



Umweltökonomische Analysen
mit dem MIO-ES-Modell

Dokumentation der Modellstruktur und Datenbasis

UMWELTÖKONOMISCHE ANALYSEN MIT DEM MIO-ES-MODELL

Dokumentation der Modellstruktur und Datenbasis

Elisabeth Frei
Bernd Gugele
Michael Miess
Maria Niedertscheider
Simon Schnirzer
Sigrid Svehla-Stix
Johanna Vogel

REPORT
REP-0861

WIEN 2023

- Projektleitung** Michael Miess, Sigrid Svehla-Stix
- Mitwirkende** Thomas Krutzler, Andreas Zechmeister, Herbert Wiesenberger, Michael Gössl, Christian Heller, Holger Heinfellner, Günther Lichtblau, Wolfgang Schieder, Ilse Schindler, Alexander Storch, Siegmund Böhmer, Ralf Winter, Raphael Wasserbauer, Kurt Kratena (CESAR).
- Lektorat** Ira Mollay
- Layout** Thomas Lössl
- Umschlagfoto** © B. Gröger
- Auftraggeber** Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)
- Publikationen** Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter:
<https://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Diese Publikation erscheint ausschließlich in elektronischer Form auf <https://www.umweltbundesamt.at/>.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2023
Alle Rechte vorbehalten
ISBN 978-3-99004-699-9

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	4
SUMMARY	5
1 EINLEITUNG UND EINBETTUNG VON MIO-ES IN DIE MODELL- LITERATUR	6
2 MODELLSTRUKTUR	11
2.1 Grundstruktur	11
2.2 Mengenmodell	12
2.3 Preismodell	14
2.4 Nachfragemodell	15
3 DATENGRUNDLAGEN	19
4 WICHTIGE MODELLKOMPONENTEN, PARAMETER UND ELASTIZITÄTEN	21
4.1 Zentrale Modellkomponenten und Parameter	21
4.2 Elastizitäten	22
4.3 Ergebnisse nach (Ö)NACE-Wirtschaftsbranchen (Zweisteller)	24
4.4 Ergebnisse nach Dezilen der Haushaltseinkommens- verteilung ...	25
4.5 Ergebnisse im volkswirtschaftlichen Aggregat	26
4.6 Multiplikatoren	27
5 LITERATURVERZEICHNIS	28

ZUSAMMENFASSUNG

Das MIO-ES-Modell (Makroökonomisches Input-Output-Modell mit integriertem Energiesystem) des Umweltbundesamtes wird für Expert:innen in der öffentlichen Verwaltung, Wissenschaft, Politik sowie für die Öffentlichkeit ausführlich erläutert. MIO-ES ist ein hybrides, makroökonomisches Input-Output (IO)-Modell, das neben volkswirtschaftlichen Verflechtungen auf monetärer Basis auch das Energiesystem in physischen Einheiten voll in die ökonomisch-energetische Analyse integriert. Dieses Modell ist ein für die Arbeiten des Umweltbundesamtes optimal zugeschnittener Hybrid aus verschiedenen Modellparadigmen bzw. Modelltypen, die für die ökonomisch-energetisch-ökologische Evaluierung von energie- und klimabezogenen Maßnahmen üblicherweise herangezogen werden. Die aktuelle Version liefert jährliche Ergebnisse ausgehend vom Basisjahr 2014 mit einem Horizont bis 2050.

Das MIO-ES-Modell wird im Umweltbundesamt gemeinsam mit Sektor-Modellen für die Erstellung langfristiger Szenarien zu den österreichischen Treibhausgas-Emissionen nach der EU-Verordnung über das Governance-System der Energieunion eingesetzt. Zusätzlich wird es gemeinsam mit Sektor-Modellen für die Evaluierung kurz- und mittelfristiger Wirkungen zahlreicher klima- und energiepolitischer Maßnahmen und Maßnahmenbündel auf Volkswirtschaft, Energieverbrauch und CO₂-Emissionen herangezogen. MIO-ES wird in der Regel nicht dafür eingesetzt, um die Entwicklung von makroökonomischen Variablen für die Zukunft in absoluten Zahlen möglichst genau vorherzusagen. Vielmehr dient es dazu, in einem Aktivitäts-Szenario die Effekte von Maßnahmen im Vergleich zu einem Baseline-Szenario zu simulieren und die entsprechenden Wirkungen – innerhalb der üblichen Einschränkungen bei ökonomischen Modellen, die auf die Komplexität ökonomischer Fragestellungen zurückzuführen sind – quantitativ zu bewerten.

SUMMARY

This report provides a detailed explanation of the MIO-ES model (Macroeconomic Input-Output Model with Integrated Energy System) of Umweltbundesamt for various target groups, including experts in public administration, academia, politics as well as for the public. MIO-ES is a hybrid, macroeconomic input-output (IO) model that integrates the energy system in physical units into the economic-energy analysis, along with macroeconomic interdependencies in monetary terms. For the work of Umweltbundesamt, the model is an optimal hybrid of different model paradigms and types commonly used for the economic-energy-ecological evaluation of climate- and energy-related measures. The current version provides annual results from the base year 2014 up to 2050.

The MIO-ES model, together with sectoral models, is used at Umweltbundesamt for long-term scenario development on Austrian greenhouse gas emissions according to the EU Regulation on the Governance of the Energy Union. MIO-ES is also employed in combination with sectoral models for evaluating short- and medium-term effects of numerous climate and energy policy measures on the economy, energy consumption, and CO₂ emissions. Generally, MIO-ES is not used to predict the future development of macroeconomic variables in absolute terms with high accuracy. Instead, it aims to simulate the effects of measures compared to a baseline scenario and to quantitatively evaluate the corresponding impacts, within the usual limitations of economic models that arise from the complexity of economic issues.

1 EINLEITUNG UND EINBETTUNG VON MIO-ES IN DIE MODELL-LITERATUR

- Kurzbeschreibung** MIO-ES¹ ist ein hybrides, makroökonomisches Input-Output (IO)-Modell, das neben volkswirtschaftlichen Verflechtungen auf monetärer Basis auch das Energiesystem in physischen Einheiten voll in die ökonomisch-energetische Analyse integriert. Somit kann das Modell nicht nur ökonomische Feedback-Wirkungen, sondern auch Wechselwirkungen zwischen dem ökonomischen System und dem Energiesystem sowie die zugehörigen Emissionswirkungen abbilden. Zudem ermöglicht die Integration des Energiesystems eine Ankopplung emissionsbezogener Sektor-Modelle für die Sektoren Verkehr, Stromerzeugung, Raumwärme und Industrie anhand definierter Schnittstellen.
- Zweck des Modells** Das MIO-ES-Modell wird im Umweltbundesamt gemeinsam mit Sektor-Modellen für die Erstellung langfristiger Szenarien zu den österreichischen Treibhausgas-Emissionen nach der EU-Verordnung über das Governance-System der Energieunion (VO (EU) 2018/1999) eingesetzt. Zusätzlich wird es gemeinsam mit Sektor-Modellen für die Evaluierung kurz- und mittelfristiger Wirkungen zahlreicher klima- und energiepolitischer Maßnahmen und Maßnahmenbündel auf Volkswirtschaft, Energieverbrauch und CO₂-Emissionen herangezogen. Es liefert in der derzeitigen Version Ergebnisse ausgehend vom Basisjahr 2014 mit einem Horizont bis 2050.²
- Baseline- und Aktivitäts-Szenario** Für die Analyse mit MIO-ES wird zuerst ein sogenanntes Baseline-Szenario berechnet. Dafür werden sämtliche Parameter so festgelegt, dass sie dem sozioökonomischen und klimapolitischen Status quo sowie den sich daraus ergebenden wirtschaftlichen Entwicklungen entsprechen. Im zweiten Schritt kann auf Basis unterschiedlichster Annahmen zu sozioökonomischen und klimapolitischen Veränderungen ein Aktivitäts-Szenario berechnet werden. Hier werden bestimmte (exogene) Variablen, Maßnahmen, Instrumente und/oder Parameter (z. B. Investitionen, Exporte, CO₂-Bepreisung, Energiepreise, thermische Sanierungsrate bei Gebäuden, Modal-Split im Verkehr etc.) verändert, während der Rest des Modells (*ceteris paribus*) invariant bleibt. In der weiteren Analyse werden die Modellergebnisse von Aktivitäts- und Baseline-Szenario verglichen, um die Auswirkungen von Maßnahmen zu ermitteln. MIO-ES wird also in der Regel nicht primär dafür eingesetzt, um die Entwicklung von makroökonomischen Variablen (gemessen in absoluten Zahlen) für die Zukunft möglichst genau vorherzusagen; es dient eher dazu, in einem Aktivitäts-Szenario die Effekte von Maßnahmen im Vergleich zu einem Baseline-Szenario zu simulieren und die entsprechenden Wirkungen – innerhalb der üblichen Einschränkungen bei ökonomischen Modellen, die auf die Komplexität ökonomischer Fragestellungen zurückzuführen sind – quantitativ zu bewerten.

¹ MIO-ES steht für "Makroökonomisches Input-Output-Modell mit integriertem Energiesystem". Siehe auch CESAR (2020).

² Erweiterungen über das Jahr 2050 hinaus (z. B. bis 2070) sind derzeit angedacht und befinden sich in Planung.

Hybrid-Modell Das MIO-ES ist ein für die am Umweltbundesamt benötigten Maßnahmen-evaluierungen sowie die energetisch orientierten Szenarien- und Evaluationsarbeiten optimal zugeschnittenes Hybrid aus verschiedenen Modellparadigmen bzw. Modelltypen, die für die ökonomisch-energetisch-ökologische Evaluierung von umwelt- und klimabezogenen Maßnahmen üblicherweise herangezogen werden. Die hier angesprochenen großen Modelltypen sind (1) Input-Output-Modelle (Leontief, 1951, Robinson, 2006 Wiedmann, 2009), (2) rechenbare allgemeine Gleichgewichts- oder auch CGE-Modelle (Computable General Equilibrium) (Böhringer & Rutherford, 2008, Robinson et al., 1999, Rutherford, 1999, Shoven & Whalley, 1992, Taylor, 1990) und (3) keynesianische strukturelle ökonometrische Modelle (E3ME, 2022, Hantzsche et al., 2018, Lawson, 1981, Mercure et al., 2018). Es ist aber anzumerken, dass diese Modelltypen bzw. -paradigmen als grobe Abgrenzung der vielen möglichen Partitionierungen der vielfältigen ökonomischen Modellwelt gesehen werden können - mit vielen Graubereichen in der Mitte.

