



# DAS MIO-ES-MODELL DES UMWELTBUNDESAMTS

## STRUKTUR & ANWENDUNGEN

**FISK-Workshop, 13.03.2024**

Johanna Vogel & Bernd Gugele, Umweltbundesamt

# DAS MIO-ES-MODELL DES UMWELTBUNDESAMTS

- *Macroeconomic Input-Output Model with integrated Energy System*
  - = „Hybrides“ makroökonomisches IO-Modell der österreichischen Volkswirtschaft mit integriertem Energiesystem
  - **Key Feature:** Ankopplung von sektoralen Bottom-Up-Modellen zur Technologiewahl bis 2050
- **Wird vom Umweltbundesamt eingesetzt, um:**
  1. langfristige **Szenarien** zu österreichischen THG-Emissionen zu erstellen (EU Gov-VO)
  2. die **kurz- und mittelfristigen Wirkungen** klima- & energiepolitischer Maßnahmen auf
    - Volkswirtschaft &
    - CO<sub>2</sub>-Emissionenzu evaluieren.

# DAS MIO-ES-MODELL DES UMWELTBUNDESAMTS

## „Hybrides“ makroökonomisches IO-Modell mit integriertem Energiesystem

### • Integration des Energiesystems

- Umrechnungsfaktoren physisch ↔ monetär zwischen Energie- und Volkswirtschafts-Teilen des Modells
- **IO-Mengenmodell:** Integrierte Modellierung von Produktion, Energieverbrauch & Energieumwandlung
- Nach 79 NACE-Branchen, 82 CPA-Gütern & 26 Energieträgern lt. Energiebilanz

### • Endogene, branchenspezifische Produktionstechnologien

- **IO-Preismodell:** Minimierung einer Translog-Kostenfunktion mit Produktionsfaktoren K, L, E, M (1. „Nest“)
  - Preisinduzierte Faktorsubstitution in jeder Branche
- Leontief-Technologie innerhalb von M (2. „Nest“)
  - Technologiematrix des IO-Modells ist endogen (↔ *Klima- und Energieszenarien*)
- Produkt- und Faktorpreise endogen, wobei Energiepreise zum Teil exogen (Weltmarktpreise).

# DAS MIO-ES-MODELL DES UMWELTBUNDESAMTS

## Makroökonomisches IO-Modell mit endogenem Konsum & Investitionen

- **Einkommen, Konsum & Vermögen der Haushalte**

- Privatkonsum modelliert in 3 „Nestern“ nach 14 COICOP-Kategorien & 10 Einkommensgruppen
- Gesamter Privatkonsum nach Dezilen abhängig vom verfügbaren Haushaltseinkommen & MPC
- *Energiebezogener* Privatkonsum ↔ Link zu **Bottom-up Sektormodellen**  
*Nicht-energiebezogener* Privatkonsum ↔ **AIDS-Modell** mit preisabhängiger Konsumsubstitution

- **Unternehmensinvestitionen je Branche**

- Dynamische Spezifikation, abhängig von Betriebsüberschüssen (Parameter geschätzt für AT)
- **Stromerzeugung:** Investitionen in Erzeugungskapazität nach Technologie berechnet anhand von Ausbaupfaden und Gestehungskosten

# DAS MIO-ES-MODELL DES UMWELTBUNDESAMTS

- **Lohnbildung je Branche**
  - Dynamische Spezifikation, abhängig von VPI, Arbeitsproduktivität & NAWRU (Parameter geschätzt)
- **Öffentlicher Sektor** nach VGR
  - Verknüpft mit verfügbarem Haushaltseinkommen über Transfers, Steuern, Förderungen etc.
  - Detaillierte Berechnung der **Einnahmen aus diversen Umweltsteuern**
- **Außenhandel**
  - Importanteile nach Branchen aus SUT, Importpreise & Exporte exogen
- **CO<sub>2</sub>-Emissionen**
  - Berechnet anhand von **Emissionsfaktoren je Energieträger** (Umweltbundesamt)
  - Umfassende Plausibilisierung der Emissionswirkungen im Modell durch unsere Sektorexpert:innen.

