. Ursprünglich nicht für die prospektive Simulation vorgesehen ist dennoch ein vereinfachtes Treibhausgasemissionsmodell entwickelt worden, weil die Variable Treibhausgasemissionen zum einen eine Schlüsselgröße des öffentlichen Diskurses ist und zum anderen, weil sich vielschichtige Veränderungsprozesse in ihren Auswirkungen – wenn auch nicht auf eine einzige Variable reduzieren – so doch exemplarisch in einer einzelnen Variable bündeln lassen.

**Daten und Methoden**

Grundlage für die Abschätzung der $CO_2$-Emissionen infolge der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken ist ein volkswirtschaftliches Input-Output-Modell, das mit empirischen Ergebnissen der Repräsentativbefragung zu resultierenden $CO_2$-Fußabdrücken von Aktivitäten verschnitten worden ist. Der Quantifizierungsansatz ist ausführlich in einem weiteren Bericht beschreiben (Erdmann und Pfaff 2021).

Ausgangspunkt ist der kumulierte $CO_2$-Fußabdruck für die in der Repräsentativbefragung genannten Aktivitäten mit seinen Komponenten (Tabelle 7). In Summe ergibt sich eine Spanne von ca. 0,4 kg $CO_2$ pro Stunde und Person für Schlafen und Ausruhen bis ca. 4,2 kg $CO_2$ pro Stunde und Person für Unternehmungen und die Inanspruchnahme von Freizeitdienstleistungen.

*Tabelle 7: Kumulierte Emissionskoeffizienten unterschiedlicher Aktivitäten in kg $CO_2$/h/Pers (Quelle: Erdmann und Pfaff 2021).*

| | Spez. CO2-Foot-print | Verkehr | Wohnen | Strom | Nahrung | All-gemein | Summe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Schlafen und Ausruhen** | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,08 | 0,08 | 0,14 | **0,39** |
| **Sport und Bewegung** | 0,09 | 0,27 | 0,09 | 0,08 | 0,44 | 0,14 | **1,12** |
| **Soziale Kontakte** | 0,00 | 0,85 | 0,19 | 0,16 | 0,11 | 0,14 | **1,44** |
| **Mediennutzung – elektronisch** | 0,09 | 0,11 | 0,19 | 0,61 | 0,09 | 0,14 | **1,22** |
| **Mediennutzung – print** | 0,32 | 0,11 | 0,19 | 0,16 | 0,09 | 0,14 | **1,01** |
| **Hobbies** | 0,73 | 0,48 | 0,19 | 0,16 | 0,18 | 0,14 | **1,87** |
| **Unternehmungen & Freizeitdienstleistungen** | 2,14 | 1,65 | 0,09 | 0,08 | 0,13 | 0,14 | **4,23** |
| **Haus und Wohnung** | 1,99 | 0,28 | 0,09 | 0,08 | 0,36 | 0,14 | **2,93** |
| **Hausarbeit** | 0,08 | 0,20 | 0,09 | 0,70 | 0,18 | 0,14 | **1,38** |
| **Gartenarbeit** | 0,17 | 0,28 | 0,09 | 0,08 | 0,27 | 0,14 | **1,03** |

Folgende Randbedingungen sind in der systemdynamischen Modellierung der $CO_2$-Emissionen berücksichtigt und adressiert worden:

- Basisjahr der Environmentally-Extended Input-Output-Analyse (EEIO) ist das Jahr 2013, Basisjahr der prospektiven Modellierung ist das Jahr 2020. Zwischen dem Basisjahr der Bestimmung des $CO_2$-Fußabdrucks 2013 und dem Basisjahr der Simulation 2020 sind die gesamten $CO_2$-Emissionen in Deutschland von 831 auf 544 Millionen Tonnen pro Jahr gesunken (65,46 %).
- Es werden nur die $CO_2$-Emissionen der Alltagsaktivitäten unter operativer Kontrolle von Personen im Privatleben und im öffentlichen Leben quantifiziert. Das Arbeitsleben geht nur über den Berufsverkehr in die Quantifizierung der $CO_2$-Emissionen und über die Einkommenseffekte einer Arbeitszeitveränderung auf den monetären Wohlstand in die Modellierung ein.
- Hinsichtlich des Verkehrs werden die Alltagszwecke Berufsverkehr (einschließlich Bildung), Besorgungen (einschließlich Erledigungen) und Freizeit berücksichtigt. Der Urlaubsverkehr wird nicht berücksichtigt, weil er nicht zum Alltag zählt. Der Geschäftsverkehr steht nicht unter operativer Kontrolle von Personen im Privatleben und im öffentlichen Leben und wird damit ebenfalls nicht berücksichtigt.
- Hinsichtlich der Mediennutzung wird davon ausgegangen, dass der Wohnanteil nur zu 75 % (wg. außer-Haus Mediennutzung) anzusetzen ist.
- Das Embodied Carbon wird für Mahlzeiten, Kleidung, Informations- und Kommunikationstechnik und weitere archetypische Trendprodukte explizit quantifiziert, nicht aber für andere Zwecke wie zum Beispiel Verpackungen. Indirekt wird Embodied Carbon beim aktivitätsspezifischen Anteil der Zeitwiederverwendungszwecke berücksichtigt.
- In die Schätzung des $CO_2$-Fußabdrucks pro Stunde gehen nur die aktivitätsspezifischen Anteile sowie die Komponenten Strom und Wohnen mit ein. Um Doppelzählungen zu vermeiden, werden aus Tabelle 6 die Verkehrsanteile und die Nahrungsbedingten Anteile der Aktivitäten nicht berücksichtigt, da diese unmittelbar durch das Mengengerüst an Personenkilometern (Mobility) und Mahlzeiten (Commitments) quantifiziert werden.[1] Auf die Berücksichtigung der ‚Allgemein'-Komponente in Höhe von 0,14 kg $CO_2$/h wird verzichtet, da sie zur Differenzierung der Einflüsse der Art der Verwendung „eingesparter" Zeitbudgets nichts beiträgt.

Die Initialwerte für den $CO_2$-Fußabdruck von Aktivitäten sind nicht nach Clustern spezifiziert, sondern generisch pro Bezugseinheit (Mahlzeit, Stunde, Stück, etc.) angesetzt worden. Neben der Top-Down Bestimmung von Carbon Footprints in ReZeitKon (Erdmann und Pfaff 2021) sind auch andere Studien zur Abschätzung von Carbon Footprints herangezogen worden (Kleinhückelkotten et al. 2016; Schmidt et al. 2019). Aufbauend auf einer Sichtung von Zukunftsstudien zur Dekarbonisierung ((ITU, GeSI, GSMA and Science Based Targets Initiative 2020; Cameron et al. 2021; Hesse et al. 2016; Martin et al. 2020)) sind für die Aktivitäten Dekarbonisierungsraten geschätzt worden (vgl. Anhang A 4.11).

[1] Dabei gehen bei der Nahrung die kausalen Bezüge wie der aktivitätsspezifische Bedarf an Nahrungsenergie (kCal) verloren (wie auch in anderen Studien separat berechnet: (Schumacher et al. 2019)), während durch die Berücksichtigung des Aktivitäts- und Mobilitätsanteils bei der Zeitwiederverwendung eine aktivitätsspezifische Mobilitätskausalität erhalten bleibt.

# 4. Zukunftsszenarien

Die Zukunftsszenarien haben in der prospektiven Modellierung den Zweck, die Sinnhaftigkeit und Plausibilität der Simulationen unter den Bedingungen verschiedener Zeitverhältnisse einschätzen zu können. Die Zukunftsszenarien sollen plausibel und konsistent mögliche alternative Entwicklungen in die Zukunft antizipieren. Die Szenarien haben in der Umweltmodellierung einen funktionalen Zweck. Als qualitative Storylines sollen sie die Quantifizierung von zukünftigen Parameterwerten unterstützen und damit auch unterstützen, die Reichweite der Modellierung auszuloten.

Zunächst gilt es, qualitative Szenarien zu entwickeln und dann in einem weiteren Schritt Schlüsselvariablen unter den verschiedenen Szenario-Bedingungen zu schätzen. Damit wird dann die Grundlage für die Abschätzung der $CO_2$-Emissionen und der $CO_2$-Wirkungen der Verwendung „eingesparter" Zeitbudgets gelegt. Qualitative Szenarien werden entwickelt, um übergreifenden möglichen Entwicklungen auch qualitativer Natur Rechnung zu tragen (Abbildung 2) und sie werden durch Schätzung von unterschiedlichen Szenario-abhängigen Werten für externe und interne Variablen quantitativ an das Modell gekoppelt (Anhang A 4.).

## 4.1 Die Szenario-Entwicklung

Die Szenarien sind schrittweise erstellt worden und eng mit der integrierten Validierung verknüpft (vgl. Anhang A 3.):

Schritt 1: Szenario-Scoping

- Ausgangslage: Februar 2020 vor dem Lockdown
- Geographischer Bezugsrahmen: Deutschland in der Welt
- Thematischer Bezugsrahmen: zeiteffiziente Praktiken, Zeitwohlstand und nachhaltiger Konsum
- Zeithorizont: 2040

Schritt 2: Identifikation, Auswahl und Projektion von Schlüsselfaktoren

- Interviews zu Treibern (relevant und nur eine zukünftige Ausprägung plausibel) und Schlüsselfaktoren (relevant, aber zukünftige Ausprägung unsicher) [vgl. AP 3.1 Modellrahmen (Erdmann und Cuhls 2019)]
- Schlüsselfaktoren: Indikatoren identifiziert und alternative Entwicklungen der Indikatoren halbquantitativ und qualitativ begründet [5. Projektintegrationsworkshop]
- Überarbeitung (diskursiv, im Wechselspiel mit dem Modell)

Schritt 3: Erstellung von Rohszenarien

- Konsistenzanalyse der Schlüsselfaktorprojektionen
- Überarbeitung (diskursiv, im Wechselspiel mit dem Modell)

Als allgemeine Treiber für die Szenarien wurden die demographische Entwicklung, der voranschreitende Klimawandel und die Digitalisierung identifiziert. Die Politik ist integraler Bestandteil der Schlüsselfaktoren und damit der Szenario-Storylines. Folgende Tabelle zeigt die Ausprägung der Schlüsselfaktoren, die die Unterschiede zwischen den Szenarien bedingen:

*Tabelle 8: Ausprägungen der Schlüsselfaktoren in den Rohszenarien (Quelle: eigene Analyse).*

| Schlüsselfaktor | Szenario A | Szenario B | Szenario C |
|---|---|---|---|
| **Dominierender Wert** | Materieller Wohlstand | Zeitwohlstand | Krisenbewusstsein |
| **Haltung gegenüber Technik** | Ermöglichende Technik | Instrumentelle Technik | Technik als Schicksal |
| **Zeitlich-räumliche Organisation des Alltags** | Flexibilisierung und Entgrenzung des Alltags | Plastizität des Alltags | Wechselnde Einschränkungen und Lockerungen im Alltag |
| **Produktions- und Konsummuster** | Hohe Konsumintensität mit globalen Lieferketten | Ambivalenter Konsum mit Eigenarbeit | Zurückhaltender Konsum mit nationaler Versorgungssouveränität |

Schritt 4: Storylines

- Identifizierung möglicher Ereignisse und Veränderungen
- logische Sequenzierung auf Timelines
- Formulierung von Texten

Schritt 5: Validierung

- Validierung der Storylines (Validierungsworkshop)
- Parameter-Schätzungen (Validierungsworkshop und Projektteam)

Im Ergebnis liegen die im nächsten Abschnitt folgenden Zukunftsszenarien vor.

## 4.2 Die drei Zukunftsszenarien

Im Folgenden werden die drei Storylines für die drei Szenarien nacheinander vorgestellt. Dem Szenario A „Zeit ist Geld“ liegt vorwiegend die Rationalität des entwickelten Simulationsmodells zugrunde, das Zeit als ökonomische Größe auffasst. Der dem Szenario B „Zeit ist Eigenzeit“ zugrundeliegende Begriff Eigenzeit bringt zum Ausdruck, dass Prozesse in der Natur und damit auch beim Menschen innerhalb bestimmter Zeiträume erfolgen und eine bestimmte Dauer brauchen (Herrmann 2009). Dagegen versteht der Begriff der Fremdzeit in Szenario C „Zeit ist Fremdzeit“ soziale Institutionen als zeitliche Taktgeber (Herrmann 2009).

Jedem Szenario-Text ist eine orientierende Zeitleiste vorangestellt.

### 4.2.1 Szenario A „Zeit ist Geld“

| 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 |
|---|---|---|---|---|
| Digitalisierungsschub | Entstrukturierung und Entrhythmisierung des Alltags | Neue „lange Welle“ | Materieller Wohlstand, aber ungleich verteilt | Meine Freiheit, mein Lebensstil |

Trotz gelegentlicher neuer COVID-19 Wellen löst der Wiederaufbau der Wirtschaft die Pandemie als öffentliches Hauptthema ab. Den Forderungen nach einer Bremsung der Erwerbsarbeit und nach mehr Zeit für soziales Leben und Gemeinwohl wird entgegnet: „Der Zeitwohlstand von heute wird zur

Zeitnot von morgen.“ Viel Erwerbsarbeit, ein hohes Einkommen und materieller Wohlstand gewinnen wieder die Oberhand als zentrale Bestandteile des Lebens.

Der Digitalisierungsschub im Zuge des Wiederaufbaus hat zu einem Wandel der Arbeitswelt und zu neuen Erwerbsformen im Cyberspace geführt, insbesondere Entrepreneurship aber auch ein großes digitales Prekariat ist entstanden. Zeit ist Geld – für die Einen viel und für die Anderen wenig. Die Menschen haben umfassende digitale Kompetenzen erworben und setzen diese auch zur Bewältigung ihres Alltags ein (Automatisierung im Haushalt, Konsum 4.0, Organisation der Mobilität, etc.), der zunehmend durch Entstrukturierung und Entrhythmisierung gekennzeichnet ist. „Zeitgewinne“ durch Technik werden in die Ausweitung von Aktivitäten, einschließlich kurze aber intensive Freizeiterlebnisse, gesteckt. Temporärer Schlafmangel mindert die kognitiven Fähigkeiten und wird unregelmäßig wieder kompensiert. Die Normen der Arbeit greifen auch auf die Freizeit über: das Motto einer Lifestyle-Zeitschrift aus den 2010er Jahren „Work Hard, Play Hard“ ist zur breitenwirksamen Realität geworden.

Im Jahr 2040 wird über die Plattformökonomie ein Großteil der ökonomischen Aktivitäten abgewickelt. Die Erschließung der digitalen Möglichkeiten hat eine neue „lange Welle“ der Innovationen bewirkt, die ungleich verteilten materiellen Wohlstand hervorbringt. Die globale Expansion der materiellen Bedürfnisbefriedigung ist ein wesentlicher Treiber für die immer wieder aufkommenden Umweltprobleme und -katastrophen, woran sich die Menschen weitgehend gewöhnt haben. Die aus umfangreicher Erwerbsarbeit hervorgegangenen hohen Einkommen für den Konsum werden verteidigt: „Das sind meine Werte, es ist meine Freiheit und mein Lebensstil“.

### 4.2.2 Szenario B „Zeit ist Eigenzeit“

| 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 |
|---|---|---|---|---|
| Nachholendes Leben | Atmender Alltag | Zeitpolitik und Zeitgesetzbuch | Zeitwohlstand mit Prosuming | Meine Rhythmen, die Rhythmen der Welt |

Nach dem Abflauen der Einschränkungen in der COVID-19 Pandemie und dem damit einhergehenden „Funktionieren müssen“ haben die Menschen einen großen nachholenden Bedarf nach sozialem Leben, selbstbestimmten Tätigkeiten und Sinn. Für die Breite der mit geringen materiellen Einbußen davongekommenen Bevölkerung hat zusätzliches Einkommen einen immer geringeren Zusatznutzen, weshalb postmaterielle Werte an Bedeutung gewinnen. Der kurzfristig verdrängte Klimawandel löst die Pandemie als öffentliches Hauptthema wieder ab.

Vor diesem Hintergrund entwickeln die Menschen zunehmend ein Bewusstsein für die Rhythmen des Planeten und des Lebens. Die Eigenzeit wird immer wichtiger: Stück für Stück werden Puffer in das Leben eingebaut; die im Zuge der Digitalisierung flexibilisierten Bildung-, Arbeits-, Einkaufs- und Servicezeiten lassen immer mehr Raum für selbstbestimmte Regenerationszeiten und eigens initiierte und verantwortete Tätigkeiten. Zeitwohlstand avanciert zum Statussymbol in einer weniger von materiellen Werten geprägten Welt Die Erwerbsarbeit hat ihren festen Platz: sie ist wichtig für ein Auskommen und die Erfahrung von Selbstwirksamkeit. Die Plastizität von Zeitnetzen, Zeitnormen und

Organisationen avanciert zu einem weit geteilten Wert. Digitale Plattformen zur Koordination von Aktivitäten werden kompetent und zielorientiert eingesetzt. „Zeitgewinne" durch Technik werden in Aktivitäten investiert, die einem bewusst etwas wert sind. Planungskonzepte wie die Stadt der kurzen Wege tragen erste Früchte, Zeitbüros unterstützten die Zeitplanung in Kommunen und im Verkehr und das Motto „Reclaim your time" markieren eine Übergangsperiode, in der die Weichen für eine koordinierte Zeitpolitik gestellt werden. In einem neu geschaffenen Zeitgesetzbuch sind die zahllosen verstreuten Regulierungen zur Zeitpolitik vereint.

In dieser Periode wurden reflexive Multi-Stakeholder-Innovationen eingeübt, die nun im Jahr 2040 auch die Adressierung der großen sozial-ökologischen Herausforderungen prägen. Die globale Expansion der materiellen Bedürfnisbefriedigung wird kritisch hinterfragt und die eigene materielle Bedürfnisbefriedigung wird angesichts der immer wieder aufkommenden Umweltprobleme und -katastrophen kritisch reflektiert. Die zeitintensive umweltgerechte Deckung der eigenen Bedürfnisse wird wie folgt begründet: „Das sind meine Rhythmen, die mit den Rhythmen der Welt im Einklang stehen müssen".

### 4.2.3 Szenario C: „Zeit ist Fremdzeit"

| 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 |
|---|---|---|---|---|
| Fortgesetzte Krisen | Wechselnde starre Rahmenbedingungen für den Alltag | Paternalistischer Staat als Taktgeber | Durchkommen mit moderatem Konsum | Ich richte mich in der Welt ein |

Eine COVID-19 Welle nach der anderen, Finanzkrisen und extreme Wetterereignisse treten periodisch mit großer Wucht auf und konterkarieren immer wieder die immensen Wiederaufbauprogramme. Das fortgesetzte Ausrufen von Krisen verunsichert die Menschen dahingehend, dass der Glaube an die Gestaltbarkeit der Welt langsam schwindet. Dabei steigt das öffentliche Interesse für extreme Ereignisse jeglicher Art, was so etwas wie eine massenhafte Lust am Staunen und Schaudern auslöst.

Staatliche Akteure setzen je nach Krisenstand wechselnde Rahmenbedingungen für den Alltag mit starren Vorgaben zu Arbeit und Konsum, worum die Menschen ihren Alltag organisieren und Freizeit und Privates darin einfügen. Durch die immer wieder aufflackernden Krisen entsteht ein gesellschaftlicher Mehrbedarf nach Arbeit zur Bewältigung der Krisenfolgen, der verbreitet durch informelle Arbeit und ehrenamtliches Engagement gedeckt wird. Die Fremdbestimmung des Alltags führt dazu, dass Menschen entgegen ihrer Eigenzeit nicht ihr volles Leistungspotenzial abrufen können. Das Krisenmanagement setzt zunehmend auf digitale Techniken und auch der Alltag der Menschen wird stark von digitalen Techniken geprägt. Telepräsenz, E-Commerce und digital verbrachte Freizeit lassen Ortsbewusstsein und -bindungen der Menschen schwinden. Gleichzeitig gelingt es den digitalen Systemen, die Aufmerksamkeit der Menschen zu gewinnen, so dass sich diese immer ausgedehnter in digitalen Welten treiben lassen. „Zeitgewinne" durch Technik versickern in digitalen „Zeitfressern". Die Alltagszeit wird insgesamt gleichzeitig als fremdbestimmt und als „rasender Stillstand" (Virilio und Wilczek 1990) empfunden – auch wenn es Inseln der intensiven Produktivität gibt.

In Deutschland und Europa wurde bei der Versorgung der Volkswirtschaft auf Souveränität gesetzt, wodurch zwar vorübergehend ein Innovationsschub ausgelöst wurde, der aber im Jahr 2040 angesichts der Erosion des Fortschrittsgefühls in der Bevölkerung und des vorübergehenden Charakters der zu Beginn geschaffenen Innovationsinseln langfristig einer Innovationslähmung gewichen ist. Wie das gesamte Weltgeschehen empfinden die Menschen in Deutschland auch die Technik als Schicksal und konsumieren nur moderat. Andere Staaten und globale Unternehmen haben weiter auf die globale Expansion der materiellen Bedürfnisbefriedigung gesetzt, wodurch die immer wieder aufkommenden Umweltprobleme und -katastrophen als fremdverschuldet wahrgenommen werden. Die Zurückhaltung begründen die Menschen wie folgt: „Die Welt ist wie sie ist, ich muss darin meinen Platz finden“.

***

Die Parameterwerte als Ausgangspunkte für die Quantifizierung der Zukunftsszenarien sind in Anhang A 4. dargestellt.

# 5. Simulationen

Das vorrangige Erkenntnisinteresse der prospektiven Modellierung ist die Quantifizierung der $CO_2$-Emissionen infolge der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken. Der Ausgleich von Zeitdifferenzen mit den daran gekoppelten Rückwirkungen ist dann der Mechanismus, der unerwartete Effekte auf die $CO_2$-Emissionen bewirken kann. In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Simulationen vorgestellt. Die in Abschnitt 4 dargestellten Szenarien sind mit Hilfe des in Abschnitt 3 beschriebenen Modells quantifiziert, das heißt die Parameterwerte in Zeitraum von 2020 bis 2040 in Wochenschritten simuliert, worden. Zunächst erfolgt eine Übersicht über die Darstellung der Simulationsergebnisse.

## 5.1 Übersicht über die Darstellung der Simulationsergebnisse

Zunächst werden zentrale Maßnahmen zur Qualitätssicherung der quantitativen Simulationen dargestellt. Darauf wird begründet, welche Maße für die Beschreibung von relativen Veränderungen ausgewählt wurden. Dieses Teilkapitel schließt mit einer Vorstellung des folgenden Auswertungsumfangs.

### 5.1.1 Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Zentraler Baustein der Validierung ist der Validierungsworkshop. In Anhang A 3. ist dargelegt, wie mit verschiedenen konzeptionellen Anregungen umgegangen wurde. In diesem Abschnitt geht es schwerpunktmäßig um den Umgang mit Parameterunsicherheiten, damit die Aussagekraft der Simulationen beurteilt werden kann.

In einer systemdynamischen Modellierung wie dieser müssen zahlreiche Annahmen über Parameterwerte und ihre Beziehungen getroffen werden. Über die Auswertung der ReZeitKon-Befragung konnten zahlreiche Parameterwerte für 2020 mit Hilfe einer soliden empirischen Grundlage für die thematische Breite des Modells und eine konsistente Stichprobe initialisiert werden. Dennoch bleiben zahlreiche Unsicherheiten für die Parameterwerte.

Im Validierungsworkshop wurde die Verteilung von Personen auf Zeitwohlstandsklassen geschätzt. Auch wurden zwei Hauptfaktoren für den Zeitwohlstand geschätzt, nämlich die tatsächliche wöchentliche Arbeitszeit und die tatsächliche Schlafdauer an Wochentagen. Für weitere wichtige Parameterwerte (Verbreitung zeiteffizienter Praktiken, Verwendung „eingesparter“ Zeitbudgets) sowie den Zeitwohlstand insgesamt und das wöchentliche Einkommen mussten andere Wege der Berücksichtigung von Unsicherheiten gefunden werden.

Folgende Tabelle zeigt ausgewählte Maßnahmen zur Qualitätssicherung im Überblick:

*Tabelle 9: Maßnahmen zur Qualitätssicherung.*

| | **Operationalisierung von Unsicherheit** | **Qualitätssicherung** | **Verweis** |
|---|---|---|---|
| **Verteilung auf Zeitwohlstandsklassen in den Alterskohorten** | Schätzung der Anteile für die Szenarien A, B und C als Modelinput | Vergleich der Simulationen mit variablen (2040 ǂ 2020) und konstanten Anteilen (2040 = 2020) | Abschnitt 5.3 |
| **Schlafdauer wochentags** | Schätzung für die Szenarien A, B und C | Vergleich der simulierten Werte mit den Schätzwerten | Goal-seeking behaviour (siehe unten) zzgl. Zeit-Rebound-Effekt |
| **Erwerbsarbeitszeit wöchentlich** | Schätzung für die Szenarien A, B und C | Vergleich der simulierten Werte mit den Schätzwerten | Goal-seeking behaviour (siehe unten) zzgl. Zeit-Rebound-Effekt |
| **Verbreitung zeiteffizienter Praktiken** | Konservative Schätzung für die Szenarien A, B und C zuzüglich dynamischerer Schätzung für Szenario A (A2) | Vergleich der Simulationen: mit konservativer Schätzung vs. mit dynamischerer Schätzung (Sensitivitätsanalyse) | Siehe unten und Abschnitt 5.3 |
| **Verwendung „eingesparter" Zeitbudgets** | Differenzierte Schätzung für die Szenarien A, B und C | Sensitivitätsanalysen gegenüber einer vollständigen Umwidmung „eingesparter" Zeit für zusätzliche Aktivitäten | Abschnitt 5.4 |
| **Zeitwohlstand** | Überprüfung der Konsistenz mit den Szenario-Texten und relativer Aussagesicherheit | Diskussion der relativen Veränderungen der Szenarien in Bezug auf den Mittelwert | Siehe unten |
| **Wöchentliches Einkommen** | Überprüfung der Konsistenz mit den Szenario-Texten und relativer Aussagesicherheit | Diskussion der relativen Veränderungen der Szenarien in Bezug auf den Mittelwert | Siehe unten |

Folgende Tabelle zeigt die durchschnittliche Schlafdauer wochentags und die durchschnittliche Erwerbsarbeitszeit wöchentlich (von Personen, die arbeiten) im Basisjahr 2020 und die auf dem Validierungsworkshop geschätzten Werte für die Szenarien A, B und C im Jahr 2040 sowie die entsprechenden simulierten Werte.