IO-Modelle im Vergleich zu anderen Input-Output-Modelle (IO-Modelle) haben als Hauptvorteil die Abbildung der Verflechtung der Wirtschaft gemäß Industriesektoren bzw. Endverbraucher:innen, die Möglichkeit der Anbindung der finanziellen Flüsse der IO-Tabellen an Energie- und Materialflussrechnungen sowie eine in der Regel sehr einfache computerische Handhabung, die große und komplexe Modelle erlaubt. Die Nachteile umfassen die statisch-lineare Natur der Resultate, d. h. keine wirklichen Verhaltensannahmen zur Substitution von Gütern und Inputfaktoren, sowie (in der Basisversion eines IO-Modells) keine endogene Modelldynamik, die die wirtschaftliche Entwicklung über die Zeit darstellt.³ CGE-Modelle werden oft für ihre zugrunde liegenden unrealistischen (neoklassisch geprägten) Verhaltensannahmen kritisiert.⁴ Zudem sind sie schnell rechenintensiv und komplex in der Handhabung – oft ohne viel Gewinn von zusätzlicher Erkenntnis aus dieser Modellkomplexität für die angewandte Politikanalyse (Lawson, 1981, M. Miess et al., 2022, M. G. Miess, 2012, Poledna et al., 2018, 2023). Keynesianische strukturelle Modelle, die oft in der wirtschaftlichen Prognose verwendet werden, wurden in den 1970er Jahren und danach v. a. im Rahmen dessen, was im allgemeinen als die Lucas-Kritik gilt (Lawson, 1981, Lucas, 1976), aufgrund ihrer Verhaltensannahmen kritisiert. Diese Kritik konzentrierte sich darauf, dass in keynesianischen strukturellen Modellen vorausschauendes Verhalten der Haushalte sowie Reaktionen der Modell-Agenten auf die erwartete ökonomische Wirkung von Politikmaßnahmen nicht abgebildet sind. Obwohl

³ Natürlich gibt es IO-Modelle, in die solche Dynamiken und Eigenschaften eingebaut werden, diese gehen dann aber über das „klassische“ IO-Basismodell hinaus. In gewisser Weise ist MIO-ES eine besonders ausgereifte und gut entwickelte Form eines erweiterten IO-Modells.

⁴ Insbesondere jene Elemente des Ramsey-Modells, die sehr vielen CGE-Modellen strukturell zugrunde liegen, also perfekte Voraussicht und perfekte Information über alle zukünftigen Preise sowie Investitionen, die aus dem zeitlich vorausschauenden Sparverhalten der Haushalte resultieren – Annahmen, von denen sehr oft nicht wirklich abgegangen wird, auch in komplexeren CGE-Modellen – werden oft kritisiert (Grassini, 2009, M. G. Miess, 2012, Poledna et al., 2023, Scriciecu, 2007, Taylor & Arnim, 2007). Weitere strukturelle Kritiken an der Theorie, die CGE-Modellen zugrunde liegt, sind mehr als hier aufgezählt werden kann; (Keen, 2011) liefert dazu eine gute erste Übersicht.

diese Kritik diesen Modellen nicht voll gerecht wird und in „modernen“ gleichgewichtsorientierten Makromodellen auch keinen vollen, produktiven Niederschlag in der Konstruktion „besserer“ moderner ‚rational expectations‘-Modelltypen finden konnte (Lawson, 1981, Poledna et al., 2023), hatte diese Kritik starke Auswirkungen auf die ökonomische Modelllandschaft seit den 1970er Jahren in Form der zunehmenden – aus pragmatischen Gründen aber nie vollständigen – Verdrängung keynesianisch geprägter Modelle. Insbesondere Prognosemodelle von Wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Forschungsinstituten tragen viele keynesianisch-ökonomisch-strukturell geprägte Elemente in sich, da diese Modellstruktur oft die besten und vor allem auch narrativ nachvollziehbare (Prognose-)Ergebnisse liefert. Ökonometrisch geschätzte Zusammenhänge, eingebettet in keynesianisch orientierte strukturelle Modelle, erfahren somit eine gewisse Renaissance. Sie finden sich in vielen Modelltypen zumindest als Modellkomponenten wieder, nicht zuletzt und insbesondere in modernen agentenbasierten Modellen (ABMs) (Dawid & Delli Gatti, 2018, Hommes, 2021, Hommes & LeBaron, 2018, Mercure et al., 2018, Poledna et al., 2023).

Vorteile von MIO-ES als Hybrid-Modell

MIO-ES als Hybrid-Modell vereint auf der einen Seite viele Vorteile dieser Modelltypen in einem gemeinsamen Rahmen, wie unten im Detail näher erläutert wird. Dies umfasst insbesondere:

1. Die Verflechtung der Industriesektoren sowie sektorspezifische ökonomische Kennzahlen werden mittels der Aufkommens- und Verwendungstabellen inklusive der Importstrukturen der heimischen Wirtschaft in MIO-ES integriert.
2. Gleichzeitig wird preisabhängige Faktorsubstitution (Arbeit, Kapital, Materialvorleistungen, Energie) anhand einer Translog-Produktionsfunktion im Modell dargestellt. Auf der Konsumseite wird in Spiegelung dazu preisabhängiges Verhalten der Haushalte (Substitution von Konsumgütern) durch ein sogenanntes Almost Ideal Demand System (AIDS-Modell) abgebildet. Die Parametrisierung der Translog- und AIDS-Funktionen basiert auf für Österreich spezifischen empirischen Daten.
3. MIO-ES bildet wirtschaftliche Dynamik unter anderem anhand einer endogenen Investitionsfunktion, des Konsumverhaltens der Haushalte (abhängig vom verfügbaren Einkommen, welches auch pfadabhängig ist), Preissetzungsdynamiken – z. B. Interaktion zwischen Produkt-, Energie und Konsumpreisen sowie Lohnsetzung – sowie zahlreicher exogener Annahmen und der eingespeisten Sektor-Modelle ab.
4. Keynesianische Multiplikatoreffekte, moderiert durch die empirisch basierte preisabhängige Faktorsubstitution, sind in dem Modell dadurch explizit enthalten. Diese Multiplikatoreffekte wirken dynamisch zwischen den verschiedenen Jahren in Pfadabhängigkeit auf das Wirtschaftsgeschehen durch.
5. Verteilungswirkungen nach Einkommensdezilen (verfügbares Einkommen und Konsum) sind ebenfalls berücksichtigt.
6. Der Staatssektor (Steuern, Transfers, Verschuldung) ist in dem Modell konsistent abgebildet mit den wichtigsten finanziellen Flüssen, und eine

Erweiterung des Staatssektors wird in der Neuerstellung von MIO-ES derzeit in Angriff genommen.

7. Innerhalb dieses komplexen ökonomischen Gefüges ist eine detaillierte Energiesystemdarstellung, die unter anderem auf bestehenden Sektor-Modellen am Umweltbundesamt sowie fundiertem Expert:innenwissen beruht, letztlich eine der herausragenden Eigenschaften, die MIO-ES von vergleichbaren Modellen abhebt.
8. Insbesondere sind viele Inputs von Partialmarktmodellen direkt mit MIO-ES verknüpft und speisen detaillierte Daten direkt in MIO-ES ein. Dies betrifft insbesondere die Sektoren Gebäude, Energie und Verkehr, wo MIO-ES unter anderem im Szenarien-Prozess von entsprechenden vorgelagerten Sektor-Modellen bespeist wird.
9. Letztlich ermöglicht diese detaillierte Energiesystem- und Produktions- sowie Konsumdarstellung, dass die durch wirtschaftliches und technisches Handeln entstehenden (energetischen) Emissionen im größtmöglichen Ausmaß berücksichtigt werden.
10. Insgesamt ist MIO-ES somit ein einzigartiges Werkzeug, um technologisch-energetisch-ökonomische Energie- und Emissionsszenarien zu erstellen und ihre gesamtwirtschaftlichen Wirkungen zu analysieren.
11. Die vollständige Abbildung des ökonomisch-energetischen Systems liefert Outputs und Information über alle makroökonomischen und energetischen Aggregate sowie die Emissionen – oft auf wirtschaftlich-sektoraler Ebene und inklusive Verteilungswirkungen für Haushalte – und erlaubt somit einen umfassenden Modelloutput, der eine Analyse des Wirtschaftsgeschehens anhand einer detaillierten Szenario-Arbeit erlaubt.

Minimierung von Nachteilen

Auf der anderen Seite, trotz der großen Bandbreite und Komplexität der ökonomisch-energetisch-emissionsbezogenen Darstellung von MIO-ES, werden die Nachteile solcher großen Modelle nach Möglichkeit minimiert. (1) Letztendlich ist bei MIO-ES durch alle ökonomischen Verhaltensannahmen eine bestmögliche Komplexitätsreduktion bei gleichzeitiger Bewahrung der wichtigsten ökonomisch-energetisch-emissionsbezogenen Relationen vorgenommen worden. Die in diesem Text beschriebenen Zusammenhänge sind die Grundbausteine jedes ökonomischen Systems, die in der Regel ausreichen, die wichtigsten realwirtschaftlichen Zusammenhänge⁵ zu beschreiben und gleichzeitig ihre energetischen und emissionsbezogenen Wirkungen zu berücksichtigen. (2) Insofern ist die Rechenzeit von MIO-ES – eine wichtige praktische Komponente der Anwendung – insbesondere im Vergleich zu ökonomischen Optimierungsmodellen vergleichsweise niedrig, die auf der Verhaltensebene anders und komplexer gestaltet sind. (3) Die Konzentration auf die wesentlichen Zusammenhänge erlaubt die vergleichsweise komplikationsfreie Integration der zahlreichen erwähnten energetisch-ökonomischen (Partialmarkt-) Sektor-Modelle – mit Schwerpunkt auf dem Energiesystem, Emissionen sowie

⁵ Der Finanzmarkt ist aus den angesprochenen Gründen der Komplexitätsreduktion in MIO-ES derzeit noch sehr einfach gehalten, es sind aber entsprechende Erweiterungen im Modell bzgl. Finanzierung und Investitionen in Planung.

den größten energetischen Komponenten des Produktions- und Konsumsystems.