# DAS MIO-ES-MODELL DES UMWELTBUNDESAMTS

## Kombiniert neoklassische und Keynesianische Elemente

- Faktor- & Endnachfrage hängen von **relativen Preisen** ab ( $\leftrightarrow$  CGE)
- **Rigiditäten**: Liquiditätsbeschränkungen bei Investitionen & Konsum, Arbeitskräfteknappheit
- Verwandt mit Modellen FIDELIO (JRC) & E3ME (Cambridge Econometrics)

## Datenbasis

- **Statistik Austria**: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Input-Output-Statistik, Konsumerhebung, jährliche Energiebilanzen Österreichs
- **OeNB**: HFCS; **Eurostat**: Statistics on Income and Living Conditions (EU-SILC)
- **Basisjahr**: 2014 in MIO-ES 1.0, 2017 in MIO-ES 2.0 (in Entwicklung)

# DAS MIO-ES-MODELL DES UMWELTBUNDESAMTS

## MIO-ES 2.0

- Explizite Modellierung von **E/Q nach Energieträgern** je Industriebranche
  - Zerlegung in Steigerung der Effizienz je Energieträger & Energieträgerwechsel
    - Energieträgerwechsel induziert Investitionen & verändert Kapitalstock
    - E/Q insgesamt vom Energieträger (Technologie) abhängig; im Standard-Modell, z.B. CGE, nicht berücksichtigt
- Integration der Auswirkung von **Klimaschäden** auf den Kapitalstock in bestimmten Branchen
  - COIN (2015), Steininger et al. (2020)
- Haushaltstypen neu: Quintile, unterteilt in **urban/rural**
- Entwicklung eines **Moduls für Güterverkehr** & Kraftstoffexport im Tank (KEX)

# ANKOPPLUNG VON SEKTORMODELLEN (BOTTOM-UP)

## Die Ankopplung (soft-link) von Bottom-Up-Modellen in den Sektoren ...

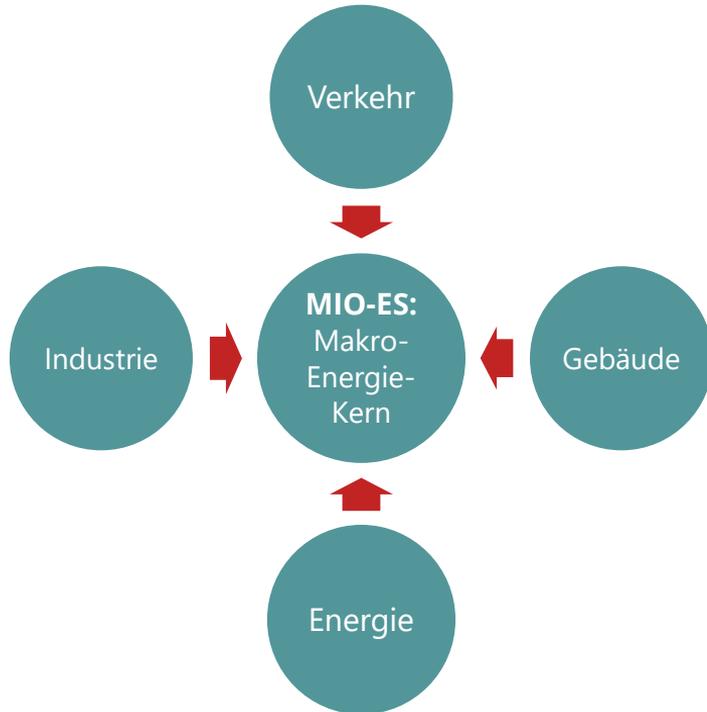
- **Verkehr:** NEMO und MARS (UBA, TU Graz, BOKU)
- **Gebäude:** UBA-Raumwärmemodell, INVERT-EE (TU Wien)
- **Industrie:** EISSEE (Stahlerzeugung, UBA)
- **Energie:** pyPSA (Stromerzeugung, Open Source)

... erfolgt über **definierte Schnittstellen** an **Privatkonsum & Energieverbrauch** und ...

... **erlaubt die Quantifizierung der Wirkung von Maßnahmen in obigen Sektoren auf**

- **Wertschöpfung**, Beschäftigung, Haushaltseinkommen (**Verteilungswirkungen**)
- Staatseinnahmen und -ausgaben, **Defizit**
- Energetischen Endverbrauch und **CO<sub>2</sub>-Emissionen** nach KSG-Sektoren.

