



POTSDAM-INSTITUT FÜR
KLIMAFOLGENFORSCHUNG E.V.

Abschlussbericht

Förderung des Nachhaltigkeitsbewusstseins durch partizipative, interaktive Klima-Experimente

Aktenzeichen: 37276/01

Verfasser:innen:

Daniel Tamberg, Sebastian Kutscha
SCIARA GmbH, Weberplatz 15, 14482 Potsdam, Deutschland

Alexandra Hüttel, Jobst Heitzig
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Telegraphenberg A 31, 14412 Potsdam,
Deutschland

Keith Smith
ETH Zürich, Haldeneggsteig 4, 8092 Zürich, Schweiz

Projektbeginn: 01.09.2021

Projektlaufzeit: 15 Monate

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

Potsdam, 28. Februar 2023

www.dbu.de

I. Inhaltsverzeichnis

I.	Inhaltsverzeichnis	1
II.	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	2
III.	Zusammenfassung	3
IV.	Bericht	4
1.	Anlass und Zielsetzung des Projektes	4
2.	Arbeitspakete, Verlauf und angewandte Methoden	6
	Arbeitspaket 1: System-Implementierung für das Simulationsszenario	7
	Arbeitspaket 2: Pilot-Nutzer:innen-Gruppe, Aufbau einer Citizen-Science-Community	7
	Arbeitspakete 3 und 4: Wissenschaftliche Begleitung, Durchführung der Experimente und Evaluation	8
	Arbeitspaket 5: laufende Anpassung der Plattform	12
	Arbeitspaket 6: Management und Koordination	12
3.	Ergebnisse	12
3.1.	System-Implementierung	12
3.2.	Sozialwissenschaftliche Begleitung	14
	Arbeitspaket 2: Pilot-Nutzer:innen-Gruppe, Aufbau einer Citizen-Science-Community	14
	Arbeitspakete 3 und 4: Wissenschaftliche Begleitung, Durchführung der Experimente und Evaluation	15
4.	Diskussion	20
	Gesamtbewertung	20
	Kooperation zwischen den Projekt-Partnern	22
5.	Öffentlichkeitsarbeit, Weiterführung des Vorhabens	22
	Website, Newsletter & Social Media	22
	Wissenschaftliche Publikation	23
	Öffentliche Veranstaltungen	23
6.	Fazit	24
7.	Literaturangaben	24

II. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Bild 1: Kontinuierliche Interaktion zwischen Teilnehmer:innen und Modell auf der SCIARA-Plattform	5
Bild 2: Struktur und Verlauf des Projektes	7
Bild 3: Konzeptionelles Modell	9
Bild 4: Experimentelles Studiendesign	10
Bild 5: Aktueller Stand MyClimateFuture Hauptscreen	13
Bild 6: Bewertung der MyClimateFuture Simulation	18
Bild 7: Qualitatives Feedback/-forward	19
Tabelle 1: Sample	11
Tabelle 2: Interventionseffekt	16

III. Zusammenfassung

Viele Bürger:innen sind sich der Bedrohung durch den Klimawandel grundsätzlich bewusst. Es fehlt ihnen jedoch ein klares Verständnis der konkreten Auswirkungen auf ihr eigenes Leben, darüber, wie ihr Lebensstil damit zusammenhängt und was sie dagegen tun können. Klima- und Klimafolgenmodelle sind in der Wissenschaft weit verbreitet, aber ihre Ergebnisse sind für Nicht-Expert:innen häufig zu abstrakt.

Unser Projekt zielte darauf ab, das zu ändern: durch den Einsatz wissenschaftlich fundierter Online-Spiele, in denen Gruppen von Bürger:innen „Zeitreisen in die Klimazukunft“ unternehmen können. Sie können auf diese Weise die Auswirkungen des Klimawandels erfahren und eigene Handlungsmöglichkeiten erproben. Die simulierte Umwelt wird dabei mit Hilfe etablierter Klima- und Klimafolgenmodelle berechnet. Die Visualisierung der Modellergebnisse und die Interaktion der Spiel-Teilnehmer:innen mit den Modellen und untereinander erfolgen über das Online-Spiel „MyClimateFuture“. Dieses Spiel basiert auf der „SCIARA-Plattform“, einem IT-System, das von der SCIARA GmbH – dem Antragsteller – entwickelt wurde. Inzwischen wurde das Spiel umbenannt in „ClimateTimeMachine“. Um konsistent mit dem Antrag zu bleiben, nennen wir es in diesem Dokument weiter „MyClimateFuture“.

Die Plattform ist prinzipiell geeignet für Problemstellungen, die einerseits Ausschnitte der sozial-ökologisch-technologischen Welt betreffen, andererseits eine Dimension der gesellschaftlichen Akzeptanz und der Wechselwirkung mit der Gesellschaft haben. Im durchgeführten Projekt sollte mit Hilfe der Plattform ein konkretes Anwendungsszenario zum Klimawandel implementiert werden. Dieses Szenario sollte dann mit verschiedenen Nutzer:innengruppen erprobt und weiterentwickelt werden. Dieser Prozess wurde durch sozialwissenschaftliche Expert:innen konzipiert, begleitet und evaluiert.

Die erwarteten Projektergebnisse waren:

- a) Ein erprobtes und einsatzbereites Anwendungsszenario, das zum Zweck der Förderung des Nachhaltigkeitsbewusstseins im Zusammenhang mit dem Klimawandel in verschiedensten Nutzer:innengruppen eingesetzt werden kann
- b) Wissenschaftliche Erkenntnisse über die Veränderung des Nachhaltigkeitsbewusstseins in den durchgeführten Experimenten

Das Vorhaben wurde gemeinsam durchgeführt von der SCIARA GmbH und dem Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) sowie Dr. Keith Smith, Senior Researcher an der ETH Zürich, als assoziiertem Partner.

Im vorliegenden Bericht erfolgt nach einer detaillierten Darstellung der Relevanz und Ziele des Projekts (Kapitel 1), der Arbeitspakete und der verwendeten Methoden (Kapitel 2) eine Zusammenfassung sämtlicher Projektergebnisse (Kapitel 3). Dabei wird sowohl auf die Ergebnisse mit Blick auf die System-Implementierung als auch die im Rahmen einer wissenschaftlichen Begleitung durchgeführten Studien eingegangen. Die abschließenden Kapitel (Diskussion, Öffentlichkeitsarbeit und Fazit; Kapitel 4–6) thematisieren das Erreichen der Projektziele, Erfolgsfaktoren im Projekt und für die Kooperation zwischen den Partnern aus der Industrie und der Wissenschaft, die umgesetzte Öffentlichkeitsarbeit, sowie die Ausichten auf Fortführung von Projektarbeiten.

IV. Bericht

1. Anlass und Zielsetzung des Projektes

Der Klimawandel und seine Folgen sind als abstrakte Erkenntnisse vielen Menschen bekannt. Viel weniger klar ist jedoch, was das konkret und anschaulich bedeutet. Noch weniger ist den meisten Menschen bewusst, wie der Klimawandel mit ihrem eigenen Verhalten zusammenhängt und ob und was sie gegen ihn tun können.

Zur Erforschung des Klimawandels und seiner Folgen werden schon seit Langem mathematische Modelle und Simulationen eingesetzt. Um die Wechselwirkung zwischen Klima und Klimafolgen einerseits und Wirtschaft und Gesellschaft andererseits zu untersuchen, werden physikalisch-technische, ökologische, ökonomische und soziale Modell-Komponenten miteinander kombiniert. Diese kombinierten Modelle nennen wir „sozial-ökologisch-technologische Modelle“. Solche Modelle wurden in den letzten Jahren u.a. am PIK entwickelt und erprobt. Menschliches Verhalten wird in dieser Art von Simulation jedoch bisher ausschließlich über mathematische Formeln, numerische Verfahren und/oder regelbasierte Software-Agenten repräsentiert. Es zeigt sich, dass auch diese Modelle derzeit nur unzureichend in der Lage sind, menschliches Verhalten abzubilden.

Statt der bisher verfolgten Ansätze verfolgen die Antragsteller die Strategie, reale Menschen in kontrollierten, partizipativen Simulationsstudien mit sozial-ökologisch-technologischen Modellen eng verzahnt und kontinuierlich interagieren zu lassen.

Dazu kombinieren wir drei Elemente:

- existierende physikalisch-technische, bio-geo-chemische, sozio-ökologische und/oder sozio-ökonomische Modell-Komponenten,
- eine hochflexible IT-Plattform, die den Output dieser Modelle präsentiert und visualisiert und es menschlichen Teilnehmer:innen ermöglicht, das Modell durch geeigneten Input zu beeinflussen und
- menschliche Teilnehmer:innen, die in einem Experiment gleichzeitig („Massively Multiplayer“) über die IT-Plattform mit dem Modell und den anderen Teilnehmer:innen interagieren; sie tun das nicht nur einmal, sondern fortlaufend in vielen Einzelentscheidungen, von denen jede einzelne den Verlauf der Simulation beeinflusst.

Vorgänge, die in der realen Welt in Jahren und Jahrzehnten ablaufen, können in solchen Simulationen innerhalb von Stunden, Tagen oder Wochen durchgespielt werden. Auf diese Weise entstehen „Zeitreisen“, die den Teilnehmer:innen künftige Entwicklungen anschaulich vor Augen führen.

Dieser Ansatz bietet einerseits Bürger:innen die Möglichkeit, experimentell die Auswirkungen des eigenen Verhaltens zu erfahren, andere Verhaltensoptionen zu erproben und sich darüber innerhalb des Experimentes mit anderen Teilnehmer:innen auszutauschen; andererseits eröffnet der Ansatz auch vielfältige Möglichkeiten für Entscheidungsträger in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft, Handlungsoptionen – wie beispielsweise die Einführung einer CO₂-Steuer – im Vorhinein zu simulieren und damit die soziale Dynamik solcher Maß-

nahmen besser einschätzen zu können. Einige Forschungsarbeiten haben die Idee, Simulationen für Forschung und Politikberatung einzusetzen bereits thematisiert (Duthie et al. 2021; Garcia et al. 2022; Meya und Eisenack 2018), nach unserem Wissen wurden Simulationsspiele in der Praxis aber noch nicht zu diesem Zweck eingesetzt.

