

TREIBHAUSGAS-PROJEKTIONEN FÜR DEUTSCHLAND

Sozio-ökonomische Folgenabschätzung zum Projektionsbericht 2025



TREIBHAUSGAS-PROJEKTIONEN FÜR DEUTSCHLAND

Ressortforschung des Bundesministeriums für Umwelt,
Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 37K24 4201 0
FB001987

Sozio-ökonomische Folgenabschätzung zum Projektionsbericht 2025

von

Katja Schumacher, Dennis Appenfeller, Johanna Cludius,
Konstantin Kreye
Öko-Institut

Luisa Sievers, Yvonne Beck, Peter Hachenberger
Fraunhofer ISI

Unter Mitarbeit von

Malte Bei der Wieden, Peter Kasten, Wolf Kristian Görz,
Franziska Flachsbarth, Hannah Förster, Ralph O. Harthan,
Vanessa Cook
Öko-Institut

Matthias Rehfeldt, Tim Mandel
Fraunhofer ISI

Jana Deurer, Jan Steinbach
IREES

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

Öko-Institut e.V.
Borkumstraße 2
13189 Berlin

Abschlussdatum:

Dezember 2025

Redaktion:

Fachgebiet V 1.2 Strategien und Szenarien zu Klimaschutz und Energie
Kai Wehnemann

DOI:

<https://doi.org/10.60810/openumwelt-8175>

Dessau-Roßlau, Februar 2026

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

Kurzbeschreibung: Sozio-ökonomische Folgenabschätzung zum Projektionsbericht 2025

Die sozio-ökonomische Folgenabschätzung analysiert die Wirkungen der im Projektionsbericht 2025 hinterlegten Szenarien MMS und MWMS auf Systemkosten, Gesamtwirtschaft, Arbeitsmarkt und private Haushalte. Grundlage sind Rahmendaten mit Stand Herbst 2024. Spätere Entwicklungen z. B. hinsichtlich Sondervermögen gehen nicht mit in die Analyse ein.

Die Systemkostenanalyse (Kapitel 2) betrachtet die Entwicklung der Investitions-, Energie- und Betriebskosten über die KSG-Sektoren hinweg und zeigt, wie sich die Transformation hin zu einem treibhausgasarmen Energiesystem finanziell auswirkt. Der Transformationspfad ist stark investitionsgesetzten und bündelt einen Großteil der Ausgaben in den 2030er-Jahren. Im Gegenzug sinken die laufenden Energie- und Betriebskosten deutlich, vor allem infolge des Rückgangs der Öl- und Gasnutzung.

Die Gesamtwirtschaftliche Analyse (Kapitel 3) zeigt eine positive Wirkung von Klimaschutz auf das Wirtschaftswachstum: Treiber sind die erhöhte Nachfrage bei Investitionsgüterherstellern und Dienstleistern sowie die Substitution fossiler Importe. Gleichzeitig erhöht der Investitionsschub kurz- bis mittelfristig den Arbeitskräftebedarf, es drohen Engpässe und Verzögerungen.

Dies verdeutlicht die vertiefte Betrachtung von Arbeitsmarkteffekten (Kapitel 4). Durch Investitionen in Gebäudehülle und Wärmepumpen entstehen in den nächsten Jahren Bedarfe in Baugewerbe, Herstellung elektrischer Ausrüstungen, Maschinenbau und Dienstleistungen. 40 % der erforderlichen Tätigkeiten werden als Engpassberufe eingestuft. Höhere Ambitionen sind daher nur mit Begleitung (z. B. Qualifizierung, Zuwanderung, Produktivitätshebel) realisierbar.

In Bezug auf die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen aus Perspektive privater Haushalte (Kapitel 5) belegen Amortisationsrechnungen, dass energiebedingte Mehrkosten über die Lebensdauer ausgeglichen werden, wenn ohnehin Instandhaltungen anstehen und Fördermittel greifen. Im Gebäudebereich sind – wenn ohnehin Instandhaltung ansteht und Fördermittel in Anspruch genommen werden – tiefgreifende Sanierungen und Wärmepumpen mit kleiner Leistung häufig budgetär vorteilhafter als Teilsanierung zusammen mit größerer Wärmepumpe. Niedrigere Strompreise, stringentere CO₂-Preise und bessere Förderung verbessern dabei die Wirtschaftlichkeit deutlich. Bei der Mobilität sind Elektroautos meist vorteilhaft, doch hohe Lade-/Strompreise bei niedrigen Kraftstoffpreisen verzögern den Break-even. Die Beispielhaushalte zeigen, dass hohe Erstinvestitionen und anhaltend günstige Fossilpreise den Handlungsanreiz reduzieren, sofern keine zusätzlichen Preissignale oder andere Anreize vorhanden sind.

Abstract: Socio-economic impact assessment of the 2025 Projection Report

The socio-economic impact assessment analyses the effects of the 'with measures scenario' (MMS) and 'with additional measures scenario' (MWMS) outlined in the 2025 Projection Report on system costs, the overall economy, the labour market, and households. It is based on framework data from autumn 2024. Later developments – for example, with regard to off-budget entities – are not included in the analysis.

The system cost analysis (Chapter 2) considers the development of investment, energy, and operating costs across the sectors covered by the German Federal Climate Change Act and shows the financial impact of the transition to a low-carbon energy system. The transformation path is heavily investment-driven, with a large proportion of expenditure concentrated in the 2030s. In return, the running costs of energy and operation will fall significantly, mainly as a result of the decline in oil and gas use.

The macroeconomic analysis (Chapter 3) shows that climate protection has a positive effect on economic growth: the drivers are increased demand in terms of capital goods manufacturers and service providers, as well as the substitution of fossil fuel imports. At the same time, the surge in investment increases labour demand in the short to medium term, raising the possibility of bottlenecks and delays.

The in-depth analysis of labour market effects (Chapter 4) shows this. Investments in building envelopes and heat pumps will create demand in the construction industry, electrical equipment manufacturing, mechanical engineering, and services in the years ahead. 40% of the jobs required are classified as bottleneck occupations. Higher ambition can therefore only be realised with supporting measures (e.g. training, immigration, productivity levers).

With regard to the economic viability of measures from the perspective of households (Chapter 5), amortisation calculations show that energy-related additional costs are balanced over the building's lifetime if maintenance was pending anyway and subsidies are available. In the buildings sector, if maintenance is pending anyway and subsidies are available, extensive renovations and low-power heat pumps are often more budget-friendly than partial renovations combined with larger heat pumps. Lower electricity prices, more rigorous CO₂ prices, and better subsidisation substantially improve economic viability. With a view to transport, electric cars are usually advantageous, but high charging/electricity prices combined with low fuel prices delay the point at which they become economically viable. The sample households show that high initial investments and persistently low fossil fuel prices reduce the incentive to act unless there are additional price signals or other incentives.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	9
Tabellenverzeichnis.....	14
Abkürzungsverzeichnis.....	16
Zusammenfassung.....	18
Summary	28
1 Einleitung.....	38
2 Systemkostenanalyse	40
2.1 Gesamtbetrachtung	42
2.2 Gebäude.....	47
2.3 Verkehr.....	53
2.4 Industrie	59
2.5 Energiewirtschaft.....	65
3 Gesamtwirtschaftliche Analyse	72
3.1 Methodik.....	72
3.2 Impulse für die gesamtwirtschaftliche Analyse	74
3.2.1 Investitionen	76
3.2.2 Konsum	80
3.2.3 Handelsbilanz.....	84
3.2.4 Staatshaushalt.....	85
3.2.5 Vorleistungen.....	87
3.3 Bruttoinlandsprodukt und Wertschöpfung	89
3.3.1 Bruttoinlandsprodukt	89
3.3.2 Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen	91
3.4 Arbeitskräftebedarf.....	93
3.4.1 Arbeitskräftebedarf nach Wirtschaftsbereichen	95
4 Arbeitsmarkteffekte in ausgewählten Bereichen.....	99
4.1 Einführende Erklärung	99
4.2 Vorgehensweise (Berechnung und Datenquellen)	100
4.3 Einordnung der Methode und der Resultate.....	101
4.4 Ergebnisse	102
4.4.1 Gebäudehülle.....	103
4.4.2 Wärmepumpen.....	107
4.4.3 PV-Anlagen.....	111

4.4.4	Batterien	115
4.4.5	Elektrolyseure	119
5	Sozio-ökonomische Analyse aus Sicht privater Haushalte	124
5.1	Methoden für Wirtschaftlichkeitsrechnung	126
5.2	Technische Annahmen, Kosten und Preise: Gebäude, Mobilität	127
5.3	Wirtschaftlichkeitsrechnung auf Basis der Amortisationsmethode	132
5.3.1	Gebäude.....	132
5.3.2	Mobilität	136
5.4	Analyse anhand von Beispielhaushalten.....	142
5.4.1	Spezifizierung der Beispielhaushalte	143
5.4.2	Ergebnisse für kombinierte Klimaschutzanpassungen der Beispielhaushalte.....	148
5.4.2.1	Mietende (Haushalte 1 und 2).....	149
5.4.2.2	Selbstnutzende Eigentümer*innen (Haushalte 3 und 4).....	154
5.4.3	Einordnung der Ergebnisse für die Beispielhaushalte	161
6	Zusammenfassendes Fazit.....	164
7	Quellenverzeichnis	167
A	Anhang	171
A.1	Projizierte Entwicklung der Energiepreise	171
A.2	Weitere Informationen und Analysen zu den Beispielhaushalten	172
A.2.1	Mobilität und Gebäude.....	172
A.2.2	Gebäude und Mobilität, Investitionszeitpunkt verschoben auf das Jahr 2030 für Mobilität	180
A.2.3	Mobilität	186
A.2.4	Gebäude.....	192

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Staatliche und private durchschnittliche jährliche Sektorinvestitionen und Teilmengen dieser mit Klimaschutzbezug nach Sektoren 2026 - 2050.....	20
Abbildung 2:	Staatliche und private Mehrinvestitionen nach Sektoren im MMS und MWMS.....	21
Abbildung 3:	Bruttoinlandsprodukt – projizierte Entwicklung unter verschiedenen Annahmen bezüglich Klimaschutz, Crowding-Out und Ausgleichsmechanismen für den Staatshaushalt im Vergleich zu 2023	23
Abbildung 4:	Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen – projizierte Entwicklung des MMS im Vergleich zu 2023.....	24
Abbildung 5:	Arbeitskräftebedarf nach Wirtschaftsbereichen – projizierte Entwicklung im MMS im Vergleich zu 2023	25
Abbildung 6:	Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Gebäudehülle, Wärmepumpen, PV-Anlagen, Batterien, Elektrolyseure im MMS auf den Arbeitskräftebedarf	26
Figure 1:	Average annual public and private sector investments and climate-related subsets thereof by sector, 2026–2050	30
Figure 2:	Additional public and private investments by sector in MMS and MWMS.....	31
Figure 3:	Gross domestic product – projected development under various assumptions regarding climate protection, concerning crowding-out and compensation mechanisms for the national budget compared to 2023	33
Figure 4:	Gross value added by economic sector – projected development of MMS compared to 2023	34
Figure 5:	Labour demand by economic sector - projected development in MMS compared to 2023	35
Figure 6:	Projected direct and indirect effects of investments in building envelopes, heat pumps, PV systems, batteries and electrolysers in the MMS on labour demand	36
Abbildung 7:	Schritte der Folgenabschätzung	39
Abbildung 8:	Staatliche und private durchschnittliche jährliche Investitionen nach Sektoren im MMS 2026-2050	45
Abbildung 9:	Jährliche Sektorinvestitionen nach Sektoren im MMS und MWMS (ohne Industrie).....	46
Abbildung 10:	Staatliche und private Mehrinvestitionen nach Sektoren im MMS und MWMS	47
Abbildung 11:	Jährliche Sektorinvestitionen im Gebäudesektor im MMS und MWMS.....	49
Abbildung 12:	Jährliche Mehrinvestitionen im Gebäudesektor im MMS und MWMS.....	50

Abbildung 13:	Staatliche und private jährliche Mehrinvestitionen im Gebäudesektor im MMS und MWMS	52
Abbildung 14:	Jährliche Betriebskosten im Gebäudesektor im MMS und MWMS.....	53
Abbildung 15:	Jährliche Sektorinvestitionen im Verkehrssektor im MMS und MWMS.....	55
Abbildung 16:	Staatliche und private jährliche Mehrinvestitionen im Verkehrssektor im MMS und MWMS.....	57
Abbildung 17:	Jährliche Betriebskosten im Verkehrssektor im MMS und MWMS.....	58
Abbildung 18:	Jährliche Mehrinvestitionen und Investitionszuschüsse in der Industrie im MMS und MWMS.....	62
Abbildung 19:	Staatliche und private jährliche Mehrinvestitionen und Investitionszuschüsse in der Industrie im MMS und MWMS...63	
Abbildung 20:	Jährliche Betriebskosten in der Industrie im MMS und MWMS	64
Abbildung 21:	Jährliche Brennstoffkosten in der Industrie im MMS und MWMS.....	65
Abbildung 22:	Jährliche Sektorinvestitionen in der Energiewirtschaft im MMS und MWMS.....	68
Abbildung 23:	Jährliche Mehrinvestitionen in der Energiewirtschaft im MMS und MWMS.....	69
Abbildung 24:	Staatliche und private Mehrinvestitionen in der Energiewirtschaft im MMS und MWMS.....	70
Abbildung 25:	Jährliche Betriebskosten und Betriebskostenzuschüsse in der Energiewirtschaft im MMS und MWMS.....	71
Abbildung 26:	Schematische Darstellung des Modells ISI-Macro	74
Abbildung 27:	Projizierte Entwicklung der Impulse durch Investitionen auf Ebene der Technologien – Absolute Werte des MMS	77
Abbildung 28:	Projizierte Entwicklung der Impulse durch Investitionen auf Ebene der Wirtschaftsbereiche – Absolute Werte des MMS...78	
Abbildung 29:	Projizierte Entwicklung der Impulse durch Konsum auf Ebene der Güter und Dienstleistungen – Absolute Werte des MMS..81	
Abbildung 30:	Projizierte Entwicklung der Impulse durch Konsum auf Ebene der Wirtschaftsbereiche – Absolute Werte des MMS.....83	
Abbildung 31:	Projizierte Entwicklung der Impulse in die Handelsbilanz (Nettoimporte) – Absolute Werte des MMS.....85	
Abbildung 32:	Projizierte Entwicklung der Impulse auf ausgewählte Posten des Staatshaushalts im MMS - Absolute Werte des MMS.....86	
Abbildung 33:	Projizierte Entwicklung der Impulse auf die Vorleistungen – absolute Werte des MMS.....88	
Abbildung 34:	Bruttoinlandsprodukt – projizierte Entwicklung des MMS und Sensitivitäten im Vergleich zu 2023	91

Abbildung 35:	Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen – projizierte Entwicklung des MMS im Vergleich zu 2023.....	92
Abbildung 36:	Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen - projizierte Entwicklung im MMS und Sensitivitäten in den gemittelten Jahren 2036 bis 2040 im Vergleich zu 2023	93
Abbildung 37:	Arbeitskräftebedarf – projizierte Entwicklung im MMS und Sensitivitäten im Vergleich zu 2023	95
Abbildung 38:	Arbeitskräftebedarf nach Wirtschaftsbereichen – projizierte Entwicklung im MMS im Vergleich zu 2023	96
Abbildung 39:	Arbeitskräftebedarf nach Wirtschaftsbereichen – projizierte Entwicklung im MMS und Sensitivitäten in den gemittelten Jahren 2036 bis 2040 im Vergleich zu 2023	98
Abbildung 40:	Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Gebäudehüllen, Wärmepumpen, PV-Anlagen, Batterien, Elektrolyseure im MMS	102
Abbildung 41:	Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Gebäudehülle im MMS – Erwerbstätige je Wirtschaftszweig und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)	104
Abbildung 42:	Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Gebäudehülle im MMS – Erwerbstätige je Tätigkeit und Jahr (gemittelt über 5 Jahre).....	105
Abbildung 43:	Projizierte direkte und Indirekte Effekte der Investitionen in Gebäudehülle im MMS – Erwerbstätige je Anforderung und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)	106
Abbildung 44:	Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Gebäudehülle im MMS – Erwerbstätige je Engpassberuf und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)	107
Abbildung 45:	Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Wärmepumpen im MMS – Erwerbstätige je Wirtschaftszweig und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)	108
Abbildung 46:	Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Wärmepumpen im MMS – Erwerbstätige je Tätigkeit und Jahr (gemittelt über 5 Jahre).....	109
Abbildung 47:	Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Wärmepumpen im MMS – Erwerbstätige je Anforderung und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)	110
Abbildung 48:	Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Wärmepumpen im MMS – Erwerbstätige je Engpassberuf und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)	111
Abbildung 49:	Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in PV-Anlagen im MMS – Erwerbstätige je Wirtschaftszweig und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)	112

Abbildung 50:	Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in PV-Anlagen im MMS – Erwerbstätige je Tätigkeit und Jahr (gemittelt über 5 Jahre).....	113
Abbildung 51:	Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in PV-Anlagen im MMS – Erwerbstätige je Anforderung und Jahr (gemittelt über 5 Jahre).....	114
Abbildung 52:	Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in PV-Anlagen im MMS – Erwerbstätige je Engpassberuf und Jahr (gemittelt über 5 Jahre).....	115
Abbildung 53:	Direkte Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Batterien im MMS – Erwerbstätige je Wirtschaftszweig und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)	116
Abbildung 54:	Direkte Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Batterien im MMS – Erwerbstätige je Tätigkeit und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)	117
Abbildung 55:	Direkte Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Batterien im MMS – Erwerbstätige je Anforderung und Jahr (gemittelt über 5 Jahre).....	118
Abbildung 56:	Direkte Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Batterien im MMS – Erwerbstätige je Engpassberuf und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)	119
Abbildung 57:	Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Elektrolyseure im MMS – Erwerbstätige je Wirtschaftszweig und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)	120
Abbildung 58:	Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Elektrolyseure im MMS – Erwerbstätige je Tätigkeit und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)	121
Abbildung 59:	Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Elektrolyseure im MMS – Erwerbstätige je Anforderung und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)	122
Abbildung 60:	Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Elektrolyseure im MMS – Erwerbstätige je Engpassberuf und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)	123
Abbildung 61:	Amortisationsdauer von Investitionen in Gebäudesanierungen und Wärmetechnologien in zwei Typgebäuden.....	134
Abbildung 62:	Wirtschaftlichkeitsrechnung E-Auto bei durchschnittlicher Fahrleistung	138
Abbildung 63:	Wirtschaftlichkeitsrechnung E-Auto bei hoher Fahrleistung ..	139
Abbildung 64:	Sensitivität Wirtschaftlichkeitsrechnung E-Auto (Gebrauchtfahrzeuge) bei durchschnittlicher Fahrleistung ...	140
Abbildung 65:	Sensitivität Wirtschaftlichkeitsrechnung E-Auto bei durchschnittlicher Fahrleistung: Höherer öffentlicher Ladestrompreis (0,52 Euro ₂₀₂₃)	141

Abbildung 66:	Sensitivität Wirtschaftlichkeitsrechnung E-Auto bei durchschnittlicher Fahrleistung: Höherer öffentlicher Ladestrompreis & höherer Anteil öffentliches Laden	142
Abbildung 67:	Betrachtete Gruppen von Beispielhaushalten	143
Abbildung 68:	Steckbrief Haushalt 1: Jährliche Kosten, Einsparung und Belastung der mietenden Familie mit zwei Kindern in der Kleinstadt im Jahr 2025 und 2030	150
Abbildung 69:	Steckbrief Haushalt 2: Jährliche Kosten, Einsparung und Belastung des Singles in der Stadt im Jahr 2025 und 2030, Miete	152
Abbildung 70:	Anteil des verfügbaren Einkommens, der von Beispielhaushalten in einer Mietwohnung für Wärme und Mobilität aufgewendet wird.....	154
Abbildung 71:	Steckbrief Haushalt 3: Jährliche Kosten, Einsparung und Belastung der Familie im eigenen Haus mit zwei Kindern und zwei Autos auf dem Land im Jahr 2025 und 2030.....	156
Abbildung 72:	Steckbrief Haushalt 4: Jährliche Kosten, Einsparung und Belastung Rentnerin am Stadtrand im eigenen Haus im Jahr 2025 und 2030.....	159
Abbildung 73:	Anteil des verfügbaren Einkommens, der von Beispielhaushalten im eigenen Haus für Wärme und Mobilität aufgewendet wird	161
Abbildung 74:	Projizierte Entwicklung der Endverbraucherpreise für Energie als Preisindex (2023 = 100).....	172

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Annahmen zu Gebäuden und Gebäudemäßnahmen – Mehrfamilienhaus	128
Tabelle 2:	Annahmen zu Gebäuden und Gebäudemäßnahmen – Einfamilienhaus	129
Tabelle 3:	Notwendige Preis- und weitere Annahmen für die Amortisationsrechnung E-Pkw und Beispielhaushalte.....	130
Tabelle 4:	Ergänzende und jahresfeine Annahmen zu Energie-, CO ₂ - Preisen und Deutschlandticket für die Analyse der Beispielhaushalte.....	132
Tabelle 5:	Beispielhaushalte, die in einer Mietwohnung wohnen – Familie (Haushalt 1)	145
Tabelle 6:	Beispielhaushalte, die in einer Mietwohnung wohnen – Single (Haushalt 2)	146
Tabelle 7:	Beispielhaushalte, die im eigenen Einfamilienhaus wohnen – Familie (Haushalt 3).....	146
Tabelle 8:	Beispielhaushalte, die im eigenen Einfamilienhaus wohnen – Rentnerin (Haushalt 4)	147
Tabelle 9:	Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes der Familie mit zwei Kindern, Miete, im Jahr 2025 und 2030.....	174
Tabelle 10:	Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes der Familie mit zwei Kindern, Eigentum, im Jahr 2025 und 2030	175
Tabelle 11:	Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes der Rentnerin, Eigentum, im Jahr 2025 und 2030	177
Tabelle 12:	Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes des Singles, Mieter, im Jahr 2025 und 2030.....	178
Tabelle 13:	Jährliche Kosten, Einsparung und Belastung der Beispielhaushalte im Jahr 2025 und 2030 – Investitionszeitpunkt Auto 2030 Teil 1.....	180
Tabelle 14:	Jährliche Kosten, Einsparung und Belastung der Beispielhaushalte im Jahr 2025 und 2030 – Investitionszeitpunkt Auto 2030 Teil 2.....	181
Tabelle 15:	Jährliche Kosten, Einsparung und Belastung der Beispielhaushalte im Jahr 2025 und 2030 – Investitionszeitpunkt Auto 2030 Teil 3.....	183
Tabelle 16:	Jährliche Kosten, Einsparung und Belastung der Beispielhaushalte im Jahr 2025 und 2030 – Investitionszeitpunkt Auto 2030 Teil 4.....	184

Tabelle 17:	Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes der Familie mit zwei Kindern, Miete, im Jahr 2025 und 2030 – nur Mobilitätsmaßnahmen	186
Tabelle 18:	Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes der Familie mit zwei Kindern, Eigentum, im Jahr 2025 und 2030 -nur Mobilitätsmaßnahmen	187
Tabelle 19:	Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes der Rentnerin, Eigentum, im Jahr 2025 und 2030 – nur Mobilitätsmaßnahmen	189
Tabelle 20:	Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes des Singles, Mieter, im Jahr 2025 und 2030 – nur Mobilitätsmaßnahmen	190
Tabelle 21:	Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes der Familie mit zwei Kindern, Miete, im Jahr 2025 und 2030 – nur Gebäudemaßnahmen	192
Tabelle 22:	Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes der Familie mit zwei Kindern, Eigentum, im Jahr 2025 und 2030 – nur Gebäudemaßnahmen	193
Tabelle 23:	Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes der Rentnerin, Eigentum, im Jahr 2025 und 2030 – nur Gebäudemaßnahmen	195
Tabelle 24:	Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes des Singles, Mieter, im Jahr 2025 und 2030 – nur Gebäudemaßnahmen	196

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
AN	Gebäudenutzfläche
BAI	Bruttoanlageinvestition
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEG EM	Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen
BEG WG	Bundesförderung für effiziente Gebäude – Wohngebäude
BEV	Battery electric vehicle (batterieelektrisches Fahrzeug)
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BIK	Bundesförderung Industrie und Klimaschutz
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMV	Bundesministerium für Verkehr
CBAM	Carbon Border Adjustment Mechanism (CO2-Grenzausgleichssystem)
CCS	Carbon Capture and Storage (CO2-Abscheidung und -Speicherung)
CCU	Carbon Capture and Utilisation (CO2-Abscheidung und -Nutzung)
CO2	Kohlendioxid
CPA	Classification of Products by Activity (Statistische Güterklassifikation)
EE	Erneuerbare Energien
EED	Energy Efficiency Directive (Energieeffizienzrichtlinie)
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFH	Einfamilienhaus
EK	Einkommen
ERK	Expertenrat für Klimafragen
EU	Europäische Union
EU EHS	EU-Emissionshandelssystem
EVS	Einkommens- und Verbrauchsstichprobe
FCEV	Fuel cell electric vehicle (Brennstoffzellenfahrzeug)
FDZ	Forschungsdatenzentrum
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
H2	Wasserstoff
ICEV	Internal combustion engine vehicle (Kraftfahrzeug mit Verbrennungsmotor)

Abkürzung	Erläuterung
IPCEI	Important Project of Common European Interest (Strategisches Förderprojekt der Europäischen Kommission)
IRR	Internal Rate of Return (Eigenkapitalrendite)
iSFP	Individueller Sanierungsfahrplan
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MEPS	Minimum Energy Performance Standards (Mindestenergieeffizienzstandards)
MFH	Mehrfamilienhaus
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MMS	Mit-Maßnahmen-Szenario
MWMS	Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario
NT-ready	Niedertemperaturfähig
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PB	Projektionsbericht
PHEV	Plug-in hybrid electric vehicle (Plug-in-Hybrid-Kraftfahrzeug)
PV	Photovoltaik
ROI	Return on investment (Kapitalrendite)
THG	Treibhausgas
VGR	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung
VZÄ	Vollzeitäquivalent
WFI	Wohnfläche
WP	Wärmepumpe
WPG	Wärmeplanungsgesetz

Zusammenfassung

Die sozio-ökonomische Folgenabschätzung analysiert das Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS) im Vergleich zum Status quo der Projektionen 2025 (Förster et al., 2025) hinsichtlich Investitionsbedarf, (Mehr-)Investitionen, Energie- und Betriebskosten in den Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr und Gebäude sowie ihrer gesamtwirtschaftlichen Wirkung. Ergänzend wird das Mit-weiteren-Maßnahmen-Szenario (MWMS) betrachtet, welches sich allerdings nur geringfügig vom MMS unterscheidet. Die Analyse beinhaltet ebenso die Abschätzung von Arbeitsmarkteffekten in ausgewählten Branchen und die sozio-ökonomische Analyse ausgewählter Maßnahmen in den Sektoren Gebäude und Verkehr.

Treibhausgasminderungen

Im Gebäudesektor sinken die Emissionen von 101 Mio. t CO₂-Äq. (2024) bis 2030 auf 77 Mio. t (MMS) bzw. 76 Mio. t (MWMS). Die kumulierten Jahresemissionsmengen 2021–2030 werden jedoch in beiden Szenarien um mehr als 10 Mio. t verfehlt. 2045 liegen die Emissionen in beiden Szenarien bei unter 10 Mio. t CO₂-Äq. Die Emissionsminderungen werden dabei im Gebäudesektor vor allem durch Maßnahmen zur Senkung des Energiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser sowie durch Effizienzsteigerungen bei Geräten, Beleuchtung, Klimatisierung und Prozessen erreicht, wofür Investitionen in die Modernisierung der Gebäudehülle sowie in Anlagentechnik und Geräte notwendig sind. Zentrale Instrumente sind dabei das Gebäudeenergiegesetz (GEG) in Kombination mit dem Wärmeplanungsgesetz (WPG) sowie die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG), im MWMS ergänzt durch verschärfte Anforderungen an Neubauten, Mindestenergieeffizienzstandards (MEPS) für Nichtwohngebäude und Sanierungsvorgaben für öffentliche Gebäude nach Art. 6 EED. Die Unterschiede zwischen MMS und MWMS bleiben dabei gering.

In der Energiewirtschaft werden die 2030-Sektorziele in beiden Szenarien übererfüllt. Maßgeblich für die Treibhausgasminderungen sind der Ausbau der erneuerbaren Energien, insbesondere des Ausbaus von PV und Windenergie. Wegen der im MWMS hinterlegten Kraftwerksstrategie liegen die Emissionen dort anfangs etwas höher. Ab 2035 beschleunigen die Umstellung der neu gebauten Kraftwerke von Erdgas auf Wasserstoff und die Ermöglichung von CO₂-Abscheidung und -Speicherung die Minderung. Im Jahr 2050 verbleiben so im MWMS nur noch 45,7 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber 48,9 Mio. t CO₂-Äq. im MMS.

Im Industriesektor sinken die Emissionen bis 2030 auf 116,1 Mio. t CO₂-Äq. (MMS) bzw. 114,3 Mio. t CO₂-Äq. (MWMS). Bis 2050 verbleiben 72,3 t CO₂-Äq. (MMS) bzw. 61,1 t CO₂-Äq. (MWMS). Damit werden die kurzfristigen Ziele nach Klimaschutzgesetz (KSG) übererfüllt, während das langfristige Ziel der Treibhausgasneutralität klar verfehlt wird. Dem entgegen stehen in der Industrie vor allem hohe Vermeidungskosten, weshalb Förderinstrumente wie die Bundesförderung Industrie und Klimaschutz (BIK), Klimaschutzverträge, der EU-EHS Innovationsfonds, IPCEI sowie die Schaffung grüner Leitmärkte entscheidend sind, um CO₂-arme Verfahren und Produkte wirtschaftlich zu machen und durch den EU-Emissionshandel zusätzlich die Kostendifferenz zu fossilen Alternativen zu verringern. Im MWMS werden darüber hinaus die Zugangsbeschränkungen für CO₂-Nutzung (CCU) abgeschwächt, sodass neben der CO₂-Nutzung (CCU) auch die Speicherung (CCS) gefördert wird, während gleichzeitig Effizienzprogramme und stärkere Impulse durch grüne Leitmärkte eine größere Wirkung entfalten.

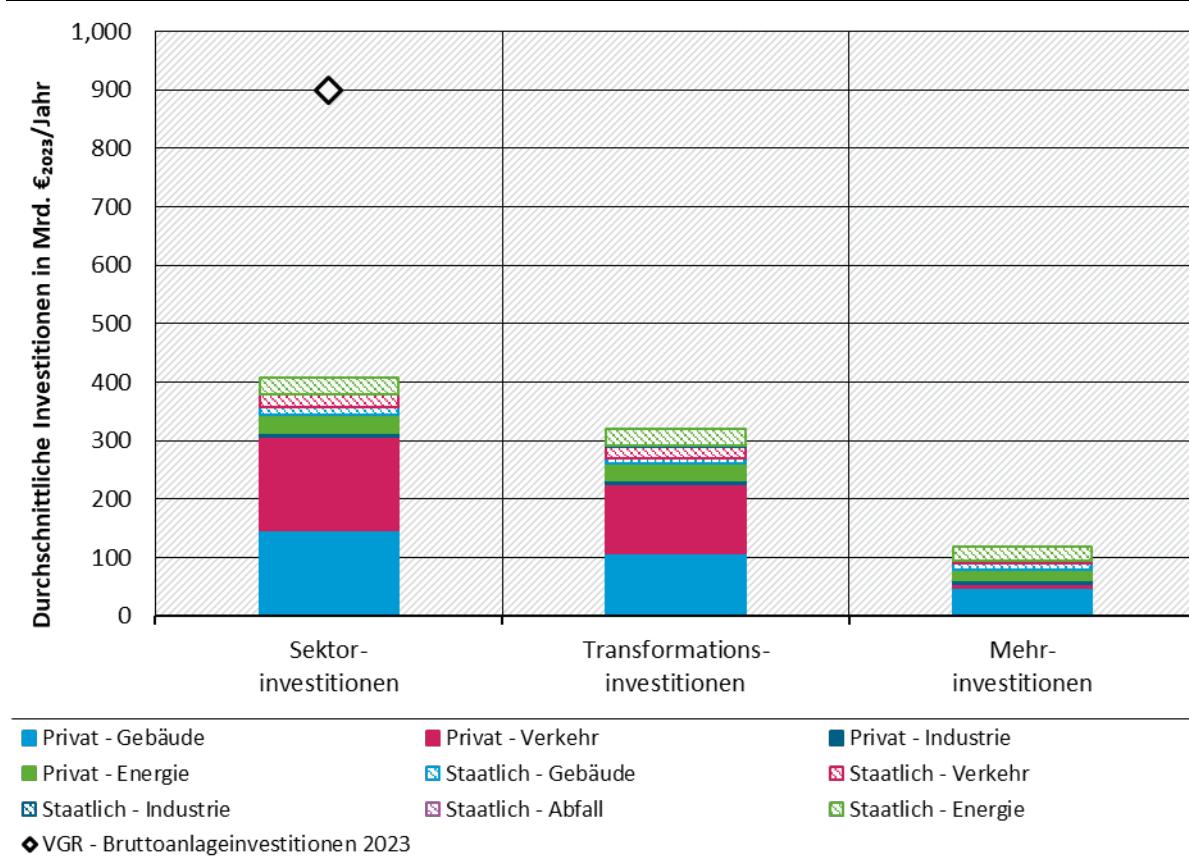
Im Verkehr steigt der Stromanteil, und der Endenergiebedarf fällt um mehr als ein Drittel. Maßgeblich sind hier vor allem deutliche Effizienzvorteile der E-Fahrzeuge gegenüber Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Die Minderung beträgt 2030 gegenüber 2023 30,1 Mio. t

CO₂-Äq. (MMS) bzw. 32,5 Mio. t CO₂-Äq. (MWMS). Die 2030-Jahresemmissionsmenge des KSG wird in beiden Szenarien verfehlt. Langfristig sinken die Treibhausgasemissionen in beiden Szenarien auf rund 8 Mio. t CO₂-Äq.. Zentral für die langfristige Minderung der Treibhausgasemissionen sind Investitionen in emissionsfreie Fahrzeuge sowie den Ausbau der Ladeinfrastruktur. Wesentliche Anreize dafür liefern die EU-CO₂-Emissionsstandards, die CO₂-Differenzierung der Lkw-Maut, die CO₂-Bepreisung und die THG-Quote. Ergänzt wird die Elektrifizierung mit einer Verlagerung des Verkehrs vom motorisierten Individualverkehr und Straßengüterverkehr auf die Schiene und den Radverkehr. Der Ausbau der Schienen- und Radinfrastruktur und die Förderung des Deutschlandtickets sind hier wichtige Instrumente.

