



SPECIALISTS IN
EMPIRICAL ECONOMIC
RESEARCH

GWS-KURZMITTEILUNG 2022/02

INFORGE in a Pocket

**Lisa Becker
Florian Bernardt
Loreto Bieritz
Anke Mönnig
Frederik Parton
Philip Ulrich
Marc Ingo Wolter**

Impressum

AUTOR:INNEN

Lisa Becker

Tel: +49 541 40933-287, E-Mail: becker@gws-os.com

Florian Bernardt

Tel: +49 541 40933-285, E-Mail: bernhardt@gws-os.com

Loreto Bieritz

Tel: +49 541 40933-190, E-Mail: bieritz@gws-os.com

Anke Mönnig

Tel: +49 541 40933-210, E-Mail: moennig@gws-os.com

Frederik Parton

Tel: +49 541 40933-289, E-Mail: parton@gws-os.com

Philip Ulrich

Tel: +49 541 40933-200, E-Mail: ulrich@gws-os.com

Dr. Marc Ingo Wolter

Tel: +49 541 40933-150, E-Mail: wolter@gws-os.com

INFORGE IN A POCKET

VERÖFFENTLICHUNGSDATUM

© GWS mbH Osnabrück, Januar 2022

HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Die in diesem Papier vertretenen Auffassungen liegen ausschließlich in der Verantwortung der Verfasser:innen und spiegeln nicht notwendigerweise die Meinung der GWS mbH wider.

HERAUSGEBER DER GWS KURZMITTEILUNG

Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH

Heinrichstr. 30

49080 Osnabrück

1 EINLEITUNG

INFORGE (INterindustry FORecasting GERmany) ist ein Prognose- und Simulationsmodell, mit dem die Wirkungen des ökonomischen Strukturwandels in Deutschland analysiert werden können. Zudem dient INFORGE als Basismodell für weitere, über den ökonomischen Kernbereich hinausgehende Fragestellungen, wie soziale Teilhabe, Klimaschutz, Energiesystemtransformation und regionale Entwicklungen. INFORGE wurde Anfang der 90er-Jahre von der GWS mbH entwickelt und seither in zahlreichen Anwendungen in Forschung und Politikberatung eingesetzt, weiterentwickelt und evaluiert (Distelkamp et al. 2003, Ahlert et al. 2009, Maier et al. 2015, Drosdowski et al. 2017, Mönnig et al. 2019). Zurzeit werden INFORGE-Projektionen u. a. vom Deutschen Sparkassen- und Giroverband (DSGV) oder in Form der QuBe-Beschäftigungsprojektionen vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) sowohl für Mittelfristprojektionen (fünf Jahre) als auch für Langfristprojektionen eingesetzt (Zika et al. 2019, Weber et al. 2019)¹. Die Stärke von INFORGE ist die Analyse komplexer (sozio-)ökonomischer Strukturen mit ihren gegenseitigen Abhängigkeiten. Der Input-Output-Zusammenhang erlaubt die Identifizierung von direkten, indirekten und induzierten Einflüssen und Wirkungsketten. Damit gelingt sowohl eine lückenlose Darstellung der einzelnen Wirtschaftszweige in ihrer Verflechtung als auch eine Erklärung gesamtwirtschaftlicher Zusammenhänge, die eine Volkswirtschaft als Summe ihrer Einzelteile begreift.

Neben der umfassenden ökonomischen Modellierung im Kernmodell INFORGE werden die Energieverbräuche der Wirtschaft, des Verkehrs und der privaten Haushalte detailliert erfasst, um über Energiepreise und (Güter-)Steuern wiederum Wirkungen auf die Gesamtwirtschaft abzubilden und die Wirkung auf die Entwicklung von energiebedingten CO₂-Emissionen zu analysieren. Dieser Modellteil stützt sich auf die Erfahrungen mit dem Modell PANTA RHEI, das für eine Vielzahl verschiedener Anwendungen eingesetzt wird, insbesondere in den Themenfeldern Ressourcenverbrauch, ökologische Steuerreform, Klimaschutz und Energiepolitik (Meyer et al. 1999, Frohn et al. 2003, Meyer et al. 2012, Lutz et al. 2014, Lutz et al. 2014, Lehr et al. 2015, Lutz et al. 2018, Lehr et al. 2019, Lutz et al. 2021, Lutz et al. 2021, Kemmler et al. 2021). Neben den geschilderten Ergänzungen aus PANTA RHEI werden für die bereits bestehenden Module die Vermögensgüter Fahrzeuge und Wohnungen weiter ausdifferenziert.

Insgesamt gibt INFORGE eine konsistente Darstellung der ökonomischen Entwicklung in Deutschland. Dabei werden drei „Buchungssysteme“ zusammengeführt, die die Bevölkerung vollständig berücksichtigen, die Zahlungsströme in Euro erfassen und nun auch den Energieverbrauch in physischen Einheiten vollständig abbilden. Über die monetäre Buchungsebene sind auch die beiden übrigen Ebenen miteinander verbunden. So können die

¹ Endbericht Mittelfristprognose BMAS Fachkräftemonitoring

Wirkungen von politischen Maßnahmen auf Arbeitsplätze, Bruttoinlandsprodukt und Emissionen gemeinsam unter Berücksichtigung gegenseitiger Abhängigkeiten (z. B. Preise und Einkommen) untersucht werden.

