

TEXTE

96/2018

Entwicklung eines quantitativen Modells „Nachhaltiges Deutschland“ Band 2: Simulation der Potentiale und Auswirkungen einer Transformation hin zu einer nachhaltigen Gesellschaft

Abschlussbericht

TEXTE 96/2018

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3714 11 101 0
UBA-FB 002681

Entwicklung eines quantitativen Modells „Nachhaltiges Deutschland“ Band 2: Simulation der Potentiale und Auswirkungen einer Transformation hin zu einer nachhaltigen Gesellschaft

Abschlussbericht

von

Kai Neumann, Franc Grimm
Consideo GmbH, Lübeck

Hans Diefenbacher
Forschungsstätte der Evangelischen Studiengemeinschaft FEST, Heidelberg

Martin Hirschnitz-Garbers, Susanne Langsdorf
Ecologic Institut, Berlin

Michael Schipperges
sociodimensions GmbH, Heidelberg

Daniel Weiss
adelphi research

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

Consideo GmbH
Maria-Goeppert-Str. 1
23562 Lübeck

Abschlussdatum:

September 2017

Redaktion:

Fachgebiet I 1.1 Grundsatzfragen, Nachhaltigkeitsstragien und -Szenarien,
Ressourcenschonung
Ullrich Lorenz

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, November 2018

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den
Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Im Auftrag des Umweltbundesamts haben Consideo, adelphi, Ecologic Institut, FEST und sociodimensions ein quantitatives Simulationsmodell zur Analyse eines möglichen Wandels der Gesellschaft hin zu mehr Nachhaltigkeit entwickelt. Es entstand im Rahmen des Projekts „Entwicklung eines quantitativen Modells ‚Nachhaltiges Deutschland‘“ aus dem Ressortforschungsplan des Umweltbundesamtes. Das Modell wurde eingesetzt, um verschiedene Ausrichtungen gesellschaftlicher Wandelprozesse auf ihre potentiellen Auswirkungen auf die Umwelt, den Klimawandel, die Ressourcen-Inanspruchnahme, die Wirtschaft, die Wohlfahrt und die Zufriedenheit in der Bevölkerung zu untersuchen.

Die wesentlichen Projektergebnisse sind in vier eigenen Berichten dokumentiert:

1. Das quantitative D3-Modell (das „D“ steht für Deutschland, und die „3“ steht für Bevölkerung, Wirtschaft und Politik): Der Bericht beschreibt das Ursache-Wirkungsmodell mit seiner Vielzahl an Faktoren (mehr als 4.000 Faktoren) und erläutert die methodische Herangehensweise und den Aufbau des Modells. Weiterhin bietet der Bericht eine Einführung in die wesentlichen Bedienelemente des Modells, welches direkt über einen Link durch das Umweltbundesamt auch zur Erweiterung und Beantwortung weiterer Fragen genutzt werden kann.
2. Simulation der Potentiale und Auswirkungen einer Transformation hin zu einer nachhaltigen Gesellschaft: Der Bericht umfasst konkrete Erkenntnisse zu den Möglichkeiten und Grenzen der Simulation sozialer Systeme sowie konkrete Szenarien zur Transformation und ihrer Auswirkungen.
3. Simulation des Ausbaus erneuerbarer Energien in Deutschland (D3 EE Modell): Der Bericht dokumentiert ein zusätzliches entstandenes, eigenständiges Simulationsmodell. Über das D3 EE Modell wurde der Ausbau der erneuerbaren Energien simuliert sowie die damit verbundene Rohstoffinanspruchnahme und mögliche wirtschaftliche Auswirkungen.
4. D3 - Planspiel: Der Bericht führt in ein Planspiel ein, das durch das D3 Modell inspiriert wurde und in dem Spielerinnen und Spieler (z.B. auch an Schulen) die Rolle der BürgerInnen, der Politik und der Wirtschaft einnehmen können, um darüber unterschiedliche Sichtweisen und Perspektiven in Beziehung miteinander setzen zu können. Es vermittelt den Lock-In- und die Spillover-Effekte.

Mithilfe des D3 Modells lassen sich Erkenntnisse über gesellschaftliche Interaktionen im Zusammen- und Wechselspiel von technischer Effizienzsteigerung, sozialen Innovationen, Suffizienz-Ansätzen und sozio-ökonomischen Effekten (z. B. arm/reich, Migration, Überalterung) generieren. Ziel war es, auf Basis des D3 Modells die dynamische Interaktion der unterschiedlichen Teilaspekte der drei Nachhaltigkeitsdimensionen „Ökologie“, „Ökonomie“ und „Soziales System“ innerhalb der planetaren Belastungsgrenzen besser zu verstehen und damit das systemische Verständnis Nachhaltiger Entwicklung insgesamt weiterzuentwickeln.

Der vorliegende Bericht stellt den zweiten Bericht dar und richtet sich an Anwender des D3 Modells zur Exploration der Möglichkeiten und Auswirkungen eines gesellschaftlichen Wandels ebenso, wie an Modellierer sozialer Systeme. Er zeigt, dass System Dynamics als Ansatz geeignet ist, auch soziale Systeme endogen zu beschreiben, wobei wie bei anderen Ansätzen auch, die Handlungsmotive von Menschen klar definiert und in Faktoren und Formeln übersetzt werden müssen. Eine emotionale Wirksamkeit von Verhaltensänderungen vorausgesetzt zeigt das Modell, wie Spillover-Effekte sowohl zwischen unterschiedlichen Verhaltensbereichen als auch zwischen unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen (soziale Milieus) einen exponentiellen Wandel der Gesellschaft möglich machen. Die Auswirkungen wären dabei auf Umwelt, Ressourcen, Klima, Wohlfahrt und Zufriedenheit

positiv. Die Auswirkungen auf die Wirtschaft könnten sich dabei nach deutlichem Anstieg auf dem Niveau von heute einpendeln.

Abstract

For the Federal Environmental Agency of Germany a consortium of Consideo, adelphi, Ecologic Institute, FEST and sociodimensions developed a quantitative simulation model to run scenarios on the potentials for a transition of society towards sustainability. The model explores the effects of a transition on the environment, climate change, use of resources, the economy, welfare and happiness.

The results from this project are documented in four parts:

1. The quantitative D3 model (D for Deutschland, 3 for society, economy and politics): The report describes the cause and effect model with its more than 4,000 factors and how it can be used. The Federal Environmental Agency can directly use the model to alter and enhance it and to answer different questions.
2. The simulation of potential transitions towards sustainability and their effects. The report also covers insights on the possibilities and limitations of the simulation of social systems.
3. The simulation of the shift towards renewable energy (D3 EE model): The report describes an additional simulation model that looks more into the details of the use of renewable energy and its implications for the use of resources as well as its economic effects.
4. The D3 simulation: The report describes a separate model that can be used as a simulation game to allow e.g. pupils to play the roles of citizens, politicians, or business-people and experience their interdependencies through the lock-in effect and the spillover effects as they are explained in this report at hand.

The D3 model can be used to generate findings on societal interactions in interplay with increasing technical efficiency, social innovations, eco-sufficiency approaches, and socio-economic effects (e.g. rich/poor, migration, aging societies). The goal was to use the “Sustainable Germany” model to better understand the dynamic interaction between the different aspects of the three dimensions of sustainability “ecology”, “economy” and “social system”) within the planet’s carrying capacity and, in doing so, to advance our systematic understanding of sustainable development overall.

The project showed that the simulation of social systems with system dynamics is feasible. To endogenously simulate the behavior of humans it is crucial to translate human motivation into factors and formula. Provided that the change of behavior is emotionally effective an exponential transition through spillover effects between different areas (nutrition, mobility, housing, clothing, etc.) for each social milieu as well as spillover effects between the social milieus seems possible. The effects on the environment, climate, resources, welfare and happiness would be beneficial. The effects on the economy could after a medium term increase become stable on today’s level.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	6
Abbildungsverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	8
Zusammenfassung	9
Summary	12
1 Das Projekt und seine Zielsetzung	14
2 Zusammenfassung der Ergebnisse des Modells und des Projekts.....	14
3 Aufbau des Modells (Zusammenfassung aus Band 1)	15
4 Modellierungsansatz, wissenschaftliche Methode.....	17
4.1 Die Wahl des Modellierungsansatzes	17
4.2 Induktive vs. abduktive Logik - Gültigkeit von Annahmen	18
5 Grundannahmen zur Simulation menschlichen Verhaltens	19
5.1 Handlungsmotive - Bounded Rationality und Evolutionspsychologie	19
5.2 Hintergrund: die Verbreitung von Verhalten	21
5.3 Mögliche Grenzen des Milieu-Ansatzes	24
6 Beispiel-Szenarien mit dem D3 Modell	25
6.1 Das Basis-Szenario	25
6.2 Szenario 2: Die kritisch-kreativen Milieus starten mit mehr Nachhaltigkeit	28
6.2.1 Auswirkungen auf die Wohlfahrt:	30
6.2.2 Auswirkungen auf die Umwelt, Klimagase und Ressourcen-Inanspruchnahme:.....	31
6.2.3 Auswirkungen auf die Zufriedenheit in der Bevölkerung:	32
6.2.4 Auswirkungen auf die Wirtschaft:.....	33
6.3 Szenario 3: Die kritisch-kreativen Milieus machen einen Anfang und die Politik treibt den Ausbau der Erneuerbaren Energien voran	34
6.4 Szenario 4: Die kritisch-kreativen Milieus machen einen Anfang, die Politik treibt den Ausbau der Erneuerbaren Energien voran und es erfolgt die Verlagerung von Güterverkehr auf Schiene sowie eine Elektrifizierung von Industrieprozessen.....	35
6.5 Weitere Szenarien und Anwendungsmöglichkeiten	36
7 Fazit und Interpretation: „It’s the emotions, stupid!“	37
7.1 Kritische Betrachtung des Modells.....	37
7.2 Alles dreht sich um die emotionale Wirksamkeit	38
8 Literatur.....	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Generisches Modell zu Verhaltensänderungen pro Nachhaltigkeit und den Spillover-Effekten	22
Abbildung 2: Ergebnisse des Basis-Szenarios	26
Abbildung 3: Umweltauswirkungen gesamt im Basis-Szenario	27
Abbildung 4: Zufriedenheit M1 im Basis-Szenario	28
Abbildung 5: Spillover-Effekt auf andere Bereiche	29
Abbildung 6: Spillover-Effekt auf andere Milieus	29
Abbildung 7: Auswirkungen eines exponentiellen Wandels der Gesellschaft hin zu mehr Nachhaltigkeit	30
Abbildung 8: Auswirkungen auf die Umwelt insgesamt bei exponentiellem Wandel zu mehr Nachhaltigkeit	31
Abbildung 9: Entwicklung von Zufriedenheit in der Bevölkerung	32
Abbildung 10: Die Wirtschaft mit nur kleinen Veränderungen	33
Abbildung 11: Der Ausbau der Erneuerbaren Energien wirkt sich positiv auf die Wohlfahrt aus	35
Abbildung 12: Szenario mit zusätzlich noch einer weitgehenden Elektrifizierung der Industrieprozesse	36

Abkürzungsverzeichnis

ABM	Agentenbasierte Modellierung
BIP	Bruttoinlandprodukt
BMUB	Bundesministerium für Umwelt und Bildung
bspw.	beispielsweise
D3 Modell	Eigenname für das Simulationsmodell
D3 EE Modell	Eigenname für ein Prozessmodell zum Ausbau der Erneuerbaren Energien
NWI	Nationaler Wohlfahrtsindex
PV	Photovoltaik
Quasi-NWI	Ein eigener Index in Anlehnung an den NWI mit nur einigen Elementen von diesem
RMC	Raw Material Consumption
SD	System Dynamics
UBA	Umweltbundesamt
usw.	Und so weiter

Zusammenfassung

Das D3 Modell (das „D“ steht für Deutschland, und die „3“ steht für Bevölkerung, Wirtschaft und Politik) ist ein umfangreiches System Dynamics-Simulationsmodell, das mit insgesamt 4.400 Faktoren und über 1.000 Parametern mit Quellenangaben mögliche Geschwindigkeiten der Ausbreitung und Auswirkungen von Verhaltensänderungen pro Nachhaltigkeit in der Bevölkerung – aufgeteilt in so genannte soziale Milieus - zeigt. Es geht bei dem D3 Modell um grundsätzliche Zusammenhänge zwischen Verhaltensänderungen pro Nachhaltigkeit untereinander sowie um deren Auswirkungen auf Umwelt, Ressourcen-Inanspruchnahme, Klimaauswirkungen, Wirtschaft, Wohlfahrt und Zufriedenheit.

Veränderungen der Verhaltensweisen

Um Verhaltensänderungen in der Bevölkerung zu simulieren und in ihren Auswirkungen zu analysieren, gibt es im D3 Modell zu dem Verhalten (je aus den Bereichen Mobilität, Ernährung, Wohnen, Kleidung und sonstiger Konsum) jedes sozialen Milieus exogene Faktoren, über die je Zeitschritt eine prozentuale Zu- oder Abnahme bezogen auf die Gesamtheit des Milieus angenommen werden kann. Die Faktoren heißen dann „Mehr ...“ oder „Weniger...“ von etwas, z. B., dass in einem bestimmten Jahr eine gewisse Prozentzahl eines Milieus entscheidet, sich vegetarisch zu ernähren, Biokleidung zu kaufen, mehr oder weniger Flugkilometer zu wählen, usw., woraufhin das Modell die damit zusammenhängenden Veränderungen anderer Faktoren endogen berechnet.

Das Modell ist insgesamt darauf ausgerichtet, nachhaltiges mit nicht-nachhaltigem bzw. konventionellem Handeln vergleichend zu betrachten. Erste Anwendungen des Modells zeigen, dass Grundannahmen zur Verbreitung von Verhaltensweisen entscheidend sind – vor allem die Frage, ob sich eine nachhaltige oder konventionelle Verhaltensweise in einem Bereich auch auf das Verhalten in anderen Bereichen und von anderen Milieus auswirkt. Sprich: Verhaltensweisen werden über so genannte Spillover-Effekte auf andere Verhaltensbereiche oder ebenfalls als Spillover-Effekt auch auf andere soziale Milieus übertragen.

Ob diese Effekte auftreten, ist im Modell abhängig von dem Motiv für nachhaltiges Handeln. Das heißt, ob nachhaltiges Handeln aufgrund von Mode-Trends, aus monetären Gründen, aus anderweitig rationalen Gründen oder aus emotionalen Gründen und dem Gefühl der Selbstwirksamkeit heraus ausgelöst wird. Das Gefühl der Selbstwirksamkeit wird von bestimmten Rahmenbedingungen wie der Kenntnis über eine solche Wirksamkeit beeinflusst und führt zur emotionalen Wirksamkeit. Das Modell erlaubt letztlich exogen einzelne Veränderungen von Verhaltensweisen anzunehmen, um dann endogen Verhaltensweisen in anderen Bereichen und in anderen Milieus zu simulieren, indem mit der Wahl nachhaltigen Verhaltens auch eine Zunahme von Nachhaltigkeit als Wertgefühl eines Milieus, und hierüber ein Wertgefühl der gesamten Gesellschaft angenommen wird. Wenn dieses Wertgefühl steigt oder sinkt, nimmt auch die Wahl nachhaltiger Alternativen zu oder ab. Für diese Spillover-Effekte erlaubt das Modell einen Parameter zu variieren, so dass auch Szenarien ohne diese oder mit weniger dieser Effekte berechnet werden können.

Die Rahmenbedingungen für die emotionale Wirksamkeit von Verhaltensweisen und das Gefühl von Selbstwirksamkeit entscheiden auch über das Auftreten von Rebound-Effekten, etwa ob gespartes Geld bei der Alltagsmobilität oder geringeren Heizkosten nach energetischer Sanierung zu mehr Flugreisen führt (finanzieller Rebound-Effekt) oder ökologische Kleidung mehr elektronische Gadgets zu rechtfertigen erlaubt (psychologischer Rebound-Effekt). Der finanzielle Rebound-Effekt ist im Modell grundsätzlich angelegt, da für jedes Milieu je ein Faktor die Kaufkraft beschreibt. Ein psychologischer Rebound-Effekt ist hingegen nicht im Modell angelegt, letztlich da sich dieser auch nicht endogen bzw. deterministisch simulieren ließe. Wohl aber kann dieser durch Annahmen über exogene Faktoren in seinen Auswirkungen durch das Modell simuliert werden.

Modellierungsansatz, wissenschaftliche Methode und entscheidende Grundannahme

Bei der Wahl des Modellierungsansatzes kommen für ein Simulationsmodell für nicht exakt bestimmbare Zusammenhänge die „Agentenbasierte Modellierung“ (ABM) und „System Dynamics“ (SD) in Frage. In diesem Fall wurde der System Dynamics-Ansatz gewählt, da dieser Ansatz den Vorteil hat, dass viele Faktoren berücksichtigt werden können, das Modell anders als bei der ABM in den Kausalstrukturen, Rückkopplungsschleifen und auch Formeln nachvollziehbar und durch unterschiedliche Nutzer leicht bedienbar bleibt.

Im Modell werden Annahmen zum Vorhandensein von Zusammenhängen getroffen. Das heißt, das Modell formuliert im Sinne abduktiver Logik transparente Aussagen zu Zusammenhängen, zeigt mit den Simulationen mögliche Konsequenzen auf und erlaubt die Annahmen zu variieren bzw. in einer Bandbreite durchzuspielen.

Bei der endogenen Simulation von Verhaltensänderungen werden im Modell keine rein rationalen Motive (Bounded Rationality) angenommen, sondern in Anlehnung an biopsychologische Erklärungsansätze emotional wirksames Handeln. Vereinfacht gesagt geht es den Menschen zum einen darum, Weiterentwicklungsgefühle durch etwas Neues zu erfahren, und gleichzeitig darum, Integrationsgefühle vor allem vor dem Hintergrund der Werte des jeweiligen sozialen Milieus zu erfahren. Nachhaltigkeit kann somit als Wert emotional wirksam sein und nachhaltige Verhaltensweisen sich gleichermaßen gut anfühlen, wie nicht-nachhaltiges Konsumverhalten vor unserem heutigen Wertesystem durch den Preis oder die bloße Leistung oder Größe gute Gefühle auslöst. Mit anderen Worten ist die Schlüsselannahme hinter dem Modell: Die meisten Menschen werden nicht das gute Gefühl durch ein PS – starkes Auto durch die rationale Entscheidung mit der Bahn zu fahren aufgeben. Erst durch die emotionale Wirksamkeit des Bahnfahrens, wenn dies Wertschätzung durch das eigene soziale Milieu und die Gesellschaft erfährt und auch sonst noch tolle Gefühle bereitet, wird die kritische Masse eines Milieus das gute Gefühl durch das Autofahren aufgeben. Auch der Ansatz über Aufklärung das gute Gefühl durch PS – starke Autos zu nehmen wird ohne alternativ gute Gefühle nicht funktionieren, da Menschen psychologische Schutzmechanismen haben, um sich und ihren Spaß nicht in Frage zu stellen. Nennenswert hier zum Beispiel die kognitive Dissonanz (die Alternative geht gar nicht), die selbsterlernte Hilflosigkeit (ich kann/verstehe das nicht) oder die psychologische Reaktanz (das ist mir zu doof, sollen doch die anderen erst einmal).

