



Kompetenzzentrum
Öffentliche IT

Forschung für den digitalen Staat

Jan Dennis Gumz, Jens Tiemann,
Dorian Wachsmann, Mike Weber

Wirkungen verstehen und nutzen:
Agentenbasierte Simulationen für
den öffentlichen Sektor

Gefördert durch:



Bundesministerium
des Innern
und für Heimat

 **Fraunhofer**
FOKUS

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Impressum

Autor:innen:

Jan Dennis Gumz, Jens Tiemann, Dorian Wachsmann,
Mike Weber

Gestaltung:

Reiko Kammer

Herausgeber:

Kompetenzzentrum Öffentliche IT
Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS
Kaiserin-Augusta-Allee 31, 10589 Berlin
Telefon: +49-30-3463-7173
info@oeffentliche-it.de
www.oeffentliche-it.de
www.fokus.fraunhofer.de

ISBN: 978-3-948582-27-2

1. Auflage Dezember 2024

Dieses Werk steht unter einer Creative Commons Namensnennung 3.0 Deutschland (CC BY 3.0) Lizenz (sofern nicht anders gekennzeichnet). Es ist erlaubt, das Werk bzw. den Inhalt zu vervielfältigen, zu verbreiten und öffentlich zugänglich zu machen, Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anzufertigen sowie das Werk kommerziell zu nutzen. Bedingung für die Nutzung ist die Angabe der Namen der Autor:innen sowie des Herausgebers.

Logos und vergleichbare Zeichen dürfen nur im Kontext des Werkes genutzt und nicht abgewandelt werden.

Von uns verwendete Zitate unterliegen den für die Quelle geltenden urheberrechtlichen Regelungen.

Icons für Infografik: <https://fontawesome.com/>

Das letzte Abrufdatum der Onlinequellen ist der 9.12.2024.

Bildnachweis

Seite	Autoren	Quelle
1	abdulkayum97	pixabay.com
6	DerWeg	pixabay.com
10	DerWeg	pixabay.com
15	jggrz	pixabay.com
26	Pixa_Alex	pixabay.com

Vorwort

Kennen Sie das? Manche Themen schlummern seit Jahren vor sich hin – interessant, aber oft nur am Rande zu finden. In bestimmten Fachkreisen zwar verbreitet und unverzichtbar, aber in der Breite noch nicht angekommen – obwohl man immer wieder von Möglichkeiten und Vorteilen liest, auch für Laien. Doch der große Durchbruch lässt auf sich warten, und selbst hat man zu wenig Zeit zum Ausprobieren.

Ein solches Thema ist Simulation. Wir fragten uns: Ist sie inzwischen als digitales Werkzeug zugänglicher geworden und einfacher nutzbar? Sind Simulationsansätze auch praktisch für die Analyse komplexer Situationen und Prozesse außerhalb der Wissenschaft geeignet?

Um das herauszufinden, haben wir uns auf eine Reise mit ungewissem Ausgang begeben. In diesem Dokument nehmen wir Sie mit auf diese Entdeckungstour.

Zunächst möchten wir etwas ausführlicher motivieren, wozu Simulation und Modellierung – also die Nachbildung von Vorgängen auf Basis einer vereinfachten Abbildung der Realität – nützlich sein können. Dann werfen wir einen Blick auf die verschiedenen Möglichkeiten der Simulation, welche Optionen es gibt und welche Aspekte für unser Ausprobieren wichtig sind.

Den Kern unserer Reise bildet eine selbst erstellte Simulation zur Nutzung einer eID, die wir schrittweise aufgebaut haben. Dabei war es uns besonders wichtig, dass unser Weg nachvollziehbar ist und ohne Hürden selbst ausprobiert werden kann. Aus diesem Grund haben wir uns für das frei verfügbare und gut dokumentierte Tool *NetLogo* entschieden.

Ein spannender Abstecher führt uns in die Welt der KI: Wir wollen herausfinden, ob KI-Assistenten uns bei der Programmierung einer Simulation helfen können.

Letztlich geht es uns aber nicht um die Erstellung einer konkreten Simulation – der Weg ist das Ziel. Daher sind am Ende die wichtigsten Erkenntnisse unserer Reise als Handlungsempfehlungen für Sie zusammengefasst. Wir laden Sie ein, die Welt der Simulation mit uns zu entdecken.

Lassen Sie sich von unserer Reise inspirieren und werden Sie selbst aktiv!

Die im Rahmen unserer Arbeiten entstanden Modellierungen, KI-Dialoge und Simulationsprogramme finden Sie unter <https://gitlab.fokus.fraunhofer.de/oefit-werkstatt/simulation>

Inhalt

Vorwort	3
Das Wichtigste in Kürze	5
1. Einführung: Simulation für den öffentlichen Sektor	7
1.1 Betrachtungen von etablierten Anwendungsfeldern	7
1.2 Herausfordernde Simulationen im öffentlichen Sektor	8
2. Vorbereitung: Grundlagen zur Umsetzung einer Simulation	11
2.1 Arten von Simulation	11
2.2 Vorüberlegungen zu einer konkreten Simulation	12
2.3 Schritte im Modellierungsprozess	13
2.4 Praktische Aspekte zur Erstellung von Simulationen	14
3. Erfahrungsbericht: eID-Verbreitung als simulative Herausforderung	16
Stufe 1: Freischaltung der eID-Funktion: Bedeutung der Ausgangsverteilung	18
Stufe 2: Nutzung der eID-Funktion: Wirkung von Kommunikationsmaßnahmen	20
Stufe 3: Dynamische Interaktion mit Behörden: Ausgestaltung der Angebote	23
4. Unterstützung durch KI-Assistenten	27
5. Handlungsempfehlungen	29
Literaturverzeichnis	30

Das Wichtigste in Kürze

Der Prozess der Modellierung kann wesentliche Zusammenhänge sichtbar machen

Die Erstellung von sozialen Modellen beinhaltet eine Vereinfachung der Realität. Nicht alle Zusammenhänge können in ein Modell einfließen, da das Modell dadurch überkomplex werden würde - wenn es denn überhaupt fertig wird. Der Prozess der Modellierung zwingt daher, abzuwägen und sich auf die wichtigsten Variablen und Zusammenhänge zu beschränken. Tests des Modells können Auskunft geben, ob die Priorisierung valide ist, im Rahmen einer schrittweisen Verbesserung können weitere Variablen und Zusammenhänge ergänzt werden. Beispielhaft lässt sich dies an den im Erfahrungsbericht (Kapitel 3) beschriebenen Stufen nachvollziehen.

Simulation kann komplexe Auswirkungen einfacher Zusammenhänge verdeutlichen

Schon wenige einfache Zusammenhänge haben mitunter Auswirkungen, die nur schwer vorherzusehen sind. Ein Beispiel hierfür sind Kippunkte, also Zustände, ab denen eine selbstverstärkende Dynamik einsetzt, sodass schon kleine Unterschiede in den Einflüssen große Auswirkungen auf das Gesamtsystem haben können. Erkennbar ist das zum Beispiel in Stufe 3 unseres Modells zur eID (Kapitel 3).

Die Arbeit an Modellen und Simulationen kann Wissens- und Datenlücken aufdecken

Um profunde Aussagen über die Zukunft treffen zu können, muss ein Modell anhand realer Gegenwarts- und Vergangenheitsdaten validiert oder zumindest plausibilisiert werden. Dies kann zum Beispiel Zusammenhänge betreffen, etwa, was Bürger:innen dazu motiviert, Services der öffentlichen Verwaltung in Anspruch zu nehmen. So kann die Arbeit an einem Modell Wissens- und Datenlücken aufdecken und z. B. einen Ausgangspunkt für empirische Untersuchungen darstellen. Auf Datenlücken und den Umgang mit diesen gehen wir im Abschnitt zur Konzeption und Implementierung eines Modells näher ein (Kapitel 2).

KI-Werkzeuge können das Erstellen von Modellen und Simulationen erleichtern

Um ein zum eigenen Anwendungsfall passendes Modell zu erhalten, sind tiefergehende Programmier- oder Simulationskenntnisse keine notwendige Voraussetzung. Generative KI kann oftmals funktionierenden Programmcode erzeugen. Je nach Komplexität des Anwendungsfalls kann der Code direkt betriebsfertig sein oder zumindest eine gute Grundlage für die Weiterentwicklung darstellen, wie in Kapitel 4 gezeigt wird.

Ob sich der Simulationsansatz als Prognoseinstrument eignet, ist nicht immer eindeutig

Bei der Wahl des Simulationsansatzes müssen unter anderem die Länge des zu betrachtenden Zeitraums sowie die Dynamik und Komplexität des zu simulierenden Systems beachtet werden. Gegenläufig dazu ist, wie stark bei der Modellierung vereinfacht werden kann. Schließlich ist die Verfügbarkeit und Qualität von Daten wichtig. Dabei wirken die Faktoren nicht rein additiv, sondern mitunter sogar komplementär. Langfristige Prognosen lassen sich treffsicher aufstellen, wenn sie auf einfachen Grundannahmen über wenig dynamische Prozesse getroffen werden. Ein Beispiel aus Kapitel 1 ist die Bevölkerungsentwicklung. Die Arbeit an einem Modell kann den Einfluss der Faktoren für den eigenen Anwendungsfall verdeutlichen.

Agentenbasierte Modelle eignen sich zur Simulation von Verwaltungsvorgängen

Bei agentenbasierter Modellierung handelt es sich um eine Simulationsmethode, bei der das Verhalten von vielen einzelnen Akteuren (Agenten) und deren Interaktion untereinander modelliert werden. Das Ziel ist, dadurch auch Erkenntnisse über das große Ganze zu gewinnen. Beispielsweise können Bürger:innen als Agenten repräsentiert werden, die unterschiedliche Merkmalsausprägungen haben. Der Erfahrungsbericht in Kapitel 3 zeigt eine derartige Simulation. Eine weitere Möglichkeit ist die Überprüfung durch sozialempirische Arbeiten, bei denen ebenfalls Individuen betrachtet werden, um Wirkungen auf unterschiedlichen Ebenen zu untersuchen.



SBB CF

1. Einführung: Simulation für den öffentlichen Sektor

Immer mehr digitale Daten aus verschiedenen Datenquellen stehen für die Beantwortung zunehmend dringlicher Fragestellungen zur Verfügung. Simulationen können ein Weg sein, diese Daten zu strukturieren und so politische und strategische Entscheidungen auf eine breitere Basis zu stellen (Thapa/Parycek 2018). Etablierte Simulationen in ganz unterschiedlichen Anwendungsdomänen zeigen Stärken und Schwächen des Vorgehens auf, die bei der Betrachtung etwaiger Besonderheiten von Simulationen für den öffentlichen Sektor berücksichtigt werden müssen.

1.1 Betrachtungen von etablierten Anwendungsfeldern

Alle paar Monate veröffentlichen unterschiedliche, renommierte Wirtschaftsforschungsinstitute und Beiräte ihre Prognosen zur kurzfristigen wirtschaftlichen Entwicklung – und korrigieren bei diesen Gelegenheiten ihre alten Annahmen (ifo Institut 2024). Die Prognosen entfalten dadurch ihre große Bedeutung, dass die wirtschaftliche Entwicklung auf viele Gesellschaftsbereiche ausstrahlt: Sie bestimmt nicht nur die Wachstums- und Gewinnchancen von Unternehmen, sondern gibt den Rahmen für die Erwerbsmöglichkeiten und Lohnforderungen der Arbeitnehmer:innen vor, woraus sich die Konsummöglichkeiten weiterer Teile der Bevölkerung ergeben. Zugleich liefert sie die Basis für die Steuereinnahmen der öffentlichen Hand, aus denen sich der Handlungsspielraum für politische Vorhaben ergibt, und ist immer noch ein bedeutender Einflussfaktor für Ressourcenverbrauch und Umweltbeeinträchtigungen. Ein Zehntelprozentpunkt mehr oder weniger Wirtschaftswachstum kann also starke Veränderungen für Viele bedeuten. Die regelmäßigen Korrekturen der Prognosen zeigen so zweierlei: sowohl die große Bedeutung der modellierten Entwicklung für nahezu alle Gesellschaftsbereiche als auch die Schwierigkeiten, belastbare Aussagen über die Zukunft zu treffen.

Die Größe der Herausforderung variiert dabei stark mit dem prognostizierten Gegenstand. Sowohl langfristige Prozesse wie die Bevölkerungsentwicklung als auch kurzfristige Dynamiken wie

die Ausbreitung des Corona-Virus lassen sich recht treffsicher prognostizieren, wenn die erforderliche, vergleichsweise wenig anspruchsvolle Datenbasis gegeben ist: Fertilität und Sterblichkeit, ggf. ergänzt um Migrationsprozesse, erlauben die Prognose der Bevölkerungsentwicklung, Ansteckungswahrscheinlichkeit und Begegnungshäufigkeiten der Corona-Dynamiken. Beide Beispiele zeichnen sich durch eine bestechende Einfachheit der zugrunde liegenden Modellierungen aus.