2 MODELLPHILOSOPHIE DER GWS

Das Modell INFORGE folgt der **INFORUM-Modellphilosophie** (Almon 1991). Diese basiert auf den Prinzipien der Bottom-up-Konstruktion und der vollständigen Integration. Somit ist es INFORGE möglich, den Zusammenhang zwischen Strukturwandel und gesamtwirtschaftlicher Entwicklung angemessen abzubilden. **Bottom-up-Konstruktion** bedeutet, dass jeder Wirtschaftszweig individuell modelliert wird und sich die makroökonomischen Aggregate hier per Definitionsgleichung – quasi nachrichtlich – aus den sektoralen Prozessen „von unten“ ergeben (Meyer et al. 1999). Dieser Ansatz stellt sicher, dass jeder Wirtschaftszweig für sich in den ökonomischen Kontext eingebettet wird und intersektorale Abhängigkeiten explizit berücksichtigt werden. **Vollständige Integration** beschreibt eine hochgradig endogene und simultane Modellstruktur, die sowohl Branchenverflechtungen, Einkommensentstehung und -verteilung in den verschiedenen institutionellen Transaktoren (private Haushalte, NGOs, Unternehmen und Staat), Umverteilungseffekte des Staates als auch die Einkommensverwendung der privaten Haushalte für unterschiedliche Güter und Dienstleistungen berücksichtigt. INFORGE ist hochgradig interdependent und berücksichtigt die Beziehungen zwischen Teilmärkten und volkswirtschaftlichen Kreislaufzusammenhängen. Als makro-ökonometrisches Input-Output-Modell ist es empirisch geleitet. Die Verhaltensweisen von Wirtschaftszweigen, privaten Haushalten, NGOs, Unternehmen und Staat werden mittels Zeitreihenregressionen auf Basis der Daten des Statistischen Bundesamtes für die Jahre 1991 bis 2020 (Stand: August 2021) spezifisch modelliert (Maier et al. 2015).

INFORGE hat viele Eigenschaften mit CGE(**C**omputable **G**eneral **E**quilibrium)-Modellen gemein (Almon 1991). Beide Modellfamilien bilden den Vorleistungsverbund der „Unternehmen“ durch die Input-Output-Verflechtung disaggregiert ab. Sie greifen zudem auf die gleichen Datensätze (Input-Output-Tabellen und Inlandsproduktberechnung) zurück und enthalten nichtlineare Funktionen für die Verhaltensweisen. Des Weiteren werden sie simultan gelöst. Die theoretischen Grundlagen beider Modellfamilien sind jedoch unterschiedlich. CGE-Modelle folgen in den meisten Fällen einem neoklassischen Ansatz und streben somit eine Gleichgewichtslösung an (West 1995). INFORGE bedient sich im Gegensatz dazu bei Ansätzen der **Evolutionsökonomik** (Nelson & Winter 1982) und unterstellt somit begrenzt rational agierende Agenten (Mönnig 2016). Zudem werden die Preise in INFORGE anders als bei CGEs nicht als Gleichgewichtspreise, sondern aufgrund von Marktunvollkommenheiten (unvollständiger Wettbewerb, partiell starre Preise, Abhängigkeiten) und beschränkten Informationen der Wirtschaftssubjekte durch stückkostenbasierte Mark-up-Preissetzung bestimmt. Die Produktionsmenge wird in INFORGE sowohl von der Angebots- als auch der Nachfrageseite beeinflusst: Unternehmen bestimmen sowohl aufgrund ihrer Kostensituation als auch der Preise der konkurrierenden Importe ihre Absatzpreise – die Reaktion der Nachfrager auf die Preissetzung durch ihre Kaufentscheidung bestimmt dann die

Produktionsmenge. Die Verhaltenshypothesen werden grundsätzlich nicht ungeprüft vorgegeben, sondern müssen ökonometrischen Tests standhalten (Meyer et al. 1998). Es wird also keine Marktseite bevorzugt. Da es sich bei INFORGE um ein **ökonometrisches Input-Output-Modell** handelt, werden Parameter und ihre Elastizitäten der Verhaltensfunktionen auf Basis von Zeitreihendaten einer Vielzahl von Variablen ökonometrisch geschätzt. Im Gegensatz dazu werden die Parameter bei den meisten CGE-Modellen an einen gegebenen Referenzwert kalibriert oder die benötigten Werte für die Elastizitäten direkt aus bestehender Literatur übernommen (Peichl 2005). Ökonometrische Modelle wie INFORGE erfahren somit eine wesentlich aufwendigere Validierung als CGE-Modelle, da bei ihrer Ex-post-Anpassung ein Vielfaches an historischer Information verwendet wird.

Ein integraler Bestandteil von Input-Output-Modellen ist die Bestimmung der Nachfrage nach Vorleistungen differenziert nach Branchen. Inputkoeffizienten repräsentieren das Verhältnis von Vorleistungen zur Gesamtproduktion. In INFORGE drückt sich der **technologische Wandel** in der Produktionsweise, der Arbeitsproduktivität und der Kapitalintensität aus. Aktuelle technologische Entwicklungen, die noch keine ausreichende zeitliche Fundierung haben (z. B. Onlinehandel), werden zusätzlich integriert.