# ZUSAMMENSPIEL MIO-ES ↔ SEKTORMODELLE



## Prozess:

- Maßnahmen werden definiert
- In Sektormodellen Ergebnisse berechnet
- In MIO-ES verwendbare Parameter aus Sektormodellerggebnissen (= **Schnittstellen**) eingespielt:
  - **Verkehr:** Energienachfrage nach Energieträger, Fahrzeugbestand & Neuanschaffungen fossil/E, Personen- und Tonnen-km gesamt & nach Modi, Besetzungsgrad u.a.
  - **Gebäude:** Heizenergieverbrauch nach Energieträgern, Investitionen für Sanierung & Heizsystemwechsel u.a.
  - **Industrie:** Energieträgeranteile & Effizienz nach Technologien
  - **Energie:** Erneuerbaren-Anteile in der Stromproduktion

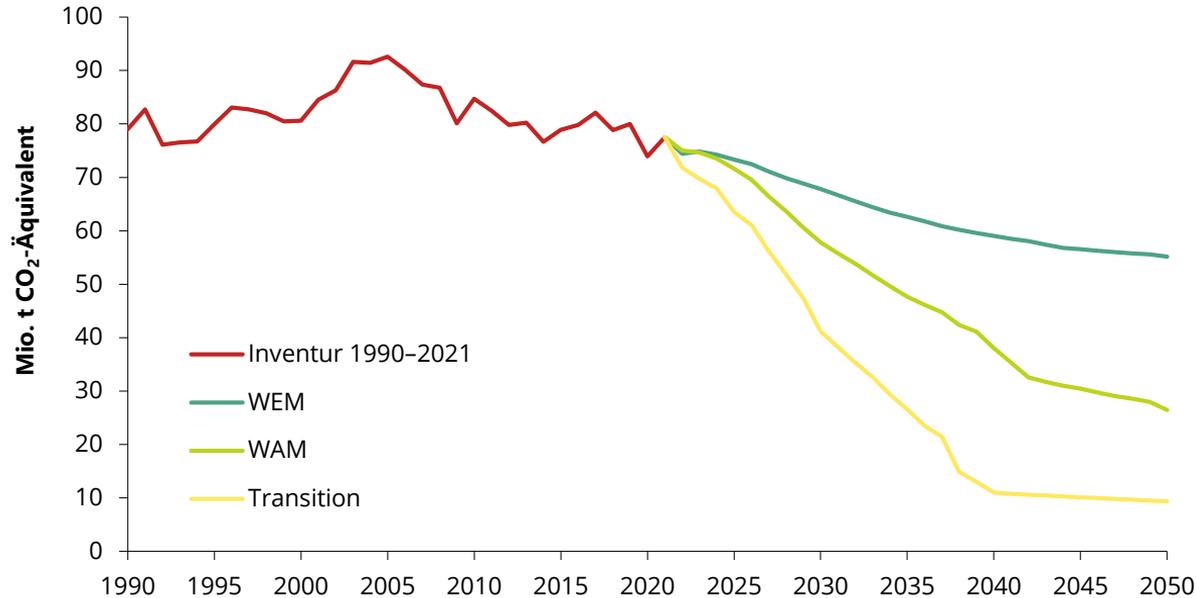
# SIMULIERBARE MASSNAHMEN (AUSWAHL)

Allgemein / sektorunabhängig	
€	<b>CO<sub>2</sub>-Preis</b> inkl. <b>Einnahmen-Rückerverteilung</b> an Haushalte und Unternehmen
Gebäude	
%	Anstieg <b>Sanierungsrate</b> , Ausstieg <b>Öl- und Gasheizungen</b>
€	<b>Heizstoffpreise; Investitionen</b> (z.B. durch Förderungen ausgelöst wie UFI, Klimafonds)
Verkehr (PKW & GV)	
%	<b>Elektrifizierung</b> der Flotte, Änderung in <b>Modal Split &amp; Besetzungsgrad</b>
€	<b>Kraftstoffpreise</b> , Anpassung <b>ÖV-Tarife</b> und <b>PKW-Preise/Förderungen</b>
€	<b>Investitionen</b> in <b>Infrastrukturausbau</b> von Straße und Schiene
%, €	<b>Mineralölsteuer, NoVA</b> , km-abhängige <b>Maut</b> , <b>Flugticketabgabe</b> , <b>PendlerInnenförderung</b>
Industrie / Energie	
%	Stromerzeugung mit <b>100 % erneuerbaren Energieträgern</b>
€	<b>Energiepreise, Umweltförderungen, Energieabgabenrückvergütung; Investitionen</b>