*Tabelle 10: Vergleich der Schätz- und Simulationswerte für die Schlafdauer wochentags und für die wöchentliche Erwerbsarbeitszeit.*

| Variable | Vergleich | Einheit | Basis 2020 | Szenario A 2040 | Szenario B 2040 | Szenario C 2040 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Schlafdauer wochentags** | Schätzung | h/d | 7,8 | 7,4 | 8,2 | 8,6 |
| | Simulation | h/d | - | 7,6 | 8,0 | 8,3 |
| **Erwerbsarbeitszeit wöchentlich** | Schätzung | h/w | 37 | 33 * | 30 ** | 34 *** |
| | Simulation | h/w | - | 36 | 29 | 34 |

Anmerkungen: Die Ausgangswerte für 2020 beruhen auf Auswertungen der repräsentativen Befragung (ReZeitKon 2020, 1st wave) und wurden für den Workshop gerundet (in Klammern); die Schätzwerte für 2040 stammen aus dem Validierungsworkshop vom 12. August 2021); *dieser Schätzwert mag überraschen, ist nach Angabe der Teilnehmenden am Validierungsworkshop eine Implikation der Intensivierung von Arbeit und der damit ermöglichten Reduzierung der Arbeitsdauer („work hard, play hard"). In der Simulation wurde schließlich noch berücksichtigt, dass die Kohorten 18-29 und 30-49 Jahre so viel arbeiten, dass sie im Alter von 50-67 Jahren kürzertreten können; **dieser Schätzwert wurde mit einer Substitution von Erwerbsarbeit durch Eigenarbeit und informelle Arbeit begründet; ***dieser Schätzwert beruht darauf, dass die Entgrenzung von Arbeit immer wieder Arbeit induziert und auch viel Erwerbsarbeit nötig ist, um z. B. die Folgen der unsicheren Rahmenbedingungen des Lebens zu beheben (die Teilnehmenden waren offensichtlich von der Flutkatastrophe im Ahrtal im Juli 2021 beeinflusst); die abgebildeten Simulationswerte beziehen sich auf die Parameterbedingungen konservative Schätzung der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken, differenzierte Schätzung der Verwendung „eingesparter" Zeitbudgets und konstante Anteile der Verteilung auf Zeitwohlstandsklassen in den Alterskohorten.

Die simulierte Veränderung der Schlafdauer wochentags stimmt in Bezug auf die Basis 2020 und zwischen den Szenarien gut mit den Schätzwerten überein. Die Abnahme bei Szenario A ist etwas zu niedrig, die Zunahmen bei Szenario B und C etwas zu hoch. Diese Abweichung scheint angesichts der Schätzunsicherheiten und der richtungssicheren Entwicklungen der Szenarien vertretbar zu sein.

Die simulierte Veränderung der wöchentlichen Erwerbsarbeitszeit der Beschäftigten stimmt für die Szenarien B und C nahezu exakt mit den Schätzwerten überein, wohingegen die Reduzierung der Erwerbsarbeitszeit in Szenario A deutlich geringer ausfällt, als auf dem Validierungsworkshop geschätzt. Vor dem Hintergrund der weitreichenden Argumentation für den Schätzwert für Szenario A (vgl. Anhang A 3.) belassen wir unseren Simulationswert.

Die abhängigen Variablen wöchentliches Einkommen und Zeitwohlstand sind im Hinblick auf die Konsistenz der Szenarien mit den Storylines beurteilt worden, indem die relativen Veränderungen der Szenarien in Bezug auf den Mittelwert betrachtet wurden:

*Tabelle 11: Abweichung der Szenarien vom Mittelwert für den Zeitwohlstand und das wöchentliche Einkommen..*

| | Szenario A | Szenario B | Szenario C |
|---|---|---|---|
| **Zeitwohlstand** | - 3 % | + 3 % | +/- 0 % |
| **Einkommen wöchentlich** | + 8 % | - 11 % | + 3 % |

Im Ergebnis der relativen Abweichungen der Szenarien vom Mittelwert kann festgehalten werden, dass die Simulation der Szenarien die innere Logik der Storylines hinreichend genau wiedergibt. Dem überdurchschnittlichen Einkommen in Szenario A („work hard") steht ein unterdurchschnittlicher Zeitwohlstand gegenüber. In Szenario B sind die Verhältnisse gerade umgekehrt: überdurchschnittlicher Zeitwohlstand geht mit unterdurchschnittlichem Einkommen einher; dessen potenzielle Funktionalitäten durch unbezahlte Arbeit („reclaim your time") kompensiert werden. In

Szenario C steigt zwar das Einkommen leicht, der Zeitwohlstand bleibt insgesamt unverändert wobei sich fördernde Effekte (u.a. virtuelle Mobilität) und hemmende Effekte (u.a. mehr unbezahlte Arbeit, Zeitfresser digitale Medien) in etwa kompensieren und auch in dieser Hinsicht einen „rasenden Stillstand“ fördern.

### 5.1.2 Darstellungsweise von relativen Veränderungen

Grundsätzlich stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung die Änderung von $CO_2$-Emissionen darzustellen (Pamlin 2010). Beispielsweise kann eine Baseline-Projektion mit steigenden $CO_2$-Emissionen als Referenz gewählt werden, wobei dann schwächer steigende $CO_2$-Emissionen als $CO_2$-Reduzierung erscheinen. Auch können die historischen Emissionen als Baseline-Projektion verwendet werden, wobei eine schwächere Reduktion der $CO_2$-Emissionen als in einer sinkenden $CO_2$-Projektion gegenüber der Baseline ebenfalls als $CO_2$-Reduzierung erscheinen würde.

Um den Einfluss unabhängiger Parameter auf das Simulationsergebnis für abhängige Parameter (insbesondere $CO_2$) zu simulieren, führen wir eine sogenannte „Einfrierung“ ein. Diese besagt, dass eine bestimmte Entwicklung nicht wie in den Szenarien projiziert bis 2040 stattfindet, sondern dass der dazugehörige Parameterwert auf seinem Niveau von 2020 verharrt (z. B. Wachstumsrate der Anzahl gelieferter Mahlzeiten pro Jahr = 0). Die Ergebnisse dieser „Einfrierung“-Simulationen können mit den Werten der Simulationen ohne diese „Einfrierung“ verglichen werden (vgl. Hilty et al. 2004).

Folgende Abbildung zeigt die Bildung des Impact Index schematisch:

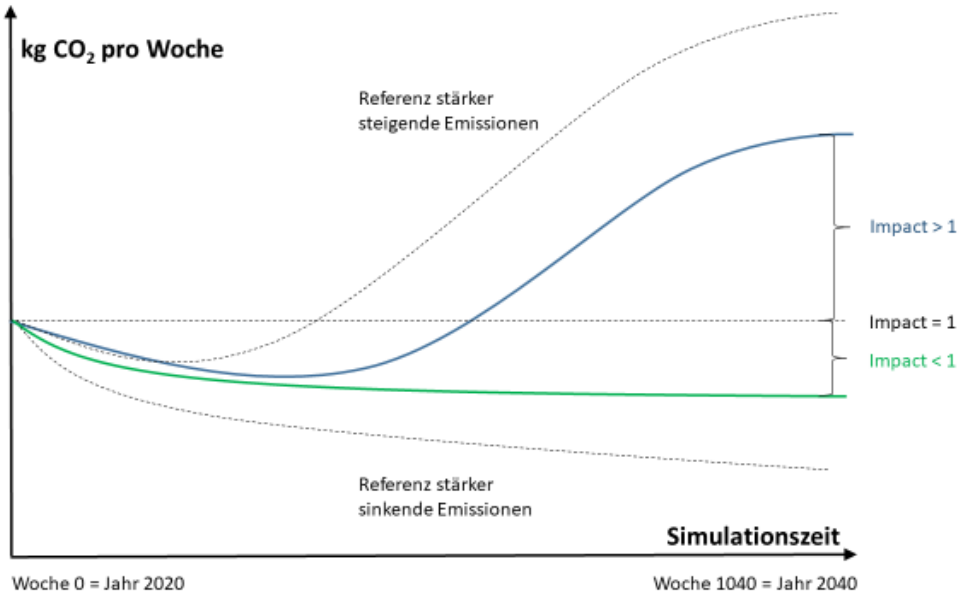


*Abbildung 12: Schematische Darstellung der $CO_2$-Emissionen und des Einflusses unabhängiger Parameter in Abhängigkeit von unterschiedlichen Referenzentwicklungen (Quelle: eigene Darstellung beruhend auf (Pamlin 2010)).*

Diese Darstellungsweise mit Bezug auf das Jahr 2020 ist zwar auf den ersten Blick etwas kompliziert; sie hat jedoch den Vorteil, dass verschiedene Zukunftszustände miteinander verglichen werden, so dass ein Greenwashing erschwert wird: Wird beispielsweise die Volkswirtschaft dekarbonisiert, so kann eine Maßnahme wie z. B. „schneller fahren“ so aussehen, als würde sie die $CO_2$-Emissionen senken; durch den Vergleich der beiden Impact Scores für die Simulationen mit und ohne Einfrieren

der Maßnahme „schneller fahren“ wird jedoch nicht nur ersichtlich, ob eine Emissionsreduktion eintritt, sondern auch, ob sie nicht ohne diese Maßnahme noch ausgeprägter wäre (vgl. (Pamlin 2010)).

### 5.1.3 Die Auswertungssystematik

Als Zielgröße der Modellierung (abhängige Variable) steht die $CO_2$-Emission auf Bevölkerungsebene im Vordergrund. Darüber hinaus wird die Konsistenz der Simulation der Szenarien mit den Storylines anhand der Zielgrößen der Modellierung wöchentliches Einkommen und Zeitwohlstand beurteilt; diese beiden abhängigen Variablen werden in der Ergebnisdarstellung jedoch nur am Rande behandelt.

- In Abschnitt 5.2 werden die Simulationsverläufe für die Parameter $CO_2$-Emssionen auf Clusterebene, für den durchschnittlichen Zeitwohlstand und für das durchschnittliche wöchentliche Einkommen dargestellt und beschrieben (Verlaufsanalysen).
- In Abschnitt 5.3 werden die Simulationsverläufe unter den Bedingungen der „Einfrierung“ bestimmter Parameter dargestellt und mit den Referenzprojektionen ohne „Einfrierung“ verglichen (Einflussanalysen).
- In Abschnitt 5.4 werden Sensitivitätsanalysen für die Verbreitungsgeschwindigkeit zeiteffizienter Praktiken und die vollständige Umwidmung „eingesparter“ Zeit vorgenommen.
- In Abschnitt 5.5 werden Detailanalysen für den Einfluss der „Einfrierung“ einzelner zeiteffizienter Praktiken und für die „Einfrierung“ einzelner Zeit-Rebound-Effektarten vorgenommen

Hinweise zur Interpretation der Abbildungen:

- Auf Bevölkerungsebene heißt in diesem Kapitel auf Ebene der Personencluster im erwerbsfähigen Alter und dient der Abgrenzung von der Pro-Kopf-Ebene.
- 1.040 Wochen entsprechen dem Zeitraum von 2020 bis 2040.
- Bei der Interpretation der Simulationsergebnisse gilt es zu beachten, dass kontinuierliche Veränderungen dargestellt sind, d. h. die Verläufe sind als gleitende Wochen- bzw. Jahresmittel zu lesen.

Es besteht kein Anspruch darauf, dass die absoluten Werte der Simulationen die Wirklichkeit abbilden, aber relative Aussagen verschiedener Simulationsläufe sehen wir als richtungssicher in der Größenordnung an (d. h. z. B. „vernachlässigbarer Unterschied“, „niedriger einstelliger Prozentbereich“). Im Ergebnis werden die Einflüsse im Jahr 2040 über alle Szenarien und die Datenunsicherheiten hinweg als Bandbreiten in Bezug auf das Referenzjahr dargestellt.

## 5.2 Verlaufsanalysen

Am Anfang der Auswertung steht ein Vergleich der Endwerte der $CO_2$-Emissionen auf Clusterebene für die drei Szenarien im Jahr 2040, bevor der Verlauf dieser $CO_2$-Emissionen von 2020 bis 2040 dargestellt und interpretiert wird. Anschließend werden die Verläufe für den durchschnittlichen Zeitwohlstand und das durchschnittliche wöchentliche Einkommen behandelt.

Folgende Abbildung zeigt die Menge der $CO_2$-Emissionen auf Bevölkerungsebene für die drei Szenarien 2040 und für das Basisjahr 2020:

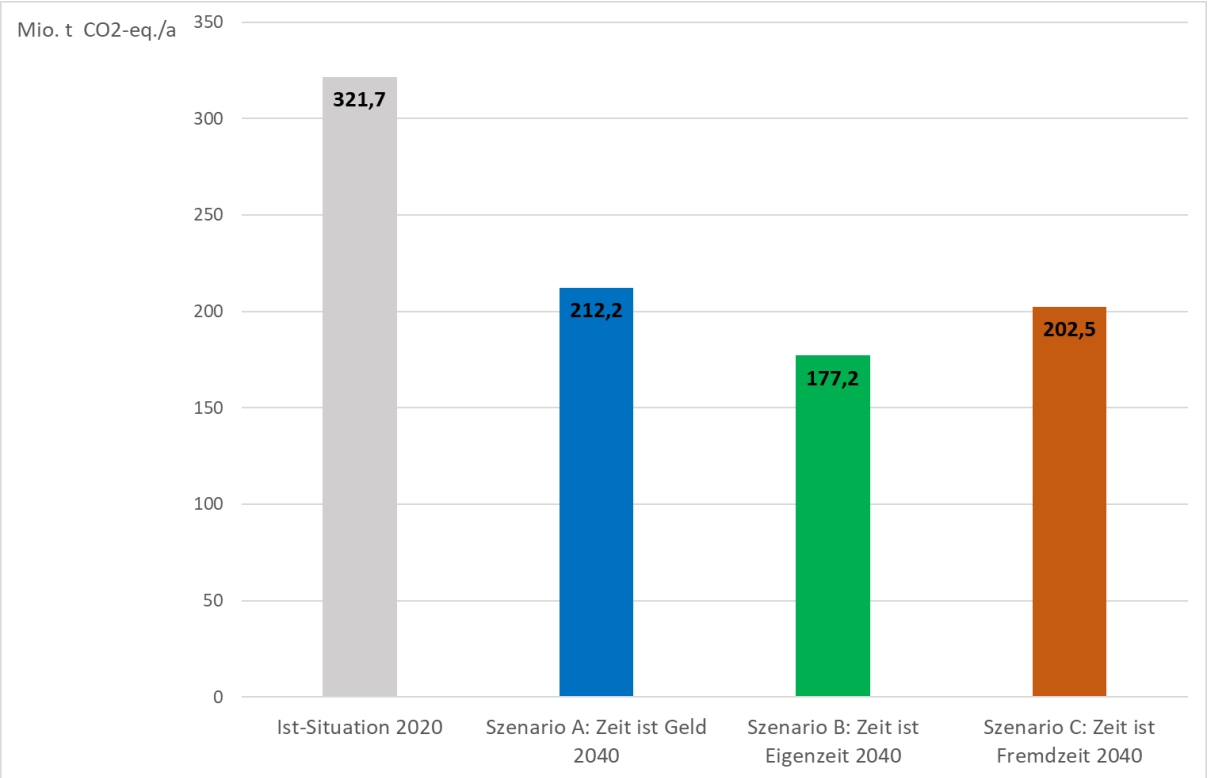


*Abbildung 13: $CO_2$-Emissionen auf Bevölkerungsebene in drei Szenarien für 2040 und im Jahr 2020 [Mio. t $CO_2$-eq./a].*

In allen drei Szenarien erfolgt bis 2040 eine deutliche Reduktion der $CO_2$-Emissionen auf Bevölkerungsebene im Vergleich zu 2020. Das Ausmaß der Reduktion ist am stärksten in Szenario B mit - 45 %, in Szenario C beträgt es - 37 % und in Szenario A ist es am geringsten mit - 34 %. Zwischen den Szenarien gibt es einen $CO_2$-Reduzierungsunterschied von 11 %. Die Unterschiede zwischen den Simulationsergebnissen für die $CO_2$-Emissionen auf Bevölkerungsebene zwischen den Szenarien sind also relevant, aber nicht alleine auf die verschiedenen Zeitverständnisse in den Szenarien zurückzuführen. Die jeweiligen Zeitverständnisse „Zeit ist Geld“ (Szenario A), „Zeit ist Eigenzeit“ (Szenario B) und „Zeit ist Fremdzeit“ (Szenario C) begründen die unterschiedlichen Alltags- und Konsumlogik in den Szenarien, aber nicht als alleinige Faktoren.

Die **Entwicklung der $CO_2$-Emissionen** verläuft in den einzelnen Bevölkerungsgruppen in den Szenarien uneinheitlich. Als Bevölkerungsgruppen werden die neun in Kapitel 3.2 definierten Cluster verstanden. Das Gesamtniveau der $CO_2$-Emissionen ergibt sich aus der Addition der $CO_2$-Emissionen aller neun Cluster (Abbildung 14). Das Niveau der $CO_2$-Emissionen in den Clustern spiegelt zum einen die Bevölkerungsstärke der Kohorte und zum anderen die Verteilung des Zeitwohlstands wider.

Zunächst fällt ins Auge, dass für nahezu alle Cluster die Simulationen der $CO_2$-Emissionen monoton fallende Tendenz aufweisen. Dies weist auf Szenario- und clusterunabhängige Triebkräfte hin. Dennoch schneiden sich die Verlaufslinien einiger Cluster im Simulationszeitraum. In den Szenarien ergeben sich vereinzelt Unterschiede hinsichtlich der Entwicklungen einzelner Cluster:

- In Szenario A „Zeit ist Geld“ liegen die $CO_2$-Emissionen der beiden Cluster 4 und 7 mit geringem Zeitwohlstand am Ende der Simulation am höchsten, wobei sie im Simulationszeitraum die Cluster 5 und 8 mit mittlerem Zeitwohlstand übertreffen. Die Cluster mit hohem Zeitwohlstand haben auch die geringsten $CO_2$-Emissionen, nämlich Cluster 3, 6 und 9; Cluster 1 hat schließlich die geringsten $CO_2$-Emissionen, weil die Dekarbonisierung durch Entschleunigung erst nach dem harten Arbeitsleben – dann aber sehr ausgeprägt – im höheren Alter eintritt.
- In Szenario B „Zeit ist Eigenzeit“ verursachen durchgehend die Cluster 5 und 8 mit mittlerem Zeitwohlstand die höchsten $CO_2$-Emissionen. Diese Personen – häufig in der Rushhour des Lebens – haben mit ihren Care-Aufgaben und ihrer Berufstätigkeit im Vergleich zu den anderen Clustern strukturelle Hemmnisse, die Dekarbonisierung durch Entschleunigung trotz eines relativ günstigen Umfelds in größerem Umfang zu realisieren. Cluster 1, überwiegend kürzertretende Berufstätige mit meist extensiver Freizeitnutzung, hat mit Abstand die geringsten $CO_2$-Gesamtemissionen aller Cluster.
- In Szenario C „Zeit ist Fremdzeit“ sehen wir eine Konvergenz der Cluster hin zu einem Pol mit hohen und einem Pol mit niedrigen $CO_2$-Emissionen. Die Cluster 4 und 7 sowie 5 und 8, die die $CO_2$-Emissionen jeweils in den Szenarien A und B dominieren, liegen in Szenario C nahezu gleichauf und bilden den oberen Pol. Cluster 6 mit hohem Zeitwohlstand hat in diesem Szenario die geringsten $CO_2$-Emissionen des unteren Pols, denn die Zeitnutzung fließt in großen Teilen in die vergleichsweise $CO_2$-arme Nutzung digitaler Medien.

Die deutlichen Unterschiede zwischen den $CO_2$-Emissionen der Cluster in den Szenarien legen eine cluster-spezifische Adressierung der Lebensumstände nahe. Hinsichtlich der Reduzierung von $CO_2$-Emissionen spricht Szenario-übergreifend einiges dafür, die Cluster 4, 5, 7 und 8 vorrangig zu adressieren.

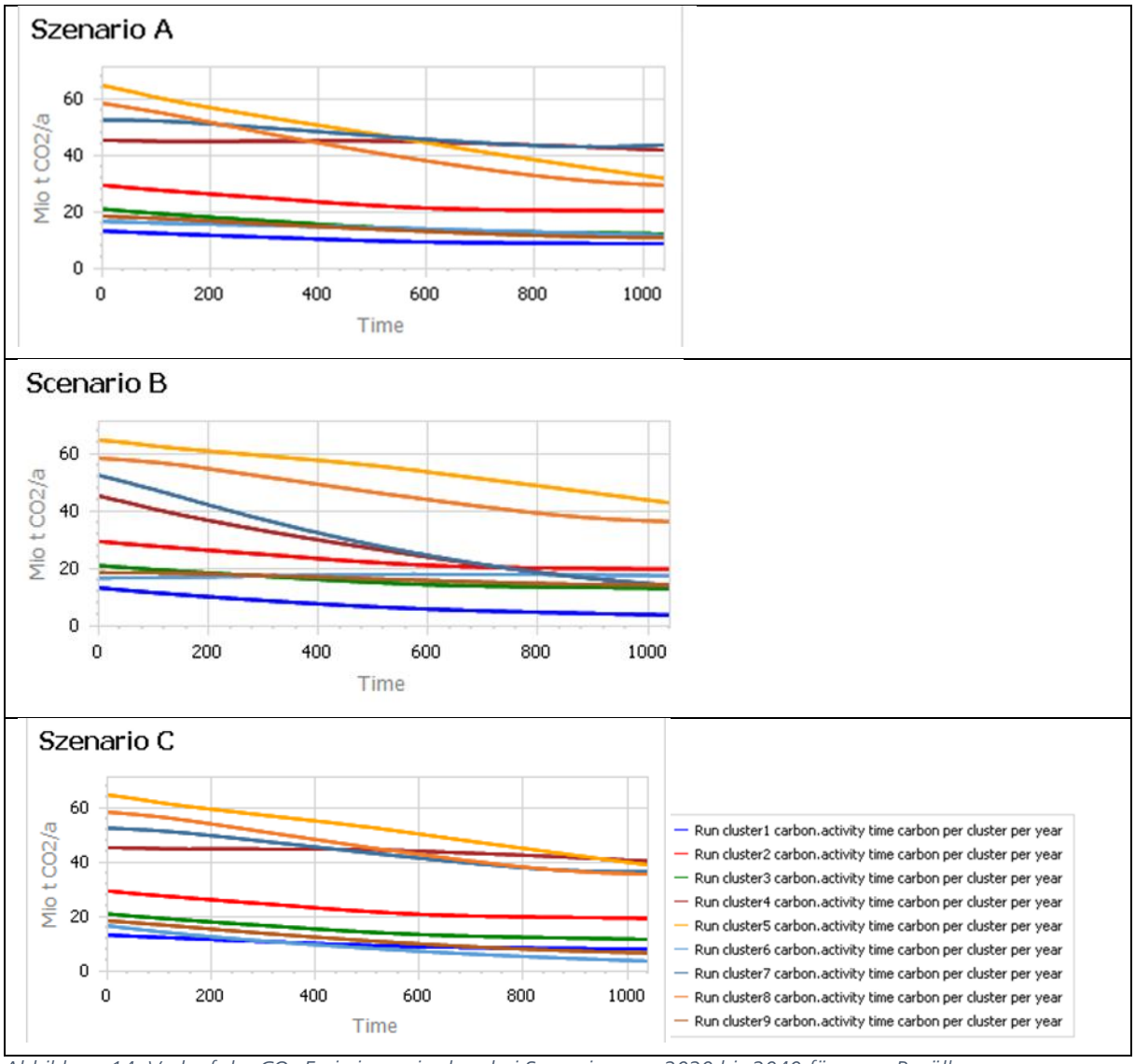


*Abbildung 14: Verlauf der $CO_2$-Emissionen in den drei Szenarien von 2020 bis 2040 für neun Bevölkerungsgruppen [Mio. t $CO_2$-eq./a].*

Für die **Entwicklung des durchschnittlichen Zeitwohlstands** im Zeitverlauf ergibt sich folgendes Bild:

Im Basisjahr 2020 gibt es in den drei Alterskohorten 18-29 Jahre, 30-49 Jahre und 50-67 Jahre jeweils drei Zeitwohlstandklassen (vgl. Abschnitt 3.2): hoher Zeitwohlstand mit einem Index-Wert von etwa 4,0, mittlerer Zeitwohlstand mit einem Index-Wert von etwa 3,3 und geringen Zeitwohlstand mit einem Index-Wert von etwa 2,6. Diese deutliche Spreizung ist über die Differenzierung der Bevölkerung nach Zeitwohlstand in der Modelllogik angelegt. Einflussfaktoren auf die Entwicklung des Zeitwohlstands sind die Faktoren Zeit für Care, Diskrepanz zwischen tatsächlicher und erwünschter wöchentlicher Arbeitszeit, Diskrepanz zwischen tatsächlicher und erwünschter Schlafzeit wochentags und die Zeitkompetenz. Doch wie verändert sich der Zeitwohlstand in den drei Szenarien über die Simulationszeit?

- In Szenario A divergieren die eng beieinanderliegenden Index-Werte für den Zeitwohlstand. Charakteristisch ist ein leicht sinkender Zeitwohlstand in den Alterskohorten 18-29 Jahre und 30-49 Jahre; gleichzeitig steigt der Zeitwohlstand für die Alterskohorte 50-67 Jahre deutlich an. Dadurch nähern sich die fallenden Index-Werte aus höheren Zeitwohlstandsklassen der

Jüngeren und Mittelalten den steigenden Index-Werten aus niedrigeren Zeitwohlstandsklassen der Älteren an. Am Ende der Simulation im Jahr 2040 legen die Zeitwohlstandsklassen nicht mehr die ursprüngliche Clusterung nahe. Die Reihenfolge der Cluster hinsichtlich der Index-Werte für den Zeitwohlstand bleibt jedoch erhalten.

- In Szenario B bleibt die relative Lage der Cluster über den Simulationszeitraum nahezu erhalten. Der Zeitwohlstand steigt für alle Zeitwohlstandsgruppen moderat.
- In Szenario C ist ein ähnliches Muster wie in Szenario A zu beobachten, allerdings ist es nicht so stark ausgeprägt. Die Index-Werte für den Zeitwohlstand steigen oder bleiben annähernd konstant. Einen klar sinkenden Zeitwohlstand wie in Szenario A gibt es in Szenario C nicht. Dies hat eine nur leicht divergierende Entwicklung der Cluster innerhalb eine Zeitwohlstandsklasse zur Folge, so dass die Clusterdifferenzierung auch im Jahr 2040 noch seine volle Berechtigung hat.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Clusterung der Bevölkerung nach Zeitwohlstand im Simulationszeitraum seine Berechtigung beibehält. Die zugrundeliegenden strukturellen Faktoren für den Zeitwohlstand überwiegen die inkrementellen Änderungen bis zum Jahr 2040.

Im Gegensatz zum Zeitwohlstand ist das durchschnittliche wöchentliche Einkommen der Bevölkerungsgruppen im erwerbsfähigen Alter in Deutschland keine Variable, die zur Clusterung beigetragen hat. Dementsprechend ist im Jahr 2020 auch keine ausgeprägte Gruppierung der Cluster vorhanden. Die **Entwicklung des wöchentlichen Durchschnittseinkommens** ist vereinfacht als Funktion der wöchentlichen Arbeitszeit bei einem konstanten Durchschnittseinkommen pro Stunde simuliert worden. In dieser vereinfachten Simulation ist sichtbar, dass in den Szenarien eine positive (negative) Zeitwohlstandsentwicklung überwiegend mit einer negativen (positiven) Einkommensentwicklung einhergeht.