Hinweise zu Grenzen des Milieu-Ansatzes, zu Systemgrenzen und Datenqualität

Die folgenden Einschränkungen des Modells sind unkritisch, da die Zielsetzung des Modells lediglich das Aufzeigen von Mustern und Größenordnungen ist. Dennoch sollten sie hilfreich genannt sein.

Als eine Herausforderungen beim Modellieren hat sich erwiesen, dass die Durchschnittswerte, die sich hinter den Daten der jeweiligen Milieus verbergen, extremere Verhaltensweisen in der Bevölkerung „wegglätten“. Das führt bspw. dazu, dass viele Szenarien zu einem geradezu hundertprozentig nachhaltigen Verhalten führen. Das ist aber in der Realität nicht anzunehmen, da es sowohl in den prekären also auch zahlungskräftigen Milieus sicherlich Anteile gibt, die ihr Verhalten nicht „in Richtung Nachhaltigkeit“ umstellen werden.

Eine weitere Grenze der sozialen Milieus ist der lange Simulationszeitraum, für den es keine Annahmen hinsichtlich des Wandels der Milieus gibt. Daher werden die sozialen Milieus, für die es heute konkrete Daten gibt, bei der Simulation in die Zukunft zu einem abstrakten Container, der immer noch grobe Entwicklungen und Muster offenzulegen erlaubt.

Hinsichtlich der Systemgrenzen und Datenqualität basiert das D3 Modell auf einer Reihe von Vereinfachungen. Dies ist der Fall, wenn Bereiche aggregiert dargestellt werden, Änderungen proportional angenommen werden, externe Entwicklungen ausgeklammert werden oder die Herausbildung von neuen Technologien und Trends nicht vorgesehen ist.

Des Weiteren stammen die Daten zu den über 1.000 Parametern teilweise aus Sekundär- und Tertiärquellen und beziehen sich auf leicht unterschiedliche Jahre. Außerdem sind die gleichen Inhalte

aus unterschiedlichen Quellen teils nicht kohärent, wie z. B. die Angaben zum Anteil der Führungskräfte in den Milieu-Studien im Vergleich zu Befragung der Branchen. Schließlich sind an manchen Stellen für den Durchschnitt der Menschen eines sozialen Milieus Entwicklungen vorgegeben, die noch nicht abgeschlossen sind.

Ausgewählte Ergebnisse auf einen Blick

Erste Auswertungen der Simulationen von Szenarien zeigen, dass sich Verhaltensänderungen, wenn sie emotional gestützt sind, aufgrund selbst verstärkender Wirkungsschleifen (Spillover-Effekte zwischen den Verhaltensweisen sowie zwischen den Milieus) offenbar sehr schnell ausbreiten können, wobei Änderungen hin zu mehr Nachhaltigkeit die gleichen Wirkungsschleifen nutzen, wie Änderungen weg von Nachhaltigkeit. Die emotionale Wirksamkeit und damit intrinsische Motivation zu Verhaltensänderungen gekoppelt an eine Transparenz der Auswirkungen von Verhaltensweisen ist dabei entscheidend, da ansonsten der emotionale und rationale Nutzen nicht-nachhaltiger Verhaltensweisen von der Masse der Bevölkerung nicht aufgegeben würde.

Die Auswirkungen einer Änderung (Transition) hin zu mehr Nachhaltigkeit sind auf die Wirtschaft marginal – langfristig vermutlich leicht negativ aufgrund von Konsumverzicht, nachdem sie mittelfristig aufgrund der Investitionen in nachhaltige Lösungen (Erneuerbare Energien, Dämmung, E-Mobilität) deutlich positiv sind. Die Auswirkungen auf die Rohstoff-Inanspruchnahme (RMC) sind ebenfalls positiv, da die eingesparten fossilen Brennstoffe den Mehrbedarf an Rohstoffen für nachhaltige Technologien (insbesondere Ausbau Erneuerbare Energien und E-Mobilität) offenbar mehr als kompensieren. Hierzu gibt es separat zudem das detaillierte D3 EE Modell.

Die Auswirkungen auf die Wohlfahrt und Zufriedenheit sowie die Umwelt sind positiv – sie unterscheiden sich aber nach Art und Umfang je nach sozialem Milieu. So zeigen die Ergebnisse, dass weniger zahlungskräftige Milieus für ein gutes Gefühl durch nachhaltigeres Verhalten als erste Handlungsoption Konsumverzicht in Betracht ziehen würden und erst über daraus generierte Einsparungen teurere ökologische Varianten wählen können, während zahlungskräftige Milieus sich durch den Kauf der ökologischen Varianten gut fühlen, aber zur Steigerung des emotional wirksamen ökologischen Verhaltens später auch auf Konsumverzicht zurückgreifen würden.

Bei solchen Vorhersagen aus dem Modell muss jedoch bedacht werden, dass in der Realität mögliche Änderungen die jeweiligen Milieus in Zukunft beeinflussen können. Dazu zählen bspw. die Rolle neuer nachhaltiger Produkte, die Ermöglichung einer Kreislaufökonomie durch modulare Produktdesigns, die Durchsetzung sozialer Innovationen, die allgemeine (demografisch wie kulturell/mentale) Entwicklung der Gesellschaft, geopolitische Entwicklungen oder die Auswirkungen der Wirtschaft (Werbung) auf das Konsumverhalten.

Ebenso die Ergebnisse relativierend ist die im Projekt gewonnene Erkenntnis, dass zwar eine Werte getriebene Verhaltensänderung der Durchschnitte der Bevölkerung endogen zu simulieren ist, dass aber das konkrete Verhalten kleinerer Gruppen der Bevölkerung, welches die Entwicklungen des Rests der Bevölkerung verlangsamen oder unter bestimmten Umständen sogar verhindern könnte, nicht definierten und somit abbildbaren Regeln folgt. Hier müssten stochastische oder exogene Einflüsse in das Modell eingebaut werden, die dann aber keine wissenschaftlichen Schlüsse zu ziehen erlaubten.

Für die Anbieter nachhaltiger Lösungen, für politische Maßnahmen und für jede Person, die andere von Alternativen überzeugen will, gilt, die Alternativen emotional wirksam zu gestalten wozu es der erkennbaren Selbstwirksamkeit für jede Person bedarf. Wenn die Alternativen dann so wirken, ist eine entscheidende Voraussetzung für einen exponentiellen Wandel hin zu mehr Nachhaltigkeit gegeben.

Summary

The D3 model is an elaborate system dynamics simulation model that - using 4,400 factors and over 1,000 referenced parameters - shows various possible speeds at which behavioral changes and their effects spread through society. The “D” stands for Deutschland (Germany) and “3” stands for the three impact areas: social, economic, and environmental. The model was developed to illustrate foundational correlations among - as well as dynamics and orders of magnitude of - consumption of different social milieus, the economy and politics. It also incorporates the environmental effects (including resource use and climate change impact) of the relevant economic sector’s production as well as consumption or consumer behavior of the milieu. The resulting developments and changes in satisfaction of the population are evaluated as well as an evaluation of changes on welfare using an index based on Germany’s National Welfare Index (a “quasi” NWI). The model analyzes a timeframe of 50 years in annual increments.

The intended output of the D3 model is not an exact prediction of relationships between individual factors and behavioral patterns within each milieu, but rather a picture of the foundational connections between and among various behavioral changes - and their respective effects on the environment, the economy, and societal happiness/social welfare. The model, including links to the source data for each of the parameters, is available via the following website:

<http://www.imodeler.info/ro?key=C5WFO8knNATYKYnvpi1FUKQ>

Behavioral changes

Behavioral changes in the social milieus can be simulated exogenously, directly via the “more” and “less” functions. The respective scenarios would then describe departure points for a simulation run in which certain amount of change (mostly expressed as percent values) are assumed at chosen points in time. For example, if it is assumed that a certain percentage of a milieu decides to eat vegetarian in a given year, the model run calculates the correlating changes in the other factors. Moreover, the program can also simulate behavior changes endogenously, i.e. depending on the changes in factors internal to the model.

Overall, the model is geared toward comparative visualization of sustainable versus non-sustainable behavior. Preliminary model runs show that basic assumptions about the spread of behavioral changes are crucial - especially the question of whether sustainable or non-sustainable behaviours in one area also affect those in other areas; i.e. triggering behaviour changes in other areas, too (so-called spillover effects).

Whether such spillover effects occur depends on the motive for sustainable behaviour, i.e. whether the sustainable behaviour is adopted due to a trend, for financial reasons, for other rational reasons, or for emotional reasons triggered by feelings of self-efficacy. Such feelings of self-efficacy are influenced by certain underlying conditions, including knowledge of the fact that one’s own decisions can take effect on sustainability (self-efficacy). Underlying conditions also determine the appearance of rebound-effects, such as financial savings on everyday mobility being used for more spending on air travel or wearing sustainable clothing justifying less sustainable behaviour in other areas, e.g. buying unsustainable electronic gadgets or buying more and more electronic gadgets (negative spillover effects).

Modeling methodology, scientific method, and basic assumption

The two modeling approaches applicable to a simulation involving indeterminate relationships are “agent-based modeling” and “system dynamics.” In this case the latter approach was chosen, as system dynamics models can evaluate many factors while still being understandable and operable by various types of users.

The model makes assumptions about the probability of relationships among factors. Along the lines of abductive logic, it formulates transparent statements about relationships and through simulation runs shows possible consequences of those relationships. This allows users to vary assumptions, i.e. run through a bandwidth of scenarios.

The motives behind the behavioral changes depicted by the model are not assumed to be purely rational. Rather, behavioral changes often constitute what biopsychological explanatory approaches would call “emotionally effective actions.” These arise out of individuals’ desires to experience feelings of personal advancement from doing something new or different, while at the same time experiencing feelings of integration into the value system of their respective social milieu. Sustainability can thus be effective on an emotional level just as other modern consumption patterns can evoke good feelings due to the products’ price, sheer performance, or size.

Notes on the limitations of the milieu approach, on data quality, and on system boundaries

One challenge modelers faced was that the average values behind each milieu “smoothed over” more extreme behaviors in the respective population. This can lead to scenarios in which behavior patterns are nearly 100% sustainable. This is not a realistic assumption, as there are surely groups in both vulnerable and wealthy milieus that would not change their behavior in a sustainable direction. The D3 model at least acknowledges this deficit in that it centers around revealing rough development trajectories and basic patterns.

With respect to system boundaries and data quality, the D3 model is based on a set of simplifications. This is always the case when sectors are depicted in aggregated form, when changes are accounted for proportionally, when external developments are excluded, or when the emergence of new technologies and trends is not foreseen. Furthermore, data for over 1,000 of the parameters come from secondary and tertiary sources and apply to different years. Often different sources contain conflicting information about the same content, for instance percentage of executive or leadership positions by sector in the studies by milieu vs. in the result of interviews by sector. Finally, in some cases the model assumes developments among the average population of a given social milieu even though those developments have not been completed yet.

Snapshot of selected results

Preliminary evaluations of model scenarios show that behavioral changes, which are linked to emotions are able to spread very fast. Their effects on the economy in terms of moving toward sustainable development, however, are marginal (possibly slightly negative). Effects on happiness/social welfare as well as on the environment are positive – but differ in type and magnitude depending on the social milieu.

The results also show that for lower-income social milieus, the first option consumers choose to feel good about themselves by undertaking more sustainable behavior is to consume less – the money they save by doing so then allows them to be able to afford more expensive organic/certified ecologic products. Among wealthier milieus, model results show the opposite: purchasing organic/ecological products as well as investments into green technology makes richer consumers feel good about themselves, with the fallback being the option of non-consumption. Such model predictions must be qualified, as changes can influence the respective milieus in the future. Such changes include the role of sustainable products, enabling of a circular economy through modular product design, spread of social innovation, general societal developments, geopolitical developments or the effects of the economy on consumption patterns.

1 Das Projekt und seine Zielsetzung

Ziel des Projekts (UFOPLAN 2014 – FKZ 3714 11 101 0 „Entwicklung eines quantitativen Modells „Nachhaltiges Deutschland““) war es, mit dem D3 Modell ein Werkzeug bereitzustellen, mit dem unterschiedlichste Fragestellungen rund um einen Wandel zu mehr Nachhaltigkeit in Deutschland nachvollziehbar beantwortet werden können. Dabei geht es vor allem um Fragen nach der möglichen Geschwindigkeit einer Ausbreitung von Verhaltensänderungen in der Bevölkerung und deren Auswirkungen auf Umwelt, Klima, Ressourcen-Inanspruchnahme, Wirtschaft, Wohlfahrt und Zufriedenheit.

Zielgruppe für das auf System Dynamics (Sterman, 2000) basierende Simulationsmodell, genannt D3 Modell (das „D“ steht für Deutschland, und die „3“ steht für Politik, Bevölkerung und Wirtschaft), sind politische Entscheider und alle übrigen Interessierten aus Wissenschaft und Wirtschaft.

Die Gesellschaft wird in dem D3 Modell über so genannte soziale Milieus (b4p 2014, BMUB/UBA 2015, UBA 2012 und Kleinhüchelkotten et al. 2016) abgebildet. Für jedes soziale Milieu gibt es zudem eine umfangreiche Abbildung der Konsumfelder, der jeweiligen konventionellen oder ökologischen Verhaltenswahl oder sogar des Verzichts auf Konsum. Die jeweiligen Verhaltensweisen wurden dann in ihren Auswirkungen auf Umwelt, Ressourcen, Klima, Wirtschaft, Wohlfahrt und Zufriedenheit und dann wieder zurück auf die Menschen der jeweiligen sozialen Milieus abgebildet. In einem weiteren Schritt dann folgte die Abbildung von Mechanismen, die eine Verbreitung von Verhaltensweisen, eine Transformation der Gesellschaft zu simulieren erlauben.

Am Ende dann wurden in einem wissenschaftlichen Workshop in Berlin mit zahlreichen Experten aus den Bereichen Modellierung, Transformationsforschung und Psychologie die Annahmen des Modells zur Verbreitung von Verhaltensweisen (die jeweiligen Spillover-Effekte) auf den Prüfstand gestellt.

Um dem Ausbau der erneuerbaren Energien und ihrer Ressourcen-Inanspruchnahme in ihren Dynamiken besser erfassen zu können, wurde ein zusätzliches D3 EE Modell entwickelt, zu dem es einen eigenen Bericht gibt.

Zu den wesentlichen Mechanismen hinter einer möglichen Transformation gibt es zudem ein D3 – Planspiel mit ebenfalls einem eigenen Bericht.

2 Zusammenfassung der Ergebnisse des Modells und des Projekts

Nachfolgend erste Ergebnisse aus der Anwendung des D3 Modells, der Forschung zu dem Modell, den Möglichkeiten der Simulation sozialer Systeme und den Verweis auf das eigenständige D3 Planspiel und D3 EE Modell zum Ausbau der Erneuerbaren Energien:

- ▶ exponentielle Transformationen scheinen grundsätzlich möglich zu sein;
- ▶ der laut Modell eigendynamisch wahrscheinliche Transformationspfad hin zur nachhaltigen Gesellschaft scheint die Wirtschaft nach einem Peak durch Investitionen in nachhaltige Technologien auf ein stabiles, leicht niedrigeres Niveau zu bringen, gleichzeitig aber der Wohlfahrt zu dienen und die Bevölkerung glücklicher zu machen. Umwelt, Klima und Ressourcen (RMC, z.B. Schoer et al, 2012) profitieren von allen Szenarien hin zu mehr Nachhaltigkeit;
- ▶ eigendynamisch würden weniger zahlungskräftige Milieus mit Zunahme von Nachhaltigkeit als gelebten Wert in der Gesellschaft und in den Milieus erst einmal den Konsumverzicht wählen, um erst mit freigesetzten finanziellen Mitteln auch in energetische Sanierung und ggf. auch E-Mobilität, Biokleidung etc. zu investieren, während die zahlungskräftigere Milieus genau umgekehrt zuerst investieren und erst danach zur Steigerung ihres nachhaltigen Verhaltens auch Konsumverzicht üben;

- ▶ durch einen Wissenschafts-Workshop im Rahmen des Projekts diskutiert, sind die Rahmenbedingungen einer Transformation entscheidend, vor allem die emotionale Wirksamkeit von Verhaltensänderungen der Menschen in den jeweiligen sozialen Milieus. Hierüber können dann so genannte Spillover-Effekte zwischen Verhaltensbereichen eines sozialen Milieus einerseits, und auf andere soziale Milieus andererseits bedingt werden;
- ▶ das Projekt hat in diesem Zusammenhang auch Erkenntnisse zu Möglichkeiten und Grenzen dieser Art der Modellierung und der Nutzung des Milieu-Ansatzes gewonnen. Es fehlen Daten und Annahmen zu den Teilen der Bevölkerung, die sich in den jeweiligen sozialen Milieus einem Wandel hin zu Nachhaltigkeit verweigern würden. Solche Gegenbewegungen endogen anzunehmen, ist wissenschaftlich nicht belastbar;
- ▶ das separate D3 Planspiel (mit eigener Dokumentation) erlaubt es, die grundsätzlichen Zusammenhänge hinter einer solchen Verhaltensänderung einzelner Akteure spielerisch zu vermitteln;
- ▶ das separate D3 EE Modell (mit eigenem Bericht), zum Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland, betrachtet auf Tagesbasis deren Anteil, die gebundenen versus der eingesparten Rohstoffe, die Entwicklung von Preisen und volkswirtschaftliche Wertschöpfung, und etwaige Spitzen beim Bedarf von Baukapazitäten. Ein schneller Ausbau hat demnach Vorteile auch hinsichtlich der Rohstoff-Inanspruchnahme und auch hinsichtlich der heimischen Wirtschaft trotz leichtem Anstieg der Strompreise. So genannte Power to Liquid/Gas Technologien sind für die Netzstabilität bei zunehmendem Anteil erneuerbarer Energien kritisch und müssen früh trotz stark schwankender Auslastung vorgehalten werden;
- ▶ schließlich steht das D3 Modell öffentlich zur Verfügung und kann genutzt und erweitert werden, beispielsweise, um Annahmen auch aus anderen Studien zu reflektieren.

3 Aufbau des Modells (Zusammenfassung aus Band 1)

Das D3 Modell selbst ist in Band 1 des Abschlussberichts ausführlich beschrieben und wird in diesem Bericht durch diesen Abschnitt nur noch einmal zusammengefasst:

Vorgehensweise bei der Modellierung

Die 4.400 Faktoren, die in das Simulationsmodell einfließen, lassen sich auf die Bereiche „Konsumfelder“, „Umwelt- und Wohlfahrtsauswirkungen“, „Politikmaßnahmen“, „Wirtschaftsbranchen“ und „Verhaltensweisen“ aufteilen und können durch das Modell für den Zeitraum von 2012 bis 2065 (für einzelne Analysen auch 2012 bis 2165) miteinander in Beziehung gesetzt werden. Als Faktoren werden im Modell die Textelemente verstanden, die durch Pfeile miteinander verbunden Wirkungsaussagen bilden, derart: Mehr von „Faktor [...]“ führt direkt zu mehr (+)/weniger(-) von „Faktor [...]“.

