

TEXTE

189/2020

Analyse einer Integration von Umweltindikatoren und alternativen Wohlfahrtsmaßen in ökonomische Modelle

Abschlussbericht

TEXTE 189/2020

Ressortforschungsplan des Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3717 14 104 1
FB000250/1

Analyse einer Integration von Umweltindikatoren und alternativen Wohlfahrtsmaßen in ökonomische Modelle

Abschlussbericht

von

Hans Diefenbacher

Forschungsstätte der Evangelischen Studiengemeinschaft (FEST),
Institution für interdisziplinäre Forschung, Heidelberg

Sebastian Gechert, Katja Rietzler

Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung, Düsseldorf

Christoph Gran

Institut für zukunftsfähige Ökonomien e.V., Bonn

Kai Neumann

Consideo GmbH, Lübeck

Manuel Linsenmeier, Malte Oehlmann

adelphi, Berlin

Roland Zieschank


Forschungszentrum für Umweltpolitik, Berlin


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](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

 [/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Durchführung der Studie:

Forschungsstätte der Evangelischen Studiengemeinschaft (FEST)
– Institut für interdisziplinäre Forschung –
Schmeilweg 5
69118 Heidelberg

in Verbindung mit:

- adelphi, Berlin
- Consideo, Lübeck
- Forschungszentrum für Umweltpolitik (FFU) der Freien Universität, Berlin
- Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung (IMK), Düsseldorf
- Institut für zukunftsfähige Ökonomien (ZOE), Bonn

Abschlussdatum:

Juli 2019

Fachliche Begleitung:

Fachgebiet I 1.4 Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Umweltfragen, nachhaltiger Konsum
Michael Golde

Publikationen als pdf:

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

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Oktober 2020

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

Kurzbeschreibung: Analyse einer Integration von Umweltindikatoren und alternativen Wohlfahrtsmaßen in ökonomische Modelle

Die vorliegende Studie geht von der Frage aus, ob wichtige wirtschaftliche und politische Entscheidungsprozesse mit den vorliegenden ökonomischen Modellen ausreichend problemadäquat getroffen werden können oder ob nicht vielmehr Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren in wirtschaftlichen Modellierungen eine größere Rolle spielen sollten, um den heutigen Problemlagen besser gerecht zu werden. Dazu werden zunächst Indikatoren und Indices identifiziert, die für diesen Zweck geeignet erscheinen. Im vorliegenden Projekt werden explizit keine eigenen Modellierungen vorgenommen, jedoch über 30 Modelle in vier Modellklassen – Gleichgewichtsmodelle, makroökonomische Modelle, systemdynamische und agentenbasierte Modelle – kategorisiert und acht Modelle im Detail auf die Integrierbarkeit der Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren analysiert. Die Arbeit schließt mit einem Fazit, in dem die Bedingungen und Möglichkeiten einer Weiterentwicklung der Modelle in Richtung Umwelt und Wohlfahrt diskutiert und in einem politischen Rahmen verortet werden.

Abstract: Analysis of the Integration of environmental indicators and alternative measures of welfare into economic models

The following study deals with the question whether important economic and political decisions can be made in a sufficiently adequate manner on the background of existing economic models or whether environmental and welfare indicators should play a larger role in economic modelling to satisfy current problems in a better way. In a first step, indicators and indices are identified that seems to be appropriate. However, in the following text there are no own modelling activities that could be reported; but in a second step, more than thirty models are categorized into four classes of models – equilibrium, macroeconomic, system dynamic and actor based models – and eight models are analyzed in detail concerning the integrability of environment and welfare indicators. The study concludes with a summary where the conditions and possibilities of a further development of economic models into the dimensions of environment and welfare are discussed and situated into a political framework.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	7
Abbildungsverzeichnis.....	9
Tabellenverzeichnis	9
Abkürzungsverzeichnis	10
Zusammenfassung.....	12
Summary	23
1 Arbeitspaket I	34
1.1 Einleitung und Zielstellung des Projekts	34
1.1.1 Ausgangslage und Intention der Einbeziehung von Umweltindikatoren und Wohlfahrtsindizes	34
1.1.2 Zielsetzungen des Vorhabens	35
1.1.3 Definitionen	35
1.2 Zur Auswahl von Umweltindikatoren und Wohlfahrtsindices.....	37
1.2.1 Kriterien für die Auswahl von Indikatoren von Indices.....	37
1.2.2 Erste Vorschläge für die Auswahl von Umweltindikatoren	39
1.2.3 Erste Auswahl von Wohlfahrtsindices	41
1.2.4 „pars-pro-toto“-Indikatoren	45
1.2.5 Umwelt und Wohlfahrt – Indikatoren und Indices.....	47
1.2.6 Ausblick zu Umweltindikatoren und Wohlfahrtsindices.....	48
1.3 Übersicht über relevante ökonomische Modelle	48
1.3.1 Ziele des Arbeitsschrittes.....	48
1.3.2 Zusammenstellung einer Liste relevanter Modelle	49
1.3.3 Einteilung der Modelle in vier Modellklassen.....	49
1.3.4 Auswahl von Modellcharakteristika für das Modellinventar.....	52
1.3.5 Auswertung der Modellcharakteristika - Modellinventar	54
1.3.6 Perspektiven und Hürden einer weiteren Integration aus Sicht der Modellentwickler	56
2 Arbeitspaket II: Modellanalyse.....	60
2.1 Vorbemerkung	60
2.1.1 Kurze Einführung in die Arbeitsschritte von AP II.....	60
2.1.2 Auswahl von Modellen für eine detailliertere Machbarkeitsanalyse.....	60
2.1.3 Auswahl von Indikatorensets für eine detaillierte Machbarkeitsanalyse.....	61
2.2 Modellanalyse.....	62

2.2.1	Das Modell E3ME	63
2.2.2	Das Modell NAWM	70
2.2.3	Das Modell PANTA RHEI.....	73
2.2.4	Das Modell WoW	77
2.2.5	Das IMK-Modell	86
2.2.6	Das Modell MEDEAS	91
2.2.7	Das Modell NiGEM	97
2.2.8	Das Quest-Modell der EU-Kommission.....	99
3	Fazit	108
3.1	Auswertung der Modellanalysen	108
3.2	Allgemeine Überlegungen.....	111
3.2.1	Hindernisse und begünstigende Faktoren der Integration von Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren.....	111
3.2.2	Zur Wahl einer zukünftigen Modellierungs-Strategie	113
3.2.3	Zur Wechselwirkung zwischen Wissenschaft und Politik	114
4	Literaturverzeichnis.....	115
A.1	Methodologie des Index	119
A.2	Vorläufige Ergebnisse.....	121
A.3	Zusammenhang mit anderen Wohlfahrtsmaßen.....	123
B.1	Zur Motivation, alternative Indikatoren zu berücksichtigen	125
B.2	Warum Wohlfahrt langfristig auch für die Wirtschaft entscheidend ist	126
B.3	Warum alternative Indikatoren zum plakativen Leitbild werden müssen	129

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Das sozioökonomische System als Subsystem des begrenzten planetaren Ökosystems	36
Abbildung 2:	Summe der codierten Modellcharakteristika für einzelne Modelle, gruppiert nach Modellklassen.....	56
Abbildung 3:	Die drei Komponenten des Modells E3ME.....	65
Abbildung 4:	Möglichkeiten der Kopplung von E3ME mit Satellitenmodellen	66
Abbildung 5:	Vereinfachte Darstellung von WoW.....	79
Abbildung 6:	Das MEDEAS-Modell.....	93
Abbildung 7:	Das Quest-Modell.....	103
Abbildung 8:	Veränderungsraten einer Größe und ihres Kehrwertes.....	120
Abbildung 9:	German Index of Wellbeing und Dimensionen-Indizes 2000-2015	122
Abbildung 10:	Canadian Index of Wellbeing und Dimensionen-Indizes 1994-2014.....	123
Abbildung 11:	Veränderungsraten von GIW, BIP, NWI und subjektiver Lebenszufriedenheit 2000-2014.....	124
Abbildung 12:	Wirtschaft vs. Wohlfahrt vs. Zufriedenheit – eine systemdynamische Perspektive	127
Abbildung 13:	Potentiale einer Transformation der Gesellschaft	128
Abbildung 14:	Ursache-Wirkungsmodell zur Bewertung der Entwicklung der Gesellschaft.....	130
Abbildung 15:	Bewertung der Entwicklung einer Gesellschaft.....	131

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über Verteilung der Modellklassen in der Modellliste	49
Tabelle 2:	Liste der Modelle als Grundlage für das Modellinventar und die Auswahl der Modelle für die Detailanalyse in AP2	51
Tabelle 3:	Auswertung der Modellcharakteristika für die vier Modellklassen sowie insgesamt.....	54
Tabelle 4:	Einstufung der Modellcharakteristika für die analysierten Modelle.....	133
Tabelle 5:	Übersicht über Modellkopplungen	135
Tabelle 6:	Übersicht über bestehende und potentielle Modell-Indikatorkopplungen.....	137

Abkürzungsverzeichnis

AMECO	Annual macroeconomic database
AP	Arbeitspaket
AR	univariat autoregressiv
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft
CEAC	Canadian Environmental Advisory Council
CIW	Canadian Index of Well-Being
DG ECFIN	Generaldirektion Wirtschaft und Finanzen der EU-Kommission
DSGE	dynamic stochastic general equilibrium
E3ME	Energy-Environment-Economy Global Macro-Economic
ELQ	Erwerbslosenquote
EROI	Energy return on energy invested
EU	Europäische Union
EU-SILC	European Union Statistics on Income and Living Conisitions
FKG	Fehlerkorrekturgleichungen
FuE	Forschung und Entwicklung
GEM	general equilibrium model
GENIE	Grid Enabled Integrated Earth System Model
gH	globale Hektar
GINFORS	Global Inter-Industry Forecasting System
GLASOD	Global Assessment of Human Induced Soil Degradation
GTAP	Global Trade Analysis Project
HDI	Human Development Index
HLY	Happy Life Years
IHDI	Inequality Adjusted Human Development Index
IOT	Input-Output-Tabellen
IWI	Inclusive Wealth Index
MEDEAS	[Model of the renewable energy transition in Europe]
MEM	Macro economic model(s)
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
NAIRU	Non Accelerating Inflation Rate of Unemployment
NAWM	New Area-Wide Model

NiGEM	National institute's Global Econometric Modell
NMVC	Non-Methane Volatile Compounds
NPP	Netto-Primärproduktion
NRE	Nachhaltige Regionalentwicklung
NWI	Nationaler Wohlfahrtsindex
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PJ	Peta Joule
PYLL	Potential Years of Life Lost
QUEST	[globales maktoökonomisches Politik-Simulationsmodell]
RMC	Raw Material Consumption
RME	Rohmaterialeinheiten
RMI	Raw Material Input
RWI	Regionaler Wohlfahrtsindex
SDM	Systemdynamische Modelle
SEEA	System of Environmental Economic Accounting
SOEP	Sozio-ökonomisches Panel
SVAR	strukturell vektorautoregressiv
TEEB	The Economics of Ecosystems and Biodiversity
THG	Treibhausgasemissionen
UBA	Umweltbundesamt
UGR	Umweltökonomische Gesamtrechnungen
UN	United Nations
WAVES	Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services
WHOQOL	World Health Organization Quality of Life
WIOD	World Input Output Database
WoW	Wirtschaft ohne Wachstum

Zusammenfassung

1. Zur Zielsetzung des Projekts

1.1. Ausgangslage und Intention der Einbeziehung von Umweltindikatoren und Wohlfahrtsindizes

In den letzten Jahren ist zwar eine Ökonomisierung der Umweltpolitik erfolgt, aber eine vergleichbare Ökologisierung der Wirtschaftspolitik ist nur in wesentlich bescheideneren Ansätzen vorhanden. Viele der Studien zur zukünftigen wirtschaftlichen Entwicklung, welche die großen Wirtschaftsforschungsinstitute herausgeben, berücksichtigen nicht Kenngrößen zum Umweltverbrauch, zu Umweltbelastungen respektive monetären Umweltschäden. Auch der Jahreswirtschaftsbericht der Bundesregierung hat noch ein traditionelles Verständnis von Wohlstand, das zum ganz überwiegenden Teil auf einer Steigerung des wirtschaftlichen Wachstums basiert. Marginalisiert sind auch Versuche geblieben, die gängigen ökonometrischen Modelle um Aspekte der sozialen oder ökologischen Nachhaltigkeit zu erweitern. Selbst jahrelange Bemühungen des BMBF, in Ergänzung dazu makroökonomische Modelle unter Einbeziehung von Nachhaltigkeitskriterien weiter zu entwickeln, erscheinen noch nicht von Erfolg gekrönt.

Während auf der einen Seite also die Modelle des ökonomischen „Mainstreams“ und die zentralen Kennziffern der Wirtschaftsberichterstattung ein bemerkenswertes Beharrungsvermögen aufweisen, entwickeln sich – allerdings jenseits dieser Akteurskreise – durchaus neue Initiativen. Die bislang einzige offizielle Schnittstelle zwischen den traditionellen ökonomischen Ansätzen und Umweltaspekten sind die Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR) in Deutschland und anderen Ländern beziehungsweise internationale Ansätze des Environmental-Economic Accountings unter anderem auch seitens der Weltbank und des TEEB-Netzwerkes; bei letzteren geht es um die Einbeziehung von Naturkapital und „Ecosystem Services“ in die Umweltökonomischen Bilanzierungen, etwa im Rahmen der internationalen „WAVES“-Initiative.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob wichtige wirtschaftliche und politische Entscheidungsprozesse unter diesen eingeschränkten konzeptionellen Ansätzen und inhaltlich verengten Informationssystemen ausreichend problemadäquat getroffen werden können oder ob nicht vielmehr Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren in wirtschaftlichen Modellierungen eine größere Rolle spielen sollten, um den heutigen Problemlagen besser gerecht zu werden.

In den Überlegungen dieser Machbarkeitsstudie geht es explizit nicht um die Entwicklung eines *eigenen* makroökonomischen Modells, sondern um eine Untersuchung, wo sich Anknüpfungspunkte zu den „*vorherrschenden*“ Modellen für die Integration von Umwelt-, Umweltkosten- und Wohlfahrtsindikatoren oder -indices ergeben.

1.2 Zielsetzungen des Vorhabens

Auf dem Hintergrund der hier skizzierten Ausgangslage ergibt sich ein breites Bündel von Zielsetzungen:

- ▶ Da die allgemeine Orientierung in Wirtschaft und großen Teilen der Gesellschaft sowie der Politik selbst - die eigentlich andere Zielsetzungen hat - sich am BIP ausrichtet, sollen hier wissenschaftliche Grundlagen befördert werden, um Umweltthemen und soziale Wohlfahrtsaspekte frühzeitiger in die Politik zu integrieren.
- ▶ Das Vorhaben identifiziert Indikatoren und Indices, die für diesen Zweck geeignet erscheinen.

- ▶ Damit sollen umfangreichere Analysen und Modellierungen von Politiken *ermöglicht* werden; im vorliegenden Projekt soll jedoch explizit noch keine eigene Modellierung vorgenommen werden.

Das Projekt verfolgt somit eher einen Ansatz der Reformation und nicht der Revolution; es werden keine völlig neuen ökonomische Modellierungen entwickelt, sondern in diesem Bereich Anknüpfungspunkte an vorhandene ökonomische Denkmodelle gesucht. Dies geschieht auch vor dem Hintergrund der auf internationaler Ebene geäußerten Forderung, zukünftig stärker "Sozialkapital" und "Naturkapital" bei der Wohlstandsbilanzierung zu berücksichtigen.

Im Rahmen des vorliegenden Berichts soll schließlich deutlich werden, welchen „Mehrwert“ die bestehende und zukünftige Modellentwicklung beziehungsweise Weiterentwicklung haben kann. Unter anderem werden im vorliegenden Projekt die folgenden Alternativen gesehen:

- ▶ Die Modelle *erweitern* ihre Systemgrenzen, indem sie jetzt auch Umwelt und Wohlfahrt endogen berücksichtigen. Durch die Integration in ökonomische Modelle entstehen Elemente der besseren Erklärbarkeit und der Prognostizierbarkeit von Umwelt- und Wohlfahrtsentwicklungen.
- ▶ Umgekehrt könnten sich die langfristigen Prognosen von wirtschaftlichen Variablen verbessern, wenn auch die Entwicklung von Umweltindikatoren und Wohlfahrtsindices – außerhalb der Modelle gemessen – bei deren Erklärung mitberücksichtigt wird.

1.3 Zur Auswahl von Umweltindikatoren und Wohlfahrtsindices

1.3.1. Kriterien für die Auswahl von Indikatoren von Indices

Die Auswahl von Umweltindikatoren gestaltet sich in verschiedener Hinsicht als wissenschaftlich angeleiteter, pragmatischer Kompromiss, und zwar nicht nur im Blick auf die strategischen Überlegungen zur Quantifizierung von Zielen oder auch nur zur Benennung von wünschenswerten Entwicklungsrichtungen:

- ▶ Indikatoren müssen wissenschaftlich aussagefähig, jedoch so auf die Entwicklung der Gesellschaft orientiert sein, dass sie als Grundlage für politische Entscheidungen verwendet werden können.
- ▶ Des Weiteren müssen Indikatoren die zugrundeliegenden Messwerte oder auf andere Weise gewonnene Informationen so verdichten, dass sie weder durch übergroße Abstraktion aussagegelos werden noch – das andere Extrem – zu viele Einzeldaten unverbunden nebeneinanderstehen.
- ▶ Indikatoren müssen messbar sein, wobei diese Forderung in einem weiten Sinne zu verstehen ist. Es kann sich um einzelne statistische Angaben handeln, um Zahlenwerte, die aus statistischen Angaben berechenbar sind, ebenso wie um Werte chemischer Analysen oder physikalischer Messungen von Umweltmedien.
- ▶ Indikatoren müssen trennscharf sein. Das bedeutet, dass der jeweilige Wert eines Indikators eine richtungsstabile Aussage darüber erlauben muss, ob die bezeichnete Eigenschaft des betrachteten Systems im „guten“ oder im „schlechten“ Bereich liegt – sofern es möglich ist, über die Zielgröße überhaupt einen gesellschaftlichen Konsens zu finden.

- ▶ Schließlich ist es nützlich, wenn Indikatoren Vergleiche zwischen verschiedenen Regionen erlauben – Kommunen, Landkreise, Bundesländer, Staaten oder andere relevante geografisch eingrenzbar Gebiete.
- ▶ Häufig besteht im realen politischen Prozess an Indikatoren wie an Statistik generell die Forderung, dass Indikatoren ohne großen Aufwand ermittelbar und leicht verständlich sein sollen. Bei Änderungen des Systemzustands muss sich mindestens ein Indikatorwert ändern, und der neue Wert sollte schnell verfügbar sein.

Um die politische Akzeptanz von Indikatoren zu befördern, können damit die oben genannten Kriterien weiter verdichtet beziehungsweise ergänzt werden:

- ▶ Der Index beziehungsweise der Indikator sollte einigermaßen bekannt und seine Berechnung völlig transparent sein;
- ▶ es sollte eine Zeitreihe für Deutschland verfügbar sein, es sei denn, dass der jeweilige Indikator bewusst sehr innovativ sein soll, um bisher nicht abgedeckte, aber notwendigerweise zu berücksichtigende Sachverhalte zu erfassen;
- ▶ die Zeitreihe sollte mindestens ordinal skaliert sein;
- ▶ die Zeitreihe des Index sollte, wenn möglich, auch für andere Länder anwendbar sein, sofern auch internationale Vergleiche ermöglicht werden sollen, etwa über Eurostat oder EU-SILC.
- ▶ die Zeitreihe des Index sollte im Idealfall auch auf Bundesländerebene verfügbar gemacht werden können. Bei Umweltindikatoren erscheint ein Anknüpfungspunkt an die UGR vorteilhaft. Ein guter Anknüpfungspunkt sind auch die Konzepte der „planetary boundaries“ – die bisher recht gut kommuniziert, aber noch unübersichtlich sind – und neuerdings das Konzept der „sustainable development goals“ (SDG).

Leitfrage bei der Auswahl von Indikatoren sollte sein, inwieweit sich an bestehende Modellwelten der ökonomischen Modellierung andocken lässt.

Durch eine ökologischeren Modellierung und Neuausrichtung der intendierten Aussagen soll ein Verständnis von gesellschaftlicher Wohlfahrt unterstützt werden, das eine Steigerung von ökonomischem Kapital im Rahmen der „planetary boundaries“ und von ökologischem Kapital intendiert und nicht die Wachstumsphilosophie automatisch übernimmt; Ziel sind im Endeffekt wohlfahrtsorientierte Modelle.

1.3.2 Erste Vorschläge für die Auswahl von Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren

Als Ergebnis von AP I wurden im Projekt eine Reihe von Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren beziehungsweise -indices vorgeschlagen, die als Grundlage einer Prüfung und als erste Vorschläge dienen sollten, wie diese beiden Dimensionen in bestehende Modellierungen eingepasst werden könnten. Dazu wurden im Umwelt- und im Wohlfahrtsbereich jeweils unterschiedliche Auswahlkriterien zugrunde gelegt:

- ▶ Im Bereich Umwelt wurde zunächst eine systematische Zusammenstellung von acht Dimensionen der Umweltindikatorik vorgelegt, mit jeweils beispielhaften Umsetzungen in Einzelindikatoren:

- Naturkapital;
 - Physische Indikatoren zum Input in Wirtschaft und Gesellschaft;
 - Physische Indikatoren zum Impact auf Ökosysteme;
 - Monetäre Indikatoren zum Impact auf Ökosysteme, Umweltschadenkosten;
 - Monetäre Umweltindikatoren;
 - Investitionen in Naturkapital;
 - Leistungen von Ökosystemen;
 - Physische Indikatoren zum Impact auf menschliche Gesundheit und Lebensqualität.
- In einem zweiten Schritt wurden Umweltindikatoren zusammengestellt - je nach Nähe der Modelle zum Thema Umwelt, in die die Indikatoren eingepasst werden könnten:
- Indikatoren für Modelle mit bislang keinem oder kaum Bezug auf Umweltfragen;
 - Indikatoren mit bereits bestehenden Anknüpfungspunkten zu Umweltfragen;
 - Indikatoren zur Erweiterung von Modellansätzen, die explizit zur Berücksichtigung von Umweltfragen generiert wurden.
- Zur Dimension Wohlfahrt wurden die Vorschläge nach zwei unterschiedlichen Ebenen der Komplexität strukturiert:
- Wohlfahrtsindices, wobei hier auf den Nationalen Wohlfahrtsindex (NWI) besonderes Augenmerk gerichtet und zum Teil auch die Integrierbarkeit seiner Einzelkomponenten geprüft wurde, und
 - Indikatoren, die quasi als „pars pro toto“ paradigmatisch jeweils für einen größeren Teilbereich der Wohlfahrt stehen könnten: Verteilung, Arbeitslosigkeit, Gesundheit, Bildung, Good Governance.

Die prinzipielle Frage der Integrierbarkeit der Indikatoren und Indices aus dem Umwelt- und Wohlfahrtsbereich ist im Grunde eine erkenntnistheoretische Frage: Eine Einbeziehung in bestehende Modelle – oder alternativ die Konstruktion neuer Modelle – hängt zuerst von der Frage ab, welche Stellenwert diese Faktoren bei der Erklärung der Zusammenhänge spielen, die das jeweilige Modell abbilden soll: Werden damit solche Erklärungen (nur) präzisiert oder werden damit ganz neue Horizonte für mögliche Erkenntnisse erschlossen? Wird das Modell im Rahmen seiner bislang bestehenden Intentionen (nur) verfeinert oder transzendiert der Einbezug neuer Indikatoren und Indizes diese ursprünglichen Intentionen?

1.3.3 Umwelt und Wohlfahrt – Indikatoren und Indices

Mit den in den letzten Abschnitten vorgestellten Indikatoren und Indices ist eine Bandbreite im Sinne eines Reservoirs angegeben; diese Indikatoren und Indices können genutzt werden, um die Diskussion über die Integrationsmöglichkeiten der Themen Umwelt und Wohlfahrt in ökonomische beziehungsweise ökonometrische Modelle an konkreten Beispielen voranzutreiben.

Die gewählten Indikatoren und Indices lassen sich dabei in unterschiedlicher Weise nach verschiedenen Kriterien gruppieren:

- ▶ monetäre und physische Indikatoren
- ▶ Indices aus Indikatoren verschiedener Dimensionen – monetäre oder physische Einheiten – oder Indices als Ergebnis eines Gesamtrechnungsansatzes

Indikatoren beziehungsweise Indices lassen sich auch nach eher technischen Kriterien einteilen, darunter:

- ▶ Datenverfügbarkeit
- ▶ Time-lag
- ▶ Vorhandensein einer Zeitreihe
- ▶ Verständlichkeit für statistische Laien

2. Übersicht über relevante ökonomische Modelle

2.1 Ziele des Arbeitsschrittes

Die Integration von ökonomischen Modellen und Indikatoren beziehungsweise Indices für Umwelt und Wohlfahrt kann für verschiedene Anknüpfungspunkte an Modellen untersucht und befördert werden. Die möglichen Anknüpfungspunkte variieren dabei von Modell zu Modell. Dies liegt unter anderem an den verschiedenen Anwendungen, für welche die entsprechenden Modelle entwickelt wurden. Während zum Beispiel manche ökonomische Modelle regelmäßig für die Untersuchung von Umweltpolitikmaßnahmen verwendet werden, zielen andere Modelle darauf ab, die wirtschaftliche Konjunktur der nächsten zwei Jahre möglichst gut vorherzusagen. Im Bereich der Postwachstumsmodelle steht zudem die Erforschung möglicher Szenarien einer wachstumsunabhängigen Entwicklung im Vordergrund. Entsprechend groß ist die Bandbreite der möglichen Aussagen zu Umwelt und Wohlfahrt, die anhand der Modelle getroffen werden können, und entsprechend stark variieren die Perspektiven und möglichen Wege einer vertieften Integration der Modelle mit den im Projekt untersuchten Umweltindikatoren und Wohlfahrtsindizes.

Vor diesem Hintergrund verfolgt dieser Arbeitsschritt die folgenden Ziele:

1. Identifikation von relevanten Modellen für das Modellinventar und zugleich als Grundlage für die Auswahl von Modellen für die Detailanalyse in AP2;
2. Tabellarischer Überblick über den Status quo der Modelle hinsichtlich ausgewählter Modellcharakteristika, die jeweils einen Hinweis auf die bereits bestehende Berücksichtigung eines bestimmten Themenfelds von Umwelt und Wohlfahrt im Modell geben (Modellinventar);
3. Identifikation von Perspektiven und Hürden einer vertieften Integration ökonomischer Modelle mit Indikatoren für Umweltkosten und Wohlfahrt aus Sicht von Modellentwicklern.

Um diese Ziele zu erreichen, wurde ein mehrstufiges methodisches Vorgehen gewählt. Dafür wurde unter anderem eine umfassende Literatur- und Internetrecherche durchgeführt. Außerdem wurden insgesamt 10 semi-strukturierte Interviews mit Modellentwicklern geführt. Die einzelnen Schritte des Vorgehens werden in den folgenden Abschnitten beschrieben. Anschließend werden die Ergebnisse der Auswertung präsentiert und erläutert.

2.2 Zusammenstellung einer Liste relevanter Modelle

Um relevante Modelle für die weitere Analyse zu identifizieren, wurde in einem nächsten Schritt eine Liste mit insgesamt 35 ökonomischen Modellen aufgestellt. Dafür wurde zunächst analysiert, welche Modelle besonders häufig in Studien zur Wirkung von Politikmaßnahmen und für Prognosen der ökonomischen Entwicklung auf nationaler und internationaler Ebene und dort insbesondere der EU und der OECD erwähnt werden. Diese Recherche diente dem Zweck, Modelle zu identifizieren, die die folgenden Kriterien für Relevanz möglichst gut erfüllen: Modelle, die (a) in Deutschland, auf Ebene der EU und von internationalen Organisationen wie der OECD verwendet werden, um Politik ex-post und ex-ante zu bewerten, (b) für die Entscheidungsfindung auf politischer und gesellschaftlicher Ebene herangezogen werden und (c) eine größere öffentliche Wahrnehmung besitzen. Im noch recht jungen Forschungsfeld der Postwachstumsökonomie wurden zudem Modelle identifiziert, die zwar die Kriterien a-c nicht erfüllen, im Hinblick auf die Integration von Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren aber mögliche neue Ansätze liefern könnten. Eine Übersicht über die ausgewählten Modelle befindet sich in Tabelle 2.

2.3. Einteilung der Modelle in vier Modellklassen

Die große Vielfalt makroökonomischer Modelle, die sich auch unter den Modellen in der Modellliste wiederfindet, legt eine Einteilung der Modelle in sogenannte Modellklassen nahe. Im Vorhaben wurde eine Einteilung in insgesamt vier Modellklassen gewählt, die auf der theoretischen Verortung und ausgewählten technischen Eigenschaften der Modelle basiert. Die Modellklassen wurden für das Vorhaben wie folgt definiert:

In die Modellklasse der *Gleichgewichtsmodelle (GEM)* fallen allgemeine und partielle Gleichgewichtsmodelle.

Makroökonomische Modelle (MEM) basieren auf empirischen Zusammenhängen zwischen gesamtwirtschaftlichen Variablen, die auf das Verhalten von wirtschaftlichen Akteuren zurückgeführt werden können.

Agentenbasierte Modelle (ABM) simulieren das Verhalten von wirtschaftlichen Akteuren unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen und der Wechselbeziehungen zwischen den Akteuren.

Systemdynamische Modelle (SDM) betrachten eine Auswahl von aggregierten wirtschaftlichen Variablen und bilden deren Wechselbeziehungen in Form eines Systems mathematischer Gleichungen ab.

Neben der Modellklasse wurde für jedes Modell eine Einstufung vorgenommen, ob es sich um ein Postwachstumsmodell handelt oder nicht. Insgesamt wurden sieben Modelle als Postwachstumsmodelle klassifiziert. Auffällig dabei ist, dass fast alle Postwachstumsmodelle SDM-Modelle sind. Insgesamt eignet sich der systemdynamische Ansatz offenkundig sehr gut, um mögliche langfristige Entwicklungen zu erforschen. Die meisten Modelle können darüber hinaus an der Schnittstelle zu MEM-Modellen verortet werden.

2.4 Modellanalyse

Im Anschluss werden acht nach den vorgenannten Kriterien ausgewählte Modelle hinsichtlich der Erweiterung um Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren und -indices eingehender untersucht. Die Analyse folgt weitgehend einer einheitlichen Gliederung, wobei zunächst die einzelnen Modelle kurz vorgestellt werden. Relevante Informationen sind dabei der Zweck des untersuchten Modells, die Modellklasse, theoretische Grundlagen, die Modellstruktur sowie die Datenfrequenz und der Zeithorizont. Diese Charakteristika haben auch einen Einfluss auf die Möglichkeiten der Weiterentwicklung. Insbesondere der Modellzweck, die Modellstruktur und die Datenebene spielen hier eine Rolle.

In einem anschließenden Schritt werden dann die konkreten Möglichkeiten ausgelotet, Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren und -indices in den Modellen besser zu verankern. Hier werden die Indikatoren einzeln betrachtet und es wird geprüft, ob und in welchem Umfang der jeweilige Indikator in das betreffende Modell integriert werden könnte.

Obwohl sich die ausgewählten Modelle hinsichtlich der Modelleigenschaften und Anwendungsbereiche teilweise sehr stark unterscheiden – was beabsichtigt war – wird, wie bereits beschrieben, eine weitestgehend einheitliche Gliederung der Analyse gewählt, um die Ergebnisse vergleichbar zu machen und Unterschiede deutlich herausarbeiten zu können. Da die Modelle allerdings in sehr unterschiedlichem Umfang bereits Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren berücksichtigen, wird bei der Analyse dennoch nicht völlig einheitlich vorgegangen. So werden in Abhängigkeit von den Modelleigenschaften und den Modellvariablen sowie den Zielsetzungen der Modell Anwender teilweise unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt und der Detailgrad der nachfolgenden vertieften Analyse fällt entsprechend unterschiedlich aus. Die Modelle

- ▶ E3ME
- ▶ NAWM
- ▶ PANTA RHEI
- ▶ WoW

sind als fortschrittlichere Modelle aus Sicht des Projekts zuerst aufgeführt, und die Modelle

- ▶ IMK
- ▶ MEDEAS
- ▶ NiGEM
- ▶ Quest

hernach. Innerhalb der beiden Gruppen werden die Modelle in alphabetischer Reihenfolge abgehandelt.

Die Analyse nimmt neben der reinen Modellebene auch die Perspektive der Modellentwicklerinnen und -entwickler in den Blick.

3. Fazit

3.1 Auswertung der Modellanalysen

Im folgenden Abschnitt sollen die Erkenntnisse der Modellanalysen im Blick auf die Integrierbarkeit der Vorschläge noch einmal zusammenfassend betrachtet und herausgearbeitet werden, wo sich Anknüpfungspunkte für eine Erweiterung der Modellierung in Richtung Umwelt, respektive Wohlfahrt identifizieren ließen. Dabei bilden die hier ausgewählten acht Modelle eine breite Spanne repräsentativer Modellierungsansätze ab, die Ergebnisse ließen sich fallweise auch auf andere, den ausgewählten Modellen strukturell und methodisch ähnliche Modelle übertragen.

3.2 Hindernisse und begünstigende Faktoren der Integration von Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren

Im Rahmen unseres Projekts haben wir untersucht, inwieweit Indikatoren zur Messung von Umwelteinflüssen und Wohlfahrt in Modelle zur Beurteilung von wirtschaftlichen Auswirkungen

Einzug halten können. Dabei sind im Zuge der Interviews und Fachgespräche eine Reihe nicht nur technischer Hindernisse genannt worden:

- ▶ Viele Daten sind nicht (zeitnah) verfügbar.
- ▶ Manche Daten sind nicht international vergleichbar.
- ▶ Das Modell ist vom Ansatz her nicht erweiterbar, etwa kann es begrenzte Möglichkeiten geben, Rückkopplungen in Gleichgewichtsmodelle einzubauen oder bei zu großen Modellen die Interdependenzen eines zusätzlichen Indikators nachzuzeichnen.
- ▶ Die ursprünglichen Modellierer sind nicht verfügbar.
- ▶ Die Messbarkeit beziehungsweise Quantifizierbarkeit einiger wichtiger Aspekte wird in Frage gestellt.
- ▶ Manche Implikationen werden als unklar angesehen, zumeist hinsichtlich der Quantifizierbarkeit von Zusammenhängen, etwa der Nutzen von Ökosystemleistungen.
- ▶ Strukturbrüche in der wirtschaftlichen Entwicklung sind schwer zu berücksichtigen.
- ▶ Der Zeithorizont einiger Auswirkungen mit mehr als 50 Jahren ist für viele Modellierer und auch potenzielle Nutzer heute nicht von Interesse. Daran schließt die Frage der unterschiedlichen Zeithorizonte stärkerer Veränderungen von Variablen an: Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren ändern sich in manchen Bereichen eher längerfristig, Modelle der Konjunkturprognostik sind eher auf Kurzfristigkeit angelegt.
- ▶ Die Denkweise klassischer Ökonomen ist zum Teil nicht offen für externe Nebenwirkungen und ökologische Fernwirkungen.
- ▶ Die Erweiterung um Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren und -indizes wird von diesen Akteuren als politisch nicht neutral wahrgenommen.

Diese Hindernisse erscheinen aber nur vermeintlich als unveränderlich. Wenn wir auf die genannten Einzelgründe und potentielle Gegenmaßnahmen im Wirkungszusammenhang blicken, erkennen wir im Endergebnis eine reelle Chance für eine alternative Bewertung der Entwicklung unserer Wirtschaft und unserer Gesellschaft.

Die Analyse zeigte auf der anderen Seite ein paar konkrete, im Workshop und den Interviews genannte Hebel, die Dynamik „pro alternative Indikatoren“ anzukurbeln:

- ▶ Kriterien für die Bewertung der Daten und Zusammenhänge sollten nicht von einzelnen Modellierern, sondern auf einer breiteren Basis bestimmt werden, etwa im Zuge einer Einbeziehung der Fachcommunity durch Befragungen.
- ▶ Die Ökonomie kann aus einer moderneren Sicht, die eine umfassendere Perspektive auf Wohlfahrt bietet, bessere Narrative als das einseitige Ziel des Wirtschaftswachstums bieten, welche inzwischen auch auf die Nachfrage in weiteren Kreisen der Gesellschaft stoßen, jenseits der klassischen ökonomischen Experten und Schulen.

Hilfreich wären Pilotprojekte, in denen beispielsweise das BMU Modellentwicklungen über Projekte initiiert und finanziert, wo sich gute Anknüpfungspunkte inhaltlich, methodisch und von den beteiligten Modellierern her ergeben. Entsprechende Optionen können durch die vorliegende Machbarkeitsstudie untermauert werden:

- ▶ Ein guter Ansatzpunkt wäre, Teilbereiche wie Klimaschutz in ihrer Bedeutung für die Modellierung von Wirtschaftswachstum stärker zu berücksichtigen.
- ▶ Eine Berücksichtigung hoch aggregierter Indizes ist in der Modellierung besonders schwierig, da sie von vielen Einzelvariablen abhängen; das würde aber die öffentliche Wahrnehmung erhöhen.
- ▶ Eine neue Orientierung der ökonomischen Modellbildung an „Big Data“ einschließlich der damit verbundenen Aufgabe, wie entsprechende Informationsquellen besser genutzt werden könnten, eröffnet ein „Window of opportunity“ – so etwa für eine Einbeziehung von Klimadaten, Änderungen der Rohstoffnutzung oder von sogenannten ökologischen Rucksäcken der Produktionsfaktoren. Dazu müsste die zentrale Bedeutung von Umweltvariablen von den Modellierern anerkannt werden.
- ▶ Dazu gehört auch, bislang separate Modelle mit vergleichbarem Aggregationsniveau zusammen zu bringen, um Berührungspunkte und Synergien zu testen, beispielsweise ausgehend von der Rohstoff-Inanspruchnahme, deren wirtschaftlichen Kosten und ökologischen Folgekosten.
- ▶ Wichtig wäre auch die Förderung dialogorientierter Veranstaltungen zwischen ModelliererInnen unterschiedlicher Modellierungsansätze sowie deren AnwenderInnen, ebenso wie
- ▶ die Förderung des Dialogs zwischen VertreterInnen sogenannter Postwachstumsansätze, Beyond-GDP-Initiativen sowie wachstumsbasierten Ansätzen.

3.3 Zur Wahl einer zukünftigen Modellierungs-Strategie

Neben der Auswahl einzelner Modelle stellt sich natürlich die Frage, welche Modellklassen für eine Integration von Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren beziehungsweise -indices besonders gut sind. Inwieweit Gleichgewichtsmodelle bei einem Ausbau auch zur Berücksichtigung von Rückkopplungen geeignet sind oder hierfür systemdynamische Modelle nicht ungleich einfacher zu nutzen wären: Da diese vielleicht in der Mainstream-Ökonomie bislang nicht verbreitet sind, wäre ein solcher Versuch eine spannende Frage, basierend auf den Ergebnissen dieses Projekts. Die Auswertung der Modell-Analyse hat ja ergeben, dass offenkundig SDM-Modelle sehr gut geeignet sind, um langfristige Entwicklungen abzubilden. Gezeigt werden konnte auch, dass die meisten dieser Modelle an der Schnittstelle zu MEM-Modellen verortet werden. Hierdurch wird zum Teil versucht, Finanzflüsse abzubilden. Zwei Modelle verfolgen hier den Ansatz einer Verbindung mit Input-Output-Tabellen. Auch bei der Änderung der Landnutzung, die gerade in der Verbindung von ökonomischen und ökologischen Aspekten eine der entscheidenden langfristigen Zukunftsfragen sein kann, schneiden bislang die MEM- und SDM-Modelle relativ besser ab. Sinnvoll könnte darüber hinaus sein, öffentliche Ausgaben für Umwelt- und Klimaschutz sowie für das Gesundheits- und das Bildungswesen sowie für Forschung und Entwicklung, also in größerer Detailtiefe, in den Modellen abzubilden, um die entsprechenden Politikbereiche auch gezielt adressieren zu können.

Generell stellt sich die oben angesprochene erkenntnistheoretische Frage nochmals in zweifacher Ausprägung: Erstens, ob eine Integration von Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren tatsächlich das „höchste Ziel“ wäre, oder ob eine exogene „Andockung“ an das jeweilige Modell nicht auch schon viel bringen würde, um eine bessere Berücksichtigung zu erreichen. Man hätte dann beispielsweise Satellitensysteme mit Zusatzinformationen über die prognostizierte wirtschaftliche Entwicklung, was Umweltverschlechterungen oder -verbesserungen sowie entsprechende Kosten anbelangt

Zweitens, um es auf den Punkt zu bringen: Angesichts der zunehmenden Überschreitung planetarer Grenzen stellt sich die grundsätzliche Frage der Relevanz und auch der Legitimation derjenigen makroökonomischen Modelle, die keinerlei natürliche Umwelt berücksichtigen. Wie soll die Entwicklung makroökonomischer Indikatoren verstanden und eingeordnet werden, wenn nicht einmal bekannt ist, ob damit eine Verschlechterung oder Verbesserung der Umweltsituation einhergeht, zum Beispiel im Blick auf die bei der Weltklimakonferenz in Paris verabschiedeten Zielsetzungen?

Angesichts abnehmender Wachstumsraten sowie bekannter Schwächen des BIP wäre es ratsam, das Wachstum des BIP als zentrale Stellgröße makroökonomischer Modellierung zugunsten eines breiteren Spektrums an Zielgrößen aufzugeben. Hierfür wäre es hilfreich, den Dialog und die mediale Sichtbarkeit vorhandener Diskurse zu fördern, etwa von Beyond-GDP-Initiativen innerhalb der Europäischen Union und des World Economic Forum sowie Green Economy-Konzepte und auch Postwachstums- oder Degrowth-Ansätze der Wissenschafts- und der zivilgesellschaftlichen Community. Sind Indikatoren „Beyond GDP“ etabliert, ist es eher eine Implementierungsfrage, ob etablierte Modelle zur Bewertung von Entscheidungen diese integrieren sollen oder welche neuen Modelle von Anfang an so konstruiert werden, dass sie ein größeres Spektrum an Umweltindikatoren mit aufnehmen können.

3.4 Zur Wechselwirkung zwischen Wissenschaft und Politik

Vielfach wurde bei der Einzelanalyse die von den jeweiligen Modellierern „unabhängige“ Nachfrage nach Modellerweiterungen als entscheidender Faktor für mögliche Anstrengungen angesprochen. Sofern nicht nur von den Auftraggebern, sondern auch von den Nutzern des Modells, oder durch Modellergebnisse eine höhere positive gesellschaftliche Resonanz erkennbar wird, erhöhen sich die Erfolgchancen, diesbezügliche Integrations-Arbeiten anzuregen.¹

Vereinzelt wurde auch betont, dass die Akzeptanz von Modellerweiterungen zentral davon abhängt, dass der Auftrag zur Modellierung von einer politisch unabhängigen Instanz gegeben wird. Das ist auch ein Ausdruck einer im Grunde trivialen Erkenntnis, dass es nämlich besonders vielversprechend wäre, wenn die Begründung der Notwendigkeit einer Ökologisierung der Modelle beziehungsweise einer Hinwendung zu Wohlfahrtsaspekten „jenseits“ des BIP zum wissenschaftlichen und politischen Konsens würde – das könnte eine eigene innovative Kraft auslösen. Natürlich sollte Wissenschaft per se neutral sein, aber den Prognosen und Bewertungen liegen natürlich Modellannahmen und Schulen zugrunde, die historisch entstanden sind, geistige Pfadabhängigkeiten aufweisen und deshalb gern politischen Lagern zugeordnet werden, weshalb mindestens das jeweils andere Lager diese oft nicht aufgreifen mag.

Umgekehrt allerdings – und dies erscheint nun keineswegs trivial – könnte von einer Weiterentwicklung der Modelle in Richtung Umwelt und Nachhaltigkeit auch ein aufklärerischer Impuls in die Politik ausgehen, sich verstärkt und noch integrativer diesen Themengebieten zuzuwenden.

¹ Bemerkenswert ist eine aktuelle Studie aus dem Bundeswirtschaftsministerium, der zufolge das Thema Nachhaltigkeit immer stärker bei den Unternehmen an Bedeutung gewinnt (BMWi 2019).

Die Konstruktion von Modellen beginnt als Reduktion der Komplexität von Wirklichkeit und offenbart damit auch eine spezifische Weltsicht – was an Faktoren relevant erscheint, wird in „die begrenzte Welt“ des Modells integriert, andere Aspekte bleiben unberücksichtigt. Umwelt und Wohlfahrt sind Perspektiven auf die Welt, die unseres Erachtens zentral in Modelle zur Erklärung wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Zusammenhänge sowie der zukünftigen Entwicklung Deutschlands einfließen müssen. Neben veränderten ökonomisch-politischen Entscheidungsprozessen wäre so auch zu hoffen, dass beispielsweise die jährlichen Wirtschaftsberichte der Bundesregierung eine umfassendere Problemsicht beinhalten könnten.

Eine „Modernisierung“ der makroökonomischen Modellbildung und in gewissem Sinne damit auch der bislang gebräuchlichen Theorien zur Makroökonomie erweitert nicht nur den Horizont, sondern verringert auch das Risiko wirtschaftlicher und politischer Fehlentscheidungen, die soziale Dysfunktionen und ökologische Degradierungen bislang oft erst selbst herstellen, bis sie dann erkannt und als Folge-Problemlagen angegangen werden.

Summary

1. Project goal

1.1. The given situation and the intention of integrating environmental indicators and welfare indices

In the last few years there has been a remarkable degree of economisation of environmental policies, whereas the ecologisation of economic policies has been carried out to a comparatively much more limited extent. Many studies on future economic development, published by renowned institutes of economic research, considered neither the variables of environment consumption nor the monetary amount of environmental damages related to environmental impacts. The Annual Economic Report released by the German Federal Government has so far been based on a traditional understanding of well-being, which overwhelmingly depends on the rise of economic growth. The attempts of adding aspects of social and ecological sustainability to the ongoing econometric models have been marginalised, too. Not even the efforts undertaken by the BMBF during many years, aiming at a further development of macroeconomic models integrating sustainability criteria, seem to have been crowned with success so far.

While on one hand also the economic “mainstream” models and the central indicators of economic reporting show a remarkable strength, on the other hand there are also new initiatives which are developing, although not amongst the same economic actors. The only interfaces between the traditional economic approaches and those considering environmental aspects, officially recognised up to now, are the environmental-economic general accountings (UGR), used in Germany and in some other countries, together with a few international approaches of environmental-economic accountings, including those implemented at the World Bank as well as in the TEEB networks; the latter are concerned with integrating natural capital and “ecosystem services” in the environmental-economic balancing, for example in the framework of the international “WAVES”-initiative.

In this context the question arises as to whether important economic and political decision processes can be carried out on the basis of such limited conceptional approaches and of information systems with such poor contents in a way that is adequate enough to the issues at stake; or whether environmental and welfare indicators should rather play a more important role in economic modeling in order to face the present day issues more adequately.

The considerations illustrated in this feasibility study do not aim at developing a *new* macroeconomic model *of our own* but rather at providing a research resulting in a few contact points with the “*prevailing*” models for the integration of environmental, environmental-cost and welfare indicators or indices.

1.2. Objectives of the plan

A wide range of objectives results from the given situation described above:

- ▶ Since the general orientation is based on GDP both in the economy and in large sectors of society as well as of politics itself, although the latter has other objectives, there is a need for the promotion of scientific foundations allowing to integrate environmental aspects and aspects of social welfare into politics in due time.
- ▶ The plan identifies indicators and indices which seem to be adequate to achieve this goal.
- ▶ In this way, wider analyses and modelings of policies should be *made possible*; however, no explicit specific modeling is going to be laid out in this project paper.

To this extent, this project follows an approach of reform and not of revolution; no completely new economic modelings are going to be developed, while the search is directed to contact points with already existing economic thinking models. This also occurs in the context of a growing demand, that is being expressed at international level, for a stronger inclusion of “social capital” and “natural capital” in welfare balancing in future.

In the frame of this report it should be clarified, at last, what kind of “added value” the current and the future model development, or further development, can actually have. Among other things, the following alternatives are taken into consideration in this project:

- ▶ Models *are broadening* their own system boundaries through the inclusion of welfare and of the environment at endogenous level. Their integration into economic models creates elements improving the understandability and the predictability of environmental and welfare developments.
- ▶ On the other hand, the forecasting of economic variables in the long term could be improved by including the development of environmental indicators and of welfare indices, measured outside the models, in their explanation.

1.3. On the selection of environmental indicators and welfare indices

1.3.1. Criteria for the selection of indicators and indices

The selection of environmental indicators is carried out, in many respects, as a scientifically guided, pragmatical compromise, not only regarding strategic reflections on the quantification of goals or even on the mere mention of the desired directions of development:

- ▶ Indicators must be not only scientifically relevant, but also oriented towards the development of society, in such a way as to be suitable to be used as a reference for political decisions.
- ▶ Moreover, indicators must compact the underlying measurements and the information collected otherwise, in such a way that they do not lose their validity because of an excess of abstraction or, at the opposite extreme, because of combining too many single data unconnected with one another.
- ▶ Indicators must be measurable; a requisite that should be understood in a broad sense. There might be single statistical data, or numbers that can be calculated on the basis of statistical data, as well as the values of chemical analyses or the physical measurements of the environmental media.
- ▶ Indicators must be clearly distinguishable. This means that the value of a certain indicator must allow a stable statement as to whether the mentioned characteristic of the observed system is in the “good” or in the “bad” field, as far as social consent can possibly be achieved regarding the target quantity.
- ▶ At last, it is useful that indicators allow comparisons among different regions, towns, counties, the different states of a federation, states and other relevant identifiable geographic areas.

- ▶ In the real political process, indicators, as well as statistics in general, are often required to be calculable without a great effort, and easily understandable. In case of a change in the state of the system, at least one indicator must change its value and the new value should be quickly available.

In order to improve the political acceptance of indicators the criteria mentioned above can be summed up or completed as follows:

- ▶ The index or indicator should be roughly known and its calculation should be fully transparent;
- ▶ A time series for Germany should be available, except for cases in which the indicator is intended to be very innovative, in order to take account of aspects that have not been covered so far and that must now necessarily be considered:
- ▶ The time series should be ordinally scaled, at least.
- ▶ If possible, the time series of the index should be suitable for other countries as well, when international comparisons should also be made possible, for instance through Eurostat or EU-SILC.
- ▶ Ideally, the time series of the index should be made available for the different states of the Federal Republic of Germany. In the case of environmental indicators, a contact point with the UGR seems to be advantageous. A good contact point is also provided by the concepts of “planetary boundaries”, which have been communicated quite well so far, although they are not yet fully clarified, as well as, more recently by the concept of “sustainable development goals” (SDG).

The key question in the choice of indicators should be to what extent they can be connected to the existing model worlds in economic modeling.

A more ecological modeling and a new orientation of the intended statements should promote an understanding of social welfare which interprets the rise of economic capital in the frame of “planetary boundaries” and of ecological capital, and does not automatically accept the philosophy of growth; ultimately, welfare oriented models are the goal.

1.3.2. Initial suggestions for the selection of environmental and welfare indicators

As a result of AP I, this project proposes a whole series of environmental and welfare indicators or indices that should be suitable as a basis for an analysis and for the first suggestions on how these two dimensions can be included into existing modelings. Moreover, different criteria have been prepared for the selection to be made concerning the environment and welfare respectively:

- ▶ Concerning the dimension of environment, at first a systematic setup of eight dimensions of the environmental indicatorics was presented with exemplifying transformations in terms of single indicators:
 - Natural capital;
 - Physical indicators about the input in the economy and society;

- Physical indicators about the impact on ecosystems;
 - Monetary indicators about the impact on ecosystems and the costs of environmental damage;
 - Monetary environmental indicators;
 - Investments in natural capital;
 - Ecosystem services;
 - Physical indicators about the impact on human health and on the quality of life.
- ▶ In a second step some environmental indicators were set up in accordance with the proximity to environmental issues shown by the models into which they could be integrated:
- Indicators for models showing so far only a scarce relation or even no relation at all to environmental issues;
 - Indicators with already existing contact points to environmental issues;
 - Indicators for the broadening of model approaches that had been created explicitly to the purpose of taking environmental issues into account;
- ▶ Concerning the dimension of welfare, the suggestions put forward have been structured in accordance with two different levels of complexity:
- Welfare indices, with particular reference to the National Welfare Index (NWI); also, the integrability of its single components was partly verified;
 - Indicators that could stand paradigmatically for a larger component of welfare, nearly as “pars pro toto”: distribution, unemployment, health, education and good governance.

The fundamental question of the integrability of indicators and indices belonging to the dimensions of welfare and the environment is basically a gnoseological question: the inclusion into existing models or, alternatively, the construction of new models, primarily depends on the question regarding the role that these factors are going to play in the explanation of the general contexts that should be reproduced by the relevant model:

Will such explanations (only) become more precise thanks to such an inclusion, or will, in this way, completely new horizons be opened to possible new knowledge? Will the model (only) be refined within the frame of its so far existing intentions or does the inclusion of new indicators and indices transcend these original intentions?

1.3.3. Environment and welfare - indicators and indices

With the indicators and indices described in the last few chapters, a bandwidth is given in the sense of a reservoir; these indicators and indices can be used in order to put forward the discussion on the integration possibilities of the issues of environment and welfare into economic or econometric models with reference to practical examples. The selected indicators and indices can be grouped in different ways in accordance with different criteria:

- ▶ monetary and physical indicators
- ▶ indices derived from indicators belonging to different dimensions - monetary and physical units – or indices as a result of the approach of global calculation.

Indicators and indices can also be classified in accordance with more technical criteria like for example:

- ▶ data availability
- ▶ time lag
- ▶ availability of a time series
- ▶ understandability for those who are not experts in the field of statistics.

2. An overview of relevant economic models

2.1. Goals of this elaboration step

The integration of economic models and indicators or indices for welfare and the environment can be studied and promoted in the models with regards to different contact points. In this procedure, the possible contact points vary from model to model. This depends, among other things, also on the different applications for which the respective models have been developed. While, for example, some economic models are regularly used in the analyses of environmental policy measures, other models aim at predicting the economic conjuncture of the next two years as precisely as possible. Moreover, in the context of post growth models, the search for possible scenarios of a growth-independent development is in the foreground. The bandwidth of the possible statements regarding the environment and welfare that can be made thanks to such models, is equally large. The perspectives and the possible modes of a deeper integration of the models with the environmental indicators and the welfare indices analyzed in the project vary correspondingly strongly.

With this background, the present elaboration step pursues following goals:

1. The identification of relevant models for the model inventory and, at the same time, as a basis for the selection of models for a detailed analysis in AP2;
2. A tabular overview about the status quo of models, based on some selected characteristics of the models, providing, for each of them, a reference to the already existing inclusion of a certain field of issues related to the environment and welfare in the model (model inventory);
3. The identification of the perspectives and obstacles of a deeper going integration of economic models with indicators related to environmental costs and to welfare from the viewpoint of model developers.

In order to achieve these goals, a multi-step methodological procedure was singled out. To this purpose, a comprehensive survey of the available literature and internet sources was carried out. Moreover, a total of 10 semi-structured interviews have been made with model developers. The single steps of the procedure are going to be described in the following chapters. Finally, the results of the evaluation will be presented and explained.