Bild 1 zeigt die prinzipiellen Abläufe und Zusammenhänge:

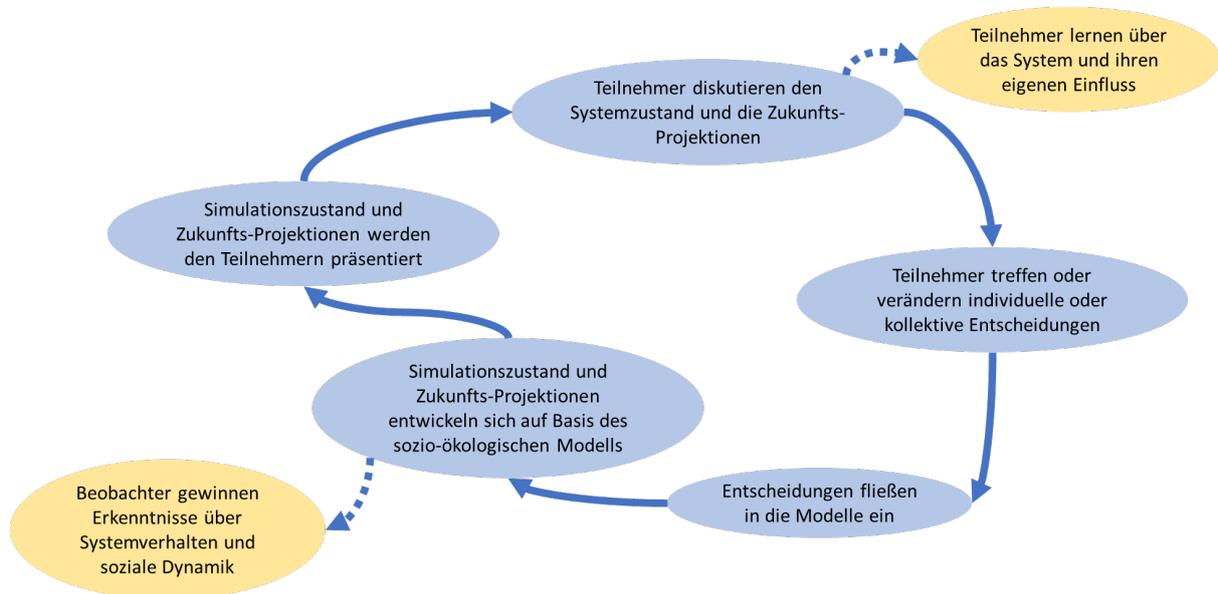


Bild 1: Kontinuierliche Interaktion zwischen Teilnehmer:innen und Modell auf der SCIARA-Plattform

Ziel des Projekts war es, auf der von der SCIARA GmbH entwickelten Plattform ein konkretes Simulationsszenario – genannt MyClimateFuture – zu implementieren, mit dem Bürger:innen ihren Einfluss auf den Verlauf des Klimawandels erfahren können. So sollten die Teilnehmer:innen spielerisch, aber wissenschaftlich fundiert, Erkenntnisse über den Klimawandel, ihren eigenen Einfluss darauf sowie die Chancen und Risiken von Maßnahmen dagegen gewinnen. Gleichzeitig sollten damit die Plattform sowie die Methodik technisch weiterentwickelt und wissenschaftlich erprobt werden.

Die bis zum Beginn des Projektes implementierte Funktionalität diente nur zur prinzipiellen Veranschaulichung und Erprobung der Plattform. Für den Einsatz in diesem Projekt wurden folgende Anpassungen bzw. Weiterentwicklungen avisiert:

1. Verbesserung der grafischen Präsentation der Klimafolgen; wir wollten hier erreichen, dass die Teilnehmer:innen nicht nur mit Fakten konfrontiert werden, sondern konkret und anschaulich wahrnehmen können, was Klimawandel für sie bedeutet, in dem sie in die Simulation „eintauchen“ (Immersion).
2. Ersetzen des bisher verwendeten, relativ simplen CO₂-Fußabdruck-Rechners, um weitere Informationen der Teilnehmer:innen aufnehmen zu können.
3. Aufnahme weiterer Klimafolgen (tropische Nächte, Hitzewellen, Dürren, Stürme, Überschwemmungen).
4. IT-technische „Härtung“ der Plattform, um sie sicher für das Internet zu machen.

5. Ergänzung der notwendigen Datenschutz-Funktionalitäten, insb. Herstellen der DSGVO-Konformität.

Im Kern handelte es sich bei dem Vorhaben um ein **sozialwissenschaftliches Experiment**; die wissenschaftliche Begleitung und Evaluation waren deshalb von besonderer Bedeutung. Über die Durchführung sozialwissenschaftlicher Experimente sollten Erkenntnisse darüber gewonnen werden, ob die Teilnahme an MyClimateFuture eine Veränderung des Nachhaltigkeitsbewusstseins bewirken kann. Zwar gibt es einige Hinweise dafür, dass Bildungsspiele zum Klimawandel das Bewusstsein sowie Handlungsbereitschaften mit Blick auf den Klimawandel beeinflussen können (siehe den Literaturüberblick von Fernández Galeote et al. (2021)), methodisch rigoros durchgeführte Studien (experimenteller Ansatz, größere/repräsentative Samples) stehen jedoch weitgehend aus (Hallinger et al. 2020). Darüber hinaus sollte die wissenschaftliche Begleitung u.a. helfen, Erkenntnisse zu gewinnen über die Akzeptanz und das Potential der Plattform, sowie Prioritäten in deren weiterer Entwicklung

Im Rahmen des „Citizen Science“-Konzepts sollten Bürger:innen sowohl in der Entwicklungsphase des Projekts als auch beim Design der Experimente aktiv beteiligt werden. Dazu sollte eine größere Gruppe von interessierten „Citizen Scientists“ im Verlauf des Projektes gewonnen und kontinuierlich betreut werden.

2. Arbeitspakete, Verlauf und angewandte Methoden

Das folgende Bild gibt einen Überblick über Struktur und Verlauf des Projektes. Im Arbeitspaket 1 wurde auf Basis der SCIARA-Plattform eine erste Version von MyClimateFuture implementiert. Im Arbeitspaket 2 wurden Pilot-Nutzer:innen sowie Citizen Scientists gewonnen. Im Dialog mit diesen haben wir wichtige Hinweise für die Akzeptanz des Systems, Input für das System-Design sowie Anregungen für die Gestaltung der sozialwissenschaftlichen Untersuchungen gewonnen. Die Arbeitspakete 3 und 4 umfassten das Design, die Durchführung und die Auswertung der sozialwissenschaftlichen Studien. Im Arbeitspaket 5 wurde MyClimateFuture laufend gemäß dem Feedback der Anwender:innen angepasst. Das Arbeitspaket 6 schließlich enthielt das Projektmanagement¹.

¹ Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde auf eine Darstellung im Bild verzichtet.

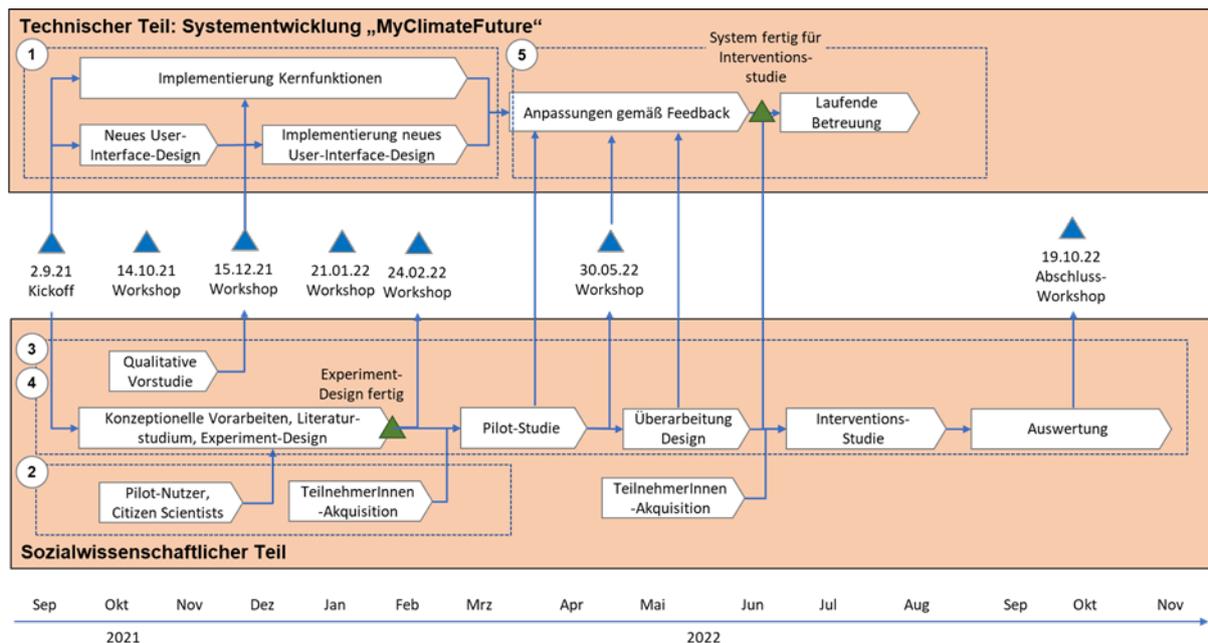


Bild 2: Struktur und Verlauf des Projektes

Arbeitspaket 1: System-Implementierung für das Simulationsszenario

Anpassung der Plattform für das gewählte Szenario gemäß folgender fünf Punkte:

- Verbesserung der grafischen Präsentation der Klimafolgen; wir wollten hier erreichen, dass die Teilnehmer:innen nicht nur mit Fakten konfrontiert werden, sondern konkret und anschaulich wahrnehmen können, was Klimawandel für sie bedeutet, in dem sie in die Simulation „eintauchen“ (Immersion).
- Ersetzen des bisher verwendeten, relativ simplen CO₂-Fußabdruck-Rechners, um weitere Informationen der Teilnehmer:innen aufnehmen zu können.
- Aufnahme weiterer Klimafolgen (tropische Nächte, Hitzewellen, Dürren, Stürme, Überschwemmungen).
- IT-technische „Härtung“ der Plattform, um sie sicher für das Internet zu machen.
- Ergänzung der notwendigen Datenschutz-Funktionalitäten, insb. Herstellen der DSGVO-Konformität.