Das D3 Modell enthält notwendige Vereinfachungen: So liegen bspw. Entwicklungen im Ausland und Wechselwirkungen mit dem Ausland erst einmal außerhalb der Systemgrenzen. Veränderungen der Nachfrage in der Wirtschaft wirken sich ohne Elastizitäten direkt auf die Arbeitsplätze aus. Zudem könnten einige hinter den Faktoren liegende Daten aufgrund begrenzter Projektressourcen nur grob recherchiert werden. In einigen Fällen beziehen sich Daten auf unterschiedliche Jahre.

Aufbau und Elemente des D3 Modells

Für das Verständnis des Modells ist die Betrachtung der sozialen Milieus und der darauf einwirkenden bzw. damit verbundenen und im Modell berücksichtigten Faktoren – vor allem Verhaltensweisen, Wirtschaftsbereiche, Umwelt- und Wohlfahrtsauswirkungen, Politikmaßnahmen und Zufriedenheit – von elementarer Bedeutung. Im Folgenden werden die wesentlichen Elemente erläutert:

Soziale Milieus

Die hier verwendeten sozialen Milieus basieren auf dem Modell und der Datenanalyse von dem Projektpartner *sociodimensions* und beschreiben die verschiedenen Lebenswelten in einer Gesellschaft. Die im Modell etablierten sozialen Milieus fassen Gruppen von Menschen zusammen, die sich in Bezug auf ihre Lebensweise (Alltagsverhalten, Konsumstil etc.), ihre Lebensauffassung (Grundorientierung und Werte) sowie ihre Lebenslage (Alter, Bildung, sozialer Status etc.) ähnlich sind. Insgesamt wurden sieben Milieus in das Modell aufgenommen:

- ▶ M1: Traditionelle Milieus
- ▶ M2: Gehobene Milieus
- ▶ M3: Bürgerlicher Mainstream
- ▶ M4: Einfache, prekäre Milieus
- ▶ M5: Kritisch-kreative Milieus
- ▶ M6: Junge Milieus
- ▶ M7: Übrige Menschen (nicht-deutschsprachig oder unter 14 Jahren)

Verhaltensweisen

Die im Modell berücksichtigten konkreten Verhaltensweisen stammen aus den Bereichen Ernährung, Mobilität, Wohnen, Kleidung und sonstigem Konsum (z. B. Reinigungs- und Pflegemittel oder auch Nutzung kultureller Angebote). Es wurde im Modell stets sowohl eine konventionelle als auch eine nachhaltige Variante definiert. Mögliche nachhaltige Verhaltensweisen sind somit bspw. „car sharing“, „energetisches Sanieren“, „Vegetarismus“, „weniger Kleidung“ kaufen oder „mehr ausleihen“.

Wirtschaftsbereiche

Ausgehend von Verhaltensweisen betrachtet das Modell zum einen die Auswirkungen der Nutzung, und zum anderen die Erstellung von Gütern zur Nutzung. Letztere sind ausschlaggebend für die Auswahl der möglichst aggregierten Wirtschaftsbereiche. Zusätzlich wurden die Aluminium- und Stahlindustrie sowie die Zementindustrie und der Maschinen- und Anlagenbau aus dem Business to Business Bereich gewählt, um unter anderem die Auswirkungen des Ausbaus der Windenergie in ihrer wirtschaftlichen Wirkung abbilden zu können. Die im Modell abgebildeten Wirtschaftsbereiche:

- ▶ Aluminiumindustrie
- ▶ Automobilindustrie
- ▶ Chemieindustrie
- ▶ Dienstleistungen (Ingenieure, Berater, Wellness, Handwerk)
- ▶ Elektro- und Elektronikindustrie
- ▶ Hoch- und Tiefbau
- ▶ Land- und Forstwirtschaft mit Fischerei
- ▶ Lebensmittelindustrie
- ▶ Maschinen- und Anlagenbau
- ▶ Möbelindustrie
- ▶ Papierindustrie
- ▶ Stahlindustrie
- ▶ Textilindustrie
- ▶ Zementindustrie

Bei den Verknüpfungen der Wirtschaftsbereiche mit den anderen Faktoren werden die groben Einflüsse des Verbraucherverhaltens auf die Wirtschaft und die direkten und indirekten Einflüsse auf Umwelt, Ressourcen etc. dargestellt. Dabei wird von den Umsatzzahlen die relative Änderung durch den Inlandkonsum angenommen, und bei den Wirtschaftsbereichen im Ausland nur die Änderung in Euro ausgedrückt, die durch die Verhaltensweisen in Deutschland bedingt sind. Die Wirtschaftsbereiche wirken dann ihrerseits durch ihre anteilige Änderung anteilig auf die Ressourcen-

Inanspruchnahme und Umweltbelastung und im weiteren auf Arbeitsplätze und darüber zurück auf die Kaufkraft der einzelnen Sozialen Milieus.

Umweltauswirkungen

Der Faktor „Umweltauswirkung gesamt“ beinhaltet neben der Umweltbelastung (Boden, Wasser, Luft) die Emission von Klimagasen, die Biodiversität und die Rohstoff-Inanspruchnahme (RMC).

Politikmaßnahmen

Bei Politikmaßnahmen handelt es sich um so genannte exogene Faktoren, die im Modell nicht durch andere Faktoren beeinflusst werden und als konstante Parameter „von außen“ berücksichtigt werden. Im Modell sind bisher die Maßnahmen „S: Staat investiert in Infrastruktur E-Mobilität“ und „S: National entwickeltes Leitbild“ enthalten. Das D3 Modell kann leicht um konkrete Verbote, Förderungen usw. erweitert werden.

Wohlfahrtsauswirkungen

Dieser Faktor wird in Anlehnung an den Nationalen Wohlfahrtsindex (NWI) abgebildet. Der Faktor wird durch die Auswirkungen des D3 Modells auf Elemente wie u. a. privater Konsum, Kosten und Nutzen dauerhafter Konsumgüter, Wert der Hausarbeit, Kosten für Fahrten zwischen Wohnung und Arbeitsstätte, Kosten durch Wasser- und Bodenbelastung, Schäden durch Luftverschmutzung, Treibhausgase und Lärm oder den Verlust/Gewinn durch Biotopflächenänderungen wiedergegeben. Alternativ zum Bruttoinlandprodukt (BIP) gibt der NWI in Geld ausgedrückt die Veränderungen der eben nicht nur wirtschaftlichen Situation eines Landes wieder und erlaubt so auch den Nutzen für die Gesellschaft zu bewerten (Diefenbacher et al., 2016). Das BIP hingegen blickt letztlich nur auf Umsätze, egal ob sie schädlich sind oder nur Schaden beseitigen – etwa wenn viel Sprit verbraucht wird und in den Krankenhäusern viele Atemwegserkrankungen behandelt werden, ist das für das BIP gut, für die NWI aber nicht.

Zufriedenheit

Der Faktor der Zufriedenheit in der Bevölkerung kann nur grob betrachtet werden, weil es generell schwierig ist, Zufriedenheit quantitativ zu beschreiben. Der Faktor wird im Modell ausschnittsweise durch die Einflüsse „Konsum“, „Freizeitaktivitäten“, „finanzielle Mittel im Alter“ und dem „wahrnehmbaren Zustand der Umwelt“ für die einzelnen sozialen Milieus abgebildet. Diese Einflüsse werden im Modell quantifiziert und im Zeitverlauf simuliert.

Grundsätzlich lassen sich mit dem D3 Modell auch kleinere Fragestellungen, etwa zum Urban Gardening oder Car Sharing oder Veganismus betrachten. Ziel in diesem Projekt was es aber, auf die größeren Zusammenhänge und Dynamiken zu blicken.

4 Modellierungsansatz, wissenschaftliche Methode

4.1 Die Wahl des Modellierungsansatzes

Um Verhalten in einem Modell zu simulieren und hierüber auch für die Zukunft mögliche Entwicklungen aufzuzeigen, gibt es unterschiedliche Ansätze, allen voran die Agentenbasierte Modellierung (ABM) und System Dynamics (SD).

Bei der ABM werden Regeln für einzelne Individuen programmiert (Bonabeau, 2002). Deren Verhalten in einer virtuellen räumlichen Verteilung ergibt dann emergent und stochastisch eine Summe von Ausprägungen. Bei System Dynamics hingegen werden Mengen von Individuen durch so genannte Bestands-Faktoren (Stocks) gebildet (Sternan, 2000), deren Verhalten als Ganzes durch Formeln und

so genannte Fluss-Faktoren vorbestimmt wird. Die Fluss-Faktoren (Flows) erhöhen oder senken dann je Zeitschritt die Bestands-Faktoren, welche ein Integral über die Zeit bilden.

Insbesondere dann, wenn räumliche Verteilungen eine Rolle spielen bzw. nicht nur eine nur kleine Zahl von Orten und wenn für ein Ergebnis die Erklärung durch die emergente Summe von Einzelverhalten genügt, ist die ABM ein interessanter Ansatz. System Dynamics kann bei nicht zu vielen Orten einfach je Ort eine Menge über Bestands-Faktoren mit eigenen Fluss-Faktoren definieren. Bei etlichen Fragestellungen sollten beide Ansätze zum gleichen Ergebnis kommen (Rahmandad/Sterman 2008) – mindestens dann, wenn System Dynamics stochastische Monte Carlo Simulationen nutzt, welche dann je Formel nicht nur ein Ergebnis, sondern eine Bandbreite möglicher Ergebnisse berechnet.

Wenn das Ergebnis klar nachvollziehbar sein soll, und auch, wenn die Einflüsse auf einen Agenten zu umfangreich würden, um noch einfach über Regeln programmiert werden zu können, ist der System Dynamics Ansatz im Vorteil.

Für das D3 Modell wurde der System Dynamics Ansatz gewählt, da das Modell sehr viele Faktoren zu berücksichtigen hat, nachvollziehbar sein soll, räumliche Verteilungen vernachlässigt, und auch durch unterschiedliche Nutzer leicht bedienbar bleiben soll. Die zu wählenden Verhaltensweisen für die sozialen Milieus als Agenten wären zu viele, um handhabbar als Regeln für Agenten programmiert zu werden. Als räumliche Verteilung hätte sich allenfalls der urbane und der ländliche Raum in Deutschland angeboten, aber die Auswirkungen von Wohnorten sind ausreichend über die Daten zu den Milieus abgedeckt – in Form von Anteil Hausbesitzer, durchschnittliche Kilometer, etc. Schließlich ist die Nutzung von Software zur Agentenbasierter Modellierung nicht so verbreitet oder einfach zu bedienen, wie die von System Dynamics Software und des hier verwendeten iMODELERS.

4.2 Induktive vs. abduktive Logik - Gültigkeit von Annahmen

In Teilen der wissenschaftlichen Community wird den kleinen abstrakten genauso wie einem wie hier großen, vermeintlich weniger abstrakten Modell, mit großer Skepsis begegnet, ob der vielen Annahmen, die notwendigerweise in solchen Modellen getroffen werden. Annahmen beziehen sich dabei zum einen auf exogene Faktoren, auf Entwicklungen, die einfach von außen angenommen werden, und auf endogene Faktoren, deren Entwicklung durch Annahmen zu den Wirkungszusammenhängen durch das Modell erklärt werden. Daher hier ein kleiner Exkurs zur der Notwendigkeit und Zulässigkeit von Annahmen und Modellen. Es wäre schade, würde ein Modell aus der verbreiteten Grundhaltung heraus, man könne die komplexe Wirklichkeit sowieso nicht vorhersagen, abgelehnt werden, denn bei Modellen geht es eben darum sich auf mögliche Entwicklungen bei zu treffenden Annahmen vorzubereiten. Die Annahmen gilt es transparent und nachvollziehbar zu machen, um auch alternative Annahmen durchspielen zu können.

Rein theoretisch könnten in Modellen deduktive Schlüsse gezogen werden, also von einer immer gültigen Regel auf den Einzelfall geschlossen werden. Deduktive Schlüsse sind aber nicht nur bei Modellen zum Verhalten von Menschen nicht möglich, da es hier kein "immer", sondern allenfalls ein "meistens" oder "bisher offenbar immer" geben kann. Viel verbreiteter bzw. lediglich möglich in den Wissenschaften und auch bei der Modellierung sind daher induktive Schlüsse, also von einem sehr häufig beobachteten oder reproduzierten Fall auf einen Einzelfall zu schließen. Dahinter steht der empirische Beleg von Annahmen.

Für Ereignisse, die selten oder gar einzigartig sind, oder für Entwicklungen der Zukunft, die von Faktoren abhängen, die in der Vergangenheit noch nicht relevant waren, kann es hingegen auch keine induktiven Schlüsse bzw. empirischen Daten geben. Um auch hier mit wissenschaftlichem Anspruch mögliche Entwicklungen der Zukunft zu untersuchen, können abduktive Schlüsse gezogen werden (Fabricius, 2016). Dabei wird ausgesagt, dass unter Annahme, dass es einen bestimmten

Mechanismus/Zusammenhang gibt, ein bestimmter Schluss bzw. eine bestimmte Entwicklung wahrscheinlich ist.

So schwach abduktiv begründete Erkenntnisse im direkten Vergleich zu induktiven, also empirisch belegten Schlüssen scheinbar wirken (Fabricius, 2016) - schließlich ist nicht sicher, dass es nicht auch anders sein könnte - so wichtig sind sie aber für viele Fragen unserer Zukunft. Die Sozialwissenschaften pflegen hierzu einen ausführlichen und differenzierten Disput, zunächst in den 1880er und 1890er Jahren über die Bedeutung abduktiver und induktiver Forschungsprogramme (Carl Menger, Ludwig von Mises). In den 1960er Jahren kam es mit dem „Positivismusstreit“ erneut zu einer Auseinandersetzung um Methoden, vor allem aber auch um Werturteile in den Sozialwissenschaften (Karl Popper, Theodor Adorno). Prominent auf Seiten der abduktiven Schlüsse sind die Qualitative Sozialforschung (Maxwell, 2012; Bendassoli, 2013) und die Grounded Theory (Glaser, 1978). Ganz aktuell führt die Psychologie eine Auseinandersetzung (Stichwort „replication crisis“, Tackett et al, 2017; Schooler, 2014) um die Methoden, da die verbreitete empirische Wissenschaft hier deutliche Mängel aufweist (Stichwort „p-hacking“, Ioannidis, 2005).

Das D3 Modell formuliert im Sinne abduktiver Logik transparente Annahmen zu Zusammenhängen, zeigt mit den Simulationen mögliche Konsequenzen auf und erlaubt die Annahmen zu variieren bzw. in einer Bandbreite durchzuspielen. Das Ziel des Simulationsansatzes ist nicht (vgl. Abschnitt 3) Vorhersagen oder Prognosen durchzuführen, sondern im Sinne der Zukunftsforschung sich „was-wäre-wenn“-Szenarien zu widmen.

Natürlich ist es wünschenswert, zumindest Teile der Annahmen wie auch Teile der Simulationsergebnisse durch empirische Daten zu stützen. Allerdings können diese Korrelationen durchaus Zufall sein, und von ganz anderen Faktoren abhängen. So basieren beispielsweise die Annahmen, wie viel Geld die einzelnen sozialen Milieus etwa für Kleidung ausgeben, auf empirischen Daten, aber die Frage, was die Beweggründe dahinter sind und ob diese in Zukunft so fortgeschrieben werden können, sind unklar. Auch wurden Beispiele für oben sowie in 5.2 näher beschriebene exponentielle Diffusion von Verhaltensweisen über die Milieus hinweg gefunden (z.B. die Verbreitung von Smartphones über die Milieus hinweg oder die Verbreitung von Fair Trade Produkten vermutlich derzeit noch eher innerhalb progressiver Milieus, TransFair, Statista 2016), es kann aber auch hier nicht sicher gesagt werden, was die ausschlaggebenden Faktoren und Rahmenbedingungen waren.

Beim Blick in die Zukunft muss die Forschung keinesfalls kapitulieren, nur da die Ergebnisse unsicher sind. Auch sollte nicht auf Deutungshoheiten vertraut werden, die ohne Annahmen zu den Zusammenhängen einfach ‚aus dem Bauch heraus‘ die Zukunft beschreiben und am Ende möglicherweise vermerken, dass eine Entwicklung eben nicht vorhersehbar gewesen sei. Vielmehr geht es um den iterativen Prozess, sich durch Modelle, die auf Annahmen basieren, auf die Zukunft vorzubereiten bzw. mögliche Hebel für eine Gestaltung der Zukunft zu identifizieren und durch die Realität dann die Annahmen und die Modelle und dann auch die Hebel im Zeitverlauf anzupassen.

Für ABM und SD müssen für die Modellierung quasi die gleichen Annahmen getroffen werden (Bonabeau, 2002) und diese sind bei beiden für die Qualität des Ergebnisses entscheidend. Um die wesentliche Annahme geht es im nächsten Abschnitt.

5 Grundannahmen zur Simulation menschlichen Verhaltens

5.1 Handlungsmotive - Bounded Rationality und Evolutionspsychologie

Zentral in dem Modell ist der Teil, der das Verhalten der Menschen der jeweiligen sozialen Milieus beschreibt. Große Teile des Modells beschreiben einfache, lineare Zusammenhänge derart, dass wenn eine bestimmte Zahl von Menschen ein bestimmtes Verhalten wählt, sich das quantitativ auf bestimmte Bereiche der Wirtschaft auswirkt, wovon wiederum bestimmte Arten von Arbeitsplätzen betroffen sein können, bestimmte Ressourcen benötigt werden, bestimmte Umwelteinflüsse die Folge

sind, usw.. Die Beeinflussung von Menschen in ihrem Verhalten ist aber nicht so einfach linear abzubilden. Dabei will das Modell sowohl verdeutlichen, wie es für die jeweiligen Milieus und Verhaltensweisen zu einem „Mehr....“ einer nachhaltigen Verhaltensvariante (Abschnitt 5.2) kommt, und inwieweit Verhaltensänderungen emotional wirksam sind (weiter unten in diesem Abschnitt).

Der einfachste Weg wäre es, dieses Verhalten, etwa die Wahl von ökologischer oder konventioneller Kleidung, den Kauf von E-Autos, etc. nur exogen zu belassen, also durch den Bediener des Modells oder einen Planspieler mit unterschiedlichen Zahlen je Zeitschritt im Modell ausprobieren zu lassen. Um daraus dann Schlüsse zur Wirkung von Maßnahmen ableiten zu können, müssten die Planspieler repräsentativ für die Bevölkerung bzw. die Milieus handeln und das Spiel bzw. das Modell die Rahmenbedingungen ausreichend gut simulieren, was beides nur eingeschränkt möglich wäre.

