

TEXTE

95/2018

Entwicklung eines quantitativen Modells „Nachhaltiges Deutschland“ Band 1: Das D3-Modell

Abschlussbericht

TEXTE 95/2018

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3714 11 101 0
UBA-FB 002681

Entwicklung eines quantitativen Modells „Nachhaltiges Deutschland“ Band 1: Das D3-Modell

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 dokumentiert 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.

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.

This report describes the D3 model.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	6
Abbildungsverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	9
Zusammenfassung	10
Summary	14
1 Das Projekt und seine Zielsetzung	17
2 Vorgehensweise bei der Modellierung	18
3 Aufbau des Modells	24
3.1 Soziale Milieus	24
3.2 Im D3-Modell berücksichtigte Verhaltensweisen	26
3.3 Die im D3-Modell berücksichtigten Wirtschaftsbereiche	29
3.4 Im D3-Modell berücksichtigte Auswirkungen auf Umwelt, Klimagase und Ressourcen	34
3.4.1 Abbildung von Bodenbelastungen im D3-Modell	36
3.4.2 Abbildung von Gewässerbelastungen im D3-Modell	37
3.4.3 Abbildung von Luftbelastungen im D3-Modell	38
3.4.4 Abbildung von Lärmbelastungen im D3-Modell	39
3.4.5 Abbildung der Emission von Klimagasen im D3-Modell	40
3.4.6 Abbildung der Auswirkungen auf Biodiversität im D3-Modell	41
3.4.7 Abbildung von Ressourceninanspruchnahme im D3-Modell	42
3.5 Im D3-Modell berücksichtigte Maßnahmen seitens der Politik	44
3.6 Im D3-Modell betrachtete Auswirkungen auf die Wohlfahrt ('Quasi-NWI')	44
3.7 Zufriedenheit	45
3.8 Veränderungen der Werte - die zentrale Dynamik	46
4 Stellhebel im D3 Modell	52
5 Systemgrenzen und Datenqualität	56
6 Fazit	56
7 Literatur	57

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das D3-Modell als Ganzes.....	18
Abbildung 2: Ausschnitt mit Parameter-Faktoren, die dann in einer Formel verwendet werden.....	19
Abbildung 3: Zugriff auf Parameter und Wertereihen exogener Faktoren in Cockpits	20
Abbildung 4: Quellen und weitere Erläuterungen in den Beschreibungstexten der Faktoren.....	21
Abbildung 5: Faktoren können mehrere Kategorien zugewiesen bekommen	22
Abbildung 6: Konzeptmodell zum Umfang des D3-Modells.....	23
Abbildung 7: Aufteilung der Bevölkerung in sechs soziale Milieus sowie eine siebte Gruppe („M7: Übrige Menschen“, d. h. nicht deutschsprachig oder unter 14 Jahren)	25
Abbildung 8: Auswirkungen von Verhaltensänderungen eines sozialen Milieus - hier mehr eigene Photo-voltaik	27
Abbildung 9: Im Modell berücksichtigte mögliche Verhaltensänderungen.....	28
Abbildung 10: Modell aus der Perspektive der Auswirkungen auf die Wirtschaft insgesamt.....	30
Abbildung 11: Modell aus Perspektive des Faktors „Umsatz Produktion Inland gesamt“	31
Abbildung 12: Modell aus Perspektive des Faktors „Umsatz Inland konventionelle Lebensmittel Wirtschaft“	32
Abbildung 13: Modell aus Perspektive des Faktors „Umsatz übrige konventionelle Lebensmittel“	32
Abbildung 14: Modell aus Perspektive des Faktors „Ausgaben übrige konventionelle Lebensmittel M1“	33
Abbildung 15: Modell aus Perspektive des Faktors „Anteil übrige gekaufte konventionelle Lebensmittel M1“	33
Abbildung 16: Das Modell aus der Perspektive des Sammelfaktors „Umweltauswirkung gesamt“	35
Abbildung 17: Die Umweltbelastungen D3-Modell, jeweils In- und Ausland	36
Abbildung 18: Die Bodenbelastung im D3-Modell	37
Abbildung 19: Die Gewässerbelastungen im D3-Modell (exemplarisch mit Simulationsergebnis)	38
Abbildung 20: Die Luftbelastungen im D3-Modell	39
Abbildung 21: Lärmbelastung im D3-Modell.....	40
Abbildung 22: Die Emission von Klimagasen im D3-Modell.....	41
Abbildung 23: Biodiversität im D3-Modell	42
Abbildung 24: Die Ressourceninanspruchnahmen im D3-Modell	43
Abbildung 25: Auswirkungen auf die Wohlfahrt (‘Quasi-NWI’)	45

Abbildung 26: Die Zufriedenheit in der Bevölkerung	46
Abbildung 27: „Gutes Gefühl durch ökologischen Konsum“ hängt vom Verhalten und der Wertschätzung ab.....	46
Abbildung 28: Wertschätzung von Nachhaltigkeit als Treiber für Veränderungen	48
Abbildung 29: Generisches Modell zu Verhaltensänderungen pro Nachhaltigkeit	49
Abbildung 30: Beeinflussung des Faktors „Wertschätzung von Nachhaltigkeit“	50
Abbildung 31: Der Faktor „Veränderung der Wertschätzung von Nachhaltigkeit“ als Auslöser für Verhaltensänderungen.....	51
Abbildung 32: Faktor „Ökologischer Konsum / Verhalten “ als Summe der einzelnen Verhaltensweisen eines Milieus	52
Abbildung 33: Aufruf von grundsätzlichen Stellhebeln im Modell über die Suchfunktion.....	53
Abbildung 34: Aufruf von speziell angelegten Stellhebeln im Modell über die Suchfunktion.....	54
Abbildung 35: Cockpit eines Faktors im Vollbild mit zusammengestellter Liste an Stellschrauben (exogenen Faktoren).....	55

Abkürzungsverzeichnis

BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
D3-Modell	Eigenname für das Simulationsmodell
D3-EE-Modell	Eigenname für ein Prozessmodell zur Energiewende
NWI	Nationaler Wohlfahrtsindex
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
VERUM	Vereinfachte Umweltbewertungen des Umweltbundesamtes

Zusammenfassung

Das D3-Modell (das „D“ steht für Deutschland, und die „3“ steht für drei Bereiche: 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 in der Bevölkerung zeigt. Das Modell wurde entwickelt, um grundsätzliche Zusammenhänge, Dynamiken und Größenordnungen von Verhaltensänderungen in der Bevölkerung, wirtschaftlicher Entwicklung und Umweltauswirkungen abzubilden.

Mithilfe des Modells möchte das Projektteam helfen, den Weg hin zu einer zeitgemäßen Umweltpolitik und für einen gesellschaftlichen Wandelprozess in Richtung Nachhaltigkeit zu skizzieren. Dies erfolgt über einen logischen, systematischen und erweiterbaren Aufbau des Modells.

Grundpfeiler des Modells sind die drei o. g. Elemente „Bevölkerung“, „Wirtschaft“ und „Politik“ und die Wirkungszusammenhänge zwischen den drei Elementen:

Die Bevölkerung wurde im Modell über so genannte „soziale Milieus“ abgebildet. Für jedes im Modell integrierte soziale Milieu gibt es eine umfangreiche Abbildung der Konsumfelder mit jeweils konventionellen oder ökologischen Handlungsoptionen (Letztere inkl. des Verzichts auf Konsum). Die Auswirkungen auf die Wirtschaft werden dann über die Branchen anteilig zur Inlandsnachfrage und die Anteile der Milieus an der Gesamtbevölkerung betrachtet. Außerdem werden die Umweltauswirkungen inklusive Ressourcen-Inanspruchnahme und Klimaauswirkungen sowohl durch die Produktion der jeweiligen Wirtschaftsbereiche als auch durch die Nutzung bzw. das Verhalten der Milieus mit einbezogen. Bewertet werden Entwicklungen und Veränderungen zudem über die Zufriedenheit in der Bevölkerung und einem an den Nationalen Wohlfahrtsindex (Quasi-NWI) angelehnten Index. Der betrachtete Zeitraum umfasst 50 Jahre in Jahresschritten.

Es geht bei dem D3-Modell um grundsätzliche Zusammenhänge zwischen Verhaltensänderungen untereinander sowie deren Auswirkungen auf Umwelt, Wirtschaft, Wohlfahrt und Zufriedenheit.

Das Modell steht direkt zur kostenfreien Nutzung mit Angabe der Quellen zu den jeweiligen Parametern über den Internetlink

<http://www.imodeler.info/ro?key=CQ99XH1AQpmdg-Jb7sIMk6Q>

zur Verfügung.

Nutzerinnen und Nutzer können hierüber Annahmen (bspw. aus vorhandener Studien auch in Kombination) in Bezug auf ihre potentiellen Auswirkungen „erproben“.

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“ [...].

Für das in Beziehung setzen und die Entwicklung von Wirkungszusammenhängen wird die Simulationssoftware iMODELER genutzt. Die Software erlaubt die Visualisierung und qualitative und quantitative Analyse von Zusammenhängen, unter anderem kollaborativ und webbasiert. Sie ist das Ergebnis eines EU Forschungsprojekts mit dem Ziel, systemische Ansätze zur täglichen Praxis zu machen (www.consideo.com). iMODELER hilft unter anderem, Komplexität zu reduzieren, indem

einzelne Faktoren großer Modelle fokussiert werden und das gesamte Modell daraufhin aus der Perspektive dieser Faktoren mit ihren eingehenden und ausgehenden Verbindungen gezeigt wird, wie in vielen Abbildungen dieses Berichts zu sehen sein wird.

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 Modellaufgenommen.

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 die Auswirkungen zum einen der Nutzung, und zum anderen der 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 bewerten 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

Analog zum Vorgehen in der Betrachtung von Wirtschaftsbereichen werden mögliche Auswirkungen menschlichen Verhaltens und wirtschaftlicher Aktivitäten auf Ökosysteme bzw. sozial-ökologische Systeme betrachtet. Aus der Vielzahl möglicher Bereiche, in denen menschliches Verhalten und wirtschaftliche Aktivitäten auf den Zustand der Umwelt einwirken kann, wurden basierend auf der Vereinfachten Umweltbewertungen des Umweltbundesamtes (VERUM) diejenigen für eine Darstellung im Modell ausgewählt, die

1. einerseits im Hinblick auf ihre ökologische Relevanz (Bedeutung für ökologische wie sozial-ökologische Systeme), aber auch ihre umweltpolitische Relevanz als zentral erscheinen,
2. andererseits auch die globale, systemische Verantwortung nationaler Umweltpolitik und die globalen Umweltauswirkungen nationaler Produktions- und Konsumaktivitäten betonen.

Darunter fallen

- mit Klimawandel (Emission von Klimagasen) und Biodiversität zwei Umweltbereiche, in denen wissenschaftlich vorgeschlagene planetare Grenzen bereits als überschritten gelten und die nicht nur die globale Umwelt(mit)verantwortung Deutschlands deutlich machen, sondern auch umweltpolitisch relevante Ziele auf internationaler wie nationaler Ebene umfassen;
- mit Boden-, Gewässer- und Luftbelastungen relevante Umweltmedien als Senken mit Diffusionspotential für mögliche Schadstoffe und potentiellen negativen Folgen für Umwelt und die menschliche Gesundheit
- mit Lärmbelastung ein Fokus, der mögliche Beeinträchtigungen insbesondere der menschliche Gesundheit bzw. menschlichen Wohlergehens durch die akustische Verschmutzung menschlichen Verhaltens und wirtschaftlicher Aktivitäten aufgreift;
- mit Rohstoffinanspruchnahme ein Fokus auf die Nutzung natürlicher Rohstoffedurch den sozio-industriellen Metabolismus Deutschlands legen, inklusive der Nutzung solcher Rohstoffe im Ausland, die für die Herstellung und Produktion von nach Deutschland importierten Rohstoffen, Halb- und Fertigwaren benötigt sind.

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. Er wird durch die Auswirkungen des D3-Modells auf Elemente wie u. a. privater Konsum, Kosten und Nutzen

dauerhafter Konsumgüter, Kosten durch Wasser- und Bodenbelastung, Schäden durch Luftverschmutzung, Treibhausgase und Lärm oder den Verlust/Gewinn durch Biotopflächenänderungen bestimmt.

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.

Veränderungen der Verhaltensweisen

Um Verhaltensänderungen in der Bevölkerung zu simulieren und in ihren Auswirkungen zu analysieren, gibt es zu jedem Verhaltensbereich jedes 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 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 endogen 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 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 die Stellschrauben von außen in seinen Auswirkungen durch das Modell simuliert werden.

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 behavioural 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 - behavioural changes vis-a-vis society, economic development, and effects on the environment.

The project team wants to use the model to help outline a path toward modern environmental policy and societal change toward sustainability. That process requires a logical, systematic, and expandable model design.

The basic pillars of the model are the three elements mentioned above: society, economy, and policy – and the connections among them:

Society is captured in the model through so-called “social milieus.” For every milieu integrated into the model, there is an extensive illustration of consumption patterns (consumer behaviour) and of conventional or ecological/organic product options (the latter includes non-consumption, i.e. foregoing the purchase). The model then calculates the resulting effects on the economy via the proportion of domestic demand the relevant economic sector accounts for, as well as the size of the respective social milieu relative to the total population. The model 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 behaviour of the milieu. The resulting developments and changes in satisfaction of the population are evaluated using an index based on Germany’s National Welfare Index (a “quasi” NWI). The model analyses 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 behavioural patterns within each milieu, but rather a picture of the foundational connections between and among various behavioural 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 for use at no charge via the following website:

http://www.imodeler.info/ro?key=CPZzQzLO_NSYIMa4XG3lmKQ

with other research) for their potential effects and save them as scenarios.

Modeling approach

The 4,400 factors that constitute model inputs can be broken into the categories “fields of consumption,” “environmental and social welfare effects,” “policies,” “economic sectors,” and “behaviour patterns” – these are connected to each other via the model for the time period 2015 to 2065 (for individual analyses also 2012 – 2165). The model understands factors as text elements that, when connected to each other with arrows, form statements like the following: more of “Factor x” leads to more (+)/less (-) of “Factory.”

This connecting of the factors to each other and the correlating development of interactions among them is done using the simulation software iModeler. The software allows for visualization as well as qualitative and quantitative analysis of relationships – including in a collaborative and/or web-based format. iMODELER is the result of an EU-funded research project (www.consideo.com), the goal of which is to use “systems thinking” approach to qualitatively model everyday considerations. Among other things, iMODELER helps reduce complexity by focusing on individual factors of a large model, such that the entire model is depicted from the perspective of these factors with their respective incoming and outgoing connections – as illustrated by several figures in this report.

The D3 model specifically contains necessary simplifications: developments abroad and interrelationships with foreign countries, for example, are outside the model's scope for now. In modelling economic effects, D3 translates changes in demand directly into effects on the labour market (employment numbers) without taking demand elasticity into consideration. Further, limited project resources allowed for only rough research on some of the data on which various factors are based. In some cases the data applies to multiple years or differing time periods.

Structure and elements of the D3 model

The approach to social milieus and the factors influencing them – especially behaviour patterns, economic sectors, environmental and social welfare effects, policies and satisfaction - is essential to understanding the model. These elements are explained as follows:

Social milieus

The social milieus used here are based on the model and data analysis of project partner sociodimensions, and explain various social environments in a given society. Those milieus included in the model consolidate groups of people who are similar in terms of their lifestyle (daily behaviour, consumption style, etc.), their outlook on life (values, foundational beliefs), and life circumstances (age, level of education, social status, etc.). The model covers a total of seven milieus.

Behaviour patterns

The concrete behavioural patterns considered in the model derive from the fields of nutrition, mobility, habitation, consumption (of e.g. clothing, cleaning and personal care products - but also consumption of cultural offerings such as museum visits or attending a concert). The model defines a conventional and a sustainable (organic or “ecological”) version of each behavioural pattern. Sustainable behaviour patterns thus include for example car sharing, home energy efficiency retrofits, vegetarianism, less clothing, or frequent borrowing.

Economic sectors

The sectors included in the model are as follows:

- ▶ Aluminium industry
- ▶ Automotive industry
- ▶ Chemical industry
- ▶ Services (engineering, consulting, wellness, crafts)
- ▶ Electric utility services and electronics
- ▶ Building construction/civil engineering services
- ▶ Agriculture, forestry and fisheries
- ▶ Food products industry
- ▶ Mechanical engineering
- ▶ Furniture industry
- ▶ Paper industry
- ▶ Steel industry
- ▶ Textiles industry
- ▶ Cement industry

The model depicts each sector in a simplified manner. Through the connections between them and the other factors, it roughly reflects the influence of consumer behaviour on the economy as well as on the environment, resource use, etc.

Environmental effects

These include emissions of greenhouse gases, biodiversity and use of natural resources / raw material inputs. These elements flow into the general factor „overall environmental impact.“

Policies

Policies constitute so-called exogenous factors, which are not embedded in the model and are thus treated as constant „outside“ parameters. Thus far these include two measures: one in which the government invests in e-mobility infrastructure, and one representing the existence of a national mission statement or nationally developed guiding principle. Various other measures such as product bans or subsidies can be added.

Effects on social welfare

This factor is depicted via a metric based on the National Welfare Index (NWI). It is expressed through the effects of the D3 model on elements such as private consumption, price and demand of durable goods, costs of water and soil contamination, damage from air pollution, greenhouse gas emissions, noise pollution, or losses/gains resulting from land use change including habitat degradation.

Satisfaction

The satisfaction of a population can only be illustrated in broad terms because happiness is generally hard to measure. In the model it is partially reflected by the influence of related factors including “consumption,” “leisure activities,” financial resources of seniors,” and the “observed condition of the environment” for each milieu. These influences are quantified in the model and simulated over time.

Behavioural changes

Behavioural 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 behaviour 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 behaviour. Preliminary model runs show that basic assumptions about the spread of behavioural 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).

1 Das Projekt und seine Zielsetzung

Modelle und Simulationen haben in der Nachhaltigkeitsdiskussion und Politikgestaltung eine wichtige Bedeutung. Dies zeigen so prominente Beispiele wie das Weltmodell von Dennis Meadows (1972) über die Grenzen des Wachstums oder Klimaszenarien des Intergovernmental Panel on Climate Change. Das WORLD-Modell von Meadows et al. zeigt einen engen Zusammenhang zwischen Ressourcennutzung, ökologischer Tragfähigkeit, Bevölkerungswachstum und grundlegenden volkswirtschaftlichen Parametern auf. Hierin werden „Übernutzung von Ressourcen“ und folgendem Kollaps der Bevölkerung dargestellt und damit die Begrenztheit der Welt eindrucksvoll vor Augen geführt und war damit durchaus wegbereitend für die Rio-Konferenz 1992 war. In derartigen globalen, eher naturwissenschaftlich-physikalisch ausgerichteten Simulationsmodellen wird allerdings menschliches Verhalten (z.B. Anpassungsfähigkeit, Lernkurven, Krisen, Motive) sowohl der Individuen als auch der komplexen Gesellschaft als Ganzes als Wirkungsfaktor höchstens indirekt integriert. Auf der anderen Seite werden in der Soziologie differenziert die gesellschaftlichen Interaktionen betrachtet, zumeist allerdings ohne auf die Umwelt oder auch ökonomische Fragestellungen einzugehen. In der Volkswirtschaftslehre (VWL) hingegen gibt es verschiedene Ansätze, gesellschaftliche Prozesse oder Märkte und ökonomische Effekte zu simulieren, wobei verhaltensökonomische Ansätze am ehestens eine Brücke zwischen Verhalten (d.h. soziologischen Fragestellungen) und ökonomischen Effekten schlagen und so geeignet wären, Nachhaltigkeit bzw. nachhaltiges Verhalten abzubilden. Aber auch hier fehlen zumeist die Rückkopplungen aus dem ökologischen und gesellschaftlichen Umfeld und es liegt thematisch der Fokus natürlich auf den ökonomischen Effekten.

Ziel des Projekts (UFOPLAN 2014 – FKZ 3714 11 101 0 „Entwicklung eines quantitativen Modells „Nachhaltiges Deutschland“) ist es daher, mit dem D3-Modell (das „D“ steht für Deutschland, und die „3“ steht für Politik, Bevölkerung und Wirtschaft) 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 Simulationsmodell, sind politische Entscheider und alle übrigen Interessierten aus Wissenschaft und Wirtschaft. Das Planspiel (siehe dritter Band dieses Abschlussberichts) kann und sollte darüber hinaus auch im Bildungsbereich eingesetzt werden.

Zur Entwicklung des Simulations-Modells wurde zunächst ein qualitatives Konzeptmodell erstellt, welches zwischen Aufgeber und dem Konsortium diskutiert und weiter entwickelt wurde. Dabei wurde die Gesellschaft über so genannte soziale Milieus abgebildet, die ihrerseits mit unterschiedlichen Präferenzen und Möglichkeiten konsumieren.

In einem wissenschaftlichen Workshop in Berlin wurden 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.

Mit dem so validierten Modell wurde eine kleine Auswahl an Szenarien (= unterschiedliche Simulationen) durchgeführt, die im zweiten Band dieses Abschlussberichts diskutiert werden.

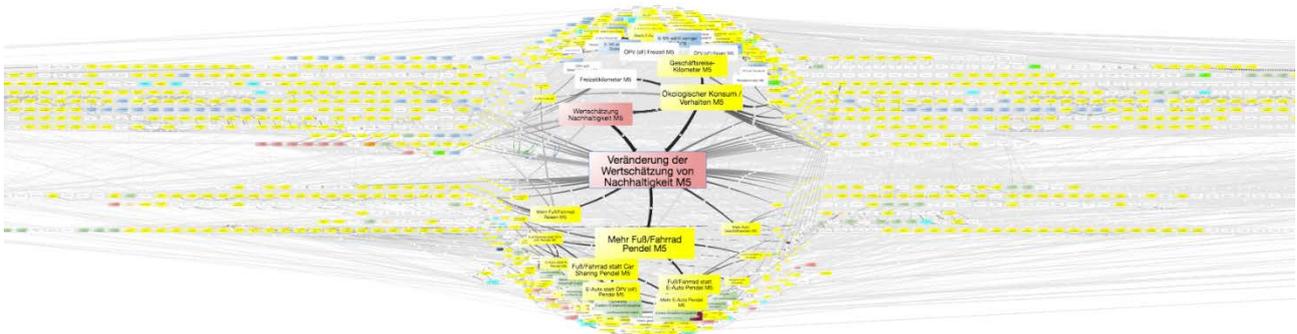
Um dem Ausbau der erneuerbaren Energien und ihrer Ressourcen-Inanspruchnahme in ihren Dynamiken besser erfassen zu können wurde ein zusätzliches Simulationsmodell für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland (D3-EE-Modell) entwickelt, zu dem es einen eigenen Bericht gibt.