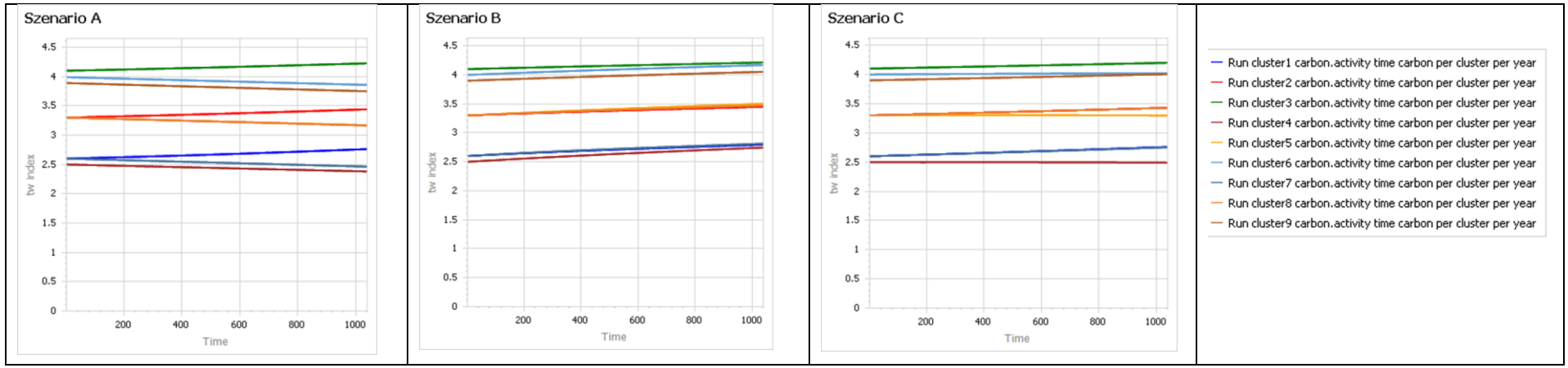


*Abbildung 15: Simulation der Entwicklung des durchschnittlichen Zeitwohlstands von Bevölkerungsgruppen im erwerbsfähigen Alter in Deutschland für drei Szenarien.*

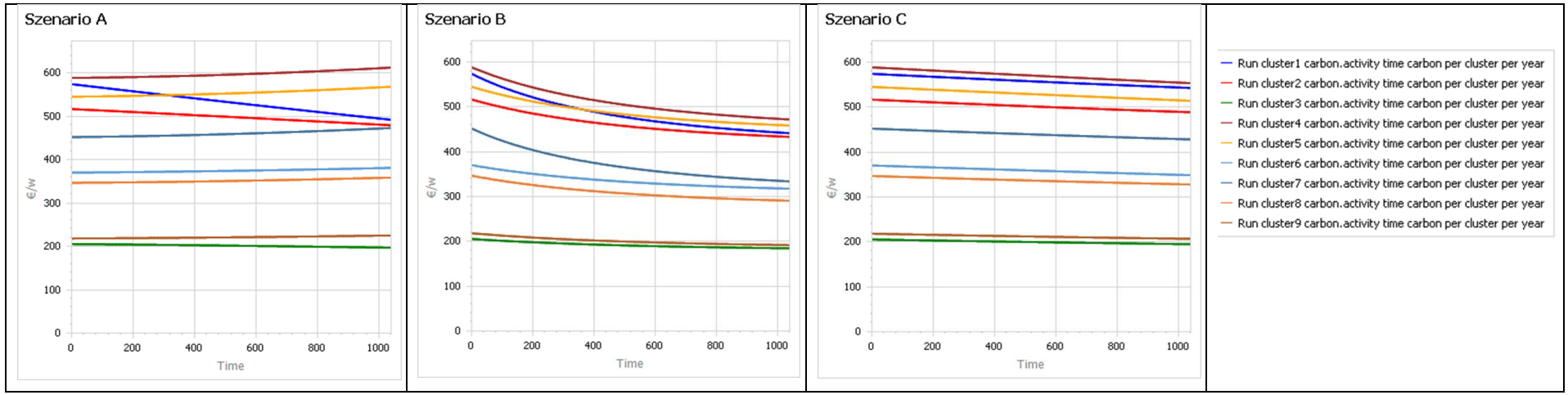


*Abbildung 16: Simulation der Entwicklung des wöchentlichen Durchschnittseinkommens von Bevölkerungsgruppen im erwerbsfähigen Alter in Deutschland für drei Szenarien..*

## 5.3 Einflussanalysen

In diesem Abschnitt wird der zukünftige Einfluss verschiedener hochaggregierter Faktoren auf die $CO_2$-Emissionen auf Bevölkerungsebene analysiert und anhand einer Untersuchung der Entwicklung der $CO_2$-Emissionen pro Kopf vertieft. Am Ende dieses Teilkapitels werden die absoluten und relativen Veränderungen der Endwerte der Simulationen einander zusammenfassend gegenübergestellt.

Welchen Einfluss haben verschiedene hochaggregierte Faktoren wie die Bevölkerungsentwicklung und die Dekarbonisierung von Produktion und Konsum auf die Entwicklung der $CO_2$-Emissionen auf die Bevölkerungsebene? Zur Beantwortung dieser Frage wurden die $CO_2$-Emissionen zum einen simuliert mit der projizierten Entwicklung des Faktors bis ins Jahr 2040 und zum anderen wurde der Faktor im Basisjahr 2020 „eingefroren", d. h. konstant gehalten. Die Auswirkungen dieser „Einfrierungen" auf die $CO_2$-Emissionen werden im Folgenden für die Faktoren Bevölkerungsentwicklung, Verteilung auf Zeitwohlstandsklassen, Verbreitung zeiteffizienter Praktiken und Dekarbonisierung simuliert.

- Wird die Bevölkerungsentwicklung im Basisjahr 2020 „eingefroren" (Abbildung 18), so bleibt die Reihenfolge der Cluster hinsichtlich der $CO_2$-Emissionen nahezu unverändert. Bei gleichbleibender Bevölkerung in erwerbsfähigen Alter in Deutschland sinken die $CO_2$-Emissionen durchgehend annähernd gleichförmig sanft. Unter Berücksichtigung der sich verändernden Bevölkerung (Abbildung 14) kreuzen sich dagegen die Verlaufskurven, so dass sich die Rangfolge der Cluster am Ende des Simulationszeitraums ändert.
- Wird die Zeitwohlstandsverteilung im Basisjahr 2020 „eingefroren" (Abbildung 19), so ist ein leicht gewellter Verlauf der $CO_2$-Emissionen zu beobachten. Bei gleichbleibender Zeitwohlstandsverteilung der Menschen im erwerbsfähigen Alter in Deutschland sinken Szenario-übergreifend die $CO_2$-Emissionen von Cluster 7 stärker als die von Cluster 4 und liegen im Jahr 2040 schließlich nahezu gleichauf. Unter Berücksichtigung der sich verändernden Zeitwohlstandsverteilung (Abbildung 14) kreuzen die Verlaufslinien von Cluster 7 und Cluster 4 andere Verlaufslinien, was mit Berücksichtigung der sich verändernden Zeitwohlstandsverteilung nicht der Fall ist.
- Wird die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken im Basisjahr 2020 „eingefroren" (Abbildung 20), so zeigen sich teilweise dramatische Veränderungen der $CO_2$-Emissionen. Am deutlichsten fällt die Reduzierung der $CO_2$-Emissionen für die Cluster 4 und 7 in Szenario B aus, sogar unter die Werte für Cluster 2 und Cluster 6. In Szenario B steigen die $CO_2$-Emissionen von Cluster 6 so stark, dass sich der Rang des Clusters hinsichtlich der $CO_2$-Emissionen von 8 auf 4 verschlechtert, wohingegen sich Cluster 6 in Szenario C zum $CO_2$-ärmsten Cluster entwickelt. Insgesamt bestimmt die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken die Rangfolge der Cluster klar mit, wie ein Vergleich der Simulation ohne und mit Einfrierung (Abbildung 14) zeigt.
- Werden die $CO_2$-Emissionsfaktoren auf ihrem Niveau von Basisjahr 2020 „eingefroren" (Abbildung 21), so ist im Vergleich zu den bislang aufgeführten Simulationen keine durchgängig sinkende Tendenz bei den $CO_2$-Emissionen zu beobachten.
    - In Szenario A nehmen die $CO_2$-Emissionen von Cluster 4 und 7 deutlich zu, während diejenigen von Cluster 5 und 8 etwas weniger deutlich abnehmen. Die $CO_2$-Emissionen

der anderen Cluster verändern sich bei einem „Einfrieren“ der $CO_2$-Emissionsfaktoren nur in geringem Umfang.

- In Szenario B nehmen die $CO_2$-Emissionen von Cluster 4 und 7 dagegen deutlich ab, wohingegen diejenigen von Cluster 5 und 8 sich zwar im Simulationsverlauf ändern, aber im Jahr 2040 wieder nahezu auf ihrem Niveau von 2020 liegen. Eine deutliche Zunahme der $CO_2$-Emissionen im Simulationszeitraum ist für Cluster 6 und eine deutliche Abnahme für Cluster 1 zu beobachten.
- In Szenario C nehmen die $CO_2$-Emissionen von Cluster 4 deutlich und von Cluster 7 weniger deutlich zu, während diejenigen von Cluster 6 und Cluster 9 deutlich abnehmen.

Szenario-übergreifend sind beim Einfrieren der $CO_2$-Emissionsfaktoren auf dem Niveau von 2020 die $CO_2$-Emissionen von Cluster 2 und 3 vergleichsweise stabil, also der Älteren (50-67 Jahre) mit mittlerem beziehungsweise hohem Zeitwohlstand. Die Unterschiede der $CO_2$-Emissionen zwischen den Szenarien sind am ausgeprägtesten für die Cluster 4 und 7, also die Mittelalten (30-49 Jahre) und Jüngeren (18-29 Jahre) mit geringem Zeitwohlstand; aber auch die Richtung der Entwicklung der $CO_2$-Emissionen von Cluster 6 und 9, also die Mittelalten (30-49 Jahre) und Jüngeren (18-29 Jahre) mit hohem Zeitwohlstand unterscheidet sich zwischen den Szenarien deutlich.

Die angenommene Reduzierung der $CO_2$-Emissionsfaktoren hat folglich einen dominierenden Einfluss auf die wahrgenommene Tendenz der $CO_2$-Emissionen auf die Bevölkerungsebene in der Ergebnisdarstellung. Aus diesem Grunde werfen wir noch einen Blick auf den Verlauf der $CO_2$-Emissionen pro Kopf und vergleichen den Verlauf mit und ohne die angenommene Reduzierung der $CO_2$-Emissionsfaktoren.

*Mit der angenommenen Reduzierung der $CO_2$-Emissionsfaktoren (Abbildung 21: Verlauf der $CO_2$-Emissionen in den drei Szenarien von 2020 bis 2040 für neun Bevölkerungsgruppen – Einfrierung der $CO_2$-Emissionsfaktoren [Mio. t $CO_2$-eq./a].*

- ) sinken die $CO_2$-Emissionen pro Kopf der neun Cluster über alle drei Szenarien hinweg kontinuierlich, wobei die Clusterverläufe vergleichsweise eng beieinanderliegen und es nur zu wenigen Positionswechseln zwischen den Clustern kommt. Am höchsten sind die $CO_2$-Emissionen pro Kopf im Jahr 2040 für die Cluster 5 und 7, am geringsten für Cluster 9.
- Ohne die angenommene Reduzierung der $CO_2$-Emissionsfaktoren zeigt sich für die $CO_2$-Emissionen pro Kopf ein anderes Bild (Abbildung 21): Sowohl in Szenario A, als auch in Szenario C ergibt sich im Simulationszeitraum für alle Cluster ein kontinuierlich und deutlich steigender Anstieg der $CO_2$-Emissionen pro Kopf, wohingegen für Szenario B im Simulationszeitraum für alle Cluster eine kontinuierliche Abnahme der $CO_2$-Emissionen pro Kopf zu sehen ist.

Diese Simulationen der $CO_2$-Emissionen pro Kopf mit „Einfrieren“ der $CO_2$-Emissionsfaktoren zeigen am ehesten den zeitbezogenen Lebensstileffekt in den Szenarien.

**Exkurs**:

In diesem Abschnitt werden die Anteile der Zeitnutzungsfelder am Carbon Footprint aufgeschlüsselt.

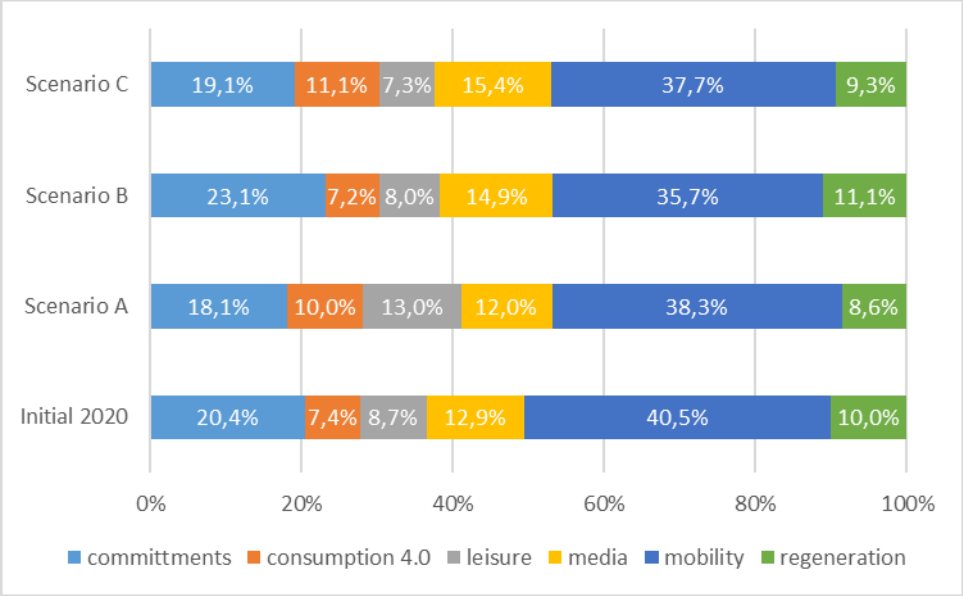


*Abbildung 17: Anteile verschiedener Lebensbereiche an den $CO_2$-Emissionen pro Kopf in den drei Szenarien im Jahr 2040 und in Basisjahr 2020 [% bezogen auf kg $CO_2$-eq./w].*

Im Basisjahr 2020 dominiert die Mobilität mit etwas über 40 % die $CO_2$-Emissionen pro Kopf, gefolgt von nicht bezahlter Arbeit (Commitments) mit etwas über 20 %. Die Anteile der anderen Lebensbereiche liegen zwischen 7,4 % (Consumption 4.0) und 12,9 % (Media). Im Jahr 2040 lassen sich für die verschiedenen Lebensbereiche folgende Tendenzen ausmachen:

- Der höchste Anteil an nicht bezahlter Arbeit findet sich zukünftig mit etwas über 23 % in Szenario B – das Szenario mit der höchsten Dekarbonisierung und der höchsten Eigenleistung; wohingegen die Anteile in den anderen Szenarien leicht sinken.
- Deutlich Zuwächse erfahren die Anteile der Consumption-4.0-Praktiken in den Szenarien A und C, auf 10 % bzw. etwas über 11 % der $CO_2$-Emissionen pro Kopf, wohingegen der Consumption-4.0-Anteil in Szenario B gegenüber 2020 nahezu unverändert bleibt.
- Das Szenario A steht explizit für das Motto „work hard, play hard“, was sich auch im höchsten Anteil der Freizeit an den $CO_2$-Emissionen pro Kopf mit 13 % widerspiegelt. In Szenario B und in Szenario C sinkt dagegen der Freizeitanteil gegenüber 2020.
- Der Anteil der Mediennutzung an den $CO_2$-Emissionen pro Kopf steigt am meisten in Szenario B und in Szenario C auf rund 15 %. Während in Szenario C die elektronische Mediennutzung zum Zeitfresser avanciert, sinken die $CO_2$-Emissionen pro Kopf durch Mediennutzung in Szenario B nicht so schnell wie diejenigen anderer Lebensbereiche. In Szenario A „Zeit ist Geld“ ist schlichtweg nicht genug Zeit für ausschweifende Mediennutzung.
- Die Mobilitätsanteile an den $CO_2$-Emissionen pro Kopf sinken in allen drei Szenarien, am stärksten in Szenario B auf knapp 36 %. Die geringere Abnahme des Mobilitätsanteils ist in Szenario A auf den erhöhten Mobilitätsbedarf und in Szenario C auf die erhöhte Nutzung des MIT zurückzuführen.

- Der Anteil der Regeneration an den $CO_2$-Emissionen pro Kopf zeigt ein ähnliches Muster wie nicht bezahlte Arbeit (Commitments). In Szenario A wird 2040 weniger regeneriert als 2020 und in Szenario C sinken die $CO_2$-Emissionen pro Kopf durch die Regeneration langsamer als diejenigen anderer Lebensbereiche. In beiden Fällen kommt eine Abnahme des Anteils der Regeneration an den $CO_2$-Emissionen pro Kopf zustande, wohingegen er in Szenario B steigt.

Insgesamt erscheinen die relativen Verschiebungen der Anteile der Lebensbereiche an den $CO_2$-Emissionen pro Kopf zukünftig eher moderat auszufallen.

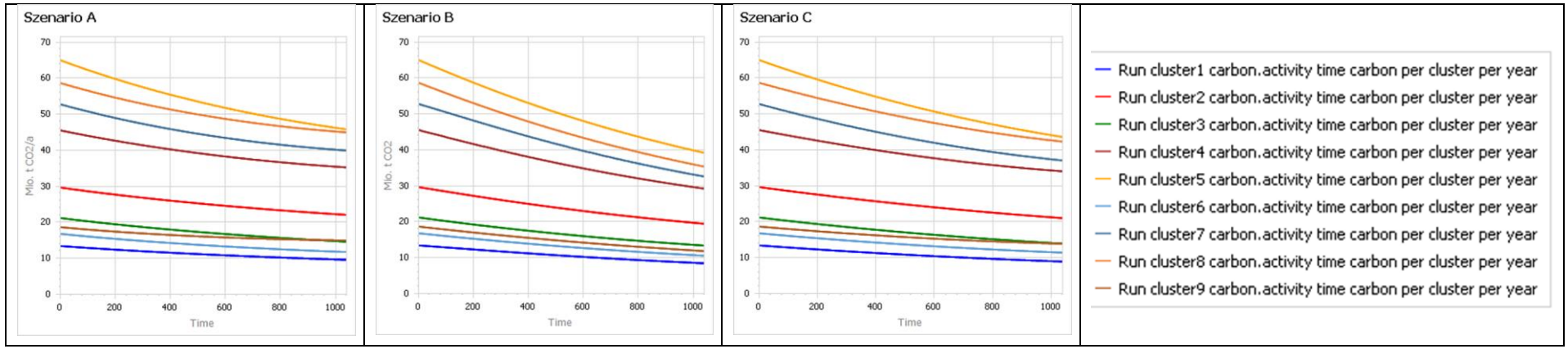


*Abbildung 18: Verlauf der $CO_2$-Emissionen in den drei Szenarien von 2020 bis 2040 für neun Bevölkerungsgruppen – Einfrierung der Bevölkerungsentwicklung [Mio. t $CO_2$-eq./a].*

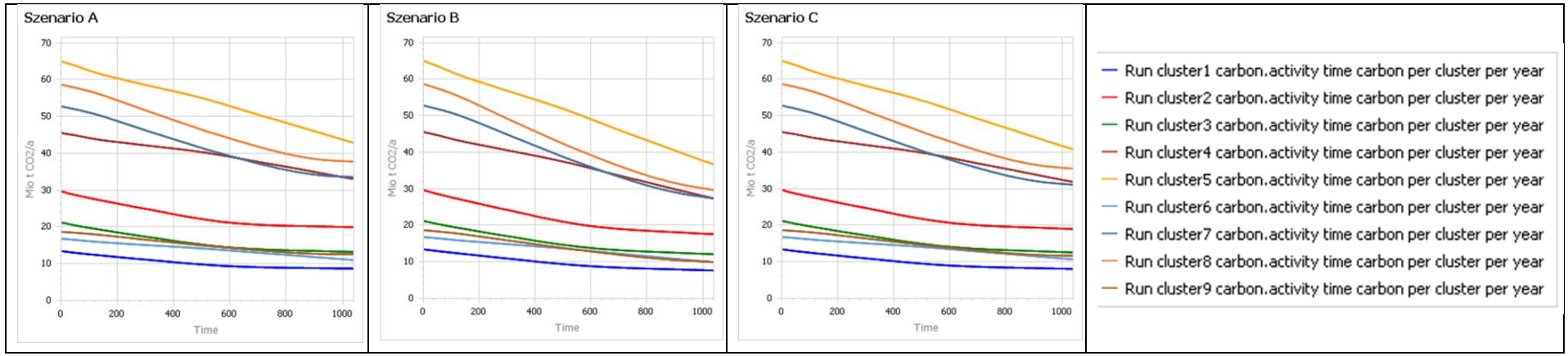


*Abbildung 19: Verlauf der $CO_2$-Emissionen in den drei Szenarien von 2020 bis 2040 für neun Bevölkerungsgruppen – Einfrierung der Zeitwohlstandsverteilung [Mio. t $CO_2$-eq./a].*

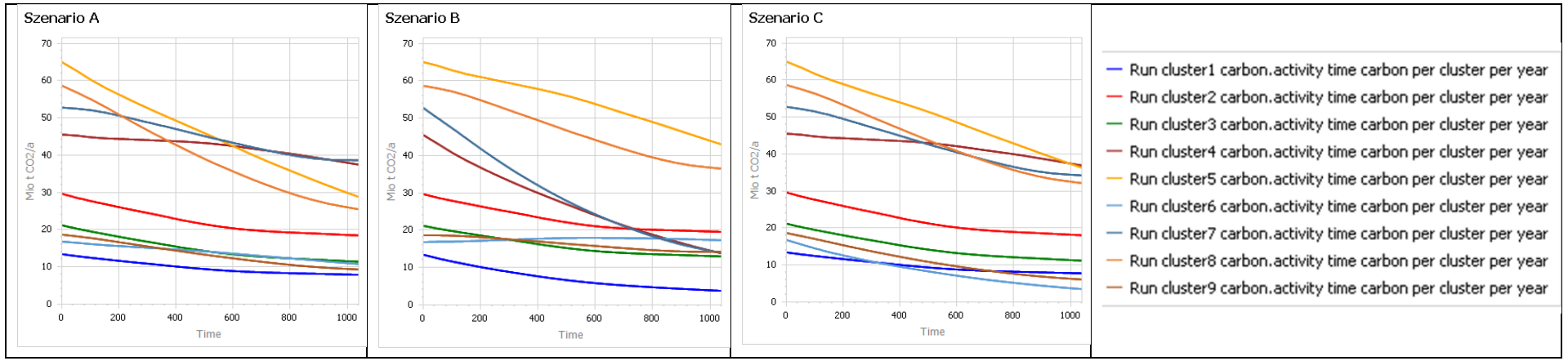


*Abbildung 20: Verlauf der $CO_2$-Emissionen in den drei Szenarien von 2020 bis 2040 für neun Bevölkerungsgruppen – Einfrierung der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken [Mio. t $CO_2$-eq./a].*

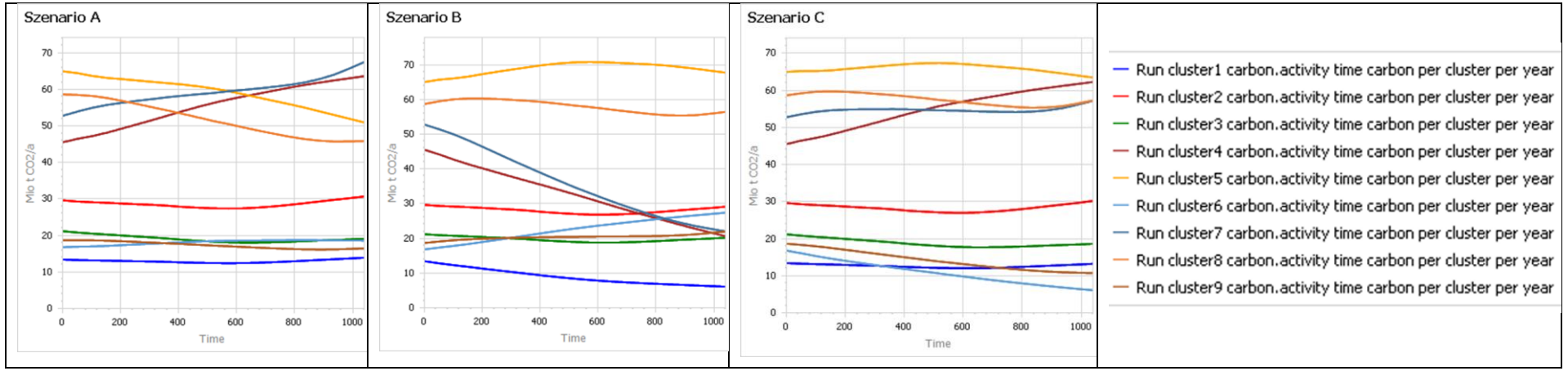


*Abbildung 21: Verlauf der $CO_2$-Emissionen in den drei Szenarien von 2020 bis 2040 für neun Bevölkerungsgruppen – Einfrierung der $CO_2$-Emissionsfaktoren [Mio. t $CO_2$-eq./a].*

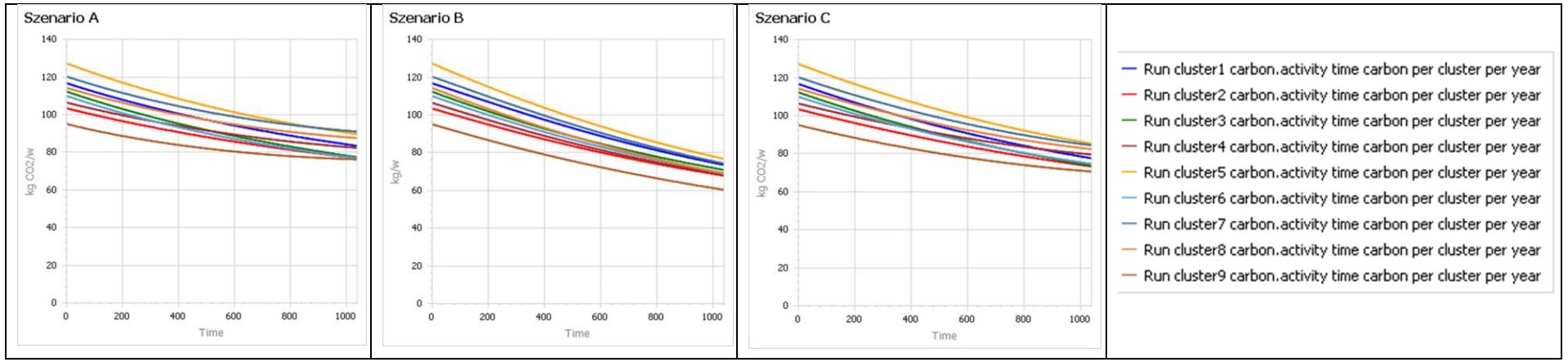


*Abbildung 22: Verlauf der $CO_2$-Emissionen pro Kopf in den drei Szenarien von 2020 bis 2040 für neun Bevölkerungsgruppen [kg $CO_2$-eq./w].*

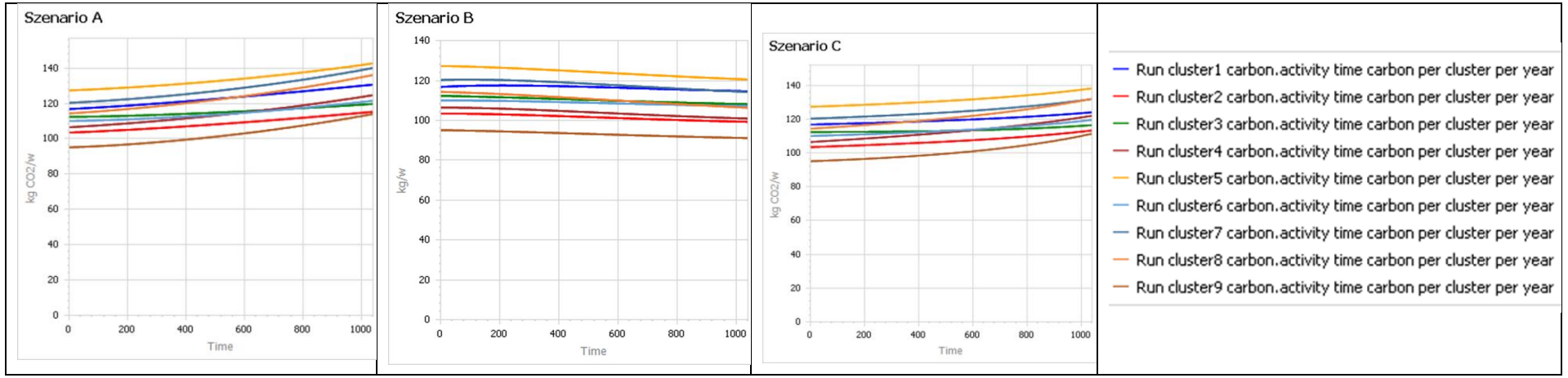


*Abbildung 23: Verlauf der $CO_2$-Emissionen pro Kopf in den drei Szenarien von 2020 bis 2040 für neun Bevölkerungsgruppen – Einfrierung der $CO_2$-Emissionsfaktoren [kg $CO_2$-eq./w].*

## 5.4 Sensitivitätsanalysen

Im SOEF-Förderschwerpunkt stehen effiziente Praktiken und daran gekoppelte Rebound-Effekte im Hinblick auf umweltrelevante Parameter im Vordergrund. Deshalb werden für zeiteffiziente Praktiken und den Zeit-Rebound-Effekt Sensitivitätsanalysen durchgeführt.