Ziel durch das Modell vielmehr ist, dass sich Verhaltensweisen endogen ändern – also während der Simulation in Abhängigkeit von Veränderungen der Rahmenbedingungen. Ein Problem hierbei ist, dass es keine einheitliche Theorie zu den Handlungsmotiven von Menschen im Allgemeinen und damit auch nicht zu den Milieus gibt. Als sicher gilt, dass die vor allem in der Ökonomie getroffene Annahme rein rationalen Handelns unzulässig ist (Bounded Rationality, Kahnemann, 2012; Göpel, 2016). Wir Menschen wählen die Biokleidung oder den Verzicht auf Fleisch nicht allein, weil wir wissen, dass es richtig ist, sondern wir entscheiden uns dagegen oder dafür, weil es sich schlecht oder gut anfühlt. Für emotionale Handlungsmotive gibt es eine Reihe von Ansätzen, die aber letztlich alle die Schwäche haben, dass sie das Verhalten von vielen Menschen eben doch nicht erklären.

Philip Gorman (Gorman, 2004) schreibt hierzu: “Even though these theories (optimal level or arousal theory) combine the physiological and psychological aspects of other theories, they remain overly simplistic in some ways and overly complicated in others. Unfortunately, none of these provides a clear explanation of how and why the desire for such arousal occurs in the first place.” Das Grundschema der so genannten Anreiz- oder Aktivierungstheorien von Motivation ist, dass es ein Handeln gibt, welches eine physiologische Reaktion auslöst, welche man als evolutionär nützlich beschreibt. Es wird nur von der Motivation bzw. beobachtbarem Handeln in Richtung Motiv geschaut und dafür werden beliebige Taxonomien, also Kombinationen von Motiven, beschrieben. Würde aber umgekehrt von universellen, übergeordneten Motiven ausgehend grundsätzlich austauschbares Handeln in austauschbaren Einzelmotiven betrachtet, würde viel mehr individuelles Handeln erklärbar (nach Gorman weniger “overly simplistic”) und die Reflexion menschlichen Handelns zudem viel einfacher (nach Gorman weniger “overly complicated”).

Unterschiedlich lange Listen mit konkreten Motiven unseres Handelns (z.B. Maslow, Reiss, etc. bei Gorman, 2004 oder die Matrix of fundamental human needs von Max-Neef bei Göpel, 2016) scheinen damit genauso wenig geeignet, das Handeln jedes einzelnen zu erklären, wie auf der anderen Seite zu abstrakte, so genannte biopsychologische oder evolutionsbiologische Erklärungsmodelle, etwa von Parsons (Forgas, 2009), Schwartz (Schwartz/Bilsky, 1987) oder McClelland (McClelland, 1987). Bei Letzteren wird unser Handeln durch die Hormone und Neurotransmitter, die es auslöst, begründet, aber die Einordnungen der unterschiedlichen Ansätze widersprechen sich und diese teilweise komplizierten Ansätze können noch nicht erklären, inwieweit unsere heutigen Handlungsweisen durch alternatives Handeln ersetzt werden können oder wie im Modell endogen eine Verhaltensänderung bedingt werden kann.

Ein eigenes Modell zum menschlichen Handeln (Neumann, K.: <https://www.know-why.net/model/AdZFBSw0R6XkpO2oeVelEgA>) betrachtet die biopsychologischen bzw. evolutionsbiologischen Motive unseres Handelns aus systemischer Sicht. Es wird nicht nur geschaut, welche Gefühle Handlungen auslösen, sondern welche Funktion die Gefühle überhaupt haben, also warum wir nach diesen Gefühlen streben. Wir streben nicht die Hormone an, sondern die Funktion, die uns diese Hormone ausstoßen und das Gefühl empfinden lässt (Neumann, 2013). Demnach streben wir nach Sicherheits- und Zugehörigkeit auf der einen Seite (abstrakt formuliert einem

Integrationsgefühl) und nach Neuem und Mehr auf der anderen Seite (abstrakt formuliert einem Weiterentwicklungsgefühl). Dieses Streben und das Vermeiden einer Bedrohung (Unsicherheit, Isolierung) oder eines Ausbleibens (Langeweile,) hat unser Überleben und unsere Evolution bedingt. Letztlich lassen sich alle Gefühle hierauf beziehen. Und während es früher direkt um das Überleben ging, geht es heute für die meisten Bereiche des Lebens und die größten Teile der Bevölkerung in den Industrieländern eher um die Entfaltung im Leben.

Die Nicht-Nachhaltigkeit unserer Zivilisation kann über dieses evolutionäre Streben erklärt werden. Die großen Wohnungen, schnellen Autos, billigen Plastik-Artikel, Gadgets, aber auch die Orientierung an auch radikalen Vorbildern und Werten unseres Umfelds, u.v.m. geben uns Integrations- und Weiterentwicklungsgefühle. Irgendetwas davon rational als nicht-nachhaltig abstellen zu wollen, dürfte solange wirkungslos sein, wie nicht ein alternatives Gefühl der Integration und Weiterentwicklung geboten wird. Das wird in der Umweltpsychologie (Hamann et al, 2016) letztlich mit der Notwendigkeit einer emotionalen Wirksamkeit ökologischen Handelns beschrieben.

Ein strapaziertes Beispiel hierzu ist der Smartphone-Gebrauch von Jugendlichen, die hierdurch weniger rauchen (Charlton/Bates, 2000). Wenngleich sicherlich auch das zur Verfügung stehende Geld für Rauchen eine Rolle spielt, so gibt doch das Smartphone auch die gleichen Integrations- und sogar noch mehr Weiterentwicklungsgefühle, zumal die Weiterentwicklung beim Rauchen lediglich durch das Neue, das Verbotene gegeben ist. Ein Smartphone aber verbindet Jugendliche, wird von allen begehrt (Integrationsgefühl), kann durch neue Inhalte Weiterentwicklungsgefühle bereiten, usw.

Entscheidend ist ganz allgemein, dass eine Gruppe von Menschen (soziale Milieus, Kulturen, Subkulturen) sich durch Gleiches oder Ähnliches im Leben integriert und weiterentwickelnd fühlt, die gleichen Wertschätzungen hat und darauf basierend nach Mehr bzw. Neuem strebt bzw. das aktuelle Handeln wertschätzt.

Beruhigend aus Sicht der Nachhaltigkeitspolitik ist, dass die gleichen Menschen auch nach etwas anderem streben können, wenn sie es denn nicht allein tun, diese Veränderung also immer noch Integrationsgefühle auslöst. Simple Beispiele hier sicherlich wieder die Smartphones, Twitter, Facebook, Verbreitung veganer/vegetarischer Gerichte, Tennis und Golfen als Breitensport, Engagement für Flüchtlinge, Pegida, Sommermärchen etc.. Gegenbeispiele liefern jede(r) unglückliche Aussteiger(in), der oder die keinerlei Wertschätzung durch sein/ihr Umfeld erfährt und sich so sozial isoliert, also anfangs noch das gute Gefühl der Weiterentwicklung hatte, dann aber das negative Gefühl fehlender Integration erfahren muss. Glückliche Aussteiger hingegen finden neue Integration.

Für das Modell bedeutet das, dass ein Mehr von nachhaltigem Verhalten endogen durchaus durch eine Veränderung von Nachhaltigkeit als Wert angenommen werden kann, da bei Zunahme dieses Wertes sowohl das häufig auch unbewusste Integrationsgefühl von nicht-nachhaltigem Verhalten genommen wird, als auch das Integrationsgefühl von nachhaltigem Verhalten gesteigert wird und das neue Verhalten als Weiterentwicklung emotional wirksam wird. Mehr dazu im nächsten Abschnitt.

5.2 Hintergrund: die Verbreitung von Verhalten

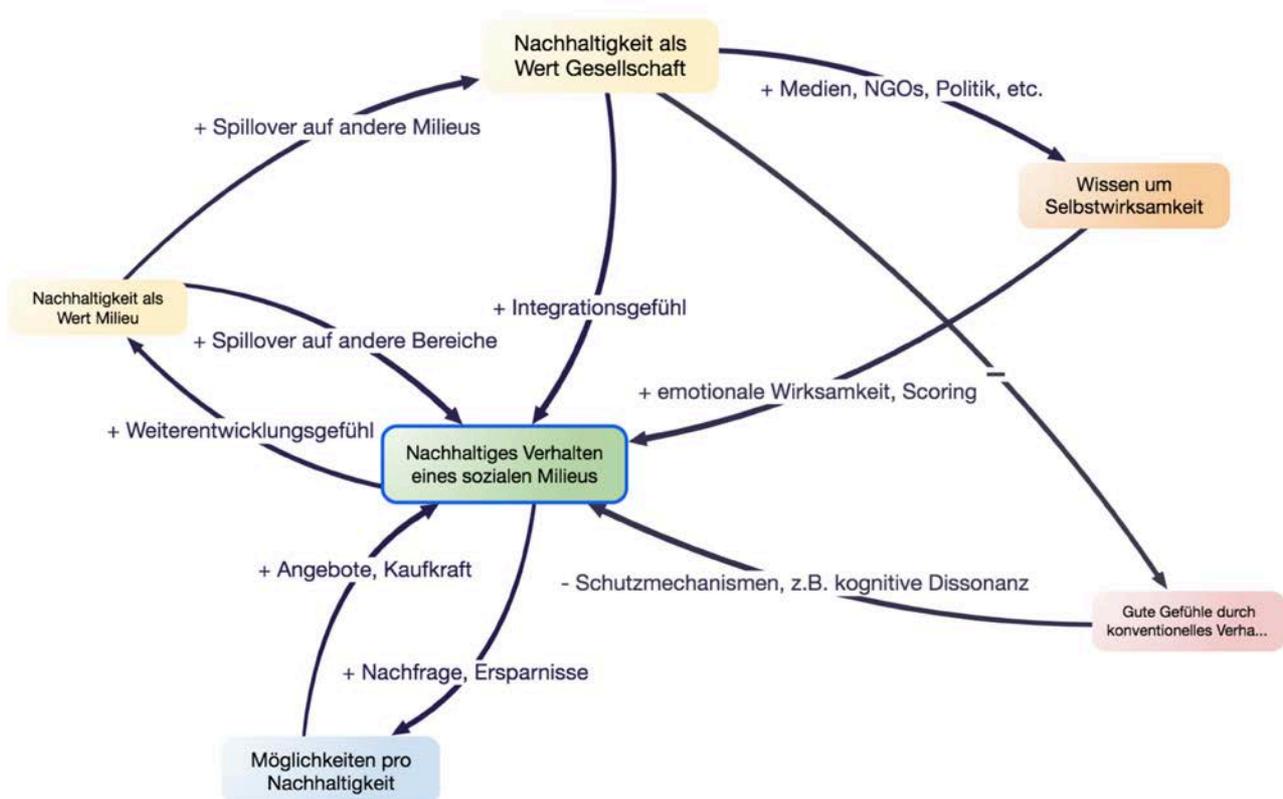
Um Verhaltensänderungen im Modell abzubilden, gehen wir im Sinne abduktiver Logik (Abschnitt 4.2) von einem Weiterentwicklungsgefühl durch verändertes Handeln aus, welches nur durchgehalten wird, wenn es auch ein Integrationsgefühl durch die Wertschätzung durch andere - vor allem, aber nicht nur, des eigenen Milieus - mit sich zieht (Abschnitt 5.1).

Abbildung 1 zeigt ein generisches Modell zum Ursache-Wirkungszusammenhang hinter einer Verhaltensänderung pro Nachhaltigkeit und den Spillover-Effekten im D3 Modell. Hernach wählen Menschen eines sozialen Milieus nachhaltiges Verhalten, wenn die Möglichkeiten gegeben sind, das gute Gefühl durch nicht-nachhaltiges Verhalten nicht überwiegt, und vor allem sich das nachhaltige

Verhalten bedingt durch das Wissen um die Selbstwirksamkeit und die Wertschätzung sowohl des eigenen sozialen Milieus als auch in Teilen des Rests der Gesellschaft gut anföhlt.

Abbildung 1 zeigt zudem eine Reihe von vor allem selbstverstärkenden Wirkungsschleifen, welche den weiter unten (Abschnitt 6.2 u. 6.3) beschriebenen exponentiellen Wandel der Gesellschaft erklären. So kann mehr nachhaltiges Verhalten sowohl das Angebot verbessern, als auch zu Ersparnissen (etwa durch Konsumverzicht) führen, die Mehrausgaben pro Nachhaltigkeit ermöglichen. Die Weiterentwicklungsgeföhle durch neues, nachhaltiges Verhalten verstärken das Geföhle von Nachhaltigkeit als Wert und sorgen so für Spillover-Effekte zwischen unterschiedlichen Verhaltensbereichen des gleichen Milieus, etwa wenn die emotional wirksame Wahl von Biolebensmitteln auch zur emotional wirksamen Wahl von Biokleidung führt. Eine weitere Schleife ergibt sich, wenn durch Nachhaltigkeit als Wert in den einzelnen Milieus auch die Nachhaltigkeit als Wert in der Gesellschaft insgesamt sich ändern und hernach andere Milieus zu mehr nachhaltigem Verhalten motiviert werden, was natürlich weiter die selbstverstärkenden Schleifen anstößt. Wenn die Nachhaltigkeit als Wert sich insgesamt verbreitet, wird dies auch durch Medien etc. (Schulen, NGOs, Vereine, Künstler...) aufgenommen, wodurch mehr Informationen verbreitet werden, die eine Selbstwirksamkeit des eigenen Handelns erhöhen. Schließlich wird durch Nachhaltigkeit als Wert in der Gesellschaft dem nicht-nachhaltigen Handeln die Integration genommen – es föhlt sich dann falsch an und kann nicht mehr durch psychologische Schutzmechanismen, wie den der kognitiven Dissonanz (Festinger, 1957), relativiert werden.

Abbildung 1: Generisches Modell zu Verhaltensänderungen pro Nachhaltigkeit und den Spillover-Effekten



Quelle: Eigene Abbildung, Screenshot aus dem Modell

Das Modell betrachtet vereinfachend keine Verhaltensänderungen durch allgemeine Trends, etwa zur Mode, zum Tourismus, zu SUVs, zu Funsportarten, bestimmten Gadgets (Beamer, Gesundheitstracker etc.) usw., sondern rein die Wahl und Nicht-Wahl nachhaltiger Optionen zu einem bestimmten Produkt oder Verhalten.

Eine Vorhersage zu beliebigen Trends und ihren völlig unklaren Auswirkungen auf die Umwelt, die Ressourcen-Inanspruchnahme, andere Bereiche des Lebens, etc. zu treffen, wäre wissenschaftlich verwertbar nicht im Modell zu simulieren. Zwar könnten solche Trends zufällig auftreten, aber die Basis für dieses Auftreten könnte nicht aus der Vergangenheit hergeleitet werden. Beispiele könnten Krisen in beliebigen Urlaubsländern sein, die zu mehr Urlaub in Deutschland führen, oder beliebige Fernsehserien, die einen bestimmten nicht nachhaltigen Kleidungsstyp mit sich ziehen, oder Roboter-Assistenten auch für den privaten Gebrauch, die gerade auch durch billige Varianten und kurze Lebenszyklen viel Müll produzieren, oder die Verknappung von Schlüssel-Rohstoffen, die bestimmte Technologien extrem verteuern, oder ein Umsteigen in eine Kreislaufwirtschaft mit modularen Designs, etc..

Vielmehr werden im Modell nur Verhaltensänderungen angenommen, die durch Nachhaltigkeit als Wert "integriert" sind. Es werden Käufe/Verhaltensweisen gewählt, die nicht nur rational mehr Nachhaltigkeit bedeuten, sondern durch den Wert der Nachhaltigkeit in dem jeweiligen sozialen Milieu und der Gesellschaft insgesamt Wertschätzung erfahren und emotional wirksam sind, also das Gefühl der Weiterentwicklung und Integration bedeuten.

Trends außerhalb der Systemgrenzen, die nicht durch Nachhaltigkeit als Wert integriert sind, die aber ebenfalls emotional wirksam sind, werden somit nicht berücksichtigt, sind aber möglicherweise auch nicht entscheidend. Ein kurzlebiges Gadget, zum Beispiel, das es langlebig und nachhaltig nicht gibt, etwa eine 3D-Kamera und Augmented Reality Funktion bei Smartphones, mag dann außerhalb des Modells ebenfalls zu Integrations- und Weiterentwicklungsgefühlen führen. Wenn der Wunsch nach einem solchen Gadget dann dem Wertegefühl der Nachhaltigkeit widerspricht, mag der Mechanismus der kognitiven Dissonanz (Festinger, 1957) sogar dazu führen, nachhaltiges Verhalten geringer zu bewerten. In Summe aber dürfte die Anzahl derer, die ein solches Gadget genau aufgrund ihres Wertegefühls nicht wählen, in etwa derer entsprechen, welche die Notwendigkeit nachhaltigen Handelns daraufhin relativieren, so dass solche Trends etwaige emotional wirksame Verhaltensweisen vor dem Hintergrund von Nachhaltigkeit als Wert vermutlich nicht dominieren würden.

Grundsätzlich kann die Wertschätzung für Nachhaltigkeit größer sein, als der Anteil nachhaltigen Konsums, etwa wenn Infrastruktur für E-Autos noch nicht ausgebaut ist, Flächen für Urban Gardening fehlen, oder es an Kaufkraft mangelt. Umgekehrt nimmt das Modell vereinfachend an, dass die Wahl nachhaltiger Optionen nicht über die Wertschätzung von Nachhaltigkeit hinausgeht.

Die Veränderung der Verhaltensweise erhöht oder senkt den Anteil derer eines sozialen Milieus, die jeweils die nachhaltige Variante von etwas wählen. Der Anteil von nachhaltiger Verhaltensweisen aus den unterschiedlichen Bereichen geht anteilig in den Sammelfaktor zur Zusammenfassung aller ökologischer Verhaltensweisen (Faktor "Ökologischer Konsum / Verhalten M..."). Dieser geht um eine Zeiteinheit verzögert zusammen mit anderen Einflüssen in die Wertschätzung von Nachhaltigkeit des Milieus ein (Faktor "Wertschätzung Nachhaltigkeit M..."). Eine Veränderung dieser Wertschätzung erzeugt (über den Faktor "Veränderung der Wertschätzung von Nachhaltigkeit M...") Verhaltensänderungen in anderen Bereichen, der bereits beschriebene Spillover-Effekt. Je nach Bedeutung der einzelnen Bereiche des Lebens (hier sind Daten zu den sozialen Milieus zur Gewichtung eingeflossen) kann jede Wahl von mehr nachhaltigen Optionen hierüber zu mehr Wertschätzung des Milieus führen (Faktor "Wertschätzung Nachhaltigkeit M...") und daraufhin zu Verhaltensänderungen auch in anderen Bereichen. Wenn ein Anteil eines Milieus im Modell nachhaltige Reinigungsmittel wählt, hat das einen vergleichsweise kleinen Einfluss. Die Wahl ökologischer Kleidung hingegen kann schon mit kleiner Änderung eine große Wirkung entfalten.