2 Vorgehensweise bei der Modellierung

Das Ziel des Modells ist es, Muster aus „großer Flughöhe“ zu erkennen, vergleichbar dem Weltmodell von Meadows et al. (Meadows, Randers, 2015). Da es aber einerseits kaum verwendbare aggregierte Daten zu den Zusammenhängen, die hier betrachtet werden sollen, gibt, und an Beispielen wie Urban Gardening, Car Sharing oder der Elektromobilität auch auf Details geschaut werden soll, wurde ein aufwendiger Weg über eine detaillierte Betrachtung über 4.400 Faktoren gegangen. Dabei wurden sowohl die Konsumfelder (Mobilität, Ernährung, Wohnen, etc.) als auch die Umweltauswirkungen, die Wirtschaftsbranchen etc. aufgeschlüsselt und danach miteinander in Beziehung gesetzt, um dann später als Ergebnis in hochaggregierten Indexwerten zu münden. Somit lassen sich für die häufig „blackbox“-artigen Indexwerte kausal Zusammenhänge und Desaggregationen vornehmen.

Zur Modellierung wurde die webbasierte Simulationssoftware iMODELER (www.imodeler.info) gewählt. Hier werden so genannte Faktoren mit Wirkungspfeilen verbunden, um Wirkungen derart „mehr von ... führt direkt zu mehr/weniger von ...“ abzubilden. Wenngleich es sich mathematisch um ein System Dynamics Modell handelt, benötigt der iMODELER keine strikte Verwendung von so genannten Fluss-, Bestands- und Hilfsfaktoren, sondern kann direkt, wie gerade beschrieben, Wirkungsaussagen quantifizieren. Andere System Dynamics Werkzeuge trennen hier die so genannten Stock and Flow Diagrams von den qualitativen Causal Loop Diagrams (Sterman, 2000). Nichtsdestotrotz nutzt das D3-Modell auch an vielen Stellen explizit Fluss- und Bestandsfaktoren.

Abbildung 1: Das D3-Modell als Ganzes



Quelle: Eigene Abbildung

Das D3-Modell ist mit seinen mehr als 4.400 Faktoren nicht mehr auf einem Blick lesbar darzustellen (Abbildung 1). Vielmehr gilt es, wie die Abbildungen in diesem Bericht jeweils zeigen, das Modell aus ausgewählten Perspektiven mit einer reduzierten Zahl angezeigter Ebenen darzustellen. Das ist eine wesentliche Funktion der Software iMODELER, ein Modell immer nur aus der Perspektive eines auszuwählenden Faktors darzustellen, um dann die Faktoren, die auf diesen einwirken, und die, auf die dieser wirkt, anzuzeigen. Zum Wechseln der Perspektive kann ein Faktor und dann die Schaltfläche rechts von ihm angeklickt werden. Zum Auffinden von Faktoren gibt es das Suchfeld oben rechts.

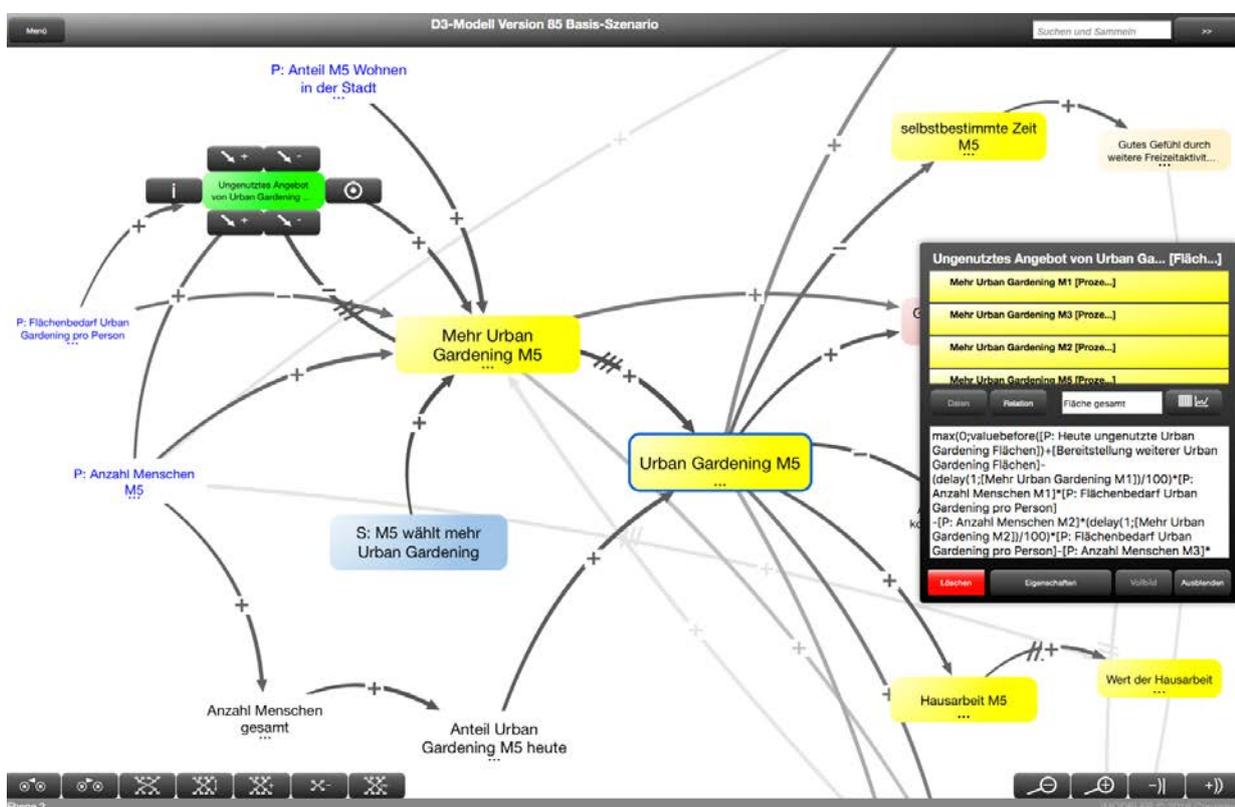
In den folgenden Abschnitten werden Abbildungen direkt aus dem Modell gezeigt – jeweils aus der Perspektive eines ausgewählten Faktors. Die Abbildungen sollen dazu dienen, sich direkt im Modell zu bewegen und dort die viel mehr Faktoren, die nicht alle in diesem Bericht beschrieben werden können, zu finden.

Ein Modell hat endogene und exogene Faktoren. Endogene Faktoren werden durch andere Faktoren im Modell beeinflusst, während exogene Faktoren außerhalb der Systemgrenze des Modells definiert werden.

Die Werte von exogenen Faktoren können entweder als Konstanten oder als Zeitreihen in das Modell gegeben werden. In diesem Modell sind die konstanten Werte bzw. Parameter innerhalb von Formeln nicht direkt in die Formeln eingetragen worden, sondern als eigenständige Faktoren, zum Beispiel „P: Flächenbedarf Urban Gardening je Person“, angelegt (Abbildung 2), zumeist mit dem Zusatz „P: ...“. Auf diese Weise können die im Modell verwendeten Daten leicht gefunden, exportiert und importiert sowie in Cockpits (Abbildung 3) variiert werden.

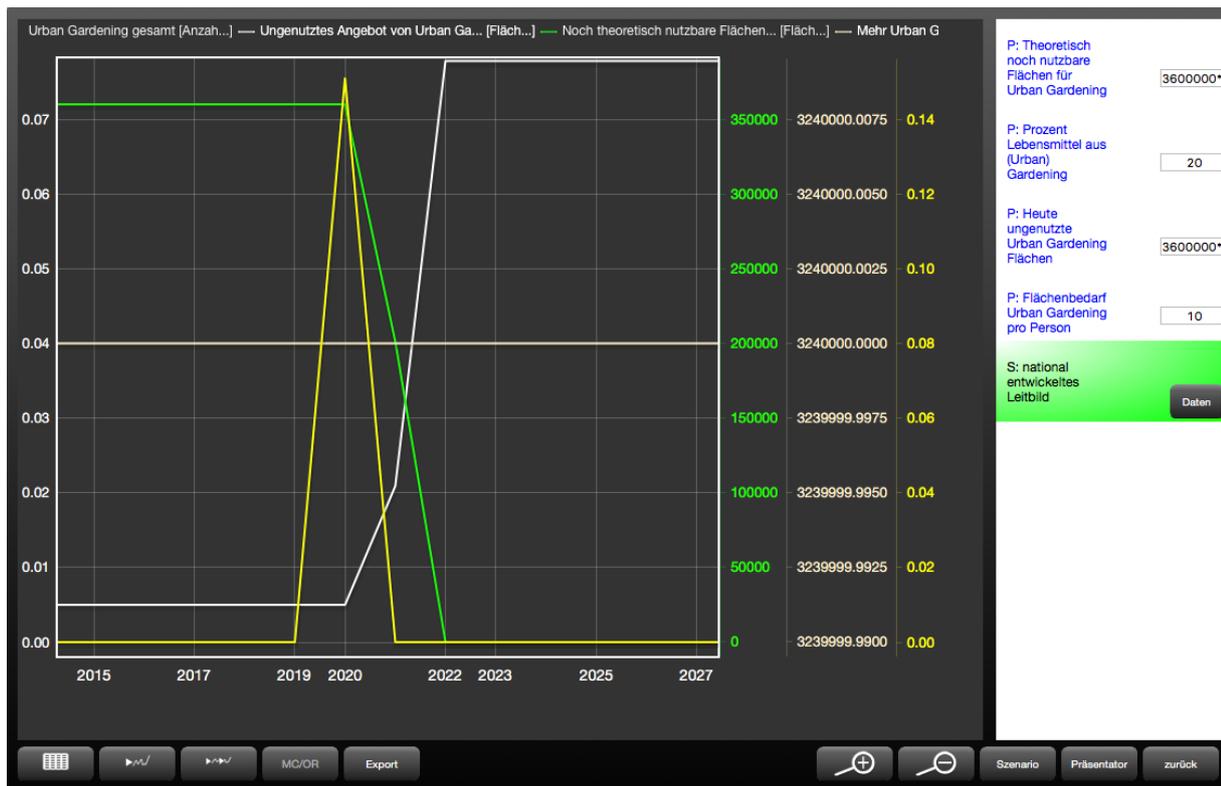
Viele exogene Faktoren sind als konstante Faktoren angelegt. Das Modell könnte aber jederzeit erweitert werden bzw. Annahmen variiert werden, indem für einzelne Parameter für die Zukunft Entwicklungen angenommen werden, etwa anzunehmen, dass, bedingt z.B. durch technischen Fortschritt, der Schadstoffausstoß einer Branche abnimmt oder der Ressourcenbedarf beim Ausbau von erneuerbaren Energien zurückgeht.

Abbildung 2: Ausschnitt mit Parameter-Faktoren, die dann in einer Formel verwendet werden



Quelle: Eigene Abbildung

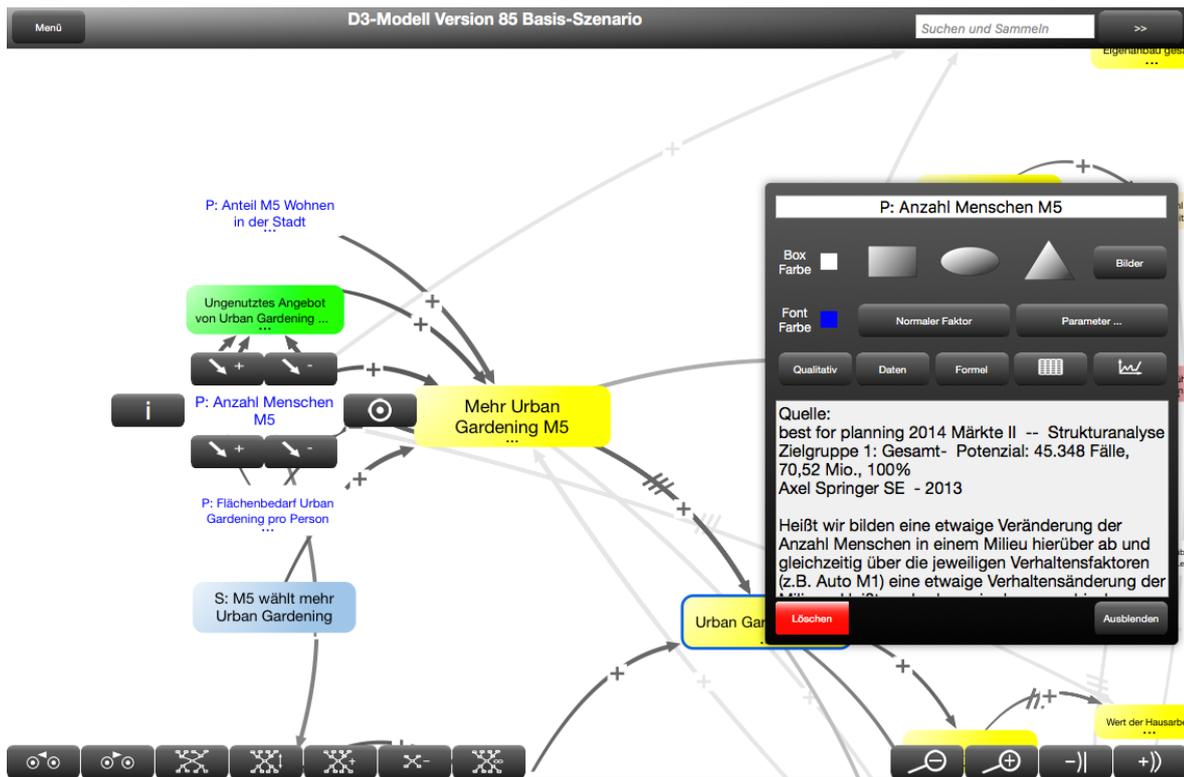
Abbildung 3: Zugriff auf Parameter und Wertereihen exogener Faktoren in Cockpits



Quelle: Eigene Abbildung

Da der Anspruch an das Modell keine exakte Vorhersage von Entwicklungen, sondern ein verbessertes Verständnis der groben Zusammenhänge ist, wurden bei den über 1000 Parametern jeweils nur mit begrenztem Aufwand zu findende Werte auch aus Sekundärquellen zumeist aus dem Zeitraum von 2011 bis 2015 gewählt und die Quelle in den Beschreibungstext der Faktoren eingefügt (Abbildung 4).

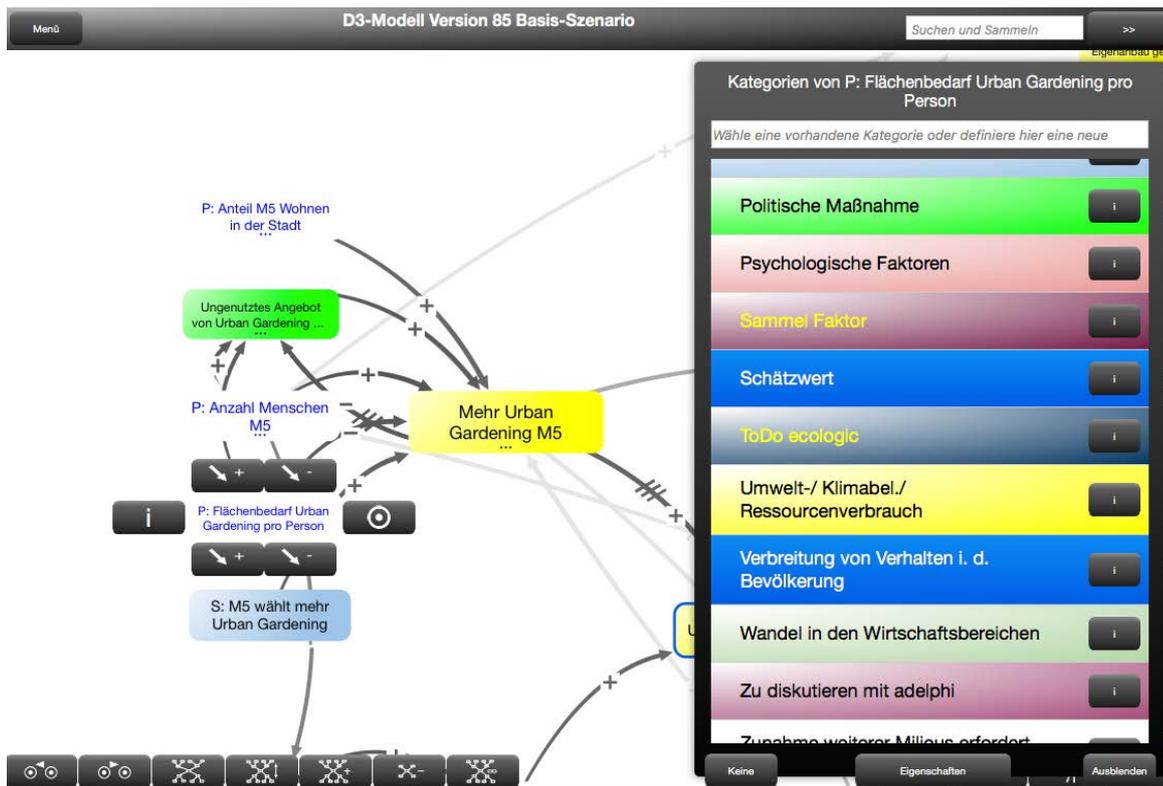
Abbildung 4: Quellen und weitere Erläuterungen in den Beschreibungstexten der Faktoren



Quelle: Eigene Abbildung

An manchen Stellen waren keine Daten verfügbar. Hier wurden Schätzwerte gewählt und den Faktoren zudem die Kategorie „Schätzwert“ gegeben (Abbildung 5; siehe nächste Seite).

Abbildung 5: Faktoren können mehrere Kategorien zugewiesen bekommen



Quelle: Eigene Abbildung

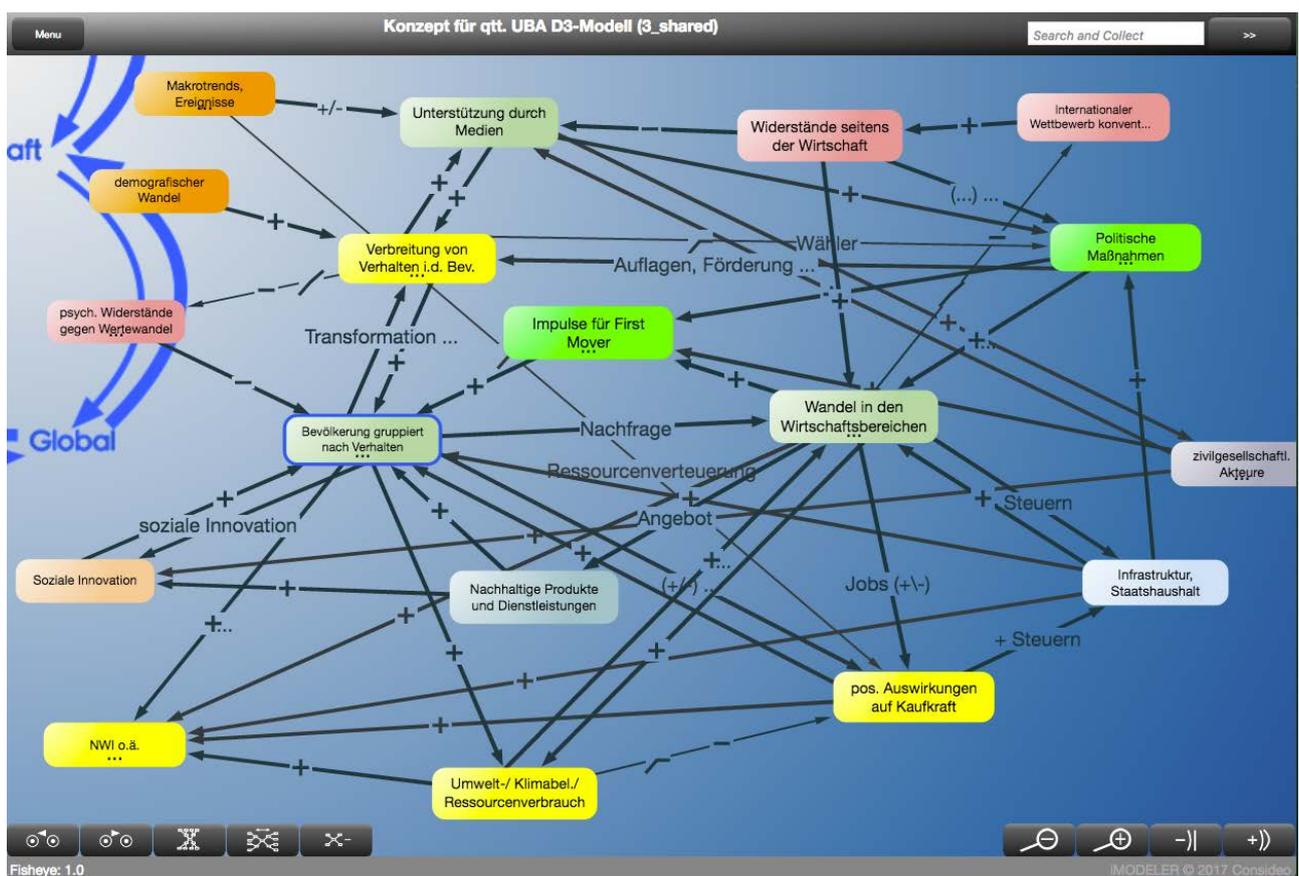
Die nächsten Abschnitte beschreiben den grundsätzlichen Aufbau des Modells.

Die meisten Formeln im D3-Modell sind einfache Additionen und Multiplikationen, und die endogenen Parameter-Formeln haben in der Regel nur einen konstanten Wert oder eine konkrete Zeitreihe. Bei aufwändigeren Formeln ist bei den Faktoren zumindest bei Milieu 1 (zu erkennen am „M1“ im Faktornamen) eine Erläuterung zum Aufbau der Formel im Beschreibungstext des Faktors hinterlegt.

Als Zeitraum wurde 2012 bis 2065 gewählt - um das Modell aber so genannten Lasttests zu unterziehen, wurde die Simulation auch bis 2165 durchgeführt. Allerdings ergeben sich bei längeren Zeiträumen Herausforderungen bei der Interpretation der sozialen Milieus (siehe Kapitel 7.5) und auch der technologische und gesellschaftliche sowie geopolitische Wandel lassen sich so lang kaum fortschreiben.

Der Gesamtumfang des Modells wurde vorweg in einem Konzeptmodell entwickelt (Abbildung 6).