Die zukünftige Verbreitung zeiteffizienter Praktiken ist vergleichsweise konservativ geschätzt worden. Die „Zeit ist Geld"-Logik ist am stärksten in Szenario A vertreten, allerdings stellen die angenommenen Verbreitungsraten für zeiteffiziente Praktiken sicherlich keine obere Grenze dar. Aus diesem Grunde haben wir ein **Szenario A2** mit identischer innerer Logik wie Szenario A gebildet, aber mit deutlich dynamischeren Verbreitungsraten für zeiteffiziente Praktiken (vgl. Anhang A 4.). In diesem Abschnitt werden zunächst die Unterschiede der simulierten $CO_2$-Emissionen zwischen den Szenarien A und A2 auf Clusterebene thematisiert.

Folgende Abbildung zeigt die Simulationsergebnisse für die $CO_2$-Emissionen in den Szenarien A und A2 nach Clustern ausgeschlüsselt in Vergleich:

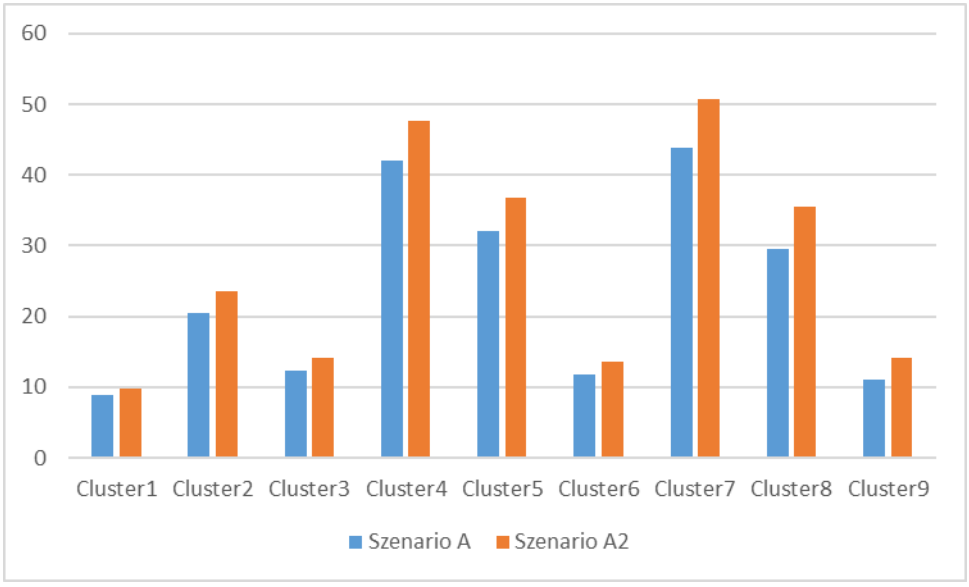


*Abbildung 24: Die $CO_2$-Emissionen der verschiedenen Cluster für die Szenarien A und A2 im Vergleich [Mio. t $CO_2$-eq./a]*

Die Sensitivität der $CO_2$-Emissionen gegenüber der Diffusionsgeschwindigkeit zeiteffizienter Praktiken wird durch die unterschiedlichen $CO_2$-Emissionen in den beiden Szenarien ausgedrückt. Für alle neuen Cluster liegen die $CO_2$-Emissionen in Szenario A2 höher als in Szenario A, im Durchschnitt über alle Cluster um 15,8 %. Dies bedeutet, dass die Diffusionsgeschwindigkeit zeiteffizienter Praktiken einen erheblichen Einfluss auf die gesamten $CO_2$-Emissionen hat.

Die Unterschiede zwischen Szenario A und Szenario A2 liegen ausschließlich in der projizierten Diffusionsgeschwindigkeit zeiteffizienter Praktiken. Die interne Logik ist identisch. Ausschlaggebend für diese Differenzierung ist, dass die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken in Szenario A vergleichsweise konservativ geschätzt wurde, eine schnellere Verbreitung jedoch ebenfalls plausibel erscheint. Aus diesem Grunde wird im den folgenden Auswertungen Szenario A2 mit betrachtet.

Neben den unterschiedlichen $CO_2$-Emissionsfaktoren von verschiedenen Praktiken ist bei zeiteffizienten Praktiken auch zu berücksichtigen, in welchem Umfang Zeit „eingespart" und für zusätzliche Aktivitäten – im Gegensatz zur langsameren Ausführung ohnehin unternommener Aktivitäten – wiederverwendet wird (Erdmann und Pfaff 2021). Der direkte Zeit-Rebound-Effekt ist quasi als Elastizität einer Zeitnutzung gegenüber der Ausübungsintensität einer zeiteffizienten Praxis gefasst worden, wonach ein Zeitbudget verbleibt, das „eingespart" und teilweise für zusätzliche Aktivitäten wiederverwendet wird (indirekter Zeit-Rebound-Effekt). Folgende Tabelle zeigt die **eingesparte und für zusätzliche Aktivitäten wiederverwendete Zeit** in den vier Szenarien im Überblick:

*Tabelle 12: Durchschnittliche „Einsparung" und Wiederverwendung von Zeit in den verschiedenen Szenarien 2040 im Vergleich zum Basisjahr 2020 (gewichtet mit dem Personenumfang der einzelnen Cluster) [h/w].*

| | Szenario A | Szenario B | Szenario C | Szenario A2 |
|---|---|---|---|---|
| **„Zeiteinsparung"** | 11,8 | 8,9 | 7,9 | 19,8 |
| **Verwendung von Zeit für zusätzliche Aktivitäten** | 9,4 | 4,4 | 6,1 | 16,0 |

Das Ausmaß der Zeiteinsparung in Szenario A2 im Jahr 2040 gegenüber dem Basisjahr 2020 ist außerordentlich hoch, weshalb dieses Szenario als Extremszenario anzusehen ist. Die Anteile der Wiederverwendung für zusätzliche Aktivitäten liegen in den Szenarien A und A2 bei 0,9 und in den Szenarien B und C bei 0,5 beziehungsweise 0,7. Für die „Zeiteinsparung" wurde angenommen, dass sie in verschiedenen Szenarien in unterschiedlichem Umfang als indirekter Zeit-Rebound-Effekt in zusätzliche Aktivitäten überführt wird (Szenario A und A2: 0,9, Szenario B: 0,5, Szenario C: 0,7). Auch die Art der Wiederverwendung wurde Szenario-spezifisch plausibel eingeschätzt. Wie würden sich die $CO_2$-Emissionen entwickeln, wenn die „eingesparten" Zeitbudgets als indirekter Zeit-Rebound-Effekt vollständig in zusätzliche Aktivitäten überführt würden (bei gleichbleibender Art der Wiederverwendung)?

*Tabelle 13: Sensitivitätsanalyse der $CO_2$-Emissionen auf Bevölkerungsebene in den verschiedenen Szenarien gegenüber einer vollständigen Umwidmung „eingesparter" Zeit in zusätzliche Aktivitäten [prozentuale Veränderung relativ zur projizierten Entwicklung bezogen auf die Basis 2020].*

| | Szenario A | Szenario B | Szenario C | Szenario A2 |
|---|---|---|---|---|
| **Cluster1** | 4,9% | 0,8% | 0,7% | 5,7% |
| **Cluster2** | 3,6% | 1,1% | 0,7% | 5,6% |
| **Cluster3** | 3,3% | 0,6% | 0,6% | 5,4% |
| **Cluster4** | 0,5% | 0,7% | 0,2% | 0,9% |
| **Cluster5** | 0,3% | 1,2% | 0,2% | 0,6% |
| **Cluster6** | 0,5% | 1,6% | 0,1% | 1,0% |
| **Cluster7** | 0,6% | 0,7% | 0,8% | 0,9% |
| **Cluster8** | 0,3% | 1,1% | 0,5% | 0,6% |
| **Cluster9** | 0,5% | 0,9% | 0,4% | 0,9% |
| **Total** | 1,1% | 1,0% | 0,4% | 1,7% |

Mit einer vollständigen Umwandlung „eingesparter“ Zeit in zusätzliche Aktivitäten lägen die $CO_2$-Emissionen je nach Szenario um 0,4 bis 1,1 % (Szenario A2: 1,7 %) höher. Tendenziell würde dies alle Cluster in Szenario B in Bezug auf die $CO_2$-Emissionen um 0,7 bis 1,6 % schlechter abschneiden lassen. In Szenario C übersteigt der Einfluss in keinem Cluster 0,8 %. In Szenario A und A2 steigt der Einfluss eines vollständigen Zeit-Rebound-Effektes auf die $CO_2$-Emissionen dagegen für die Cluster 1-3 auf 3,3 bis 5,7 %, wohingegen der maximale Anstieg in den anderen Clustern 4-9 1,0 % nicht übersteigt. Der Grund hierfür ist, dass in der Logik von Szenario A und A2 angelegt ist, dass die Älteren nach einem arbeitsreichen Erwerbsleben ein Leben mit mehr Zeitwohlstand und einer geringeren Wiederverwendungsrate „eingesparter“ Zeit in zusätzliche Aktivitäten verbringen. Ein Verzicht auf diese Logik im Modell widerspräche der Szenario-Logik, was im Hinblick auf einen Vergleich der Szenarien schwerer wiegt als eine leichte und nur möglicherweise realistischere Differenzierung des Anteils der Wiederverwendung „eingesparter“ Zeit in zusätzliche Aktivitäten.

## 5.5 Detailanalysen

Im Folgenden werden entsprechend der Relevanz für dieses Projekt drei Detailanalysen vorgenommen. Erstens wird der zukünftige Einfluss einzelner hochaggregierter Faktoren in den Szenarios A, B, C und A2 für die Referenzprojektionen dem korrespondierenden Einfluss in den Projektionen mit „Einfrierung“ der $CO_2$-Emissionsfaktoren gegenübergestellt. Zweitens wird der Einfluss einzelner zeiteffiziente Praktiken auf die $CO_2$-Emissionen untersucht und drittens wird der Einfluss einzelner Zeit-Rebound-Effektarten analysiert.

### 5.5.1 Einflussanalysen für die Referenzprojektionen und die $CO_2$-Emissionsfaktor-„Einfrierung“-Simulationen

Als Maß für den Einfluss einzelner Faktoren in den Simulationen haben wir simuliert, wie sich der Indikator $CO_2$-Emissionen auf Bevölkerungsebene entwickeln würde, wenn sich alles wie projiziert entwickelt – bis auf jeweils ein Faktor, der auf seinem Niveau von 2020 verharrt. Die Ergebnisse dieser „Einfrierung“-Simulationen können mit den Werten der Simulationen einschließlich der Zeit-Rebound-Effekte verglichen werden. Die prozentuale Änderung jeweils bezogen auf das Basisjahr 2020 gibt dann den Einfluss des jeweiligen Faktors an. Als gleichwertige Szenario-Basis haben wir die Läufe bei „Einfrierung“ der $CO_2$-Emissionsfaktoren herangezogen, weil Dekarbonisierung – auch unter den neuen geopolitischen Umständen – nicht mehr so sicher scheint. Die Impact-Indices für die $CO_2$-Emissionen auf Bevölkerungsebene entwickeln sich unter den Referenzprojektionen beziehungsweise „Einfrierung“ der $CO_2$-Emissionsfaktoren Projektionen wie folgt.

*Tabelle 14: $CO_2$-Emissionen auf Bevölkerungsebene in den verschiedenen Szenarien ohne und mit Einfrierung einzelner Faktoren [Mio. t $CO_2$].*

| | **Szenario A** | **Szenario B** | **Szenario C** | **Szenario A2** |
|---|---|---|---|---|
| **Basis 2020** | 321,67 | 321,67 | 321,67 | 321,67 |
| **Referenz 2040** | 212,21 | 177,17 | 202,54 | 245,77 |
| **Projektion „einfrieren“** | | | | |
| Bevölkerungsentwicklung | 238,90 | 200,01 | 226,09 | n.b. |
| Verteilung auf Zeitwohlstandsklassen | 212,56 | 178,25 | 201,29 | n.b. |
| Reduzierung des $CO_2$-Fussabdrucks | 326,75 | 271,50 | 319,10 | 378,68 |
| Verbreitung zeiteffizienter Praktiken | 188,28 | 175,05 | 186,25 | 188,28 |
| Zeit-Rebound-Effekt | 198,19 | 173,27 | 195,45 | 221,67 |

*Tabelle 15: Veränderung der $CO_2$-Emissionen auf Bevölkerungsebene in den verschiedenen Szenarien ohne und mit Einfrierung einzelner Faktoren relativ zur Basis 2020 [Mio. t $CO_2$].*

| | **Szenario A** | **Szenario B** | **Szenario C** | **Szenario A2** |
|---|---|---|---|---|
| **Basis 2020** | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Referenz 2040** | -34,0% | -44,9% | -37,0% | -23,6% |
| **Einfluss** | | | | |
| Bevölkerungsentwicklung | -8,3% | -7,1% | -7,3% | -8,3% |
| Verteilung auf Zeitwohlstandsklassen | -0,1% | -0,3% | +0,4% | -0,1% |
| Reduzierung des $CO_2$-Fussabdrucks | -35,6% | -29,3% | -36,2% | -41,3% |
| Verbreitung zeiteffizienter Praktiken | +7,4% | +0,7% | +5,1% | +17,9% |
| Zeit-Rebound-Effekt | +4,4% | +1,2% | +2,2% | +7,5% |

Die relativen Veränderungen bei den „Einfrierungs-Simulationen“ lassen sich im Hinblick auf die quantitative Bedeutung der Einflussfaktoren wie folgt interpretieren:

1. Den größten (positiven) Einfluss auf die $CO_2$-Emissionen auf Bevölkerungsebene hat die Reduzierung des $CO_2$-Fussabdrucks. Ohne die projizierte Entwicklung dieses Faktors lägen die $CO_2$-Emissionen um 29,3 % (Szenario B) bis 41,3 % (Szenario A2) höher als mit der projizierten Entwicklung.
2. Den zweitgrößten (positiven) Einfluss auf die $CO_2$-Emissionen auf Bevölkerungsebene hat die Bevölkerungsentwicklung. Je nach Szenario bewirkt alleine die Entwicklung der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter in Deutschland eine Reduzierung von 7,1 bis 8,3 % der $CO_2$-Emissionen.

3. Die Verteilung der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter in Deutschland auf Zeitwohlstandsklassen hat kaum einen Einfluss auf die $CO_2$-Emissionen. Im folgenden Abschnitt wird jedoch gezeigt, dass sich die Anteile der einzelnen Bevölkerungsgruppen an den $CO_2$-Emissionen mit der projizierten Entwicklung deutlich von derjenigen ohne diese projizierte Entwicklung unterscheiden.
4. Den größten (negativen) Einfluss auf die $CO_2$-Emissionen auf Bevölkerungsebene kann die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken haben. Die Bandbreite reicht von 0,7 % (Szenario B) bis 17,9 % (Szenario A2) Mehremissionen. In den beiden konservativeren Szenarien beträgt der Einfluss der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken 7,4 % (Szenario A) beziehungsweise 5,1 % (Szenario C).
5. Den zweitgrößten (negativen) Einfluss auf die $CO_2$-Emissionen auf Bevölkerungsebene hat der Zeit-Rebound-Effekt. Die Muster sind ähnlich wie bei der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken, aber weniger ausgeprägt: Vergleichsweise klein sind die negativen Einflüsse in Szenario B und Szenario C mit 1,2 % beziehungsweise 2,2 %, nennenswert dagegen in Szenario A und A2 mit 4,4 % beziehungsweise 7,5 %. Solche Größenordnungen sind in makroskopischen Modellierungen durchaus relevant.

Im Anschluss an diese Analyse der Einflussfaktoren auf einem hohen Abstraktionsniveau soll im folgenden Abschnitt eine Detailanalyse des Einflusses einzelner zeiteffizienter Praktiken und Zeit-Rebound-Effekt-Parameter erfolgen.

### 5.5.2 Der Einfluss einzelner zeiteffizienter Praktiken auf die $CO_2$-Emissionen

Für die Referenzprojektionen und die Simulation bei Einfrierung der $CO_2$-Emissionen wird der Einfluss einzelner zeiteffizienter Praktiken auf die $CO_2$-Emissionen ausgeschlüsselt, diskutiert und anschließend aggregiert dargestellt.

*Tabelle 16: Der zukünftige Einfluss der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken (alle) für neun Bevölkerungsgruppen in verschiedenen Szenarien.*

| | **Referenz** | | | | **Carbon Freeze** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Szenario** | A | B | C | A2 | A | B | C | A2 |
| Cluster1 | 7,4% | 1,1% | 3,9% | 14,7% | 12,1% | 1,0% | 8,2% | 23,1% |
| Cluster2 | 6,9% | 1,1% | 5,0% | 17,3% | 11,8% | 0,0% | 11,6% | 28,3% |
| Cluster3 | 4,5% | 1,1% | 2,8% | 12,4% | 7,6% | 0,2% | 6,5% | 19,8% |
| Cluster4 | 10,1% | 0,4% | 8,2% | 22,3% | 17,5% | -0,3% | 16,1% | 36,5% |
| Cluster5 | 5,0% | 0,2% | 4,5% | 12,2% | 8,8% | -1,0% | 9,8% | 20,4% |
| Cluster6 | 6,1% | 2,1% | 1,8% | 16,5% | 11,2% | 1,1% | 3,8% | 28,6% |
| Cluster7 | 9,9% | 0,7% | 4,6% | 22,9% | 15,5% | 0,4% | 8,7% | 34,1% |
| Cluster8 | 7,0% | 0,1% | 6,2% | 17,0% | 11,3% | -1,5% | 13,0% | 26,8% |
| Cluster9 | 9,2% | 1,8% | 3,8% | 26,0% | 13,7% | 1,9% | 8,6% | 40,3% |
| **Total** | 7,4% | 0,7% | 5,1% | 17,9% | 12,3% | -0,2% | 10,6% | 28,5% |

Der negative Einfluss aller zeiteffizienten Praktiken zusammen auf die $CO_2$-Emissionen reicht in den Referenzprojektionen von 0,7 % (Szenario B) bis zu 17,9 % (Szenario A2), in den Carbon Freeze-

Projektionen kann sogar mit -0,2 % ein kleiner positiver Effekt erzielt werden (Szenario B), in den anderen Szenarien dominieren aber die negativen der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken deutlich.

Ein Blick in die $CO_2$-Emissionen der einzelnen Cluster in den Referenz- und den Carbon Freeze-Projektionen zeigt eine einheitliche Rangfolge der Szenarien (absteigend): A2 > A > C > B – mit einer Ausnahme: für Cluster 8 liegt in Szenario C der negative Einfluss der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken auf die $CO_2$-Emissionen höher als in Szenario A. Auffällig ist zudem, dass die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken in Szenario B für die Cluster 4 und 5, 8 und 9 einen positiven Einfluss auf die $CO_2$-Emissionen hat. Hier zeigt sich das komplexe Zusammenspiel verschiedener Parameterentwicklungen, das ex ante nicht als Hypothese vorlag und empirischer Überprüfung bedarf.

***

Diese Analysen bezogen sich bislang auf die simultane „Einfrierung" der Verbreitung aller zeiteffizienten Praktiken in den Szenarien auf dem Niveau von 2020. Wie stellt sich die Lage bei „Einfrierung" einzelner zeiteffizienter Praktiken dar? Folgende Abbildung zeigt über die Referenz- und Carbon Freeze-Projektionen der Szenarien A, B und C hinweg die Bandbreite des Einflusses der Verbreitung einzelner zeiteffizienter Praktiken. Das Extremszenario ist in dieser Darstellung ausgeklammert.

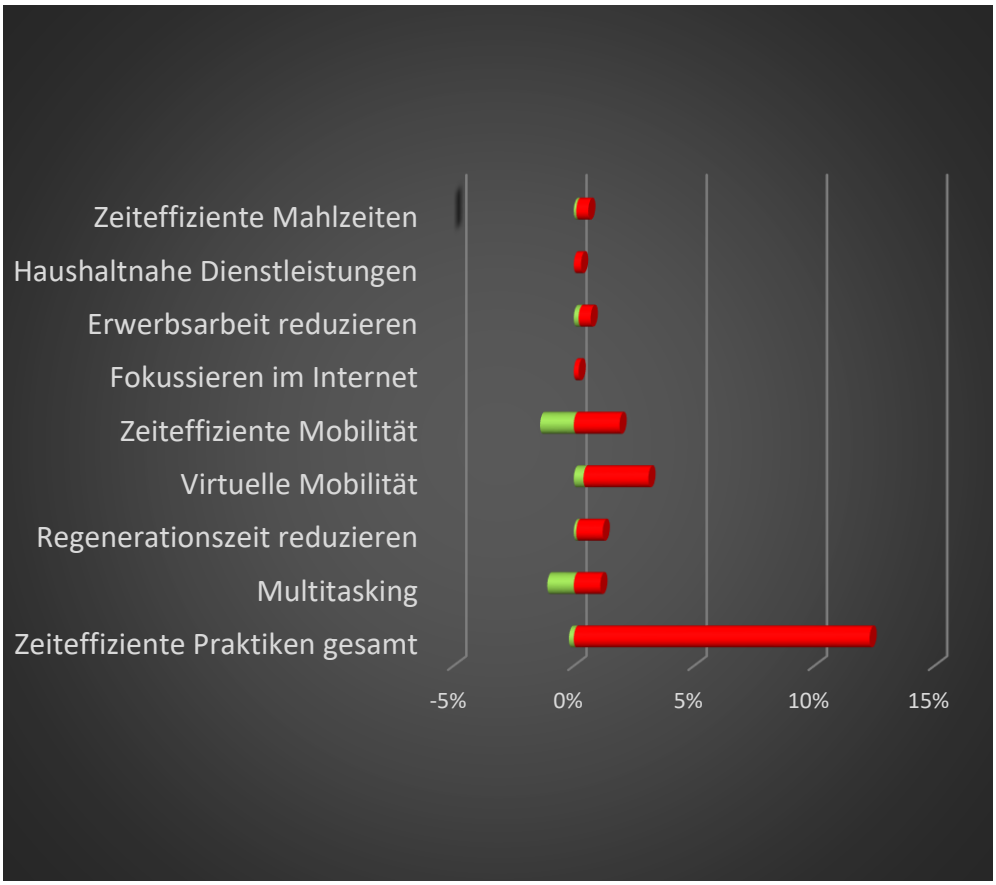


*Abbildung 25: Die Bandbreite des zukünftige Einflusses der Verbreitung einzelner zeiteffizienter Praktiken auf die $CO_2$-Emissionen der Personen im erwerbsfähigen Alter in Deutschland (Szenarien A, B und C jeweils in Referenz- und Carbon Freeze-Projektion).*

Der Einfluss der einzelnen Praktiken ‚Zeiteffiziente Mahlzeiten' (0,1 bis 0,6 %), ‚Haushaltsnahe Dienstleistungen' (0,0 bis 0,3%), ‚Reduzierung der Erwerbsarbeitszeit' (0,2 bis 0,7 %), ‚Fokussierung im Internet' (0,0 bis 0,2 %), ‚Zeiteffiziente Mobilität' (-1,4 bis +1,9 %), ‚Virtuelle Mobilität' (0,4 - 3,1 %), ‚Reduzierung der Regenerationszeit' (0,1 bis 1,2 %) und ‚Multitasking' (-1,1 bis 1,1 %) auf die $CO_2$-Emissionen ist vergleichsweise gering.[1] Erst kumuliert zeitigen die zeiteffizienten Praktiken eine insgesamt hochrelevante Wirkung.

Bei Mobilität und Multitasking fällt ins Auge, dass mit 1,4 % bzw. 1,1 % auch verringernde Effekte auf die $CO_2$-Emissionen möglich sind. Dies ist allerdings die Ausnahme und auch eher auf die Modelllogik als auf die Realität anwendbar. In Szenario B sinkt die Mobilitätszeit nur leicht. Die Mobilitätszeitreduktion ist auf die Optimierung des Verkehrs (außerhalb der Beeinflussung von Privatpersonen), was den Effekt des Umstiegs auf langsamere, aber $CO_2$-ärmere Verkehrsmittel auf die Mobilitätszeit überkompensiert. Zur Abbildung des Multitasking im Modell ist für das Über- bzw. Unterschreiten von 24 Stunden pro Tag eine Korrekturfunktion eingeführt und mit dem vergleichsweise niedrigen $CO_2$-Fussabdruck der Regeneration veranschlagt worden. Eine Senkung der $CO_2$-Emissionen durch Multitasking in den Szenarien B und C rührt daher, dass der Zeitüberschuss größer als 24 Stunden am Tag durch den unterhalb des $CO_2$-Fussabdrucks des Zeit-Rebound-Effektes liegenden $CO_2$-Fussabdrucks der Regeneration angesetzt wurde.