Modellierungen mit einer hoher Prognosegenauigkeit haben längst Eingang in den Alltag gefunden. Stauprognosen etwa dienen Verkehrsteilnehmern dank der weiten Verbreitung von Navigationssystemen als Faktor für die Routenplanung. Ein wesentlicher Aspekt für die Treffgenauigkeit von Stauprognosen ist die hohe Abstrahierbarkeit der Fragestellung. Die Betrachtung bleibt weitgehend auf einen Streckenverlauf beschränkt und folgt dabei den immer gleichen Mustern, von denen eines beispielhaft im Modell »Traffic basic« (Wilensky 1997) abgebildet ist: Die Fahrzeugdichte und Sicherheitsaspekte lassen den Stau entstehen, der wellenförmig entgegen der Fahrtrichtung verläuft.

Die hohe Abstrahierbarkeit erleichtert in diesem Beispiel zudem die Aggregierbarkeit von Handlungen auf der Mikroebene zum Phänomen Stau auf der Makroebene. Bei hoher Fahrzeugdichte und unterschiedlichen Reisegeschwindigkeiten stehen die Autofahrer:innen oft vor der Entscheidung, ob sie ihr Fahrzeug bereits abbremsen müssen, um den Abstand zum vorherfahrenden Fahrzeug zu gewährleisten. Das Abbremsen führt zu weiteren Bremsvorgängen der nachfolgenden Fahrzeuge. Die Aggregation des Verhaltens auf der Mikroebene einzelner Autofahrer:innen erklärt so das Makrophänomen Stau.

Auch hochkomplexe Modellierungen erreichen mitunter eine bemerkenswerte Prognosegenauigkeit. Wettervorhersagen liefern inzwischen auch kleinräumig Vorhersagen mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit. Trotz der Komplexität des Phänomens konnte dank höherer Datenverfügbarkeit und besserer Modelle die Prognosegenauigkeit erheblich erhöht werden. Mit dem Prognosezeitraum nimmt sie allerdings immer noch deutlich ab.

Lange Prognosezeiträume und hochkomplexe Wirkungszusammenhänge erschweren die Prognostizierbarkeit auch beim Anwendungsfeld Klimawandel, bei dem Modellierungen eine sehr große Rolle spielen. Die beträchtlichen Unsicherheiten bestehen dabei nicht so sehr hinsichtlich des Ob, sondern vielmehr hinsichtlich des Wann. Die Diskrepanz aus Gewissheit – also: sehr hoher Eintrittswahrscheinlichkeit – des Ereignisses auf der einen und hoher Unsicherheit über den Eintrittszeitpunkt auf der anderen Seite erklärt sich zum Teil durch die Bedeutung von Kippunkten (Gladwell 2000). Ab einem gewissen Grad der Veränderungen tritt eine sich selbstverstärkende, oft unumkehrbare Dynamik ein, die unweigerlich zum Ereigniseintritt führt, dessen Zeitpunkt aber kaum bestimmt werden kann.

Aus der Betrachtung gängiger Modellierungsfragestellungen lassen sich ein paar Orientierungspunkte für die Treffsicherheit von Vorhersagen ableiten. Alles in allem sind diese umso verlässlicher, je kürzer die Zeiträume, je leichter abstrahierbar die Fragestellung, je größer der betrachtete Raum und je geringer die unaufgelöste Komplexität sind. Unaufgelöste Komplexität meint dabei all die Wirkungsmechanismen, für deren Analyse entweder die Daten oder plausible, getestete Modellierungen fehlen – oder beides. Modellierungen halten der Realität nur so lange stand, wie keine unvorhergesehenen, grundlegenden Veränderungen der Rahmenbedingungen eintreten: Prognosen sind Wenn-Dann-Aussagen über die Zukunft und keine Prophezie.

1.2 Herausfordernde Simulationen im öffentlichen Sektor

Prognosen für Staat und Verwaltung nutzbar zu machen, erscheint vor dem Hintergrund gängiger Anwendungsfelder als ebenso sinnvoll wie herausfordernd. Durch geeignete Datenanalysen lassen sich politische und Verwaltungsentscheidungen auf empirische Evidenz stützen (Schmeling et al. 2019). Dies erhöht die Legitimität und Wirksamkeit der Entscheidungen auf dreifache Weise: Die Ziele werden messbar gemacht und gewinnen dadurch an Klarheit, die Wirkungserwartungen werden formuliert und so transparent, und die Daten der öffentlichen Hand können für die Analysen eingesetzt werden, wodurch die vielfältigen Bemühungen um Open Government Data einen weiteren Mehrwert schaffen können.

Wenn sich also nun eine Verwaltungsmitarbeiterin oder ein Verwaltungsmitarbeiter auf die Reise begibt, um Wirksamkeit und Legitimität des Verwaltungshandelns zu erhöhen und Handlungsfolgen besser zu verstehen, muss sie oder er dabei mindestens drei große Linien im Auge behalten: (1) die Dauer, bis die Wirkungszusammenhänge greifen können, (2) die Ebene der Wirkungszusammenhänge und (3) die mögliche Nichtlinearität von Wirkungen.

Politische Programme und Verwaltungshandeln lassen sich zunächst anhand von Input- und Output-Faktoren bewerten. Eine zielführende Planung vorausgesetzt geht es im Kern um die Frage, ob die veranschlagten Mittel auch für die jeweiligen Vorhaben verausgabt wurden. Werden mit den Mitteln die

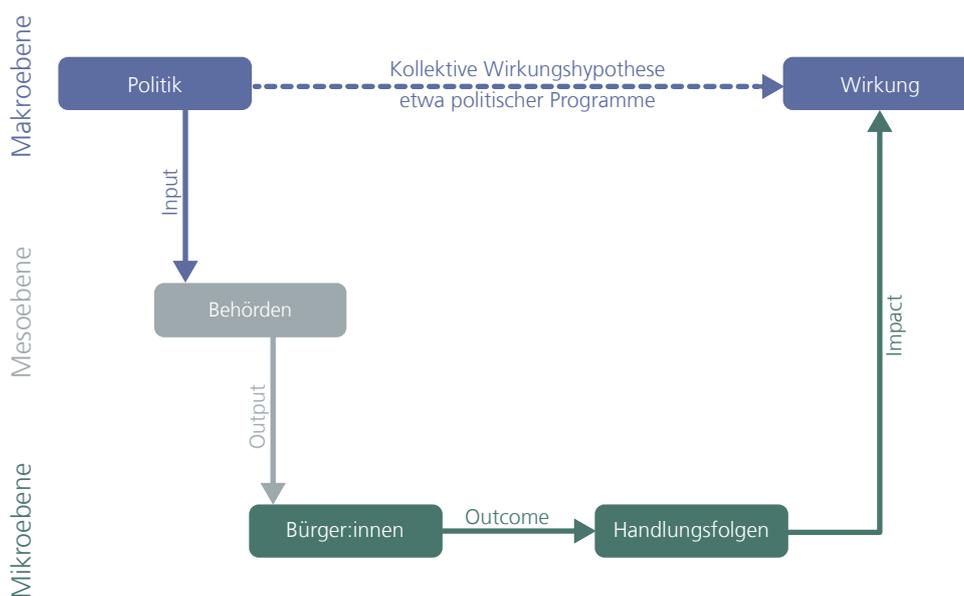


Abbildung 1: Wirkungskette im Mehrebenenmodell (in Anlehnung an Coleman 1990)

geplanten Maßnahmen durchgeführt, wird auch der geplante Output erreicht. Aus einer Wirkungsperspektive fängt damit die Analyse allerdings erst an. Erst wenn die Maßnahmen auch die gewünschten Wirkungen bei den Betroffenen entfalten (Outcome) und damit die gesellschaftlichen Zielsetzungen erreicht werden (Impact), können die Maßnahmen positiv bewertet werden (siehe auch Abbildung 1). Mit der Untersuchung der Wirkungen geht eine mitunter erhebliche Verlängerung des Betrachtungszeitraums einher. Treten unerwünschte Effekte ein, können zunächst erfolgreiche Maßnahmen langfristig ins Gegenteil umschlagen, während andere Maßnahmen erst in einer sehr langfristigen Perspektive zum geplanten Erfolg führen. Beispielhaft kann hier die Zielsetzung der höheren Chancengerechtigkeit für Kinder etwa durch eine gleichmäßig gute Kita-Versorgung angeführt werden, deren Erreichen erst nach geraumer Zeit untersucht werden kann.

Neben der Zeitdimension spielt zweitens die Ebene der Wirkungszusammenhänge eine zentrale Rolle (siehe Abbildung 1). Zielsetzungen werden oftmals auf einer politischen Makroebene (blauer Pfeil) betrachtet. Damit die damit verbundenen Programme die geplanten Ziele erreichen können, müssen sie von den Verwaltungseinheiten auf der Mesebene umgesetzt werden (grauer Pfeil). Die Wirkung (grüne Pfeile) entfaltet sich jedoch erst auf der Mikroebene der Betroffenen, die den Output der Behörden aufgreifen und durch ihre Handlungen gewünschten und unerwünschten Impact entfalten.

Wirkungsdauer und -ebenen können drittens dazu beitragen, dass Wirkungsmechanismen nicht linear wirken, sondern z. B. exponentielle Verläufe oder Sättigungskurven beschreiben. Insbesondere bei kurzen Betrachtungszeiträumen können solche Zusammenhänge zu Fehlinterpretationen hinsichtlich der Stärke der Wirkmechanismen führen. Allein die Beschreibung nicht linearer Zusammenhänge erweist sich als entsprechend herausfordernd. Ihre Wirkungen lassen sich nur schwer vorhersagen, was sich besonders deutlich an Kippunkten zeigt. Durch Simulationen lassen sich solche Zusammenhänge aber gegebenenfalls überhaupt erst aufdecken. Methodisch besteht die dahinterliegende Herausforderung darin, neben der Abstraktion auch die Kalibrierung der Modelle adäquat zu wählen (siehe etwa Kotthoff et al. 2022). Anderenfalls erhöht sich das Risiko, durch die der Simulation zugrundeliegenden Annahmen die Ergebnisse bereits direkt zu determinieren.



2. Vorbereitung: Grundlagen zur Umsetzung einer Simulation

Die Reise beginnt mit einer Idee und einem vagen, aber hehren Ziel, Auswirkungen von Politikentscheidung und Verwaltungshandlung besser abzuschätzen, Chancen und Risiken zu ergründen und so einen Beitrag zu evidenzbasierter Politik sowie Politiklegitimation zu leisten. Dabei handelt es sich um eine hochkomplexe Domäne: Eine Prognose der Auswirkungen von Politik auf Gesellschaft hat sowohl soziale wie auch individuelle psychologische Phänomene mit einzubeziehen. Das gilt genauso für eine Prognose der Auswirkungen soziotechnischer Systeme, die sich nur schwer auf mathematische Modelle reduzieren lassen, sodass für Bewertungen oftmals auf die qualitative Abschätzung von Expert:innen zurückgegriffen wird.

Wie anhand der eingängigen Beispiele aus der Einleitung gezeigt, ist Simulation in Wissenschaft und Wirtschaft ein viel genutztes Instrument. Auch im öffentlichen Sektor findet sie Anwendung, beispielsweise im Umweltbereich, siehe Schnurr und Glockner (2016) oder Schünemann et al. (2023). Im Verwaltungssektor findet sich jedoch erstaunlich wenig: Von Behörden bereitgestellte, offen zugängliche Modelle wurden kaum gefunden, während frei verfügbare Modelldatenbanken im Internet zur Verfügung ständen (CONSIDEO 2024) und nach Einschätzung einiger Expert:innen der Einsatz von solchen Modellen vermehrt zu erwarten sei und sinnvoll wäre (Eyert 2020).

Um sich auch ohne Best-Practices und Vorlagen dem Feld zu widmen, ist es sinnvoll, zuerst einmal ein einheitliches Verständnis über die Terminologien zu schaffen. Bei einem konkreten Vorhaben braucht es Vorüberlegungen: Welchen Zweck hat die Simulation, wie geht man mit Komplexität und Unsicherheit um? Im Prozess der Modellierung müssen dann schrittweise weitere Fragen geklärt werden. Dabei zeigt sich, dass sich der Prozess der Modellierung in Analogie zum typischen systematischen Vorgehen – etwa in den empirischen Gesellschaftswissenschaften – beschreiben lässt. Was auch bedeutet: Neben einem guten Überblick über die Methoden ist für den Start der Reise eine konkrete Fragestellung notwendig.