Arbeitspaket 2: Pilot-Nutzer:innen-Gruppe, Aufbau einer Citizen-Science-Community

Die Entwicklung des Systems erfolgte in einem agilen Modus, d.h. in einem kurzen und intensiven Zyklus von Systemerweiterungen und Nutzer:innen-Feedback. Dafür brauchten wir eine erste Gruppe von ca. 10–20 „Friendly Users“, mit denen die frühen Versionen des Systems erprobt und kontinuierlich weiterentwickelt werden können. Diese Gruppe sollte identifiziert, gewonnen und laufend betreut werden.

Ausgehend von der Pilot-Nutzer:innen-Gruppe sollte eine größere Gruppe von interessierten Bürger:innen rekrutiert werden, mit denen gemeinsam das System genutzt und weiterentwickelt wird. Gemäß dem Konzept der „Citizen Science“, sind diese Bürger:innen nicht

bloße Versuchsobjekte, sondern sie entwickeln in aktiver Zusammenarbeit mit dem Projektteam das System weiter, erproben neue Fragestellungen und diskutieren und werten die Ergebnisse aus. Die Rekrutierung der „Citizen Scientists“ sollte nach den üblichen sozialwissenschaftlichen Methoden und Standards unter besonderer Beachtung von Repräsentativität und Diversität erfolgen.

Arbeitspakete 3 und 4: Wissenschaftliche Begleitung, Durchführung der Experimente und Evaluation

Mit dem Projekt wurde in vielen Bereichen Neuland betreten. Deswegen war eine wissenschaftliche Begleitung essenziell. Ein Hauptaspekt lag dabei auf der Beantwortung folgender Fragen:

- Führen die Experimente tatsächlich zu einem veränderten Nachhaltigkeitsbewusstsein?
- Führen die Experimente zu Verhaltensänderungen und Veränderungen der Haltung zu politischen Maßnahmen?

Mit Projektbeginn stellten sich außerdem folgende Fragen:

- Inwiefern stößt die MyClimateFuture-Simulation auf Akzeptanz innerhalb der allgemeinen Gesellschaft?
- Welche Erwartungen sind mit der Teilnahme an der Simulation verknüpft?
- Wie verhalten sich Teilnehmende in der Simulation?
- Wie bewerten Teilnehmende die Erfahrung?

Zur Beantwortung der Fragen wurden eine *qualitative, explorative Studie* sowie eine *Interventionsstudie* (Experimente) durchgeführt. Die beiden Studien gaben auch Aufschlüsse zu weiteren Fragen, die im Vorfeld des Projektes aufgekommen waren, aber im Projektverlauf nicht prioritär behandelt wurden (wahrgenommener Realismus der Simulation(s)annahmen und Charakteristiken der Interaktion zwischen den Teilnehmenden).

Qualitative Vorstudie

Um Aufschlüsse zur Akzeptanz von MyClimateFuture und zu weiteren zu Projektbeginn relevanten Fragen der Entwicklung zu gewinnen, führten wir leitfadengestützte persönliche Interviews mit Probanden aus der allgemeinen Bevölkerung durch (verschiedene Stadtteile in Potsdam, Oktober 2021). Um speziell auch weniger klimabewusste oder sogar ablehnend eingestellte Proband:innen zu rekrutieren, setzten wir einen kurzen Screening-Fragebogen ein (Quotierung nach Klimawandel-Bewusstsein). Es wurden 23 audio-aufgezeichnete Interviews durchgeführt, die durchschnittlich etwa 10 Minuten dauerten. Die Vorstudie war ursprünglich nicht geplant. Die Idee dazu entstand auf dem Kick-Off-Workshop, als wir feststellen, dass eine Reihe von offenen Fragen nur durch Befragung der Zielgruppe beantwortet werden konnten. Die Studie lieferte wesentliche Erkenntnisse sowohl für die Gestaltung des MyClimateFuture-Systems als auch für das Design der sozialwissenschaftlichen Experimente.

Interventionsstudie

Die Interventionsstudie zielte einerseits darauf, Veränderungen bei den Studienteilnehmenden in Bezug auf das Klimawandel-Bewusstsein, klimafreundliche Verhaltensintentionen sowie die Akzeptanz von politischen Maßnahmen gegen den Klimawandel zu untersuchen;

andererseits haben wir untersucht, inwiefern experimentelles Lernen (u.a. zu Handlungsoptionen und Klimafolgen) sich auf die psychologische Distanz zum Klimawandel (in ihren vier Dimensionen: temporal, sozial, hypothetisch und geografisch, siehe z.B. Trope und Liberman (2010)) sowie die wahrgenommene Wirksamkeit von klimafreundlichem Handeln (siehe z.B. Choi und Hart (2021)) auswirkt. Das folgende **konzeptionelle Modell** zeigt die Studien-Hypothesen und die vermuteten Wirkbeziehungen. Der Begriff “Klimawandel-Handeln” stellt in der Abbildung sowohl auf Bereitschaft hinsichtlich klimafreundlicher Verhaltensweisen als auch die Akzeptanz bzw. Unterstützung politischer Maßnahmen gegen den Klimawandel ab.:

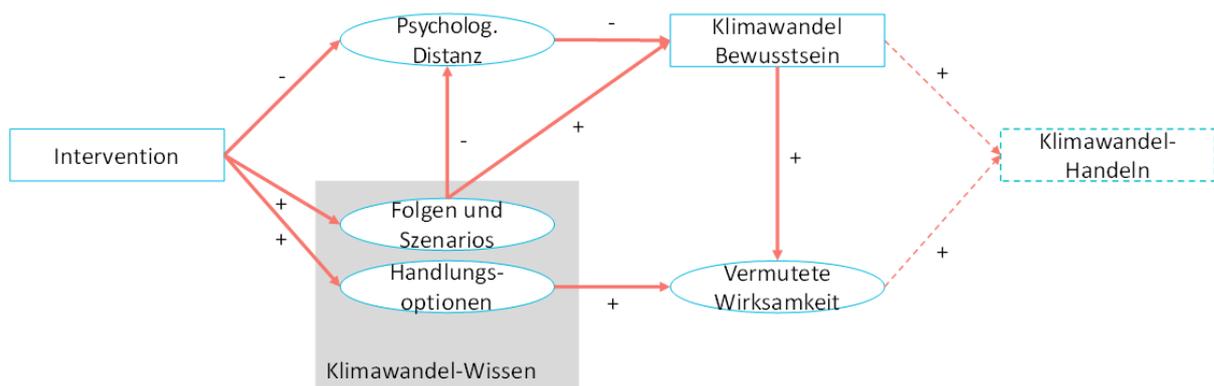


Bild 3: Konzeptionelles Modell

Ziel der Studie war es außerdem, Aufschlüsse darüber zu erhalten, inwiefern demografische Faktoren die Wirkung und die Akzeptanz von MyClimateFuture beeinflussen. Darüber hinaus umfasste die Studie eine standardisierte und offene Bewertung der MyClimateFuture-Erfahrung sowie die Auswertung von Simulationsdaten, um Aufschlüsse über das Verhalten der Teilnehmenden in der Simulation zu erhalten.

Als **Studiendesign** wurde ein randomisierter, kontrollierter Versuch mit Vor- und Nachbefragung gewählt. Mit Ausnahme eigens entwickelter Fragen zur Wissensgenerierung sowie einer offenen Frage zur Erfahrung mit MyClimateFuture umfassten die Befragungsinstrumente ausschließlich bewährte Skalen (Abfrage von Wirkungsdimensionen) aus der psychologischen und sozialwissenschaftlichen Literatur. Alle Befragungsinstrumente (d.h., Skalen) wurden sowohl in die Vor- als auch die Nachbefragung integriert (Pre-Test/Post-Test Design). Lediglich die Abfrage von politischen Einstellungen und Handlungsbereitschaften wurde ausschließlich im Rahmen der Nachbefragung vorgenommen.

Im Rahmen der Vorbefragung wurde den Teilnehmenden die MyClimateFuture-Simulation vorgestellt. Sie wurden gebeten, sich für die Teilnahme an einer zweitägigen Simulation online zu registrieren. Diejenigen, die sich bereit erklärten, sich zu registrieren, wurden nach dem Zufallsprinzip in eine Interventions- und eine Kontrollgruppe aufgeteilt. Der Interventionsgruppe wurde eine Simulation angeboten, die am selben Tag oder am nächsten Tag begann. Die Simulationen für die Kontrollgruppe wurden einige Wochen später – nach der Nachbefragung – angesetzt. Kurz nach dem Ende jeder Simulation für die Interventionsgruppe wurden die Teilnehmenden und ein entsprechender Anteil der Kontrollgruppe zur Teilnahme an der Nachbefragung eingeladen.

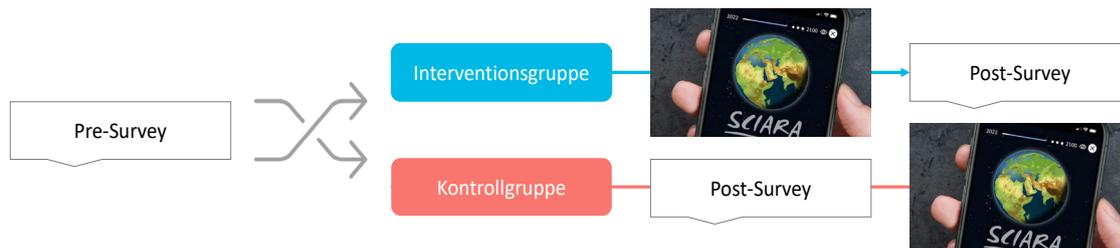


Bild 4: Experimentelles Studiendesign

Die Studie wurde durch die Ethik-Kommission der ETH Zürich genehmigt (EK 2022-N-5) und bei der Open Science Foundation (OSF) präregistriert: <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/E3C69>.