### 5.5.3 Der Einfluss von Zeit-Rebound-Effekten auf die $CO_2$-Emissionen

In analoger Weise wie für die zeiteffizienten Praktiken kann auch für den Zeit-Rebound-Effekt in den Referenzprojektionen und den Simulationen bei Einfrierung der $CO_2$-Emissionen der Einfluss auf die $CO_2$-Emissionen ausgeschlüsselt, diskutiert und anschließend aggregiert dargestellt werden.

*Tabelle 17: Der zukünftige Einfluss des Zeit-Rebound-Effektes (total) für neun Bevölkerungsgruppen in verschiedenen Szenarien.*

| | **Referenz** | | | | **Carbon Freeze** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Szenario** | A | B | C | *A2* | A | B | C | *A2* |
| Cluster1 | 5,7% | 1,0% | 2,5% | *6,9%* | 9,0% | 1,5% | 4,3% | *11,1%* |
| Cluster2 | 4,2% | 1,3% | 2,2% | *6,7%* | 6,4% | 2,0% | 3,8% | *10,5%* |
| Cluster3 | 3,9% | 0,7% | 2,1% | *6,4%* | 6,0% | 1,0% | 3,5% | *9,9%* |
| Cluster4 | 4,8% | 0,8% | 2,0% | *8,6%* | 7,8% | 1,1% | 3,4% | *14,0%* |
| Cluster5 | 3,5% | 1,5% | 2,6% | *6,2%* | 5,8% | 2,4% | 4,6% | *10,4%* |
| Cluster6 | 5,2% | 2,1% | 0,9% | *9,9%* | 8,6% | 3,4% | 1,5% | *16,8%* |
| Cluster7 | 6,0% | 0,8% | 2,7% | *9,6%* | 9,5% | 1,2% | 4,6% | *15,4%* |
| Cluster8 | 3,1% | 1,5% | 2,0% | *5,7%* | 5,1% | 2,5% | 3,4% | *9,4%* |
| Cluster9 | 4,7% | 1,1% | 1,7% | *9,7%* | 7,6% | 1,7% | 3,0% | *15,9%* |
| **Total** | 4,4% | 1,2% | 2,2% | *7,5%* | 7,0% | 1,9% | 3,8% | *12,2%* |

Der negative Einfluss des Zeit-Rebound-Effektes (gesamt) auf die $CO_2$-Emissionen reicht in den Referenzprojektionen von 1,2 % (Szenario B) bis zu 7,5 % (Szenario A2), in den Carbon Freeze-

[1] In Szenario A2 liegen die Maximalwerte durchgängig etwas höher. Eine Erwerbsarbeitszeitreduzierung ist nicht Gegenstand von Szenario A2, weshalb hierfür auch kein Einfluss angegeben werden kann.

Projektionen liegen die entsprechenden Einflüsse bei 1,9 % (Szenario B) bis zu 12,2 % (Szenario A2). Der Zeit-Rebound-Effekt hat durchgängig einen negativen Einfluss auf die $CO_2$-Emissionen. Tendenziell gilt auch hinsichtlich des negativen Einflusses des Zeit-Rebound-Effektes (gesamt) auf die $CO_2$-Emissionen diese Reihenfolge (absteigend): A2 > A > C > B, allerdings mit einer anderen Anomalie. Für Cluster 6 übersteigt der negative Einfluss des Zeit-Rebound-Effektes auf die $CO_2$-Emissionen in Szenario B denjenigen für Szenario C. Diese Aussage gilt sowohl für die Referenz- als auch für die Carbon Freeze-Projektionen. Auch hier zeigt sich das komplexe Zusammenspiel verschiedener Parameterentwicklungen, das ex ante nicht als Hypothese vorlag und empirischer Überprüfung bedarf. Insgesamt weist der Zeit-Rebound-Effekt eine gesellschaftlich relevante Größenordnung auf.

Im Folgenden wird der Einfluss des Zeit-Rebound-Effektes auf die $CO_2$-Emissionen nach direktem, indirektem und gesamtem Zeit-Rebound-Effekt für die Szenarien A, B und C in den Referenz- beziehungsweise Carbon Freeze-Projektionen unterteilt:

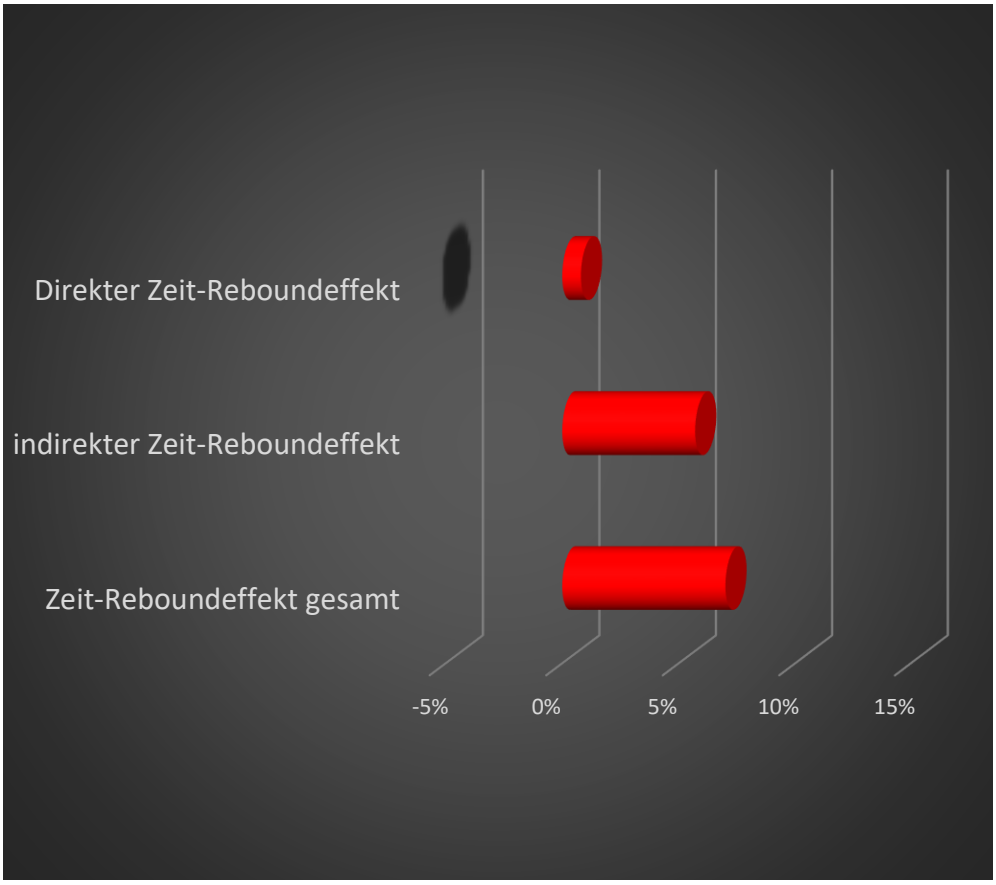


*Abbildung 26: Die Bandbreite des zukünftige Einflusses des Zeit-Rebound-Effektes auf die $CO_2$-Emissionen der Personen im erwerbsfähigen Alter in Deutschland (Szenarien A, B und C jeweils in Referenz- und Carbon Freeze-Projektion).*

Der Einfluss des Zeit-Rebound-Effektes (gesamt) auf die $CO_2$-Emissionen der Bevölkerung lässt sich nicht trivial aus seinen direkten und indirekten Komponenten zusammensetzen. Der Einfluss des direkten Zeit-Rebound-Effektes auf die $CO_2$-Emissionen wirkt mit 0,0 bis 0,8 % (Szenario A2 (nicht dargestellt) 0,5 %) minimal. Beim „Einfrieren“ des direkten Zeit-Rebound-Effektes springt in der Modellogik verstärkt der indirekte Zeit-Rebound-Effekt ein, während dies anders herum nicht der Fall

ist. Der Einfluss des indirekten Zeit-Rebound-Effektes auf die $CO_2$-Emissionen liegt zwischen 0,9 und 5,7 % (Szenario A2 (nicht dargestellt) 10,1 %). Der Einfluss des indirekten Zeit-Rebound-Effektes dominiert im Modell also den gesamten Einfluss des Zeit-Rebound-Effekt auf die $CO_2$-Emissionen.

Die folgenden beiden Abbildungen zeigen abschließend die Einflüsse des direkten, indirekten und gesamten Zeit-Rebound-Effektes auf die $CO_2$-Emissionen in den vier Szenarien im Überblick für die Referenzprojektionen und für die Carbon Freeze-Projektionen:

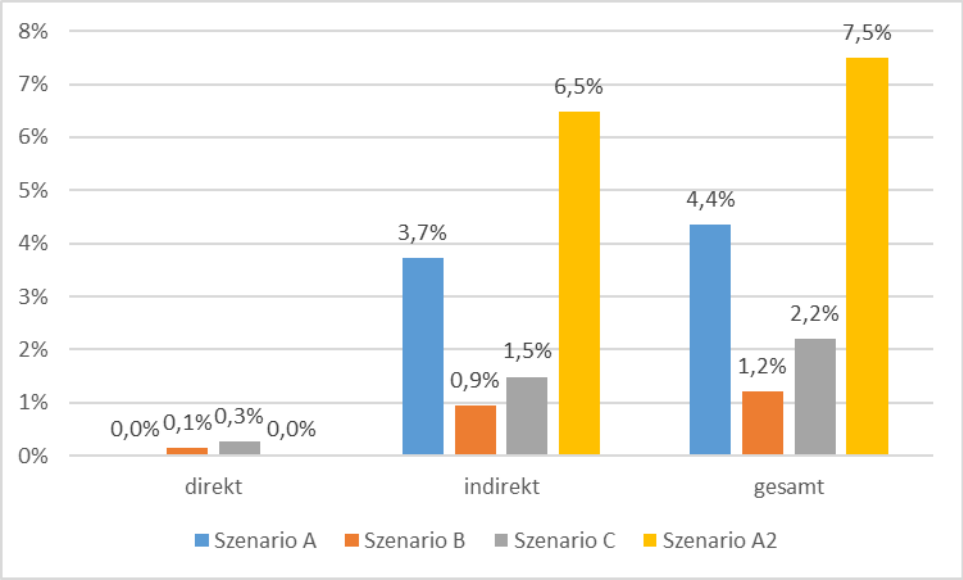


*Abbildung 27: Der zukünftige Einfluss des Zeit-Rebound-Effektes auf die $CO_2$-Emissionen der Personen im erwerbsfähigen Altern in Deutschland (Referenz).*

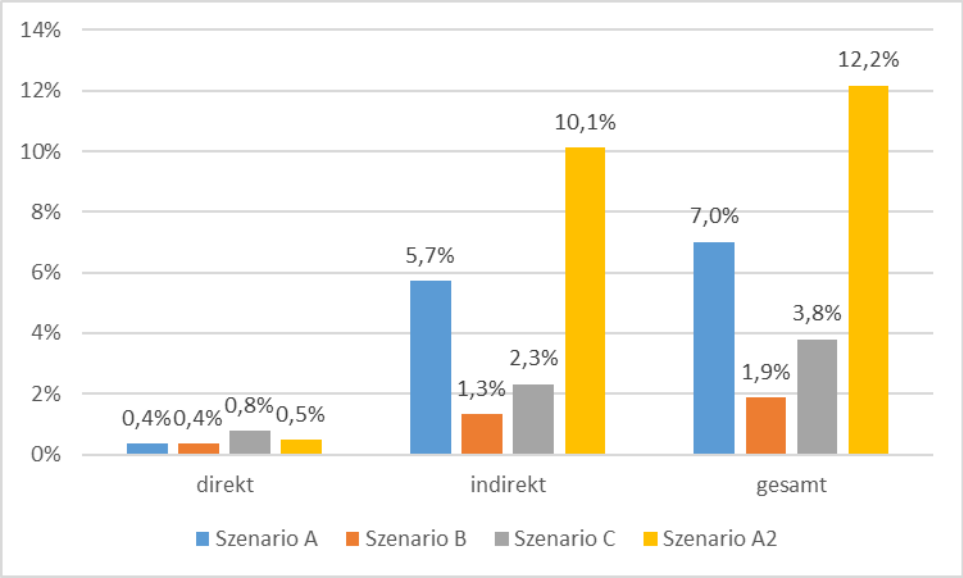


*Abbildung 28: Der zukünftige Einfluss des Zeit-Rebound-Effektes auf die $CO_2$-Emissionen der Personen im erwerbsfähigen Alter in Deutschland (Carbon Freeze).*

Auch für die beiden Wohlstandsindikatoren hat der **Zeit-Rebound-Effekt** in den Szenarien A, B und C eine erhöhende, hier allerdings erwünschte Wirkung in ähnlicher Größenordnung: **1,5-4,6 % beim Einkommen und 0,8-2,1 % beim Zeitwohlstand**.

# 6. Fazit

In der prospektiven systemdynamischen Modellierung wurde die Beschleunigung des Alltags infolge der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken abgebildet. Damit einher geht auch die Antizipation eines Zeit-Rebound-Effektes. Durch die Interpretation von Szenario-Texten im Hinblick auf Parameterwerte konnte die Zukunftsunsicherheit explizit gemacht werden. Im Ergebnis liegt ein Modell vor, in das zahlreiche empirische Werte und Zusammenhänge aus den ReZeitKon-Befragungen eingebettet sind. Zudem liegen Simulationsergebnisse in Form von Bandbreiten vor, die den Zukunftsunsicherheiten, konzeptionellen Schwierigkeiten und Parameterunsicherheiten Rechnung tragen.

## 6.1 Zusammenfassung

Insgesamt kann festgehalten werden, dass sich die $CO_2$-Emissionen in den drei Simulationen der Zukunftsszenarien erheblich unterscheiden. Zwischen den Szenarien gibt es einen $CO_2$-Emissionsunterschied von 11 %. Zeitpolitik hat deshalb ein nennenswertes Dekarbonisierungspotenzial, weil die Aktivitätsmuster mit ihrem jeweiligen $CO_2$-Fussabdruck zeitlich miteinander verwoben sind. Anders herum gesehen, scheint die gegenwärtige Politik des nachhaltigen Konsums bislang die zeitliche Verwobenheit der Aktivitätsmuster und daran gekoppelte Wechselwirkungen zu wenig zu beachten.

Die Bandbreite des Einflusses einzelner zeiteffizienter Praktiken auf die $CO_2$-Emissionen im Jahr 2040 reicht von 0,1 % bis 3,1 % bezogen auf das Jahr 2020. Alle zehn zeiteffizienten Praktiken zusammen bewirken einen Anstieg der $CO_2$-Emissionen um 0,7 % bis 7,4 %. Je nach Szenario **erhöht der Zeit-Rebound-Effekt die $CO_2$-Emissionen der Bevölkerung um 1,2 bis 4,4 %, im Extremszenario Szenario A2 um 7,5 %** bezogen auf die Werte im Jahr 2020. Ohne die simulierte Dekarbonisierung von Produktion und Konsumption würde der Zeit-Rebound-Effekt die $CO_2$-Emissionen der Bevölkerung sogar um 1,9 bis 7,0 %, im Extremszenario Szenario A2 um 12,2 % erhöhen.

Diese Simulationswerte für den Einfluss von zeiteffizienten Praktiken und von Zeit-Rebound-Effekten auf die $CO_2$-Emissionen der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter im Jahr 2040 mögen auf den ersten Blick gering erscheinen. Die Ursachen liegen insbesondere darin, dass (1) die objektive Zeitbetrachtung dazu zwingt, konsequent über die Verwendung „eingesparter“ Zeitbudgets und die daran geknüpften $CO_2$-Emissionen Rechenschaft abzulegen und dass (2) sich viele gegenläufige Effekte wechselseitig kompensieren. Die Bandbreite der $CO_2$-Emissionen der Zeit-Rebound-Effekte erklärt sich auch aus den unterschiedlichen Verwendungsmustern „eingesparter“ Zeit in den drei Szenarien.

## 6.2 Reflexion und Ausblick

Die Simulationsergebnisse haben demonstrativen Charakter, indem sie systemische Repercussions (dt.: Widerhall) der Verbreitung zeiteffizienter Praktiken beispielhaft abbilden. Wie in jeder Simulationsstudie ist auch in Bezug auf diese Studie mehr Validierung wünschenswert. Gleichwohl

halten wir die Größenordnungen der relativen Veränderungen für ausreichend robust: (1) der zukünftige Einfluss auf die $CO_2$-Emissionen der Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter in Deutschland liegt im Jahr 2040 für (1) zeiteffiziente Praktiken bei „vernachlässigbar" bis im höheren einstelligen Prozentbereich und für (2) den Zeit-Rebound-Effekt bei „vernachlässigbar" bis im niedrigen einstelligen Prozentbereich.

Die Modellierung im Vorhaben ReZeitKon hatte einige Besonderheiten:

- Das Befragungsdesign ermöglichte die **Analyse der Wechselbeziehungen** zwischen zeiteffizienten Praktiken, Zeitverwendung und Zeitwohlstand. Informationen zu zeiteffizienten Praktiken und zu Zeitwohlstand sind in der letzten Zeitverwendungserhebung des Statistischen Bundesamtes nicht erhoben worden (Statistisches Bundesamt 2013).
- Die **Segmentierung der Bevölkerung** nach Alter und Zeitwohlstand erlaubt eine differenzierte Ansprache und Adressierung von Gruppen mit ähnlichen Lebenslagen (Schäfer et al. 2012). Zeitwohlstand ist ein wichtiger Differenzierungsfaktor in Bezug auf die tatsächlichen Konsummuster und auch in Bezug auf die Veränderbarkeit dieser Konsummuster.
- Die **integrierte Szenario- und Modellentwicklung** erlaubt eine Ausweisung der Zukunftsunsicherheiten. Zusammen mit der Analyse konzeptioneller Unsicherheiten und von Parameterunsicherheiten ergeben sich Bandbreiten des zukünftigen Einflusses zeiteffizienter Praktiken und des zukünftigen Zeit-Rebound-Effektes.
- Das **Ausmaß der Effekte zukünftiger zeiteffizienter Praktiken und des zukünftigen Zeit-Rebound-Effektes** weist darauf hin, dass sie zwar relevant für die $CO_2$-Emissionen, aber nicht dramatisch groß sind. Durch Berücksichtigung des ganzen Alltags und von zahlreichen Balancing Loops wurde der „Entdeckung" großer $CO_2$-Einsparpotenziale Einhalt gegeben und stattdessen versucht, ein weitgehend realistisches Bild zu geben.
- Es konnte gezeigt werden, dass die großen Dekarbonisierungsversprechen und Veränderungen der erwerbsfähigen Bevölkerung in Deutschland bis 2040 einen erheblichen Einfluss auf die zukünftigen $CO_2$-Emssionen haben würden, wenn sie denn tatsächlich so eintreffen. Sie überlagern die zeitbezogenen Alltagsveränderungen und kaschieren diese nur zu leicht. Die Modellierung in ReZeitKon hat die **spezifischen Einflüsse von zeiteffizienten Praktiken und des Zeit-Rebound -Effektes** aus diesem Grunde **offengelegt**.

Mit dem ReZeitKon-Modell liegt nun ein Werkzeug vor, in dem umfangreiches Systemwissen abgebildet ist, dass als Grundlage für die Beantwortung zukünftiger Fragestellungen rund um den Alltag genutzt werden kann. Daran anknüpfend bieten sich einige Vertiefungs- und Erweiterungsmöglichkeiten:

1. Entsprechend der Aufgabenstellung wurden nur die Umwelteffekte einer Verwendung eingesparter Zeitbudgets für zusätzliche Aktivitäten angesetzt, nicht aber für eine Verlangsamung ohnehin angeführter Aktivitäten. Das Ausmaß dieser beiden Zeitwiederverwendungsmodi bedarf in Ergänzung der Befragung weiterer empirischer Überprüfungen, beispielsweise durch Beobachtungen und Experimente.

2. Der Modellogik sind „Zeiteinsparungen“ inhärent. Eine systematische Suche nach „Zeitfressern“ ist im Projekt mit dem Fokus auf Zeit-Rebound-Effekte nicht angelegt gewesen, für eine realistische Abbildung der zeitlichen Veränderungen des Alltags – neben anderen Faktoren (angebotsseitig, nachfrageseitig, monetär) – jedoch wichtig. Dieses Defizit erkennend, wurde in der dritten Welle der Befragung auch erhoben, woher Menschen Zeit nehmen, wenn sie zusätzliche Zeit für anderes benötigen. Eine Integration dieses Mechanismus in das Modell steht jedoch aus.
3. Die Zukunftsszenarien sind in pragmatischer Weise im Hinblick auf die Modellierung erstellt worden. Eine umfassende partizipative Foresight-Studie zur Zukunft der Alltagszeit würde durch die Aktivierung entsprechender Stakeholdergruppen Szenarien mit größerer Validität und Legitimität sowie aktivierende Prozesseffekte begünstigen.

Die Modellierung des Alltags in ReZeitKon kann als **zeitbezogener Einstieg in die integrierte sozial-ökologische Alltagsmodellierung** verstanden werden, die für die systemdynamische Abbildung der Wechselwirkungen verschiedener Parameter und von wirksamen Interventionsmöglichkeiten erweiterte Möglichkeiten bieten würde.

# 7. Literaturverzeichnis

Achachlouei, Ahmadi Mohammad; Hilty, Lorenz (2016): Using Systems Thinking and System Dynamics Modeling to Understand Rebound Effects. In: Jorge Marx Gómez, Michael Sonnenschein, Ute Vogel, Andreas Winter, Barbara Rapp und Nils Giesen (Hg.): Advances and new trends in environmental and energy informatics. Selected and extended contributions from the 28th International Conference on Informatics for Environmental Protection. Cham: Springer (Progress in IS), S. 237–255.

Auberger, Verena (2015): ZIELGRUPPENSEGMENTIERUNG IM KLEINEN BIOFACHHANDEL IN WIEN UNTER ANWENDUNG EINER CLUSTERANALYSE. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.

Backhaus, Klaus; Erichson, Bernd; Plinke, Wulff; Weiber, Rolf (2006): Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. 11. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Becker, Heike; Theis, Kristina (2016): Nachhaltige Entwicklung in deutschland. Indikatorenbericht 2016. Hg. v. Deutsches Statistisches Bundesamt.

Binswanger, Mathias (2001): Technological progress and sustainable development. What about the rebound effect? In: *Ecological Economics* 36 (1), S. 119–132. DOI: 10.1016/S0921-8009(00)00214-7.

Borshchev, Andrei; Filippov, Alexei (2004): From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools. In: *The 22nd International Conference of the System Dynamics Society*. Online verfügbar unter http://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/systemdyndiscreteeventabmcompared.borshchevfilippov04.pdf.

Brenčič, Vera; Young, Denise (2009): Time-saving innovations, time allocation, and energy use. Evidence from Canadian households. In: *Ecological Economics* 68 (11), S. 2859–2867. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2009.06.005.

Buhl, Johannes (2016): Rebound-Effekte im Steigerungsspiel. Zeit- und Einkommenseffekte in Deutschland. 1. Auflage. Baden-Baden: Nomos (Umweltsoziologie, Band 4).

Buhl, Johannes; Erdmann, Lorenz; Gerold, Stefanie; Geiger, Sonja M.; Jorck, Gerrit von; Schrader, Ulf (2021): Time use rebound effects from adopting time efficient practices in Germany: a zero-inflated negative binomial approach. ReZeitKon (Arbeitspapier des Fachgebiets Arbeitslehre/Ökonomie und Nachhaltiger Konsum, 3).

Cameron, Iwona; Lopez, Alfredo; Yule, Aaron (2021): Decarbonisation road map for the European food and drink manufacturing sector. A report for FoodDrinkEurope. Hg. v. Ricardo. Online verfügbar unter https://www.fooddrinkeurope.eu/wp-content/uploads/2021/09/Decarbonising-the-European-food-and-drink-manufacturing-sector_v2.pdf?msclkid=a21fbdc2aea911eca0ec8e836031a8f5.

Duffy, Bobby (2021): Generations. Does when you're born shape who you are? London: Atlantic Books.

Engelmann, Tobias; Speck, Melanie; Rohn, Holger; Bienge, Katrin; Langen, Nina; Howell, Eva et al. (2018): Sustainability Assessment of Out-of-Home Meals. Potentials and Challenges of Applying the Indicator sets NAHGAST Meal-Basic and NAHGAST Meal-Pro. In: *Sustainability* 10 (2), S. 562. DOI: 10.3390/su10020562.

Epstein, Joshua M. (2008): Why Model? In: *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 11 (4). Online verfügbar unter https://www.jasss.org/11/4/12.html.

Erdmann, Lorenz; Cuhls, Kerstin (2019): Sreening und Scoping: Entwicklung des Modellierungsrahmens für die Umweltmodellierung (AP 3.1). im Rahmen des Forschungsprojektes

ReZeitKon (Zeit-Rebound, Zeitwohlstand und nachhaltiger Konsum). Unter Mitarbeit von Jan Simon. Hg. v. (unveröffentlicht). Karlsruhe.

Erdmann, Lorenz; Hilty, Lorenz M. (2010): Scenario Analysis. In: *Journal of Industrial Ecology* 14 (5), S. 826–843. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2010.00277.x.

Erdmann, Lorenz; Pfaff, Matthias (2021): Der Einfluss zeiteffizienter Praktiken auf die Umwelt: Der CO2-Fußabdruck der Verwendung „eingesparter" Zeitbudgets. Unter Mitarbeit von Meent Mangels. Hg. v. Zeit-Rebound, Zeitwohlstand und nachhaltiger Konsum (Projekt ReZeitKon (Arbeitspapier des Fachgebiets Arbeitslehre/Ökonomie und Nachhaltiger Konsum, 4).

Geiger, Sonja; Freudenstein, Jan-Philipp; Yorck, Gerrit von; Gerold, Stefanie; Schrader, Ulf (2021): Time wealth: Measurement, drivers and consequences. In: *Current Research in Ecological and Social Psychology*. Online verfügbar unter DOI:10.1016/j.cresp.2021.100015.

Gerold, Stefanie; Geiger, Sonja M. (2020): Arbeit, Zeitwohlstand und Nachhaltiger Konsum während der Corona-Pandemie. ReZeitKon (Arbeitspapier des Fachgebiets Arbeitslehre/Ökonomie und Nachhaltiger Konsum, 2).

Hafner, Marco; Stepanek, Martin; Taylor, Jirka; Troxel, Wendy M.; van Stolk, Christian (2016): Why sleep matters - the economic costs of insufficient sleep. Hg. v. RAND Europe.