KSG-Sektor-, Transformations- und Mehrinvestitionen

Die durchschnittlichen jährlichen projizierten Sektorinvestitionen innerhalb der Systemgrenzen der ökonomischen Analyse belaufen sich auf rund 400 Mrd. Euro (Abbildung 1). Sie bilden eine Teilmenge der gesamtwirtschaftlichen Bruttoanlageinvestitionen gemäß der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR), die im Referenzjahr 2023 etwa 900 Mrd. Euro betragen. Etwas über 300 Mrd. Euro fallen auf Transformationsinvestitionen, die direkten Bezug zum Klimaschutz haben. Mehrinvestitionen, also die zusätzlichen Ausgaben gegenüber einer fossilen Referenz (z. B. Wärmepumpe vs. Gaskessel), machen etwas mehr als ein Viertel der Sektorinvestitionen bzw. 37 % der Transformationsinvestitionen aus. Insgesamt betragen die projizierten Mehrinvestitionen etwa 118 Mrd. Euro jährlich wobei die Investitionen zwischen 2030 und 2035 um 160 Mrd. Euro jährlich liegen und dann bis 2050 mit fortschreitender Erneuerung des Kapitalstocks auf gut 100 Mrd. Euro jährlich sinken (Abbildung 2). Die Refinanzierung der Investitionen erfolgt sektorenübergreifend über Entgelte und Gebühren wie Netzentgelte, Trassenpreise sowie Preisaufschläge an Lade- und Tankstellen.

Abbildung 1: Staatliche und private durchschnittliche jährliche Sektorinvestitionen und Teilmengen dieser mit Klimaschutzbezug nach Sektoren 2026 - 2050



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES, M-Five

Anmerkung: Transformationsinvestitionen stellen eine Teilmenge der Sektorinvestitionen dar, indem sie nur diejenigen Investitionen mit Klimaschutzbezug erfassen. Mehrinvestitionen wiederum sind eine Teilmenge der Transformationsinvestitionen.

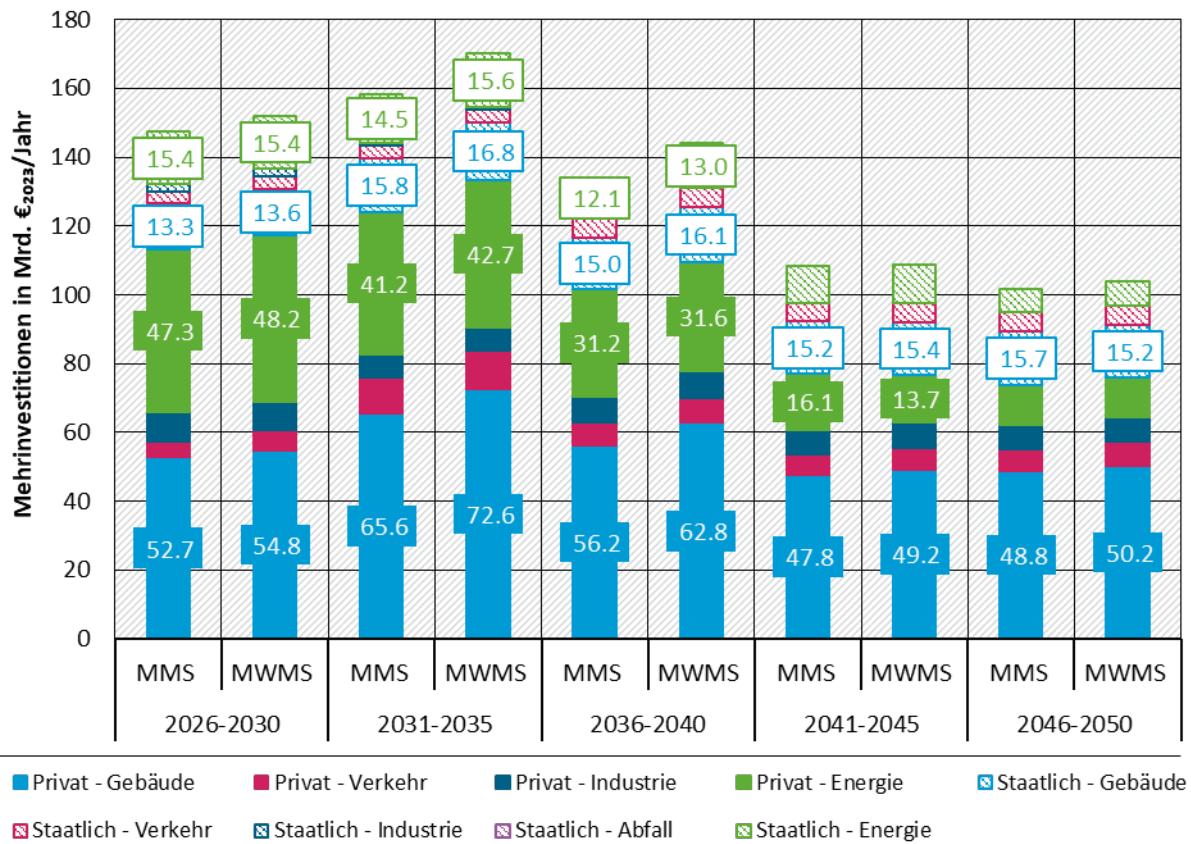
Die höchsten Transformationsinvestitionen fallen im Verkehr für die Anschaffung von Elektrofahrzeugen an. Ein geringerer Teil der Investitionen sind Mehrinvestitionen, also Investitionen, von denen alle Investitionen, die ohnehin getätigt würden bereits abgezogen sind. Vor allem verbleiben dabei Investitionen in Elektro-Lkw, in die Ladeinfrastruktur und in den Ausbau der Schieneninfrastruktur. Im Gebäudesektor fallen vor allem Transformationsinvestitionen in die Sanierung der Gebäudehülle, in Wärmepumpen, in die Umstellung von GHD-Prozessen (Prozesswärme- und Kälteanwendungen) und in emissionsarme Haushaltsgeräte an. Als Mehrinvestitionen verbleiben hier noch durchschnittlich 70 Mrd. Euro jährlich. In der Energiewirtschaft dominieren der Stromnetzausbau und der Ausbau erneuerbarer Energien den Investitionsbedarf. Durchschnittlich fallen hier rund 40 Mrd. jährlich an Mehrinvestitionen an, wobei der deutlich größere Teil bis zum Jahr 2035 anfällt. In der Industrie wird vor allem in die Elektrifizierung der Prozesswärme investiert (Industrieöfen und Dampferzeugung) und die Dämmung und Wärmeerzeugung von Gebäuden (Raumwärme) investiert. Diese betragen jährlich wenige Mrd. Euro.

Staatliche vs. private Finanzierung

Die Zurechnung, welche Investitionen privat und welche staatlich getragen werden, ist in vielen Bereichen unsicher und heterogen. Für Strom-Verteil- und Übertragungsnetze wird eine annähernde hälftige Verteilung zwischen öffentlicher und privater Finanzierung unterstellt. Investitionen in das Wasserstoffnetz erfolgen weitgehend privat, wobei staatliche Risikopuffer

über ein Amortisationskonto bereitgestellt werden. Fernwärmenetze werden aufgrund zunehmender Rekommunalisierungstendenzen überwiegend der öffentlichen Hand zugerechnet. Lade- und Wasserstofftankinfrastruktur werden nach einer Anschubfinanzierung vor allem durch private Investoren getragen, während die Schieneninfrastruktur klar staatlich finanziert ist. Im Bereich der erneuerbaren Energien wird zunächst vor allem durch private Akteure investiert, wobei die EEG-Vergütung zeitverzögert den Investorenhaushalt entlastet.

Abbildung 2: Staatliche und private Mehrinvestitionen nach Sektoren im MMS und MWMS



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES, M-Five

Anmerkungen: Werte sind über 5 Jahre gemittelt; Investitionen ohne MwSt.; Mehrinvestitionen im Sektor Abfall betragen nur 15-20 Mio. Euro jährlich und sind daher nicht sichtbar.

Insgesamt liegt der staatliche Anteil der Investitionen bei etwa 20 bis 30 Prozent, wobei er langfristig tendenziell zunimmt. Absolut sinken die staatlich getragenen Mehrinvestitionen jedoch von jährlich rund 35 Milliarden Euro in den Jahren 2026 bis 2035 auf unter 30 Milliarden Euro pro Jahr bis 2050.

Einsparungen

Über alle Sektoren hinweg führen die Investitionen vor allem durch die Substitution fossiler Energieträger zu deutlichen Einsparungen bei Energie- und Betriebskosten. Der konkrete Umfang dieser Einsparungen hängt maßgeblich von der Preisrelation zwischen fossilen Energieträgern, einschließlich des CO₂-Preises, und alternativen Energieträgern wie Strom und Wasserstoff ab. Zusätzlich sorgen Effizienzgewinne für eine Senkung des Energiebedarfs.

Im Gebäudesektor sinken die Betriebskosten von derzeit rund 240 Milliarden Euro (2023) auf unter 200 Milliarden Euro pro Jahr bis zum Jahr 2030 und gehen anschließend weiter stetig zurück. Dabei wirkt sich die relative Verbilligung von Strom gegenüber Erdgas positiv aus,

während Effizienzgewinne durch bessere Gebäudedämmung und sparsamere Heizungen, Haushaltsgeräte und GHD-Prozesse sich ebenfalls kostensparend auswirken.

Auch im Verkehrssektor ist mittelfristig zunächst ein Kostenanstieg auf über 110 Mrd. Euro jährlich zu beobachten, der insbesondere durch preiserhöhende Instrumente wie die CO₂-differenzierte Lkw-Maut und die CO₂-Bepreisung getrieben wird. Langfristig sinken die Nutzungskosten jedoch deutlich auf unter 90 Milliarden Euro pro Jahr. Während die Bedeutung der Stromkosten bis 2050 zunimmt, dominieren zunehmend die Effizienzgewinne, die durch die umfassende Elektrifizierung des Verkehrs realisiert werden.

In der Industrie stabilisieren sich die Betriebskosten langfristig bei rund 60 Milliarden Euro pro Jahr. Trotz Elektrifizierung können die Stromkosten aufgrund von Effizienzgewinnen reduziert werden, während die Kosten für Wasserstoff spürbar ansteigen. Die Ausgaben für fossile Energieträger, insbesondere Gas, sinken bis 2030 schnell, stagnieren im Anschluss allerdings auf einem mittleren einstelligen Level.

In der Energiewirtschaft ergeben sich kurzfristig hohe Einsparungen durch den Kohleausstieg um fast ein Drittel der Betriebskosten. Im Anschluss stehen die Investitionen keinen unmittelbaren Brennstoff- und Betriebskosteneinsparungen mehr innerhalb des Sektors gegenüber und pendeln sich auf jährlich um die 25 Mrd. Euro ein. Die Kostenvorteile entstehen vielmehr durch die Sektorkopplung in den nachgelagerten Sektoren Industrie, Gebäude und Verkehr.

Gesamtwirtschaftliche Analyse

Die gesamtwirtschaftliche Analyse untersucht die Effekte auf Wertschöpfung und Beschäftigung. Grundlage sind Impulse zu Konsum, Investitionen, Vorleistungen, Subventionen, Steuern sowie dem Außenhandel. Im Fokus steht die Abweichung der Szenarien vom Status quo (2023).

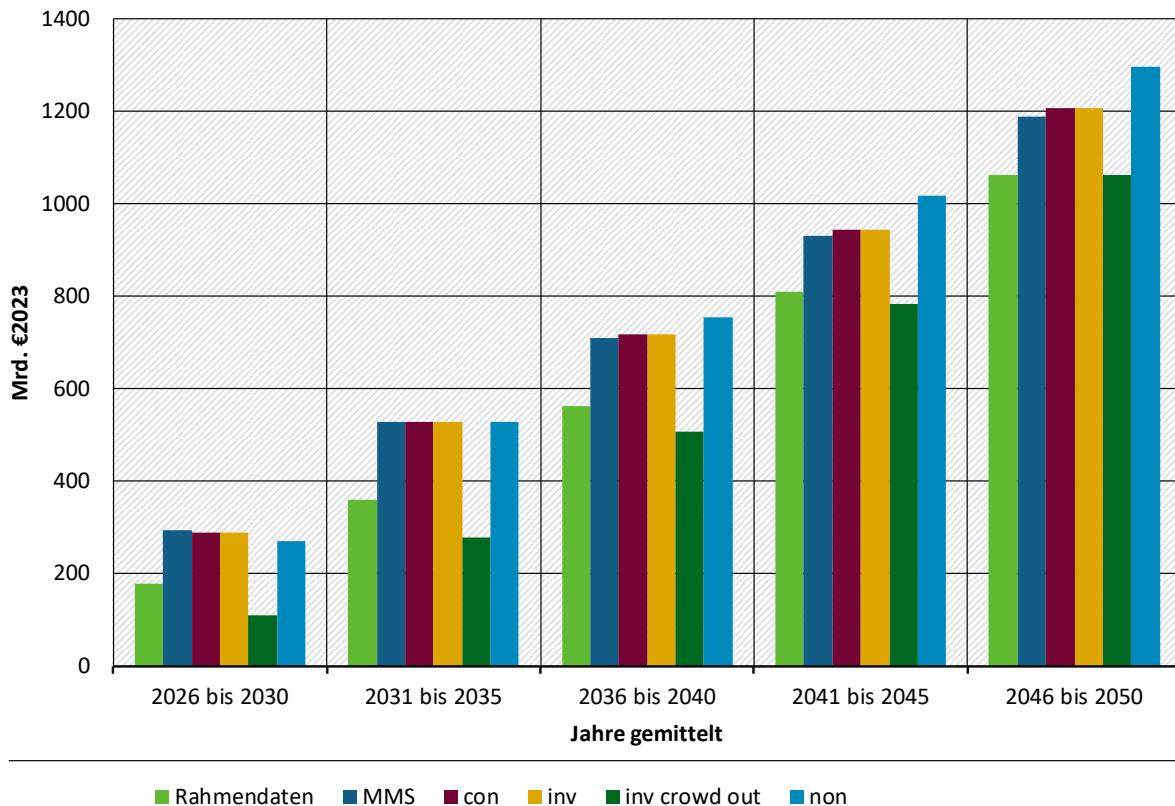
Abbildung 3 zeigt die Abweichungen von der heutigen Ausgangssituation, dem Status quo in 2023. Dafür werden unterschiedliche projizierte Entwicklungen des Bruttoinlandsproduktes betrachtet: Das BIP unter Annahme der Rahmendaten ohne weitere Klimaschutzimpulse, das MMS und mehrere Sensitivitäten zum MMS. Die Rahmendaten projizieren einen moderaten Anstieg des Bruttoinlandsprodukts ausgehend von 2023.

Die Maßnahmen im MMS führen darüber hinaus zu einem stärkeren projizierten Wachstum. Hierzu tragen insbesondere die zusätzlichen Investitionen und die Substitution von importierten fossilen Energieträgern durch heimische Erzeugung erneuerbarer Energie bei.

Ein geringeres Wachstum als in den Rahmendaten ergibt sich lediglich unter Annahme einer starken Verdrängung von Investitionen, bei der Investitionen für den Klimaschutz andere Investitionen verdrängen („crowding out-Effekt“). Dies wird in der Sensitivität „inv_crowdout“ abgebildet.

Um der Unsicherheit Rechnung zu tragen, wie ein negativer Impuls auf den Staatshaushalt gegenfinanziert wird, werden weitere Sensitivitäten analysiert: im MMS wird der Staatskonsum vermindert, um einen ausgeglichenen Haushalt zu erreichen, in der Sensitivität „con“ erfolgt die Gegenfinanzierung über den Konsum (z. B. Erhöhung von Einkommenssteuer), in der Sensitivität „inv“ über die Investitionen (z. B. zusätzliche Besteuerung der Unternehmen), in der Sensitivität „non“ findet keine Gegenfinanzierung statt (zusätzliche öffentliche Verschuldung). MMS und die Sensitivitäten „con“ und „inv“ zeigen einen sehr ähnlichen Verlauf, die Sensitivität „non“ zeigt ein etwas höheres Wachstum.

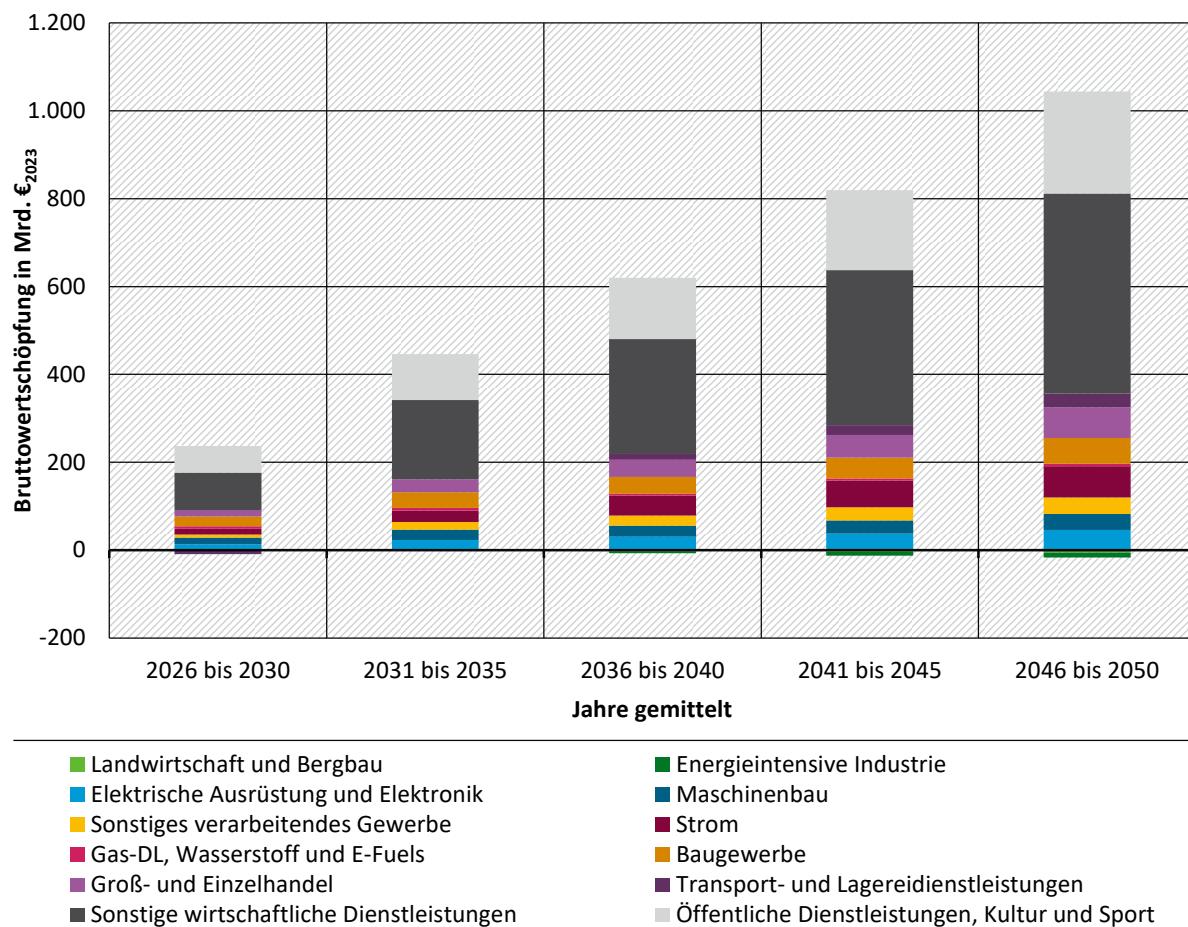
Abbildung 3: Bruttoinlandsprodukt – projizierte Entwicklung unter verschiedenen Annahmen bezüglich Klimaschutz, Crowding-Out und Ausgleichsmechanismen für den Staatshaushalt im Vergleich zu 2023



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnungen, Fraunhofer ISI

Die projizierte Bruttowertschöpfung im MMS steigt ausgehend von 2023 im Zeitverlauf für fast alle Wirtschaftsbereiche an. Dies kann Abbildung 4 entnommen werden, die die Abweichung der Bruttowertschöpfung im Vergleich zum Jahr 2023 für 12 zusammengefasste Wirtschaftsbereiche zeigt. Ausnahmen mit leicht geringerer Wertschöpfung als in 2023 bilden die energieintensive Industrie und die Landwirtschaft. Die Maßnahmen im MMS reizen zusätzliche Investitionen an, von denen insbesondere das Baugewerbe, elektrische Ausrüstungen, der Maschinenbau und das sonstige verarbeitende Gewerbe profitieren. Die insgesamt höhere gesamtwirtschaftliche Nachfrage im MMS wirkt sich entsprechend positiv auf die projizierte Bruttowertschöpfung im Handel, in den sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen und in den öffentlichen Dienstleistungen aus. Die verstärkte Elektrifizierung im MMS führt zudem zu einer höheren projizierten Bruttowertschöpfung im Bereich Strom.

Abbildung 4: Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen – projizierte Entwicklung des MMS im Vergleich zu 2023



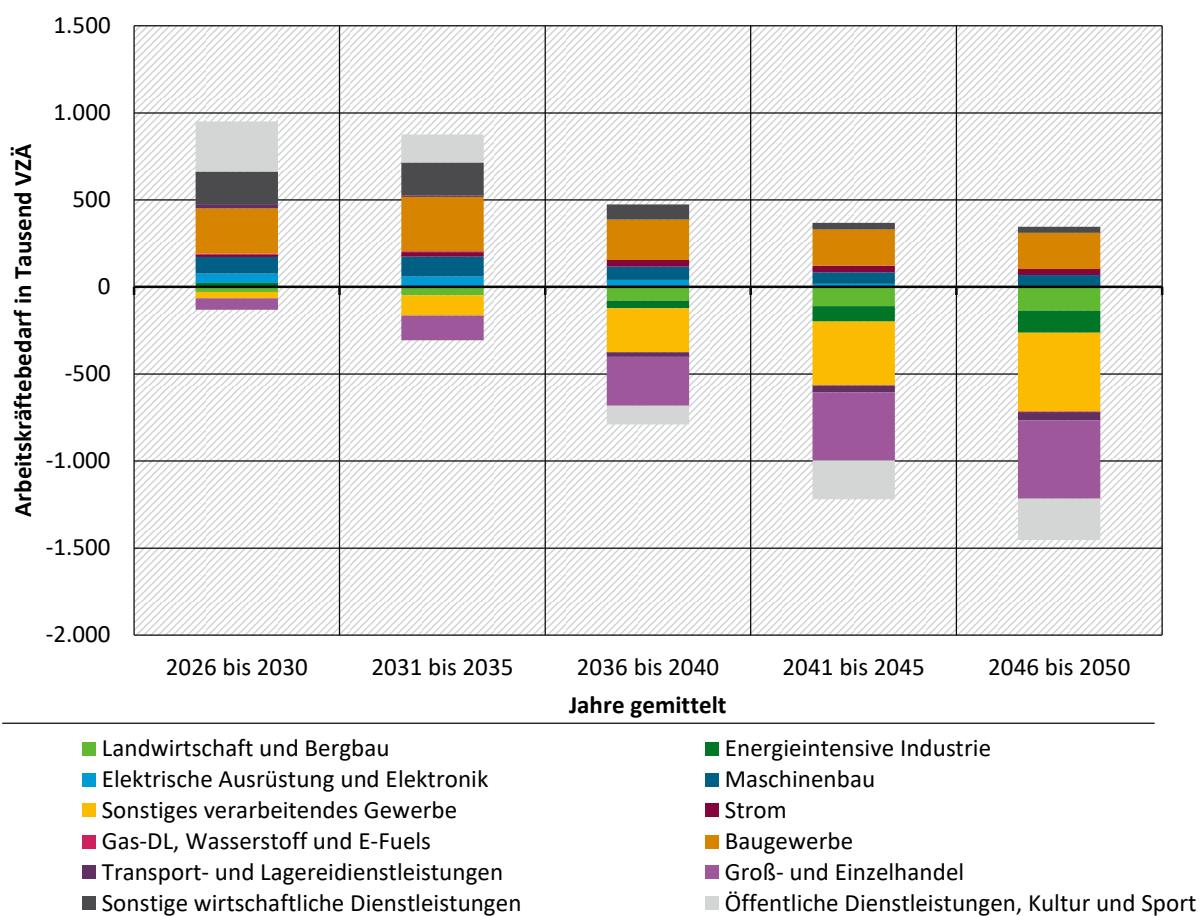
Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnungen, Fraunhofer ISI

Im Vergleich zu 2023 geht der mit den Rahmendaten projizierte Arbeitskräftebedarf zurück. Dies ist auf den Anstieg der Arbeitsproduktivität zurückzuführen, der trotz Rückgang der Erwerbspersonen Wirtschaftswachstum ermöglicht. Im MMS fällt der Arbeitskräftebedarf hingegen bis 2035 noch höher aus als in 2023. Danach dominieren die dämpfenden Effekte durch den Anstieg der Arbeitsproduktivität.

Die zusätzlichen Investitionen im MMS führen dazu, dass der projizierte Arbeitskräftebedarf im Baugewerbe, im Maschinenbau, in den elektrischen Ausrüstungen und in den sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen höher ausfällt als in 2023 (Abbildung 5). Ein leicht höherer Arbeitskräftebedarf wird zudem für den Bereich Strom projiziert, durch die verstärkte Elektrifizierung. In den anderen zusammengefassten Wirtschaftsbereichen wird ein zunehmend geringerer Arbeitskräftebedarf als in 2023 projiziert.

Größere Unterschiede hinsichtlich der Verteilung des projizierten Arbeitskräftebedarfs auf die Wirtschaftsbereiche treten zwischen Rahmendaten, MMS und der Sensitivität „inv crowdout“ auf, während MMS und die Sensitivitäten „con“ und „inv“ sehr ähnlich sind.

Abbildung 5: Arbeitskräftebedarf nach Wirtschaftsbereichen – projizierte Entwicklung im MMS im Vergleich zu 2023

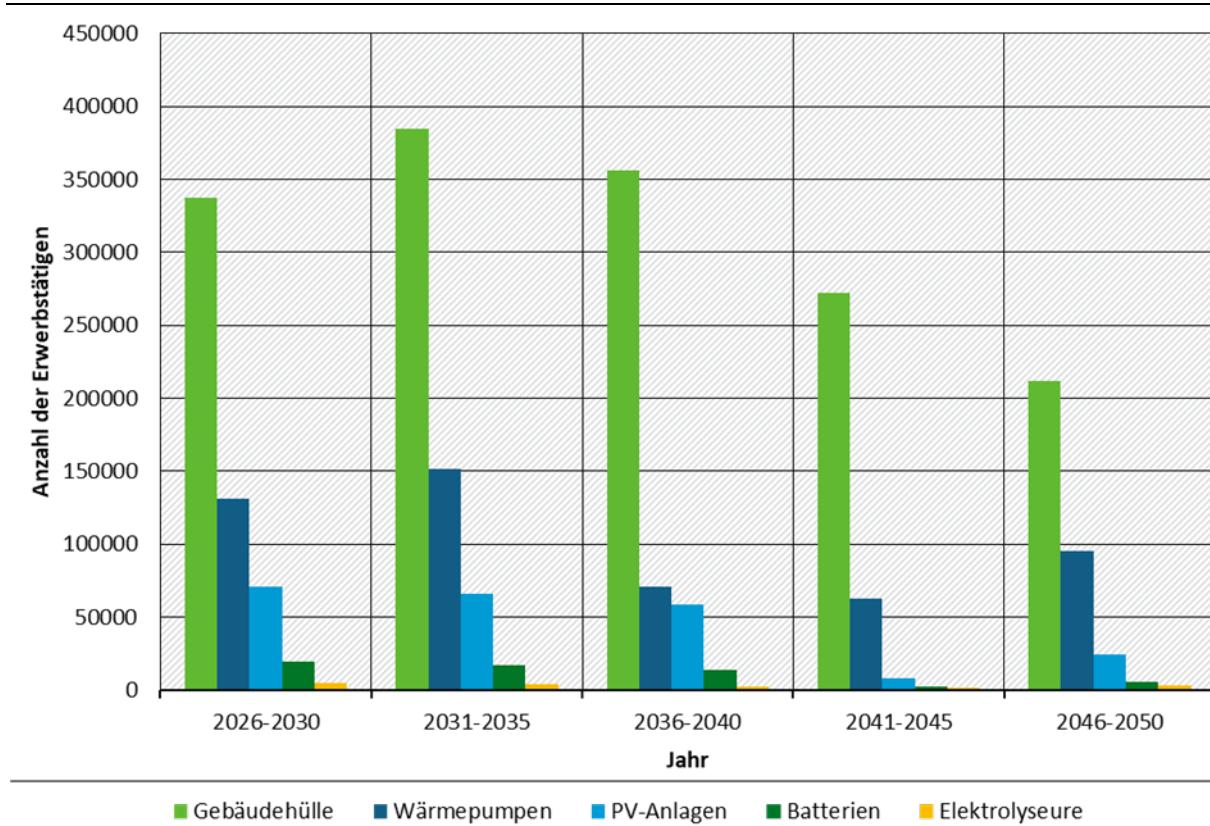


Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnungen, Fraunhofer ISI

Arbeitsmarkteffekte in ausgewählten Bereichen

Zur Analyse der Arbeitsmarkteffekte werden die zukünftigen Auswirkungen der Investitionen in ausgewählte Technologien im MMS analysiert. Dies sind Gebäudehülle, Wärmepumpen, PV-Anlage, Batterien (in der Energiebranche) und Elektrolyseure. Der durch die Investitionen in diese Technologien entstehende Bedarf an Erwerbstägigen ist in Abbildung 6 dargestellt. Bei allen Technologien zeigt sich, dass die Investitionen eine Vielzahl an Wirtschaftszweigen und Tätigkeiten betreffen, was auf eine hohe Verflechtung der Wirtschaftszweige untereinander hindeutet. Neben den jeweils typischen produzierenden Wirtschaftszweigen sind außerdem unterstützende Tätigkeiten stark betroffen, insbesondere „Großhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz)“, „Dienstleistungen der Rechts-, Steuer- und Unternehmensberatung“, „Wach-, Sicherheitsdienstleistungen“, wirtschaftliche Dienstleistungen auf Anfrage“ und „Dienstleistungen der Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften“. Das spiegelt sich auch in den meistbenötigten Tätigkeiten wider. Bezuglich der Anforderungen überwiegt ein starker Bedarf nach Fachkräften der über 50 % des gesamten Bedarfs ausmacht. Die Engpassberufe umfassen jeweils etwas mehr als 40 % (bei den PV-Anlagen sogar 45 %) des Gesamtbedarfs. Auch bei den Engpassberufen sind vor allem Fachkräfte notwendig. Eine Ausnahme bildet der Berufsbereich 7 („Unternehmensorganisation, Buchhaltung, Recht und Verwaltung), in dem vor allem Spezialisten und Experten benötigt werden.

Abbildung 6: Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Gebäudehülle, Wärmepumpen, PV-Anlagen, Batterien, Elektrolyseure im MMS auf den Arbeitskräftebedarf



Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Sozio-ökonomische Analyse: Wirkungen aus Perspektive privater Haushalte

Um die Wirkungen für private Haushalte zu untersuchen, werden zwei Analyseansätze verfolgt: Zum einen eine **Wirtschaftlichkeitsanalyse**, in der die Amortisationsdauer für ausgewählte Investitionen in klimafreundliche Technologien ermittelt wird. Eine Investition gilt in dieser Analyse als wirtschaftlich, wenn die Amortisationsdauer kürzer ist als die angenommene Lebensdauer der Maßnahme. Zum anderen werden für **Beispielhaushalte Analysen der Be- und Entlastungswirkungen von Investitionen und Verhaltensänderungen zum Klimaschutz** durchgeführt. Dabei werden die Wirkungen im Jahr 2030 von im Jahr 2025 durchgeführten Maßnahmen in den Bereichen Gebäude und Mobilität für verschiedene Haushaltstypen individuell und vergleichend gegenüber einer Situation betrachtet, in der keine Maßnahmen durchgeführt werden.

Im Bereich der Gebäudeenergie zeigt die Amortisationsrechnung deutlich, wie wichtig Fördermittel sind: Sie verkürzen die Zeit, bis sich eine Investition wirtschaftlich rechnet, erheblich. Unter den zugrunde gelegten Annahmen sind alle betrachteten Maßnahmen mit Förderung wirtschaftlich sinnvoll – die Einsparungen bei den Energiekosten übersteigen die energetischen Mehrkosten der Investitionen innerhalb der Lebensdauer der Maßnahme. Stehen ohnehin Instandhaltungsarbeiten an, ist eine umfassende Sanierung auf den Effizienzhausstandard 70 mit Luft-Wärmepumpe wirtschaftlich vorteilhafter als der alleinige Einbau einer Wärmepumpe im Rahmen einer Teilsanierung.

Im Bereich Mobilität wird die Wirtschaftlichkeit eines Elektroautos analysiert. Dabei zeigt sich, dass die geringeren Betriebskosten die höheren Anschaffungskosten bereits bei einer

durchschnittlichen Fahrleistung von 12.500 Kilometern pro Jahr ausgleichen. Elektroautos sind unter diesen Bedingungen insgesamt günstiger als vergleichbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Diese Aussage bleibt auch bei veränderten Annahmen im Rahmen von Sensitivitätsanalysen bestehen. Ein deutlich höherer Kaufpreis für Elektroautos verzögert allerdings den Zeitpunkt, ab dem sich die Investition amortisiert.

Auch die Analyse anhand von Beispielhaushalten bestätigt dieses Bild: Im Bereich Mobilität lohnt sich für die meisten Haushalte der Umstieg auf ein Elektroauto bereits heute – auch finanziell. Nur bei sehr geringer Fahrleistung können die niedrigeren Betriebskosten die höheren Anschaffungskosten nicht vollständig kompensieren. Zudem zeigt die Analyse, dass ein Wechsel zum öffentlichen Verkehr – sofern möglich – zu erheblichen Einsparungen gegenüber der bisherigen Pkw-Nutzung führen kann. Im Gebäudebereich fällt das Ergebnis differenzierter aus. Für die untersuchten Beispielhaushalte ist unter den gegebenen Annahmen, insbesondere der Annahme, dass ohnehin eine Sanierung ansteht, und bei Inanspruchnahme von Fördermitteln eine Vollsaniierung auf Effizienzhausstandard 70 mit Wärmepumpe wirtschaftlich günstiger als eine Teilsanierung mit Einbau einer leistungsstärkeren Wärmepumpe. Die Investitionskosten – bzw. die auf die Miete umgelegten Modernisierungskosten – sowie die Stromkosten für den Betrieb der Wärmepumpe sind bei der Vollsaniierung insgesamt niedriger. Zu beachten ist, dass die Ergebnisse der Beispielhaushalte stets nur eine Momentaufnahme darstellen und keine individuellen Entscheidungsfaktoren berücksichtigen. Daher sollten die Aussagen mit Vorsicht interpretiert und die Sensitivität der Annahmen sowie mögliche Kombinationen von Klimaschutzmaßnahmen mitbedacht werden.

Fazit

Insgesamt bietet die sozio-ökonomische Folgenabschätzung durch die Kombination allgemeiner und spezifischer Analysen einen umfassenden Einblick in die möglichen Auswirkungen eines verstärkten Klimaschutzes aus unterschiedlichen Blickwinkeln.