**Struktur der
Modellbeschreibung**

Die weitere Struktur dieser Modellbeschreibung ist wie folgt: In Kapitel 2 werden die Grundstruktur von MIO-ES erläutert und die Zusammenhänge der Teilmodelle dargestellt. In Kapitel 3 wird auf die Zusammensetzung der Datengrundlagen eingegangen. In Kapitel 4 werden die wesentlichen Treiber und Parameter vorgestellt sowie deren Quellen genannt. Sie bilden auch mögliche Stellschrauben, die in Szenarien variiert werden können. Kapitel 0 zeigt die wesentlichen Ergebnisse (Outcomes) des Modells sowie ihre Entstehung. Abschließend werden publizierte Anwendungen mit MIO-ES aufgelistet.

2 MODELLSTRUKTUR

drei Teilmodelle

Das makroökonomische Energie-Input-Output-Modell MIO-ES verfügt über eine hybride Input-Output-Struktur mit integriertem Energiesystem und gliedert sich in drei Teilmodelle: ein Mengenmodell, ein Preismodell und ein Nachfragemodell. Zusätzlich werden der Arbeitsmarkt, der öffentliche Sektor und die Bruttoanlageinvestitionen mittels entsprechender Gleichungen, Parameter und Annahmen dargestellt. Diese Struktur ermöglicht es, volkswirtschaftliche Wirkungen sowie Verteilungs-, Budget- und Umweltwirkungen simultan zu evaluieren. Darüber hinaus können in die hybride Input-Output-Struktur bestehende Sektor-Modelle aus den Bereichen Raumwärme, Verkehr, Stromerzeugung und Industrie integriert werden, was Simulationen von klimapolitischen Maßnahmen aus diesen Bereichen erlaubt. Um einen Überblick über den Aufbau des Modells zu erhalten ist es sinnvoll, bei der hybriden Input-Output-Struktur zu beginnen. Danach wird kurz auf die Submodelle eingegangen.

2.1 Grundstruktur

zwei Teile in IO-Struktur

Die hybride Input-Output Struktur besteht aus zwei Teilen, dem Energieteil und dem volkswirtschaftlichen Nicht-Energieteil. Während der Energieteil des Modells die Energieströme in physischen Einheiten misst, werden die Ströme im volkswirtschaftlichen Teil in Geldeinheiten gemessen. Beide Teile basieren auf empirischen Daten, den Supply-Use-Tabellen (SUTs) der Statistik Austria sowie den Energiebilanzen der Statistik Austria. In den SUTs werden die Verflechtungen der einzelnen Wirtschaftsbranchen⁶ und Güterklassen⁷ in Geldeinheiten dargestellt. Die Energiebilanzen spiegeln den Energiefluss durch das sozioökonomische System wider, indem Erzeugung und Verbrauch einander gegenübergestellt werden. Sowohl bei SUTs als auch bei Energiebilanzen wird zwischen heimischen und ausländischen Flüssen unterschieden.

Verknüpfung Energie- und Nicht-Energieteil

In der SUT werden im Nicht-Energieteil von MIO-ES alle Energiekomponenten gleich null gesetzt. Im Energieteil von MIO-ES werden Daten aus der Energiebilanz entnommen und als physische Werte eingesetzt. Zwischen einem ökonomischen Fluss, der wirtschaftliche Handlungen darstellt, und den zugehörigen physischen Energieströmen wird mittels impliziter Preise (Details siehe Kapitel 2.2) für Energie vermittelt. Diese hybride energetisch-ökonomische Methodik ermöglicht es, Energieströme im Detail aufzuspalten und wirtschaft-

⁶ Die Gliederung entspricht der zweistelligen NACE-Gliederung. Nähere Informationen dieser Klassifikation sind in EUROSTAT (2008a) verfügbar.

⁷ Die Gliederung entspricht der europäischen CPA-Gliederung. Nähere Informationen dieser Klassifikation sind in EUROSTAT (2008b) verfügbar.

lichen Aktivitäten zuzuordnen. Sie ist daher besonders hilfreich für die Evaluierung energiepolitischer Maßnahmen. Durch die Trennung in einen Energie- und Nicht-Energie-Modellteil, welche über implizite Preise kommunizieren, ist auch eine differenzierte Analyse der Modellergebnisse durchführbar.

**Behandlung
Endnachfrage Energie**

Mit dem beschriebenen hybriden Aufbau wird das Problem der unterschiedlichen Endnachfragekonzepte von Input-Output-Statistiken im Vergleich zu Energiestatistiken überwunden. Die Endnachfrage in den Input-Output-Statistiken umfasst nämlich nur die Nachfrage der Endverbraucher (privater und öffentlicher Konsum, Investitionen, Exporte) und exkludiert Vorleistungen, die sich während des Produktionsprozesses ergeben. Anders in der Energiestatistik: Hier umfasst der Endenergieverbrauch den gesamten Energieverbrauch über alle Produktionsprozesse hinweg. Ausgenommen davon sind Energie-Umwandlungsprozesse von Primärenergieträgern, wie z. B. Erdgas zu Strom. Daher beinhaltet der Endenergieverbrauch in der Energiestatistik die Energienachfrage der Industrie, welche in der Input-Output-Statistik als Vorleistungs- oder Intermediärnachfrage ausgewiesen wird, exkludiert aber gleichzeitig den Umwandlungsverbrauch, der wiederum in der Energiestatistik als Intermediärnachfrage gilt.

Würde bei Energie-Input-Output-Modellen der Gesamt- oder Primärenergieinput einfach an die Bruttoproduktion der Industrie angehängt, so würden diese unterschiedlichen Endnachfragekonzepte nicht richtig behandelt und daher die Energieumwandlung nicht korrekt beschrieben. Dies wiederum führt in Simulationen zu irreführenden Ergebnissen für die wirtschaftlichen und energetischen Auswirkungen von Veränderungen im Energiesystem.

Die Anwendung eines Hybrid-Modells mit zwei verbundenen Modellteilen und einer Unterteilung in Energie- und Nicht-Energieströme behebt das Manko unterschiedlicher Endnachfragedefinitionen zwischen Energiebilanzen und SUTs: Der Endenergieverbrauch ist Teil der Lösung des ersten Modellteils, während der Energieumwandlungsprozess im zweiten Modellteil dargestellt wird.

2.2 Mengenmodell

Marktanteilmatrix

Im Mengenmodell wird zuerst die Marktanteilmatrix ermittelt. Sie zeigt den anteilmäßigen Beitrag einer Industriebranche, der für die Produktion eines einzelnen Gutes einer Produktkategorie benötigt wird. Aus ihr kann beispielsweise herausgelesen werden, dass die Branche „Herstellung von Bekleidung“ zu 93 % zu der Produktion eines Produkts der Kategorie „Bekleidung“ beiträgt. Die restlichen 7 % setzen sich aus den Beiträgen von Branchen wie „Herstellung von Druckerzeugnissen“ oder „Herstellung von Möbeln“ zusammen. Die Marktanteilmatrix kann durch eine einfache Matrix-Vektor-Division aus der Grundstruktur der SUTs berechnet werden. Außerdem beginnt hier bereits die Zweiteilung des Modells: Für die energieproduzierenden Wirtschaftsbranchen

(Bergbau, Kokerei und Mineralölverarbeitung, Energieversorgung) wird eine Marktanteilmatrix aus der Energiebilanz abgeleitet, die den Anteil jedes Energieträgers an der gesamten Energienachfrage jeder Branche angibt.

Technologiematrix

Im nächsten Schritt kann die Technologiematrix berechnet werden. Diese definiert für jedes Gut, das von einer Industriebranche als Input oder Vorleistung für ihre Produktion eingesetzt wird, seinen Anteil an der Gesamtproduktion der Branche. Die Technologiematrix besteht somit aus sogenannten Inputkoeffizienten, die die Produktionstechnologie jeder Branche im Sinn der Proportionen benötigter Produktionsinputs je Output-Einheit beschreiben. Sie bestimmt die gesamte Nachfrage nach Vorleistungen. Im Gegensatz zur Marktanteilmatrix wird sie nicht direkt, sondern indirekt über eine Reihe von Rechenschritten (siehe S. 4–6 in CESAR 2020) definiert. Sie hängt unter anderem von den Preisen der Inputfaktoren (Arbeit, Kapital, Energie, Vorleistungen als Materialinputs), die im Preismodell ermittelt werden, ab – und ist somit modellendogen. Analog beschreibt die Technologiematrix für die energieproduzierenden Wirtschaftsbranchen den Anteil jedes Energieträgers, der in der Produktion einer Branche eingesetzt wird, an ihrer Gesamtproduktion, und somit die benötigte Energieträgermenge je Outputeinheit jeder Branche. Auch für den Umwandlungseinsatz wird eine eigene Technologiematrix definiert. Eine detaillierte und formale Darstellung ist in CESAR (2020) zu finden.

Outputvektoren

Im nächsten Schritt wird die hybride Input-Output-Struktur für alle Wirtschaftsbranchen und Energieträger nach Outputvektoren gelöst. Der Energieteil wird dabei separat behandelt, indem die energieproduzierenden Energiebranchen in der SUT-Struktur auf null gesetzt und damit aus ihr herausgetrennt werden. Diese Branchen fließen in den zweiten Teil – den Energieteil des Mengenmodells – ein, der mithilfe der aus der Energiebilanz abgeleiteten Matrizen in physischen Einheiten gelöst wird und den Energieumwandlungsprozess abbildet.

Der Nicht-Energieteil löst nach einem hybriden Vektor, der die Endenergienachfrage in physischen Einheiten und den Bruttoproduktionswert nach Gütern der Nicht-Energiebranchen umfasst. Diese Outcome-Größen werden in der IO-Logik bestimmt durch die Endnachfrage nach Energie bzw. Nicht-Energiegütern sowie die Vorleistungsproduktion von Energie- und Nicht-Energiegütern nach Wirtschaftsbranchen, berechnet anhand der Technologiematrizen.

implizite Preise

Die Endenergienachfrage in physischen Einheiten wird mittels impliziter Preise in monetäre Einheiten umgerechnet. Implizite Preise werden berechnet, indem der gesamte Energieoutput nach Industrien in Geldeinheiten durch den gesamten Energieoutput nach Industrien in physischen Einheiten dividiert wird. Mithilfe der impliziten Preise kann nun der Output (Bruttoproduktionswert) je Sektor und je Güterklasse in monetären Werten angegeben werden.