Damit die Veränderung auch auf andere soziale Milieus übergreifen kann (wiederum ein Spillover-Effekt), gibt es als Summe der Wertschätzungen von Nachhaltigkeit der einzelnen Milieus einen Faktor "Wertschätzung Nachhaltigkeit gesamt Zivilgesellschaft". Inwieweit dieser zeitverzögert wiederum die

Nachhaltigkeit der einzelnen Milieus beeinflusst, wird über einen Parameter (Faktor “P: M... Mehrgewicht der Werte des eigenen Milieus”) je soziales Milieu gesteuert, so dass einige Milieus stärker als andere sich vom Zeitgeist beeinflussen lassen.

Es gibt zudem je sozialem Milieus einen Parameter für den Anfangswert der Wertschätzung von Nachhaltigkeit basierend auf den Daten aus der Umweltbewusstseinsstudie (BMUB/UBA, 2015). Beeinflusst werden im D3 Modell durch die Wahl von ökologischen Verhaltensweisen Faktoren, die sowohl das Gefühl der Weiterentwicklung für jede Zunahme, als auch das der Integration abhängig von der Wertschätzung durch das Umfeld ausdrücken, und so auf den Wert der Zufriedenheit insgesamt sich auswirken. Damit wird der Nutzen der Annahme, dass sowohl ein Integrationsgefühl für bestehendes Verhalten, als auch ein Weiterentwicklungsgefühl wie in Abschnitt 5.1 beschrieben für emotional wirksames neues Verhalten unser Handeln definiert, deutlich.

5.3 Mögliche Grenzen des Milieu-Ansatzes

Die exponentiellen Veränderungen von ökologischem Verhalten und der Wertschätzung von Nachhaltigkeit in einigen Szenarien (Abschnitt 6.2 und 6.3) zeigen, wie über kurz oder lang alle sozialen Milieus zu mehr oder weniger vollständig nachhaltigen Verhalten kommen, also jeweils die nachhaltigeren Optionen wählen, wobei die kaufkräftigeren Milieus zuerst die teureren nachhaltigen Alternativen wählen, und erst später auch zum Konsumverzicht kommen, während die weniger kaufkräftigen Milieus schon früh den Konsumverzicht für ein besseres Gefühl wählen. Um dieses Phänomen geht es gleich noch in dem Abschnitt 6 zu den konkreten Szenarien. Dass es zu einer scheinbar vollständig nachhaltigen Verhaltensweise der Gesellschaft kommt, ist aber einer Grenze des Milieu-Ansatzes geschuldet.

So sinnvoll diese Unterteilung der Bevölkerung einerseits ist, so sehr bringt diese aber andererseits ein modelltechnisches Problem mit sich. Die statistischen Profile der sozialen Milieus können jeweils nur Durchschnittswerte für relativ große, in sich teilweise immer noch heterogene Bevölkerungsgruppen abbilden, so dass die extremen Charaktere aus jedem Milieu jeweils in den Durchschnittswerten der statistischen Milieu-Profile „verwässert“ werden. Hierdurch sind auch die gehobenen Milieus in Teilen umweltfreundlich, und auch die einfachen, prekären Milieus haben hierüber ein doch nicht so extrem niedriges Einkommen und haben beispielsweise auch (einige wenige) Führungs- und Fachkräfte, die von den Veränderungen in der Wirtschaft profitieren können.

Tatsächlich aber ist davon auszugehen, dass Teile eines sozialen Milieus sich gar nicht oder erst mit extremer Verzögerung wie der Durchschnitt des Milieus verhalten werden. Manche aus den einfachen, prekären Milieus werden möglicherweise nie in isolierten Häusern wohnen, manche aus dem gehobenen Milieus möglicherweise nie mit öffentlichen Verkehrsmitteln fahren, und manche aus den traditionellen Milieus nie Vegetarier werden.

Es gäbe grundsätzlich zwei Möglichkeiten, mit dieser Schwäche der nur durchschnittlichen, aber eben nicht extremen Werte in den sozialen Milieus umzugehen: Entweder werden wie in diesem Fall gewählt mit Verweis auf die Zielsetzung des D3 Modells nur grobe Entwicklungen und Muster wiedergegeben. Die exponentiellen Entwicklungen sind nicht als eine Vorhersage einer hundertprozentigen Transformation zu interpretieren, sondern als eine schnelle, weitest gehende Transformation. Zulässig ist diese Annahme insofern, als die extremen Teile der jeweiligen sozialen Milieus die Mehrheit bzw. den Durchschnitt der Menschen dieses Milieus kaum in eine andere Richtung beeinflussen können.

Oder alternativ müsste das Modell erweitert werden und für jedes soziale Milieu ein unteres und auch ein oberes Extrem definiert werden. Das käme aber im Grunde einem Verdreifachen der Milieu-Gruppen im Modell gleich.

Möglicherweise wäre das D3 Modell durch diese weitere Ausdifferenzierung der sozialen Milieus besser in der Lage anschlussfähig an andere Theorien der Transformation zu sein. Derzeit können beispielsweise Change Agents (Kristof, 2010) nur durch prozentuale Anteile eines sozialen Milieus beschrieben sein. Die Vorreiterrolle eines solchen Milieus ist dann durch die Parameter (P: M... Mehrgewicht der Werte des eigenen Milieus) der anderen Milieus, inwieweit diese eher auf das eigene Milieu oder eben auch auf andere Milieus blicken, mathematisch zu definieren. Bisher haben diese Parameter nur eine Auswirkung auf die Geschwindigkeit der Verbreitung, sie leisten aber keine Differenzierung von Menschen innerhalb eines sozialen Milieus. So kann ohne die exogene Annahme von nicht-nachhaltigem Verhalten für Teile eines sozialen Milieus keine Transformation stoppen, etwa im Sinne von Crossing the Chasm (Moore, 2002) den Tipping Point (Gladwell, 2000) nicht erreichen. Zur Diffusion von Verhalten, welches erst eine kritische Masse überwinden muss, gibt es auf [KNOW-WHY.NET](https://www.know-why.net) ein kleines Simulationsmodell: https://www.know-why.net/model/Ca6qbooR5M29TQWuP_slZ7g. Der Milieuansatz müsste dahingehend erweitert werden, wobei es dazu keine Daten gäbe.

Das D3 Modell betrachtet soziale Milieus als abstrakte Container für Teile der Bevölkerung, nicht aber als konkrete Bestände von Menschen in diesen Milieus, welche sich über einen so langen Zeitraum gerade auch in ihren Verhaltensänderungen, beispielsweise dadurch, dass sie älter werden, ändern würden. Entweder müssten die Eigenschaftsprofile der sozialen Milieus sich ändern, oder Verhaltensänderungen von Teilgruppen innerhalb eines Milieus führen zu einem Abwandern in ein anderes Milieu. Auch wird es in Zukunft sicherlich neue, andere soziale Milieus geben, und was heute ein junges Milieu ist, würde dann zu einem „vormals jungen Milieu“.

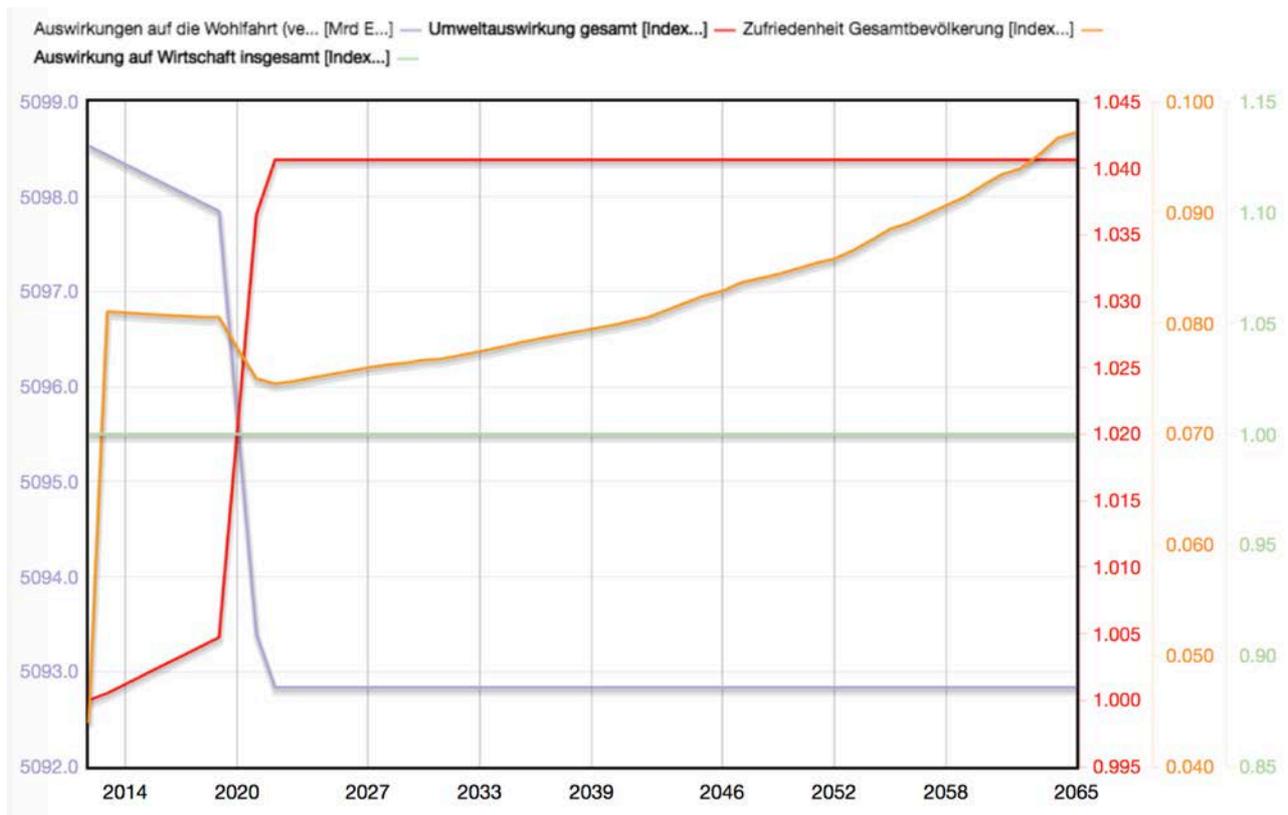
6 Beispiel-Szenarien mit dem D3 Modell

Im Folgenden beschreiben wir ausgewählte, mit dem D3 Modell simulierte Szenarien. Zur Nutzung des Modells siehe hierzu auch die Erläuterungen aus Abschnitt 4 “Stellhebel im D3 Modell” des ersten Band des Berichts. Grundsätzlich können beliebige auch andere Szenarien simuliert werden, beispielsweise konkrete Studien erprobt werden oder auch beliebige Narrative gebildet und getestet werden, etwa derart: *In 2018 gibt es eine Aufklärungsaktion der Regierung, die in den verschiedenen sozialen Milieus noch im gleichen Jahr in jeweils unterschiedlichem Ausmaß zu mehr Vegetariern führt... In 2019 dann verbreiten sich Gegenstudien, die zumindest in einigen Milieus ... wieder zu weniger Vegetariern führen. Allerdings hat sich parallel auch ein Trend zum Urban Gardening gebildet, von dem ein bestimmter Prozentteil eines Milieus ... betroffen ist.* Ein Szenario kann dann zum einen berechnen, welche Auswirkungen diese exogen in das Modell einzugebenden Veränderungen direkt auslösen, und zum anderen, was sich durch die in Abschnitt 3.8 aus Band 1 beschriebene Endogenisierung für Folgewirkungen (Spillover-Effekte) für andere Verhaltensbereiche und Milieus entwickeln können.

6.1 Das Basis-Szenario

Um ein Modell zu testen und Szenarien bewerten zu können, hat sich bewährt, ein Basis-Szenario zu definieren, in dem keine oder nur unvermeidbare Veränderungen in der Zukunft über Parameter von außen (exogen) in das Modell gegeben werden.

Abbildung 2: Ergebnisse des Basis-Szenarios



Quelle: Eigene Abbildung, Screenshot aus dem Modell.

Das Basis-Szenario (Abbildung 34) für das D3 Modell sieht, exogen vorgegeben, lediglich den gesetzlich verankerten Ausstieg aus der Kernenergie vor. Endogen berechnet das Modell daraufhin eine Zunahme der Nutzung von Kohle. Das Szenario zeigt bereits eine leichte – siehe die Achsenbeschriftungen - Dynamik im Simulationsverlauf:

Der Faktor "Umweltbelastung/-auswirkung gesamt" als Kombination von Schadstoffbelastungen, Material-Inanspruchnahmen (RMC), Biodiversität und Emission von Klimagasen steigt um 0,4 Prozent, da die Stromerzeugung durch Kohle und damit die Luftbelastung aufgrund des Ausstiegs aus der Kernenergie steigt. Der Material-Rucksack nuklearer Kernbrennstoffe ist nur minimal größer als der von der substituierenden Kohle, so dass die Kurve hierzu in Abbildung 2 keinen Ausschlag zeigt.

Der Indexwert für die Wohlfahrt sinkt hingegen um etwa 0,5 Prozent, da die Kosten der Kernenergie zwar sinken, aber die Kosten durch Luftschadstoffe im stärkeren Maße steigen. Die Auswirkungen auf die Wirtschaft sind neutral

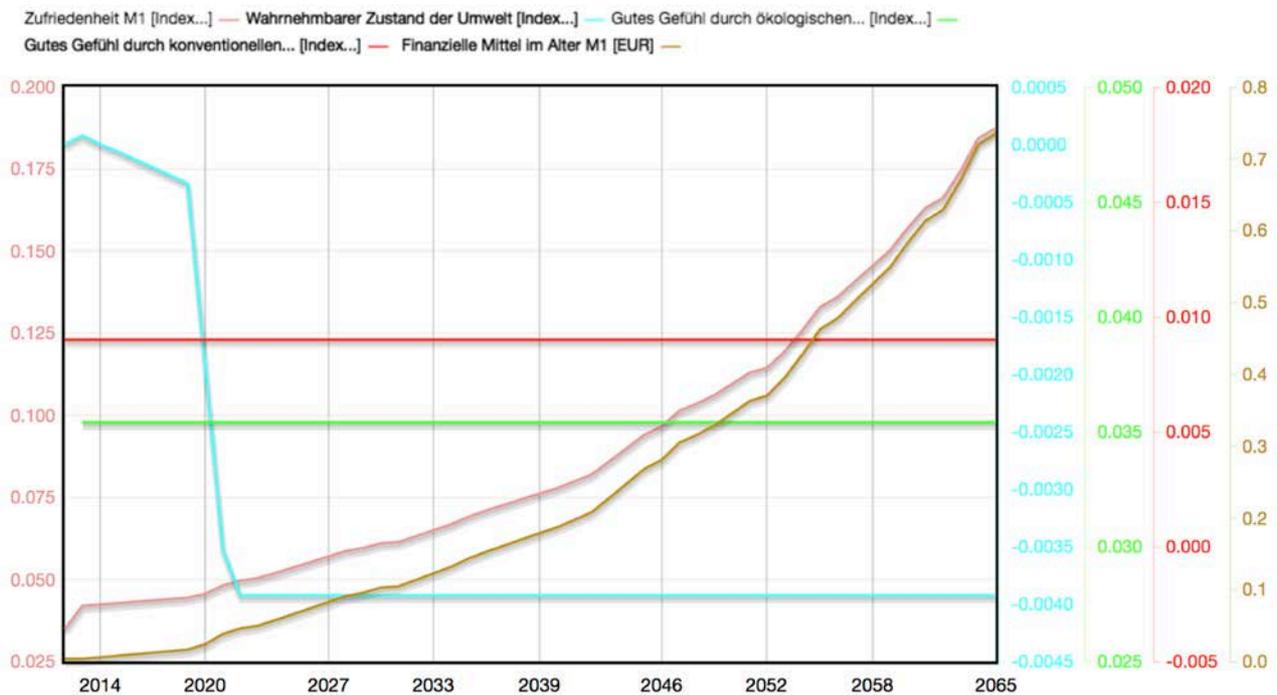
Abbildung 3: Umweltauswirkungen gesamt im Basis-Szenario



Quelle: Eigene Abbildung, Screenshot aus dem Modell.

Die "Zufriedenheit Gesamtbevölkerung" steigt, allerdings weitestgehend unabhängig von dem Ausstieg aus der Atomenergie. Haupttreiber hier sind vielmehr Menschen in einzelnen sozialen Milieus, die im Alter über vermehrte finanzielle Mittel verfügen können, wie Abbildung 3 für die traditionellen Milieus (M1) beschreibt. Kurios erscheint dabei, dass Menschen aus den gehobenen Milieus (M2) im Alter über weniger finanzielle Mittel zu verfügen scheinen. Hintergrund ist, dass bei zwar niedrigerem Einkommen Menschen des traditionellen Milieus offenbar wesentlich weniger konsumieren und entsprechend sparen können, während Menschen des gehobenen Milieus laut Parameter im Modell leicht mehr konsumieren, als sie verdienen. Hier stößt das D3 Modell sicherlich auf Grenzen der Genauigkeit, wenn der Konsum und das Einkommen eines Durchschnitts einer größeren Bevölkerungsgruppe betrachtet werden, und dabei Daten aus zwei unterschiedlichen Befragungen herangezogen werden. Außerdem sind die sozialen Milieus, wie in Abschnitt 5.3 angemerkt, nur eingeschränkt und als abstrakte Gruppen in die Zukunft fortzuschreiben und weniger als konkrete Menschen, die mit unveränderten Eigenschaften über Jahre fortgeschrieben werden könnten. Für das Szenario aber sehr wohl aussagekräftig ist das Muster, dass einige soziale Milieus bzw. Menschen im Alter zahlungskräftiger als andere sein werden und dass sich auch nicht alle Milieus die häufig teureren nachhaltigen Konsumalternativen leisten können.