Summary

The socio-economic impact assessment analyses the 'with measures scenario' (MMS) compared with the status quo of the 2025 projections (Förster et al. 2025) with a view to investment needs, (additional) investments, energy and operating costs in the energy, industry, transport, and building sectors, as well as their overall economic impact. Furthermore, the 'with additional measures' (MWMS) scenario is considered, which differs only slightly from the MMS. The analysis also includes an assessment of labour market effects in selected sectors and a socio-economic analysis of selected measures in the building and transport sectors.

Greenhouse gas reductions

In the buildings sector, emissions decrease from 101 million tonnes of CO₂eq (2024) to 77 million tonnes (MMS) and 76 million tonnes (MWMS) by 2030. However, cumulative annual emissions for 2021–2030 fall short of the target by more than 10 million tonnes in both scenarios. In 2045, emissions in both scenarios are below 10 million tonnes of CO₂eq. Emission reductions in the buildings sector are achieved primarily with measures to reduce energy consumption for space heating and hot water, as well as through efficiency improvements in appliances, lighting, air conditioning and processes, which will require investment in the modernisation of building envelopes, systems engineering and appliances. The main instruments for this purpose are the Buildings Energy Act (GEG) combined with the Heat Planning Act (WPG) and the Federal Funding for Efficient Buildings (BEG). In the MWMS, these are supplemented by stricter requirements for new buildings, minimum energy performance standards (MEPS) for non-residential buildings and renovation requirements for public buildings in accordance with Art. 6 of the EU's Energy Efficiency Directive. The differences between MMS and MWMS remain small.

In the energy sector, the 2030 sector targets are overachieved in both scenarios. The expansion of renewable energies, in particular the expansion of PV and wind energy, is instrumental to the greenhouse gas reductions. Due to the power plant strategy in the MWMS, emissions are initially slightly higher in the MWMS. From 2035 onwards, the conversion of newly built power plants from natural gas to hydrogen and the facilitation of carbon capture and storage accelerate the reductions. In 2050, only 45.7 million tonnes of CO₂eq remains in the MWMS, compared to 48.9 million tonnes of CO₂eq in the MMS.

In the industry sector, emissions decrease to 116.1 million tonnes of CO₂eq (MMS) and 114.3 million tonnes of CO₂eq (MWMS) by 2030. By 2050, 72.3 million tonnes of CO₂eq (MMS) and 61.1 million tonnes of CO₂eq (MWMS) remain. This means that the short-term targets set out in the Federal Climate Change Act (KSG) are overachieved, while the long-term target of greenhouse gas neutrality is clearly not met. In industry, the abatement costs are high, which is why support instruments such as the Federal Funding for Industry and Climate Action (BIK), Carbon Contracts for Difference (CCfD), the Innovation Fund related to the EU Emissions Trading System (EU ETS), the Important Projects of Common European Interest (IPCEI) and the creation of green lead markets are crucial in making low-carbon processes and products economically viable and, through the EU ETS, further reducing the cost difference compared to fossil fuel alternatives. In addition, the access restrictions for carbon utilisation (CCU) are eased in the MWMS. This means that carbon capture and storage (CCS) is promoted alongside CCU, while the impacts of efficiency programmes and of the stronger stimulus from the green lead markets are greater.

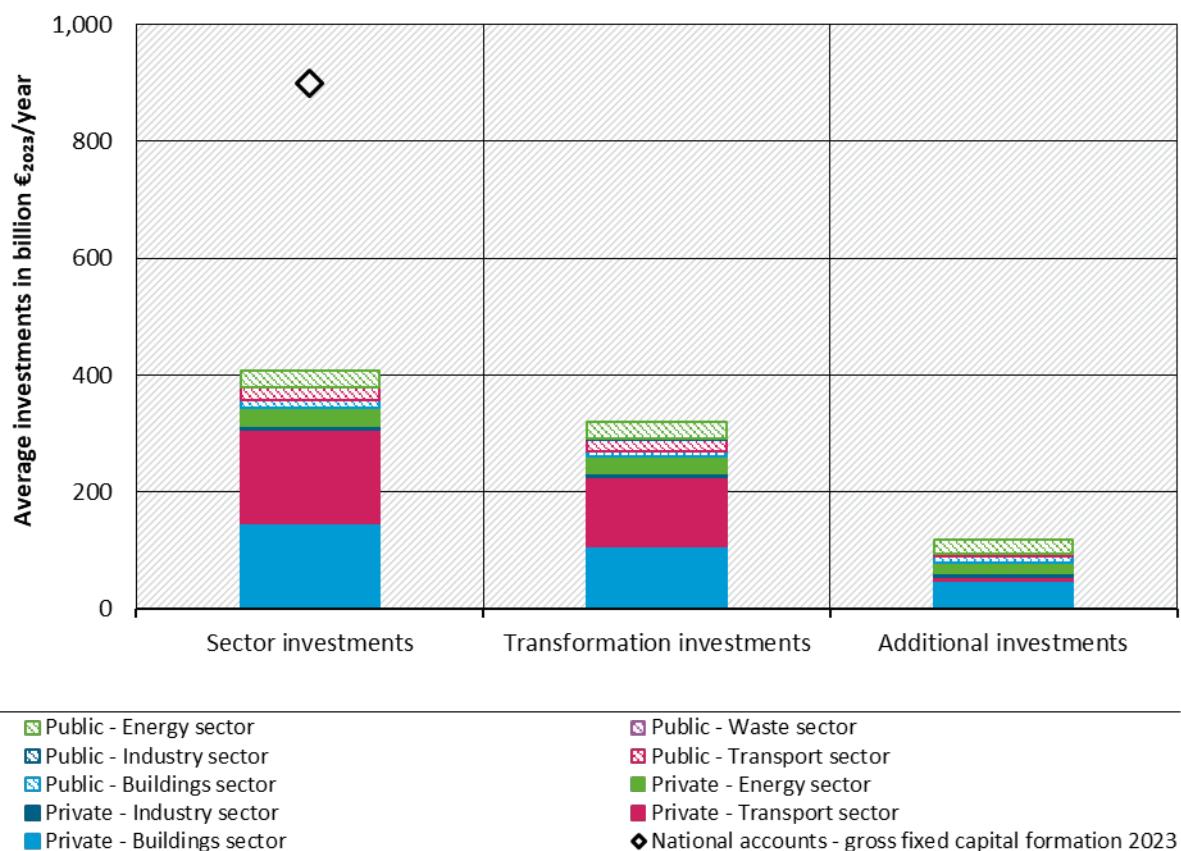
In the transport sector, the electricity share increases, while the final energy demand decreases by more than a third. The substantial efficiency advantages of electric vehicles compared to

vehicles with combustion engines have a crucial impact. By 2030, CO₂eq emissions are reduced by 30.1 million tonnes (MMS) and 32.5 million tonnes (MWMS) compared to 2023 levels. The targets for the 2030 annual emission budgets set out in the Federal Climate Change Act are missed in both scenarios. In the long term, greenhouse gas emissions decrease to around 8 million tonnes of CO₂eq in both scenarios. Investments in zero-emission vehicles and the expansion of the charging infrastructure are crucial to the long-term reduction of greenhouse gas emissions in this sector. Key incentives for this are provided by the EU's emission standards, CO₂ differentiation in truck tolls, carbon pricing and the GHG quota. Electrification will be complemented by a shift in transport from motorised private transport and road freight transport to rail and cycling. The expansion of rail and cycling infrastructure and the promotion of the Germany-wide ticket ("Deutschland-Ticket") are important instruments in this regard.

Sector investments, transformation investments and additional investments

Within the system boundaries of the economic analysis, the average annual projected investments of the sectors covered by the Federal Climate Change Act amount to around EUR 400 billion (Figure 1). These are a subset of the total gross fixed capital formation according to the national accounts, which amounted to around EUR 900 billion in the reference year 2023. Approx. EUR 300 billion are attributable to transformation investments directly related to climate protection. Additional investments, i.e. the extra expenditure compared to reference levels based on fossil fuels (e.g. heat pump vs. gas boiler), account for just over a quarter of sector investments and 37% of transformation investments. Overall, the projected additional investments amount to around EUR 118 billion per year, with investments between 2030 and 2035 amounting to EUR 160 billion per year and then falling to a EUR 100 billion per year by 2050 as the capital stock is continuously renewed (Figure 2). The investments are refinanced across the sectors through charges and fees such as grid fees, track access charges and surcharges at charging stations and filling stations.

Figure 1: Average annual public and private sector investments and climate-related subsets thereof by sector, 2026–2050



Source: Authors' own figure and model calculations, Oeko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES, M-Five

Note: Transformation investments constitute a subset of sector investments as they only include investments related to climate protection. Additional investments are, in turn, a subset of transformation investments.

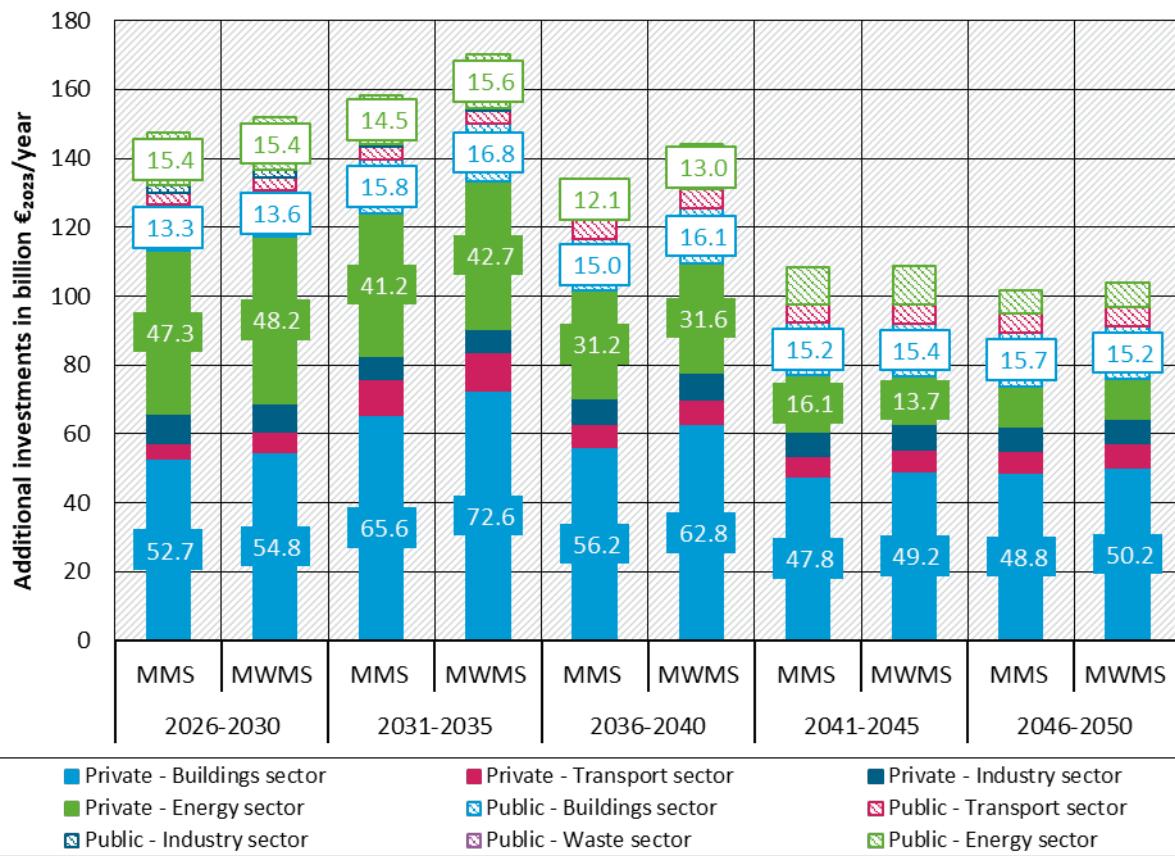
The highest transformation investments are in the transport sector and relate to the purchase of electric vehicles. A smaller proportion of the investments are additional investments, i.e. investments from which all investments that would have been made anyway have already been deducted. These mainly include investments in electric trucks, charging infrastructure and the expansion of rail infrastructure. In the buildings sector, transformation investments are mainly made in the renovation of building envelopes, heat pumps, the conversion of tertiary sector processes (process heating and cooling applications) and low-emission household appliances. This leaves an average of EUR 70 billion per year in additional investments. In the energy industry, the required investments primarily relate to expanding the electricity grid and increasing the use of renewable energies. On average, this necessitates additional investments of around EUR 40 billion per year, much of which is required by 2035. In industry, investment is primarily focused on the electrification of process heat (industrial furnaces and steam generation) and the insulation and heat generation of buildings (space heating). These amount to a few billion Euro per year.

Public and private funding

The allocation of investments to the private and public sectors is often uncertain and heterogeneous in many areas. For electricity distribution and transmission grids, public and private funding is assumed to be approximately 50/50. Investments in the hydrogen network are largely private, with governmental risk buffers provided via an amortisation account. Due to increasing trends towards re-municipalisation, district heating networks are predominantly

attributed to the public sector. After initial start-up financing, charging and hydrogen refuelling infrastructure is mainly funded by private investors, while rail infrastructure is clearly financed by the government. In the renewable energy sector, investment is initially made primarily by private stakeholders, with remuneration under the Renewable Energy Sources Act providing relief for investors' budgets at a later stage.

Figure 2: Additional public and private investments by sector in MMS and MWMS



Source: Authors' own graph and model calculations, Oeko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES, M-Five

Notes: Values are averaged over five years; VAT is excluded from the investments; additional investments in the waste sector amount to only EUR 15-20 million per year and are therefore not visible.

Overall, the government's share of investments amounts to around 20% to 30% and tends to increase in the long term. In absolute terms, however, additional government investments decrease from around EUR 35 billion per year between 2026 and 2035 to less than EUR 30 billion per year by 2050.

Cost savings

Across all sectors, investments lead to substantial savings in energy and operating costs, primarily through the substitution of fossil fuels. The specific amount of these savings depends largely on the price ratio between fossil fuels, including the carbon price, and alternative energy sources such as electricity and hydrogen. In addition, efficiency gains reduce energy demand.

In the buildings sector, operating costs decrease from around EUR 240 billion (2023) to less than EUR 200 billion per year up to 2030, after which they continue to steadily decrease. The relative reduction in the electricity price compared to natural gas has a positive effect, while efficiency gains through better building insulation and more economical heating systems, household appliances and tertiary sector processes also reduce costs.

In the transport sector, too, costs are initially expected to rise to over EUR 110 billion per year in the medium term, driven in particular by price-increasing instruments such as the CO₂-differentiated truck toll and carbon pricing. In the long term, however, usage costs decrease substantially to below EUR 90 billion per year. While the importance of electricity costs increases up to 2050, the impact of efficiency gains achieved via the comprehensive electrification of transport is increasingly dominant.

In industry, operating costs stabilise at around EUR 60 billion per year in the long term. Despite electrification, electricity costs can be reduced due to efficiency gains, while the costs of hydrogen rise noticeably. Expenditure on fossil fuels, especially gas, decreases sharply up to 2030, but then stagnates at a mid-single-digit level.

In the energy sector, the phase-out of coal results in high savings in the short term, reducing operating costs by almost a third. Subsequently, investments are no longer counterbalanced by immediate fuel and operating cost savings within the sector and level off at around EUR 25 billion per year. Instead, the cost advantages stem from sector coupling in the downstream sectors of industry, buildings and transport.

Macroeconomic analysis

The macroeconomic analysis focuses on the effects on value added and employment. It is based on stimuli for consumption, investments, advance payments, subsidies, taxes and foreign trade. The focus is on the deviation of the scenarios from the status quo (2023).

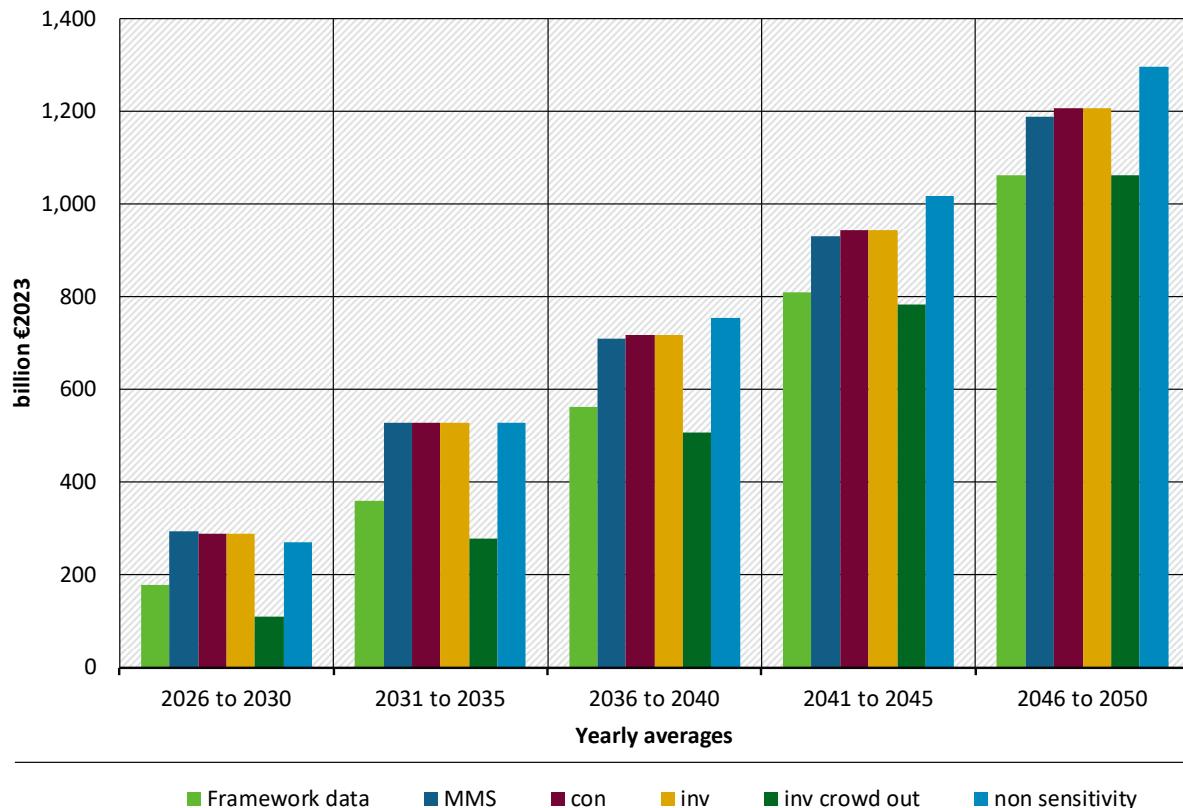
Figure 3 shows the deviations from the current starting point, the status quo in 2023. To this end, different projected developments in gross domestic product (GDP) are considered: GDP assuming the framework data without further stimulus from climate policy, the MMS and several sensitivities relating to the MMS. The framework data projects a moderate increase in gross domestic product starting in 2023.

Furthermore, the measures in the MMS lead to stronger projected growth. In particular, additional investments and the substitution of imported fossil fuels with domestic renewable energy production contribute to this.

Lower growth than in the baseline data only results from assuming a strong crowding-out of investments, whereby investments in climate protection crowd out other investments ("crowding-out effect"). This is reflected in the "inv_crowdout" sensitivity.

In order to take into account the uncertainty surrounding how a negative impact on the national budget will be financed, further sensitivities are analysed: in the MMS, government consumption is reduced in order to achieve a balanced budget; in the "con" sensitivity, counter-financing is achieved through consumption (e.g. increase in income tax); in the "inv" sensitivity, it is achieved through investment (e.g. additional taxation of companies); in the "non" sensitivity, there is no counter-financing (additional public debt). MMS and the "con" and "inv" sensitivities show a very similar trend, while the "non" sensitivity shows slightly higher growth.

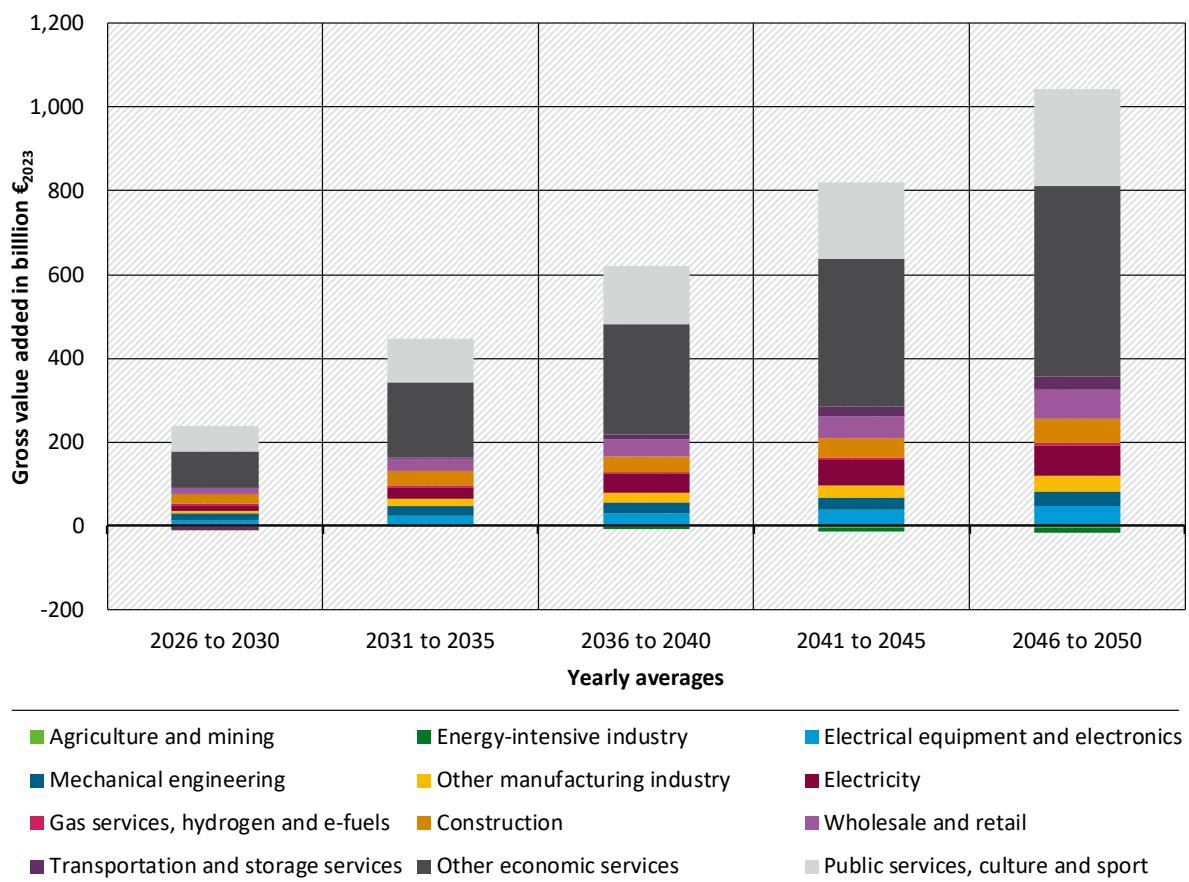
Figure 3: Gross domestic product – projected development under various assumptions regarding climate protection, concerning crowding-out and compensation mechanisms for the national budget compared to 2023



Source: Authors' own representation and model calculations, Fraunhofer ISI

The projected gross value added in the MMS increases over time for almost all economic sectors starting in 2023. This can be seen in Figure 4, which shows the deviation in gross value added compared to 2023 for 12 aggregated economic sectors. Energy-intensive industry and agriculture are exceptions in this respect, with a slightly lower value added than in 2023. The measures in the MMS stimulate additional investments, which particularly benefits the construction industry, electrical equipment, mechanical engineering and other manufacturing industries. The overall higher macroeconomic demand in the MMS has a correspondingly positive effect on the projected gross value added in trade, other economic services and public services. Increased electrification in the MMS also leads to a higher projected gross value added in the electricity sector.

Figure 4: Gross value added by economic sector – projected development of MMS compared to 2023



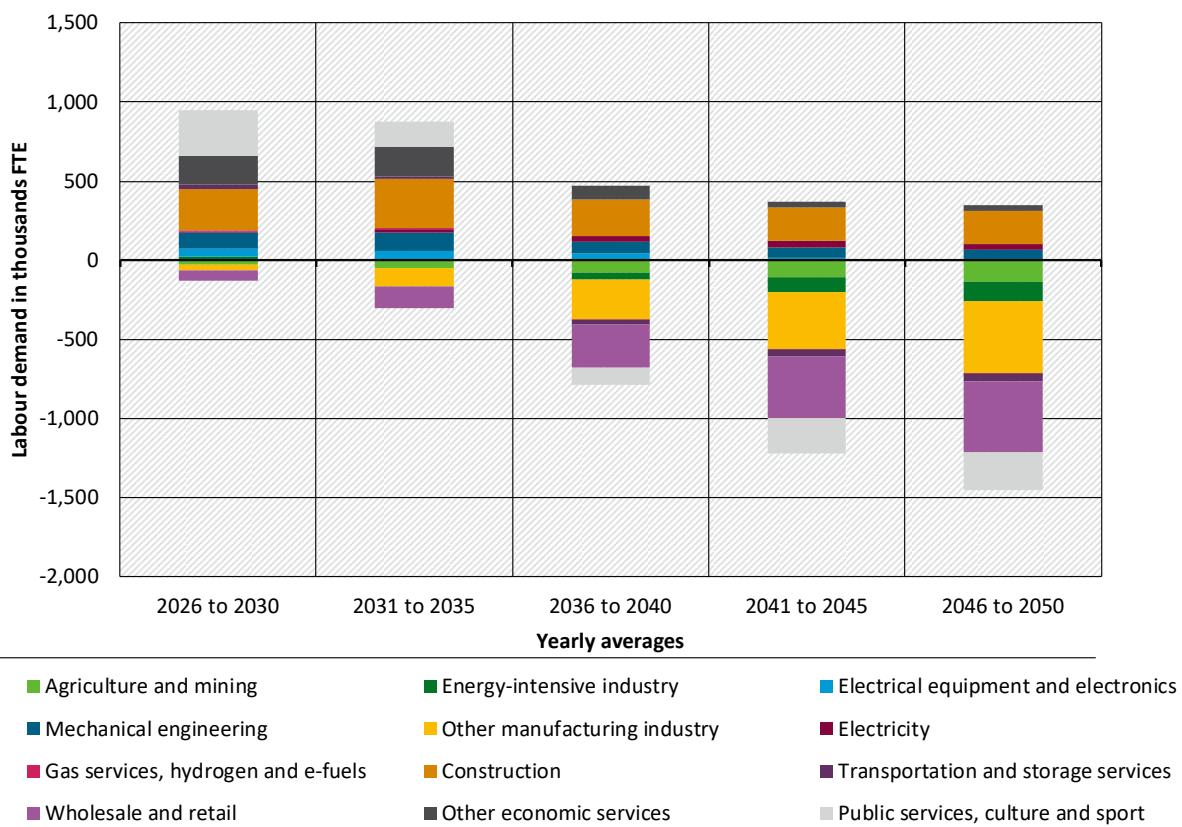
Source: Authors' own figure and model calculations, Fraunhofer ISI

Compared to 2023, the labour demand projected using the framework data decreases. This is due to the increase in labour productivity, which enables economic growth despite a decline in the working population. In the MMS, however, labour demand is even higher in 2035 than in 2023. Subsequently, the dampening effects of the increase in labour productivity become the most important factor.

The additional investments in the MMS mean that the projected labour demand in construction, mechanical engineering, electrical equipment and other economic services is higher than in 2023 (Figure 5). A slightly higher labour demand is also projected for the electricity sector due to increased electrification. In the other aggregated economic sectors, labour demand is projected to be increasingly lower than in 2023.

There are greater differences in the distribution of projected labour demand across economic sectors between the framework data, MMS and the "inv crowdout" sensitivity, while MMS and the "con" and "inv" sensitivities are very similar.

Figure 5: Labour demand by economic sector - projected development in MMS compared to 2023

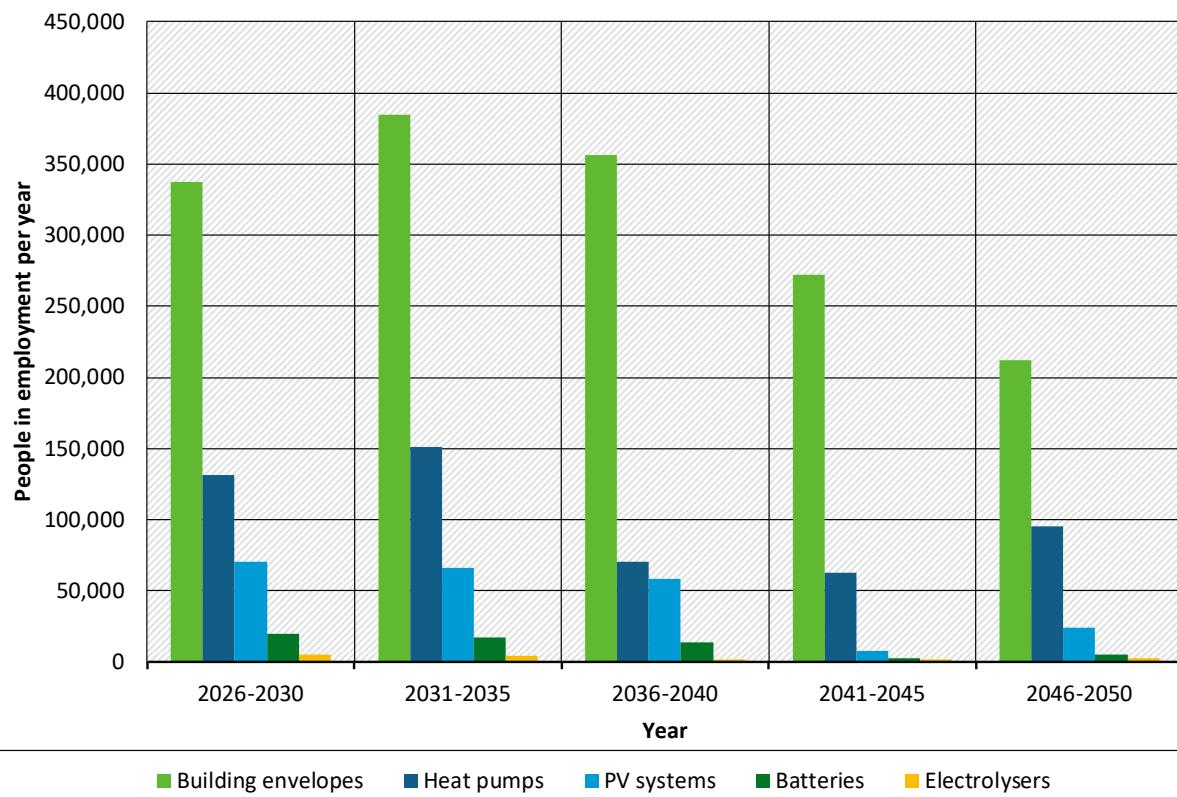


Source: Authors' own figure and model calculations, Fraunhofer ISI

Labour market effects in selected sectors

To examine the labour market effects, the future impacts of investments in selected technologies in the MMS are analysed. These are building envelopes, heat pumps, PV systems, batteries (in the energy sector) and electrolyzers. The demand for workers that results from investments in these technologies is shown in Figure 6. For all technologies, it is clear that the investments affect a large number of economic sectors and activities, which indicates a high degree of interdependence between the economic sectors. In addition to the typical manufacturing sectors, supporting activities are also strongly affected, in particular wholesale services (excluding trade in motor vehicles), legal, tax and management consulting services, security services, on-demand economic services and employment agency and temporary employment services. This is also reflected in the most sought-after workers. With a view to the workers required, there is a strong demand for skilled workers, accounting for over 50% of the total demand. Shortage occupations account for approx. 40% (and as much as 45% in the case of photovoltaic systems) of the total demand. Skilled workers are also particularly needed in shortage occupations. One exception is the seventh occupational area of the German classification – business organisation, accounting, law, and administration – in which specialists and experts are particularly needed.

Figure 6: Projected direct and indirect effects of investments in building envelopes, heat pumps, PV systems, batteries and electrolyzers in the MMS on labour demand



Source: Authors' own figure and calculations, Fraunhofer ISI

Socio-economic analysis: Effects from the perspective of households

Two approaches are used to analyse the effects on households: Firstly, a **cost-benefit analysis** is carried out to determine the amortisation period for selected investments in climate-friendly technologies. In this analysis, an investment is considered economically viable if the amortisation period is shorter than the assumed lifetime of the measure. Secondly, **analyses of the positive and negative effects of investments and of behavioural changes on climate protection** are carried out **for sample households**. The effects in 2030 of measures implemented in 2025 in the buildings and transport sectors are considered individually and comparatively for different household types in relation to the situation in which no measures are implemented.

In the area of building energy, the amortisation calculations clearly show how important subsidies are: they substantially shorten the time it takes for an investment to pay off financially. Under the assumptions made, all measures considered are economically viable with subsidies, i.e. the energy cost savings exceed the additional energy costs of the investments within the lifetime of the measure. If maintenance work was pending anyway, a comprehensive renovation in accordance with the Efficiency House 70 standard with an air source heat pump is more economically advantageous than simply installing a heat pump as part of a partial renovation.

With a view to transport, the economic viability of an electric car is analysed. The analysis shows that the lower operating costs already offset the higher purchase costs at an average mileage of 12,500 kilometres per year. Under these conditions, electric cars are cheaper overall than comparable vehicles with combustion engines. This remains the case even when the assumptions are changed in the sensitivity analyses. Every measure that reduces the purchase

price of electric cars compared to vehicles with combustion engines or reduces the electricity price leads to an increase in economic viability, meaning that switching to an electric car would be worthwhile even at lower mileage levels.

The analysis based on sample households also confirms this: in terms of transport, switching to an electric car is already worthwhile for most households today – even financially. Only with a very low mileage can the lower operating costs not fully compensate for the higher purchase costs. In addition, the analysis shows that switching to public transport where possible can lead to substantial savings compared to previous car use. In the buildings sector, the results are more mixed. For the sample households examined, under the given assumptions, in particular with respect to refurbishment costs that would occur anyway, and with the utilisation of subsidies, a full renovation in accordance with the Efficiency House 70 standard with a heat pump is more economical than a partial renovation with the installation of a more powerful heat pump. The investment costs – or the modernisation costs allocated to the rent – and the electricity costs for operating the heat pump are lower overall for a full renovation.

It should be noted that the results for the sample households are only a snapshot and do not take individual decision-making factors into account. The statements should therefore be interpreted with caution, and the sensitivity of the assumptions and possible combinations of climate policy measures should also be taken into consideration.

Conclusion

Overall, the socio-economic impact assessment, combining general and specific analyses, provides comprehensive insights into the possible effects of increased climate protection from different perspectives.