Schleife zwischen beiden Teilen

Der Energie- und der Nicht-Energieteil bilden die zwei Teile des Modells, die in einer Schleife simultan gelöst werden. Diese Schleife zwischen Energie- und Nicht-Energieteil ist das Kernstück des Mengenmodells. Für die beiden Teile werden die bis jetzt beschriebenen Elemente benötigt. Der erste Teil ermittelt den Endenergieverbrauch in physischen Einheiten und die Nicht-Energieoutputs

nach Gütern und Industrien. Der zweite Teil ermittelt den Energieoutput nach Gütern und Industrien. Um diese Schleife zu lösen, werden auch Daten aus dem Nachfragemodell benötigt. Eine detailliertere und formale Beschreibung des Mengenmodells ist in CESAR (2020) zu finden.

2.3 Preismodell

Translogmodell Das Preismodell lässt sich in zwei verschiedene „Submodelle“ unterteilen. Im Translogmodell werden pro Wirtschaftsbranche die Anteile der Faktorinputs Kapital, Arbeit, Energie und Vorleistungen am Output (Bruttoproduktionswert) bestimmt, und zwar in Abhängigkeit von den relativen Faktorpreisen und der exogenen Rate des technologischen Fortschritts ρ („Rho“), welche mit einem Trendparameter multipliziert wird. Während die Koeffizienten des ersten Terms, also der relativen Faktorpreise, den sogenannten preisinduzierten technologischen Fortschritt beschreiben, erfassen die Koeffizienten des zweiten Terms, die ρ -Parameter, modellexogene Veränderungen in der Effizienz im Einsatz eines Produktionsfaktors. Annahmen zu den ρ -Parametern tragen in MIO-ES wesentlich zur Steuerung der Faktornachfrage der Wirtschaftsbranchen bei.

Im Translogmodell wird somit die Nachfrage nach Faktorinputs der Unternehmen aller Branchen determiniert. Verändern sich die Preise oder die (exogen gegebene) Rate des technologischen Fortschritts eines Faktorinputs, führt dies zur Substitution mit anderen Faktorinputs. Steigen also beispielsweise die Energiepreise, so werden neue, energiesparende Maschinen eingesetzt. Somit findet Substitution zwischen Energie und Kapital statt. Durch die beschriebene Faktorsubstitution verändern sich auch die Anteile der eingesetzten Inputs am Output. Über die Technologiematrix fließen die Ergebnisse des Translogmodells wieder zurück in das Input-Output-Modell und ändern die Produktionstechnologie (also den Faktoreinsatz in der Produktion) je Branche. Zusätzlich werden im Translogmodell die Outputpreise nach Wirtschaftsbranchen determiniert.

Preismodellteil für Produktionsfaktoren Das „restliche Preismodell“ bestimmt die Preise für die Produktionsfaktoren. Die Preise für Kapital und Vorleistungen werden endogen (also innerhalb des Modells) bestimmt über die Outputpreise aus dem Translogmodell und die Importpreise, die exogen – also außerhalb des Modells – als Annahme gesetzt werden. Der Preis für Energie je Industriebranche ist ein sogenannter Bündelpreis, der sich aus den Preisen der einzelnen Energieträger sowie ihrem Anteil am Gesamtverbrauch jeder Branche zusammensetzt. Dieser ist eine der treibenden Variablen im Modell und wird exogen vorgegeben. Damit können die Preise einzelner Energieträger auch für Politiksimulationen unterschiedlich hoch angesetzt werden.

Lohnleichung Der Preis für den Faktor Arbeit wird außerhalb des Translogmodells mittels einer Lohnleichung bestimmt. Er hängt ab vom Verbraucherpreisindex, der Arbeitsproduktivität sowie vom Verhältnis der sogenannten natürlichen

Arbeitslosenrate (exogen) zur tatsächlichen Arbeitslosenrate (endogen).
Zusätzlich werden – mithilfe von Inputs aus dem Mengenmodell – die Outputpreise nach Gütern bestimmt.

Schleifen Genau wie das Mengenmodell beinhaltet auch das Preismodell Schleifen, die simultan gelöst werden. Die erste Schleife kann wie folgt skizziert werden: Die Outputpreise nach Wirtschaftsbranchen aus dem Translogmodell kodeterminieren (gemeinsam mit anderen Faktoren) die Outputpreise nach Gütern. Diese kodeterminieren wiederum die Investitionen in Kapital, von denen sich die Faktorpreise von Kapital ableiten. Die Faktorpreise von Kapital kodeterminieren wiederum die Outputpreise nach Wirtschaftsbranchen. Der Faktor Arbeit unterliegt durch die Lohngleichung einer eigenen Schleife, welche mit den anderen Schleifen interagiert. Ähnlich kann eine weitere Schleife beschrieben werden: Die Outputpreise nach Wirtschaftsbranchen aus dem Translogmodell bestimmen die Outputpreise nach Gütern. Diese bestimmen wiederum den Faktorpreis für Vorleistungen, welche wiederum den Outputpreis nach Wirtschaftsbranchen definieren. All diese Schleifen folgen geometrischen Prozesse, welche konvergieren und nach einer gewissen Anzahl an Iterationen gemäß Konvergenzkriterien (Genauigkeit der Konvergenz) einen Abschluss finden.

Spezialfall energieproduzierende Branchen Einen Spezialfall im Preismodell bilden die energieproduzierenden Wirtschaftsbranchen (Kokerei und Mineralölverarbeitung, Energieversorgung). Für die Stromversorgung gibt es innerhalb von MIO-ES ein Submodul, in dem die Faktornachfrage determiniert wird (siehe Kapitel 6.3). Für die restlichen Energieversorgungsbranchen (Stromübertragung, -verteilung und -handel, Gas- sowie Wärme- und Kälteversorgung) sowie für die Mineralölversorgung werden fixe, preisunabhängige Inputkoeffizienten angenommen. Die Kokerei als voll in die Metallerzeugung integrierte Branche existiert im Modell nicht in monetären, sondern ausschließlich in physischen Werten, da ihre Produktion und Weiterverwendung in Österreich komplett innerhalb der Metallerzeugung stattfindet und keine ökonomische (Markt-)Transaktion darstellt.

2.4 Nachfragemodell

Mit dem privaten Konsum und den Bruttoanlageinvestitionen werden zwei Komponenten der Endnachfrage explizit modelliert. Die Exporte sind exogen und stellen aufgrund ihres großen Anteils am BIP eine wichtige, durch Modellannahmen gesteuerte Kodeterminante von Wirtschaftswachstum dar. Exporte sind somit eine wichtige sogenannte „Stellschraube“ für Szenarien in MIO-ES. Die Importe sind endogen bestimmt und werden durch die festgelegten Importanteile und das entsprechende Nachfrageniveau jeder Branche determiniert. Der öffentliche Konsum ist ebenfalls exogen bestimmt.

privater Konsum Im Modul des privaten Konsums werden die gesamten Konsumausgaben der Haushalte für zehn gleich große Einkommensgruppen (Dezile) berechnet. Dabei wird zunächst unterschieden zwischen den privaten Konsumausgaben für

Nicht-Energiegüter nach Konsumkategorien (in monetären Einheiten) und den privaten Konsumausgaben für Energie nach Energieträgern (zunächst in physischen Einheiten berechnet, dann in monetäre Einheiten umgewandelt).

Über diese beiden Komponenten der gesamten privaten Konsumausgaben sind die Sektor-Modelle für die Raumwärme (Wohngebäude) und den Personenverkehr angekoppelt. Werden in den Sektor-Modellen klimapolitische Maßnahmen gesetzt (über definierte Schnittstellen, vgl. Kapitel 6) – wie beispielsweise eine Änderung der thermischen Sanierungsrate oder des Anteils von Elektro-Pkw an den Neuzulassungen –, so bewirkt dies im Konsummodul des MIO-ES-Modells eine Veränderung des Energiekonsums sowie der Konsumausgaben der Haushalte für (energierelevante) Nicht-Energiegüter. Beide Größen fließen als Endnachfragekomponenten in die hybride Input-Output-Struktur des Mengenmodells ein und bestimmen das Modellergebnis mit, indem sie sich auf die Wirtschaftsproduktion und den energetischen Endverbrauch auswirken. So können die Auswirkungen klimapolitischer Maßnahmen in den Bereichen, die über die Sektor-Modelle abgedeckt sind, auf Volkswirtschaft und (energetische) CO₂-Emissionen simuliert werden.

„Nester“: drei Ebenen

Die privaten Konsumausgaben für Nicht-Energiegüter werden auf drei Ebenen (in der ökonomischen Modell-Literatur als sogenannte „Nester“ von Konsumgütern bezeichnet) bestimmt. Dazu ist diese Komponente des gesamten Privatkonsums zusätzlich zu den Dezilen nach 14 Konsumkategorien gegliedert (siehe Kapitel 3). Diese Kategorien sind im MIO-ES-Modell unterteilt in energierelevante Kategorien (Ausgaben für Mieten, Pkw-Kauf, Instandhaltung von Wohnungen bzw. Pkw, Flugverkehr sowie öffentlichen Verkehr) und nicht-energierelevante Kategorien (u. a. Ausgaben für Nahrungsmittel, Bekleidung, langlebige Gebrauchsgüter, Gesundheit und sonstige Dienstleistungen).

erstes Nest

Im ersten Nest werden zunächst die gesamten privaten Konsumausgaben für Nicht-Energiegüter je Haushaltseinkommensdezil bestimmt, und zwar anhand einer Keynesianischen Konsumfunktion in Abhängigkeit vom verfügbaren Einkommen und der marginalen Konsumneigung (wieviel des Einkommens wird für Konsum ausgegeben?). Das verfügbare Einkommen je Dezil hängt dabei ab von der Lohnsumme, dem Anteil der Haushalte an den Betriebsüberschüssen, dem Haushaltsvermögen und den Haushaltsschulden sowie staatlichen Transfers und Steuern. Die marginalen Konsumneigungen variieren von eins für die ersten beiden Dezile (jeder zusätzliche verfügbare Euro wird ausgegeben) bis null für die obersten Dezile (jeder zusätzliche verfügbare Euro wird gespart). Für die obersten Dezile bildet das Modell daher die Hypothese permanenter Einkommen ab.

zweites Nest

Das zweite Nest determiniert die Konsumausgaben für die energierelevanten Kategorien der Nicht-Energiegüter je Dezil. Fünf der sechs Kategorien in diesem Nest werden anhand der Inputs aus den Sektor-Modellen für Raumwärme (Ausgaben für Mieten und Instandhaltung von Wohnungen) sowie Personenverkehr (Ausgaben für Pkw-Kauf, Instandhaltung von Pkw und öffentlichen Verkehr) bestimmt. Energie- und klimapolitische Maßnahmen können daher über die Sektor-Modelle die Konsumausgaben der Haushalte für diese Kategorien ver-