Abbildung 4: Zufriedenheit M1 im Basis-Szenario



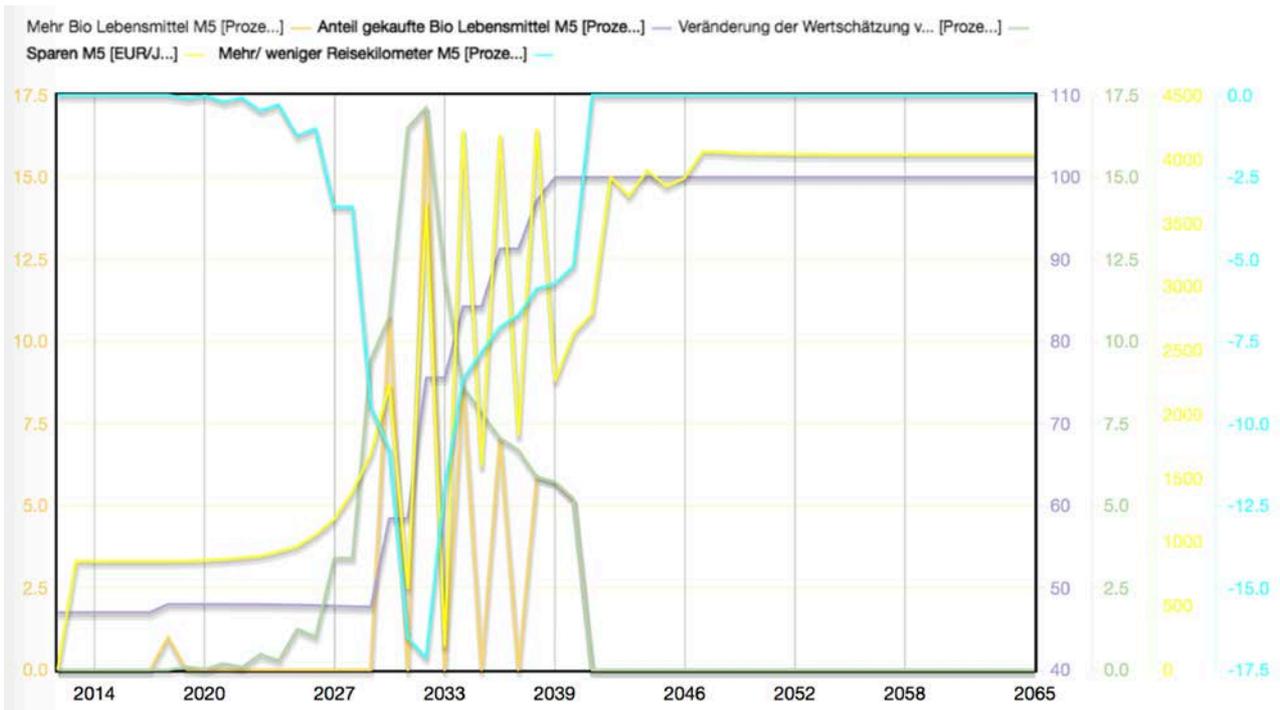
Quelle: Eigene Abbildung, Screenshot aus dem Modell.

6.2 Szenario 2: Die kritisch-kreativen Milieus starten mit mehr Nachhaltigkeit

Ein einfaches aber sehr erkenntnisreiches Szenario ist, einen relativ kleinen Teil der Menschen der kritisch-kreativen Milieus eine Verhaltensänderung diskret in einem Jahr durchführen zu lassen, um dann zu schauen, welche Auswirkungen sich durch die Endogenisierung bzw. den Spillover-Effekt aktiviert ergeben können.

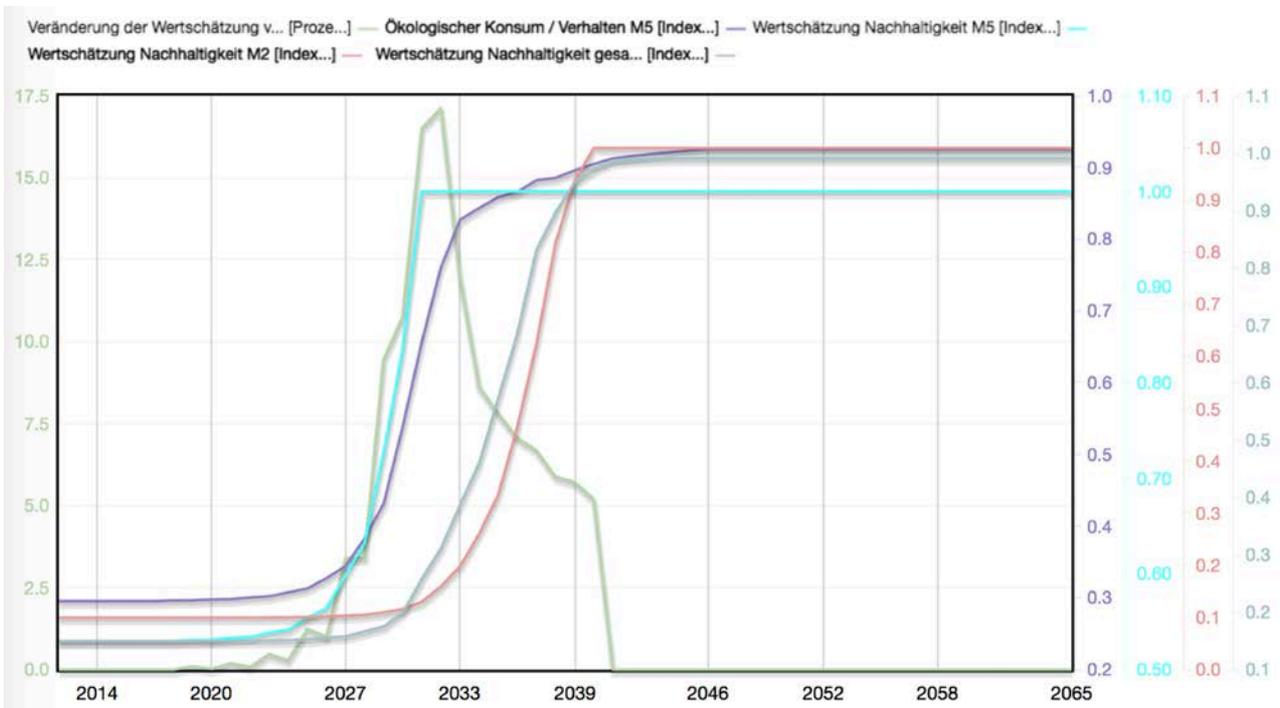
Abbildung 5 zeigt die Annahme, dass die Menschen in den kritisch-kreativen Milieus im Jahr 2018 um 1% mehr Bio-Lebensmittel wählen. Alle weiteren exogenen Parameter sind die des Basis-Szenarios. Die Abbildung zeigt dabei, dass kurioserweise erst 2028 der Anteil Bio-Lebensmittel weiter ansteigt, sukzessive auf 100 Prozent. Die Wertschätzung von Nachhaltigkeit hingegen steigt schon ab 2018 an. Hintergrund ist, dass das ausgewählte soziale Milieu mit gesteigerter Wertschätzung von Nachhaltigkeit erst Konsumverzicht üben würde – zu sehen beispielhaft an den weniger Reisekilometern in Abbildung 5 – um dann durch vermehrtes Sparen – zu sehen an der gelben Kurve in Abbildung 5 – sich teurere, nachhaltige Varianten überhaupt leisten zu können. Anmerkung hierzu: es mag in der Realität sein, dass viele Menschen eines sozialen Milieus Bio Lebensmittel so wichtig finden, dass sie sofort auf diese umsteigen. Das Modell sieht mangels Datenverfügbarkeit keine Rangfolge bei den Konsumbereichen vor, also Ernährung etwa vor Kleidung und Mobilität stellend. Vielmehr blickt jeder Bereich unabhängig darauf, ob die Wertschätzung vorliegt, die finanziellen Mittel (im Modell wurde eine Stellschraube von eingesparten 2.000 Euro pro Jahr eingebaut) verfügbar sind, und das Angebot (etwa bei Car-Sharing, Urban Gardening oder E-Mobilität) gegeben ist. Diese Vereinfachung ist im D3 Modell zulässig, da es wie schon beschrieben nicht um konkrete Vorhersagen, sondern um grundsätzliche Muster geht. Das Muster hier ist, dass eine Zunahme ökologischen Verhaltens an nur einer Stelle, so sie denn emotional wirksam ist, über die gesteigerte Wertschätzung von Nachhaltigkeit auch an anderen Stellen eigendynamisch zu einem Spillover-Effekt führt – bei diesem Milieu erst zu Konsumverzicht und dann zur Wahl ökologischer Varianten und der Investition in Umwelttechnologien.

Abbildung 5: Spillover-Effekt auf andere Bereiche



Quelle: Eigene Abbildung, Screenshot aus dem Modell.

Abbildung 6: Spillover-Effekt auf andere Milieus



Quelle: Eigene Abbildung, Screenshot aus dem Modell.

Abbildung 6 zeigt, wie die kritisch kreativen Milieus (M5) im S-Kurvenverlauf zu mehr als 90 Prozent nachhaltigen Konsum bei vorher schon hundertprozentiger Wertschätzung von Nachhaltigkeit kommen, während die gehobenen Milieus (M2) deutlich zeitverzögert gleichermaßen zu

hundertprozentiger Wertschätzung von Nachhaltigkeit kommen, und sogar fast 100 Prozent nachhaltigen Konsum schaffen.

Der S-Kurvenverlauf mit dem exponentiellen Anstieg ist den Spillover – Effekten und den selbstverstärkenden Wirkungsschleifen (Abbildung 1) zu verdanken. Zuerst wird der ökologische Konsum der Menschen in den kritisch-kreativen Milieus (M5) leicht steigen. Darüber wird dann die Wertschätzung steigen, und die Veränderung der Wertschätzung wird Verhaltensänderungen in anderen Bereichen auslösen - anfangs nur sehr kleine, aber durch den darüber dann weiter zunehmenden ökologischen Konsum wird die Wertschätzung weiter zunehmen. Mit der Wertschätzung eines sozialen Milieus steigt auch die Wertschätzung der Gesellschaft insgesamt. Darüber, wie in Abschnitt 4.8 des ersten Teils des Berichts und in 5.2 dieses Berichts beschrieben, steigt im jeweils unterschiedlichen Maße die Wertschätzung bei den Menschen aus den anderen Milieus, was wiederum Verhaltensänderungen in jedem Milieu mit eigenen selbstverstärkenden Effekten auf die Wertschätzung auslöst.

Abbildung 7: Auswirkungen eines exponentiellen Wandels der Gesellschaft hin zu mehr Nachhaltigkeit



Quelle: Eigene Abbildung, Screenshot aus dem Modell.

Abbildung 7 zeigt, wie sich der exponentielle Wandel auf Wohlfahrt, Umwelt (inkl. Ressourcen-Inanspruchnahme und Klimawirkung), Wirtschaft und Zufriedenheit auswirkt, wie in den nächsten Abschnitten näher beschrieben.

6.2.1 Auswirkungen auf die Wohlfahrt:

In den ersten Jahren verändert sich die Wohlfahrt kaum, da zwar der Atomausstieg sich positiv auswirkt und auch der nachhaltige Konsum weniger Umweltbelastung bedeutet, aber sowohl der wegfallende Atomstrom als auch die einsetzende E-Mobilität über Kohle- und Gaskraftwerke mit entsprechenden Schadstoffen gedeckt würden.

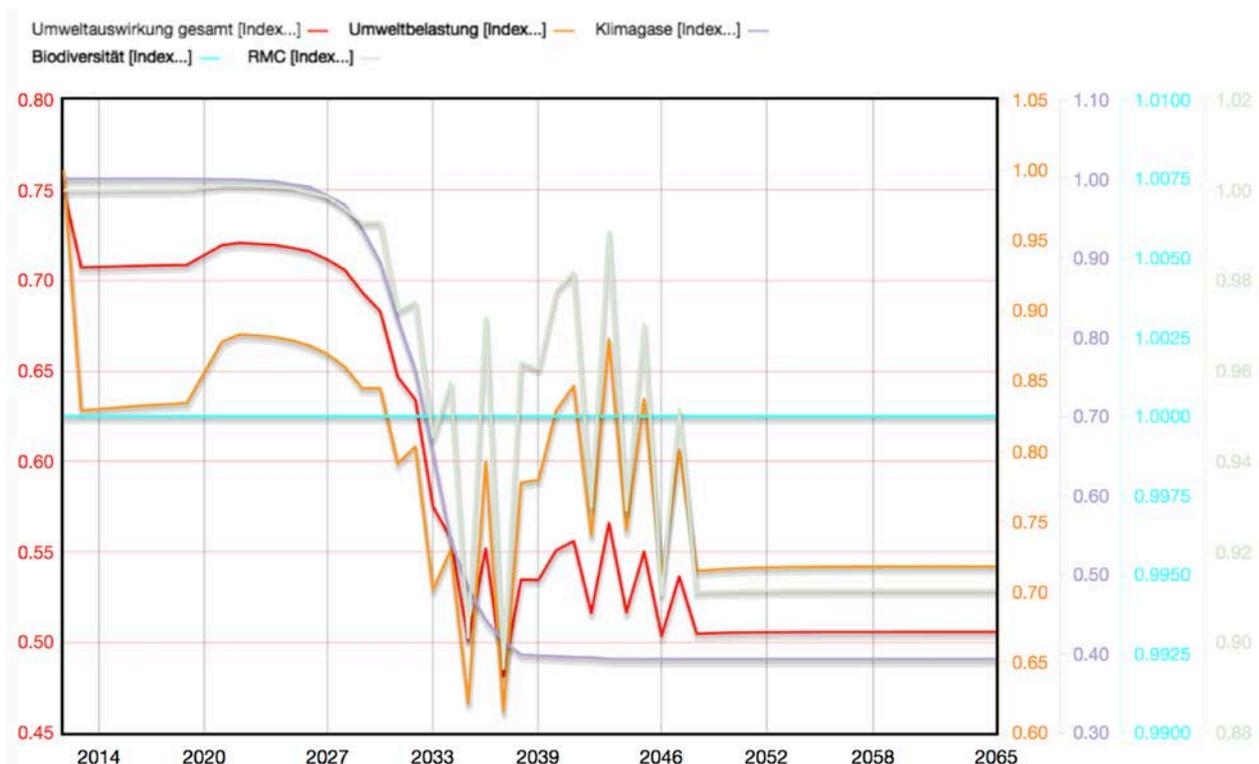
Dieses Szenario betrachtet nur den Wandel zur Nachhaltigkeit seitens der Bevölkerung, ohne einen Wandel in der Politik und etwa einen Ausbau der Erneuerbaren Energien über die Installation eigener Photovoltaik-Anlagen durch die Bevölkerung hinaus. Aus diesem Grund führen die Szenarien in Abschnitt 6.3 und 6.4 mit mehr erneuerbaren Energien und einer Substitution fossiler Brennstoffe in der Industrie zu noch mehr Wohlfahrt durch weniger Kosten von Umweltbelastung. Dass die Wohlfahrt im hinteren Verlauf der Simulation leicht zurückgeht, liegt an dem zunehmenden Konsumverzicht, der nur in Teilen durch mehr Nachfrage nach Dienstleistungen (Wellness, Bildung etc.) abgefangen wird.

Der Anstieg der Wohlfahrt im mittleren Bereich ist dann die Kombination aus diversen Effekten. So nimmt der Konsum ab, aber gleichzeitig steigt das NWI Element (siehe Abschnitt 3) „Wert der Hausarbeit“ durch vermehrte Reparaturen, Arbeiten im eigenen Garten etc.. Das NWI-Element „Kosten für Fahrten zwischen Wohnung und Arbeitsstätte“ sinkt mit zunehmender Nachhaltigkeit deutlich, da viele Menschen auf öffentliche Verkehrsmittel, Car Sharing und Fahrrad umsteigen, dann aber kurioserweise mit dem gesparten Geld (materieller Rebound) und parallel ausgebauter Infrastruktur für E-Autos auf eben diese umsteigen und ihre Mobilität wieder verteuern.

6.2.2 Auswirkungen auf die Umwelt, Klimagase und Ressourcen-Inanspruchnahme:

Auf die Umwelt wirkt sich dieses Szenario wie in Abbildung 8 zu sehen positiv aus, da tatsächlich weniger Ressourcen benötigt würden, vor allem durch weniger fossile Brennstoffe aber auch durch Konsumverzicht und durch langlebigere Produkte, und da die Belastungen von Boden, Luft und Gewässer zurückgehen. Einzig kurzfristig die Feinstaub und Schwefeldioxid-Luftbelastung durch vermehrten Kohlestrom und mittelfristig die physikalische Bodenbelastung durch Abraum für die Rohstoffe für die Elektromobilität und Photovoltaik nehmen zu. Die Klimagase nehmen deutlich ab, vor allem durch den Umbau der Mobilität und trotz der gestiegenen Nachfrage nach Elektrizität, die in diesem Szenario ohne weiteren Ausbau der Erneuerbaren Energien vor allem auch aus Kohlekraftwerken kommt.

Abbildung 8: Auswirkungen auf die Umwelt insgesamt bei exponentiellem Wandel zu mehr Nachhaltigkeit



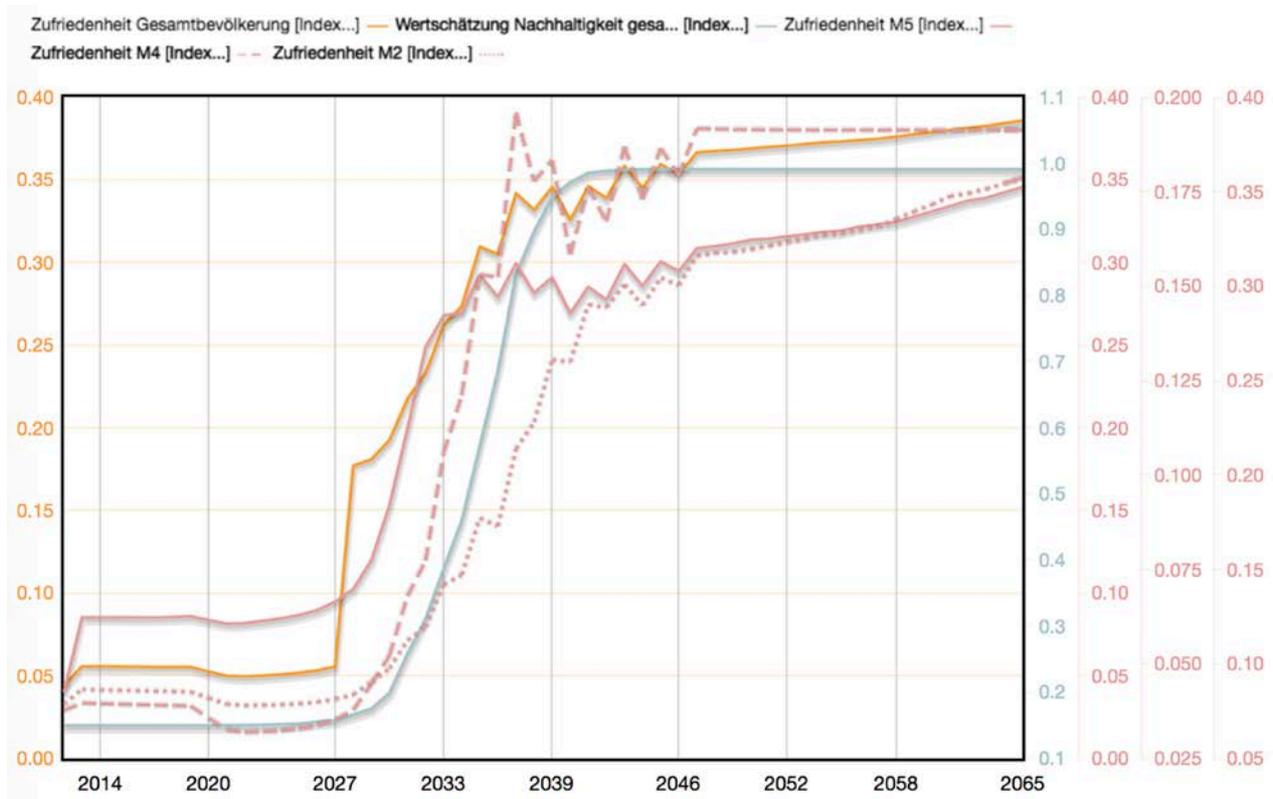
Quelle: Eigene Abbildung, Screenshot aus dem Modell.