1 Einleitung

Die sozio-ökonomische Analyse stützt sich auf den Projektionsbericht 2025 (Förster et al., 2025). Während dort die Effekte der Klimaschutzmaßnahmen im Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS) sowie im Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario (MWMS) auf Energiebedarf, Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen im Mittelpunkt stehen, werden in dieser Folgenabschätzung die ökonomischen und sozialen Konsequenzen beleuchtet.

Im Einzelnen werden sowohl die Investitionsanforderungen und Kostenentwicklungen aus Sicht einzelner Akteure untersucht als auch gesamtwirtschaftliche Auswirkungen auf Wertschöpfung und Beschäftigung ermittelt. Zusätzlich wird betrachtet, wie sich die Klimaschutzinstrumente auf die Haushalte auswirken. Das methodische Vorgehen knüpft an frühere Untersuchungen an (Repenning et al., 2019; Sievers et al., 2019) und orientiert sich zugleich an den sozio-ökonomischen Analysen der Projektionsberichte 2023 und 2024 (Schumacher, Appenfeller, Cladius, Bei der Wieden et al., 2024; Schumacher, Appenfeller, Cladius, Kreye et al., 2024).

Das MMS des Projektionsberichts 2025 berücksichtigt alle Klimaschutzinstrumente und -maßnahmen, die bis zum Stichtag 31. Oktober 2024 beschlossen wurden (Förster et al., 2025). Im MWMS des Projektionsberichts 2025 werden zusätzlich solche Maßnahmen einbezogen, die bis zu diesem Stichtag soweit konkretisiert waren, dass sie als geplant galten. Details zur Ausgestaltung der Instrumente sind bei Förster et al. (2024) zu finden. Im weiteren Verlauf des Berichts werden die jeweiligen Instrumente und Abweichungen zwischen den Szenarien an passender Stelle nochmals aufgegriffen.

Laut Projektionsbericht 2025 (Förster et al., 2025) wird für 2030 eine Reduktion der Emissionen um knapp 63 % gegenüber 1990 projiziert. Im MWMS ergeben sich bis 2030 lediglich sektorale Verschiebungen, jedoch keine zusätzlichen Einsparungen. Bis 2045 erreichen die Emissionsminderungen im MMS etwa 84 %, im MWMS mit rund 85 % geringfügig mehr. Das Ziel einer Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 bleibt in beiden Szenarien unerreicht.

Die vorliegende sozio-ökonomische Folgenabschätzung des MMS widmet sich den Effekten, die sich unter den gegenwärtig gültigen klimapolitischen Entscheidungen auf Haushalte, Unternehmen und für die Gesamtwirtschaft einstellen. Die Untersuchung folgt dabei den folgenden Schritten:

- ▶ Zunächst werden die aus den sektoralen Analysen des Projektionsberichts 2025 abgeleiteten ökonomischen Impulse in einer Bottom-up-Systemkostenanalyse auf Investitionen und Einsparungen hin bewertet (Kapitel 2). Die Betrachtung erfolgt sowohl separat für die Szenarien als auch im direkten Vergleich zwischen MWMS und MMS. Besonderes Augenmerk wird auf die Darstellung der Mehrinvestitionen, also der klimaschutzbezogenen Investitionen mit Abzug der ohnehin anfallenden Investitionen und auf eine Differenzierung nach staatlich und privat zu tragenden Investitionen gelegt.
- ▶ Anschließend werden die gesamtwirtschaftlichen Effekte auf Wertschöpfung und Beschäftigung analysiert (Kapitel 3). Grundlage sind Impulse zu Konsum, Investitionen, Vorleistungen, Subventionen, Steuern sowie dem Außenhandel. Im Fokus steht die Abweichung der Szenarien vom Status quo.
- ▶ Ergänzend erfolgt eine detaillierte Untersuchung der Folgen für den Arbeitsmarkt in ausgewählten Wirtschaftsbereichen (Kapitel 4).
- ▶ Schließlich wird eine sozio-ökonomische Analyse durchgeführt. Zum einen erfolgt eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mithilfe einer Amortisationsrechnung und zum anderen

werden die sozialen Auswirkungen einzelner Instrumente sowie Reaktionen sichtbar gemacht durch die Betrachtung von Beispielhaushalten (Kapitel 5).

Abbildung 7 stellt die einzelnen Schritte dieser Folgenabschätzung schematisch dar. Die Kapitel dieses Berichts folgen dieser Struktur. Alle ausgewiesenen Geldwerte verstehen sich als reale Werte in Euro (Preisstand 2023), sofern nicht explizit anders angegeben.

Abbildung 7: Schritte der Folgenabschätzung



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut und Fraunhofer ISI

2 Systemkostenanalyse

Die Transformation zur Treibhausgasneutralität erfordert schon jetzt und in Zukunft wesentliche Investitionen in Klimaschutztechnologien und -infrastrukturen. Dazu gehört auch eine Umlenkung von Investitionen, die ansonsten in fossile Alternativen gegangen wären. In den folgenden Kapiteln werden daher die künftig projizierten Investitionen insgesamt und je für die Sektoren Gebäude, Verkehr, Industrie und Energiewirtschaft dargelegt.

Die Abgrenzung der Investitionsbegriffe wird in der folgenden Textbox 1 erläutert. In der weiteren Analyse wird darüber hinaus sowohl zwischen öffentlichen als auch privaten Investitionen oder Förderungen für Klimaschutz- bzw. Effizienztechnologien und Infrastrukturen unterschieden.

Textbox 1: Erläuterung (KSG-)Sektorinvestitionen-, Transformations- und Mehrinvestitionen in den Sektoren

In Anlehnung an die Empfehlung des Expertenrats für Klimafragen (ERK) erfolgt eine Unterscheidung der Investitionen in Transformations- und Mehrinvestitionen (Expertenrat für Klimafragen [ERK], 2025). Es werden allerdings keine Gesamtinvestitionen berichtet. Stattdessen werden Sektorinvestitionen im Sinne des Klimaschutzgesetzes (KSG) berichtet. Die jeweiligen Systemgrenzen dieser Investitionsbegriffe werden wie folgt definiert:

Die **KSG-Sektorinvestitionen**, im Folgenden Sektorinvestitionen genannt, umfassen alle Bruttoinvestitionen in ausgewählte, klimarelevante Technologien, die im Projektionszeitraum innerhalb der betrachteten Sektoren nach dem Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG), Gebäude, Verkehr, Industrie und Energiewirtschaft, anfallen. Sie stellen keine direkte Entsprechung zu den Bruttoanlageinvestitionen (BAI) der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) dar, da sie einer spezifischen technologiebezogenen Systemgrenze folgen. Die Abgrenzung der Sektorinvestitionen erfolgt daher aus der Perspektive einzelner Technologien, nicht entlang der aggregierten VGR-Gliederung.

In den Sektorinvestitionen nicht enthalten sind beispielsweise Investitionen in immaterielle Anlagegüter wie Software, Datenbanken, Forschung und Entwicklung, Rohstofferkundung sowie Konzessionsrechte, obwohl diese in der VGR zum Anlagevermögen zählen.

Die sektorale Abdeckung der Sektorinvestitionen ist zudem unterschiedlich ausgeprägt:

- ▶ Industriesektor: Für diesen Sektor liegen im betrachteten Kontext keine expliziten Gesamtinvestitionsdaten vor. Die Sektorinvestitionen sind hier gleich den Transformations- bzw. Mehrinvestitionen
- ▶ Gebäudesektor: Berücksichtigt werden Sektorinvestitionen in Gebäudesanierung, Heizungssysteme, energiebezogene Komponenten im Neubau, Renovierung, GHD-spezifische Prozesse sowie Haushaltsgeräte. Im Bereich Neubau werden allerdings ausschließlich Transformationsinvestitionen, also Investitionen mit direktem Klimaschutzbezug, erfasst.
- ▶ Verkehrssektor: Abgebildet werden Investitionen in Fahrzeuge, Schieneninfrastruktur, Ladeinfrastruktur sowie Wasserstofftankstellen.
- ▶ Energiewirtschaft: Erfasst werden Sektorinvestitionen in Anlagen zur Strom-, Wärme-, Wasserstoff- und E-Fuel-Erzeugung, sowie in Strom- und Wasserstoffnetze.

Transformationsinvestitionen umfassen alle Investitionen in Technologien mit Klimaschutzbezug. Darunter fallen sämtliche Technologien, die nicht per se klimaschädlich sind und einen Beitrag zur Minderung von Treibhausgasemissionen leisten. Die Definition erfolgt sektorale differenziert:

- ▶ **Industriesektor:** Als Transformationsinvestitionen gelten Ausgaben für Energieeffizienzmaßnahmen, die Elektrifizierung industrieller Prozesse, den Einsatz von grünem Wasserstoff sowie Technologien zur Abscheidung und Nutzung bzw. Speicherung von CO₂ (CCU/CCS).
- ▶ **Gebäudesektor:** Hier zählen Investitionen in energetische Gebäudesanierung, in nicht-fossile Heizungstechnologien (z. B. Wärmepumpen), in energieeffiziente Haushaltsgeräte sowie in klimaschonende Prozesse im GHD-Bereich (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) zu den Transformationsinvestitionen.
- ▶ **Verkehrssektor:** Berücksichtigt werden Investitionen in Schieneninfrastruktur, Ladeinfrastruktur für batterieelektrische Fahrzeuge, Wasserstofftankstellen sowie in Fahrzeuge mit Null-Emissions-Antriebstechnologien (z. B. batterie- oder brennstoffzellen-elektrisch).
- ▶ **Energiewirtschaft:** Umfasst werden Investitionen in emissionsfreie oder -arme Erzeugungsanlagen zur Bereitstellung von Strom, Wärme, Wasserstoff und E-Fuels. Dazu zählen u. a. Windkraft- und Photovoltaikanlagen.

Mehrinvestitionen bezeichnen zusätzliche Investitionsbedarfe, die im Vergleich zu einem Referenzszenario ohne weitere spezifische Klimaschutzmaßnahmen nach dem Basisjahr 2023 entstehen. Ihre Definition ist sektorabhängig und orientiert sich an der Differenz zwischen klimafreundlichen Technologien und emissionsintensiveren Alternativen. Im Allgemeinen werden von den Transformationsinvestitionen sogenannte **Ohnehin-Investitionen** abgezogen, die auch in einer Welt ohne Klimaschutz aufgetreten wären.

- ▶ **Industriesektor:** Die Abgrenzung zwischen Transformationsinvestitionen und Mehrinvestitionen ist in diesem Sektor besonders komplex. Aufgrund methodischer und datenbezogener Herausforderungen konnte in der vorliegenden Sektormodellierung keine Unterscheidung zwischen Transformations- und Mehrinvestitionen vorgenommen werden
- ▶ **Gebäudesektor:** Mehrinvestitionen werden hier als energetische Mehrkosten verstanden, insbesondere bei Sanierungsmaßnahmen, dem Einsatz effizienter Heizungstechnologien, dem Kauf von energieeffizienten Haushaltsgeräten sowie bei GHD-spezifischen Prozessen. Die Bewertung erfolgt jeweils im Vergleich zu konventionellen bzw. emissionsintensiven Technologien, etwa fossilen Heizsystemen oder Geräten mit niedriger Effizienzklasse.
- ▶ **Verkehrssektor:** Auch hier erfolgt die Abgrenzung als Differenz zum Basisszenario ohne Klimaschutz, wobei EU-Flottenzielwerte als regulatorische Grundannahme bestehen bleiben.
- ▶ **Energiewirtschaft:** Die Mehrinvestitionen ergeben sich als Differenz zu einem Referenzszenario ohne weitere klimapolitische Maßnahmen nach dem Basisjahr 2023, d.h. ohne Zubau von weiteren erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen, aber bereits mit Kohleausstieg.

Für die Systemkostenanalyse werden die aus den Detailanalysen der Instrumente im MMS und MWMS abgeleiteten direkten ökonomischen Impulse im Rahmen einer (Bottom-up-) Systemkostenbetrachtung zusammengeführt und vergleichend dargestellt. Im Zentrum stehen die Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Gebäude und Verkehr, in denen die größten

Investitionen nötig sind. Die Systemkostenbetrachtung umfasst private und öffentliche Investitionen sowie fixe und variable Betriebskosten und Brennstoffkosten. Darüber hinaus werden Investitions- und Betriebskostenzuschüsse, Abgaben und sonstige Kosten erfasst, die dem Staat für die Regulierung und den Vollzug entstehen.

Die Berechnungen erfolgen aus einer sogenannten systemischen Investorenperspektive. Die Mehrwertsteuer sowie individuelle Verzinsungsansprüche von Akteuren bleiben hier unberücksichtigt. Investitionen werden hier technologieübergreifend aus sektoraler Sicht betrachtet, ohne die spezifischen Anforderungen einzelner Marktakteure oder deren Finanzierungskonditionen einzubeziehen. Während Energiesteuern und CO₂-Kosten als preiswirksame Signale in die Systemkostenanalyse einbezogen werden, stellt die Mehrwertsteuer eine durchlaufende Position dar, die für viele institutionelle Investoren keine reale Kostenbelastung darstellt. Die zu erwartende Entwicklung der Energiepreise ist im Anhang A.1 dargestellt. Förderungen und Subventionen für Investitionen werden im Rahmen der Systemkostenanalyse explizit berücksichtigt. In der gesamtwirtschaftlichen Betrachtung (Kapitel 3) werden sie als Staatsausgaben erfasst und in der sozio-ökonomischen Analyse (Kapitel 5) aus Sicht privater Haushalte berücksichtigt.

2.1 Gesamtbetrachtung

Die durchschnittlichen, jährlichen hier berücksichtigten projizierten Sektorinvestitionen (vgl. Abbildung 8) belaufen sich auf ca. 400 Mrd. Euro pro Jahr. Die projizierten Sektorinvestitionen umfassen Investitionen in klimarelevante Technologien und stellen eine Teilmenge der Gesamtheit der volkswirtschaftlichen Investitionen dar (siehe Textbox 1). Der Wert ist daher als Untergrenze anzusehen. Die projizierten Transformationsinvestitionen betragen etwas mehr als ein Drittel der Bruttoanlageinvestitionen im Jahr 2023 gemäß der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung und ungefähr 75 % der innerhalb der Systemgrenzen der Analyse betrachteten Sektorinvestitionen. Es werden weiterhin auch Investitionen getätigt, die den Klimaschutz nicht adressieren und daher nicht in den Transformationsinvestitionen enthalten sind. Dazu gehören beispielsweise Investitionen in Erdgasheizungen oder fossile Fahrzeuge. Tatsächliche Mehrinvestitionen sind Ausgaben für klimafreundliche Technologien oder Infrastrukturen, die im Vergleich zu einer fossilen Referenzalternative anfallen, beispielsweise die höheren Ausgaben für eine Wärmepumpe im Vergleich zu einer Gasheizung. Sie machen nur etwas mehr als ein Viertel der projizierten Sektorinvestitionen und 37 % der Transformationsinvestitionen aus. Abbildung 8 veranschaulicht dies und greift dabei auch staatliche Investitionen bzw. Förderungen auf, die die Ausgaben aus Investorenperspektive senken. Öffentliche Investitionen sind vor allem im Energiesektor in Verbindung mit Investitionen in Stromnetze relevant, wie auch durch Infrastrukturinvestitionen im Verkehr und durch öffentliche Förderung im Gebäudesektor. Die Abgrenzung staatlicher Investitionen von privaten Investitionen ist in vielen Fällen nicht eindeutig definiert. Die hier gewählte Umsetzung wird in der folgenden Textbox 2 erläutert.

Textbox 2: Staatliche vs. Private Investitionen

Es ist zu unterscheiden, ob Investitionen in die Transformation und insbesondere in die dafür notwendige Infrastruktur privat oder staatlich getragen werden.

Zunächst betrifft dies die **Strom- und Wasserstoffnetze**. Zwischen Strom-Übertragungs-, Strom-Verteil- und Wasserstoffnetz gibt es Unterschiede in der Eigentums- und Steuerungslogik. Während das Wasserstoffnetz in private Hände gegeben werden soll, befindet sich ein Großteil des Strom-Verteilnetzes und ein Teil des Strom-Übertragungsnetzes in staatlicher Hand. Aktuell gibt es fast 900 aktive Betreibende der Verteilnetze, die Eigentumsverhältnisse sind dabei

vielfältig. Einige Betreibende stehen im Eigentum großer Energiekonzerne, die die Netze im Zuge von Privatisierungsmaßnahmen erworben haben. Größter Betreiber ist der E.ON-Konzern, dem nach eigenen Angaben fast ein Drittel des Netzes gehört (E.ON SE, 2025). Der Rest ist überwiegend im Besitz von Stadtwerken, die sowohl kommunale als auch private Anteilsbeteiligungen haben. Der Trend geht in den letzten Jahren hin zu einem höheren öffentlichen Anteil aufgrund von Rekommunalisierungstendenzen. Eine genaue Aufschlüsselung der Eigentumsverhältnisse von Stromnetzen lässt sich nur schwer ermitteln und ist von ständigen Änderungen geprägt. Wie sich die Eigentumsverhältnisse in Zukunft entwickeln werden, kann daher nicht mit Sicherheit abgeschätzt werden. Im Zuge der vorliegenden Analyse wird annähernd angenommen, dass der Ausbau der Verteilnetze zur Hälfte mit öffentlichen und zur Hälfte mit privaten Geldern finanziert wird.

Bei den Strom-Übertragungsnetzen besteht eine gänzlich andere Betreiberstruktur. Die Übertragungsnetze sind Eigentum von nur vier großen Betreibern: Amprion, TenneT, 50Hertz und TransnetBW. Nur Amprion ist dabei fast vollständig privat, wobei die RWE AG neben der M31 Beteiligungsgesellschaft mbH & Co Energie KG die größte Einzelanteilseignerin ist (Amprion, 2025). 50Hertz und TransnetBW gehören zu einem Teil (20-25 %) dem Bund (50Hertz Transmission, 2025; TransnetBW, 2023). TransnetBW befindet sich außerdem im Eigentum von EnBW, deren Hauptaktionäre das Land Baden-Württemberg und die Kommunen sind (EnBW Energie für Baden-Württemberg, 2025). Wichtige Anteilseigner kommen auch aus dem Ausland. So befindet sich TenneT mehrheitlich im Eigentum des niederländischen Staates (TenneT TSO, 2025) mit aktuell vollzogenen Beteiligungen der Staatsfonds Norwegens, Singapurs und der Niederlande. 80 % von 50Hertz gehören der belgischen Elia Group, die das gesamte belgische Übertragungsnetz betreibt (50Hertz Transmission, 2025). Auch hier ist ungewiss, wie sich die Beteiligungsstrukturen in Zukunft entwickeln werden und inwiefern private und ausländische Investierende die deutsche Energiewende mitfinanzieren werden. Eine Übernahme des Betreibers TenneT durch den Bund ist im Jahr 2024 gescheitert. Aufgrund der Unsicherheiten wird hier ebenfalls eine 50/50-Aufschlüsselung zwischen privaten und staatlichen Investitionen vorgenommen.

Eindeutiger ist nach aktuellen Plänen (EnWG, 2025) die Zuweisung der Investitionen in das Wasserstoffnetz zur Privatwirtschaft, wobei der Staat initiale Investitionsrisiken über ein Amortisationskonto übernehmen soll. Hier wird demnach angenommen, dass die Investitionen vollständig von der Privatwirtschaft getragen werden.

Ebenso wie beim Stromnetz können die Eigentumsverhältnisse beim **Fernwärmennetz** nicht eindeutig staatlichen oder privaten Akteuren zugeordnet werden (Ortner et al., 2022). So sind zum Beispiel die Stadtwerke München als Fernwärmennetzbetreiber zu 100 % im Eigentum der Stadt München, während die MVV Energie, die das Fernwärmennetz in Mannheim betreibt, nur zu 50,1 % der Stadt Mannheim und zum Rest privaten Investierenden gehört. Nichtsdestotrotz lässt sich hier ebenso eine Tendenz beobachten. Das Fernwärmennetz in Berlin, welches das größte Fernwärmennetz Westeuropas ist, wird von der BEW Berliner Energie und Wärme GmbH betrieben, die seit 2024 vollständig in das Eigentum des Landes Berlin übergegangen ist. Aufgrund der Tendenz zur Rekommunalisierung werden die Investitionskosten in Fernwärmennetze im Rahmen der vorliegenden Analyse vollständig dem Staat zugewiesen.

Auch bzgl. der **Verkehrsinfrastruktur** sind die Eigentumsverhältnisse nach aktuellem Stand nur annähernd einzuschätzen. Bis auf eine Anschubfinanzierung von 2,3 Mrd. Euro durch das Bundesministerium für Verkehr (BMV) werden die Investitionen sowohl bei Ladepunkten hauptsächlich von privaten Unternehmen getragen, wobei der deutsche Staat bzw. die Kommunen nur bei einem kleinen Teil der Unternehmen Anteilseigner sind (Bundesministerium für Verkehr [BMV], 2025). Auch der Ausbau der Wasserstofftankstellen wurde in der Vergangenheit

hauptsächlich privat getragen, wobei der Großteil von der H₂ MOBILITY Deutschland GmbH & Co. KG (H₂ MOBILITY Deutschland, 2025) betrieben wird. Anders sieht es bei der Schieneninfrastruktur aus. Das Eisenbahninfrastrukturunternehmen DB infraGO AG, welches diese Kosten tragen wird, befindet sich vollständig im Eigentum des Bundes (DB InfraGO, 2025; Deutsche Bahn, 2025). Die Kosten für die Schieneninfrastruktur werden somit staatlich getragen.

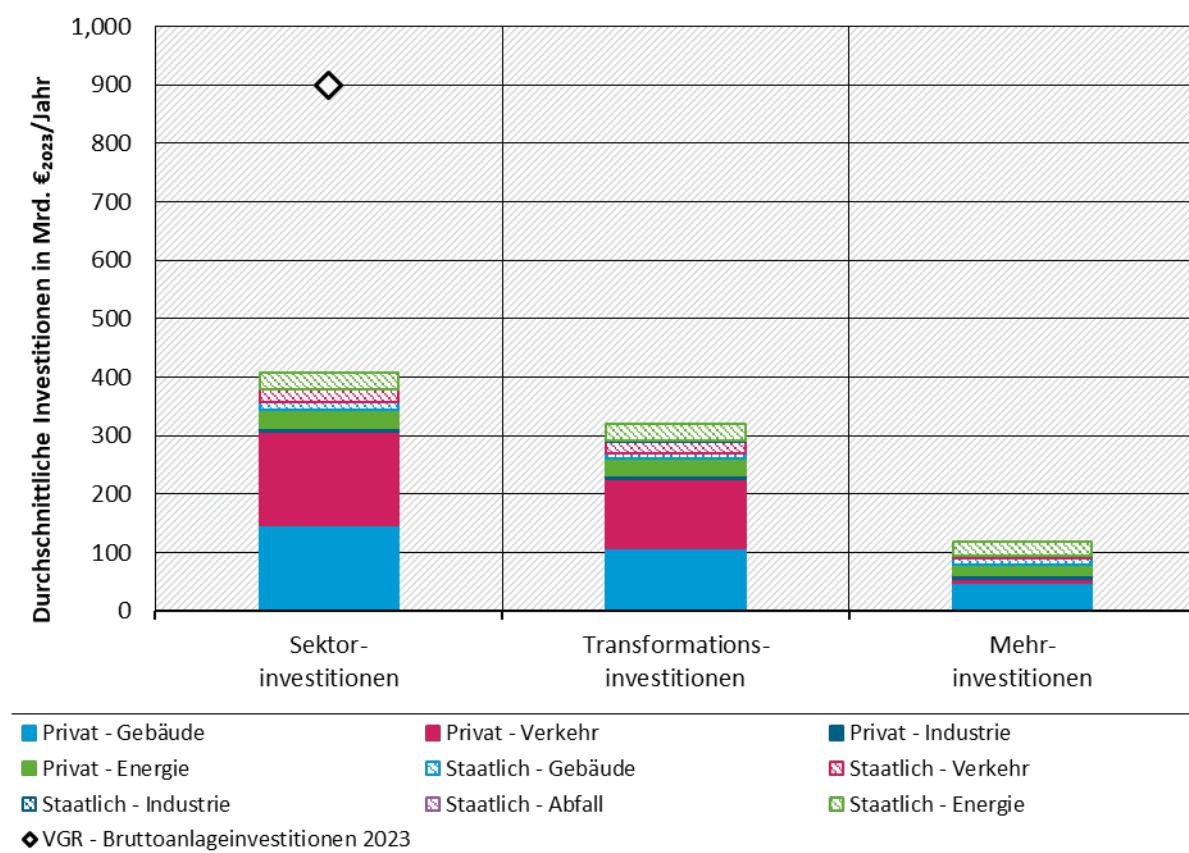
Sowohl private als auch staatliche Investitionen in die Infrastruktur werden ganz oder teilweise wieder über Entgelte und Gebühren refinanziert, die den Nutzenden der Infrastruktur auferlegt werden. Das sind zum einen die Netzentgelte, die von Stromverbrauchenden zur Finanzierung der Stromnetze gezahlt werden. Zum anderen sind das die Trassenpreise im Schienenverkehr, die Eisenbahnverkehrsunternehmen für die Nutzung der Schienenwege an die Infrastrukturbetreiber entrichten. Bei der öffentlichen Ladeinfrastruktur und den H₂-Tankstellen sind es Aufschläge auf die Lade- bzw. Tankpreise, die von den Nutzerinnen pro Kilowattstunde oder Kilogramm Wasserstoff gezahlt werden.

Die Investitionen in erneuerbare Stromerzeugung fallen zunächst wie die sonstigen Investitionen innerhalb der Energiewirtschaft privaten Akteuren zur Last. Über die EEG-Vergütung wird davon allerdings ein nicht unerheblicher Anteil staatlich ausgeglichen, wenn auch nicht unmittelbar, sondern zeitversetzt über einen garantierten Preis pro kWh für die Einspeisung.

Die höchsten Transformationsinvestitionen fallen im Verkehrssektor an. Dies umfasst vor allem Investitionen in E-Fahrzeuge und in die Schieneninfrastruktur. Den zweitgrößten Anteil der projizierten Transformationsinvestitionen nehmen Investitionen im Gebäudesektor ein, hier vor allem Investitionen in die Sanierung der Gebäudehüllen, in klimafreundliche GHD-Prozesse und Haushaltsgeräte; gefolgt von Wärmepumpen. Investitionen in der Energiewirtschaft machen einen kleineren Teil aus und bestehen vor allem aus Investitionen in Stromnetze und in auf erneuerbare Energien basierte Stromerzeugungstechnologien.

Im Verkehrssektor stellt nur ein kleiner Teil der Sektorinvestitionen zusätzliche Investitionen für den Klimaschutz (Mehrinvestitionen) dar. Die Mehrkosten für E-Pkw nehmen über die Zeit deutlich ab und liegen perspektivisch mit Verbrennertechnologien gleich auf. Im Bereich Schiene werden nur Neu- und Ausbauinvestitionen des Schienennetzes als Mehrinvestitionen betrachtet. Zusätzlich entstehen Mehrkosten für klimafreundliche Lkws sowie Ladeinfrastruktur. Im Gebäudesektor werden bei den Mehrinvestitionen die Ohnehin-Investitionen bei der Sanierung der Gebäudehülle abgezogen und bei der Heizungstechnologie die Differenz zu einer fossilen Alternativheizung angelegt. Die Mehrinvestitionen sind entsprechend geringer. Im Energiebereich unterscheiden sich die Mehrinvestitionen nicht sehr von den Sektorinvestitionen, da die höhere Stromnachfrage durch die Elektrifizierung in den Nachfragesektoren Investitionen in neue Erzeugungstechnologien und Netze nötig macht.

Abbildung 8: Staatliche und private durchschnittliche jährliche Investitionen nach Sektoren im MMS 2026-2050

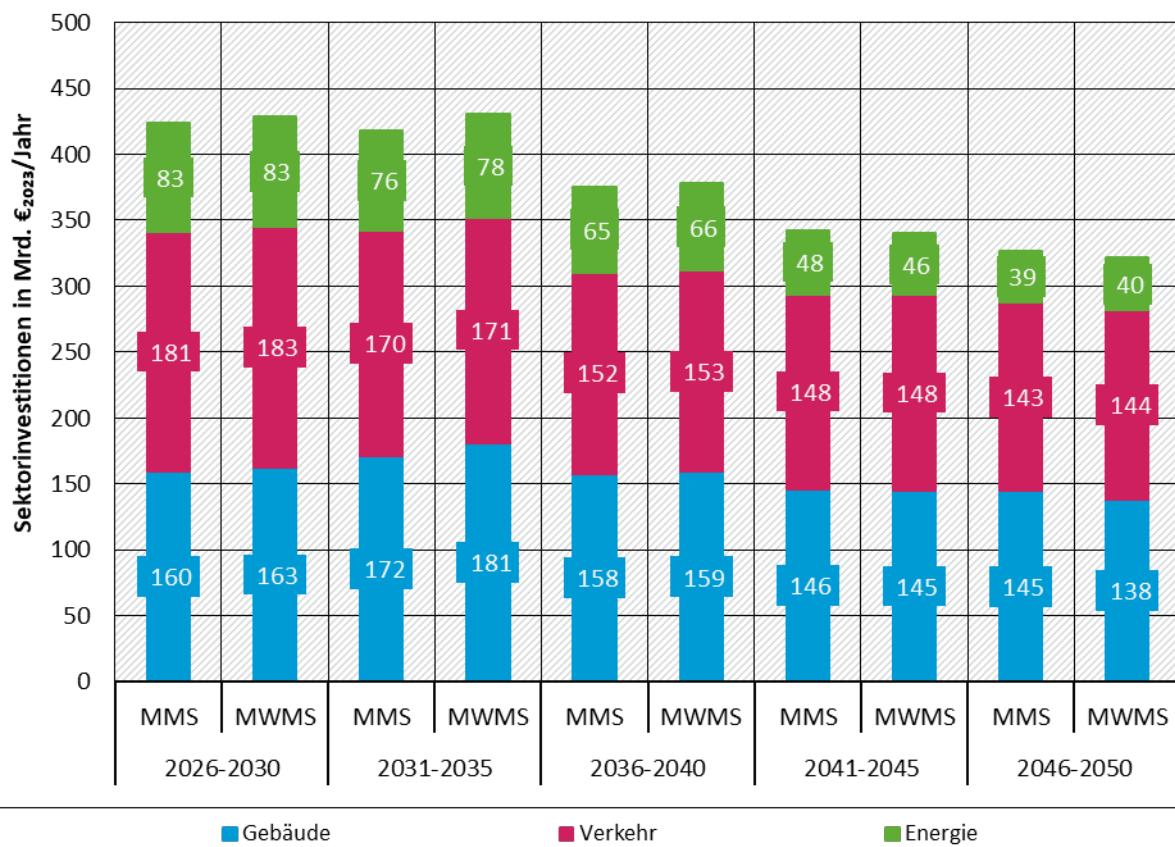


Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES, M-Five

Anmerkungen: Investitionen ohne MwSt.; KSG-Sektorinvestitionen gemäß Systemgrenzen der Sektormodellierung (siehe Textbox 1); für den Neubau und die Sektoren Abfall und Industrie entsprechen die Sektorinvestitionen den Transformations- bzw. Mehrinvestitionen.; Transformations- und Mehrinvestitionen im Sektor Abfall betragen nur 16 Mio. Euro/Jahr und sind daher nicht sichtbar.

Abbildung 9 stellt die jährlichen Sektorinvestitionen noch einmal im zeitlichen Verlauf dar. Die Abbildung schlüsselt diese Investitionen für verschiedene Zeitabschnitte für die Sektoren Gebäude, Verkehr, Energie und Industrie (Industrie: nur Transformationsinvestitionen) auf. Für weitere Sektoren (Abfall, Energieinvestitionen in der Landwirtschaft) werden nur geringe Investitionskosten berichtet. Der Umbau der Land- und Forstwirtschaft wird in der Analyse nicht erfasst. Die Investitionen nehmen über die Zeit leicht ab.

Abbildung 9: Jährliche Sektorinvestitionen nach Sektoren im MMS und MWMS (ohne Industrie)



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES, M-Five

Anmerkungen: Werte sind über 5 Jahre gemittelt; Investitionen ohne MwSt.; für den Neubau und die Sektoren Abfall und Industrie entsprechen die KSG-Sektorinvestitionen nur den Transformations- bzw. Mehrinvestitionen und werden daher nicht mit dargestellt.

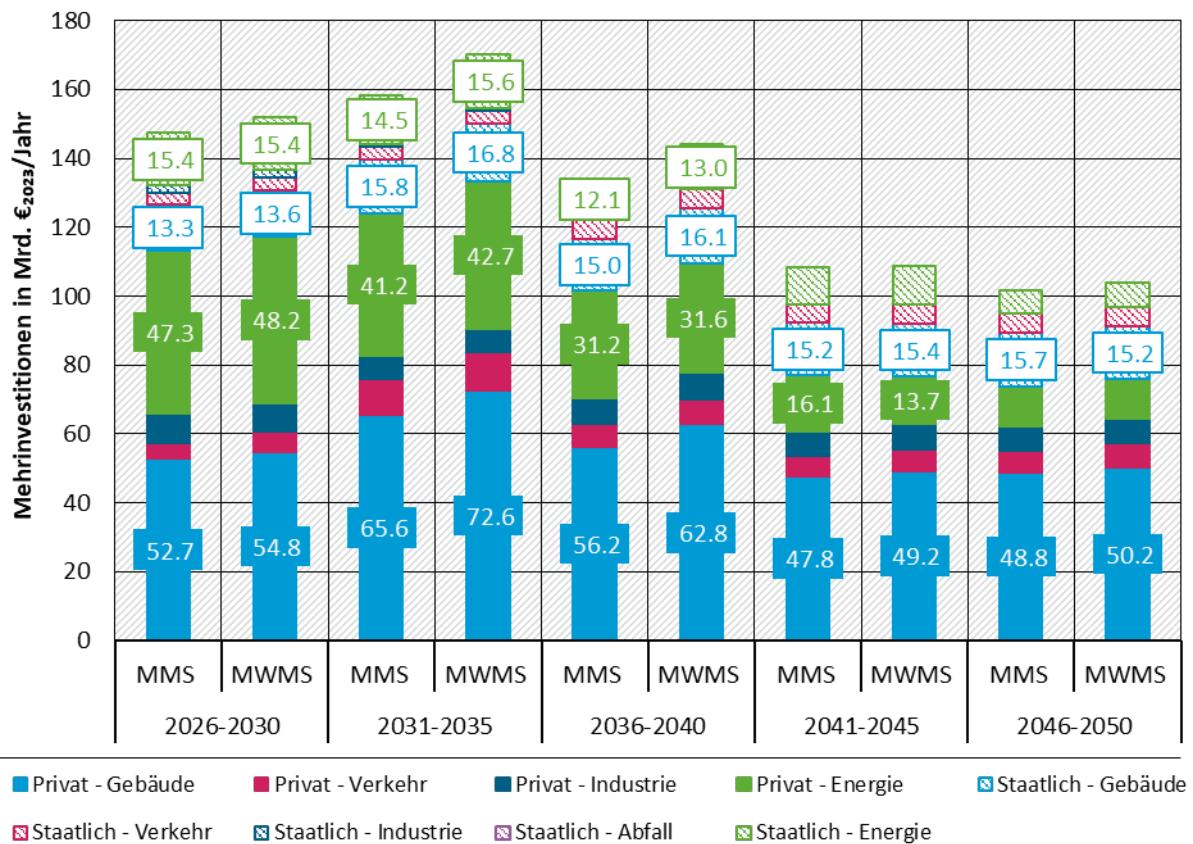
Die jährlichen Mehrinvestitionen für die Umsetzung der Instrumente und zur Erreichung der Treibhausgasminderungen im MMS und MWMS sind in Abbildung 10 für verschiedene Zeiträume aufgeführt. Die nötigen Mehrinvestitionen nehmen in beiden Szenarien mit der Zeit ab, wenn ein großer Teil des Kapitalstocks bereits erneuert ist. Sie sind im MWMS leicht höher als im MMS.