ändern. Dabei fließen – zusätzlich zu den in Kapitel 6 beschriebenen Eingangsgrößen – auch Annahmen zum durchschnittlichen Preis je Quadratmeter Wohnnutzfläche und zum Durchschnittspreis eines ÖV-Tickets pro Kilometer ein. Für den Flugverkehr besteht ein eigenes Submodul, das anhand einer log-linearen Nachfragefunktion die Konsumausgaben für Flugreisen ermittelt – in Abhängigkeit von Flugticketpreisen und durchschnittlichem Einkommen je Dezil unter Berücksichtigung von Einkommens- und Preiselastizitäten der Nachfrage aus der empirischen Literatur.

drittes Nest Im dritten Nest werden schließlich die Konsumausgaben für die nicht-energie-relevanten Kategorien der Nicht-Energiegüter über den Ansatz eines AIDS-Modells („Almost Ideal Demand System“) modelliert. Die Konsumausgaben für die acht Kategorien in diesem Nest werden dabei für jedes Dezil als Anteile („budget shares“) des gesamten nicht-energie-relevanten Privatkonsums bestimmt, in Abhängigkeit vom Konsumpreis sowie den gesamten Privatkonsumausgaben. Die relevanten Parameter dieser Funktion werden anhand von Inputdaten zu den „budget shares“ aus dem Basisjahr 2014 sowie Elastizitäten aus der empirischen Literatur kalibriert.

Rückschlüsselung auf Güterkategorien Die solcherart ermittelten privaten Konsumausgaben für Nicht-Energiegüter aus dem zweiten und dritten Nest werden im letzten Schritt von den 14 Konsumkategorien rückgeschlüsselt auf die Güterkategorien des Input-Output-Modells, wobei fixe Anteile verwendet werden. Somit sind die gesamten Konsumausgaben für Nicht-Energiegüter kompatibel mit der Input-Output-Struktur und können als Endnachfragekomponente in den Nicht-Energieanteil des Mengenmodells einfließen, wo sie die Modelllösung beeinflussen.

Rückschlüsselung nach Energieträgern Die privaten Konsumausgaben für Energie nach Energieträgern werden für jedes Haushaltseinkommensdezil in den Sektor-Modellen ermittelt. Energie- und klimapolitische Maßnahmen – wie eine Änderung der thermischen Sanierungsrate oder des Anteils von Elektro-Pkw an den Neuzulassungen – verursachen aufgrund der detaillierten Modellierung des Energieverbrauchs in den Sektor-Modellen für Raumwärme und Personenverkehr (vgl. Kapitel 6) also nicht nur – wie oben beschrieben – Veränderungen in den Ausgaben für energie-relevante Nicht-Energiegüter, sondern auch in den Ausgaben für Energie selbst. Der in den Sektor-Modellen nach Energieträgern und Einkommensdezilen ermittelte Energieverbrauch in physischen Einheiten wird mittels impliziter Preise in Geldeinheiten umgerechnet, sodass er als Endnachfragekomponente in den Energieanteil des Mengenmodells einfließen kann, wo er die Modellergebnisse mitbestimmt.

Bruttoanlageinvestitionen Die Bruttoanlageinvestitionen sind die letzte hier zu nennende Komponente der Endnachfrage. Als Basis für deren Berechnung wird die Investitionsmatrix aus der Input-Output-Tabelle 2014 der Statistik Austria verwendet. Die Investitionen je Wirtschaftsbranche werden in Abhängigkeit von den realen Betriebsüberschüssen (deflationiert mit dem Preis von Kapital) modelliert und mithilfe von langfristigen Elastizitäten berechnet. Der Preis von Kapital ist wiederum abhängig vom Preis der Investitionsgüter, dem Zinssatz und der sektorspezifischen Abschreibungsrate. Steigen diese Faktoren, steigt auch der Preis des Kapitals. Die Investitionsnachfrage kann nach Branchen, aber auch mithilfe der

Investitionsmatrix nach Gütern dargestellt werden und wird wieder ins Modell übernommen.

3 DATENGRUNDLAGEN

Die aktuelle Modellversion (Stand Dezember 2022) ist für das Basisjahr 2014 kalibriert und liefert jährliche Ergebnisse bis 2050.

Aufkommens- und Verwendungstabellen

Sowohl für den Nicht-Energie- als auch für den Energieteil des Modells werden die Aufkommens- und Verwendungstabellen (Supply-Use Tables, SUT, Statistik Austria) des Jahres 2014 als Grundlage herangezogen. Die Aufkommenstabelle bildet die gütermäßige Zusammensetzung der Produktion der heimischen Wirtschaftszweige ab und umfasst auch die gesamte nicht-charakteristische Produktion, wie etwa Metallerzeugnisse und Elektrizität, die von der Stahlindustrie produziert werden. Die Verwendungstabelle stellt die gütermäßige Zusammensetzung (sowohl heimisch als auch importiert), also die Verwendung von inländischen und importierten Gütern, in der Vorleistungsproduktion und der Endnachfrage (privater Konsum, Bruttoanlageinvestitionen, Exporte, Bestandsveränderungen und öffentlicher Konsum) dar.

Klassifikation der Wirtschaftszweige

In MIO-ES werden 79 Wirtschaftszweige nach der NACE-Klassifikation unterschieden. Für Güter wird die CPA-Klassifikation herangezogen.⁸ Um die energetischen Ströme abzubilden, werden die aus den IO-Tabellen gewonnenen monetären Größen durch physische Größen ergänzt. Dazu dient insbesondere die Energiebilanz, aus der Primärproduktion, Umwandlungseinsatz und -ausstoß sowie energetischer Endverbrauch nach Wirtschaftsbranchen für 26 Energieträger abgeleitet und voll ins Modell integriert sind. Darüber hinaus werden die Leistungs- und Strukturhebung sowie weitere Datenquellen der Statistik Austria für Energie und Bergbau herangezogen.

Importe und Bruttoanlage- investitionen

Die IO-Tabellen der Statistik Austria aus dem Jahr 2014 dienen als Datengrundlage für Importe und Bruttoanlageinvestitionen, beides Teile der Endnachfrage. Die langfristige Elastizität der Investitionsnachfrage je Wirtschaftsbranche in Bezug auf die realen Betriebsüberschüsse ist Kratena et al. (2017) entnommen.

private Konsumausgaben

Für die privaten Konsumausgaben (für Nicht-Energiegüter) der Haushalte im Basisjahr wird zunächst das verfügbare Haushaltseinkommen für zehn Haushaltgruppen berechnet, die den Einkommensdezilen entsprechen. Dazu werden die volkswirtschaftliche Gesamtrechnung von Statistik Austria und die EU Statistics on Income and Living Conditions (EU-SILC)⁹ herangezogen. Außerdem fließen Daten zu Vermögen und Verschuldung auf Ebene der Einkommensdezile aus dem Household Finance and Consumption Survey der Europäischen Zentralbank sowie von der Österreichischen Nationalbank ein.

⁸ NACE (Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne) ist die EU-Klassifikation der Wirtschaftsbranchen. CPA (Classification of products by activity) ist die EU-Klassifikation von Gütern und Dienstleistungen.

⁹ EU-SILC (EU Statistics on Income and Living Conditions) werden von der EU zum Monitoring von Armut und sozialer Eingliederung erhoben.

Weiters werden die privaten Konsumausgaben je Dezil nach 14 Konsumkategorien der COICOP-Klassifikation¹⁰ untergliedert, wobei deren Anteile für das Basisjahr anhand der Konsumerhebung 2014/2015 ermittelt werden. Für das MIO-ES-Modell wird zwischen energierelevanten und nicht-energierelevanten Ausgaben unterschieden. Diese werden jeweils aus den zwölf Hauptkategorien der COICOP-Klassifikation anhand einer Brückenmatrix aus der IO-Statistik abgeleitet, die zwischen CPA-Produktkategorien und COICOP-Konsumkategorien umschlüsselt. Die energierelevanten Kategorien umfassen Konsumausgaben für Mieten, Pkw-Kauf, Instandhaltung von Wohnungen und Pkw, Flugverkehr sowie öffentlichen Verkehr. Über diese Kategorien der privaten Konsumausgaben (für Nicht-Energiegüter) – und über die privaten Konsumausgaben für Energie, die mittels impliziter Preise aus dem Energieverbrauch in physischen Einheiten ermittelt werden – werden die Sektor-Modelle für Raumwärme und Personenverkehr angekoppelt.

Die marginalen Konsumneigungen je Dezil beruhen auf Annahmen und sind in CESAR (2020) im Detail aufgelistet.

¹⁰ COICOP (Classification of individual consumption by purpose) ist eine von der EU verwendete internationale Klassifikation der Konsumausgaben privater Haushalte, privater Organisationen ohne Erwerbszweck sowie des Staates nach Verwendungszweck.

4 WICHTIGE MODELLKOMPONENTEN, PARAMETER UND ELASTIZITÄTEN

Annahmen über Kenngrößen

Im Gesamtsystem des MIO-ES-Modells werden Annahmen über die zukünftige Entwicklung von verschiedenen wirtschaftlichen Kenngrößen benötigt. Diese beeinflussen die Modellergebnisse oft maßgeblich und können daher auch als wesentliche Treiber bezeichnet werden. Mithilfe der Implementierung von "bestehenden Maßnahmen" von verfügbaren Analysen wird ein sogenanntes Baseline-Szenario berechnet, welches gegebenenfalls auch als WEM-Szenario („with existing measures“) für die Berichtspflichten des Umweltbundesamts dient. Das Baseline-Szenario bildet den Grundstock für die Analyse. In weiteren Schritten können diese Treiber verändert und die Auswirkungen der Änderungen im Modell betrachtet werden. In diesem Kapitel werden die wichtigsten Kenngrößen beschrieben und die für die Annahmen verwendeten Quellen genannt. Zusätzlich werden die im Modell verwendeten Elastizitäten erklärt.