Die Biodiversität verändert sich nur marginal. Einerseits verbessert sie sich wegen der kleineren Fläche konventioneller Landwirtschaft aufgrund der Zunahme der Nachfrage nach Bio-Lebensmitteln und einem steigenden Anteil von Vegetariern und Veganern, auf der anderen Seite verschlechtert sie sich aufgrund der gerade schon beschriebenen Zunahme der physikalischen Bodenbelastung. Die Anteile an der Gesamtfläche sind aber so niedrig, dass sich die Kurve nicht sichtbar ändert.

6.2.3 Auswirkungen auf die Zufriedenheit in der Bevölkerung:

Die exponentielle Entwicklung hin zu mehr nachhaltigem Verhalten wirkt sich insgesamt positiv auf die Zufriedenheit in der Bevölkerung aus. Hauptursache ist das gute Gefühl durch vermehrte Wahl ökologischer Alternativen bei gleichzeitiger Zunahme der Wertschätzung dieser umweltfreundlicheren Alternativen. Das 'Mehr' von nachhaltigem Verhalten wirkt als neues Verhalten in dem Moment sogar noch verstärkend als ein Weiterentwicklungsgefühl, wie im Abschnitt 5.2 erläutert. Ein Jahr später ist es dann immer noch über ein Integrationsgefühl emotional wirksam.

Abbildung 9: Entwicklung von Zufriedenheit in der Bevölkerung



Quelle: Eigene Abbildung, Screenshot aus dem Modell.

Interessant sind die unterschiedlichen Ausmaße und die Ursachen für die Zunahme von Zufriedenheit in den einzelnen Milieus. Während alle Milieus den verbesserten Zustand der Umwelt schätzen, können nur wenige Milieus zudem von einem zunehmenden Wohlstand durch Einsparungen durch Konsumverzicht profitieren. Weiterer Unterschied ist die Art und Weise, wie die Menschen der jeweiligen Milieus sich nachhaltiger verhalten. Die weniger zahlungskräftigen Menschen aus den einfachen, prekären Milieus (M4) reduzieren vor allem die Anzahl der Kleidungsstücke oder die gefahrenen Kilometer und reparieren mehr, können aber nicht in Photovoltaik investieren oder sich nachhaltige Reinigungsmittel etc. leisten. Es ist nicht allein die objektiv messbare Nachhaltigkeit, die

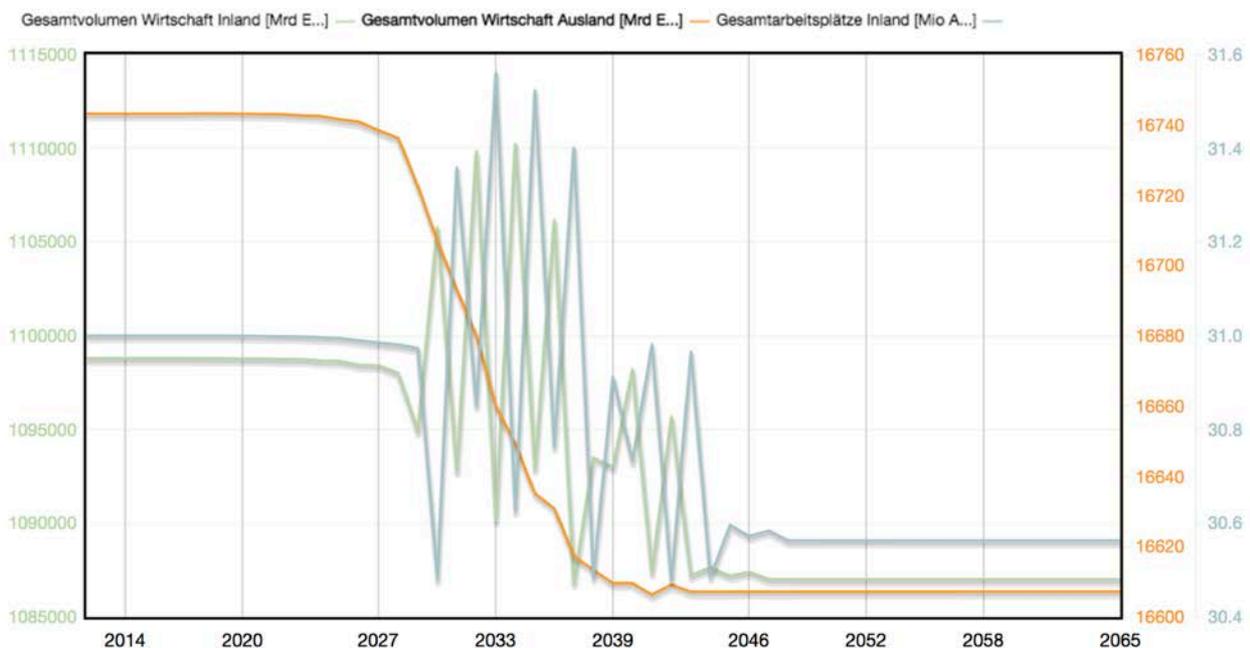
Menschen zufriedener macht, sondern die emotionale Wirksamkeit der Veränderung. Soziale Milieus mit mehr Kaufkraft können daher beides, erst nachhaltige Varianten kaufen und vor allem in Geothermie, Solarthermie, Photovoltaik und E-Mobilität investieren, und dann zur weiteren Steigerung des guten Gefühls noch den Konsumverzicht üben, während weniger zahlungskräftige soziale Milieus zwar durch Konsumverzicht auch ein gutes Gefühl erhalten, aber trotz Sparens dann die größeren Investitionen nicht tätigen können.

Abbildung 9 zeigt, wie entsprechend zeitverzögert den kritisch kreativen Milieu folgend die weiteren Milieus durch den Wandel zu mehr Nachhaltigkeit zu mehr Zufriedenheit kommen, diese nach erfolgter Umstellung dann leicht nachlässt, und dann langfristig mit mehr Kaufkraft und weniger Umweltbelastung wieder leicht ansteigt.

6.2.4 Auswirkungen auf die Wirtschaft:

Die Wirtschaft erfährt in Summe offenbar nur kleine Änderungen. Abbildung 10 zeigt ein nur leicht niedrigeres Niveau der Inlandswirtschaft und auch für die Veränderungen der Wirtschaft im Ausland eine Veränderung von insgesamt etwa nur einem Prozent.

Abbildung 10: Die Wirtschaft mit nur kleinen Veränderungen



Quelle: Eigene Abbildung, Screenshot aus dem Modell.

Die Erklärung ist: Die Produktion im In- und Ausland geht herunter, die Landwirtschaft im Inland geht aufgrund mehr regionaler Produkte und mehr Bio-Landbau rauf, und die Dienstleistungen gehen durch mehr Reparaturen rauf und gleichzeitig durch fast keine Flugreisen mehr wieder herunter. Beim Handwerk und bei den Beratern gibt es in der Phase des exponentiellen Wandels eine Zunahme zum Ausbau von Photovoltaik und Geothermie durch die Bürgerinnen und Bürger.

6.3 Szenario 2: Die kritisch-kreativen Milieus machen einen Anfang und die Politik treibt den Ausbau der Erneuerbaren Energien voran

Szenario 2 erweitert Szenario 1 um den Ausbau der Erneuerbaren Energien (siehe hierzu auch Abschnitt 11 das D3 EE Modell). Dabei wird ab 2012 ein Nettozubau von jeweils 4 GW für Photovoltaik und Windenergie angenommen.

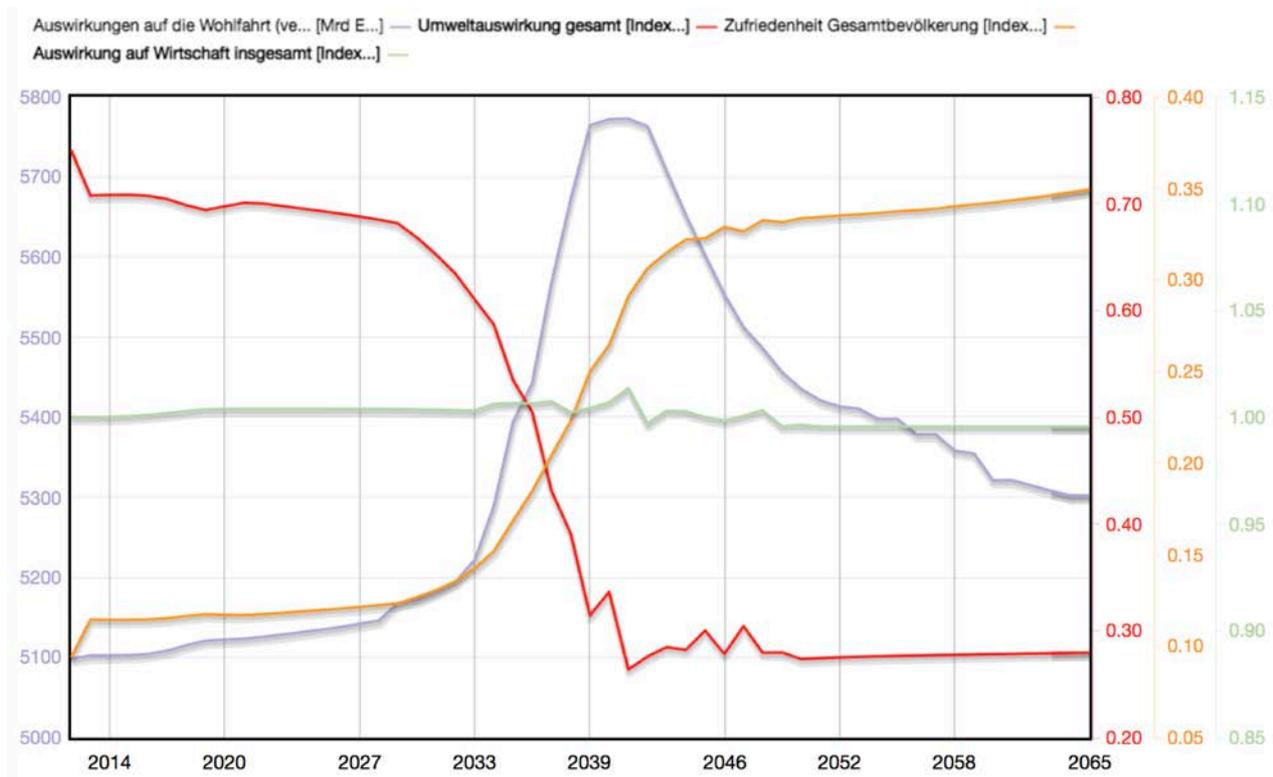
Dieser Zubau führt am Ende des Simulationszeitraums zu einer hundertprozentigen Stromversorgung aus Erneuerbaren Energien. Allerdings ist beim Stromverbrauch nur der Bedarf durch die Elektromobilität von PKW hinzugezählt worden. Weder die Industrie noch der Güterverkehr sind auf EE umgestellt. Diese Erweiterung des Modells erfolgt im nächsten Szenario in Abschnitt 6.4.

Abbildung 11 zeigt: Wie im vorangegangenen Szenario beschrieben, ist vor allem bei der Wohlfahrt das Ergebnis durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien verbessert, da nun weder der Ausstieg aus der Kernenergie noch die E-Mobilität die Kohleverstromung mit ihren Emissionen erhöhen.

Die Wirtschaft stellt sich durch ein solches Investitionsprogramm erwartungsgemäß in diesem Szenario im Vergleich zu einem Szenario ohne Ausbau der Erneuerbaren Energien besser dar, wenngleich die Änderungen insgesamt mit unter einem Prozent klein bleiben. Das D3 Modell berücksichtigt bereits, dass weniger fossile Energieträger auf der einen Seite das Wirtschaftsvolumen senken, vornehmlich (bis auf Braunkohle) im Ausland, aus dem wir importieren, während der Ausbau der erneuerbaren Energien im Inland die Wirtschaft ankurbelt. Im Faktor „Auswirkung auf die Wirtschaft“ gesamt, kompensieren sich diese Wirkungen folgerichtig weitestgehend und es bleibt nur insgesamt ein ganz leichtes Nachlassen der Wirtschaft durch verminderten Konsum, der nur teilweise durch vermehrte Dienstleistungen kompensiert wird.

Hinweis: das separate D3 EE Modell berechnet etwas genauer den potentiellen Zuwachs der heimischen Wirtschaft durch den Ausbau der erneuerbaren Energien durch vermehrte Wertschöpfung im Inland, gerade weiter hinten im Zeitverlauf, wenn ein so genanntes Repowering einsetzt und auch Rohstoffe aus dem Recycling aus dem Inland gewonnen werden.

Abbildung 11: Der Ausbau der Erneuerbaren Energien wirkt sich positiv auf die Wohlfahrt aus



Quelle: Eigene Abbildung, Screenshot aus dem Modell.

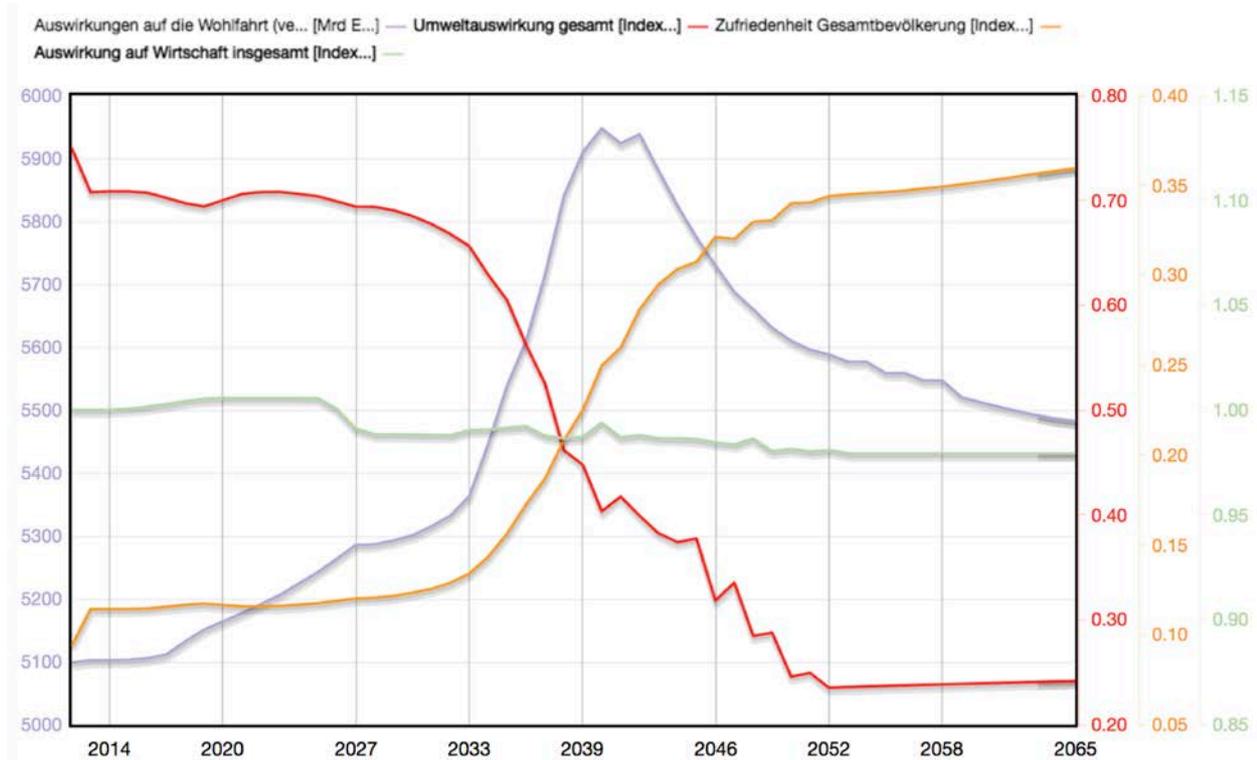
6.4 Szenario 4: Die kritisch-kreativen Milieus machen einen Anfang, die Politik treibt den Ausbau der Erneuerbaren Energien voran und es erfolgt die Verlagerung von Güterverkehr auf Schiene sowie eine Elektrifizierung von Industrieprozessen

Um den Wohlfahrtsindex auf ein höheres Niveau zu hieven und die Umweltauswirkungen weiter zu senken, wird in diesem Szenario zusätzlich angenommen, dass der Güterverkehr von der Straße auf die Schiene verlagert wird, die Schiene noch weiter elektrifiziert wird, und auch die Industrieprozesse die Verbrennung fossiler Brennstoffe durch elektrische Energie substituieren, wofür dann der Ausbau der erneuerbaren Energien auf netto 6GW pro Jahr Windenergie, und netto 5GW (zuzüglich PV-Anlagen durch Prosumer) Photovoltaik gesteigert würde.

Wie in Abbildung 12 zu sehen, nimmt die Wohlfahrt bei diesem Szenario einen ähnlichen Verlauf wie beim Szenario aus Abschnitt 6.3, nur auf noch einmal höheren Niveau, da nun weniger Schadstoffkosten anfallen. Die Umweltbelastung landet folglich ebenfalls auf einem niedrigeren Niveau, allerdings erreicht es dieses Niveau später. Hintergrund ist das Tempo der Energiewende im Verhältnis zur Elektrifizierung von Verkehr und Industrie. Ein schnellerer Ausbau der erneuerbaren Energien würde entsprechend früher die Umweltbelastung senken.

Die Zufriedenheit in der Bevölkerung ist entsprechend der verbesserten Umweltsituation minimal höher, als in dem Szenario ohne weitere Elektrifizierung bzw. Dekarbonisierung.

Abbildung 12: Szenario mit zusätzlich noch einer weitgehenden Elektrifizierung der Industrieprozesse



Quelle: Eigene Abbildung, Screenshot aus dem Modell.

6.5 Weitere Szenarien und Anwendungsmöglichkeiten

Das D3 Modell mit seinen über 4.000 Faktoren bietet unzählige Anwendungsmöglichkeiten. Das Modell kann wie eingangs von Abschnitt 6 beschrieben beliebige Narrative in ihren Auswirkungen simulieren und dabei dann die Spillover-Effekte auch deaktivieren. Die drei hier ausgewählten Szenarien haben nur die Spillover-Effekte und die ergänzende Wirkung vom Ausbau der erneuerbaren Energien und der Elektrifizierung von Transport und Industrieprozessen aufgezeigt. Der Ausbau der erneuerbaren Energien ist noch in einem eigenen Modell mit eigenem Bericht, dem D3 EE Modell, untersucht worden.