2.1 Arten von Simulation

Das Ziel einer Simulation ist oft, Erkenntnisse über Funktionsweise oder Wirkmechanismen eines realen Systems zu gewinnen. Ein System wird verstanden als ein aus mehreren Komponenten bestehendes abgeschlossenes Ganzes; von besonderem Interesse für dieses Papier sind soziale Systeme. Die Analyse von Systemen geschieht durch Experimente, beispielsweise gezielte Veränderungen von Parametern der Simulation.

Modellierung oder Modellfindung ist der erste Schritt für eine Simulation. Ein Modell ist die (vereinfachte) Abbildung einer Wirklichkeit mit festen Grenzen und variablen Parametern. Modelle können physischer Art sein oder digitale Nachbildungen. Insbesondere wenn physische Simulationen zu kompliziert, kostspielig, gefährlich oder möglicherweise verboten sind, wird gern auf Computerprogramme zurückgegriffen.

Für eine allgemeinere Taxonomie von Simulation (siehe Abbildung 2) lässt sich daher zuerst zwischen Simulationen mit und ohne Informationstechnologie (IT) unterscheiden. Simulationen ohne IT werden beispielsweise in Trainingssituationen für Ausbildungszwecke eingesetzt. IT wird hier nur für unterstützende Aufgaben verwendet, beispielsweise zur Kommunikation oder Dokumentation, üblicherweise steht aber der direkte Austausch zwischen Teilnehmenden und die unmittelbare Erfahrbarkeit von Prozessen im Mittelpunkt. Dazu gehören Planspiele (Bundeszentrale für politische Bildung 2024), die auch ein häufig genanntes Beispiel für Simulationen im politischen Raum sind.

Simulationen mit IT werden auch als Computersimulationen bezeichnet. Sie werden in »statisch« und »dynamisch« unterschieden. Erstere sind zeitunabhängig, betrachten also eine Momentaufnahme eines Systems. Deutlich wichtiger für politik- und verwaltungsbezogene Simulation ist die zweite Kategorie: dynamische Simulationen, welche Veränderungen eines Systems *über die Zeit* nachbilden und prognostizieren. Diese Art von Simulationen können in allen Phasen eines Politikzyklus nützlich sein, beispielsweise für eine Ex-ante-Bewertung oder Vorhersage der Wirksamkeit geplanter Politikinstrumente (»was wäre wenn«).

Dynamische Simulationen unterscheiden sich grundlegend darin, wie die Prozesse über die Zeit abgebildet werden: »kontinuierlich«, wie mit Differentialgleichungen modelliert, oder »diskret«, mit festen Zeitintervallen und bestimmten Ereignissen pro Zeitpunkt. Eine Ausprägung der diskreten Simulation sind sogenannte agentenbasierte Modellierungen (ABMs). Mit ABMs wird der Ansatz verfolgt, individuelle Agenten eines Systems zu modellieren und die über die Zeit sich verändernden Zustände zu simulieren. Durch die Modellierung auf Mikroebene können über eine Aggregation der Individualzustände Rückschlüsse auf das Gesamtsystem gezogen werden. Das Systemverhalten auf Makroebene kann auch mit kontinuierlichen Simulationen untersucht werden (System Dynamics, SD), indem fundamentale Beziehungen zwischen Entitäten des Systems definiert werden und dessen Veränderung über Zeit beobachtet wird.

Eine vollständige Katalogisierung von Modellierungstypen ist aufgrund fehlender Einheitlichkeit bei Terminologien und Verwendung schwierig. Modellierung wird in vielen verschiedenen Disziplinen genutzt, häufig mit unterschiedlichen Zielen. Grob lässt sich zwischen vier, allerdings teilweise überlappenden Grundtypen unterscheiden (Kelly et al. 2013). Das heißt, ein Modell kann auch mehreren Typen zugeordnet sein:

- Vorhersage- und Prognosemodelle
- Modelle zur Entscheidungsfindung
- Modelle für einen sozialen Lerneffekt
- Modelle zum Systemverständnis

Den Zweck des Einsatzes von Modellierung bestimmt maßgeblich die Wahl des Modells. Dabei gibt es strukturierte Ansätze, die Auswahl des geeigneten Modells zu bestimmen. Das können beispielsweise Entscheidungsbäume sein, welche Skalen zu Raum und Zeit, qualitative und quantitative Daten, Unsicherheit und Zweck berücksichtigen (Kelly et al. 2013).

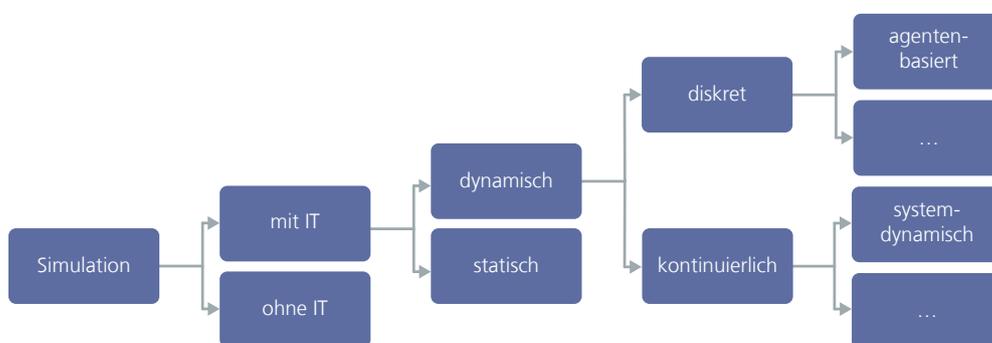


Abbildung 2: Simulationsarten

2.2 Vorüberlegungen zu einer konkreten Simulation

Für die Wahl des geeigneten Modells muss darüber hinaus berücksichtigt werden, für welche Zielgruppe und für welchen Zweck eine Simulation erstellt werden soll. Drei mögliche Einsatzbereiche sollen als exemplarische Beispiele dienen: Simulation innerhalb der Wissenschaften, Simulationen zur Beratung von Entscheider:innen sowie solche zur Wissensvermittlung für Entscheider:innen und Bürger:innen. Je nach Art der Simulationen verfolgen sie unterschiedliche Zielsetzungen.

Wissenschaftliche Simulationen dienen der Erforschung komplexer Systeme und ermöglichen Theoriebildung und (virtuelle) Experimente. Sie veranschaulichen komplexe Zusammenhänge, fördern das Systemverständnis, helfen, Vorhersagen zu treffen, und zeigen Szenarien für Entscheider:innen und die Öffentlichkeit auf. In der Entscheidungsunterstützung werden Simulationen genutzt, um Führungskräfte und Politiker:innen zu beraten, Prozesse zu optimieren und Ressourcen zu planen. Zudem vermitteln Simulationen Wissen und ermöglichen Schulung in verschiedenen Kontexten. Durch die unterschiedlichsten Einsatzbereiche und Zielgruppen ergeben sich vielfältige Möglichkeiten, wie mit den wichtigen Aspekten Komplexität und Unsicherheit umgegangen werden kann.

Komplexität zu beherrschen, erfordert eine anwendungs- und zielgruppenspezifische Balance zwischen Detailgenauigkeit und Handhabbarkeit. Eine systemische Betrachtung bildet die Grundlage, um Wechselwirkungen und nützliche Analogien zu erkennen. Für wissenschaftliche Zwecke und die Abbildung komplexer Zusammenhänge mit vielen Variablen sind mathematische Funktionen hilfreich. Datengestützte Analysen und statistische Methoden helfen, Muster zu erkennen und Trends

zu analysieren. Für die Kommunikation mit Entscheider:innen und der Öffentlichkeit ist oft eine Vereinfachung und Fokussierung notwendig, um entscheidungsrelevante Aspekte und den Kernmechanismus hervorzuheben. Die Szenarioentwicklung ermöglicht es, mit einem Satz von Annahmen verschiedene mögliche Zukunftspfade zu erkunden und Unsicherheiten explizit zu berücksichtigen. Je nach Kontext und Zielgruppe muss man eine ausgewogene Mischung dieser Ansätze finden, um die Komplexität einer Simulation zu begrenzen und gleichzeitig Informationen verständlich zu vermitteln. Ähnliches gilt auch für den Umgang mit Unsicherheit.

Der Umgang mit Unsicherheit in Simulationen und Modellen umfasst fachliche, methodische und kommunikative Aspekte. Fachlich modelliert man Unsicherheiten explizit oder nutzt statistische Methoden, um mit Wahrscheinlichkeiten zu rechnen. Gute wissenschaftliche Praxis sind Transparenz, Reproduzierbarkeit und kritische Auseinandersetzung mit Ergebnissen. Unsicherheiten können verringert werden, indem die Datenqualität verbessert oder kontinuierliches Monitoring eingesetzt wird, um Modelle und Simulationen mit empirischen Werten zu vergleichen. Unvermeidbare Unsicherheiten und die Limitationen oder Annahmen einer Simulation sollten transparent kommuniziert werden. So lassen sich bei der Darstellung von Ergebnissen intuitiv erfassbare Unsicherheitsbandbreiten zeigen. Die Nutzung von Szenarien statt fester Prognosen betont die Auswirkungen unterschiedlicher Annahmen. Dazu gehören auch Worst-Case-Szenarien. Interdisziplinäre Zusammenarbeit integriert verschiedene Fachperspektiven und weitet den Blick. Auch ethische Überlegungen spielen eine Rolle, indem man potenzielle Auswirkungen fehlerbehafteter Simulationen bedenkt und so zur Verbesserung des Werkzeugs Simulation beiträgt.

Diese kurze Nennung verschiedener Aspekte von Simulation zeigt die Bandbreite eines möglichen Vorgehens auf. Für eine konkrete Simulation gilt es, sich bei den einzelnen Komponenten zu bedienen und diese so zu kombinieren, dass das Ziel der Simulation erreicht werden kann. Für eine wissenschaftliche Fragestellung braucht man verlässliche Daten und in manchen Fällen klare, realistische Annahmen, um ein valides Modell mit hoher Aussagekraft zu schaffen. Ein Fachpublikum kann trotz Komplexität die Genauigkeit und Aussagekraft der Simulation bewerten. Anders verhält es sich bei der Wissensvermittlung zu einem einzelnen Effekt, wie etwa der oben erwähnten Staubildung. Hier liegt der Fokus auf der Vereinfachung, um die Wirkungsmechanismen qualitativ herauszuarbeiten. Für den in diesem Impuls wichtigen Bereich der Entscheidungsunterstützung gilt es, sowohl mögliche Entwicklungen aufgrund einer vorliegenden Datengrundlage aufzuzeigen als auch mögliche Eingriffs- und Steuerungsmöglichkeiten mit ihren Wirkungen darzustellen. Nicht selten wird dabei erkannt, dass es einer verbesserten Datengrundlage bedarf – oder wirksamerer Steuerungsmöglichkeiten.

2.3 Schritte im Modellierungsprozess

Wie ein Forschungsvorhaben beginnt der Modellierungsprozess mit der Formulierung der Fragestellung, die genauer untersucht werden soll: Wie wirksam ist eine politische Maßnahme, wie hoch ist der Aufwand für die Umsetzung einer rechtlichen Regelung oder wie schnell werden öffentliche Angebote von den Betroffenen angenommen? Zu all solchen Fragestellungen gibt es verschiedene Annahmen, Theorien und Erfahrungen, die sich für die Beantwortung der Frage nutzbar machen lassen. Diese »Theoriebildung« verschafft ein klareres Bild von den Annahmen, deren Konsistenz und Wirkungsweisen durch die Simulation überprüft werden sollen, und zahlt so auch auf die Schärfung der Fragestellung ein.

Nach diesem Doppelschritt der Fragenformulierung und Theoriebildung beginnt die Konzeptionierung der Simulation. Die Auswahl des Simulationstyps (siehe oben) hängt von seiner Eignung ab: Dynamische Fragen lassen sich in der Regel nicht mit statischen Modellen beantworten, und wenn besonders stichhaltige Annahmen über menschliches Verhalten vorliegen, wird eine systemdynamische Betrachtung in der Regel ungeeignet sein. Auch die Verfügbarkeit von Daten kann für die Auswahl maßgeblich sein. Wenn für bestimmte Wirkungsmechanismen oder Analyseebenen beispielsweise zu wenig Informationen vorliegen, muss ein anderes Modell oder eine weniger anspruchsvolle Simulation gewählt werden.