4.1 Zentrale Modellkomponenten und Parameter

Wirtschaftswachstum

Das prognostizierte Wirtschaftswachstum ist ein endogenes Resultat des Modells, d. h. ein aggregiertes Modellergebnis der darin dargestellten wirtschaftlichen Aktivitäten. Das Wirtschaftswachstum wird im Kalibrierungsvorgang über wirksame Stellschrauben an die Prognosen des Österreichischen Instituts für Wirtschaftsforschung (WIFO) und des Instituts für Höhere Studien (IHS) für das Baseline-Szenario angenähert. Das Wirtschaftswachstum im Modell entspricht somit den Vorhersagen der führenden österreichischen Wirtschaftsforschungsinstitute mit bestmöglicher Genauigkeit.

Bevölkerungsentwicklung

Für die Bevölkerungsentwicklung werden Prognosen der Statistik Austria verwendet und ins Modell übernommen. Die Bevölkerungszahl spielt im Modell derzeit noch eine eher eingeschränkte Rolle und wird vor allem für die Berechnungen in den Sektor-Modellen (z. B. Berechnung der Nutzfläche von Wohnungen) verwendet. Die Anzahl der verfügbaren Arbeitskräfte wird aus einer Prognose des WIFO entnommen. Sie ist mit der Bevölkerungsentwicklung konsistent.

Importe und Exporte

Die Exporte werden mittels vergangener Zeitreihendaten extrapoliert und insoweit angepasst, dass das Wirtschaftswachstum den Prognosen entspricht. Die Importe entwickeln sich endogen und preisabhängig im Modell, die Preise der Importe werden dabei exogen vorgegeben (Szenarioannahmen).

Entwicklung Energiepreise

Neben den Importen ist auch die Entwicklung der Energieträgerpreise und der Zertifikatspreise exogen festzulegen. Die Zertifikatspreise werden in der Regel aus den Empfehlungen im Rahmen des Monitoring Mechanismus der EU-Kommission übernommen, können aber auch szenariospezifisch festgelegt werden.

Die Entwicklung der Energiepreise wird von Expert:innen am Umweltbundesamt prognostiziert und in MIO-ES eingepflegt.

**techn. Koeffizienten
der Branchen**

Als weiterer wichtiger Treiber sind die technischen Koeffizienten pro Wirtschaftsbranche (Inputkoeffizienten der Technologiematrix) nach Faktorinputs in der Produktion zu nennen. Sie beschreiben die benötigte Menge an Faktorinputs pro Outputeinheit und somit die Effizienz, mit denen die Faktoren Kapital, Arbeit, Energie und andere Vorleistungen in den Wirtschaftsbranchen eingesetzt werden. Diese Menge bestimmt über die Faktornachfrage die Gesamtlösung des Modells. Die technischen Koeffizienten werden für das Basisjahr 2014 anhand der SUT berechnet und verändern sich in den Folgejahren modellendogen über das Translog-Preismodell, in Abhängigkeit von Annahmen zu den Faktorpreisen und zur exogenen Rate des technologischen Fortschritts ρ („Rho“, siehe Kapitel 2.3) je Inputfaktor und Wirtschaftsbranche. Die Annahmen zu den ρ -Parametern sind wesentliche Treiber der Modellergebnisse und erlauben die Feinsteuerung von Szenario-Ergebnissen. Sie können als Veränderung in der Effizienz im Einsatz eines Produktionsfaktors interpretiert werden und beruhen auf Prognosen der Expert:innen am Umweltbundesamt zur Effizienzentwicklung in den verschiedenen Branchen.

**Parameter der
Lohnleichung**

Schlussendlich bestimmen auch Annahmen zu den Parametern der Lohnleichung die Modellergebnisse, insbesondere der Koeffizient des Verbraucherpreisindex und die „natürliche“ Arbeitslosenrate. Ersterer zeigt an, wie stark die Löhne in Reaktion auf Preissteigerungen ansteigen. Dies reflektiert die Stärke von Gewerkschaften bzw. der Verankerung kollektiver Lohnverhandlungen in einem Land. Zweitere indiziert die „Enge“ des Arbeitsmarktes: Wird eine höhere natürliche Arbeitslosenrate angenommen, stehen weniger potenzielle Arbeitskräfte zur Verfügung, die bei einer Ausweitung der Endnachfrage in der Produktion eingesetzt werden können. Dementsprechend schlagen positive Impulse für die Wirtschaft schneller in höhere Lohnforderungen um als bei einer niedrigeren natürlichen Arbeitslosenrate.

Die natürliche Arbeitslosenrate ist im Modell derzeit mit 5,3 % spezifiziert, was langjährigen Zeitreihenbeobachtungen für Österreich entspricht. Der Koeffizient des Verbraucherpreisindex liegt im Durchschnitt über alle Wirtschaftsbranchen bei 1,11. Die übrigen Parameter der Lohnleichung entsprechen empirischen Durchschnittswerten für die EU-27 (Kratena et al., 2017).

4.2 Elastizitäten

Definition

Neben den Entwicklungen von sozio-ökonomischen Kenngrößen spielen auch Elastizitäten eine tragende Rolle in MIO-ES. Die Wirtschaftswissenschaften definieren eine Elastizität als ein Maß, welches das Verhältnis der relativen (prozentualen) Veränderung der abhängigen Variablen (Wirkung) zur relativen (prozentualen) Änderung der unabhängigen Variable (Ursache) darstellt. Etwas

vereinfacht formuliert handelt es sich um die Fragestellung: „Um wie viel Prozent verändert sich eine Variable y als Reaktion auf die einprozentige Änderung der Variable x ?“. Diese relative Änderung nennt man die x -Elastizität von y . Stellt man die Frage „Um wie viel Prozent verändert sich die Dieselnachfrage als Reaktion auf die einprozentige Änderung des Kraftstoffpreises?“, so nennt man das Maß die „Preiselastizität der Kraftstoffnachfrage“.

Die in MIO-ES eingesetzten Elastizitäten basieren auf empirischen Studien und auf Analysen von Expert:innen aus dem Umweltbundesamt. Unterschiedliche Teile von MIO-ES integrieren Elastizitäten auf folgende Weise:

**Personenverkehr,
Wohngebäude**

Ein Teil der Elastizitäten in MIO-ES bezieht sich auf die Sektor-Modelle in den Bereichen Personenverkehr und Wohngebäude. Dabei handelt es sich streng genommen nicht um Preiselastizitäten der Nachfrage, sondern um Faktoren, die herangezogen werden, um preisabhängige strukturelle Änderungen zu modellieren, die sich dann indirekt in einem veränderten Energieverbrauch oder Energieträger-Mix abbilden. Für den Personenverkehr beispielsweise werden mittels spezifischer Elastizitäten die Auswirkungen der Änderungen von Energie- und Kraftstoffpreisen auf die Fahrleistung, den Modal-Split oder den Anteil der Neuzulassungen von Elektro-PKW an den gesamten Neuzulassungen modelliert; indirekt führt dies zu Veränderungen des fossilen Energieverbrauchs. Im Bereich Wohngebäude wird mithilfe von Elastizitäten die Änderung der Nachfrage nach fossilen Heizenergieträgern aufgrund von Preisänderungen fossiler Energieträger, aber auch die Veränderung der Sanierungsrate, modelliert.

Industrie

Für den Sektor Industrie werden Elastizitäten und Kreuzpreiselastizitäten herangezogen, um die Veränderung des fossilen Energieverbrauchs und der Stromnachfrage aufgrund von Preisänderungen für fossile Energieträger zu modellieren. Darüber hinaus werden Elastizitäten auch im Nachfragemodell eingesetzt, um den privaten Konsum zu bestimmen. Es wird festgelegt, wie sich eine Änderung des Preises von einer Gütergruppe auf den Konsum derselben Gütergruppe, aber auch auf den Konsum von anderen Konsumgütergruppen auswirkt. Zusätzlich wird die Einkommenselastizität definiert. Sie zeigt, wie sich die Änderung des Einkommens auf die Nachfrage nach bestimmten Konsumgütergruppen auswirkt. Diese Zahlen basieren auf dem FIDELIO-Modell, in dem Haushaltsbudgets von verschiedenen EU-Ländern erhoben wurden (Kratena et al., 2017).

Nicht-Energiesektoren

Auch im Preismodell für Nicht-Energiesektoren spielen Elastizitäten eine tragende Rolle. Hier werden im Translogmodell (siehe Kapitel 2.3) die Anteile der Inputfaktoren (Energie, Arbeit, Kapital) am Gesamtpreis nach Industrien mittels Preisparametern ermittelt (CESAR 2020), wobei der Anteil der Vorleistungen am Ende als Restanteil berechnet wird. Preisparameter wiederum werden aus Preiselastizitäten und nominalen Faktoranteilen für die einzelnen Industrien ermittelt. Für die Faktorinputs Arbeit und Energie werden Eigenpreiselastizitäten herangezogen, die die Nachfrageänderungen aufgrund von Preisänderungen darstellen. Für die Nachfrageänderungen für Kapital werden Kreuzpreiselastizitäten mit den Faktoren Arbeit bzw. Energie angewandt; die Kapitalnach-

frage ändert sich demnach mit Preisänderungen von Arbeit und Energie. Kreuzpreiselastizitäten für Kapital spiegeln also die Substituierbarkeit zwischen Kapital und den Faktorinputs Arbeit und Energie wieder. Substitutionselastizitäten, die sich mit Werten aus der Literatur vergleichen lassen, können aus den Kreuzpreiselastizitäten geteilt durch die Faktoranteile von Arbeit bzw. Energie ermittelt werden.

