

**Kasten 3****Modellbeschreibung**

Die Simulationsrechnungen basieren auf einem rekursiven Wachstumsmodell, das den Ansatz der Projektgruppe Gemeinschaftsdiagnose (2023) um Außenbeitrag ( $NX_t$ ), Staatskonsum ( $G_t$ ), öffentliche Investitionen ( $I_t^G$ ) und öffentlichen Kapitalstock ( $K_t^G$ ) erweitert. Zusätzlich werden die Transferzahlungen des Staates ( $TR_t^{KS45}$ ) sowie die notwendigen öffentlichen Investitionen des Staates ( $I_t^{G,KS45}$ ) zur Erreichung der Klimaschutzziele 2045 explizit modelliert. Der rekursive Modellrahmen dient dazu, die gesamtwirtschaftlichen Größenordnungen besser einschätzen zu können. Dieser Ansatz modelliert nicht explizit das Investitionsverhalten der privaten Akteure in Reaktion auf wirtschaftspolitische Maßnahmen. Er zeigt auf, in welchem Umfang insgesamt Investitionen zur Erreichung der Emissionsreduktionsziele erforderlich sind und welche gesamtwirtschaftlichen Rückwirkungen diese Investitionen auf das künftige Produktionspotenzial und die Konsummöglichkeiten der privaten Haushalte haben. Ob die wirtschaftspolitischen Maßnahmen geeignet sind, tatsächlich das intendierte private Investitionsverhalten zu realisieren, wird hier nicht diskutiert.

Es wird eine gesamtwirtschaftliche CES-Produktionsfunktion ( $Y_t$ ) verwendet, die für die Wertschöpfung im Energiesektor ( $Y_t^E = E_t^C + E_t^D$ ) zwischen erneuerbaren ( $E_t^C$ ) und fossilen Energieträgern ( $E_t^D$ ) unterscheidet. Die Wertschöpfung in den Nicht-Energiesektoren ( $Y_t^{NE}$ ) folgt einer Cobb-Douglas-Produktionsfunktion basierend auf Arbeit ( $L_t^{NE}$ ), privatem Kapitalstock ( $K_t^{NE}$ ), dem öffentlichen Kapitalstock ( $K_t^G$ ), der Elastizität des Faktors Kapital ( $\alpha$ ), der Elastizität des privaten Arbeitseinsatzes ( $1 - \alpha$ ), und der Elastizität des öffentlichen Kapitals ( $\zeta$ ).

Erneuerbare und fossile Energie erfordern Arbeit ( $L_t^{C,D}$ ) und Kapital ( $K_t^{C,D}$ ). Der Produktionswert entspricht dem Bruttoinlandsprodukt ( $BIP_t$ ), einschließlich des Energieimports. Durch Abzug der Energieimporte, die sich durch Relative Preise für Energieimporte ( $P_t^E$ ) und die Importanteile von sauberen ( $Im_t^{E^C}$ ) und fossilen Energien ( $Im_t^{E^D}$ ) berechnen lassen, ergibt sich das Bruttoinlandsprodukt ( $BIP_t$ ).

Das gesamte Arbeitspotenzial der Volkswirtschaft ( $L_t$ ) teilt sich in den Arbeitsaufwand außerhalb des Energiesektors ( $L_t^{NE}$ ) sowie den Arbeitsaufwand für die saubere und fossile Energieversorgung auf, der vom Energieverbrauch und der Arbeitsproduktivität in der sauberen und fossilen Energieproduktion abhängt.

Der private Kapitalstock ( $K_t$ ) wird in einen nichtenergetischen Kapitalstock ( $K_t^{NE}$ ), den Kapitalstock für saubere Energie ( $K_t^C$ ) und den Kapitalstock für fossile Energie ( $K_t^D$ ) aufgespalten. In den Sektoren für erneuerbare und fossile Energie werden Kapital und Arbeit gemäß einer Leontief-Produktionsfunktion verwendet. Die Kapital ( $A_t^{K^{C,D}}$ ) und Arbeitsproduktivität ( $A_t^{L^{C,D}}$ ) bestimmen die Nachfrage nach Kapital und Arbeit für erneuerbare und fossile Energie.

**Tabelle K3****Kalibrierung des Modells**

Parameter/Initialisierung	Wert	Quelle
Kapitalanteil: $\alpha$	0,35	GD Frühjahr 2023 <sup>1</sup>
$\gamma$	0,05	Statistisches Bundesamt
$\zeta$	0,1	Drygalla et al. (2020) <sup>2</sup>
$\sigma$	0,2	DIW Wochenbericht 2023 <sup>3</sup>
Energieimporte: $\frac{P^E(Im_1^{E^C} E_1^C + Im_1^{E^D} E_1^D)}{BIP_1}$	3%	Statistisches Bundesamt
Arbeits- und Kapitalverteilung: $\frac{l_1^C}{L_1}, \frac{l_1^D}{L_1}, \frac{k_1^C}{K_1}, \frac{k_1^D}{K_1}, \frac{k_1^G}{K_1}$	0,2%; 0,6%; 1,4%; 0,8%; 13%	Statistisches Bundesamt, Berechnungen des IWH
Investitionsquoten: $s = \frac{I_1}{BIP_1}, s^{I^G} = \frac{I_1^G}{BIP_1}$	22,1%; 3%	Statistisches Bundesamt
Abschreibungsraten: $d^{NE}, d^C, d^D, d^G$	2,6%; 5%; 2%, 2,6%	Statistisches Bundesamt u. Fraunhofer ISE (2021) <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Projektgruppe Gemeinschaftsdiagnose: Klimaschutz ohne Produktionseinbußen: Die Rolle energiesparenden technischen Fortschritts, in: Hintergrundpapier zum Schwerpunktthema, Frühjahr 2023. – <sup>2</sup> Drygalla, A.; Holtemöller, O.; Kiesel, K.: The Effects of Fiscal Policy in an Estimated DSGE Model—The Case of the German Stimulus Packages During the Great Recession, *Macroeconomic Dynamics*, 24(6), 2020, 1315–1345. – <sup>3</sup> Bönke, T. et al.: DIW-Konjunkturprognose: Deutschland hinkt der Weltwirtschaft hinterher, in: DIW Wochenbericht, Nr. 36/37, 471–503, 2023. – <sup>4</sup> Fraunhofer ISE: Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien, Juni 2021.