Der nächste Schritt besteht dann in der Spezifizierung der Modellierung: Welche Einheiten (Menschen, Gruppen, Domänen usw.) müssen berücksichtigt werden? Welche Eigenschaften brauchen sie, mit welchen Parametern sollen diese beschrieben werden? Wie sind die Wirkungsmechanismen zwischen ihnen? Genau die gleichen Fragen müssen auch statistische Analysen beantworten, wobei der Kanon der etablierten Antworten hier weit größer ist: Untersuchungseinheiten bilden in der Regel Menschen oder Organisationen, für die Erhebung von Eigenschaften stehen etablierte Skalierungen bereit und die Wirkungsmechanismen werden durch verschiedene statistische Verfahren abgebildet. Dabei beansprucht die statistische Analyse dem Grunde nach, empirische Phänomene abzubilden, was bei Computersimulationen nicht immer gegeben sein muss oder mit zusätzlichem Erhebungsaufwand für die erforderlichen Daten verbunden sein kann. Bei Simulationen ist dieser Prozess der Modellierung weit offener und einzelne Vorgehensweisen sind weit weniger etabliert.

Offener ist auch die Interpretation von Simulationsergebnissen. Bei statistischen Analysen stehen etablierte Kennzahlen für Stärke und Signifikanz der Ergebnisse zur Verfügung, die sich direkt interpretieren lassen. Bei Computersimulationen fehlen diese etablierten Kennzahlen weitgehend und die Fragen nach der empirischen Übertragbarkeit der Ergebnisse verschwimmen

allzu leicht mit denjenigen der angemessenen Kalibrierung der Modellierung. Noch weit stärker als bei statistischen Modellierungen ist es daher ratsam, die Simulation schrittweise aufzubauen und die Plausibilität der Annahmen laufend zu überprüfen. Erst dann können Computersimulationen ihre Stärke entfalten, weit besser als vergangenheitsbezogene Statistiken in die Zukunft zu schauen.

Die Offenheit des Vorgehens bleibt in jedem Fall Fluch und Segen von Computersimulationen.

2.4 Praktische Aspekte zur Erstellung von Simulationen

Ausreichend Daten über ein zu simulierendes System zu sammeln, ist eine notwendige Voraussetzung für Modellierung. Dahingehend hat sich in Verwaltung und Politik in den letzten Jahren einiges getan: Mit der aktuellen Datenstrategie der Bundesregierung soll über alle Verwaltungsebenen hinweg auf »datenbasiertes staatliches Handeln« gesetzt und dafür sollen Daten ressortübergreifend geteilt werden (Wachsmann et al. 2023). Mit diesen gern als »Datenschätze« bezeichneten Ressourcen bietet sich eine Vielzahl neuer Chancen für ein stärker evidenzbasiertes Verwaltungshandeln. So kommen in »Smart Cities« vermehrt »Digitale Zwillinge« zum Einsatz, also virtuelle Abbilder physischer Objekte oder Prozesse (Sage 2023). Digitale Zwillinge ermöglichen das ressourceneffiziente Testen von Szenarien im Virtuellen. Klassisches Beispiel ist die Verkehrssteuerung, bei der verschiedene Szenarien simuliert und getestet werden, bevor sie in der Praxis zum Einsatz kommen. Das verstärkte Interesse an Digitalen Zwillinge kann damit auch als Katalysator für Simulationen als elaborierte Form der Datenauswertung genutzt werden.

Für die Implementierung bieten sich methodenspezifische oder leicht zugängliche Programmiersprachen, für die es Programm-bibliotheken für Simulationen gibt, an. *Netlogo* und *Python* sind dabei Beispiele für ersteres bzw. zweiteres. Neuere Tools wie Large Language Models (LLMs) oder Low Code versprechen dabei, in Zukunft auch ohne tiefere Programmierkenntnisse Modelle erstellen zu können. Mittelfristig könnte dies dazu führen, dass Fachleute aus den Anwendungsdomänen selbst Modelle implementieren, ohne zusätzliche Hilfe von Modell-Entwickler:innen in Anspruch nehmen zu müssen. So gälte auch für die Verwaltung, dass Modelle »in-house« niedrigschwellig ohne erheblichen Aufwand auch für kleinere Fälle eingesetzt werden können. Jedoch ist nicht klar, wie praktikabel Werkzeuge wie LLMs heute schon sind. Dazu wurde im Rahmen der Erarbeitung dieses Dokumentes ein kleiner Selbstversuch durchgeführt, über den das nachfolgende Kapitel berichtet.



3. Erfahrungsbericht: eID-Verbreitung als simulative Herausforderung

Die Idee für eine Reise ist gefasst und die verfügbaren Reismittel sind gesichtet - es ist Zeit, die Interessen der Reisenden zu erfassen, die Reiseroute zu planen und sich auf den Weg zu begeben! Zunächst gilt es, ein geeignetes Anwendungsfeld zu identifizieren. Diese Identifikation richtet sich nicht nur nach den für wissenschaftliche Papiere geltenden gängigen Kriterien wie etwa der Bearbeitung einer Wissenslücke oder der praktischen Anwendbarkeit der Forschungsergebnisse. Vielmehr muss das Thema für die hier angestrebte Selbsterfahrung bei der Erschließung aktueller Simulationsmethoden geeignet sein. Weniger das Endprodukt als vielmehr der Weg dorthin ist das Ziel, also die Forschungsfrage.

Gegenstand der Untersuchung ist die Verbreitung der eID-Funktion des Personalausweises. Diese Fragestellung verspricht nicht nur, dass ihre Ergebnisse für die gegenwärtigen Diskussionen, etwa um die BundID, nutzbar gemacht werden können, die Simulationsergebnisse lassen sich auch mit den beobachtbaren Entwicklungen nach der Einführung kontrastieren und die Simulation dadurch plausibilisieren.

Dabei können die empirisch fundierten Simulationen unbeobachtete Dynamiken aufdecken. Zunächst kann, aus einer sogenannten zeitlosen Makroperspektive, die schwache Verbreitung der eID-Funktion bis heute erstaunen: Vom Staat wurde in einem vergleichsweise frühen Stadium der digitalen Entwicklung eine ebenso sichere wie datensparsame Möglichkeit zur Online-Identifizierung und Authentifizierung geschaffen. Erst bei der Berücksichtigung von Zeit und Akteursebenen wird das relative Scheitern dieses vorausschauenden Vorhabens verständlich. Allein aufgrund der langen Innovationszyklen, hier durch die Beantragung neuer Personalausweise in der Regel nach etwa zehn Jahren, war nicht mit einer schnellen Verbreitung zu rechnen. Zudem spielen die (Nicht-)Umsetzung der technischen Möglichkeiten bei den Behörden und die sich daraus (nicht) ergebenden Handlungsmöglichkeiten der Bürgerinnen und Bürger eine maßgebliche Rolle. Werden die langen Innovationszyklen nicht durch geeignete Maßnahmen überbrückt, droht ein Teufelskreis aus fehlenden Anwendungen und fehlender Nutzung, wie er tatsächlich jahrelang zu beobachten war.

Die Verbreitung der eID bietet sich also aus mehreren Gründen als ein Untersuchungsgegenstand für die Simulation basierend auf Agenten (ABM) statt etwa einer systemdynamischen Betrachtung (SD) an: (1) die Entscheidung für oder gegen die Einrichtung und Nutzung der eID ist ein multifaktorieller und zugleich sehr individueller Prozess, der sich (2) durch Kampagnen, vereinfachte Nutzungsangebote oder externe Schocks beeinflussen lässt. Im Grunde handelt es sich um einen klassischen Innovationsdiffusionsprozess, der sich mittels diffusionstheoretischer Überlegungen modellieren lässt und mit der Adaption auf Individualebene beginnt.

Dabei unterscheiden sich die grundlegenden Wirkmechanismen, die es bei der Simulation zu berücksichtigen gilt, zwischen einer ABM- und einer SD-Umsetzung nur unwesentlich (vgl. Abbildung 3). Aufseiten privatwirtschaftlicher Anbieter lassen sich in Anlehnung an Marktmechanismen positive Dynamiken unterstellen: Angebot und Nachfrage beeinflussen sich gegenseitig positiv, weil den Bürger:innen neue Nutzungsmöglichkeiten und den Anbietern neue Kund:innengruppen zugänglich werden. Die damit einhergehende Steigerung der absoluten Nutzungswahrscheinlichkeit verstärkt die Dynamik durch die Schaffung von Mehrwerten wie etwa einem einfachen und schnellen Identifizierungsprozess. Bei öffentlichen Angeboten werden diese möglichen, sich selbst verstärkenden Dynamiken doppelt gebrochen: Zum einen richtet sich das Angebot nicht nur nach der Nachfrage, sondern auch nach politischen und rechtlichen Vorgaben. Ein großes Angebot kann hier die Dynamik verstärken, ein geringes entsprechend verringern, während die Nachfrage für die Bereitstellung von Angeboten zunächst von nur untergeordneter Bedeutung ist (gestrichelter Pfeil). Zum anderen kann die Nutzungserfahrung stark negativ auf die Einstellung zur eID wirken, wenn die bereitgestellten Angebote so nutzendenunfreundlich umgesetzt werden, dass sie die Antragstellenden eher wieder in die Rathäuser treiben, statt zur nochmaligen eID-Nutzung zu motivieren. Dies umso mehr, da die Nutzung der Verwaltungsleistung oftmals nicht eigenmotiviert erfolgt, sondern auf rechtlichen Vorgaben beruht (brauner Pfeil).

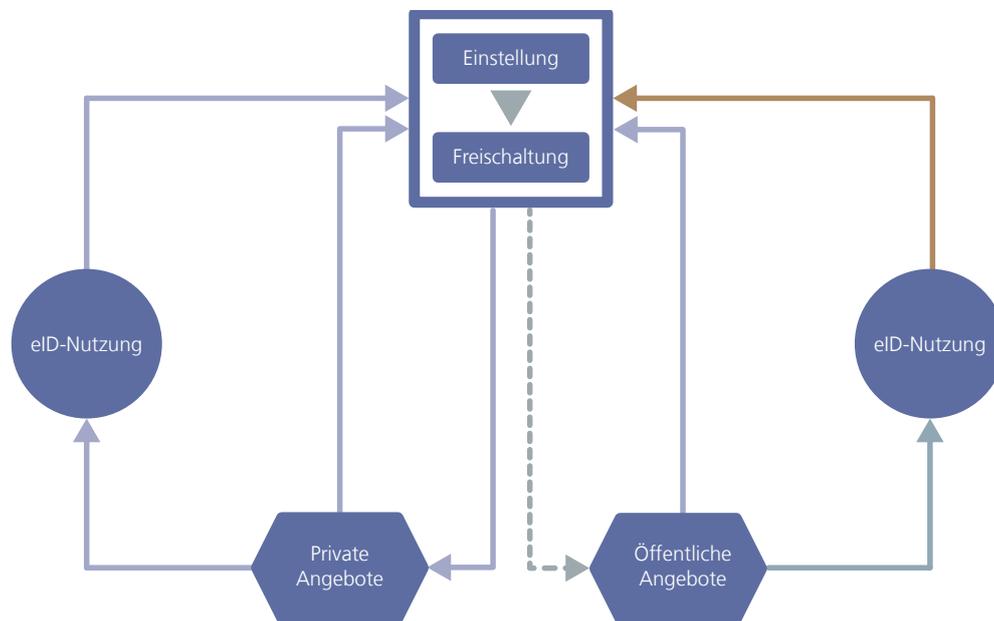


Abbildung 3: Grundlegende Wirkungsmechanismen zur Verbreitung der eID

Der ABM-Ansatz erlaubt die Simulation des Adoptionsprozesses der eID-Innovation als einen sozialen Prozess über die Zeit. Die Durchdringung der eID-Funktion und die Verbreitung ihrer Nutzung ergeben sich dabei aus der Aggregation der individuellen Entscheidungen der Agenten. Aus Entscheider:innensicht stellt sich die Frage, welche Stellschrauben die richtigen sind, um mit den verfügbaren Ressourcen die Verbreitung der eID am effektivsten voranzutreiben.

Um die Reise besser nachvollziehen zu können, wurde ein strikt iteratives Vorgehen verfolgt, bei dem in jeder folgenden Iteration die Komplexität des Modells gesteigert wird. Das Ziel war, die Simulation schrittweise auszuprobieren, um die Aussagekraft des Modells jeweils zu evaluieren und einzelne Aspekte des Modells einfacher nachvollziehen zu können. Das war einerseits für den Entwicklungsprozess nützlich, andererseits lassen sich auf diese Weise der Prozess und das Modell auf verschiedenen Komplexitätsstufen auch von außen betrachten, was die Nachvollziehbarkeit erhöht. Die drei Iterationsstufen sind:

1. Freischaltung der eID-Funktion: Bedeutung der Einstellungsverteilung in der Bevölkerung für die Innovationsdiffusion
2. Nutzung der eID-Funktion: Bedeutung von kurz- und langfristigen Kommunikationsmaßnahmen
3. Dynamische Interaktion mit Behörden: Wirkung des behördlichen Angebotes auf die Innovationsdiffusion

Bei der Implementierung des ABMs wurde darauf Wert gelegt, dass möglichst viele Parameter durch die das Modell Nutzenden vor und während der Laufzeit anpassbar sind. Dies ist zweierlei Gründen geschuldet: (1) Die verfügbaren empirischen Daten zur Haltung der Bevölkerung gegenüber der eID-Einführung erlauben kein vollständiges Abbild der Entwicklung der Einstellungen über die Zeit und (2) werden auf diese Weise die Nutzenden der Simulation in die Lage versetzt, verschiedene Ausgangssituationen zu konstruieren, beispielsweise für Ausschnitte der Bevölkerung, einzelne Kommunen oder andere Strukturen.