Insbesondere bis zum Jahr 2030 werden in beiden Szenarien umfangreiche Investitionen in erneuerbare Energieanlagen in der Energiewirtschaft getätigt, um die vorgegebenen Ziele zu erreichen und die Energienachfrage aus den anderen Sektoren und von Endverbrauchenden zu bedienen. Somit werden Treibhausgasminderungen in der Energiewirtschaft selbst, aber auch in den anderen Sektoren bewirkt, die von fossilen Energien auf klimafreundliche, strom- oder wasserstoffbasierte Technologien umsteigen. Staatliche Investitionen spielen in der Energiewirtschaft vor allem beim Netzausbau eine wichtige Rolle.

Auch im Bereich der Gebäudesanierung fallen hohe Investitionen an. Im MWMS sind durch die Verschärfung der Anforderungen an die energetische Qualität von Sanierungen und Neubau im Gebäudeenergiegesetz und zur Umsetzung der Mindestenergieeffizienzstandards für Nichtwohngebäude höhere Investitionen nötig. Diese führen zu geringeren Emissionen im MWMS und höheren Wärmekosteneinsparungen. Staatliche Förderungen unterstützen die Wirtschaftlichkeit der Investitionen für Sanierungen und neue Heizungsanlagen. Im Verkehrssektor und in der Industrie werden in beiden Szenarien zwar auch deutliche

Mehrinvestitionen getätigt, allerdings sind die Unterschiede zur Referenzentwicklung gering und fallen in der Mehrinvestitionsbetrachtung weniger ins Gewicht.

Abbildung 10: Staatliche und private Mehrinvestitionen nach Sektoren im MMS und MWMS



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES, M-Five

Anmerkungen: Werte sind über 5 Jahre gemittelt; Investitionen ohne MwSt.; Mehrinvestitionen im Sektor Abfall betragen nur 15-20 Mio. Euro jährlich und sind daher nicht sichtbar.

2.2 Gebäude

Textbox 3: Gebäude: Wesentliches auf einen Blick

- Emissionseinsparungen (aus den Projektionen 2025): Die THG-Emissionen sinken von 101 Mio. t CO₂-Äq. (2023) bis 2030 auf 77 Mio. t (MMS) bzw. 76 Mio. t (MWMS). Im Jahr 2045 liegen die Emissionen in beiden Szenarien bereits bei unter 10 Mio. t CO₂-Äq. Die kumulierten Jahresemissionsmengen 2021–2030 werden um mehr als 100 Mio. t CO₂-Äq. verfehlt. Unterschiede zwischen MMS und MWMS sind gering. Die Minderungslücke ist deutlich höher als in den Projektionen 2024.
- Investitionen: Projizierte Mehrinvestitionen werden vor allem in die Gebäudehülle, GHD-Prozesse, energieeffiziente Haushaltsgeräte sowie Heizungsanlagen (insbesondere Wärmepumpen) getätigt. Auf dem Höhepunkt von 2031 bis 2040 entfallen fast die Hälfte der jährlich um die 80 Mrd. Euro auf die energetische Sanierung der Hülle, im MWMS etwas höher als im MMS aufgrund der höheren Mindestenergieeffizienzstandards (MEPS). Rund 15 Mrd. Euro der projizierten Mehrinvestitionen werden öffentlich getragen (Staatliche Gebäude & staatliche Förderungen)

- ▶ Brennstoff- und Betriebskosten: Betriebskosten fallen von rund 240 Mrd. Euro (2023) schnell auf unter 200 Mrd. Euro und sinken weiter mit fortschreitender Sanierung und Umstieg auf erneuerbare Wärmeerzeugung. Gas/Heizöl-Ausgaben gehen trotz steigenden CO₂-Preises deutlich zurück. Stromausgaben dominieren über den gesamten Zeitraum (vor allem durch Stromverbrauch von Haushaltsgeräten), nehmen aber ab. Effizienzgewinne kompensieren im Zeitverlauf den zusätzlichen Strombedarf für Wärmepumpen. In der Gesamtbetrachtung stehen den Investitionen damit hohe Betriebskosteneinsparungen gegenüber.
- ▶ Unsicherheiten: Das Verhältnis zwischen Strom- und Gaspreisen beeinflusst maßgeblich Investitionsentscheidungen, da es für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Elektrifizierungsmaßnahmen eine zentrale Rolle spielt. Die möglichen Kostenvorteile hängen dabei in hohem Maße von der Preisentwicklung, sowohl einzeln betrachtet als auch im Vergleich zueinander, ab. Im Vergleich zu den Projektionen 2024 werden höhere Mehrinvestitionen berichtet durch (i) die erstmalige Berücksichtigung von Haushaltsgeräten und GHD-Prozessen, (ii) eine überarbeitete Gebäudetypologie (Zensus 2022) inkl. geänderter Kesselalters-/Lebensdauerlogik und angepasster Wärmepumpenkosten, (iii) mehr Investitionen in Gaskessel wegen angepasster 65 %-Erneuerbare Energien (EE)-Regel-Implementierung, (iv) höhere Hüllen-Kosten (aktualisierte Bauteilpreise) sowie (v) eine neue Neubau-Methodik (höhere Mehrinvestitionen im Neubau durch Anpassung der Referenzgebäude)

Nach dem Bundes-Klimaschutzgesetz umfasst der Sektor Gebäude die Raumwärme und Warmwasser von Wohn- und Nichtwohngebäuden sowie Haushalts- und Anlagentechnik im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) und in privaten Haushalten. Zum Sektor gehörig werden die Treibhausgasemissionen aus Verbrennung in diesen Bereichen erfasst, während THG-Emissionen, die durch den Bezug von Strom und Fernwärme entstehen, nicht im Sektor Gebäude bilanziert werden, sondern in der Energiewirtschaft.

Die Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor sinken von 101 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2023 im MMS bis 2030 auf 77 Mio. t CO₂-Äq., im MWMS auf 76 Mio. CO₂-Äq.. Der Sektor Gebäude verfehlt damit in beiden Szenarien die kumulierten Jahresemissionsmengen zwischen 2021 und 2030 um mehr als 100 Mio. t CO₂-Äq.. Die Emissionen entwickeln sich auch im weiteren zeitlichen Verlauf in beiden Szenarien sehr ähnlich und liegen im Jahr 2045 bei unter 10 Mio. t CO₂-Äq.. Die Unterschiede zwischen den Szenarien sind gering (Förster et al., 2025). Die Minderungslücke ist damit deutlich höher als in den vergangenen Projektionen 2024 (Harthan et al., 2024).

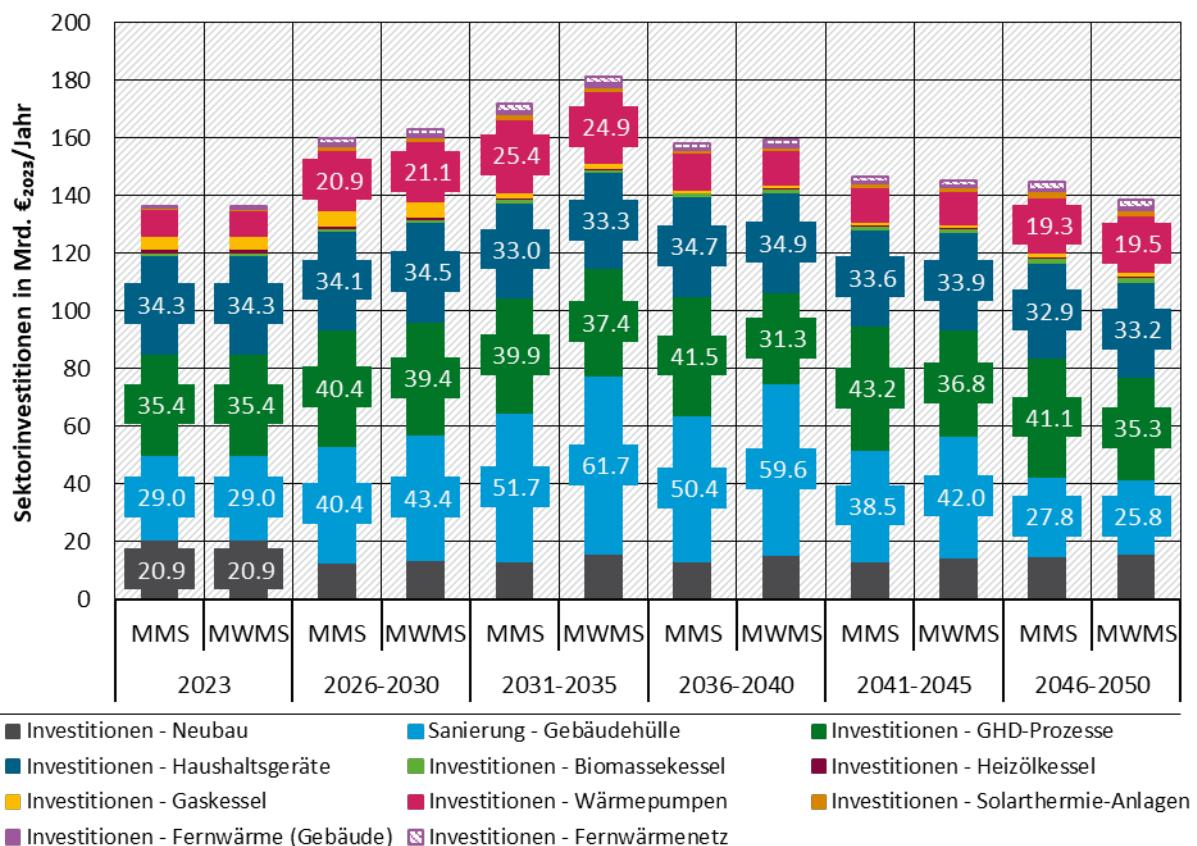
Die wesentliche Energienutzung mit entsprechenden Energiekosten im Gebäudesektor fällt für Raumwärme und Warmwasser an. Darüber hinaus wird im Gebäudesektor Energie – hauptsächlich Strom – für Geräte (Haushaltsgeräte, Unterhaltungselektronik, Beleuchtung, Klimageräte, Motoren) in privaten Haushalten und in den Bereichen Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) sowie für Prozesse (Prozesswärme- und Kälteanwendungen) genutzt. Investitionen für Klimaschutz im Gebäudesektor fallen für die Modernisierung der Gebäudehülle und für die Erneuerung der Anlagentechnik und Geräte an.

Zu den wichtigsten Instrumenten im MMS wie auch im MWMS gehören das Gebäudeenergiegesetz (GEG) mit Anforderungen an die Nutzung von erneuerbaren Energien beim Einbau neuer Heizungssysteme in Kombination mit dem Wärmeplanungsgesetz (WPG) sowie die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG). Im MWMS sind zudem noch die Verschärfung der Anforderungen an die energetische Qualität von Neubauten im Gebäudeenergiegesetz, z. B. mit höheren Bauteilanforderungen sowie die Einführung von Mindestenergieeffizienzstandards (Minimum Energy Performance Standards, kurz MEPS) für

Nichtwohngebäude, die allerdings nur einen geringen Anteil aller Gebäude in Deutschland ausmachen, sowie Sanierungsanforderungen an öffentliche Gebäude (Art. 6 EED).

Abbildung 11 zeigt die projizierten Sektorinvestitionen für die beiden Szenarien MMS und MWMS im Zeitverlauf. Sie bestehen im Wesentlichen aus Investitionen in die energetische Verbesserung der Gebäudehülle, die im MWMS aufgrund der MEPS höher sind als im MMS, sowie in GHD-Prozesse und Haushaltsgeräte. Investitionen für die Erneuerung der Anlagentechnik bilden nur einen geringen Teil der Sektorinvestitionen, der größte Teil davon wird in Wärmepumpen investiert. Die Investitionskosten für Neubauten bilden nicht die Sektorinvestitionen, sondern nur die zusätzlichen Investitionen im Vergleich zu einem Referenz-Neubau ohne GEG-Anforderungen im jeweiligen Szenario ab und sind daher von der Größenordnung nicht vergleichbar. Infrastrukturkosteninvestitionen für den Aus- und Umbau des Fernwärmennetzes sowie den Anschluss der Gebäude ans Netz nehmen nur einen kleinen Teil der Investitionen im Gebäudesektor ein.

Abbildung 11: Jährliche Sektorinvestitionen im Gebäudesektor im MMS und MWMS



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut, IREES

Anmerkung: Werte sind bis auf das Jahr 2023 über 5 Jahre gemittelt; Für den Neubau werden nur Mehrinvestitionen erfasst; Fernwärme (Gebäude) umfasst Investitionen in Bestandteile des Fernwärmennetzes, die innerhalb der Gebäude liegen, dies betrifft insbesondere die Fernwärmeübergabestationen; Fernwärmennetz umfasst Investitionen in Bestandteile des Fernwärmennetzes, die außerhalb der Gebäude liegen.

Die Sektorinvestitionen setzen sich zusammen aus Investitionen ohne Klimaschutzbezug und Investitionen mit Klimaschutzbezug (Transformationsinvestitionen). Weiter wird unterschieden zwischen Ohnehin-Kosten und den energetischen Mehrkosten, also den Investitionen, die zusätzlich für die Umsetzung der Maßnahmen oder Erreichung der energetischen Standards zusätzlich nötig sind. Bei den Ohnehin-Kosten handelt es sich im Gebäuderbereich im

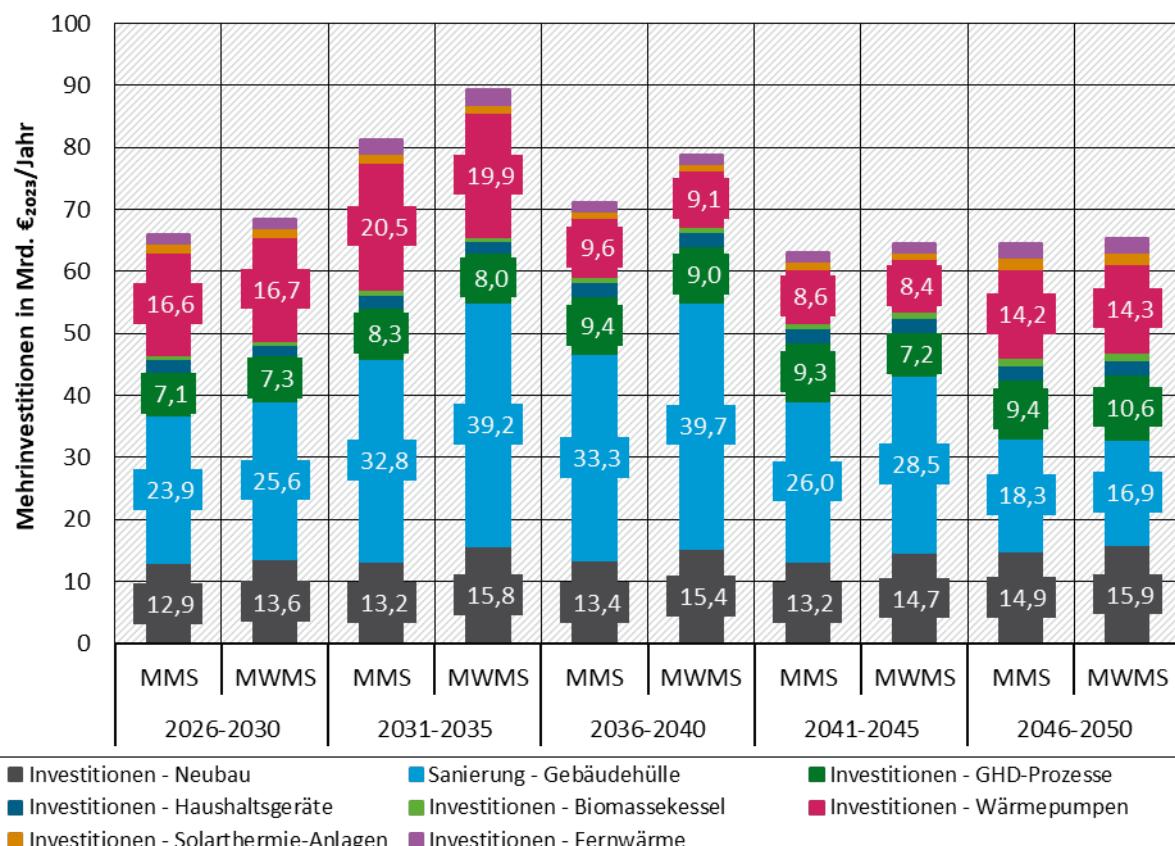
Wesentlichen um den Instandsetzungsteil, der auch ohne Klimaschutz notwendig wäre (z. B. Ersatz des Putzes, Anstrich, ggf. neue Türen und Fenster, Gerüst, Entsorgung von Bauschutt, herkömmliche Anlagen- oder Gerätetechnologien etc.), während die energetischen Mehrkosten allein den Mehraufwand für den verbesserten energetischen Zustand abbilden.

Die jährlichen Mehrinvestitionen sind in Abbildung 12 aufgeführt. Die energetischen Mehrinvestitionen für die Sanierung der Gebäudehülle heben sich deutlich hervor und nehmen zwischen 2031 und 2040 ca. 45 % aller Mehrinvestitionen ein. Im gleichen Zeitraum ist auch die Sanierungsrate, mit durchschnittlich 1,7 % pro Jahr bei Wohngebäuden und 1,5 % bei Nichtwohngebäuden am höchsten. Im MWMS ist die Sanierungsrate dabei aufgrund der Mindesteffizienzstandards leicht höher. Die Sanierungsrate wird hierbei als Vollsanierungsäquivalent berechnet (vgl. Förster et al., 2025).

Den zweitgrößten Anteil an den Mehrinvestitionen machen die Investitionen in Wärmepumpen aus. Hier wird insbesondere bis 2035 ein großer Teil der bisherigen fossilen Heizungen durch Wärmepumpen ersetzt. Begründet ist dies in der 65 %-EE-Regel im Gebäudeenergiegesetz, die ab dem Jahr 2026 deutliche Wirkung entfaltet. Ab Mitte 2028 können gasbasierte Heizungen nur noch in ausgewiesenen Wasserstoff-Ausbauregionen eingebaut werden.

Im Gegensatz zu den Sektorinvestitionen nehmen die Mehrinvestitionen für Haushaltsgeräte und auch für GHD-Prozesse einen geringeren Anteil ein. Mehrinvestitionen fallen zur Einhaltung der Mindestanforderungen an die Energieeffizienz von Produkten im Rahmen des Ökodesigns an und werden gegenüber der konventionellen fossilen Technologie bzw. ineffizienten Geräten bestimmt. Mehrinvestitionen in weitere Klimaschutztechnologien, wie Solarthermie-Anlagen, Biomassekessel oder Fernwärme sind im Vergleich zu den anderen Aktivitäten deutlich geringer.

Abbildung 12: Jährliche Mehrinvestitionen im Gebäudesektor im MMS und MWMS



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut, IREES

Anmerkungen: Werte sind über 5 Jahre gemittelt; Mehrinvestitionen ohne MwSt; Investitionen ins Fernwärmennetz zusammengefasst.

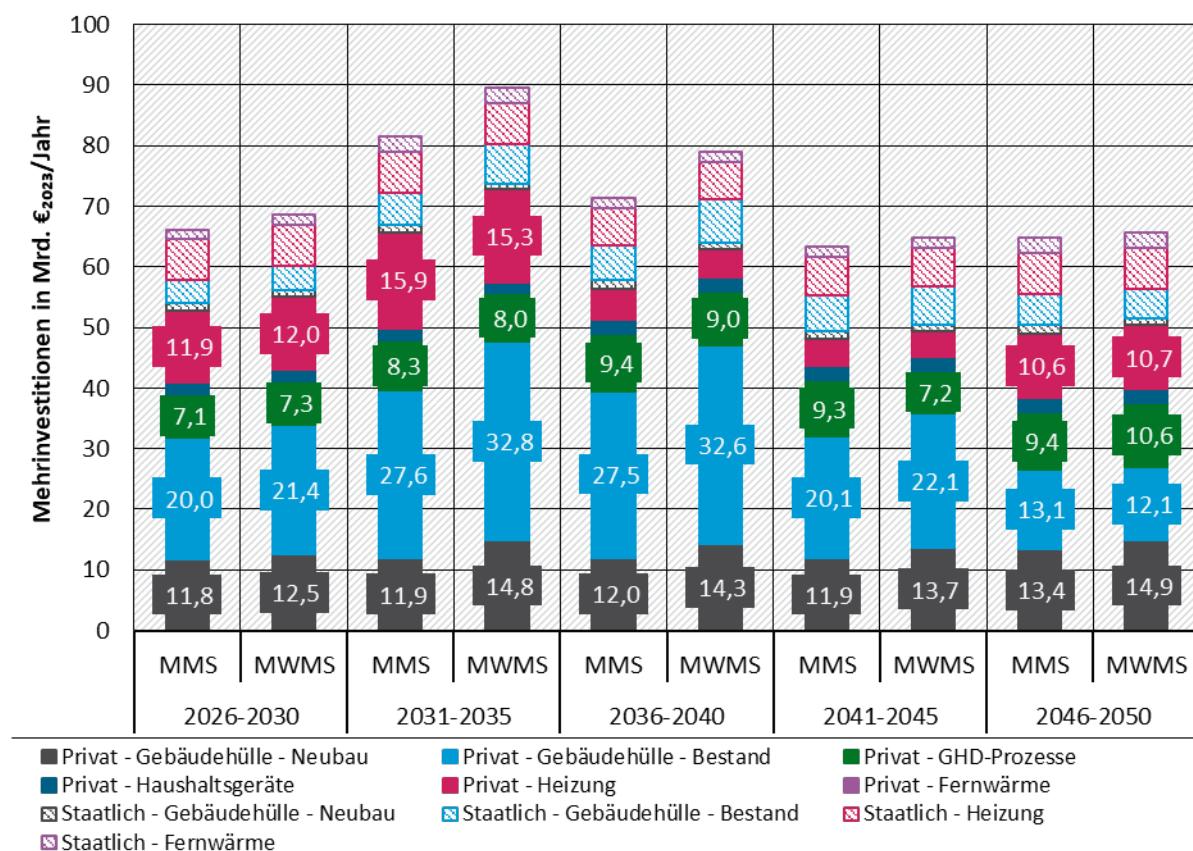
Gegenüber der Folgenabschätzung zum Projektionsbericht 2024 sind die Mehrinvestitionen in der hier vorliegenden Folgenabschätzung höher. Dies hat mehrere Gründe.

- ▶ In der jetzigen Folgenabschätzung werden erstmals die Investitionen in Haushalts-/GHD-Geräte und GHD-Prozesse aufgenommen.
- ▶ Auch die Investitionen in die Wärmeversorgung steigen im Vergleich zum MMS 2024 deutlich schneller an. Ein wesentlicher Grund hierfür ist für die Modellierung die grundlegende Überarbeitung der Gebäudetypologie und damit auch der Baualtersklassen, basierend auf den aktualisierten Gebäudedaten des Zensus 2022. Der Zensus macht keine Angaben zu den in Gebäuden installierten Heizungen. Das Alter der Kessel wird deshalb anhand der Lebensdauer der Kessel sowie der Baualtersklasse definiert. Zudem sind die Investitionen in die Wärmeversorgung insgesamt deutlich höher als im MMS 2024. Dies liegt an einer Anpassung der Investitionskosten für Wärmepumpen.¹ Darüber hinaus fließen mehr Investitionen in Gaskessel, was auf die veränderte Implementierung der 65%-EE Regel im GEG zurückzuführen ist. Die Investitionen in die Gebäudehülle sind ebenfalls stark gestiegen. Grund dafür ist die Anpassung der zugrunde liegenden bauteilbezogenen Kosten.
- ▶ Auch die Methodik zur Berechnung der Investitionskosten im Neubau wurde angepasst. Grundlage hierfür ist eine Anpassung des modellintegrierten Referenzgebäudes, auf dessen Basis die Differenzkosten zum Neubaustandard berechnet werden. Diese Anpassung führt zu höheren Mehrinvestitionen im Neubau. Im MWMS sind die Unterschiede im Vergleich zur Analyse aus dem Jahr 2024 weniger stark ausgeprägt, was auf die wenigen zusätzlichen Instrumente zurückzuführen ist. Vorgesehen sind lediglich Mindestanforderungen für Nichtwohngebäude sowie verschärzte Anforderungen an den Neubau ab dem Jahr 2030. Aus diesem Grund steigen die Investitionskosten in Neubau und Gebäudehülle im MWMS-Szenario erst ab dem Jahr 2030 an.

Abbildung 13 zeigt die jährlichen Mehrinvestitionen nochmals unterschieden nach staatlichen und privaten Investitionen. Die staatlichen Investitionen beziehen sich hierbei vor allem auf die Förderung für energetische Gebäudesanierung und Anlagentechnik im Rahmen der BEG. Die Investitionen in Fernwärmennetze sind vom Umfang im Vergleich eher gering. Sie werden den staatlichen Investitionen zugeordnet.

¹ Im Rahmen des Projektionsberichtes 2025 wurden die spezifischen Investitionskosten für Wärmeversorgungsoptionen im Modell Invert/ee-Lab mit Hilfe des Technikkatalog zum Leitfaden Kommunale Wärmeplanung des BMWE (Ortner et al., 2024) aktualisiert.

Abbildung 13: Staatliche und private jährliche Mehrinvestitionen im Gebäudesektor im MMS und MWMS

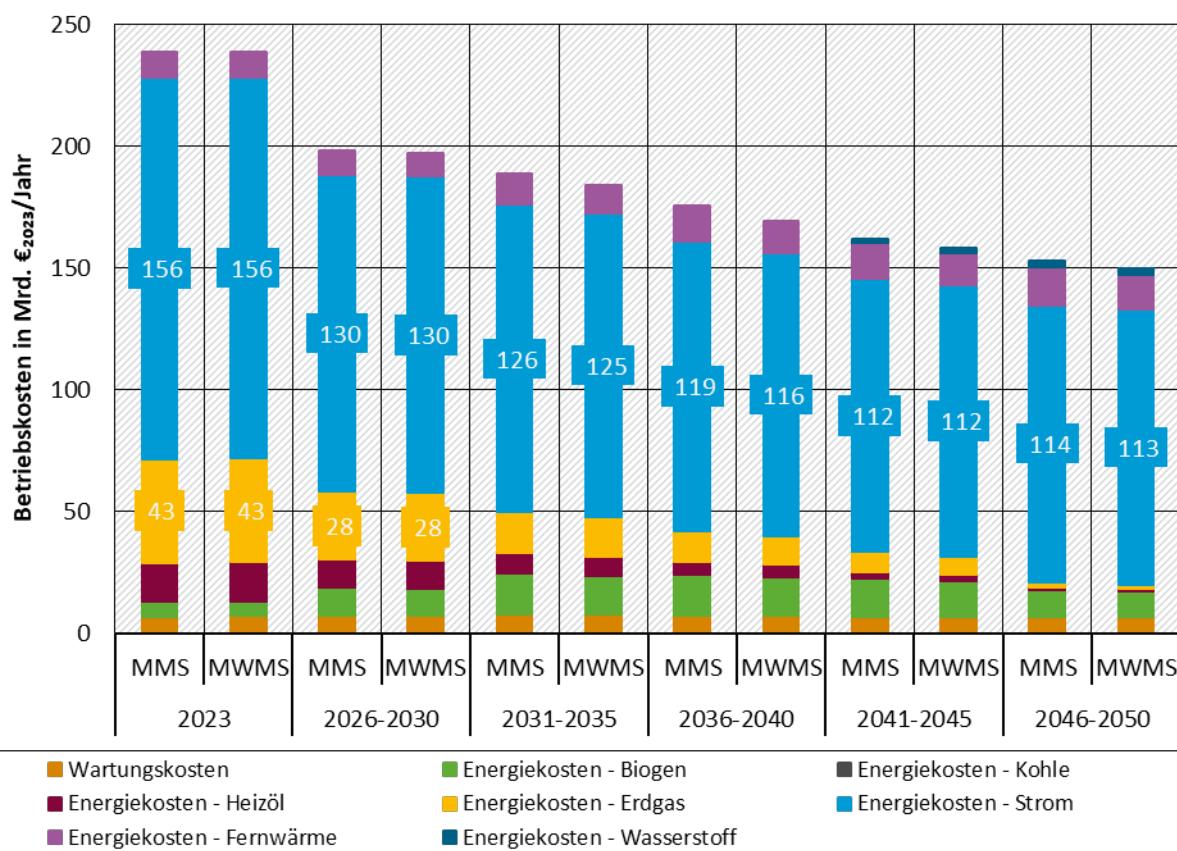


Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut, IREES

Anmerkungen: Werte sind über 5 Jahre gemittelt; Mehrinvestitionen ohne MwSt.; Heizung beinhaltet Investitionen in Biomassekessel, Wärmepumpen, Solarthermie-Anlagen und Fernwärme; staatliche Investitionen umfassen Investitionen in öffentliche Gebäude und Investitionszuschüsse für Investitionen in private Gebäude.

Bezugskosten für Fernwärme, Strom oder andere Energieträger werden über die Betriebskosten erfasst und sind in Abbildung 14 dargestellt. Die Betriebskosten gehen von rund 240 Mrd. Euro im Jahr 2023 relativ schnell auf unter 200 Mrd. Euro zurück und sinken im Zeitverlauf mit zunehmender Gebäudesanierung und zunehmender Zahl an Heizungen auf Basis erneuerbarer Energien weiter. Die Nutzung von Erdgas und Heizöl geht damit in großen Schritten zurück, so dass auch bei steigendem CO₂-Preis die Ausgaben für Erdgas und Heizöl kontinuierlich sinken. Ausgaben für Strom dominieren in allen Zeitpunkten. Sie entstehen maßgeblich für Geräte und Prozesse und gehen im Verlauf der Zeit zurück, auch wenn die höhere Anzahl neu installierter Wärmepumpen zu zusätzlichem Stromverbrauch führt. Die Effizienzgewinne bei Geräten und Prozessen gleichen die zusätzliche Stromnutzung für Wärme- und Warmwassernutzung weitgehend aus. Auch verbessert sich das Verhältnis von Strom- zu Gaspreis über die Zeit, sodass Strom relativ günstiger wird als Gas. Insgesamt stehen den Investitionen somit hohe Einsparungen gegenüber. Die staatliche Förderung für Gebäudesanierung und Anlagentechnik hat dabei aus Investorensicht einen positiven Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit.

Abbildung 14: Jährliche Betriebskosten im Gebäudesektor im MMS und MWMS



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut, IREES

Anmerkungen: Werte sind bis auf das Jahr 2023 über 5 Jahre gemittelt; Mehrinvestitionen ohne MwSt.; Heizung beinhaltet Investitionen in Biomassekessel, Wärmepumpen, Solarthermie-Anlagen und Fernwärme; staatliche Investitionen umfassen Investitionen in öffentliche Gebäude und Investitionszuschüsse für Investitionen in private Gebäude.

2.3 Verkehr

Textbox 4: Verkehr: Wesentliches auf einen Blick

- Emissionseinsparungen (aus den Projektionen 2025): Der Stromanteil am Endenergiebedarf steigt durch die Elektrifizierung des Straßenverkehrs. Gleichzeitig sinkt der Gesamtenergiebedarf um rund ein Drittel (Effizienzvorteile von E-Fahrzeugen). 2030 werden gegenüber 2023 im MMS 30,1 Mio. t CO₂-Äq. und im MWMS 32,5 Mio. t CO₂-Äq. eingespart, die Jahresemissionsmengen 2030 des KSG werden damit in beiden Szenarien verfehlt. Bis 2050 steigt die Minderung im MMS auf 137 Mio. t CO₂-Äq., womit Restemissionen von 8,1 Mio. t CO₂-Äq. verbleiben. Der Unterschied zwischen MMS und MWMS egalisiert sich bis 2050 fast komplett.
- Investitionen: Projizierte Sektorinvestitionen in Fahrzeuge und Infrastruktur (Lade- und H₂-Infrastruktur) steigen zunächst von rund 170 Mrd. Euro (2023) auf über 180 Mrd. Euro pro Jahr (2026–2030) und sinken dann stetig auf rund 140 Mrd. Euro pro Jahr (2050). Nach 2035 ist die Elektrifizierung der Flotten weitgehend abgeschlossen und die Investitionen in Elektrofahrzeuge pendeln sich bis 2040 auf einem Niveau von um die 120 Mrd. Euro jährlich ein, wobei sie im Verlauf stetig sinken aufgrund sinkender Batteriepreise. Im Vergleich zu Verbrennern werden Elektrofahrzeuge damit erwartungsgemäß immer günstiger, weshalb die projizierten Mehrinvestitionen für Fahrzeuge stetig sinken und nach 2040 sogar negativ sind.

Den größten Teil der um die 12 Mrd. jährlichen Mehrinvestitionen machen die Schieneninfrastruktur (4-5 Mrd. Euro jährlich), gefolgt von Lade- und H₂-Infrastruktur (jeweils um die 3 Mrd. Euro jährlich) aus. Fahrzeuge, Lade- und H₂-Infrastruktur werden überwiegend privat finanziert, die Schieneninfrastruktur staatlich.

- ▶ Brennstoff- und Betriebskosten: Gesamtnutzungskosten steigen zunächst auf über 110 Mrd. Euro pro Jahr, verharren bis zum Jahr 2035 auf dem Niveau und sinken danach stetig auf unter 90 Mrd. Euro pro Jahr. Treiber des Zwischenhochs sind die Lkw-Maut, die THG-Quote und die CO₂-Bepreisung. Effizienzgewinne durch die Elektrifizierung sorgen für die Kostenersparnisse im weiteren Verlauf. Stromkosten lösen die Kosten für fossile Kraftstoffe im Zeitverlauf fast vollständig ab.
- ▶ Unsicherheiten: Sowohl die Höhe der Investitionen als auch die laufenden Ausgaben für Energie werden stark durch die Entwicklung der Strom- und Kraftstoffpreise bestimmt, deren zukünftiger Verlauf jedoch unsicher ist. Wenn sich Strom im Verhältnis zu fossilen Energieträgern schneller verbilligt oder preislich angleicht, kann sich eine Umstellung auf Elektrifizierung bereits in mittlerer Frist wirtschaftlich auszahlen. Geringe Instrumentenunterschiede zwischen MMS und MWMS erschweren die Interpretationen der Szenariounterschiede.