Durch das **Sampling** der Teilnehmenden über einen professionellen Panel-Anbieter sollte eine für Deutschland möglichst repräsentative Stichprobe gewonnen werden. Die Studienteilnehmenden mussten mindestens 18 Jahre alt sein. Die Teilnehmenden wurden von der Agentur für die Teilnahme an der Vor- und Nachbefragung vergütet; die Vergütung hing jedoch nicht vom Verhalten der Teilnehmenden in der Simulation ab. Über eine Pilot-Studie (nur Post-Test Design, Mai 2022) mit $n=140$ Teilnehmenden konnten Hinweise zur Verbesserung der operativ-technischen Durchführung der Hauptstudie gewonnen werden. Wegen der unerwartet hohen Ausfall-Quote (Dropout Rate) und einem Selektionsbias musste vom Ansatz einer Quotierung beim Sampling (nach Altersklassen, Geschlecht, Bildung und Region) – wie noch in der Pilotstudie umgesetzt – für die Hauptstudie abgewichen werden.

Die Hauptstudie wurde im Juli und August 2022 durchgeführt. Insgesamt wurden 24 Simulationen durchgeführt. In der Interventionsgruppe nahmen durchschnittlich 23 Teilnehmende aktiv an einer Simulation teil. Die endgültige analytische Stichprobe umfasste 392 Teilnehmende ($n=251$ in der Interventionsgruppe). Im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung in Deutschland (siehe Tabelle 1) war die endgültige **Stichprobe** etwas weiblicher, enthielt mehr Personen in der Altersgruppe 40–59 und weniger ältere Menschen (60+), und war höher gebildet. Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen Interventions- und Kontrollgruppe festgestellt werden (Vorbefragung, auf 5%-Niveau), allerdings war auffällig, dass die Interventionsgruppe im Allgemeinen bei den meisten Skalen höhere Werte erzielte als die Kontrollgruppe.

Tabelle 1: Sample

	Stichprobe, N=392		Deutsche Bevöl- kerung ^a
	n	%	%
Geschlecht			
Weiblich	211	54	51
Nicht-weiblich ^b	181	46	49
Altersklassen			
18–39	118	30	32
40–59	209	53	33
60+	65	17	35
Bildungsniveau^c			
Niedrig	39	10	33
Mittel	124	32	30
Hoch	229	58	35
Region			
Ost	110	28	19
West	241	61	65
Süd	41	10	16

^a Statistisches Bundesamt für das Jahr 2021/22

^b umfasst Männer und in der Stichprobe der Studie auch nicht-binäre Personen

^c Höchster erreichter Schulabschluss: niedrig = kein Abschluss, Grundschul- oder Hauptschulabschluss; mittel = Realschulabschluss; hoch = Abitur

Weitere Details zur Studie (u.a. theoretische Fundierung, Design und Sample) sind in einem Preprint festgehalten, das zur Veröffentlichung in einer internationalen Fachzeitschrift eingereicht ist: Hüttel, Alexandra and Heitzig, Jobst and Smith, Keith E. and Tamberg, Daniel, Climate Change Simulation Games for Climate Action: A Case Study. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4343063> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4343063>

Weitere wissenschaftliche Arbeiten

Der Entwicklungsprozess der MyClimateFuture-Software (App) wurde fortlaufend wissenschaftlich begleitet. Dies beinhaltete u.a.:

- Aufarbeitung, Präsentation und Verbreitung der (relevanten) wissenschaftlichen Literatur im Kontext des Projekts
- Entwicklung und Bereitstellung eines Evaluations- und Monitoring-Instruments für eine kontinuierliche Bewertung der Software und der Entwicklungsfortschritte bzw. -bedarfe
- Beratung des Entwicklungsteams/Product Owners im Verlauf des Entwicklungsprozesses insbesondere auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse zur Klimawandel-Kommunikation und zu Motivationstheorien

Arbeitspaket 5: laufende Anpassung der Plattform

Die MyClimateFuture-App wurde während der wissenschaftlichen Vorarbeiten bis zum Beginn der Interventionsstudie laufend weiter entwickelt. Eine Reihe von Anregungen aus der qualitativen Vorstudie und der Pilot-Studie wurden umgesetzt, beispielsweise haben wir die Teilnahmhürde durch Entfernen des Double-Opt-In-Verfahrens gesenkt und diverse Texte verständlicher formuliert.

Arbeitspaket 6: Management und Koordination

Die Entwicklung erfolgte im agilen Modus nach der Scrum-Methodik mit zweiwöchentlichen Sprints. Die Ergebnisse der Sprints wurden alle zwei Wochen in Review-Meetings präsentiert. An diesen Meetings nahmen die beteiligten Wissenschaftler:innen regelmäßig teil.

Weiterhin fand ein regelmäßiger wöchentlicher Online-Termin zwischen Daniel Tamberg, dem Produktverantwortlichen bei SCIARA und Alexandra Hüttel, der wissenschaftlichen Mitarbeiterin des PIK statt.

Zur Abstimmung zwischen den wissenschaftlichen Partnern und SCIARA haben wir insgesamt sieben gemeinsame Workshops durchgeführt. Die Workshops dauerten jeweils einen oder zwei Tage und fanden vor Ort in Potsdam oder online statt. Auf den Workshops berichteten die Verantwortlichen für die Arbeitspakete jeweils über ihren Stand. Offene Fragen zur inhaltlichen Ausrichtung, wissenschaftlichen Methoden und zur Planung wurden gemeinsam diskutiert und geklärt.

3. Ergebnisse

3.1. System-Implementierung

Die in AP1 geplanten fünf Schwerpunkte haben wir – mit leichten Veränderungen aufgrund neuerer Erkenntnisse – wie folgt umgesetzt:

1. Wir haben die technischen Voraussetzungen für die Verbesserung der Visualisierung und Immersion geschaffen:
 - Wir haben ein neues User-Interface-Design konzipieren lassen, das u.a. die Ausrichtung der Benutzer:innenoberfläche vom Hochformat ins Querformat ändert, um auch auf Tablets und PCs formatfüllende Grafiken anbieten zu können. Das neue Design wurde vor Beginn der Interventionsstudie vollständig umgesetzt.
 - Teilnehmer:innen können jetzt ein Profil für sich anlegen. Auf Basis der Angaben im Profil können wir nun die Benutzer:innenoberfläche auf die individuellen Lebensumstände anpassen.
 - Wir haben einen professionellen Illustrator beauftragt für das Erstellen von Grafiken für verschiedene Wohnungstypen, Lebensumfelder, Fahrzeuge, Vegetation, Solaranlagen, Windräder und vieles mehr. Ein großer Teil der neuen grafischen Objekte wurde in die App übernommen. Zusätzlich haben wir nun die Möglichkeit, grafische Darstellungen in Abhängigkeit der Erderwärmung oder anderer Parameter

zu verändern. Wir nutzen das dafür, die Vegetation bei steigender Temperatur zu verändern, beispielsweise durch das Verwelken von Bäumen.

- Wir haben die Grafik-Engine so erweitert, dass sie jetzt beliebige Grafikelemente konfigurativ frei übereinander platzierbar und vor allem bedingt in Abhängigkeit von Eingaben des Teilnehmenden darstellen kann. Dadurch erreichen wir unser Ziel, die simulierte Lebensumgebung der Teilnehmer:innen in Abhängigkeit von Profil- und Klimawerten unterschiedlich darstellen und damit konkret erlebbar machen zu können.
- Fast alle Texte können jetzt voll formatiert mit eingebetteten Grafiken angezeigt werden, so dass aus der Simulation heraus generierte News-Meldungen eine höhere emotionale Wirkung haben können.

Das folgende Bild zeigt den aktuellen Stand des Haupt-Screens von MyClimate-Future