Abbildung 6: Konzeptmodell zum Umfang des D3-Modells¹



Quelle: Eigene Abbildung

Die Verhaltensweisen (siehe 3.2) wurden dann je sozialem Milieu angelegt. Die Auswirkungen wurden dann sowohl auf die Wirtschaft als auch auf Umwelt und Wohlfahrt prozentual gemäß der Anteile der Milieus und innerhalb der Milieus betrachtet. Am Ende wurden Wirtschaft, Umwelt (inkl. Ressourcen-Inanspruchnahme und Klimaauswirkungen) sowie Wohlfahrt zudem nicht in absoluten Zahlen, sondern in relativen Indizes ausgegeben. Somit ist das Ergebnis bewusst grob und dennoch die Herleitung im Einzelnen mit konkreten prozentualen Anteilen transparent nachvollziehbar.

Beispiel: Es wird angenommen, dass ein Teil eines Milieus mehr Bio-Lebensmittel wählt. Das verändert zuerst einmal gemäß dem Anteil der Menschen am eigenen Milieu und des jeweiligen Milieus an der Gesamtbevölkerung die konventionelle und die ökologische Lebensmittelindustrie und daraufhin auch die Landwirtschaft im In- und Ausland. Diese Veränderungen wiederum wirken sich auf Flächenbedarf und Umwelt aus. Indirekt ergeben sich zudem Auswirkungen auf Wohlfahrt und Zufriedenheit. Letztere resultiert auch aus einer Steigerung von Nachhaltigkeit als gelebten Wert zuerst in den sozialen Milieus und dann über den sogenannten spillover - Effekt (Hamann et al, 2016) auch in der Gesellschaft insgesamt und, je nach Parameter-Einstellung im Modell, dann auch auf andere Milieus und andere Verhaltensweisen, etwa bei der Mobilität oder beim Wohnen.

Die Annahmen, ob und wie stark sich Verhaltensweisen auf andere Bereiche und Menschen anderer sozialer Milieus auswirken, lassen sich im D3-Modell über Parameter variieren. Hierzu gibt es keine

¹ Verfügbar unter <http://www.imodeler.info/ro?key=Bx-ZfIAU8lktHwi9h0iYM9w>

gesicherten Daten, jedoch können im Sinne abduktiver Logik (Fabricius, 2016) Annahmen in Szenarien erprobt werden.

3 Aufbau des Modells

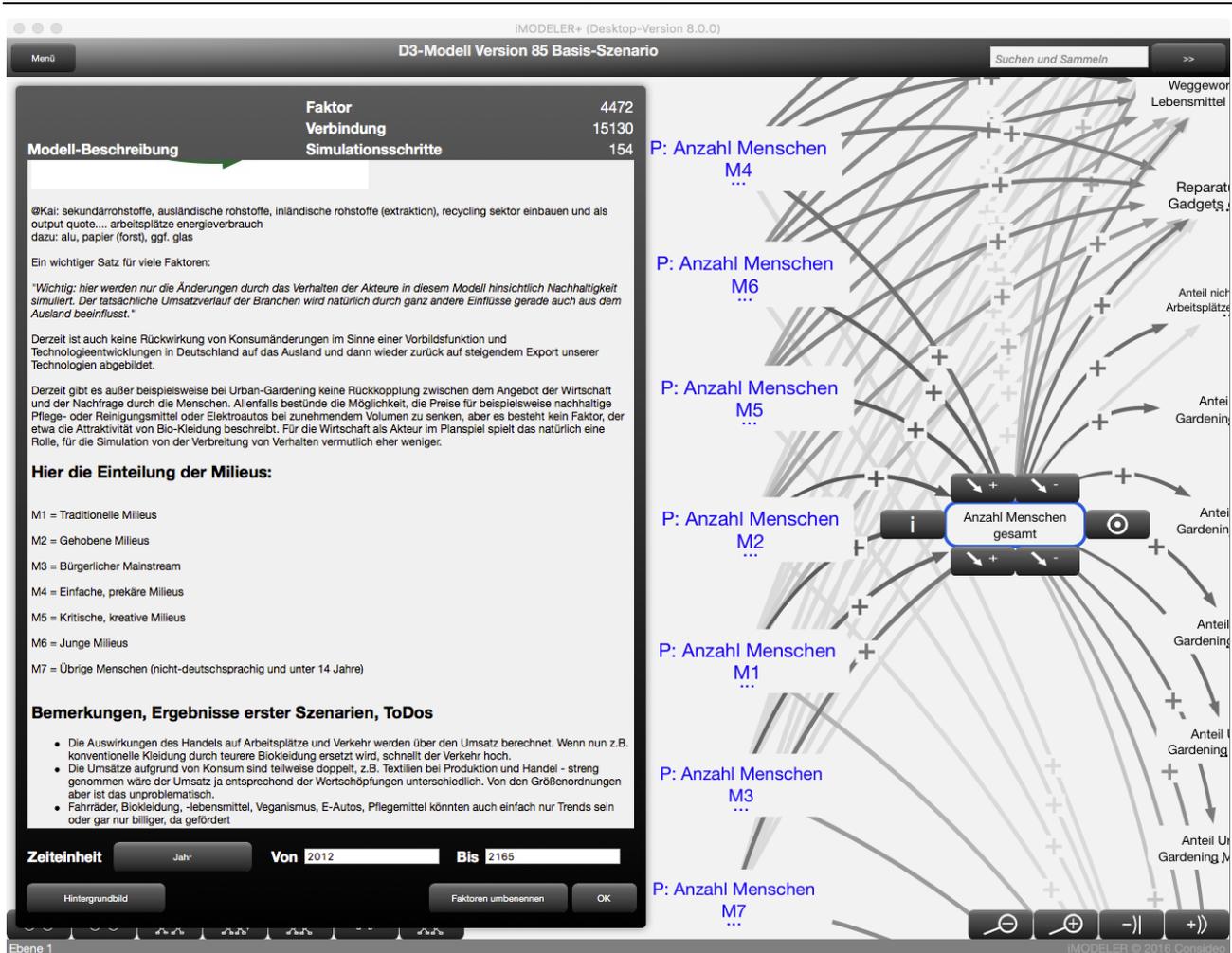
Nachfolgend werden die zu dem in Abbildung 6 gezeigten Grundzusammenhang berücksichtigten Faktoren des Modells jeweils mit Abbildungen von Modellausschnitten beschrieben, die ermöglichen sollen, die entsprechenden Stellen in dem umfangreichen Modell wiederzufinden. Gezeigt wird das Modell jeweils aus Perspektive eines Faktors, zu erkennen an seiner blauen Umrandung und mit zumeist nur ein bis drei eingeblendeten Verbindungsebenen.

3.1 Soziale Milieus

Ein wesentliches Alleinstellungsmerkmal des Modells ist die Betrachtung von sozialen Milieus und deren gegenseitiger Beeinflussung. Daraus ergibt sich auch der Ausgangspunkt für den Aufbau des Modells: die differenzierte Betrachtung der Bevölkerung in Form von sozialen Milieus mit der Modellierung von deren anteiligen Verhalten (Konsum- oder Bedürfnisfelder) heute, und möglichen Verhaltensänderungen im Zeitverlauf.

Soziale 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. Sie beschreiben die verschiedenen parallel existierenden Lebenswelten in einer Gesellschaft. Insofern sind sie in besonderer Weise geeignet, Verhaltensweisen und Verhaltensänderungen vor dem Hintergrund grundlegender Alltagsorientierungen zu modellieren.

Abbildung 7: Aufteilung der Bevölkerung in sechs soziale Milieus sowie eine siebte Gruppe („M7: Übrige Menschen“, d. h. nicht deutschsprachig oder unter 14 Jahren)



Quelle: Eigene Abbildung

In modernen, hochgradig fragmentierten Gesellschaften lassen sich vielfältige unterschiedliche Lebenswelten ausmachen. Im D3-Modell haben wir einen vereinfachten Ansatz mit sechs Milieus nach dem Modell von sociodimensions gewählt. Außerdem werden die Menschen, die in Deutschland leben, aber nicht deutschsprachig und/oder jünger als 14 Jahre und daher in den üblichen Milieustudien nicht vertreten sind, als eine weitere, siebte Gruppe („M7“) einbezogen. Um deutlich zu machen, dass es sich bei diesen großen gesellschaftlichen Gruppen um zusammengefasste Segmente handelt, die unterscheidende Teilgruppen enthalten, werden die Bezeichnungen hier immer im Plural verwendet: „Milieus“.

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)

Im Folgenden werden diese sozialen Milieus kurz charakterisiert:

- ▶ **Traditionelle Milieus:** Ältere Personen, meist über 70 Jahre alt. Unterschiedliche Bildungsniveaus und unterschiedliche Einkommen. Suchen nach Ordnung, Sicherheit und Stabilität. Möchten Gewohntes bewahren. Lebensmotto: Hoffentlich bleibt alles so, wie es ist.
- ▶ **Gehobene Milieus:** Mittlere und höhere Altersgruppen (40 bis 70 Jahre). Höheres Bildungsniveau, höhere Einkommen. Leistungs- und erfolgsorientiert. Maßstäbe sind Machbarkeit und wirtschaftliche Effizienz. Lebensmotto: Auf das Erreichte stolz sein und es genießen.
- ▶ **Bürgerlicher Mainstream:** Mittlere und höhere Altersgruppen (40 bis 70 Jahre). Mittlere Formalbildung, mittlere Einkommen. Selbstbild als Mitte der Gesellschaft. An Komfort und Convenience orientiert. Ausgeprägtes Preis-Leistungsbewusstsein. Zunehmende Ängste vor sozialem Abstieg. Lebensmotto: Dazugehören, integriert sein.
- ▶ **Prekäre Milieus:** Alle Altersgruppen. Niedrige Formalbildung, meist sehr geringe Einkommen. Teilhabe an Konsum und sozialem Leben stark eingeschränkt. Lebensmotto: Über die Runden kommen, nicht negativ auffallen.
- ▶ **Kritisch-kreative Milieus:** Unterschiedliche Altersgruppen. Mittlere oder höhere Formalbildung, breites Spektrum unterschiedlicher Einkommen. Aufgeklärt, weltoffen, tolerant. Vielfältige intellektuelle und kulturelle Interessen. Lebensmotto: Die Dinge kritisch hinterfragen; verantwortlich und sinnvoll leben.
- ▶ **Junge Milieus:** Unter 30 Jahre. „Digital Natives“, die globalisierte und digitale Welt ist selbstverständlich. Die Zukunft ist voller Unsicherheiten und eigentlich nicht planbar. Herausforderungen nehmen sie pragmatisch an. Die Familie ist ihr Sicherheitsanker und Ruhepol. Lebensmotto: Seinen Platz in der Gesellschaft finden.

Die milieuspezifische Datenanalyse wurde von sociodimensions vorgenommen. Die benutzten Datenquellen waren: b4p 2014, BMUB/UBA 2015, UBA 2012 und Kleinhüchelkotten et al. 2016. Für einige Faktoren, für die keine unmittelbaren empirischen Milieu-Daten vorlagen, wurden die Lücken durch die Expertise von M. Schipperges (sociodimensions) und anderen aus dem Konsortium aufgrund eines „educated guess“ gefüllt.

In Band 2 der Berichtreihe wird es um mögliche Grenzen dieses Milieu-Ansatzes gehen.

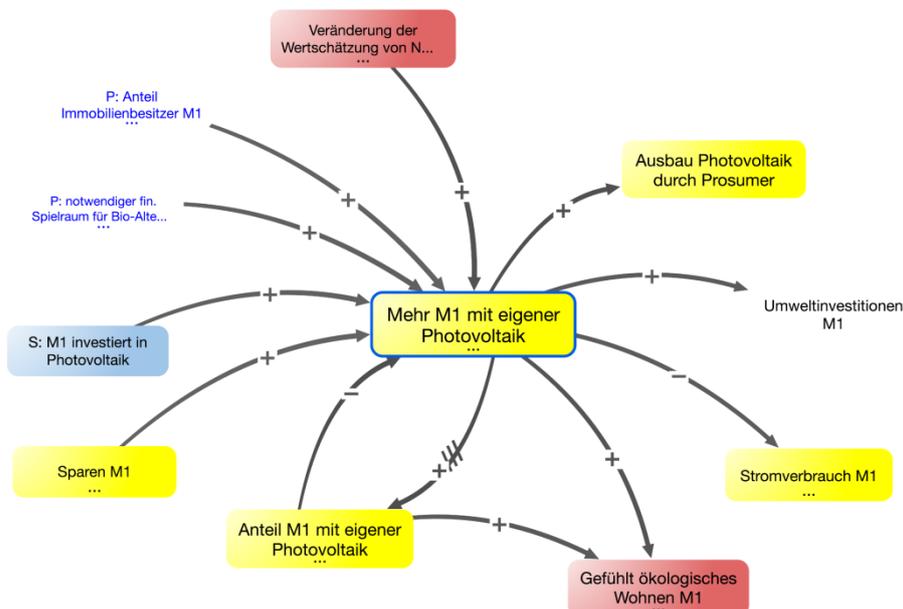
Die Verhaltensweisen und deren Veränderung sind im Modell explizit für jedes der sechs Milieus und der siebten Teilgruppe („M7: Übrige Menschen“, d.h. nicht deutschsprachig oder unter 14 Jahren) abgebildet. Dazu werden im Faktornamen jeweils M1, M2, usw. verwendet.

3.2 Im D3-Modell berücksichtigte Verhaltensweisen

Das D3-Modell betrachtet Verhaltensweisen aus den Bereichen Ernährung (Konsum von Nahrungsmitteln, eigenes Gärtnern), Mobilität, Wohnen, Kleidung und „sonstigem Konsum“ (z.B. Reinigungs- und Pflegemittel oder auch Nutzung kultureller Angebote). Dabei geht es entweder um eine konventionelle und eine nachhaltige Variante, etwa bei Kleidung und Reinigungsmitteln, oder um konkrete Auswahl von Optionen, etwa bei E-Autos oder bei Geothermie.

Der Methodik von System Dynamics (Sterman, 2000) folgend wird in einem so genannten Bestandsfaktor, z.B. „Biokleidung M5“, dabei der prozentuale Anteil an Personen innerhalb eines Milieus gemäß aktueller Datenlage abgebildet. Ein so genannter Flussfaktor, z.B. „Mehr Biokleidung M5“ sorgt für mehr oder weniger von diesem Anteil. Das Mehr des einen löst in der Regel ein Weniger anderswo aus, z.B. weniger des Bestandsfaktors „Konventionelle Kleidung M5“.

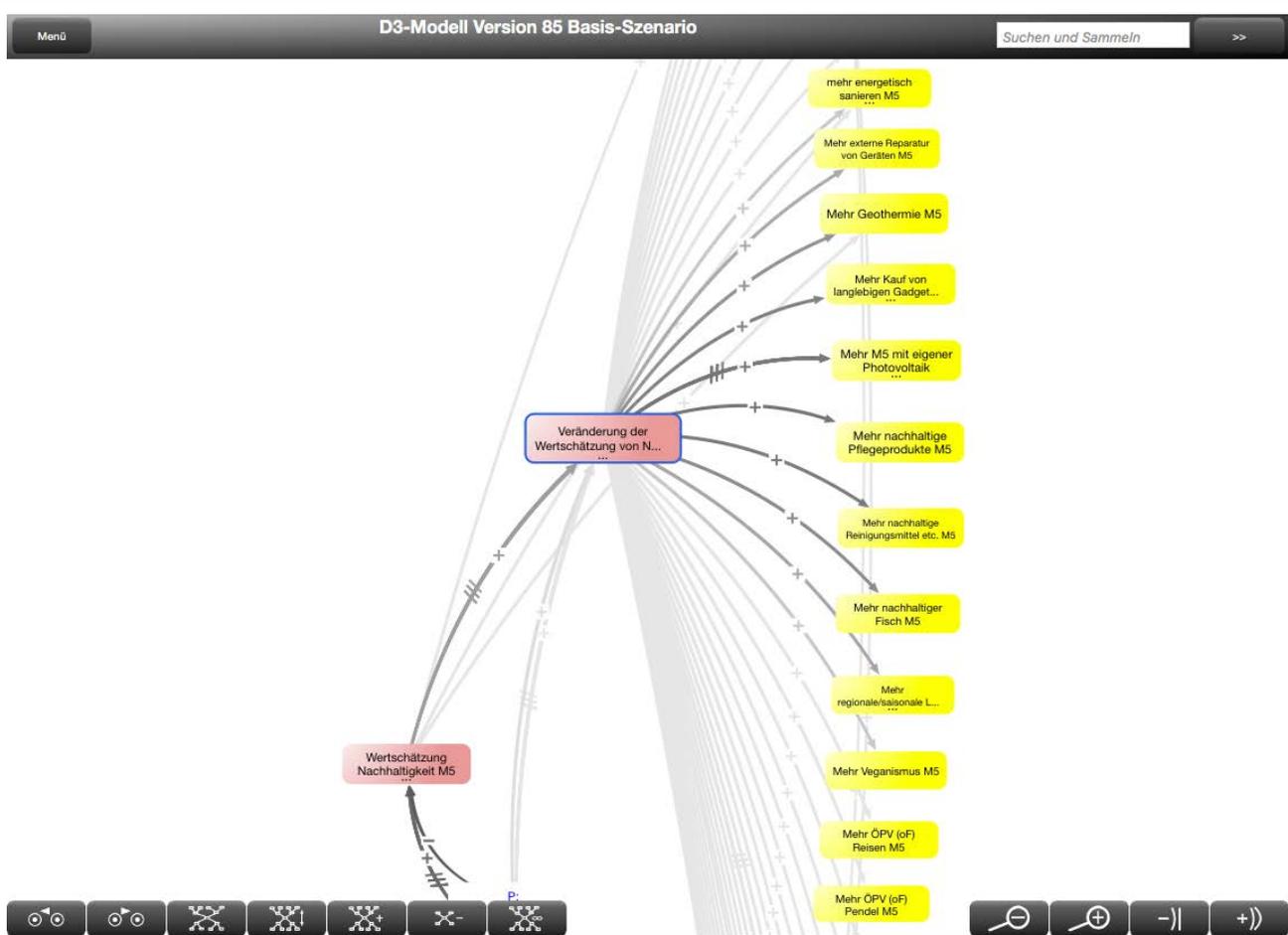
Abbildung 8: Auswirkungen von Verhaltensänderungen eines sozialen Milieus - hier mehr eigene Photovoltaik



Quelle: Eigene Abbildung

Abbildung 8 zeigt ein Beispiel, wie Verhaltensänderungen abgebildet werden. Der Bestandsfaktor „Anteil M1 mit eigener Photovoltaik“ wird durch den Flussfaktor „Mehr M1 mit eigener Photovoltaik“ beeinflusst. Mehr Photovoltaik kann dabei durch einen Parameter von außen exogen vorgegeben werden, über den Faktor „S: M1 investiert in Photovoltaik“, oder endogen mit der Simulation des Modells durch eine Veränderung der Wertschätzung von Nachhaltigkeit in dem Milieu in Abhängigkeit von ausreichenden finanziellen Mitteln und natürlich dem Vorhandensein eigener Immobilien erfolgen.

Abbildung 9: Im Modell berücksichtigte mögliche Verhaltensänderungen



Quelle: Eigene Abbildung

Abbildung 9 zeigt, wie aus der Perspektive der Faktoren zur Veränderung der Wertschätzung von Nachhaltigkeit der jeweiligen sozialen Milieus die Flussfaktoren zu den im Modell berücksichtigten Verhaltensweisen sichtbar werden. Folgende Bereiche sind berücksichtigt:

- ▶ Öko-Strom (vs. konventionell)
- ▶ Urban Gardening
- ▶ Bio-Kleidung (vs. konventionell)
- ▶ Bio-Lebensmittel (vs. konventionell)
- ▶ energetisch Sanieren
- ▶ Geothermie
- ▶ Photovoltaik
- ▶ Solarthermie
- ▶ Investition in sparsame Technik im Haushalt
- ▶ E-Autobesitz
- ▶ Car Sharing (Reisen, Pendeln, Freizeit, Geschäftsreisen)
- ▶ ÖPV (oF) (Reisen, Pendeln, Freizeit, Geschäftsreisen)
- ▶ Fuß/Fahrrad (Reisen, Pendel, Freizeit, Geschäftsreisen)
- ▶ weniger Kilometer (Reisen, Freizeit)
- ▶ weniger Kleidung (kaufen, besitzen)
- ▶ mehr Ausleihen (bezogen auf Gadgets etc.)
- ▶ mehr eigene Reparatur (bezogen auf Gadgets etc.)