Die Umsetzung des Modells erfolgte mit dem Tool *NetLogo* (Wilensky 1999) in der Version 6.4. Die Quellen der Programme finden sich unter: <https://gitlab.fokus.fraunhofer.de/oefit-werkstatt/simulation>

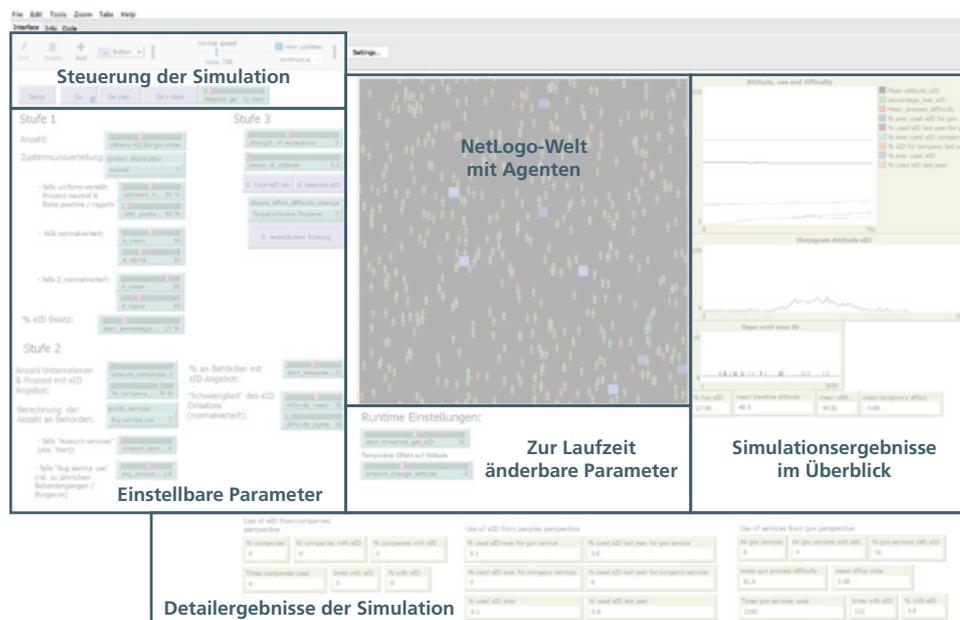


Abbildung 4: Simulation mit NetLogo

Stufe 1: Freischaltung der eID-Funktion: Bedeutung der Ausgangsverteilung

In der ersten Iteration wurde das Grundmodell implementiert. Dieses umfasst verschiedene Optionen zur Festlegung der Einstellungsverteilung (Verteilung der Zustimmung) und der Schwellenwerte für die Beantragung einer eID-Funktion. Die Zustimmungsänderung als ein Werkzeug zur Interaktion mit dem Modell zur Laufzeit gewährleistet, externe Einflüsse positiver wie negativer Art zu simulieren. Im Modell hat jeder Agent einen internen Zustimmungswert. Liegt dieser Zustimmungswert über dem beschriebenen Schwellenwert, beantragt die durch den Agenten modellierte Bürger:in zusammen mit ihrem nächsten Personalausweis die eID-Funktion. Der Zustimmungswert kann sich durch gesammelte Erfahrungen ändern. Abweichungen zwischen Einstellung und Handlung werden im Modell ignoriert. Dadurch ergeben sich drei wesentliche Einstellmöglichkeiten, um die Diffusion der Freischaltung zu simulieren: Die Verteilung der Zustimmung der Agenten, der Schwellenwert für die Freischaltung und temporäre Einflüsse auf die Neigung zur Freischaltung der eID (siehe Abbildung 5).

Die Einstellmöglichkeiten finden Ihre Entsprechung in empirischen Beobachtungen: So spiegelt die Verteilung der Zustimmung der Agenten diejenige in der Bevölkerung, wobei nicht

nur der mittlere Grad der Zustimmung, sondern auch die Verteilungsform vorgegeben werden kann. Sehr homogene Verteilungen, bei denen sich die Zustimmungswerte um den Mittelwert sammeln, lassen sich ebenso abbilden wie sehr disparate Verteilungen mit vielen glühenden Verfechter:innen (hoher Zustimmungswert nahe 100) und gleichzeitig vielen scharfen Kritiker:innen (niedriger Zustimmungswert nahe 0).

Über die Justierung des Schwellenwertes lassen sich direkt handlungsrelevante Veränderungen abbilden, wie etwa die Umstellung der Freischaltung von einem Opt-in- zu einem Opt-out-Ansatz, die in einem massiven Absenken des Schwellenwertes ihren Ausdruck findet. Kurzfristige Einflüsse können etwa gezielte Kommunikationsmaßnahmen oder auch externe Einflüsse wie die Corona-Pandemie oder skandalisierende Presseberichte sein. Darüber hinaus kann ein Anteil von freigeschalteten eIDs festgelegt werden, was sich in dieser Ausbaustufe nur auf den Verlauf bis zum Erreichen eines Gleichgewichtes auswirkt, das in der Regel nach 10 Jahren erreicht wird, wenn jeder Agent einmal einen neuen Ausweis beantragt hat.



Abbildung 5: Stufe 1 – Einflussfaktoren für die Freischaltung der eID-Funktion

Beobachtungen

Spannend erscheint die Bedeutung der Verteilung der Zustimmung der Agenten für die Wirkung von Veränderungen. Bei einer homogenen Verteilung wirken sich kurz- und langfristige Änderungen des Schwellenwertes auf eine Vielzahl von Agenten aus. Ganz anderes sieht es aus, wenn die Haltung der Bevölkerung stark polarisiert ist. In diesem Fall werden auch von deutlichen Schwellenwertveränderungen nur wenige Agenten betroffen sein und ihre Neigung zur eID-Freischaltung ändern (siehe Abbildung 6).

Aus empirischen Erhebungen aus der Zeit der Einführung der eID-Funktion und die Diskussionen um die Sicherheit der Technologie lässt sich ableiten, dass die Haltung zur eID eher

polarisiert war. Entsprechend hatten Kommunikationsmaßnahmen zur Einführung vermutlich schon aufgrund dieser Polarisierung geringere Erfolgsaussichten als bei einer homogenen Stimmung.

Limitationen

Da in der Simulation in dieser Ausbaustufe noch keine Interaktionspartner, also keine Behörden und Unternehmen, enthalten sind und Interaktionseffekte nicht abgebildet werden, lassen sich noch keine nicht-trivialen Effekte beobachten.

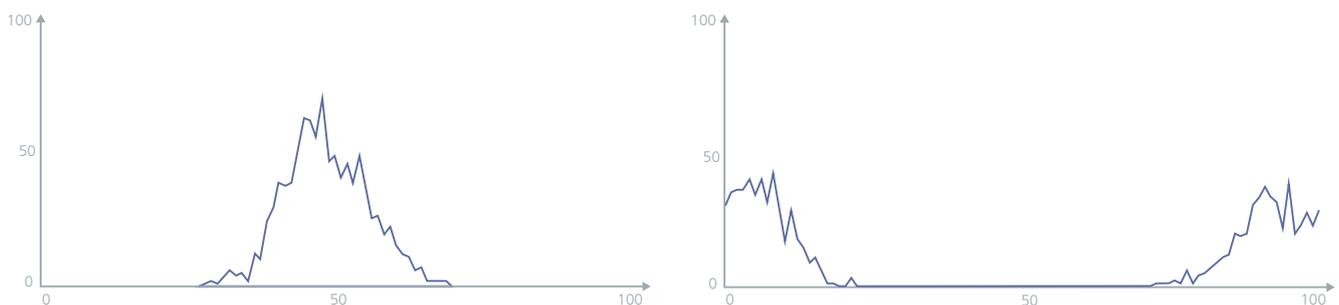


Abbildung 6: Je nach Zustimmungverteilung betreffen Änderungen eine Vielzahl oder nur sehr wenige Agenten

Stufe 2: Nutzung der eID-Funktion: Wirkung von Kommunikationsmaßnahmen



Abbildung 7: Stufe 2 – Einflussfaktoren für die Nutzung der eID-Funktion

Welche generellen Auswirkungen Kommunikationsmaßnahmen von öffentlicher Seite bei gleichzeitig geringer Zahl von eID-Angeboten zeitigen können, lässt sich mit der zweiten Ausbaustufe der Simulation untersuchen. Hierzu wird neben den oben beschriebenen Grundeinstellmöglichkeiten die Nutzung der eID in der Interaktion mit Unternehmen und Behörden in Abhängigkeit von Kommunikationsmaßnahmen simuliert (siehe Abbildung 7). Durch die Berücksichtigung der Interaktionen lassen sich nun auch langfristige Wirkungen analysieren.

Welche Erfahrungen ein Agent bei einem Behördengang macht, lässt sich in einer Vierfeldertafel abbilden (siehe Abbildung 8).

Eine Veränderung des Zustimmungswertes des Agenten findet nur unter der Prämisse statt, dass er die eID-Funktion freigeschaltet hat. Bietet die Behörde jedoch keine Möglichkeit zur Nutzung, führt das zu einer negativen Veränderung des Wertes: Der Agent ist enttäuscht. Bietet die Behörde eine eID-Funktion, macht der Agent in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad des

Prozesses eine positive oder negative Erfahrung. Die Schwierigkeit eines Prozesses wird über einen Schwierigkeitswert pro Behörde festgelegt.

Die Interaktion mit Unternehmen spiegelt demgegenüber eine einfache Marktdynamik: Die Nutzung der eID-Funktion für Online-Transaktionen erhöht den Zustimmungswert zur eID-Funktion geringfügig, während eine fehlende Nutzungsmöglichkeit für die Zustimmung ohne direkte Konsequenzen aus der Interaktion bleibt. Diese Annahmen scheinen plausibel, da direkter Nutzen auf die Einstellung wirken kann, während gegenüber den Unternehmen keine Erwartungshaltung bezüglich des Angebotes besteht, das enttäuscht werden könnte. Jedoch sinkt der Zustimmungswert stetig, wenn eine verfügbare eID über längere Zeiträume nicht genutzt werden kann. Die Intensität beider Effekte lässt sich einstellen. Zudem lassen sich Anzahl der Unternehmen und der Anteil der Unternehmen mit eID-Funktion festlegen.

	Behörde bietet eID Funktion an	Behörde bietet keine eID Funktion an
Agent besitzt eID und will sie nutzen	Agent macht Erfahrung: positiv oder negativ, Steigerung oder Verringerung des Zustimmungswertes	Agent macht Erfahrung: Enttäuschung, Verringerung des Zustimmungswertes
Agent besitzt keine eID oder will sie nicht nutzen	Agent macht keine Erfahrung: Keine Wertveränderung	Agent macht keine Erfahrung: Keine Wertveränderung

Abbildung 8: Änderung des Zustimmungswertes eines Agenten durch die Erfahrung eines Behördenganges

Implementierungsdetails

Behörden und Unternehmen werden im Modell durch sogenannte »Patches« implementiert, also durch gleichgroße Felder auf der virtuellen Welt, auf der sich die Agenten bewegen. Behörden zeichnen sich durch zwei Parameter aus: einen booleschen Wert, ob eine eID-Funktion angeboten wird, und einen Schwierigkeitswert im Intervall [0-100], der als Kehrwert der Gebrauchstauglichkeit der angebotenen eID-Lösung verstanden werden kann. Soll heißen: Ein hoher Wert bedeutet eine geringe, ein niedriger Wert eine hohe Gebrauchstauglichkeit. Die Verteilungen beider Parameter lassen sich vor der Laufzeit des Modells für die Behörden anpassen und sind dann für jede Behörde individuell. Dies gilt auch für die Unternehmen, für die nur der boolesche Wert für das Angebot einer eID-Funktion verwendet wird.