# OUTCOME-GRÖSSEN (AUSWAHL)

Volkswirtschaftliche Größen	
€	Bruttoproduktionswert, <b>Wertschöpfung</b> , <b>Bruttoinlandsprodukt</b> , Bruttoanlageinvestitionen, Exporte und Importe (alle nach NACE-Wirtschaftsbranchen, 2-Steller)
VZÄ	<b>Beschäftigung</b> und Arbeitslosenrate (nach NACE-Branchen, 2-Steller)
€	Verfügbares <b>Haushaltseinkommen</b> und <b>Privatkonsum</b> nach Einkommensgruppen & Konsumkategorien (COICOP)
€	<b>Preise</b> : VPI nach Einkommensgruppen, Outputpreise nach Wirtschaftsbranchen
Kategorien des öffentlichen Haushalts	
€	<b>Einnahmen</b> : Direkte und indirekte Steuern (MWSt, MÖSt, Einkommensteuern usw.)
€	<b>Ausgaben</b> : Monetäre Sozialleistungen, öffentliche Investitionen & Konsum, soziale Sachleistungen, Zinszahlungen...
€	Öffentliches <b>Defizit &amp; Verschuldung</b>
Energierrelevante Größen	
TJ	<b>Bruttoenergieverbrauch</b> und <b>energetischer Endverbrauch</b> nach Energieträgern, KSG-Sektoren & NACE-Branchen
Kt CO <sub>2</sub>	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen</b> nach KSG-Sektoren und NACE-Branchen (2-Steller)

# KLIMA- UND ENERGIESZENARIEN 2023 – TREIBHAUSGASEMISSIONEN GESAMT 1990–2050



© Umweltbundesamt

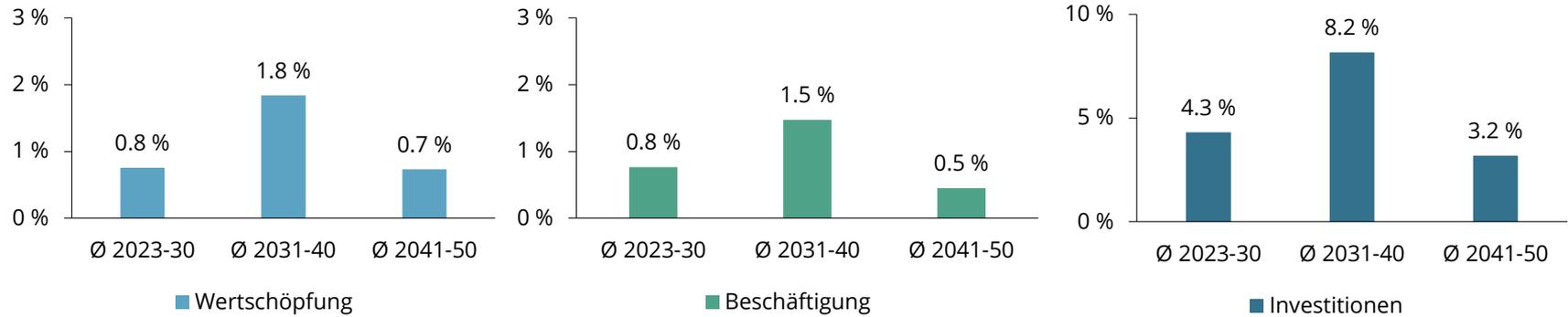
- Szenario WEM „With existing measures“: Maßnahmen umgesetzt bzw. rechtlich verankert (Stichtag 1.1.2022)
- Szenario WAM „With additional measures“: Maßnahmen aus Entwurf NEKP 2023
- Szenario Transition: Ziel Klimaneutralität 2040
- Wichtige Annahmen:
  - Energie-/CO<sub>2</sub>-Preise
  - Investitionen

# KLIMA- UND ENERGIESZENARIEN – ANNAHMEN

Szenario	Parameter	2020	2022	2030	2040	2050
	Internat. Ölpreis [€ 20/boe]	37	88	88	93	112
	Internat. Erdgaspreis [€ 20/GJ]	3,1	33,2	11,3	11,3	11,8
	Internat. Kohlepreis [€ 20/t Kohle]	38	74	76	81	89
	Bevölkerung [Mio.]	8,92	9,01	9,25	9,47	9,47
Transition	CO <sub>2</sub> -Preis im EU-ETS [€ 20/t CO <sub>2</sub> ]	24	73	200	400	500
	CO <sub>2</sub> -Preis in non-ETS Sektoren [€ 20/t CO <sub>2</sub> ]		30	170	400	500
WEM	CO <sub>2</sub> -Preis im EU-ETS [€ 20/t CO <sub>2</sub> ]	24	73	80	85	160
	CO <sub>2</sub> -Preis in non-ETS Sektoren [€ 20/t CO <sub>2</sub> ]					

Quellen: Statistik Austria 2021, Hauptvariante; Empfehlungen EU-Kommission; eigene Annahmen  
boe: Barrel oil equivalent; 1 Euro = 1,2 US-Dollar