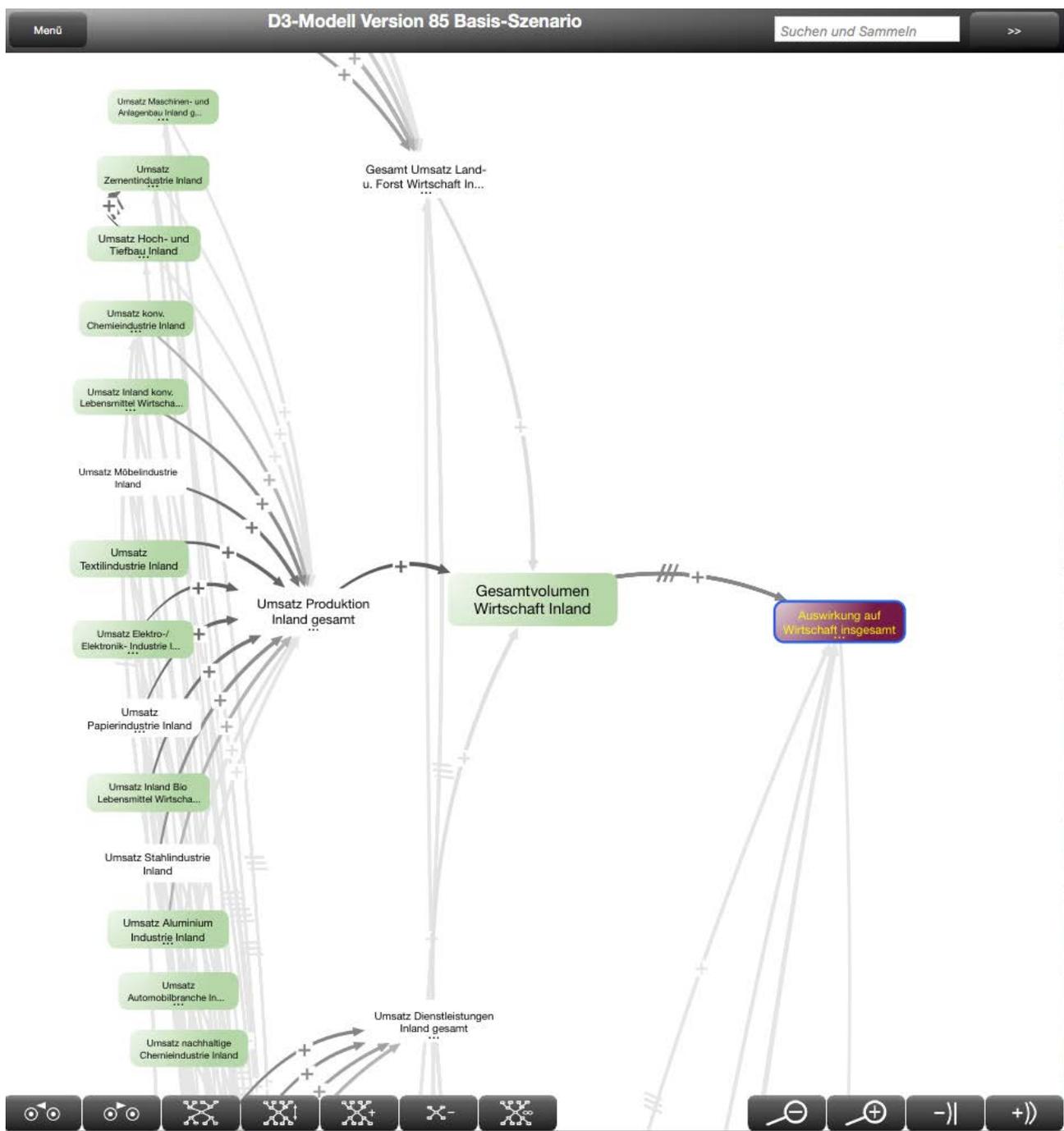
- ▶ mehr externe Reparatur (bezogen auf Gadgets etc.)
- ▶ mehr langlebige Gadgets (vs. kurzlebige)
- ▶ nachhaltige Reinigungsmittel (vs. konventionelle)
- ▶ nachhaltige Pflegeprodukte (vs. konventionelle)
- ▶ regionale/saisonale Lebensmittel (konventionell)
- ▶ nachhaltiger Fisch
- ▶ Veganismus
- ▶ Vegetarismus
- ▶ weniger zu transportierende Getränke

3.3 Die im D3-Modell berücksichtigten Wirtschaftsbereiche

Ausgehend von den in 4.2 beschriebenen Verhaltensbereichen der Bevölkerung geht das Modell auf die Wirtschaft ein.

Damit sind einige Bereiche der Wirtschaft nicht enthalten - etwa die Rüstungsindustrie und auch nicht der Export oder reine Business-to-Business Bereiche, die nicht den Endverbrauch tangieren. Grundsätzlich sind alle Bereiche stark vereinfacht und nur in den monetären Größenordnungen erfasst, etwa mit Überschneidungen bei der Chemie-, der Automobilindustrie und dem Maschinen-/Anlagenbau. Es geht in dem D3-Modell nur um die groben Einflüsse des Verbraucherverhaltens auf die Wirtschaft und direkt und indirekt auf Umwelt, Ressourcen, etc. Das bedeutet auch, dass das Modell keine Aussagen zur Entwicklung von Branchen macht, da diese Entwicklungen immer auch von Entwicklungen im Rest der Welt abhängen, die in diesem Modell außerhalb der so genannten Systemgrenzen liegen. Vielmehr wird eine Veränderung der Wirtschaftsbereiche allein durch die Veränderungen der Verhaltensweisen der Akteure im Modell (die sozialen Milieus, die Politik und die Wirtschaft selbst) abgebildet.

Abbildung 10: Modell aus der Perspektive der Auswirkungen auf die Wirtschaft insgesamt



Quelle: Eigene Abbildung

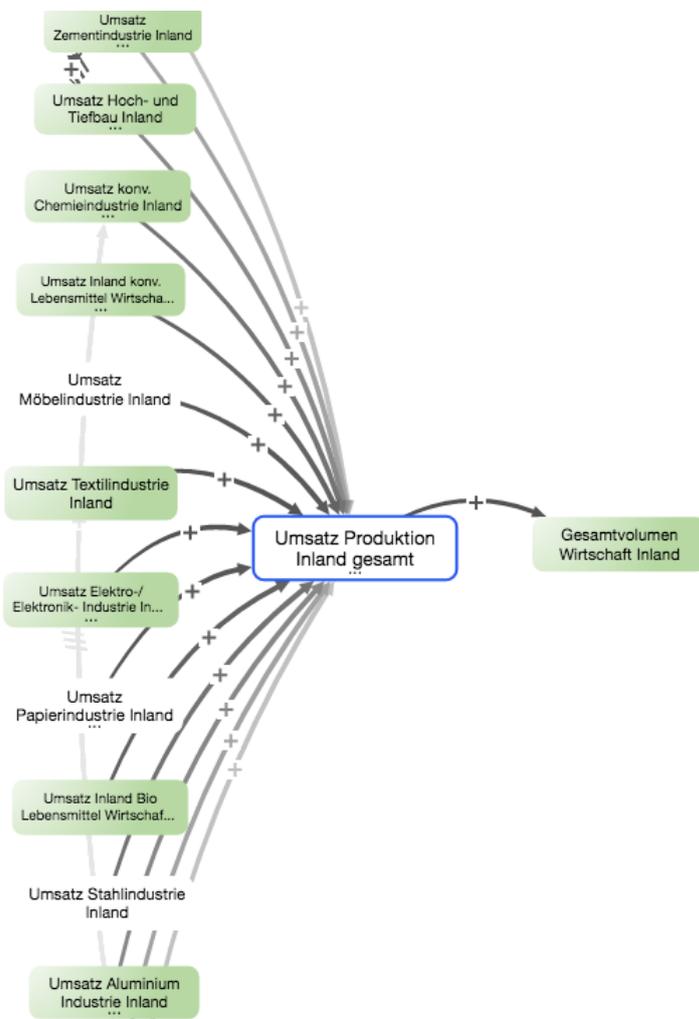
Folgende Bereiche der Wirtschaft sind durch Faktoren abgebildet (teilweise jeweils nachhaltig/konventionell):

- ▶ Aluminiumindustrie
- ▶ Automobilbranche
- ▶ Chemieindustrie
- ▶ Dienstleistungen (Ingenieure, Berater, Wellness, Handwerk)
- ▶ Elektro- und Elektronik-Industrie
- ▶ Hoch- und Tiefbau
- ▶ Land- und Forstwirtschaft mit Fischerei

- ▶ Lebensmittelindustrie
- ▶ Maschinen- und Anlagenbau
- ▶ Möbelindustrie
- ▶ Papierindustrie (nur angelegt, noch keine Daten)
- ▶ Stahlindustrie
- ▶ Textilindustrie
- ▶ Zementindustrie

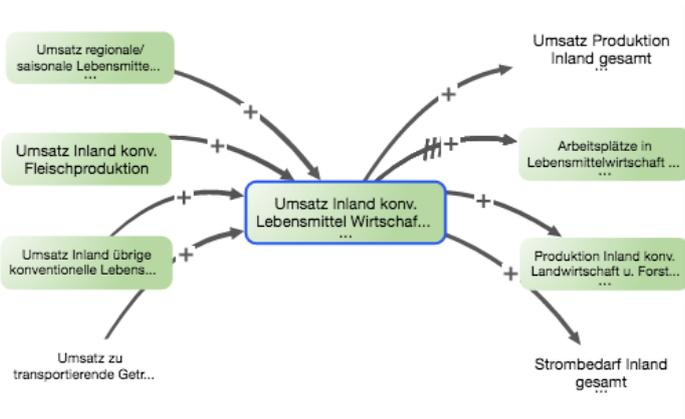
Nachfolgend zeigt eine Strecke von Abbildungen, wie Verhaltensweisen mit der Wirtschaft zusammenhängen. Analog ergeben sich auch die Wirkungsketten zwischen Verhaltensweisen und Umwelt sowie Wirtschaft und Umwelt. Zuerst zeigt Abbildung 11 wie die Produktion Teil des Wirtschaftsvolumens des Inlands ist. Abbildung 12 zeigt dann, wie die Lebensmittelindustrie Teil der Produktion ist, und Abbildung 13 zeigt, wie übrige konventionelle Lebensmittel Teil des Umsatzes der Lebensmittel – Wirtschaft sind. Abbildung 14 zeigt, wie die Ausgaben eines einzelnen Milieus für übrige konventionelle Lebensmittel dann zum Umsatz beitragen und Abbildung 15 zeigt schließlich, wie dieser Anteil je Milieu durch Verhaltensänderungen beeinflusst wird.

Abbildung 11: Modell aus Perspektive des Faktors „Umsatz Produktion Inland gesamt“



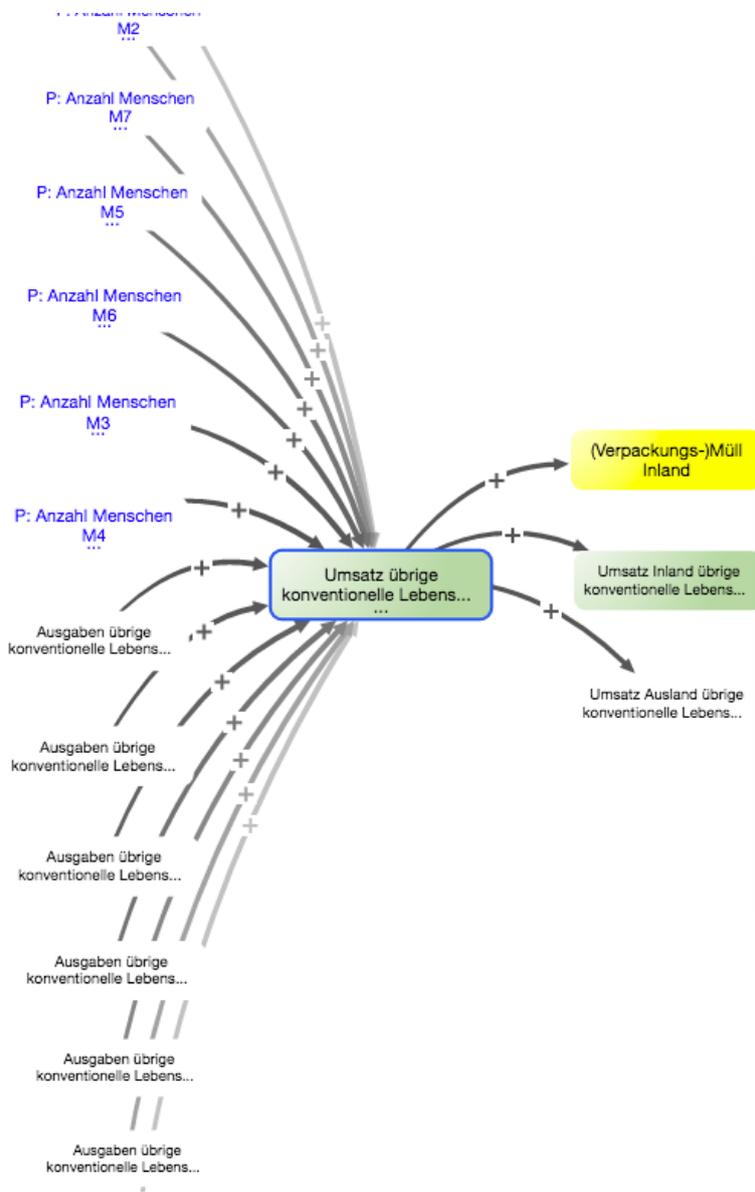
Quelle: Eigene Abbildung

Abbildung 12: Modell aus Perspektive des Faktors „Umsatz Inland konventionelle Lebensmittel Wirtschaft“



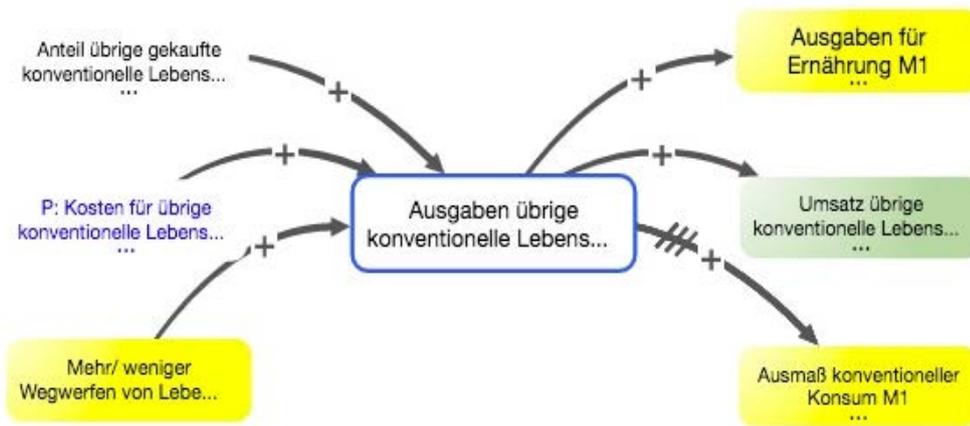
Quelle: Eigene Abbildung

Abbildung 13: Modell aus Perspektive des Faktors „Umsatz übrige konventionelle Lebensmittel“



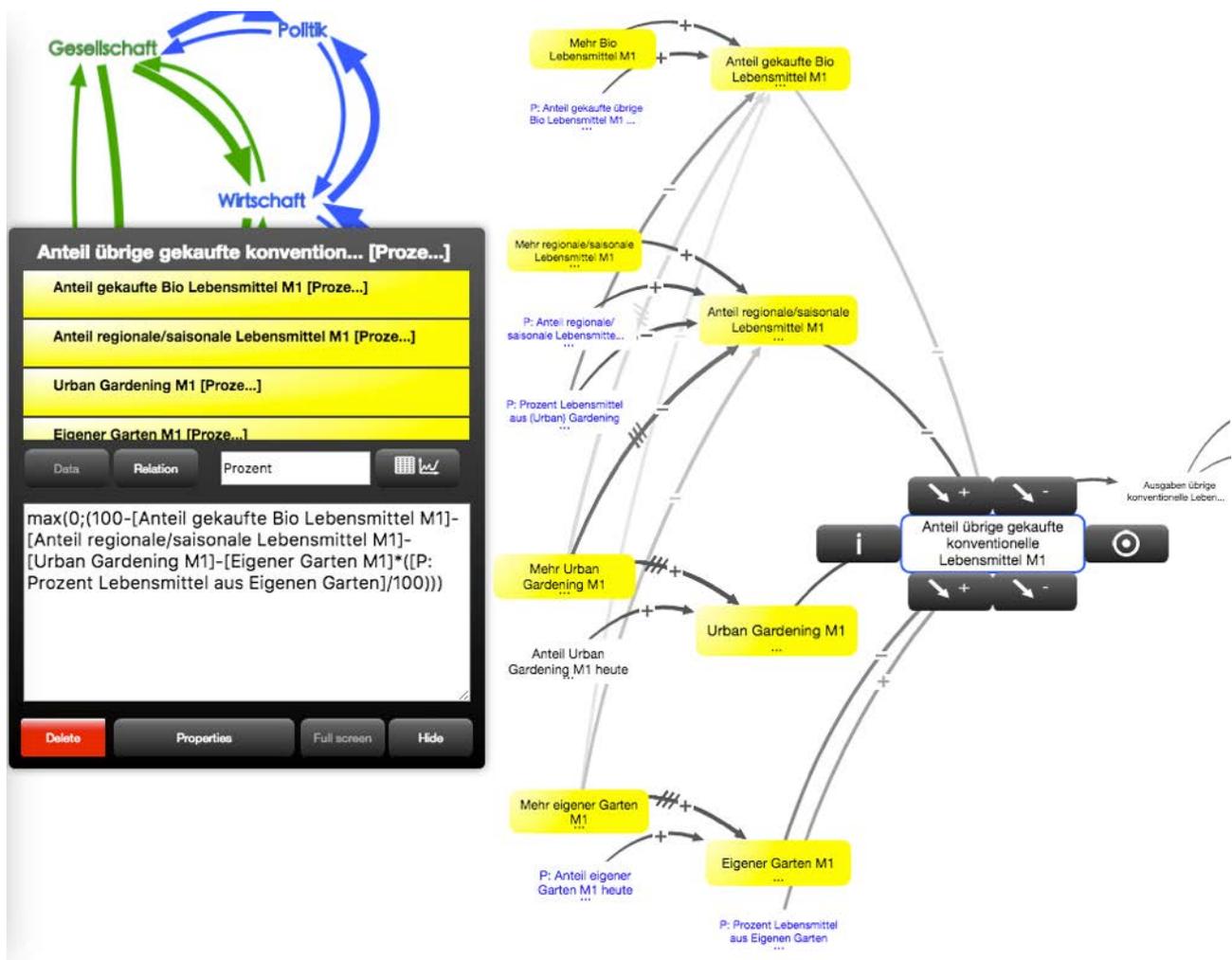
Quelle: Eigene Abbildung

Abbildung 14: Modell aus Perspektive des Faktors „Ausgaben übrige konventionelle Lebensmittel M1“



Quelle: Eigene Abbildung

Abbildung 15: Modell aus Perspektive des Faktors „Anteil übrige gekaufte konventionelle Lebensmittel M1“



Quelle: Eigene Abbildung

Die Formel in Abbildung 15 zeigt eine einfache Subtraktion, deren Ergebnis durch die max() Formel nicht negativ werden kann.

3.4 Im D3-Modell berücksichtigte Auswirkungen auf Umwelt, Klimagase und Ressourcen

Menschliches Verhalten und wirtschaftliche Aktivitäten wirken sich in vielen Bereichen auf den Zustand der Umwelt aus – nicht nur auf die Ökosysteme selber, sondern über Ökosystemdienstleistungen auch direkt und indirekt auf den Menschen. Im Sinne sozial-ökologischer Systeme, in denen ökologische und soziale Systeme in komplexer Weise miteinander in Verbindung stehen und sich durch interdependente Beziehungen und Feedbackprozesse gegenseitig beeinflussen, sind menschliche Aktivitäten eng mit der Umwelt verzahnt (Berkes und Folke 1998); in industrialisierten Ländern insbesondere über die Bereitstellung von Rohstoffen für produzierende und verarbeitende Gewerbe sowie als Senke zur Aufnahme von Abfällen sowie Schadstoff-Emissionen.

Aus der Vielzahl möglicher Bereiche, in denen menschliches Verhalten und wirtschaftliche Aktivitäten auf den Zustand der Umwelt einwirken kann, wurden in Anlehnung an die Vereinfachten Umweltbewertungen des Umweltbundesamtes (VERUM, UBA 2014; vgl. UBA 2017) diejenigen Umweltbelastungsbereiche ausgewählt, die

1. einerseits im Hinblick auf ihre ökologische Relevanz (Bedeutung für ökologische wie sozial-ökologische Systeme), aber auch ihre umweltpolitische Relevanz als zentral erscheinen,
2. andererseits auch die globale, systemische Verantwortung nationaler Umweltpolitik und die globalen Umweltauswirkungen nationaler Produktions- und Konsumaktivitäten betonen.

Darunter fallen²

- ▶ mit Boden-, Gewässer- und Luftbelastungen relevante Umweltmedien als Senken mit Diffusionspotential für mögliche Schadstoffe und potentiellen negativen Folgen für Umwelt und die menschliche Gesundheit;
- ▶ mit Lärmbelastung ein Fokus, der mögliche Beeinträchtigungen insbesondere der menschliche Gesundheit bzw. menschlichen Wohlergehens durch die akustische Verschmutzung menschlichen Verhaltens und wirtschaftlicher Aktivitäten aufgreift;
- ▶ mit Klimawandel (Emission von Klimagasen) und Biodiversität zwei Umweltbereiche, in denen wissenschaftlich vorgeschlagene planetare Grenzen bereits als überschritten gelten (Rockström et al. 2009) und die nicht nur die globale Umwelt(mit)verantwortung Deutschlands deutlich machen, sondern auch umweltpolitisch relevante Ziele auf internationaler wie nationaler Ebene umfassen;
- ▶ mit Ressourceninanspruchnahme ein Fokus auf die Nutzung natürlicher Ressourcen³ durch den sozio-industriellen Metabolismus Deutschlands legen (Bringezu et al. 2009; Fischer-Kowalski 1998; Fischer-Kowalski and Hüttler 1999), inklusive der Nutzung solcher natürlicher Ressourcen im Ausland, die für die Herstellung und Produktion von nach Deutschland importierten Rohstoffen, Halb- und Fertigwaren benötigt sind.

Damit nimmt diese Auswahl chemische Belastungen (z.B. Klimagase), physikalische Belastungen (Lärm) und Verbrauch mineralischer Rohstoffe und fossiler Energieträger (Ressourceninanspruchnahme) in den Blick – und lehnt sich somit an die wesentlichen

² Die weitere Untergliederung der Belastungsaspekte, die unter den hier genannten Umweltbelastungskategorien im D3-Modell abgebildet werden, wird weiter unten in Kapitel 3.4 beschrieben.

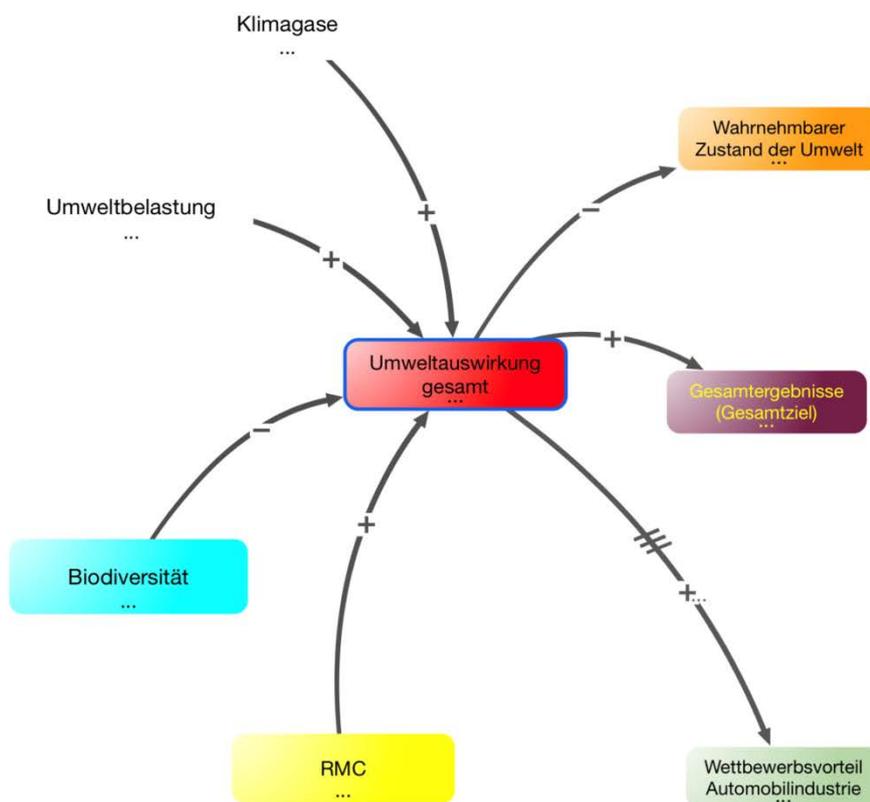
³ In Anlehnung an das Glossar des Umweltbundesamtes zum Ressourcenschutz verstehen wir unter „natürlichen Ressource“ „erneuerbare und nicht erneuerbare Primärrohstoffe, physischer Raum (Fläche), Umweltmedien (Wasser, Boden, Luft), strömende Ressourcen (z.B. Erdwärme, Wind-, Gezeiten- und Sonnenenergie) sowie die Biodiversität. Es ist hierbei unwesentlich, ob die Ressourcen als Quellen für die Herstellung von Produkten oder als Senken zur Aufnahme von Emissionen (Wasser, Boden, Luft) dienen.“ (UBA 2012, S. 22). Im D3-Modell wird der inländische Rohstoffverbrauch RMC (Raw Material Consumption) verwendet (siehe dazu weiter unten in Kapitel 3.4).