Jeder Agent bekommt einen zufällig verteilten Geschwindigkeitswert, der angibt, wie schnell er sich über das Feld bewegt. Stößt der Agent auf einen Patch, der als Behörde ausgezeichnet ist, gilt das als ein »Behördengang« (siehe Abbildung 8), stößt er auf einen Patch, der als Unternehmen ausgezeichnet ist, gilt es als Online-Transaktion. Durch die zufällige Verteilung der Geschwindigkeit in Kombination mit der Anzahl der Patches lässt sich ein realistisches Abbild der Häufigkeitsverteilung von Behördengängen und Online-Transaktionen über die Bevölkerung approximieren. Dabei bedeutet eine höhere Geschwindigkeit der Agenten keine häufigere Nutzung der Patches. Für jede Simulation werden die Bürger:innen zufällig über alle Patches verteilt. Eine Person, die zu Beginn auf einem Behörden-Patch landet und gleichzeitig eine geringe Geschwindigkeit aufweist, wird über die Simulationsdauer überdurchschnittlich oft mit der Behörde interagieren.

Beobachtungen

Um die Angemessenheit des Modells zu plausibilisieren, lassen sich empirische Entwicklungen untersuchen. Beispielsweise wurde die Simulation so ausgelegt, dass ein sehr geringes Angebot zu einer Abwärtsspirale in der Haltung zur eID führt. Ähnliche Entwicklungen lassen sich auch beobachten, wenn die angebotenen Lösungen wenig gebrauchstauglich sind.

Um die Wirkung von verschiedenen Informationskampagnen untersuchen zu können, braucht es mehrerer Durchläufe, um die zufälligen Schwankungen der vielfältigen Zufallsvariablen kontrollieren zu können. Der nächste Schritt auf dem Weg zur gewinnbringenden Simulation ist also, die strukturierte Ausführung von sehr vielen Simulationen, wobei wenige Einstellungen variiert werden. *NetLogo* bringt diese als *BehaviorSpace* bezeichnete Funktion bereits mit.

Eine mögliche Frage an die Simulation ist die, wie Mittel für Informationskampagnen und Werbung über die Zeit verteilt werden sollten. Ist es günstiger, möglichst zu Beginn für einen überschaubaren Zeitraum massiv in Kommunikationsmaßnahmen zu investieren oder zeitigt eine Streckung der Mittel über einen längeren Zeitraum die nachhaltigere Wirkung? Dabei stellt sich zugleich die Frage, ob solche Maßnahmen überhaupt einen nachhaltigen Effekt haben können.

Um sich der Beantwortung dieser Frage zu nähern, wurden vier Variationen für jede sonstige Parameterkombination sechsmal durchgespielt:

- Keine Kommunikationsmaßnahmen,
- konzentrierte Kommunikationsmaßnahmen in den ersten zwei Jahren,
- gestreckte Kommunikationsmaßnahmen über vier Jahre und
- gestreckte Kommunikationsmaßnahmen über acht Jahre.

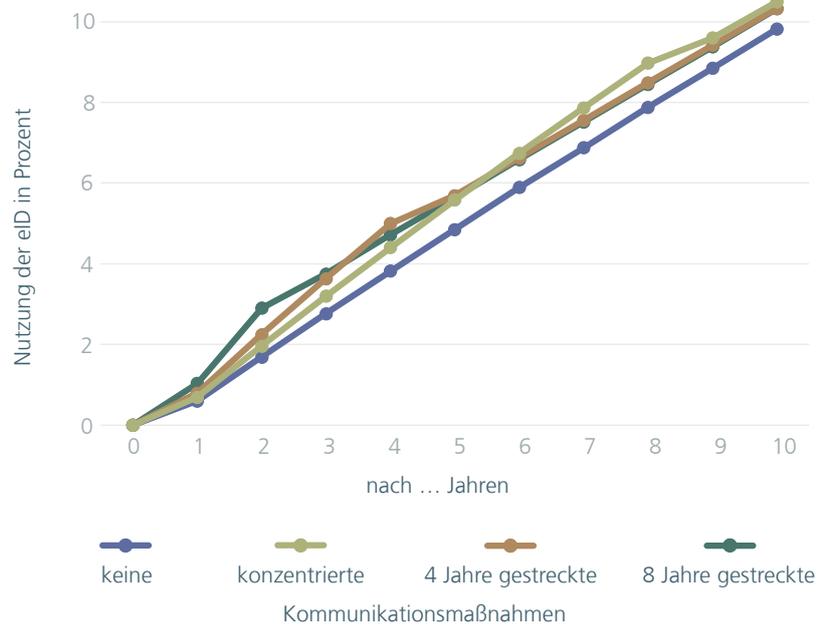


Abbildung 9: Nutzung der eID im Zeitverlauf in Abhängigkeit von der Ausgestaltung von Kommunikationsmaßnahmen

Abbildung 9 zeigt die Auswirkungen auf die Nutzung der eID gegenüber Behörden im Verlauf der ersten 10 Jahre. Die übrigen Diffusionsindikatoren »Anteil der eID-Freischaltungen« und »Nutzung bei Unternehmen« zeigen vergleichbare Verläufe.

Zunächst lässt sich ein Effekt der Kommunikationsmaßnahmen feststellen. Die Nutzungswerte mit begleitenden Kommunikationsmaßnahmen liegen kontinuierlich über denjenigen ohne. Zwischen den unterschiedlichen Modellen zeigen sich nur geringfügige Unterschiede. Über die jeweilige Laufzeit der Maßnahme zeigt sich eine erhöhte Nutzung, die nach deren Beendigung rückläufig ist, jedoch nicht vollständig verpufft. Entsprechend zeigen sich bei einer kurzfristigen Kampagne die stärksten relativen Effekte nach zwei, bei einer mittelfristigen nach vier und bei einer langfristigen nach acht Jahren.

Langfristig lassen sich kaum Unterschiede zwischen den Kampagnenlängen ausfindig machen. Dies könnte jedoch auch daran liegen, dass die Simulation Dynamiken, aus denen die Unternehmensbeteiligung hervorgeht, unberücksichtigt lässt. So könnte eine schnellere Ausweitung der eID-Nutzung für Behördengänge auch mehr Unternehmen veranlassen, die eID-Funktion anzubieten, wodurch die positive Dynamik verstärkt werden könnte. Aber auch ohne die Berücksichtigung dieser Dynamiken lassen sich bereits Schlussfolgerungen für die Gestaltung von Informationskampagnen ziehen. So scheint

die zeitliche Auslegung bei gegebenem Mitteleinsatz langfristig keinen nennenswerten Unterschied auszumachen. Zugleich deutet sich auch an, dass die Kampagnen einen eigenständigen Effekt aufweisen.

Allerdings ist äußerste Vorsicht geboten, die Förderung der Nutzung der eID-Funktion in erster Linie auf Information und Kommunikation aufzubauen. Wie Abbildung 10 zeigt, erodiert die zugrunde liegende Zustimmung, wenn nicht gleichzeitig das öffentliche Angebot ausgebaut wird. Diese Erosion vollzieht sich sogar schneller, wenn kommuniziert wird. Gerade eher kurzfristige Kampagnen führen zu schneller Frustration und reduzieren die Zustimmung nachhaltig. Allerdings bewegen sich diese Unterschiede wie bereits diejenigen der Diffusionsindikatoren auf geringem Niveau.

Limitationen

Die Flexibilität eines jeden Modells stößt an Grenzen, nicht alles lässt sich modifizierbar gestalten. Vorgegebene Punkte der Implementierung finden sich insbesondere in Abbildung 8, welche die Interaktion von Bürger:in und Behörde abbildet. Die Frage, welchen Einfluss eine negative oder positive Erfahrung mit einem Behördengang auf den Zustimmungswert hat, ist nicht trivial. Viele Faktoren wie Anzahl voriger Nutzungen oder weiche und individuelle Einflussgrößen wie Erwartungshaltung

und Persönlichkeitsstruktur spielen eine Rolle. Die Komplexität solcher Auswirkungen ließe sich durch entsprechend komplexe Simulationen zumindest annähern. Hier wurden stattdessen ein minimalistischer Ansatz verfolgt und die Funktionen mit minimaler Komplexität implementiert. Veranschaulicht am Beispiel eines erfolgreichen Behördenganges mit Einsatz der eID: Der

Zustimmungswert dient als die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Agent die eID-Funktion für einen Behördendienst nutzt. Der Zustimmungswert ändert sich dann in Abhängigkeit von der Schwierigkeit des Einsatzes, wobei die Stärke dieser Änderung durch die Nutzenden der Simulation einstellbar ist.

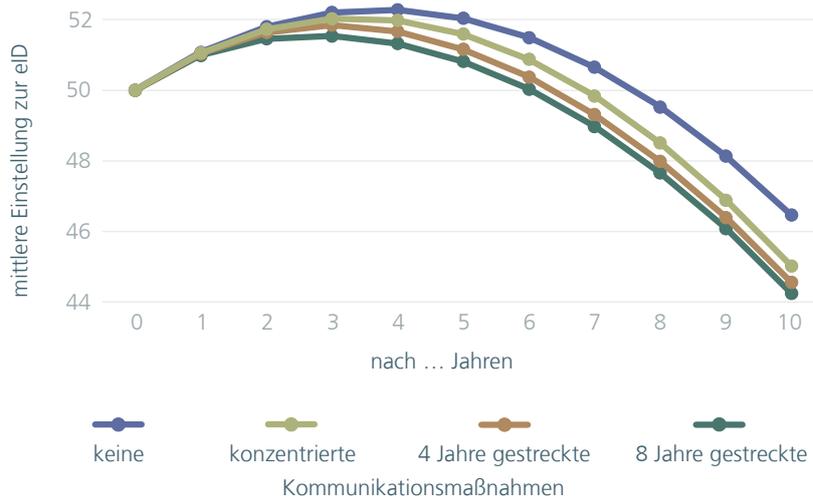


Abbildung 10: Mittlere Einstellung zur eID (bei geringem Angebot) im Zeitverlauf in Abhängigkeit von der Ausgestaltung von Kommunikationsmaßnahmen

Stufe 3: Dynamische Interaktion mit Behörden: Ausgestaltung der Angebote

Damit Information und Kommunikation ihre volle Wirkung entfalten können, bedarf es zugleich der Initiierung einer sich selbst verstärkenden Dynamik. Dabei liegt es aus einer Verwaltungsperspektive nahe, den Teil der Dynamik in den Blick zu nehmen, der direkt beeinflussbar ist: das Angebot der Verwaltungen. Auch im Sinne einer effizienten Mittelverwendung gilt es, den richtigen Mix aus Kommunikationsmaßnahmen und Angebotsverbesserungen zu finden.

In der Simulation wurde dieser Aspekt durch verschiedene Variationsmöglichkeiten umgesetzt, die sich nun auch zur Laufzeit der Simulation ändern lassen. So lässt sich während der Laufzeit sowohl die Anzahl der Behörden mit eID-Funktion steigern

oder senken als auch Einfluss auf die Gebrauchstauglichkeit der eingesetzten Lösungen nehmen. Zudem lassen sich die Effektstärken von Behördeninteraktionen und von ausbleibender Nutzung festlegen (siehe Abbildung 11).

Beobachtungen

Verbessert sich das Behördenangebot kontinuierlich, zeigt sich die erwartbare Dynamik hin zu höheren Freischaltungsquoten der eID-Funktion durch die Bürger:innen und einer intensiveren Nutzung. Die Effekte der Kommunikationsmaßnahmen bleiben in Stärke und Struktur erhalten. Auch hier entfaltet eine frühe, massive Kampagne keine zusätzliche Dynamik.

3. Erfahrungsbericht: eID-Verbreitung als simulative Herausforderung



Abbildung 11: Stufe 3 – Einflussfaktoren auf die dynamische Interaktion mit Behörden

Bemerkenswerte Unterschiede zeigen sich jedoch in Abhängigkeit von der durchschnittlichen Gebrauchstauglichkeit des Angebotes. Abbildung 12 zeigt dies für die letztjährige Nutzung nach 10 Jahren für verschiedene Nutzungsintensitäten

von Behördenleistungen. Eine nahezu identische Struktur findet sich auch bei den Zustimmungswerten. Für die Freischaltung der eID-Funktion lassen sich keine Effekte aufgrund des Schwierigkeitsgrades beobachten.