Die Investitionen in alle vier Kapitalstöcke umfassen kapitalstockspezifische Abschreibungsraten ( $d_t^C, d_t^D, d_t^{NE}, d_t^G$ ) und die Investitionsquote ( $s_t$ ). Zudem berücksichtigen sie die Entwicklung von Investitionen ins Netz für erneuerbare Energieträger ( $NETZINV_t$ ), einschließlich einer konventionellen Reserve (vgl. Tabelle K3).

Der Staat konsumiert ( $G_t$ ), investiert ( $I_t^G$ ), zahlt Vermögenstransfers ( $Tr_t$ ), bedient Schulden ( $i_t^G B_t^G$ ) und tätigt andere Transfers ( $UB_t$ ) finanziert durch Einnahmen ( $Tax_t$ ) und nimmt Schulden ( $B_{t+1}^G$ ) auf zur Schließung des Finanzierungssaldos ( $FS_t$ ). Der reale Schuldenstand verringert sich automatisch mit der Veränderung des Deflators des Bruttoinlandsprodukts ( $P_t^{DEF}$ ). Transferzahlungen des Staates zur Förderung des Ausbaus der erneuerbaren Energien ( $TR_t^{KS45}$ ) erhöhen die privaten Investitionen in erneuerbare Energien und Vermögenstransfers, während öffentliche Investitionen in den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV), die Gebäudesanierung, Wärmenetze und Wasserstoffinfrastruktur den öffentlichen Kapitalstock ( $I_t^{G,KS45}$ ) erhöhen.

Die privaten Konsumausgaben ( $C_t$ ) ergeben sich residual aus dem Bruttoinlandsprodukt, den Investitionen, dem Staatskonsum und dem Außenbeitrag.

$$L_t = L_t^{NE} + L_t^C + L_t^D \quad (1)$$

$$Y_t^{NE} = A_t^{NE} (K_t^G)^\zeta (K_t^{NE})^\alpha (L_t^{NE})^{1-\alpha} \quad (2)$$

$$Y_t^E = E_t^C + E_t^D \quad (3)$$

$$Y_t = [(1 - \gamma) (Y_t^{NE})^\rho + \gamma (A_t^E Y_t^E)^\rho]^{1/\rho} \quad (4)$$

$$BIP_t = Y_t - P_t^E (Im_t^{ED} \cdot E_t^D + Im_t^{EC} \cdot E_t^C) \quad (5)$$

$$L_t^C = \frac{E_t^C}{A_t^{LC}} \quad (6)$$

$$L_t^D = \frac{E_t^D}{A_t^{LD}} \quad (7)$$

$$K_{t+1}^C = \frac{E_{t+1}^C}{A_{t+1}^{KC}} \quad (8)$$

$$K_{t+1}^D = \frac{E_{t+1}^D}{A_{t+1}^{KD}} \quad (9)$$

$$I_t^C = \max(0, K_{t+1}^C - (1 - d_t^C) \cdot K_t^C) + NETZINV_t + TR_t^{KS45} \quad (10)$$

$$I_t^D = \max(0, K_{t+1}^D - (1 - d_t^D) K_t^D) \quad (11)$$

$$I_t^G = s_t^{IG} \cdot BIP_t + I_t^{G,KS45} \quad (12)$$

$$I_t^{NE} = s_t \cdot BIP_t - \max(0, I_t^C) - \max(0, I_t^D) - I_t^G \quad (13)$$

$$K_{t+1}^{NE} = (1 - d_t^{NE}) \cdot K_t^{NE} + I_t^{NE} \quad (14)$$

$$K_{t+1}^G = (1 - d_t^G) \cdot K_t^G + I_t^G \quad (15)$$

$$NX_t = s_t^{NX} \cdot BIP_t \quad (16)$$

$$UB_t = s_t^{UB} \cdot BIP_t \quad (17)$$

$$Tr_t = s_t^{Tr} \cdot BIP_t + Tr_t^{KS45} \quad (18)$$

$$FS_t = s_t^{FS} \cdot BIP_t \quad (19)$$

$$G_t = s_t^G \cdot BIP_t \quad (20)$$

$$B_{t+1}^G = B_t^G - FS_t \cdot P_t^{DEF} \quad (21)$$

$$Tax_t = G_t + I_t^C + Tr_t + UB_t + FS_t + \frac{i_t^G B_t^G}{P_t^{DEF}} \quad (22)$$

$$I_t = I_t^{NE} + I_t^G + I_t^C + I_t^D \quad (23)$$

$$K_t = K_t^{NE} + K_t^C + K_t^D \quad (24)$$

$$BIP_t = C_t + I_t + G_t + NX_t \quad (25)$$