2.2. The setting up of a list of relevant models

A first list of 35 economic models on the whole was prepared in the following step, in order to identify models that show to be relevant for the further analysis. To this purpose, a first step in the analysis was carried out to show which models are particularly often mentioned in studies on the effects of policy measures and for the predictions on economic development at national and at international level, particularly in the EU and in the OECD. This research served the purpose of identifying models satisfying as well as possible the following criteria as to their relevance: models (a), used in Germany, at the level of the EU and of some international organisations like OECD, in order to evaluate policies *ex post* and *ex ante*, (b) that can be used in decision making at political and social level and (c) possessing a broad public perception. Moreover, in the still quite new field of research of post growth economy, some models were identified, which are able to deliver new approaches, although they actually do not satisfy criteria a-c, as far as the integration into environmental and welfare indicators is concerned. An overview of the selected models is to be found in table 2.

2.3. Classification of the models in four model classes

The great variety of macroeconomic models, which can also be found in the models indicated in the list of models, makes it necessary to classify the models in so called model classes. In this project we chose a classification in four model classes on the whole, based on the theoretic positioning and on the chosen technical characteristics of the models. For this project, the model classes were defined as follows:

The model class of *balance models (GEM)* contains general and partial balance models.

Macroeconometric models (MEM) are based on the empirical intertwinings among macroeconomic variables which find their explanation in the behaviour of economic actors.

Agent-based models (ABM) simulate the behaviour of economic actors, taking account of the general conditions and of the mutual relationships among actors.

System-dynamic models (SDM) observe a selection of aggregated economic variables and represent their mutual relationships in the form of a system of mathematical equations.

Besides the model class, for each model a categorisation was introduced, in order to clarify whether it is a post growth model or not. On the whole, seven models were classified as post growth models. It is remarkable that nearly all post growth models are SDM-models. On the whole, the system-dynamic approach is evidently very good for researching possible long-term developments. Moreover, most models can be located at the intersection with MEM-models.

2.4. Model analysis

After that, eight models selected in accordance with the criteria mentioned above are analysed in view of the broadening of environmental and welfare indicators and indices. The analysis is mainly carried out following a consistent structuring, starting with a brief introduction of the single models. Hereby, some of the relevant pieces of information are: the purpose of the models being analysed, the model class, the theoretical foundations, the model structure as well as its data frequency and its time horizon. These characteristics influence the chances for further development, too; particularly, the purpose of the models, the model structure and the data frequency play a role in this context.

In the next step, there follows an assessment of the concrete chances for a better anchoring of the environmental and welfare indicators and indices within the models. Every single indicator is observed in order to check whether, and to what extent, each indicator can be integrated into the relevant model.

Although the selected models are sometimes very different from one another - as they were intended to be - in terms of the characteristics of the model and its fields of application, we will follow a thoroughly consistent structuring of the analysis, as mentioned before, in order to make the results comparable and to be able to clearly single out the differences. Since the models, however, already consider environmental and welfare indicators to a very different extent, the procedure of the analysis will not be completely uniform. Therefore, depending on the characteristics and the variables of each model, as well as on the aims of the users of the model, we shall define partly different focuses, while the degree of precision in details, dealt with in the following and deeper going analysis, will correspondingly differ. The following models are taken into consideration in the first place, as they are seen as more advanced models from the viewpoint of the project:

- ▶ E3ME
- ▶ NAWM
- ▶ PANTA RHEI
- ▶ WoW

Thereafter the following models are dealt with:

- ▶ IMK
- ▶ MEDEAS
- ▶ NiGEM
- ▶ Quest

Within the two groups, the models are illustrated in alphabetical order.

Besides the models as such, the analysis also considers the perspective of the model developers.

3. Summary

3.1. Evaluation of the model analyses

In this chapter the conclusions of the model analyses are summarized and reviewed in view of the integrability of the suggestions that have been put forward; there follows an attempt to identify contact points that might be useful for a broadening of the models in the directions of the environment and of welfare. In this context, the eight models that had been selected show a wide range of representative modelling approaches, whereas, in the single cases, the results could be transposed to other models, structurally and methodologically similar to the ones that had been selected.

3.2 Obstacles and facilitating factors in the integration of environmental and welfare indicators.

In the frame of our project we investigated to what extent the indicators for the measurement of environmental influences and welfare can be taken into account in models for the assessment of economic consequences. In the course of interviews and meetings with experts, a series of non-technical obstacles have been mentioned:

- ▶ A great deal of data is not available (in due time)
- ▶ Some data are not internationally comparable.
- ▶ Due to its approach, the model cannot be broadened, although there might be limited chances to include links in balance models, or to show the interdependences with an additional indicator, in the case of too large models.
- ▶ The original modellers are not available.
- ▶ Doubts emerge on the measurability or quantifiability of a few important aspects.
- ▶ Some implications do not seem to be clear, at least concerning the quantifiability of intertwined contexts, for example of the benefits of ecosystem services.
- ▶ Structural breaks in economic development are difficult to take into account.
- ▶ Nowadays, many modellers as well as potential users are not interested in the time horizon of some consequences exceeding 50 years. Then, the question of the different time horizons of some stronger changes of variables arises: in some fields, environmental and welfare indicators tend to change in the long term, while the models of conjunctural prediction are referred to the short term.
- ▶ The way of thinking of classical economists is partly not open to extreme side effects and ecological far reaching consequences.
- ▶ These actors do not perceive the broadening of environmental and welfare indicators and indices as politically neutral.

However, these obstacles are only supposedly unchangeable. If we look at the single causes mentioned before, and at the potential countering measures in the context of their effects, then, in the last resort, we do recognise a real chance for an alternative evaluation of the development of our economy and of our society.

On the other hand, the analysis showed a couple of practical leverages, mentioned in the workshop and in the interviews, which encourage the dynamics “pro alternative indicators”:

- ▶ The criteria for the evaluation of data and contexts should not be defined by single modellers but on a larger basis, for example through the inclusion of the community of experts by means of interviews.
- ▶ From a more modern viewpoint, providing a larger perspective on welfare, economics can offer a better narrative as compared with the one-sided goal of economic growth, and thus meet the demand coming from wide social milieus, reaching beyond classical economy experts and schools.
- ▶ Help in this sense could come from pilot projects, in which, for instance, the BMU (the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety), initiates and finances model developments through projects, where good contact points can be singled

out in contents and methods and by the participating modellers. The corresponding options can be supported by this feasibility study:

- ▶ A good starting point would be a stronger consideration of the meaning of components like climate protection in the modelling of economic growth.
- ▶ It is particularly difficult to take account of highly aggregated indices in modelling, since they depend on many variables; though, this would lead to a stronger perception in the general public.
- ▶ A new orientation of economic modelling in accordance with “Big Data”, including the correlated task of finding out how the corresponding sources of information could be better used, opens up a “window of opportunity”, for example for the integration of climate data, of changes in the exploitation of raw materials or of so called ecological rucksacks of production factors. Moreover, the crucial meaning of environmental variables should be recognized by modellers.
- ▶ This also includes the regrouping of models with a comparable level of aggregation, which have been kept separate so far, in order to test contact points and synergies, for example starting from the consumption of raw materials, its economic costs and consequential ecological costs.
- ▶ It would also be important to support initiatives encouraging dialogue amongst the modellers of different modelling approaches and their users, as well as...
- ▶ ...to encourage dialogue amongst the supporters of the so-called post growth approaches, beyond-GDP initiatives and growth-based approaches.

3.3 On the selection of a future modelling strategy

Of course, besides the selection of single models, there arises the question as to which model classes result to be particularly suitable for the integration of environmental and welfare indicators or indices. To what extent balance models, if further developed, will be suitable for taking into account some contact links, or whether system dynamic models would be much easier to use to this purpose. Since in mainstream economics these are maybe not widespread so far, such an attempt would be an exciting question, based on the results of this project. The evaluation of model analysis has already shown that SDM-models are obviously very suitable to represent long term developments. It was also shown that most of these models are to be located at the intersection with MEM-models. In this way, we tried to represent financial fluxes, whereas two models follow the approach of a connection with input-output tables. MEM models and SDM models have so far proven to be relatively better also with regards to a change in land use, which might be one of the decisive long-term future issues in the connection between economic and ecological aspects. Moreover, in the models, it could make sense to represent, in a more detailed way, public expenses for environmental and climate protection as well as for health care and education or for research and development, in order to be able to address in a finalised way to the corresponding sectors of politics.

Generally speaking, thegnoseological question mentioned above arises again in a double form: firstly, whether the integration of environmental and welfare indicators should really be the “supreme goal”, or whether an exogenous connection to the relative model would already result in a

better consideration of the matter. In this case, we would have, for instance, satellite systems with additional information on the predicted economic development as far as environmental degradation or improvements and the corresponding costs are concerned.

Secondly, as a conclusion: with regards to the increasing exceeding of planetary boundaries there arises the fundamental question about the relevance and even the legitimation of those macroeconomic models which do not consider our natural environment at all. How should we understand and classify the development of macroeconomic indicators, if we do not even know if there derives a degradation or an improvement of the environmental situation, for instance in view of the goals decided at the world climate conference in Paris?

Considering the decrease in growth rates and the well-known weaknesses of GDP, it would be advisable to abandon growth in GDP as the central quantity in macroeconomic modeling, in favour of a broader spectrum of goal quantities. To this purpose, it would be helpful to encourage the dialogue and the media visibility of the available discourses, for example of the beyond-GDP initiatives within the European Union and the World Economic Forum, as well as of the concepts of Green Economy and also of the post growth or de-growth approaches of the scientific and civil society communities. Once “beyond GDP” indicators are established, it rather becomes a matter of implementation when the question arises as to whether the established models for the evaluation of decisions should integrate them, or which new models will be constructed from the beginning in such a way as to be able to take account of a broader spectrum of environmental indicators.

3.4 On the interaction between science and politics

In the single analysis, the demand for model enlargements, which was “independent” from the modellers, was often discussed as a decisive factor for possible efforts. To the extent to which a higher positive social resonance is recognized not only by those who give the assignment, but also by the users of the models, or through the results of the models, there will be better chances of success in promoting works aiming at integration to this respect.²

In some cases it was also underlined that the acceptance of model enlargements mainly depends on the fact that the assignment related to modelling is given by a politically independent institution. This is also the expression of the basically trivial thought, according to which it would be particularly promising if the explanation of the need for ecologising the models or for addressing aspects of welfare going “beyond” GDP reached a higher degree of scientific and political consent; this could trigger off an innovative force of its own. Of course, science per se should be neutral, but predictions and estimations are obviously based on model assumptions and on schools which were created at a certain time in history, and show certain ideal path dependencies, and are hence often easily attributed to certain political fields; therefore, the opposite political field, at least, does not want to make use of them.

Nevertheless, on the other hand (and this does not seem trivial at all) a further development of the available models in the direction of environment and sustainability could also give an enlightening impulse to politics, so that the latter may address these issues in a stronger and more integrated way. The construction of models starts as a process of reduction of the complexity of reality and reveals, in this way, a specific view of the world; factors that seem to be relevant are integrated into “the limited world” of the model, while other aspects are not taken into consideration. The environment and welfare are perspectives of the world that, in our opinion, should have a central place in models for the explanation of economic and social contexts as well as for

² Remarkably, according to a recent study from the Federal Ministry of Economy, the issue of sustainability is becoming more and more important in companies (BMWi 2019)

Germany's future development. Along with renewed economic-political decision-making processes, we could also hope that, for instance, the Annual Economic Reports of the Federal Government might include a broader perspective on problems.

A “modernization” of macroeconomic model building and also, in a certain sense, of the macroeconomic theories which have been in use until now, would not only broaden horizons, but also reduce the risk of making wrong economic and political decisions which, so far, at first often create social dysfunctions and ecological degradations, and later recognize them and try to face them as consequential problems.

1 Arbeitspaket I

1.1 Einleitung und Zielstellung des Projekts

1.1.1 Ausgangslage und Intention der Einbeziehung von Umweltindikatoren und Wohlfahrtsindizes

In den letzten Jahren ist zwar eine Ökonomisierung der Umweltpolitik erfolgt, aber eine vergleichbare Ökologisierung der Wirtschaftspolitik ist nur in wesentlich bescheideneren Ansätzen vorhanden. Viele der Studien zur zukünftigen wirtschaftlichen Entwicklung, welche die großen Wirtschaftsforschungsinstitute herausgeben, berücksichtigen nicht Kenngrößen zum Umweltverbrauch, zu Umweltbelastungen respektive monetären Umweltschäden. Auch der Jahreswirtschaftsbericht der Bundesregierung hat noch ein traditionelles Verständnis von Wohlstand, das zum ganz überwiegenden Teil auf einer Steigerung des wirtschaftlichen Wachstums basiert.³ Marginalisiert sind auch Versuche geblieben, die gängigen ökonometrischen Modelle um Aspekte der sozialen oder ökologischen Nachhaltigkeit zu erweitern. Selbst jahrelange Bemühungen des BMBF, in Ergänzung dazu makroökonomische Modelle unter Einbeziehung von Nachhaltigkeitskriterien weiter zu entwickeln, erscheinen noch nicht von Erfolg gekrönt.⁴

Während auf der einen Seite also die Modelle des ökonomischen „Mainstreams“ und die zentralen Kennziffern der Wirtschaftsberichterstattung ein bemerkenswertes Beharrungsvermögen aufweisen, entwickeln sich – allerdings jenseits dieser Akteurskreise – durchaus neue Initiativen. So entstanden in Kanada vereinfachte Wirtschaftsmodelle,⁵ und Vertreter einer „Pluralen Ökonomie“ gewinnen an Aufmerksamkeit (siehe auch K. Raworth 2013 und 2018; Netzwerk „wachstumswende.de“, „plurale ökonomik.de“). Die bislang einzige offizielle Schnittstelle zwischen den traditionellen ökonomischen Ansätzen und Umweltaspekten sind die Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR) in Deutschland und anderen Ländern beziehungsweise internationale Ansätze des Environmental-Economic Accountings (SEEA; UN 2018; sowie der OECD zu „Green Growth“ 2016) unter anderem auch seitens der Weltbank und des TEEB-Netzwerkes. Bei letzteren geht es um die Einbeziehung von Naturkapital und „Ecosystem Services“ in die Umweltökonomischen Bilanzierungen, etwa im Rahmen der internationalen „WAVES“-Initiative.

Was die Bilanzierung von Umweltkosten des Wirtschaftens angeht, so gibt es hier vor allem Einzel- und explorative Studien von Statistischen Ämtern oder einzelnen Forschungseinrichtungen.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob wichtige wirtschaftliche und politische Entscheidungsprozesse unter diesen eingeschränkten konzeptionellen Ansätzen und inhaltlich verengten Informationssystemen ausreichend problemadäquat getroffen werden können oder ob nicht vielmehr Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren in wirtschaftlichen Modellierungen eine größere Rolle spielen sollten, um den heutigen Problemlagen besser gerecht zu werden.

In den Überlegungen dieser Machbarkeitsstudie geht es explizit nicht um die Entwicklung eines *eigenen* makroökonomischen Modells, sondern um eine Untersuchung, wo sich Anknüpfungspunkte zu den „*vorherrschenden*“ Modellen für die Integration von Umwelt-, Umweltkosten- und Wohlfahrtsindikatoren oder -indices ergeben.

³ Siehe hierzu auch Zieschank/Diefenbacher (2017): Jahreswohlstandsbericht 2017. Wirtschaftsberichterstattung im Wandel. Berlin. Mit einer Kurzanalyse der Jahreswirtschaftsberichte des BMWi.

⁴ Als Bestätigung dieser These vgl. z.B. Jackson (2017): Wohlstand ohne Wachstum – Das Update. München.

⁵ Victor, P. (2008): Managing without growth, auf Deutschland übertragen durch Gran (2017).

1.1.2 Zielsetzungen des Vorhabens

Akzeptiert man die hier skizzierte Ausgangslage, so ergibt sich ein breites Bündel von Zielsetzungen, die im Folgenden kurz zusammengefasst werden sollen:

- ▶ Da die allgemeine Orientierung in Wirtschaft und großen Teilen der Gesellschaft sowie der Politik selbst - die eigentlich andere Zielsetzungen hat - sich am BIP ausrichtet, sollen hier wissenschaftliche Grundlagen befördert werden, um Umweltthemen und soziale Wohlfahrtsaspekte frühzeitiger in die Politik zu integrieren.
- ▶ Das Vorhaben identifiziert Indikatoren und Indices, die für diesen Zweck geeignet erscheinen.
- ▶ Damit sollen umfangreichere Analysen und Modellierungen von Politiken *ermöglicht* werden; im vorliegenden Projekt soll jedoch explizit noch keine eigene Modellierung vorgenommen werden.
- ▶ Zentral ist die Einbeziehung von Modellkonstrukteurinnen und -konstruktoren, welche im Idealfall durch das vorliegende Projekt zu einer auch darüber hinausreichenden Weiterentwicklung bestehender Ansätze motiviert werden sollen. Erwartbar ist in diesem Zusammenhang auch, dass sich eine bessere Vernetzung unterschiedlicher Modelliererinnen und Modellierer und vielleicht auch der Institutionen entwickelt, in denen diese arbeiten.

Das Projekt verfolgt somit eher einen Ansatz der Reformation und nicht der Revolution; es werden keine völlig neuen ökonomische Modellierungen entwickelt, sondern in diesem Bereich Anknüpfungspunkte an vorhandene ökonomische Denkmodelle gesucht. Dies geschieht auch vor dem Hintergrund der auf internationaler Ebene geäußerten Forderung, zukünftig stärker "Sozialkapital" und "Naturkapital" bei der Wohlstandsbilanzierung zu berücksichtigen.

Im Rahmen des vorliegenden Berichts soll schließlich deutlich werden, welchen „Mehrwert“ die bestehende und zukünftige Modellentwicklung beziehungsweise Weiterentwicklung haben kann. Unter anderem werden im vorliegenden Projekt die folgende Alternative gesehen:

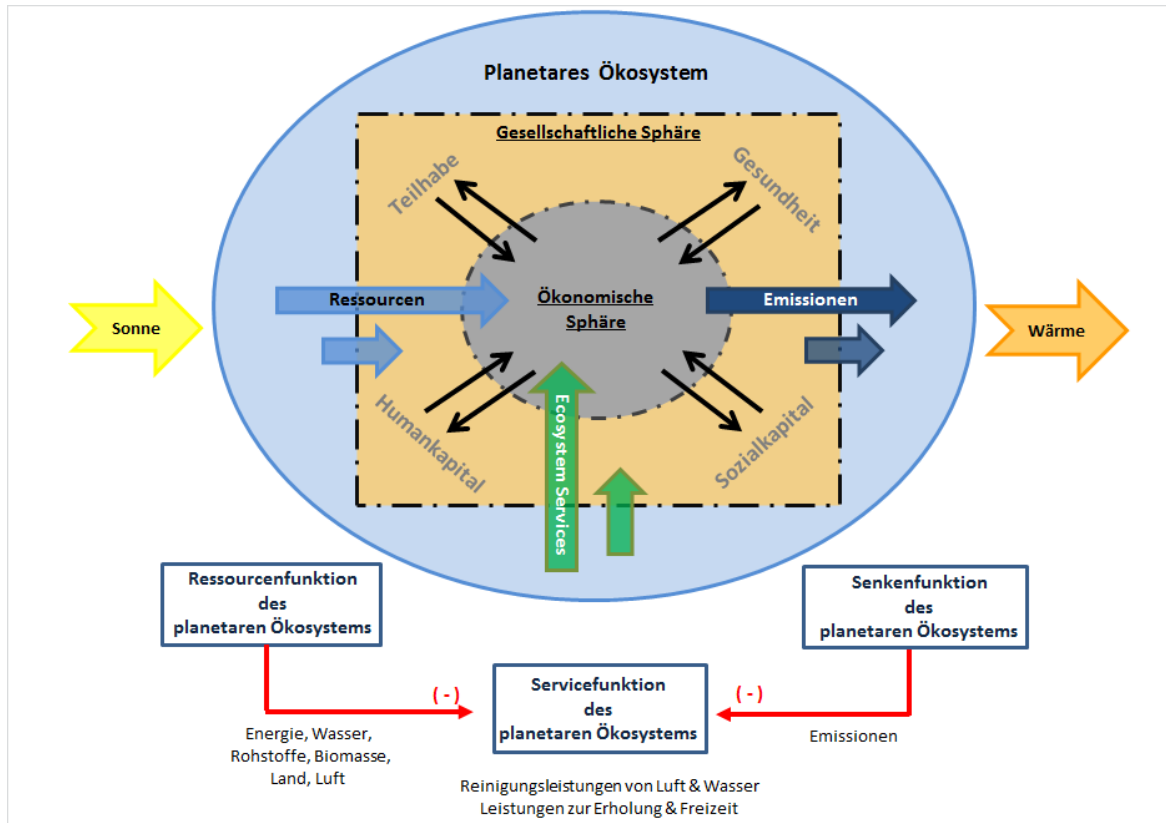
- ▶ Die Modelle *erweitern* ihre Systemgrenzen, indem sie jetzt auch Umwelt und Wohlfahrt endogen berücksichtigen. Durch die Integration in ökonomische Modelle entstehen Elemente der besseren Erklärbarkeit und der Prognostizierbarkeit von Umwelt- und Wohlfahrtsentwicklungen.
- ▶ Umgekehrt könnten sich die langfristigen Prognosen von wirtschaftlichen Variablen verbessern, wenn auch die Entwicklung von Umweltindikatoren und Wohlfahrtsindices – außerhalb der Modelle gemessen – bei deren Erklärung mitberücksichtigt wird.

1.1.3 Definitionen

Umwelt- und Wohlfahrtskennziffern verstärkt in die ökonomische Modellierung einzubeziehen, ist kein leichtes Unterfangen. Die ökonomischen traditionellen Ansätze und ihre Vertreterinnen und Vertreter agieren in der Regel in einem institutionellen Rahmen (Stichworte Ressortprinzip, Pfadabhängigkeiten des Denkens, andere Denkschulen und Karrierewege), in dem soziologische und ökologische Aspekte bestenfalls am Rande eine Rolle spielen.

Konsensfähig erscheint aber zumindest eine allgemeine Beschreibung der Interaktionen zwischen Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt, wie sie in einem anderen Projektkontext erarbeitet wurde (siehe Abb. 1).

Abbildung 1: Das sozioökonomische System als Subsystem des begrenzten planetaren Ökosystems



Quelle: Meyer/Ahlert/Diefenbacher/Zieschank/Nutzinger (2013): Eckpunkte eines ökologisch tragfähigen Wohlfahrtskonzepts 2013.

Ebenfalls in Anlehnung an die eben zitierte Arbeit⁶ werden im Folgenden unter dem Begriff „Wohlstand“ die Nutzen stiftenden materiellen Komponenten verstanden. Der Begriff der Wohlfahrt wird als umfassende Bezeichnung für Wohlergehen verwendet, das neben materiellen Komponenten auch immaterielle Komponenten enthält. Hier kann eine Definition der Weltgesundheitsorganisation herangezogen werden, nach der auf der individuellen Ebene Wohlfahrt verstanden werden kann als „... die subjektive Wahrnehmung einer Person ihrer Stellung im Leben, in Relation zur Kultur und den Wertesystemen, in denen sie lebt, in Bezug auf ihre Ziele, Erwartungen, Standards und Anliegen“.⁷

⁶ Siehe Meyer / Ahlert / Diefenbacher / Zieschank / Nutzinger (2013, 19f.).

⁷ WHO (Hrsg.) (1995): „The World Health Organization Quality of Life assessment (WHOQOL): Position paper from the World Health Organization“, in: Social Science and Medicine, Vol. 41, 1403–1409.

Bei den Überlegungen zur Berücksichtigung von „Wohlfahrt“ in Modellen ist es wichtig, sich zu vergegenwärtigen, dass im Prinzip sowohl die subjektive als auch die objektive Dimension angesprochen sein können:

- ▶ „subjektiv“ im Sinne der eben zitierten Definition der WHO,
- ▶ „objektiv“ in Form der Lebensbedingungen in einer Gesellschaft für deren Individuen, das hieße beispielsweise materielle Lebensbedingungen, Gesundheit, Bildung, Berufschancen, Zeitwohlstand oder Ökologie. Es gibt aber auch die „Makroebene“ im Sinne des Wohlergehens oder der Wohlfahrt eines Landes.⁸

1.2 Zur Auswahl von Umweltindikatoren und Wohlfahrtsindices

1.2.1 Kriterien für die Auswahl von Indikatoren von Indices

Die Auswahl von Umweltindikatoren gestaltet sich in verschiedener Hinsicht als wissenschaftlich angeleiteter, pragmatischer Kompromiss, und zwar nicht nur im Blick auf die strategischen Überlegungen zur Quantifizierung von Zielen oder auch nur zur Benennung von wünschenswerten Entwicklungsrichtungen:⁹

- ▶ Indikatoren müssen wissenschaftlich aussagefähig, jedoch so auf die Entwicklung der Gesellschaft orientiert sein, dass sie als Grundlage für politische Entscheidungen verwendet werden können.
- ▶ Des Weiteren müssen Indikatoren die zugrundeliegenden Messwerte oder auf andere Weise gewonnene Informationen so verdichten, dass sie weder durch übergroße Abstraktion aussagelos werden, noch – das andere Extrem – zu viele Einzeldaten unverbunden nebeneinander stehen.
- ▶ Indikatoren müssen messbar sein, wobei diese Forderung in einem weiten Sinne zu verstehen ist. Es kann sich um einzelne statistische Angaben handeln, um Zahlenwerte, die aus statistischen Angaben berechenbar sind, ebenso wie um Werte chemischer Analysen oder physikalischer Messungen von Umweltmedien.
- ▶ Indikatoren müssen trennscharf sein. Das bedeutet, dass der jeweilige Wert eines Indikators eine richtungsstabile Aussage darüber erlauben muss, ob die bezeichnete Eigenschaft des betrachteten Systems im „guten“ oder im „schlechten“ Bereich liegt – sofern es möglich ist, über die Zielgröße überhaupt einen gesellschaftlichen Konsens zu finden.
- ▶ Schließlich ist es nützlich, wenn Indikatoren Vergleiche zwischen verschiedenen Regionen erlauben – Kommunen, Landkreise, Bundesländer, Staaten oder andere relevante geografisch eingrenzbar Gebiete, zum Beispiel Wassereinzugsgebiete oder, bei Waldschäden, ähnliche Wuchsgebiete. Das setzt insbesondere voraus, dass die zugrundeliegenden statistischen Angaben oder Messgrößen auch in anderen geografischen Einheiten mit der gleichen oder

⁸ So verwendet beispielsweise die Weltbank den Begriff „Total Wealth“ für die Charakterisierung von Staaten; insbesondere der schottische Ökonom und Moralphilosoph Adam Smith hat in seinem klassischen Werk den Begriff „Wealth of Nations“ geprägt. Siehe Smith, Adam (1776): *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. London.

⁹ Zum folgenden vgl. bereits Diefenbacher, Hans/Karcher, Holger/Stahmer, Carsten/Teichert, Volker (1997): *Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung im regionalen Bereich*. Heidelberg: FEST.

einer vergleichbaren Methode ermittelt werden können. Oft interessiert jedoch nur der zeitliche Verlauf eines Indikatorwertes für eine geografische Einheit, dann gilt diese Forderung nicht.

- ▶ Häufig besteht im realen politischen Prozess an Indikatoren wie an Statistik generell die Forderung, dass Indikatoren ohne großen Aufwand ermittelbar und leicht verständlich sein sollen. Bei Änderungen des Systemzustands muss sich mindestens ein Indikatorwert ändern, und der neue Wert sollte schnell verfügbar sein.¹⁰

Um die politische Akzeptanz von Indikatoren zu befördern, können damit die oben genannten Kriterien weiter verdichtet beziehungsweise ergänzt werden:

- ▶ Der Index beziehungsweise der Indikator sollte einigermaßen bekannt und seine Berechnung völlig transparent sein;
- ▶ es sollte eine Zeitreihe für Deutschland verfügbar sein, es sei denn, dass der jeweilige Indikator bewusst sehr innovativ sein soll, um bisher nicht abgedeckte, aber notwendigerweise zu berücksichtigende Sachverhalte zu erfassen;
- ▶ die Zeitreihe sollte mindestens ordinal skaliert sein;
- ▶ die Berechnung des Index sollte nicht interaktiv veränderbar sein, wie z.B. der OECD-Better Life Index;
- ▶ die Zeitreihe des Index sollte, wenn möglich, auch für andere Länder anwendbar sein, sofern auch internationale Vergleiche ermöglicht werden sollen, etwa über Eurostat oder EU-SILC.
- ▶ die Zeitreihe des Index sollte im Idealfall auch auf Bundesländerebene verfügbar gemacht werden können. Bei Umweltindikatoren erscheint ein Anknüpfungspunkt an die UGR vorteilhaft. Ein guter Anknüpfungspunkt sind auch die Konzepte der „planetary boundaries“ – die bisher recht gut kommuniziert, aber noch unübersichtlich sind – und neuerdings das Konzept der „sustainable development goals“ (SDG).
- ▶ Gefordert sind kommunizierbare Indikatoren, weniger mit einer Betonung auf wissenschaftlich „sauber“ und hoch abstrakt, sondern für die öffentliche Kommunikation geeignet.

Zusammenfassend ist für die im Projekt intendierte Diskussion mit Modellkonstrukteuren die folgende Orientierung hilfreich:

1. Leitfrage bei der Auswahl von Indikatoren sollte sein, inwieweit sich an bestehende Modellwelten der ökonomischen Modellierung andocken lässt.
2. Durch eine ökologischere Modellierung und Neuausrichtung der intendierten Aussagen soll ein Verständnis von gesellschaftlicher Wohlfahrt unterstützt werden, das eine Steigerung

¹⁰ Vgl. hierzu auch die Aufgabenstellung der „Daten zur Umwelt“ des Umweltbundesamtes sowie der Nachhaltigkeitsberichterstattung des Statistischen Bundesamtes (Indikatoren zu den „Fortschrittsberichten der Bundesregierung“; zu den historischen Anfängen u.a. Diefenbacher, Hans/Ratsch, Ulrich (1995): „Zur Konstruktion von Indikatoren für nachhaltige Entwicklung“, in: Diefenbacher, Hans/Sangmeister, Hartmut/Stahmer, Carsten (Hrsg.), Regionale Umweltberichterstattung – der Heidelberger Raum und seine Entwicklung 1960 – 1990. Heidelberg: Amt für Stadtentwicklung und Statistik, 11–24; vgl. auch Ruitenbeek, Jack (1991): „The Role of Indicators in the Decision Process“, in: Canadian Environmental Advisory Council (CEAC) (Hrsg.): Economic, Ecological, and Decision Theories: Indicators of Ecologically Sustainable Development. Ottawa: CEAC, 60–91.

von ökonomischem Kapital im Rahmen der „planetary boundaries“¹¹ und von ökologischem Kapital intendiert und nicht die Wachstumsphilosophie automatisch übernimmt; Ziel sind im Endeffekt wohlfahrtsorientierte Modelle.

1.2.2 Erste Vorschläge für die Auswahl von Umweltindikatoren

Die folgende Zusammenstellung von Umweltindikatoren ist auf Basis der voranstehenden Überlegungen zustande gekommen; sie stellt eine Auswahl aus einer nahezu unzähligen Menge von Einzelbereichen und deren Umsetzung in Indikatoren dar. Dabei wird in zwei Schritten vorgegangen:

- ▶ Schritt A ist eine systematisch gegliederte Zusammenstellung von 8 Dimensionen der Umweltindikatorik mit beispielhaften Umsetzungen,
- ▶ Schritt B ist eine alternativ gegliederte beispielhafte Umsetzung, strukturiert jetzt nach unterschiedlichen Charakteristika von Modellen, in denen diese Indikatoren dann Eingang finden könnten.

Das Ergebnis findet sich zudem in Tabellenform in Anhang D.

Schritt A

1. *Naturkapital - als Ausgangsbasis für die Beschreibung des ökologischen Bestandes in einem Land:*

- ▶ Ecosystem extent – Räumlicher Umfang von Ökosystemen: etwa der prozentuale Anteil von Gewässern oder Agrarökosystemen an der Gesamtfläche Deutschlands oder der Hauptökosystemtypen,¹²
- ▶ Ecosystem condition – Qualität von Ökosystemen: Flüsse mit guter Wasserqualität, Anteil ökologisch wertvoller Schutzgebiete eines Landes.

2. *Physische Indikatoren zum Input in Wirtschaft und Gesellschaft (Umweltverbrauch und Umweltnutzung):*

- ▶ Rohstoffkonsum in Rohstoffäquivalenten
- ▶ Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch (alternativ: am Primärenergieverbrauch)
- ▶ Anteil der Beschäftigten im Umweltschutz
- ▶ Anteil des Güterverkehrs (Bahn, Schiff) am Gesamtgüterverkehr

3. *Physische Indikatoren zum Impact auf Ökosysteme, möglichst im Rahmen des sogenannten planetary boundaries-Konzepts:*

- ▶ Treibhausgasemissionen

¹¹ Siehe Steffen, W. / Richardson, K. / Rockström, J. / Cornell, S.E. et al. (2015): Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. In: Science Vol. 347 no. 6223 DOI: 10.1126/science. 1259855. URL: <http://www.sciencemag.org/content/347/6223/1259855.full>

¹² Landnutzungsänderungen sind in Deutschland inzwischen periodisch über Satellitendaten verfügbar. Über entsprechende Datengrundlagen verfügt etwa das Institut für Ökologische Raumentwicklung der TU Dresden.

- ▶ Phosphor und/oder Nitrat in Fließgewässern
 - ▶ Anteil von Flächen mit Überschreitung von „Critical Levels“ (Versauerung oder Eutrophierung)
 - ▶ (Nachhaltigkeits-)Indikator für die Artenvielfalt und Landschaftsqualität
 - ▶ Endenergieproduktivität (alternativ: Primärenergieproduktivität)
4. *Monetäre Indikatoren zum Impact auf Ökosysteme – Umweltschadenskosten:*
- ▶ Umweltkosten durch Treibhausgase und Luftschadstoffe sowie durch den Straßenverkehr¹³
 - ▶ Gesellschaftliche Ausgaben zur Kompensation von Umweltbelastungen¹⁴
5. *Monetäre Umweltindikatoren:*
- ▶ Wert der Produktion von (potenziellen) Umweltschutzgütern
 - ▶ Energiekosten gesamtgesellschaftlich; als Anteil Konsumausgaben der Haushalte
 - ▶ Entwicklung der Umweltschutzausgaben (Staat und Wirtschaft)¹⁵
 - ▶ Umweltschädliche Subventionen in Deutschland
 - ▶ Aufkommen aus umweltbezogenen Steuern
6. *Investitionen in Naturkapital:*
- ▶ Ausgaben für Schutzgebiete
 - ▶ finanzielle Mittel für eine weiterentwickelte 2. Säule der EU-Agrarpolitik
7. *Leistungen von Ökosystemen:*
- ▶ Erreichbarkeit städtischer Grünflächen (Anteil der Einwohner, der im Radius von 300 m zu Grün- und Gewässerflächen (> 1 ha) und zu 700 m zu Grün- und Gewässerflächen (> 10 ha) wohnt, in Prozent¹⁶
8. *Physische Indikatoren oder Indizes zum Impact auf die menschliche Gesundheit und Lebensqualität:*
- ▶ Luftqualitätsindex (zur Charakterisierung der Belastung)

¹³ Eventuell auch Nutzung der Komponente des Nationalen Wohlfahrtsindex für Deutschland (NWI): Schäden durch Luftverschmutzung (Komponente 14): Siehe Tabelle 1 in Held, Benjamin / Rodenhäuser, Dorothee / Diefenbacher, H & Zieschank, R. & (2017): The National and Regional Welfare Index (NWI/RWI): Redefining Progress in Germany. In: Ecological Economics (145) 2018, pp. 391-400. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.11.026>

¹⁴ Entspricht Komponente 11 des NWI : Gesellschaftliche Kosten zur Kompensation negativer Umweltbelastungen. Dito.

¹⁵ Alternativ zum Indikator Defensive Kosten des NWI (Komponente 11).

¹⁶ Grunewald, Karsten/Syrbe, Ralf-Uwe/Walz, Ulrich et al. (2017): Ökosystemleistungen Deutschlands, in: Natur und Landschaft. Zeitschrift für Naturschutz und Landschaftspflege, 92. Jg., S. 485–492.

Schritt B

1. Indikatoren für Modelle mit bislang keinem oder kaum Bezug auf Umweltfragen:

- ▶ Rohstoff-Äquivalente für Deutschland / Rohstoffkonsum
- ▶ Treibhausgasemissionen pro Einheit BIP oder pro Kopf
- ▶ Luftqualitätsindex
- ▶ Endenergieproduktivität
- ▶ Anteil der Beschäftigten im Umweltschutz
- ▶ Umweltfreundlicher Güterverkehr

2. Indikatoren für Modelle mit bereits bestehenden Anknüpfungspunkten zu Umweltfragen (hier Schwerpunktsetzung Umweltkosten, könnte verändert werden!):

- ▶ Energiekosten gesamtgesellschaftlich; als Anteil Konsumausgaben der Haushalte
- ▶ Umweltkosten durch Treibhausgase und Luftschadstoffe sowie durch den Straßenverkehr
- ▶ Umweltschutzausgaben privater und öffentlicher Akteure, auch nach Umweltbereichen
- ▶ Umweltschädliche Subventionen
- ▶ Aufkommen aus umweltbezogenen Steuern
- ▶ Gesellschaftliche Ausgaben zur Kompensation von Umweltbelastungen

3. Indikatoren zur Erweiterung von Modellansätzen, die explizit zur Berücksichtigung von Umweltfragen generiert wurden:

- ▶ Anteil von naturschutzrelevanten Flächen
- ▶ Ökologische Qualität von Seen und Fließgewässern
- ▶ Nachhaltigkeitsindikator für die Artenvielfalt
- ▶ Critical loads/critical levels
- ▶ Produktion von (potenziellen) Umweltschutzgütern
- ▶ Investitionen in Naturkapital

1.2.3 Erste Auswahl von Wohlfahrtsindices

In diesem Abschnitt werden die nach dem gleichen Verfahren wie bei den Umweltindikatoren ausgewählten Wohlfahrtsindices vorgestellt. Dabei war ein pragmatisches Prinzip für die Auswahl der Indikatoren leitend: Die Indikatoren sollten in einer bereits vorhandenen Zeitreihe verfügbar sein. Das jeweilige Rechenverfahren für einen Index sollte zudem gut zu dokumentieren sein, sodass sowohl der Index selbst als auch die ihm zugrunde liegenden Indikatoren anschlussfähig sein können für die Integration in ein ökonomisches beziehungsweise ökonometrisches Modell.

Unterschieden wurden dabei einerseits Indices, die den Anspruch einer Gesamtbetrachtung von Wohlfahrt, Wohlstand oder Lebensqualität – die Terminologie ist hier unterschiedlich – erheben und andererseits Indikatoren, die als repräsentative Ergänzung für eine Sozialproduktbetrachtung stehen können, da sie jeweils eine zusätzliche Perspektive zum BIP abbilden. Diese Indikatoren werden im Folgenden „pars-pro-toto“-Ansätze genannt.

In der nachfolgenden Liste findet sich zunächst ein Gesamtüberblick über die Indices beziehungsweise Indikatoren, die für die Integration in Modelle betrachtet werden. Danach folgen kurze Abschnitte mit Erläuterungen zu den einzelnen Positionen.

Wohlfahrtsindices

- ▶ Nationaler Wohlfahrtsindex (NWI)
- ▶ Ökologischer Fußabdruck im Verhältnis zur Biokapazität
- ▶ Inequality Adjusted Human Development Index (IHDI)
- ▶ Canadian Index of Well-Being
- ▶ Inclusive Wealth Index
- ▶ Genuine Savings (Weltbank)

Eine kurze Beschreibung der Indices findet sich in den folgenden Abschnitten.

„pars-pro-toto“-Indikatoren

- ▶ Einkommensverteilung
- ▶ unfreiwillige Arbeitslosigkeit im Verhältnis zur Beschäftigung
- ▶ Gesundheit (HLY)
- ▶ Bildung: Index aus dem Jahreswohlstandsbericht
- ▶ Good Governance: Index aus dem Jahreswohlstandsbericht

Anhang 1 zu diesem Forschungsbericht enthält noch eine nähere Betrachtung des oben genannten Canadian Index of Well-Being, und eine ausführliche Erörterung von Übertragungsmöglichkeiten auf Deutschland. Dabei muss berücksichtigt werden, dass bereits der kanadische Index eine Adaption des Gross National Happiness Index aus Bhutan an die Verhältnisse eines entwickelten Industrielandes darstellt. Aus diesem Grund sollte geprüft werden, ob sich in der Systematik des Index von Bhutan eine „indirekte“ Adaption an Deutschland bewerkstelligen ließe. Aufgrund einiger konzeptioneller Überlegungen, vor allem aber aufgrund der mangelnden Datenlage, wurde auf eine Berücksichtigung des CIW am Ende verzichtet.

1.2.3.1 Nationaler Wohlfahrtsindex (NWI)

Das Konstruktionsprinzip des Nationalen Wohlfahrtsindex kann wie folgt zusammengefasst werden:

- a) Berücksichtigung wohlfahrtsstiftender Komponenten:

- Konsumausgaben der privaten Haushalte für am Markt erworbene Güter und Dienstleistungen, bewertet zu Marktpreisen. Die Konsumausgaben werden mit der Einkommensverteilung gewichtet, um Unterschieden im Grenznutzen Rechnung zu tragen.¹⁷
 - Wert der Haus- und Familienarbeit und des ehrenamtlichen Engagements als Proxy für den Konsum von unentgeltlich durch Private zur Verfügung gestellte Güter und Dienstleistungen, berechnet als Zeiteinsatz multipliziert mit dem geltenden Mindestlohn.
 - Ein Teil der Staatsausgaben für Gesundheit und Bildung, dieser kann als Konsum von in Form von Sachleistungen unentgeltlich zur Verfügung gestellten Gütern und Dienstleistungen interpretiert werden, bewertet zu Herstellkosten.
- b) Korrektur für das zeitliche Auseinanderfallen von Kosten und Nutzen dauerhafter Konsumgüter:
- Die Ausgaben für Gebrauchsgegenstände, welche länger als ein Jahr genutzt werden, werden im Jahr des Kaufs abgezogen; der Nutzen, den diese Güter stiften, wird dagegen in den Jahren hinzuaddiert, in denen sie gebraucht werden.
- c) Abzug wohlfahrtsmindernder Komponenten:
- Negative ökologische und soziale Folgekosten des Wirtschaftsprozesses werden als wohlfahrtsmindernd abgezogen (insgesamt 14 Komponenten). Darunter fallen im sozialen Bereich unter anderem Kosten von Kriminalität und Verkehrsunfällen, im ökologischen Bereich Ausgaben für die Reparatur von Umweltschäden und Schadenskosten durch Umweltbelastungen wie Luftschadstoffe und CO₂-Emissionen. Darüber hinaus werden Ersatzkosten für den Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger und Kosten der Atomenergienutzung berücksichtigt.

Die regionalen Berechnungen für Bundesländer, die Regionalen Wohlfahrtsindices (RWI), beruhen auf denselben Prinzipien und enthalten – soweit aufgrund der Datenverfügbarkeit möglich – die gleichen Komponenten wie der NWI, so dass die relative Entwicklung auf Landes- und Bundesebene prinzipiell vergleichbar ist.

1.2.3.2 Ecological Footprint versus Biocapacity

Leicht zugänglich und vom Global Footprint Network (GFN) autorisiert ist die Kennziffer derzeit in einer Zeitreihe von 1961 bis 2014 verfügbar. Die Werte zwischen 2015 und 2018 beruhen hingegen auf einer Abschätzung des Global Footprint Network auf der Basis der Zeitreihe bis 2011 und aktuell verfügbarer Rahmendaten. Die Werte für 2017 und 2018 beruhen dabei auf einer aktuellen Prognose für den Jahreswohlstandsbericht 2018.¹⁸ Dabei ist die gesamte Zeitreihe seit 1961 durch das GFN neu berechnet worden, da sich die Datenlage in bestimmten Positionen, vor allem hinsichtlich des Landbedarfs zur Produktion von Futtermitteln, deutlich geändert hat.

¹⁷ Gemäß der Annahme eines abnehmenden Grenznutzens des Konsums ist der Wohlfahrtsgewinn einer zusätzlichen Einheit für einen Haushalt mit hohem Einkommen – und dementsprechend hohen Konsumausgaben – geringer als für einen Haushalt mit niedrigem Einkommen.

¹⁸ Das Global Footprint Network bezeichnet die Abschätzung von Werten, die in der Vergangenheit liegen, aber aufgrund des time-lags, mit dem die Basisdaten zur Verfügung stehen, noch nicht exakt berechnet werden können als „now-casting“ und nicht als Prognose. Vgl. <https://www.footprintnetwork.org/resources/data/>

Der Ökologische Fußabdruck ist eine Form der ökologischen Buchhaltung, die den Verbrauch natürlicher Ressourcen mit der Kapazität zu vergleichen erlaubt, die in dem entsprechenden Land zur Verfügung steht. Sie misst die biologisch produktive Land- und Wasserfläche, die zur Erneuerung der Ressourcen unter Berücksichtigung gegenwärtiger Technologien benötigt wird, um den gegenwärtigen Konsum eines Menschen beziehungsweise der Bevölkerung zu befriedigen. Dabei wird auch die Fläche zur Aufnahme von Abfällen miteinbezogen. Umgerechnet werden diese unterschiedlichen Dimensionen in virtuelle „globale Hektar“ (gH), die als Flächenmaß interpretiert werden können.

Die materielle Güterverwendung eines Landes trägt zu dessen Wohlstand bei. Langfristig kann die Güterverwendung aber nur innerhalb der ökologischen Tragfähigkeit aufrechterhalten werden. Der Indikator gibt Aufschluss über die Diskrepanz zwischen aktuellem Konsum und der verfügbaren Biokapazität.

1.2.3.3 Inequality Adjusted Human Development Index (IHDI)

Der IHDI geht von den Indikatoren des HDI aus – Lebenserwartung bei Geburt, Schulbildung und BIP pro Kopf und gewichtet jeden dieser Indikatoren mit einem adäquaten Indikator, der die tatsächliche Verteilung in den drei Dimensionen in einem Land angibt. Je nach Ungleichheit der Verteilung gibt es in jeder Dimension des HDI einen Abzugsfaktor, der vor der Zusammenrechnung der drei Dimensionen zum IHDI berücksichtigt wird.

Der IHDI wird derzeit für 151 Länder berechnet.¹⁹

1.2.3.4 Inclusive Wealth Index

Der Inclusive Wealth Index erhebt den Anspruch eines alternativen BIP, das sich an den Bestandsgrößen ausrichtet, also nicht an den Stromgrößen.²⁰ Der Index versucht sich an einer Aufsummierung des Gesamtwertes von Humankapital, von Naturkapital und des ökonomischen Kapitals: „knowledge, education, skills, health and aptitude; forests, fossil fuels, fisheries, agricultural land, rivers, oceans the atmosphere and ecosystems; roads, buildings, machines, equipment and other physical infrastructure.“²¹ Der Index wird auch als Pro-Kopf-Größe ausgewiesen, wodurch Bevölkerungsveränderungen korrigiert werden.

Die Skepsis, die dem IWI entgegengebracht wird, speist sich aus kritischen Anfragen, die an vielen Stellen an seine Berechnungsmethode gerichtet werden können.²² Das betrifft unter anderem die Berechnung des Humankapitals und die Festsetzung von Zins- und Diskontraten.

1.2.3.5 Genuine Savings

Als letzten Index in dieser Gruppe soll hier der Genuine Saving oder Adjusted Net Savings Index (ANS) der Weltbank aufgenommen werden.²³ Die Berechnung setzt am Bruttonationaleinkom-

¹⁹ United Nations Development Programme (Hrsg.) (2018) : Inequality-adjusted Human Development Index (IHDI). URL : <http://hdr.undp.org/en/content/inequality-adjusted-human-development-index-ihdi> – als Grundlage siehe Hicks, Douglas A. (1997) : « The Inequality-Adjusted Human Development Index – A Constructive Proposal », in : World Development, Vol. 25, No. 8, 1283 - 1298

²⁰ Vgl. dazu Powell, Daniel (2012) : The Inclusive Wealth Index. Tokio : United Nations University, URL : <https://our-world.unu.edu/en/the-inclusive-wealth-of-nations>

²¹ United Nations Environment Programme (Hrsg.) (2018) : Inclusive Wealth Report 2018. Nairobi : UNEP. (Zitat: Executive Summary, S. 8).

²² kritisch dazu vgl. Diefenbacher, Hans (2012) : « Der Inclusive Wealth Index – ein neues Maß für nachhaltiges Wirtschaften ? » in : Ökologisches Wirtschaften, Nr. 4/2012, S. 23 – 24.

²³ Bolt, Katherine/ Matete, Mampite/ Clemens, Michael (2002) : Manual for Calculating Adjusted Net Savings. New York : World Bank, Environment Department, URL : <https://siteresources.worldbank.org/INTEEI/1105643-1115814965717/20486606/Savingsmanual2002.pdf>

men (BNE) an und zieht davon den privaten und öffentlichen Verbrauch ab, außerdem die Abschreibungen. Sodann werden die Bildungsausgaben addiert und ein Wert für die Ausbeutung natürlicher Ressourcen subtrahiert. Abgezogen werden auch noch die Schäden der Treibhausgasemissionen; der Investitionsbegriff schließt auch das Humankapital mit ein.²⁴

1.2.4 „pars-pro-toto“-Indikatoren

1.2.4.1 Einkommensverteilung

Die Verteilung der Einkommen ist – ebenso wenig wie die Vermögensverteilung – nicht im BIP enthalten, Es kann daher überlegt werden, als einen wichtigen ergänzenden Indikator ein Maß der Einkommensverteilung in die Modellbetrachtung zu integrieren. Dabei stehen dann viele unterschiedliche Maße der Einkommensverteilung zur Verfügung, die sich jeweils in ihrer genauen Perspektive unterscheiden. Zu nennen sind:

- ▶ Der Gini-Koeffizient der Verteilung, wobei hier wie auch bei den folgenden Maßen das Haushaltsnettoäquivalenzeinkommen zugrunde gelegt wird. Ein Maß, das das obere Dezil oder Quantil der Einkommen ins Verhältnis setzt zu dem unteren Dezil oder Quintil ist ebenso denkbar wie auch andere Relationen, etwa die sogenannte Palma-Ratio, der Relation der oberen 10 % zu den unteren 40 %, die seitens der UN in gesellschaftlichen Monitoringsystemen verwendet wird.
- ▶ Foster-Greer-Thorbecke-Indizes (FGT-Indizes), die besonders den Armutsbereich der Gesellschaft fokussieren durch Bewertung der Zahl der Menschen unterhalb einer Armutsgrenze: Der Anteil der Bevölkerung, der unterhalb der Armutsgrenze lebt (FGT₀); die Armutslücke (FGT₁) und der Variationskoeffizient der Haushalte der Armen (FGT₂).
- ▶ Ein Atkinson-Maß, das die gesellschaftlich erwünschte Ungleichheit auf Basis einer konkaven Nutzenfunktion anspricht.

Je nach Auswahl des Indikators können unter Umständen ganz unterschiedliche Botschaften transportiert werden. Die Hereinnahme eines Verteilungsindikators in ein Modell würde die Bedeutung dieses Aspekts in einer Wohlfahrtsdiskussion unterstreichen – dies gilt selbstverständlich auch jeweils für die im Folgenden angesprochenen Themen Arbeitslosigkeit, Gesundheit, Bildung und Governance.

1.2.4.2 Arbeitslosigkeit

Hier gilt die Vorüberlegung, dass Arbeitslosigkeit nur dann wohlfahrtsmindernd ist, sofern sie unfreiwillig eintritt. Daher werden in der Regel Zahlen offiziell registrierter Arbeitsloser verwendet. Hier wiederum ist es entscheidend, ob der deutsche Standard der Definition von Arbeitslosigkeit verwendet oder ob die Definition der ILO zugrunde gelegt wird; je nach dem Standard der Erfassung weichen die Zahlen erheblich voneinander ab.

Schließlich können die Arbeitslosenzahlen in Beziehung gesetzt werden zur Zahl der Beschäftigten. Je nach demographischer Entwicklung und je nach dem Beschäftigungsquotienten können

²⁴ Hanley, Nick /Dupuy, Louis/ McLaughlin, Eoin (2015) : » Genuine Savings and Sustainability », in :Journal of Economic Surveys, Vol. 2015, No. 8, URL : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/joes.12120>

sich ebenfalls ganz unterschiedliche Interpretationsangebote ergeben, wenn die Entwicklung von Wohlfahrts- und Umweltindikatoren wirtschaftlichen Faktoren gegenübergestellt wird.²⁵

1.2.4.3 Gesundheit²⁶

Der Indikator „Gesunde Lebensjahre (GLJ) bei der Geburt“ gibt die Zahl derjenigen Jahre an, die eine Person zum Zeitpunkt ihrer Geburt erwartungsgemäß in guter gesundheitlicher Verfassung leben wird. GLJ ist ein Indikator der Gesundheitserwartung, der Informationen zu Sterblichkeit sowie zur Gesundheit und Krankheit beziehungsweise Lebensqualität miteinander verknüpft. Dazu werden Daten zur altersspezifischen Sterblichkeit und zum Gesundheitszustand der Bevölkerung benötigt. Zur Bestimmung der gesunden Lebensjahre wird hier der Anteil der Männer und Frauen erfasst, die wegen eines gesundheitlichen Problems – dazu gehören chronische und akute Krankheiten, Gebrechlichkeit, psychische Störungen und körperliche Behinderungen – sich bei alltäglichen Verrichtungen stark oder mäßig eingeschränkt fühlen. Gute gesundheitliche Verfassung wird damit über die Abwesenheit von Funktionsbeschränkungen und Beschwerden definiert und als Gradmesser eines Aspekts von Lebensqualität und somit der immateriellen Seite von Wohlstand begriffen. Der Indikator wird getrennt für Männer und Frauen berechnet.²⁷

1.2.4.4 Bildung

Bildung ist ein zentraler Baustein, der Menschen nicht nur die Beteiligung am Arbeitsleben ermöglicht. Zugleich kann Bildung generell Chancen an der Teilhabe am Leben in der Gesellschaft erhöhen, persönliche Perspektiven, Handlungsmöglichkeiten und letztlich einen besseren Gesundheitszustand eröffnen. Eine möglichst breite Beteiligung der Menschen an formellen Bildungsprozessen kann daher als Vergrößerung dieses Möglichkeitsraumes angesehen werden, der einer Wohlfahrtssteigerung im Sinne des „Fähigkeitenansatzes“ (capability approach von Amartya Sen) entspricht.

Ein hohes Bildungsniveau ist in der Regel auch wesentlicher Bestandteil des „Humankapitals“ oder besser des „Humanvermögens“ einer Gesellschaft.²⁸ Dies ist nicht zuletzt auch vor dem Hintergrund einer Stärkung der gesellschaftlichen Dimension zu sehen, bei der es um die Erhaltung eines demokratischen Systems und „Good Governance“ geht.

Der hier angeführte Index, der für den Jahreswohlstandsbericht neu entwickelt wurde, fasst fünf Komponenten zusammen, die unterschiedliche Aspekte des Bildungssystems und des Bildungsniveaus der Bevölkerung erfassen:

- ▶ Die Entwicklung der Punktzahl bei den PISA-Studien für Deutschland;
- ▶ Der Anteil der Bevölkerung mit Abschluss der Sekundarstufe II;
- ▶ Die erwarteten Bildungsjahre bis zum Alter von 39 Jahren;
- ▶ Die Differenz der mathematischen Kenntnisse 15jähriger Schülerinnen und Schüler von Eltern mit niedrigem und Eltern mit hohem Bildungsniveau (ebenfalls nach PISA);

²⁵ So kann sich bei entsprechender demographischer Entwicklung ein Anstieg der Arbeitslosigkeit parallel zu einem Anstieg der Beschäftigtenzahlen ergeben und eine Korrelation der Arbeitslosenzahlen mit erweiterten Indikatoren ist gegebenenfalls nicht kausal.