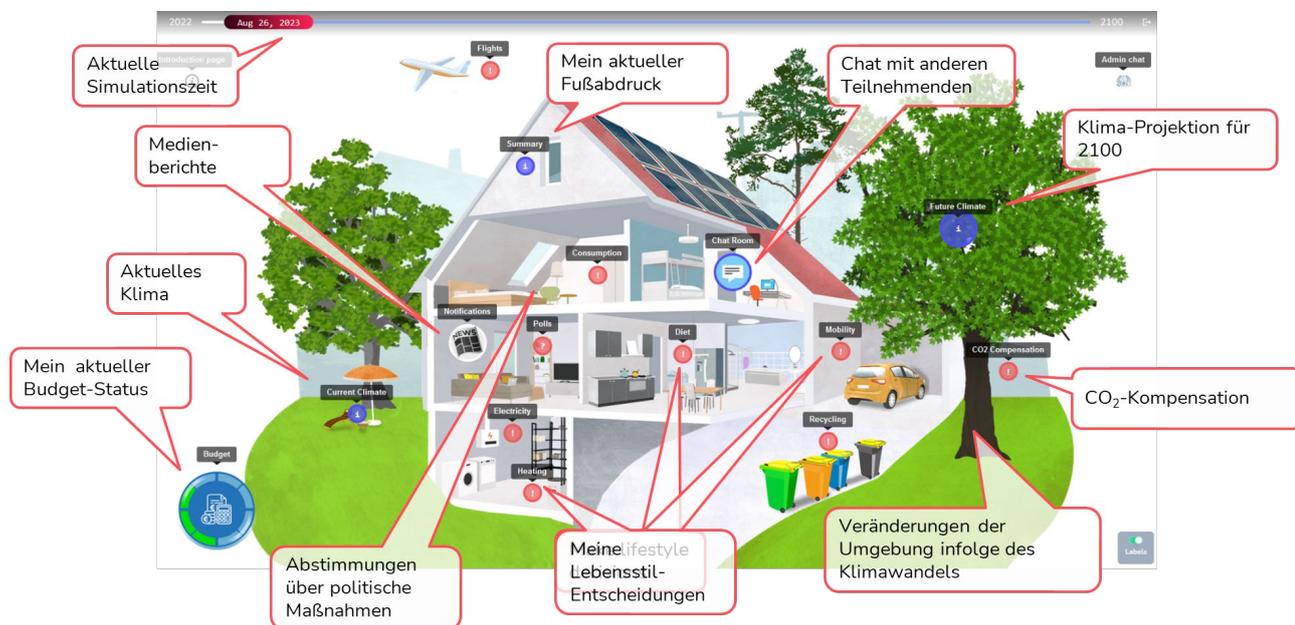


Bild 5: Aktueller Stand MyClimateFuture Hauptscreen

2. Wir haben uns dagegen entschieden, einen externen CO₂-Fußabdruckrechner zu lizenzieren, da Kosten und Nutzen dafür in keinem akzeptablen Verhältnis gestanden hätten. Stattdessen haben wir unseren eigenen stark erweitert. Er bildet jetzt die staatliche Infrastruktur, persönlichen Konsum, Ernährung, Heizen, Stromverbrauch, individuelle Mobilität, ÖPNV, Flüge und Mülltrennung/Recycling ab.
3. Wir haben die neueste Version der ISIMIP-Klimafolgen-Datenbank, die eine Vielzahl von Klimafolgen zeitlich und räumlich hoch aufgelöst enthält, an MyClimateFuture angebunden. Dazu gehören der selektive Import der benötigten Zeitreihen, das Definieren des Zugriffs und eines Interpolationsalgorithmus, um aus den statischen ISIMIP-Szenarien die Klimafolgen der Emissionspfade zu ermitteln, die dynamisch in unseren Simulationen erzeugt werden. Die aus der ISIMIP-Datenbank interpolierten Daten für maximale und minimale Tageshöchsttemperatur sowie trockene und regnerische Tage, werden für die Region der Postleitzahl des jeweils Nutzenden als nach Monaten aufgelöste Zeitreihen dargestellt.

4. Wir haben sämtliche bisher bekannten Sicherheitslücken des Systems geschlossen. Wir haben dies mit einem ausführlichen IT-Security-Audit verifiziert.
Die Zustimmung zur Datenspeicherung und Nutzung sowie die Löschung aller personenbezieharen Daten eines Benutzers sind gemäß DSGVO umgesetzt.
5. Zusätzlich haben wir Funktionen für die Verwaltung des Systems und der Nutzer:innen sowie für die Automatisierung diverser zuvor von Hand durchzuführender Einrichtungs- und Betreuungsschritte für die Simulationen massiv verbessert. Im Einzelnen:
 - Selbstregistrierung der Benutzer:innen
 - Verbesserte Benutzer:innenverwaltung
 - Übersicht über die angebotenen Simulationsläufe für Teilnehmer:innen
 - Verschiedene Modi der Zuordnung zu einem Simulationslauf (sofort-automatisch und oder Nutzer:in-beantragt-Experimentator:n-gibt-frei)
 - Konfigurierbarkeit der meisten Simulationsparameter ohne Eingriff von Software-Entwickler:innen
 - Konfigurierbarkeit beliebiger Abstimmungen zu politischen Maßnahmen
 - Erklär- und Hilfstexte für alle Dialoge und Bedienelemente, um die Verständlichkeit zu erhöhen und den Betreuungsaufwand zu verringern.

3.2. Sozialwissenschaftliche Begleitung

Arbeitspaket 2: Pilot-Nutzer:innen-Gruppe, Aufbau einer Citizen-Science-Community

Mit Menschen aus dem Sciara-Netzwerk führten wir wiederholt Simulationsläufe durch (Friendly Users). Das Feedback der Teilnehmenden (Fragebogen und abschließende Debriefings) floss in die Weiterentwicklung der App ein (z.B. gewünschte zu implementierende Klimafolgen).

Citizen Science

Wir konnten insgesamt acht Bürger:innen als Citizen Scientists für die Mitarbeit im Projekt gewinnen. Mit den Citizen Scientists fanden mehrere virtuelle Treffen statt; für eine übergeordnete Abstimmung eröffneten wir einen Slack-Channel. Die bestehende Gruppe half mit Feedback zu einigen Entwicklungsfragen.

Insgesamt blieb die Zusammenarbeit mit der Gruppe der Citizen Scientists gemessen an unseren Bemühungen deutlich hinter unseren Erwartungen zurück.

Dafür konnte die Umsetzung einer SCIARA-Challenge im Rahmen des Thinkathons 2021 (Wortschöpfung aus „Thinking Marathon“) unter dem Motto „Humanity in a Changing Climate“ (3.–5. Dezember) als ein Citizen-Science Erfolg gewertet werden. Ein Team bestehend aus drei Studenten und einer Doktorandin arbeitete über zweieinhalb Tage an einer Challenge, welche das Design der Experimente und die weitere Entwicklung von SCIARA inspirieren sollte. Die Gruppe wurde als eines von drei Siegerteams nominiert. Ihre Arbeitsergebnisse flossen in die weitere Entwicklung der Experimente ein und gaben Impulse für die zukünftige technologische Entwicklung von Sciara (Nutzung von KI/Deep Learning zur

Erzeugung von realistischen Klimafolgen in der eigenen Umgebung und automatisierte News-Generierung).

Arbeitspakete 3 und 4: Wissenschaftliche Begleitung, Durchführung der Experimente und Evaluation

Qualitative Vorstudie

Die Auswertung der durchgeführten Interviews zeigte, dass das Wissen in der allgemeinen Bevölkerung über die Auswirkungen und die zeitliche Dimension des Klimawandels teilweise nur bruchstückhaft ist. Wenige Proband:innen konnten eine direkte Verbindung zwischen dem Klimawandel und dem persönlichen Leben bzw. ihrer eigenen Zukunft herstellen.

Gleichzeitig drückten die Interviewten eine hohe bis sehr hohe Besorgnis bezüglich des Klimawandels aus. Die Klimazukunft wurde vielfach mit apokalyptischen Zuständen assoziiert. Insgesamt zeigten sich die Interviewten sehr aufgeschlossen gegenüber der MyClimateFuture-Idee. Sie artikulierten – unabhängig von ihrem Grad an vorhandenem Klimabewusstsein hinweg – ein hohes Interesse daran, mehr über den eigenen Einfluss auf den Klimawandel zu erfahren. Die Teilnahme an MyClimateFuture wurde übergreifend mit einem mittleren Interesse beziffert, teilweise aber auch beeinflusst durch eine generell ablehnende Haltung gegenüber digitalen Applikationen/Spielen. Aus diesen Ergebnissen schlussfolgerten wir, dass die hinter diesem Online-Spiel stehende Idee eine gute Akzeptanz in der (digitalaffinen) allgemeinen Bevölkerung haben könnte. Gerade unter weniger klimabewussten Bevölkerungssegmenten könnte MyClimateFuture dazu beitragen, Wissenslücken zum Klimawandel zu schließen und die Handlungsbereitschaft für den Klimaschutz zu befördern. Dennoch zeigte die Studie auch, dass die Erwartungen der Interviewten an die Ausgestaltung des Spiels in einigen Punkten vom Entwicklungsstand abwichen. Beispielsweise entsprach das zu diesem Zeitpunkt noch recht statisch ausgestaltete Interface nicht den Vorstellungen von einer sich deutlich verändernden Zukunft. Diese Erkenntnisse wurden und werden in der weiteren Entwicklung des Online-Spiels berücksichtigt.

Interventionsstudie

Die Auswertung der Interventionsstudie setzte zunächst einmal bei der allgemeinen **Evaluation des Interventionserfolgs** an, d.h. des Einflusses der Teilnahme an MyClimateFuture auf das Klimawandel-Bewusstsein sowie auf weitere Prädiktoren klimafreundlichen Verhaltens. Da initiale Unterschiede zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe im Vorfeld der Intervention nicht ausgeschlossen werden konnten, wählten wir für die Analyse den Differenzen-in-Differenzen (DID) Ansatz. Bei der DID-Schätzung der durchschnittlichen Interventionseffekte (ATEs) wird die Interventionsgruppe mit einer hypothetischen Gruppe verglichen, die dieselben Ausgangsmerkmale aufweist, von der aber angenommen wird, dass sie keine Intervention durchläuft. Einzelheiten zur Analyse und den Ergebnissen sind im zur Veröffentlichung eingereichten Manuskript vermerkt.

Die Ergebnisse der DID-Schätzungen (siehe Tabelle 2) zeigen, dass

- die Intervention insgesamt eine signifikante Verbesserung des Wissens der Teilnehmenden zum Klimawandel erzielen konnte.

- die Intervention die Zuversicht in die Wirksamkeit kollektiven Handelns auf den Klimawandel signifikant verstärkte (Subfacette der wahrgenommenen Wirksamkeit von Klimaschutz; Ergebnisse auf Ebene der Indikatoren, d.h. einzelner Variablen, sind im Manuskript dargestellt).
- Trotz dieser positiven Wirkungen auf Einzelaspekte des Klimawandel-Bewusstseins konnten, wenn man "Klimawandel-Bewusstsein", "psychologische Distanz zum Klimawandel" und "wahrgenommene Wirksamkeit von Klimaschutz" jeweils als komplexe Kategorien über etablierte Indikatoren ("Konstrukte" bzw. "Skalen") misst, entgegen unseren Hypothesen jedoch keine statistisch signifikanten Interventionseffekte auf das Klimawandel-Bewusstsein, die psychologische Distanz zum Klimawandel und die wahrgenommene Wirksamkeit von Klimaschutz festgestellt werden.
- Auch Post-Test Vergleiche zwischen der Interventions- und Kontrollgruppe zu verschiedenen klimafreundlichen Verhaltensintentionen und zur Akzeptanz politischer Maßnahmen gegen den Klimawandel (ausschließlich im Rahmen der Nachbefragung erhoben) konnten keine signifikanten Ergebnisse liefern.

Tabelle 2: Interventionseffekte

Variablen/Konstrukte	ATE	p	90% CI
Klimawandel-Bewusstsein	0,057	0,175	[-0,04, 0,16]
Psychologische Distanz zum Klimawandel	-0,092	0,149	[-0,24, 0,05]
Wissen um Klimawandel-Mitigation	0,044	0,286	[-0,08, 0,17]
Wissen um Klimawandel-Folgen	0,141	0,025	[0,02, 0,26]
Wahrgenommene Wirksamkeit von Klimaschutz	0,026	0,288	[-0,05, 0,10]

ATE = durchschnittlicher Treatment-Effekt; CI = Konfidenzintervall

Bemerkung: Es werden 1-seitige p-Werte berichtet.