Eigen- und Kreuzpreiselastizitäten wurden eigens für MIO-ES berechnet und beruhen wiederum auf Arbeiten des FIDELIO-Modells (Kratena et al., 2017). Die Elastizitäten fließen in das Nachfragemodell ein und determinieren die Faktor-Modellergebnisse in Kategorien

4.3 Ergebnisse nach (Ö)NACE-Wirtschaftsbranchen (Zweisteller)

Ergebnisgrößen	Modellergebnisse werden als folgende Ergebnisgrößen ausgegeben: Bruttoproduktionswert, Wertschöpfung, Beschäftigung, Bruttoanlageinvestitionen, Outputpreise, energetischer Endverbrauch und CO ₂ -Emissionen.
Bruttoproduktionswert	Der Bruttoproduktionswert ist die Summe des Werts aller produzierten Güter und Dienstleistungen einer Volkswirtschaft in einem Jahr. Er umfasst Vorleistungen, Abschreibungen, Arbeitnehmerentgelte sowie sonstige Produktionsabgaben. Der Bruttoproduktionswert ergibt sich somit aus den Preisen der Produktionsinputs (Kapital, Arbeit, Energie und sonstige Vorleistungen) multipliziert mit dem Einsatz der Produktionsfaktoren Kapital, Arbeit, Energie und Vorleistungen.
Wertschöpfung	Die Wertschöpfung entspricht dem im Produktionsprozess geschaffenen Mehrwert. Um diesen Mehrwert zu errechnen, muss der Wert der Vorleistungen vom Bruttoproduktionswert abgezogen werden. Vorleistungen sind definiert als der Wert der im Produktionsprozess verbrauchten, verarbeiteten oder umgewandelten Waren und Dienstleistungen und stellen demnach keinen zusätzlichen Mehrwert dar. Diese Berechnungsweise entspricht der Entstehungsrechnung des Bruttoinlandsprodukts (BIP). Die Bruttowertschöpfung auf NACE-Ebene korrigiert nicht für Gütersteuern und Gütersubventionen und stellt somit eine Annäherung (insbesondere vorbehaltlich der Gütersteuern) an das BIP dar. Die Dynamik der Wertschöpfung innerhalb der Modelllogik entspricht allerdings jener des BIP, daher können die Effekte von Maßnahmen auf die Wertschöpfung hervorragend mit den entsprechenden Wirkungen auf das BIP identifiziert werden.
Beschäftigung	Die Beschäftigung wird in Vollzeitäquivalenten gemessen. Diese Vollzeitäquivalente ergeben sich, indem das Arbeitsvolumen, welches durch den nötigen Arbeitsinput je Produktionseinheit bestimmt wird, durch die Stundenzahl dividiert wird, die normalerweise im Durchschnitt je Vollzeitarbeitsplatz im Wirtschaftsgebiet geleistet wird. Mithilfe von Annahmen über die Entwicklung der erwerbstätigen Bevölkerung kann zudem die Arbeitslosenrate ausgegeben

werden; diese liegt jedoch als gesamtwirtschaftliche Größe (nicht nach NACE-Sektoren) vor.

Bruttoanlageinvestitionen Die Bruttoanlageinvestitionen der Wirtschaftsbranchen werden in MIO-ES von den realen Betriebsüberschüssen (deflationiert mit dem Preis von Kapital) bestimmt. Der Betriebsüberschuss ergibt sich aus dem Bruttoproduktionswert abzüglich der Kosten für Zwischenprodukte (also der Bruttowertschöpfung) und abzüglich des Arbeitnehmerentgelts.

Outputpreise Die Outputpreise nach Wirtschaftsbranchen werden in MIO-ES über einen Divisia-Preisindex innerhalb des Translogmodells bestimmt. Auch die Löhne werden nach Wirtschaftsbranchen ausgewiesen und wie in Kapitel 2.2 beschrieben bestimmt.

CO₂-Emissionen Da MIO-ES das Energiesystem voll integriert und somit die energetischen Ströme abbildet, können auch die CO₂-Emissionen, die durch den Energieverbrauch von Unternehmen und Privathaushalten entstehen, ausgegeben werden. Diese ergeben sich aus dem energetischen Endverbrauch der jeweiligen Sektoren (in TJ) und den prozentuellen Anteilen der verschiedenen Energieträger je Sektor. Findet in der Produktion von Industrie- und Dienstleistungsbetrieben oder in der Raumwärme beispielsweise ein Umstieg auf erneuerbare Energieträger statt, so sinken die energiebedingten CO₂-Emissionen mit der Zeit. Die Anteile der eingesetzten Energieträger je Sektor sind daher ein wesentlicher Hebel für die Modellierung eines Energieträgerwechsel-Szenarios in MIO-ES.

Sowohl energetischer Endverbrauch als auch CO₂-Emissionen liegen nicht nur nach Wirtschaftsbranchen, sondern auch nach KSG-Sektoren vor, der energetische Endverbrauch darüber hinaus auch nach den 26 Energieträgern der Energiebilanz. Die CO₂-Emissionen werden berechnet, indem der energetische Endverbrauch je Energieträger mit den Emissionsfaktoren des Umweltbundesamtes multipliziert wird. Die CO₂-Steuereinnahmen ergeben sich in MIO-ES aus den berechneten CO₂-Emissionen, die mit jährlichen Annahmen zur Entwicklung des CO₂-Preises (ETS und non-ETS) in Euro pro Tonne CO₂ multipliziert werden.

4.4 Ergebnisse nach Dezilen der Haushaltseinkommensverteilung

Aus den Löhnen abzüglich Einkommensteuern und Sozialbeiträgen plus dem Einkommen aus monetären Sozialleistungen und positiven oder negativen Vermögenseinkommen (Zinseinnahmen, Wertzuwächse von Veranlagungen bzw. Zinszahlungen, Schulden) ergibt sich das verfügbare Haushaltseinkommen. Gemeinsam mit Daten zur Konsumneigung der jeweiligen Einkommensdezile können die Konsumausgaben der Privathaushalte (für Nicht-Energiegüter) bestimmt werden. Diese liegen nicht nur nach Dezilen, sondern auch

nach den 14 Hauptkategorien der COICOP-Klassifikation vor, die in energie-relevante und nicht-energierelevante Kategorien unterteilt sind. Über die Ausgaben für Energiegüter sowie für energierelevante Nicht-Energiegüter (Mieten, Pkw-Kauf, Instandhaltung von Wohnungen und Pkw, Flugverkehr sowie öffentlichen Verkehr) sind die emissionssektoralen Sektor-Partialmodelle (NEMO, INVERT-EE Lab) ans MIO-ES angekoppelt (siehe Kapitel 6). Verbraucherpreise nach Haushaltseinkommensdezilen werden anhand der dezilspezifischen Struktur der Konsumausgaben berechnet und als Modellergebnis ausgegeben. Auch der energetische Endverbrauch liegt nach Dezilen der Haushaltseinkommensverteilung vor.

4.5 Ergebnisse im volkswirtschaftlichen Aggregat

Auf nationaler Ebene, also für die gesamte österreichische Volkswirtschaft, liegen das Bruttoinlandsprodukt (BIP) und seine Komponenten vor: die Konsumausgaben der Privathaushalte und des öffentlichen Sektors; die Bruttoanlageinvestitionen der Unternehmen; die Exporte, Importe und die Lagerbestände. Diese Berechnungsweise entspricht der Verwendungsrechnung des BIPs.

Staatshaushalt nach VGRDarüber hinaus werden in MIO-ES die Einnahmen und Ausgaben des Staates sowie das öffentliche Defizit nach der Kategorisierung der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung dargestellt. Die staatlichen Einnahmen umfassen Einkommensteuern und Sozialversicherungsbeiträge, welche vom Bruttoeinkommen der privaten Haushalte abgezogen werden. Einnahmen aus Steuern und Nettosubventionen auf private Konsumgüter werden mit einem Nettosteuersatz auf die nominalen Werte des Konsums zu Herstellungspreisen bezogen. Gütersteuern und Gütersubventionen sind an den nominalen Wert der Produktion der einzelnen Wirtschaftszweige gebunden. Die übrigen Einnahmen sind exogen. Die Ausgaben des Staates umfassen monetäre Sozialtransfers und Sozialtransfers in Form von Sachleistungen, öffentlichen Konsum, öffentliche Investitionen, Subventionen, Zinszahlungen und sonstige Ausgaben. Im Prinzip sind alle diese Kategorien exogen (bis auf die Zinszahlungen, die von der Staatsverschuldung des Vorjahres abhängen). Es kann allerdings in einer Folge von Simulationen ein endogener Pfad für eine oder für alle verschiedenen Ausgabenkategorien bestimmt werden, der einen bestimmten Zielwert des öffentlichen Defizits erfüllt. Der Saldo der Einnahmen und Ausgaben des Staates bildet das öffentliche Defizit. Die Staatsverschuldung eines jeden Jahres berechnet sich aus dem aktuellen Defizit und der Verschuldung des Vorjahres. Der Zinssatz auf die Staatsverschuldung orientiert sich in der derzeitigen Modellversion – mit einem momentan finanzbranchenüblich nur geringen Aufschlag für die als sicher geltenden österreichischen Staatsanleihen – am Zinssatz der Europäischen Zentralbank (EZB) und wird mit 2 % festgelegt. Dieser Parameter wird im Zuge der neuen MIO-ES-Modellversion in Python an die seit dem

Frühjahr 2022 stark geänderten wirtschaftlichen Umstände (u. a. nun vergleichsweise höhere Zinsen) angepasst werden.

4.6 Multiplikatoren

Um vergleichbar zu machen, wie sich Nachfrageänderungen (z. B. durch zusätzliche Investitionen oder erhöhten öffentlichen Konsum) in einzelnen Sektoren auf volkswirtschaftliche Ergebnisgrößen wie Wertschöpfung, Beschäftigung und Staatseinnahmen – aber auch CO₂-Emissionen – auswirken, können sogenannte Multiplikatoren herangezogen werden. Die Multiplikatoren geben an, um wie viele Einheiten sich die Ergebnisgrößen verändern, wenn sich die Nachfrage um eine Einheit ändert. Man unterscheidet dabei zwischen kurzfristigen und langfristigen Multiplikatoren. Kurzfristige Multiplikatoren beziehen sich auf den Wert, der bereits im ersten Jahr realisiert wird. Langfristige Multiplikatoren zeigen den Gleichgewichtswert, der sich nach einigen Jahren einstellt. Die Multiplikatoren können aus den Ergebnisdaten von MIO-ES berechnet werden, indem die Veränderung der jeweiligen Ergebnisgröße (Wertschöpfung, Beschäftigung, CO₂-Emissionen oder Staatseinnahmen), die durch die Nachfrageänderung entsteht, zur Höhe der Nachfrageänderung in Bezug gesetzt wird. Zur Ermittlung der Multiplikatorenwerte wird die Differenz einer Vergleichslösung mit Nachfrageveränderung und der Basislösung ohne Nachfrageveränderung herangezogen. So bedeutet z. B. ein Wertschöpfungsmultiplikator von 0,74 im Sektor „Landwirtschaft, Jagd und damit verbundene Tätigkeiten“, dass bei einer Nachfrageerhöhung von 1 Mio. Euro für die Produktion dieses Sektors 740 000 Euro an zusätzlicher Wertschöpfung generiert werden. Die in MIO-ES errechneten Multiplikatoren sind in ähnlicher Höhe wie die von der Statistik Austria publizierten IO-Multiplikatoren und somit direkt mit ihnen vergleichbar und direkt validiert.