²⁶ Es wird vorgeschlagen, diesen und die Indikatoren zu Bildung und Good Governance aus dem Jahreswohlstandsbericht zu übernehmen: vgl. Zieschank, Roland/ Diefenbacher, Hans (2018): Jahreswohlstandsbericht 2018: Berlin: Die Grünen.

²⁷ Datenbasis zur Berechnung bei Eurostat: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> → Tabellen nach Themen → Bevölkerung und soziale Bedingungen → Gesundheit → Gesundheitszustand → Gesunde Lebensjahre und Lebenserwartung bei der Geburt

²⁸ Siehe hierzu jüngst Hanushek/Woesmann (2016): The Knowledge Capital of Nations.

- Die Höhe der gesamten öffentlichen Bildungsausgaben in Deutschland.

Die Zeitreihen der fünf Komponenten wurden auf das Jahr 2010 = 100 normiert und deren Entwicklung vor und nach dem Basisjahr gleichgewichtig im Index zusammengefasst.

1.2.4.5 Good Governance

Gesellschaftlicher Wohlstand ist nicht zuletzt das Resultat institutionell garantierter Freiheiten und der Rechtmäßigkeit staatlichen Handelns. Insofern kommt der Ausgestaltung demokratischer Rechte, gutem Regieren, Vertrauen, Abwesenheit von Gewalt und Korruption sowie politischer Stabilität eine zentrale Rolle zu. Der erstellte Index versucht, sechs verschiedene Aspekte des „intangiblen Kapitals“ eines Landes zu operationalisieren und somit die nicht selbstverständlichen politischen Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Entwicklung des Wohlstands eines Landes in das Blickfeld zu nehmen. Die Weltbank erachtet „intangibles Kapitals“ als entscheidenden Faktor für institutionelle und politische Rahmenbedingungen eines Landes zur Sicherung gesellschaftlichen Wohlstands.

„Gute Regierungsführung“ ist ein wesentlicher Bereich des intangiblen Kapitals, da hier die Voraussetzungen für einen dauerhaften Aufbau von gesellschaftlichem Wohlstand gesetzt werden. Die Weltbank versteht unter „Governance“:

„... die Traditionen und die Institutionen, mit denen die Regierung und die Behörden eines Landes ausgestattet sind. Dies beinhaltet (a) den Prozess, wie Regierungen gewählt, kontrolliert und ausgetauscht werden; (b) die Fähigkeit der Regierung eine vernünftige Politik zu formulieren und umzusetzen; und (c) das Vertrauen der Bürger und des Staates in die Institutionen, die das ökonomische und soziale Miteinander gestalten.“²⁹

Der Governance Index wurde für den Jahreswohlstandsbericht auf der Basis der Daten der World Bank Governance Indicators und deren sechs Dimensionen von Governance konstruiert: „Voice and Accountability, Political Stability and Absence of Violence and Terrorism, Government Effectiveness, Regulatory Quality, Rule of Law, Control of Corruption“ (Worldbank 2015).³⁰

Die Indikatoren bieten einen guten Überblick über die Situation der politischen Rahmenbedingungen der Regierungsführung. Der Index geht über die Spanne von 0 bis 100; ein Wert möglichst nahe 100 sollte angestrebt werden.

1.2.5 Umwelt und Wohlfahrt – Indikatoren und Indices

Mit den in den letzten Abschnitten vorgestellten Indikatoren und Indices ist eine Bandbreite im Sinne eines Reservoirs angegeben; diese Indikatoren und Indices können genutzt werden, um die Diskussion über die Integrationsmöglichkeiten der Themen Umwelt und Wohlfahrt in ökonomische beziehungsweise ökonometrische Modelle an konkreten Beispielen voranzutreiben. Die gewählten Indikatoren und Indices lassen sich dabei in unterschiedlicher Weise nach verschiedenen Kriterien gruppieren:

- monetäre und physische Indikatoren

²⁹ Siehe Kaufmann/Kraay/Mastruzzi 2010 (S. 4, eigene Übersetzung).

³⁰ Die Dimensionen lassen sich sinngemäß umschreiben mit: Freie Wahlen und Meinungsäußerung; politische Stabilität und Abwesenheit politisch motivierter Gewalt; effektives Regierungshandeln (bezogen auf den öffentlichen Sektor); Formulierung und Umsetzung fundierter politischer Maßnahmen sowie Regulierungen (bezogen auf den privaten Sektor); Rechtsstaatlichkeit; sowie Kontrolle von Korruption und Amtsmissbrauch.

- ▶ Indices aus Indikatoren verschiedener Dimensionen – monetäre oder physische Einheiten – oder Indices als Ergebnis eines Gesamtrechnungsansatzes

Indikatoren beziehungsweise Indices lassen sich auch nach eher technischen Kriterien einteilen, darunter:

- ▶ Datenverfügbarkeit
- ▶ Time-lag
- ▶ Vorhandensein einer Zeitreihe
- ▶ Verständlichkeit für statistische Laien

1.2.6 Ausblick zu Umweltindikatoren und Wohlfahrtsindices

Die Zusammenstellung zu relevanten Umweltindikatoren für Anknüpfungspunkte an bestehende ökonomische Modelle wird in einem nächsten Schritt mit den Arbeiten zur Auswahl relevanter Modelle widergespiegelt. Es hat sich dabei als sinnvoll erwiesen, hier

- ▶ einen datengeleiteten Weg (wo gibt es empirisch vorliegende Indikatoren und Indices mit Zeitreihen),
- ▶ einen methodengeleiteten Weg (wo bestehen überhaupt Anknüpfungspunkte zu unterschiedlichen ökonomischen Modelltypen) und
- ▶ einen konzeptionell geleiteten Weg (was soll an verbesserten Aussagen über gesellschaftliche Wohlfahrt erzielt werden)

zu verknüpfen.

1.3 Übersicht über relevante ökonomische Modelle

1.3.1 Ziele des Arbeitsschrittes

Die Integration von ökonomischen Modellen und Indikatoren beziehungsweise Indices für Umwelt und Wohlfahrt kann für verschiedene Anknüpfungspunkte an Modellen untersucht und befördert werden. Die möglichen Anknüpfungspunkte variieren dabei von Modell zu Modell. Dies liegt unter anderem an den verschiedenen Anwendungen, für welche die entsprechenden Modelle entwickelt wurden. Während zum Beispiel manche ökonomische Modelle regelmäßig für die Untersuchung von Umweltpolitikmaßnahmen verwendet werden, zielen andere Modelle darauf ab, die wirtschaftliche Konjunktur der nächsten zwei Jahre möglichst gut vorherzusagen. Im Bereich der Postwachstumsmodelle steht zudem die Erforschung möglicher Szenarien einer wachstumsunabhängigen Entwicklung im Vordergrund. Entsprechend groß ist die Bandbreite der möglichen Aussagen zu Umwelt und Wohlfahrt, die anhand der Modelle getroffen werden können, und entsprechend stark variieren die Perspektiven und möglichen Wege einer vertieften Integration der Modelle mit den im Projekt untersuchten Umweltindikatoren und Wohlfahrtsindizes.

Vor diesem Hintergrund verfolgte dieser Arbeitsschritt die folgenden Ziele:

1. Identifikation von relevanten Modellen für das Modellinventar und zugleich als Grundlage für die Auswahl von Modellen für die Detailanalyse in AP2;

2. Tabellarischer Überblick über den Status quo der Modelle hinsichtlich ausgewählter Modellcharakteristika, die jeweils einen Hinweis auf die bereits bestehende Berücksichtigung eines bestimmten Themenfelds von Umwelt und Wohlfahrt im Modell geben (Modellinventar);
3. Identifikation von Perspektiven und Hürden einer vertieften Integration ökonomischer Modelle mit Indikatoren für Umweltkosten und Wohlfahrt aus Sicht von Modellentwicklern.

Um diese Ziele zu erreichen, wurde ein mehrstufiges methodisches Vorgehen gewählt. Dafür wurde unter anderem eine umfassende Literatur- und Internetrecherche durchgeführt. Außerdem wurden insgesamt 10 semi-strukturierte Interviews mit Modellentwicklern geführt. Die einzelnen Schritte des Vorgehens werden in den folgenden Abschnitten beschrieben. Anschließend werden die Ergebnisse der Auswertung präsentiert und erläutert.

1.3.2 Zusammenstellung einer Liste relevanter Modelle

Um relevante Modelle für die weitere Analyse zu identifizieren, wurde in einem ersten Schritt eine Liste mit insgesamt 35 ökonomischen Modellen aufgestellt. Dafür wurde zunächst analysiert, welche Modelle besonders häufig in Studien zur Wirkung von Politikmaßnahmen und für Prognosen der ökonomischen Entwicklung auf nationaler und internationaler Ebene und dort insbesondere der EU und der OECD erwähnt werden. Diese Recherche diente dem Zweck, Modelle zu identifizieren, die die folgenden Kriterien für Relevanz möglichst gut erfüllen: Modelle, die (a) in Deutschland, auf Ebene der EU und von internationalen Organisationen wie der OECD verwendet werden, um Politik ex-post und ex-ante zu bewerten, (b) für die Entscheidungsfindung auf politischer und gesellschaftlicher Ebene herangezogen werden und (c) eine größere öffentliche Wahrnehmung besitzen. Im noch recht jungen Forschungsfeld der Postwachstumsökonomie wurden zudem Modelle identifiziert, die zwar die Kriterien (a)-(c) nicht erfüllen, im Hinblick auf die Integration von Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren aber mögliche neue Ansätze liefern könnten. Eine Übersicht über die ausgewählten Modelle befindet sich in Tabelle 2.

1.3.3 Einteilung der Modelle in vier Modellklassen

Die große Vielfalt makroökonomischer Modelle, die sich auch unter den Modellen in der Modellliste wiederfindet, legt eine Einteilung der Modelle in sogenannte Modellklassen nahe. Im Vorhaben wurde eine Einteilung in insgesamt vier Modellklassen gewählt, die auf der theoretischen Verortung und ausgewählten technischen Eigenschaften der Modelle basiert. Die Verteilung der ausgewählten Modelle auf die vier Modellklassen ist in Tabelle 1 zu finden.

Tabelle 1: Übersicht über Verteilung der Modellklassen in der Modellliste

Kürzel	Modellklasse	Zahl der Modelle in der Modellliste	davon Postwachstumsmodelle
GEM	Gleichgewichtsmodelle	10	0
MEM	Makroökonometrische Modelle	6	1
SDM*	Systemdynamische Modelle	14	6
ABM	Agentenbasierte Modelle	5	0

Quelle: adelphi und ZOE, eigene Erhebung

* Darunter befinden sich sieben Modelle, die sowohl als SDM als auch als MEM eingestuft wurden, davon 6 Postwachstumsmodelle, sowie ein Modell, das sowohl als SDM als auch als GEM eingestuft wurde.

Die Modellklassen wurden für das Vorhaben wie folgt definiert:

In die Modellklasse der *Gleichgewichtsmodelle (GEM)* fallen allgemeine und partielle Gleichgewichtsmodelle. Der Kern der Modelle ist die mathematische Optimierung von Nutzenfunktionen unter Berücksichtigung der Beschränkungen durch vorhandene Ressourcen und Technologien. In den Modellen wird üblicherweise angenommen, dass sich wirtschaftliche Akteure rational verhalten und auf materielle Bedürfnisse beschränken. Ohne äußere Impulse stellt sich ein gesamtwirtschaftliches und Märkte übergreifendes Gleichgewicht ein, wobei die Wirtschaft aus wenigen Sektoren besteht. Wirtschaftswachstum wird in den Modellen endogen oder exogen erzeugt. Den Modellen liegt meist eine neoklassische oder neu-keynesianische Sichtweise auf die Wirtschaft zugrunde. Mit Gleichgewichtsmodellen wird zumeist die Reaktion der Gesamtwirtschaft auf exogene Impulse simuliert.

Makroökonomische Modelle (MEM) basieren auf empirischen Zusammenhängen zwischen gesamtwirtschaftlichen Variablen, die auf das Verhalten von wirtschaftlichen Akteuren zurückgeführt werden können. Die Parameter und Gleichungen der Modelle werden so gewählt, dass die Modelle vergangene Entwicklungen wiedergeben können. Kern der meisten Modelle ist eine Matrix, welche die strukturellen, durch Produktionstechnologien bestimmten Zusammenhänge zwischen Sektoren und Wirtschaftszweigen beschreibt. Jedoch sind nicht alle Modelle so detailliert. Im Gegensatz zu Gleichgewichtsmodellen wird nicht unbedingt angenommen, dass sich die Wirtschaft ohne äußere Einflüsse einem Gleichgewichtszustand nähert, weshalb die Pfadabhängigkeit der wirtschaftlichen Entwicklung eine wichtige Rolle einnimmt. Mit makroökonomischen Modellen werden üblicherweise die Auswirkungen von gegebenenfalls sektorspezifischen Politikmaßnahmen und der Einfluss von Rahmenparametern auf die gesamtwirtschaftliche Entwicklung untersucht.

Agentenbasierte Modelle (ABM) simulieren das Verhalten von wirtschaftlichen Akteuren unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen und der Wechselbeziehungen zwischen den Akteuren. Die Modelle werden verwendet, um die Auswirkungen von Annahmen über das Verhalten von einzelnen Akteuren unter der Berücksichtigung von komplexen Wechselwirkungen zwischen den Akteuren zu untersuchen. Die Annahmen über das Verhalten der Akteure werden zumeist aus theoretischen Überlegungen abgeleitet. Agentenbasierte Modelle simulieren wirtschaftliche Prozesse zumeist auf der Ebene einzelner Akteure, werden jedoch auch zur Untersuchung von makroökonomischen Phänomenen verwendet.

Systemdynamische Modelle (SDM) betrachten eine Auswahl von aggregierten wirtschaftlichen Variablen und bilden deren Wechselbeziehungen in Form eines Systems mathematischer Gleichungen ab. Die Modelle weisen einen relativ hohen Grad von Abstraktion auf. Die Wechselbeziehungen zwischen den wirtschaftlichen Variablen können aus einer zugrunde gelegten Theorie oder aus der Analyse von Zeitreihen abgeleitet werden. Die Modelle unterscheiden üblicherweise zwischen Bestands- und Flussgrößen. Systemdynamische Modelle werden oft dafür verwendet, den Einfluss einzelner Parameter auf die Dynamik des Gesamtmodells zu untersuchen.

Neben der Modellklasse wurde für jedes Modell eine Einstufung vorgenommen, ob es sich um ein Postwachstumsmodell handelt oder nicht. Insgesamt wurden sieben Modelle als Postwachstumsmodelle klassifiziert, die bereits auch für die Erforschung von Postwachstumsgesellschaften verwendet wurden (Tabelle 2). Auffällig dabei ist, dass fast alle Postwachstumsmodelle SDM-Modelle sind. Insgesamt eignet sich der systemdynamische Ansatz offenkundig sehr gut, um mögliche langfristige Entwicklungen zu erforschen. Die meisten Modelle können darüber hinaus an der Schnittstelle zu MEM-Modellen verortet werden. Für die Kombination unterschiedlicher Modellierungsmethoden gibt es zwei Gründe. Der Hauptgrund liegt in dem Wunsch, Finanzflüsse abzubilden, weshalb die Integration eines Stock-Flow-Consistent-Ansatzes in vier

der sieben Modelle durchgeführt wurde. Zudem verfolgen zwei Modelle den Ansatz einer Verbindung mit Input-Output-Tabellen, um so eine detailliertere Abbildung der Veränderung der ökonomischen Strukturen in einer Postwachstumsgesellschaft zu ermöglichen.

Tabelle 2: Liste der Modelle als Grundlage für das Modellinventar und die Auswahl der Modelle für die Detailanalyse in AP2

Nr.	Modellname	Modellklasse	Räumliche Abdeckung	Räumliche Aggregation	Postwachstumsmodell	Experten-interview	Detailanalyse in AP2
1	ASTRA	SDM, MEM	Europa	National			
2	D3	SDM	Deutschland	National		x	
3	D3 EE	SDM	Deutschland	National			
4	D3 Planspiel	SDM	Global	National			
5	DART	GEM	Global	National			
6	DEFINE	MEM	Global	Global	teilweise		
7	DICE	GEM	Global	Weltregionen			
8	E3ME	MEM	Global	National		x	x
9	ENGAGE	ABM	Global	National			
10	ENV Linkages	GEM	Global	Weltregionen			
11	EURACE	ABM	Europa	National		x	
12	EUROGREEN	SDM, MEM	Frankreich	National	x		
13	FALSTAFF	SDM, MEM	UK/Kanada	National	x	x	
14	GEAR	GEM	Global	Weltregionen			
15	GEER	SDM	Global	National		x	
16	GEM-E3	GEM	Global	National			
17	GINFORS	MEM	Global	National			
18	ICES-FEEM-SI	SDM, GEM	Global	National			
19	IMAGE	MEM	Global	National			
20	IMK	MEM	Deutschland	National		x	x
21	InternationalFutures	SDM	Global	National			
22	Lagom	ABM	Europa	National			
23	LowGrow SFC	SDM, MEM	Kanada	National	x	x	

Nr.	Modellname	Modell- klasse	Räumliche Abdeckung	Räumliche Aggregation	Postwachs- tumsmodell	Exper- ten- in- terview	Detailana- lyse in AP2
24	Medeas	SDM, MEM	Global	National	x		x
25	METANOIA	SDM, MEM	Frankreich	National	x		
26	MOTMO	ABM	Deutschland	National		x	
27	NAWM	GEM	Europa	Weltregionen			x
28	NiGEM	GEM	Global	National		x	x
29	PANTA RHEI	MEM	Deutschland	National		x	x
30	QUEST	GEM	Europa	Weltregionen		x	x
31	REMINd	GEM	Global	Weltregionen			
32	STOEMSys	ABM	Europa	National		x	
33	VIEW	MEM	Global	National			
34	WIOD-CGE	GEM	Global	Weltregionen			
35	WoW	SDM, MEM	Deutschland	National	x	x	x

Quelle: adelphi und ZOE, eigene Erhebung

1.3.4 Auswahl von Modellcharakteristika für das Modellinventar

Das zentrale Ergebnis der Modellanalyse in AP1 ist eine tabellarische Übersicht über relevante Modelle, der erste Hinweise auf den Status quo bezüglich der Berücksichtigung von Umwelt und Wohlfahrt in den Modellen entnommen werden können und die als Grundlage für die Auswahl von Modellen für die Detailanalyse in AP2 verwendet werden kann. Diese Übersicht wird im Folgenden als Modellinventar bezeichnet. Dafür wurde für jedes Modell in der Modellliste eine Einstufung hinsichtlich ausgewählter einheitlicher Modellcharakteristika vorgenommen. Diese Einstufung basierte auf Informationen in Modellbeschreibungen und akademischen Publikationen und wurde für ausgewählte Modelle mit Experteninterviews abgesichert. Für die Definition und Auswahl der Modellcharakteristika wurden zunächst die folgenden Kriterien aufgestellt:

- ▶ *Relevanz:* Die Charakteristika sollten jeweils einen konkreten Hinweis auf eine mögliche Integration mit Indikatoren beziehungsweise Indices für Umwelt und Wohlfahrt liefern.
- ▶ *Verständlichkeit:* Die Charakteristika und ihre Einstufung sollten jeweils auch Nicht-Modellierern verständlich sein.
- ▶ *Anwendbarkeit:* Die Charakteristika sollten jeweils auf alle Modellklassen und auf alle Modelle anwendbar sein.
- ▶ *Umsetzbarkeit:* Eine Einstufung sollte jeweils anhand üblicher Modellbeschreibungen möglich sein; eine Einstufung sollte in der Form „ja/nein“ vorgenommen werden können.

Außerdem sollten die Charakteristika zusammengenommen die folgenden zwei Kriterien erfüllen:

- ▶ *Abdeckung*: Die Charakteristika sollten insgesamt die wichtigsten Themen und Dimensionen von Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren abdecken.
- ▶ *Umfang*: Die Zahl der Charakteristika sollte bei etwa zehn bis fünfzehn liegen, um im Rahmen der für die Interviews und die Literaturrecherche vorgesehenen Ressourcen bleiben zu können und um eine übersichtliche Darstellung der Ergebnisse zu ermöglichen.

Basierend auf diesen Kriterien und ersten Überlegungen zu geeigneten Indikatoren für Umweltkosten und Wohlfahrt wurden vier Themenfelder von Umwelt und Wohlfahrt identifiziert und mit insgesamt zwölf Modellcharakteristika hinterlegt, die einzeln und in der Zusammenschau die genannten Kriterien möglichst gut erfüllen. Die ausgewählten Modellcharakteristika können Tabelle 3 entnommen werden.

Für einige Modellcharakteristika wurde im Rahmen der Literaturrecherche und der Experteninterviews zunächst danach unterschieden, ob ausgewählte Modellgrößen wie zum Beispiel die öffentlichen Ausgaben für Gesundheit oder die Treibhausgasemissionen aus dem Energiesektor endogen oder exogen im Modell abgebildet sind. Diese Unterscheidung erwies sich in der Praxis der Interviews und der Literaturrecherchen allerdings als komplex und nicht immer eindeutig, da manche der Modellgrößen selbst im Rahmen der Modellierung wiederum aus exogenen und endogenen Größen berechnet wurden. Zum Beispiel wurden in vielen Modellen die Treibhausgasintensitäten der Wertschöpfung in einzelnen Sektoren exogen vorgegeben, die Wertschöpfung selbst wurde in den Modellen jedoch endogen ermittelt. Eine Unterscheidung in endogene und exogene Größen für einzelne Modellcharakteristika hätte daher nur mit deutlich umfangreicheren Definitionen und Erläuterungen der Modellcharakteristika vorgenommen werden können, die auch auf Einzelfälle bei der Berechnung bestimmter Modellcharakteristika in einzelnen Modellen hätte eingehen müssen. Daher wurde auf eine Unterscheidung zwischen endogenen und exogenen Größen verzichtet.

Eine Möglichkeit, zusätzliche Ergebnisse zu Umwelt und Wohlfahrt mit einem ökonomischen Modell zu ermitteln, ist die Kopplung eines Modells mit weiteren Modellen. In den Experteninterviews zu ausgewählten Modellen wurde daher danach gefragt, ob das jeweilige Modell in der Vergangenheit bereits mit anderen Modellen gekoppelt wurde. Die Antworten auf diese Frage flossen als zusätzliche Information in die Auswertung der Interviews mit ein. Dabei räumte einer der befragten Experten allerdings ein, als Modellentwickler nicht über alle bisherigen Anwendungen und damit auch Kopplungen des Modells Bescheid zu wissen. Bei allen anderen Modellen war es wesentlich schwieriger, verlässliche Informationen zur bisherigen Kopplung des Modells mit anderen Modellen zu gewinnen, da als Quelle nur Internetressourcen und weitere Literatur zur Verfügung standen. Vor diesem Hintergrund wurde entschieden, in der Vergangenheit erfolgte Kopplungen des jeweiligen Modells mit anderen Modellen bei der Einstufung der Modellcharakteristika nicht zu berücksichtigen. Somit erfolgte die Einstufung der Modellcharakteristika stets für das Modell selbst ohne Kopplung mit anderen Modellen. Sofern in den Experteninterviews Kopplungen erwähnt wurden, sind diese jedoch in der Modellübersicht in Anhang 3 ausdrücklich vermerkt.

In den Experteninterviews wurde außerdem stets nach verschiedenen Versionen des jeweiligen Modells gefragt. Wenn verschiedene Modellversionen existierten, wurde die Einstufung der Modellcharakteristika so vorgenommen, dass eine Charakteristik für das Modell als gegeben eingestuft wurde, wenn sie in einer der Versionen gegeben war. Auch im Rahmen der Literaturrecherche wurde durch die Analyse von verschiedenen Publikationen und Internetressourcen für jedes

Modell versucht, verschiedene parallel existierende Modellversionen zu erfassen und wie bei den Experteninterviews eine sozusagen die Variation zwischen den Modellversionen umfassende Einstufung der Modellcharakteristika vorzunehmen.

1.3.5 Auswertung der Modellcharakteristika - Modellinventar

Das Ergebnis einer statistischen Auswertung der Modellcharakteristika ist separat für die vier Modellklassen sowie für alle Modelle zusammengenommen in Tabelle 3 dargestellt. Die Ergebnisse für einzelne Modelle sind im Anhang des Berichts dargestellt.

Das Modellcharakteristikum, das die größte Zahl von Modellen aufweist, ist die Ermittlung des Energieverbrauchs. Von den insgesamt 35 analysierten Modellen weisen 26 Modelle den Energieverbrauch aus. An zweiter Stelle kommt die Beschäftigung, die in 22 Modellen ermittelt wird. Dieses zunächst vielleicht überraschende Ergebnis kann mit einigen analysierten systemdynamischen Modellen erklärt werden, die spezifisch für Umweltaspekte entwickelt wurden und den Energieverbrauch (13 Modelle), nicht jedoch die Beschäftigung (nur 7 Modelle) ermitteln. Unter den GEM und MEM hingegen weisen jeweils etwa gleich viele Modelle die Beschäftigung und den Energieverbrauch aus (5 vs. 5 bzw. 6 vs. 5).

Mit einem Abstand folgen die Treibhausgase und Schadstoffe in den Sektoren Energie, Verkehr und Landwirtschaft, die in 15, 13 bzw. 10 Modellen berechnet werden. Kein einziges der analysierten Modelle berechnet den Umfang von Familienarbeit und ehrenamtlichen Tätigkeiten. Aus den Interviews und der Literaturrecherche ging allerdings hervor, dass in einigen Modellen eine durchschnittliche wöchentliche Arbeitszeit hinterlegt ist. Diese kann zumindest als ein erster Anhaltspunkt für den zeitlichen Umfang von Tätigkeiten in der Freizeit angesehen werden.

Eine Einkommensverteilung wird von nur 10 der insgesamt 35 analysierten ökonomischen Modelle ermittelt. Insbesondere unter den GEM und MEM weisen im Vergleich zu anderen Modellcharakteristika nur relativ wenige Modelle (2 von 10 bzw. 1 von 8) eine Verteilung von Einkommen aus. Unter den systemdynamischen Modellen (5 von 12) und den agentenbasierten Modellen (2 von 5) ist der relative Anteil deutlich höher.

Tabelle 3: Auswertung der Modellcharakteristika für die vier Modellklassen sowie insgesamt

Nr.	Modellcharakteristik	Zahl der Modelle mit Einstufung „Ja“				
		GEM	MEM	SDM*	ABM	Gesamt
	Gesamtzahl der untersuchten Modelle	10	6	14	5	35
C1	Einkommensverteilung	2	1	5	2	10
C2	Familienarbeit und ehrenamtliche Tätigkeiten	0	0	0	0	0
C3	Beschäftigung	5	6	7	4	22
C4	Öfftl. Ausgaben für das Gesundheitswesen	1	1	5	0	7
C5	Öfftl. Ausgaben für das Bildungswesen	2	1	4	0	7
C6	Öfftl. Ausgaben für Forschung und Entwicklung	1	1	3	1	6
C7	Änderung der Landnutzung	1	4	2	0	7
C8	Extraktion und Importe von Rohmaterialien	3	4	5	0	12

Nr.	Modellcharakteristik	Zahl der Modelle mit Einstufung „Ja“				
		1	2	3	4	5
C9	Energieverbrauch	5	5	13	3	26
C10	Emission von THG und Schadstoffen im Verkehr	2	4	7	0	13
C11	Emission von THG und Schadstoffen im Energiesektor	2	4	8	1	15
C12	Emission von THG und Schadstoffen in der Landwirtschaft	2	2	5	1	10

Quelle: adelphi und ZOE, eigene Erhebung

* Darunter befinden sich sieben Modelle, die sowohl als SDM als auch als MEM eingestuft wurden, sowie ein Modell, das sowohl als SDM als auch als GEM eingestuft wurde.

Die öffentlichen Ausgaben für das Gesundheitswesen, das Bildungswesen sowie für Forschung und Entwicklung sind insgesamt nur in etwa einem Fünftel der analysierten Modelle separat abgebildet. In den meisten Modellen werden die öffentlichen Ausgaben nicht in dieser Detailtiefe in ihre Komponenten aufgeteilt. In wenigen Modellen sind Investitionen in Forschung und Entwicklung enthalten, bei denen dann nicht mehr zwischen privaten und öffentlichen Investitionen unterschieden wird. Auch hier zeigen die Ergebnisse, wie bereits bei der Einkommensverteilung, dass der relative Anteil der Modelle, in denen diese Größen abgebildet sind, größer unter den SDM ist als unter den GEM und den MEM.

Die Änderung der Landnutzung wird nur in 7 der 35 analysierten Modelle modelliert. Etwas höher ist der Anteil der Modelle, welche die Extraktion bzw. die Importe von Rohmaterialien berechnen (11 von 35). Bei diesen beiden Größen ist der Anteil der Modelle, die diese Größen abbilden, unter den MEM im Vergleich zu den Anteilen der Modelle der anderen drei Modellklassen relativ groß. Unter den analysierten ABM ist hingegen kein Modell vertreten, das eine der beiden Größen ausweist. In der Literatur wird immer wieder darauf verwiesen, dass agentenbasierte Modelle in der Vergangenheit unter anderem für die Simulation von Landnutzungsänderungen eingesetzt wurden. Von den dafür verwendeten Modellen ist allerdings kein Modell unter den analysierten ABM vertreten, die vor allem mit Blick auf ihre bisherige Anwendung als makroökonomische Modelle ausgewählt wurden.

Die Ergebnisse zu den einzelnen Modellcharakteristika geben den aktuellen Stand ökonomischer Modelle hinsichtlich der in ihnen abgebildeten Mechanismen und Größen zu ausgewählten Teilaspekten von Umweltkosten und gesellschaftlicher Wohlfahrt wider. Werden die Ergebnisse zu den einzelnen Modellcharakteristika codiert, auf eine binäre Skala mit 0/1 überführt und die sich daraus ergebenden Zahlenwerte anschließend über alle zwölf Modellcharakteristika hinweg aufsummiert, ergibt sich für jedes analysierte Modell – basierend auf den ausgewählten Teilaspekten – ein Gesamteindruck. Weitere Detailanalysen zu den Modellen finden sich in den Ausführungen zum zweiten Arbeitspaket des Vorhabens.

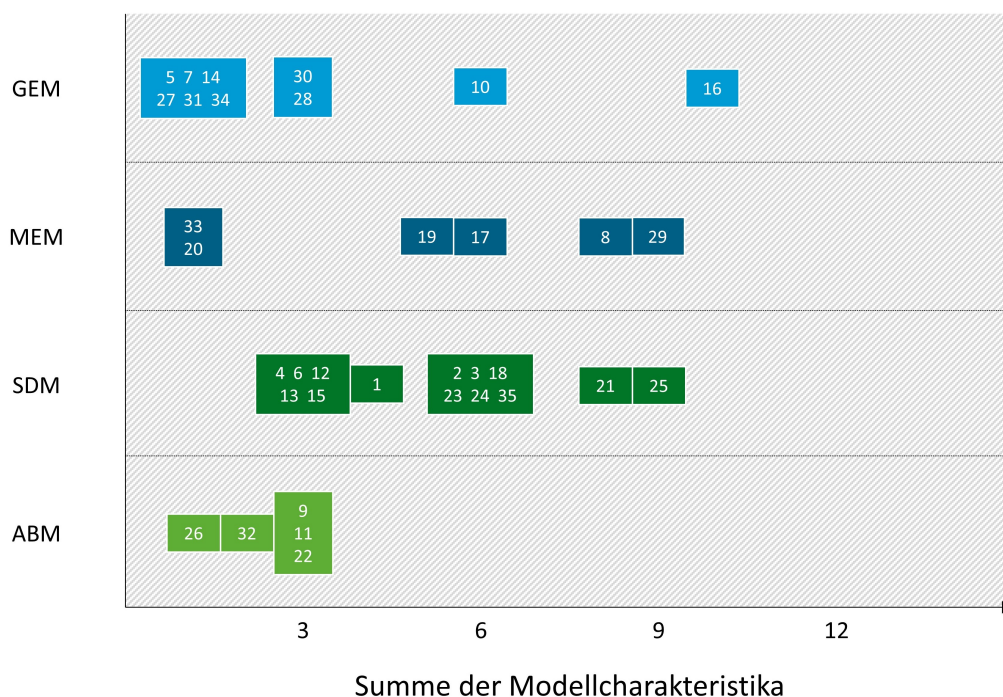
Eine solche Gesamteinstufung der analysierten Modelle wird Abbildung 2 gezeigt. Alle analysierten Modelle sind dort nach Modellklassen gruppiert, die wiederum auch farblich hervorgehoben sind. Die größte Bandbreite zeigt sich in dieser Darstellung bei den GEM. Sowohl das Modell mit der höchsten Punktzahl in der Gesamteinstufung als auch ein Modell mit der geringsten Punktzahl fallen in diese Modellklasse. Dabei zeigt sich allerdings auch eine relativ große Anzahl von Modellen (6 von 10), die auf nur insgesamt einen Punkt kommt. Die MEM decken eine ähnliche Bandbreite ab, sind über diese Bandbreite allerdings etwas gleichmäßiger verteilt. Bei den SDM zeigt sich eine Häufung der Modelle um die Mitte der Skala bei drei bis sechs Punkten. Im Gegensatz zu den anderen Modellklassen gibt es unter den SDM kein Modell, das weniger als drei

Punkte aufweist. Dies kann möglicherweise unter anderem mit dem vielen SDM zugrundeliegenden Gedanken erklärt werden, viele komplexe Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Größen in einem einzelnen Modell abzubilden. Bei den ABM zeigt sich insgesamt nur eine eher geringe Ausprägung der hier ausgewählten Modellcharakteristika. In starkem Kontrast zu den SDM weist keines der ABM in der Gesamteinstufung mehr als drei Punkte auf.

Die Postwachstumsmodelle zeigen ebenfalls eine große Bandbreite, eines mit einem Punkt, eines mit neun, die restlichen häufen sich zwischen drei und sechs Punkten.

Insgesamt zeigt sich bei keiner der vier Modellklassen eine klare Zweiteilung der untersuchten Modelle in eine Gruppe von Modellen, die mit Blick auf die Gesamteinstufung als relativ fortgeschritten und in eine andere Gruppe von Modellen, die in dieser Hinsicht als weniger fortgeschritten erachtet werden können. Dabei werden mögliche systematische Unterschiede zwischen den Modellen einer Modellklasse allerdings durch die Summation über alle Modellcharakteristika hinweg maskiert. Eine Einstufung der vier Themenfelder der Modellcharakteristika (Abschnitt 1.3.4) wird in Anhang C zu finden.

Abbildung 2: Summe der codierten Modellcharakteristika für einzelne Modelle, gruppiert nach Modellklassen



Quelle: adelphi und ZOE, eigene Erhebung und eigene Darstellung

1.3.6 Perspektiven und Hürden einer weiteren Integration aus Sicht der Modellentwickler

In den Experteninterviews zu den einzelnen Modellen wurde gezielt nach den Perspektiven und möglichen konkreten Anknüpfungspunkten einer weiteren Integration von Umweltkosten und

Wohlfahrtsmaßen in ökonomische Modelle gefragt. Auf einem Expertenworkshop wurden zudem Zwischenergebnisse gezeigt und diskutiert. Der Workshop wurde auch dafür genutzt, grundsätzliche Fragen der weiteren Integration von Indikatoren und Modellen diskutiert. Im Folgenden werden zunächst auf die Modellklassen übergreifenden Perspektiven einer weiteren Integration eingegangen, bevor anschließend für jede Modellklasse noch spezifische Perspektiven aufgezeigt werden.

Funktion von Indikatoren und allgemeine Unterschiede zwischen Indikatoren für Umweltkosten und Wohlfahrtsmaßen

Grundsätzlich bestand auf dem Expertenworkshop, der im Rahmen des Projekts durchgeführt wurde, Einigkeit, dass das **BIP nicht als Wohlfahrtsindex geeignet** sei und auch **nicht für diesen Zweck konzipiert** wurde. Uneinigkeit herrschte in der Diskussion jedoch darüber, ob es ausreiche, das BIP um zusätzliche Indikatoren zu ergänzen oder ob die gegenwärtige Verwendung des BIP noch grundsätzlicher hinterfragt werden sollte. Dabei wurde auch angemerkt, dass das BIP oft in der Praxis – und mit stillschweigender Billigung von vielen Fachstatistikern – als ein Indikator für gesellschaftlichen Fortschritt interpretiert würde. Ein Grund sei dabei auch die geringe Komplexität und damit einfache Kommunizierbarkeit des BIP, durch welches die facettenreiche Frage nach der gesellschaftlichen Entwicklung auf eine einzelne Zahl reduziert werde.

Hinsichtlich der Perspektiven von Umweltkosten und Wohlfahrtsmaßen ergaben die Experteninterviews ein uneinheitliches Bild. Während ein Experte eines stark auf wirtschaftliche Fragen ausgerichteten Modells erläuterte, dass zusätzliche soziale Indikatoren leichter in das Modell zu integrieren seien, gab ein anderer Experte dagegen zu Protokoll, dass eine Integration weiterer Umweltaspekte mit geringeren Hürden verbunden sei. Dabei bezogen sich die Experten allerdings auf unterschiedliche mögliche Hürden. Eine **Integration mit weiteren sozialen Indikatoren** sei mit Blick auf die **vorhandenen Modellgrößen und im Modell abgebildeten Mechanismen leichter**. Im Gegenzug wurde erläutert, dass die **Datenverfügbarkeit insbesondere mit Zeitreihen für umweltbezogene Indikatoren teilweise besser** sei als für soziale Indikatoren. Auf dem Workshop wurde in diesem Zusammenhang die zukünftig voraussichtlich stark zunehmende Verfügbarkeit von Daten – Stichwort: „Big Data“ – angesprochen, die aus Sicht der Experten eine Chance für die Messung und für die modellbasierte Projektion zusätzlicher Größen, die Facetten unserer Gesellschaft beschreiben, darstelle. Für diesen Zweck fehle es allerdings insbesondere noch an den Institutionen für eine systematische Zusammenstellung der verfügbaren Daten.

Generelle Hürden und Perspektiven für eine weitere Integration

Hinsichtlich der allgemeinen Anknüpfungspunkte in den Modellen unterschieden die Experten zwei Herangehensweisen. Zum einen könnten weitere Aussagen zu Umwelt und Wohlfahrt durch eine Disaggregation beziehungsweise Weiterverarbeitung von bisher im Modell bereits abgebildeten Größen erzielt werden. Zum Beispiel wurde von einem Experten erwähnt, dass im Modell **mit relativ geringem Aufwand die öffentlichen Ausgaben feiner ausdifferenziert werden könnten** oder nachträglich **auf Basis der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung noch aggregierte Umweltauswirkungen und Ressourcenbedarfe** berechnet werden könnten. Dem stellten die Experten einen eher bottom-up und sektoralen Ansatz gegenüber, bei dem die wirtschaftlichen Zusammenhänge für zusätzliche Sektoren und mit größeren Details in die Modelle integriert werden würden. Ein entscheidender Unterschied zwischen den beiden Ansätzen bestehe bei der **Berücksichtigung von Rückwirkungen auf die Volkswirtschaft**. Während beim ersten Ansatz diese Rückwirkungen zunächst vernachlässigt würden, würden diese im zweiten Ansatz eine zentrale Rolle spielen. Entsprechend beständen beim zweiten Ansatz

auch zusätzliche Möglichkeiten Modellgrößen, wie zum Beispiel sektorspezifische Treibhausgasintensitäten, der Produktion zu endogenisieren.

Als **allgemeine Hürde** insbesondere des zweiten Ansatzes sahen die Experten allerdings das **theoretische Verständnis der Rückwirkungen** von Umweltauswirkungen zum Beispiel des Klimawandels oder sozialer Entwicklungen zum Beispiel im Bereich Gesundheit auf die Gesamtwirtschaft. Dies wurde als eine mögliche Erklärung für den in vielen Modellen noch impliziten Verzicht auf eine Modellierung nicht-linearer Rückkopplungseffekte angesehen, der so auch in vorhergehenden einschlägigen Forschungsprojekten identifiziert wurde (Pollitt 2010). Hier wurde auf **Forschungsbedarf insbesondere auch mit empirischen Methoden** verwiesen sowie auf das Potenzial, Erkenntnisse aus der Mikroökonomik in der makroökonomischen Modellierung aufzugreifen. Auf dem Workshop wurde zudem als Hürde der Integration identifiziert, dass das Interesse der Modellnutzer an zusätzlichen Indikatoren zwar im Allgemeinen noch nicht stark ausgeprägt, darüber hinaus aber auch noch nicht ausreichend kommuniziert bzw. bei den Modellierern selbst angekommen sei.

Neben der Datenverfügbarkeit und einem für manche Fragen noch ungenügenden theoretischen Verständnis erwähnten die Experten auch weiche Faktoren, die eine zusätzliche Integration gegenwärtig behinderten. Dazu gehörten zum einen die **durch die ökonomische Theorie eingengten Blickwinkel** der Modellierer, die zum Beispiel Umweltauswirkungen grundsätzlich als Externalitäten betrachteten oder die Endlichkeit natürlicher Ressourcen nicht berücksichtigten (Pollitt 2010), zum anderen auch ein teils noch **zu gering ausgeprägtes Interesse an Umwelt- und Wohlfahrtsaspekten auf Seite der Nutzer** der Ergebnisse. Hier wurde auch auf die in manchen Fällen sehr technischen Namen der Indikatoren verwiesen, die eine entsprechende Vermarktung der Ergebnisse in der Politik und Öffentlichkeit erschwerten.

Als weitere grundsätzliche Hürde wurde angesprochen, dass für eine Integration insbesondere von Wohlfahrtsaspekten **normative Entscheidungen** über die zu berücksichtigenden Aspekte getroffen werden müssten. Diese Entscheidungen würden die Modellierer selbst allerdings ungern treffen. Für eine weitere Integration sei es daher gegebenenfalls hilfreich, wenn sich Vorgaben zu den Indikatoren aus der Nutzung der Modellergebnisse ergeben würden. Einer der Experten wies darauf hin, dass monetarisierte Umweltindikatoren schlechter kommunizierbar seien als physische Einheiten, da letztere besser vorstellbar seien als in Wert gesetzte Größen.

Grundsätzlich wurde von den Experten zudem die Frage aufgeworfen, inwiefern eine Integration von weiteren Aspekten in Modelle gewünscht sei und **inwiefern Modelle parallel genutzt und die Ergebnisse dann zusammengeführt werden sollten**. Hier wurde auf den recht hohen Aufwand verwiesen, komplexe Modelle zu entwickeln und zu betreiben. Das Thema wurde auch bei dem Expertenworkshop aufgegriffen. Dabei wurde auf die Existenz von bestimmten Grenzen der Integration hingewiesen, ab denen es sinnvoller sei, zwei Modelle parallel einzusetzen.

Hürden und Perspektiven für ausgewählte Modellklassen und Themengebiete

Bei der Frage nach der Integration einzelner Indikatoren und Modelle wurden von den Experten unter anderem technische Aspekte der Modelle hervorgehoben, die eine weitere Integration eines Modells mit verschiedenen Indikatoren leichter oder schwieriger gestalteten. In diesem Zusammenhang erläuterten die Experten, dass bei **Modellen, die bereits verschiedene Sektoren beziehungsweise Wirtschaftsbereiche** unterschieden, eine **weitere Integration leichter** falle. Für die Berechnung der Einkommensverteilung in Modellen, die aktuell noch nicht zwischen verschiedenen Einkommensgruppen unterscheiden würden, sei der Aufwand auch relativ hoch, diese Unterscheidung nachträglich noch zu integrieren.

Außerdem wurde von den Experten angesprochen, dass Modelle, die **bereits den Energieverbrauch** berechnen, mit **relativ geringem Aufwand** in ähnlicher Weise anderen **Ressourcenbedarf** ermitteln könnten, da es hierfür eine gute Datengrundlage gebe. Gegensätzlich verhalte es sich bei **Familienarbeit und Ehrenamt**, da diese Tätigkeiten **nicht in der wirtschaftlichen Sphäre erfasst** würden und bisher – wenn überhaupt – nur sehr grob als Gesamtzeit minus der getätigten Arbeitszeit berechnet würden. Dies deckt sich mit der wissenschaftlichen Literatur zum Thema Postwachstum und Arbeitszeit. Auch in diesem Kontext wurde ein blinder Fleck der makroökonomischen Modelle bei der Modellierung von Arbeitszeiten identifiziert (Hardt und O’Neill, 2017).

Außerdem wurde auf das Potenzial eines **Transfers von Wissen** zwischen den Entwicklern **verschiedener Modellklassen** verwiesen. Dabei wurden die **SDM als mögliche Beispiele** für eher auf wirtschaftliche Fragen ausgerichtete ökonomische Modelle hervorgehoben. Für GEM, die eine Nutzenfunktion beinhaltet, könne diese mit relativ geringem Aufwand zum Beispiel um eine Berücksichtigung von Gesundheit oder der Lebenserwartung ergänzt werden, was eine Integration von weiteren sozialen Aspekten und damit auch eine Ermittlung einer umfassender definierten gesellschaftlichen Wohlfahrt auf Basis der Nutzenfunktionen ermögliche. Für die Aggregation individueller Nutzenfunktionen sind allerdings entsprechende wohlfahrtsökonomische Annahmen notwendig (Arora 2013).

Als klarer **Nachteil der Gleichgewichtsmodelle** kann die Tatsache angesehen werden, dass bei Szenarienanalysen Abweichungen von einem Business-as-usual Szenario modellbedingt üblicherweise mit höheren wirtschaftlichen Kosten als wirtschaftlichem Nutzen verbunden sind, da in diesen Szenarien der optimale Gleichgewichtszustand nicht realisiert wird (Wolf et al. 2016). Bei einer weiteren Integration dieser Modelle mit Indikatoren für Umweltkosten und Wohlfahrt könnte so in vielen Fällen als Ergebnis eine Abwägung zwischen rein ökonomischen Kennzahlen und alternativen Indikatoren entstehen, der in den Analysen mit Modellen anderer Modellklassen nicht notwendigerweise zu finden ist.

2 Arbeitspaket II: Modellanalyse

2.1 Vorbemerkung

2.1.1 Kurze Einführung in die Arbeitsschritte von AP II

Die vorliegende Studie versteht sich als eine Machbarkeitsanalyse, um die Frage zu beantworten, inwieweit eine "Ökologische Modernisierung" von gebräuchlichen ökonomischen Modellen so aussichtsreich erscheint, respektive Anknüpfungspunkte für die Einbeziehung von Wohlfahrtsaspekten gegeben sind, dass weitere Integrationschritte sinnvoll erscheinen.

Die erste "Screening-Phase" aus Arbeitspaket I erbrachte – wie dargelegt – eine Übersicht von insgesamt 32 vorliegenden Modellen. Diese wurden vier generellen Modellklassen zugeordnet und in einer Interviewphase auf ihre Eignung näher untersucht, welche Aspekte zu Umwelt- und Wohlfahrt bereits angesprochen wurden. Auch wurden dabei Einschätzungen der Modellkonstrukteurinnen und Modellkonstrukteure hinsichtlich der Hindernisse und Potenziale einer weiter intendierten Integration von Umwelt- und Wohlfahrtsaspekten dokumentiert.

Die Einbeziehung von Modellkonstrukteuren ist insofern auch ein innovativer Schritt im Rahmen eines solchen Forschungsvorhabens, da hier nicht allein eine klassische Literaturstudie oder Themenrecherche erfolgte, sondern eine interaktive Phase integriert wurde. Auf dieser Grundlage erfolgte innerhalb des Projekts in mehreren Diskussions- und Abstimmungsrunden eine weitere Verdichtung relevanter Modellvarianten, die dann in einer zweiten Phase einer vertieften Analyse unterzogen worden sind. Bei dieser zweiten, sehr viel detaillierteren Untersuchung wurde systematisch eruiert, wo Anknüpfungspunkte zu ausgewählten Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren bestehen, und wo nicht. Zuvor wird in den beiden nachfolgenden Abschnitten kurz auf die Auswahl einerseits der nun einbezogenen Modelle und andererseits der konkreten Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren beziehungsweise -indices eingegangen.

2.1.2 Auswahl von Modellen für eine detailliertere Machbarkeitsanalyse

Die Verdichtung der 32 Modellvarianten zu einem überschaubaren und machbaren Modellset stellte einen eigenen, durchaus arbeitsreichen Schritt dar, der sich im Einzelnen nicht wiedergeben lässt, wenn man nicht den gesamten Diskussions- und Entscheidungsverlauf dokumentieren will.

Zentrale Kriterien, die für die Auswahl auf jede Modellvariante angewendet worden sind, waren

- ▶ Relevanz der ökonomischen Modellierung, im Sinne einer erkennbaren Nutzung des Modells für Informations- und Entscheidungszwecke, durchaus auch im Sinne der Politikberatung. Es sollten im Bereich der "klassischen" Modelle keine Versionen einbezogen werden, die nicht eine gewisse Öffentlichkeitswirksamkeit aufweisen.
- ▶ Zugänglichkeit von Informationen über das betreffende Modell, was keine Selbstverständlichkeit darstellt, da es sich hier auch um Expertenwissen, Geschäftsmodelle oder im klassischen Sinne um „Arkanwissen“ handelt. Zudem hätte es keinen Sinn gemacht, Modelle einzubeziehen, bei denen die Grundlage für eine Umweltintegration oder für weitere Wohlfahrtsaspekte nicht identifiziert werden kann, zumindest in dem hier gewünschten Detaillierungsgrad.

- ▶ Ein wichtiger Aspekt hängt mit der Besonderheit des Forschungsdesigns in diesem Projekt zusammen, nämlich die „Stakeholder“ über einen Workshop einzubeziehen und insofern auch kennenzulernen. Aus Sicht des Projekts wäre es nicht sehr aussichtsreich gewesen, im Anschluss an diese Machbarkeitsstudie in einer möglichen Integrationsstudie sich auf Modellierungen zu konzentrieren, bei denen keine Kontakte aufgebaut werden konnten, respektive kein Interesse seitens der Modellbauer bestanden hätte. Die Bereitschaft zur Zusammenarbeit war hier daher ein genauso wichtiges, allerdings pragmatisches Kriterium wie die wissenschaftliche Analysefähigkeit.
- ▶ Einen weiteren Aspekt stellen innovative Modellvarianten dar, die im Prinzip gute Anschlusskriterien für eine erfolgreiche Integration zusätzlicher Umwelt- beziehungsweise Wohlfahrtsindikatoren aufweisen, aber vielleicht noch nicht auf dem Bekanntheitsniveau der etablierten ökonomischen Modelle angekommen sind.
- ▶ Wie eingangs zu dieser Studie dargelegt, sollte zudem die Perspektive der Postwachstumsmodelle eine Rolle spielen. Hiervon waren zukünftig ergänzende Aussagen beispielsweise hinsichtlich der Rohstoffnutzung und Umweltbelastung eines Landes zu erhoffen, nicht zuletzt im Hinblick auf die „planetary boundaries“. Insofern ist auch durchgängig gekennzeichnet, ob es sich im jeweils behandelten Modell um ein Postwachstumsmodell handelt.

2.1.3 Auswahl von Indikatorensets für eine detaillierte Machbarkeitsanalyse

Aus dem ursprünglich breiten Spektrum an möglichen Umweltindikatoren hat sich bereits im Zuge der Bestandsaufnahme prinzipiell relevanter Modelle sowie in der Interviewphase gezeigt, dass mit einem gewissen Minimumstandard gearbeitet werden muss: Komplexere Umweltindikatoren wie etwa Critical Levels sind sowohl schwer vermittelbar als auch schwer aus dem Stand zu beurteilen. Dagegen waren Indikatoren wie Treibhausgasemissionen, Energieproduktivität, Rohstoffverbrauch und ähnliches zumindest für die Gesprächspartner im Workshop und bei der ersten Phase zur Übersicht potenziell interessanter Modelle nutzbar. Die einzelnen Umweltindikatoren, welche dann auf einem Workshop im Projekt erörtert und ausgewählt worden sind, bilden nachfolgend eine gewisse, wenn auch nicht die ausschließliche, Grundstruktur der Modellanalyse in Kapitel 2. Bei den Wohlfahrtsindikatoren sind in teils gesonderten Untersuchungen – etwa zum Canadian Index of Well-being – unter anderem die Datengrundlagen, die prinzipielle Aussagefähigkeit und Eignung für die Modellintegration näher betrachtet worden.

Aus pragmatischen Gründen ist – und zugleich exemplarisch für eine Modellanalyse – in dem Projekt genauer untersucht worden, wo es Anknüpfungspunkte zu den Teilkomponenten des Nationalen Wohlfahrtsindex in den ausgewählten acht Modellen gibt und wo nicht.

Auch hier ist zu beachten, dass es bei der vorliegenden Studie darum geht zu analysieren, ob eine *spätere* Integration sowohl sinnvoll als auch machbar wäre. Eine konkrete Integration und deren Beschreibung war nicht das Ziel. Die Arbeiten im Projekt sind für eine Machbarkeitsstudie aber durchaus aufwändig erfolgt und bieten eine Entscheidungsgrundlage für die Frage, ob eine weitere „Integrationsstrategie“ aussichtsreich erscheint oder besser eine Neukonstruktion eines integrativeren Modelltyps den einzig verbleibenden Weg darstellt.

Ein wichtiger Hinweis ist an dieser Stelle, dass die Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren beziehungsweise -indices, die im Modell gewissermaßen die inhaltliche Grundlage für das Raster der Untersuchung darstellen, nicht als ausschließlich anzusehen sind. Vielmehr hat sich im Laufe der vertieften Untersuchungen einiger Modelle gezeigt, dass dort ebenfalls an einer Erweiterung der

bestehenden Variablen oder Indikatoren gearbeitet wird. Demzufolge bestehen *zusätzliche* Integrationspotenziale in der Zukunft, die über das anfangs für relevant gehaltene Set an Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren hinausreichen könnten.

2.2 Modellanalyse

Im Folgenden werden acht nach den vorgenannten (Kapitel 2.1.2) Kriterien ausgewählte Modelle hinsichtlich der Erweiterung um Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren und -indices eingehender untersucht. Die Analyse folgt weitgehend einer einheitlichen Gliederung, wobei zunächst die einzelnen Modelle kurz vorgestellt werden. Relevante Informationen sind dabei der Zweck des untersuchten Modells, die Modellklasse, theoretische Grundlagen, die Modellstruktur sowie die Datenfrequenz und der Zeithorizont. Diese Charakteristika haben auch einen Einfluss auf die Möglichkeiten der Weiterentwicklung. Insbesondere der Modellzweck, die Modellstruktur und die Datenebene spielen hier eine Rolle.

In einem anschließenden Schritt werden dann die konkreten Möglichkeiten ausgelotet, Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren und -indices in den Modellen besser zu verankern. Hier werden die Indikatoren einzeln betrachtet und es wird geprüft, ob und in welchem Umfang der jeweilige Indikator in das betreffende Modell integriert werden könnte.

Optimal wäre eine vollständige Endogenisierung der ausgewählten Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren in jedem Modell, so dass der Indikator die Modellvariablen beeinflusst und gleichzeitig Rückwirkungen der Modellvariablen auf die jeweilige Umwelt- oder Wohlfahrtsvariable realistisch abgebildet werden können. Dies ist aber bislang nicht der Fall, sonst wäre eine Machbarkeitsstudie zur Integration von Umwelt und Wohlfahrtsindikatoren nicht mehr nötig. Ein Minimalziel und ein erster Schritt bei der Weiterentwicklung von ökonomischen Modellen wäre daher, zumindest die Wirkung der Modellvariablen auf Umwelt und Wohlfahrt zu erfassen.