# VERÄNDERUNGEN MAKROÖKONOMISCHER GRÖßEN IM SZENARIO TRANSITION GEGENÜBER WEM

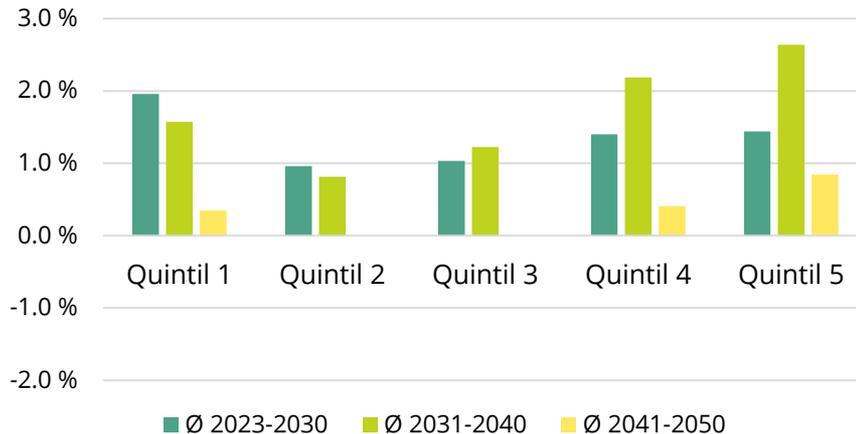


Quelle: Umweltbundesamt 2023b

- Zusätzliche Investitionen der Energiewende treiben Wirtschaft bis in die späten 2030er Jahre
- Ø 2023–50 liegt Wertschöpfung 1,1 % über WEM
- Ø 2023–50 liegt Beschäftigung 0,9 % (~40.000 VZÄ) über WEM
- Arbeitslosenrate sinkt auf etwa 2,9 % in der letzten Dekade

# VERTEILUNGSWIRKUNGEN: VERFÜGBARES EINKOMMEN

Reales verfügbares Einkommen (Differenz % WEM)



Quelle: Umweltbundesamt 2023b

- Verfügbares Einkommen aller Einkommensgruppen über dem Niveau des Szenario WEM
- Steigende Energiepreise werden durch Transferleistungen an HH (Klimabonus, einkommensabhängige Förderungen) zu großen Teilen kompensiert
- Klimabonus hat leicht progressive Wirkung
- Zusätzlich einkommensabhängige Transfers, die ab Mitte der 2030er Jahre im Sinne einer Just Transition schrittweise erhöht werden.
- Privatkonsum steigt, Trend zu langlebigeren Produkten (mehr Reparatur)

# LITERATUR

- **Umweltbundesamt, 2023a:** „Umweltökonomische Analysen mit dem MIO-ES-Modell: Dokumentation der Modellstruktur und Datenbasis“, [Umweltbundesamt Report REP-0861](#), Wien.
- **CESAR, 2020:** „MIO-ES – A Macroeconomic Input-Output Model with Integrated Energy System“, Centre of Economic Scenario Analysis and Research, [Working Paper](#), Wien.
- **EU-SILC:** Datensatz für Österreich:  
[https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ilc\\_pns4\\_custom\\_10255235/default/table?lang=de](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ilc_pns4_custom_10255235/default/table?lang=de)
- **Steininger et al., 2020:** „Klimapolitik in Österreich: Innovationschance Coronakrise und die Kosten des Nicht-Handelns“, [Wegener Center Research Briefs 1|2020](#), Wegener Center Verlag, Universität Graz.
- **Umweltbundesamt, 2023b:** „Energie- und Treibhausgas-Szenario Transition 2040 – Bericht für das Szenario Transition 2040 mit einer Zeitreihe von 2020 bis 2050“, [Umweltbundesamt Report REP-0880](#), Wien.
- **Umweltbundesamt, 2023c:** „Energie- und Treibhausgas-Szenarien 2023 - WEM, WAM und Transition mit Zeitreihen von 2020 bis 2050“, [Umweltbundesamt Report REP-0882](#), Wien.

# KONTAKT & INFORMATION

**Johanna Vogel & Bernd Guele**

Team Umweltökonomie

Umweltbundesamt

[umweltoekonomie@umweltbundesamt.at](mailto:umweltoekonomie@umweltbundesamt.at)

 [www.umweltbundesamt.at](http://www.umweltbundesamt.at)

 [twitter.com/umwelt\\_at](https://twitter.com/umwelt_at)

 [www.linkedin.com/company/umweltbundesamt](https://www.linkedin.com/company/umweltbundesamt)

Das MIO-ES-Modell des  
Umweltbundesamts

Wien, 13.3.2024