Die Interventionseffekte wurden auch im Kontext des konzeptionellen Modells geschätzt (Abbildung 2), welches die Wirkzusammenhänge zwischen den verschiedenen Prädiktoren klimafreundlicher Verhaltensweisen zeigt. Über den Ansatz der Strukturgleichungsmodellierung konnten die vermuteten Zusammenhänge bestätigt werden. Das hilft, den Einfluss experimentellen Lernens auf klimawandelbezogene Handlungsbereitschaften zu verstehen. Ein Interventionserfolg konnte aber wieder nur für das Wissen zum Klimawandel statistisch signifikant belegt werden. Gemäß den Ergebnissen kann die Wissensgenerierung zu Klimawandel-Folgen und Handlungsoptionen grundsätzlich als vielversprechender Mechanismus begriffen werden, um Klima-Bewusstsein und Klima-Handeln zu fördern. Womöglich könnte eine weitere Verbesserung von Experience und Usability der Simulation helfen, stärkere Interventionseffekte zu erzielen (auch mit Blick auf das Klimawandel-Bewusstsein).

Ergänzend wurden **konditionelle Interventionseffekte** in Abhängigkeit demografischer Merkmale analysiert. Einzelheiten zu diesen Analysen – wieder durchgeführt auf Basis des DID-Ansatzes – finden sich in der eingereichten Publikation. Die Ergebnisse zeigen, dass das Bildungsniveau einen signifikanten Einfluss auf den Interventionserfolg hatte; so konnte das Wissen um die Auswirkungen des Klimawandels und die Zuversicht, dass kollektiv eine CO₂-Reduzierung zu erreichen ist (wahrgenommene Wirksamkeit) unter weniger gebildeten Teilnehmenden signifikant gesteigert werden, nicht jedoch unter den besser gebildeten. Einschränkend wurde allerdings auch beobachtet, dass die weniger gebildeten Teilnehmenden mit einer verstärkten hypothetischen Distanz zum Klimawandel reagierten. Dies bedeutet, dass unter ihnen nach Studienteilnahme eine verstärkte Unsicherheit darüber bestand, ob der Klimawandel tatsächlich eintreten wird. Dieses Ergebnis könnte mit Zweifeln an der wissenschaftlichen Fundierung der Simulation begründet sein.

Zusammengenommen untermauern diese Ergebnisse, dass es besonders gewinnbringend sein könnte, Bildungsangebote wie die hier in den Blick genommene Klimawandel-Simulation unter weniger gebildeten Segmenten der Bevölkerung einzusetzen. Dabei sollte womöglich aber ein besonderes Augenmerk darauf gelegt werden, Vertrauen in das Bildungsangebot und die wissenschaftlichen Grundlagen aufzubauen.

Neben diesen konditionellen Interventionseffekten konnte beobachtet werden, dass weibliche Teilnehmende infolge der Intervention mit einer verstärkten Zuversicht in die Wirkung kollektiven Handelns auf den Klimawandel reagierten, während nicht weibliche Teilnehmende dies nicht taten. Darüber hinaus deutet die Analyse auch mögliche bedeutsame Alters-Effekte im Zusammenhang mit der Verringerung der räumlichen Distanz zum Klimawandel und der Erhöhung der hypothetischen Distanz an. Diese Effekte können auf Grundlage des gegebenen Samples jedoch nicht auf dem üblichen 5%-Alpha Konfidenz-Niveau ("p-Wert") bestätigt werden.

Die Analyse beinhaltet weiterhin eine Auswertung der **Dropout-Faktoren**, welche auf die Akzeptanz der Simulation in der Bevölkerung hinweisen können, sowie der grundsätzlichen **Aktivität der Teilnehmenden** in der Simulation: Wie für diese Art von Studien typisch, sahen wir uns mit einer recht hohen Abbrecherquote im Studienverlauf konfrontiert. So registrierten sich z.B. nur die Hälfte der Probanden erfolgreich, die zuvor ihr Einverständnis dazu gegeben hatten. In der Interventionsgruppe lag die Konversationsrate, gemessen an der anfänglichen Stichprobe, die die Befragung geöffnet hatte, insgesamt bei 15,2 %. Ein Vergleich zwischen der anfänglichen Stichprobe und der endgültigen Auswertungsstichprobe zeigte, dass Menschen mit niedrigem Bildungsstand, sowie Teilnehmende im Alter zwischen 18 und 24 die Studie verstärkt abbrachen. Dafür nahmen verstärkt Menschen von 40 bis 49 Jahren an der Studie teil. Im Vergleich zur Ausgangsstichprobe aus der Pilotstudie (n=516), die hinsichtlich vier demographischer Kriterien repräsentativ für die deutsche Bevölkerung war, weist die Interventionsgruppe in der Hauptstudie außerdem eine höhere ökologische Wertorientierung auf. Weniger umweltbewusste Menschen haben die Studie folglich eher abgebrochen. Gemäß diesen Ergebnissen ist die Zielgruppe für wissenschaftliche Klimawandelspiele eher gut gebildet, im Alter zwischen 40–60, sowie umweltbewusst eingestellt. Diese Ergebnisse scheinen plausibel, können aber auch allgemeine Abbrecher-Charakteristiken bei Online-Studien und Surveys widerspiegeln.

Die MyClimateFuture-App protokolliert das Verhalten der Teilnehmenden anonymisierter Form laufend mit. Die Auswertung dieser Protokolle ergab, dass die Teilnehmenden in der Interventionsgruppe sich über den zweitägigen Zeitraum der Simulation etwa fünf Mal einloggen (Median der Login-Anzahl). Dabei nahmen sie etwas mehr als 20 Edits (Median) vor, wie z.B. Entscheidungen über den Lebensstil oder politische Abstimmungen. Insgesamt wurde somit ein grundlegendes Maß an Interaktion mit der App erreicht. In den 24 Simulationen wurden insgesamt 548 Nachrichten versendet, wobei diese oft von einer kleinen Zahl an Teilnehmenden ausgingen. Mit vier Views pro Teilnehmer (Median) kam der Chat-Funktion dennoch eine gewisse Aufmerksamkeit unter allen Teilnehmenden zu. Diese Ergebnisse zeigen das Potential der sozialen Interaktion in der Simulation auf, deuten aber auf die Schwierigkeit, alle Teilnehmenden zu beteiligen. Am Ende der Simulationen, nachdem die Teilnehmenden die Gelegenheit hatten, ihr simuliertes Verhalten zu ändern, waren die Klima-Voraussagen für 2100 (z.B. der Temperaturanstieg im Vergleich zum präindustriellen Niveau) in der Regel pessimistischer als die Klima-Voraussagen für dasselbe Jahr 2100, die zu Simulationsbeginn auf Basis deutscher Durchschnittswerte erstellt und dargestellt wurden.

Über die Nachbefragung konnten weiterhin Erkenntnisse zur **Erfahrung** mit MyClimateFuture gewonnen werden. 32% der Teilnehmenden gaben an, dass sie MyClimateFuture wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich weiterempfehlen würden, während 20% der Teilnehmenden aussagten, dass sie dies voraussichtlich (überhaupt) nicht tun würden. Die Wahrscheinlichkeit einer Weiterempfehlung ist insbesondere bestimmt durch die wahrgenommene Nützlichkeit der Anwendung (Usefulness), die Freude daran (Enjoyment), sowie – etwas abgeschwächt – die Benutzungsfreundlichkeit (Usability). Nachfolgende Abbildung zeigt die Bewertung von MyClimateFuture entlang dieser Aspekte sowie mit Blick auf das Vertrauen der Teilnehmenden in die wissenschaftlichen Grundlagen von MyClimateFuture. Gemäß den Ergebnissen sind insbesondere Entwicklungspotentiale mit Blick auf die Usability von MyClimateFuture erkennbar.

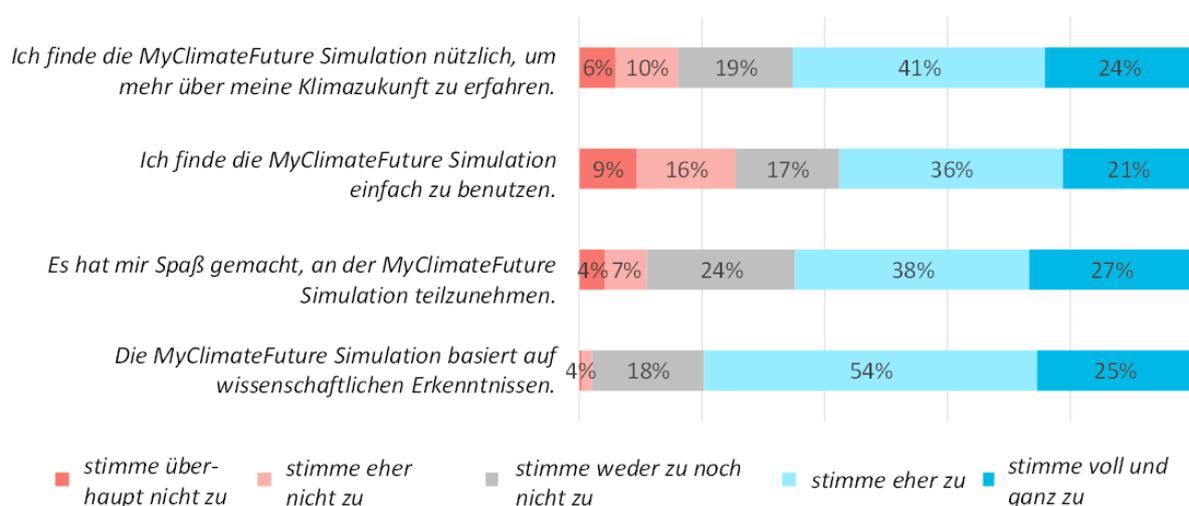


Bild 6: Bewertung der MyClimateFuture Simulation

Ergänzend zu diesen vorstrukturierten Fragen haben wir auch noch eine offene Frage zu MyClimateFuture gestellt: „Was hat Ihnen an der MyClimateFuture Simulation gefallen oder nicht gefallen? [...]. Bitte teilen Sie uns auch mit, wenn Sie technische Schwierigkeiten hatten.“ 85% der Teilnehmenden in der Interventionsgruppe haben auf diese Frage geantwortet (5888 Wörter insgesamt). Über eine qualitative Inhaltsanalyse mittels induktiver Codierung konnten 11 dominante Themen identifiziert werden, die in nachfolgender Abbildung dargestellt sind. Die relative Größe der Boxen spiegelt die Häufigkeit der mit diesen Themen assoziierten Codes wider.