Die Auswirkungen wirtschaftlicher Aktivität auf die Umwelt können mit ökonomischen Modellen und Umweltindikatoren grundsätzlich auf zwei unterschiedliche Weisen modelliert werden. Bei einer exogenen Modellierung werden empirische Zusammenhänge zwischen einer mit dem ökonomischen Modell ermittelten Größe, zum Beispiel dem BIP, und einem relevanten Indikator für eine Umweltauswirkung, zum Beispiel Rohstoffäquivalente als Indikator für Ressourcenbedarf, in die Zukunft projiziert. Dafür sind die entsprechenden Informationen über die zeitliche Entwicklung der Modellgröße und die zeitliche Entwicklung des Indikators in der Vergangenheit erforderlich, um den Zusammenhang empirisch analysieren zu können. Gegebenenfalls können auch mehrere Modellgrößen mit einem Umweltindikator in Bezug gesetzt werden. Alternativ zur Analyse von Zeitreihen können für die exogene Modellierung Elastizitäten, die für den Zusammenhang zwischen der Modellgröße und dem Umweltindikator in der Literatur ermittelt wurden, verwendet werden. Die exogene Modellierung erlaubt letztlich eine Erweiterung des Modells und eine Berechnung von Indikatoren für Umweltauswirkungen, ohne das ökonomische Modell selbst zu verändern. Bei diesem Vorgehen werden Rückkopplungen, d.h. der Einfluss von Änderungen eines Indikators auf andere Größen des Modells, allerdings nicht modelliert. Außerdem wird angenommen, dass sich der empirisch ermittelte Zusammenhang über den modellierten Zeitraum hinweg nicht ändert. Bei einer endogenen Modellierung werden mögliche Rückkopplungen im Modell hingegen berücksichtigt und es kann auch dynamisch modelliert werden, wie sich der Zusammenhang zwischen einer Modellgröße (zum Beispiel BIP) und einem Indikator (zum Beispiel Rohstoffäquivalente) auf Grund weiterer Modellgrößen (zum Beispiel Investitionen) ändert. Für eine endogene Modellierung ist eine entsprechende Anpassung bzw. Erweiterung des ökonomischen Modells erforderlich.

Soweit die Integration der ausgewählten Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren nicht möglich erscheint, werden Hindernisse für die Modellintegration ermittelt und Wege für deren Überwindung gesucht.

Obwohl sich die ausgewählten Modelle hinsichtlich der Modelleigenschaften und Anwendungsbereiche teilweise sehr stark unterscheiden – was beabsichtigt war –, wird, wie schon gesagt, eine weitestgehend einheitliche Gliederung der Analyse gewählt, um die Ergebnisse vergleichbar zu machen und Unterschiede deutlich herausarbeiten zu können. Da die Modelle allerdings in sehr unterschiedlichem Umfang bereits Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren berücksichtigen, wird bei der Analyse dennoch nicht völlig einheitlich vorgegangen. So werden in Abhängigkeit von den Modelleigenschaften und den Modellvariablen sowie den Zielsetzungen der Modellanwender teilweise unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt und der Detailgrad der nachfolgenden vertieften Analyse fällt entsprechend unterschiedlich aus. Die Modelle

- ▶ E3ME
- ▶ NAWM
- ▶ PANTA RHEI
- ▶ WoW

sind als fortschrittlichere Modelle aus Sicht des Projekts zuerst aufgeführt, und die Modelle

- ▶ IMK
- ▶ MEDEAS
- ▶ NiGEM
- ▶ Quest

hernach. Innerhalb der beiden Gruppen werden die Modelle in alphabetischer Reihenfolge abgehandelt.

Die Analyse nimmt neben der reinen Modellebene auch die Perspektive der Modellentwicklerinnen und -entwickler in den Blick. Für die Frage nach der Wahrscheinlichkeit einer Weiterentwicklung des Modells im Hinblick auf Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren ist nicht nur die reine Machbarkeit maßgeblich, sondern es kommt entscheidend auf die Motivation dieser Personen und gegebenenfalls eine Ausweitung des Modellzwecks an. Um hier zu einer Einschätzung zu kommen wurden, vorab Interviews mit den Modellentwicklerinnen und -entwicklern durchgeführt, die in die Analyse eingeflossen sind.

2.2.1 Das Modell E3ME

2.2.1.1 Allgemeines zu E3ME

Das Modell E3ME ist ein computerbasiertes globales Modell, mit dem Wirtschafts- und Energiesysteme sowie die Auswirkungen wirtschaftlicher Aktivität auf die Umwelt simuliert werden können. Der Kern von E3ME ist ein makro-ökonomisches Modell. Der Umfang des Modells versteckt sich bereits im Namen des Modells: E3 steht für die englischen Begriffe „Economy“, „Energy“ und „Environment“ bzw. „Emissions“, ME steht für „macro-economic“ (Pollitt 2014: 7). Der Ursprung des Modells war das makroökonomische Modell MDM/E3 für das Vereinigte Königreich, das in den 1970er Jahren entwickelt wurde. Dieses Modell wurde in den 1990er Jahren

substanziell weiterentwickelt und seitdem schrittweise um weitere Länder und Regionen erweitert. Das globale Modell mit dem Namen E3ME geht auf ein Projekt des Forschungsrahmenprogramms der Europäischen Kommission zurück. Die aktuelle Version des Modells ist Version 6.0 (Pollitt 2018).

Das Modell E3ME kann als bottom-up Modell bezeichnet werden, da es aus sektoralen Teilmodellen besteht, die dann auf der Ebene einer Volkswirtschaft zusammengeführt werden (Pollitt 2014: 120). Die Anzahl der Sektoren unterscheidet sich zwischen den simulierten Ländern beziehungsweise Weltregionen. Für Länder der EU unterscheidet das Modell 69 ökonomische Sektoren auf Grundlage der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung von Eurostat. Außerhalb der EU werden 43 Wirtschaftssektoren unterschieden und Daten der STructural ANalysis Datenbank (STAN) der OECD verwendet (ebd.: S. 8). Das Modell E3ME kann flexibel mit Satellitenmodellen kombiniert werden, unter anderem für den Straßentransport, die Haushaltswärmenutzung, den Stahlsektor und die Landnutzung (Pollitt 2018).

2.2.1.1.1 Zweck des Modells E3ME

E3ME wurde ursprünglich als makroökonomisches Modell zur Analyse der Wirkungen von Politikinstrumenten im Themenkomplex Wirtschaft-Energie-Umwelt für die Wissenschaft und für die Politikberatung entwickelt (vgl. Pollitt 2014: 7). Das Modell wird mittlerweile weltweit für die Bewertung von Politikinstrumenten, für Szenarioanalysen und für Forschungszwecke eingesetzt (vgl. ebd.). Unter anderem wurden mit dem Modell E3ME bereits die Auswirkungen zukünftiger Klimapolitik der EU auf den Arbeitsmarkt (Barker et al. 2015; Pollitt et al. 2014), die Auswirkungen von Politikinstrumenten für die Dekarbonisierung des Energiesektors (Mercure et al. 2014) oder die Folgen der japanischen Umweltsteuerreform untersucht (Lee et al. 2012). Das Modell bezieht eine Vielzahl verschiedener Datenquellen ein und ist von Modellen zu unterscheiden, die primär theoretischen akademischen Zwecken dienen (Pollitt 2018).

2.2.1.1.2 Modellklasse von E3ME

E3ME kann als makroökonomisches Modell (MEM) klassifiziert werden (Pollitt 2018). Das wirtschaftliche Verhalten einzelner Akteure wird aggregiert dargestellt. Die entsprechenden mathematischen Beziehungen werden mit ökonomischen Schätzungsverfahren bestimmt. Durch Regressionen werden vergangene Entwicklungen bis 1970 reproduziert (Mercure et al. 2018a: S. 197). Als Datengrundlage werden hierfür wirtschaftliche Input-Output Tabellen mit dem Basisjahr 2005 verwendet (Pollitt 2014: 9). Das Modell ermöglicht es zudem, durch eine integrierte Betrachtung von Volkswirtschaften, Energiesystemen, Emissionen und Materialanforderungen Rückkopplungen zwischen einzelnen Modellkomponenten zu simulieren (vgl. Cambridge Econometrics 2018). Um Langzeitanalysen zu ermöglichen, wird das Modell durch einige Methoden allgemeiner Gleichgewichtsmodelle ergänzt, ohne jedoch die oftmals restriktiven Grundannahmen dieser Modellklasse zu übernehmen (vgl. ebd.).

2.2.1.1.3 Theoretische Verortung von E3ME

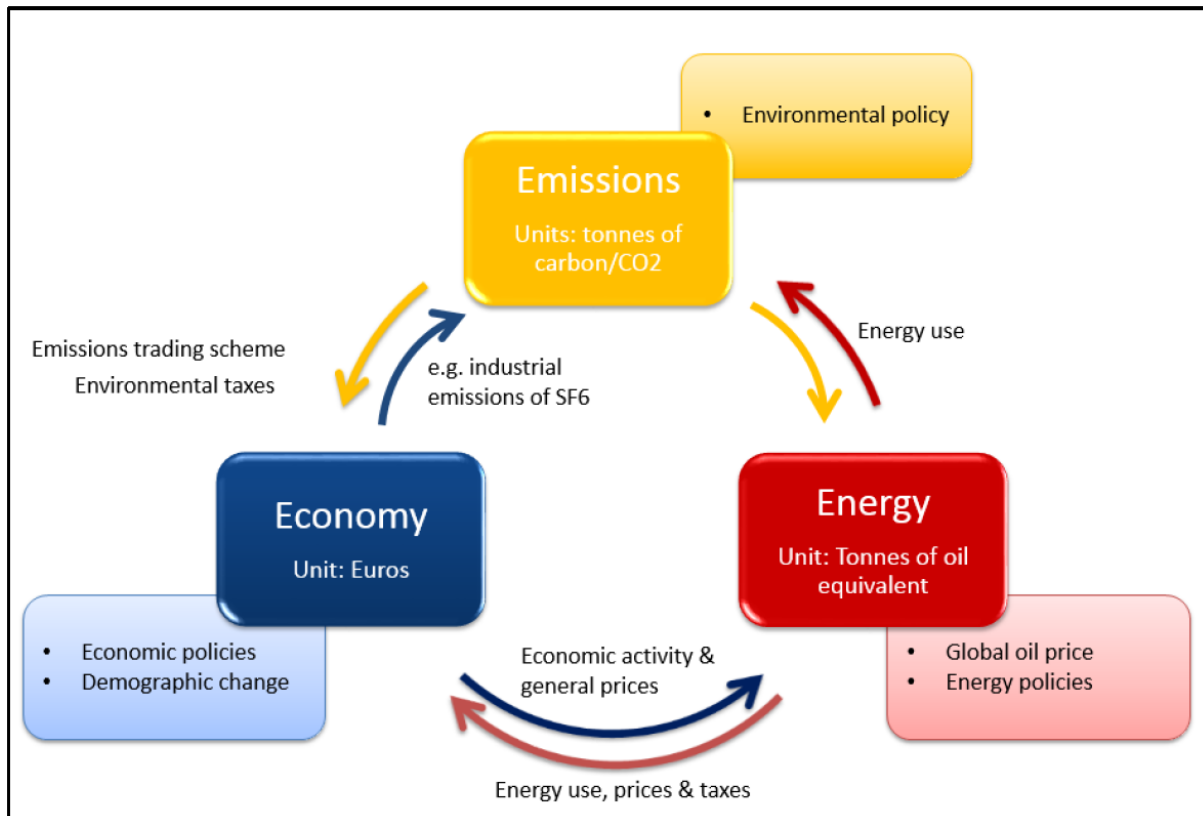
E3ME ist ein post-keynesianisches Modell (Pollitt 2018). Entsprechend handelt es sich bei E3ME um ein nachfrageorientiertes Modell. Da keine langfristige Marktträumung unterstellt wird, kann es zu einer dauerhaften Unterauslastung der Produktionsfaktoren kommen (vgl. Brouwer et al. 2018: 3). Neoklassische Grundannahmen, die vielen Gleichgewichtsmodellen zu Grunde liegen, werden im Modell E3ME nicht getroffen. Dies betrifft unter anderem Annahmen über das Optimierungsverhalten wirtschaftlicher Akteure. Anstatt das Verhalten der Akteure im Einklang mit Wirtschaftstheorien über Optimierungskalküle mikrofundiert zu fixieren und von perfektem Wettbewerb, perfektem Wissen und Voraussicht sowie rationalem Verhalten aus Eigeninteresse auszugehen, werden in E3ME Verhaltensparameter der Akteure über makroökonomische Schätzgleichungen anhand historischer Datensätze ermittelt. E3ME stimmt weitgehend mit der

Struktur von postkeynesianischen und post-schumpeterianischen Theorien überein, es gibt jedoch keine explizite Modellierung des Finanzsektors und der Geldschöpfung (vgl. Mercure and Knobloch 2016: 48).

2.2.1.1.4 Struktur des Modells E3ME

Das Modell E3ME besteht aus den drei Modulen Wirtschaft, Energie und Emissionen (siehe Abbildung 3). Für EU-Länder besteht ein zusätzliches Modul zu Materialverbrauch, welches derzeit auf andere Länder ausgeweitet wird (Pollitt 2014: 11).

Abbildung 3: Die drei Komponenten des Modells E3ME



Quelle: Pollitt (2014: 11)

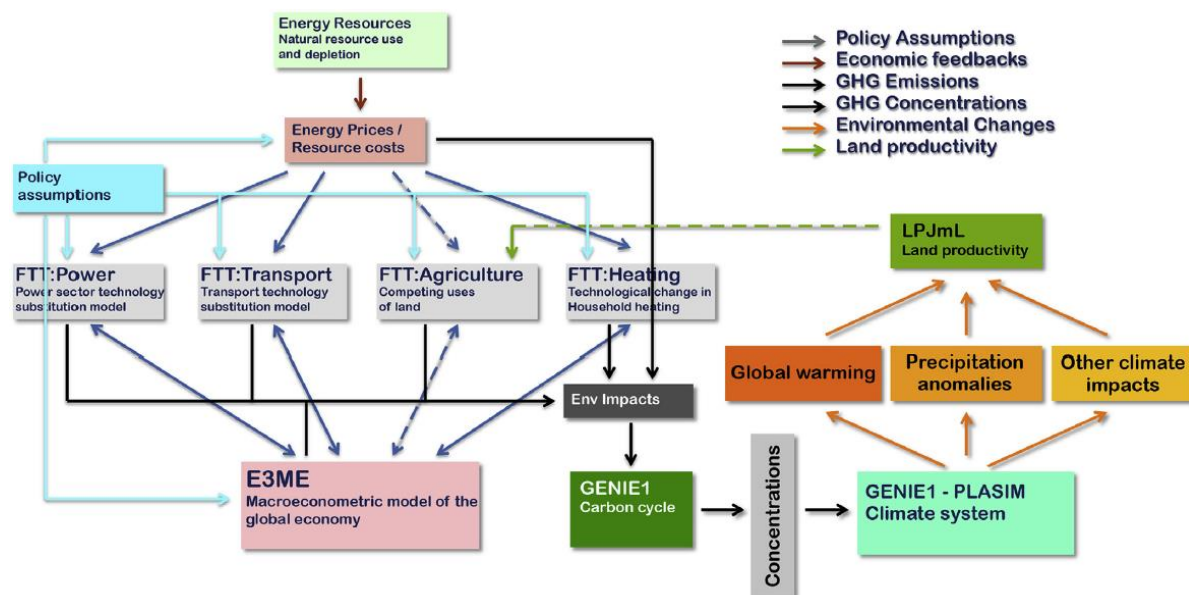
Abbildung 3 zeigt die verschiedenen Komponenten des Modells, welche jeweils in einer Box mit Kontoeinheiten und Datenquellen angezeigt werden. Exogene Faktoren, die von außerhalb des Modellierungsrahmens kommen, werden am äußeren Rand des Diagramms als Eingaben in jede Komponente angezeigt. Für das Wirtschaftsmodul sind dies demografische Faktoren und die Wirtschaftspolitik einschließlich Steuersätze, Staatsausgaben, Zinssätze und Wechselkurse. Die exogenen Faktoren für das Energiesystem sind die Weltölpreise und die Energiepolitik einschließlich Regulierung. Die exogenen Faktoren der Umweltkomponente umfassen beispielsweise Technologien und die Wirkung von Maßnahmen wie zum Beispiel die Verringerung der SO₂-Emissionen durch End-of-Pipe-Filter von Großfeuerungsanlagen. Die Verknüpfungen zwischen den Komponenten des Modells werden explizit durch die Pfeile angezeigt, die angeben, welche Größen zwischen den Komponenten ausgetauscht werden (vgl. Pollitt 2014: 11). Eine umfassende Beschreibung der drei Komponenten des Modells und deren Wechselbeziehungen befinden sich in Pollitt (2014).

Auf Grund seiner bottom-up Struktur und der Zusammenführung von Sektormodellen auf Ebene der Volkswirtschaft kann E3ME mit Satellitenmodellen gekoppelt werden. Insbesondere wurde

E3ME bereits in der Vergangenheit mit verschiedenen Technologiediffusionsmodelle FTT (Future Technology Transformations Models) kombiniert, die eigens für die Integration in das E3ME-Modell entwickelt wurden (Mercure 2012). Für den Strom- und den Transportsektor werden die bestehenden FTT Modelle ausführlich in der Literatur beschrieben (Brouwer et al. 2018; Mercure 2012; Knobloch 2017). Weitere FTT-Modelle für Landnutzung, Stahlproduktion und Haushaltswärmenutzung befinden sich noch in der Entwicklung (Brouwer et. al. 2018).

Außerdem wurde E3ME in der Vergangenheit bereits mit dem Modell GENIE, einem Kohlenstoffkreislauf- und Atmosphärenzirkulationsmodell mittlerer Komplexität, kombiniert (Mercure et al. 2018a). Eine Übersicht über die bestehenden und zukünftigen Möglichkeiten, E3ME mit Satellitenmodellen zu koppeln, ist in Abbildung 4 dargestellt.

Abbildung 4: Möglichkeiten der Kopplung von E3ME mit Satellitenmodellen



Quelle: Mercure et al. (2018a: 199)

2.2.1.1.5 Datenfrequenz, Datengrundlage und Zeithorizont in E3ME

Das Modell E3ME benötigt länderübergreifend vergleichbare grundlegende Wirtschaftsdaten. Da diese in keiner GTAP-Datenbank verfügbar sind, werden die Daten aus mehreren Datensätzen zusammengesetzt. Die Daten werden in jährlicher Frequenz aktualisiert. Die für das Modell verwendeten Datensätze reichen bis zum Jahr 1970 zurück (vgl. Pollitt 2014: 31).

Für Länder innerhalb der EU werden Datenquellen gemäß der folgenden Rangfolge verwendet. Hauptdatenquelle ist jeweils die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (VGR) von Eurostat. Für die sektorale Aufschlüsselung wird der STAN-Datensatz der OECD genutzt. Die AMECO-Datenbank wird für makroökonomische Kennwerte und zur Überprüfung der Gesamtstatistiken der Eurostat-Daten verwendet. Wenn Daten von EUROSTAT nicht verfügbar sind oder diese verbessert werden müssen, werden andere international verfügbare Datenquellen wie zum Beispiel die Datensätze des IWF hinzugezogen. Für außereuropäische Länder wird im Allgemeinen die STAN-Datenbank der OECD als primäre Datenquelle verwendet. Die Asiatische Entwicklungsbank stellt zudem Informationen für asiatische Länder zur Verfügung. Sobald alle internationalen Datenquellen ausgeschöpft sind werden national bereitgestellte Datensätze, beispielsweise der amtlichen Statistiken, verwendet, um verbleibende Lücken zu schließen (vgl. ebd.).

Die Sektormodelle bedürfen weiterer Daten. Die jeweils erforderlichen Daten und die üblicherweise verwendeten Datenquellen können den entsprechenden Modellbeschreibungen und akademischen Publikationen entnommen werden (Kapitel 2.2.1.4).

Mit E3ME kann vom Basisjahr 2005 aus 35 Jahre in die Zukunft projiziert werden (Mercure et al. 2018a: 197). Durch die Kombination eines ökonometrischen, sektoralen Modells mit geschätzten Langzeitgleichungen sind nicht nur kurz- und mittelfristige, sondern auch langfristige Analysen möglich (Pollitt 2014: 26). Dafür werden aus der Theorie abgeleitete Langzeitgleichungen verwendet, die mit ökonometrischen Methoden geschätzt (ebd.).

2.2.1.2 Möglichkeiten und Hindernisse einer Integration einzelner Umweltindikatoren in E3ME

2.2.1.2.1 Rohstoffäquivalente in E3ME

Für einzelne Rohstoffe, die energierelevant sind, wird die Nachfrage in E3ME endogen im Energiemodul des Modells modelliert. Durch die Kopplung mit Sektormodellen ist eine Ausweitung der endogenen Modellierung der Nachfrage nach den jeweils benötigten Rohstoffen auf weitere Sektoren bzw. Wirtschaftszweige wie zum Beispiel die Stahlproduktion.

2.2.1.2.2 Treibhausgasemissionen in E3ME

Die Emission von Treibhausgasemissionen wird in E3ME bereits endogen im Emissionsmodul modelliert. Die endogene Modellierung ist allerdings noch auf CO₂ beschränkt. Durch Kopplung mit Sektormodellen zum Beispiel für Landwirtschaft wäre die endogene Modellierung der Emissionen zum Beispiel von Methan möglich.

2.2.1.2.3 Endenergieproduktivität in E3ME

Die Endenergieproduktivität kann mit dem Modell E3ME endogen für einzelne Sektoren berechnet werden. Die Wertschöpfung wird mit dem ökonomischen Modul, der Energieeinsatz mit dem Energiemodul ermittelt.

2.2.1.2.4 Ökologischer Fußabdruck versus Biokapazität in E3ME

Der ökologische Fußabdruck kann nicht gänzlich modellendogen ermittelt werden. Für einzelne Bestandteile des Fußabdrucks, zum Beispiel für die Treibhausgasemissionen, ist eine endogene Modellierung bereits implementiert.

Der ökologische Fußabdruck kann generell modellexogen modelliert werden, sofern die entsprechenden Daten bzw. Informationen vorliegen.

Die Biokapazität kann noch nicht endogen modelliert werden. Dies wäre durch die Kopplung von E3ME mit einem Modell für Landnutzung, wie es derzeit geplant ist, prinzipiell allerdings möglich.

2.2.1.3 Möglichkeiten und Hindernisse einer Integration von Wohlfahrtsindikatoren in E3ME

2.2.1.3.1 Nationaler Wohlfahrtsindex (NWI) in E3ME

Prinzipiell werden im Modell nur für diejenigen Güter Preise ermittelt, die gehandelt werden. Daher liegen für einige der Dimensionen des NWI entsprechende Größen in physikalischen Einheiten, nicht jedoch in monetären Einheiten vor.

2.2.1.3.1.1 Index der Einkommensverteilung in E3ME

Die Einkommensverteilung wird in E3ME endogen im ökonomischen Modul berechnet. Auf Grund einer eingeschränkten Datenverfügbarkeit wird die Einkommensverteilung allerdings nicht für jedes Land beziehungsweise für jede Region ermittelt. Wenn die Datenverfügbarkeit in

Zukunft weiter zunimmt, kann davon ausgegangen werden, dass die Einkommensverteilung mit dem Modell schrittweise auch für weitere Länder und Regionen ermittelt werden kann.

2.2.1.3.1.2 *Gewichteter privater Konsum in E3ME*

Der private Konsum wird in E3ME endogen berechnet.

2.2.1.3.1.3 *Wert der Hausarbeit in E3ME*

Weder der Umfang noch der Wert der Hausarbeit werden in E3ME quantifiziert. Es wird allerdings (im Gegensatz zu neoklassischen Modellen) eine freiwillige Arbeitslosigkeit angenommen und ausgegeben, deren Umfang gegebenenfalls Hinweise auf den Umfang von Hausarbeit geben könnten.

2.2.1.3.1.4 *Wert der ehrenamtlichen Arbeit in E3ME*

Weder der Umfang noch der Wert der ehrenamtlichen Arbeit werden in E3ME quantifiziert. Mit dem Modell wird eine freiwillige Arbeitslosigkeit berechnet, deren Umfang gegebenenfalls Rückschlüsse auf den Umfang ehrenamtlicher Arbeit herangezogen zulassen könnte.

2.2.1.3.1.5 *Öffentliche Ausgaben für Gesundheits- und Bildungswesen in E3ME*

Ausgaben des Staates werden in E3ME exogen angenommen. Die Ausgaben für das Gesundheits- und Bildungswesen insgesamt (einschließlich Ausgaben der privaten Haushalte) sind im Modell enthalten.

2.2.1.3.1.6 *Kosten und Nutzen dauerhafter Konsumgüter in E3ME*

Weder die Kosten noch der Nutzen dauerhafter Konsumgüter werden im Modell E3ME endogen berechnet. Gegebenenfalls könnten diese Größen exogen modelliert werden.

2.2.1.3.1.7 *Kosten für Fahrten zwischen Wohnung und Arbeitsstätte in E3ME*

Eine Berechnung von Fahrtkosten ist mit E3ME gegenwärtig nicht möglich. Da Fahrtkosten zwischen Wohnung und Arbeitsstätte von vielen Faktoren beeinflusst werden (Wohnorte, Arbeitssorte, Verkehrsmittel, deren Technologien und die damit verbundenen Kosten der Fortbewegung) erscheint eine exogene Modellierung realistischer als eine vollständige Berechnung mit dem Modell. Gegebenenfalls könnten einzelne der Faktoren mit dem Modell berechnet werden.

2.2.1.3.1.8 *Kosten durch Verkehrsunfälle in E3ME*

Eine endogene Berechnung von Kosten durch Verkehrsunfälle ist mit E3ME gegenwärtig nicht möglich. Wie auch die Fahrtkosten werden das Vorkommen und die Kosten von Verkehrsunfällen von vielen Faktoren beeinflusst, von denen eventuell einzelne (z.B. die Verwendung bestimmter Technologien) endogen mit dem Modell berechnet werden könnten.

2.2.1.3.1.9 *Kosten durch Kriminalität in E3ME*

Das Modell modelliert keine Änderungen der Kriminalität. Gegebenenfalls könnten die Kosten durch Kriminalität exogen modelliert werden.

2.2.1.3.1.10 *Kosten durch Alkohol-, Tabak- und Drogenkonsum in E3ME*

Das Modell modelliert keine Änderungen des Alkohol-, Tabak- und Drogenkonsums. Gegebenenfalls könnte diese Größe exogen modelliert werden.

2.2.1.3.1.11 *Gesellschaftliche Ausgaben zur Kompensation von Umweltbelastungen in E3ME*

Das Modell modelliert keine Ausgaben zur Kompensation von Umweltbelastungen. Öffentliche Ausgaben werden generell exogen vorgegeben. Gegebenenfalls könnte auch diese Größe exogen modelliert werden.

2.2.1.3.1.12 *Kosten durch Wasserbelastungen in E3ME*

Das Modell modelliert keine Wasserbelastungen und auch nicht die damit verbundenen Kosten. Durch die Erweiterung um bzw. Kopplung mit einem Modell für Landnutzung könnten lokale Umweltauswirkungen modelliert werden. Gegebenenfalls könnte diese Größe auch exogen modelliert werden.

2.2.1.3.1.13 *Kosten durch Bodenbelastungen in E3ME*

Das Modell modelliert keine Bodenbelastungen und auch nicht die damit verbundenen Kosten. Durch die Erweiterung um bzw. Kopplung mit einem Modell für Landnutzung könnten lokale Umweltauswirkungen modelliert werden. Gegebenenfalls könnte diese Größe auch exogen modelliert werden.

2.2.1.3.1.14 *Schäden durch Luftverschmutzung in E3ME*

Das Modell modelliert keine lokale Luftverschmutzung und auch nicht die damit verbundenen Schäden. Durch die Erweiterung um bzw. Kopplung mit einem Modell für Landnutzung könnten lokale Umweltauswirkungen modelliert werden. Die Emissionen von Schadstoffen aus dem Energie- und Verkehrssektor insgesamt können mit den entsprechenden Modulen modelliert werden. Die lokalen Auswirkungen sind dabei allerdings nicht erfasst. Gegebenenfalls könnte diese Größe exogen modelliert werden.

2.2.1.3.1.15 *Schäden durch Lärm in E3ME*

Das Modell modelliert keine Schäden durch Lärm und auch nicht die damit verbundenen Schäden. Durch die Erweiterung um bzw. Kopplung mit einem Modell für Landnutzung könnten lokale Umweltauswirkungen modelliert werden. Gegebenenfalls könnte diese Größe exogen modelliert werden.

2.2.1.3.1.16 *Verlust bzw. Gewinn durch Biotopflächenänderungen in E3ME*

Das Modell modelliert keine Biotopflächenänderungen. Durch die Erweiterung um bzw. Kopplung mit einem Modell für Landnutzung und ggf. einem Klimamodell könnten diese modelliert werden. Gegebenenfalls könnte diese Größe exogen modelliert werden.

2.2.1.3.1.17 *Schäden durch Verlust von landwirtschaftlich nutzbarer Fläche in E3ME*

Das Modell modelliert nicht den Verlust von landwirtschaftlich nutzbarer Fläche. Durch die Erweiterung um bzw. Kopplung mit einem Modell für Landnutzung und ggf. einem Klimamodell könnten diese modelliert werden. Gegebenenfalls könnte diese Größe exogen modelliert werden.

2.2.1.3.1.18 *Ersatzkosten durch Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger in E3ME*

Das Modell ermittelt den Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger. Die Kosten für die Bereitstellung von Energie aus nicht erneuerbaren und erneuerbaren Energieträgern werden im Energiemodul ermittelt. Damit können die Ersatzkosten endogen ermittelt werden.

2.2.1.3.1.19 *Schäden durch Treibhausgasemissionen in E3ME*

Es gibt Biodiversitätsmodelle, die etwa schon zusammen mit IMAGE verwendet wurden; Input könnte Landnutzung und Änderung des Klimas durch Berechnung der Treibhausgasemissionen sein.

2.2.1.3.2 **Einkommensverteilung in E3ME**

Die Einkommensverteilung kann endogen mit dem Modell bestimmt werden. Es wird nach Geschlecht, Alter und Einkommensgruppe unterschieden. Die Berechnung der Einkommensverteilung erfordert allerdings zusätzliche Daten, die nicht für alle Länder zur Verfügung stehen.

2.2.1.3.3 Gesundheit: Healthy Life Years

Im Modell wird der Gesundheitssektor als eigenständiger Sektor modelliert. Private Investitionen im Gesundheitssektor werden endogen ermittelt, öffentliche Investitionen werden exogen vorgegeben. Die Auswirkungen auf die Gesundheit können ggf. modellexogen berechnet werden. Die möglichen Rückkopplungen einer geänderten Gesundheit auf die Wirtschaft werden dann allerdings nicht berücksichtigt.

2.2.1.3.4 Bildung: Index aus dem Jahreswohlstandsbericht in E3ME

Im Modell wird der Bildungssektor als eigenständiger Sektor modelliert. Private Investitionen in den Bildungssektor werden endogen ermittelt, öffentliche Investitionen werden exogen vorgegeben. Die Auswirkungen auf die Bildung können ggf. modellexogen berechnet werden. Die möglichen Rückkopplungen einer geänderten Bildung auf die Wirtschaft werden dann allerdings nicht berücksichtigt.

2.2.1.4 Wie realistisch ist eine entsprechende Weiterentwicklung des Modells E3ME?

Der Zweck des Modells E3ME war und ist die integrierte makro-ökonomische Modellierung von Volkswirtschaften und deren Wechselbeziehungen mit der Umwelt. Die Integration des Modells mit Indikatoren für Umweltkosten und Wohlfahrt stimmt daher prinzipiell mit dem Zweck und Entwicklungspfad des Modells überein. In den letzten Jahren wurde das Modell bereits schrittweise um weitere Modellkomponenten und Satellitenmodelle erweitert, die eine Modellierung von Transformationsprozessen in einzelnen Wirtschaftsbereichen, eine detailliertere Modellierung der Umweltauswirkungen ökonomischer Aktivität und eine Simulation der entsprechenden Rückwirkungen auf die Wirtschaft ermöglichen. Damit wurde auch die Berechnung zusätzlicher Indikatoren für Umweltkosten und Wohlfahrt möglich gemacht (Kapitel 2.2.2).

Die bereits bestehenden Satellitenmodelle und die aktuellen Pfade der Weiterentwicklung des Modells (Kapitel 2.2.1.1) weisen darauf hin, dass der um das makro-ökonomische Kernmodell herum geschaffene Modellierungsrahmen viele Möglichkeiten für zukünftige Modellerweiterungen bietet. Zudem scheint es sowohl ein ausreichend großes akademisches und wirtschaftliches Interesse an der Weiterentwicklung des Modells zu geben. Sofern die entsprechende Nachfrage für eine spezifische Weiterentwicklung des Modells vorhanden und diese technisch möglich ist, erscheint eine Weiterentwicklung durchaus realistisch.

2.2.2 Das Modell NAWM

2.2.2.1 Allgemeines zu NAWM

Das „New Area-Wide Model“ (NAWM) ist ein mikrofundiertes makroökonomisches Modell einer offenen Volkswirtschaft für die Eurozone. Es wurde von der Europäischen Zentralbank (EZB) für regelmäßige makroökonomische Projektionen der wirtschaftlichen Entwicklung im Euroraum entwickelt.

2.2.2.2 Zweck des Modells NAWM

Das Modell NAWM wird von der EZB in erster Linie für die Erstellung regelmäßiger Projektionen der wirtschaftlichen Entwicklung im Euroraum eingesetzt. Das Vorgängermodell (Area-Wide-Model) wurde bereits über viele Jahre hinweg für denselben Zweck verwendet (vgl. Fagan, Henry und Mestre 2001). In diesem Kontext wird das Modell NAWM unter anderem für die Haushaltsprognosen der EZB verwendet. Außerdem werden mit dem Modell historische Entwicklungen mit unterschiedlichen Annahmen über exogene Faktoren simuliert, um den Einfluss der Faktoren auf die wirtschaftliche Entwicklung zu ermitteln. Außerdem wird das Modell für Szenarienanalysen und Wahrscheinlichkeitsvorhersagen eingesetzt (Christoffel 2008).

2.2.2.3 Modellklasse von NAWM

Das Modell NAWM kann der Modellklasse der Gleichgewichtsmodelle (GEM) zugeordnet werden. Im engeren Sinne handelt es sich um ein dynamisch stochastisches allgemeines Gleichgewichtsmodell (DSGE - dynamic stochastic general equilibrium model).

2.2.2.4 Theoretische Verortung von NAWM

Das NAWM ist ein neoklassisches Modell. Einige nominale und reale Friktionen werden im Modell allerdings berücksichtigt, zum Beispiel das Phänomen, dass sich Preise und Löhne nicht sofort und vollständig an veränderte Marktsituationen anpassen (sticky prices). Darüber hinaus enthält das Modell Friktionen, die mit der Annahme einer offenen Volkswirtschaft verbunden sind, zum Beispiel auf Grund der Preisfestsetzung in Landeswährung und auf Grund der Kosten für die Anpassung von Handelsströmen (vgl. Christoffel et al. 2008: 5).

2.2.2.5 Struktur des Modells NAWM

Das Modell erlaubt die Berechnung von wirtschaftlichen Kernprojektionsvariablen. Unter der Verwendung Bayes'scher Methoden werden insgesamt 18 Schlüsselvariablen berechnet, die in den EZB / Eurosystem-Prognosen eine wichtige Rolle spielen, darunter das reale BIP, Beschäftigung, privater Konsum, Gesamtinvestitionen, Staatsverbrauch, Nominalzinssätze, Wechselkurse sowie Exporte und Importe (vgl. Christoffel et al. 2008: 35).

In Übereinstimmung mit der Anzahl der Variablen können 18 strukturelle Schocks in die Schätzung miteinbezogen werden, darunter Inlandsrisikoprämienschocks, Zinsschocks, Lohnerhöhungsschocks, Staatsverbrauchsschocks, vorübergehende und permanente Technologieschocks sowie Ölpreisschocks (vgl. Christoffel et al. 2008: 37).

Mögliche zukünftige Erweiterungen des Modells sind unter anderem das Hinzufügen von Friktionen auf dem Finanzmarkt und eine realistischere Modellierung des Arbeitsmarktes mit einer expliziten Rolle der Arbeitslosigkeit (Christoffel et al. 2008: 59 f.).

2.2.2.6 Datenfrequenz, Datengrundlage und Zeithorizont von NAWM

Die Zeitreihen von NAWM beginnen 1985 und weisen eine vierteljährliche Frequenz auf. Zusätzlich ist der Zeitraum von 1980 bis 1985 als Trainingsstichprobe vorhanden. Die für das Modell NAWM verwendeten Daten stammen aus verschiedenen Quellen. Die wichtigste Datenquelle sind die Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR, engl.: National Accounts) der OECD oder die Datenbank der OECD zu den wichtigsten Wirtschaftsindikatoren (Main Economic Indicators). Für frühere Zeiträume wird die Datenbank der BIZ, für die jüngeren Zeiträume die Datenbank von Eurostat verwendet. Der Rückgriff auf nicht öffentlich zugängliche Daten wurde auf das Nötigste beschränkt. Liefert eine Quelle keine vollständigen Zeitreihen, werden zwei Zeitreihen kombiniert, um einen längeren historischen Zeitraum abzudecken. Datenreihen, die nicht in der erforderlichen Häufigkeit verfügbar sind, werden mithilfe eines Interpolationsfilters in eine vierteljährliche Frequenz transformiert. Für die Mehrzahl der Variablen beginnt die gesamtdeutsche Reihe 1990 oder 1991. In diesen Fällen wurde die westdeutsche Reihe als historische Serie verwendet und auf Gesamtdeutschland skaliert (vgl. Fagan et al. 2001: 52).

Die Handelsdaten stammen neben den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen, die durch die OECD bereitgestellt werden, aus den Daten von Eurostat zum Außenhandel mit Waren sowie aus Zahlungsbilanzdaten. Diese wurden in den Handel innerhalb und außerhalb der Eurozone aufgeschlüsselt. Zusätzlich werden aus diesen Daten ein Nachfrageindikator und ein Indikator zu den Wettbewerbsbedingungen erstellt (Dieppe und Warmedinger 2007: 13).

Alle Zeitreihen wurden so auch für das Vorgängermodell, das sogenannte „Area Wide Model“ (AWM) (siehe Fagan et al. 2001) verwendet, mit Ausnahme der Zeitreihe der Handelsdaten aus dem Euroraum, deren Konstruktion in Dieppe und Warmedinger (2007) beschrieben ist (vgl. Christoffel et al. 2008: 35).

2.2.2.7 Möglichkeiten und Hindernisse einer Integration von Umweltindikatoren in NAWM

2.2.2.7.1 Rohstoffäquivalente in NAWM

Die Verwendung von Rohstoffen in der wirtschaftlichen Produktion ist in NAWM nur durch Erdöl als Produktionsfaktor abgebildet. Es wäre denkbar, einen ähnlich aggregierten Produktionsfaktor für den Ressourcenverbrauch hinzuzunehmen. Damit könnten allerdings nur empirisch bestimmte Zusammenhänge zwischen der aggregierten Wertschöpfung und dem aggregierten Ressourcenverbrauch in die Zukunft fortgeschrieben werden, Änderungen des Ressourcenverbrauchs auf Grund sich ändernden Produktionsmustern oder auf Grund sich ändernder Produktionstechnologien wären nur über Annahmen zu exogenen Faktoren möglich.

2.2.2.7.2 Treibhausgasemissionen in NAWM

Ähnlich wie bei den Rohstoffäquivalenten erscheint eine Berechnung der aggregierten Treibhausgasemissionen denkbar. Die Integration der Treibhausgasemissionen in das Modell wäre aber auf Grund des hohen Niveaus der Aggregation im Modell auf eine exogene Modellierung der Treibhausgasemissionen beschränkt, technologische Innovationen könnten nur durch Annahmen zu exogenen Faktoren wie z.B. zu einer angenommenen Treibhausgasemissionsintensität der aggregierten Wertschöpfung abgebildet werden.

2.2.2.7.3 Endenergieproduktivität in NAWM

Da der Energieverbrauch in NAWM nicht berechnet wird, wäre nur eine rein exogene Berechnung des aggregierten Energieverbrauchs denkbar, der dann mit der im Modell simulierten aggregierten Wertschöpfung kombiniert werden könnte.

2.2.2.7.4 Ökologischer Fußabdruck versus Biokapazität in NAWM

Wie auch bei den anderen Umweltindikatoren erscheint nur eine rein exogene Modellierung eines ökologischen Fußabdrucks, z.B. basierend auf den Ergebnissen von NAWM zur aggregierten realen Wertschöpfung, möglich.

2.2.2.8 Möglichkeiten und Hindernisse einer Integration von Wohlfahrtsindikatoren in NAWM

2.2.2.8.1 Nationaler Wohlfahrtsindex (NWI) in NAWM

Von den Dimensionen des NWI kann derzeit nur der private Konsum mit dem Modell NAWM selbst berechnet werden. Eine Aussage zur Einkommensverteilung ist mit dem Modell nicht möglich. Prinzipiell wäre eine Berechnung der Einkommensverteilung oder der öffentlichen Ausgaben für Gesundheits- und Bildungswesen am ehesten denkbar, wenn die Ergebnisse des Modells NAWM als Eingangsdaten für ein entsprechendes Satellitenmodell verwendet würden. Von den ökologischen Dimensionen des NWI könnten die Dimensionen am ehesten basierend auf den Modellergebnissen modelliert werden, bei denen es den stärksten empirischen und für die Zukunft erwarteten Zusammenhang mit den 18 rein wirtschaftlichen Kernprojektionsvariablen des Modells NAWM gibt (Kapitel 2.2.2.5).

2.2.2.8.2 Einkommensverteilung in NAWM

Eine Berechnung der Einkommensverteilung ist mit dem Modell NAWM derzeit nicht möglich. Eine exogene Modellierung der Einkommensverteilung mit einem Satellitenmodell, basierend auf den Ergebnissen des Modells NAWM, wäre denkbar.

2.2.2.8.3 Gesundheit: Healthy Life Years in NAWM

Die Ausgaben für die Gesundheit und auch der Status der Gesundheit in der Bevölkerung werden mit dem Modell NAWM nicht modelliert. Eine diesbezügliche Erweiterung des Modells erscheint auch auf Grund des hohen Aggregationsniveaus des Modells (es wird nicht nach Einkommensklassen oder Bevölkerungsgruppen unterschieden) kaum möglich.

2.2.2.8.4 Bildung: Index aus dem Jahreswohlstandsbericht in NAWM

Zu den Ausgaben für Bildung und auch zur Bildung der Bevölkerung selbst sind mit dem Modell NAWM bisher keinerlei Aussagen möglich. Wie auch bei der Gesundheit erscheint eine Integration in das Modell kaum möglich. Eine exogene Modellierung mit einem Satellitenmodell wäre denkbar, allerdings könnten hierfür auch nur die stark aggregierten Ergebnisse des Modells NAWM verwendet werden.

2.2.2.9 Wie realistisch ist eine entsprechende Weiterentwicklung des Modells NAWM?

Das Modell NAWM wurde nicht mit dem Ziel entwickelt, die Auswirkungen wirtschaftlicher Aktivität auf die Umwelt oder auf eine breiter definierte gesellschaftliche Wohlfahrt zu modellieren. Auch die Auswirkungen von Umweltveränderungen auf eine Volkswirtschaft könnten mit dem Modell nur durch Annahmen zu den Auswirkungen von Umweltveränderungen auf exogene Faktoren des Modells wie zum Beispiel Produktionsfunktionen angenähert werden. Die offensichtlichste Schnittstelle zu Fragen der Umweltpolitik besteht durch den Ölpreis als exogenen Faktor im Modell. Mit dem Modell NAWM wäre es möglich, die wirtschaftlichen Auswirkungen einer Veränderung des Ölpreises zu simulieren. Da Volkswirtschaften in dem Modell nur in stark aggregierter Form modelliert werden, wäre eine darüberhinausgehende Berechnung bzw. Integration von Umweltindikatoren nur mit einer grundlegenden Überarbeitung der Modellstruktur möglich. Die vor diesem Hintergrund am meisten realistisch erscheinende Erweiterung des Modells wäre die exogene Übersetzung der Modellergebnisse in Umweltauswirkungen bzw. Wohlfahrtsindikatoren durch empirisch ermittelte Zusammenhänge zwischen wirtschaftlichen Größen und ausgewählten Indikatoren wie zum Beispiel Treibhausgasemissionen.

2.2.3 Das Modell PANTA RHEI

2.2.3.1 Allgemeines zu PANTA RHEI

Das Modell PANTA RHEI der GWS (Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH) ist "eine zur Analyse umweltökonomischer Fragestellungen erweiterte Version des makroökonomischen Simulations- und Prognosemodells INFORGE". Mit Christian Lutz von der GWS wurde im Rahmen dieses Projekts ein Interview geführt. Zudem wurde das Modell PANTA RHEI im Auftrag des Umweltbundesamtes bereits in einem anderen Projekt hinsichtlich seiner Potentiale, erweiterte Indikatoren aufzugreifen, untersucht (Lutz / Zieschank / Drosdowski 2015).

2.2.3.1.1 Zweck von PANTA RHEI

PANTA RHEI wird beispielsweise für Fragestellung des BMWi, UBA oder auch BMBF angewandt. Detailfragen können die Beschäftigungseffekte des Ausbaus der erneuerbaren Energien, der zukünftige Materialeinsatz, die Flächeninanspruchnahme und anderes mehr sein. Aktuell wird geschaut, inwieweit auch Fragen rund um die SDG beantwortet werden können und ob in PANTA RHEI oder mit einem zu verknüpfenden Modell die Einkommensverteilung adressiert werden kann. Es gibt auch eine österreichische Variante von PANTA RHEI (Lehr et al, 2011). Für globale Fragestellungen lässt sich PANTA RHEI mit dem GINFORS Modell koppeln. GINFORS von der GWS betrachtet ähnliche Fragestellungen global (38 Länder) mit weniger Details (59 Waren und

Dienstleistungen), weitestgehend endogen mit Wirtschaftsentwicklungen, Umweltauswirkungen und Ressourcen-Inanspruchnahme.³¹

2.2.3.1.2 Modellklasse von PANTA RHEI

Es handelt sich um ein makroökonomisches Model (MEM).

2.2.3.1.3 Theoretische Verortung von PANTA RHEI

Das PANTA RHEI orientiert sich stark an der VGR und der UGR und mit Bezug auf eine Green Economy (Lehr; Mönning, et al, 2014) auch an dem internationalen SEEA (System of Environmental and Economic Accounting) der OECD. Konsistenz wird dabei durch die „doppelte Buchführung“ des Kontensystems der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) gewährleistet. Die Berechnung der Gleichungen erfolgt dabei iterativ, wodurch auch Rückkopplungen zwischen den Variablen zumindest im Ansatz abbildbar sind. INFORGE als Kern ist ein makroökonomisches Strukturmodell, welches sich durch Input-Output-Tabellen und die VGR aufbaut.

2.2.3.1.4 Struktur von PANTA RHEI

“Das Modell erfasst den langfristigen Strukturwandel in der wirtschaftlichen Entwicklung sowie in den umweltökonomischen Interdependenzen. Neben der umfassenden ökonomischen Modellierung im Kernmodell INFORGE werden die Bereiche ‘Energieverbräuche und Luftschadstoffe’ (Diestelkamp / Hohmann / Lutz; et al. 2003), ‘Verkehr’ sowie ‘Fläche und Wohnungen’ detailliert erfasst.”³²

Das PANTA RHEI besteht aus ca. 50.000 Modellgleichungen (Lehr / Mönning / Wolter / Lutz / Schade / Krail 2011) und erhebt den Anspruch, dass alle Bestandteile des Modells miteinander verknüpft und auch alle Auswirkungen von Änderungen irgendwo im Modell berücksichtigt werden. Es werden die Wirtschaft in ihren Sektoren, der Konsum der privaten Haushalte und die Konsumausgaben des Staates sowie auch die resultierenden Handelsbeziehungen detailliert erfasst und miteinander gekoppelt. Umfassend ist auch die Abbildung des Energiemarktes, der beispielsweise die wirtschaftlichen Folgen eines reduzierten Energieimports oder auch die Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt aufzuzeigen erlaubt. Zudem sind einige Umwelt relevante Indikatoren berücksichtigt, etwa die Material-Inanspruchnahme, der Primärenergieverbrauch, die Treibhausgasemissionen, die Schäden durch Treibhausgasemissionen, die Energieproduktivität etc. (Lutz / Zieschank / Drosdowski 2015).

In einer Erweiterung des Modells (Drosdowski / Lutz 2014) um sozioökonomische Aspekte, etwa der Veränderung des Verkehrssektors oder des Energiesystems auf unterschiedliche Einkommensgruppierungen in Deutschland, sind zudem erste Auswirkungen auf die Wohlfahrt mit dem Modell berücksichtigt.

2.2.3.1.5 Datenfrequenz und -grundlage, Zeithorizont von PANTA RHEI

Es handelt sich um ein makroökonomisches Model (MEM), welches jährlich aktualisiert wird.

2.2.3.2 Möglichkeiten und Hindernisse einer Integration von Umweltindikatoren in PANTA RHEI

Es gibt eine eigene Version für das Umweltbundesamt, ein ‚UBA Panta Rhei‘ (Lutz / Zieschank / Drosdowski 2015). Insbesondere Umweltkosten können bereits im Modell betrachtet werden, da auch physikalische Umweltgrößen (beispielsweise SO₂, NO_x, NH₃, NMVC) mit ihren Kostensätzen integrierbar sind. Daten der UGR sind ebenfalls in PANTA RHEI nutzbar, etwa zur Analyse der Auswirkungen einer Green Economy.

³¹ <https://www.gws-os.com/de/index.php/globale-entwicklungen-ressourcen/modelle/modelldetailseite/ginfors.html>

³² <https://www.gws-os.com/de/index.php/klima-energie/modelle/modelldetailseite/panta-rhei.html>

Aktuell wird das Modell für das Umweltbundesamt für eine „vertiefte ökonomische Analyse einzelner Politikinstrumente und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel“ in einem Forschungsvorhaben (FKZ 3716 48 1000) eingesetzt.

2.2.3.2.1 Rohstoffäquivalente in PANTA RHEI

Die Rohstoffäquivalente bzw. der Rohstoffkonsum für Deutschland werden bereits berechnet. Die globale Inanspruchnahme sowie der globale Verbrauch von Rohstoffen können eingeschränkt ebenfalls als Raw Material Input (RMI) in Rohmaterialeinheiten (RME) berechnet werden.

2.2.3.2.2 Treibhausgasemissionen pro Einheit BIP oder pro Kopf in PANTA RHEI

Dies wird nach dem Inlandsprinzip bereits berechnet und könnte nach dem Inländerkonzept ebenfalls eingeschränkt berechnet werden.

2.2.3.2.3 Endenergieproduktivität in PANTA RHEI

Der Primärenergieverbrauch nach Energieträgern sowie der Anteil der importierten fossilen Energieträger am Primärenergieverbrauch werden bereits berechnet; somit ist auch die Endenergieproduktivität berechenbar.

2.2.3.2.4 Ecological Footprint versus Biocapacity in PANTA RHEI

Diesbezüglich scheint PANTA RHEI nicht erweiterbar, da zwar Flächennutzung und Rohstoffentnahme monetär bewertet werden und somit der ökologische Fußabdruck in globalen Hektar bei der Landnutzung aber schon nicht mehr der Gewässernutzung abzuleiten wäre, aber die eigentliche Kapazität nicht weiter qualitativ bewertet wird.

2.2.3.3 Möglichkeiten und Hindernisse einer Integration von Wohlfahrtsindikatoren in PANTA RHEI

Das PANTA RHEI kann um Kombinationen von Indizes, die auf der UGR oder VGR basieren, relativ leicht erweitert werden. Umgekehrt sind Indikatoren, die darauf nicht basieren, nur schwer oder eben nicht mit vertretbarem Aufwand zu integrieren.

2.2.3.3.1 Nationaler Wohlfahrtsindex (NWI) in PANTA RHEI

Viele Elemente des NWI basieren auf Daten, die mit dem PANTA RHEI nicht berechnet oder genutzt werden.

2.2.3.3.1.1 Gini-Index der Einkommensverteilung in PANTA RHEI

Grundsätzlich ließen sich auch unterschiedliche Einkommensgruppen abbilden, allerdings gilt dies als sehr aufwändig.

2.2.3.3.1.2 Gewichteter privater Konsum in PANTA RHEI

Der private Konsum ist letztlich aus der VGR ableitbar und daher integrierbar beziehungsweise wird durch privaten und öffentlichen Konsum auch schon berechnet.

2.2.3.3.1.3 Wert der Hausarbeit in PANTA RHEI

Diese wäre nur schwer zu integrieren, da sie letztlich auch nicht in der VGR zu finden ist.

2.2.3.3.1.4 Wert der ehrenamtlichen Tätigkeit in PANTA RHEI

Diese wäre nur schwer zu integrieren, da sie letztlich auch nicht in der VGR zu finden ist.

2.2.3.3.1.5 Öffentliche Ausgaben für Gesundheits- und Bildungswesen in PANTA RHEI

Die Ausgaben sind noch auszuweisen, aber die Verursacher von Gesundheitskosten nicht berechnet.

2.2.3.3.1.6 Kosten und Nutzen dauerhafter Konsumgüter in PANTA RHEI

Es wird nach VGR nach Sektoren unterschieden, aber nicht nach Art der Güter, wenngleich nach Konsumverwendungszwecke nach Dauerhaftigkeit aggregiert werden.

2.2.3.3.1.7 Kosten für Fahrten zwischen Wohnung und Arbeitsstätte in PANTA RHEI

Ist nach Aussage der Modellierer nicht integrierbar.

2.2.3.3.1.8 Kosten durch Verkehrsunfälle in PANTA RHEI

Ist nicht integrierbar.

2.2.3.3.1.9 Schäden durch Kriminalität in PANTA RHEI

Ist nach Aussage der Modellierer nicht integrierbar.

2.2.3.3.1.10 Kosten durch Alkohol-, Tabak- und Drogenkonsum in PANTA RHEI

Wird nicht unterschieden.

2.2.3.3.1.11 Gesellschaftliche Ausgaben zur Kompensation von Umweltbelastungen in PANTA RHEI

Wäre integrierbar, etwa als Anteil der Umweltschutzausgaben am BIP in Form von Investitionen in Anlagen oder deren Betrieb, etwa für Abfallentsorgung, Gewässerschutz, Lärmbekämpfung, Luftreinhaltung etc.

2.2.3.3.1.12 Schäden durch Wasserbelastungen in PANTA RHEI

Ist nach Aussage der Modellierer nicht integrierbar.

2.2.3.3.1.13 Kosten durch Bodenbelastungen in PANTA RHEI

Ist nach Aussage der Modellierer nicht integrierbar.

2.2.3.3.1.14 Schäden durch Luftverschmutzung in PANTA RHEI

Ist grundsätzlich möglich, da diese weitestgehend an den in PANTA RHEI detailliert abgebildeten Energiesektor gekoppelt sind.

2.2.3.3.1.15 Schäden durch Lärm in PANTA RHEI

Ist nach Aussage der Modellierer nicht integrierbar.

2.2.3.3.1.16 Verlust bzw. Gewinn durch Biotopflächenänderungen in PANTA RHEI

Ist nicht integrierbar.

2.2.3.3.1.17 Schäden durch Verlust von landwirtschaftlich nutzbarer Fläche in PANTA RHEI

Ist nach Aussage der Modellierer nicht integrierbar.

2.2.3.3.1.18 Ersatzkosten durch Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger in PANTA RHEI

Ist nach Aussage der Modellierer nicht integrierbar.

2.2.3.3.1.19 Schäden durch Treibhausgase in PANTA RHEI

Es werden bereits berechnet: externe Schäden nach Kyoto-Protokoll, Kosten in Mrd. Euro nach UBA-Methodenkonvention.