3 INFORGE IN KÜRZE

In Abbildung 1 ist das Modell grafisch dargestellt. Im Folgenden wird auf die Datenbasis und auf die Projektion im Modellkern eingegangen.

Die Datenbasis

Die Datenbasis von INFORGE bilden die **Input-Output-Rechnungen** (StBA 2021d) sowie die hierzu konsistenten Inlandsproduktberechnungen, welche beide Teil der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) des Statistischen Bundesamtes (StBA 2021c) sind. Damit wird die makroökonomische Ebene in INFORGE abgebildet. Ebenso werden die Kreislaufzusammenhänge zwischen den privaten Haushalten, NGOs, den Unternehmen und dem Staat nach 63 Wirtschaftsbereichen und 72 Gütergruppen bzw. Produktionsbereichen kenntlich gemacht.

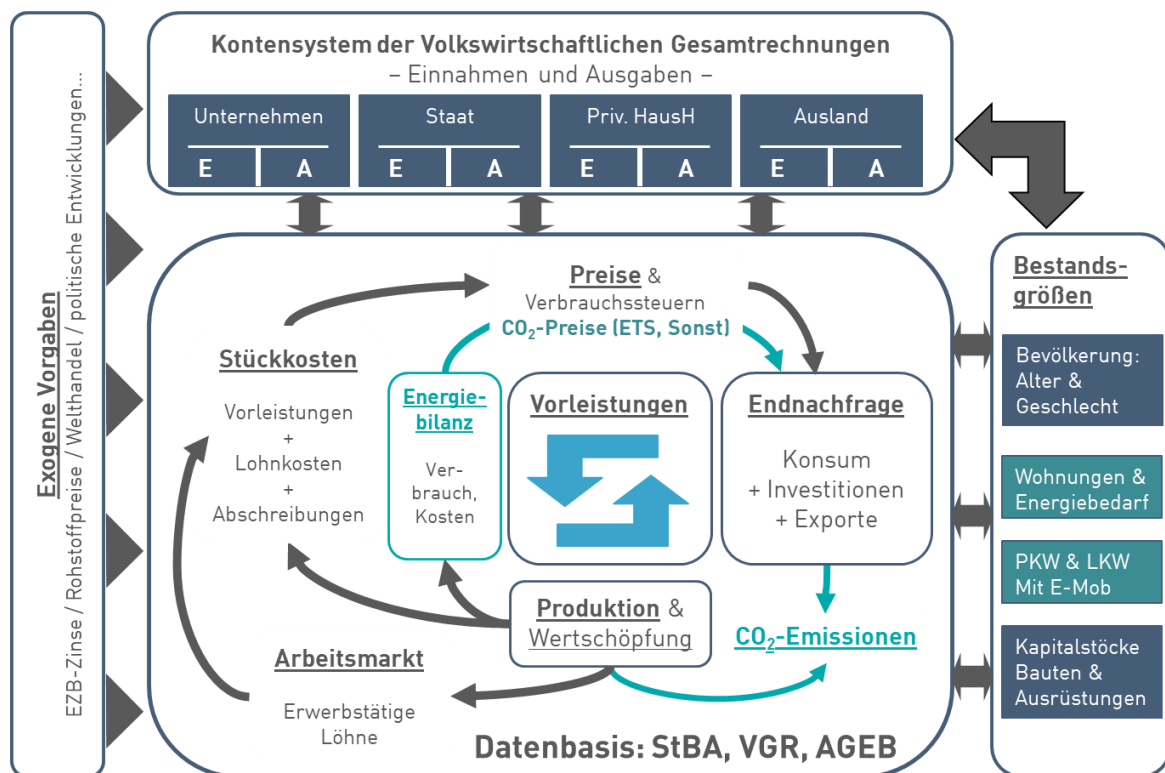
INFORGE unterscheidet zwischen **Herstellungs- und Anschaffungspreisen**. Erstere sind u. a. für die Abbildung der Kostenstruktur der Branchen von Bedeutung, an den Anschaffungspreisen orientieren wiederum Konsument:innen und Investor:innen ihre Nachfrage. Zwischen diesen beiden Preiskonzepten liegen neben anderen die Gütersteuern (StBA 2021b). Informationen zu den Steuereinnahmen nach Steuertypen werden vom Statistischen Bundesamt (StBA) bereitgestellt und in INFORGE eingepflegt.

Die Endnachfrage zu Anschaffungspreisen geht aus insgesamt 41 Konsumverwendungszwecken nach COICOP (Classification of Individual Consumption by Purpose), dem Konsumausgaben des Staates (COFOG), den Investitionsentscheidungen der Unternehmen

und der Exportnachfrage hervor. Die Übersetzungen der Klassifizierungssysteme (z. B. COFOG zu Gütergruppen) werden mit einer **Bridge-Matrix**² sichergestellt.

Für die Entwicklung der Konsumausgaben des Staates und der privaten Haushalte sowie der Entwicklung des Arbeitsmarktes sind die Entwicklung der **Bevölkerung** bzw. der Erwerbspersonen entscheidend. Hierfür wird die 14. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung des StBA verwendet. Jede der 21 Varianten liegt in INFORGE als Datenbasis vor und kann gezielt angewählt werden. Es ist somit möglich, verschiedene Bevölkerungsszenarien zu berechnen. Im Basislauf ist die Variante 9 (G2-L3-W2) eingestellt. Diese geht von einer Geburtenrate von 1,55 Kinder je Frau und einer stärker steigenden Lebenserwartung bei einem durchschnittlichen Wanderungssaldo von 221 000 Personen pro Jahr aus. Die Datengrundlage für die Berechnung der **Erwerbspersonen** stammt aus dem Mikrozensus zum Arbeitsmarkt (StBA 2021a).