Für die Systemkostenanalyse im Verkehrssektor wurden die Investitionen in Straßenfahrzeuge und in ausgewählte Verkehrsinfrastrukturbereiche herangezogen und die Nutzungskosten aller Verkehrsmittel betrachtet. Die den Berechnungen zugrundeliegenden Daten sind Ergebnisse aus dem TEMPS-Modell und ASTRA-M. Die Beschreibung und Ergebnisse der Modellierung sind in den Projektionen 2025 dargestellt (Förster et al., 2025).

Um Emissionen zu senken, müssen vor allem Investitionen in emissionsfreie Fahrzeuge getätigt werden. Im Mittelpunkt steht dabei eine Beschleunigung der Elektrifizierung des Straßenverkehrs. Neben signifikanten Investitionen in Elektrofahrzeuge sind dabei auch Investitionen in den Ausbau der Ladeinfrastruktur notwendig. Darüber hinaus erfordert der ansteigende Strombedarf Investitionen in der Energiewirtschaft (Abschnitt 2.5).

Um die Elektrifizierung zu beschleunigen, müssen Anreize geschaffen werden. Die wirkmächtigsten Instrumente sind die EU-CO₂-Emissionsstandards für Pkw, leichte und schwere Nutzfahrzeuge, die verstärkte CO₂-Differenzierung der Lkw-Maut, die auf alle Lkw ausgeweitet wird, die CO₂-Bepreisung und die THG-Quote. Zwischen dem MMS und MWMS bestehen kaum Unterschiede. Vor allem der Ausbau der Radinfrastruktur ist im MWMS etwas ambitionierter und das Deutschlandticket wird länger gefördert.

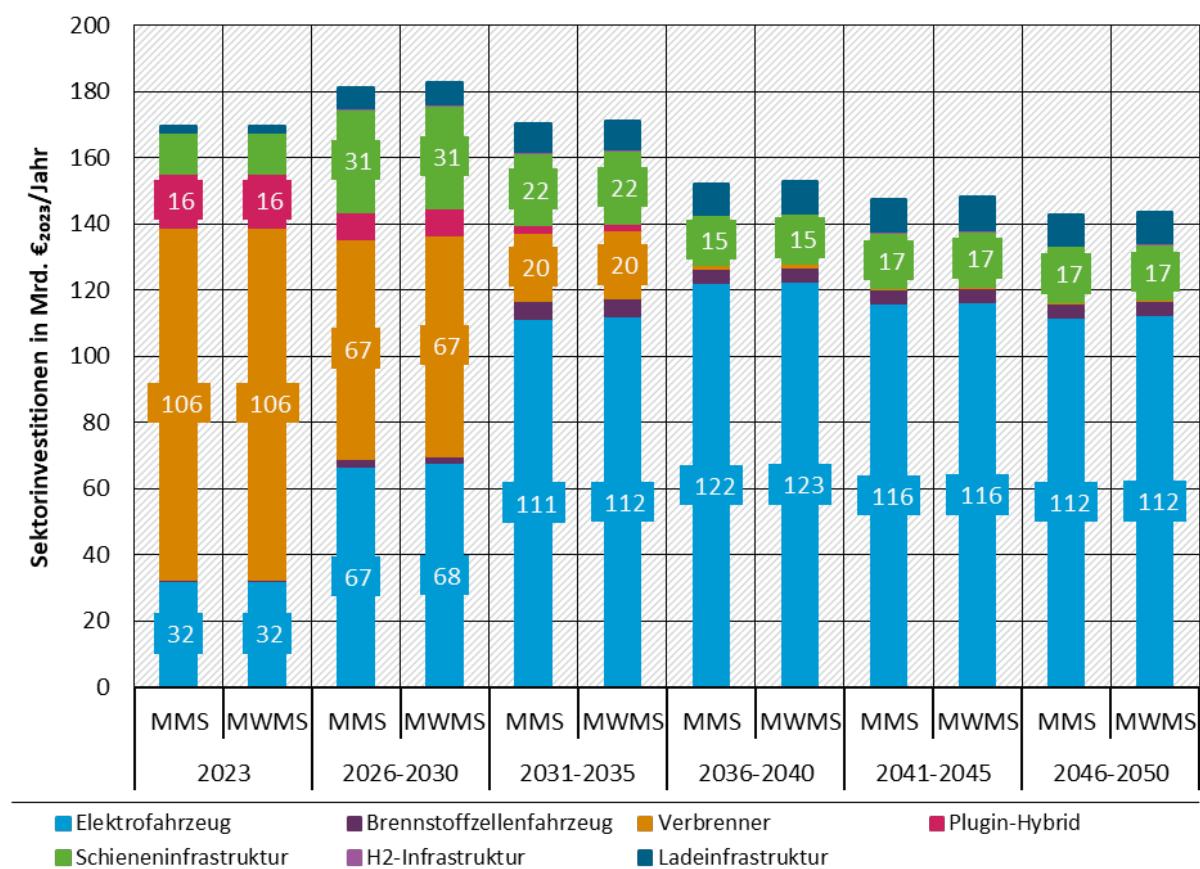
Im Vergleich zu vorherigen Projektionen 2024 ist der Anteil der wasserstoffbetriebenen Fahrzeuge höher. Dies liegt vor allem an den überarbeiteten CO₂-Flottenzielwerten für schwere Nutzfahrzeuge, so dass mehr emissionsfreie schwere Nutzfahrzeuge für die Zieleinhaltung der Verordnung neu zugelassen werden als in den vorigen Projektionen 2024. Hinzu kommt eine leicht verbesserte Wirtschaftlichkeit wasserstoffbetriebener Fahrzeuge durch die Einführung der 3-fach Anrechnung der Emissionsminderung durch den Einsatz von grünem Wasserstoff in der THG-Quote (zuvor: 2-fache Anrechnung).

Die Personenverkehrsleistung steigt bis 2040 nur marginal um 2,5 % an. Während die Personenverkehrsleistung im MMS im MIV leicht ansteigt, sinkt sie im MWMS leicht. Aufgrund des stärkeren Ausbaus der Radverkehrsinfrastruktur und der verlängerten Fortführung des Deutschlandtickets erfolgt hier eine Verlagerung hin zum ÖV und zum Radverkehr bei gleichbleibendem Gesamtpersonenverkehrsaufkommen. Im Güterverkehr erhöht sich die

Verkehrsleistung in beiden Szenarien gleichermaßen. Bis 2050 steigt die Verkehrsleistung im Straßengüterverkehr um 10 % und im Schienengüterverkehr sogar um rund 30 % an. Der Anstieg der Güterverkehrsleistung wird also überproportional von der Schiene getragen.

Durch die zunehmende Elektrifizierung des Straßenverkehrs steigt der Strombedarf und damit auch der Stromanteil am Gesamtenergiebedarf deutlich an. Gleichzeitig sinkt der Gesamtenergiebedarf aufgrund einer Steigerung der Energieeffizienz um mehr als ein Drittel, da Elektrofahrzeuge effizienter als vergleichbare Fahrzeuge sind, die mit Diesel oder Benzin betrieben werden. Dies äußert sich auch in der Entwicklung der Treibhausgasemissionen. Während im Jahr 2030 30,1 Mio. t CO₂-Äq. eingespart werden können im MMS im Vergleich zum Jahr 2023, werden im Jahr 2050 137 Mio. t CO₂-Äq. eingespart, wobei noch 8,1 Mio. t CO₂-Äq. verbleiben. Im MWMS wird eine etwas schnellere Minderungswirkung erzielt, sodass im Jahr 2030 bereits 32,5 Mio. t CO₂-Äq. eingespart werden können, wobei sich der Unterschied zwischen den Szenarien bis 2050 nahezu egalisiert. Sowohl im MMS als auch im MWMS werden damit die Jahresemissionsmengen für den Verkehrssektor für das Jahr 2030 nach dem Bundes-Klimaschutzgesetz deutlich verfehlt.

Abbildung 15: Jährliche Sektorinvestitionen im Verkehrssektor im MMS und MWMS



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut, M-Five

Anmerkungen: Werte sind bis auf das Jahr 2023 über 5 Jahre gemittelt; Sektorinvestitionen ohne MwSt.

Die projizierte Entwicklung der Sektorinvestitionen in Fahrzeuge mit den einschlägigen Antriebstechnologien und in ausgewählte Bereiche der Verkehrsinfrastruktur ist in Abbildung 15 dargestellt. Insgesamt steigen die Sektorinvestitionen schnell von knapp 170 Mrd. Euro im Status quo auf über 180 Mrd. Euro jährlich zwischen 2026 und 2030 und sinken langfristig u.a. auch wegen niedriger werdender Neuzulassungszahlen auf rund 140 Mrd. Euro im Jahr 2050.

Während im Status quo im Jahr 2023 noch Investitionen in Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor dominieren, ist die Elektrifizierung der Fahrzeugflotten nach 2035 nahezu abgeschlossen und der Großteil der Investitionen fällt auf Elektrofahrzeuge. Im Durchschnitt werden zwischen 2036 und 2040 sowohl im MMS als auch im MWMS jährlich über 120 Mrd. Euro in Elektrofahrzeuge investiert. Aufgrund der zu erwartenden stetig sinkenden Preise für Batterien, gehen die Sektorinvestitionen in Elektrofahrzeuge im weiteren Verlauf wieder leicht zurück, auf ungefähr 110 Mrd. Euro im Jahr 2050.

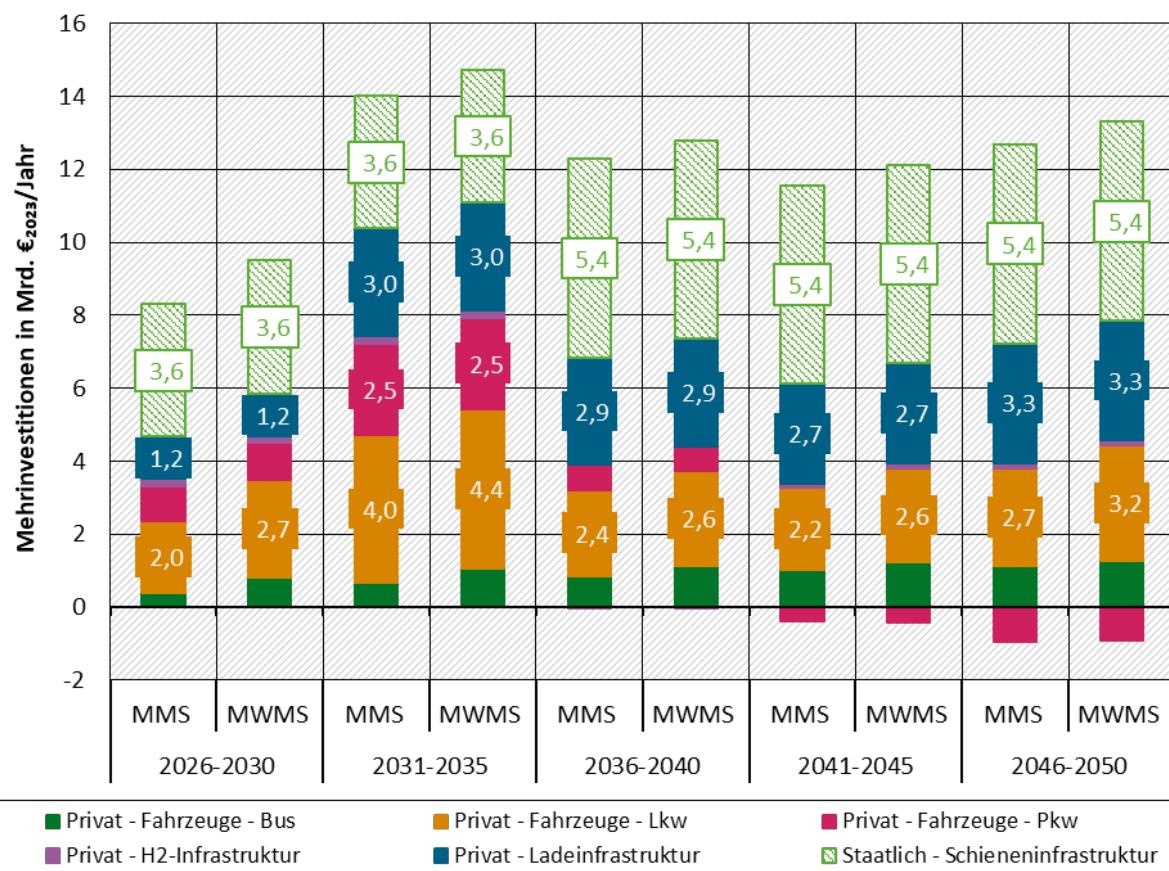
Bei Lkw lohnt sich trotz der im Vergleich zu batterieelektrischen Fahrzeugen höheren Nutzungskosten bei einigen Nutzungsprofilen auch die Investition in wasserstoffbetriebene Brennstoffzellenfahrzeuge. Die Sektorinvestitionen für Brennstoffzellenfahrzeuge steigen demnach von 2031 bis 2035 auf jährlich 5,5 Mrd. Euro an und sinken dann bis 2050 wieder auf jährlich 4 Mrd. Euro. Für die relevanten spezifischen Anwendungsfälle fungiert die Brennstoffzellentechnologie als Nischentechnologie.

Plug-in-Hybride sind dagegen als vorübergehende Technologie im Straßenpersonenverkehr einzuschätzen, die nach 2035 aufgrund der CO₂-Flottenzielwerte für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge keine Rolle mehr spielen werden. Die Sektorinvestitionen für diese Pkw sinken hier von jährlich 16 Mrd. Euro im Status quo auf nur noch jährlich 2 Mrd. Euro nach 2030, bevor sie gänzlich, wie auch die Verbrenner, aus dem Markt verschwinden.

Sowohl für den Hochlauf von Elektrofahrzeugen als auch den Zuwachs an Brennstoffzellenfahrzeugen fallen Investitionen in die dafür notwendige Infrastruktur an. Die Investitionen in die Ladeinfrastruktur steigen von unter 2 Mrd. Euro im Status quo auf über 8,5 Mrd. Euro jährlich bis zum Jahr 2035, wenn die Elektrifizierung weitgehend vorangeschritten ist. In den Folgejahren addieren sich zum Ausbau neuer Ladepunkte vermehrt die Investitionen in den Ersatz bestehender Ladepunkte, die am Ende ihrer Lebensdauer angelangt sind. Der jährlich Investitionsbedarf geht hier hoch auf rund 10 Mrd. Euro und verbleibt dann auf einem ähnlichen Niveau. Analog dazu steigen die Investitionen in Wasserstofftankstellen auf jährlich bis zu über 300 Mio. Euro zwischen 2031 und 2035, bevor sie sinken und getrieben von Ersatzinvestitionen bis 2050 wieder ansteigen auf jährlich 250 Mio. Euro. Bis auf eine Anschubfinanzierung sind sowohl bei Ladepunkten als auch bei Wasserstofftankstellen in den Projektionen 2025 keine staatlichen Investitionen geplant. Die Investitionen werden somit privat getragen (vgl. Textbox 2).

Auch in die Schieneninfrastruktur sind signifikante Investitionen notwendig. Allerdings wird die Höhe der Sektorinvestitionen zu einem Großteil durch den Abbau des Investitionsstaus (Sanierung Bestandsnetz) getrieben und nur zu einem geringeren Teil durch den Ausbau neuer Infrastruktur. Die Sektorinvestitionen steigen daher kurzfristig auf jährlich über 30 Mrd. Euro von 2026 bis 2030 und pendeln sich langfristig auf jährlich nur noch 17 Mrd. Euro ein. Die Kosten für die Infrastruktur werden staatlich getragen (vgl. Textbox 2).

Abbildung 16: Staatliche und private jährliche Mehrinvestitionen im Verkehrssektor im MMS und MWMS



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut, M-Five

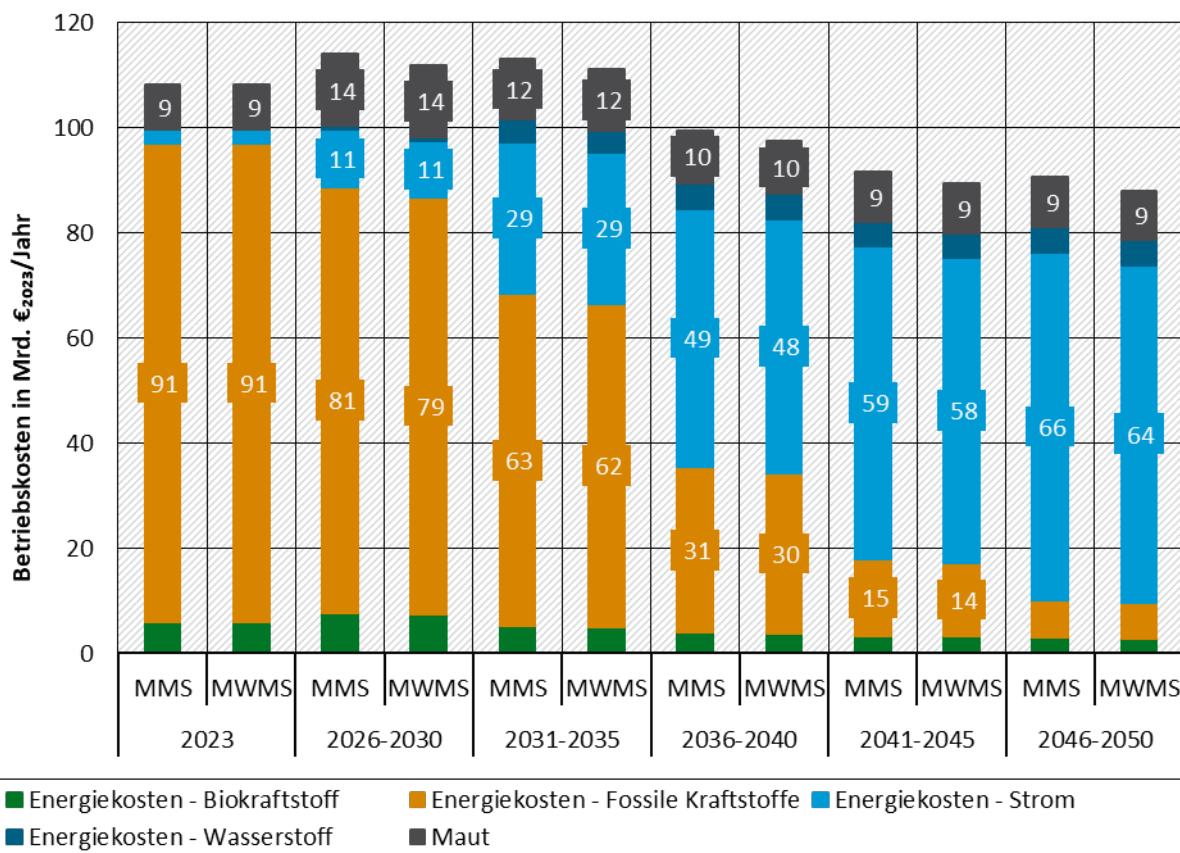
Anmerkungen: Werte sind über 5 Jahre gemittelt; Mehrinvestitionen ohne MwSt.; Definition der Mehrinvestitionen als Differenz zu Szenario ohne nachfragewirksame Maßnahmen (Flottenzielwerte bleiben erhalten); Mehrinvestitionen in Schieneninfrastruktur beinhalten nur Neu- und Ausbau des Schienennetzes (kein Erhalt).

Nur ein kleiner Teil der Sektorinvestitionen sind zusätzliche Investitionen für den Klimaschutz. Diese Mehrinvestitionen, die in einem Szenario ohne nachfragewirksame Maßnahmen (nur die Flottenzielwerte bleiben erhalten) nicht aufgetreten wären, sind in Abbildung 16 dargestellt. Mehrinvestitionen in die Schieneninfrastruktur beinhalten nur die Investitionen in Neu- und Ausbau des Schienennetzes, wobei der Erhalt des Netzes ausgenommen ist. Die Mehrinvestitionen in Fahrzeuge steigen zunächst an. Zwischen 2031 und 2035 fallen jährlich ungefähr 2,5 Mrd. Euro an Mehrkosten für Pkw und 4- 4,5 Mrd. Euro an Mehrkosten für Lkw an. Dazu kommen jährlich bis zu 1 Mrd. Euro Mehrkosten für Busse. Nach 2035 sinken insbesondere die Preise für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge stark, sodass die Mehrinvestitionen für Pkw nach 2040 sogar negativ sind und für Lkw nur auf einem Level von jährlich 2-3 Mrd. Euro verbleiben. Dies liegt an signifikant fallenden Batteriepreisen über die Zeit.

Elektrisch betriebene schwere Nutzfahrzeuge wie Sattelzüge bleiben auch langfristig teurer als ihre Pendants mit Dieselmotor, sodass die Mehrinvestitionen für Lkw bis 2050 positiv bleiben. Die Anforderungen an die Größe der Batterien sind hier besonders hoch, sodass Kostensenkungen bei den Batteriepreisen nicht den Ausschlag geben wie bei kleineren Fahrzeugen. Für einige Anwendungen kommen bei Lkw Brennstoffzellenfahrzeuge in Frage, die preislich zwischen Dieselfahrzeugen und Fahrzeugen mit Elektroantrieb liegen. Auch im Szenario ohne Klimaschutz würde der Bestand sukzessive elektrifiziert werden, allerdings deutlich langsamer. Der Ausbau der Ladeinfrastruktur erfolgt im MMS und im MWMS

dementsprechend schneller und verursacht immerhin noch Mehrinvestitionen von um die 3 Mrd. Euro jährlich. Der langfristig größte Posten sind die Investitionen in den Aus- und Neubau der Schieneninfrastruktur, die von bundeseigenen Unternehmen getragen werden. Nach 2035 fallen hier über 5 Mrd. Euro jährlich an, um die insbesondere die Verlagerung von Personen- und Güterverkehr auf die Schiene zu gewährleisten.

Abbildung 17: Jährliche Betriebskosten im Verkehrssektor im MMS und MWMS



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut, M-Five

Anmerkungen: Werte sind bis auf das Jahr 2023 über 5 Jahre gemittelt; Betriebskosten ohne MwSt.

Die jährlichen Nutzungskosten steigen zunächst an, von 108 auf über 110 Mrd. Euro, verbleiben bis in die 30er Jahre hinein auf diesem Niveau und sinken dann deutlich auf unter 90 Mrd. Euro jährlich. Der zwischenzeitliche Anstieg der Nutzungskosten trotz sinkender Energiepreise ist zum einen auf die Lkw-Maut zurückzuführen, die von 9 Mrd. im Status quo auf 14 Mrd. Euro jährlich ansteigt. Grund dafür ist die verstärkte CO₂-Differenzierung der Lkw-Maut und die Ausweitung auf alle Lkw. Die Kostensteigerungen betreffen daher vor allem den Straßengüterverkehr. Zusätzlich bewirkt die THG-Quote eine Erhöhung des Kostendrucks. Von 2031 bis 2035 sinken die jährlichen Aufwendungen für die Lkw-Maut etwas. Gleichzeitig kommen wasserstoffbetriebene Lkw in den Bestand, die im Vergleich zu anderen Technologien hohe Energiekosten mit sich bringen. Die Nutzungskosten sinken erst nach 2035, wenn alte Fahrzeuge mit fossilen Antrieben aus dem Bestand verschwinden und die Elektrifizierung weit vorangeschritten ist. Hier sinken zum einen weiter die Mautkosten und zum anderen ergeben sich deutliche Energieeffizienzgewinne, sodass die Gesamtkosten deutlich sinken. Während im Status quo kaum Energiekosten für Strom anfallen, steigt der Strombedarf von 2046 bis 2050 kontinuierlich an und verursacht jährliche Kosten von rund 65 Mrd. Euro für die Stromverbrauchenden.

Die Unterschiede zwischen den Szenarien sind aufgrund der geringen Unterschiede in der Instrumentierung nur minimal und daher kaum interpretierbar.

Die Wirtschaftlichkeit der Elektrifizierung des Fahrzeugbestands wird vor allem durch die Entwicklung der Strom- und Flüssiggaskraftstoffpreise bestimmt. Je nachdem, wie sich der Unterschied zwischen Strom und Flüssiggaskraftstoffpreisen entwickelt, steigen oder sinken die Betriebskosten im Verkehrssektor im Vergleich zu einer Welt ohne Klimaschutz. Neben den Energiepreisen spielt hier auch der CO₂-Preis eine wichtige Rolle. Je höher der CO₂-Preis, desto höher sind die Preise für die fossilen Flüssiggaskraftstoffe und je wirtschaftlicher ist aus einzelwirtschaftlicher Sicht der Umstieg auf ein Elektrofahrzeug, insbesondere bei kleineren Fahrzeugen, die langfristig in ihrer Anschaffung sogar günstiger sind als Verbrenner. Unter den angenommenen Preispfaden sind die Effizienzgewinne durch die Elektrifizierung im gesamten Verkehrssektor so groß, dass sich deutliche Betriebskosteneinsparungen im Vergleich zum Status quo ergeben. Negative externe Kosten sind dabei noch nicht enthalten.

2.4 Industrie

Textbox 5: Industrie: Wesentliches auf einen Blick

- ▶ Emissionseinsparungen (aus den Projektionen 2025): Bis 2030 sinken die Treibhausgasemissionen von 152,9 Mio. t CO₂-Äq. (2023) auf 116,1 (MMS) bzw. 114,3 Mio. t CO₂-Äq. (MWMS). Die KSG-Ziele 2030 werden damit übererfüllt. 2050 verbleiben jedoch 72,3 Mio. t CO₂-Äq. (MMS) bzw. 61,1 Mio. t CO₂-Äq. (MWMS), die Treibhausgasneutralität wird verfehlt. Getrieben wird die Minderung vor allem durch die Elektrifizierung der Prozesswärme und die Nutzung von Wasserstoff (insbesondere in der Chemie). Im MWMS kommen ein erleichterter CCS-Einsatz (neben CCU) und stärkere grüne Leitmärkte hinzu, der eine etwas stärkere Minderung anreizen.
- ▶ Investitionen: Der Höchststand der projizierten Mehrinvestitionen liegt 2026–2030 bei über 10 Mrd. Euro pro Jahr und danach bei relativ konstanten 7–8 Mrd. Euro pro Jahr bis 2050. Förderungen liegen 2026–2030 bei ungefähr 2 Mrd. € pro Jahr und laufen nach weitestgehend 2030 aus. Dadurch gehen private Investitionen zurück und stagnieren im weiteren Verlauf aufgrund hoher Vermeidungskosten. Nicht geförderte Mehrinvestitionen trägt fast ausschließlich die Privatwirtschaft. Über den Zeitraum dominieren Investitionen in CO₂-ärmere Industrieöfen und Dampferzeugung, gefolgt von effizienterer Raumwärmeverzeugung und -nutzung. Effizienzmaßnahmen und innovative Verfahren (z. B. DRI, elektrifizierte Glassschmelze, H₂-basierte Chemie) spielen eine kleinere, aber gezielte Rolle.
- ▶ Brennstoff- und Betriebskosten: Die jährlichen Betriebskosten sinken schnell von 70 Mrd. Euro auf ungefähr 60 Mrd. Euro pro Jahr. Durch die sukzessive Umstellung auf Strom und Wasserstoff bei Industrieöfen steigen die Kosten im Zeitverlauf, werden jedoch durch Effizienzmaßnahmen egalisiert. Während die Stromkosten auf einem ähnlichen Niveau bleiben (20–22 Mrd. Euro jährlich), steigen die Ausgaben für Wasserstoff von unter 10 auf fast 15 Mrd. Euro jährlich.
- ▶ Nettoeffekt & Kostenverteilung: H₂- und CCS-Infrastruktur wird privat aufgebaut und durch Programme flankiert; für das H₂-Kernnetz dient ein staatlich gestütztes Amortisationskonto als Absicherung. Im MWMS erhöhen grüne Leitmärkte die Deckungsbeiträge (keine höheren Sektorinvestitionen, aber mehr CO₂-arme Produktion).
- ▶ Unsicherheiten: Wichtige Instrumente wie die Klimaschutzverträge sind neu, daher gibt es zu diesen Instrumenten noch keine empirischen Daten zur Wirkung. Die Zuverlässigkeit der

ökonomischen Daten hängt stark davon ab, ob die Instrumente so funktionieren wie angenommen. Weitere modellabhängig Unsicherheiten bestehen bei Anlagen, die bisher in Deutschland noch nicht in industriellem Maßstab betrieben wurden, z. B. wasserstoffbasierte Direktreduktionsanlagen in der Stahlindustrie, große Hochtemperaturwärmepumpen und je nach Anwendung elektrifizierte Industrieöfen. Die Modellierung geht zudem von einem wirksamen Carbon-Leakage-Schutz und Carbon-Border-Adjustment-Mechanism (CBAM) aus, welcher bis dato noch nicht final etabliert wurde. Ebenso ein entscheidender Faktor ist der angenommene Unterschied zwischen Strompreis und Erdgaspreis, denn davon hängt ab, in welchem Umfang CO₂-arm produziert werden kann. Eine Abweichung dieses Unterschieds kann erhebliche Auswirkungen auf Investitionsanreize, Betriebskosten und die Wirksamkeit von Förderinstrumenten haben.

Der Sektor Industrie umfasst verschiedene Segmente. Dazu gehören Öfen in den Bereichen Glas, Zement, Metalle und Chemie und die Erzeugung von Prozessdampf in den Bereichen Papier, Lebensmittel und Chemie, die sich unter der Kategorie der Wärmeerzeuger und Prozessfeuerungen zusammenfassen lassen (etwa 37 % der sektoralen Treibhausgasemissionen). Dazu kommen KWK-Anlagen, die in Teilen in der Energiewirtschaft bilanziert werden und in die Kategorie der Industriekraftwerke und der Bauwirtschaft fallen (etwa 31 % der sektoralen Treibhausgasemissionen²). Ergänzt werden diese Emissionsquellen durch – meist schwer vermeidbare – prozessbedingte Treibhausgasemissionen, die aus chemischen Reaktionen der verwendeten Rohstoffe entstehen. Sie umfassen etwa 30 % der Treibhausgasemissionen des Sektors (Förster et al., 2025).

Den Berechnungen für die ökonomische Folgenabschätzung liegen Daten aus dem Simulationsmodell FORECAST-Industry zugrunde. Das Modell liefert neben einer detaillierten Instrumentenbewertung in Bezug auf Energiebedarf und Treibhausgasemissionen auch ökonomische Daten. Diese umfassen zum einen Investitionen in den Aufbau von CO₂-armen bzw. CO₂-neutralen Produktionskapazitäten und zum anderen die damit verbundenen Differenzkosten. Das Modell liefert nur Informationen zu energie- und klimarelevanten Industrieanlagen und den damit verbundenen Investitionen und Betriebskosten. Andere Anlagen, die zwar ebenso wichtig für das Produktionssystem sind, jedoch keinen Einfluss auf die Energienutzung haben, werden nicht berücksichtigt. Zudem bestehen Datenlücken bei den Reinvestitionen in bestehende Anlagen (z. B. Erneuerung der Feuerfestauskleidung eines Hochofens). Es werden daher keine Sektorinvestitionen, sondern nur Mehrinvestitionen berichtet.

Für die langfristige Emissionsminderung in der Industrie sind vor allem die vollständige Elektrifizierung der Prozesswärme und die Umstellung auf Wasserstoff in der Chemie nötig und werden im MMS auch angestoßen (PB25). Beides ist mit hohen Vermeidungskosten verbunden, die einer Wirtschaftlichkeit ohne zusätzliche Instrumente entgegenstehen. Zu den wirkmächtigsten Instrumenten gehört die Förderung der Markteinführung derartiger Herstellungsverfahren. Konkret sind das die Bundesförderung Industrie und Klimaschutz (BIK), die Klimaschutzverträge, der EU-EHS Innovationsfonds und die Important Projects of Common European Interest (IPCEI). Ergänzt werden die Förderungen durch die Schaffung grüner Leitmärkte. Dadurch lassen sich CO₂-arme Produkte zu höheren Preisen verkaufen, wodurch die Wirtschaftlichkeit von Klimaschutz auch ohne staatliche Förderungen steigt. Durch den EU-Emissionshandel wird außerdem eine Verteuerung fossiler Brennstoffe erwirkt, wodurch die Kostendifferenz für die Akteure sinkt. In der Interaktion mit den Förderprogrammen kann der

² Die Kategorien „Wärmeerzeuger und Prozessfeuerung“ und „Industriekraftwerke“ sind über Energieflüsse miteinander verbunden, da Kraftwerke der Industrie in der Regel auch im KWK-Betrieb Prozesswärme herstellen.

Emissionshandel große Wirkung haben. Ein weiteres wichtiges Instrument ist die Förderung der Energieeffizienz, die mit einer Vielzahl von Programmen gefördert wird. Im MWMS werden im Gegensatz zum MMS die formalen Zugangsbeschränkungen für die Nutzung der Abscheidung und Speicherung von prozessbedingten und anderweitig nur schwer vermeidbaren Treibhausgasemissionen abgeschwächt. Während im MMS über die BIK nur die Abscheidung und Nutzung von Kohlendioxid (CCU) gefördert wird, wird im MWMS auch die Abscheidung und Speicherung (CCS) gefördert, da hier davon ausgegangen wird, dass rechtliche Unsicherheiten zum Verfahren abgebaut werden³. Zudem wirken die grünen Leitmärkte im MWMS etwas stärker.

Die Fortschreibung der Förderprogramme nach 2030 ist mit Unsicherheit behaftet, da keine Haushaltstitel oder gesicherte Erwartungen vorliegen. Insbesondere die Wirkung neuer Instrumente wie die Klimaschutzverträge werden mit großer Unsicherheit modelliert. Hierzu gibt es noch keine belastbaren empirischen Daten und es wird angenommen, dass diese Instrumente optimal funktionieren⁴. Abweichungen davon hätten Einfluss sowohl auf Energiebedarf und die Treibhausgasemissionspfade als auch auf Investitionsanreize und Betriebskosten der Unternehmen. Die Modellierung geht ebenso von einem funktionierenden Carbon-Leakage-Schutz und CBAM aus. Auch die Entwicklung der Gesamtproduktion ist annahmegetrieben.

Die Elektrifizierung der Prozesswärme, die Nutzung von Wasserstoff in der Chemie und die Erhöhung der Energieeffizienz verändern sowohl die Höhe als auch die Zusammensetzung des Energiebedarfs. Während der Kohleausstieg bis 2045 weitestgehend abgeschlossen sein wird und die Erdgasnutzung sukzessive sinkt, steigt der Stromverbrauch an. Zusätzlich deckt eine beträchtliche Menge Wasserstoff den Energiebedarf vor allem in der Stahlherstellung. Insgesamt nimmt der Energiebedarf aufgrund von Effizienzmaßnahmen und einer leicht sinkenden Produktion stetig ab. Aufgrund des zusätzlichen Strom- und Wasserstoffbedarfs werden neben erforderlichen Investitionen im Sektor Industrie ebenso Investitionen in der Energiewirtschaft und in die Bereitstellung der notwendigen Infrastruktur benötigt, um die Bedarfe zu decken.