2.2.3.3.1.20 *Kosten der Atomenergienutzung in PANTA RHEI*

Ist nach Aussage der Modellierer nicht integrierbar.

2.2.3.3.2 **Einkommensverteilung in PANTA RHEI**

Die Einkommensverteilung ist, wie weiter oben bereits beschrieben, nur eingeschränkt in PANTA RHEI integrierbar.

2.2.3.3.3 **Bildungsindex in PANTA RHEI**

Ist durch qualitative Merkmale geprägt, die nicht in der VGR vorkommen und ist daher nicht integrierbar.

2.2.3.3.4 **Healthy Life Years in PANTA RHEI**

Ist nach Aussage der Modellierer nicht integrierbar.

2.2.3.4 **Wie realistisch ist eine entsprechende Weiterentwicklung von PANTA RHEI?**

Nützlich wäre laut Aussage von Christian Lutz beides, die weitere Integration von Umwelt- und von Wohlfahrtsindikatoren, wobei die Umweltindikatoren deutlich einfacher zu integrieren wären. Grundsätzlich bedarf es der Nachfrage, die eher seitens politischer Akteure zu erwarten ist. Dabei ist laut Interview aber auch immer abzuwägen, ob nicht einfacher Daten zwischen unterschiedlichen Modellen zu übergeben sind, als ein sehr umfangreiches Modell wie PANTA RHEI zu erweitern.

2.2.4 **Das Modell WoW**

2.2.4.1 **Allgemeines zu WoW**

Das Modell WoW (Wirtschaft ohne Wachstum) (Gran 2017) ist die deutsche Version von LowGrow, einem systemdynamischen Modell Kanadas, das entwickelt wurde, um zu untersuchen, wie sich soziale, ökologische und ökonomische Indikatoren entwickeln, wenn das BIP einer Volkswirtschaft nicht mehr wächst (Victor 2008).

2.2.4.1.1 **Zweck des Modells WoW**

Der Zweck des Modells WoW speist sich aus zwei unterschiedlichen Motivationen. Die erste liegt darin begründet, dass die deutsche Volkswirtschaft aus ökologischer Sicht nicht nachhaltig ist. Die Nachhaltigkeitsindikatoren der Bundesregierung (Statistisches Bundesamt 2016) oder aber Indikatoren, die absolute planetare Grenzen sichtbar machen (Rockström et al. 2015), weisen deutlich darauf hin, dass Energie-, Materie- und Schadstoffniveaus bei weitem über dem liegen, was die Natur an Ressourcen und Senken anbietet. Das Modell wurde programmiert, um die Hypothese zu untersuchen, dass die Einhaltung der planetaren Grenzen vermutlich mit einer Senkung des BIP einhergeht (Martínez-Alier et al. 2010). Die zweite Motivation greift zwei Fragen auf: zum einen die Diskussion, wie Fortschritt gemessen werden kann, wie sie beispielsweise in der Enquête-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität“ diskutiert wurde (Deutscher Bundestag 2013). Zum anderen gibt es eine meist unter dem Begriff „Säkulare Stagnation“ firmierende Debatte, inwieweit früh industrialisierte Volkswirtschaften „ausgewachsen“ sind (Gordon 2015; Summers 2014; Jackson 2018). Um diese beiden Diskurse zu verbinden, wird im Modell WoW das BIP als Indikator für Entwicklung aufgegeben und stattdessen eine Mischung aus sozialen, ökologischen und ökonomischen Indikatoren gewählt. So kann simuliert werden, wie sich Maßnahmen der Politik hinsichtlich einer gesellschaftlich wünschenswerten Entwicklung innerhalb planetarer Grenzen auswirken.

2.2.4.1.2 Modellklasse von WoW

Das Modell WoW bewegt sich an der Schnittstelle zwischen systemdynamischen (SDM) und makroökonomischen Modellen (MEM). Dieser Mischcharakter zeigt sich darin, dass zentrale Gleichungen des Modells über ökonometrische Gleichungen bestimmt werden. Im Unterschied zu Gleichgewichtsmodellen (GEM) ist der System Dynamics Ansatz geeigneter, um Anpassungsprozesse und langfristige Entwicklungen von komplexen Systemen zu untersuchen und ein Gefühl für die zeitversetzte Dynamik von industriellen und ökonomischen Systemen zu bekommen. Außerdem können Veränderungen im System besser abgeschätzt und Erfolgsaussichten von Umstrukturierungen ausgelotet werden. Die Modellierung erfolgt mit der systemdynamischen Software STELLA. Die Software funktioniert über die Darstellung von Beständen (Stocks) und Flüssen (Flows), das zentrale Element sind hierbei positive und negative Feedbackschleifen und deren Einfluss auf die untersuchten Größen. Die Software berechnet die Veränderungen mittels Differenzgleichungen. In Modellierungen können einzelne Einflussgrößen verändert und deren Einfluss auf die untersuchten Variablen simuliert werden.

2.2.4.1.3 Theoretische Verortung von WoW

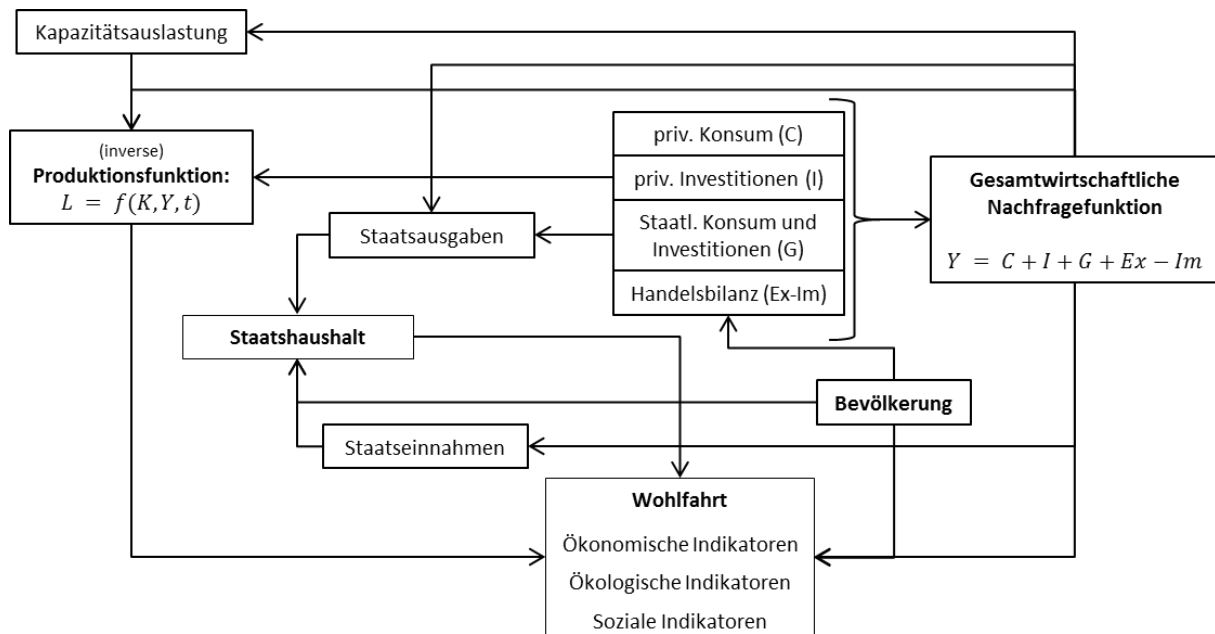
Das Modell WoW enthält neoklassische und postkeynesianische Anteile sowie Elemente der ökologischen Ökonomik. So bedient es sich der üblichen Cobb-Douglas-Produktionsfunktion, ist aber von der Funktionsweise eher als keynesianisch zu beschreiben, da es die effektive Nachfrage ist, die die Höhe des produzierten BIP bestimmt. Die zusätzliche Verortung des Modells innerhalb der ökologischen Ökonomik betrifft vor allem die Sichtweise auf die Wirtschaft, welche im Modell als ein System verstanden wird, in dem Güter und Dienstleistungen produziert und verteilt werden. Dieses System ist jedoch als Subsystem des biophysischen Systems Erde zu verstehen. Aus diesem fließen Material und Energie als Input in das System Wirtschaft und verlassen es in gleicher Menge, aber in unterschiedlicher Zusammensetzung, wieder als „Abfall“. Hinzu kommt die ökologisch ökonomische Annahme, dass es nicht ausreicht, auf die Umstellung auf eine Dienstleistungsgesellschaft sowie auf technischen Fortschritt zu vertrauen, um das System Wirtschaft wieder in die natürlichen Grenzen zu bringen. Schuld daran sind die oft vernachlässigten Reboundeffekte (Santarius 2012) sowie die unrealistisch hohen Erwartungen an technischen Fortschritt (Jackson 2009). Die Skepsis gegenüber der Möglichkeit, durch technischen Fortschritt ein „grünes Wachstum“ zu ermöglichen, findet sich in der diskussionswürdigen Annahme der Konstanz der verwendeten Ressourceneffizienzen wieder.

2.2.4.1.4 Struktur von WoW

Das Kernelement des Modells zur Abbildung der Wirtschaft aus makroökonomischer Perspektive ist das reale BIP, von der Verwendungsseite aus betrachtet. Es besteht aus den Elementen privater Konsum, Investitionen, staatlicher Konsum und Außenbilanz, die im Modell jeweils als eigenes Modul dargestellt und analysiert werden können. Die gesamtgesellschaftliche Nachfrage bestimmt über die Produktionsfunktion und die Kapazitätsauslastung die Beschäftigung. Zudem hat sie einen starken Einfluss auf die Staatseinnahmen sowie -ausgaben. Ein weiterer zentraler Einflussfaktor ist die Entwicklung der Bevölkerung, die durch verschiedene Bevölkerungsprognosen des Statistischen Bundesamtes abgebildet werden kann (Vgl. Abbildung 5). Die Wohlfahrtsindikatoren des Modells werden in ökonomische, ökologische und soziale Indikatoren unterteilt und bilden absolute Größen sowie Indizes ab, wobei letztere meist auf 2007 = 100 normiert wurden. Das Modell beinhaltet Variablen, die für die Erforschung von Szenarien ohne Wirtschaftswachstum hilfreich sind, beispielsweise Emissionen von CO₂ und anderen Treibhausgasen, Energieverbrauch, die Berücksichtigung von Einkommensumverteilung, Lebenserwartung und Bildungsstand. Innerhalb des Modells gibt es, genau wie in der realen Wirtschaft, gewisse Wachstumstreiber, deren Veränderungsrate einen maßgeblichen Einfluss auf die Höhe des BIP haben. Diese sind die Zunahme der aggregierten Nachfrage – Konsum, Investitionen,

Staatsausgaben, Handelsbilanz –, aber auch Elemente der Angebotsseite, zum Beispiel die Verfügbarkeit und Nutzung der Faktoren Arbeit und Kapital, etwa durch Veränderungen der Produktivität oder des Bevölkerungswachstums.

Abbildung 5: Vereinfachte Darstellung von WoW



Quelle: Gran 2017.

2.2.4.1.5 Datenfrequenz und -grundlage, Zeithorizont von WoW

Die Datengrundlage des ökonomischen Moduls bildet größtenteils die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (VGR) des Statistischen Bundesamtes in realen Werten von 2005 (verkettet, Vorjahresbasis). Zusätzlich werden Daten von Eurostat, der Deutschen Bundesbank, der Weltbank, dem Global Footprint Network sowie des Umweltbundesamtes hinzugenommen, um das Modell auch in der ökologischen und sozialen Dimension zu verankern. Das Modell bildet ein Referenzszenario ab, das eine Entwicklung der Indikatoren von 2007 bis 2040 vorstellt, die, ausgehend von den Daten der Jahre 1991 bis 2010, als plausibel angesehen werden kann. Auf der Basis dieser Blaupause können dann Szenarien zur Abschätzung von Politikmaßnahmen modelliert werden. Die Modellierung der Szenarien erfolgt entweder nach der Forecasting-Methode, bei der ein wahrscheinlicher Szenarienverlauf vom gegenwärtigen Zeitpunkt aus entworfen wird, oder nach der Backcasting-Methode, das heißt, ein möglicher beziehungsweise gewünschter zukünftiger Zustand wird betrachtet und mögliche Wege dahin beschrieben. Ein möglicher gewünschter Zustand, der mit dem Modell untersucht wurde, ist, dass sich soziale und ökonomische Indikatoren trotz sinkenden BIP nicht gegenüber dem Referenzszenario verschlechtern und die ökologischen Indikatoren gleichzeitig besser werden.

2.2.4.2 Möglichkeiten und Hindernisse einer Integration von Umweltindikatoren in WoW

2.2.4.2.1 Rohstoffäquivalente in WoW

Der RMC (Raw Material Consumption) ist bisher nicht Teil des Modells. Er bezieht sich auf die letzte inländische Verwendung in Rohstoffäquivalenten. Bezogen auf die Verwendungsseite der VGR betrifft das die Kategorien Konsum, Investitionen und Exporte. Im Modell WoW werden die Kategorien Konsum und Investitionen zusätzlich noch nach privaten und staatlichen Ausgaben differenziert. Da das Statistische Bundesamt bei der Berechnung der Rohstoffäquivalente nicht

nach privatem und staatlichem Konsum differenziert, müsste der RMC an den aggregierten Konsum angedockt werden. Eine weitere Untergliederung nach Produkt- oder Rohstoffgruppen ist aufgrund des hohen Aggregationsgrades des Modells nicht möglich.

Die zur Verfügung stehenden Daten basieren auf der Zeitreihe 2000 bis 2014 und wären besser integrierbar, wenn WoW neu „eingestellt“ würde, da das Modell auf Daten von 1991 bis 2012 beruht. Das Andocken des RMC an das Modell würde eine weitere Perspektive auf den Umweltverbrauch eröffnen. Durch die Modellierung von Szenarien innerhalb absoluter planetarer Grenzen könnte das Modell auch einen Hinweis darauf geben, in welcher Höhe ein nachhaltiger Rohstoffverbrauch anzusiedeln wäre. Weiterer Forschungsbedarf besteht in der Frage von Wechselwirkungen innerhalb des Modells, etwa der Veränderung des Rohstoffverbrauchs durch Investitionen oder der Bedeutung des Ölpreises für die Nutzung abiotischer Ressourcen.

2.2.4.2.2 Treibhausgasemissionen pro Einheit BIP oder pro Kopf in WoW

Treibhausgasemissionen sind bereits in das Modell integriert. Im Modul Treibhausgase werden die nicht energiebedingten Treibhausgasemissionen berechnet und mit den Emissionen aus dem Energieverbrauch zu den Gesamtemissionen addiert. Die Vorgehensweise der Berechnung folgt dem Ansatz von Victor (2008). Zunächst werden für das Jahr 2007 die nicht energiebedingten Treibhausgasemissionen berechnet.

$$THG_{\text{nicht Energie}} = THG_{\text{Gesamt}} - THG_{\text{Energie}}$$

Anschließend wird das Verhältnis *BIP* zu $THG_{\text{nicht Energie}}$ bestimmt. 2007 beträgt es $0,0719 \left[\frac{\text{Mt}}{\text{Mrd.EUR}} \right]$. Durch Multiplikation mit dem im Modell berechneten BIP ergeben sich die nichtenergiebedingten Treibhausgasemissionen. Es wird berücksichtigt, dass sich dieses Verhältnis durch Effizienzsteigerungen verbessert. In den Jahren 1995 bis 2012 sank es um durchschnittlich 3,44 % pro Jahr. Der Zeitraum ab 1995 wurde gewählt, um die Effekte der Wiedervereinigung, insbesondere den Zusammenbruch großer Teile der ostdeutschen Industrie, nicht überzubewerten.

2.2.4.2.3 Endenergieproduktivität in WoW

Die Endenergieproduktivität ist bereits in das Modell integriert. Die Berechnung erfolgt zunächst für das Jahr 2007:

$$EndENERGIE_{\text{Prod}}_{2007} = \frac{BIP_{\text{Mrd.EUR}}_{2007}}{EndENERGIE_{\text{PJ}}_{2007}}$$

Sie beträgt $0,271 \left[\frac{\text{Mrd.EUR}}{\text{PJ}} \right]$. Zur Berechnung des Endenergieverbrauches wird das im Modell berechnete BIP (Y_{2005}) durch die aktuelle Endenergieproduktivität geteilt. Aktuell bedeutet hierbei, dass eine jährliche Effizienzsteigerung berücksichtigt wird. Die Endenergieproduktivität, also das BIP (in Mrd. EUR), das mit einer Einheit Endenergie ($1 \text{ PJ} = 10^{15} \text{ Joule}$) hergestellt werden kann, erhöht sich im Zeitraum 1995 bis 2010 um durchschnittlich 1,27 % pro Jahr. Der Zeitraum ab 1995 wurde auch hier gewählt, um die Effekte der Wiedervereinigung, insbesondere den Zusammenbruch großer Teile der ostdeutschen Industrie, nicht überzubewerten.

2.2.4.2.4 Indikatoren mit Schwerpunktsetzung Umweltkosten in WoW

2.2.4.2.4.1 Umweltkosten durch Treibhausgase und Luftschadstoffe sowie durch den Straßenverkehr in WoW

Die Umweltkosten, die durch Strom- und Wärmeerzeugung sowie Straßenverkehr entstehen, ließen sich zunächst nach dem gleichen Muster wie die THG-Emissionen an das Modell andocken. Hierfür müssten die Gesamtkosten ins Verhältnis zum BIP gesetzt, und Veränderungen des Verhältnisses abgebildet werden. Mit dieser Vorgehensweise könnte zumindest der Trend des Indikators gezeigt werden. Für eine tiefer gehende Integration in das Modell müsste einer Zuteilung der einzelnen Elemente des Indikators, also Strom, Verkehr und Wärme, erfolgen, und Rückkopplungen innerhalb des Modells berücksichtigt werden. Für die Strom- und Wärmeerzeugung wäre eine Differenzierung nach fossilen und regenerativen Energieträgern sinnvoll. Dieses Verhältnis könnte sich durch Investitionen verändern. Für den Straßenverkehr gestaltet sich die Integration schwieriger, da das Modell WoW über keinen Verkehrssektor verfügt; dieser müsste im Modell neu aufgebaut werden.

2.2.4.2.4.2 Gesamtausgaben für Umweltschutz in WoW

Der Indikator „Gesamtausgaben für Umweltschutz“ könnte, insofern ein Zusammenhang besteht, in einer ersten Annäherung als Anteil des BIP beschrieben werden. Eine weitere Ausdifferenzierung ist in der aktuellen Version von WoW nicht möglich und bedarf weiterer Forschung.

2.2.4.2.5 Indikatoren mit Darstellung der physischen Umwelt in WoW

2.2.4.2.5.1 Ökologischer Fußabdruck versus Biokapazität in WoW

Der Ökologische Fußabdruck ist bereits in das Modell integriert, die Daten müssten aber aktualisiert werden. Zur Berechnung des Ökologischen Fußabdruckes pro Kopf wird die Größe $\frac{\text{Ökologischer Fußabdruck pro Kopf}}{\text{BIP pro Kopf}}$ eingeführt. 2007 betrug sie $16,64 \left[\frac{gH}{EUR} \right]$. Über die Veränderung des BIP pro Kopf und eine jährliche Effizienzsteigerung der Größe $\frac{\text{Ökologischer Fußabdruck pro Kopf}}{\text{BIP pro Kopf}}$ von 1,58 % wird der Ökologische Fußabdruck pro Kopf berechnet. Die Effizienzsteigerung entspricht der durchschnittlichen Veränderung der Jahre 1994 bis 2009.

Die Biokapazität, die in Deutschland pro Kopf zur Verfügung steht, hat sich in den Jahren von 1961 bis 2009 relativ konstant entwickelt. Für das Modell wird der zugrunde liegende Trend in die Zukunft projiziert.

2.2.4.3 Möglichkeiten und Hindernisse einer Integration von Wohlfahrtsindikatoren in WoW

2.2.4.3.1 Nationaler Wohlfahrtsindex (NWI) in WoW

2.2.4.3.1.1 Gini-Index der Einkommensverteilung in WoW

Der Gini-Index der Einkommensverteilung ist bereits in das Modell integriert, indem Einflussfaktoren auf den Gini-Koeffizienten identifiziert und systemdynamisch abgebildet wurden. Hierbei geht es nicht um die exakte Bestimmung des Gini-Koeffizienten, vielmehr sollen systemimmanente Dynamiken sichtbar gemacht werden. Als entscheidende Gründe für die Entwicklung der Einkommensverteilung werden im Modell folgende Faktoren beschrieben:³³

- ▶ Entwicklung der Arbeitslosigkeit
- ▶ Spreizung der Lohneinkommen und Veränderung staatlicher Transfers

³³ Basierend auf Bach 2013; Biewen; Juhasz 2012.

- ▶ Entwicklung der Besteuerung, insbesondere von Unternehmens- und Vermögenseinkommen

Abgesehen von der Spreizung der Lohnneinkommen, die aufgrund des hohen Aggregationsgrades des Modells nicht abgebildet werden kann, können folgende Variablen als Einflussfaktoren³⁴ auf den Gini-Koeffizienten verwendet werden:

- ▶ Erwerbslosenquote (ELQ) (+).
- ▶ Anteil des Vermögenseinkommens am Primäreinkommen (+).
- ▶ Steuerlast der Haushalte, gemessen über Verhältnis der Steuerlast der Haushalte bezogen auf die Steuerlast der Unternehmen nach Steuerveränderungen (+).
- ▶ Transfers des Staates an die Haushalte (-).³⁵

2.2.4.3.1.2 Gewichteter Privater Konsum in WoW

Die privaten Konsumausgaben der inländischen privaten Haushalte in Preisen des Jahres 2005 sind Teil des Modells. Die neuere Berechnung des NWI wurde in Preisen des Jahres 2010 durchgeführt, eine Aktualisierung der Datengrundlage des Modells würde dem gerecht werden. Insgesamt kann eine Gewichtung mit dem Gini-Index der Einkommensverteilung ohne weiteres vorgenommen werden.

2.2.4.3.1.3 Wert der Hausarbeit in WoW

Der Wert der Hausarbeit ist nicht Teil des Modells. Für die Integration müsste ein statistischer signifikanter Zusammenhang hergestellt werden. Laut Schwarz und Schwahn haben, neben der angenommenen Lohnhöhe zur Monetarisierung, vor allem folgende Faktoren einen Einfluss auf die Entwicklung des Indikators (Schwarz; Schwahn 2016):

1. Die gestiegene Erwerbsbeteiligung von Frauen: Die Erwerbstätigenquote von Frauen im Alter von 15 bis 65 Jahren hat sich von 56,0 % im Jahr 1992 auf 68,8 % im Jahr 2013 erhöht.
2. Der Rückgang der Zahl an Kindern: 1992 gab es 10,6 Millionen Kinder im Alter von unter 12 Jahren, 2013 waren es nur noch 8,3 Millionen Kinder.
3. Der Trend, Hausarbeit zu substituieren: Diese Entwicklung ist ungebrochen, etwa durch den Einsatz vorgefertigter Nahrungsmittel und die Inanspruchnahme von externen Dienstleistungen, wie Haushaltshilfen und Kinderbetreuungseinrichtungen.

(1) ist bereits Teil des Modells, (2) könnte leicht integriert werden, da die Bevölkerungsentwicklung, die ein Element des Modells ist, um Kinder erweitert werden könnte. (3) Dieser Trend könnte über Konsumausgaben, den Anteil vorgefertigter Nahrungsmittel an Konsumausgaben oder über Inanspruchnahme externer Dienstleistungen abgebildet werden. Weitere mögliche Einflussfaktoren wären: Erwerbstätigkeit und BIP sowie wöchentliche Durchschnittsarbeitszeit (= Rückkopplung im Modell).

2.2.4.3.1.4 Wert der ehrenamtlichen Arbeit in WoW

Der Wert der ehrenamtlichen Arbeit ist sehr niedrig und könnte entweder als Dummy integriert oder mit 3.1.3 zusammengerechnet werden.

³⁴ In Klammern wird die Korrelation angegeben. Positive Korrelation: Steigt der Einflussfaktor, steigt der Gini-Koeffizient.

³⁵ Die Steuerlast der Haushalte sowie die Transfers des Staates an die Haushalte haben über die Veränderung des Konsums und hierüber des BIP auch Einfluss auf die ELQ und somit auf den Gini-Koeffizienten.

2.2.4.3.1.5 *Öffentliche Ausgaben für Gesundheits- und Bildungswesen in WoW*

Die öffentlichen Ausgaben für Gesundheit und Bildung sind bereits in das Modell integriert, müssten jedoch noch auf 2010 normiert werden.

2.2.4.3.1.6 *Kosten und Nutzen dauerhafter Konsumgüter in WoW*

Kosten und Nutzen dauerhafter Konsumgüter könnten an die Wachstumsraten des BIP angehängt werden, da der Trend ebenfalls abnimmt.

2.2.4.3.1.7 *Kosten für Fahrten zwischen Wohnung und Arbeitsstätte in WoW*

Die Kosten sind stabil bei ca. 35 Mrd. EUR (40 Mrd. in Preisen von 2010) pro Jahr. Idealerweise würde dieser Indikator an ein noch zu entwickelndes Verkehrsmodul angedockt werden, um auch strukturelle Veränderungen in der Gesellschaft abbilden zu können. Im Moment steigen sowohl Verkehr, die Emissionen aus dem Verkehr als auch die Kosten für Fahrten. Für den Anfang könnten die Kosten für Fahrten zwischen Wohnung und Arbeitsstätte als Prozentsatz des BIP gesehen werden.

Für den Fall einer strukturellen Veränderung hin zu einer nicht wachsenden oder schrumpfenden Wirtschaft würden die Kosten für Pendeln ebenfalls sinken. Als Erklärung könnte ein erhöhtes Umweltbewusstsein oder ein neues Verständnis von Freizeit, Mobilität, Wohnstruktur dienen, wodurch sich auch das Pendelverhalten verändern würde. Dies ließe sich innerhalb eines Verkehrsmoduls differenzierter abbilden, etwa durch die Darstellung unterschiedlicher Pendelmöglichkeiten.

2.2.4.3.1.8 *Kosten durch Verkehrsunfälle in WoW*

Die Integration des Indikators „Kosten für Verkehrsunfälle“ wäre möglich, wenn ein eigenes Verkehrsmodul in das Modell integriert würde. Bis dahin müsste, als Minimalvariante, auch hier an einen Stellvertreterindikator angedockt werden, um so langfristige Tendenzen abbilden zu können.

2.2.4.3.1.9 *Schäden durch Kriminalität in WoW*

Um den Indikator „Schäden durch Kriminalität“ in das Modell zu integrieren, müssten zunächst statistisch signifikante Zusammenhänge identifiziert werden, etwa mit den Variablen Erwerbslosenanzahl, ELQ, Gini oder BIP.

2.2.4.3.1.10 *Kosten durch Alkohol-, Tabak- und Drogenkonsum in WoW*

Der Missbrauch von Alkohol, Tabak und anderen Drogen führt zu jährlichen Kosten von im Schnitt 67 Mrd. EUR. Die schlechte Datenlage sowie mangelnde Einflussfaktoren im Modell legen nahe, einen konstanten Wert für die modellendogene Berechnung des NWI zu verwenden.

2.2.4.3.1.11 *Gesellschaftliche Ausgaben zur Kompensation von Umweltbelastungen in WoW*

Die Integration der gesellschaftlichen Ausgaben zur Kompensation von Umweltbelastungen könnte über die Emission von THG an das Modell angedockt werden. Hierfür müsste genauer untersucht werden, ob es hier einen signifikanten Zusammenhang gibt.

2.2.4.3.1.12 *Schäden durch Wasserbelastungen in WoW*

Bei den berücksichtigten Schadenskosten handelt es sich aus Gründen der Datenverfügbarkeit bisher um eine Konstante, die ohne weiteres in das Modell integriert werden kann.

2.2.4.3.1.13 *Kosten durch Bodenbelastungen in WoW*

Bei den berücksichtigten Schadenskosten handelt es sich aus Gründen der Datenverfügbarkeit bisher um eine Konstante, die ohne weiteres in das Modell integriert werden kann.

2.2.4.3.1.14 Schäden durch Luftverschmutzung in WoW

Neben den klimarelevanten Gasen werden die Emissionen der Luftschadstoffe regelmäßig ausgewiesen. Eine erste Integration in das Modell könnte auch hier erfolgen, indem das Verhältnis BIP zu Schäden durch Luftschadstoffe auf ein Basisjahr normiert wird und der Trend der Entwicklung fortgeschrieben wird. Sollte ein Verkehrsmodul in das Modell integriert werden, könnte versucht werden, einen detaillierteren Zusammenhang herzustellen.

2.2.4.3.1.15 Schäden durch Lärm in WoW

Der Indikator „Schäden durch Lärm“ basiert hauptsächlich auf einer Monetarisierung der Kosten, die durch Personen- und Güterverkehr entstehen. Da das Modell nicht über einen eigenen Verkehrssektor verfügt, müsste die Komponente an bereits vorhandene Indikatoren angedockt werden. Der Verlauf der Kostenkurve, vor allem der Knick im Zuge der Wirtschaftskrise, deutet auf eine Verbindung zum BIP hin. Eine erste Integration in das Modell könnte erfolgen, indem das Verhältnis BIP zu Schäden durch Lärm auf ein Basisjahr normiert wird und der Trend der Entwicklung fortgeschrieben wird. Sollte ein Verkehrsmodul in das Modell integriert werden, könnte ein detaillierter Zusammenhang hergestellt werden.

2.2.4.3.1.16 Verlust bzw. Gewinn durch Biotopflächenänderungen in WoW

Der Indikator kann als Konstante in das Modell integriert werden.

Sollten in Zukunft genauere Daten sowie ein umfassenderer Katalog von Wertansätzen vorliegen, könnte eine detailliertere Integration erfolgen.

2.2.4.3.1.17 Schäden durch Verlust von landwirtschaftlich nutzbarer Fläche in WoW

Der Verlust beziehungsweise Gewinn an landwirtschaftlichen Flächen in einem Jahr (in Hektar) wird mit dem Preis, den ein Hektar Landwirtschaftsfläche im betreffenden Jahr durchschnittlich gekostet hat, multipliziert. Um den Indikator in das Modell zu integrieren, müssten diese beiden Trends beschrieben und untersucht werden, ob ein Zusammenhang zu bereits integrierten modellendogenen Elementen, etwa dem BIP, besteht.

2.2.4.3.1.18 Ersatzkosten durch Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger in WoW

Um die Ersatzkosten durch den Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger detailliert abzubilden wäre es zunächst wichtig, den Verbrauch nicht erneuerbarer Energien besser abzubilden, etwa durch die Darstellung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern sowie innerhalb eines umfassenden Verkehrssektors. Solange die Detailtiefe nicht vorhanden ist, müssten Trends identifiziert werden, die anteilig angeben, wie hoch der Anteil der nicht erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch ist. Hierüber ließe sich dann ein erster Zusammenhang zu den entsprechenden Ersatzkosten herstellen.

2.2.4.3.1.19 Schäden durch Treibhausgase in WoW

Die Schäden durch Treibhausgase könnten sehr einfach in das Modell integriert werden, da die Treibhausgase bereits berechnet werden.

2.2.4.3.1.20 Kosten der Atomenergienutzung in WoW

Um die Kosten der Atomenergienutzung in das Modell WoW zu integrieren, müsste der Anteil der Kernenergie für die Stromproduktion abgebildet werden. Hierfür müsste ein eigenes „Strommodul“ entwickelt werden, wo die Stromproduktion nach Energieträgern differenziert werden kann. Alternativ könnte der Endenergieverbrauch nach Energieträgern abgebildet werden, wobei der Stromanteil entsprechend differenziert werden müsste.

2.2.4.3.2 Einkommensverteilung in WoW

Siehe 2.2.4.3.1.1

2.2.4.3.3 Gesundheit: Healthy Life Years in WoW

Das Modell verfügt über eine anderen Konzeptio der gesundheitlichen Entwicklung in Deutschland: eine spezifische Variante eines „Potential Years of Life Lost“-Indikators (PYLL), nämlich die Wahrscheinlichkeit, nicht 60 Jahre alt zu werden. Als Haupteinflussfaktoren wirken die staatlichen Gesundheitsausgaben und – zeitlich verzögert – die Erwerbslosenquote. Als erstes stellt sich die Frage, ob die HLY über einen signifikanten Zusammenhang mit den bestehenden Variablen in das Modell integriert werden können, in diesem Fall quasi als Austausch mit der Wahrscheinlichkeit, nicht 60 Jahre alt zu werden.

2.2.4.3.4 Bildung: Index aus dem Jahreswohlstandsbericht in WoW

Der Indikator für Bildung, über den das Modell verfügt, Anteil der 20-bis-24-Jährigen mit Bildungsabschluss der Sekundarstufe II, wird im Modell maßgeblich über die Veränderung der Bildungsausgaben beeinflusst. Der Bildungsindex aus dem Jahreswohlstandsbericht ließe sich auf ähnliche Weise an das Modell andocken.

2.2.4.4 Wie realistisch ist eine entsprechende Weiterentwicklung des Modells WoW?

Das Modell wurde entwickelt, um langfristige Trends der deutschen Volkswirtschaft abzubilden und abzuschätzen, ob eine gesellschaftlich wünschenswerte Entwicklung auch ohne wachsendes BIP vorstellbar ist. Daher verfügt es bereits über einige soziale, ökologische und ökonomische Indikatoren, die eine solche Abschätzung ermöglichen, und bietet eine solide Basis für eine umfassendere Weiterentwicklung, die aus folgenden Schritten bestehen müsste:

1. Die Daten müssten aktualisiert und das Modell auf den neuesten Stand gebracht werden.
2. Die Detailtiefe in bereits existierenden Modulen müsste erhöht werden. So könnte beispielsweise der Endenergieverbrauch nach Energieträgern differenziert werden.
3. Einzelne Umweltindikatoren sowie der NWI sind bereits oder könnten rudimentär an das Modell andockt werden, oft als Konstante oder als vom BIP abhängige Variable. Für eine aussagekräftigere Interpretation müssten die Variablen jedoch endogenisiert werden. Hierfür müsste das Modell weiterentwickelt (siehe auch 4.) und Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Teilindikatoren sowie mit weiteren Elementen des Modells vertieft analysiert werden.
4. Neue Module, insbesondere ein Verkehrsmodul, müssten entwickelt werden.

Eine vielversprechende, jedoch deutlich aufwändigere Erweiterung des Modells könnte auf zwei weiteren Ebenen stattfinden: erstens durch die Umstellung des Modells auf einen Stock-Flow-Consistent-Ansatz, um so auch die Abbildung von Finanzmärkten sicherzustellen. Einen ersten Orientierungspunkt könnten Tim Jacksons und Peter Victors Forschung zur Umstellung des Modells LowGrow liefern, deren Veröffentlichung noch aussteht. Eine zweite Möglichkeit könnte die Umstellung des Modells auf einen auf Input-Output-Tabellen basierten Ansatz sein, mit dem auch die Landwirtschafts-Komponente des NWI besser integrierbar wäre. Diese jedoch sehr aufwendige Umstellung könnte sehr hilfreich sein, um besser zu verstehen, wie sich die strukturellen Veränderungen hin zu einer Postwachstumsgesellschaft auf einzelne Wirtschaftsbereiche auswirken würden.

2.2.5 Das IMK-Modell

2.2.5.1 Allgemeines zum IMK-Modell

Das IMK-Modell ist ein hochaggregiertes makroökonomisches Modell der deutschen Wirtschaft und ist somit – anders als beispielsweise das NIGEM, das am IMK auch verwendet wird – ein Partialmodell, bei dem wichtige Nachfragegrößen aus dem Ausland exogen sind. Das IMK-Modell wird regelmäßig sowohl für Konjunkturprognosen als auch für wirtschaftspolitische Simulationen eingesetzt. Auf der Grundlage von Daten aus den volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen werden die Verwendungs- und die Verteilungsseite des BIP, der aggregierte Arbeitsmarkt und die staatlichen Einnahmen und Ausgaben abgebildet.

2.2.5.1.1 Zweck des IMK-Modells

Das IMK-Modell wird im IMK seit über einem Jahrzehnt sowohl für Prognosen (in der Regel für einen Prognosehorizont von zwei Jahren) als auch für wirtschaftspolitische Simulationen über einen Zeitraum von maximal 15 Jahren eingesetzt. Das IMK erstellt jährlich vier Konjunkturprognosen, wobei im Frühjahr und im Herbst jeweils detaillierte Prognosen unter Verwendung des IMK-Modells erstellt werden, während im Sommer und im Winter lediglich eine Aktualisierung erfolgt.

Schwerpunkte der Modellsimulationen sind Konjunktur, Fiskalpolitik, Beschäftigungswirkungen und Außenhandel. Jüngst wurde das Modell eingesetzt um zu untersuchen, wie Deutschland seinen extrem hohen Leistungsbilanzüberschuss verringern kann (Horn et al. 2017, Lindner et al. 2018). Dabei wurden neben der Baseline drei verschiedene Szenarien betrachtet: ein Szenario mit höheren Lohnsteigerungen, ein Szenario mit einer expansiveren Fiskalpolitik und ein kombiniertes Szenario mit höheren Lohnsteigerungen und einer expansiveren Fiskalpolitik. In einer anderen Simulation wurde der Einfluss der Flüchtlingsmigration auf die Konjunktur in den Jahren 2015-2017 quantifiziert (Horn et al. 2016). Darüber hinaus sind Risikoszenarien im Rahmen der Konjunkturprognosen ein häufiger Anwendungsbereich.

2.2.5.1.2 Modellklasse des IMK-Modells

Das IMK Modell ist ein strukturelles makroökonomisches Modell für Deutschland. Die Verhaltensgleichungen sind als Fehlerkorrekturgleichungen (FKG) spezifiziert, wobei die Koeffizienten in der Regel nicht restringiert werden. Das hat zwei wesentliche Vorteile: Zum einen kann man in der FKG sowohl auf Kointegration testen als auch Kointegrationsbeziehungen schätzen (Banerjee et al. 1998), zum anderen kann der Fehlerkorrekturterm, die Kointegrationsbeziehung, als ökonomisch gehaltvolle Langfristbeziehung im Sinne einer theoretisch fundierten Verhaltenshypothese interpretiert werden.

2.2.5.1.3 Theoretische Verortung des IMK-Modells

Vor allem für die Langfristbeziehungen des Modells spielen wirtschaftstheoretische Hypothesen eine wichtige Rolle. Grundsätzlich folgen die Spezifikationen des Modells einer keynesianischen Perspektive. Die Volkswirtschaft ist durch nominale Rigiditäten gekennzeichnet. Arbeitslosigkeit kann auch langfristig bestehen bleiben, es gibt keinen modellimmanenten Prozess, der Arbeitslosigkeit automatisch abbaut. Die Wirtschaftspolitik hat nicht nur kurz-, sondern auch langfristige Wirkungen auf die Realwirtschaft. Dementsprechend werden Größen, die für neoklassische Modelle typisch sind, wie Potenzialoutput und NAIRU oder natürliche Arbeitslosenquote und die

eine künstliche Trennung zwischen Konjunktur und Struktur suggerieren, bewusst nicht modelliert.³⁶ Auch rationale Erwartungen im Sinne modellkonsistenter Erwartungen, auf denen heutige Entscheidungen basieren, gibt es im IMK Modell ausdrücklich nicht. So wird insbesondere der Konsum wesentlich durch das laufende Einkommen determiniert.

In der Lohngleichung werden die Einflüsse der Inflation, der Produktivität und des Niveaus der Arbeitslosigkeit – letztere als Indikator für die bei hoher Arbeitslosigkeit verringerte Verhandlungsmacht der Gewerkschaften – geschätzt. Der Preisindex des privaten Verbrauchs hängt stark von Änderungen der Lohnstückkosten und von Preisänderungen in der Europäischen Währungsunion aufgrund von „pricing-to-market“-Strategien der Unternehmen ab. Zusätzlich haben Ölpreisänderungen einen Einfluss auf Importpreise und über den Konsumdeflator auch auf das reale verfügbare Einkommen. Der reale private Konsum ist im Modell mit dem realen verfügbaren Einkommen der privaten Haushalte und den kurzfristigen Zinsen kointegriert und wird kurzfristig noch von Veränderungen der Lohnquote beeinflusst; ein Anstieg der Lohnquote erhöht den privaten Konsum. Die Effekte der personellen Einkommensverteilung werden im Modell derzeit nicht detailliert abgebildet. Der Staatssektor ist vollständig enthalten, so dass der Finanzierungssaldo des Staates – Gebietskörperschaften plus Sozialversicherungen – bei allen Modellsimulationen automatisch ermittelt wird. Die aggregierten öffentlichen Einnahmen- und Ausgabenvariablen werden im Modell endogen erklärt.

2.2.5.1.4 Struktur des IMK-Modells

Das Modell verwendet aggregierte Zeitreihen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung für die Nachfrage- und Einkommensvariablen, Preise, Beschäftigung und den Staatssektor. Es gibt 49 geschätzte stochastische Gleichungen als Verhaltensgleichungen und 64 Definitionsgleichungen. Zinsen, nominale Wechselkurse, Bevölkerungswachstum, ausländisches Preisniveau, Auslandsnachfrage und finanzpolitische Instrumente sind exogene Variablen, das heißt sie werden außerhalb des Modells, zum Beispiel unter Zuhilfenahme anderer Modelle wie NiGEM, prognostiziert oder gesetzt.

Das Modell wird im IMK seit der Gründung des Instituts im Jahr 2005 verwendet. Seither wurde es permanent aktualisiert und neugeschätzt. Gleichzeitig wurde es auch in wichtigen Bereichen weiterentwickelt. Für spezielle Fragestellungen werden teilweise zusätzliche Gleichungen in das Modell eingefügt, zum Beispiel zum regional disaggregierten Außenhandel. Die Modelldokumentation (Rietzler 2012) gibt den Modellstand im Jahr 2012 wieder. Neuschätzungen im außenwirtschaftlichen Bereich des Modells sind in Horn et al. (2017) dokumentiert.

2.2.5.1.5 Datenfrequenz und -grundlage, Zeithorizont des IMK-Modells

Das Modell wird auf der Basis von unbereinigten vierteljährlichen Zeitreihen geschätzt. Dabei wird soweit möglich der Zeitraum ab 1980 modelliert. In einigen Bereichen – insbesondere für den Staatssektor – werden die Gleichungen erst ab 1991 geschätzt. Die Qualität der Prognose hängt dabei ganz entscheidend von der Verfügbarkeit von Daten am aktuellen Rand ab.

2.2.5.2 Möglichkeiten und Hindernisse einer Integration von Umweltindikatoren in das IMK-Modell

Die Integration von Umweltindikatoren in das IMK-Modell wäre in mehrfacher Hinsicht eine enorme Herausforderung. Da umweltpolitische Fragestellungen für das IMK bisher nur eine geringe Rolle gespielt haben, ist das IMK-Modell nicht darauf ausgerichtet, solche Fragestellungen zu bearbeiten. Das Modell enthält bisher keinerlei Umweltindikatoren. Die Berücksichtigung von Umweltindikatoren wird auch durch den hohen Aggregationsgrad des Modells erschwert. So

³⁶ Für eine Diskussion siehe Horn und Tober 2007.

gibt es im Modell beispielsweise keine Untergliederung nach Wirtschaftsbereichen. Verschiebungen zwischen Wirtschaftsbereichen, die Implikationen für den Ressourcenverbrauch haben, können im Modell nicht abgebildet werden.

Grundsätzlich sollten die Zeitreihen, die im IMK-Modell verwendet werden, möglichst ab 1991 und bis zum aktuellen Rand, der jeweils jüngsten VGR-Veröffentlichung, zur Verfügung stehen. Die Schätzung von langfristigen Kointegrationsbeziehungen zwischen Variablen erfordert eine ausreichende Zahl an Beobachtungen. Bei vierteljährlichen Daten sollten es mindestens 100, also 25 Jahre, sein. Liegen nur Jahresdaten vor, so muss ein Verfahren der temporalen Disaggregation angewendet werden. Mit dem Verfahren von Chow und Lin (1971) können Zeitreihen unter Verwendung passender vierteljährlicher Indikatoren in eine höhere Frequenz (Jahresdaten zu Vierteljahresdaten) überführt werden. Existiert kein passender Indikator, so muss die Zeitreihe ohne Indikator interpoliert werden.

Die hier betrachteten Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren weisen alle dieselben Probleme auf: Sie liegen in der Regel nur als jährliche Zeitreihen vor und sind häufig nur mit einem oder gar mehreren Jahren Verzögerung verfügbar. Für einige Indikatoren existieren sogar nur sehr kurze Zeitreihen mit häufigen methodischen Änderungen.

2.2.5.2.1 Rohstoffäquivalente im IMK-Modell

Vorliegende Daten zu den Rohstoffäquivalenten ergeben bisher keine ausreichend lange Zeitreihe. Neben einzelnen Beobachtungen gibt es durchgehend nur von 2008 bis 2014 jährliche Daten, wobei es im Jahr 2010 auch noch einen methodischen Bruch gibt. Für das IMK-Modell wäre eine durchgehende Zeitreihe von den 1990er Jahren bis zum aktuellen Rand aber eine Mindestvoraussetzung. Bei den wenigen Beobachtungen ist auch keine seriöse Inter- und Extrapolation möglich. Daher ist eine Verwendung der Rohstoffäquivalente im IMK-Modell aktuell ausgeschlossen.

2.2.5.2.2 Treibhausgasemissionen im IMK-Modell

Jährliche Daten liegen hier für den Zeitraum von 1990 bis 2016 vor. Diese müssten noch auf die Quartale verteilt werden. Erfolgt diese sogenannte temporale Disaggregation ohne Verwendung eines Indikators, so ergibt sich eine sehr glatte interpolierte Zeitreihe. Wünschenswert wäre die Verwendung eines Indikators, dessen Verlauf mit den Treibhausgasemissionen korreliert ist (zum Beispiel Temperaturen, BIP). Aufgrund der Struktur des IMK-Modells scheint die einzige Integrationsmöglichkeit eine Schätzung der Treibhausgasemissionen in Abhängigkeit vom Bruttoinlandsprodukt, wobei es keine Rückwirkungen auf die anderen Variablen geben würde. Dabei würden im Wesentlichen quantitative Zusammenhänge aus der Vergangenheit fortgeschrieben. Bei Politiksimulationen und Prognosen könnte somit, quasi als Nebenprodukt zum Bruttoinlandsprodukt in Szenarien beziehungsweise in der Prognose, die jeweilige Treibhausgasemission ermittelt und zusätzlich veröffentlicht werden. Die Ergebnisse dürften allerdings unbefriedigend sein. In der kurzen Frist, die für die Prognose relevant ist, dürften sich nur geringe Änderungen ergeben. In der längeren Frist wäre interessant, wie strukturelle Veränderungen der Wirtschaft – zum Beispiel Verschiebungen zwischen den Wirtschaftsbereichen – sich auf die Treibhausgasemissionen auswirken. Für solche Fragestellungen ist das IMK-Modell jedoch nicht detailliert genug.

2.2.5.2.3 Endenergieproduktivität im IMK-Modell

Daten zur Endenergieproduktivität liegen für die Jahre von 1990 bis 2016 vor. Neben der Problematik der temporalen Disaggregation und fehlender Daten am aktuellen Rand ergibt sich hier noch die zusätzliche Schwierigkeit einer sinnvollen Anbindung der Zeitreihe an die Schätzgleichungen im Modell. Das Modell enthält bislang keinerlei Schätzungen zum Energieverbrauch.

Diesen müsste man erst schätzen, wobei ein einfacher Zusammenhang mit dem BIP unterstellt werden müsste. Resultierende Ergebnisse für die Endenergieproduktivität würden sich vermutlich kaum von einer naiven Trendfortschreibung unterscheiden, und die Modellergebnisse würden keine wirklich inhaltvollen Aussagen erlauben.

2.2.5.2.4 Ökologischer Fußabdruck versus Biokapazität im IMK-Modell

Noch schwieriger wäre die Integration der Differenz aus Ökologischer Fußabdruck versus Biokapazität. Diese Zeitreihen haben als wesentlichen Bestimmungsgrund die unterschiedliche Landnutzung: Wald, bebautes Land und so weiter, die im IMK-Modell als Kategorie nicht vorkommt. Eine sinnvolle Integration in das Modell erscheint kaum möglich.

2.2.5.3 Möglichkeiten und Hindernisse einer Integration von Wohlfahrtsindikatoren in das IMK-Modell

Aufgrund der meist jährlichen Frequenz und der geringen Aktualität von Wohlfahrtsdaten ergeben sich für die Integration von Wohlfahrtsindikatoren in das IMK-Modell ähnliche Probleme wie schon bei den Umweltdaten. In Teilbereichen wie insbesondere der Einkommensverteilung wurden bereits Versuche unternommen, an die man noch einmal anknüpfen könnte.

2.2.5.3.1 Nationaler Wohlfahrtsindex (NWI) im IMK-Modell

Von den zwanzig Indikatoren des NWI wurden die Treibhausgasemissionen bereits unter Umweltindikatoren abgehandelt. Einige weitere Indikatoren sind konstante Werte und bringen daher für die Verwendung im Modell keinen Mehrwert. Von den verbleibenden Indikatoren hat der Konsum, korrigiert um Veränderungen der Einkommensverteilung, eine Beziehung zu den Modellvariablen (siehe nächster Abschnitt). Die übrigen NWI-Variablen sind vergleichsweise weit von den hochaggregierten IMK-Modellvariablen entfernt. Betrachtet man den NWI insgesamt und das Bruttoinlandsprodukt sowie den privaten Verbrauch, so fällt auf, dass es Phasen gibt, in denen sich der NWI und die VGR-Größen, insbesondere das BIP und die privaten Konsumausgaben, parallel bewegen, und andere Phasen, in denen die Entwicklungen gegenläufig sind. Es gibt also keinen erkennbaren stabilen Zusammenhang zwischen Modellvariablen und dem NWI als Ganzem.

2.2.5.3.2 Einkommensverteilung / Gini-Index (für das Haushaltsnettoäquivalenzeinkommen) im IMK-Modell

Wünschenswert wäre es, wenn die personelle Einkommensverteilung im IMK-Modell Berücksichtigung fände. Zum einen ist anzunehmen, dass die Einkommensverteilung aufgrund der mit dem Einkommen variierenden Sparneigung das Niveau des privaten Verbrauchs beeinflusst und somit auch die gesamtwirtschaftliche Aktivität. Zum anderen bilden Fragen der Einkommensverteilung einen zentralen Forschungsschwerpunkt am IMK. Von der Integration von Verteilungsindikatoren in das Modell würde das Institut unmittelbar profitieren. Das Interesse daran ist daher sehr groß, was sich auch darin zeigt, dass am Institut bereits im Jahr 2014 der Versuch unternommen wurde, ein Verteilungsmodul auf der Basis von Daten des Sozioökonomischen Panels in das Modell zu integrieren. Dabei sollten Zeitreihen für die Quartile der Einkommensverteilung gebildet und separate Konsumfunktionen geschätzt werden. Der Versuch scheiterte damals an mehreren Schwierigkeiten:

- ▶ Die sich aus dem SOEP ergebende durchschnittliche Sparquote unterschied sich von der Sparquote in der VGR im Niveau und im Verlauf.
- ▶ Zur Berechnung des verfügbaren Einkommens wären im Rahmen des Modells noch weitere Untergliederungen nötig gewesen.

- Die aktuellsten verfügbaren Werte aus dem SOEP lagen mehr als ein Jahr zurück.

Für weitere Versuche, die personelle Einkommensverteilung in das Modell zu integrieren, sind die Modellbauer nach wie vor aufgeschlossen. Mit der Lohnquote ist bereits eine Proxy-Variable für die Einkommensverteilung in der Konsumfunktion enthalten. Es gibt durchaus Zusammenhänge zwischen der funktionalen und der personellen Einkommensverteilung, aber diese variieren über die Zeit und sind nicht immer eindeutig. Da es hier um den Gini-Koeffizienten für die Haushaltsnettoäquivalenzeinkommen geht, müssen zusätzlich Entwicklungen bei Steuern, Sozialabgaben und Transfers berücksichtigt werden.

Man könnte durchaus versuchen, den Gini-Koeffizienten anstelle der Lohnquote in der Konsumfunktion zu verwenden. In einem weiteren Schritt müsste man jedoch den Gini-Koeffizienten selbst schätzen und am aktuellen Rand prognostizieren. Als erklärende Variablen kommen hier die Lohnquote sowie Steuern, Sozialabgaben und Transfers in Frage. Da der Gini-Koeffizient nicht bis zum aktuellen Rand vorliegt, müsste man ihn auf der Grundlage der Schätzgleichung auch ex-post prognostizieren. Somit verfügt man hier über keine zusätzliche Information, die die Forecast-Performance des Modells verbessern könnte. Inwieweit sich Ergebnisse bei den Simulationen spürbar unterscheiden, wäre zu prüfen. Während die langfristige Entwicklung der privaten Konsumausgaben in der Modellgleichung vom verfügbaren Einkommen und vom Zins getrieben wird, wirkt sich die Lohnquote nur kurzfristig aus. Würde anstelle der Lohnquote der Gini-Koeffizient verwendet, so dürfte die Auswirkung auf die Modellergebnisse nicht bedeutend sein.

2.2.5.3.3 Bildungsindex im IMK-Modell

Der Bildungsindex aus dem NWI dürfte kaum in das IMK-Modell integrierbar sein. Weder der Gesamtindex noch seine Einzelindikatoren haben einen unmittelbaren Bezug zu einzelnen Modellvariablen, so dass sie kaum in Schätzgleichungen verwendet werden könnten. Zwar ist unumstritten, dass Bildung die Wirtschaftsentwicklung langfristig positiv beeinflusst, der Indikator dürfte aber wenig zu einer Erklärung einzelner Verwendungsaggregate oder der Beschäftigung insgesamt beitragen. Noch unwahrscheinlicher wäre die Modellierung von Rückwirkungen der Gesamtwirtschaft auf den Bildungsindikator. Das Modell ist für diesen Indikator zu hoch aggregiert. Hinzu kommt, dass das IMK-Modell vorwiegend für kurzfristigere Fragestellungen verwendet wird. Die Auswirkungen von Bildungsmaßnahmen sich aber erst langfristig einstellen.

2.2.5.3.4 Healthy Life Years im IMK-Modell

Ein Indikator wie die Healthy Life Years könnte möglicherweise zur Erklärung des Arbeitsangebots beitragen. Dieses wird aber im IMK-Modell nicht direkt modelliert. Gleichzeitig lässt sich diese Größe nicht im Modell endogenisieren. Erschwert würde eine Verwendung der Reihe darüber hinaus durch fehlende Zahlen für 2004 und wiederholte methodische Brüche.

2.2.5.4 Wie realistisch ist eine entsprechende Weiterentwicklung des IMK-Modells?

Für die Frage nach einer Weiterentwicklung des Modells ist der Modellzweck ganz entscheidend. Für das IMK brächte es ganz klar einen Mehrwert, wenn etwa Verteilungseffekte im Modell stärker berücksichtigt würden. Daher würde – trotz aller Datenschwierigkeiten – hier am ehesten eine Chance für eine Weiterentwicklung des Modells bestehen. Denkbar wäre auch die Ergänzung der Prognose um eine Schätzung für die Treibhausgasemissionen. Diese wäre vermutlich mit vertretbarem Aufwand möglich und würde auch dazu dienen, die Schattenseiten des Wachstums nicht auszublenden.

Sowohl der Verwendungszweck des IMK-Modells als auch begrenzte personelle Ressourcen am IMK geben vor, dass man mit einem hochaggregierten Modell arbeiten muss, das mit geringem

Aufwand und standardmäßig verfügbaren Vierteljahresdaten zweimal jährlich für die Hauptprognosen aktualisiert werden kann. Ein größeres, komplexeres Modell könnte am IMK nicht ausreichend gepflegt werden. Dies ist auch ein Grund, warum das Institut bei der internationalen Konjunkturanalyse auf eigene Modellschätzungen verzichtet und mit NiGEM arbeitet. Soweit Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren stärker berücksichtigt werden sollen, könnte man auch hier auf entsprechende externe Modelle zurückgreifen.