Belastungsbereiche nach VERUM an. Darüber hinaus greift diese Auswahl den Ansatz von Driver-Pressure-State-Impact-Response der Europäischen Umweltagentur EEA auf (DPSIR-Ansatz, EEA 1999). Denn über Triebkräfte (driver) wie wirtschaftliche Aktivitäten (hier Ressourceninanspruchnahme) entstehen relevante Belastungen (pressure) wie beispielsweise Klimawandel und Habitatzerstörung, die den Zustand (state) von Ökosystemen bzw. biophysikalischer Systeme und von Umweltmedien vielfach negativ verändern (impact; hier Boden-, Gewässer- und Luftbelastungen) und daher politische und gesellschaftliche Handlungen (response) erfordern.

Gleichzeitig entspricht die Auswahl auch einer Input-Output-Logik, die sowohl den Input an natürlichen Ressourcen in den sozio-industriellen Metabolismus als auch dessen Output im Sinne von Abfällen und Emissionen in die Umwelt berücksichtigt.

Im D3-Modell fließen die vorgenannten Belastungskategorien in einen Sammelfaktor „Umweltauswirkung gesamt“ ein (siehe Abbildung 16), um im Sinne der Kausalkettenlogik mögliche Folgen von Umweltauswirkungen im Modell aggregiert abbilden zu können.

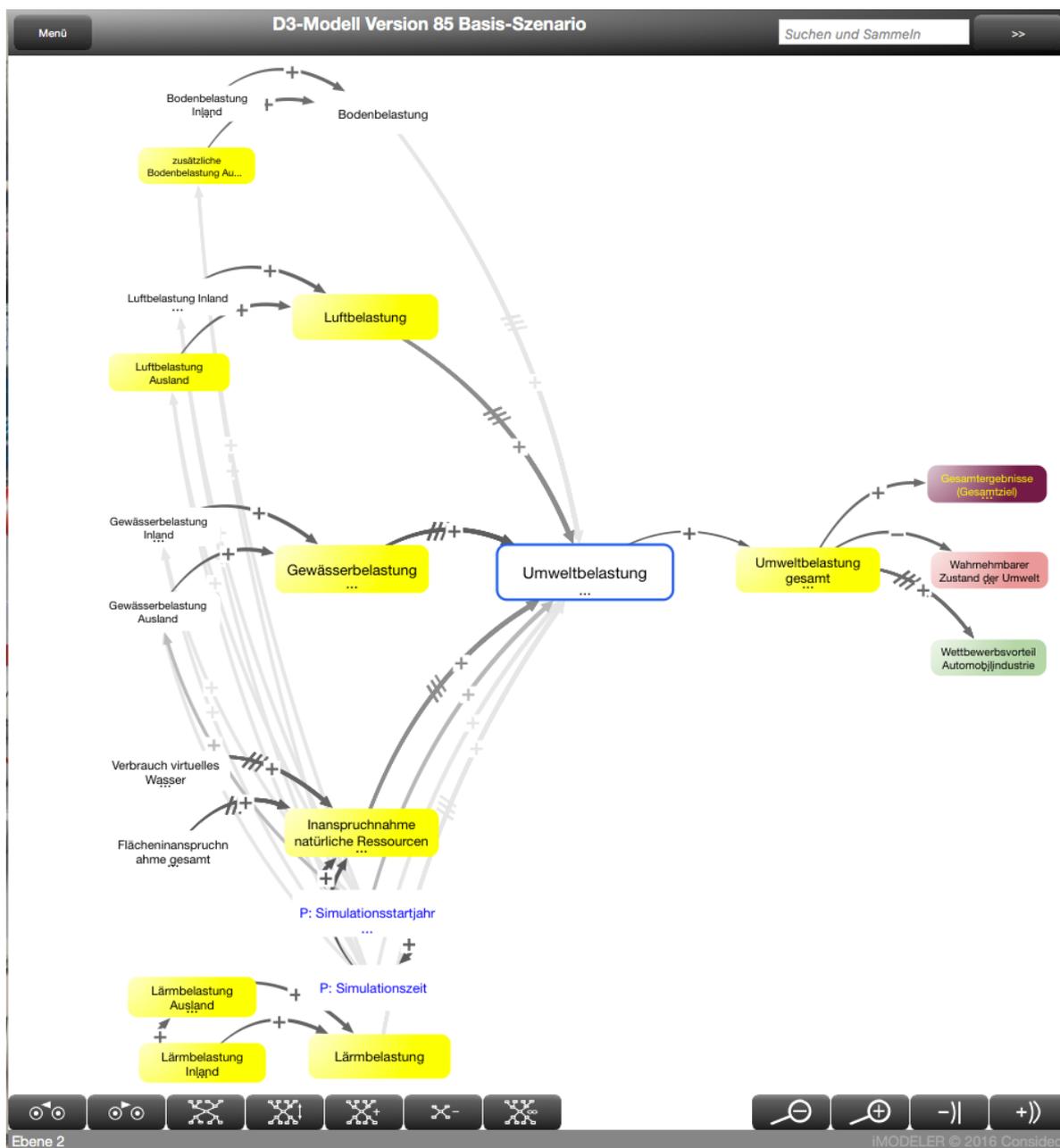
Abbildung 16: Das Modell aus der Perspektive des Sammelfaktors „Umweltauswirkung gesamt“



Quelle: Eigene Abbildung

Um die Auswirkungen menschlichen Verhaltens und wirtschaftlicher Aktivitäten in Deutschland auf die Umwelt in Deutschland und in anderen Ländern abbilden und dadurch die globale Umwelt(mit)verantwortung Deutschlands aufgreifen zu können, unterscheidet das Modell auf aggregierter Ebene der o.g. Umweltbelastungsbereiche (Biodiversität, Boden-, Gewässer-, Lärm- und Luftbelastung, Emissionen von Klimagasen, Ressourceninanspruchnahme) zwischen den Umweltauswirkungen im Inland und denen im Ausland (siehe Abbildung 17).

Abbildung 17: Die Umweltbelastungen D3-Modell, jeweils In- und Ausland



Quelle: Eigene Abbildung

Die einzelnen o.g. Umweltbelastungsbereiche sind anhand der Systematisierungen von VERUM (UBA, 2014) weiter untergliedert. Sie werden im Folgenden näher beschrieben.

3.4.1 Abbildung von Bodenbelastungen im D3-Modell

Im D3-Modell sind wie gerade erläutert in Anlehnung an VERUM einerseits chemische Belastungen durch diffuse Einträge von Nähr- und Schadstoffen in Böden und andererseits physikalische Bodenbelastungen berücksichtigt (siehe Abbildung 18).

Chemische Bodenbelastungen beinhalten mögliche Bodenbelastungen durch

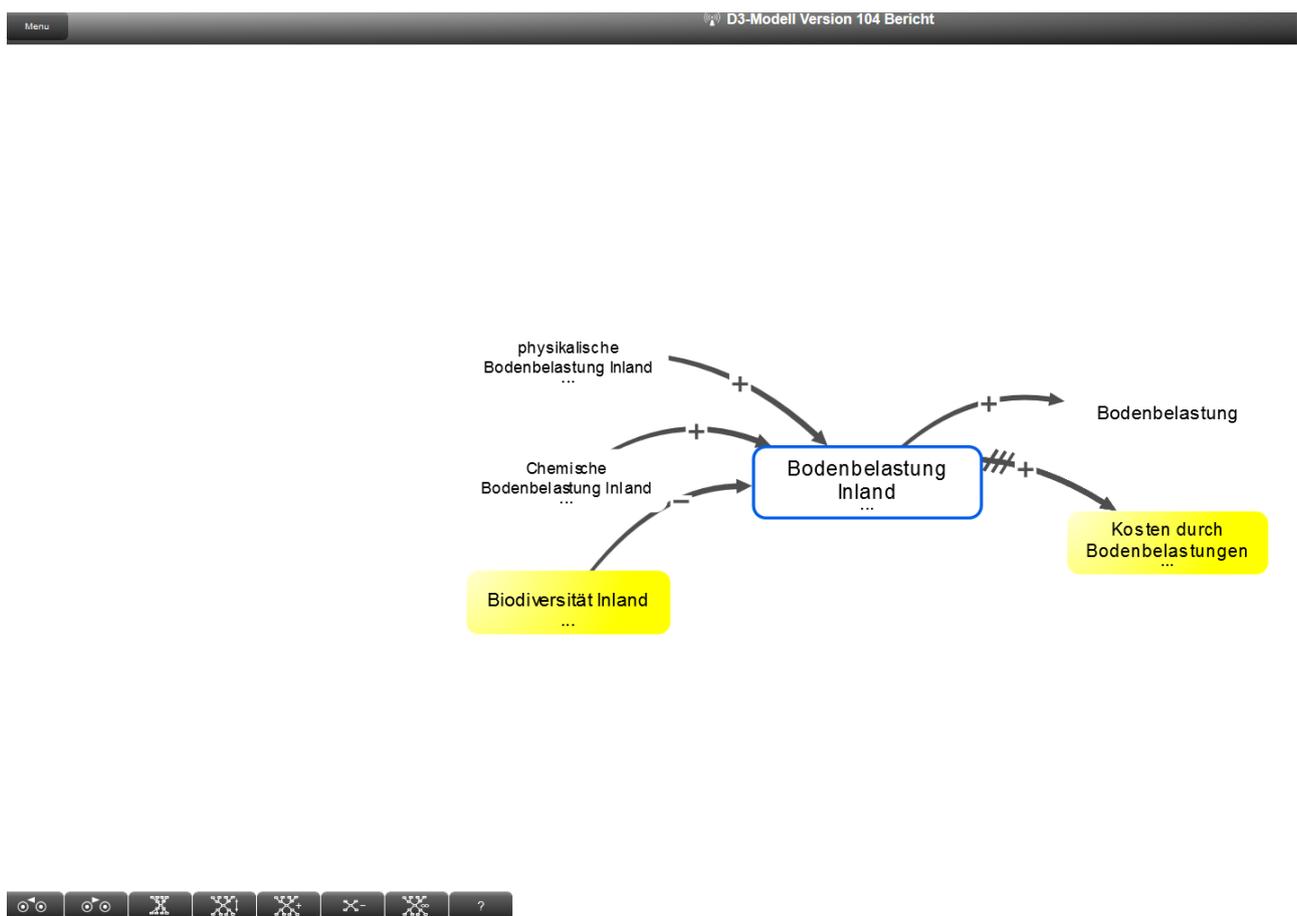
- ▶ landwirtschaftliche Aktivitäten, insbesondere über Pestizide (als Beispiel für persistente organische Mikroverunreinigungen), Phosphor (bspw. in Form von Phosphaten) und Stickstoff (bspw. in Form von Nitrat und Ammonium);

- ▶ ehemalige oder bestehende Mülldeponien, insbesondere über Schwermetalle wie Blei, Arsen und Kupfer, aber auch PAK.

Die physikalischen Bodenbelastungen umfassen Abtragungen und Abgrabungen im Rahmen des Abbaus von:

- ▶ Erzen und Mineralien;
- ▶ Sanden und Kiesen;
- ▶ Stein- und Braunkohle.

Abbildung 18: Die Bodenbelastung im D3-Modell



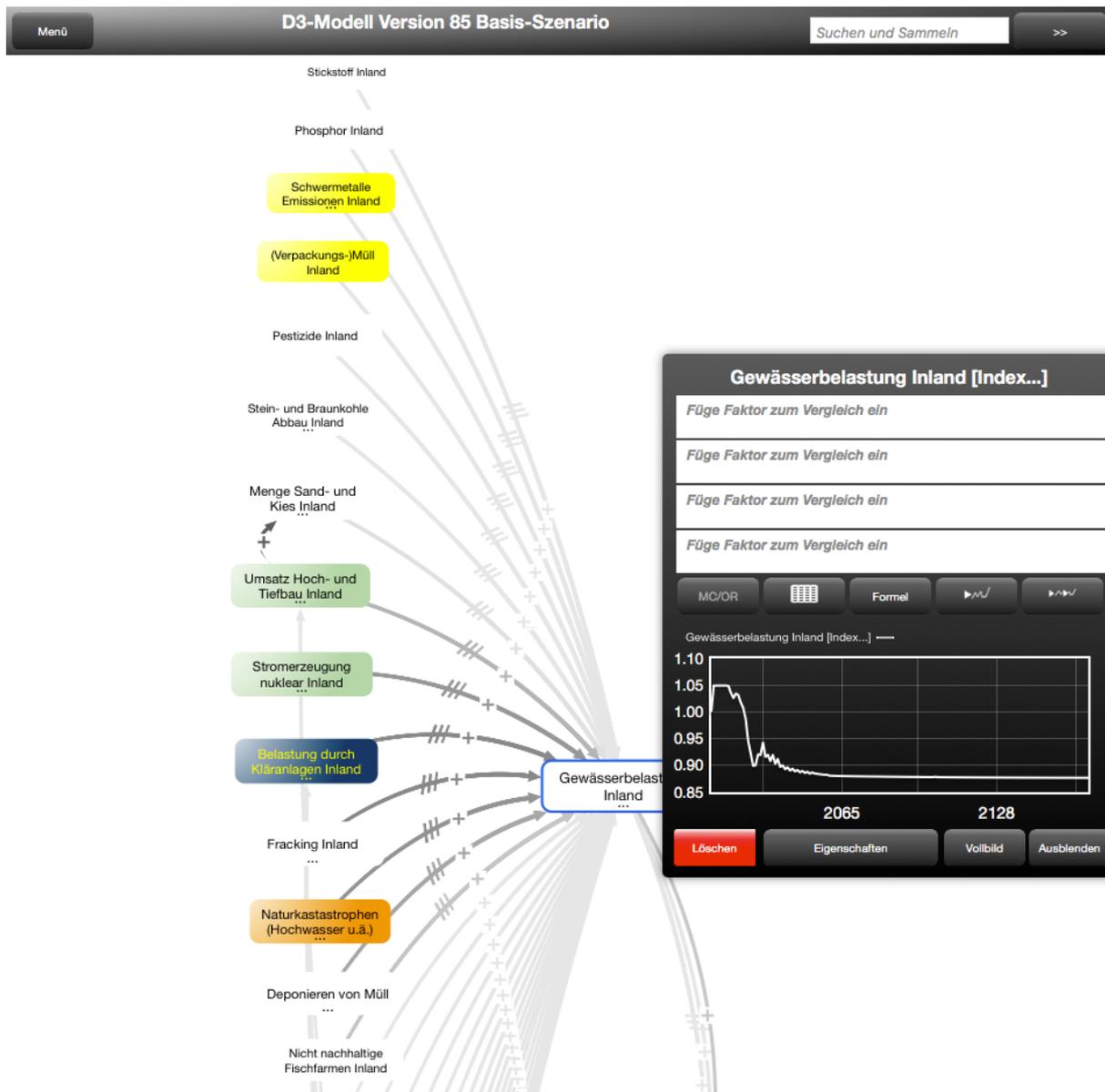
Quelle: Eigene Abbildung

3.4.2 Abbildung von Gewässerbelastungen im D3-Modell

Zur Belastung von Gewässern sind diffuse Nähr- und Schadstoffeinträge berücksichtigt (siehe Abbildung 19), insbesondere:

- ▶ Pestizide (als Beispiel für persistente organische Mikroverunreinigungen);
- ▶ Phosphor (bspw. in Form von Phosphaten);
- ▶ Schwermetalle;
- ▶ Stickstoff (bspw. in Form von Nitrat und Ammonium);
- ▶ Verpackungs- und andere Abfälle, die über Unfälle oder auch willentlich in Gewässer gelangen.

Abbildung 19: Die Gewässerbelastungen im D3-Modell (exemplarisch mit Simulationsergebnis)



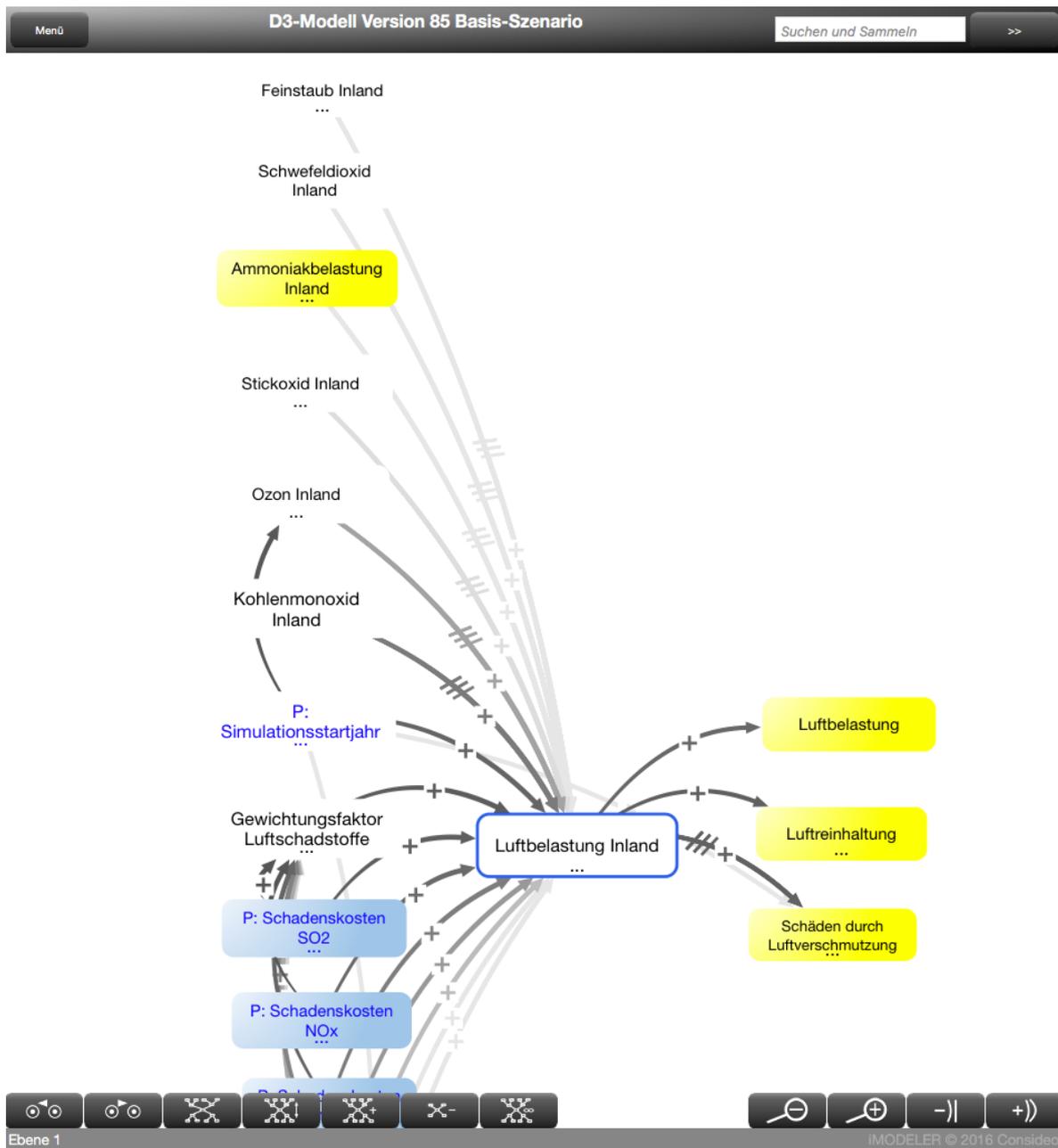
Quelle: Eigene Abbildung

3.4.3 Abbildung von Luftbelastungen im D3-Modell

Die folgenden Luftschadstoffe sind im D3-Modell berücksichtigt (siehe Abbildung 20):

- ▶ Ammoniak
- ▶ Feinstaub
- ▶ Kohlenmonoxid
- ▶ Ozon
- ▶ Schwefeldioxid
- ▶ Stickoxide