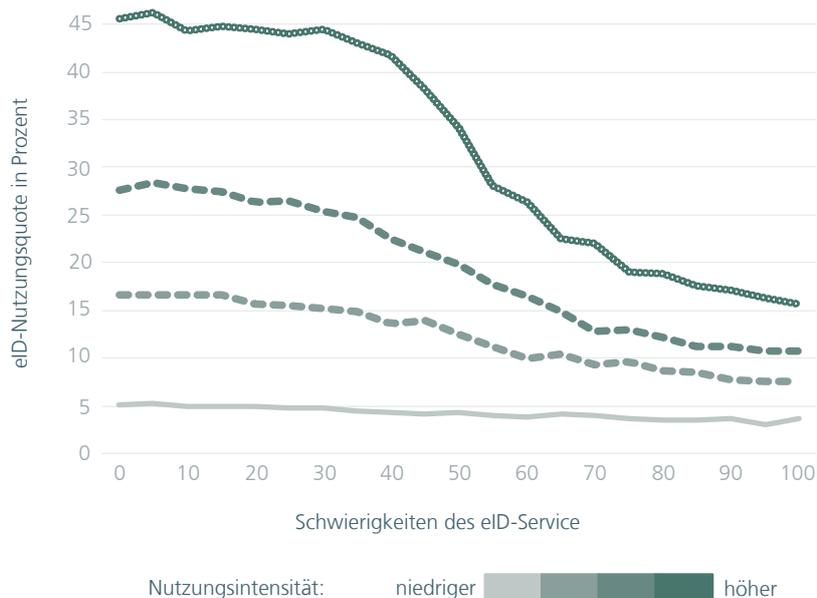


Abbildung 12: Letztjährige eID-Nutzungsquoten in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Schwierigkeitsgrad der eID-Services für verschiedene Nutzungsintensitäten von Verwaltungsleistungen

In der Abbildung 12 wiedergegeben sind die Nutzungsquoten in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Schwierigkeitsgrad der Anwendungen für vier Nutzungsintensitäten in Bezug auf die öffentliche Verwaltung. Die Kurven beschreiben die Nutzungsintensitäten, beginnend mit der oberen Kurve und höchsten Nutzungsintensität:

- Verlauf für eine durchschnittliche Nutzung der öffentlichen Verwaltung von vier Mal binnen Jahresfrist, wobei drei Viertel der Behörden die eID-Funktion anbieten.
- Ergebnisse für durchschnittlich drei Verwaltungsdienstleistungen bei einem eID-Angebot von 50 Prozent.
- Zwei Verwaltungsleistungen bei 50 Prozent sowie
- Nutzung einer Verwaltungsdienstleistung bei 25 Prozent eID-Angebot.

Wenig überraschend wirken sich die Nutzungsintensitäten und die Breite des Angebotes direkt auf die Nutzung der eID-Funktion im Behördenkontakt aus. Die Kurven kreuzen sich nicht. Dabei unterscheidet sich der Einfluss des durchschnittlichen Schwierigkeitsgrades deutlich. Je zahlreicher die behördlichen Nutzungsmöglichkeiten der eID sind, desto steiler fällt die Nutzungsquote bereits bei mittleren Schwierigkeitsgraden ab. Daraus ergibt sich, dass – hinreichende Nutzungsmöglichkeiten vorausgesetzt – kleine Veränderungen der Gebrauchstauglichkeit bei als durchschnittlich gebrauchstauglich empfundenen Anwendungen beträchtliche Auswirkungen auf die Nutzung der eID haben können, während sich die geringfügige Verbesserung sowohl bereits gebrauchstauglicher als auch besonders untauglicher Anwendungen kaum auszahlt.

Limitationen

Wenn die Reise zur Simulation der eID-Diffusion an diesem Punkt endet, dann sicherlich nicht, weil nicht noch weitere Wegstrecken denkbar wären. Einige Aspekte, die starke Auswirkungen auf die Aussagekraft des Modells haben könnten, finden in dieser Modellierung keine Beachtung. Beispielsweise fehlt die Komponente »soziale Interaktion« (etwa über Mund-zu-Mund-Propaganda) völlig. Auch der erste Schritt eines Adoptionsprozesses, der des Kennenlernens der Innovation, wird in dem entwickelten Modell vernachlässigt und wird zugunsten der Einfachheit bei einem singulären Zustimmungswert mitgedacht. Im weitesten Sinne ließe sich ein zu Beginn der Simulation niedriger Wert als Unkenntnis interpretieren, er könnte aber auch eine starke Ablehnung zum Ausdruck bringen. Möglich wäre, einen neuen binären Zustand »Kenntnis« einzuführen, der in Kombination mit der Implementierung von sozialen Interaktionen oder Aufklärungskampagnen wirken könnte. Auch hinsichtlich der Dynamiken durch Unternehmen erweist sich die Modellierung als unterkomplex. Entsprechende Erweiterungen könnten etwa zur Beantwortung der Frage beitragen, ob Investitionen in das behördliche eID-Angebot oder

Unterstützung für wirtschaftliche Angebote die Verbreitung effizienter unterstützen.

Da das Erkenntnisinteresse in dieser Forschungsarbeit jedoch nur nachrangig auf der Frage nach der Diffusion der eID-Funktion liegt, sondern vielmehr die Nützlichkeit von Simulationsmodellen für die behördliche Arbeit untersucht werden soll, wird hier auf weitere Verfeinerungen der Modellierung verzichtet. Bereits die hier entwickelten Überlegungen lassen sich auf andere Fragestellungen übertragen. So ist der Weg von der eID-Funktion zur Frage der Nutzung von Onlineverwaltungsdienstleistungen beispielsweise nicht weit. Bei einer solchen Fragestellung bedürfte es dann teilweise genauerer Spezifizierungen und anderer Anpassungen, wesentliche Überlegungen und inhaltlich-methodische Zugänge ließen sich jedoch übertragen. Stellt sich nur die Frage, wie sich die Arbeit an der Ausgestaltung der Simulation möglichst effektiv und effizient durch moderne Technologie unterstützen lässt.



4. Unterstützung durch KI-Assistenten

Aus dem vorangegangenen Erfahrungsbericht dürfte deutlich geworden sein, wie wichtig es für aussagekräftige Simulationen ist, Fach- und Simulationsexpertise zusammenzubringen. Ein Weg dazu ist es, die Fachexpert:innen selbst zur Erstellung eigener Simulationen zu befähigen. Wir hatten die einfach verfügbare Sprache und Simulationsumgebung *NetLogo* gewählt, es kommen allerdings auch hier nicht weiter betrachtete kommerzielle Softwarepakete infrage. Eine weitere Möglichkeit wäre die Nutzung von Python-Bibliotheken, vorteilhaft ist hierbei die Verbindung zu Datenanalysen.

Doch was, wenn die Expert:innen noch keine Programmierkenntnisse haben? Hier kommen Angebote in Form von Kursen, Materialien und Beispielen ins Spiel, die einen leichten Einstieg in die Einarbeitung in diese Werkzeuge ermöglichen sollen. Allerdings bestehen, neben einem Grundverständnis zum Ansatz und Entwurf von Simulationen, zwei grundsätzliche Herausforderungen: Einerseits müssen Programmiersprache und Simulationsumgebung einfach zu nutzen sein, andererseits müssen sie leistungsfähig genug sein, um auch komplexe Simulationen zu ermöglichen. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob auch KI-Werkzeuge den Einstieg in die Simulationserstellung erleichtern können.

Um diese Frage zu beantworten, wird die Simulationsaufgabe des vorherigen Kapitels noch einmal aufgegriffen, allerdings zwecks Übersichtlichkeit stark vereinfacht. Die grundlegenden Mechanismen sollen wie in Abbildung 8 beschrieben wirken, simuliert wird also nur die Änderung des Zustimmungswertes eines Agenten durch die Erfahrung eines Behördenganges.

Dafür wurde versucht, einfache Simulationen auf Basis von *NetLogo* oder der weitverbreiteten und einsteigsfreundlichen Programmiersprache *Python* durch KI-Assistenten erstellen zu lassen. Für die Versuche wurden bekannte, ohne Bezahlung frei verwendbare Chatbots ausgewählt. Zugleich handelt es sich um universelle Chatbots, die nicht explizit als Werkzeuge für Programmierer:innen vorgesehen sind. Hier soll es um den Einstieg in die Programmierung gehen und nicht um Detailfragen oder Routinearbeiten aus dem Alltag von Programmierer:innen. Bei den Versuchen standen die Machbarkeit und die Sammlung

erster Erfahrungen im Vordergrund. Es kann davon ausgegangen werden, dass ggf. kommerzielle und/oder spezialisierte Chatbots die gestellte Aufgabe effizienter erledigen können.

Genutzt wurden:

- *ChatGPT* von *OpenAI*
- *Microsoft Copilot* im *Edge-Browser*
- *Google Gemini*
- *Claude* von *Anthropic*

Im Folgenden werden einzelne Erfahrungen dieses Versuches beschrieben. Alle im Rahmen dieses Versuches entstandenen KI-Dialoge sind im Repository zu diesem Impuls dokumentiert.

Die ersten Schritte mit *ChatGPT* zeigen, dass die Erstellung einer ersten, lauffähigen Simulation auf Basis einer umgangssprachlichen Beschreibung sehr einfach ist. Die von einer KI erstellten *Python*-Programme können direkt genutzt werden. Bei der Verwendung von *NetLogo* gibt es eine Hürde: In der *NetLogo*-Entwicklungs- und Simulationsumgebung (Wilensky 1999) werden zusätzlich zum Programmcode (Tab **Code**) manuell platzierte Oberflächenelemente (Tab **Interface**) für die Ausführung einer Simulation benötigt. Daher wurden einfache Bedien- und Anzeigeelemente in einer *NetLogo*-Umgebung erstellt und der jeweilig von einem Chatbot erzeugte Code manuell hineinkopiert. Daraufhin lässt sich die Simulation testen. Etwaige Fehlermeldungen können direkt im KI-Dialog zurückgegeben werden, um die Bearbeitung des Programmierfehlers durch die KI-Assistenten anzustoßen. Das Ergebnis zu einer Beschreibung der Simulationsaufgabe ist also ein lauffähiger Programmcode, dessen Ausgaben allerdings, wie bei einer manuell erstellten Simulation, auf Plausibilität geprüft werden müssen.

Nach ersten Schritten mit *ChatGPT* wurde eine Simulation nach obiger Aufgabe mit Copilot schrittweise entwickelt. Insbesondere die vielen impliziten Annahmen der Chatbots ermöglichen es, eine Simulation mit geringem Tippaufwand zu erstellen. Ein Beispiel ist die Visualisierung der Einstellung der Bürger:innen unter Verwendung eines Farbverlaufs: Obwohl nur die Simulation selbst beschrieben wurde, wurde durch die KI im Code

4. Unterstützung durch KI-Assistenten

eine Visualisierung des veränderlichen Zustandes der Agenten ergänzt. Auf diese Weise können Nutzende auch die Möglichkeiten einer Simulation entdecken und bei Interesse elegante Formulierungen bei der Programmierung kennenlernen.

Das Vorgehen begann mit der Modellierung von Bürger:innen und Behörden, anschließend daran der Änderungen der Einstellungen zur eID. Ist die Grundstruktur der Simulation gut aufgebaut, sind Erweiterungen der Simulation leicht möglich. Hier braucht es gegebenenfalls das oben erwähnte Grundverständnis zu den Möglichkeiten der (agentenbasierten) Simulation, beispielsweise ob Elemente als Agenten (Turtles) oder als Felder (Patches) modelliert werden und was für später geplante Erweiterungen besser geeignet ist.

Interessant ist auch, dass eine lauffähige, als nützlich erkannte Simulation mithilfe der KI-Programmierhilfe einfach erweitert werden kann. Im Beispiel wurde eine bestehende Simulation mittels einer kurzen Anweisung um Firmen ergänzt, die entsprechend dem bestehenden Muster von Bürger:innen und Behörden durch den KI-Assistenten eingefügt wurden (u. a. mit der Wahl eines weiteren Visualisierungssymbols). Die Simulation wurde hier bewusst vereinfacht, indem mit Firmen nur diejenigen gemeint sind, die eine eID-Funktion anbieten und damit in unserem Modell zur Verbreitung der eID beitragen.

Ein bestehendes Simulationsprogramm kann durch KI-Assistenten auch analysiert und zusammengefasst werden, beispielsweise für die Dokumentation der erarbeiteten Simulation. Hier fehlen naturgemäß die Annahmen, die bereits vor Formulierung der Simulationsaufgabe getroffen wurden. Beispielsweise ist jetzt auch für einen Chatbot nicht mehr erkennbar, was der Hintergrund für den positiven Einfluss von Firmenkontakten auf die Einstellungen der Bürger:innen ist, da ja anscheinend alle Firmen zur Verbesserung der Einstellung beitragen.

Die impliziten Annahmen der KI-Assistenten sparen nicht nur viel Tipparbeit, sie lassen auch konzeptuelle Unklarheiten erkennen, beispielsweise wenn nicht alle Möglichkeiten in einer komplexeren Entscheidungsstruktur vorgegeben werden. In so einem Fall kann man mit dem Ergebnis der Umsetzung durch KI nicht einverstanden sein und entsprechende detailliertere Vorgaben machen oder ggf. sogar die Aufgabe gründlicher durchdenken.