Han, Byung-Chul (2018): Müdigkeitsgesellschaft. Um die Essays Burnoutgesellschaft und Hoch-Zeit erweiterte Neuausgabe. Berlin: Matthes & Seitz (Fröhliche Wissenschaft, 098).

Herrmann, Annett (2009): Geordnete Zeiten? Grundlagen einer integrativen Zeittheorie. Zugl.: Münster, Univ., Diss., 2008. 1. Aufl. Münster: Westfälisches Dampfboot.

Hesse, Tilman; Bürger, Veit; Schlomann, Barbara (2016): Sektorale Emissionspfade in Deutschland bis 2050 – Gebäudesektor und Stromverbrauch Privathaushalte. Arbeitspaket 1.2 im Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Wissenschaftliche. Öko-Institut; Fraunhofer ISI; Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien.

Hilty, Lorenz; Arnfalk, Peter; Erdmann, Lorenz; Goodman, James; Lehmann, Martin; Wäger, Patrick A. (2006): The relevance of information and communication technologies for environmental sustainability: a prospective simulation study. In: *Environmental Modelling & Software* 21, S. 1618–1629. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.envsoft.2006.05.007.

ITU, GeSI, GSMA and Science Based Targets Initiative (2020): GUIDANCE FOR ICT COMPANIES SETTING SCIENCE BASED TARGETS. MOBILE NETWORKS OPERATORS, FIXED NETWORKS OPERATORS AND DATA CENTRES OPERATORS. Hg. v. ITU, GeSI, GSMA and Science Based Targets Initiative. Online verfügbar unter https://sciencebasedtargets.org/resources/legacy/2020/04/GSMA_IP_SBT-report_WEB-SINGLE.pdf.

Jalas, Mikko (2002): A time use perspective on the materials intensity of consumption. In: *Ecological Economics* 41 (1), S. 109–123. DOI: 10.1016/S0921-8009(02)00018-6.

Jorck, Gerrit von (2019): Zeitwohlstand. Hg. v. ReZeitKon (Arbeitspapier).

Kahlenborn, Walter; Keppner, Benno; Uhle, Christian; Richter, Stephan, Jetzke, Tobias (2019): Konsum 4.0: Wie Digitalisierung den Konsum verändert. Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/konsum-40-wie-digitalisierung-den-konsum-veraendert.

Kleinhückelkotten, Silke; Neitzke, Hans-Peter; Moser, Stephanie (2016): Repräsentative Erhebung von Pro-Kopf- Verbräuchen natürlicher Ressourcen in Deutschland (nach Bevölkerungsgruppen). Hg. v. Umweltbundesamt (texte, 39).

Klobasa, Marian; Pelka, Sabine; Martin, Nicholas; Erdmann, Lorenz; Gutknecht, Ralph; Heimberger, Heidi et al. (2021): Plattformbasierte Datenökonomie. Ein strategisches Eigenforschungsprojekt des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI. Hg. v. Fraunhofer ISI. Karlsruhe.

Liersch, Anja; Asef, Dominik (2016): Kultur und kulturelle Aktivitäten in Deutschland. Sonderauswertung der Zeitverwendungserhebung. Hg. v. Deutsches Statistisches Bundesamt.

Martin, Benoit; Pestiaux, Julien; Schobbens, Quentin; Emmrich, Julie; Hagemann, Markus (2020): A radical transformation of mobility in Europe: Exploring the decarbonisation of the transport sector by 2040. Explorative scenario and related policy packages. Climact; New Climate Institute. Online verfügbar unter https://newclimate.org/2020/09/04/a-radical-transformation-of-mobility-in-europe/.

Oehlmann, Malte; Linsenmeier, Manuel; Kahlenborn, Walter; Götting, Katharina; Klaas, Katharina; Ciroth, Andreas et al. (2021): Wirkungen veränderter Einkommen auf den Ressourcenverbrauch. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA-Texte, 4/2021).

Pamlin, Dennis (2010): TRANSFORMATIVE CALCULATIONS. Calculating the impacts of transformative low-carbon solutions. Hg. v. Caring for Climate und WWF. Low Carbon Leaders. Online verfügbar unter https://static1.squarespace.com/static/59dc930532601e9d148e3c25/t/59fa75c80846654cd8e12ae9/1509586388430/TRANSFORMATIVE+CALCULATIONS+Calculating+the+impacts+of+transformative++low-carbon+solutions-UNGC.pdf, zuletzt geprüft am 25.02.2022.

ReZeitKon (2020): Ergebnisse der Repräsentativbefragung. 1. Welle.

Rieger, Stefan (2012): Multitasking. 1. Aufl. Berlin: Suhrkamp (edition unseld, 46).

Rinderspacher, Jürgen P. (2017): Mehr Zeitwohlstand! Für den besseren Umgang mit einem knappen Gut. 1. Auflage. Freiburg: Verlag Herder (HERDER spektrum, Band 6833).

Roos, Michael; Siegmann, Marvin (2018): Gesamtwirtschaftliche Kosteneinsparpotenziale durch das automatisierte Fahren (TATUB, 2).

Rosa, Hartmut (2005): Beschleunigung. Die Veränderung der Zeitstrukturen in der Moderne. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.

Rumbolz, Philip (2013): Untersuchung der Fahrereinflüsse auf den Energieverbrauch und die Potentiale von verbrauchsreduzierenden Verzögerungsassistenzfunktionen beim PKW. Dissertation. Universität Stuttgart.

Sargent, Robert (2010): Verification and validation of simulation models. In: Björn Johansson (Hg.): Winter Simulation Conference (WSC); 2010; Baltimore, Md. Modeling and Analysis for Semiconductor Manufacturing Conference: IEEE, S. 183–195.

Schäfer, Martina; Jaeger-Erben, Melanie; Bamberg, Sebastian (2012): Life Events as Windows of Opportunity for Changing Towards Sustainable Consumption Patterns? In: *J Consum Policy* 35 (1), S. 65–84. DOI: 10.1007/s10603-011-9181-6.

Schmidt, Thomas; Schneider, Felicitas; Leverenz, Dominik; Hafner, Gerold (2019): Lebensmittelabfälle in Deutschland - Baseline 2015 (Thünen Report, 71).

Schumacher, Katja; Wolff, Franziska; Cludius, Johanna; Fries, Tilmann; Hünecke, Katja; Postpischil, Rafael; Steiner, Viktor (2019): Arbeitszeitverkürzung – gut fürs Klima? Treibhausgasminderung durch Suffizienzpolitiken im Handlungsfeld „Erwerbsarbeit“. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (UBA-Texte, 105).

Seidl, Irmi; Zahrnt; Angelika (2019): Neugewichtung von Erwerbsarbeit und Tätigsein für eine Postwachstumsgesellschaft. In: *Ökologisches Wirtschaften* 34 (1). Online verfügbar unter DOI 10.14512/OEW340117.

Shove, Elizabeth (2003): Comfort, cleanliness and convenience. The social organization of normality. Oxford, England, New York: BERG (New technologies/new cultures series).

Solér, Cecilia (2018): Stress, affluence and sustainable consumption. Abingdon, Oxon, New York, NY: Routledge, an imprint of the Taylor & Francis Group (Routledge studies in sustainability).

Statistik Austria (2012): Zeitverwendungserhebung 2008/2009. Nebentätigkeiten im Vergleich zu Haupttätgkeiten. Erstellt am01.02.2012. Statistik Austria.

Statistisches Bundesamt (2013): Zeitbudgets - Tabellenband I. Zeitbudgeterhebung: Aktivitäten in Stunden und Minuten nach Geschlecht, Alter und Haushaltstyp. Hg. v. Statistisches Bundesamt.

Statistisches Bundesamt (2021a): Bevölkerungstand. Bevölkerung: Deutschland, Stichtag, Altersjahre. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/_inhalt.html#sprg475598, zuletzt geprüft am 24.11.2021.

Statistisches Bundesamt (2021b): Volkswirtschaftliche Gesamtrechungen 2020. Inlandsproduktberechnung. Lange Reihen ab 1970. Hg. v. Statistisches Bundesamt.

Steiner, Michael; Steidler, Hanna; Matuschke, Markus; Lehmann, Klaudia; Schüssler, Reinhard (2012): Dynamisierung des Marktes haushaltsnaher Dienstleistungen. Hg. v. Prognos AG.

Steinwender, Dana (2016): Typologisierung von Online-Käufern mithilfe der Clusteranalyse gezeigt am Beispiel von Customized Food. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien.

Trommer, stefan; Kolarova, Viktoriya; Fraedrich, Eva; Kröger, Lars; Kickhöfer, Benjamin; Kuhnimhof, Tobias et al. (2016): Autonomous Driving. The Impact of Vehicle Automation on Mobility Behaviour. Institute for Mobility Research.

Virilio, Paul; Wilczek, Bernd (1990): Rasender Stillstand. Essay. München: Hanser (Edition Akzente).

# Anhang

## A 1. Terminologie zur Quantifizierung von Szenarien im Simulationsmodell

Die hier aufgeführten Begriffsdifferenzierungen sind erforderlich, um ein zu modellierendes System von der immensen realen Systemkomplexität abzugrenzen.

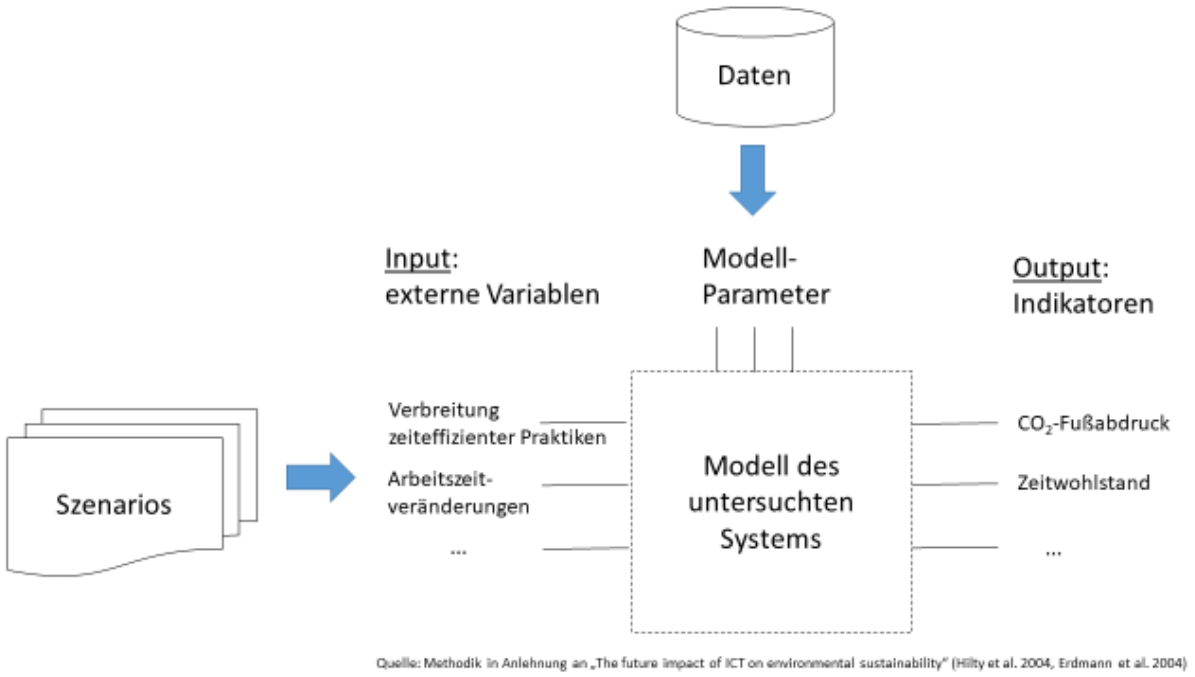


*Abbildung 29: Vorgehen bei der Quantitativen prospektiven Modellierung (eigene Darstellung in Anlehnung an (Hilty et al. 2006)).*

**Externer Faktor (kurz "Faktor"):** Ein Konzept, das einen externen Einfluss auf das untersuchte System darstellt. Ein Faktor kann durch eine Gruppe von Input-Variablen oder Konstanten (detaillierter) beschrieben werden. Ist dies nicht möglich, fehlen wichtige Variablen oder Konstanten. Von externen Faktoren wird angenommen, dass sie einen starken Einfluss auf das System haben.

Beispiel: Die Akzeptanz von zeiteffizienten Technologien.

**Szenario**: Ein Szenario ist ein konsistentes Set aus Annahmen über alle als relevant erachteten Faktoren. Darüber hinaus kann es qualitative Aussagen über die erwarteten Auswirkungen auf die relevantesten Variablen jeglicher Art enthalten. Schlüsselfaktoren (vgl. externe Faktoren) sind qualitativ, übergreifend und definieren die Szenarien.

**Einflussmatrix**: Eine Matrix, in der die wichtigsten Variablen (die für alle Szenarien und für das Modell gleich sind) und deren gegenseitige Beeinflussung dargestellt sind.

**Variable**: Eine im Modell oder in einem Szenario bezeichnete Größe, die sich im Laufe der Zeit (innerhalb eines bestimmten Zeithorizonts) ändern kann.

**Konstante**: Eine im Modell oder in einem Szenario bezeichnete Größe, von der angenommen wird, dass sie sich im Laufe der Zeit (innerhalb des gegebenen Zeithorizonts) nicht ändert.

**externe Variable (Input Variable):** Eine Variable, die nicht von anderen Variablen innerhalb der Begrenzung des Systems (die für die Szenarien und das Modell gewählt ist) beeinflusst wird. Die Werte

von externen Variablen (z. B. Zeitreihen) dienen als Ausgangsdaten für die Berechnung des Modells. Externe Variablen treiben somit das Modell unter Berücksichtigung von Szenarien von „außen".

Beispiel: Der Bevölkerungszahl den Status einer Input Variablen zu geben, bedeutet, dass wir davon ausgehen, (i) dass die Bevölkerungszahl die $CO_2$-Emissionen beeinflussen kann und (ii) dass die $CO_2$-Emissionen die Bevölkerungszahl innerhalb des gegebenen Zeithorizonts (2040) *nicht* in relevanter Weise beeinflussen wird.

**Indikator (Output Variable)**: Eine Variable, die für das quantifizierte Ergebnis der Modellierung steht. Die Werte aller Output Variablen bilden die Ergebnisdaten eines Modelllaufes.

Beispiel: Der $CO_2$-Fußabdruck stellt eine Output Variable dar, deren Werte aus den Interaktionen anderen Variablen errechnet wird.

**Parameter (Interne Variable):** Interne Variablen übersetzen die externen Variablen durch die interne Mechanik des Modells in Werte für die Output Variablen. Auch über interne Variablen kann das Modell getrieben werden, wie z. B. die Diffusionsrate einer zeiteffizienten Praxis.

**Kausaler Link:** Eine direkte Beziehung zwischen zwei Variablen, die zum Ausdruck bringt, dass die Änderung des Wertes der einen Variablen eine Änderung des Wertes der anderen Variablen verursachen kann.

**Systemdynamische Modellierung:** Basierend auf Bestandsgrößen (Stocks), Veränderungsraten (Flows) und Hilfsgrößen (Auxiliaries) werden Diagramme für die Zusammenhänge dieser Variablen hergestellt. Somit können komplexe Wirkungsketten abgebildet und die systemischen Wirkungen der gleichzeitigen Änderung von Variablen berechnet werden, die sich menschlicher Intuition und Vorstellungskraft entziehen.

**Mittleres Abstraktionsniveau**: Das Modell befindet sich auf einer „*mittleren* Abstraktionsebene". Diese enthält die Variablen, mit denen die Berechnungen durchgeführt werden. Beispiel: % Auto im Modal Split. Auf einem niedrigen Abstraktionsniveau (z. B. % Haushalte mit E-Bike) würde das Modell viel zu groß werden und es gäbe zu viele Informationslücken. Auf einem hohen Abstraktionsniveau ist in der Regel keine sinnvolle Quantifizierung möglich (z. B. Mobilität). Um im Modellierungsprozess ein konsistentes mittleres Abstraktionsniveau zu erreichen, werden deshalb Variablen auf einem niedrigen Abstraktionsniveau zu einem mittleren Abstraktionsniveau aggregiert (z. B. Verkehr zu Fuß und Verkehr mit dem Fahrrad zu nicht-motorisiertem individuellen Verkehr (NMIT) oder induktiv verallgemeinert (z. B. Veränderung der Online Shopping-Rate für Kleidung stellvertretend für Trendprodukte) und Variablen auf einem hohen Abstraktionsniveau im Hinblick auf ein mittleres Abstraktionsniveau spezifiziert (z. B. Mobilität spezifiziert zu Personenverkehrsleistung für MIV, NMIT und öffentlicher Verkehr).

## A 2. Online-Befragungen im Projekt ReZeitKon

Die 1. und 3. Welle der Befragung sind repräsentativ für die Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter (18 bis 67 Jahre) mit Wohnsitz in Deutschland. Die 1. Welle der Befragung erfolgte kurz vor dem bundesweiten Lockdown (ReZeitKon 2020). Um Hinweise auf veränderte Alltagsmuster in zeitlicher und Konsum-Hinsicht zu erhalten wurde während des bundesweiten Lockdowns eine 2. Befragungswelle mit einer zufälligen Auswahl der Befragten aus der 1. Welle getroffen. In der 3. Welle waren die Lockdown-Maßnahmen nahezu vollständig wieder zurückgenommen.

*Tabelle 18: Die drei Wellen der Befragung in ReZeitKon im Vergleich.*

| | **1. Welle** | **2. Welle** | **3. Welle** |
|---|---|---|---|
| **Grundgesamtheit** | Wohnbevölkerung in Deutschland im Alter von 18-67 Jahren | Teilnehmende der 1. Welle | Teilnehmende der 1. Welle |
| **Stichprobengröße** | N = 2.015 | N = 962 | N = 1.005 |
| **Sampling** | Repräsentativ für die Grundgesamtheit nach Alter, Geschlecht, Bildung und Bundesland | Heterogene soziodemographische Verteilung, aber zufällige Auswahl der Wiederbefragten ohne harte Quoten | Vollerhebung aller Teilnehmenden der 1. Welle |
| **Felddauer** | 10.2.-24.2.2020 | 8.4.-21.4.2020 | 28.4.-11.5.2021 |

Quelle: Methodenberichte der aproxima Gesellschaft für Markt- und Sozialforschung Weimar mbH (24.2.2020, 23.4.2020, 17.5.2021)

Ausgehend von den in SPSS vorliegenden Rohdaten aus der Befragung wurden verschiedene Aktivitäten durchgeführt, um eine analytische Basistabelle (ABT) zu erstellen. Variablen wurden re-codiert, Ausreißer wurden eliminiert, der Umgang mit fehlenden Werten wurde hinterlegt und Hilfsvariablen (u. a. für die Abbildung der neun Cluster) wurden programmiert. Die Datenaufbereitung umfasste die Analyse von Häufigkeitsverteilungen, die Bildung von clusterspezifischen Mittelwerten, Korrelationsanalysen und Clusteranalysen.

***

Grundlegende Auswertungen von der TU Berlin durchgeführt und in separaten Dokumenten publiziert (Geiger et al. 2021; Gerold und Geiger 2020).

## A 3. Elemente der integrierten Validierung

*Tabelle 19: Explorative Interviews zu Zukünften der Zeitnutzung für die Entwicklung des Modellrahmens.*

| Wer? | Wann? | Wozu? |
|---|---|---|
| **Michelle Bastian (University of Edinburgh** | 05.11.2019 | • Netz der Zeit, soziale Zeit<br>• Aufmerksamkeitszugriff und Prioritätensetzung |
| **Jan Bieser (Universität Zürich)** | 09.10.2019 | • Konzeptioneller Rahmen für die Abschätzung des Einflusses von IKT auf die Umwelt<br>• Identifizierung von Entwicklungen, die unsere Zeitnutzung nennenswert verändern können |
| **Rachel Freeman (University of Manchester)** | 14.10.2019 | • Rebound-Effekte in langfristiger Perspektive<br>• Feedback im Anthropozän |
| **Prof. Elisabeth Shove und Stan Blue (Lancaster University)** | 19.11.2019 | • Kollektive Deutbarkeit des Modells der individuellen Agency<br>• Zeitliche Verfasstheit der Gesellschaft |

Anmerkung: Die Personen wurden telefonisch interviewt von Lorenz Erdmann und Kerstin Cuhls vom Fraunhofer ISI (Erdmann und Cuhls 2019).

Aus den Interviews konnten wesentliche Einsichten zu den Grenzen der quantitativen Modellierung gewonnen werden und führten zur Aufnahme nicht oder nur schwer quantifizierbarer Aspekte in die Zukunftsszenarien.

*Tabelle 20: Break-Out Session zur Konzeption von Szenarien und Impact Kategorien (Zweite Beiratssitzung am 28. Februar 2020).*

| Wer? |
|---|
| **Norbert Reuter (ver.di)** |
| **Angelika Zahrnt (ehemalige Vorsitzende des BUND)** |
| **Lorenz Erdmann (Fraunhofer ISI)** |

Aufbauend auf der Break-Out Session zur Umweltmodellierung wurde die Ergänzung von Konsumpraktiken durch die Erwerbsarbeitszeit und die multidimensionale Ergebnisdarstellung mit Indikatoren für die $CO_2$-Emissionen und den Wohlstand beschlossen.

*Tabelle 21: Teilnehmende an der interaktiven Session zur Schlüsselfaktorprojektion (PIW 5 am 7. Oktober 2020).*

| Wer? |
|---|
| **Claire Grauer (Leuphana Universität)** |
| **Pascal Frank (Leuphana Universität)** |
| **Stefanie Gerold (TU Berlin)** |
| **Gerrit von Yorck (TU Berlin)** |
| **Max Priebe (Fraunhofer ISI)** |
| **Lorenz Erdmann (Fraunhofer ISI)** |
| **Meent Mangels (Fraunhofer ISI)** |

Die Session zur Projektion von Schlüsselfaktoren lieferte die unterschiedlichen zukünftigen Ausprägungen übergeordneter qualitativer Faktoren, die aufbereitet und in modifizierter Form in die Rohversionen der Zukunftsszenarien eingegangen sind.

*Tabelle 22: Kommentierung initialer Kausalschleifendiagramme.*

| Wer? | Wann? | Wozu? |
|---|---|---|
| **Dr. Johannes Buhl (Stadt Sonthofen)** | Q4/2020 | • Kausalschleifendiagramm Verwendung von Zeitdifferenzen |
| **Dr. Matthias Pfaff (Fraunhofer ISI, CCN)** | Q4/2020 | • Kausalschleifendiagramm Mobilitätspraktiken |
| **Stefan Schridde (ARGE Regio, Murks - Nein Danke!)** | Q4/2020 | • Kausalschleifendiagramm Konsumpraktiken |
| **Ariane Voglhuber-Slavinsky (Fraunhofer ISI, CCV)** | Q4/2020 | • Kausalschleifendiagramm Ernährungspraktiken |

Zentrale Kausalschleifendiagramme wurden Fachexpert:innen zur Kommentierung übermittelt und daraufhin angepasst. Diese Modifikationen wurden dann bis in die quantitative Modellierung überführt.

*Tabelle 23: Teilnehmende am Validierungsworkshop am 12. und 13. August 2021.*

| Wer? | Institution |
|---|---|
| **Jan C. T. Bieser** | Department of Informatics, University of Zurich |
| **Andreas Ciroth** | GreenDelta |
| **Julia Olliges** | adelphi |
| **Christa Liedtke** | Wuppertal-Institut |
| **Lars Brischke** | IFEU |
| **Thomas Kantermann** | FOM Münster |
| **Elke Loichinger** | BiB |
| **Ingmar Mundt** | Universität Passau |
| **Frank Schätter** | FH Pforzheim |
| **Matthias Pfaff** | ISI CCN |
| **Wassili Lasarov** | Christian-Albrechts-Universität zu Kiel |
| **Lorenz Erdmann** | Fraunhofer ISI |
| **Meent Mangels** | Fraunhofer ISI |
| **Max Priebe** | Fraunhofer ISI |

Der Validierungsworkshop lieferte sowohl konkrete Schätzwerte zu zukünftige Parameterausprägungen als auch Kommentare und Anregungen zur Verfeinerung der Modellierung. Der Umgang mi diesen Hinweisen ist in folgender Tabelle dokumentiert.

*Tabelle 24: Umgang mit den Hinweise und Anregungen vom Validierungsworkshop am 12. und 13. August 2021.*

| Nr. | Kommentar/Anregung | Umgang |
|---|---|---|
| **1** | Unterscheidung von Schlaf wochentags und am Wochenende | Differenzierung von sleep wd und sleep we, |
| **2** | Dauer und Lage des Schlafes als Determinanten für Leistungsfähigkeit (und Gesundheit) | Je höher das sleep wd Defizit, desto höher die Allokation der Verwendung von „eingesparter" Zeit zu Arbeit und zu einer sleep we Kompensation |
| **3** | Die Szenarien unterscheiden sich im Verhältnis von Erwerbsarbeit zu nicht bezahlter Arbeit | Einführung einer Variable haushaltsnahe Dienstleistungen (domestic services) mit clusterspezifischer Verbreitung |
| **4** | Wie hoch ist die Erwerbstätigenquote in den Szenarien? | Einführung einer Variable Erwerbstätigenquote (share of people at work) ohne clusterspezifische Verbreitung |
| **5** | Dauer und Lage der Arbeit als Determinanten für Leistungsfähigkeit (und Gesundheit) | Indirekt über das sleep wd Defizit berücksichtigt; keine direkte Modellierung, weil es in alle drei Szenarien zu keiner Erhöhung der wöchentlichen Arbeitszeit kommt und die aggregierten individuellen Effekte bereits in den Basisdaten für 2020 inkorporiert sind |
| **6** | Erwerbsarbeitsentwicklung in Szenario A | Interpretation nicht als Ausweitung von Erwerbarbeit, sondern als Intensivierung der Erwerbsarbeit (work hard) mit dem Gegenspieler intensive Freizeit (play hard) |
| **7** | Bedarf nach Mehrarbeit in Szenario C | Berücksichtigung über eine erhöhte Allokation „eingesparter Arbeit" in Erwerbsarbeit und nicht bezahlte Arbeit |
| **8** | Dynamischer Carbon Footprint | Einführung von Dekarbonisierungsvariablen linear über die Zeit ohne Szenarienpezifische Verbreitung |
| **9** | Differenzierung nach Einkommensklassen | Über die Variable income simulated abhängige Variable für jedes Cluster |

Anmerkung: Die Anregungen X1 Menschen mit höheren Einkommen nehmen eher Eltern- und Kinderzeit und X2 Schlafqualität wurden wegen fehlender empirischer Überprüfbarkeit in der Befragung, die Anregungen Y1 Dekomposition der Carbon Sektoremissionen, Y2 Balancing Loops über Zufriedenheit mit Arbeit, Gesundheit und Privatleben, Y3 Zeitwohlstand als Distinktionsmerkmal der Elite in einer weniger materiellen Welt wurden wegen unzureichender Operationalisierbarkeit hier nicht aufgegriffen, aber als wichtige Hinweise für die Weiterentwicklung des Modells gesehen.