Abbildung 20: Die Luftbelastungen im D3-Modell



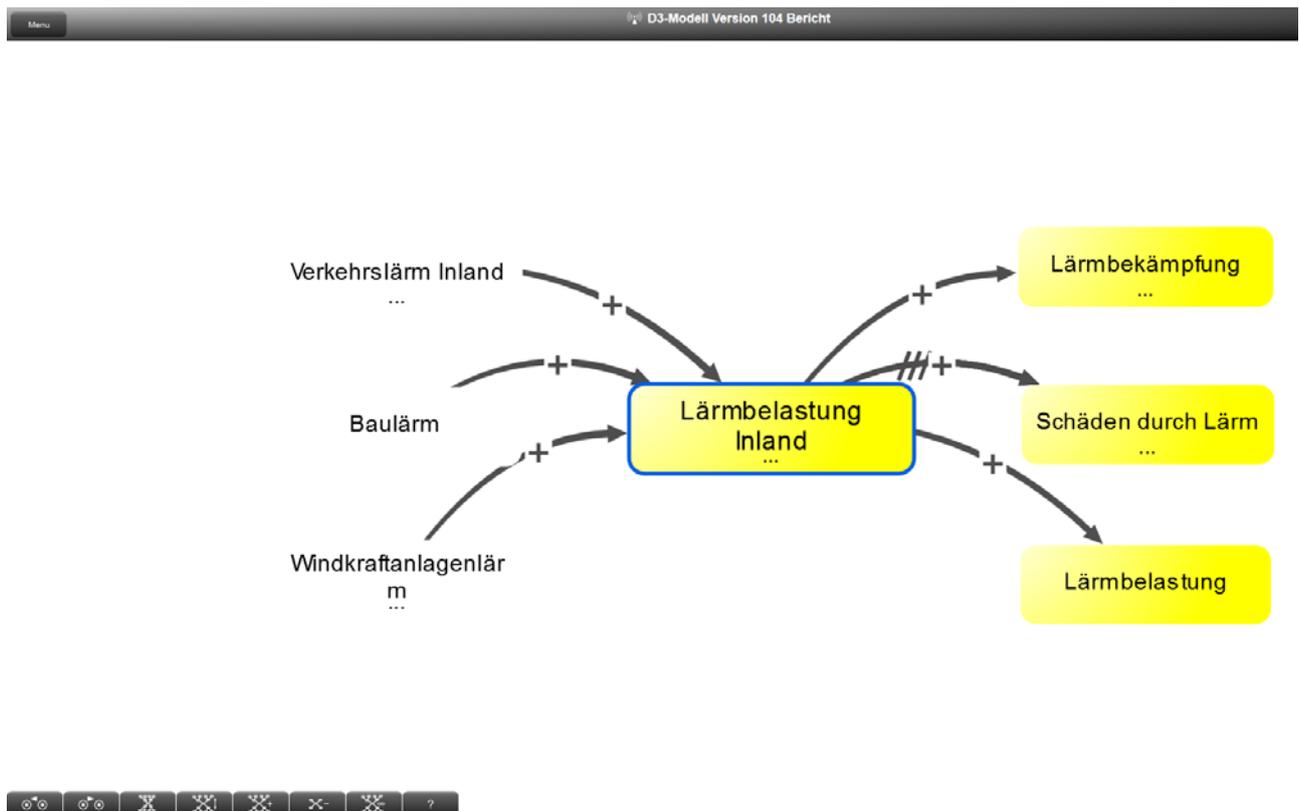
Quelle: Eigene Abbildung

3.4.4 Abbildung von Lärmbelastungen im D3-Modell

Lärmemissionen sind im D3-Modell aus den folgenden Quellen berücksichtigt (siehe Abbildung 21):

- ▶ Baulärm (aus dem Hoch- und Tiefbau);
- ▶ Verkehrslärm (aus dem Personen- und Güterverkehr zu Lande, zu Wasser und in der Luft);
- ▶ Lärm durch Windkraftanlagen (Schallemissionen)

Abbildung 21: Lärmbelastung im D3-Modell



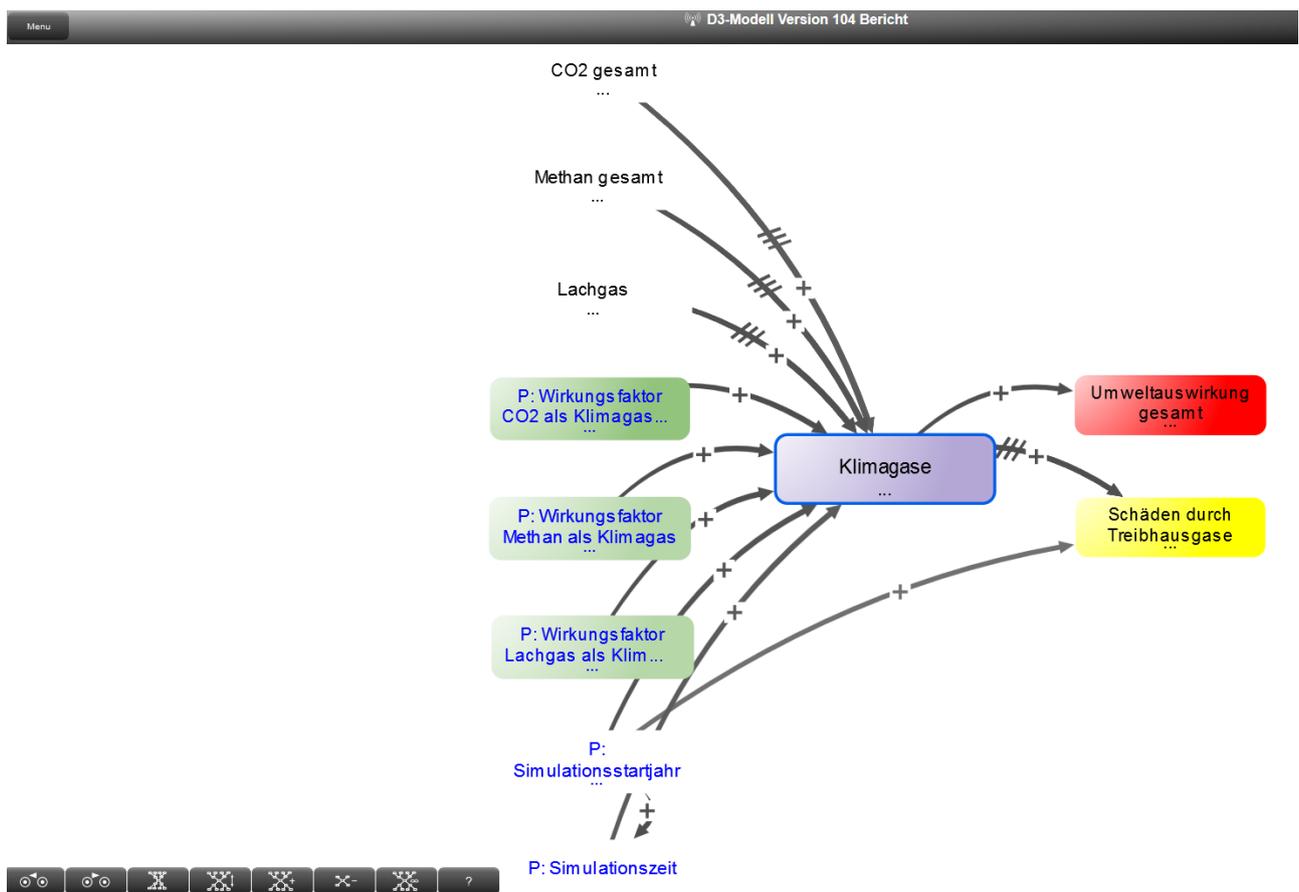
Quelle: Eigene Abbildung

3.4.5 Abbildung der Emission von Klimagasen im D3-Modell

Bei den so genannten Klimagasen berücksichtigt das D3-Modell (siehe Abbildung 22) folgende:

- ▶ CO₂
- ▶ Lachgas
- ▶ Methan

Abbildung 22: Die Emission von Klimagasen im D3-Modell



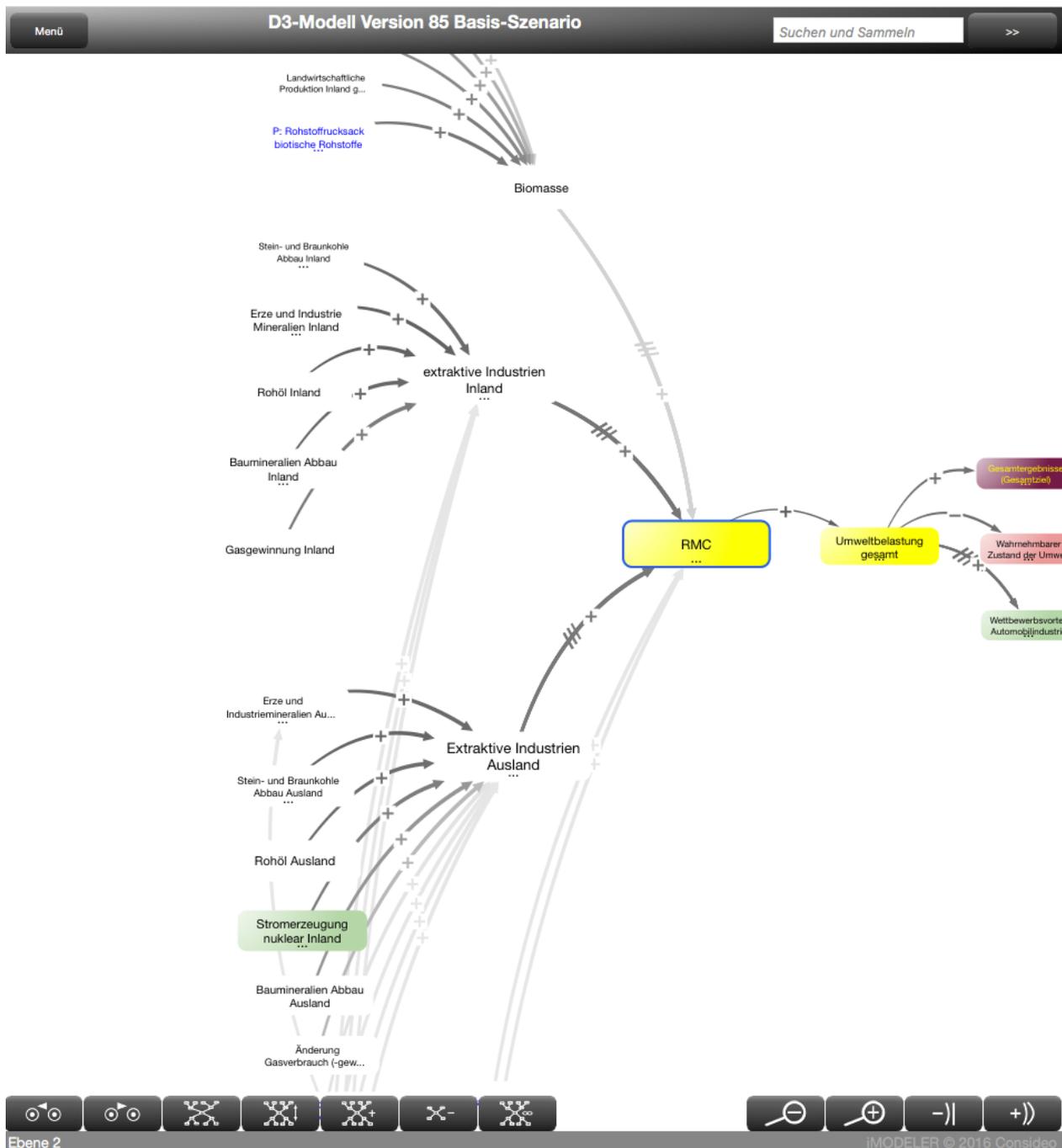
Quelle: Eigene Abbildung

3.4.6 Abbildung der Auswirkungen auf Biodiversität im D3-Modell

Im D3-Modell sind mögliche Auswirkungen auf die Biodiversität bzw. auf Biodiversitätsverlust berücksichtigt mit Blick auf (siehe Abbildung 23):

- ▶ Flächeninanspruchnahme (Habitatfragmentierung und -zerstörung)
- ▶ Überfischung

Abbildung 24: Die Ressourceninanspruchnahmen im D3-Modell



Quelle: Eigene Abbildung

Bei der Ressourcen-Inanspruchnahme wird ebenfalls zwischen In- und Ausland unterschieden. Gerechnet wird im Sinne des Indikators Rohstoffkonsum (Raw Material Consumption, RMC, z. B. Schoer et al. 2012), wobei das Modell hier ebenfalls nur dimensionslos eine relative Veränderung eines Anfangswertes von 1 betrachtet.

Der Indikator RMC misst die Rohstoffmengen, die im In- und Ausland für (die Erzeugung von Rohstoffen, Halb- und Fertigwaren für) den inländischen Konsum und die Investitionen im Inland erforderlich sind. Über die Berechnung der im Ausland benötigten Rohstoffe in Rohstoffäquivalenten nimmt der RMC im Sinne des ökologischen Rucksacks das Gewicht der für die Herstellung nötigen Rohstoffe mit auf. Er bildet darüber den Eigenbedarf einer Volkswirtschaft ab; die exportierten Güter

und die dafür erforderlichen Rohstoffe sind im RMC herausgerechnet (Günther und Golde 2015; UBA 2016).

Die Auswirkungen auf die jeweiligen Bereiche sind ja nur die relativen Auswirkungen bedingt durch die ausgewählten Verhaltensänderungen im Modell. Weitere Auswirkungen aus dem Ausland oder zum Beispiel im Bereich der Klimagase natürlichen Ursprungs werden nicht weiter im Modell betrachtet. Aus diesem Grund sind die Umweltauswirkungen nicht in absoluten Zahlen angegeben, sondern als Indexwert, der anteilig verändert wird. Abbildung 20 zeigt wie sich beispielsweise die Gewässerbelastung relativ vom Indexwert 1 ausgehend im Zeitverlauf durch das Szenario ändert.

3.5 Im D3-Modell berücksichtigte Maßnahmen seitens der Politik

Politische Maßnahmen setzen von außen exogen am D3-Modell an. Derzeit sind exemplarisch nur zwei Maßnahmen enthalten, der Faktor „S: Staat investiert in Infrastruktur E-Mobilität“ und der Faktor „S: national entwickeltes Leitbild“. Weitere Maßnahmen können konkrete Verbote, Förderungen etc. sein, die Parameter im Modell im Zeitverlauf verändern, etwa den Verbrauch von PKW, den Heizwärmebedarf, die Ressourcen-Inanspruchnahme von Branchen, die Präferenz für den ÖP(N)V o.ä.. Interessant ist die Möglichkeit des Modells, für konkrete politische Maßnahmen die potentiellen Geschwindigkeiten von Veränderungen und die potentiellen Auswirkungen auf Umwelt und Ressourcen sowie die potentiellen Nebeneffekte darzustellen.

3.6 Im D3-Modell betrachtete Auswirkungen auf die Wohlfahrt ('Quasi-NWI')

Bei den Auswirkungen auf die Wohlfahrt kann das D3-Modell nur Teile des Nationalen Wohlfahrtsindex (NWI, Diefenbacher et al. 2016) simulieren. Zudem ist das wesentliche Element des Index der Einkommensverteilung durch den Milieu-Ansatz nicht direkt abzubilden. Daher sollte im Rahmen des D3-Modells von einem „Quasi-NWI“ bzw. von „Wohlfahrt in Anlehnung an den NWI“ gesprochen werden. Betrachtet werden zudem nur relative Änderungen einzelner Elemente durch Änderung der Verhaltensweisen. Die Einkommensverteilung wird von einer relativen Veränderung der Einkommen der Milieus proportional zu ihren Anteilen an der Gesamtbevölkerung und nicht anhand von Quantilen (wie beim Gini-Index im NWI) abgeleitet.

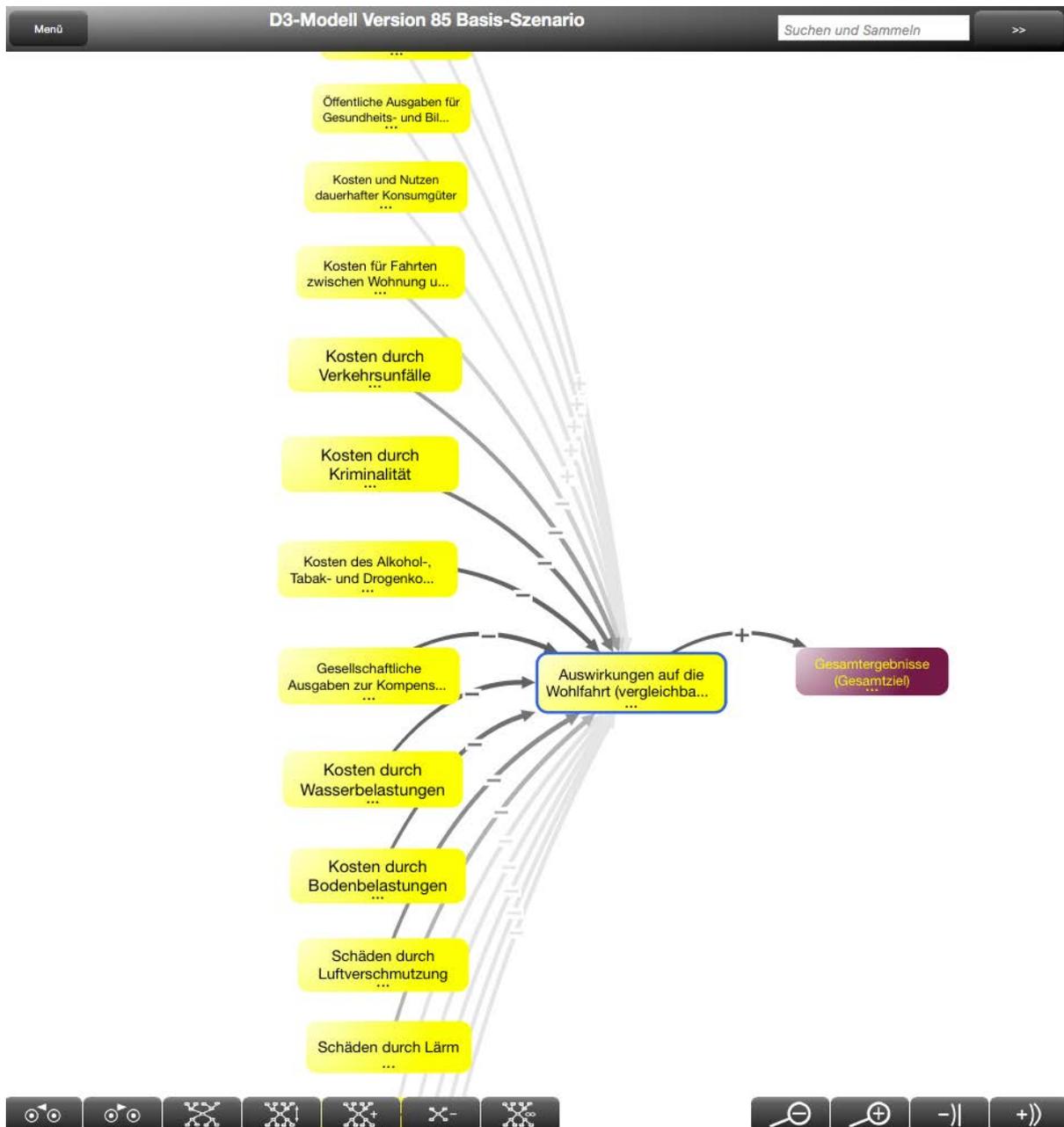
Beeinflusst werden durch das Modell die folgenden NWI Elemente (siehe auch Abbildung 22):

- ▶ privater Konsum
- ▶ Wert der Hausarbeit
- ▶ Kosten und Nutzen dauerhafter Konsumgüter
- ▶ Kosten für Fahrten zwischen Wohnung und Arbeitsstätte
- ▶ Gesellschaftliche Ausgaben zur Kompensation von Umweltschäden
- ▶ Kosten durch Wasserbelastungen
- ▶ Kosten durch Bodenbelastungen
- ▶ Schäden durch Luftverschmutzung
- ▶ Schäden durch Lärm
- ▶ Verlust/Gewinn durch Biotopflächenänderung
- ▶ Schäden durch Verlust landwirtschaftlich nutzbarer Flächen
- ▶ Ersatzkosten durch Verbrauch nicht-erneuerbarer Energieträger
- ▶ Schäden durch Treibhausgase
- ▶ sowie Kosten der Atomenergienutzung.

Dazu wird bei der Simulation einfach gerechnet, wie die prozentualen Veränderungen von Index-Werten im Modell die entsprechenden Elemente des NWI in ihren absoluten Zahlen ausgehend von den jüngsten Zahlen (Diefenbacher et al. 2016) verändern. Beispiel: Der Index für Luftverschmutzung im Modell geht von 1 auf 1,1, und damit steigen die „Schäden durch Luftverschmutzungen“ von 52,125

Mrd. EUR (2012) entsprechend um 52,125 Mio. EUR. Für die einzelnen Ursachen der Luftverschmutzung, zum Beispiel Stickoxide, Kohlenmonoxid usw., berücksichtigt das Modell jeweils Parameter zu ihren Schadenskosten, z.B. „P: Schadenskosten SO₂“.

Abbildung 25: Auswirkungen auf die Wohlfahrt ('Quasi-NWI')



Quelle: Eigene Abbildung

3.7 Zufriedenheit

Die Zufriedenheit in der Bevölkerung kann wie die anderen Bereiche im Modell nur grob betrachtet werden. Zufriedenheit lässt sich nur schwer messen es sind kaum Daten zu erhalten, so dass Annahmen zu den Einflüssen der Faktoren im Modell auf die Zufriedenheit des Durchschnitts der jeweiligen Milieus zu machen nur im Sinne abduktiver Logik als relative Änderung unter Annahme eines grundsätzlichen Einflusses erfolgen kann.

Wie auch im nächsten Kapitel begründet, wird mit dem D3-Modell davon ausgegangen, dass eine Motivation für Konsum das „gute Gefühl“ ist, das durch diesen entsteht. Zudem sind Aktivitäten in selbstbestimmter Zeit (Faktor „Gutes Gefühl durch Freizeitaktivitäten...“), finanzielle Mittel im Alter und der wahrnehmbare Zustand der Umwelt wichtig für die Menschen in den Milieus (siehe Abbildung 23).

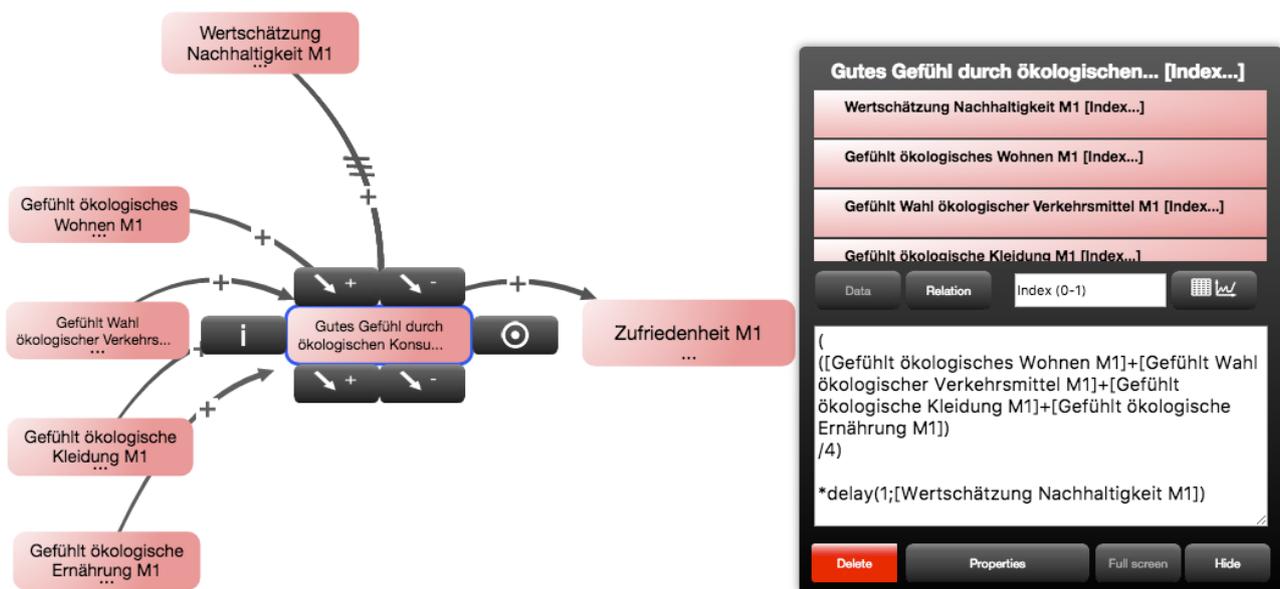
Derzeit wird im D3-Modell die Bedeutung der einzelnen Faktoren für die Zufriedenheit der Milieus noch nicht unterschieden. Natürlich gibt es noch weitere, sogar wichtigere Determinanten (Familie, Frieden, Gerechtigkeit o.ä.) oder auch andere Konzepte (Layard 2011) zur Bestimmung von Zufriedenheit von Menschen. Allerdings kann in dem D3-Modell nur berücksichtigt werden, was auch quantitativ im Zeitverlauf im Modell variiert wird. Es geht also nicht um einen irgendwie gearteten absoluten Wert der Zufriedenheit eines Durchschnitts der Bevölkerung bzw. der Menschen eines Milieus, sondern ein grundsätzliches Mehr oder Weniger aufgrund dessen, was im Modell durch Simulation sich ändert.