5 LITERATURVERZEICHNIS

Publizierte Anwendungen mit dem Mio-ES-Modell

- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2020. *PoviMob. Potentiale virtueller Mobilität – Rahmen und Maßnahmen für eine bestmögliche Verknüpfung virtueller und physischer Mobilität*. Wien.
https://projekte.ffg.at/anhang/60e81f798d0e8_PoviMob_Ergebnisbericht.pdf
- BMNT – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2019. *Integrierter nationaler Energie- und Klimaplan für Österreich. Periode 2021-2030. gemäß Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates über das Governance-System für die Energieunion und den Klimaschutz*. Wien.
- MIESS, M., S. BÖHMER, E. FREI, N. GLAS, H. HEINFELLNER, T. KRUTZLER, G. LICHTBLAU, W. SCHIEDER, I. SCHINDLER & S. SVEHLA-STIX, 2022. *Analyse des Investitionspotenzials bis 2030 auf dem Weg zur Klimaneutralität*. Studie im Auftrag der Wirtschaftskammer Österreich (WKÖ), Bundessparte Bank und Versicherung, siehe [Projektpräsentation](#) und [Pressematerial](#).
- RNI – RAIFFEISEN NACHHALTIGKEITS-INITIATIVE, 2022. *Treibhausgasbilanz 2021 der Raiffeisen Bankengruppe in Österreich*.
https://www.raiffeisen.at/nachhaltigkeit/de/start/_jcr_content/root/responsivegrid/picturetext/cta/cta.download.html/-1/Treibhausgasbilanz%202021.pdf
- UMWELTBUNDESAMT & PROGNOSE, 2019. *Evaluierung der Jahresprogramme 2015–2017 des Klima- und Energiefonds*. Ergebnisbericht im Auftrag des Klima- und Energiefonds. Umweltbundesamt, Wien. https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/16/S324_Evaluierung_Klimafonds_Ergebnisbericht.pdf
- UMWELTBUNDESAMT, 2021a. *Kurzstudie zum Energieeffizienzgesetz*. Umweltbundesamt Reports, Bd. REP-0772. Wien.
<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0772.pdf>
- UMWELTBUNDESAMT, 2021b. *Synergien zwischen nachhaltiger Ressourcennutzung & Klimaschutz*. Pilotstudie zur Modellierung von Materialflüssen im MIO-ES-Modell des Umweltbundesamtes. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. Umweltbundesamt Reports, Bd. 0784. Wien.
<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0784.pdf>
- UMWELTBUNDESAMT, 2022. *Pilotprojekt: Integration eines Klimamoduls in die langfristige Budgetprognose*. Endbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Finanzen. Umweltbundesamt Reports, Bd. 0837. Wien.
<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0837.pdf>

Kernreferenzen MIO-ES

- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2022. *Gutachten zu den Betriebs- und Investitionsförderungen im Rahmen des Erneuerbaren-Ausbau-Gesetzes (EAG)*. Stand 31.3.2022.
- KRATENA, K. & A. SCHARNER, 2020. *MIO-ES: A Macroeconomic Input-Output Model with Integrated Energy System*. Centre of Economic Scenario Analysis and Research (CESAR). Working Paper. https://www.cesarecon.at/wp-content/uploads/2020/10/MIOES_Manual_Public_FINAL.pdf
- KRATENA, K., G. STREICHER, S. SALOTTI, M. SOMMER & J. VALDERAS JARAMILLO, 2017. *FIDELIO 2: Overview and theoretical foundations of the second version of the Fully Interregional Dynamic Econometric Long-term Input-Output model for the EU27*. JRC Technical Reports, Joint Research Centre, Sevilla. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC105900/2017-03-01_fidelio2.pdf
- EUROSTAT, 2008a. *NACE Rev. 2: Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft*. Luxemburg. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5902453/KS-RA-07-015-DE.PDF/680c5819-8a93-4c18-bea6-2e802379df86?t=1414781445000>
- EUROSTAT, 2008b. *CPA 2008: Struktur und Erläuterungen*. Luxemburg. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5902453/KS-RA-07-015-DE.PDF/680c5819-8a93-4c18-bea6-2e802379df86?t=1414781445000>

Weitere wissenschaftliche Referenzen

- BÖHRINGER, C. & T. F. RUTHERFORD, 2008. *Combining Bottom-Up and Top-Down*. *Energy Economics*, 30, 2, 574–596.
- DAWID, H. & D. DELLI GATTI, 2018. *Agent-Based Macroeconomics*. In C. Hommes & B. LeBaron (Eds.), *Handbook of Computational Economics* (Vol. 4, pp. 63–156). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.hescom.2018.02.006>.
- E3ME, 2022. *E3ME - Our Global Macro-Econometric Model* | E3ME | Cambridge Econometrics. E3ME. <https://www.e3me.com/what/e3me/>
- GRASSINI, M., 2009. *Rowing along the computable general equilibrium modelling mainstream*. *Studies on Russian Economic Development*, 20(2), 134–146. <https://doi.org/10.1134/S1075700709020026>.
- HANTZSCHE, A., M. LOPRESTO & G. YOUNG, 2018. *Using NiGEM in uncertain times: Introduction and overview of NiGEM*. *National Institute Economic Review*, 244, R1–R14. <https://doi.org/10.1177/002795011824400109>.
- HOMMES, C., 2021. *Behavioral and Experimental Macroeconomics and Policy Analysis: A Complex Systems Approach*. *Journal of Economic Literature*, 59(1), 149–219. <https://doi.org/10.1257/jel.20191434>.
- HOMMES, C., & B. LEBARON, 2018. *Computational Economics: Heterogeneous Agent Modeling*. North Holland.

- KEEN, S., 2011. *Debunking Economics—Revised and Expanded Edition: The Naked Emperor Dethroned?* Zed Books.
- LAWSON, T., 1981. *Keynesian model building and the rational expectations critique*. Cambridge Journal of Economics, 5(4), 311–326.
- LEONTIEF, W., 1951. *The Structure of American Economy 1919–1939*. Oxford University Press.
- LUCAS, R., 1976. *Econometric Policy Evaluation: A Critique*. In K. Brunner & A. Meltzer (Eds.), *The Phillips Curve and Labor Markets* (pp. 19–46). Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy 1. New York: American Elsevier.
- MERCURE, J.-F., H. POLLITT, N. R. EDWARDS, P. B. HOLDEN, U. CHEWPREECHA, P. SALAS, A. LAM, F. KNOBLOCH, & J. E. VINUALES, 2018. *Environmental impact assessment for climate change policy with the simulation-based integrated assessment model E3ME-FTT-GENIE*. Energy Strategy Reviews, 20, 195–208. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2018.03.003>.
- MIESS, M. G., 2012. *Computable General Equilibrium Models: Hybrid Top-Down Bottom-Up Energy Policy Modelling. Theory and Application*. [Master's Thesis, University of Vienna]. <https://theses.univie.ac.at/detail/17893#>
- MIESS, M., S. SCHMELZER, V. KOPECNA M. & SCASNY, 2022. *Abatement technologies and their social costs in a hybrid general equilibrium framework*. The Energy Journal, International Association for Energy Economics, Vol. 43(No. 2). <https://doi.org/10.5547/01956574.43.2.mmie>.
- POLEDNA, S., S. HOCHRAINER-STIGLER, M. G. MIESS, P. KLIMEK, S. SCHMELZER, J. SORGER, E. SHCHEKINOVA, E. ROVENSKAYA, J. LINNEROOTH-BAYER, U. DIECKMANN & S. THURNER, 2018. *When does a disaster become a systemic event? Estimating indirect economic losses from natural disasters*. ArXiv Preprint, <https://Arxiv.Org/Abs/1801.09740>.
- POLEDNA, S., M. G. MIESS, C. HOMMES & K. RABITSCH, 2023. *Economic forecasting with an agent-based model*. European Economic Review, 151, 104306. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2022.104306>.
- ROBINSON, S., 2006. *Macro Models and Multipliers: Leontief, Stone, Keynes, and CGE Models*. In *Poverty, Inequality, and Development* (pp. 205–232). Springer Media.
- ROBINSON, S., A. YÚNEZ-NAUDE, R. HINOJOSA-OJEDA, J. D. LEWIS, & S. DEVARAJAN, 1999. *From stylized to applied models: Building multisector CGE models for policy analysis*. North American Journal of Economics and Finance, 10, 5–38.
- RUTHERFORD, T. F., 1999. *Applied general equilibrium modeling with MPSGE as a GAMS subsystem: An overview of the modeling framework and syntax*. Computational Economics, 14, 1–46.

- SCRIECIU, S. S., 2007. *The inherent dangers of using computable general equilibrium models as a single integrated modelling framework for sustainability impact assessment*. A critical note on Böhringer and Löschel (2006). *Ecological Economics*, 60(4), 678–684. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.09.012>.
- SHOVEN, B. & J. WHALLEY, 1992. *Applying General Equilibrium*. Cambridge University Press.
- TAYLOR, L., 1990. *Structuralist CGE models*. In L. Taylor (Ed.), *Socially relevant policy analysis*. MIT Press.
- TAYLOR, L. & R. V. ARNIM, 2007. *Modelling the Impact of Trade Liberalisation: A Critique of Computable General Equilibrium Models*. Oxfam.
- WIEDMANN, T., 2009. *A review of recent multi-region input-output models used for consumption-based emission and resource accounting*. *Ecological Economics*, 69(2), 211–222. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.08.026>.

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

office@umweltbundesamt.at
www.umweltbundesamt.at

Das MIO-ES-Modell des Umweltbundesamtes ist ein **M**akroökonomisches **I**nput-**O**utput Modell mit integriertem **E**nergiesystem. Es wird für die Evaluierung von energie- und klimarelevanten Maßnahmen herangezogen. Die aktuelle Version liefert jährliche Ergebnisse ausgehend vom Basisjahr 2014 mit einem Horizont bis 2050.

Das Umweltbundesamt setzt das MIO-ES-Modell gemeinsam mit Sektor-Modellen für die Erstellung langfristiger Szenarien der österreichischen Treibhausgas-Emissionen ein. Darüber hinaus wird es für die Evaluierung kurz- und mittelfristiger Wirkungen von klima- und energiepolitischen Maßnahmen und Maßnahmenbündel auf Volkswirtschaft, Energieverbrauch und Treibhausgas-Emissionen herangezogen.

Dieser Bericht dokumentiert Struktur, Datenbasis und Ergebnisse des Modells.