Abbildung 1: Das INFORGE-Modell



Der Modellkern

Im Kern des INFORGE-Modells liegt die Berechnung der **Leontief-Inverse**. Sie stellt die Inverse der Differenz aus der Einheitsmatrix (I) und der Technologiematrix bzw. die eingesetzten Inputkoeffizienten (ANL) zur Erstellung eines spezifischen Gutes zu Herstellungs-

² beispielsweise die Konsumverflechtungstabelle des Statistischen Bundesamtes

preisen dar. Die Multiplikation dieser Technologiematrix mit der gesamten letzten Verwendung ($fgunl$) abzgl. der Importe ($imnl$) des spezifischen Gutes führt zur gesamten Bruttoproduktion ($ygnl$).

Gleichung 1

$$ygnl_t = \begin{pmatrix} ygnl_{t,i} \\ \vdots \\ ygnl_{t,72} \end{pmatrix}, ANL_t = \begin{pmatrix} ANL_{t,i,j} & \cdots & ANL_{t,i,72} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ ANL_{t,72,j} & \cdots & ANL_{t,72,72} \end{pmatrix}, fgunl_t = \begin{pmatrix} fgunl_{t,i} \\ \vdots \\ fgunl_{t,72} \end{pmatrix}, imnl_t = \begin{pmatrix} imnl_{t,i} \\ \vdots \\ imnl_{t,72} \end{pmatrix}$$

$$ygnl_t = (I - ANL_t)^{-1} * (fgunl_t - imnl_t)$$

Die Entwicklung der in Gleichung 1 verwendeten Endnachfrage zu Herstellungspreisen ($fgunl$) nach 72 Gütern (i, j) über die Zeit (t) geht unter Berücksichtigung des Konzeptübergangs von Anschaffungs- zu Herstellungspreisen aus detaillierten Schätzungen zum Konsumverhalten der privaten Haushalte und des Staates und zur Exportnachfrage hervor.

Die **Nachfrage der privaten Haushalte** stellt 2018 rund 50 % der Endnachfrage dar. Zur Erklärung dieser fließen neben der demografischen Entwicklung und der Zahl der Haushalte u. a. auch das verfügbare Einkommen der privaten Haushalte sowie der Preis eines Verwendungszweckes (z. B. Pauschalreisen) relativ zur Konsumpreisentwicklung insgesamt in die Schätzungen mit ein. Neben dem Konsum der privaten Haushalte treiben Projektionen nach Aufgabenbereichen für den Konsum des Staates die Endnachfrage.

Die Projektion der **Investitionen getrennt nach Bauten, Ausrüstungsgütern und sonstigen Anlagen („geistiges Eigentum“)** basiert auf ihren Kapitalstöcken, sodass Investitionen über die Abgänge pfadabhängig sind. Diese Pfadabhängigkeit ist entscheidend für die Modelleigenschaft, da Innovationen nicht sprunghaft umgesetzt werden können, ohne dass der bestehende Kapitalstock vollständig entwertet wird. Damit ist Zeit eine wesentliche Dimension der Modellergebnisse. Außerdem werden durchschnittliche Nutzungsdauern berücksichtigt, sodass auch zyklische Entwicklungen abbildbar sind.

Die Entwicklung der **Exporte** ist aus den Ergebnissen des Welthandelsmodells TINFORGE abgeleitet (Mönnig & Wolter 2020). Dort werden bilaterale Handelsmatrizen für 154 Länder sowie dem „Rest der Welt“ nach 33 Gütergruppen geschätzt. Die Dynamik wird aus den Ländermodellen der übrigen Länder entwickelt.

Durch die Modellierung des **Kontensystems** der VGR ist die Fiskalpolitik endogen integriert. Die gesamte Einkommensverteilung einschließlich Sozialversicherung und Besteuerung zwischen Staat und privaten Haushalten bzw. Unternehmen kann somit analysiert und projiziert werden. Hierdurch ist es möglich, auch die für die Endnachfrage relevanten verfügbaren Einkommen abzubilden. Die Bestimmung der Finanzierungssalden der institutionellen Transaktoren (private Haushalte, NGOs, Unternehmen und Staat) führt darüber hinaus zur Integration der staatlichen Budgetentwicklungen.

Für die Entwicklung der nominalen **Importe** ist hauptsächlich die inländische Nachfrage ausschlaggebend. Die Importpreise sind von der Entwicklung der internationalen Rohstoffpreise abhängig. Letztere basieren auf Daten und Prognosen internationaler Organisationen (OECD & FAO 2021, IMF 2021, IEA 2020).