Abbildung 26: Die Zufriedenheit in der Bevölkerung

Quelle: Eigene Abbildung

Beim konventionellen Konsum führt die Abnahme unmittelbar zu weniger Zufriedenheit, während die Zunahme an ökologischem Konsum (inkl. Nicht-Konsum) noch durch den Faktor „Wertschätzung Nachhaltigkeit M...“ begleitet wird, also mehr ökologischer Konsum sich umso besser anfühlt, wie er auch durch das Milieu wertgeschätzt wird (siehe Abbildung 24). Die Wertschätzung des Milieus hängt dabei auch von der Wertschätzung von Nachhaltigkeit der anderen Milieus ab, wobei die Milieus sich unterschiedlich durch den Rest der Gesellschaft beeinflussen lassen.

Abbildung 27: „Gutes Gefühl durch ökologischen Konsum“ hängt vom Verhalten und der Wertschätzung ab.



Quelle: Eigene Abbildung

3.8 Veränderungen der Werte - die zentrale Dynamik

Verhaltensänderungen vor allem der sozialen Milieus im Modell können zum einen im Sinne eines Planspiels oder gezielter Szenarien durch Angabe von Werten im Modell, also exogen, direkt über die

Faktoren „Mehr“ und „Weniger....“ bzw. über die „S:“ - Faktoren („S: “ ist Faktoren der Kategorie Stellhebel vorangestellt) simuliert werden. Dazu werden zu ausgewählten Zeitpunkten meist prozentuale Werte einer Veränderung angenommen, z.B. derart, dass im Jahr 2020 0,5 Prozent der kritisch-kreativen Milieus entscheiden, sich vegetarisch zu ernähren.

Zum anderen erfolgen Verhaltensänderungen je nach Einstellung der Simulation (Faktor „Endogenisierung spillover ein“) endogen, das heißt, in Abhängigkeit von der Veränderung anderer Faktoren ändert sich durch die Simulation auch das Verhalten der Akteure im Modell.

Die Formeln erlauben dabei beides: Wenn der „S:....“ - Faktor keinen exogenen Wert bekommen hat, wird das Verhalten in Abhängigkeit von anderen Faktoren endogen berechnet.

Verhaltensänderungen zu endogenisieren stellt dabei eine große Herausforderung dar. Wovon sollte es abhängen, dass ein Milieu mehr Bioahrungsmittel, mehr ÖPNV, mehr Biokleidung etc. wählt?

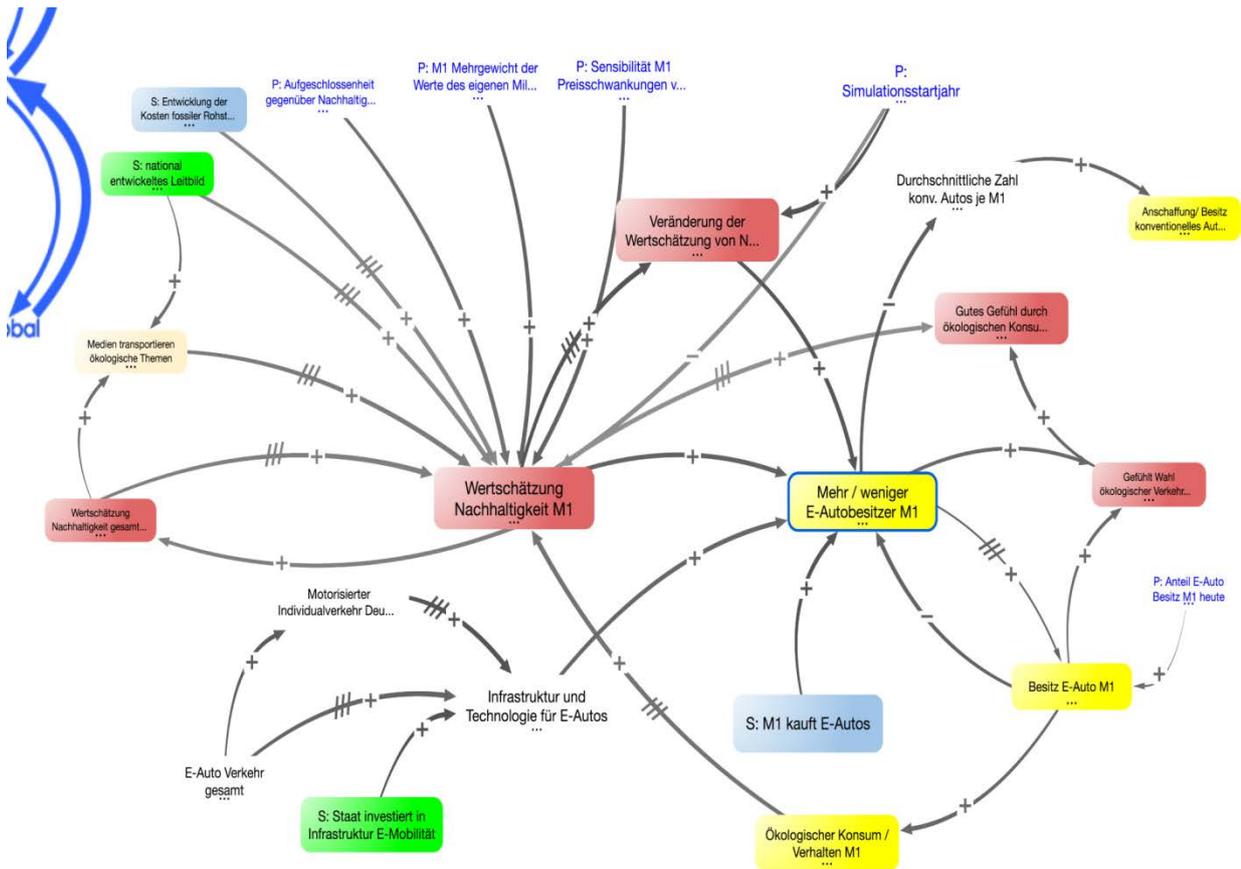
Zentral im D3-Modell ist die Wertschätzung von Nachhaltigkeit. Im D3-Modell werden Trends nur abhängig von der Wertschätzung von Nachhaltigkeit abgebildet, nicht etwa nur zu Biokleidung, nur zum Veganismus, nur zu E-Autos, oder zu Fernreisen, schnellen Autos, großen Wohnungen usw. jeweils, da diese chic, gesund oder sportlich sind. Das gesamte Modell darauf ausgerichtet, nachhaltiges versus nicht-nachhaltiges bzw. konventionelles Handeln zu betrachten, also die Wahl eines alternativen, nachhaltigen Verhaltens abhängig davon, ob mehr oder weniger Wertschätzung für Nachhaltigkeit in den sozialen Milieus vorliegt. Ein Nachlassen der Wertschätzung führt im Modell, vereinfacht betrachtet, auch zu einer Rückkehr zu nicht-nachhaltigen Verhalten.

Egal wie hoch das durchschnittliche Konsumniveau (und damit schon bereits ein wesentlicher Aspekt nachhaltigen Verhaltens) der sozialen Milieus zu Beginn ist, ändert sich dieser Anfangszustand im Modell allein aufgrund einer veränderten Wertschätzung von Nachhaltigkeit. Also werden selbst sparsame Rentner bei mehr Nachhaltigkeit als Wert - vorausgesetzt sie haben noch etwas Kaufkraft über – auch anteilig mehr Bioahrung und Biokleidung wählen. Das Modell trifft keine Annahmen etwa zu einer Veränderung der Kaufkraft im Alter aufgrund der Entwicklungen von Inflation und Leistungsfähigkeit gesetzlicher Rentenversicherungen. Wohl aber wird im Modell die Möglichkeit betrachtet, dass in den sozialen Milieus die Anzahl der Menschen ohne Erwerbsarbeit steigt und somit die Kaufkraft für Bioprodukte fehlt.

Die Wertschätzung von Nachhaltigkeit muss dabei die Kenntnis über die Auswirkungen (Grimm et al, 2014) nachhaltigen bzw. nicht-nachhaltigen Verhaltens implizieren und so für eine emotionale Wirksamkeit (Hamann et al. 2016) des Handelns sorgen, da nur so Integrations- und Weiterentwicklungsgefühle als Triebfeder (Neumann 2013) unseres Handelns wirksam sind (siehe hierzu auch den zweiten Bericht zum Projekt und die dort beschriebene bounded rationality und die biopsychologischen Motive menschlichen Handelns sowie die übernächste Abbildung 26).

Abbildung 25 zeigt wichtige Wirkungsschleifen, wie zum Beispiel von Wertschätzung Nachhaltigkeit M1 auf Veränderung der Wertschätzung von Nachhaltigkeit M1, auf Mehr / weniger E-Autobesitzer M1, auf Besitz E-Auto M1, auf Ökologischer Konsum / Verhalten M1, wieder zurück auf Wertschätzung Nachhaltigkeit M1. Eine weitere Schleife geht von Wertschätzung Nachhaltigkeit M1 auf Wertschätzung Nachhaltigkeit gesamt, auf Medien transportieren ökologische Themen, wieder zurück auf Wertschätzung Nachhaltigkeit M1.

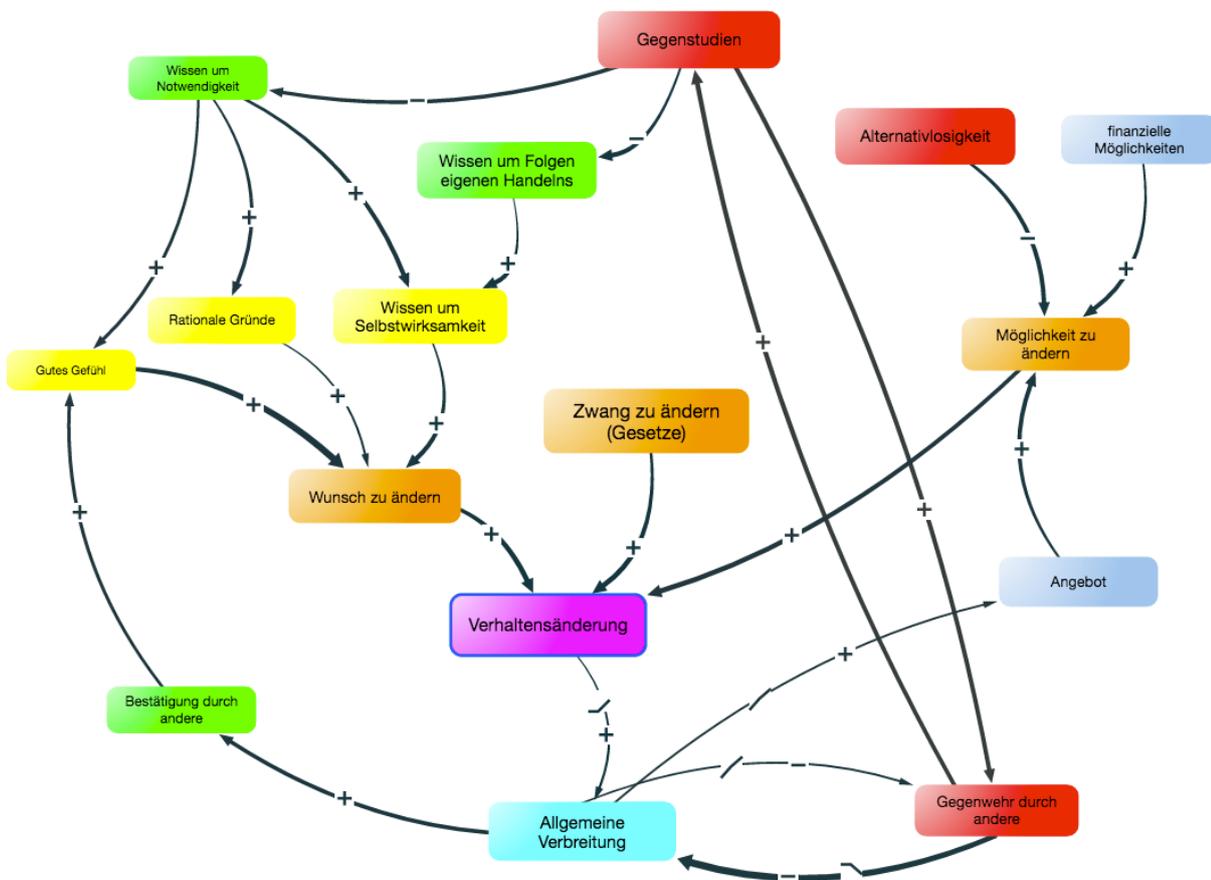
Abbildung 28: Wertschätzung von Nachhaltigkeit als Treiber für Veränderungen



Quelle: Eigene Abbildung

In vielen Bereichen ist nicht allein Nachhaltigkeit als gefühlter Wert ausschlaggebend. Bei Investitionen etwa in energetische Sanierung aber auch bei der Wahl von Biovarianten spielen die finanziellen Mittel eine Rolle. In einigen Bereichen ist auch das Angebot ausschlaggebend, etwa an Infrastruktur für E-Mobilität und Car-Sharing oder Flächen für Urban-Gardening. Bei letzterem wiederum ist eine Voraussetzung auch das Wohnen in der Stadt. Und bei eigenen PV-Anlagen und Solar-Thermie spielt der Anteil Hausbesitzer eine Rolle.

Abbildung 29: Generisches Modell zu Verhaltensänderungen pro Nachhaltigkeit



Quelle: Eigene Abbildung

Abbildung 26 zeigt ein generisches Modell zum Ursache-Wirkungszusammenhang hinter einer Verhaltensänderung pro Nachhaltigkeit. Hernach ist neben einem Wunsch, das Verhalten zu ändern, auch die Möglichkeit dazu wichtig, wie auch ein externer Zwang, etwa durch Gesetze, entscheidend sein kann. Faktoren, wie „Bestätigung durch andere“ oder „Wissen um die Folgen eigenen Handelns“, sind im D3-Modell impliziert durch die Wertschätzung des eigenen Milieus und anderer Milieus, sowie durch Faktoren wie „Medien transportieren ökologische Themen“ oder „S: national entwickeltes Leitbild“.

Die Wertschätzung von Nachhaltigkeit im D3-Modell wird, wie in Abbildung 27 gezeigt, ausgehend von den Werten aus der Umweltbewusstseins-Studie (UBA 2015) durch die Änderungen des eigenen Verhaltens („Ökologischer Konsum/Verhalten“), durch die Medien, durch eine denkbare politische Maßnahme, z.B. Nudging (Milkman et al. 2017), durch die mögliche Entwicklung fossiler Energiepreise oder eben durch die Veränderung der Nachhaltigkeit der übrigen Milieus bzw. der gesamten Gesellschaft beeinflusst. Für die Beeinflussung durch die übrige Gesellschaft hat jedes soziale Milieu einen eigenen, geschätzten Parameter erhalten, der einzustellen erlaubt, inwieweit ein Milieu mehr oder weniger auf den Wert von Nachhaltigkeit in der Gesellschaft insgesamt reagiert.

Annahme hier, dass

- ▶ Milieu 1 („Traditionelle“) zu einem Fünftel
- ▶ Milieu 2 („Gehobene“) zu einem Drittel
- ▶ Milieu 3 („Bürgerlicher Mainstream“) proportional
- ▶ Milieu 4 („Einfache, prekäre“) überproportional mit Faktor 1,33

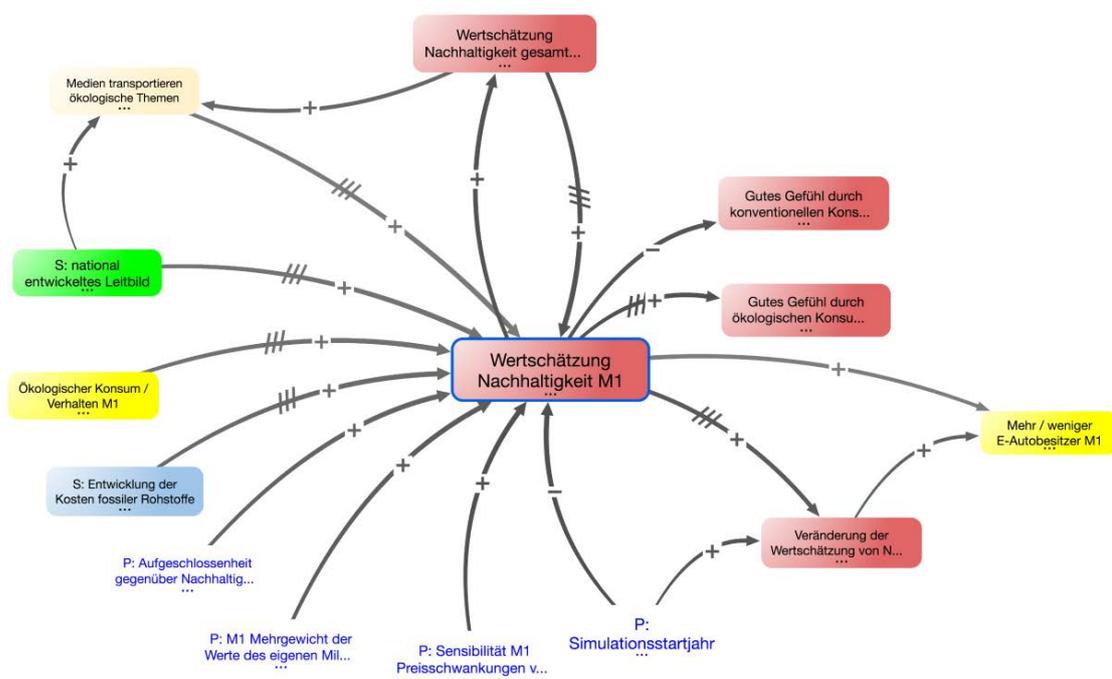
- ▶ Milieu 5 („Kritisch-kreative“) überproportional mit Faktor 6,66
- ▶ Milieu 6 („Junge“) überproportional mit Faktor 4
- ▶ Milieu 7 („Übrige“, d.h. Nicht deutschsprachig oder unter 14 Jahren) proportional

auf Veränderungen der Wertschätzung noch Nachhaltigkeit reagieren. Voraussetzung für eine Simulation einer solchen Anpassung ist, dass der Stellhebel (Faktor „Endogenisierung spillover ein“) zur Aktivierung einer endogenen Veränderung bei der Simulation des Modells aktiviert ist, also den Wert 1 bekommt.

Die „Veränderung der Wertschätzung von Nachhaltigkeit“ löst entsprechend je Milieu die Verhaltensänderungen durch ein „Mehr ...“ oder „Weniger ...“ aus. Je nach Kaufkraft eines sozialen Milieus kann dann mehr Bio konsumiert werden, oder auch überhaupt weniger konsumiert werden.

Die entscheidende Dynamik entsteht nun durch die in Abbildung 25 gezeigte, selbstverstärkende Rückkopplung von Verhaltensänderungen zurück zur Veränderung der Wertschätzung von Nachhaltigkeit. Hinter dem Modell steht die Annahme, dass eine Änderung des Verhaltens in irgendeinem Bereich aufgrund eines exogenen Anreizes oder aufgrund der Zu- oder Abnahme der Wertschätzung von Nachhaltigkeit erfolgt. Eine solche Änderung des Verhaltens ändert auch gleichzeitig die Wertschätzung von Nachhaltigkeit (Abbildung 29). Die Veränderung des Verhaltens in einem Bereich kann selbstverstärkend durch die Erhöhung der Wertschätzung von Nachhaltigkeit in dem sozialen Milieu auch in anderen Bereichen zu mehr nachhaltigem Verhalten führen und über den Faktor „Wertschätzung von Nachhaltigkeit (in der Gesellschaft) gesamt“ auch weiter selbstverstärkend zu den anderen Milieus diffundieren (Abbildung 25). In beiden Fällen, sowohl wenn ein Milieu auch in anderen Bereichen nachhaltiger wird, als auch wenn andere Milieus ebenfalls nachhaltiger werden, kann von einem spillover-Effekt gesprochen werden.