*Tabelle 25: Beiträge auf der Modellierungssession am 7. Oktober 2021 auf der Tagung „Zeit und Nachhaltigkeit".*

| Wer? | Titel |
|---|---|
| **Johannes Buhl und Kolleg:innen (Stadt Sonthofen)** | Zeitnutzungs-Rebound-Effekte durch die Einführung zeiteffizienter Praktiken in Deutschland |
| **Lorenz Erdmann und Kolleg:innen (Fraunhofer ISI)** | Die Verwendung „eingesparter" Zeitbudgets in sozial-ökologischer und prospektiver Perspektive |
| **Barbara Smetschka und Kolleginnen (Universität für Bodenkultur Wien)** | Zeit zwischen Klimakrise, Alltagsstress und Lebensqualität |

Anmerkung: Moderation durch Kerstin Cuhls vom Fraunhofer ISI.

Die Modellierung wurde im Rahmen des Vortrags „Die Verwendung „eingesparter" Zeitbudgets in sozial-ökologischer und prospektiver Perspektive" vorgestellt. Diskussionsthemen waren die raren Fördermöglichkeiten für Projekte im Kontext von Zeit und Nachhaltigkeit und damit auch die geringe politische Resonanzfähigkeit des Themas, die weitgehend übereinstimmende Konzeption der Lebensbereiche in den Beiträgen sowie der Mehrwert der ReZeitKon-Modellierung im Vergleich zu anderen Studien im Kontext von Zeit und Nachhaltigkeit durch die explizite Erhebung der Veränderung „Wofür würden Sie mit eine zusätzliche Stunde am Tag verwenden?".

## A 4. Parameter und Algorithmen

In diesem Anhand werden die in Abschnitt 3 beschriebenen Module mit den verwendeten Input-Daten und Algorithmen spezifiziert.

Jenseits der Grundrechenarten sind für die prospektive Modellierung folgende Formeltypen verwendet worden:

**CAGR (Compound Annual Growth Rate)**

$$CAGR = (\sqrt[n]{Endwert/Anfangswert} - 1)$$

mit:

n = letztes betrachtetes Zeitintervall (Woche/Jahr) - erstes betrachtetes Zeitintervall (Woche/Jahr)

**Diffusionsmodell (Bestandsentwicklung in Form einer S-Kurve)**

$$P(t) = \frac{P_0 \times S}{P_0 + (S - P_0) \times e^{-k \times S \times t}}$$

mit:

$P_0$ = Initialwert des Bestandes

S = Sättigungswert des Bestandes

k = Wachstumskonstante

t = Simulationszeit

**Zeiteinsparung (Algorithmus in Ventity™)**

$$\frac{\delta y}{\delta t} = DelayInformation(y, timedelay, y_0) - y$$

mit:

y = Zeiteinsparung durch Verbreitung zeiteffizienter Praktiken

timedelay = 1 (entspricht dem Modellierungsintervall von einer Woche und bestimmt damit die Änderungsrate, also die 1. Ableitung)

$y_0$ = Initialer Wert der Zeiteinsparung

t = Simulationszeit

Im Folgenden werden die Initialisierungswerte, Wachstumsraten und Koeffizienten für jedes Modellierungsmodul dargestellt, die schließlich die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken und Bevölkerungsveränderungen in $CO_2$-Emissionswerte zwischen 2020 und 2040 überführen.[1]

[1] Nicht aufgeführt sind die ursprünglichen Variablenwerte, aus denen abgeleitete Größen wie z. B. die Erwerbstätigenquote berechnet wurden.

## A 4.1 Bevölkerungsmodul – Population Entity

Die Entwicklung der Bevölkerung in den drei differenzierten Kohorten entstammt Angaben des Statistischen Bundesamtes, die Zuordnung auf Zeitwohlstandsklassen 2020 der ReZeitKon-Befragung und der Veränderungen in den Szenarios bis 2040 aus dem Validierungsworkshop. Wöchentliche Zwischenwerte sind linear interpoliert worden.

*Tabelle 26: Entwicklung der Bevölkerung in den drei differenzierten Kohorten nach Simulationswochen [1.000 Personen, gerundet].*

| Week: | 0 | 52 | 104 | 156 | 208 | 260 | 312 | 364 | 416 | 468 | 520 | 572 | 624 | 676 | 728 | 780 | 832 | 884 | 936 | 988 | 1040 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18-29a | 11336 | 11157 | 11023 | 10904 | 10766 | 10630 | 10504 | 10348 | 10159 | 10017 | 9888 | 9791 | 9743 | 9750 | 9782 | 9849 | 9926 | 10017 | 10093 | 10161 | 10245 |
| 30-49a | 20967 | 21046 | 21030 | 21083 | 21197 | 21293 | 21381 | 21468 | 21544 | 21572 | 21560 | 21480 | 21353 | 21193 | 21032 | 20866 | 2067 | 20431 | 20181 | 19907 | 19635 |
| 50-67a | 22070 | 22178 | 22219 | 22136 | 21961 | 21754 | 21513 | 21276 | 21002 | 20712 | 20399 | 20132 | 19826 | 19523 | 19234 | 18952 | 18718 | 18555 | 18468 | 18492 | 18535 |
| gesamt | 54373 | 54381 | 54272 | 54123 | 53924 | 53677 | 53398 | 53092 | 52705 | 52301 | 51847 | 51403 | 50922 | 50466 | 50048 | 49667 | 49314 | 49003 | 48742 | 48560 | 48415 |

Quelle: (Statistisches Bundesamt 2021a)

*Tabelle 27: Verteilung von Personen innerhalb einer Alterskohorte auf Zeitwohlstandsklassen [Anteile, gerundet].*

| | Zeitwohlstand | Basis 2020 | Szenario A 2040 | Szenario B 2040 | Szenario C 2040 |
|---|---|---|---|---|---|
| Kohorte 50-67 Jahre | Gering | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 |
| | Mittel | 0,5 | 0,5 | 0,55 | 0,5 |
| | Hoch | 0,3 | 0,3 | 0,35 | 0,3 |
| Kohorte 30-49 Jahre | Gering | 0,4 | 0,5 | 0,2 | 0,4 |
| | Mittel | 0,45 | 0,35 | 0,55 | 0,55 |
| | Hoch | 0,15 | 0,15 | 0,25 | 0,05 |
| Kohorte 18-29 Jahre | Gering | 0,4 | 0,5 | 0,2 | 0,45 |
| | Mittel | 0,45 | 0,35 | 0,55 | 0,45 |
| | Hoch | 0,15 | 0,15 | 0,25 | 0,1 |

Anmerkungen: Die Ausgangswerte für 2020 beruhen auf Auswertungen der repräsentativen Befragung (ReZeitKon 2020, 1. Welle) und wurden für den Workshop gerundet; die Schätzwerte für 2040 stammen aus dem Validierungsworkshop vom 12. August 2021)

## A 4.2 Praxismodul – Commitments Entity

Die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken ist in der Commitments Entity mit der Diffusionsformel berechnet worden.

*Tabelle 28: Parameterwerte für die Commitments Entity – Meal Preparation 1, cluster-specific.*

| | **away meals initial** | **home meals cold initial** | **home meals warm initial** | **delivery meals initial** | **growth rate home meals warm** |
|---|---|---|---|---|---|
| Einheit | n/w | n/w | n/w | n/w | dmnl/w |
| **Szenario** | A, A2, B, C | A, A2, B, C | A, A2, B, C | A, A2, B, C | Szenario B |
| cluster1 | 1,6 | 5,9 | 4,9 | 0,21 | 0,0002 |
| cluster2 | 2,12 | 6,2 | 5,1 | 0,17 | 0,00017 |
| cluster3 | 1,24 | 5,5 | 5,5 | 0,16 | 0,00015 |
| cluster4 | 3,28 | 6,9 | 4,8 | 0,48 | 0,0002 |
| cluster5 | 3,12 | 5,7 | 4,7 | 0,45 | 0,00017 |
| cluster6 | 1,79 | 6,2 | 5,6 | 0,41 | 0,00015 |
| cluster7 | 4,43 | 7,2 | 5,2 | 0,51 | 0,00018 |
| cluster8 | 3,78 | 6,4 | 5,3 | 0,61 | 0,00014 |
| cluster9 | 3,22 | 5,9 | 6,4 | 0,51 | 0,0001 |
| **Anmerkung** | ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle | eigene Schätzung |

*Tabelle 29: Parameterwerte für die Commitments Entity – Meal Preparation 2, scenario-specific.*

| | **growth rate away meals** | **growth rate home meals cold** | **growth rate home meals warm** | **growth rate delivery meals** |
|---|---|---|---|---|
| Einheit | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w |
| **Szenario** | | | | |
| A | 0,00032 | 0,00015 | -0,00067 | 0,0011 |
| A2 | 0,00099 | -0,00039 | -0,00173 | 0,0017 |
| B | -0,00049 | -0,000084 | s. o. | 0 |
| C | -0,00049 | 0 | 0 | 0,0011 |
| **Anmerkung** | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung |

*Tabelle 30: Parameterwerte für die Commitments Entity – Meal Preparation 3, time effort per meal coefficients.*

| | **time per away meal** | **time per cold meal** | **time per warm meal** | **time per delivery meal** |
|---|---|---|---|---|
| Einheit | h/meal | h/meal | h/meal | h/meal |
| Wert | 0,333 | 0,333 | 0,666 | 0,167 |
| **Anmerkungen** | eigene Schätzung basierend auf (Engelmann et al. 2018) | Schätzung basierend auf ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle | eigene Schätzung basierend auf (Engelmann et al. 2018) |

*Tabelle 31: Parameterwerte für die Commitments Entity (other commitments).*

| | **lightweight committed time base** | **heavyweight committed time base** | **diffusion people taking domestic services initial** | **saturation people taking domestic services** | **growth rate people taking domestic services** | **growth rate people taking domestic services** | **growth rate people taking domestic services** | **growth rate people taking domestic services** | **time saving factor domestic services** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Einheit | h/w | min/w | dmnl | dmnl | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | h/w |
| **Szenario** | A, A2, B, C | A, A2, B, C | A, A2, B, C | A, A2, B, C | **Szenario A** | **Szenario A2** | **Szenario B** | **Szenario C** | |
| cluster1 | 1,7 | 8 | 0,15 | 0,6 | 0,00088 | 0,0015 | 0,0006 | 0 | 7 |
| cluster2 | 1,8 | 8 | 0,1 | 0,4 | 0,00088 | 0,0015 | 0,0004 | 0 | 6 |
| cluster3 | 1,5 | 8 | 0,05 | 0,2 | 0,00088 | 0,0015 | 0,0002 | 0 | 5 |
| cluster4 | 1,9 | 6 | 0,25 | 1 | 0,00088 | 0,0015 | 0,0008 | 0 | 8 |
| cluster5 | 1,6 | 6 | 0,15 | 0,6 | 0,00088 | 0,0015 | 0,0006 | 0 | 7 |
| cluster6 | 1,5 | 6 | 0,075 | 0,3 | 0,00088 | 0,0015 | 0,0004 | 0 | 6 |
| cluster7 | 1,6 | 5 | 0,1 | 0,4 | 0,00088 | 0,0015 | 0,0006 | 0 | 5 |
| cluster8 | 1,6 | 5 | 0,075 | 0,3 | 0,00088 | 0,0015 | 0,0004 | 0 | 4 |
| cluster9 | 1,2 | 5 | 0,05 | 0,2 | 0,00088 | 0,0015 | 0,0002 | 0 | 3 |
| **Anmerkungen** | ReZeitKon 2020, 1. Welle | eigene Schätzung beruhend auf (Statistisches Bundesamt 2013) | eigene Schätzung beruhend auf (Steiner et al. 2012) | eigene Schätzung beruhend auf (Steiner et al. 2012) | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung beruhend auf (Steiner et al. 2012) |

## A 4.3 Praxismodul – Contracts Entity

Die Reduzierung der Erwerbsarbeitszeit ist in der Contracts Entity für die Szenarios A, A2 und C mit der CAGR-Formel berechnet worden, für Szenario B mit dem Ansatz des Goal-seeking Behaviour, die sich im Simulationszeitraum asymptotisch der gewünschten Arbeitszeit aus der ReZeitKon-Befragung (1. Welle) nähert.

*Tabelle 32: Parameterwerte für die Contracts Entity.*

| Variable | **work time contracted** | **work time initial** | **work time desired** | **growth rate reduce work** | **growth rate reduce work** | **growth rate reduce work** | **growth rate reduce work** | **share of people at work** | **education time actual** | **share of people at education** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Einheit | h/w | h/w | h/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl | h/w | dmnl |
| **Szenario** | | | | **Szenario A** | **Szenario A2** | **Szenario B** | **Szenario C** | | | |
| cluster1 | 36 | 40 | 29 | -0,0002 | 0 | -0,00007 | -0,000081 | 0,76 | 2,5 | 0,001 |
| cluster2 | 34 | 36 | 29 | -0,0001 | 0 | -0,00007 | -0,000081 | 0,76 | 2,5 | 0,001 |
| cluster3 | 32 | 32 | 28 | -0,00005 | 0 | -0,00007 | -0,000081 | 0,34 | 2,5 | 0,001 |
| cluster4 | 35 | 38 | 29 | 0 | 0 | -0,00007 | -0,000081 | 0,82 | 3,5 | 0,03 |
| cluster5 | 35 | 37 | 30 | 0 | 0 | -0,00007 | -0,000081 | 0,78 | 3,5 | 0,04 |
| cluster6 | 35 | 35 | 29 | 0 | 0 | -0,00007 | -0,000081 | 0,56 | 3,5 | 0,05 |
| cluster7 | 36 | 42 | 29 | 0 | 0 | -0,00007 | -0,000081 | 0,57 | 5 | 0,34 |
| cluster8 | 35 | 36 | 29 | 0 | 0 | -0,00007 | -0,000081 | 0,51 | 5 | 0,38 |
| cluster9 | 33 | 34 | 29 | 0 | 0 | -0,00007 | -0,000081 | 0,34 | 5 | 0,46 |
| **Anmerkung** | ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle | eigene Schätzung beruhend auf Validierungsworkshop | eigene Annahme: (ohne Erwerbsarbeitszeitverkürzung der Älteren) | Faktor ~ (work time desired – work time initial); eigene Schätzung beruhend auf Validierungsworkshop | eigene Schätzung beruhend auf Validierungsworkshop | ReZeitKon 2020, 1. Welle | eigene Schätzung beruhend auf (Statistisches Bundesamt 2013) | ReZeitKon 2020, 1. Welle |

## A 4.4 Praxismodul – Leisure Entity

Die Leisure Entity ist, abgesehen von der parallelen Ausübung von Mediennutzung, vereinfacht ohne zeitsparende Praktiken modelliert worden. Die unterschiedlichen Szenario-Logiken erforderten jedoch Anpassungen des Ausmaßes an extensiver und intensiver Freizeitausübung.

*Tabelle 33: Parameterwerte für die Leisure Entity.*

| | **diffusion level extensive leisure** | **diffusion level intensive leisure** | **change rate extensive leisure** | **change rate extensive leisure** | **change rate extensive leisure** | **change rate extensive leisure** | **change rate intensive leisure** | **change rate intensive leisure** | **change rate intensive leisure** | **change rate intensive leisure** | **intensive leisure main activity share** | **extensive leisure main activity share** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Einheit | h/w | h/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl | dmnl |
| **Szenario** | | | **Szenario A** | **Szenario A2** | **Szenario B** | **Szenario C** | **Szenario A** | **Szenario A2** | **Szenario B** | **Szenario C** | | |
| cluster1 | 18,7 | 2 | -0,00049 | -0,000888 | 0,00011 | -0,00021 | 0,00088 | 0,0015 | -0,00067 | 0 | 0,9 | 0,7 |
| cluster2 | 24,9 | 2,3 | -0,00049 | -0,000888 | 0,00011 | -0,00021 | 0,00088 | 0,0015 | -0,00067 | 0 | 0,9 | 0,7 |
| cluster3 | 23,8 | 2,1 | -0,00049 | -0,000888 | 0,00011 | -0,00021 | 0,00088 | 0,0015 | -0,00067 | 0 | 0,9 | 0,7 |
| cluster4 | 19,7 | 1,8 | -0,00049 | -0,000888 | 0,00011 | -0,00021 | 0,00088 | 0,0015 | -0,00067 | 0 | 0,7 | 0,5 |
| cluster5 | 27,6 | 2,3 | -0,00049 | -0,000888 | 0,00011 | -0,00021 | 0,00088 | 0,0015 | -0,00067 | 0 | 0,7 | 0,5 |
| cluster6 | 28 | 1,8 | -0,00049 | -0,000888 | 0,00011 | -0,00021 | 0,00088 | 0,0015 | -0,00067 | 0 | 0,7 | 0,5 |
| cluster7 | 25,8 | 2,4 | -0,00049 | -0,000888 | 0,00011 | -0,00021 | 0,00088 | 0,0015 | -0,00067 | 0 | 0,9 | 0,3 |
| cluster8 | 33 | 2,8 | -0,00049 | -0,000888 | 0,00011 | -0,00021 | 0,00088 | 0,0015 | -0,00067 | 0 | 0,9 | 0,3 |
| cluster9 | 33,7 | 3,5 | -0,00049 | -0,000888 | 0,00011 | -0,00021 | 0,00088 | 0,0015 | -0,00067 | 0 | 0,9 | 0,3 |
| **Anmerkung** | ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung beruhend auf (Statistik Austria 2012; Liersch und Asef 2016) | eigene Schätzung beruhend auf (Statistik Austria 2012; Liersch und Asef 2016) |

## A 4.5 Praxismodul – Media_Consumption Entity

Die Media_Consumption Entity berechnet die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken mit der CAGR-Formel.

*Tabelle 34: Parameterwerte für die Media_Consumption Entity – media usage initial.*

| Variable | **print media time initial** | **internet time initial** | **other electronic media time initial** | **main activity share internet and el. media** | **main activity share print media initial** | **diffusion level internet time focusing initial** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Einheit | h/w | h/w | h/d | dmnl | dmnl | dmnl |
| **Szenario** | | | | | | |
| cluster1 | 15 | 16 | 2,2 | 0,6 | 0,8 | 0,39 |
| cluster2 | 20 | 18 | 2,8 | 0,6 | 0,8 | 0,43 |
| cluster3 | 25 | 22 | 3,5 | 0,6 | 0,8 | 0,5 |
| cluster4 | 12 | 14 | 1,7 | 0,5 | 0,8 | 0,35 |
| cluster5 | 16 | 19 | 2,3 | 0,5 | 0,8 | 0,32 |
| cluster6 | 19 | 23 | 2,7 | 0,5 | 0,8 | 0,41 |
| cluster7 | 9 | 19 | 1,2 | 0,7 | 0,8 | 0,26 |
| cluster8 | 10 | 22 | 1,5 | 0,7 | 0,8 | 0,24 |
| cluster9 | 8 | 24 | 1,1 | 0,7 | 0,8 | 0,26 |
| **Anmerkung** | ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle | eigene Schätzung beruhend auf ReZeitKon 1. Welle | eigene Schätzung | ReZeitKon 2020, 1. Welle |

*Tabelle 35: Parameterwerte für die Media_Consumption Entity – changes in media usage.*

| Variable | growth rate people focusing | growth rate people focusing | growth rate people focusing | growth rates main activity share electronic media | growth rates main activity share electronic media | growth rates main activity share electronic media | growth rate other electronic media | growth rate other electronic media |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Einheit | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w |
| **Szenario** | A, C | A2 | B | A, A2 | B | C | A, A2 | B, C |
| Wert | 0,00067 | 0,0011 | 0,00039 | -0,00002 | -0,00001 | -0,00003 | -0,00001 | -0,000005 |
| **Anmerkung** | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung |

*Tabelle 36: Parameterwerte für die Media_Consumption Entity – virtual mobility initial.*

| Variable | **home office days per week initial** | **commuting time initial** | **shopping time initial** | **shopping travel time initial** | **diffusion level consumption 4P0 initial** |
|---|---|---|---|---|---|
| Einheit | d/w | h/w | h/w | h/w | dmnl |
| **Szenario** | | | | | |
| cluster1 | 0,3 | 6,8 | 4 | 4,8 | 0,3 |
| cluster2 | 0,6 | 4,2 | 4,25 | 3,8 | 0,2 |
| cluster3 | 0,5 | 2,9 | 4,5 | 4,5 | 0,2 |
| cluster4 | 0,3 | 6,4 | 3,25 | 3,6 | 0,5 |
| cluster5 | 0,5 | 7,5 | 3,5 | 5 | 0,4 |
| cluster6 | 0,5 | 3,9 | 3,75 | 3,3 | 0,3 |
| cluster7 | 0,2 | 8,5 | 3 | 3,7 | 0,5 |
| cluster8 | 0,5 | 6,9 | 2,5 | 3,4 | 0,5 |
| cluster9 | 0,9 | 3,6 | 2 | 5,5 | 0,3 |
| **Anmerkung** | ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle | eigene Schätzung beruhend auf (Statistisches Bundesamt 2013) | ReZeitKon 2020, 1. Welle | eigene Schätzung |

*Tabelle 37: Parameterwerte für die Media_Consumption Entity – changes in virtual mobility.*

| Variable | growth rate consumption 4.0 | growth rate consumption 4.0 | growth rate consumption 4.0 | coupling of trend products online to consumption 4.0 practices | coupling of trend products online to consumption 4.0 practices | growth rate remote work | growth rate remote work |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Einheit | h/w | h/w | h/w | dmnl | dmnl | d/w | d/w |
| **Szenario** | A | A2, C | B | A, A2, C | B | A | A2, C |
| Wert | 0,00039 | 0,00067 | -0,00067 | 0,00088 | -0,00028 | 0,00067 | 0,0019 |
| **Anmerkung** | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung | ReZeitKon 2020, 1. Welle | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung |

*Tabelle 38: Parameterwerte für die Media_Consumption Entity – time saving through virtual mobility.*

| Variable | shopping time saving per hour online-shopping | shopping travel time saving per hour online-shopping | commuting time saving per home office day |
|---|---|---|---|
| Einheit | h | h | h |
| **Szenario** | | | |
| Wert | 0,33 | 0,75 | 0,75 |
| **Anmerkung** | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung |

*Tabelle 39: Parameterwerte für die Media_Consumption Entity – shopping rates initial.*

| Variable | **shopping rate cloth large** | **shopping rate cloth small** | **shopping rate electronics large** | **shopping rate electronics small** | **shopping rate other trend products large** | **shopping rate other trend products small** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Einheit | n/a | n/a | n/3a | n/3a | n/a | n/a |
| **Szenario** | | | | | | |
| cluster1 | 0,088 | 0,146 | 0,0066 | 0,0086 | 0,09 | 0,15 |
| cluster2 | 0,083 | 0,13 | 0,0055 | 0,0086 | 0,08 | 0,13 |
| cluster3 | 0,061 | 0,123 | 0,0058 | 0,0076 | 0,06 | 0,12 |
| cluster4 | 0,108 | 0,157 | 0,0059 | 0,0116 | 0,11 | 0,16 |
| cluster5 | 0,082 | 0,126 | 0,0062 | 0,01 | 0,08 | 0,13 |
| cluster6 | 0,08 | 0,123 | 0,0055 | 0,0088 | 0,08 | 0,12 |
| cluster7 | 0,119 | 0,155 | 0,0068 | 0,0113 | 0,12 | 0,16 |
| cluster8 | 0,093 | 0,159 | 0,0073 | 0,0104 | 0,09 | 0,16 |
| cluster9 | 0,11 | 0,177 | 0,0062 | 0,0092 | 0,11 | 0,18 |
| **Anmerkung** | ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle | eigene Schätzung: wie Kleidung groß | eigene Schätzung: wie Kleidung klein |

## A 4.6 Praxismodul – Mobility Entity

Die Mobility Entity setzt die Verbreitung zeiteffizienter Praktiken mit der Diffusionsformel an.

*Tabelle 40: Parameterwerte für die Mobility Entity – travel distances and travel time per mode of transport.*

| Variable | **distance traveled with car initial** | **distance travelled with PT initial** | **distance travelled with NMIT initial** | **car time initial** | **PT time initial** | **NMIT time initial** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Einheit | km/w | km/w | km/w | h/w | h/w | h/w |
| **Szenario** | | | | | | |
| cluster1 | 218 | 122 | 21 | 20 | 12,1 | 4,5 |
| cluster2 | 169 | 220 | 55 | 10,6 | 13 | 11,6 |
| cluster3 | 133 | 55 | 57 | 15,7 | 12 | 20 |
| cluster4 | 198 | 247 | 33 | 14,3 | 10,8 | 15,1 |
| cluster5 | 209 | 155 | 57 | 21,6 | 18,2 | 10,8 |
| cluster6 | 161 | 100 | 32 | 18,2 | 7,9 | 6,3 |
| cluster7 | 242 | 174 | 108 | 15,5 | 22,2 | 13,4 |
| cluster8 | 178 | 209 | 20 | 15,4 | 15,6 | 8 |
| cluster9 | 161 | 82 | 24 | 9,8 | 8,7 | 6,3 |
| **Anmerkung** | ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle |

*Tabelle 41: Parameterwerte für die Mobility Entity – shift rates between modes of transport.*

| Variable | **shift rate PT to car** | **shift rate PT to car** | **shift rate PT to car** | **shift rate NMIT to car** | **shift rate NMIT to car** | **shift rate NMIT to car** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Einheit | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w |
| **Szenario** | A | A2, C | B | A, A2 | B | C |
| Wert | 0,00024 | 0,00032 | -0,00018 | 0,0001 | -0,00011 | 0 |
| **Anmerkung** | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung |

*Tabelle 42: Parameterwerte für die Mobility Entity – driving style.*

| Variable | **fast driving share initial** | **fast driving speed factor** | **growth rate fast driving share** | **growth rate fast driving share** | **growth rate fast driving share** | **growth rate fast driving share** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Einheit | dmnl | dmnl | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w |
| **Szenario** | A, A2, B, C | A, A2, B, C | A | A2 | B | C |
| Wert | 0,1 | 1,1 | 0,00088 | 0,0015 | -0,00067 | 0 |
| **Anmerkung** | ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung | eigene Schätzung |

*Tabelle 43: Parameterwerte für die Mobility Entity – travel distance optimisation.*

| Variable | **growth rate car distance due to optimisation** | **growth rate car distance due to optimisation** | **growth rate PT distance due to optimisation** | **growth rate PT distance due to optimisation** | **growth rate NMIT distance due to optimisation** |
|---|---|---|---|---|---|
| Einheit | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w |
| **Szenario** | A, A2, C | B | A, A2, C | B | A, A2, B, C |
| Wert | -0,00014 | -0,000055 | -0,000084 | -0,00024 | -0,000005 |
| **Anmerkung** | Eigene Schätzung beruhend auf (Roos und Siegmann 2018), reduzierter Parkverkehr | eigene Schätzung | eigene Schätzung: optimierte Buslinien etc. | eigene Schätzung: optimierte Buslinien etc. | eigene Schätzung: v.a. Fahrradwegnetze, Ampelschaltungen und Fahrradqualität |

*Tabelle 44: Parameterwerte für die Mobility Entity – travel speed optimisation.*

| Variable | **speed growth car due to optimisation** | **speed growth PT due to optimisation** | **speed growth NMIT due to optimisation** |
|---|---|---|---|
| Einheit | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w |
| **Szenario** | A, A2, B, C | A, A2, B, C | A, A2, B, C |
| Wert | 0,000008 | 0,000002 | 0,000001 |
| **Anmerkung** | eigene Schätzung | eigene Schätzung: intermodale Verkehrsketten reduzieren v.a. Wartezeiten | eigene Schätzung: v.a. Fahrradwegnetze, Ampelschaltungen und Fahrradqualität |

## A 4.7 Praxismodul – Regeneration Entity

Zusätzlich zur Modellierung des Schlafs (wochentags, am Wochenende) ist die Auffüllung von Pausen simuliert worden (Wachstumskonstanten: Szenario A: -0,00039, Szenario A2: -0,0011, Szenario B: 0,00028 und Szenario C: 0).