Damit dies geschieht, müssten umweltpolitische Fragen generell verstärkt in den Forschungsschwerpunkten berücksichtigt werden und auch für die Sozialpartner an Bedeutung gewinnen. Aufgrund des beschleunigten Klimawandels und zunehmender globaler ökologischer Probleme ist es wichtig, bei allen ökonomischen Fragen ökologische Grenzen zu berücksichtigen. Noch werden ökonomische Fragen vielfach ohne Bezug zu umweltpolitischen Restriktionen behandelt – auch am IMK. Allerdings gewinnen auch hier Fragen der Nachhaltigkeit in jüngster Zeit an Bedeutung (Lindner 2017, Diefenbacher et al. 2016). Mit der Definition dreier strategischer Handlungsfelder am IMK – Krise der Globalisierung, gesamtwirtschaftliche Effekte erhöhter Ungleichheit, Reform des ökonomischen Denkens – wurde ein Rahmen geschaffen, in dem auch Fragen der ökologischen Nachhaltigkeit stärker in den Fokus rücken könnten.

2.2.6 Das Modell MEDEAS

2.2.6.1 Allgemeines zu MEDEAS

Das Modell MEDEAS wurde im Rahmen des Horizon-2020-Programms der Europäischen Union von einem internationalen Konsortium entwickelt. MEDEAS zielt darauf ab, politische Entscheidungsträger dabei zu unterstützen, den Übergang zu einer Wirtschaft, die zu 100 Prozent auf erneuerbare Energien basiert, zu gestalten. Für den vorliegenden Bericht wurde ein Interview mit Iñigo Capellán-Pérez und Jaime Nieto durchgeführt, beide Teil des MEDEAS-Projektes.

2.2.6.1.1 Modellzweck von MEDEAS

Der Ausgangspunkt des Projektes sind die aktuellen Energiemuster der EU, welche die biophysikalischen Grenzen überschreiten und zu schwerwiegenden klimatischen Folgen führen. Daher soll untersucht werden, ob es möglich ist, aktuelle Trends der EU an bestehende biophysikalische Grenzen anzupassen. Mit diesem Ansatz geht die Frage einher: Was würde mit dem BIP passieren, wenn die biophysikalischen Grenzwerte eingehalten würden?

Im Einklang mit dieser Fragestellung zielt das MEDEAS-Projekt³⁷ darauf ab, politischen Entscheidungsträgerinnen und -trägern sowie Interessensgruppen ein neues Instrument an die Hand zu geben, um die Auswirkungen und Grenzen des Übergangs des derzeitigen Energieerzeugungs- und -verwendungssystems der EU zu einer kohlenstoffarmen, nachhaltigen Gesellschaft besser einzuschätzen. Das Modell integriert daher neben Energie und Rohstoffversorgung auch sozio-ökonomisches Verhalten in die Modellierung.

Zwei wesentliche Einschränkungen aktueller Energiemodelle werden durch die Entwicklung des MEDEAS-Modellansatzes besonders berücksichtigt: (1) die mangelnde Integration anderer Dimensionen wie Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt, obwohl sie eng mit dem Energiesektor verbunden sind; und (2) die meist fehlende Dokumentation und Transparenz. Die meisten Modelle wurden für ein spezialisiertes Insiderpublikum entwickelt, was eine Validierung und einen Vergleich der Ergebnisse sowie eine unabhängige Überprüfung unmöglich macht. In diesem Zusammenhang beinhaltet die Entwicklung von MEDEAS die Integration anderer vorgenannter Dimensionen; Transparenz wird durch eine Open-Access-Freeware-Verteilung des Modells auf der

³⁷ <http://medeas.eu/>; Capellán-Pérez et al. (2017).

Grundlage einer Open-Access-Programmiersprache (Python) erreicht, ein detailliertes Benutzerhandbuch, das sich an ein breiteres, nicht spezialisiertes Publikum richtet, sowie kostenlose Internetkurse und Lernmaterial.

2.2.6.1.2 Modellklasse von MEDEAS

MEDEAS-Welt ist ein global aggregiertes Energie-Wirtschaft-Umwelt-Modell oder integriertes Bewertungsmodell mit mehr als 4.000 Variablen. MEDEAS ist ein in System Dynamics (Vensim DSS-Software für Windows Version 6.4E (x32)) integriertes Simulationsmodell. Es wurde unter Anwendung des systemdynamischen Ansatzes entwickelt, wodurch die Integration von Wissen aus verschiedenen Perspektiven sowie Feedbacks aus verschiedenen Subsystemen erleichtert werden. Durch die Verwendung von Input-Output-Tabellen (IOT) als Ausgangspunkt für die Nachfragemodellierung kann MEDEAS eine sektorale Analyse seiner Ergebnisse durchführen. IOT machen keine Annahmen über das Gleichgewicht auf dem Güter- oder dem Faktormarkt, sondern zeigen die tatsächliche Natur der wirtschaftlichen Entwicklung. Insgesamt kann das Modell an der Schnittstelle zwischen makroökonomischen Modellen (insbesondere Input-Output) und systemdynamischen Modellen gesehen werden. Durch die Kombination unterschiedlicher Modellierungsmethoden sowie theoretischer Zugänge leistet das Modell einen Beitrag zu dem neu entstehenden Forschungsfeld der ökologischen Makroökonomik (Hardt and O'Neill, 2017; Rezai and Stagl, 2016).

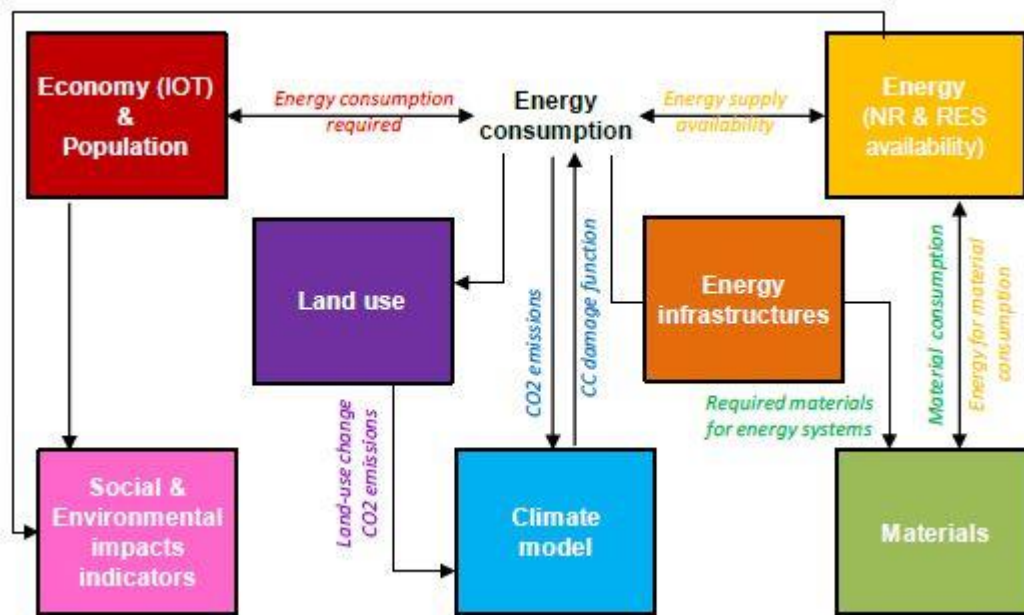
2.2.6.1.3 Theoretische Grundlagen von MEDEAS

Die Wirtschaft von MEDEAS wird nach einem postkeynesianischen Ansatz modelliert, der von nicht gleichgewichtigen Märkten – das heißt, einem nicht zwingendem allgemeinen Gleichgewicht-, nachfrageorientiertem Wachstum und Angebotsengpässen ausgeht. Die Wirtschaftsstruktur wird durch die Integration von Input-Output-Tabellen mit 35 Branchen und Haushalten erfasst. Das Modell beinhaltet die Potenziale und die Verfügbarkeit erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energieressourcen unter Berücksichtigung biophysikalischer und zeitlicher Rahmenbedingungen und kann so auch innerhalb der Ökologischen Ökonomik verortet werden.

2.2.6.1.4 Struktur von MEDEAS

MEDEAS-Welt ist in sieben Submodule unterteilt: Wirtschaft, Energie, Infrastruktur, Materialien, Landnutzung, Sozial- und Umweltauswirkungen, Indikatoren und Klimawandel. Abbildung 6 zeigt die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Modulen.

Abbildung 6: Das MEDEAS-Modell



Quelle: Capellán-Pérez et al. (2017)

Die Module Wirtschaft und Energie sind die umfangreichsten und erreichen den höchsten Grad der Disaggregation. Insgesamt werden fünf Endbrennstoffe – Strom, Wärme, Feststoffe, Gase und Flüssigkeiten – betrachtet und eine Vielzahl von Energietechnologien modelliert. Das Klimamodul projiziert die Intensität des Klimawandels aufgrund der von den menschlichen Gesellschaften verursachten Treibhausgasemissionen, die wiederum durch eine Schadensfunktion zurückgemeldet werden. MEDEAS umfasst Materialien, die von der Wirtschaft benötigt werden, und verfolgt insbesondere den Materialbedarf für den Bau und die Instandhaltung der Energieinfrastruktur. Es wird ein Nettoenergieansatz angewendet, der den EROI (Energy return on energy invested) der beiden Einzeltechnologien und den EROI des Systems berücksichtigt. Die Extraktionsanforderungen werden anschließend mit den verfügbaren Ressourcen verglichen. MEDEAS ermöglicht auch die Nachverfolgung sozialer und ökologischer Auswirkungen: Das Modul übersetzt die biophysikalischen Ergebnisse der Simulationen in Metriken, die mit sozialen und ökologischen Auswirkungen zusammenhängen. Das Ziel dieses Moduls ist es, die Auswirkungen auf die menschlichen Gesellschaften im Hinblick auf das Wohlbefinden für jede Simulation zu erfassen. Das Modell besteht aus einer modularen und flexiblen Struktur, wobei jedes Modul durch eine andere Version oder ein anderes Submodell erweitert, vereinfacht oder ersetzt werden kann, neue Module hinzugefügt werden können, etc. Die Hauptvariablen, welche die verschiedenen Module verbinden, werden durch Pfeile dargestellt. Die meisten Module haben bidirektionale Verknüpfungen, mit Ausnahme der Indikatoren Landnutzung und soziale und ökologische Auswirkungen, die hauptsächlich die Ergebnisse der Simulationen ohne Rückkopplung auf den Rest der Struktur berichten.

2.2.6.1.5 Datenfrequenz und Zeithorizont von MEDEAS

MEDEAS-Welt läuft von 1995 bis 2050 und ist, wie bereits gesagt, in sieben Submodule gegliedert, die in etwa 100 Simulationsfenstern mit mehr als 4.000 Variablen programmiert wurden. Es beinhaltet ausgewählte Input-Output-Tabellen (IOT) aus der World Input-Output Database (WIOD) (www.wiod.org), wobei die zugrundeliegenden Zeitreihen von 1995 bis 2009 gehen. Das Wirtschaftsmodul wird nachfrageorientiert und sektoral in 35 verschiedene Branchen un-

terteilt. Diese Struktur ist auf die Wahl der Datenquelle zurückzuführen, die folgende Anforderungen erfüllt: WIOD ist eine öffentliche Datenbank auf weltweiter Ebene und verfügt über ökologische Satellitenkonten. Die WIOD bietet interregionale IOTs zu aktuellen und Vorjahrespreisen. Die Herausforderung, eine Welt-IOT zu erhalten, als ob es nur ein Land gäbe, wurde gelöst durch:

- ▶ Deflationierung interregionaler IOTs über Wertschöpfungsketten mit einem gemeinsamen Basisjahr (1995) und durch eine
- ▶ Zusammenstellung deflationierter interregionaler IOTs in einer Region ohne Außenhandel.

Das Modell kann noch modifiziert und erweitert werden, je nach Verfügbarkeit neuer Daten oder neuer Informationen, aber die aktuelle Version bietet eine solide Basis, die als Rahmen für das europäische Modell dient.

2.2.6.2 Möglichkeiten und Hindernisse für die Integration weiterer Umweltindikatoren in MEDEAS

2.2.6.2.1 Rohstoffäquivalente/ Rohstoffverbrauch (RMC) in MEDEAS

Große Teile der Informationen, die zur Integration des Rohstoffverbrauchs (Raw Material Consumption, RMC) benötigt werden, sind Teil von MEDEAS, wie etwa:

- ▶ Fossile Energieträger,
- ▶ nichtmetallische Materialien, die für den Übergang zu erneuerbaren Energien relevant sind,
- ▶ Metallerze, die für den Übergang zu erneuerbaren Energien relevant sind
- ▶ Biomasse, auch wenn eine Umrechnung von Energie in Tonnen vorgenommen werden sollte.

Der RMC kann grundsätzlich aus MEDEAS abgebildet werden.

Abhängig von der Datensituation wäre auch eine weitere Aufschlüsselung nach Sektoren möglich, auch wenn die WIOD derzeit keinen Materialverbrauch pro Sektor ausweist.

2.2.6.2.2 Treibhausgasemissionen pro Einheit des BIP oder pro Kopf in MEDEAS

Diese Variable ist im Modell enthalten.

2.2.6.2.3 Endenergieproduktivität in MEDEAS

MEDEAS umfasst die Energieproduktivität von 35 Industrien und 5 Endenergiequellen. Der Endenergiebedarf wird endogen modelliert. In einem ersten Schritt führen die Energiekoeffizienten, das heißt, Energieintensitäten von 35 Sektoren und 5 Endenergiequellen, aus dem IOT zu einem bestimmten Energiebedarf. Wenn die Energieversorgung diesen Bedarf decken kann, bleibt das Wirtschaftssystem danach unverändert. Wenn der Energiebedarf an Endenergieträgern jedoch höher ist als die Endenergieversorgung, wäre der tatsächlich verbrauchte Energiebedarf niedriger, als es für das Wirtschaftswachstum erforderlich wäre. Infolgedessen passt die Energieproduktivität die realisierbare Wirtschaftsleistung für eine bestimmte Energiemenge an. Nach Erfüllung dieser Einschränkungen der Energieversorgung führen sie zu einem bestimmten Produktionsniveau.

2.2.6.2.4 Indikatoren auf Basis von Umweltkosten in MEDEAS

Derzeit wird ein hybrider Ansatz gewählt, der monetäre Input-Output-Tabellen zusammen mit Energieintensitäten verwendet, anstatt mit physischen Input-Output-Tabellen zu kalkulieren.

Ein Beispiel für einen Monetarisierungsansatz ist die Schadensfunktion in MEDEAS, die die monetären Verluste für jeden Wirtschaftszweig bei einem bestimmten Temperaturanstieg darstellt (eine alternative Version mit Energieverlusten anstelle von Geldverlusten wurde ebenfalls entwickelt). Derzeit arbeiten die Modelliererinnen und Modellierer von MEDEAS daran, die Kosten der Mitigationspolitik einzuschätzen und die Repräsentation der Regierung im Modell zu verbessern, was zu interessanten Ergebnissen bezüglich Subventionen, Steuern und anderen Variablen führen könnte.

2.2.6.2.5 Ökologischer Fußabdruck in MEDEAS

Es ist geplant, den Ecological Footprint (EF) in Weiterentwicklungen in das Modell zu integrieren. Zuerst könnte der ökologische Fußabdruck mit den Emissionen in Verbindung gebracht werden. Vielmehr ist es von großem Interesse, den Ecological Footprint sektoral zu integrieren. Hier muss mehr Forschung stattfinden, um den ökologischen Fußabdruck vollständig zu disaggregieren, z.B. die Entwicklung eines Landmoduls, Nahrungsnachfrage und -angebot, etc.

2.2.6.3 Möglichkeiten und Hindernisse für die Integration weiterer Wohlfahrtsindizes in MEDEAS

2.2.6.3.1 Gini-Index der Einkommensverteilung in MEDEAS

MEDEAS betrachtet die primäre Einkommensverteilung als ein exogenes Szenario. Obwohl die primäre oder funktionale Verteilung auf makroökonomischer Ebene einen deutlichen Einfluss hat, reicht es nicht aus, die personelle Einkommensverteilung zu beurteilen. Der Gini-Index für verschiedene Einkommensniveaus ist einer der zuverlässigsten und am häufigsten verwendeten Indikatoren in der Literatur. Weiterentwicklungen des Modells, bei denen Stichproben für breite Haushalte verwendet werden, um die Nachfrage genauer zu schätzen, könnten auch zu einer direkten Schätzung des Gini-Index in MEDEAS führen. Darüber hinaus kann er auch aus der funktionalen Einkommensverteilung abgeleitet werden, da dieser Indikator stark mit der personellen Einkommensverteilung verknüpft ist. Dies wird jedoch dadurch erschwert, dass diese Beziehung zwischen den Ländern und historischen Kontexten variiert, insbesondere auf globaler Ebene.

2.2.6.3.2 Wohlfahrtsindikatoren in MEDEAS

MEDEAS konzentriert sich auf die Analyse von Wirtschafts- und Umweltbeziehungen. Dennoch wird auch deutlich angesprochen, dass jede Bewertung verschiedener Szenarien die Integration verschiedener Wohlfahrtsindikatoren beinhaltet. Derzeit liegt der Schwerpunkt auf der Übersetzung der eher energetischen Variablen des Modells in "eine Reihe von Variablen, die Auskunft über sein soziales Ergebnis geben" (Capellán-Pérez et al. (2017), 180). Der aktuelle Ansatz besteht darin, ökologische Variablen mit sozial wünschenswerten Ergebnissen, wie zum Beispiel einer intakten Natur oder einer angemessenen Energieversorgung, zu verbinden und als Proxy zu verwenden. Derzeit werden die folgenden Variablen identifiziert:

- ▶ Gesamter Endverbrauch sowie Endverbrauch pro Kopf
- ▶ Gesamter Primär- sowie Treibstoffverbrauch pro Kopf
- ▶ Stromverbrauch pro Kopf
- ▶ Gesamtwasserverbrauch pro Kopf
- ▶ Potenzieller HDI-Wert bei gegebenem Energieverbrauch
- ▶ Verbrauch von RES pro Kopf
- ▶ Anteil der RES am gesamten Endverbrauch

- ▶ Jährliche Durchdringung der RES im gesamten End- und Primärenergieverbrauch
- ▶ Pro-Kopf-BIP
- ▶ Jobs im Zusammenhang mit RES-Technologien
- ▶ EROIs des Systems
- ▶ Treibhausgasemissionen pro Kopf
- ▶ Atmosphärische Treibhausgaskonzentrationswerte
- ▶ Temperaturerhöhung gegenüber vorindustriellem Niveau
- ▶ Netto-Primärproduktion (NPP), welche Aspekte von fünf der derzeit definierten planetarischen Grenzen integriert.

2.2.6.4 Hindernisse und neue Entwicklungen in MEDEAS

Zwei Haupthindernisse werden verursacht durch das Datenproblem auf globaler Ebene:

- ▶ Fehlende geografische Disaggregation
- ▶ Fehlende Integration anderer Umweltdimensionen, zum Beispiel im Zusammenhang mit planetarischen Grenzen

Die Integration dieser Indikatoren wird viel Forschung und Zeit in Anspruch nehmen. Da die meisten planetarischen Grenzen bereits überschritten sind und die Zeit läuft, könnte es sinnvoller sein, sich auf bestehende, klimaorientierte Ansätze zu konzentrieren.

Ein weiteres Hindernis bei der Änderung der Modelle könnte die Gewohnheit sein, sich auf ein wachsendes BIP zu konzentrieren. Stakeholder, die mit dem Ergebnis eines schrumpfenden BIP als Folge der Senkung des Energieverbrauchs auf ein nachhaltiges Niveau konfrontiert wurden, waren überrascht und stellten das Modell und die Ergebnisse in Frage. Die Fokussierung auf ökologische Zwänge statt auf das BIP und damit die Änderung der Modelle und der Ergebnisse geht einher mit einem Umdenken – sowohl der Modellierenden und Modellierer als auch der Stakeholder.

Bezüglich der Wohlfahrtsindikatoren nannten die Modellierer drei Hindernisse:

1. Soziale Indikatoren lassen mehr Interpretationsspielraum als Energie oder Material, insbesondere im Hinblick auf subjektives Wohlbefinden. Dennoch arbeiten die Modellierenden und Modellierer an der Integration eines Sozialmoduls in das Modell.
2. Innerhalb der Modellierungsgemeinschaft Energie-Wirtschaft-Umwelt gibt es eine Tendenz zu „harten Wissenschaftsprofilen“ – Sozialwissenschaften fehlen. Interdisziplinäre Teams wären hilfreich.
3. Kulturelle Barrieren: Wachstum wird oft gleichgesetzt mit Entwicklung. Derzeit verbalisiert das Team seine Ergebnisse und verwendet keine „harten“ Indikatoren, um etwa den Unterschied zwischen Degrowth und Rezession zu überwinden.

Zukünftige Entwicklungen von MEDEAS beinhalten eine Reihe von Indikatoren für soziale und ökologische Auswirkungen, wie etwa:

- ▶ Gerechtigkeitsindikator (monetär und energetisch). Tatsächlich wurde eine gerechte Ressourcenallokation als zentrales Element stabiler und nachhaltiger Szenarien festgestellt (Motesharrei et al., 2014).
- ▶ Nettobeschäftigungssaldo des Übergangs zu RES, das heißt, Berücksichtigung auch des Beschäftigungsverlustes bei NRE-Technologien.
- ▶ Flächennutzung nach Art pro Kopf (Wald, Ackerbau, erneuerbare Energien, Puffer für die biologische Vielfalt usw.), die es auch ermöglichen, Umweltauswirkungsindikatoren wie die Global Assessment of Human Induced Soil Degradation (GLASOD) zu berechnen.
- ▶ Materialverbrauch pro Kopf
- ▶ Lebenserwartung
- ▶ Ökologischer Fußabdruck

2.2.7 Das Modell NiGEM

2.2.7.1 Allgemeines zu NiGEM

Das NiGEM (National institute's Global Econometric Model) ist ein mehrfach adaptiertes Modell zu globalen ökonomischen Entwicklungen vom National Institute of Economic and Social Research aus Großbritannien. Mit einem der Autoren, Ian Hurst, wurde im Rahmen dieses Projekts ein Interview geführt.

2.2.7.1.1 Zweck von NiGEM

Eigenen Angaben zufolge handelt es sich dabei um das global führende makroökonomische Modell. Nutzer für vor allem Prognose-Anwendungen sind Politik und Wirtschaft weltweit. Gerade auch aktuelle Entwicklungen durch US Präsident Trumps Handelspolitik oder den Brexit werden in ihren potentiellen Auswirkungen mittels des NiGEM reflektiert. Das Modell wird kommerziell zur Nutzung angeboten und in Projekten weiterentwickelt.

2.2.7.1.2 Modellklasse von NiGEM

NiGEM gehört zur Klasse der Gleichgewichtsmodelle (GEM).

2.2.7.1.3 Theoretische Verortung von NiGEM

Grundannahme hinter dem Modell ist ein „New-Keynesian framework“ mit zukunftsgewandten Agenten, die verzögert auf die jeweiligen Rahmenbedingungen reagieren. Es können Entwicklungen der Vergangenheit variiert oder Entwicklungen der Zukunft auch stochastisch prognostiziert werden.

2.2.7.1.4 Struktur von NiGEM

Das NiGEM ermöglicht ökonomische Szenarien basierend auch auf Handelsbeziehungen von 60 Ländern und Regionen. Hierzu werden mehr als 6.000 Variablen betrachtet. Über Importfunktionen wurden in einzelnen Anwendungen umfangreichere Daten aus Input-Output-Tabellen berücksichtigt. Zentral sind BIP, Inflation, Arbeitslosigkeit und Handelsvolumina. Je nach Region

sind Staatshaushalt, Arbeitsmarkt, Binnennachfrage und Investitionen disaggregiert berücksichtigt. Auf der Website sind die für die jeweiligen Regionen berücksichtigten Variablen hierarchisch aufgeführt.³⁸

Indikatoren zur Wohlfahrt und Umwelt, wie im Rahmen dieses Projektes betrachtet, sind derzeit in NiGEM und seinen Adaptionen, soweit bekannt, nicht enthalten.

Stellschrauben für Szenarien können sich typischerweise auf Erwartungen hinsichtlich der Entwicklung von Zinsen, Handelsbeziehungen, Konsum, Löhnen, Finanzmärkten und Immobilienpreisen beziehen.

2.2.7.1.5 Datenfrequenz und -grundlage, Zeithorizont von NiGEM

Das NiGEM wird durch das National Institute of Economic and Social Research vierteljährlich aktualisiert. Wie zuvor angeführt, sind je nach Anwendung Daten aus umfangreichen Input-Output Tabellen importiert worden.

2.2.7.2 Möglichkeiten und Hindernisse einer Integration von Umweltindikatoren in NiGEM

Da die Wirtschaft und der Konsum hoch aggregiert und allenfalls partiell, beispielsweise die Energieerzeugung, disaggregiert abgebildet werden, ist eine Endogenisierung der Umweltindikatoren in NiGEM kaum möglich.

Grundsätzlich sehen die Autoren des Modells eine Herausforderung in der Verfügbarkeit von Daten, worunter auch etablierte Berechnungsweisen zur Bewertung von Auswirkungen von Wirtschaft und Konsum auf die jeweiligen Umweltindikatoren fallen dürften.

2.2.7.2.1 Rohstoffäquivalente in NiGEM

Rohstoffäquivalente in Tonnen (Raw Material Consumption (RMC), Raw Material Input (RMI) etc.) können in NiGEM keine Berücksichtigung finden, sondern allenfalls ein monetär bewerteter Aufwand für Rohstoffe, auch als Prognose durch hierfür zu disaggregierende Variablen des Modells.

2.2.7.2.2 Treibhausgasemissionen pro Einheit BIP oder pro Kopf in NiGEM

Eine Abbildung der Treibhausgase könnte nur abgeleitet als Ergebnis der differenziert dargestellten Energienutzung, nicht aber der Land- und Forstwirtschaft etc., erfolgen.

2.2.7.2.3 Endenergieproduktivität in NiGEM

Die Endenergieproduktivität könnte durch eine Ausdifferenzierung der Energienutzung aus NiGEM abgeleitet werden.

2.2.7.2.4 Ökologischer Fußabdruck versus Biokapazität in NiGEM

Allenfalls monetäre Umweltindikatoren könnten technisch durch Disaggregation von Staatsausgaben oder Konsumausgaben in das NiGEM aufgenommen werden, allerdings schränkt einer der Autoren im Interview ein, dass keine Rückkopplungen von physischer Umwelt in Form von Ökosystemdienstleistungen oder ähnliches zur Wirtschaft zurück berücksichtigt würden.

2.2.7.3 Möglichkeiten und Hindernisse einer Integration von Wohlfahrtsindikatoren in NiGEM

Wie bereits für die Integration von Umweltindikatoren gilt auch für Wohlfahrtsindikatoren, dass die monetären Indikatoren, soweit Daten verfügbar sind, rein technisch durch Disaggregation der Variablen des NiGEM integriert werden könnten, beispielsweise eine Einkommensverteilung

³⁸ Vgl. <https://nimodel.niesr.ac.uk/index.php?t=3>

oder Ausgaben für Bildung etc. Allerdings würden auch dabei Rückkopplungen etwa der Biokapazität oder der Gesundheit nicht berücksichtigt und viele der Wohlfahrtsindikatoren aufgrund der fehlenden physikalischen Umweltindikatoren wie Luftbelastung nicht endogenisiert werden können.

2.2.7.3.1 Nationaler Wohlfahrtsindex (NWI) in NiGEM

Der Nationale Wohlfahrtsindex kann in fast keinem seiner Elemente durch das NiGEM berechnet werden, da zum einen die Variablen zu hochaggregiert sind, und zum anderen die Zuordnung zwischen physikalischer Ursache und monetärer Auswirkung nicht möglich wäre, da keine physikalischen Variablen etwa zu Luftschadstoffen oder Kriminalitätsfällen in NiGEM vorgesehen sind.

2.2.7.3.2 Einkommensverteilung (Gini-Index) in NiGEM

Eine irgendwie geartete Einkommensverteilung könnte im NiGEM durch weitere Aufschlüsselung der Variablen integriert werden, indem etwa statt allgemeinen Beschäftigungseffekten ganz konkrete Beschäftigungsgruppen und Einkommensklassen sowie Haushaltseinkommen betrachtet und in der Folge ausgewertet werden.

2.2.7.3.3 Bildungsindex in NiGEM

Ein Bildungsindex könnte allenfalls aus monetären Größen und Beschäftigungsgruppen abgeleitet werden.

2.2.7.3.4 Healthy Life Years in NiGEM

Nicht monetäre Größen, wie die Healthy Life Years, können nicht aus NiGEM abgeleitet werden, da zwar Gesundheitsausgaben berücksichtigt werden können, aber keine nicht monetären Einflüsse auf die Gesundheit.

2.2.7.4 Wie realistisch ist eine entsprechende Weiterentwicklung von NiGEM?

Technisch betrachtet sind Haupthindernisse für eine Erweiterung des NiGEM das hohe Aggregationsniveau der Variablen und die eingeschränkten Möglichkeiten, Rückkopplungen auch als Voraussetzung für eine Endogenisierung von Indikatoren zu modellieren. Dazu kommen die grundsätzlichen Bedenken der Autoren, ob zu bestimmten Indikatoren Daten oder allgemein anerkannte quantifizierbare Wirkungszusammenhänge definiert sind. Daran schließt auch das weniger technische Argument der Autoren, dass eine Erweiterung des Modells von politisch neutraler Seite beauftragt werden müsste, da anderenfalls die Akzeptanz des Modells gefährdet wäre, wenn die Ergebnisse einem politischen Lager zugeordnet und darüber in der Öffentlichkeit und Fachwelt diskreditiert werden könnten.

Insgesamt sind die Modellierer aber offen für eine beauftragte Weiterentwicklung und Anwendung ihres Gleichgewichtsmodells.

2.2.8 Das Quest-Modell der EU-Kommission

2.2.8.1 Allgemeines zum Quest-Modell

2.2.8.1.1 Zweck des Quest-Modells

Das QUEST Modell – aktuelle Hauptversion ist QUEST III– ist das globale makroökonomische Politik-Simulationsmodell der Generaldirektion Wirtschaft und Finanzen der EU-Kommission (DG ECFIN). Es wird laufend von der DG ECFIN weiterentwickelt und an neue Fragestellungen ange-

passt, wobei der Code mancher einzelner Modellversionen im Rahmen referierter Veröffentlichungen und über die Macro Model Database³⁹ öffentlich verfügbar ist. Es existieren Modellvarianten auf dem Detailgrad einzelner Mitgliedsstaaten, aber auch für die EU als Einheit.

Das Modell wird insbesondere für Politiksimulationen in der EU verwendet, so etwa um die Auswirkungen struktureller Reformen in einzelnen Mitgliedsstaaten, die inländischen und EU-weiten Effekte fiskal- und geldpolitischer Maßnahmen, Fragen von Außenhandelsungleichgewichten zwischen den Mitgliedsstaaten oder die Wirkung der EU-Kohäsionsfonds einschätzen zu können. Je nach Fragestellung wird dafür das Grundgerüst modular erweitert und detailliert. Grundsätzlich ist das Modell schnell anpassbar, was sich auch an der hohen Aktualität der mit dem QUEST-Modell in Verbindung stehenden Publikationen zur jeweiligen Problemstellung zeigt.⁴⁰ Die interessierenden Zielgrößen sind dabei in der Regel monetäre Größen wie das BIP, das Preisniveau, das Staatsbudget und soziale Größen wie die Beschäftigung oder die Arbeitslosenquote; es werden aber häufig auch die gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrtseffekte von Politikmaßnahmen anhand der im Modell gemessenen Nutzenänderung der repräsentativen Haushalte betrachtet. Weiterführende soziale Faktoren und Umweltfaktoren spielen in der Basisversion des Modells keine Rolle. Eine Erweiterung zu einer „Green variant of QUEST“ (Conte et al. 2010) legt jedoch den Fokus auf den Umweltsektor und die Wirkungen von Politikmaßnahmen zur Förderung von Investitionen in CO₂-reduzierende Innovationen.

Das QUEST III ist ein mikrofundiertes Makrosimulationsmodell mit vergleichsweise hohem Detailgrad. Diese Form von Modellen gehört mittlerweile zum Standardwerkzeug in vielen internationalen Institutionen. Das QUEST wird von der EU-Kommission sehr häufig zur ex-ante und zur ex-post Evaluation von konkreten Politikmaßnahmen eingesetzt. Es hat daher eine vergleichsweise hohe Relevanz bei politischen Entscheidungsprozessen. Da die EU-Kommission auch ein wichtiger Akteur in der Umweltpolitik ist, könnten Weiterentwicklungen von QUEST unter stärkerer Einbeziehung von Umweltfaktoren auch eine gewichtige Rolle in diesem Handlungsfeld spielen.

2.2.8.1.2 Modellklasse und Theoretische Verortung des Quest-Modells

Das QUEST kann als Neukeynesianisches Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) Modell eingestuft werden. Typisch für diese Modellklasse ist, dass repräsentative Akteure wie private Haushalte oder Endprodukt- und Zwischenproduktfirmen auf Basis mikroökonomischer Optimierungskalküle – Nutzenmaximierung und Profitmaximierung – Konsum-, Spar-, Produktions-, und Arbeitsmarktentscheidungen treffen. Preise und Löhne sind dafür die entscheidenden Signale, die über Preis- und Substitutionselastizitäten der Akteure das gesamtwirtschaftliche Gleichgewicht auf den Arbeits- und Produktmärkten hervorbringen. Die Optimierung von Haushalten und Firmen erfolgt auf Basis rationaler, das heißt, modellkonsistenter Erwartungen mit Blick auf aktuelle und zukünftige Perioden intertemporal unter zeitlichen und finanziellen Budgetrestriktionen. Außerdem gibt es staatliche Institutionen wie die Zentralbank und den Staatshaushalt, die Zinsen, Steuersätze und Staatsausgaben regeln.

Triebfeder von Abweichungen von einem im Übrigen stabilen, gleichgewichtigen Wachstumspfad sind exogene stochastische Schocks, die zum Beispiel Preise, Technologien, Präferenzen der Haushalte oder staatliches Handeln betreffen und dann einen Anpassungspfad an ein neues oder an das alte Gleichgewicht bewirken. Dabei gilt, dass Schocks, welche die angebotsseitigen Produktionsbedingungen betreffen, wie Technologien, Produktivität oder Steuern den Gleichge-

³⁹ <https://www.macromodelbase.com/> [zuletzt abgerufen am 21.08.2018].

⁴⁰ Ein Überblick zu aktuellen Publikationen findet sich hier: https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/economic-and-fiscal-policy-coordination/economic-research/macro-economic-models_en#quest-bibliography [zuletzt abgerufen am 21.08.2018].

wichtspfad dauerhaft verschieben können. Nachfrageseitige Schocks, etwa durch den Staatskonsum, erzeugen lediglich kurzfristige Schwankungen und führen letztlich zurück zum ursprünglichen Gleichgewichtspfad. Die Existenz nachfrageseitiger Schocks ist das Neukeynesianische Element.⁴¹ Es entsteht aufgrund der Modellierung von Friktionen auf Arbeits-, Finanz- und Produktmärkten – darunter monopolistische Konkurrenz, institutionalisierte Lohnverhandlungen, Kreditbeschränkungen – sowie aufgrund von Anpassungskosten des Kapitalstocks, die den Anpassungspfad zurück zum Gleichgewicht verlangsamen und zumindest in der kurzen Frist unfreiwillige Arbeitslosigkeit erzeugen können.

Im Gegensatz zu anderen DSGE-Modellen zeichnen sich einige Varianten des QUEST III dadurch aus, dass langfristiges Wachstum kein exogener Faktor ist, sondern semi-endogen durch Entscheidungen zur Akkumulation von physischem Kapital und FuE-Kapital bestimmt wird, die auch staatlicherseits durch steuerliche Anreize oder Subventionen gefördert werden können (Roeger et al. 2008).

2.2.8.1.3 Struktur des Quest-Modells

Das QUEST III in der Version von Roeger et al. (2008) beinhaltet als Akteure die privaten Haushalte, Endproduktfirmen, Zwischenproduktfirmen, einen FuE-Sektor, eine fiskalpolitische und eine geldpolitische Instanz. Haushalte leben unendlich lange und agieren als Konsumenten, Arbeiter und Kapitaleigner. Sie maximieren ihren erwarteten lebenslangen Nutzen. Als Arbeiter besitzen sie eine von drei möglichen Qualifikationsstufen – low-skilled, medium-skilled, high-skilled – und bieten eine bestimmte Menge von Arbeitsstunden an. Als Kapitaleigner leihen sie Kapital an Firmen oder kaufen und verleihen Patente und erhalten dadurch entsprechende Zins-einkünfte. In Bezug auf die Konsumenteneigenschaft werden verschiedene Typen von Haushalten unterschieden: Zum einen jene, die liquiditätsbeschränkt sind und ihr gesamtes Einkommen aus Arbeit in derselben Periode komplett konsumieren und dadurch auch kein Kapital aufbauen können. Denn gibt es Haushalte, die ihren lebenslangen Konsum auf Basis ihres erwarteten Lebenseinkommens glätten und Spar- und Investitionsentscheidungen treffen, die ihnen Kapitaleinkommen und Einnahmen aus Patenten ermöglichen.

Endproduktfirmen sind Profitmaximierer und agieren auf einem Absatzmarkt mit monopolistischer Konkurrenz, das heißt, sie erwirtschaften eine Überrendite (mark-up) über die variablen Kosten, die zur Deckung von Fixkosten verwendet wird. Sie produzieren aus dem Einsatz der drei Arbeitsformen und aus Zwischenprodukten anhand von Produktionsfunktionen, die eine Substitution zwischen den Einsatzfaktoren je nach deren marginalen Produktivitäten und Kosten erlauben. Die Endproduktfirmen sollen dem Dienstleistungssektor entsprechen.

Zwischenproduktfirmen sind ebenfalls Profitmaximierer unter monopolistischer Konkurrenz. Sie produzieren das Zwischenprodukt aus dem Einsatz von Kapital und Patentlizenzen, welche von den Haushalten gegen eine bestimmte Verzinsung geliehen werden. Es gibt fixe Einstiegskosten in den Markt, die durch den mark-up gedeckt werden. Zwischenprodukt-Firmen werden mit der verarbeitenden Industrie gleichgesetzt.

Der FuE-Sektor maximiert seinen Gewinn aus dem Verkauf von Patenten. Diese werden durch den Einsatz hochqualifizierter Arbeit und durch den international und national vorhandenen Wissensstand „erzeugt“.

⁴¹ Im Vergleich zu neoklassischen DSGE Modellen, in denen es nur angebotsseitige Schocks gibt.

Der Staat besteuert den Konsum sowie Arbeits- und Kapitaleinkommen. Er kann sich außerdem bis zu einem gewissen Grad verschulden. Mit den Einnahmen deckt er Ausgaben für den allgemeinen Staatskonsum, staatliche Investitionen, die Arbeitslosenunterstützung, und Subventionen für physisches Kapital und FuE-Subventionen.

Die Geldpolitik folgt der üblichen „Taylor-Regel“, das heißt, sie setzt den Referenzzinssatz und steuert damit die Konsum-, Spar- und Investitionsentscheidungen, so dass die erwarteten Inflations- und Wachstumsraten sich bestimmten Zielwerten annähern.

2.2.8.1.4 Datenfrequenz und -grundlage, Zeithorizont des Quest-Modells

Grundsätzlich basiert das Modell auf einer Quartalsfrequenz. Es gibt eine vereinfachte Modellvariante, in der ein Großteil der Parameter anhand von Zeitreihendaten für den Euroraum geschätzt wird (Ratto et al. 2009). Für die meisten Politiksimulationen werden jedoch detailliertere Modellvarianten verwendet, deren höhere Komplexität dann eine Kalibrierung der Parameter erforderlich macht. Mit den kalibrierten Werten wird versucht, bestimmte stilisierte Fakten der zu modellierenden Wirtschaft wie etwa die Beschäftigungsquoten für die drei Arbeitsqualifikationsstufen oder die Mark-ups der Produktionssektoren zu treffen und gleichzeitig zu ermöglichen, dass das Modell zu einem stabilen Gleichgewicht konvergiert. Aufgrund der intertemporalen Optimierung und der komplexen Gleichgewichtsbedingungen ist dies in der Regel ein Balanceakt, der den möglichen Parameterraum einschränkt.

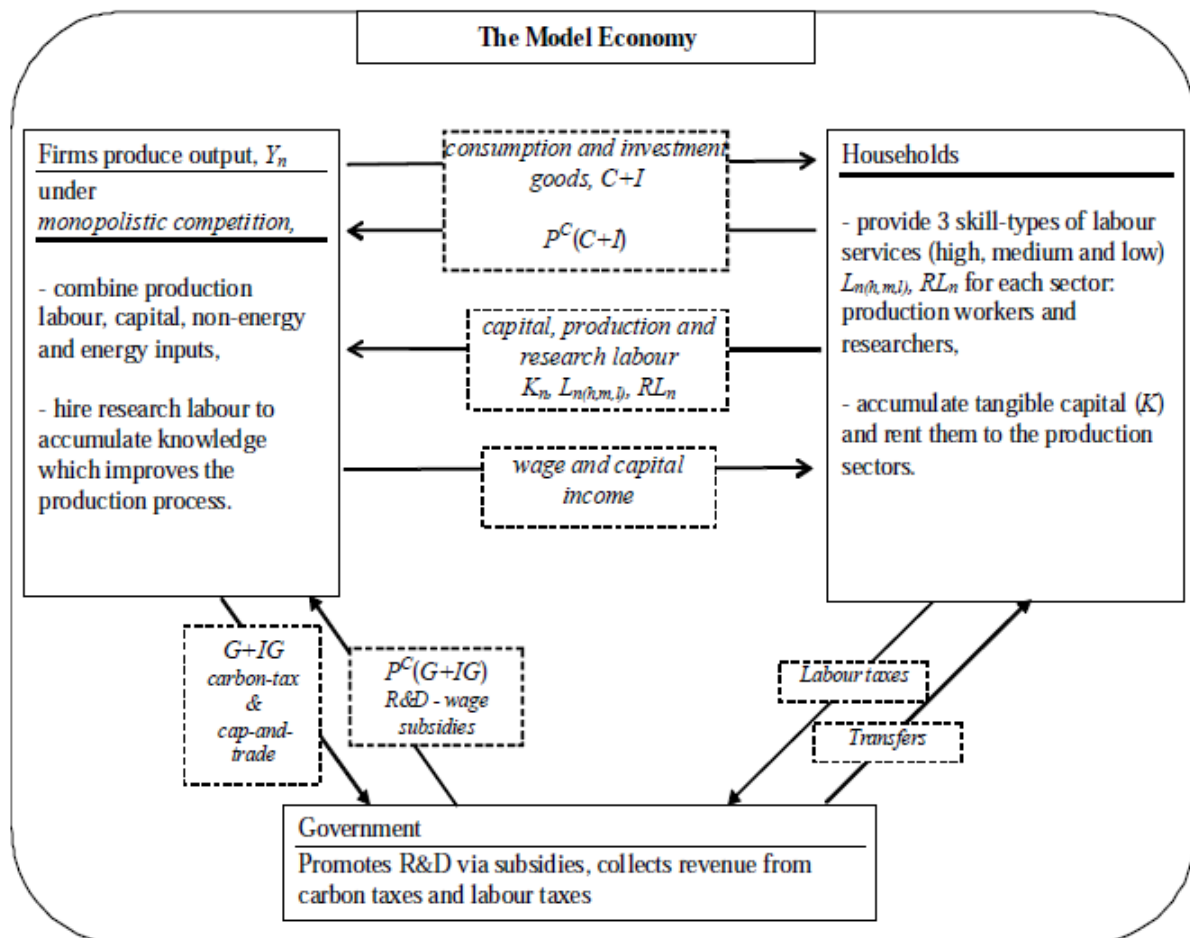
Der übliche Simulationszeitraum beträgt 200 Jahre, nicht, um Prognosen über einen solch langen Horizont zu machen, sondern weil bei einem solchen Planungshorizont mit großer Wahrscheinlichkeit eine Konvergenz der Erwartungen der Modellakteure mit dem Gleichgewichtspfad eintritt.

2.2.8.2 Möglichkeiten und Hindernisse einer Integration von Umweltindikatoren in das Quest-Modell

Die Möglichkeiten und Grenzen im Bereich Umweltfaktoren sollen anhand einer „grünen Modellvariante“ diskutiert werden (Conte et al. 2010). Diese Modellversion von QUEST III baut auf der oben beschriebenen Variante von Roeger et al. (2008) auf, wobei nur zwei Regionen modelliert werden: die EU und der Rest der Welt. Einen groben Überblick bietet Abbildung 7.

Der wesentliche Unterschied in Conte et al. (2010) besteht in der Detaillierung des Produktionsprozesses unter Einbezug von CO₂-Emissionen. In dieser Variante gibt es fünf produzierende Sektoren. Die Firmen produzieren mittels einer Kombination der unterschiedlich qualifizierten Arbeitsformen und physischem Kapital sowie Zwischenprodukten aus dem Energiesektor und dem Nichtenergiesektor. Energie wird teilweise mittels „schmutziger“ und erschöpflicher und teilweise mittels regenerativer Quellen erzeugt, die gegeneinander substituiert werden können. Der Nichtenergiesektor spaltet sich in einen energieintensiven und einen nicht-energieintensiven Bereich, wobei Ersterer eine Emissionsgrenze durch Zertifikatvergabe aufweist.

Abbildung 7: Das Quest-Modell



Quelle: Conte et al. (2010, S. 5)

Die intertemporal optimierenden Haushalte beziehen grundsätzlich die Lebensqualität guten Klimas oder umgekehrt die fehlende Lebensqualität schlechter Umweltbedingungen in ihre Nutzenfunktion ein. Die Umweltqualität hängt dabei vermittels der Durchschnittstemperatur negativ von der CO_2 -Konzentration ab. CO_2 wird als Proxy für sämtliche Umweltschäden verwendet. Umweltschäden verringern im Modell die Qualität der Freizeit.⁴² Allerdings ist Klimaschutz ein öffentliches Gut und wird aufgrund von Trittbrettfahrerverhalten von den Akteuren nicht in einem gesamtgesellschaftlich optimalen Umfang bereitgestellt. Hier liegt Marktversagen vor. Ähnlich verhält es sich mit Investitionen in umweltfreundliche Innovationen. Die Wissensproduktion hat positive externe Effekte, die ebenfalls über den Markt nicht internalisiert werden können. Investoren im Modell erwarten, dass sie die Renditen aus solchen FuE-Investitionen nur unzureichend werden abschöpfen können, weil öffentliches Interesse an der schnellen Verbreitung neuer Technologien die garantierten Monopolverdienste von Patentrenditen schmälert. Daher investieren sie weniger in grüne Innovationen als gesamtgesellschaftlich optimal wäre.

Diese beiden Formen des Marktversagens können im Modell durch staatliche Eingriffe korrigiert werden. Dabei spielen insbesondere Emissionszertifikate, eine CO_2 -Pigousteuer sowie die Senkung von Lohnsteuern und Subventionen für den R&D-Sektor eine tragende Rolle. Zwischen den

⁴² In ähnlichen Modellen mit alternativen Ansätzen wirken die Umweltschäden direkt auf die Produktivität des physischen und des Humankapitals (Nordhaus und Boyer 2000). Dieser Kanal entsteht hier indirekt über die verringerte Wohlfahrt der Haushalte bei höheren Umweltschäden.

Sektoren und ihren Produkten gibt es produktionsseitig und nachfrageseitig begrenzte Substitutionsmöglichkeiten. Durch Steuern und Subventionen ändern sich die Preise und folglich auch Angebot und Nachfrage. Dadurch kann ein struktureller Wandel hin zu einer emissionsärmeren Produktion befördert werden. Der wesentliche Treiber zur Verringerung von CO₂-Emissionen ist jedoch die Begrenzung durch den Zertifikathandel und die CO₂-Steuer. Durch die Emissionsziele ergibt sich zunächst auch ein im Vergleich zum status-quo ante geringerer Wachstumspfad. Die verschiedenen Optionen zur Verwendung der Einnahmen aus der Steuer und dem Zertifikathandel entscheiden vielmehr im Detail darüber, wie stark die betrachtete Wirtschaft schrumpft oder trotz Emissionsgrenzen innovationsgetrieben wächst, und wie sich die Gewinne und Verluste verteilen.

Es zeigt sich, dass in der „grünen QUEST-Variante“ von Conte et al. (2010) durchaus bereits komplexe Wirkungszusammenhänge zwischen Umweltfaktoren, Wirtschaft und Politik implementiert sind. Wie steht es aber um konkrete Erweiterungen im Rahmen des ausgewählten Indikatorensets?

2.2.8.2.1 Rohstoffäquivalente im Quest-Modell

Die Berechnung von Rohstoffäquivalenten für die Güterklassen im Modell sollte aufgrund der detaillierten Produktionsstruktur und der Modellierung des Auslandes grundsätzlich möglich sein. Zwar gibt es letztlich nur ein repräsentatives Endprodukt, aber dessen Rohstoffverbrauch kann sich strukturell wandeln, wodurch auch eine Geschmacksänderung der Verbraucher hin zu umweltfreundlicheren Produkten simuliert werden kann. Ein möglicher Wandel der Produktionstechnik durch „grüne“ Innovationen wurde bereits oben beschrieben.

2.2.8.2.2 Treibhausgasemissionen im Quest-Modell

Stellvertretend für alle Treibhausgase werden im grünen QUEST nur CO₂-Emissionen modelliert. Diese sind nicht nur eine Output-Größe sondern beeinflussen das Verhalten der Modellakteure. Sollte jedoch der strukturelle Wandel der Produktionstechnik aufgrund der steuerlich induzierten Innovationen unterschiedliche Wirkungen auf die Emission anderer Treibhausgase auslösen, z.B. weil die Anreize eben ausschließlich CO₂ betreffen, kann dies im Modell aktuell nicht berücksichtigt werden. Hier weitere Details einzubauen, würde eine konkretere Modellierung von differenzierten Produktgruppen erfordern. Grundsätzlich wäre dies möglich, ginge aber zu Lasten der Beherrschbarkeit des Modells.

Conte et al. (2010) bemerken, dass die rudimentäre Modellierung des Rests der Welt erhebliche Nachteile mit sich bringt: so kann nur unzureichend untersucht werden, inwiefern die stimulierten Investitionen im R&D-Sektor positive Spillover-Effekte auf die Produktionstechnologie in anderen Ländern auslösen. Umgekehrt fehlt eine genauere Analyse, inwiefern die schrumpfende Zertifikatvergabe und die Besteuerung eine Verlagerung hin zu emissionsintensiver Produktion im Ausland bewirken. Die CO₂-Emissionen des Auslands werden bei den Politiksimulationen in Conte et al. (2010) nicht berücksichtigt. An dieser Stelle wäre eine Detaillierung wohl sinnvoll, schließlich wirken Treibhausgase global. Sie erscheint auch möglich, denn andere QUEST-Varianten haben einen elaborierten Auslandssektor.

2.2.8.2.3 Endenergieproduktivität im Quest-Modell

Für den Einbezug der Endenergieproduktivität dürften die Voraussetzungen geschaffen sein. Aufgrund der Verwendung von Input-Output-Tabellen für die Kalibrierung des Modells liegen detaillierte Zahlen zu den stofflichen Verbräuchen für die verschiedenen Sektoren vor. Der eingebaute technologische Wandel der Produktionstechniken erlaubt es, veränderliche Energieproduktivitäten abzubilden. Diesen kommt auch eine steuernde Funktion im Modell zu, denn optimierende Firmen und Investoren werden produktivere Techniken nutzen.

2.2.8.2.4 Ecological Footprint versus Biocapacity im Quest-Modell

Diese Konzepte sind derzeit nicht umfänglich abgebildet. Mit den CO₂-Emissionen und der erschöpflichen fossilen Energiequelle sind jedoch wesentliche Elemente enthalten, die auch als Proxy für weitere Bestandteile dienen könnten. Die Berücksichtigung von Fortschritt in den Produktionstechnologien im Modell korrespondiert mit dem veränderlichen Ertragsfaktor bei der Berechnung der Biokapazität. Um den ökologischen Fußabdruck und die Biokapazität vollständig einzubinden, wäre zunächst eine detailliertere Modellierung des Auslands erforderlich. Wie oben beschrieben, ist dies grundsätzlich machbar.

Die erschöpfliche Energiequelle im Modell wächst angebotsseitig aufgrund einer angenommenen Entdeckungswahrscheinlichkeit von immer neuen Quellen mit konstanter Rate. Sie steht jedem Energieproduzenten jeweils exklusiv in einer bestimmten Menge zur Verfügung. Durch die jeweilige Zuweisung der Mengen zu diesen Firmen und deren angenommene intertemporale Optimierung kommt es, abgesehen von der fehlenden Internalisierung von CO₂-Externalitäten, nicht zu einer kurzfristigen Übernutzung aufgrund von Konkurrenz um die Quelle. Die Firmen bewirtschaften „ihre“ Quelle anhand von Preissignalen und Substitutionsmöglichkeiten optimal. Hier könnte man die Ausbeutung natürlicher Ressourcen realistischer umsetzen, indem man diese als Almende-Gut modelliert, welches durch Nichtausschließbarkeit aber Rivalität in der Nutzung gekennzeichnet ist. Dann gäbe es bei Firmen einen weiteren realistischen Mechanismus zur Übernutzung von Ressourcen.

Nachhaltige Schäden, z.B. der Biodiversität und des Naturkapitalstocks allgemein aufgrund von Überwirtschaftung werden im Modell explizit nicht berücksichtigt (Conte et al. 2010, S. 7). Diese könnten zumindest als exogene Schocks der Emissionen oder der fossilen Energiequellen angehängt werden.

2.2.8.3 Möglichkeiten und Hindernisse einer Integration von Wohlfahrtsindikatoren in das Quest-Modell

Das QUEST-III beinhaltet eine Wohlfahrtsfunktion des repräsentativen Haushalts. Diese hat nicht nur eine Indikatorfunktion, sondern bestimmt letztlich auch die Konsum-, Investitions-, und Arbeitsentscheidungen des Haushalts, der ja seine Wohlfahrt maximieren möchte. Die konkrete Ausgestaltung dieser Wohlfahrtsfunktion ist, wie üblich in DSGE-Modellen, recht einfach gehalten: Der Haushalt zieht Nutzen aus Konsum und Freizeit. In Conte et al. (2010) wird der Wert der Freizeit zusätzlich durch die ökologischen Bedingungen beeinflusst. Umfassendere Betrachtungen von Wohlfahrt könnten mit größerem oder kleinerem Aufwand integriert werden.

2.2.8.3.1 Nationaler Wohlfahrtsindex (NWI) im Quest-Modell

Die umweltseitigen Elemente des NWI wurden bereits oben zu einem großen Teil diskutiert. Die Einkommensverteilung, Ausgaben für Bildung und Gesundheit werden in den weiteren Abschnitten adressiert. Der Bereich häusliche und ehrenamtliche Arbeit würde einen größeren Umbau des Modells erfordern. Nicht nur müsste die daraus entstandene Wertschöpfung in die Output-Berechnung integriert werden. Auch müssten Preise und Substitutionsbeziehungen der häuslichen Arbeit gegenüber marktlichen Dienstleistungen ermittelt werden. Der schwierigste Teil bestünde aber sicher darin, eine geeignete Mikrofundierung für die Präferenzen der Haushalte zu modellieren, die z.B. ehrenamtliche Arbeit oder Pflege von Angehörigen in das Optimierungskalkül integriert.