Die Software erlaubt zudem für Parameter keine festen Werte, sondern Bandbreiten in so genannten Monte-Carlo-Simulationen (Neumann, 2015) durchzuspielen. Auch können über die Funktion iM-Optimizer der Software Ziele vorgegeben werden, um zu schauen, welche Szenarien diese am besten erreichen. So wurde beispielsweise geschaut, welcher staatlich vorgegebene Ausbau der Erneuerbaren Energien den RMC minimieren würde und darüber die Parameter für das Szenario in Abschnitt 6.4 ermittelt, nachdem vorher sichtbar wurde, dass eine Elektrifizierung der Industrieprozesse und des Güterverkehrs der Umwelt schaden würden, einfach, da der in den anderen Szenarien vorgegebene Ausbau der erneuerbaren Energien nicht ausreichen würde und die Deckung durch Kohle- und Gaskraftwerke erfolgen würde.

Hier eine Auswahl von Erkenntnissen, die wir durch weitere Anwendungen des Modells gewonnen haben:

- Car Sharing würde von allen sozialen Milieus im Falle eines exponentiellen Wandels zu mehr Nachhaltigkeit früh gewählt, aber zum einen nur wenig neue Fahrzeuge einsparen und zum anderen möglicherweise durch attraktive, eigene E-Autos, mehr öffentlichem Nahverkehr und mehr Fahrradfahren auch wieder zurückgehen.

- ▶ Urban Gardening würde ebenfalls früh von allen sozialen Milieus gewählt und schnell würden auch die theoretisch verfügbaren, zusätzlichen Flächen genutzt. Insgesamt aber wäre der Umwelt entlastende Effekt sehr gering.
- ▶ Vegetarismus und mehr noch Veganismus haben einen spürbaren Einfluss auf die Treibhausgase und hierüber auch auf die Wohlfahrt.

Diese Beispielanwendungen könnten in separaten Modellen noch differenzierter abgebildet werden, indem etwa genauer geschaut wird, in welcher Art von Gebäuden mit Zugang zu Urban Gardening Flächen Teile der sozialen Milieus wohnen. Aber bereits die groben Betrachtungen hierzu im D3 Modell zeigen, dass es einzelne Bereiche gibt, die zwar direkt vergleichsweise wenig Wirkung auf die Zielindikatoren Wohlfahrt, Umwelt, Zufriedenheit etc. haben, die aber auch als kleinere Verhaltensänderung über die emotionale Wirksamkeit und die Spillover-Effekte auch auf andere Bereiche eine selbstverstärkende, und damit größere indirekte Wirkung entfalten können.

7 Fazit und Interpretation: „It’s the emotions, stupid!“

7.1 Kritische Betrachtung des Modells

Das D3 Modell bringt eindrucksvolle Kurvenverläufe aus diversen Eigendynamiken hervor, allerdings bleibt jeder Kurvenverlauf nachvollziehbar und ist am Ende das Ergebnis von zuvor getroffenen Grundannahmen. Das ist zum einen wie in Abschnitt 4.2 erläutert im Sinne abduktiver Logik der wissenschaftliche Wert dieses Modells und seiner Ergebnisse, aber zum anderen eben auch frei von Emergenz, von Vorhersagen von Entwicklungen, die nicht direkt von den getroffenen Annahmen abhängen. Das gilt es zu erläutern:

Tatsächlich ist die Modellierung mit einer Aufteilung in soziale Milieus und deren unterschiedlichen Verhaltensweisen gestartet. Dann wurden die Auswirkungen abgebildet und es wurden einige Rückkopplungen (Wirtschaft auf Kaufkraft, Umwelt auf Zufriedenheit, usw.) eingebaut. In dieser Phase konnte das Modell bereits zur Untersuchung möglicher Auswirkungen von exogen getroffenen Annahmen zu dem Verhalten der sozialen Milieus genutzt werden. Erst in einer weiteren Entwicklungsphase wurde die Endogenisierung der Verhaltensänderungen vorgenommen, also durch Faktoren und Formeln abgebildet, wie sich die Verhaltensweisen über Spillover-Effekte auf andere Bereiche und andere Milieus auswirken können. Zum Ausmaß, in dem sich die sozialen Milieus gegenseitig beeinflussen lassen, sowie beispielsweise die Kaufkraft, die nötig ist, um sich teurere Bioalternativen zu leisten, wurden durch Expertenbefragung Parameter geschätzt. Diese lassen sich nun wie viele weitere Parameter variieren, sogar automatisch in ihrer Bandbreite durch die Software.

Die Spillover-Effekte sind also letztlich durch die Modellierer definiert, aber nicht emergent aufgetreten eine Überraschung. Das Modell zeigt somit nicht, dass es Spillover-Effekte vermutlich geben wird, sondern wie diese - so es sie gibt - sich vermutlich auswirken werden.

Eine weitere Kritik am Modell kann sich wie in Abschnitt 5 des ersten Berichts erläutert durch die Datenqualität bzw. Scheingenauigkeit der Details im Modell ergeben. Das Modell ist zu detailliert, um übersichtlich zu sein, und zu vereinfachend, um in den Details präzise zu sein. Andererseits ist es notwendig detailliert, um in den groben Entwicklungen keine bloße Deutungshoheit, sondern nachvollziehbar zu sein. Wie in Abschnitt 6.5 beschrieben, ließen sich Details wie die E-Mobilität, das Car-Sharing oder auch Veganismus in detaillierteren, eigenen Modellen präziser beschreiben. Ihre Wirkungen in den Kontext zu stellen, bedarf es aber wieder des vorliegenden, großen Gesamtmodells. Die Vereinfachungen scheinen daher solange zulässig, wie vom Modell nicht konkrete Vorhersagen für einzelne Details erwartet werden.

7.2 Alles dreht sich um die emotionale Wirksamkeit

Das D3 Modell greift die Erkenntnis auf, dass nicht das rationale Handeln, sondern das emotional getriebene Handeln vorherrscht (Bounded Rationality, siehe Abschnitt 5.1). Eine Änderung des Handelns kann zuerst das Menschen antreibende Weiterentwicklungsgefühl (Abschnitt 5.1 und 5.2) auslösen mit all seinem Potential für auch soziale Innovationen. Der Wertewandel sorgt dann für ein Integrationsgefühl (Abschnitt 5.1 und 5.2). Ein exponentieller Wandel ist machbar und durchweg positiv, sowohl hinsichtlich Ressourcen als auch Wohlfahrt und Zufriedenheit. Die Entwicklung der Wirtschaft ist bei so einem Wandel unsicher, aber offenbar nicht wesentlich, da zum einen weniger Konsum negativ wirkt, aber zum anderen die Nachfrage nach Dienstleistungen durch gesteigerte Kaufkraft und die Investitionen in Umwelttechnologien steigen. Die Umwelt und das Klima verbessern sich natürlich merklich.

Es mag sofort gegen die hier ausgewählten Szenarien mit dem D3 Modell sprechen, dass es schon etliche Beispiele gibt, in denen ein kleiner Teil eines sozialen Milieus sich nachhaltiger verhalten hat, ohne dass die in den vorangegangenen Abschnitten skizzierte exponentielle Transformation mit ihren Spillover-Effekten eingesetzt hätte. Tatsächlich zeigt das Modell aber auch nur ein Potential unter gewissen Voraussetzungen auf. Entscheidend für den Wandel ist die emotionale Wirksamkeit einer Verhaltensänderung, die gegen die emotionale Wirksamkeit heutigen Handelns sich durchsetzen muss.

Zuerst einmal fühlt es sich gut an, mit dem eigenen, vielleicht für die übrigen Menschen des gleichen sozialen Milieus attraktiven Auto zu fahren. Fleisch schmeckt, konventionelle Kleidung ist preiswert und erlaubt viele neue Kleidungsstücke mit entsprechend gutem Gefühl, und auch Fernreisen fühlen sich großartig an. Dass jetzt die Nachhaltigkeit unseres Handelns im Vordergrund stehen soll, wäre erst einmal ein rationales Argument, dass sich gegen unsere guten Gefühle wendet. Es fühlt sich sogar für viele geradezu negativ an, da es unser bisheriges Handeln und uns in Frage stellt, weshalb wir schnell mit Schutzmechanismen reagieren, wie „bio ist nicht immer bio“, „in E-Autos steckt doch auch nur Kohlestrom und in den Minen für die Rohstoffe werden Kinder zur Arbeit gezwungen“, „sollen doch erst einmal andere“, „das bringt doch sowieso nichts“ usw., Mechanismen wie die kognitive Dissonanz, die psychologische Reaktanz oder die erlernte Hilflosigkeit.

Alternative Verhaltensweisen müssen sich letztlich besser anfühlen, als unsere bisherigen Verhaltensweisen. Dazu müssen wir wissen (Selbstwirksamkeit, Abschnitt 5.1), was es bringt, sich anders zu verhalten. Die Information, dass wir CO₂ mit einer Bahnfahrt gegenüber der Fahrt mit dem Personenkraftwagen mit Verbrennungsmotor gespart haben, muss ins Verhältnis mit unseren und anderer CO₂ Emissionen stehen, damit wir es bewerten können und auch mit anderen stolz darüber reden können.

Gegen eine Aufklärung, welche Folgen unser Handeln heute hat, wehren sich aber die Anbieter konventioneller Produkte. Hier erleben wir einen so genannten Lock-In Effekt (Grimm et al, 2014), bei dem die Wirtschaft auf Druck von der Politik und Nachfrage seitens der Verbraucher wartet, die Politik die Wahl durch die Verbraucher anstrebt und eine Lobby der Wirtschaft erfährt, bei der die Medien vor allem das, was Verbraucher und Wirtschaft wünschen, liefern, und die Verbraucher schließlich auf das Angebot der Wirtschaft, die Vorgaben durch die Politik, und entscheidend die Wertschätzung durch die Nachbarn warten. Jeder wartet auf den anderen.

Es müssen tatsächlich auch andere wissen, dass unser Handeln erstrebenswert ist, damit diese uns wertschätzen können. Diese Information muss von möglichst vielen Seiten kommen und am besten sind die guten wie die schlechten Folgen unseres Handelns genauso messbar und vergleichbar, wie heute die Leistung von Autos oder Smartphone Kameras. Das D3 Modell berücksichtigt diese Effekte bereits, indem die Wertschätzung durch andere einen expliziten Einfluss hat und indem die Medien ökologische Themen je nach Nachfrage vermehrt transportieren.

Zwei Phänomene werden hierzu in der Literatur beschrieben. Zum einen ein Crossing the Chasm (Moore, 2002), bei dem argumentiert wird, dass eine Nische nur unter bestimmten Rahmenbedingungen es überhaupt zum Mainstream schafft, wenn die Kräfte auf einen Punkt konzentriert werden. Und zum anderen der Tipping Point (Gladwell, 2000), bei dem argumentiert wird, wie über die richtigen Kanäle die richtige Botschaft zum richtigen Zeitpunkt gesendet werden muss, damit sich etwas exponentiell verbreiten kann. Es ist nun Aufgabe der Politik, der Anbieter von alternativen Angeboten, und jedes einzelnen, der in seinem Umfeld Verhaltensweisen ändern möchte, diese Rahmenbedingungen zu schaffen, die Verbesserung klar zu formulieren und damit eine Voraussetzung für eine Selbstwirksamkeit und damit emotionale Wirksamkeit zu schaffen.

Das ist vermutlich beides, einfacher, als es klingt, und nicht so einfach, wie es klingt. Wenn, wie in Abschnitt 6 in den Szenarien beschrieben, die ein Prozent der kritisch kreativen Milieus mit mehr Biolebensmitteln in 2018 starten und dies emotional wirksam ist, kann sich der Wandel pro Nachhaltigkeit exponentiell über die Spillover-Effekte durchsetzen, vorausgesetzt, die Verhaltensänderungen in den anderen Bereichen und den anderen sozialen Milieus sind ebenso emotional wirksam. Das ist der leichte Teil.

Der schwere Teil ist es, die Wahl von Biolebensmitteln etc. emotional wirksam zu machen. Dass die Vorreiter sich damit gut fühlen und überzeugt sind, dass das die bessere Wahl ist, reicht nicht für ein Crossing the Chasm. Zu einfach ist dies durch andere, die sich nicht in Frage stellen wollen, zu relativieren, zu sagen, dass bio nicht immer bio ist, dass konventionelle Lebensmittel genauso gesund sind, dass die Welt sich wegen fehlender Flächen gar nicht bio ernähren könnte oder dass bio zu teuer ist. Es muss eine klare Botschaft geben, wie falsch nicht-nachhaltiges Verhalten ist, und welche Verbesserung das nachhaltige Verhalten bringt.

Und damit wir nicht resignieren, da wir insgesamt an anderer Stelle alternativlos nicht-nachhaltig sind, etwa durch Geschäftsflüge einen derart negativen Einfluss haben, dass jede Bio-Jeans oder jedes nicht gegessene Steak keine Rolle mehr spielen, sollten wir uns in einzelnen Bereichen unabhängig von anderen Bereichen messen, um uns auch durch kleine Verbesserungen schon gut fühlen zu können. Wer also weiss, dass er vorher 500 Gramm Rindfleisch pro Monat gegessen hat und die Auswirkungen auf CO2 etc. kennt und auch weiss, wie das sich im Gesamtfußabdruck auf der einen Seite, und im Bereich Ernährung auf der anderen Seite, darstellt, kann sich und anderen aufzeigen, wie viel besser etwa zum Durchschnitt der Bevölkerung er oder sie geworden ist. Mit dem Kauf des Fleisches müssen wir erfahren, was es anteilig an unseren Treibhausgas-Emissionen im Bereich Ernährung verursacht, und wenn wir stattdessen Tofu wählen, müssen wir wissen, welche Treibhausgase im Bereich Ernährung durch dessen Transport verursacht sind. Wie dies dann mit Kennzahlen, Ampeln, Bildern, Noten, Vergleichen oder anderem möglichst einfach und griffig kommuniziert wird, gilt es auszugestalten.

Bleibt der Hinweis, dass das D3 Modell auch erlaubt, die Spillover-Effekte zu deaktivieren, also anzunehmen, dass Veränderungen nicht emotional wirksam sind, etwa wenn Verhaltensänderungen durch Gesetze auferlegt werden. Die Erkenntnis aus solchen Simulationen ist dann aber vor allem, dass die Wirkung begrenzt ist.

8 Literatur

Bendassolli, Pedro F. (2013) Theory Building in Qualitative Research: Reconsidering the Problem of Induction. FQS Vol 14 No. 1, Art 25

Bonabeau, Eric (2002) Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. PNAS 2002 vol 99 no 3

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) / Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2015): Umweltbewusstsein in Deutschland 2014: Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Berlin/Dessau-Roßlau.

Charlton, A., Bates, C. (2000) Decline in teenager smoking with rise in mobile phone ownership: hypothesis. BMJ 2000;321;1155

- Diefenbacher, Hans/ Held, Benjamin/ Rodenhäuser, Dorothee (2016) Aktualisierung und methodische Überarbeitung des Nationalen Wohlfahrtsindex 2.0 für Deutschland 1991 bis 2012. Umweltbundesamt, TEXTE 29/2016, Dessau-Roßlau
- Diefenbacher, Hans/Held, Benjamin/Rodenhäuser, Dorothee/Zieschank, Roland (2016): Wohlfahrtsmessung „beyond GDP“ – Der Nationale Wohlfahrtsindex (NW12016) [IMK-Studie 48/2016]. URL: https://www.boeckler.de/pdf/p_imk_study_48_2016.pdf
- Fabricius, Dirk (2016) Simulation. Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie Vol 68 No. 3
- Festinger, Leon (1957) A Theory of Cognitive Dissonance. Stanford University Press, Stanford
- Forgas, J.P., Williams, K.D., Laham, S.M. (2009) Social Motivation: Conscious and Unconscious Processes. Cambridge University Press, Cambridge
- Gladwell, Malcolm (2000) The Tipping Point: How little things can make a big difference. Abacus, London
- Glaser, Barney G. (1978): Theoretical Sensitivity. Advances in the Methodology of Grounded Theory. Sociology Press, Mill Valley CA
- Göpel, Maja (2016) The great mindshift: how a new economic paradigm and sustainability transformations go hand in hand. Springer, Berlin
- Gorman, Phil (2004) Motivation and Emotion. Routledge. London
- Grimm, Franc; Heinrichs, Harald; Neumann, Kai (2014) Entwicklung eines Integrated Assessment Modells: Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Umweltbundesamt Texte 74/2014
- Hamann, K., Baumann, A., Löschinger, D. (2016) Psychologie im Umweltschutz: Handbuch zur Förderung nachhaltigen Handelns. oekom, München
- Ioannidis, John P.: (2005) Why most published research findings are false. PLoS Med 2(8): e124
- Kahneman, Daniel. (2012) Thinking fast and slow. Penguin, New York
- Kleinhückelkotten, Silke / Moser, Stephanie / Neitzke, Hans-Peter (2016): ProKopfRess. Repräsentative Erhebung von Pro-Kopf-Verbräuchen natürlicher Ressourcen in Deutschland (nach Bevölkerungsgruppen) . UBA-Texte 39/2016. Dessau-Roßlau.
- Kristof, Kora (2010) Wege zum Wandel: Wie wir gesellschaftliche Veränderungen erfolgreicher gestalten können. oekom, München
- Layard, Richard (2011) Happiness: Lessons from a new science. Penguin, London
- Maedows, D., Randers, J. (2015) Grenzen des Wachstums - Das 30-Jahre-Update: Signal zum Kurswechsel. S. Hirzel Verlag, Frankfurt
- Maxwell, Joseph A. (2012) A Realist Approach for Qualitative Research. SAGE, Los Angeles
- McClelland, David C. (1987) Human Motivation. Cambridge University Press, Cambridge
- Milkman, K.L. et al (2017) Should Governments Invest More in Nudging? Psychological Science 1-15, SAGE, Pennsylvania
- Moore, Geoffrey A. (2002) Crossing the Chasm. Harper & Collins, New York
- Neumann, Kai. (2013) 'Know Why' Thinking As A New Approach To Systems Thinking. E:CO 15(3), pp. 81-93
- Neumann, Kai (2015) Qualitative und quantitative Ursache-Wirkungsmodellierung. BoD. Norderstedt
- Rahmandad, H., Sterman, J. (2008) Heterogeneity and Network Structure in the Dynamics of Diffusion: Comparing Agent-Based and Differential Equation Models. Management Science Vol 54 Issue 5. Catonsville
- Schoer, Karl et al. (2012): "Raw Material Consumption of the European Union – Concept, Calculation Method, and Results", in: Environ., Sci. Technol., CVol 46, No. 16, pp 8903-8909
- Schooler, J.W. (2014) Metascience could rescue the 'replication crisis'. Nature 515 (7525): 9
- Schwartz, S., Bilsky, W. (1987) Toward a universal psychological structure of human values. Journal of Personality and Social Psychology, Vol 53(3), pp 550-562
- Sterman, John D. (2000) Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. McGraw-Hill, New York
- Tackett et al (2017) Its time to broaden the replicability conversation: thoughts for and from clinical psychological science. Perspective on Psychological Science 2017, Vo. 12(5) 742-756