*Tabelle 45: Parameterwerte für die Regeneration Entity.*

| | **wd sleep time initial** | **sleep time desired** | **wd sleep change rate** | **wd sleep change rate** | **wd sleep change rate** | **wd sleep change rate** | **rest time initial** | **ma share rest** | **other regeneration time** | **ma share other reg** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Einheit | h/w | h/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | dmnl/w | h/w | dmnl | h/w | dmnl |
| **Szenario** | | | **Szenario A** | **Szenario A2** | **Szenario B** | **Szenario C** | | | | |
| cluster1 | 7,8 | 8,9 | 0,00005 | 0,00005 | 0,00003 | 0,0001 | 14 | 0,7 | 9 | 0,9 |
| cluster2 | 7,8 | 8,7 | 0,00004 | 0,00004 | 0,00002 | 0,00008 | 17,5 | 0,7 | 10 | 0,9 |
| cluster3 | 8,1 | 8,6 | 0,00003 | 0,00003 | 0,00001 | 0,00006 | 19,6 | 0,7 | 10 | 0,9 |
| cluster4 | 7,4 | 9,1 | -0,00003 | -0,00003 | 0,00005 | 0,00004 | 11,2 | 0,5 | 9 | 0,6 |
| cluster5 | 7,8 | 8,8 | -0,00004 | -0,00004 | 0,00004 | 0,00005 | 15,4 | 0,5 | 10 | 0,7 |
| cluster6 | 7,9 | 8,5 | -0,00005 | -0,00005 | 0,00003 | 0,00006 | 16,1 | 0,5 | 9 | 0,8 |
| cluster7 | 7,5 | 9,3 | -0,00003 | -0,00003 | 0,00004 | 0,0001 | 13,3 | 0,3 | 10 | 0,7 |
| cluster8 | 7,8 | 8,9 | -0,00004 | -0,00004 | 0,00003 | 0,00008 | 13,3 | 0,3 | 11 | 0,7 |
| cluster9 | 8,5 | 9,1 | -0,00005 | -0,00005 | 0,00002 | 0,00006 | 16,8 | 0,3 | 11 | 0,7 |
| **Anmerkungen** | ReZeitKon 2020, 1. Welle | ReZeitKon 2020, 1. Welle | eigene Schätzung beruhend auf Validierungsworkshop | eigene Schätzung | eigene Schätzung beruhend auf Validierungsworkshop | eigene Schätzung beruhend auf Validierungsworkshop | ReZeitKon 2020, 1. Welle | eigene Schätzung beruhend auf (Statistik Austria 2012; Liersch und Asef 2016) | ReZeitKon 2020, 1. Welle'; Zeit für Essen und Trinken | eigene Schätzung beruhend auf (Statistik Austria 2012; Liersch und Asef 2016) |

## A 4.8 Praxismodule – direkter Zeit-Rebound-Effekt und Initialisierung der Gleichzeitigkeit

Die direkten Zeit-Rebound-Effekte aus den Praxismodulen sind hier kompakt zusammengestellt, gefolgt von Analysen zur Bestimmung der gleichzeitigen Ausführung von Aktivitäten.

*Tabelle 46: Parameterwerte für den direkten Zeit-Rebound-Effekt in den Praxismodulen.*

| Zeitnutzung gegenüber zeiteffizienter Praxis | Wert | Anmerkung |
|---|---|---|
| **Küchenzeit gegenüber zeiteffizienten Praktiken der Mahlzeitbereitstellung** | 0,23 | ReZeitKon 2020, 1st wave: people said they would reuse an hour saving in meal preparation in more frequent cooking with fresh ingredients (23 %) |
| **Care-Zeit gegenüber der Zeiteinsparung durch Care-Outsourcing** | 0,05 | estimate project team; it is assumed that people who take domestic services for care purposes really need the care time reduction |
| **Erwerbsarbeitszeit gegenüber einer formalen Reduzierung der Erwerbsarbeitszeit** | 0,2 | estimate project team based on ReZeitKon 2020, 1st wave, assuming that informal and delimited work increase significantly |
| **Internet-Zeit gegenüber der Fokussierung im Internet** | 0,1 | Estimate project team assuming that people actually focusing in the internet already dispose of a high level of self-control |
| **Einkaufszeit gegenüber der Reduzierung der Einkaufszeit durch Konsum 4.0** | 0,5 | estimate project team assuming that consumption 4.0 service providers are extremely efficient to keep average customers „at the hook“ (Klobasa et al. 2021) |
| **Mobilitätszeit gegenüber zeiteffizienter physischer Mobilität** | 0,25 | estimate project team rejecting the people's claim (ReZeitKon 2020, 1st wave) that only 7,5 % of time saved in mobility are reinvested in mobility (which is against empirical findings) |
| **Mobilitätszeit gegenüber virtueller Mobilität** | 0,075 | estimate blending the physical mobility direct time rebound effect with the ReZeitKon 2020, 1st wave response patterns for digital media |
| **Regenerationszeit gegenüber Pausen Füllen** | 0,1 | estimate project team assuming that people do not regenerate fully efficient when filling pauses |
| **Regenerationszeit gegenüber Schlafreduktion wochentags** | 0,1 | estimate project team assuming that the vast majority of people who set an alarm clock weekdays are able to get up quickly |

*Tabelle 47: Initialisierung der gleichzeitigen Ausübung von Tätigkeiten.*

| | Duration (total) | Main activity | Side activity | Duration (parallel) |
|---|---|---|---|---|
| | h/d | dmnl | dmnl | h/d |
| **Rest** | 2,2 | 0,2 | 0,8 | 1,8 |
| **Leisure** | 4 | 0,5 | 0,5 | 2,0 |
| **Media** | 5 | 0,6 | 0,4 | 2,0 |
| **Mobility** | 2,1 | 1 | 0 | 0,0 |
| **Care** | 1,6 | 0,8 | 0,2 | 0,3 |
| **Chores (without preparing meals)** | 1,6 | 0,8 | 0,2 | 0,3 |
| **Summe** | 16,5 | | | 6,4 |

Quelle: eigene Einschätzungen basierend auf (Liersch und Asef 2016; Statistik Austria 2012)

*Tabelle 48: Allokation der gleichzeitigen Ausübung von Tätigkeiten.*

| | Rest | Leisure | Media | Mobility | Care | Chores (without preparing meals) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rest** | | 0,7 | 0,8 | 0,2 | | |
| **Leisure** | 0,7 | | 0,8 | | 0,5 | |
| **Media** | 0,8 | 0,8 | | 0,4 | | |
| **Mobility** | 0,2 | | 0,4 | | | |
| **Care** | | 0,5 | | | | 0,3 |
| **Chores (without preparing meals)** | | | | | 0,3 | |

Quelle: eigene Einschätzungen basierend auf (Liersch und Asef 2016; Statistik Austria 2012)

Entsprechend der höchsten parallelen Ausübungszeit, wurden die Gleichzeitigkeit von Ausruhen und Medien und von Freizeit und Medien simuliert.

## A 4.9 Zeitwiederverwendungsmodul – Time-Budget Entity (indirekter Zeit-Rebound-Effekt)

Die Zeitverwendung nach Art der Tätigkeit und Modus (für zusätzliche Aktivitäten bzw. Verlangsamung bestehender Aktivitäten) ist Szenario-abhängig. Für die Verwendungszwecke sind Mobilitätsanteile abgezogen und als indirekter Mobilitäts-Rebound-Effekte berechnet worden. Ein langfristiger Mobilitäts-Rebound-Effekt in Höhe von 10 % trägt raumstrukturellen Veränderungen durch veränderte Siedlungsmuster angesichts von Zeiteinsparungen pro Kilometer Rechnung.

*Tabelle 49: Parameterwerte für den indirekten Zeit-Rebound-Effekt in der Time-Budget Entity – scenario A and A2.*

| **Cluster** | **Szenario A + A2** | care share | meal prep share | lw com share | hw com share | print share | el media share | regeneration share | mobility share spatial | ext leisure share | int leisure share | contracts share | contr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | cluster1 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | |
| 2 | cluster2 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | |
| 3 | cluster3 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | |
| 4 | cluster4 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | |
| 5 | cluster5 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | |
| 6 | cluster6 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | |
| 7 | cluster7 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | |
| 8 | cluster8 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | |
| 9 | cluster9 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | |

*Tabelle 50: Parameterwerte für den indirekten Zeit-Rebound-Effekt in der Time-Budget Entity – scenario B.*

| **Cluster** | **Szenario B** | care share | meal prep share | lw com share | hw com share | print share | el media share | regeneration share | mobility share spatial | ext leisure share | int leisure share | contracts share | diy care share en |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | cluster1 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0, |
| 2 | cluster2 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,1 |
| 3 | cluster3 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0, |
| 4 | cluster4 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | |
| 5 | cluster5 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,0 |
| 6 | cluster6 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0, |
| 7 | cluster7 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0, |
| 8 | cluster8 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0, |
| 9 | cluster9 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0, |

*Tabelle 51: Parameterwerte für den indirekten Zeit-Rebound-Effekt in der Time-Budget Entity – scenario C.*

| **Cluster** | care share | meal prep share | lw com share | hw com share | print share | el media share | regeneration share | mobility share spatial | ext. leisure share | int. leisure share | contracts share | contracts share end | int. leisure share end | ext. leisure share end | add activity share initial | add activity share end | diy care share end | el media share end | print share end |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,1 | 0,9 | 0,7 | 0,1 | 0,15 | 0,1 |
| 2 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,1 | 0,9 | 0,7 | 0,1 | 0,15 | 0,1 |
| 3 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,1 | 0,9 | 0,7 | 0,1 | 0,15 | 0,1 |
| 4 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0 | 0,05 | 0,9 | 0,9 | 0,25 | 0,15 | 0,1 |
| 5 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0 | 0,05 | 0,9 | 0,9 | 0,25 | 0,15 | 0,1 |
| 6 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0 | 0,05 | 0,9 | 0,9 | 0,25 | 0,15 | 0,1 |
| 7 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,1 | 0,9 | 0,7 | 0,1 | 0,15 | 0,1 |
| 8 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,1 | 0,9 | 0,7 | 0,1 | 0,15 | 0,1 |
| 9 | 0,05 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,1 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,05 | 0,1 | 0,05 | 0,1 | 0,9 | 0,7 | 0,1 | 0,15 | 0,1 |

Die wiederverwendeten Zeitbudgets sind in einen Nettoanteil für die Aktivitätsausübung und in einen Mobilitätsanteil aufgeteilt und entsprechend als indirekte Zeit-Rebound-Effekte in die Praxismodule zurückgeführt worden. Für Regeneration und Mediennutzung wurden keine Mobilitätsanteile angesetzt.

*Tabelle 52: Parameterwerte für die Mobilitätsanteile der Zeitverwendungen in der Time-Budget Entity.*

| | Wert | Anmerkung |
|---|---|---|
| Commitments Mobilitätsanteil | 0,09 | Statistisches Bundesamt 2013 |
| Contracts Mobilitätsanteil | 0,12 | Statistisches Bundesamt 2013 |
| Leisure extensive Mobilitätsanteil | 0,15 | Eigene Schätzung basierend auf Statistisches Bundesamt 2013: 0.18 ersetzt durch Split auf 0.15 und high intensity mobility share von 0.25 |
| Leisure intensive Mobilitätsanteil | 0,25 | Eigene Schätzung basierend auf Statistisches Bundesamt 2013: 0.18 ersetzt durch Split auf 0.15 und high intensity mobility share von 0.25 |

## A 4.10 Wohlstandsmodul – Wealth Entity

Das Wohlstandsmodulmodul enthält zwei Indikatoren, das wöchentliche Einkommen und den Zeitwohlstand.

Die **Änderung des wöchentlichen Einkommens** (als Maßstab für monetären Wohlstand) errechnet sich wie folgt:

$$\frac{\partial i}{\partial t} = \frac{\partial wt}{\partial t} \times \omega$$

mit:

i: Einkommen (income)

wt: vertragliche Erwerbsarbeitszeit (work time)

ω: durchschnittlicher Stundenlohn (wage per hour)

t: Simulationszeit

Die Änderung der vertragliche Erwerbsarbeitszeit entstammt der Contracts Entity. Der durchschnittliche Stundenlohn ist vereinfacht als Konstante angesetzt worden (19,44 € pro Stunde, später korrigiert auf 19,38 € pro Stunde (Statistisches Bundesamt 2021b)).

Die **Änderung des Zeitwohlstandsindex** (als Maßstab für Zeitwohlstand) errechnet sich wie folgt:

$$\frac{\partial tw}{\partial t} = -\frac{\partial \Delta wt}{\partial t} \times f_{\Delta wt} - \frac{\partial \Delta st}{\partial t} \times f_{\Delta st} - \frac{\partial ct}{\partial t} \times f_{ct} + \frac{\partial tc}{\partial t} \times f_{tc}$$

mit:

tw: Zeitwohlstand (time wealth)

Δwt: Beitrag der normalisierten Differenz zwischen tatsächlicher und erwünschter wöchentlicher Erwerbsarbeitszeit (work time discrepancy)

Δst: Beitrag der normalisierten Differenz zwischen tatsächlicher und erwünschter Schlafdauer wochentags (sleep time weekdays discrepancy)

ct: Beitrag der Zeit für Sorge, insbesondere Betreuung von Kindern und Pflegebedürftigen (care time)

tc: Beitrag der Zeitkompetenz (time competence)

f: Gewichtungsfaktoren für die vier Beitragskomponenten (factor)

t: Simulationszeit (time)

In einer Analyse (Geiger et al. 2021) zeigte sich, dass die Diskrepanz von erwünschter und tatsächlicher Erwerbsarbeitszeit, Diskrepanz von erwünschter und tatsächlicher Schlafdauer wochentags und Care-Zeit wichtige Prädiktoren für den Zeitwohlstand im Sinne ‚Freier Zeit' sind. Die Faktorladungen dieser Prädiktoren für den Zeitwohlstand sind hier näherungsweise als Gewichtungsfaktoren hier identifiziert worden. Die entsprechenden Zeitvariablen aus den Entities Contracts, Regeneration und Commitments sind auf Standardwerte normiert worden, um ähnlich große Differenzen zwischen den Prädiktoren für den Zeitwohlstand in ähnliche Einflüsse auf die Simulation des Zeitwohlstands zu überführen. An dieser Stelle wird der Konzeption von zeiteffizienten Praktiken wie Multitasking und Pausen füllen als Prädiktoren für Zeitwohlstand (Geiger et al. 2021) nicht gefolgt. Die Verbreitung

zeiteffizienter Praktiken wird nicht als Prädiktor für Zeitwohlstand aufgefasst, sondern als dessen Folge. Aufgrund des Befragungsdesigns in der 1. Welle konnte die Zeitkompetenz nicht erhoben werden. In vereinfachender Annahme wurde für die Zeitkompetenz der Gewichtungsfaktor mit den verbleibenden 0,37 angenommen. Die Zeitkompetenz bezeichnet wiederum vereinfacht den Anteil der „eingesparten" Zeit, der für Regeneration und extensive Freizeit wiederverwendet wird (vgl. time budget entity).

Folgende Tabelle zeigt die Parameterwerte zur Berechnung des Zeitwohlstands im Überblick:

*Tabelle 53: Parameterwerte für den Zeitwohlstand in der Wealth Entity – Parameter zur Berechnung der Änderung des Zeitwohlstandsindex (tw change).*

| Komponente | Einheit | Normalisierung | Gewichtungsfaktor |
|---|---|---|---|
| **Work time discrepancy** | h/w | 39 Stunden pro Woche | 0,23 (Geiger et al. 2021) |
| **Sleep time weekdays discrepancy** | h/d | 5 Tage die Woche und 8 Stunden Schlaf pro Tag | 0,19 (Geiger et al. 2021) |
| **Care time** | h/w | 7 Tage die Woche und 16 Stunden Care pro Tag | 0,21 (Geiger et al. 2021) |
| **Time competence** | dmnl/w | Keine | 0,37 (eigene Annahme) |

Anmerkungen zur Normalisierung: Die work time discrepancy ist auf eine Normalerwerbsarbeitswoche im Umfang von 39 Stunden normiert worden, die sleep time weekdays discrepancy ist auf fünf Werktage pro Woche und einem durchschnittlichen Schlafbedürfnis von 8 Stunden pro Tag normiert, die care time bezieht sich auf maximal 16 Stunden pro Tag und 7 Tage die Woche, während die time competence als Anteil der Zeit für Regeneration und extensive Freizeit an der gesamten wiederverwendeten Zeit bereits an anderer Stelle normalisiert worden ist.

Folgende Tabelle zeigt die Initialisierung des Zeitwohlstands:

*Tabelle 54: Parameterwerte für den Zeitwohlstand in der Wealth Entity – time wealth initial.*

| | time wealth initial |
|---|---|
| | dmnl (tw index) |
| cluster1 | 2,6 |
| cluster2 | 3,3 |
| cluster3 | 4,1 |
| cluster4 | 2,5 |
| cluster5 | 3,3 |
| cluster6 | 4 |
| cluster7 | 2,6 |
| cluster8 | 3,3 |
| cluster9 | 3,9 |
| Anmerkungen | ReZeitKon 2020, 1. Welle |

## A 4.11 Treibhausgasemissionsmodul – carbon entity

Das Treibhausgasemissionsmodul übersetzt die sich verändernden Mengengerüste an Produkten sowie an Zeitnutzung mit ihren $CO_2$-Emissionsfaktoren pro Stück beziehungsweise Stunde in $CO_2$-Emissionen pro Person und aggregiert diese über die jeweilige Bevölkerungsstärke pro Cluster.

Für jeden $CO_2$-Emissionsfaktor gibt es einen Initialwert und eine geschätzte wöchentliche Veränderungsrate, die aus Endpunkte und jährlichen Veränderungsraten in Zukunftsstudien zur Dekarbonisierung abgeschätzt worden sind.

Zahlreiche Werte sind an die Berechnung der $CO_2$-Emissionsfaktoren von (Erdmann und Pfaff 2021) angelehnt. Angesichts der zugrundeliegenden volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung aus dem Jahre 2013 ist auch bereits für den Initialwert 2020 eine moderate Dekarbonisierung angenommen worden:

*Tabelle 55:* Inputwerte für Carbon Intensities in kg *$CO_2$*/h im Jahr 2020.

| | Year 2013 | Year 2020 |
|---|---|---|
| **Regeneration** | 0,17 | 0,15 |
| **Leisure - extensive** | 0,5 | 0,45 |
| **Leisure - intensive** | 2,32 | 2,1 |
| **Commitments - lightweight** | 0,87 | 0,80 |
| **Commitments - heavyweight** | 2,16 | 2,0 |
| **Commitments - care DIY** | 0,35 | 0,32 |
| **Mobility - car slow** | 2,31 | 2,1 |
| **Mobility - public transport** | 0,98 | 0,90 |
| **Mobility - NMIT** | 0,004 | 0,0042 |
| **Media - print** | 0,67 | 0,65 |
| **Media - electronic** | 0,89 | 0,50 |

Quelle: eigene Berechnungen für 2020 basierend auf (Erdmann und Pfaff 2021) für 2013.

Tabelle 56: Inputwerte für Embedded Carbon in kg $CO_2$/Stück im Jahr 2020.

| | Year 2013 | Year 2020 |
|---|---|---|
| **Meal - home warm** | 1,5 | 1,2 |
| **Meal - home cold** | 1 | 0,8 |
| **Meal - delivery** | 2 | 1,7 |
| **Meal - away** | 1,75 | 1,5 |
| **Consumer product - cloth small** | 2,7 | 2,5 |
| **Consumer product - cloth large** | 14,2 | 12 |
| **Consumer product - ICT small** | 90 | 80 |
| **Consumer product - ICT large** | 150 | 130 |
| **Consumer product - other small** | - | 5 |
| **Consumer product - other large** | - | 50 |

Quelle: eigene Berechnungen für 2020 basierend (Erdmann und Pfaff 2021) für 2013.

Die Dekarbonisierungsraten sind anhand einer Auswertung von Zukunftsstudien für die darin aufgeführten Kategorien ICT, Food, Mobility, Wohngebäude, Nichtwohngebäude und Strom geschätzt worden. Folgende Tabelle zeigt die Dekarbonisierungswerte und die Zuordnung der Kategorien aus der

Modellierung im Überblick, wobei die wöchentliche Dekarbonisierung (CWGR) schließlich Eingang in die Modellierung gefunden hat:

Tabelle 57: Dekarbonisierungsraten für verschiedene Sektoren.

| | **Year** | | **Week** | |
|---|---|---|---|---|
| | Linear | CAGR | Linear | CWGR |
| **ICT** | -3,3% | -5,2% | -0,00063 | -0,00102 |
| **Food** | -1,2% | -1,3% | -0,00096 | -0,00025 |
| **Mobility** | -2,7% | -3,8% | -0,00052 | -0,00075 |
| **Wohngebäude** | -2,6% | -3,6% | -0,00050 | -0,00071 |
| **Nichtwohngebäude** | -2,5% | -3,4% | -0,00048 | -0,00067 |
| **Strom** | -0,8% | -0,9% | -0,00016 | -0,00018 |

Quelle: eigene Berechnungen basierend auf (Hesse et al. 2016), (Martin et al. 2020), (ITU, GeSI, GSMA and Science Based Targets Initiative 2020), (Cameron et al. 2021)

Tabelle 58: Zuordnung der Kategorien aus der Modellierung zu den Dekarbonisierungsraten für verschiedene Sektoren.

| | **Activity time carbon** | **Embedded carbon** |
|---|---|---|
| **ICT** | media electronic | electronics large, electronics small |
| **Food** | media print | home meals cold, home meals warm, delivery meals, away meals, clothes large, clothes small |
| **Mobility** | car, PT (0,0005) | |
| **Wohngebäude** | care | |
| **Strom** | commitments hw, commitments lw, leisure extensive, leisure intensive, regeneration, NMIT | trend products large, trend products small |

Quelle: eigene Zuordnungen

Nachfolgende Tabelle stellt alle Werte für die Berechnungen des zukünftigen $CO_2$-Fußabdrucks zusammen.

*Tabelle 59: $CO_2$-Emissionsfaktoren (Initial und wöchentliche Änderungsrate).*

| **Parameter** | **Einheit** | **Initialwert** | **Anmerkungen** | **Wöchentliche Änderungsrate** | **Anmerkungen** |
|---|---|---|---|---|---|
| CF away meals | kg/meal | 1.5 | estimate project team based on various sources | -0.00025 | estimate based on (Cameron et al. 2021) |
| CF car time | kg/h | 2.1 | estimate based on various sources and (Erdmann und Pfaff 2021) | -0.00075 | estimate based on (Martin et al. 2020) |
| CF care time | kg/h | 0.32 | estimate based on (Erdmann und Pfaff 2021) | -0.00018 | estimate based on (Hesse et al. 2016) |
| CF delivery meals | kg/meal | 1.7 | estimate project team based on various sources | -0.00025 | estimate based on (Cameron et al. 2021) |
| CF extensive leisure time | kg/h | 0.45 | estimate based on (Erdmann und Pfaff 2021) | -0.00018 | estimate based on (Hesse et al. 2016) |
| CF home meals cold | kg/meal | 0.8 | estimate project team based on various sources | -0.00025 | estimate based on (Cameron et al. 2021) |
| CF home meals warm | kg CO2/meal | 1.2 | estimate project team based on various sources | -0.00025 | estimate based on (Cameron et al. 2021) |
| CF hw committed time | kg/h | 2.0 | estimate based on (Erdmann und Pfaff 2021) | -0.00018 | estimate based on (Hesse et al. 2016) |
| CF intensive leisure time | kg/h | 2.1 | estimate based on (Erdmann und Pfaff 2021) | -0.00018 | estimate based on (Hesse et al. 2016) |
| CF large clothes | kg/piece | 12 | estimate based on (Kleinhückelkotten et al. 2016) | -0.00025 | estimate based on (Cameron et al. 2021) |
| CF large electronics | kg/piece | 130 | estimate based on (Kleinhückelkotten et al. 2016) | -0.00102 | estimate based on (ITU, GeSI, GSMA and Science Based Targets Initiative 2020) |
| CF large trends | kg/piece | 50 | own assumption in between clothes large and electronics large | -0.00018 | estimate based on (Hesse et al. 2016) |
| CF lw committed time | kg/h | 0.80 | estimate based on (Erdmann und Pfaff 2021) | -0.00018 | estimate based on (Hesse et al. 2016) |
| CF media electronic | kg/h | 0.5 | estimate based on (Erdmann und Pfaff 2021) | -0.00102 | own calculation based on (ITU, GeSI, GSMA and Science Based Targets Initiative 2020) |
| CF media print | kg/h | 0.65 | estimate based on (Erdmann und Pfaff 2021) | -0.00025 | estimate based on (Cameron et al. 2021) |
| CF NMIT time | kg/h | 0.0042 | estimate based on (Erdmann und Pfaff 2021) | -0.00018 | estimate based on (Martin et al. 2020) |
| CF PT time | kg/h | 0.9 | estimate based on (Erdmann und Pfaff 2021) | -0.0005 | estimate based on (Hesse et al. 2016) |
| CF regeneration time | kg/h | 0.15 | estimate based on (Erdmann und Pfaff 2021) | -0.00018 | estimate based on (Hesse et al. 2016) |
| CF small clothes | kg/piece | 2.5 | estimate based on (Kleinhückelkotten et al. 2016) | -0.00025 | estimate based on (Cameron et al. 2021) |
| CF small electronics | kg/piece | 80 | estimate based on (Kleinhückelkotten et al. 2016) | -0.00102 | estimate based on (ITU, GeSI, GSMA and Science Based Targets Initiative 2020; Becker und Theis 2016) |
| CF small trends | kg/piece | 5 | own assumption in between clothes large and electronics large | -0.00018 | estimate based on (Hesse et al. 2016) |
| **Abgeleitete Parameter** | | | | | |
| CF car fast actual | kg CO2/h | 1.2*CF car slow actual | eigene Schätzung basierend auf (Rumbolz 2013) | s. CF car time | s. CF car time |
| CF care outsourcing | kg CO2/h | 1.1*CF care DIY | eigene Schätzung basierend auf (Hesse et al. 2016) | s. CF care time | s. CF care time |