Die nominalen **Inputkoeffizienten** ($ANL_{i,j}$) werden aus den preisbereinigten Inputkoeffizienten ($ARL_{i,j}$) berechnet. Diese stellen die Technologie dar, die zur Herstellung eines Gutes benötigt wird. Für jede der 72 modellierten Gütergruppen werden unterschiedliche Materialien und Leistungen eingesetzt. Die Entwicklung der wichtigsten preisbereinigten Inputkoeffizienten ($ARL_{i,j}$) wird in Abhängigkeit eines Zeittrends bestimmt. Diese wichtigsten Inputkoeffizienten stehen monetär gemessen für rund 50 % aller Vorleistungen. Von besonderer Bedeutung sind dabei die In-sich-Lieferungen innerhalb einer Gütergruppe. Die Variabilität der Inputkoeffizienten ist als Ergebnis eines autonomen technologischen Wandels zu interpretieren. Ferner werden technologische Veränderungen, die sich aktuell abzeichnen, aber noch nicht in den historischen Daten enthalten sein können, auf Basis von Recherchen eingebracht. Ein Beispiel dafür ist der vermehrte Einsatz von Videokonferenzen im Zuge der Corona-Pandemie oder der sich in jüngsten Daten abzeichnende verstärkte Übergang zu ökologischem Landbau.

Bei der Anwendung der gesamten Endnachfrage zu Herstellungspreisen ($fgunl$) sind die *Herstellungspreise* entscheidend. Die **Preisentwicklungen** in INFORGE folgen einem Stückkostenansatz. Dabei werden unterschiedliche Stückkostenarten (uc_i) unterschieden (Arbeitskosten, Abschreibungen, Vorleistungen). Sie stellen die jeweiligen Kosten relativ zum Produktionswert innerhalb eines Produktionsbereiches dar. Die Preise steigen mit den Stückkosten. Die geschätzten Elastizitäten spiegeln die Preisüberwälzungsmöglichkeiten des Produktionsbereiches wider.

Gleichung 2

$$ps_i[t] = f(uc_i) = f(\text{Arbeitskosten}, \text{Abschreibungen}, \text{Vorleistungseinsatz}, \text{Abgaben})$$

$$i \in \{1, \dots, 72\}$$

Die Unternehmen wählen also aufgrund ihrer Kostensituation und der Preise konkurrierender Importe ihren Absatzpreis. Die Nachfrager reagieren darauf mit ihrer Entscheidung, die dann die Höhe der Produktion bestimmt. Angebots- und Nachfrageelemente sind also im gleichen Maße vorhanden und beeinflussen sich gegenseitig. Der Kreislaufzusammenhang ist geschlossen.

Die Arbeitsnachfrage steht in Abhängigkeit der Produktionsentwicklung und der Entwicklung der branchenspezifischen Lohn- und Preisentwicklung: Verbessern sich die Absatzmöglichkeiten in Form steigender Preise, nimmt der Druck, mögliche Arbeitsproduktivitätssteigerungen umzusetzen, ab. Knappheiten, die sich aus dem Verhältnis von Arbeitsangebot und -nachfrage ergeben, auf dem Arbeitsmarkt führen zu steigenden Löhnen und damit auch zu einem entsprechend stärkeren Druck auf die Arbeitsproduktivität, die resultierend berechnet wird. Die Fortschreibung der Arbeitsangebotsseite erfolgt über die Bevölkerungsprojektion sowie Erwerbsquoten nach Altersgruppen und Geschlecht. Auch hier zeigen sich wieder die Kreislaufinterdependenzen. Die Lohnentwicklung ist mit entscheidend für das verfügbare Einkommen der Haushalte und wirkt somit auf den Konsum und schließlich auf die Produktion. Durch die simultane Modellstruktur bedingen sich die verschiedenen Einflussgrößen.

4 ERWEITERUNG DURCH DAS ENERGIEMODUL

Für eine modellbasierte Analyse der Wechselwirkungen zwischen Energiesystem und Wirtschaft wird die Energiebilanz vollständig integriert. Die Energiebilanz bildet als konsistentes Buchungssystem Erzeugung, Umwandlung und Verwendung von Energie nach Energieträgern in physischen Einheiten ab. Der Energieverbrauch und die damit verbundenen Emissionen müssen zudem den wirtschaftlichen Akteuren zugerechnet werden, um deren Belastung beispielsweise durch einen CO₂-Preis abzubilden.

Die Energiebilanzen Deutschlands (AGEB, verschiedene Jahre) werden jährlich erstellt. Der Datensatz erfasst in 68 Zeilen Aufkommen, Umwandlung und Verwendung von Energie, jeweils nach 30 verschiedenen Energieträgern/-gruppen (Spalten). Zu den Mengendaten der Energiebilanz kommen die energieträgerspezifischen Energiepreise hinzu, die überwiegend den Daten des BMWi (2021) entnommen werden. Die Entwicklungen der Energieverbräuche, ihr verhältnismäßiger Einsatz im Produktionsprozess, die Energiepreise und die entstehenden Importnachfragen sind die Schnittstelle zum übrigen ökonomischen System und werden sachgerecht in die Kostenstruktur der Produktionsbereiche und die Inlandsproduktsberechnung integriert (vgl. türkisfarbene Pfeile in Abbildung 1). Dabei sind sowohl Importpreise für Steinkohle, Rohöl und Erdgas als auch die Verbraucherpreise pro Energieträger für private Haushalte und Industrie abgedeckt. Die Energiepreise lassen sich in die einzelnen Bestandteile, wie bspw. die Energiesteuer, aufgliedern. Die Mehrwertsteuer ist insbesondere für die privaten Haushalte von Bedeutung. Die Steuern sind bereits Teil des Steuermoduls in INFORGE, das für den Übergang von Anschaffungspreisen zu Herstellungspreisen gemäß der Informationen der Input-Output-Rechnung vorgenommen wird. Der seit 2021 geltende CO₂-Preis im Rahmen des nationalen Emissionshandelssystems sowie der Zertifikatspreis des EU-weiten Emissions Trading System (ETS) werden ebenso abgebildet. Das Steueraufkommen sowie Einnahmen aus den Emissionshandelssystemen fließen in den Staatshaushalt.