Bis 2030 bewirkt der Instrumentenmix eine Treibhausgasminderung von 152,9 Mio. t CO₂-Äq. im Status quo auf 116,1 Mio. t CO₂-Äq. im MMS und 114,3 Mio. t CO₂-Äq. im MWMS. Mit dem Auslaufen wichtiger Förderinstrumente nach 2035 schwächt die Treibhausreduktion ab, sodass im Jahr 2050 noch 72,3 Mio. t CO₂-Äq. bzw. 61,1 Mio. t CO₂-Äq. im MMS bzw. MWMS verbleiben. Während damit die kurzfristigen Ziele nach dem Bundes-Klimaschutzgesetz übererreicht werden, wird das langfristige Ziel der Treibhausgasneutralität stark verfehlt.

Die erforderlichen Mehrinvestitionen werden in folgende Kategorien aufgeteilt:

- ▶ Dampferzeugung: Anlagen zur Erzeugung von Prozesswärme in Form von Dampf (bis 500°C, aber überwiegend bis 250°C). Beinhaltet Dampfkessel (darunter am relevantesten erdgasbetrieben), Hochtemperaturwärmepumpen, Elektrodenkessel und KWK-Anlagen.
- ▶ Industrieöfen: Anlagen zur Erzeugung von Prozesswärme in Öfen mit Direktbeheizung (bis 2000°C). Vielfältiger Einsatz, hauptsächlich in der Grundstoffindustrie für

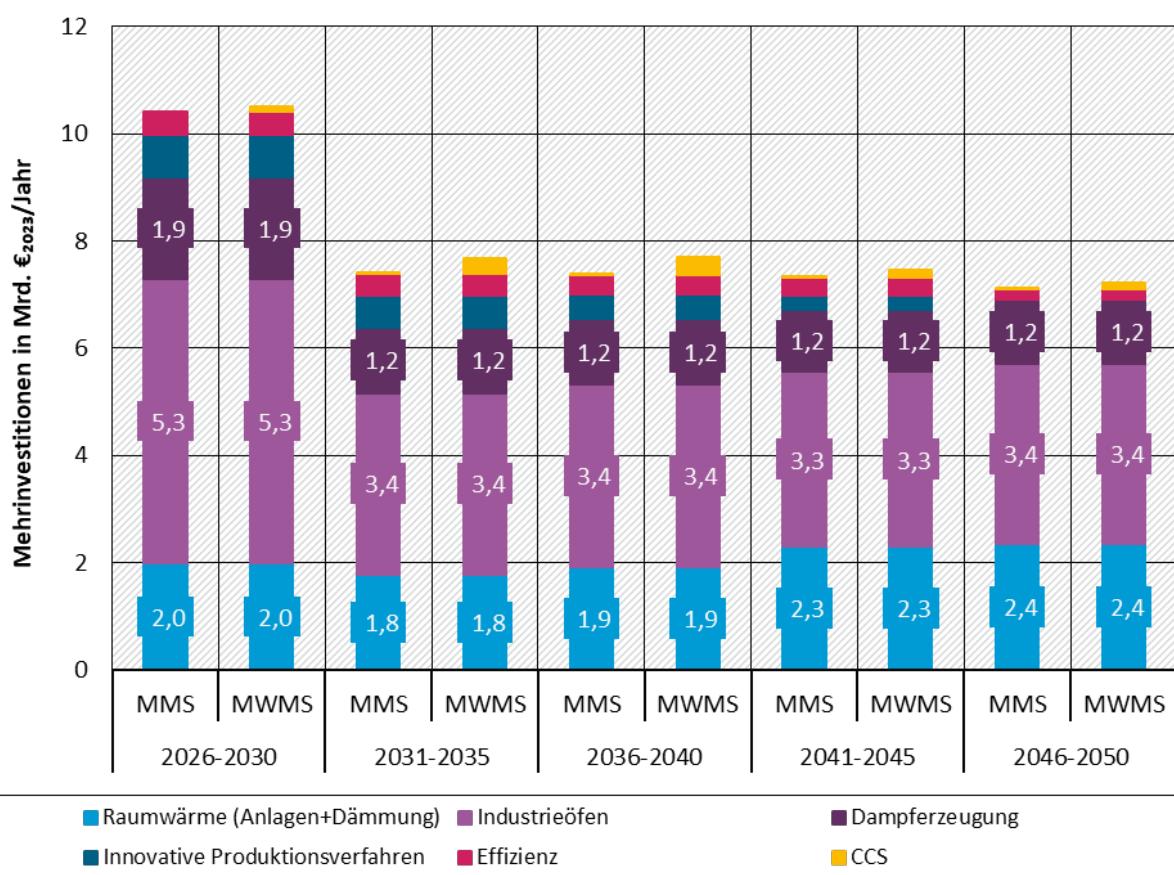
³ Konkret sind dies die Verabschiedung des Gesetzes zur dauerhaften Speicherung und zum Transport von Kohlendioxid (Kohlendioxidspeicherung- und -transportgesetz – KSpTG) und eine Anpassung von Artikel 6 des London Protokolls, um den grenzüberschreitenden Transport von CO₂ zu ermöglichen. Beide Verfahren laufen, erreichten für die aktuellen Projektionen aber noch keinen hinreichenden Umsetzungsstand, der eine Berücksichtigung im MMS erlaubt hätte.

⁴ Allerdings ist entsprechend der Annahmen des BMWK (Stand Herbst 2024) für die Klimaschutzverträge eine Absicherung gegenüber Schwankungen der auszugleichenden Differenzkosten von 70% der gesamten hinterlegten Fördersumme angenommen.

Hochtemperaturprozesse, unter anderem in der Produktion von Stahl, Mineralien und Nicht-Eisen-Metalle.

- ▶ Raumwärme: Erzeugung von Raumwärme, wenn die Raumwärme nicht über die Abwärme der Prozesswärmeerzeugung bereitgestellt wird.
- ▶ Effizienz: Umfasst sehr heterogenes und kleinteiliges Feld von prozessspezifischen Einsparoptionen und deren Anwendungen. Beinhaltet Einzelmaßnahmen wie erweiterte Abwärmenutzung und Gichtgasrückführung, aber auch abstraktere Pakete wie effizientere Motoren und Gebläse, effizientere Druckluft und effizientere Prozesskälteerzeugung. Es dominieren die Effizienzsteigerungen von Querschnittstechniken, die in erster Linie mechanische Energie durch Stromnutzung bereitstellen.
- ▶ Innovative Produktionsverfahren: Ganze Produktionsanlagensysteme, z. B. die Direktreduktion von Eisenerz, (teil)-elektrifizierte Schmelzwannen für Flachglas und wasserstoffbasierte Chemie.
- ▶ CCS: Anlagen zur CO₂-Abscheidung und -Speicherung (oder -Nutzung (CCU))

Abbildung 18: Jährliche Mehrinvestitionen und Investitionszuschüsse in der Industrie im MMS und MWMS



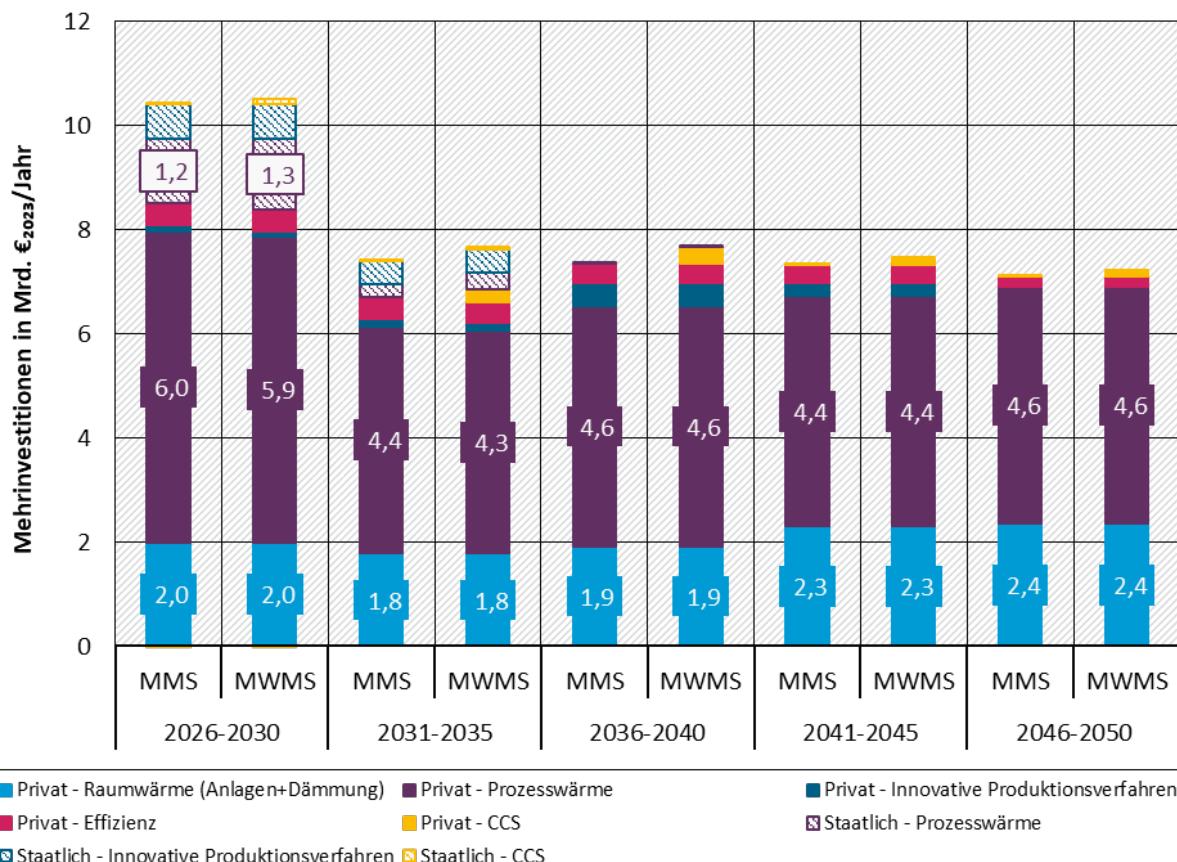
Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut, Fraunhofer ISI

Anmerkungen: Werte sind über 5 Jahre gemittelt; Mehrinvestitionen ohne MwSt.; Innovative Produktionsverfahren beinhaltet die Investition in die Direktreduktion von Eisen, elektrifizierte Glasschmelze und wasserstoffbasierte Grundstoffchemie.

Der projizierte Verlauf der Mehrinvestitionen wird in Abbildung 18 dargestellt. Am höchsten ist das Investitionsvolumen in den Jahren 2026 bis 2030, mit jährlichen Mehrinvestitionen von

über 10 Mrd. Euro. Danach sinken die Investitionen und bleiben bis 2050 auf einem deutlich geringeren Niveau von 7-8 Mrd. Euro. Über den gesamten Zeitraum dominieren Investitionen in CO₂-ärmere Industrieöfen, gefolgt von Investitionen in die Erzeugung von Raumwärme und die Erzeugung von Dampf. Eine eher untergeordnete Rolle spielen Investitionen in die Erhöhung der Energieeffizienz und in innovative Produktionsverfahren.

Abbildung 19: Staatliche und private jährliche Mehrinvestitionen und Investitionszuschüsse in der Industrie im MMS und MWMS



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut, Fraunhofer ISI

Anmerkungen: Werte sind über 5 Jahre gemittelt; Mehrinvestitionen ohne MwSt.; Prozesswärme beinhaltet Investitionen in Industrieöfen und Dampferzeugung; Innovative Produktionsverfahren beinhaltet die Investition in die Direktreduktion von Eisen, elektrifizierte Glasschmelze und wasserstoffbasierte Grundstoffchemie.

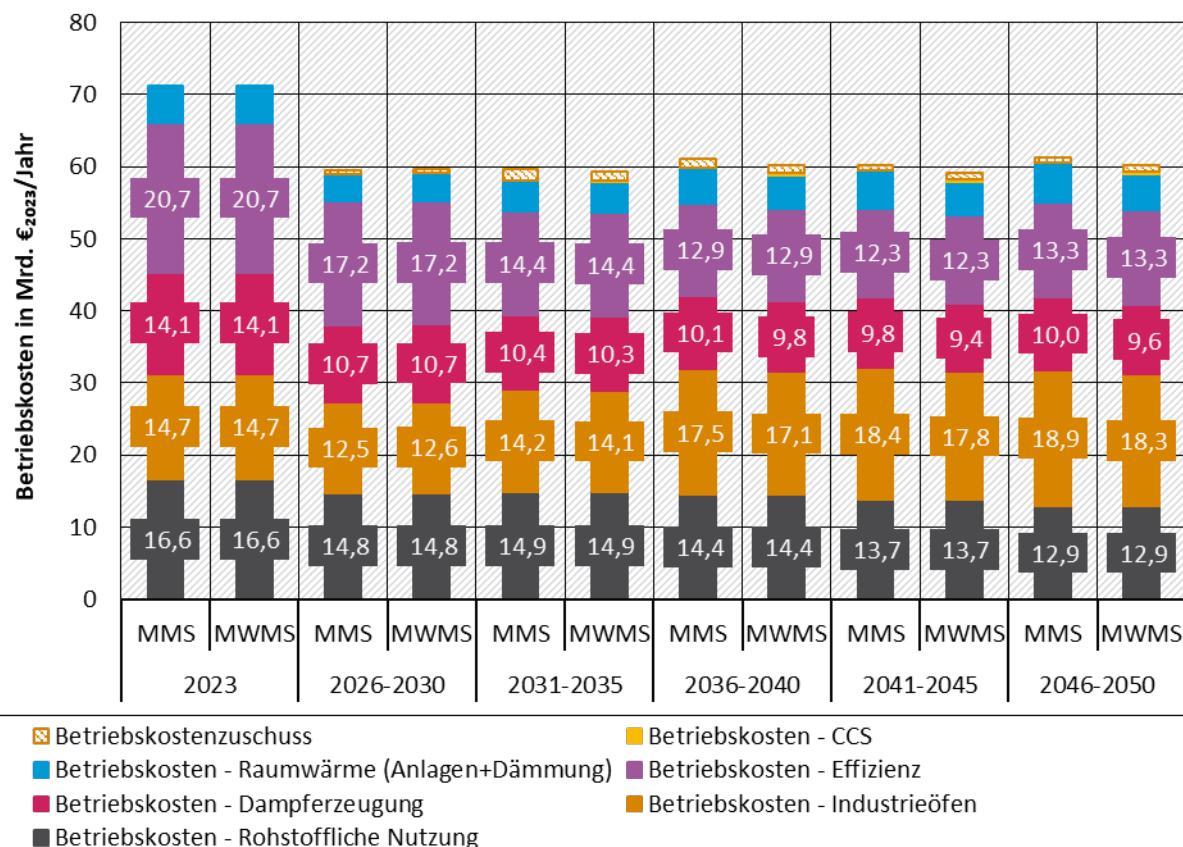
Ein Teil der Mehrinvestitionen wird durch öffentliche Förderungen getragen (Abbildung 19). Während die Förderungen zwischen 2026 und 2030 noch bei 2 Mrd. Euro jährlich liegen, sinken sie nach 2030 und enden bis 2035 komplett⁵. Dies hat zur Folge, dass auch die privaten Investitionen zurückgehen und im weiteren Verlauf stagnieren. Aufgrund der dadurch steigenden Vermeidungskosten, fehlen den Produzierenden wichtige Anreize für höhere Investitionen in klimafreundliche Technologien. Bis auf einige wenige industrielle Anlagen, die von öffentlichen Forschungsinstituten betrieben werden, sind alle Unternehmen im Sektor Industrie privat organisiert. Die Mehrinvestitionen, die nicht durch staatliche Förderungen getragen werden, sind daher gänzlich der Privatwirtschaft zuzuordnen. Auch der Aufbau der im Sektor erforderlichen Wasserstoff- und CCS-Infrastruktur wird von privaten Unternehmen getragen, die mit den jeweiligen Förderungen unterstützt werden. Als Finanzierungsabsicherung

⁵ Dabei sind Mittelverschiebungen zwischen den Jahren angenommen. Generell wird das angegebene Budget 2027 bis 2030 unterschritten und zwischen 2034 und 2040 überschritten.

des Wasserstoffkernnetzes gibt es ein staatlich unterstütztes Amortisationskonto, welches von einer Zweckgesellschaft der Netzbetreiber verwaltet wird.

Im MWMS kommen aufgrund der angenommenen Rechtssicherheit noch etwas höhere Mehrinvestitionen in CCS dazu. Die Einführung grüner Leitmärkte, die im MWMS etwas stärker sind und zu einer stärkeren Emissionsminderung führen, haben keinen Einfluss auf die Höhe der Investitionen. Allerdings ergeben sich durch die höhere Zahlungsbereitschaft auf diesen Märkten höhere Deckungsbeiträge, sodass die Förderungen an anderer Stelle eingesetzt werden können. In der Summe steigt damit der Anteil CO₂-armer Produktion bei gleichbleibenden Investitionsvolumina.

Abbildung 20: Jährliche Betriebskosten in der Industrie im MMS und MWMS



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut, Fraunhofer ISI

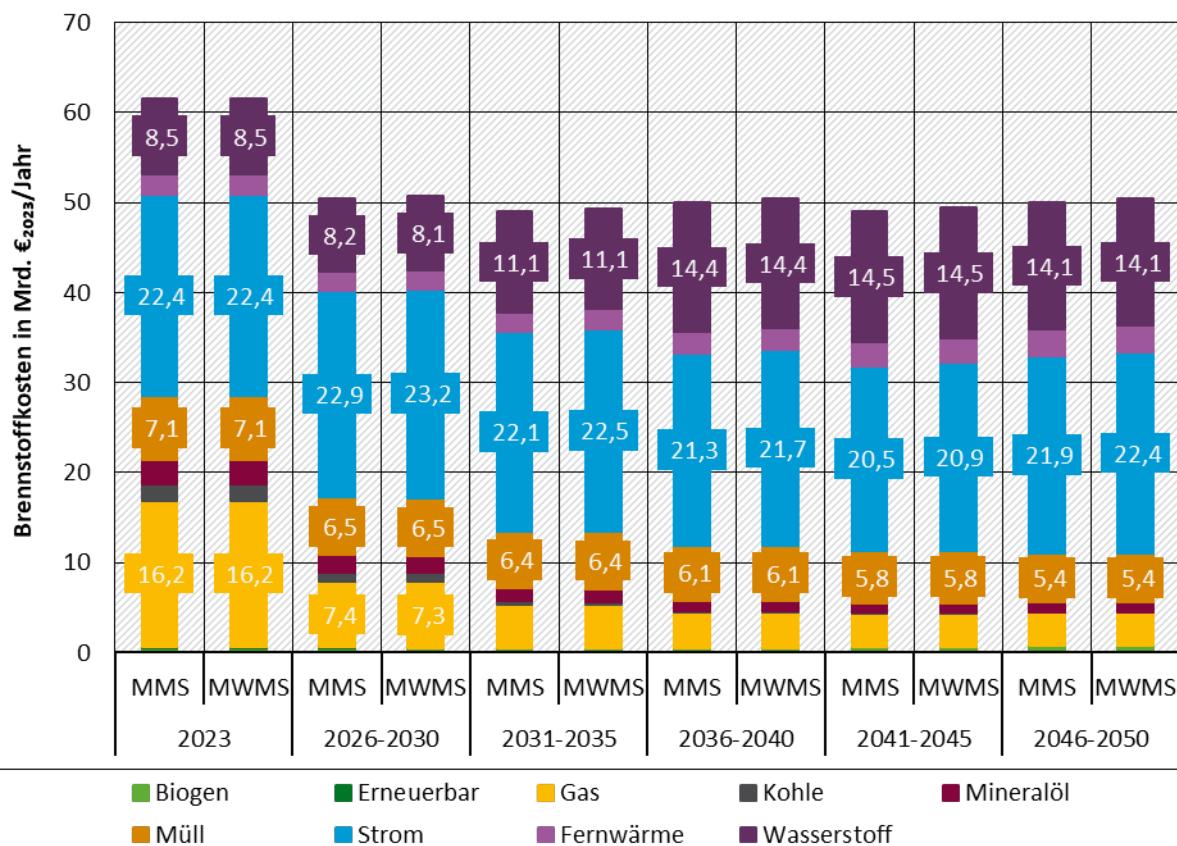
Anmerkungen: Werte sind bis auf das Jahr 2023 über 5 Jahre gemittelt; Betriebskosten ohne MwSt.;

Betriebskostenzuschüsse für Elektrifizierung von Prozesswärme, Wasserstoffeinsatz in der Prozesswärme, Direktreduktion von Eisen, Elektrifizierte Glasschmelze, Wasserstoffbasierte Grundstoffchemie und CO₂-Abscheidung an Klinker und Kalk.

Die Betriebskosten starten im Status quo im Jahr 2023 vor allem aufgrund der hohen Energiepreise infolge der jüngsten Energiekrise auf einem hohen Niveau von über 70 Mrd. Euro (Abbildung 20). Nach 2025 pendeln sich die Kosten auf einem konstanten Niveau von 60 Mrd. Euro ein. Von Effizienzmaßnahmen betroffene Technologien produzieren im Zeitverlauf Kosteneinsparungen im Vergleich zum Status quo, wobei die Einsparungen von Kostensteigerungen bei den Industrieöfen kompensiert werden. Die Kostensteigerungen sind vor allem auf eine verstärkte Nutzung der hochwertigen Energieträger Strom und Wasserstoff zurückzuführen (Abbildung 21). Trotz der Elektrifizierung sinken die Stromkosten in der Gesamtbetrachtung des Sektors, was auf die Energieeffizienzsteigerungen zurückzuführen ist. Die Wasserstoffkosten steigen jedoch in der Gesamtbetrachtung deutlich an auf fast

15 Mrd. Euro. Die Nutzung fossiler Energieträger durch die CO₂-Bepreisung im Zuge des EU-Emissionshandels sorgt für eine Verteuerung fossiler Energieträger. Mit zunehmender Elektrifizierung und Nutzung von Wasserstoff bei der Prozesswärmeverzeugung wird ein Teil der CO₂-Kosten vermieden. Gleichzeitig sinken sowohl der Wasserstoff- als auch der Strompreis und kommen dem Erdgaspreis näher. Jedoch bleiben Strom- und Wasserstoffpreis auch langfristig höher als die Preise fossiler Brennstoffe im Status quo, sodass es in der Prozesswärmeverzeugung insgesamt zu einer Kostensteigerung kommt. Der Anteil der Betriebskosten, der durch staatliche Betriebskostenzuschüsse getragen wird, ist sehr gering. Auf dem Höhepunkt zwischen 2031 und 2035 werden rund 1,4 Mrd. Euro für Betriebskosten übernommen, die für innovative Produktionsverfahren anfallen.

Abbildung 21: Jährliche Brennstoffkosten in der Industrie im MMS und MWMS



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut, Fraunhofer ISI

Anmerkungen: Werte sind bis auf das Jahr 2023 über 5 Jahre gemittelt; Brennstoffkosten ohne MwSt. und ohne CO₂-Kosten, aber mit Energiesteuern.

2.5 Energiewirtschaft

Textbox 6: Energiewirtschaft: Wesentliches auf einen Blick

- Emissionseinsparungen (aus den Projektionen 2025): Bis 2030 sinken die Emissionen im MMS (MWMS) um 110,4 (101,6) Mio. t CO₂-Äq. auf 93,3 (102,1) Mio. t CO₂-Äq. Das KSG-Sektorziel 2030 wird damit in beiden Szenarien übererfüllt. Im MWMS liegen die Emissionen anfangs etwas höher, weil die hinterlegte Kraftwerksstrategie zunächst zu höheren nationalen Emissionen führt und erst nach der Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff dämpfend wirkt. Ab 2035 beschleunigen im MWMS die Möglichkeit der CO₂-Abscheidung und -Speicherung die

Minderung. 2050 werden im MWMS 45,7 Mio. t CO₂-Äq. und im MMS 48,9 Mio. t CO₂-Äq. erreicht.

- ▶ **Investitionen:** Zur Deckung des stark steigenden Strom- und Energiebedarfs (von gut 500 TWh im Jahr 2023 auf fast 1.000 TWh im Jahr 2050) sind hohe Vorleistungen nötig. Die jährlichen projizierten Mehrinvestitionen liegen 2026–2030 bei über 60 Mrd. Euro und sinken bis 2050 stetig auf knapp 20 Mrd. Euro. Größter Treiber in den frühen Jahren sind die Stromnetze, die 2026–2035 Mehrinvestitionen von fast 30 Mrd. Euro jährlich erfordern. In erneuerbare Energien, insbesondere in PV und Windenergie wird vor allem um das Jahr 2030 investiert, mit Mehrinvestitionen von bis zu 10 Mrd. Jährlich. Speicher machen mit 4 Mrd. € pro Jahr nur einen kleinen Anteil aus. Die Investition in die Nutzung von Wasserstoff spielt nur eine untergeordnete Rolle. Fossile Investitionen finden kaum noch statt bis auf Ersatzinvestitionen bei Erdgaskraftwerken und Bioenergieanlagen. Unterschiede zwischen dem MMS und dem MWMS sind nur marginal. Über Förderungen, die EEG-Vergütung und staatliche Beteiligungen an den Stromnetzen wird ein großer Teil der Mehrinvestitionen von um die 25 Mrd. Euro jährlich staatlich getragen.
- ▶ **Brennstoff- und Betriebskosten:** Die Bilanzierung der Betriebskosten innerhalb der Energiewirtschaft erfolgt akteursübergreifend, wobei interne Zahlungsströme innerhalb des Energiesektors, z. B. Stromkosten der Elektrolyseure, unberücksichtigt bleiben. Damit werden nur Kosten berücksichtigt, die außerhalb des Sektors Energiewirtschaft auftreten. Der Rückgang der Kohleverstromung senkt die Betriebskosten zunächst deutlich von über 30. Mrd. Euro jährlich auf gut 20 Mrd. jährlich. Die Kosten der Erneuerbaren steigen mit dem Ausbau und Betriebskosten der Erdgaskraftwerke bleiben weitgehend stabil. Die Deckung eines stark erhöhten Strombedarfs aus den nachgelagerten Sektoren Industrie, Gebäude und Verkehr geht hier einher mit moderat steigenden Betriebskosten in der Energiewirtschaft auf 25 Mrd. Euro im Jahr 2050.
- ▶ **Unsicherheiten:** Energie- und Brennstoffpreise, insbesondere Wasserstoffpreise sind mit Unsicherheiten behaftet. Es wird der gleiche Preis für heimische Erzeugung wie für Import angenommen. Zusätzliche Einnahmen der Elektrolyseure, z. B. für Sauerstoff, welches bei der Elektrolyse als Nebenprodukt anfällt, sind aufgrund ihrer Unsicherheit nicht in der Kostenrechnung enthalten. Methodische Änderungen gegenüber 2024 erschweren quantitative Vergleiche: (i) Bilanzgrenze ohne interne Zahlungsströme innerhalb der Energiewirtschaft, (ii) aktualisierte Datengrundlagen/Kostentool mit abweichenden Annahmen (Annuitäten u. a.), (iii) aktualisiertes EEG-Förderkostenmodell. Zudem fehlt im Projektionsbericht 2025 ein eindeutiges Referenzszenario; Ergebnisse zu Mehrinvestitionen beruhen auf einer Sensitivitätsrechnung.

Der Sektor Energiewirtschaft gemäß des Bundes-Klimaschutzgesetzes beinhaltet alle Aktivitäten, die im Zusammenhang mit der Bereitstellung von Energieträgern stehen, die wiederum in den nachgelagerten Sektoren genutzt werden. Dies umfasst alle Akteure, die an der Bereitstellung von Energieträgern mitwirken - etwa in der öffentlichen Strom- und Fernwärmeverzeugung, in Raffinerien, bei der Herstellung von festen Brennstoffen (z. B. Koks), in weiteren Anlagen sowie in Verdichterstationen des Erdgastransportnetzes, bei der Speicherung und in Elektrolyseuren.

Zentral für die Dekarbonisierung der Energieerzeugung ist der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Das entscheidende Instrument zum Anreiz des Ausbaus ist die EEG-Vergütung, die den Erneuerbare-Energien-Erzeugenden zugutekommt und aus dem Staatshaushalt finanziert wird. Gleichzeitig schreitet

der Kohleausstieg weiter voran und wird bis 2038 abgeschlossen sein. Nach BEW und Wärmeplanungsgesetz werden Wärmenetze auf erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme umgestellt. Gemäß der nationalen Wasserstoffstrategie wird außerdem die Elektrolyseleistung ausgebaut, um die steigende Nachfrage nach Wasserstoff zu bedienen. Im Gegensatz zum MMS sind im MWMS auch in Deutschland Wasserstoffkraftwerke als zusätzliche Nachfragende berücksichtigt.

Im Vergleich zur Folgenabschätzung 2024 wurden folgende Änderungen durchgeführt:

- ▶ Die Bilanzgrenze wurde so vorgenommen, dass Zahlungsströme innerhalb der Energiewirtschaft nicht betrachtet werden. Damit fallen einzelne Zahlungsströme weg, die im PB 2024 berücksichtigt wurden. Auch wenn die Änderung der Bilanzgrenze per Definitionen keinen Einfluss auf das Sektlergebnis nehmen darf, ist ein Vergleich auf Technologieebene dadurch erschwert.
- ▶ Das Kostentool wurde datenseitig aktualisiert. Es wurde nicht mit identischen Annahmen zu Annuitäten und anderen Kosten gerechnet. Auch dies erschwert einen quantitativen Vergleich.
- ▶ Das Modell, mit dem die Förderkosten im Rahmen des EEG berechnet wurden, wurde ebenfalls aktualisiert.

Die Herausforderung der Energiewirtschaft besteht darin, den Energie-, insbesondere den Strombedarf, der nachgelagerten Sektoren zu decken. So steigt vor allem durch Elektrofahrzeuge im Verkehr, durch den Ausbau der Fernwärme und durch den weiteren Verbrauch strombasierter Energieträger der Energiebedarf von gut 500 TWh im Jahr 2023 auf fast 1000 TWh im Jahr 2050.⁶ Gleichzeitig sinkt der Anteil fossiler Energieträger stark, vor allem wegen des Kohleausstiegs. Auch der Anteil von Erdgaskraftwerken an der Stromerzeugung sinkt zugunsten von erneuerbaren Energien. Besonders wichtig ist hierbei der Ausbau von PV und Windenergie.

Dies zeigt sich auch in den Treibhausgasemissionen. Bis 2030 sinken die Emissionen im MMS (MWMS) um 110,4 (101,6) Mio. t CO₂-Äq. auf 93,3 (102,1) Mio. t CO₂-Äq.. In beiden Szenarien wird damit das 2030-Sektorziel des KSG übererfüllt. Im MWMS sind auf den ersten Blick überraschend etwas höhere Emissionen projiziert: die hier hinterlegte Kraftwerksstrategie, die langfristig zu einer Reduktion der nationalen Treibhausgasemissionen beitragen soll, führt in den frühen Szenariojahren auf nationaler Ebene zu höheren Emissionen. Erst wenn die neu gebauten Kraftwerke von Erdgas auf Wasserstoff umgestellt sind, wirken sie nicht nur auf europäischer, sondern auch auf nationaler Ebene emissionsmindernd.

Ab 2035 wird im MWMS die CO₂-Abscheidung und -Speicherung ermöglicht, was in der Folge eine beschleunigte Emissionsreduktion möglich macht. Bis 2050 sinken die Emissionen im MWMS auf 45,7 Mio. t CO₂-Äq., während die Emissionen im MMS nur auf 48,9 Mio. t CO₂-Äq. sinken.

Für den Umbau der Energiewirtschaft hin zu einer treibhausgasarmen Energieerzeugung sind vor allem große Investitionen in den Ausbau der erneuerbaren Energien und der Stromnetze nötig. In Abbildung 22 werden die Investitionen im Zeitverlauf dargestellt. Insgesamt ergibt sich ein Investitionsbedarf von jährlich über 80 Mrd. Euro zwischen 2026 und 2030, der bis 2050 auf knapp 40 Mrd. sinkt.

⁶ Im Vergleich zu den Projektionen 2024 stellt dies eine deutliche Reduktion der Annahme bezüglich der zukünftigen Nachfrage dar.

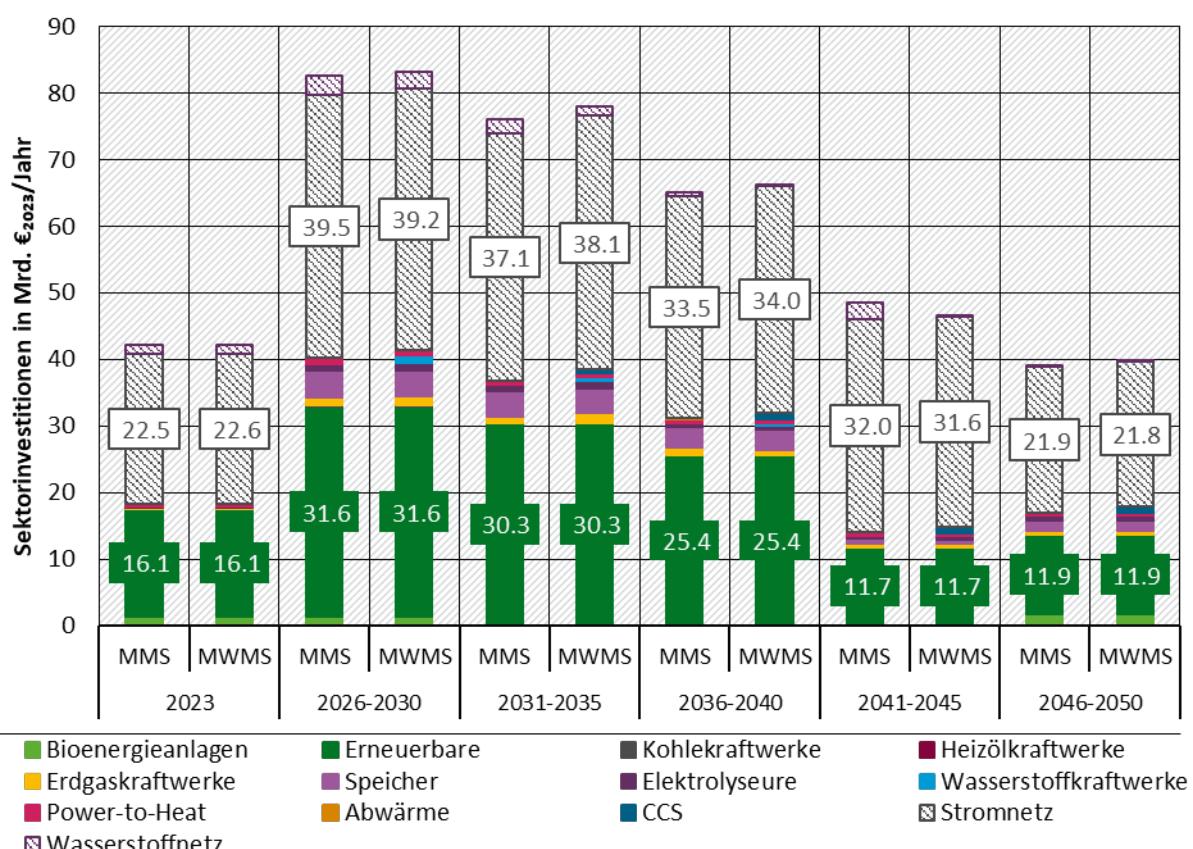
In den frühen Szenariojahren sind die Investitionsbedarfe stark durch die Stromnetze getrieben: für ihren Ausbau fallen zwischen 2026 und 2030 jährlich bis zu 40 Mrd. Euro an.