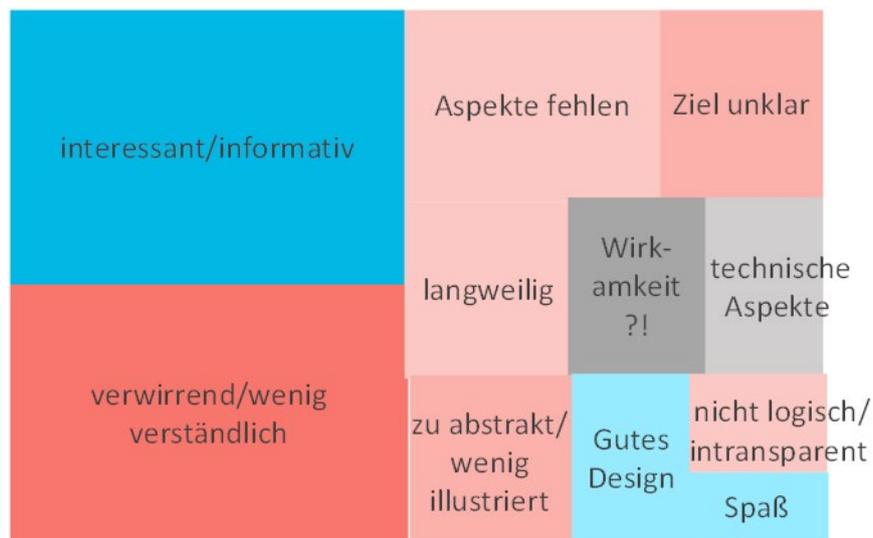


Bild 7: Qualitatives Feedback/-forward

Herauszustellen ist, dass die Kommentare vielfach den interessanten Charakter der Simulation hervorhoben („Die Simulation ... öffnet sie einem die Augen, für den zukünftigen Zustand unseres Planeten. Erschreckend!“), allerdings wurde auch sehr häufig auf Verständnisprobleme bzw. eine wenig intuitive Benutzung verwiesen. Damit untermauert die qualitative Analyse das Erfordernis, Usability-Aspekte im weiteren Entwicklungsprozess verstärkt zu beachten. Die Kommentare drückten auch aus, dass das Ziel der Simulationsteilnahme nicht ausreichend klar wurde. Positiv hervorgehoben wurde das gute Design der Simulation, was als Bestätigung für die durchgeführten Verbesserungen mit Blick auf das Interface gewertet werden kann. In einigen Fällen wurde auch der unterhaltsame Charakter der Simulation erwähnt, gegenteilige Kommentare waren jedoch deutlich häufiger („Es gab „wenig zu tun“... das war etwas eintönig“). Es wurde wiederholt angemerkt, dass ein hohes Abstraktionsniveau gegeben ist und dass die MyClimateFuture-Simulation noch stärker grafisch illustriert werden sollte. Insofern sollten die Entwicklungsarbeiten auf diesem Gebiet noch weiter ausgebaut werden. Viele Teilnehmende wünschten sich außerdem mehr Detailliertheit bzw. die Berücksichtigung weiterer Aspekte in der Simulation. In wenigen Fällen wurden darüber hinaus technische Aspekte sowie mangelnde Transparenz und Logik der Simulation angesprochen (in Einzelfällen auch fehlender Realismus). Nach Anzahl der Erwähnungen sind diese Aspekte in der weiteren Entwicklungsarbeit aber nicht prioritär zu behandeln. Die weiteren geplanten Entwicklungen haben diesen Aspekt bereits aufgenommen.

Weitere wissenschaftliche Arbeiten

Literaturarbeit: im Projekt nahmen wir eine detaillierte Literaturrecherche insbesondere zu folgenden Themen vor: Prädiktoren für Klimawandelbewusstsein, Klimawandel-Kommunikation, Bildungsspiele allgemein und Klimawandel-Spiele im Besonderen. Relevante Arbeiten bzw. deren Ergebnisse wurden dem Entwicklerteam regelmäßig präsentiert. Auf Grundlage der Literaturarbeit sprachen die wissenschaftlichen Expert:innen Empfehlungen für die Weiterentwicklung von MyClimateFuture aus.

Monitoring: Für die mit den regelmäßigen Simulationsläufen verbundenen anschließenden Befragungen setzten wir einen zusätzlichen standardisierten Fragebogen auf, um weitere Aufschlüsse über die Bewertung des aktuellen Stands der Entwicklung sowie Impulse für die weitere Entwicklung zu generieren. Darüber hinaus wurde ein Instrument für eine vertiefende Evaluation der Gaming Experience (Bewertung u.a. auch von Aspekten wie Kompetenz, Affekt und Immersion) übersetzt und aufbereitet.

4. Diskussion

Gesamtbewertung

Insgesamt wurden sowie die IT-technischen Ziele – Implementierung eines Klimawandel-Szenarios als attraktives, wissenschaftlich fundiertes Online-Spiel – als auch die sozialwissenschaftlichen Ziele – Analyse der Veränderung des Nachhaltigkeitsbewusstseins in Folge der Nutzung von MyClimateFuture – vollständig erreicht.

Die Ergebnisse der sozialwissenschaftlichen Begleitung zeigen jedoch, dass MyClimateFuture in der in der Studie eingesetzten Form deutlich weniger als erwartet zu Klimawissen, Klimabewusstsein und Handlungsbereitschaft von Bürger:innen beiträgt, als wir uns erhofft hatten.

Die Analyse der Studienergebnisse zeigt gleichzeitig mehrere Verbesserungspotentiale für MyClimate Future auf, mit deren Umsetzung die Wirksamkeit gesteigert werden könnte.

IT-technischen Ziele

Aus Sicht von SCIARA wurden die Ziele des Projektes sehr weitgehend erreicht. MyClimateFuture implementiert wie geplant konkrete Simulationsszenarien für den Klimawandel, verschiedene Handlungsmöglichkeiten von Bürger:innen dagegen sowie Möglichkeiten der Teilnehmenden zur Kommunikation untereinander.

Im Einzelnen wurden gegenüber dem auf Basis der SCIARA-Plattform implementierten „Minimal Viable Product (MVP)“ vor Beginn des Projektes folgende wesentlichen Aspekte für das Klimawandel-Szenario umgesetzt:

- Das User Interface wurde komplett neu gestaltet. Die Nutzer:innen-Interaktion wurde dadurch sehr deutlich verbessert. Die Oberfläche ist ansprechender, intuitiver und immersiver geworden. Die sichtbar verdorrten Bäume, mit Bildern angerei-

cherte Textnachrichten über Klimafolgen sowie die zusätzlich integrierten Klimafolgen wie Trockenheit, Starkregen und Unwetter ermöglichen eine anschauliche Wahrnehmung des Klimawandels und erzeugen emotionale Betroffenheit.

- Der CO₂-Fußabdruck-Rechner deckt alle relevanten Bestandteile des privaten Konsums ab; die angebotenen Handlungsmöglichkeiten bilden ebenfalls die Lebenswirklichkeit typischer Nutzer:innen-Gruppen weitgehend ab.
- Alle bekannten Schwachstellen im Hinblick auf IT-Sicherheit und Datenschutz wurden beseitigt. Dies wurde durch ein externes Security Audit verifiziert.
- Wesentliche Werkzeuge für die praktische Handhabung der Plattform und eine wenig aufwendige Durchführung von Simulations-Experimenten wurden implementiert, insbesondere in Bezug auf das Anlegen und Konfigurieren von Experimenten, die Nutzer:innen-verwaltung und die Protokollierung.

Insgesamt ist somit ein System entstanden, das in *moderierten Gruppen* von 20-30 Teilnehmenden über einen Zeitraum von 2-3 Stunden sehr gut eingesetzt werden kann.

Der Verlauf der moderierten Simulation löst bei den Teilnehmenden nahezu immer anregende, lehrreiche Diskussionen aus und weit überwiegend exzellentes Feedback der teilnehmenden aus. MyClimateFuture ist somit ein in der Praxis erprobtes Werkzeug für die Klimabildung. Die Förderung durch die DBU hat daran einen maßgeblichen Anteil.

Sozialwissenschaftliche Ziele

Auch im Rahmen der sozialwissenschaftlichen Begleitung konnten die vorgegebenen Ziele erreicht werden. So wurden einerseits fundierte Kenntnisse dazu gewonnen, inwiefern eine Teilnahme an MyClimateFuture das Nachhaltigkeitsbewusstsein und die Akzeptanz politischer Klimaschutzmaßnahmen beeinflussen kann. Aufgrund einer hohen Abbrecher-Rate und damit einem hohen Selektionsbias konnte nur für die Pilot-Studie, nicht jedoch für die Interventionsstudie eine repräsentative Stichprobe auf Basis grundlegender demografischer Kriterien gewonnen werden. Die gewonnenen Erkenntnisse aus den begleitenden Studien deuten aber darauf hin, dass eine entsprechende Skalierung des Bildungsangebotes in die weitere Bevölkerung hinein vorab auch weiterer Anpassungen bzw. einer Weiterentwicklung im Kontext von Usability und Experience von MyClimateFuture bedürfen.

Insgesamt blieb der Interventionserfolg – gemessen an unseren Hypothesen – hinter unseren Erwartungen. Ein signifikant positiver Einfluss von MyClimateFuture konnte nur in Bezug auf das Klima-Wissen, nicht jedoch auf Klimabewusstsein und Handlungsbereitschaft nachgewiesen werden. Ob dies an den erkannten noch vorhandenen Schwächen des Systems oder daran liegt, dass der Ansatz grundsätzlich nicht geeignet ist, konnte im Rahmen dieses Projektes nicht endgültig geklärt werden.