Fortschreibung des Endenergieverbrauchs

Die Energiebilanz unterscheidet im Sektor „Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden, verarbeitendes Gewerbe“ 14 Industriezweige. Die Endenergienachfrage der einzelnen Zweige der **Industrie** wird grundsätzlich über die Entwicklung der spezifischen preisbereinigten Bruttoproduktion, die Entwicklung der Energiepreise in Relation zum Produktionspreis der Industriezweige und durch technologische Trends erklärt. Die Energienachfrage des Verbrauchssektors „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher“ (**GHD**) bezieht sich auf die Energienachfrage von überwiegend Dienstleistern mit in der Regel Büroarbeitsplätzen. Sie steht damit in Zusammenhang zur Zahl der Arbeitsplätze in diesem zusammengefassten Wirtschaftsbereich und – wegen des hohen Anteils des Energieverbrauchs für Beheizung der Bürogebäude – der Temperatureinflüsse (Gradtagzahl).

Für den **Verkehrs**sektor wird aus dem Verkehrsmodul die Verkehrsleistung (Tonnenkilometer und Personenkilometer) für die einzelnen Verkehrsträger genutzt, um den Energieverbrauch zu ermitteln. Zentrale Datenquelle hierfür ist Verkehr in Zahlen (BMVI 2020). Für den Pkw-Straßenverkehr wird die Entwicklung des Fahrzeugbestands in einem Kohortenmodell vollständig abgebildet. Aus den nach Kraftstoff-/Energieart gegliederten Beständen, den durchschnittlichen Fahrleistungen sowie den spezifischen Verbräuchen ergibt sich die

Entwicklung des Energieverbrauchs. Gleichermaßen werden die aus dem Verkehrsmodul abgeschätzten Güter- und Personenbeförderungsleistungen für den Straßen-, Schienen- und Luftverkehr im Energiemodul für die Fortschreibung des Endenergieverbrauchs genutzt.

Der Energieverbrauch der **privaten Haushalte** wird wesentlich von der Wohnsituation bestimmt. Für die Modellierung wird nach den Anwendungen Raumwärme, Warmwasseraufbereitung und sonstige Anwendungen (AGEB 2020) unterschieden. Das Wohnmodul schreibt den Bestand an Wohnungen, Wohnfläche und Wohngebäude nach Baualtersklassen und Gebäudearten fort. Der Heizenergiebedarf pro Wohnfläche unterscheidet sich vor allem nach Baujahr und Sanierungsrate der Gebäude. Das Alter und die Technologie der Heizungsanlagen bestimmen für die Mehrzahl der Gebäude auch die Energieeffizienz bei der Warmwasseraufbereitung. Die Größe des Haushalts und die Veränderung im Nutzerverhalten bestimmen zusätzlich den Verbrauch an Warmwasser und die übrige Verwendung von Energie im Haushalt. Zur Ableitung des tatsächlichen Energieverbrauchs nach Energiebilanz aus dem Heizenergiebedarf werden die Gradtagszahl und allgemeine Trends mit berücksichtigt.

Der Fortschreibung des Energieverbrauchs folgt eine konsistente Ableitung der Bereitstellung von Energie durch die Energiewirtschaft im **Umwandlungsbereich**, welcher den Einsatz und Ausstoß von Energie – im Wesentlichen der Kraftwerke und der Raffinerien – abbildet. Die Energiewirtschaft bezieht Primärenergieträger (z. B. Kohle und Erdöl) aus dem In- und Ausland, um auch den Endenergieverbrauch an Sekundärenergieträgern (z. B. Strom und Benzin) decken zu können. Der **Primärenergieverbrauch** bilanziert die Verbräuche, die Gewinnung sowie die Importe und Exporte.

CO₂-Emissionen

Energiebedingte CO₂-Emissionen werden auf Grundlage der Ergebnisse aus der Energiebilanz berechnet. Dafür werden die Energiemengen pro Energieträger mit spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren bewertet. Beispielsweise enthält ein TJ leichtes Heizöl 74 Tonnen CO₂ (UBA 2016). Hierfür werden der Referenz- und der Strukturansatz, welche der Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen folgen (UBA 2020), eingesetzt: Der Referenzansatz legt der Berechnung das Energieaufkommen zugrunde, d. h. hier werden die Daten über Gewinnung, Importe und Exporte sowie Bestandveränderungen von Energie genutzt, um die Emissionen zu berechnen. Für ein ressourcenarmes Land wie Deutschland dominiert die Importnachfrage nach fossilen Energieträgern die Entwicklung der Emissionen. Eine Zuordnung zu den Verursachern ermöglicht der Strukturansatz, bei dem die Emissionen auf Grundlage der Energieverwendung, d. h. des Endenergieverbrauchs, ermittelt werden. Dies ermöglicht die Integration von emissionsabhängigen Abgaben (ETS) in die Stückkostenkalkulation der Produktionsbereiche (vgl. Gleichung 2).