Kosten von Verkehrsunfällen und Kriminalität sind sehr spezifische Einzelfaktoren, die wohl nur mit großem Aufwand adäquat integriert werden könnten. Vereinfacht könnten sie jeweils in ähnlicher Weise wie die CO₂-Emissionen (Verkehrsunfälle) und als zusätzliche Kosten von Arbeitslosigkeit (Kriminalität) betrachtet werden.

Die erforderlichen Daten von Teilindikatoren des NWI sind nicht für alle EU-Länder vorhanden. Zur Kalibrierung müssten dann ggf. Vergleichswerte aus ähnlichen Ländern herangezogen werden. In einer abgespeckten Variante könnte der NWI als Ganzes somit in das Modell integriert werden und Politiksimulationen könnten anhand der erweiterten Wohlfahrtswirkungen evaluiert werden.

2.2.8.3.2 Einkommensverteilung / Gini (für Haushaltsnettoäquivalenzeinkommen) im Quest-Modell

Auch Verteilungsaspekte lassen sich rudimentär in das QUEST einbauen. In Conte et al. (2010) ist die funktionale Verteilung bezüglich der reinen Faktoreinkommen von Arbeit und Kapital aufgrund der Unterstellung einer Cobb-Douglas Produktionsfunktion zwischen beiden Faktoren grundsätzlich unveränderlich: Variieren die relativen Preise von Arbeit und Kapital um einen bestimmten Prozentsatz, passen sich die Faktoreinsatzmengen im gleichen Umfang an (Faktorsubstitutionselastizität von 1), sodass die Lohnquote und Profitquote konstant bleiben. Allerdings werden im QUEST „overhead labor costs“ unterstellt, die die strenge Cobb-Douglas-Annahme zu einem gewissen Grad abschwächen und Veränderungen der funktionalen Verteilung in gewissem Umfang erlauben. Dies ließe sich durch eine realistischere CES Produktionsfunktion mit geringerer Faktorsubstitutionselastizität noch variabler gestalten. Aufgrund der monopolistischen Konkurrenz auf den Gütermärkten existieren obendrein Renten, die ebenfalls als Kapitaleinkommen gelten und somit die funktionale Verteilung vom Monopolgrad abhängig machen.

Auf Haushaltsebene existieren Unterschiede in den Einkommen der Haushalte anhand von zwei Dimensionen. Zum einen unterscheiden sich die Stundenlöhne und Beschäftigungsquoten anhand der drei Qualifizierungsstufen (niedrig, mittel und hoch), wobei die Niedrigqualifizierten nicht nur geringere Löhne sondern auch eine höhere Arbeitslosenquote aufweisen. Zum anderen gibt es unter den Niedrigqualifizierten eine Gruppe von kreditbeschränkten Haushalten, die stets ihr gesamtes Einkommen konsumieren und folglich auch keinen Kapitalstock aufbauen können, der eine Rendite abwerfen würde. Da das Modell mit entsprechenden Bevölkerungsanteilen dieser Haushaltstypen kalibriert wird, könnte ein Verteilungsmaß für die Einkommensverteilung zwischen den Gruppen errechnet werden. Dieser Index würde freilich die teils erheblichen Einkommensunterschiede innerhalb der Gruppen ausblenden und könnte somit nicht mit dem üblichen Gini-Index auf Basis von Haushaltsbefragungen oder Steuerdaten verglichen werden. Insbesondere ließe sich mit dem Modell die hohe Konzentration von Kapitaleinkommen in der Spitze der Einkommensverteilung wohl nicht adäquat abbilden.

Anhand der Simulationen in Conte et al. (2010) lassen sich ein paar allgemeine Aussagen zu den Wirkungen von umweltpolitischen Maßnahmen treffen: Es existiert häufig ein trade-off zwischen den Umweltzielen und den Verteilungszielen. Wird z.B. eine Erhöhung des Preises für CO₂-Emissionen beschlossen (etwa über eine CO₂-Steuer oder über eine Verknappung von Zertifikaten), so trifft diese Maßnahme ärmere Haushalte anteilig an ihrem Einkommen am stärksten. Mengensteuern wirken in der Regel regressiv. Werden die staatlichen Mehreinnahmen dann für Subventionen im R&D-Sektor und Lohnsteuersenkungen verwendet, kommt dies in erster Linie besserverdienenden hochqualifizierten Beschäftigten und Kapitaleinkommen zu Gute.

2.2.8.3.3 Bildungsindex im Quest-Modell

Bildung ist im QUEST-Modell in Form von Humankapital integriert. Dieses manifestiert sich anhand der drei Qualifizierungsstufen von Arbeit. Es gibt allerdings keine direkte Form von Bildungsinvestitionen, die Haushalte haben keine Möglichkeit, endogen ihr Humankapital zu verändern. Vielmehr können Bildungsschocks simuliert werden, die die Anteile der jeweiligen Qualifizierungsgruppen verändern.

Es erscheint nicht ausgeschlossen, aber es wäre wohl mit größerem Aufwand verbunden, die Humankapitalbildung als endogenen Faktor in das Modell zu integrieren. Strukturell müssten dann Ausbildungskosten als Investitionen in das Humankapital in das Modell integriert werden. Diese ermöglichen die Einstufung in einer der drei Qualifizierungsstufen. Da die Entlohnung der jeweiligen Stufen auch von der Konkurrenz auf dem Arbeitsmarkt und der Nachfrage abhängt, sollte sich ein Gleichgewicht mit Existenz aller drei Arbeitsformen einstellen. Gleichzeitig müsste in die zeitliche Budgetbeschränkung des Haushaltes neben Arbeits- und Freizeit auch Ausbildungszeit integriert werden. Das allgemeine Bildungsniveau eines Landes könnte außerdem, äquivalent zum Einfluss der CO₂-Emissionen, den Nutzen von Freizeit positiv beeinflussen. Weiterhin wäre an eine genauere Modellierung des Staatskonsums zu denken, der ja zu einem erheblichen Teil Bildungsausgaben beinhaltet. Veränderungen dieser Ausgaben hätten dann investiven Charakter verbunden mit langfristigen Wachstumswirkungen. DSGE Modelle mit endogenen Wachstumseffekten auf Basis von Humankapitalakkumulation existieren bereits seit längerem und könnten hier entsprechende Vorlagen liefern (vgl. etwa Torres Chacon 2015).

2.2.8.3.4 Healthy Life Years im Quest-Modell

Zur Vereinfachung haben die Haushalte im QUEST ein unendliches Leben. Es gibt auch keine explizite Modellierung von Gesundheitszuständen. Gesundheit spielt in der Version von Conte et al. (2010) nur im Zusammenhang mit den CO₂-Emissionen eine Rolle, da sie die Durchschnittstemperatur beeinflussen und darüber den Nutzen von Freizeit schmälern. Dies könnte auch als ein Proxy für Gesundheit interpretiert werden. Etwas spezifischer könnte der Gesundheitszustand – analog zum Faktor Bildung – als Bestimmungsgröße des Humankapitals modelliert werden.

2.2.8.4 Wie realistisch ist eine entsprechende Weiterentwicklung des Quest-Modells?

Generell lässt sich festhalten, dass das „grüne QUEST-III-Modell“ eine gute Grundlage für die Implementierung von weiteren Umwelt- und Wohlfahrtsfaktoren darstellt. Es gäbe nur wenige technische Barrieren, die letztlich auf einen Trade-Off zwischen Detailgrad und Handhabbarkeit des Modells hinauslaufen. Der Flaschenhals ist hier die intertemporale Optimierung, die eines komplexen Lösungsalgorithmus bedarf, der in Modellen mit einfachen adaptiven Erwartungen nicht von Nöten ist. Andererseits erlaubt diese Eigenschaft, die Wohlfahrtseffekte einer nachhaltigen Ressourcennutzung explizit und endogen zu modellieren.

Eine andere Frage ist jedoch, ob seitens der Nutzer und Modellierer ein Interesse besteht, das QUEST-III in dieser Hinsicht weiterzuentwickeln. Gemäß dem Interview mit Werner Roeger hängt dies insbesondere davon ab, inwiefern die EU-Kommission Bedarf an derartiger Forschung sieht und entsprechende Ressourcen dafür bereitstellt. Das Beispiel von Conte et al. (2010) zeigt, dass grundsätzliches Interesse vorhanden ist. Allerdings ist das Papier die bislang einzige uns bekannte Anwendung von QUEST auf den Umweltbereich, während andere Fragestellungen, wie die Wirkung von Konjunkturprogrammen, strukturellen Reformen und allgemeinem technologischen Wandel wesentlich intensiver erforscht wurden. Der Fokus in Conte et al. (2010) liegt außerdem nicht direkt auf den Umweltfaktoren. Vielmehr wird untersucht, welche Politikmaßnahmen angesichts der von der EU angestrebten Klimaziele das höchste langfristige Wachstum des BIP erzeugen.

Eine Weiterentwicklung durch Modellierer außerhalb der Kommission ist grundsätzlich denkbar, da der Code einzelner Modellvarianten öffentlich verfügbar ist. Fraglich ist jedoch, welchen Einfluss ein solcher Ableger hätte.

3 Fazit

3.1 Auswertung der Modellanalysen

Als Ergebnis von AP I wurden im Projekt eine Reihe von Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren beziehungsweise -indices vorgeschlagen, die als Grundlage einer Prüfung und als erste Vorschläge dienen sollten, wie diese beiden Dimensionen in bestehende Modellierungen eingepasst werden könnten. Dazu wurden im Umwelt- und im Wohlfahrtsbereich jeweils unterschiedliche Auswahlkriterien zugrunde gelegt:

- ▶ Im Bereich Umwelt wurde zunächst eine systematische Zusammenstellung von acht Dimensionen der Umweltindikatorik vorgelegt, mit jeweils beispielhaften Umsetzungen in Einzelindikatoren:
 - Naturkapital;
 - Physische Indikatoren zum Input in Wirtschaft und Gesellschaft;
 - Physische Indikatoren zum Impact auf Ökosysteme;
 - Monetäre Indikatoren zum Impact auf Ökosysteme, Umweltschadenkosten;
 - Monetäre Umweltindikatoren;
 - Investitionen in Naturkapital;
 - Leistungen von Ökosystemen;
 - Physische Indikatoren zum Impact auf menschliche Gesundheit und Lebensqualität.
- ▶ In einem zweiten Schritt wurden Umweltindikatoren zusammengestellt je nach Nähe der Modelle zum Thema Umwelt, in die die Indikatoren eingepasst werden könnten:
 - Indikatoren für Modelle mit bislang keinem oder kaum Bezug auf Umweltfragen;
 - Indikatoren mit bereits bestehenden Anknüpfungspunkten zu Umweltfragen;
 - Indikatoren zur Erweiterung von Modellansätzen, die explizit zur Berücksichtigung von Umweltfragen generiert wurden.
- ▶ Zur Dimension Wohlfahrt wurden die Vorschläge nach zwei unterschiedlichen Ebenen der Komplexität strukturiert:
 - Wohlfahrtsindices, wobei hier auf den Nationalen Wohlfahrtsindex (NWI) besonderes Augenmerk gerichtet und zum Teil auch die Integrierbarkeit seiner Einzelkomponenten geprüft wurde, und
 - Indikatoren, die quasi als „pars pro toto“ paradigmatisch jeweils für einen größeren Teilbereich der Wohlfahrt stehen könnten: Verteilung, Arbeitslosigkeit, Gesundheit, Bildung, Good Governance.

Die prinzipielle Frage der Integrierbarkeit der Indikatoren und Indices aus dem Umwelt- und Wohlfahrtsbereich ist im Grunde eine erkenntnistheoretische Frage. Eine Einbeziehung in bestehende Modelle – oder alternativ die Konstruktion neuer Modelle – hängt zuerst von der Frage ab, welche Stellenwert diese Faktoren bei der Erklärung der Zusammenhänge spielen, die das jeweilige Modell abbilden soll: Werden damit solche Erklärungen (nur) präzisiert oder werden damit ganz neue Horizonte für mögliche Erkenntnisse erschlossen? Wird das Modell im Rahmen seiner bislang bestehenden Intentionen (nur) verfeinert oder transzendiert der Einbezug neuer Indikatoren und Indizes diese ursprünglichen Intentionen?

Im folgenden Abschnitt sollen die Erkenntnisse der Modellanalysen im Blick auf die Integrierbarkeit der Vorschläge noch einmal zusammenfassend betrachtet und herausgearbeitet werden, wo sich Anknüpfungspunkte für eine Erweiterung der Modellierung in Richtung Umwelt, respektive Wohlfahrt identifizieren ließen. Dabei bilden die hier ausgewählten acht Modelle eine breite Spanne repräsentativer Modellierungsansätze ab, die Ergebnisse ließen sich fallweise auch auf andere, den ausgewählten Modellen strukturell und methodisch ähnliche Modelle übertragen. Die nachstehende kurze Charakterisierung der acht Modelle muss mit Anhang 4 zusammen betrachtet werden, der in einer tabellarischen Übersicht über bestehende und potenzielle Kopplungen von Modellen mit Indikatoren und Indices Auskunft gibt. Dabei lässt sich in einer Spaltenbetrachtung die Anpassungsfähigkeit der jeweiligen Modelle beurteilen, während die Zeilen über die Adaptionfähigkeit der im Projekt ausgewählten Indikatoren und Indizes Auskunft geben. Hier wird gezeigt, wie gut die Indikatoren und Indices in die Modellierung eingebunden werden können, ob eine Endogenisierung ganz oder zumindest teilweise möglich ist oder „nur“ eine exogene Ausweisung. Dabei zeigt sich wenig überraschend, dass Modelle, die von vornherein eine ökologische Perspektive haben, in der Frage der Integrierbarkeit zusätzlicher Indikatoren auch leichter zu handhaben sind als Modelle, welche ausschließlich oder überwiegend klassisch-ökonomische Zielsetzungen verfolgen.

- ▶ Vielversprechend erscheint das Modell E3ME, das als integrierte makro-ökonomische Modellierung von Volkswirtschaften und deren Wechselwirkungen mit der Umwelt im Prinzip mit der Zielsetzung der vorliegenden Arbeit übereinstimmt. Das Modell ist bereits schrittweise um Komponenten und Satellitenmodelle erweitert worden, wodurch die Einbeziehung von zusätzlichen Umweltkosten und Wohlfahrtsaspekten möglich wurde. Eine Weiterentwicklung des Modells erscheint – bei entsprechender Nachfrage – durchaus möglich.
- ▶ Das NAWM als neoklassisches DSGE erlaubt die Berechnung von Simulationen wirtschaftlicher Variablen. Finanzmarkt und Arbeitslosigkeit sind hier bereits als mögliche Erweiterungsdimensionen diskutiert worden. Bei bestimmten Umweltkomponenten erschien eine rein exogene Modellierung denkbar. Um jenseits der Simulation wirtschaftlicher Folgen der Veränderungen des Ölpreises zu modellieren, erscheint eine grundlegende Überarbeitung des Modells erforderlich, wollte man Umwelt- oder Wohlfahrtsfaktoren einbeziehen.
- ▶ PANTA RHEI erfasst längerfristige Veränderungen ökonomischer Strukturen und auch einige Interdependenzen im Blick auf die natürliche Umwelt. Insbesondere ein Teil der Umweltkosten kann bereits im Modell betrachtet werden. Darüber hinaus erscheinen insbesondere Wohlfahrtsaspekte nicht einfach in ein derart umfangreiches Modell einzupassen; ausgeschlossen erscheint es jedoch nicht. Insbesondere ein großer Teil der NWI-Komponenten

ist derzeit nicht integrierbar. Bei vom Modell weiter entfernten Komponenten könnte es vorteilhafter sein, Daten zwischen unterschiedlichen Modellen zu miteinander in Beziehung zu setzen und nicht innerhalb des Modells zu integrieren.

- ▶ Das Modell WoW ist ein systemdynamisches Modell mit einer spezifischen Zielsetzung: Es soll analysiert werden, wie sich soziale, ökologische und ökonomische Indikatoren entwickeln, wenn das BIP in einer Volkswirtschaft nicht mehr oder jedenfalls nur noch sehr langsam wächst. Damit ist die Zielsetzung der gesellschaftlichen Entwicklung mit einer forschungsleitenden Frage verknüpft, die den Weg zum Ziel beschreiben soll, und in das Modell sind bereits einige soziale, ökologische und ökonomische Indikatoren integriert, die zur Beantwortung der Frage erforderlich sind. Weitere Umwelt- und Wohlfahrtsindizes könnten an das Modell angedockt werden, wobei bestimmte Module hier noch zusätzlich entwickelt werden müssten. Als möglich wird eine Umstellung des Modells auf einen input-output-basierten Ansatz erachtet, der jedoch als sehr aufwändig eingeschätzt wird.
- ▶ Das IMK-Modell ist ein hochaggregiertes makroökonomisches Partialmodell, das für Konjunkturprognosen und für wirtschaftspolitische Simulationen eingesetzt wird. Das Modell enthält bislang keinerlei Umweltkomponenten. Treibhausgasemissionen, Endenergieproduktivität könnten allenfalls berücksichtigt werden, von der Integration von Verteilungsindikatoren könnte das Modell auch in seiner ursprünglichen Zielsetzung profitieren, wohingegen kein stabiler Zusammenhang zwischen dem IMK-Modell und dem NWI als Beispiel eines Wohlfahrtsindex erwarten werden kann. Eine stärkere Berücksichtigung von Umwelt- und Wohlfahrtsaspekten im Modell wird aber als eine zukünftige Aufgabe bei der Entwicklung des Modells gesehen.
- ▶ Schließlich zeigt das MEDEAS-Modell in seiner Programmatik gewisse Ähnlichkeiten zum WoW-Ansatz: Trends der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung innerhalb der EU sollen dahingehend untersucht werden, welchen Verlauf sie bei einer Einhaltung der ökologisch, biophysikalischen Grenzen nehmen würden. Die Wirtschaft wird in MEDEAS nach einem post-keynesianischen Ansatz modelliert, die Wirtschaftsstruktur wird durch die Integration von Input-Output-Tabellen erfasst. Rohstoffverbrauch, Endenergieproduktivität und Umweltkosten sind Teil von MEDEAS.
- ▶ NiGEM wird als Gleichgewichtsmodell vor allem für makroökonomische Prognose-Anwendungen eingesetzt, und zwar weltweit. Haupthindernisse für eine Erweiterung von NiGEM sind das hohe Aggregationsniveau der Variablen und die eingeschränkten Möglichkeiten, Rückkopplungen zwischen den Indikatoren zu berücksichtigen. Die Modellierer halten eine Beauftragung der Weiterentwicklung von neutraler Seite für erforderlich, da andernfalls die Akzeptanz des Modells gefährdet werden könnte.
- ▶ QUEST ist das globale makroökonomische Politik-Simulationsmodell der DG ECFIN der EU. Es soll die Auswirkungen struktureller Reformen der EU in den einzelnen Mitgliedsstaaten analysieren. Gesamtwirtschaftliche Wohlfahrtseffekte von Politikmaßnahmen sind ebenso im Fokus wie Auswirkungen von Reformen auf einzelne makroökonomische Indikatoren. Es gibt eine „grüne“ Variante von QUEST, bei der Umweltvariablen und Politikmaßnahmen zur

Förderung von Investitionen in die Reduktion von Treibhausgasemissionen untersucht werden können. QUEST ist an vielen Punkten sehr offen für die Integration von Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren und -indices, andere Komponenten wie bestimmte Teile des NWI ließen sich nur mit sehr großem Aufwand integrieren. Insgesamt erscheint das „grüne“ QUEST-III-Modell jedoch als gute Basis zur Integration von weiteren Umwelt- und Wohlfahrtsaspekten.

3.2 Allgemeine Überlegungen

3.2.1 Hindernisse und begünstigende Faktoren der Integration von Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren

Im Rahmen unseres Projekts haben wir untersucht, inwieweit Indikatoren zur Messung von Umwelteinflüssen und Wohlfahrt in Modelle zur Beurteilung von wirtschaftlichen Auswirkungen Einzug halten können. Dabei sind im Zuge der Interviews und Fachgespräche eine Reihe nicht nur technischer Hindernisse genannt worden:

- ▶ Viele Daten sind nicht (zeitnah) verfügbar.
- ▶ Manche Daten sind nicht international vergleichbar.
- ▶ Das Modell ist vom Ansatz her nicht erweiterbar, etwa kann es begrenzte Möglichkeiten geben, Rückkopplungen in Gleichgewichtsmodelle einzubauen oder bei zu großen Modellen die Interdependenzen eines zusätzlichen Indikators nachzuzeichnen.
- ▶ Die ursprünglichen Modellierer sind nicht verfügbar.
- ▶ Die Messbarkeit beziehungsweise Quantifizierbarkeit einiger wichtiger Aspekte wird in Frage gestellt.
- ▶ Zusammenhänge werden als nicht gesichert angesehen, beispielsweise, ob überhaupt ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Verkehr und Gesundheit angesichts vieler weiterer Faktoren besteht.
- ▶ Manche Implikationen werden als unklar angesehen, zumeist hinsichtlich der Quantifizierbarkeit von Zusammenhängen, etwa der Nutzen von Ökosystemleistungen.
- ▶ Strukturbrüche in der wirtschaftlichen Entwicklung sind schwer zu berücksichtigen.
- ▶ Der Zeithorizont einiger Auswirkungen mit mehr als 50 Jahren ist für viele Modellierer und auch potenzielle Nutzer heute nicht von Interesse. Daran schließt die Frage der unterschiedlichen Zeithorizonte stärkerer Veränderungen von Variablen an: Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren ändern sich in manchen Bereichen eher längerfristig, Modelle der Konjunkturprognostik sind eher auf Kurzfristigkeit angelegt.
- ▶ Auftrag und Interesse an einer Weiterentwicklung der Modelle beziehungsweise sind bislang nicht (ausreichend) erkennbar.
- ▶ Die Denkweise klassischer Ökonomen ist zum Teil nicht offen für externe Nebenwirkungen und ökologische Fernwirkungen.

- ▶ Die Erweiterung um Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren und -indizes wird von diesen Akteuren als politisch nicht neutral wahrgenommen.

Diese Hindernisse erscheinen aber nur vermeintlich als unveränderlich. Wenn wir auf die genannten Einzelgründe und potentielle Gegenmaßnahmen im Wirkungszusammenhang blicken, erkennen wir im Endergebnis eine reelle Chance für eine alternative Bewertung der Entwicklung unserer Wirtschaft und unserer Gesellschaft.

Die Analyse zeigte auf der anderen Seite ein paar konkrete, im Workshop und den Interviews genannte Hebel, die Dynamik „pro alternative Indikatoren“ anzukurbeln:

- ▶ Kriterien für die Bewertung der Daten und Zusammenhänge sollten nicht von einzelnen Modellierern, sondern auf einer breiteren Basis bestimmt werden, etwa im Zuge einer Einbeziehung der Fachcommunity durch Befragungen.
- ▶ Die Ökonomie kann aus einer moderneren Sicht, die eine umfassendere Perspektive auf Wohlfahrt bietet, bessere Narrative als das einseitige Ziel des Wirtschaftswachstums bieten, welche inzwischen auch auf die Nachfrage in weiteren Kreisen der Gesellschaft stoßen, jenseits der klassischen ökonomischen Experten und Schulen.

Hilfreich wären Pilotprojekte, in denen beispielsweise das BMU Modellentwicklungen über Projekte initiiert und finanziert, wo sich gute Anknüpfungspunkte inhaltlich, methodisch und von den beteiligten Modellierern her ergeben. Entsprechende Optionen können durch die vorliegende Machbarkeitsstudie untermauert werden:

- ▶ Ein guter Ansatzpunkt wäre, Teilbereiche wie Klimaschutz in ihrer Bedeutung für die Modellierung von Wirtschaftswachstum stärker zu berücksichtigen.⁴³
- ▶ Eine Berücksichtigung hoch aggregierter Indizes ist in der Modellierung besonders schwierig, da sie von vielen Einzelvariablen abhängen; das würde aber die öffentliche Wahrnehmung erhöhen.
- ▶ Eine neue Orientierung der ökonomischen Modellbildung an „Big Data“ einschließlich der damit verbundenen Aufgabe, wie entsprechende Informationsquellen besser genutzt werden könnten, eröffnet ein „Window of opportunity“ – so etwa für eine Einbeziehung von Klimadaten, Änderungen der Rohstoffnutzung oder von sogenannten ökologischen Rucksäcken der Produktionsfaktoren. Dazu müsste die zentrale Bedeutung von Umweltvariablen von den Modellierern anerkannt werden.
- ▶ Dazu gehört auch, bislang separate Modelle mit vergleichbarem Aggregationsniveau zusammen zu bringen, um Berührungspunkte und Synergien zu testen, beispielsweise ausgehend von der Rohstoff-Inanspruchnahme, deren wirtschaftlichen Kosten und ökologischen Folgekosten.

⁴³ Zumal jüngere Untersuchungen umgekehrt gezeigt haben, dass selbst die vom IPCC verwendeten Klimamodelle quasi automatisch und immer von einem steigenden Wirtschaftswachstum ausgegangen sind und daraus auf die THG-Emissionen geschlossen haben (vgl. Spangenberg/Polotzek 2019).

- ▶ Wichtig wäre auch die Förderung dialogorientierter Veranstaltungen zwischen ModelliererInnen unterschiedlicher Modellierungsansätze sowie deren AnwenderInnen, ebenso wie
- ▶ die Förderung des Dialogs zwischen VertreterInnen sogenannter Postwachstumsansätze, Beyond-GDP-Initiativen sowie wachstumsbasierten Ansätzen.

3.2.2 Zur Wahl einer zukünftigen Modellierungs-Strategie

Neben der Auswahl einzelner Modelle stellt sich natürlich die Frage, welche Modellklassen für eine Integration von Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren beziehungsweise -indices besonders gut sind. Inwieweit Gleichgewichtsmodelle bei einem Ausbau auch zur Berücksichtigung von Rückkopplungen geeignet sind oder hierfür systemdynamische Modelle nicht ungleich einfacher zu nutzen wären: Da diese vielleicht in der Mainstream-Ökonomie bislang nicht verbreitet sind, wäre ein solcher Versuch eine spannende Frage, basierend auf den Ergebnissen dieses Projekts. Die Auswertung der Modell-Analyse hat ja ergeben, dass offenkundig SDM-Modelle sehr gut geeignet sind, um langfristige Entwicklungen abzubilden. Gezeigt werden konnte auch, dass die meisten dieser Modelle an der Schnittstelle zu MEM-Modellen verortet werden. Hierdurch wird zum Teil versucht, Finanzflüsse abzubilden, zwei Modelle verfolgen hier den Ansatz einer Verbindung mit Input-Output-Tabellen. Auch bei der Änderung der Landnutzung, die gerade in der Verbindung von ökonomischen und ökologischen Aspekten eine der entscheidenden langfristigen Zukunftsfragen sein kann, schneiden bislang die MEM- und SDM-Modelle relativ besser ab. Sinnvoll könnte darüber hinaus sein, öffentliche Ausgaben für Umwelt- und Klimaschutz sowie für das Gesundheits- und das Bildungswesen sowie für Forschung und Entwicklung, also in größerer Detailtiefe, in den Modellen abzubilden, um die entsprechenden Politikbereiche auch gezielt adressieren zu können.

Generell stellt sich die oben angesprochene erkenntnistheoretische Frage nochmals in zweifacher Ausprägung: Erstens, ob eine Integration von Umwelt- und Wohlfahrtsindikatoren tatsächlich das „höchste Ziel“ wäre, oder ob eine exogene „Andockung“ an das jeweilige Modell nicht auch schon viel bringen würde, um eine bessere Berücksichtigung zu erreichen. Man hätte dann beispielsweise Satellitensysteme mit Zusatzinformationen über die prognostizierte wirtschaftliche Entwicklung, was Umweltverschlechterungen oder -verbesserungen sowie entsprechende Kosten anbelangt

Zweitens, um es auf den Punkt zu bringen: Angesichts der zunehmenden Überschreitung planetarer Grenzen stellt sich die grundsätzliche Frage der Relevanz und auch der Legitimation derjenigen makroökonomischen Modelle, die keinerlei natürliche Umwelt berücksichtigen. Wie soll die Entwicklung makroökonomischer Indikatoren verstanden und eingeordnet werden, wenn nicht einmal bekannt ist, ob damit eine Verschlechterung oder Verbesserung der Umweltsituation einhergeht, zum Beispiel im Blick auf die bei der Weltklimakonferenz in Paris verabschiedeten Zielsetzungen?

Angesichts abnehmender Wachstumsraten sowie bekannter Schwächen des BIP wäre es ratsam, das Wachstum des BIP als zentrale Stellgröße makroökonomischer Modellierung zugunsten eines breiteren Spektrums an Zielgrößen aufzugeben. Hierfür wäre es hilfreich, den Dialog und die mediale Sichtbarkeit vorhandener Diskurse zu fördern, etwa von Beyond-GDP-Initiativen innerhalb der Europäischen Union und des World Economic Forum sowie Green Economy-Konzepte und auch Postwachstums- oder Degrowth-Ansätze der Wissenschafts- und der zivilgesellschaftlichen Community. Sind Indikatoren „Beyond GDP“ etabliert, ist es eher eine Implementierungsfrage, ob etablierte Modelle zur Bewertung von Entscheidungen diese integrieren sollen oder welche neuen Modelle von Anfang an so konstruiert werden, dass sie ein größeres Spektrum an Umweltindikatoren mit aufnehmen können..

3.2.3 Zur Wechselwirkung zwischen Wissenschaft und Politik

Vielfach wurde bei der Einzelanalyse die von den jeweiligen Modellierern „unabhängige“ Nachfrage nach Modellerweiterungen als entscheidender Faktor für mögliche Anstrengungen angesprochen. Sofern nicht nur von den Auftraggebern, sondern auch von den Nutzern des Modells, oder durch Modellergebnisse eine höhere positive gesellschaftliche Resonanz erkennbar wird, erhöhen sich die Erfolgchancen, diesbezügliche Integrations-Arbeiten anzuregen.⁴⁴

Vereinzelt wurde auch betont, dass die Akzeptanz von Modellerweiterungen zentral davon abhängt, dass der Auftrag zur Modellierung von einer politisch unabhängigen Instanz gegeben wird. Das ist auch ein Ausdruck einer im Grunde trivialen Erkenntnis, dass es nämlich besonders vielversprechend wäre, wenn die Begründung der Notwendigkeit einer Ökologisierung der Modelle beziehungsweise einer Hinwendung zu Wohlfahrtsaspekten „jenseits“ des BIP zum wissenschaftlichen und politischen Konsens würde – das könnte eine eigene innovative Kraft auslösen. Natürlich sollte Wissenschaft per se neutral sein, aber den Prognosen und Bewertungen liegen natürlich Modellannahmen und Schulen zugrunde, die historisch entstanden sind, geistige Pfadabhängigkeiten aufweisen und deshalb gern politischen Lagern zugeordnet werden, weshalb mindestens das jeweils andere Lager diese oft nicht aufgreifen mag.

Umgekehrt allerdings – und dies erscheint nun keineswegs trivial – könnte von einer Weiterentwicklung der Modelle in Richtung Umwelt und Nachhaltigkeit auch ein aufklärerischer Impuls in die Politik ausgehen, sich verstärkt und noch integrativer diesen Themengebieten zuzuwenden. Die Konstruktion von Modellen beginnt als Reduktion der Komplexität von Wirklichkeit und offenbart damit auch eine spezifische Weltsicht – was an Faktoren relevant erscheint, wird in „die begrenzte Welt“ des Modells integriert, andere Aspekte bleiben unberücksichtigt. Umwelt und Wohlfahrt sind Perspektiven auf die Welt, die unseres Erachtens zentral in Modelle zur Erklärung wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Zusammenhänge sowie der zukünftigen Entwicklung Deutschlands einfließen müssen. Neben veränderten ökonomisch-politischen Entscheidungsprozessen wäre so auch zu hoffen, dass beispielsweise die jährlichen Wirtschaftsberichte der Bundesregierung eine umfassendere Problemsicht beinhalten könnten.

Eine „Modernisierung“ der makroökonomischen Modellbildung und in gewissem Sinne damit auch der bislang gebräuchlichen Theorien zur Makroökonomie erweitert nicht nur den Horizont, sondern verringert auch das Risiko wirtschaftlicher und politischer Fehlentscheidungen, die soziale Dysfunktionen und ökologische Degradierungen bislang oft erst selbst herstellen, bis sie dann erkannt und als Folge-Problemlagen angegangen werden.

⁴⁴ Bemerkenswert ist eine aktuelle Studie aus dem Bundeswirtschaftsministerium, der zufolge das Thema Nachhaltigkeit immer stärker bei den Unternehmen an Bedeutung gewinnt (BMWi 2019).

4 Literaturverzeichnis

- Arora, V. (2013): Alternative Measures of Welfare in Macroeconomic Models. Working Paper Series of the U.S. Energy Information Administration. Online verfügbar unter: <https://www.eia.gov/workingpapers/pdf/welfare-vipin-wappendix.pdf>
- Bach, S. (2013): Einkommens- und Vermögensverteilung in Deutschland. In: *Aus Politik und Zeitgeschichte* 63 (10-11), S. 15–19.
- Banerjee, A., J. Dolado, and R. Mestre (1998): Error-correction mechanism tests for cointegration in a single-equation framework, *Journal of Time Series Analysis*, 19, 267-283.
- Barker, T., Alexandri, E., Chewpreecha, U., Ogawa, Y. and Pollitt, H. (2015): GDP and Employment Effects of Policies to Close the 2020 Emissions Gap. *Climate Policy*.
- Biewen, M.; Juhasz, A. (2012): Understanding Rising Income Inequality in Germany, 1999/2000-2005/2006. In: *Review of Income and Wealth* 58 (4), S. 622–647.
- Brouwer, F., Avgerinopoulos, G., Fazekas, D., Laspidou, C., Mercure, J. F., Pollitt, H., Howells, M. (2018): Energy modelling and the Nexus concept. *Energy Strategy Reviews*, 19, 1-6.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2019): Das Thema Nachhaltigkeit hat die Mehrheit der Unternehmen erreicht. In: *Schlaglichter der Wirtschaftspolitik – Monatsbericht Juni 2019*, S. 1-4. Berlin.
- Cambridge Econometrics (2018): E3ME: Our Global Macro-econometric Model. Online verfügbar unter <https://www.camecon.com/how/e3me-model/> (letzter Zugriff am 28.08.2018).
- Canadian Index of Wellbeing (Hrsg.) (2016): *How are Canadians Really Doing? The 2016 CIW National Report*. Waterloo, ON: Canadian Index of Wellbeing and University of Waterloo
- Capellán-Pérez, I.; de Blas, I.; Nieto, J.; de Castro, C.; Miguel, L.; Mediavilla, M. (2017): Guiding European Policy toward a low-carbon economy. Modelling sustainable Energy system Development under Environmental and Socioeconomic constraints. D4.1 (D13) Global Model: MEDEAS-World Model and IOA implementation at global geographical level. University of Valladolid (EU Framework Program for Research and Innovation actions (H2020 LCE-21-2015)).
- Chow, G., and A. Lin (1971): Best linear unbiased interpolation, distribution and extrapolation of time series by related series," *The Review of Economics and Statistics*, (53), 372-375
- Christoffel, K.; Coenen, G.; Warne, A. (2008): The new area wide model of the euro area. A micro-founded open-economic model for forecasting and policy analysis, ECB Working Paper Series, No. 944, European Central Bank (ECB), Frankfurt a. M.
- Conte, A. / Labat, A. / Varga, J. / Žarnić, Ž. (2010): What is the growth potential of green innovation? An assessment of EU climate policy options, *European Economy Economic Papers* 413.
- Diefenbacher, H. / Held, B. / Rodenhäuser, D. / Zieschank, R. (2016): Wohlfahrtsmessung "beyond GDP" - der Nationale Wohlfahrtsindex (NW12016), *IMK Studies*, Nr. 48, Juli, Düsseldorf.
- Diefenbacher, Hans/Zieschank, Rolans (2019): *Jahreswohlstandsbericht 2019*. Berlin: Die Grünen
- Diener, Ed; Seligman, Martin E. P.: "Beyond Money: Progress on an Economy of Well-Being", *Perspectives on Psychological Science* 2018, Vol. 13(2) 171-175
- Dieppe, A.; Warmedinger, T. (2007): Modelling Intra- and Extra-Area Trade Substitution and Exchange Rate Pass-Through in the Euro Area, ECB Working Paper Series, No. 760, European Central Bank (ECB), Frankfurt a. M.

Deutscher Bundestag (Hrsg) (2013): Drucksache 17/13300. Schlussbericht der Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität – Wege zu nachhaltigem Wirtschaften und gesellschaftlichem Fortschritt in der Sozialen Marktwirtschaft“.

Distelkamp, M.; Hohmann, F.; Luz, C.; Meyer, B.; Wolter, M.: „PANTA RHEI V – Modelldarstellung und Prognose der CO₂-Emissionen“ GWS Discussion Paper No. 2003/1. Osnabrück: GWS

Drosdowski, T.; Lutz, C.: „Weiterentwicklung des aktualisierten PANTA RHEI Modells um sozioökonomische Aspekte. Endbericht zur Durchführung des IT-Projekts Nr. 29992 im Auftrag des Umweltbundesamtes“, 2014

Fagan, G.; Henry, J.; Mestre, R. (2001): An area-wide model (AWM) for the euro area, ECB Working Paper Series, No. 42, European Central Bank (ECB), Frankfurt a. M

Gordon, R. J. (2015): Secular Stagnation: A Supply-Side View. In: *American Economic Review* 105 (5), S. 54–59.

Gran, C. (2017): Perspektiven einer Wirtschaft ohne Wachstum. Adaption des kanadischen Modells LowGrow an die deutsche Volkswirtschaft. Marburg: Metropolis-Verlag.

Hamann, K.; Baumann, A.; Löschinger, D. (2016): Psychologie im Umweltschutz: Handbuch zur Förderung nachhaltigen Handelns. München: oekom

Hanushek, E.H. /Woessmann, L. (2016): The Knowledge Capital of Nations – Education and the Economics of Growth. Cambridge, Mass./London: MIT Press

Hardt, L. und O'Neill, D. W. (2017): Ecological Macroeconomic Models: Assessing Current Developments. *Ecological Economics*, 134, 198-211.

Horn, G. A. ; Tober, S. (2007): Wie stark kann die deutsche Wirtschaft wachsen? Zu den Irrungen und Wirrungen der Potenzialberechnung. IMK Report Nr. 17, Januar, Düsseldorf.

Horn, G.A. ; Lindner, F. ; Stephan, S. ; Zwiener, R. (2017): Zur Rolle der Nominallöhne für die Handels- und Leistungsbilanzüberschüsse, IMK Report Nr. 125, April, Düsseldorf.

Horn, G.A.; Behringer, J.; Herzog-Stein, A.; Hohlfeld, P.; Rietzler, K.; Stephan, S.; Theobald, T.; Tober, S. (2016): Deutsche Konjunktur robust in rauem Klima. Prognose der wirtschaftlichen Entwicklung 2016/2017. IMK Report, Nr. 113, Düsseldorf: IMK. URL: <https://www.gws-os.com/de/index.php/klima-energie/modelle/modelldetailseite/panta-rhei.html>

Jackson, T. (2009): Prosperity without growth. Economics for a finite planet. London: Earthscan.

Jackson, T. (2018): The Post-Growth Challenge: Secular Stagnation, Inequality and the Limits to Growth. CUSP Working Paper No 12. Guildford: University of Surrey.

Kaufmann, D./Kraay, A./Mastruzzi, M. (2010): The Worldwide Governance Indicators – Methodology and Analytical Issues. Draft Policy Research Working Paper. New York: World Bank

Knobloch, F. (2017): A technical analysis of FTT:Heat - A simulation model for technological change in the residential heating sector. Technical Study on the Macroeconomics of Energy and Climate Policies. URL: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/technical_analysis_residential_heat.pdf (letzter Zugriff am 28.08.2018).

Lee, S., Pollitt, H. and Ueta, K. (2012): A Model- Based Econometric Assessment of Japanese Environmental Tax Reform. *The Scientific World Journal*, Volume 2012 (2012), Article ID 835917.

Lehr, U.,; Mönning, A.; Wolter, M. I. ; Lutz, C.; Schade, W.; Krail, M.: „Die Modelle ASTRA und PANTA RHEI zur Abschätzung gesamtwirtschaftlicher Wirkungen umweltpolitischer Instrumente – ein Vergleich“, gws Discussion Paper 2011/4

Lindner, F. (2017): Wie nachhaltig ist Deutschland? Das Neue Magische Viereck der Wirtschaftspolitik 2008-2016. IMK Report, Nr. 131, November, Düsseldorf.

- Lindner, F.; Stephan, S.; Zwiener, R. (2018): Dringend gebraucht – aktive Wirtschaftspolitik, um Außenhandelsüberschüsse abzubauen. In: Wirtschaftsdienst, 98. Jahrgang, 2018, Heft 9 · S. 644-650.
- Lutz, C.; Zieschank, R.; Drosdowski, T.: „Green Economy: Nachhaltige Wohlfahrt messbar machen unter Nutzung der umweltökonomischen Gesamtrechnungs-(UGR) Daten“, TEXTE 69/2015
- Martínez-Alier, J.; Pascual, Uj; Vivien, F.; Zaccai, Ej (2010): Sustainable de-growth: Mapping the context, criticisms and future prospects of an emergent paradigm. In: *Ecological Economics* 69 (9), S. 1741–1747.
- Mercure, J. F. (2012): FTT: Power: A global model of the power sector with induced technological change and natural resource depletion. *Energy Policy*, 48, 799-811.
- Mercure, J. F., & Lam, A. (2015): The effectiveness of policy on consumer choices for private road passenger transport emissions reductions in six major economies. *Environmental Research Letters*, 10(6), 064008.
- Mercure, J. F., Lam, A., Billington, S., & Pollitt, H. (2017): Integrated assessment modelling as a positive science: private passenger road transport policies to meet a climate target well below 2 degrees C.
- Mercure, J-F., Pollitt, H., Chewpreecha, U., Salas, P., Foley, A.M., Holden, P.B. and Edwards, N.R. (2014): The dynamics of technology diffusion and the impacts of climate policy instruments in the decarbonisation of the global electricity sector. *Energy Policy*, Volume 73, pp 686–700, Elsevier.
- Michalos, A.C.; Smale, B.; Labonté, R.; et al (2011): *The Canadian Index of Wellbeing. Technical Report 1.0*. Waterloo, ON: Canadian Index of Wellbeing and University of Waterloo.
- Neumann, K., Grimm, F., Diefenbacher, H., Hirschnitz-Garbers, M., Langsdorf, S., Schipperges, M., Weiss, D. (2018): Entwicklung eines quantitativen Modells “Nachhaltiges Deutschland” Band 1 – 4, TEXTE 95/96/97/98-2018
- Nordhaus, W. and J. Boyer (2000) 'Warming the World: The Economics of the Greenhouse Effect', Cambridge, MA: MIT Press, 1-232.
- Pollitt, H., Barker, A., et al. (2010): A scoping Study on the Macroeconomic View of Sustainability. Final report for the European Commission DG Environment. SERI (Sustainable Europe Research Institute), Cambridge Econometrics.
- Pollitt, H. (2014): E3ME. Technical Manual, Version 6.0. April 2014. Cambridge Econometrics.
- Pollitt, H. (2018). Protokoll des Interviews von Manuel Linsenmeier (adelphi) mit Hector Pollitt (Cambridge Econometrics) am 04.04.2018.
- Pollitt, H., Alexandri, E., Chewpreecha, U. and Klaassen, G. (2014): Macroeconomic analysis of the employment impacts of future EU climate policies. *Climate Policy*.
- Rezai, A.; Stigl, S. (2016): Ecological macroeconomics: Introduction and review. In: *Ecological Economics* 121, S. 181–185.
- Rietzler, K. (2012): The IMK’s Model of the German Economy, A Structural Macro-Econometric Model. Dezember 2012, IMK Study, Nr. 29.
- Rockström, J.; Steffen, W.; Richardson, K.; Cornell, S. E.; Fetzer, I.; Bennett, E. M. et al. (2015): Sustainability. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. In: *Science (New York, N.Y.)* 347 (6223), S. 1259855.
- Roeger, W. / Varga, J. / In’t Veld, J. (2008): Structural Reforms in the EU: A simulation-based analysis using the QUEST model with endogenous growth, *European Economy Economic Papers* 351.
- Santarius, T. (2012): Der Rebound-Effekt. Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Wuppertal (Impulse zur WachstumsWende).

Spangenberg, J. H., Polotzek, L. (2019): Like blending chalk and cheese – the impact of standard economics in IPCC scenarios. *Real-World Economics Review*. In press. Open access at <http://www.paecon.net/PAERreview/>

Schwarz, N.; Schwahn, F. (2016): Entwicklung der unbezahlten Arbeit privater Haushalte. Bewertung und Vergleich mit gesamtwirtschaftlichen Größen. Statistisches Bundesamt (WISTA, 2).

Statistisches Bundesamt (2016): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2016. Wiesbaden.

Summers, Lawrence H. (2014): U.S. Economic Prospects: Secular Stagnation, Hysteresis, and the Zero Lower Bound. In: *Business Economics* 49 (2), S. 65–73.

Torres Chacon, J.L. (2015): *Introduction to Dynamic Macroeconomic General Equilibrium Models*, 2nd Ed., Vernon Press.

Van Lange, P.A.M.; Joireman, J.; Milinski, M. (2018): Climate Change: What Psychology Can Offer in Terms of Insight and Solutions. *Current Directions in Psychological Science*, Vol. 27(4)

Victor, P.A. (2008): *Managing without growth. Slower by design, not disaster*. Cheltenham, UK, Northampton, MA: Edward Elgar.

Wenz, Leonie; Levermann, Anders (2016) Enhanced Economic Connectivity to Foster Heat Stress-related Losses. *Science Advances* 10 Jun 2016: Vol. 2, no. 6, e1501026 DOI: 10.1126/sciadv.1501026

Wolf, S., Schütze, F., & Jaeger, C. C. (2016). Balance or synergies between environment and economy - A note on model structures. *Sustainability*, 8(8), 761.

A Anhang 1: Der Canadian Index of Wellbeing –Ergebnisse einer versuchten Übertragung auf Deutschland

A.1 Methodologie des Index

Der Canadian Index of Wellbeing (CIW) besteht aus insgesamt 64 Teilindikatoren, von denen jeweils acht Indikatoren einer der acht Dimensionen Lebendiges Gemeinwesen, Demokratisches Engagement, Bildung, Umwelt, Gesundheit, Freizeit und Kultur, Lebensstandard und Zeitverwendung zugeordnet werden (Canadian Index of Wellbeing 2016). Alle Indikatoren werden so normiert, dass ihr Wert im Basisjahr 1994 dem Wert 100 entspricht. Für jedes Folgejahr wird die prozentuale Veränderung sämtlicher Indikatoren gegenüber dem Jahr 1994 berechnet. Ist also Indikator A im Jahr 1996 10% größer als im Jahr 1994, so lautet sein 1996-Wert 110 (Michalos et al. 2011: 26). Im Falle von Indikatoren, die sich negativ auf gesellschaftliche Wohlfahrt auswirken, wird anstelle der Größe selbst ihr Kehrwert als Indikator betrachtet. Da ein Anstieg nun zu einem kleineren Kehrwert führt, ergibt sich bei einem Anstieg der Größe eine prozentuale Abnahme des Indikators (ibid.: 28).

Der Sub-Index für jede der acht Dimensionen berechnet sich aus dem arithmetischen Mittel der acht Indikatoren dieser Dimension, wobei sich der allgemeine CIW wiederum aus dem arithmetischen Mittel der acht Sub-Indizes beziehungsweise aus dem arithmetischen Mittel aller 64 Indikatoren ergibt. Auf den ersten Blick lässt sich der CIW also als mittlere prozentuale Veränderung der 64 wohlfahrtsbestimmenden Indikatoren gegenüber dem Basisjahr 1994 interpretieren. De facto ist diese Interpretation allerdings nicht zulässig, da man für eine Mittelung prozentualer Änderungsraten das geometrische und nicht das arithmetische Mittel verwendet.

Die Grundintuition für den Index ist, dass eine möglichst hohe Breite von gesellschaftlichen Indikatoren sowohl im Aggregat als auch für sich betrachtet in einem Dashboard kombiniert werden, um Wohlfahrt multidimensional und abseits des Bruttoinlandsproduktes darzustellen (Canadian Index of Wellbeing 2016: 12ff.). Die Eignung des CIW als umfassendes Wohlfahrtsmaß ist allerdings aufgrund methodologischer Schwachstellen konzeptionell in Frage zu stellen.

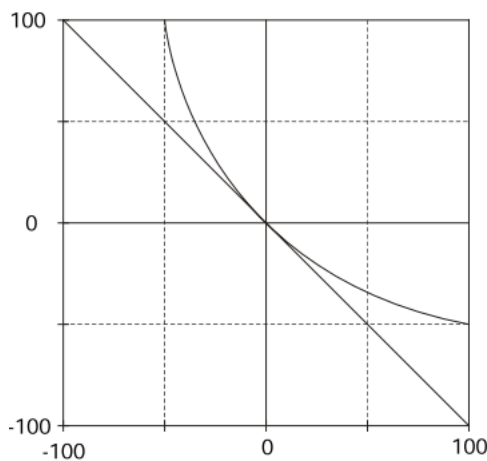
Zum einen sorgt die Tatsache, dass nur prozentuale Veränderungen der Indikatoren im Vergleich zum Basisjahr in den Index eingehen, de facto für eine Benachteiligung von Indikatoren, die eine obere Grenze aufweisen – etwa jegliche Art von Prozentsatz-Indikatoren wie etwa die Wahlbeteiligung auf Bundesebene – gegenüber nach oben unbeschränkten Größen wie dem Median der Nettoäquivalenzeinkommen, da nur letztere tatsächlich unbegrenzt wachsen können.

Darüber hinaus hat die auf den ersten Blick einleuchtende Herangehensweise, negative Indikatoren über den Kehrwert abzubilden, sodass Verbesserungen zu einem Anstieg und nicht einem Absinken des Indikators führen, erhebliche Auswirkungen auf das Ergebnis. Denn die Veränderungsraten von einer Größe und ihrem Kehrwert hängen nicht linear zusammen, sondern hyperbolisch, wie es Abbildung 8 zeigt. Steigt die wohlfahrtsmindernde Größe um 50%, sinkt ihr Kehrwert um 33%. Sinkt sie dagegen um 50%, kommt es beim Kehrwert zu einem Wachstum von 100%. Generell gilt: Der hyperbolische Zusammenhang führt bei Veränderungsraten, die sich stark von null unterscheiden, zu einer Verzerrung, die Anstiege des negativen Faktors schwächer sanktionieren als sie dessen Abnahme belohnen.

Diese Verzerrung durch den Kehrwert ist umso bedeutsamer, wenn man berücksichtigt, dass eine Vielzahl der Einzelindikatoren des CIW Prozentsätze sind, die sich aus zweierlei Perspektiven betrachten lassen, etwa den Anteil von Kindern *mit* einem Kitaplatz oder dem Anteil von

Kindern *ohne* einen solchen. Der Anteil von Kindern mit Kitaplatz ist zwischen 2006 und 2015 von 51,7% auf 58,7% gestiegen, was einen Anstieg um 13,6% darstellt. Hätte man den Indikator allerdings negativ als den Anteil von Kindern ohne Kitaplatz definiert und über den Kehrwert berechnet, ergäbe sich ein Anstieg um 16,9%. Durch einen anderen Blickwinkel auf dieselbe Größe verändern sich also die Indexwerte und das umso stärker, je stärker sich die Veränderungsrate dieser Größe von null unterscheiden.

Abbildung 8: Veränderungsrate einer Größe und ihres Kehrwertes



Die Veränderungsrate der Größe auf der horizontalen und die des Kehrwertes auf der vertikalen Achse.

Quelle: Eigene Darstellung, FEST

Neben der Problematik von Kehrwerten hat der CIW allerdings noch eine weitere entscheidende Schwäche: die Bedeutung der Auswahl des Basisjahres. Durch die Normierung jedes Indikators auf seinen Wert im Basisjahr werden die verschiedenen Aspekte von Wohlfahrt substituierbar gemacht. Steigt Indikator A gegenüber dem Basisjahr um ein Prozent, so kann dies durch den Abfall von Indikator B um ein Prozent kompensiert werden. Durch die Wahl des Basisjahres ergeben sich also feste Austauschverhältnisse zwischen den Indikatoren. Für den auf Deutschland angewandten CIW führt das Basisjahr 2000 implizit dazu, dass die folgenden Dinge als gleichwertig betrachtet werden:

- ▶ ein Anstieg des Raucheranteils bei Jugendlichen zwischen 12 und 17 Jahren um 0,3 Prozentpunkte
- ▶ ein Anstieg der Kriminalitätsrate um 77 Delikte je 100.000 Einwohner
- ▶ ein Anstieg der Treibhausgasemissionen um 10.622 Megatonnen CO₂-Äquivalente
- ▶ ein Anstieg der durchschnittlichen Pendelzeit pro Tag um 0,6 Minuten

Ob diese Dinge gleichwertig sind oder nicht, sei dahingestellt. Methodisch zweifelhaft sind aber die Auswirkungen, die eine Entscheidung für 2010 als Basisjahr auf diese Austauschverhältnisse hätte. In diesem Fall wären nämlich gleichwertig:

- ▶ ein Anstieg des Raucheranteils bei Jugendlichen um 0,1 Prozentpunkte
- ▶ ein Anstieg der Kriminalitätsrate um 74 Delikte je 100.000 Einwohner
- ▶ ein Anstieg der Treibhausgasemissionen um 9.660 Megatonnen CO₂-Äquivalente

- ein Anstieg der durchschnittlichen Pendelzeit pro Tag um 0,6 Minuten

Die Entscheidung für 2010 als Basisjahr würde also dazu führen, dass Veränderungen von Indikatoren wie dem Raucheranteil bei Jugendlichen oder den Treibhausgasemissionen, die zwischen 2000 und 2010 stark gesunken sind, nun relativ zu Veränderungen bei der Pendelzeit stärker ins Gewicht fallen würden. Basierend auf der Tatsache, dass die Veränderungsdaten der Einzelindikatoren über das arithmetische Mittel aggregiert werden, argumentieren die Autoren des CIW, dass sämtliche Indikatoren gleich gewichtet werden (Michalos et al. 2011: 29). Dass die Auswahl des Basisjahres die Einzelindikatoren de facto gewichtet, wird nicht berücksichtigt, da das Basisjahr 1994 lediglich anhand der Datenverfügbarkeit festgelegt wurde (ibid.: 25).

Die drei benannten Mängel – der Fokus auf Wachstumsraten bei teilweise nach oben beschränkten Indikatoren, die Auswirkung der Kehrwert-Transformation bei wohlfahrtsmindernden Indikatoren sowie eine faktische Gewichtung durch die Auswahl des Basisjahres – stellen somit die Methodik des CIW bereits auf konzeptioneller Ebene in Frage. Im folgenden Kapitel werden die vorläufigen Ergebnisse einer Anwendung des CIW auf Deutschland besprochen, um dessen Tauglichkeit als Wohlfahrtsmaß weiter zu untersuchen.

A.2 Vorläufige Ergebnisse

Um auch abseits theoretischer Überlegungen einschätzen zu können, inwiefern eine Anwendung des CIW auf Deutschland durchführbar und gewinnbringend ist, wurde ein vorläufiger German Index of Wellbeing (GIW) erstellt. Von den 64 Indikatoren des kanadischen Indexes wurden 11 aus Gründen der Datenverfügbarkeit oder der Sinnhaftigkeit für Deutschland aus dem Index entfernt, wobei pro Dimension maximal drei Indikatoren ausgelassen wurden. Andere Indikatoren mussten aufgrund unterschiedlicher Messkonzepte, Verfügbarkeiten oder institutioneller Eigenheiten angepasst werden.⁴⁵ Die Zeitreihen des GIW reichen hierbei vom Basisjahr 2000 bis 2015, wobei die Wahl des Basisjahres ad hoc erfolgte und die Ergebnisse nicht auf Robustheit gegenüber verschiedenen Basisjahren geprüft wurden. Fehlende Werte wurden, falls möglich, linear extrapoliert und ansonsten konstant fortgeschrieben.