Abbildung 30: Beeinflussung des Faktors „Wertschätzung von Nachhaltigkeit“



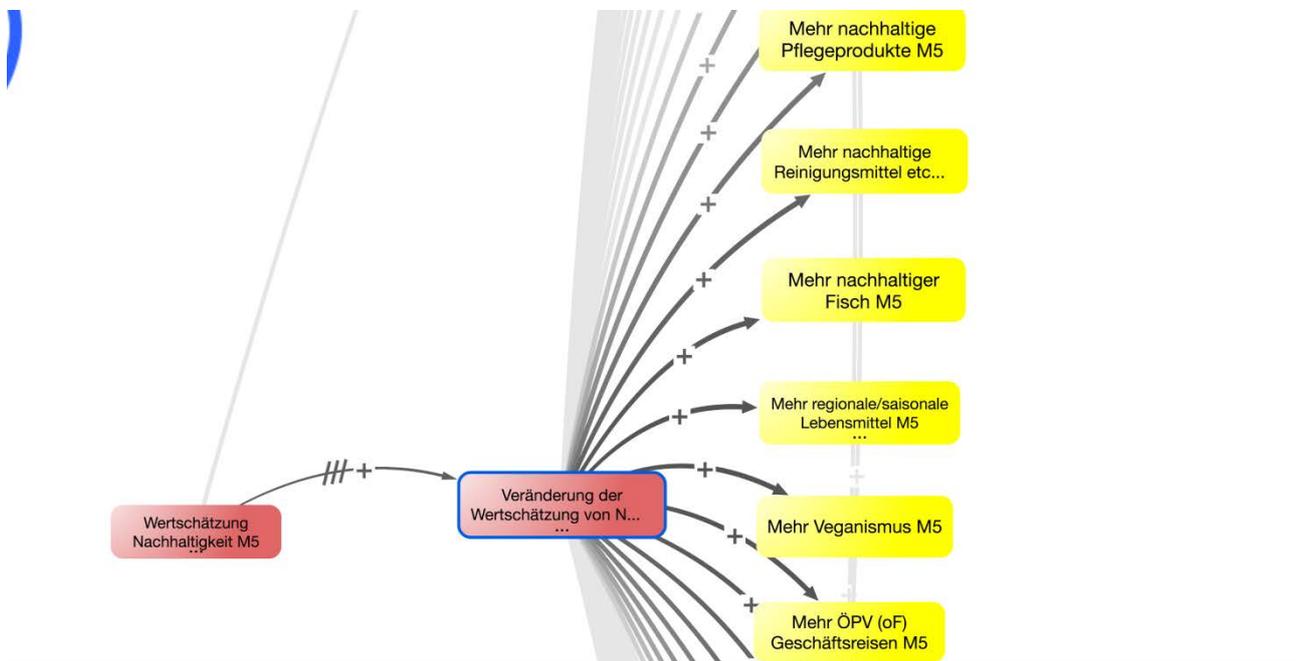
Quelle: Eigene Abbildung

Über die gleiche selbstverstärkende Schleife wirkt gegenläufig auch ein Nachlassen von nachhaltigem Verhalten. Das kann insbesondere dann eine Rolle spielen, wenn nicht einfach nur der gesamte

Zeitraum des Modells durchsimuliert werden soll, sondern schrittweise je Simulationsschritt Annahmen zum Verhalten von Teilen der Bevölkerungen getroffen und in ihren Auswirkungen erprobt werden sollen. So könnten bewusst abweichende, nicht-nachhaltige Verhaltensweisen exogen in das Modell eingegeben werden. Diese würden dann die gleichen selbstverstärkenden Wirkungsschleifen für ein Nachlassen des Wertes von Nachhaltigkeit nutzen. Wenn beispielsweise eine politische Maßnahme ein Milieu zu mehr Nachhaltigkeit bringt und über die beiden spillover-Effekte die gesamte Gesellschaft zu maximaler Nachhaltigkeit (siehe Szenarien im nächsten Teil) kommt, kann in einem alternativen Szenario mal angenommen werden, dass Teile der Gesellschaft sich auch bewusst nicht-nachhaltig verhalten und einen Gegentrend verursachen. Solche Annahmen im Rahmen einer schrittweisen Simulation auszuprobieren, kann im Rahmen so genannter Planspiele erfolgen.

Es ist dann der Faktor „Veränderung der Wertschätzung von Nachhaltigkeit ...“, welcher ein Mehr oder Weniger der jeweiligen Verhaltensbereiche eines Milieus auslöst, wie Abbildung 28 zeigt.

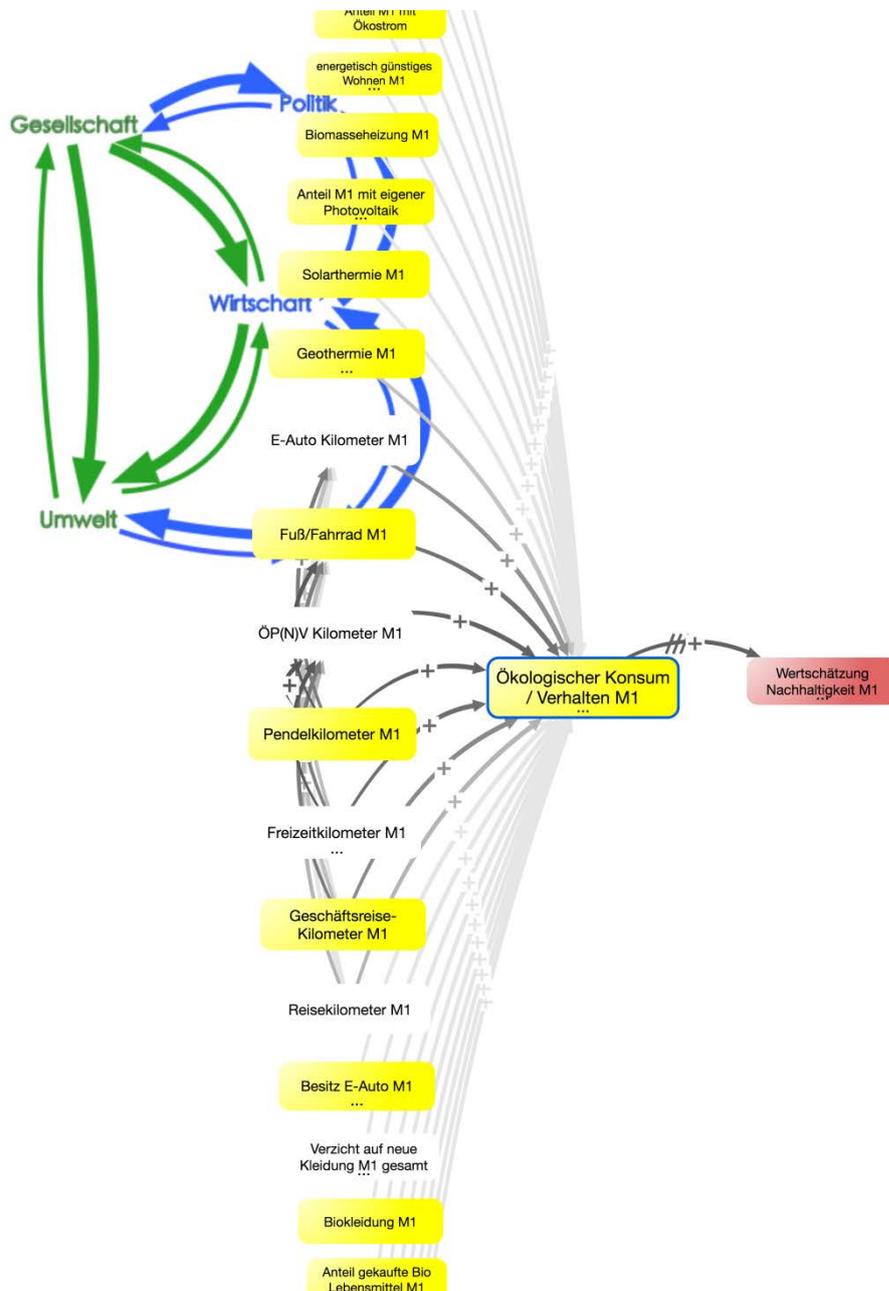
Abbildung 31: Der Faktor „Veränderung der Wertschätzung von Nachhaltigkeit“ als Auslöser für Verhaltensänderungen



Quelle: Eigene Abbildung

Abbildung 29 zeigt, wie die vielen Faktoren zum dem jeweiligen Anteil in den Verhaltensbereichen (z.B. Geothermie, Biokleidung, Fuß/Fahrrad usw.) eines Milieus in den Faktor „Ökologischer Konsum / Verhalten M1“ münden. Der Ökologische Konsum wiederum beeinflusst die Wertschätzung von Nachhaltigkeit eines sozialen Milieus.

Abbildung 32: Faktor „Ökologischer Konsum / Verhalten“ als Summe der einzelnen Verhaltensweisen eines Milieus



Quelle: Eigene Abbildung

4 Stellhebel im D3 Modell

Ein Szenario beschreibt die Ausgangsbedingungen für einen Simulationsverlauf, also die von außen vorgegebenen (exogenen) Änderungen einzelner Werte, die dann für die übrigen Faktoren des Modells durch Berechnung (endogen) Werte ergeben. Ganz praktisch geht es um die Entwicklungen, die sich ergeben, wenn für bestimmte Akteure im Modell diskret zu bestimmten Zeitpunkten oder kontinuierlich je Zeitschritt Verhaltensänderungen in einem bestimmten Ausmaß oder Ereignisse und Rahmenbedingungen ebenso diskret oder kontinuierlich in einem bestimmten Ausmaß angenommen werden, also beispielsweise den vorgegebenen Ausstieg aus der Atomenergie, oder dass die kritisch-kreativen Milieus in 2020 zu 10 Prozent E-Autos kaufen.

Durch die im Modell abgebildeten Zusammenhänge ergeben sich dann endogen Änderungen für die anderen Faktoren, wobei eine Stellschraube im Modell (Faktor „Endogenisierung spillover ein“) zu unterscheiden erlaubt, ob sich exogen vorgegebene Verhaltensänderungen nur auf den jeweiligen Bereich auswirken sollen oder über einen spillover-Effekt auch auf andere Bereiche, deren Werte sich dann endogen entwickeln.

Um nun Szenarien auszuprobieren können, müssen zum einen, wie in Abbildung 30 beschrieben, Faktoren mit der Bezeichnung „mehr ...“ oder „weniger...“ gesucht werden, oder wie in Abbildung 31 zu sehen Faktoren mit der Bezeichnung „S: ...“. Über diese können dann Annahmen in das Modell übernommen bzw. in einer Simulation dann durchgespielt werden.

Abbildung 33: Aufruf von grundsätzlichen Stellhebeln im Modell über die Suchfunktion

The screenshot displays the 'D3-Modell Version 85 Basis-Szenario' interface. At the top, there is a search bar with the text 'mehr' and a dropdown menu listing search results. The search results include:

- ◆ Mehr / weniger E-Autobesitzer M1
- ◆ Mehr / weniger E-Autobesitzer M2
- ◆ Mehr / weniger E-Autobesitzer M3
- ◆ Mehr / weniger E-Autobesitzer M4
- ◆ Mehr / weniger E-Autobesitzer M5
- ◆ Mehr / weniger E-Autobesitzer M6
- ◆ Mehr / weniger E-Autobesitzer M7
- ◆ Mehr Ausleihen von M1
- ◆ Mehr Ausleihen von M2
- ◆ Mehr Ausleihen von M3
- ◆ Mehr Ausleihen von M4
- ◆ Mehr Ausleihen von M5
- ◆ Mehr Ausleihen von M6
- ◆ Mehr Ausleihen von M7
- ◆ Mehr Auto Freizeit M1
- ◆ Mehr Auto Freizeit M2
- ◆ Mehr Auto Freizeit M3
- ◆ Mehr Auto Freizeit M4
- ◆ Mehr Auto Freizeit M5
- ◆ Mehr Auto Freizeit M6
- ◆ Mehr Auto Freizeit M7
- ◆ Mehr Auto Geschäftsreisen M1
- ◆ Mehr Auto Geschäftsreisen M2
- ◆ Mehr Auto Geschäftsreisen M3
- ◆ Mehr Auto Geschäftsreisen M4
- ◆ Mehr Auto Geschäftsreisen M5

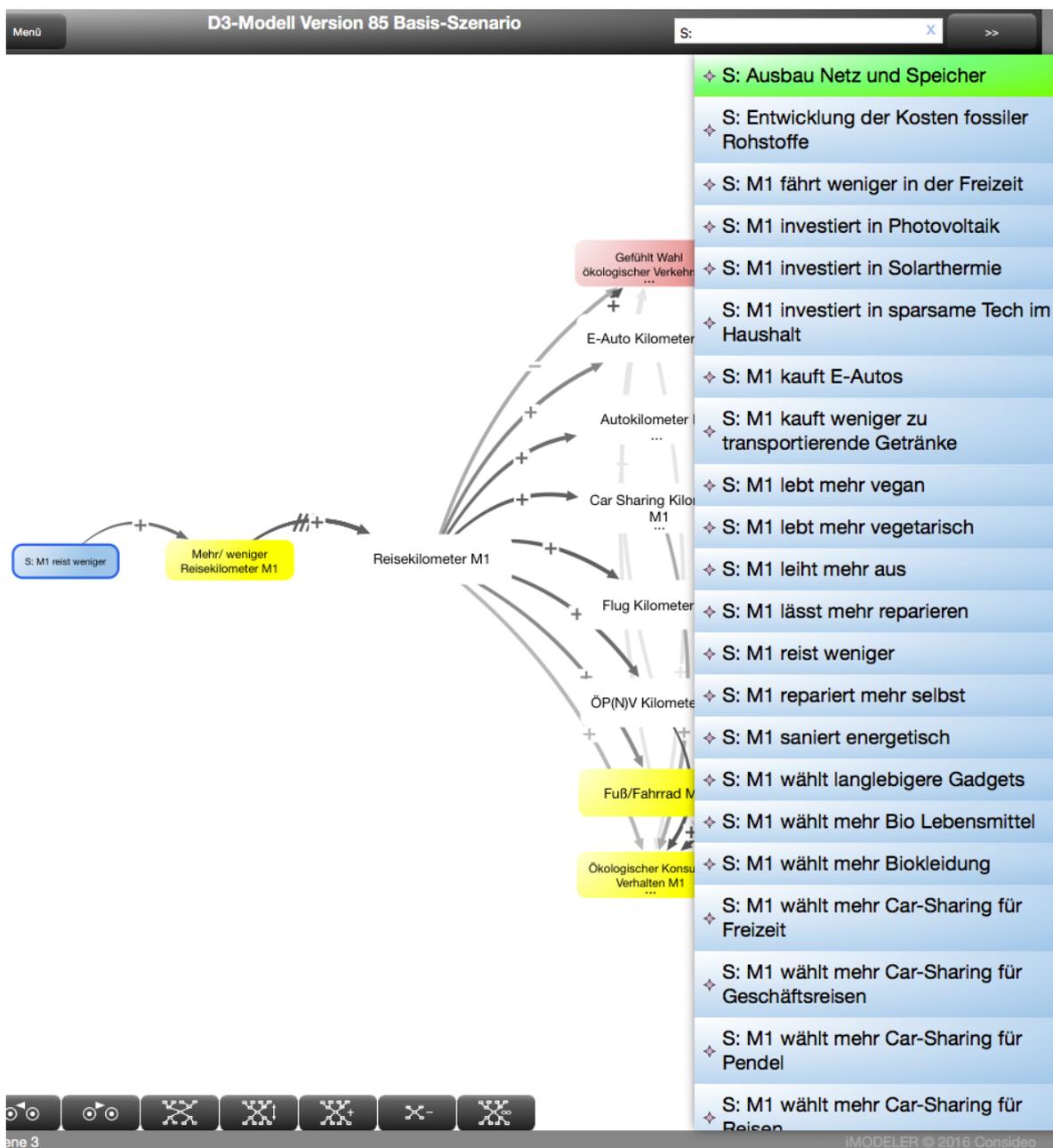
On the left side, a causal diagram shows the following relationships:

- 'Mehr eigener Garten M1' (yellow box) has positive (+) influences on 'Eigener Garten M1 ...' (yellow box), 'Anteil gekaufte Bio Lebensmittel M1 ...' (yellow box), 'Gefühl ökologische Ernährung M1 ...' (pink box), and 'Gutes Gefühl durch Gärtnern M1 ...' (pink box).
- 'Eigener Garten M1 ...' has a positive (+) influence on 'Anteil gekaufte Bio Lebensmittel M1 ...'.
- 'Anteil gekaufte Bio Lebensmittel M1 ...' has a positive (+) influence on 'Gefühl ökologische Ernährung M1 ...'.
- 'Gefühl ökologische Ernährung M1 ...' has a positive (+) influence on 'Gutes Gefühl durch Gärtnern M1 ...'.
- 'Gutes Gefühl durch Gärtnern M1 ...' has a positive (+) influence on 'Anteil regionale/saisonale L...' (yellow box).
- 'Gefühl ökologische Ernährung M1 ...' has a negative (-) influence on 'Anteil regionale/saisonale L...'.

At the bottom left, there are navigation icons and the text 'ene 1'. At the bottom right, there is a copyright notice: 'IMODELER © 2016 Consideo'.

Quelle: Eigene Abbildung

Abbildung 34: Aufruf von speziell angelegten Stellhebeln im Modell über die Suchfunktion



Quelle: Eigene Abbildung

Einfacher als über jeden Faktor einzeln geht dies direkt in den Cockpits des iMODELERS in Vollbild-Ansicht, wie Abbildung 32 zeigt. Die gewählten Werte können dann als Set in Szenarien beschrieben und abgespeichert werden.

Abbildung 35: Cockpit eines Faktors im Vollbild mit zusammengestellter Liste an Stellschrauben (exogenen Faktoren)



Quelle: Eigene Abbildung

5 Systemgrenzen und Datenqualität

Das D3-Modell unternimmt eine Reihe von Vereinfachungen, etwa wenn Bereiche aggregiert dargestellt werden, Änderungen vereinfacht proportional angenommen werden, externe Entwicklungen etwa aus dem Ausland ausgeklammert werden, oder die Emergenz von neuen Technologien und Trends gar nicht vorgesehen ist.

Die Daten zu den über 1.000 Parametern stammen teilweise aus Sekundär- und Tertiärquellen aus zudem unterschiedlichen Jahren. Mit dem Anspruch, die großen Zusammenhänge abzubilden, sind diese Unschärfen vertretbar. Auch sind einige Quellen widersprüchlich, etwa die Angaben zum Anteil der Führungskräfte in den Milieu-Studien versus der Befragung der Branchen. Zudem gibt es Daten, die sich überschneiden, etwa die schon beschriebenen Beispiele von Automobil-, Chemie- und Maschinenbauindustrie.

Es sind in der Folge des groben Ansatzes auch im Detail Fehler im Modell, etwa die Zunahme des Handelsvolumens durch teurere Biolebensmittel, die sich proportional über den Euro-Wert und nicht detaillierter über einen Gewichtswert zu einer Zunahme des Transportvolumens auswirken. In diesem konkreten Beispiel könnte genauer geschaut werden, ob Fleischersatzprodukte oder weniger Anbieter von Biolebensmitteln nicht tatsächlich zu mehr Transport führen, aber im Grunde müsste das Modell hier weiter detailliert werden.

Schließlich sind an manchen Stellen für den Durchschnitt der Menschen eines sozialen Milieus Entwicklungen vorgegeben, die noch nicht begrenzt sind. So wählen die Menschen mit Zunahme von Nachhaltigkeit als Wert immer ökologischere Verkehrsträger und fahren immer weniger Kilometer, was solange es nicht extrem fortgeführt wird, erst einmal plausibel ist. Allerdings würde es in der Realität sicherlich nicht zu null Flugkilometern und kompletter Aufgabe eines anfangs noch zunehmend gewählten Car - Sharings zu Gunsten von Fahrrad und E-Auto führen. Den Anspruch, Muster zu erkennen, erfüllt das Modell dennoch. Um diese extremen Entwicklungen auszuschließen fehlen an einigen Stellen noch Details und die Daten etwa zu Sockel-Werten, unter die bestimmte Werte, etwa die Flugkilometer der Menschen in einem sozialen Milieu, voraussichtlich nicht fallen würden.

6 Fazit

Am Ende liefert das D3-Modell sehr umfangreich (4.400 Faktoren, 1200 Parameter mit Daten, 300 Stellschrauben) die Möglichkeit, Verhaltensweisen sozialer Milieus aus unterschiedlichen Bereichen (Wohnen, Mobilität, Kleidung, Ernährung etc.) in ihren Auswirkungen auf Umwelt, Ressourcen-Inanspruchnahme, Klimawandel, Wirtschaft, Wohlfahrt und Zufriedenheit grob zu als System Dynamics Modell zu simulieren und in ihren Wechselwirkungen zu erforschen.

Das Modell kann direkt über einen Internetbrowser zur Beantwortung unterschiedlichster Fragestellungen genutzt werden und über eine Kopie des Modells auch erweitert bzw. angepasst werden. Erste Beispiele für Simulationen zu ausgewählten Fragestellungen behandelt der zweite Bericht zu dem Projekt. Der zweite Band behandelt zudem die Grenzen des gewählten Ansatzes bei der Simulation sozialer Systeme.

7 Literatur

- Bendassolli, Pedro F. (2013) Theory Building in Qualitative Research: Reconsidering the Problem of Induction. FQS Vol 14 No. 1, Art 25
- Berkes, F. und C. Folke (1998) Linking social and ecological systems for resilience and sustainability: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience. in: F. Berkes and C. Folke (Hrsg.) Linking Social and Ecological Systems. Cambridge, Cambridge University Press: 1 - 25.
- Bonabeau, Eric (2002) Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. PNAS 2002 vol 99 no 3
- Bringezu, S., van de Sand, I., Schütz, H., Bleischwitz, R. and Moll, S. (2009) Analysing global resource use of national and regional economies across various levels. In: Bringezu, S., Bleischwitz, S. (Eds.), Sustainable Resource Management. Global Trends, Visions and Policies. Greenleaf Publishing, Sheffield, UK, pp. 10 - 51
- 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 (NWI2016) [IMK-Studie 48/2016]. URL: https://www.boeckler.de/pdf/p_imk_study_48_2016.pdf
- EEA (1999) Environmental Indicators: Typology and Overview. European Environmental Agency, Copenhagen.
- 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
- Fischer-Kowalski, M. (1998). Society's Metabolism: The intellectual History of Materials Flow Analysis, Part I 1860 – 1970. Journal of Industrial Ecology Vol 2 No. 1, 61 – 78
- Fischer-Kowalski, M. and W. Hüttler (1999). Society's Metabolism: The intellectual History of Materials Flow Analysis, Part II 1970 - 1998. Journal of Industrial Ecology Vol 2 No. 4, 107-136
- 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
- Günther, Jens und Golde, Michael (2015) Gesamtwirtschaftliche Ziele und Indikatoren zur Rohstoffanspruchnahme. Dezember 2015, Dessau-Roßlau.
- 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
- Kleinhüchelkotten, 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
- 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
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S., Lambin, E.F. (2009) A safe operating space for humanity. Nature Vol. 461, 472 - 475
- 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
- UBA (Hrsg.) (2017) Vereinfachte Umweltbewertungen des Umweltbundesamtes (VERUM 2.0). TEXTE 28/2017. Umweltbundesamt: Dessau-Roßlau.
- UBA (Hrsg.) (2016) Die Nutzung natürlicher Ressourcen. Bericht für Deutschland 2016. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt
- UBA (Hrsg.) (2014) Vereinfachte Umweltbewertungen des Umweltbundesamtes (VERUM). Teil I: Konzept und Bewertungsmethode. Stand: April 2014. Umweltbundesamt: Dessau-Roßlau.
- UBA (2012). Glossar zum Ressourcenschutz. Dessau-Roßlau