Rückwirkungen des Energiemodells auf den ökonomischen Kern

Die Entwicklungen zur Verwendung von Energieträgern im Energiemodell werden auf die entsprechenden Inputkoeffizienten im ökonomischen Modell übertragen. Veränderungen der energetischen Endnachfrage beeinflussen sowohl die Vorleistungseinsätze des Wirtschaftsbereichs „Erzeugung und Verteilung von Elektrizität und Fernwärme“ als auch den

damit verbundenen Umwandlungseinsatz an Primärenergie (Kohle, Erdöl, Gas etc.) zur Erzeugung der Sekundärenergieträger (Fernwärme, Elektrizität). Die Änderungen des Umwandlungseinsatzes an Primärenergieträgern wie z. B. der Energiewirtschaft in der Energiebilanz verändern die Kostenstruktur des jeweiligen Produktionsbereichs in der Verflechtungsmatrix.

5 AUSBLICK

Aufgrund der internationalen Verpflichtungen zur weitreichenden Reduktion der Treibhausgasemissionen steht Deutschland mitten im Umbau des Energiesystems. Politische Maßnahmen und Instrumente fördern die dazu notwendigen Veränderungen von Verhaltensweisen, Energieeffizienz und technologischen Wandel, um die Ziele zur Reduktion der CO₂-Emissionen bis 2030 und die Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen. Mit den dafür anstehenden Investitionen und Anpassungsprozessen gehen gesamtwirtschaftliche Wirkungen einher, die sich auf dem Arbeitsmarkt zeigen werden.

Mit seinem detaillierten, integrierten und konsistenten Ansatz ist INFORGE in der Lage, ökonomische Entwicklungen zu projizieren und Wirkungszusammenhänge zu analysieren. Die Ergänzung der Energiebilanz erweitert die Aussagekraft des Modells: Es können nun konsistente Aussagen zu ökonomischer Entwicklung, Arbeitsmarkt und Energieverwendung getroffen werden und die Wechselwirkungen z. B. zwischen Umbau der Energieerzeugung und Arbeitsmarkt analysiert werden. Diese integrierte Sichtweise ist angesichts der Knappheiten auf dem Arbeitsmarkt hilfreich, um Verzögerung des Umbaus der Wirtschaftsform wegen fehlender Arbeitskräfte rechtzeitig zu erkennen und bestenfalls vermeiden zu können.

6 LITERATURVERZEICHNIS

Ahlert, G., Distelkamp, M., Lutz, C., Meyer, B., Mönnig, A. & Wolter, M. I. (2009): Das IAB/INFORGE-Modell. In: Das IAB/INFORGE-Modell. Ein sektorales makroökonomisches Projektions- und Simulationsmodell zur Vorausschätzung des längerfristigen Arbeitskräftebedarfs. IAB-Bibliothek 318, Nürnberg, S. 15–175.

Almon, C. (1991): The Inforum Approach to Interindustry Modeling. *Economic Systems Research* 3 (1), S. 1–8. DOI: 10.1080/09535319100000001.

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) (2020): Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungszwecken.

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMVI) (2020): Verkehr in Zahlen 2020/2021.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWi) (2021): Zahlen und Fakten: Energiedaten – nationale und internationale Entwicklung.

Distelkamp, M., Hohmann, F., Lutz, C., Meyer, B. & Wolter, M. I. (2003): Das IAB/IN-FORGE-Modell: Ein neuer ökonomischer Ansatz gesamtwirtschaftlicher und länderspezifischer Szenarien. Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (BeitrAB) 275, Nürnberg.

Drosdowski, T., Hänisch, C., Kalinowski, M., Mönnig, A., Stöver, B., Ulrich, P. & Wolter, M. I. (2017): Gesamtwirtschaftliche Entwicklung 1991 bis 2030. In: Forschungsverbund Sozioökonomische Berichterstattung (Hg.): Berichterstattung zur sozioökonomischen Entwicklung in Deutschland. wbv Open Access. DOI: 10.3278/6004498w004.

Frohn, J., Lutz, C., Meyer, B., Chen, P., Hillebrand, B. & Lemke, W., Pullen, M. (2003): Wirkungen umweltpolitischer Maßnahmen: Abschätzungen mit zwei ökonomischen Modellen, Heidelberg.

International Energy Agency (IEA) (2020): World Energy Outlook 2020.

International Monetary Fund (IMF) (2021): World Economic Outlook – Managing Divergent Recoveries.

Kemmler, A., Kirchner, A., Maur, A. auf der, Ess, F., Kreidelmeyer, S., Piégsa, A., Spillmann, T., Straßburg, S., Wunsch, M., Ziegenhagen, I., Schломann, B., Plötz, P., Lutz, C., Becker, L. & Fritsche, U. (2021): Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi).

Lehr, U., Edler, D., Ulrich, P., Blazejczak, J. & Lutz, C. (2019): Beschäftigungschancen auf dem Weg zu einer Green Economy – szenarienbasierte Analyse von (Netto-)Beschäftigungswirkungen. Umwelt, Innovation, Beschäftigung 03/2019, Dessau-Roßlau.