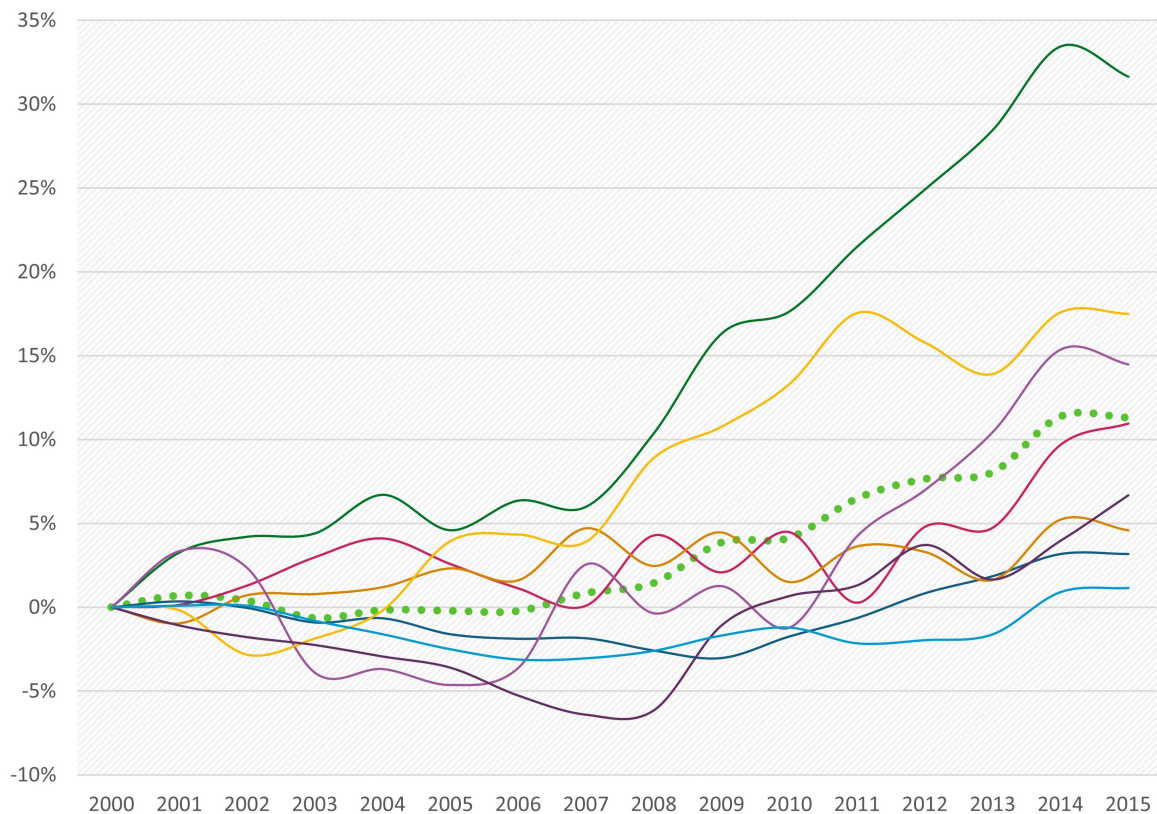
Abbildung 9 zeigt die vorläufigen Ergebnisse des GIW sowie der acht Dimensionen-Indizes im genannten Zeitraum. Zwischen 2000 und 2006 bleibt der GIW relativ konstant, steigt ab 2007 an und erreicht 2015 eine prozentuale Veränderung von rund 11% gegenüber dem Basisjahr. Die treibenden Dimensionen für diesen Anstieg sind die Bereiche Lebendiges Gemeinwesen, Gesundheit und Demokratisches Engagement, während die Kategorien Bildung, Freizeit und Kultur, Lebensstandard und Umwelt deutlich schwächere Entwicklungen aufweisen. Allerdings sind diese Trends teilweise stark durch einzelne Indikatoren geprägt, unter anderem durch die in Kapitel I besprochenen Probleme. So führt etwa das Absinken der Raucheranteile bei den 12- bis 17-jährigen in Deutschland von rund 28% 2001 auf etwa 10% 2014 dazu, dass der Kehrwert dieses wohlfahrtsmindernden Indikators um rund 180% ansteigt, wodurch mehrere negative Entwicklungen bei anderen Gesundheitsindikatoren überkompensiert werden. Hätte man den Indikator dagegen positiv als Anteil der Nicht-Raucher definiert, läge der Anstieg im selben Zeitraum bei lediglich 25%.

Zwar ist diese Dominanz eines einzelnen Teilindikators ein Extremfall, allerdings gibt es mit dem Anteil der Bevölkerung, der sich überhaupt keine Sorgen um Kriminalität in Deutschland macht, oder dem Anteil der Bevölkerung mit Migrationshintergrund, der in den letzten zwei Jah-

⁴⁵ Für eine Übersicht, welche Indikatoren nicht verwendet oder modifiziert wurden, siehe Appendix

ren selten oder oft für seine ethnische Herkunft diskriminiert wurde, auch in der Dimension Lebendiges Gemeinwesen zwei Indikatoren, welche mit Anstiegen um 125% bzw. 81% zwischen 2000 und 2015 ihren Bereich dominieren. Lässt man diese beiden Indikatoren sowie den Raucheranteil unter Jugendlichen bei der Berechnung des GIW aus, so sinkt die Veränderung des Gesamtindex zwischen 2000 und 2015 von 11% auf lediglich 4%, wobei erst ab 2011 überhaupt positive Veränderungen gegenüber dem Basisjahr auftreten. Somit erweist sich die Methodologie des CIW auch im Praxistest als relativ anfällig für Indikatoren mit überdurchschnittlichen Veränderungsraten.

Abbildung 9: German Index of Wellbeing und Dimensionen-Indizes 2000-2015



Quelle: FEST

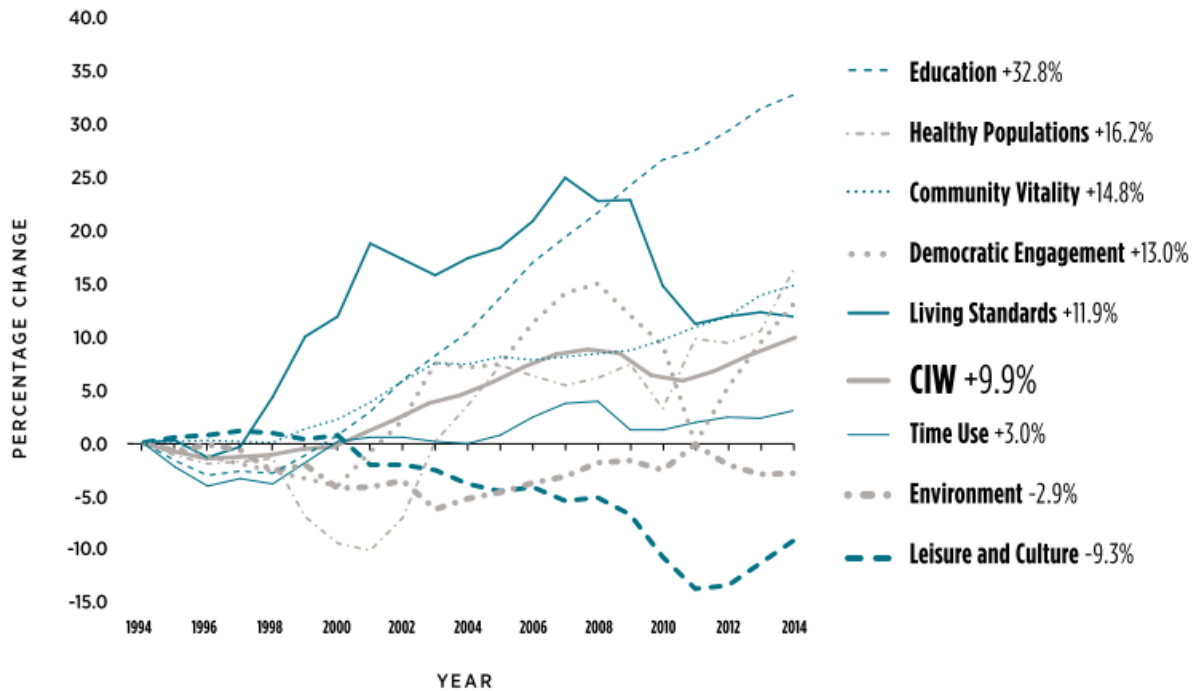


Quelle: eigene Darstellung, FEST

Vergleicht man die deutsche Entwicklung mit den Ergebnissen des CIW in Kanada, der in Abbildung 10 dargestellt ist, so gibt es mehr Unterschiede als Gemeinsamkeiten. Während der Gesamt-Index in Deutschland zwischen 2000 und 2008 nahezu konstant bleibt, ist der Trend im gleichen Zeitraum in Kanada deutlich positiv. Auch wenn in beiden Ländern Gesundheit, Lebendiges Gemeinwesen und Demokratisches Engagement zu den Kategorien mit den besten Veränderungsraten gehören, so schneidet Bildung in Kanada mit einer Veränderung von 32,8% gegenüber dem Basisjahr 1994 sehr positiv ab, während diese Dimension zwischen 2000 und 2014 in

Deutschland kaum Verbesserungen zeigt. Zudem zeichnen sich beim kanadischen Index die Auswirkungen der Krise 2008 deutlich stärker und in mehreren Dimensionen ab, während beim deutschen GIW lediglich eine Abnahme in der Dimension Lebensstandard zu sehen ist, die allerdings schon ab 2000 einsetzt. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass durch die unterschiedlichen Basisjahre sowie die zahlreichen Anpassungen bei den Einzelindikatoren die Vergleichbarkeit der beiden Zeitreihen sehr stark eingeschränkt ist.

Abbildung 10: Canadian Index of Wellbeing und Dimensionen-Indizes 1994-2014

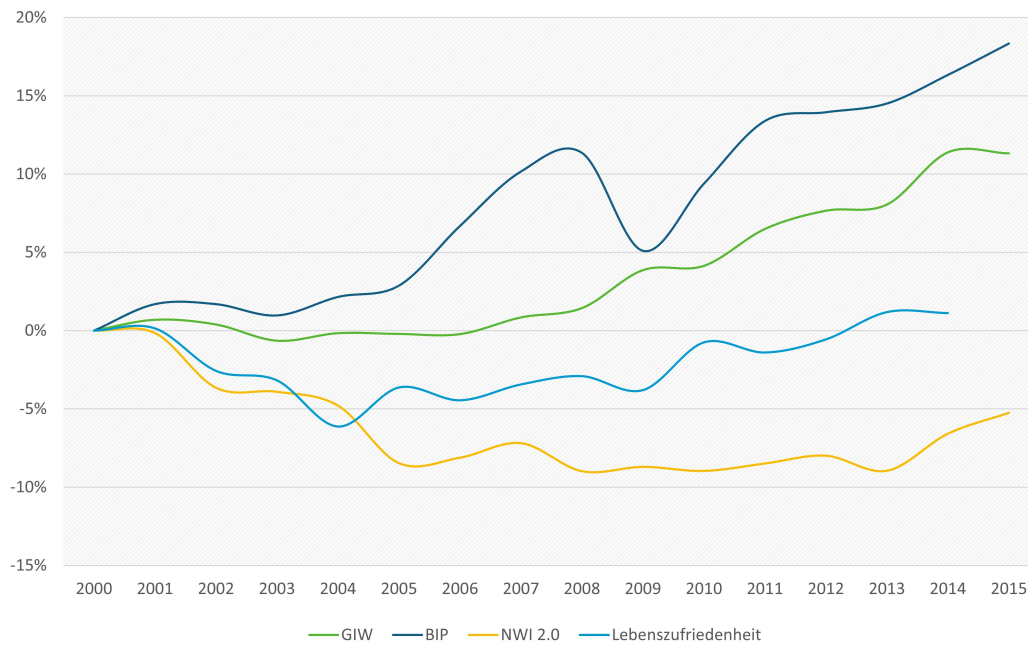


Quelle: Canadian Index of Wellbeing 2016, p. 5

A.3 Zusammenhang mit anderen Wohlfahrtsmaßen

Da sich die Autoren des CIW ganz offen gegen eine Verwendung des Bruttoinlandsproduktes als Wohlfahrtskonzept eintreten (Canadian Index of Wellbeing 2016: 83ff.) ist der Zusammenhang des Maßes mit Wirtschaftsleistung und anderen Größen von besonderem Interesse. Abbildung 11 zeigt die Veränderungsrate des GIW im Vergleich zu den Wachstumsraten von Bruttoinlandsprodukt, Nationaler Wohlfahrtsindex und subjektiver Lebenszufriedenheit auf einer Skala von 0 bis 10. Wie ersichtlich wird, steigt das BIP zwar im gleichen Zeitraum deutlich stärker an als der GIW; allerdings korrelieren die beiden Maße außerordentlich stark ($r = 0,88$) trotz eines vom GIW nicht wiedergespiegelten Einbruchs des Bruttoinlandsproduktes 2009 im Zuge der Finanzkrise. Der Zusammenhang mit der subjektiven Lebenszufriedenheit ist ebenfalls stark positiv ($r = 0,66$), während der GIW negativ mit dem Nationalen Wohlfahrtsindex korreliert ($r = -0,29$).

Abbildung 11: Veränderungsraten von GIW, BIP, NWI und subjektiver Lebenszufriedenheit 2000-2014



Quelle: eigene Darstellung, FEST

Angesichts des engen Zusammenhangs zwischen BIP und GIW lässt sich somit anzweifeln, inwiefern der Canadian Index of Wellbeing tatsächlich eine sinnvolle Ergänzung zum Bruttoinlandsprodukt darstellt.

B Anhang 2: Systemische Reflexion der Möglichkeiten und Hindernisse einer Integration alternativer Indikatoren in ökonomische Modellen

B.1 Zur Motivation, alternative Indikatoren zu berücksichtigen

Wie schon in der Einleitung ausgeführt: Das BIP misst nur die Quantität wirtschaftlicher Entwicklung, aber nicht die Qualität der Entwicklung einer Gesellschaft, lautet die gängige Kritik am BIP und den ökonomischen Modellen, welche dieses berechnen. Ausgaben zur Behebung von möglicherweise gar unnötigen Umweltschäden oder zur Heilung von Krankheiten, die durch eine rein wachstumsorientierte Wirtschaftsweise vielleicht erst begünstigt wurden, erhöhen das BIP und erscheinen daher positiv, was aus einer Umwelt- oder Wohlfahrtsperspektive das falsche Vorzeichen wäre.

Das BIP ist immer noch der dominierende Indikator für Politik, Wirtschaft und insbesondere für Finanzwirtschaft, Gesellschaft und Medien, geeignet für den internationalen Vergleich und sogar internationale Vereinbarungen, wenn etwa die Rate der Neuverschuldung oder die Mindestausgaben für Rüstung von Bündnispartnern ans BIP gekoppelt sind. Hinzu kommt, dass sobald die Messung von Fortschritt über das BIP akzeptiert wird, letztlich ein Wachstumszwang für das Umsatzvolumen der Gesamtwirtschaft verbunden ist.

Eine Erhöhung des BIP ist durch das Stabilitäts- und Wachstumsgesetz in Deutschland faktisch zu einer politischen Zielgröße an sich geworden. Der annual growth survey der EU setzt diese Tradition fort. Umgekehrt würde bei einem sinkenden BIP die Politik in die Kritik geraten, die Wirtschaft könnte besorgt Investitionen zurückhalten, und in der Folge würden vermutlich auch die Verbraucher in Sorge vor einem Abschwung mehr sparen, was zumindest ökonomisch in einen selbstverstärkenden Teufelskreis münden könnte. Dass ein rein quantitatives Wachstum häufig einen hohen Ressourcenverbrauch und negative Umweltauswirkungen zur Folge hat, welche paradoxerweise weiter das BIP erhöhen aber die Lebensqualität dieser und insbesondere der nächsten Generation verschlechtern, war ein Ausgangspunkt des Projekts.

Das BIP als Indikator ist das eine, Modelle zur Vorhersage des BIP das andere. Sie werden genutzt, um die Wirkung von Maßnahmen abzuwägen. Problematisch ist dies insbesondere vor dem Hintergrund potentiell disruptiver Entwicklungen, wenn diese durch ökonomische Modelle nicht vorhergesagt werden können und noch keine Indikatoren zur Bewertung des sich vielleicht anfangs nur schleichend verändernden Status Quo etabliert sind. So können die Folgen des Klimawandels in selbstverstärkenden Kettenreaktionen global eskalieren⁴⁶ und die Wirtschaftsgrundlage⁴⁷ für eine Exportnation wie Deutschland gefährden. Oder die Digitalisierung und Au-

⁴⁶ https://www.know-why.net/model/A0-DNQYIN-Zt8lkDw1qyU_A Das dort ständig aktualisierte Ursache-Wirkungsmodell zeigt aktuell über 4000 Wirkungsschleifen, in der Mehrzahl selbstverstärkende.

⁴⁷ Wenz, Leonie; Levermann, Anders (2016) Enhanced Economic Connectivity to Foster Heat Stress-related Losses. *Science Advances* 10 Jun 2016: Vol. 2, no. 6, e1501026 DOI: 10.1126/sciadv.1501026 Andere Studien sehen in diesem Zusammenhang eher den steigenden Investitionsbedarf, der für Deutschland durchaus positive Wirkungen hätte. Aber die Belastungen der Pensionskassen, die in Versicherungen investiert haben, die nun Schäden durch Unwetter regulieren müssen, der Wegfall der Produktionsgrundlage in von dürrer gezeichneten Agrarnationen, die kaskadierenden Effekte der Finanzwirtschaft auf die Realwirtschaft, der wachsende Flüchtlingsdruck etc. sind nicht-lineare, komplexe Zusammenhänge, die viele Studien leider außer Acht lassen.

<https://unfccc.int/news/scientists-warn-against-economic-disruption-from-climate-change>

<https://academic.oup.com/reep/article-abstract/12/1/4/4804315?redirectedFrom=fulltext>

<https://insideclimatenews.org/news/24092018/climate-change-economic-damage-america-social-cost-carbon-china-india-russia>

tomatisierung kann wenige sehr reich machen, aber für viele andere blieben anders als bei anderen Revolutionen in der Vergangenheit keine Sektoren zur Kompensation, wenn Roboter Dienstleistungsjobs⁴⁸ im Reinigungs⁴⁹- und FastFood-Bereich⁵⁰ übernehmen oder Künstliche Intelligenz Ärzten⁵¹ und Rechtsanwälten⁵² assistiert oder gar Software selbst schreibt⁵³. Selbstverständlich sind Szenarien dieser Art sehr spekulativ, aber als eine Möglichkeit der Folgen der Entwicklung sollten sie in Betracht gezogen werden.

Es gibt durchaus Alternativen zu einer engen ökonomischen Messung beziehungsweise der Wirtschaftsleistung, in Deutschland etwa den in diesem Projekt betrachteten Nationalen Wohlfahrtsindex (NWI). Noch weiter gehend ist die in diesem Projekt nicht weiter betrachtete Messung auch der Zufriedenheit in der Bevölkerung, welche in Zeiten von Big Data sogar Wohlfahrts- und Umweltindikatoren in Echtzeit zusammenfassen könnte.⁵⁴ Dabei ist die Ergänzung oder Ersetzung des BIP durchaus auch auf der Agenda eines Teils der politischen und wissenschaftlichen Akteure – wie etwa die Initiative „Beyond GDP“ der EU oder die Arbeit der Stiglitz-Kommission gezeigt hat. Die fest etablierte strukturelle Verankerung des BIP macht eine Orientierung an diesen Rahmensetzungen bislang jedoch quasi unmöglich.

B.2 Warum Wohlfahrt langfristig auch für die Wirtschaft entscheidend ist

Grundlage für die folgenden Überlegungen ist ein so genanntes qualitatives Ursache-Wirkungsmodell, das explorativ untersucht, was zu Wohlstand führt, was zu Wohlfahrt führt, was zu Zufriedenheit führt und was davon das BIP misst. Das Modell selbst ist über den unter Abbildung 12 angegebenen Link direkt aufzurufen und listet in einem Präsentator ausgewählte Ausschnitte und Auswertungen.

Das Modell zeigt, dass negative Aspekte wie Umweltschäden und Gesundheitskosten oder die Ressourcen-Inanspruchnahme das BIP erhöhen, aber langfristig das BIP aufgrund ihrer negativen Folgen für die Kaufkraft letztlich doch wieder senken. Wohlfahrt hingegen wird durch jeweils alternative ökologische Verhaltensweisen und langlebige Produkte erhöht, welche gleichermaßen auch für das BIP langfristig sinnvoll sind. Vereinfacht gesagt ginge es gar nicht darum, das BIP bewusst zu senken, sondern Versuche zu seiner Erhöhung ausschließlich auf nachhaltige Leistungen zu konzentrieren, die somit auch die Wohlfahrt erhöhen. Würden hierfür die negativen Folgen nicht-nachhaltiger Leistungen gemessen und handlungsleitend, würde ein selbstverstärkender Wandel angestoßen.

⁴⁸ http://www.xing-news.com/reader/news/articles/173545?newsletter_id=10553&xng_share_origin=email

⁴⁹ <https://edison.handelsblatt.com/erleben/emma-die-putzfrau-mit-schaltkreisen/20701210.html?ticket=ST-1123059-pWOhfzAolaiYmd1AoelX-ap6>

⁵⁰ <https://www.telegraph.co.uk/technology/2017/03/09/genius-burger-flipping-robot-replaces-humans-first-day-work/>

⁵¹ <https://markets.businessinsider.com/news/stocks/ping-an-good-doctor-brings-three-new-smart-healthcare-solutions-to-china-smart-city-expo-2018-making-innovative-steps-to-smart-city-1027582735>

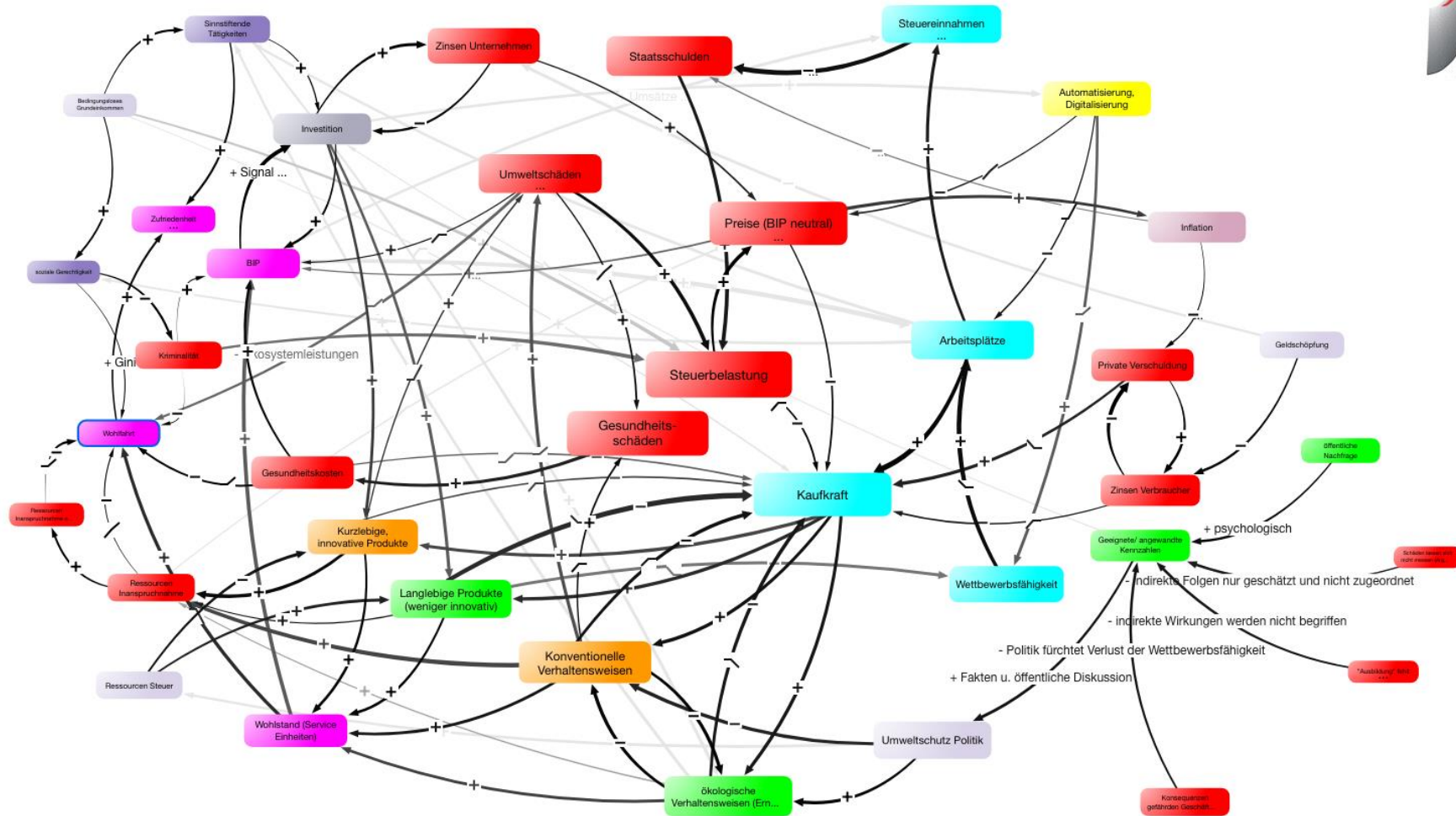
⁵² <https://futurism.com/an-ai-law-firm-wants-to-automate-the-entire-legal-world/>

⁵³ <https://www.businessinsider.de/vinod-khosla-on-it-data-center-automation-2016-11?r=US&IR=T>

<https://www.theinquirer.net/inquirer/news/3022579/robots-will-write-most-software-code-by-2040-claim-smart-alecs>

⁵⁴ der so genannte Feelgood Index <https://www.sciencedaily.com/releases/2016/04/160427080926.htm>

Abbildung 12: Wirtschaft vs. Wohlfahrt vs. Zufriedenheit – eine systemdynamische Perspektive



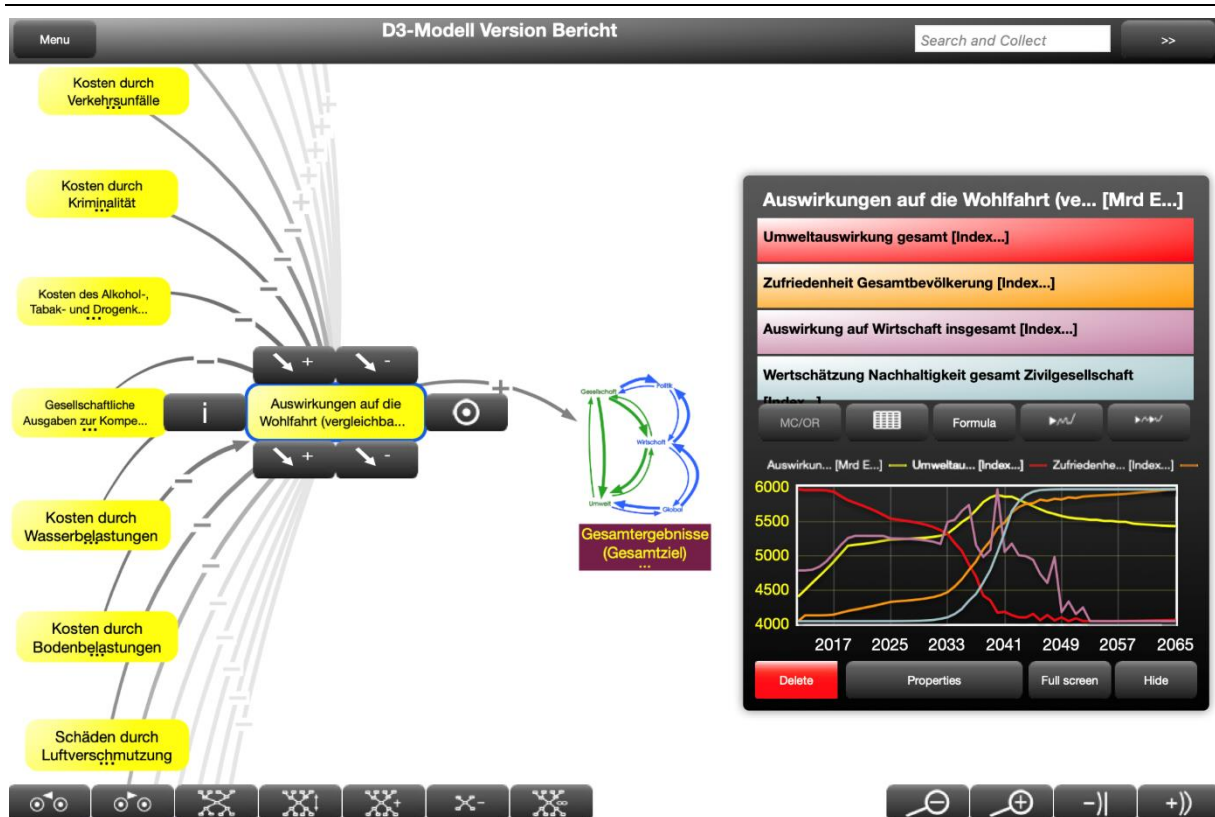
Screenshot aus dem Ursache-Wirkungsmodell, welches über diesen Link direkt aufgerufen werden kann: http://www.imodeler.info/ro?key=C6FuO3Alrvs_5uxgiy5ULvQ

Diese Sicht ist aber noch zu vereinfacht, denn die potentiellen Folgen nachhaltiger Dienstleistungen sind andere als die nachhaltiger Produkte. Selbst nachhaltige Produkte verbrauchen immer noch Ressourcen und können automatisiert ohne viel Arbeitskraft hergestellt werden und haben somit eine weniger positive Wirkung auf die Wohlfahrt als Dienstleistungen. Allerdings lässt sich wiederum über Produkte die größere Wertschöpfung erzielen, was im Lichte von internationaler Wettbewerbsfähigkeit nicht zu vernachlässigen ist. Überhaupt bedeuten langlebige Produkte potentiell weniger innovative und darüber wettbewerbsfähige Produkte, wenn nicht international gleiche Kaufkriterien gelten – etwa Nachhaltigkeit den Konsumenten wichtiger ist oder im Vergleich weniger besteuert wird – oder wenn durch modulares und recyclingfreundliches Produktdesign auch bei langlebigen Produkten ein Wettbewerbsvorteil erzielt werden kann. Das Modell erkennt denn auch nicht, dass Investitionen zu Arbeitsplätzen führen und für Investitionen bei heutigen Marktmechanismen (Fremdkapital und Verzinsung gekoppelt im Idealfall an Produktivitätssteigerungen), die durchaus auch evolutionären Logiken folgen, Wachstum, für welches das BIP ein Indikator ist, entscheidend ist.

Eine etablierte Wohlfahrtsmessung könnte also einzelne Geschäftsmodelle von Anbietern vor allem kurzlebiger Produkte gefährden und die Zunahme materiellen Wohlstands entschleunigen und dabei gleichzeitig die Gesellschaft zufriedener machen und langfristig Grundlagen für Wohlstand sichern.

Inwieweit vermiedene negative Folgen etwaig entgangene positive, materielle Genüsse kompensieren, können nur quantitative Modelle unter Berücksichtigung der Elemente des NWI annähern, wie etwa das auf System Dynamics basierende D3 Modell (Neumann et al, 2018).

Abbildung 13: Potentiale einer Transformation der Gesellschaft



Screenshot aus dem quantitativen Ursache-Wirkungsmodell „D3“

Abbildung 13 zeigt Kurven des D3 Modells: Im Szenario einer exponentiellen Transformation in Richtung Nachhaltigkeit durch Investition in Umwelttechnologien bei gleichzeitigem, emotional

wirksamen (Hamann et al, 2016; Neumann et al, 2018) Rückgang des Konsums kurzlebiger Güter kann das BIP (lila Kurve) turbulent ansteigend und am Ende leicht rückläufig sein, die negative Umweltauswirkung (rote Kurve) stark rückläufig, die Zufriedenheit (orange Kurve) stark zunehmend und die Wohlfahrt (gelbe Kurve) kann sich nach starkem Anstieg auf hohem Niveau halten.

Als weitere Kurve ist in der Abbildung die Wertschätzung von Nachhaltigkeit in der Zivilgesellschaft insgesamt gezeigt. Basis für den Wirkmechanismus der Transformation in dem D3 Modell sind gut kommunizierte Leitbilder und eine Messbarkeit von Verhalten und der Entwicklung einer Gesellschaft hin zu diesen Leitbildern. Die Bedeutung und Wirksamkeit der alternativen Indikatoren wurde auch im vorliegenden Projekt in dem Workshop, den Befragungen und dem Gastvortrag durch Tim Jackson bestätigt und im folgenden Kapitel in den Wirkungszusammenhang gestellt.

B.3 Warum alternative Indikatoren zum plakativen Leitbild werden müssen

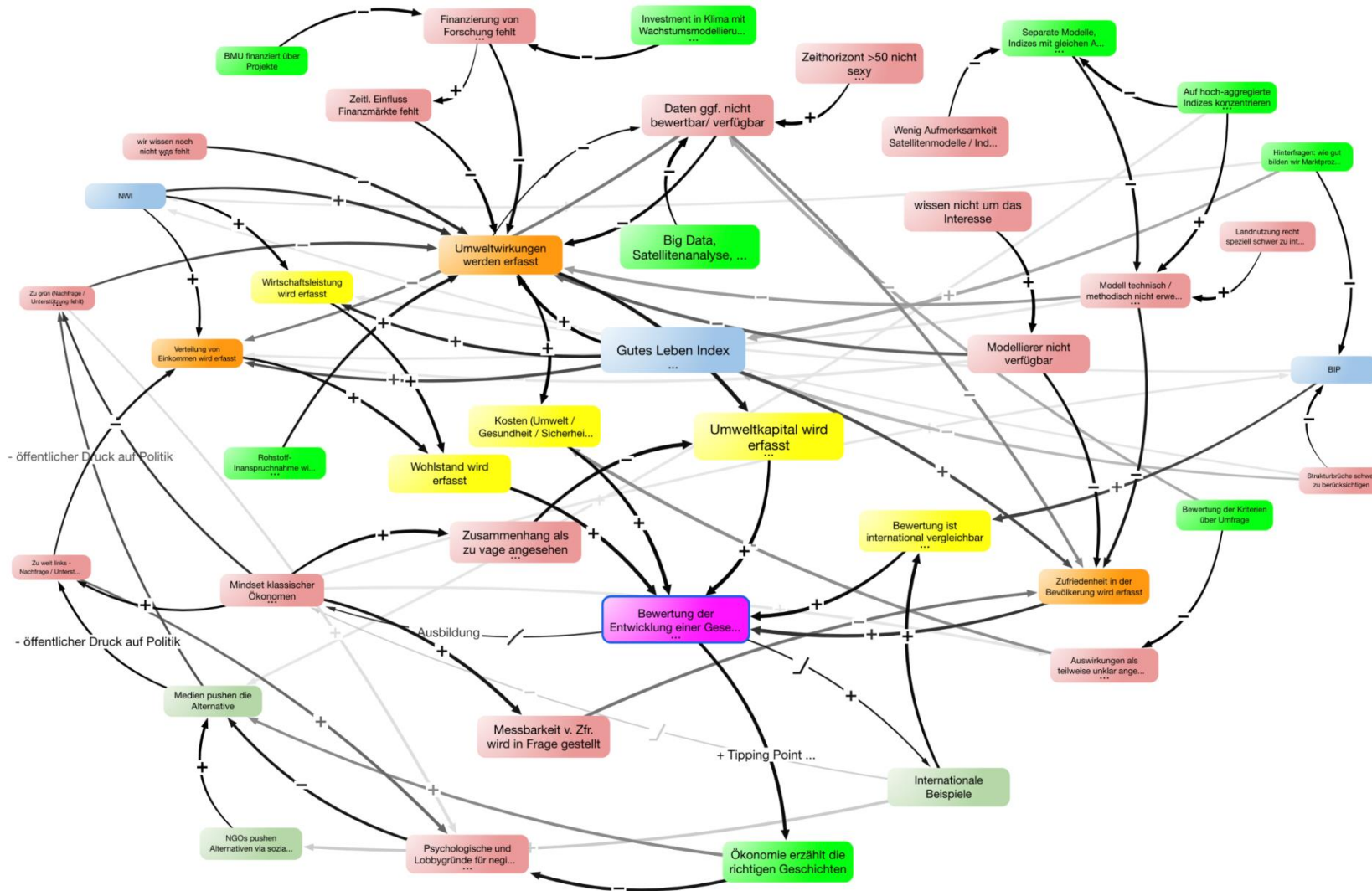
Die in Kapitel 3.2.1 aufgelisteten Hindernisse und Hebel für die Integration alternativer Indikatoren wurden in einem Qualitativen Ursache-Wirkungsmodell reflektiert, welches über den folgenden Link direkt aufgerufen werden kann: http://www.imodeler.info/ro?key=Ca-VwA_q70juQnEE-n7cYBA und zudem in Abbildung 14 zu sehen ist.

Ausgehend von den Faktoren, welche eine Bewertung der Entwicklung einer Gesellschaft ermöglichen, wurden grundsätzliche Indikatoren hierfür gesammelt und weiter gefragt, welche Hindernisse es für die Anwendung dieser Indikatoren gibt. Die Hindernisse wurden zumeist in dem Projektworkshop in Berlin und den Interviews mit Modellierern genannt. Explorativ fragt das Modell dann weiter zu jedem dieser Hindernisse, was diese etwaig adressieren könnte. Automatisch ergeben sich für einige Faktoren dabei Rückkopplungen und Dynamiken, die richtig aktiviert, alternative Wohlfahrts- und Umweltindikatoren etablieren könnten.

Insgesamt umfasst das Modell 77 Argumente (Verbindungen) und formt dabei 49 so genannte Wirkungsschleifen. Die meisten dieser Wirkungsschleifen sind selbstverstärkende Wirkungsschleifen.

Trivial ist, dass mit zunehmender Bewertung durch alternative Indikatoren es im Zeitverlauf auch mehr bzw. standardisierte internationale Beispiele geben wird und sich die Ausbildung und die Mindsets vieler Ökonomen erweitern werden. Weniger offensichtlich ist der Hebel, der sich durch den Faktor „Ökonomie erzählt die richtigen Geschichten“ ergibt – ein Impuls, der im Rahmen einer Veranstaltung dieses Projekts auch von Gastredner Tim Jackson gegeben wurde. Idee dahinter ist, dass Indikatoren – und damit letztlich auch die Modelle, die diese zur Abwägung von Maßnahmen vorausberechnen – über die Fachwelt hinaus auch über die Medien bekannt gemacht werden sollten. In den Hauptnachrichten müsste neben der Veröffentlichung des BIP automatisch auch ein alternativer Indikator, wie der NWI genannt werden. Dieser Indikator darf dabei nicht zu kompliziert sein und sollte daher mit der „richtigen Story“ versehen werden: „Wohlfahrtssteigerung bedeutet Wettbewerbsvorteile“, „Deutschland setzt auf oder verspielt seine Zukunft“, „Die Quantität mag steigen, aber die Qualität sinkt, der Druck auf Politik und Unternehmen steigt. Wann und wie entlädt sich der Überdruck?“ usw.

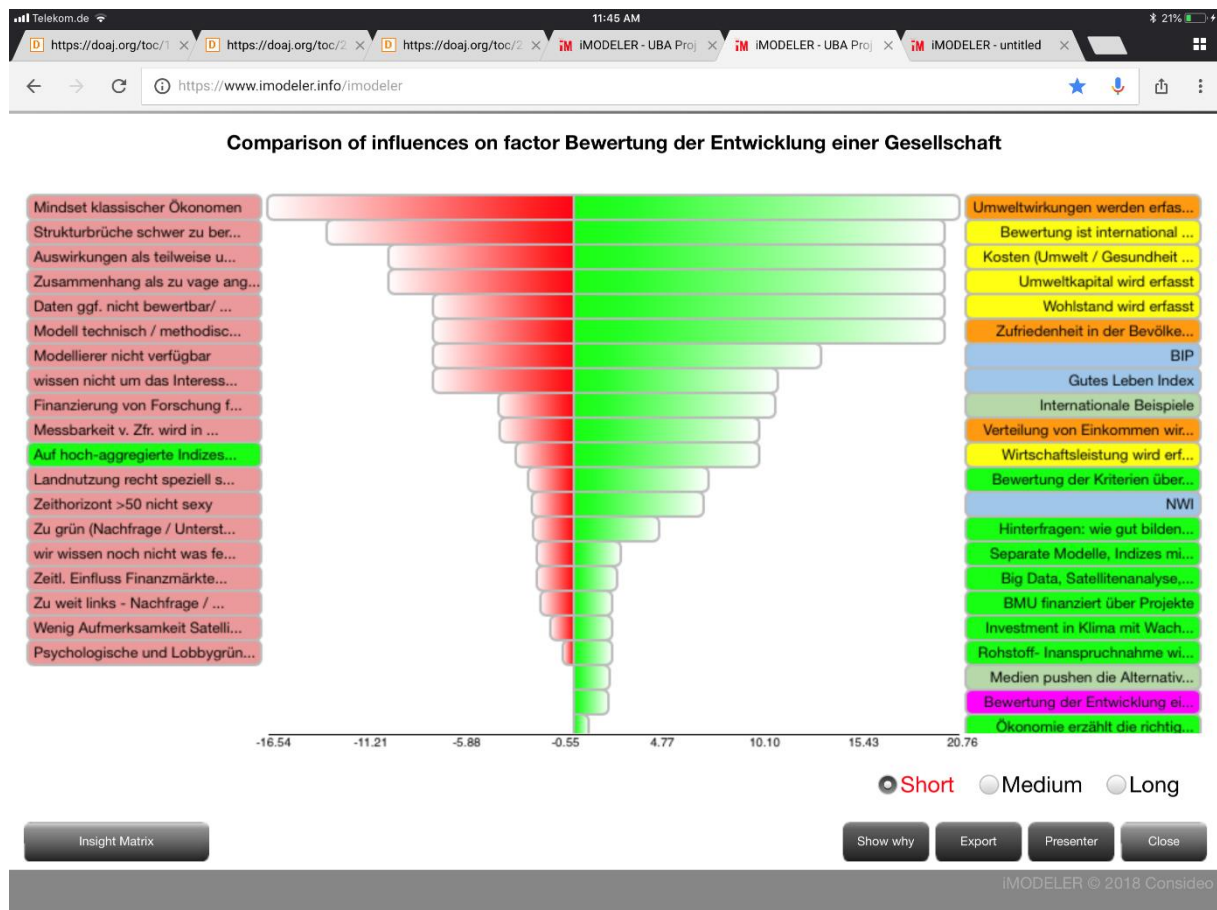
Abbildung 14: Ursache-Wirkungsmodell zur Bewertung der Entwicklung der Gesellschaft



Screenshot aus dem qualitativen Ursache-Wirkungsmodell zu den Hebeln und Hindernissen der Integration alternativer Indikatoren

Diese selbstverstärkenden Wirkungsschleifen können, wie die Analyse des Modells in Abbildung 15 zeigt, gezielt angestoßen werden. Umgekehrt verhindern die gleichen Schleifen ohne entsprechenden Wandel jede Durchsetzung alternativer Indikatoren.

Abbildung 15: Bewertung der Entwicklung einer Gesellschaft



Screenshot aus dem qualitativen Ursache-Wirkungsmodell zum Nexus zwischen Wirtschaft, Wohlfahrt und Zufriedenheit mit Anzeige des Analyseergebnisses zur Rangfolge der Bedeutung der Einflussfaktoren für die Bewertung der Entwicklung einer Gesellschaft.

Aktuell finden wir in den Hauptnachrichten gleichzeitig die Vergabe des Wirtschaftsnobelpreises u.a. für Nordhaus und seine Integration von erweiterten Indikatoren in ökonomische Modelle, den Diesel-Skandal, die Abholzung des Hambacher Forsts für neue Braunkohleförderung und die jüngste, verschärfte Warnung des IPCC vor den Folgen des Klimawandels. Allerdings ist das Narrativ dahinter, dass es besonders arme Regionen in der Welt treffen wird, nicht sonderlich wirkungsvoll, solange die Folgen auch für unseren Wohlstand nicht deutlich mit erzählt werden.

Solch öffentlicher Diskussion werden sich sogleich konkurrierende bzw. negierende Stimmen entgegenstellen – sei es, um im Sinne von Lobbyismus konkrete Interessen (Geschäftsmodelle zu schützen oder seine Wähler zu halten) zu vertreten oder vielleicht auch als mittelbare Folge davon grundsätzliche Bedenken streuend. Diese werden vermutlich auf Nährboden fallen, zumal Wohlfahrtsindikatoren in letzter Konsequenz auch unsere Lebensweise und damit die Mitte unserer Gesellschaft in Frage stellen und wir schon von daher ganz unbewusst gern hören, dass "die Zusammenhänge unklar sind", "die Daten gar nicht messbar", "man da noch ganz andere Dinge berechnen müsste", "da etwas wissenschaftlich durchaus umstritten ist", "man so etwas sich auch leisten können muss und Arbeitsplätze gehalten werden müssen", usw.

Die Medien werden bei zu viel Gegenwind gegen eine Berichterstattung über erweiterte Indikatoren möglicherweise auch schnell wieder zurückrudern, da mit Wohlfahrtsindikatoren insbesondere zur Einkommensverteilung der Verdacht politisch links zu sein aufkommt, und mit Umweltindikatoren der Verdacht politisch grün zu sein. Aber genauso, wie es Klimawandel und Ozonloch geschafft haben in der Mitte der Gesellschaft anzukommen, können es auch alternative Indikatoren schaffen. Dort angekommen verpufft der Eindruck, zu weit links oder zu grün zu sein.

In der Analyse des Modells ist es nicht der stärkste Einflussfaktor: aber grundsätzlich denkbar ist auch die Möglichkeit, dass nicht von der Fachwelt, sondern aus der Zivilgesellschaft, NGOs und sozialen Netzwerken heraus alternative Indikatoren, vermutlich nach Vorbildern aus dem Ausland, in die Mainstream-Medien getragen werden. Damit würden die gleichen selbstverstärkenden Schleifen angestoßen werden, wie wenn Politik und Fachwelt eben diese Indikatoren aufgriffen. Aus der Psychologie gibt es hierzu Unterstützung, wenn dort von „competitive altruism“ (Van Lange et al., 2018) gesprochen wird, also dem Versuch, sich durch Handeln pro Gemeinwohl zu profilieren. Dies bedeutet letztlich identitätsstiftendes und wetteiferndes und folglich emotional wirksames Verhalten (Neumann et al., 2018) unter der Voraussetzung, dass die Wirkung dieses Verhaltens bzw. politischer Maßnahmen gemessen und verglichen werden kann.

Interessant – in diesem Modell aber nicht weiter betrachtet – ist die Frage, ob Postwachstumsmodelle etabliert werden können. Hier ist die Angst der Mitte der Gesellschaft, den Wohlstand aufs Spiel zu setzen, vermutlich zu stark, als dass weniger Wachstum als Ziel ausgerufen werden dürfte. Wenn aber – wie mit dem ersten Modell in Abbildung 12 gezeigt – ein qualitatives Wachstum angestrebt wird, dürfte sich weniger Wachstum von ganz allein und ohne Angst einstellen.

Interessant auch, dass ein qualitatives Wachstum im Sinne von Green Economy so leicht in Verfall gerät, kritische Ressourcen zu verbrauchen oder durch Rebound-Effekte in der Wirkung zu verpuffen. Auch das klammert das Modell noch aus. Aber aus anderen Modellen, z.B. dem D3 Modell, wird deutlich, dass die Ressourcen-Inanspruchnahme durch Nachhaltigkeit objektiv sinkt und dass eben mit genau der Messbarkeit durch Indikatoren und später auch einzelner Handlungsoptionen der Öffentlichkeit bekannt wird, welche Folgen das Handeln bzw. welche emotional wirksame Verbesserung ihr alternatives Handeln bedeutet, so dass eben kaum noch Rebound-Effekte auftreten dürften.

C Anhang 3: Einstufung der Modellcharakteristika für die analysierten Modelle

Tabelle 4: Einstufung der Modellcharakteristika für die analysierten Modelle

Nr.	Modellname	Arbeit und Einkommen			Gesundheit und Bildung			Ressourcenverbrauch			Umweltauswirkungen		
		Einkommensverteilung	Umfang von Familienarbeit und ehrenamtlichen Tätigkeiten	Beschäftigung	Öfftl. Ausgaben für das Gesundheitswesen	Öfftl. Ausgaben für das Bildungswesen	Öfftl. Ausgaben für Forschung und Entwicklung	Änderung der Landnutzung	Extraktion und Importe von Rohmaterialien	Energieverbrauch	Emission von Treibhausgasen und Schadstoffen im Verkehrssektor	Emission von Treibhausgasen und Schadstoffen im Energiesektor	Emission von Treibhausgasen und Schadstoffen in der Landwirtschaft
1	ASTRA	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein
2	D3	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
3	D3 EE	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
4	D3 Plan-spiel	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja*	Ja*	Ja*
5	DART	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja*	Ja*	Ja*
6	DEFINE	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja*	Ja*	Ja*
7	DICE	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja*	Ja*	Ja*
8	E3ME	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
9	ENGAGE	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja*	Ja*	Ja*
10	ENV Linkages	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
11	EURACE	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
12	EU-ROGREEN	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein

Nr.	Modellname	Arbeit und Einkommen			Gesundheit und Bildung			Ressourcenverbrauch			Umweltauswirkungen		
		Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja*	Ja*	Ja*
13	FALSTAFF	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja*	Ja*	Ja*
14	GEAR	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
15	GEER	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
16	GEM-E3	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
17	GINFORS	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
18	ICES-FEEM-SI	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja*	Ja*	Ja
19	IMAGE	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja
20	IMK	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
21	InternationalFutures	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja
22	Lagom	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja
23	LowGrowSFC	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein
24	Medeas	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
25	ME-TANIOIA	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja
26	MOTMO	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein
27	NAWM	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
28	NiGEM	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein
29	PANTARHEI	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
30	QUEST	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein

Nr.	Modellname	Arbeit und Einkommen			Gesundheit und Bildung			Ressourcenverbrauch			Umweltauswirkungen		
31	REMIND	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja*	Ja*	Ja*
32	STOEMSys	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein
33	VIEW	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
34	WIOD-CGE	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein
35	WoW	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein

Quelle: adelphi und ZOE, eigene Erhebung; Ja* bedeutet, dass Treibhausgasemissionen nur über alle Sektoren aggregiert ausgewiesen werden.

Tabelle 5: Übersicht über Modellkopplungen

Nr.	Modellname	Kopplungen mit anderen Modellen (aus Experteninterviews)
3	D3 EE	Keine Kopplungen bekannt
8	E3ME	Sektormodelle für Transport und Strom; Klimamodell „GENIE“
11	EURACE	Keine Kopplungen bekannt
13	FALSTAFF	Keine Kopplungen bekannt
15	GEER	Keine Kopplungen bekannt
20	IMK	Keine Kopplungen bekannt
23	LowGrow SFC	Keine Kopplungen bekannt
26	MOTMO	Keine Kopplungen bekannt
28	NIGEM	Keine Kopplungen bekannt
29	PANTA RHEI	Internationales Makromodell GINFORS

Nr.	Modellname	Kopplungen mit anderen Modellen (aus Experteninterviews)
30	QUEST	Keine Kopplungen bekannt
32	STOEMSys	Keine Kopplungen bekannt
35	WoW	Keine Kopplungen bekannt

Quelle: adelphi und ZOE, eigene Erhebung

D Anhang 4: Tabellarische Übersicht zur Integrierbarkeit von Indikatoren in Modelle

Tabelle 6: Übersicht über bestehende und potentielle Modell-Indikatorkopplungen

	E3ME	NAWM	PANTA RHEI	WoW	IMK	MEDEAS	NI GEM	Green QUEST
Rohstoffäquivalente	E	B	F	B	A	D	B	B
Treibhausgasemissionen	E	B	F	E	B	F	B	F
Endenergieproduktivität	E	B	F	E	A	F	B	D
Ecological Footprint / Biocapacity	E	A	A	E	A	D	A	B
Einkommensverteilung	F	B	D	E	A 1)	B	B	E
Bildungsindex	B	A	A	B	A	B	B	E
Healthy Life Years	B	A	A	B	A	B	A	B
Nationaler Wohlfahrtsindex	A	A	C	B	A	B	A	B
Gewichteter privater Konsum	F	B	B	F	B	B	B	D
Wert der Hausarbeit	A	A	A	D	A	A	A	B
Wert der ehrenamtlichen Tätigkeit	A	A	A	B	A	A	A	B
Öffentliche Ausgaben für Gesundheits- und Bildungswesen	B	B	B	F	A	B	B	F
Kapitalisierung dauerhafter Konsumgüter	D	B	D	B	A	B	B	D
Kosten für Fahrten zwischen Wohnung und Arbeitsstätte	D	A	A	D	A	B	A	D
Kosten durch Verkehrsunfälle	A	A	A	D	A	B	A	B
Schäden durch Kriminalität	A	A	A	A	A	A	A	B
Kosten durch Alkohol-, Tabak- und Drogenkonsum	A	A	A	B	A	A	A	B
Gesellschaftliche Ausgaben zur Kompensation von Umweltbelastungen	B	A	E	B	A	B	A	F
Schäden durch Wasserbelastungen	B	A	A	B	A	B	A	B
Kosten durch Bodenbelastungen	B	A	A	B	A	B	A	B
Schäden durch Luftverschmutzung	B	A	E	D	A	B	A	D
Schäden durch Lärm	B	A	A	D	A	B	A	D
Verlust bzw. Gewinn durch Biotopflächenänderungen	B	A	A	D	A	B	A	B
Schäden durch Verlust von landwirtschaftlich nutzbarer Fläche	B	A	A	B	A	B	A	B
Ersatzkosten durch Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger	C	B	A	D	A	B	B	B
Schäden durch Treibhausgase	B	B	F	D	B 2)	B	B	F
Kosten der Atomenergienutzung	A	A	A	D	A	B	A	D

1) Funktionale Einkommensverteilung ist integriert; personelle Einkommensverteilung möglicherweise mit erheblichem Aufwand integrierbar. Bisherige Versuche sind jedoch gescheitert.

2) Multiplikation der vom BIP abgeleiteten Treibhausgasemissionen mit dem Schaden je Tonne der vom UBA im November 2018 mit 180 Euro angegeben wurde.

A	1-1	Geht nicht, ist nicht	Keine weiteren Möglichkeiten
B	2-1	Teilendogenisierung möglich, noch nicht realisiert	Ein weiterer Schritt zu beschränkter Verbesserung möglich
C	2-2	Teilendogenisierung möglich, bereits realisiert	Keine weiteren Möglichkeiten
D	3-1	Vollendogenisierung möglich, keinerlei Endogenisierung umgesetzt	Erhebliche Verbesserung möglich
E	3-2	Vollendogenisierung möglich, bisher nur teilendogenisiert	Erhebliche Verbesserung möglich
F	3-3	Vollendogenisierung bereits umgesetzt	Weit entwickelt. Keine weitere Verbesserung

Übersicht über Integrierbarkeit (kodiert von A bis F mit eigener Legende) der ausgewählten Indikatoren in die ausgewählten Modelle. Quelle: eigene Darstellung