Neben dem erfolgreichen Beispiel seien noch kurz Probleme bei der Nutzung von Chatbots genannt. Auf dieser Stufe der Komplexität von Programmieraufgaben sind sie wahrscheinlich hauptsächlich in den recht exotischen Sprachkonstrukten von *NetLogo* bzw. deren geringem Anteil im gesamten Trainingsmaterial der Sprachmodelle begründet. Auffällig ist, dass sowohl *Gemini* als auch *Copilot* die Elemente einer *NetLogo*-Simulation kennen, aber an bestimmten Stellen Probleme mit der Syntax haben. Beispielsweise verwendet *Gemini* FOR-Schleifen, die es in dieser Form in *NetLogo* nicht gibt. *Copilot* wiederum hat

Schwierigkeiten mit den ungewöhnlichen IF-THEN-ELSE-Strukturen, die in *NetLogo* als IFELSE [Block-If] [Block-Else] formuliert werden.

Aus diesen praktischen Erfahrungen ergibt sich, dass auch bei der Programmierung mithilfe von Chatbots die wesentlichen Konzepte und Strukturen bekannt sein müssen, damit man einerseits zumindest ansatzweise beurteilen kann, ob der Chatbot einen zielführenden Ansatz wählt, der es wert ist, in späteren, schrittweisen Verfeinerungen weiterbearbeitet zu werden. Auch ist die eigene Fehlersuche, wenn der Chatbot von allein nicht weiterkommt, und das Nachschlagen in Dokumentationen oder Beispielen nur sinnvoll, wenn man den erzeugten Code halbwegs verstehen und damit das Problem eingrenzen kann. Allerdings braucht man nicht mehr jede Anweisung bis ins Letzte zu verstehen, meist werden die Anweisungen zielführend umgesetzt oder man kann den Chatbot zu einer Korrektur von Programmabschnitten auffordern.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass KI-Assistenten zur Unterstützung beim Programmieren inzwischen vielfältig eingesetzt werden können (Siering 2024). Chatbots sind in der Lage, mit ihrem »Weltwissen« eine (Simulations-)Aufgabe gut zu erfassen und in die Implementierung mittels einer Programmiersprache umzusetzen. Selbst universelle und kostenlos verfügbare Chatbots bieten für Gelegenheitsprogrammier:innen eine erstaunliche Unterstützung beim schrittweisen Aufbau eines Programms. So entsteht ein sinnvolles Programmgerüst, das mithilfe von KI oder auch manuell weiter angepasst oder ausgebaut werden kann. In jedem Fall erspart es die Suche nach Namen und Syntax von passenden Funktionen, was nicht nur beim Einstieg in die Programmierung mühsam sein kann.

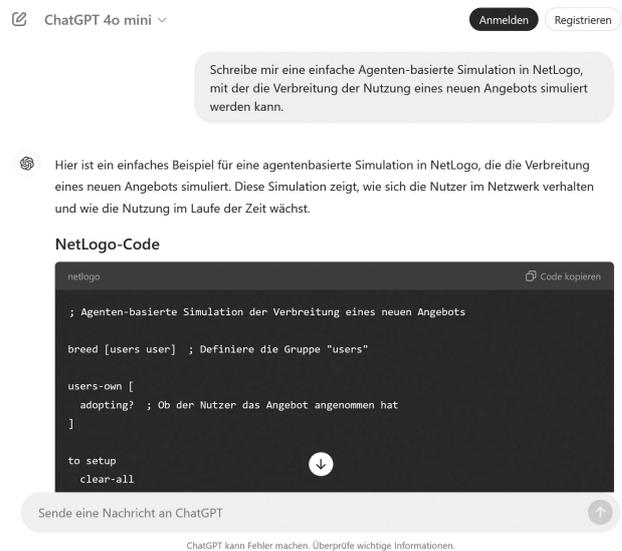


Abbildung 13: Dialog mit ChatGPT

5. Handlungsempfehlungen

Was bleibt nach Abschluss der Reise? Aus diesem Beitrag zum Umgang mit Simulationsmöglichkeiten bis hin zur konkreten Erstellung lassen sich Empfehlungen für den öffentlichen Sektor mit Bezug zur Evidenzbasierung von Politik und Verwaltung ableiten.

Veröffentlicht alles, denn durch Transparenz lässt sich dreifach profitieren.

Agentenbasierte soziale Simulationen leben von Annahmen, Vereinfachungen und dem Mut zur Lücke. Wenn der gesamte Prozess von Zielsetzung über Entscheidungsfindung bis zur Implementierung gut dokumentiert und neben dem Endergebnis mit der Öffentlichkeit geteilt wird, ermöglicht dies Nachvollziehbarkeit. Das ist die Grundlage für Verbesserungsvorschläge, Ansätze für neue Lösungen und eine Atmosphäre der (behördenübergreifenden) Ko-Kreation.

Nutzt den Hype um Digitale Zwillinge.

Digitale Zwillinge sind virtuelle Abbilder physischer Objekte oder Prozesse. Häufig stehen sie in einem (bi-)direktionalen Datenaustausch mit ihrem physischen Äquivalent. Mit dem verstärkten Interesse an und der Einführung von Digitalen Zwillingen in verschiedensten Arbeitsfeldern eröffnet sich die Chance, auch Simulationen stärker in (behördliche) Arbeit zu integrieren: Digitale Zwillinge liefern Daten von und Beziehungen zwischen Objekten und bieten so die ideale Grundlage für Simulationen.

Versachlicht Diskussionen und Entscheidungsfindung durch Simulationen.

Sozialsimulationen wie agentenbasierte Simulationen sind mit Unsicherheiten behaftet und ihre Ergebnisse garantieren keine absoluten Aussagen. Gleichwohl können sie als sachliche und strukturierte Diskussionsgrundlage dienen, weil Annahmen und Vereinfachungen der Sachlage explizit und im Modell einsehbar codiert und damit handhabbar gemacht werden. Je klarer Limitationen formuliert sind, desto nachvollziehbarer lässt sich entlang der Erkenntnisse diskutieren, möglicherweise verallgemeinern und lassen sich schlussendlich Entscheidungen finden, die wiederum durch die Erkenntnisse der Simulationen begründet und damit nachvollziehbar kommuniziert werden können.

Denkt Simulationsentwicklung auch als ein Reflexionsinstrument über eigene (implizite) Annahmen.

Planung, Entwurf und Entwicklung von Simulationen setzen ein fundiertes Verständnis des zu simulierenden Systems voraus. Dafür braucht es Recherchearbeit, möglicherweise Datenerhebungen und eine Reflexion über bestehende, etablierte oder implizite Vorannahmen, die in das Modell einfließen sollen – oder auch nicht. Der Prozess des Entwickelns hat damit seinen eigenen Mehrwert: Alte Denkmuster können aufgebrochen und neue Lösungen gefunden werden.

Verwendet existierende Werkzeuge und profitiert von den Vorteilen generativer Künstlicher Intelligenz.

Für die bekannten Simulationsumgebungen wie *Netlogo* gibt es im Internet viele frei verfügbare Quellen und Beispiele. Das führt dazu, dass auch generative Künstliche Intelligenz in der Lage ist, für einfachere Simulationen nützlichen Code zu produzieren. Damit werden Menschen auch ohne vertiefte Programmierkenntnisse in die Lage versetzt, einfache Anwendungen zu implementieren, solange sie Zugriff auf und entsprechende Kompetenz zur Nutzung der KI besitzen.

Geht schrittweise vor, denn die Entwicklung von Modellen profitiert von iterativem Vorgehen.

Eine Erkenntnis aus dem in diesem Papier unternommenen Selbstversuch: Iteratives Vorgehen lohnt sich! Komplexität nach und nach zu ergänzen, hilft einerseits, schnell erste, funktionierende Modelle vorzeigbar zu haben und andererseits das Vorhaben überhaupt handhabbar zu machen. Komplexere Modelle können schrittweise auf (geeigneten) einfachen aufbauen, womit keine Notwendigkeit besteht, von Anfang an alles mitdenken zu müssen, um ein »komplettes« Modell zu bauen.

Schafft Räume zum Experimentieren als Antrieb für Innovation.

Freiräume gepaart mit der Bereitschaft zum Ausprobieren, Testen und Experimentieren sind Treibstoff und Infrastruktur für innovative Ideen. Datenlabore zeigen, dass das gezielte Schaffen und die organisationsrechtliche Verankerung solcher Räume gelingen und so Mehrwerte für eine evidenzbasierte Politik geschaffen werden können.

Literaturverzeichnis

- Bundeszentrale für politische Bildung, 2024:** *Planspiele*. Online verfügbar unter <https://www.bpb.de/lernen/angebote/planspiele/>
- Coleman, J. S., 1990:** *Foundations of Social Theory*. Cambridge/ Massachusetts: Belknap Press of Harvard University Press.
- CONSIDERO, 2024:** *KNOW-WHY.NET*. Online verfügbar unter <https://www.know-why.net/>
- Eyert, Florian, 2020:** *Agent-based Modeling und Politikberatung*. In: Tanja Klenk, Frank Nullmeier und Göttrik Wewer (Hg.): *Handbuch Digitalisierung in Staat und Verwaltung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 111 – 122.
- Gladwell, Malcolm, 2000:** *The tipping point*. How little things can make a big difference. London: Little Brown & Company.
- ifo Institut, 2024:** *ifo Konjunkturprognose*. Online verfügbar unter www.ifo.de
- Kelly, Rebecca A.; Jakeman, Anthony J.; Barretheau, Olivier; Borsuk, Mark E.; ElSawah, Sondoss; Hamilton, Serena H.; Henriksen, Hans Jørgen; Kuikka, Sakari; Maier, Holger R.; Rizzoli, Andrea Emilio; van Delden, Hedwig; Voinov, Alexey A., 2013:** *Selecting among five common modelling approaches for integrated environmental assessment and management*. In: *Environmental Modelling & Software* 47, S. 159 – 181. DOI: 10.1016/j.envsoft.2013.05.005.
- Kotthoff, Florian; Hamacher, Thomas, 2022:** *Calibrating Agent-Based Models of Innovation Diffusion with Gradients*. In: *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 25 (3), Artikel 4. DOI: 10.18564/jasss.4861.
- Sage, Liadán, 2023:** *Digitale Zwillinge – Oeffentliche IT*. Online verfügbar unter <https://www.oeffentliche-it.de/-/digitale-zwillinge>
- Schmeling, Juliane; Marx, Anja; Kurrek, Holger, 2019:** *Evidenzbasiert steuern: die integrierte Nutzung von Verwaltungsdaten*. 1. Auflage. Berlin: Kompetenzzentrum Öffentliche IT, Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikation FOKUS. Online verfügbar unter <https://www.oeffentliche-it.de/publikationen?doc=94830>
- Schnurr, Maria; Glockner, Holger, 2016:** *Strategische Vorausschau in der Politikberatung*. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/strategische-vorausschau-in-der-politikberatung>
- Schünemann, Christoph; Sidorova, Anastasiia; Herold, Hendrik, 2023:** *Qualitative und quantitative Modellierungen der Wirksamkeit von Politikinstrumenten*. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/qualitative-quantitative-modellierungen-der>
- Siering, Peter, 2024:** *Kodierkompagnon*. Wie KI beim Programmieren hilft. Heise Medien GmbH. Hannover (c't, 11/2024). Online verfügbar unter <https://www.heise.de/select/ct/2024/11/2405814554590643252>
- Thapa, Basanta E. P.; Parycek, Peter, 2018:** *Data Analytics in Politik und Verwaltung*. In: Resa Mohabbat-Kar, Basanta E. P. Thapa und Peter Parycek (Hg.): *(Un)berechenbar? Algorithmen und Automatisierung in Staat und Gesellschaft*. 1. Auflage. Berlin: Kompetenzzentrum Öffentliche IT, S. 40 – 75. Online verfügbar unter <https://www.oeffentliche-it.de/publikationen?doc=78108>
- Wachsmann, Dorian; Weber, Mike; Sage, Liadán; Opiela, Nicole; Kupi, Maximilian, 2023:** *Innovationspolitische Bausteine für den digitalen Staat*. Online verfügbar unter <https://www.oeffentliche-it.de/publikationen?doc=303675>
- Wilensky, Uri, 1997:** *NetLogo Traffic Basic model*. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University. Evanston. Online verfügbar unter <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/TrafficBasic>
- Wilensky, Uri, 1999:** *NetLogo*. Version 6.4. Evanston. Online verfügbar unter <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

Kontakt

Jens Tiemann
Kompetenzzentrum Öffentliche IT (ÖFIT)
Tel.: +49 30 3463-7173
info@oeffentliche-it.de

Fraunhofer-Institut für
Offene Kommunikationssysteme FOKUS
Kaiserin-Augusta-Allee 31
10589 Berlin

www.fokus.fraunhofer.de
www.oeffentliche-it.de

[linkedin.com/company/oeffit](https://www.linkedin.com/company/oeffit)

ISBN: 978-3-948582-27-2