Lehr, U., Lutz, C., Thobe, I., Ulrich, P., Edler, D., O'Sullivan, M., Peter, F., Bickel, P., Simon, S., Naegler, T., Pfenning, U. & Sakowski, F. (2015): Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland – Ausbau und Betrieb heute und morgen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), Osnabrück, Berlin, Stuttgart.

Lutz, C., Banning, M., Ahmann, L. & Flaute, M. (2021): Energy efficiency and rebound effects in German industry – evidence from macroeconomic modeling. Economic Systems Research. DOI: 10.1080/09535314.2021.1937953.

Lutz, C., Flaute, M., Lehr, U., Kemmler, A., Kirchner, A., Maur, A. auf der, Ziegenhagen, I., Wunsch, M., Koziel, S., Piégsa, A. & Straßburg, S. (2018): Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende. GWS Research Report 2018/04, Osnabrück.

Lutz, C., Lehr, U. & Ulrich, P. (2014): Economic Evaluation of Climate Protection Measures in Germany. International Journal of Energy Economics and Policy 4 (4), S. 693–705.

Maier, T., Mönnig, A. & Zika, G. (2015): Labour demand in Germany by industrial sector, occupational field and qualification until 2025 – model calculations using the IAB/IN-FORGE model. Economic Systems Research 27 (1), S. 19–42. DOI: 10.1080/09535314.2014.997678.

Meyer, B., Bockermann, A., Ewerhart, G. & Lutz, C. (1998): Modellierung der Nachhaltigkeitslücke – eine umweltökonomische Analyse. *Umwelt und Ökonomie* 26. Physica Verlag, Heidelberg.

Meyer, B., Bockermann, A., Ewerhart, G. & Lutz, C. (1999): Marktkonforme Umweltpolitik – Wirkungen auf Luftschadstoffemissionen, Wachstum und Struktur der Wirtschaft. *Umwelt und Ökonomie* 28. Physica-Verlag, Heidelberg.

Meyer, B., Distelkamp, M. & Meyer, M. (2012): Modeling green growth and resource efficiency: new results. *Mineral Economics* 24 (2), S. 145–154.

Mönnig, A. (2016): The European Monetary Union break-up – an economic experiment on the return of the deutsche mark. *Economic Systems Research* 28, 2016 (4), S. 497–517. DOI: 10.1080/09535314.2016.1242478.

Mönnig, A., Maier, T. & Zika, G. (2019): Economy 4.0 – Digitalisation and Its Effect on Wage Inequality. Special Issue: Digitalisation and the Labor Market. *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik* 239 (3), S. 363–398. DOI: 10.1515/jbnst-2017-0151.

Mönnig, A. & Wolter, M. I. (2020): TINFORGE – Trade in INFORGE. Methoden-Update 2020. GWS Discussion Paper 2020/4, Osnabrück. <http://papers.gws-os.com/gws-paper20-4.pdf>.

Nelson, R. & Winter, S. G. (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Harvard University Press, Cambridge, London.

Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) & Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2021): *OECD-FAO Agricultural Outlook 2021–2030*. OECD Publishing, Paris.

Peichl, A. (2005): Die Evaluation von Steuerreformen durch Simulationsmodelle. *Finanzwissenschaftliche Diskussionsbeiträge* 5, Universität Köln.

Statistisches Bundesamt (StBA) (2021a): Bevölkerung und Erwerbstätigkeit – Erwerbsbeteiligung der Bevölkerung, Ergebnisse des Mikrozensus zum Arbeitsmarkt. Fachserie 1, Reihe 4.1.

Statistisches Bundesamt (StBA) (2021b): Finanzen und Steuern – Steuerhaushalt. Fachserie 14, Reihe 4.

Statistisches Bundesamt (StBA) (2021c): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen – Inlandsproduktberechnung, detaillierte Jahresergebnisse. Fachserie 18, Reihe 1.4.

Statistisches Bundesamt (StBA) (2021d): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen – Input-Output-Rechnung. Fachserie 18, Reihe 2.

Umweltbundesamt (UBA) (2016): CO₂-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe. *Climate Change* 27/2016.

Umweltbundesamt (UBA) (2020): Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol 2020 – National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990–2018.

Weber, E., Helmrich, R., Wolter, M. I. & Zika, G. (2019): Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Bildung. In: Dobischat, R., Käßlinger, B., Molzberger, G. & Münk, D.

(Hg.): Bildung 2.1 für Arbeit 4.0? Bildung und Arbeit 06. Springer VS, Wiesbaden, S. 63–83.

West, G. R. (1995): Comparison of Input-Output, Input-Output Econometric and Computable General Equilibrium Impact Models at the Regional Level. *Economic Systems Research* 7 (2), S. 209–227. DOI: 10.1080/09535319500000021.

Zika, G., Schneemann, C., Kalinowski, M., Maier, T., Winnige, S., Großmann, A., Mönnig, A., Parton, F. & Wolter, M. I. (2019): BMAS-Prognose „Digitalisierte Arbeitswelt“ – Kurzbericht. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) & Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) mbH im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS). Forschungsbericht 526/1K, Berlin. https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Forschungsberichte/fb526-1k-bmas-prognose-digitalisierte-arbeitswelt.pdf?__blob=publicationFile&v=1, abgerufen am 26.01.2022.