Im Kontext anderer Arbeiten in diesem Forschungsgebiet (Fernández Galeote et al. 2021) ist allerdings auch zu erwähnen, dass der methodisch rigorose Ansatz sich nicht begünstigend auf die Ergebnisse ausgewirkt hat. So wäre der Evaluationserfolg unter ausschließlicher Bezugnahme auf Pre- und Post-Messungen, wie verbreitet angewandt, deutlich positiver bewertet worden. Vor diesem Hintergrund empfehlen wir, die Erkenntnisse aus bisherigen Studien vor dem Hintergrund der methodischen Designs zu bewerten und daraus vorsichtigere Einschätzungen der Verhaltenswirkungen von Klimawandel-Spielen zu ziehen.

Neben der Evaluierung von MyClimateFuture konnten wir im Rahmen der sozialwissenschaftlichen Begleitung auch viele weitere, im Verlauf des Projektes aufgekommene Fragen beantworten.

So stand zu Beginn des Projektes im Vordergrund, welches Potential der MyClimateFuture-Idee grundsätzlich in der allgemeinen Bevölkerung zukommt.

Um Erkenntnisse zur Ausgestaltung der Simulation für weniger umwelt- bzw. klimabewusste Segmenten der Bevölkerung zu gewinnen, erwies sich die Durchführung der zusätzlichen qualitativen Studie als sehr hilfreich. Insgesamt kann die Kombination von qualitativen und quantitativen Ansätzen als ein Erfolgsfaktor für die sozialwissenschaftliche Evaluierung im Projekt gesehen werden.

Sowohl im Rahmen der Entwicklung des Systems als auch bei der Planung und der Durchführung der sozialwissenschaftlichen Experimente sollte eine interessierte Gruppe an Bürger:innen aktiv beteiligt werden (Citizen-Science Ansatz). Wie vorab beschrieben, konnten im Projekt nur relative wenige Citizen-Science-Beiträge realisiert werden. Dies lag möglicherweise am Charakter des Projekts. So sind die zu behandelnden Fragestellungen komplex gewesen (z.B. mit Blick auf das Design der Experimente) und im Vergleich zu üblichen Citizen-Science-Projekten möglicherweise auch wenig anschaulich. Als Erfolg konnte allerdings die Einbindung von Citizen-Science im Rahmen eines „Thinkatons“ – eines Online-Wettbewerbs zu Klimafragen – gesehen werden („Thinkathon“). Für zukünftige, ähnliche Projekte würden wir insofern empfehlen, Citizen-Science Aktivitäten anlassgebunden und mit kompetitiven Elementen durchzuführen.

Kooperation zwischen den Projekt-Partnern

Insgesamt war die Kooperation zwischen den Partnern aus der Industrie und der Wissenschaft sehr erfolgreich. Eine enge Abstimmung sowie ein kontinuierlicher Austausch wurden durch regelmäßige Meetings, interne Workshops sowie die Nutzung digitaler Kollaborationstools sichergestellt. Auch über die konkrete Projektarbeit hinaus konnten beide Seiten sehr viel voneinander lernen. Die Grundlage dafür war, dass alle Projekt-Beteiligten bereit waren, sich in die „Denkwelten“ der anderen Projektbeteiligten hineinzusetzen und diese zu akzeptieren.

5. Öffentlichkeitsarbeit, Weiterführung des Vorhabens

Website, Newsletter & Social Media

Die SCIARA-Website wurde begleitend zum Projekt angepasst. Sie zeigt den aktuellen Stand von MyClimateFuture und bietet Interessenten aus Unternehmen, Bildungseinrichtungen und NGOs die Möglichkeit, sog. Klimazeitreisen mit MyClimateFuture zu buchen oder eine kostenlose Live-Demo zu vereinbaren.

Auf die Förderung durch die DBU wird explizit hingewiesen.

Wissenschaftliche Publikation

Die Ergebnisse der sozialwissenschaftlichen Begleitung sind in einem zur Veröffentlichung eingereichten Manuskript festgehalten. Dieses soll in einer renommierten internationalen ISI-referenzierten (ISI = Institute for Scientific Information) Fachzeitschrift publiziert werden. Damit werden die Ergebnisse in erster Linie der wissenschaftlichen Gemeinschaft zur Verfügung gestellt. Die theoretischen Erkenntnisse sowie das Fallbeispiel von MyClimateFuture sollen insbesondere Beiträge für den wissenschaftlichen Diskurs um die Wirkmechanismen experimentellen Lernens und das Potential von Klimawandel-Spielen leisten. Die Publikation bzw. ihre Ergebnisse sollen aber auch über die wissenschaftliche Gemeinschaft hinaus verbreitet werden (z.B. über die sozialen Medien).

Öffentliche Veranstaltungen

Klima-Talk Serie über LinkedIn: Im Rahmen einer Veranstaltung („die Wissenschaft hinter SCIARA“) wurden auch die wissenschaftlichen Grundlagen hinter der MyClimateFuture-Idee sowie die Ansätze der wissenschaftlichen Begleitung vorgestellt und mit einem interessierten Publikum diskutiert.

Zudem wurde die MyClimateFuture-Idee auf der Berlin Science Week 2022 (CLIMATE:Lab "Wissenschaftskommunikation in der Klimakrise") durch die wissenschaftlichen Partner vorgestellt und mit der Öffentlichkeit diskutiert (Vortrag und Panel Diskussion).

Weiterführung des Vorhabens

MyClimateFuture wurde bereits während der Laufzeit des Projektes in verschiedenen Formaten eingesetzt und die Durchführung von Klimazeitreisen als Dienstleistung kommerziell vermarktet:

- Im Rahmen von Mitarbeiter-Workshops bei den Firmen iteratec, MaibornWolff, tarent und BetterCallPaul wurden mehrere Klimazeitreisen durchgeführt, die in jedem Fall zu anregenden Diskussionen über die Klimakrise führten
- In einer Kooperation mit der „Stiftung Allianz Entwicklung und Klima“ wurde MyClimateFuture um Aspekte des Klimawandels aus der Sicht des globalen Südens ergänzt sowie als Handlungsoption die Möglichkeit zur CO₂-Kompensation implementiert.
- Zur Zeit wird MyClimateFuture im Rahmen eines Projekts der Games-Förderung des Bundes weiterentwickelt. Schwerpunkte sind dabei die Nutzerfreundlichkeit, der Spielspaß, die Immersion und eine Umstellung der Visualisierung von Klimafolgen im eigenen Lebensumfeld auf eine dynamische 3D-Darstellung. Die Hinweise aus dem Feedback der Teilnehmenden im DBU-Projekt sind dabei ein wichtiger Input, um die Wirksamkeit zu erhöhen.
- SCIARA beteiligt sich darüber hinaus an einem Projektantrag im Rahmen des European Climate Pact 2.0. Im Rahmen dieses Projektes soll MyClimateFuture europaweit für bis zu 15.000 Veranstaltungen eingesetzt werden.

6. Fazit

Insgesamt haben sich die wissenschaftliche und IT-technische Methodik, die Kooperation zwischen den Projektpartner:innen sowie der technologische und wissenschaftliche Ansatz bewährt. Es war weder eine grundsätzliche Veränderung der Ziele noch der Vorgehensweise notwendig. Wir können ein ähnliches Vorgehen auch für ähnliche Vorhaben empfehlen und bieten interessierten Parteien dazu gerne einen Austausch an.

Im Rahmen des Projektes konnte grundsätzlich ein Zusammenhang zwischen dem Einsatz von MyClimateFuture und dem Klimawissen der Teilnehmenden statistisch signifikant nachgewiesen werden. Darüber hinaus gibt es Hinweise auf positive Effekte in Bezug auf Klimabewusstsein und Handlungsbereitschaft; diese lagen jedoch unterhalb der statistischen Signifikanzgrenze.

Mit MyClimateFuture ist somit ein innovatives Werkzeug zur Klimabildung entstanden, das in verschiedenen Kontexten weiterentwickelt und eingesetzt wird. Die Hinweise aus den verschiedenen Stufen der sozialwissenschaftlichen Begleitung haben dazu einen wesentlichen Beitrag geleistet. Wir danken der DBU für ihre Unterstützung auf diesem Weg.

7. Literaturangaben

Choi, Soobin; Hart, P. Sol (2021): The influence of different efficacy constructs on energy conservation intentions and climate change policy support. In: *Journal of Environmental Psychology* 75, S. 101618. DOI: 10.1016/j.jenvp.2021.101618.

Duthie, A. Bradley; Minderman, Jeroen; Rakotonarivo, O. Sarobidy; Ochoa, Gabriela; Bunnefeld, Nils (2021): Online multiplayer games as virtual laboratories for collecting data on social-ecological decision making. In: *Conservation Biology* 35 (3), S. 1051–1053. DOI: 10.1111/cobi.13633.

Fernández Galeote, Daniel; Rajanen, Mikko; Rajanen, Dorina; Legaki, Nikoletta-Zampeta; Langley, David J.; Hamari, Juho (2021): Gamification for climate change engagement. Review of corpus and future agenda. In: *Environmental Research Letters* 16 (6), S. 63004. DOI: 10.1088/1748-9326/abec05.

Garcia, Claude A.; Savilaakso, Sini; Verburg, René W.; Stoudmann, Natasha; Fernbach, Philip; Sloman, Steven A. et al. (2022): Strategy games to improve environmental policymaking. In: *Nat Sustain*. DOI: 10.1038/s41893-022-00881-0.

Hallinger, Philip; Wang, Ray; Chatpinyakoo, Chatchai; Nguyen, Vien-Thong; Nguyen, Uyen-Phuong (2020): A bibliometric review of research on simulations and serious games used in educating for sustainability, 1997–2019. In: *Journal of Cleaner Production* 256 (2), S. 120358. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120358.

Meya, Jasper N.; Eisenack, Klaus (2018): Effectiveness of gaming for communicating and teaching climate change. In: *Climatic change* 149 (3-4), S. 319–333. DOI: 10.1007/s10584-018-2254-7.

Trope, Yaacov; Liberman, Nira (2010): Construal-level theory of psychological distance. In: *Psychological review* 117 (2), S. 440–463. DOI: 10.1037/a0018963.