Zwischen 2023 und 2040 dominieren außerdem die erneuerbaren Energien die Investitionsbedarfe maßgeblich, insbesondere PV und Wind onshore mit jeweils bis zu 12 Mrd. Euro jährlich und Wind offshore mit bis zu 7,5 Mrd. Euro jährlich. Auch Speicher machen einen nicht unerheblichen Teil der Investitionsbedarfe aus mit bis zu 4 Mrd. Euro jährlich. Zum Ende hin steigen die Investitionen in Anlagen wieder etwas an, da hier viele Anlagen das Ende ihrer Lebensdauer erreichen und größere Reinvestitionsbedarfe entstehen.

Wasserstofftechniken spielen nur eine untergeordnete Rolle. Hier sind Investitionen von bis zu 1 Mrd. Euro jährlich im MMS und bis zu 2 Mrd. Euro jährlich im MWMS, in welchem auch Wasserstoffkraftwerke gebaut werden, nötig. Investitionen in fossile Energieträger werden kaum noch getätigt. Nur bei Erdgaskraftwerken finden Ersatzinvestitionen statt. Diese werden wiederum ergänzt durch Bioenergieanlagen. Investitionen in die Nutzung von Abwärme, in Elektrodenkessel und im Großwärmepumpen machen ebenso nur einen kleinen Teil der Investitionen aus.

Der Ausbau des Wasserstoffnetzes beläuft sich nach aktuellen Planungen auf ca. etwas weniger als 20 Mrd. Euro. Jährlich fallen davon bis zu 3 Mrd. Euro an. Im Kontext der gesamten Energiewende-Infrastruktur sind die Investitionsbedarfe also vergleichsweise gering.

Abbildung 22: Jährliche Sektorinvestitionen in der Energiewirtschaft im MMS und MWMS



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut

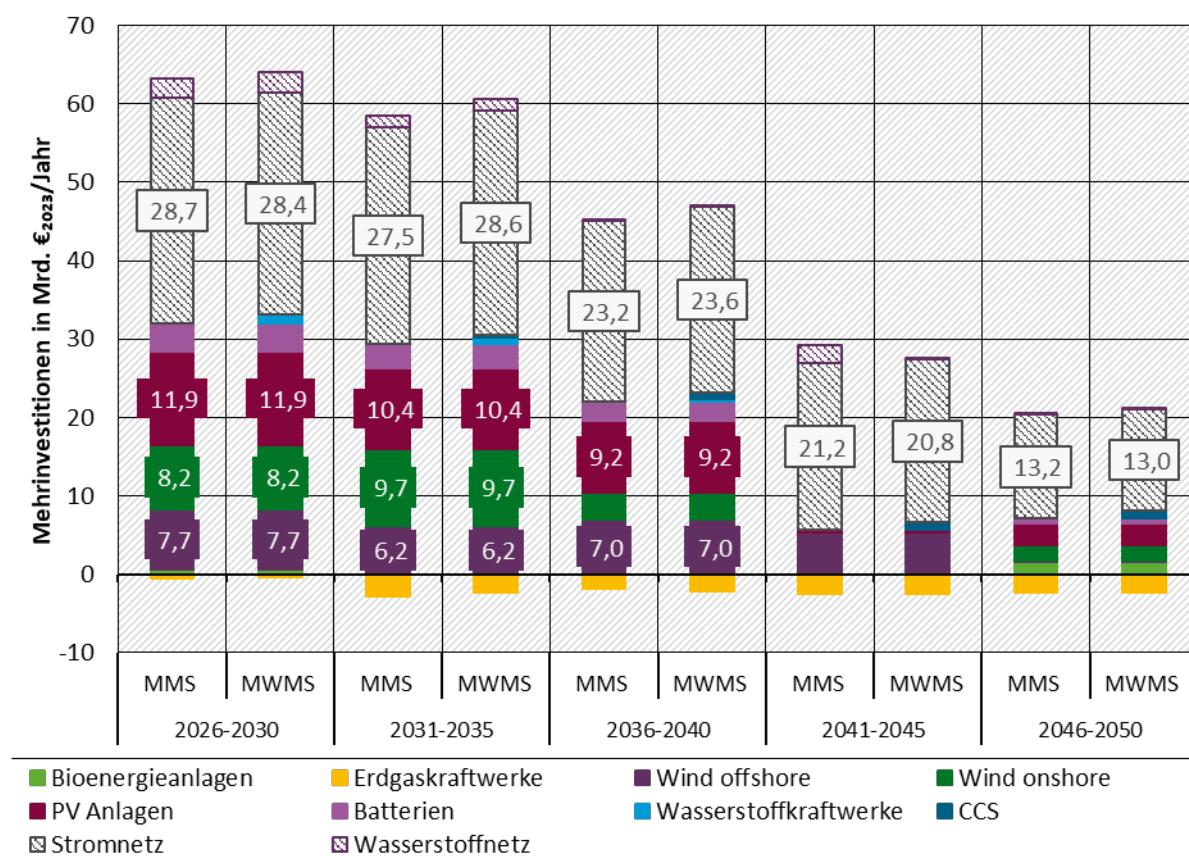
Anmerkungen: Werte sind bis auf Status quo im Jahr 2023 über 5 Jahre gemittelt; Investitionen ohne Abzug von Förderungen und ohne MwSt.; Bioenergieanlagen beinhalten Investitionen in Biogas- und Biomethananlagen; Erneuerbare beinhaltet Investitionen in Geothermie, Laufwasser, PV, Solarthermie, Wind onshore und Wind offshore; Power-to-Heat beinhaltet Investitionen in Elektrodenkessel und Wärmepumpen; Speicher beinhaltet Investitionen in Batterien und Wärmespeicher.

Im ProJEktionsbericht 2025 ist kein Referenzszenario enthalten, anhand dessen sich die Klimaschutzinvestitionen der Szenarien MMS und MWMS eindeutig messen lassen. Ein solches Vergleichsszenario wäre auch schwer zu definieren.

Nichtsdestotrotz wurden MMS und MWMS einer Sensitivitätsrechnung gegenübergestellt. Diese nimmt an, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien nicht weiter vorangetrieben wird. Kann die Nachfrage auch nicht durch Stromimporte gedeckt werden, so werden Gasturbinen zur Erdgasverstromung zugebaut. Auf diese Weise lassen sich die Mehrinvestitionen von jenen Investitionen abgrenzen, die im Energiesektor ohnehin und unabhängig von Klimaschutzmaßnahmen erforderlich sind. Bei der Bewertung der Infrastrukturinvestitionen wurden ebenfalls Ohnehin-Investitionen von den Sektorinvestitionen abgezogen. Der Verlauf der daraus resultierenden Mehrinvestitionen ist in Abbildung 23 dargestellt.

Zwischen 2026 und 2030 verbleiben nach diesem Abzug jährlich rund 60 Mrd. Euro, die dem Klimaschutz zugeordnet werden könnten. Bis 2050 sinkt dieser Betrag auf etwa 20 Mrd. Euro pro Jahr. Die größten Ausgabeposten bleiben dabei der Ausbau der Stromnetze mit bis zu 30 Mrd. Euro jährlich sowie der Ausbau der erneuerbaren Energien, insbesondere PV und Windenergie, mit insgesamt bis zu 30 Mrd. Euro jährlich.

Abbildung 23: Jährliche Mehrinvestitionen in der Energiewirtschaft im MMS und MWMS



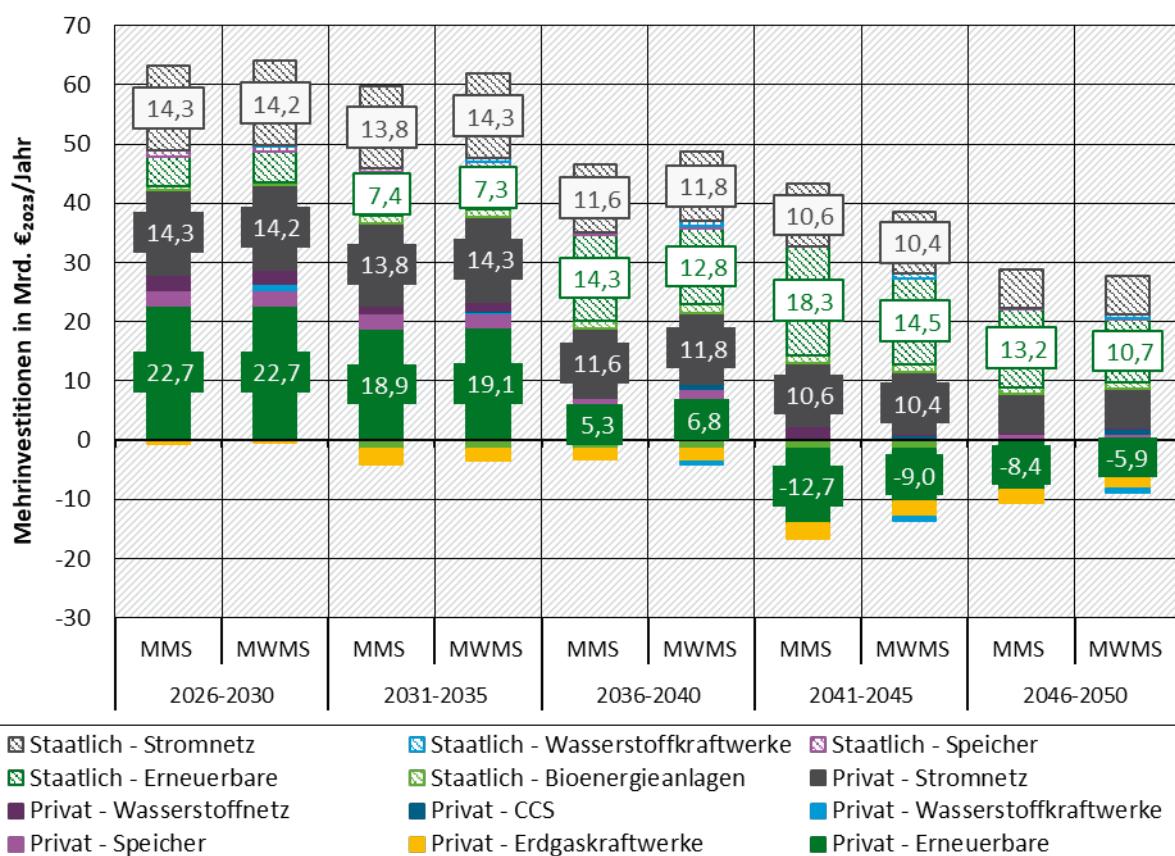
Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut

Anmerkungen: Werte sind über 5 Jahre gemittelt; Mehrinvestitionen ohne MwSt.; Bioenergianlagen beinhalten Investitionen in Biogas- und Biomethananlagen; Erneuerbare beinhaltet Investitionen in Geothermie, Laufwasser, PV, Solarthermie, Wind onshore und Wind offshore; Speicher beinhaltet Investitionen in Batterien und Wärmespeicher.

In Abbildung 24 werden die projizierten Mehrinvestitionen den staatlichen und privaten Akteuren zugeordnet. In Bezug auf die erneuerbaren Energien gehen die privaten Akteure in der Hochlaufphase zunächst in Vorleistung, während der Staatshaushalt durch den zusätzlichen

Ausbau nach 2023 zeitverzögert über die EEG-Vergütung belastet wird. Privaten Investitionen in erneuerbare Energien in Höhe von knapp 23 Mrd. Euro jährlich zwischen 2026 und 2030 stehen hier staatliche Ausgaben für die EEG-Vergütung in Höhe von gut 18 Mrd. Euro jährlich im MMS bzw. fast 15 Mrd. Euro jährlich im MWMS zwischen 2041 und 2045 gegenüber. Die privaten Investitionen werden damit zu einem großen Teil kompensiert und sorgen nach 2040 für einen positiven Saldo von knapp 13 (9) Mrd. Euro im MMS (MWMS) für die Energieerzeugenden. Da im Gegensatz zu einem Szenario ohne Klimaschutz weniger Erdgaskraftwerke gebaut werden müssen, kommen bei den Energieerzeugenden bedingt ins Gewicht fallende Ersparnisse zustande. Der in der Gesamtschau größte Posten des Stromnetzausbaus teilt sich zu gleichen Teilen auf private und staatliche Akteure auf (vgl. Textbox 2) mit jeweils bis zu mehr als 14 Mrd. Euro jährlich, die aufgewendet werden müssen. Die weitere Entwicklung der Eigentumsverhältnisse bei den Netzbetreibenden ist hier maßgeblich für die Verteilung der Investitionskosten auf die Akteure.

Abbildung 24: Staatliche und private Mehrinvestitionen in der Energiewirtschaft im MMS und MWMS



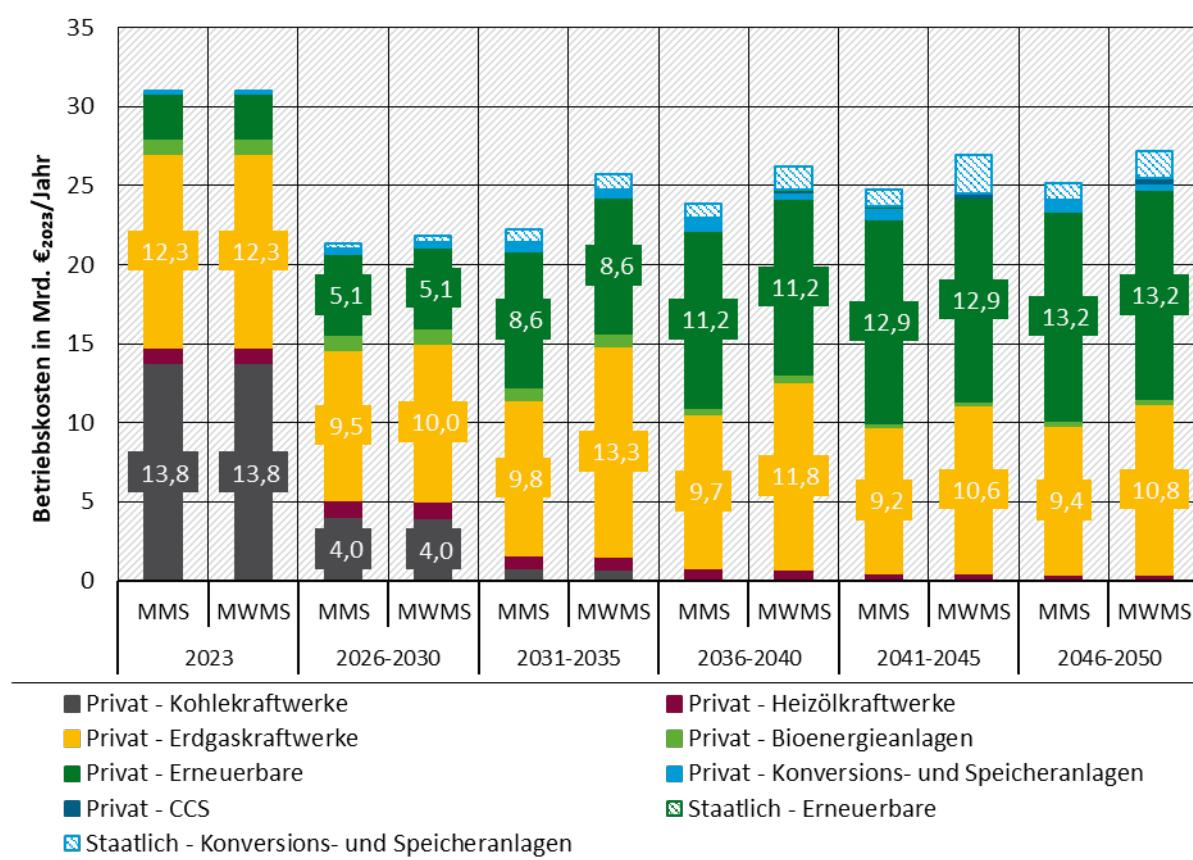
Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut

Anmerkungen: Mehrinvestitionen ohne MwSt.; Bioenergieanlagen beinhalten Investitionen in Biogas- und Biomethananlagen; Erneuerbare beinhaltet Investitionen in Geothermie, Laufwasser, PV, Solarthermie, Wind onshore und Wind offshore; Speicher beinhaltet Investitionen in Batterien und Wärmespeicher.

Die jährlichen Betriebskosten in der Energiewirtschaft sind in Abbildung 25 dargestellt. Die Bilanzierung erfolgt akteursübergreifend: Betriebskosten, die gleichzeitig als Einnahmen eines anderen Akteurs innerhalb des Energiesektors gelten (z. B. Stromkosten von Elektrolyseuren, die gleichzeitig Erlöse für Kraftwerksbetreiber darstellen), werden nicht berücksichtigt. Ziel ist eine Nettobetrachtung der extern wirksamen Betriebsausgaben des Sektors – nicht jedoch eine

vollständige Kostenrechnung einzelner Technologien. So umfassen z. B. die Elektrolyseure nur Wartungs-, Instandhaltungs- und Wasserkosten; ihre Stromkosten bleiben unberücksichtigt.

Abbildung 25: Jährliche Betriebskosten und Betriebskostenzuschüsse in der Energiewirtschaft im MMS und MWMS



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnung, Öko-Institut

Anmerkungen: Werte sind bis auf das Jahr 2023 über 5 Jahre gemittelt; Betriebskosten ohne MwSt.; Bioenergieanlagen beinhalten Betriebskosten für Biogas- und Biomethananlagen; Erneuerbare beinhaltet Betriebskosten und Betriebskostenzuschüsse für Geothermie, Laufwasser, PV, Solarthermie, Wind onshore und Wind offshore; Konversions- und Speicheranlagen beinhalten Batterien, Elektrodenkessel, Wärmepumpen, Elektrolyseure und Wasserstoffkraftwerke.

Der Rückgang der Kohleverstromung senkt die Betriebskosten im Vergleich zum Status quo zunächst deutlich. Gleichzeitig steigen die Betriebskosten für erneuerbare Energien mit zunehmendem Ausbau kontinuierlich an. Die Betriebskosten für Erdgaskraftwerke verbleiben weitgehend stabil, sind jedoch sensibel gegenüber der Preisentwicklung fossiler Brennstoffe und CO₂-Zertifikate. Entsprechend können sich auch die Gesamtkostensparnisse eines treibhausgasneutralen Transformationspfads gegenüber eines fossil dominierten Referenzpfades je nach Marktentwicklung unterschiedlich darstellen. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist der Ausbau der erneuerbaren Energien sinnvoll: Die anfänglich hohen Investitionen werden durch langfristige Einsparungen bei den Betriebskosten zunehmend kompensiert. Externe Effekte, etwa Kosten durch Klimaschäden, sind in dieser Darstellung noch nicht berücksichtigt.

3 Gesamtwirtschaftliche Analyse

Die projizierten gesamtwirtschaftlichen und strukturellen Veränderungen im Zeitverlauf im Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS) sind Gegenstand dieses Kapitels. Die für das MMS vorgegebenen Rahmendaten zu Bevölkerungsentwicklung, gesamtwirtschaftlicher Entwicklung und Energiepreisentwicklung wirken hier zusammen mit den Politikmaßnahmen aus dem MMS. Wie in der sozioökonomischen Folgenabschätzung zu den Projektionen 2023 und 2024 (Schumacher, Appenfeller, Cladius, Bei der Wieden et al., 2024; Schumacher, Appenfeller, Cladius, Kreye et al., 2024) wird für die gesamtwirtschaftliche Folgenabschätzung das Modell ISI-Macro eingesetzt und Teile des Kapitels lehnen sich daher daran an. Während in den Projektionen 2023 und 2024 die Abschätzung der Wirkung der zusätzlichen Politikinstrumente MWMS im Vergleich zum MMS auf Wertschöpfung und Arbeitskräftebedarf Ziel der Analysen war, steht in der aktuellen Analyse der Vergleich des MMS-Szenarios zum Status quo 2023 im Vordergrund.

Zunächst wird im Methodik-Teil die grundlegende Modellierungslogik des Modells ISI-Macro beschrieben. Der darauffolgende Teil stellt die Impulse aus den Energiemodellierungen und ihre Überführung in die Logik der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) zur Weiterverwendung im Modell dar. Der Ergebnisteil zeigt sowohl die projizierte gesamtwirtschaftlichen Entwicklung als auch die strukturellen Veränderungen mit Blick auf Arbeitskräftebedarf und Wertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen.

3.1 Methodik

Die mittel- bis langfristige ökonomische Folgenabschätzung von Politikmaßnahmen ist komplex und mit viel Unsicherheit verbunden. Um die komplexen Zusammenhänge innerhalb einer Volkswirtschaft, ebenso wie die Wechselwirkung mit dem Energiesystem, in vereinfachter Form abzubilden, werden ökonomische Modelle eingesetzt.

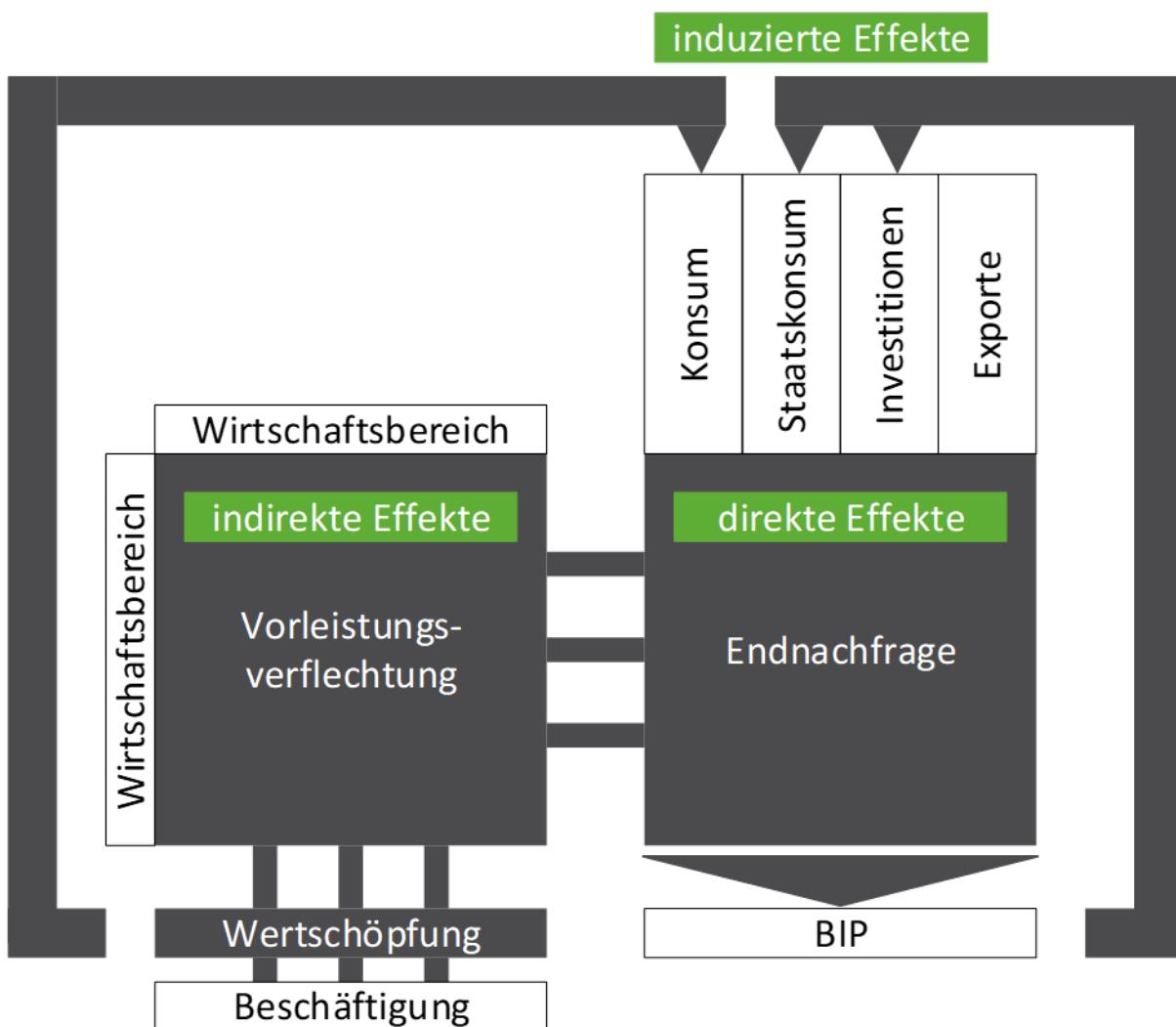
Das Modell ISI-Macro wurde entwickelt, um die ökonomischen Folgen von mittel- und langfristigen Nachhaltigkeitsstrategien in Deutschland abzuschätzen (Sievers et al., 2019). Anwendungsbeispiele umfassen u. a. die Folgenabschätzung der Sektorziele 2030 des Klimaschutzplans (Repenning et al., 2019), die Abschätzung der regionalen Verteilungswirkung der Energiewende (Sievers, 2020) und die Analyse möglicher Transformationspfade hin zur Klimaneutralität (Sievers et al., 2023). ISI-Macro ist ein in System Dynamics implementiertes Simulationsmodell und kann vereinfacht als teilweise geschlossenes Input-Output-Modell beschrieben werden. Abbildung 26 stellt das Modell schematisch dar. Kern des Modells bildet die deutsche Input-Output-Tabelle, die die Lieferbeziehung zwischen 72 Produktionsbereichen und den entsprechenden Gütergruppen darstellt (Input-Output-Rechnung 2022, Statistisches Bundesamt [Destatis], 2024b). Die endogen berechnete Endnachfrage bestimmt die Produktion in den einzelnen Produktionsbereichen. An die Produktion gekoppelt ist die Bruttowertschöpfung bestehend aus Arbeitnehmerentgelten, Steuern abzüglich Subventionen, Abschreibungen und Nettobetriebsüberschüssen. Diese Komponenten bestimmen das Niveau der inländischen Endnachfrage, das heißt des privaten und staatlichen Konsums sowie der Investitionen. Es handelt sich somit um ein teilweise geschlossenes Modell. Die Entwicklung der Exporte wurde an die Rahmendaten (Kemmler et al., 2025) angepasst. Die Produktion in den einzelnen Produktionsbereichen bestimmt den Arbeitskräftebedarf. Das exogen vorgegebene, an die Rahmendaten angepasste Wachstum der Arbeitsproduktivität ermöglicht es, den Arbeitskräftebedarf trotz Wirtschaftswachstum und demographischen Wandels zu decken. Der Begriff Arbeitskräftebedarf wird anstelle von Beschäftigung gewählt, da eine detaillierte Darstellung des Arbeitskräfteangebots und damit auch des Arbeitsmarktes fehlt.

Die ökonomische Folgenabschätzung mit ISI-Macro baut auf dem Szenario MMS des Projektionsberichts 2025 (Förster et al., 2025) und den im vorherigen Kapitel dargelegten Impulsen für Investitionen und Betriebskosten auf. Hierfür wurde ISI-Macro zum einen an die Rahmenparameter (Bevölkerungsentwicklung, Entwicklung des BIP, Wertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen) angepasst (Kemmler et al., 2025), und zum anderen wurden Impulse aus den Bottom-up-Modellen (vgl. Kapitel 2) integriert. Diese Impulse umfassen dabei insbesondere exogene Änderungen der Höhe und Struktur von Konsum und Investitionen, von Vorleistungsstrukturen ebenso wie exogene Änderungen des Außenhandels und exogene Änderungen auf den Staatshaushalt. Konkret sind das Energieausgaben der Unternehmen und privaten Haushalte, Investitionen in Energieerzeugungsanlagen und in Infrastruktur, in Fahrzeuge und in Gebäude, Betriebskosten der Energieerzeugung, Außenhandel mit Energieträgern etc. Für die Integration in das Modell werden die Impulse in die Systematik der Input-Output-Rechnung als Teil der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung überführt. Das beinhaltet zunächst die Einordnung in die verschiedenen Nachfragekategorien (Investitionen, Konsum, Außenhandel und Vorleistungen) und weiterhin die Überführung von der Ebene der Technologien bzw. Energieträger in die entsprechenden betroffenen produzierenden oder dienstleistenden Wirtschaftszweige. Grundlage hierfür bildet die auf Literatur und Schätzungen von Expert*innen beruhende Datenbasis des Fraunhofer ISI und des Öko-Instituts.

Die an die Rahmendaten angepassten Entwicklung enthält bereits strukturelle Änderungen, die auf Wirtschaftswachstum und Energiepreisentwicklung zurückgehen, nicht jedoch auf Politikmaßnahmen im MMS. Aus diesem Grund gehen die Nachfrageänderungen der Impulse nicht in Gänze ins Modell ein, sondern nur die Differenz zur entsprechenden Rahmenentwicklung. Da für die Projektionen 2025 kein in sich sektorübergreifendes Ohne-Maßnahmen-Szenario berechnet wurde, muss hier mit vereinfachenden Annahmen gearbeitet werden und entsprechend weisen die Ergebnisse eine gewisse Unsicherheit auf.

Die Nachfrageänderungen durch die Impulse wirken zum einen direkt in den betroffenen Wirtschaftsbereichen. Zum anderen führen sie zu indirekten Effekten in den vorgelagerten Wirtschaftsbereichen und – durch die Schließung des Modells, d. h. durch die Kopplung von Konsum, Staatskonsum und Investitionen an die Wertschöpfung bzw. das Bruttoinlandsprodukt – zu induzierten Effekten. Unter induzierten Effekten versteht man Nachfrageeffekte, die sich durch die veränderte Wirtschaftsstruktur ergeben, beispielsweise durch veränderte Löhne und damit ein angepasstes Konsumbudget. Zu den Stärken von ISI-Macro gehört sein hoher Detailgrad bei den Wirtschaftsbereichen. Dadurch ist das Modell insbesondere für die Abschätzung struktureller Effekte, die sich aus Veränderungen auf der Nachfrageseite ergeben, gut geeignet. Im Vergleich zu einem vollintegrierten Modell bietet die Kopplung mit Energiesystemmodellen Vorteile. So können Energiesystemmodelle im Allgemeinen das Energiesystem detaillierter abbilden und sind dabei flexibler, beispielsweise weniger stark an eine ökonomische Theorie gebunden. Durch den Fokus auf die Nachfrageseite ist ISI-Macro für Fragestellungen, bei denen die Limitierung von Produktionsfaktoren im Vordergrund steht, weniger gut geeignet. Die modellendogenen Mechanismen zur Abbildung von Preiseffekten sind grob gehalten, Substitution wird modellendogen nicht abgebildet und muss über Impulse einfließen. Da es sich bei ISI-Macro um ein nationales Modell handelt, ist zudem die Darstellung des Außenhandels limitiert.

Abbildung 26: Schematische Darstellung des Modells ISI-Macro



Quelle: Eigene Darstellung, Fraunhofer ISI

3.2 Impulse für die gesamtwirtschaftliche Analyse

Die Abbildungen in diesem Kapitel zeigen die Bereiche Investitionen, Konsum, Handelsbilanz; Staatshaushalt und Vorleistungen im MMS im Referenzjahr 2023, sowie über Fünf-Jahres-Perioden 2026-2030, 2031-2035, 2036-2040, 2041-2045 und 2046-2050 gemittelt. In die Modellierung gehen die Differenzen zum Referenzjahr 2023 ein. Alle Werte sind in der Preisbasis 2023 dargestellt.

Textbox 7: Impulse für die gesamtwirtschaftliche Analyse: Wesentliches auf einen Blick

Projizierte Entwicklung der Investitionen im MMS

- ▶ Die Gesamtinvestitionen steigen bis 2035 und sind danach rückläufig.
- ▶ Die energieintensive Industrie erfährt Nachfrage durch die Investitionen in die Gebäudehülle, die in den 2030er-Jahren ihren Höhepunkt erreichen.
- ▶ Die elektrischen Ausrüstungen profitieren breit von den Investitionen in Technologien im Gebäudesektor, in elektrische Fahrzeuge sowie in Infrastruktur.

- ▶ Der Maschinenbau erfährt Nachfrage durch Technologien im Gebäudesektor.
- ▶ Das Baugewerbe profitiert sehr breit von den Investitionen im Gebäudesektor und in Energie- und Verkehrsinfrastruktur.
- ▶ Die rückläufigen Investitionen in Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor führen zu sinkender Nachfrage im sonstigen verarbeitenden Gewerbe.
- ▶ Unsicherheit besteht bei den Importanteilen (basieren je Wirtschaftsbereich auf der Input-Output-Tabelle 2019 und werden fix gehalten).

Projizierte Entwicklung der Konsumausgaben

- ▶ Bei der Gebäudeenergie erfolgt eine Zunahme der Ausgaben für regenerative Energien und Abnahme bei den Ausgaben für fossile Energieträger
- ▶ Bei Fahrzeugen werden durch private Haushalte zunehmend BEV anstatt ICEV/PHEV erworben. In Summe sind die Ausgaben für Fahrzeuge rückläufig. Analog dazu wird zunehmend weniger für fossile Kraftstoffe und mehr für erneuerbare Energien inklusive Strom ausgegeben.
- ▶ Die Ausgaben der privaten Haushalte insgesamt im Bereich Gebäude und Verkehr für Energie, Fahrzeuge, Haushaltsgeräte und Heiztechnologien sind rückläufig. Werden darüber hinaus auch die zusätzlichen unterstellten Wohnkosten durch die Modernisierungsumlage berücksichtigt, bleiben die Ausgaben im Zeitverlauf etwa gleich.
- ▶ Unsicherheiten bestehen bezüglich der Energiepreise und der Höhe der umgelegten Investitionen.

Projizierte Entwicklung des Handels mit Energieträgern

- ▶ Die Ausgaben für importierte fossile Energieträger sind bis 2050 stark rückläufig und sinken auf unter 20 % des Wertes von 2023.
- ▶ Die Handelsbilanz von Energieträgern bleibt in Summe bis 2050 negativ (mehr Importe als Exporte).
- ▶ Bei Strom ist ab 2030 eine positive Handelsbilanz zu verzeichnen, die bis 2050 auf knapp 3,5 Mrd. Euro/Jahr ansteigt.

Projizierte Entwicklung des Staatshaushaltes

- ▶ Der Saldo der berücksichtigten Staatseinnahmen und Staatsausgaben nimmt bis 2050 ab und wird ab Mitte der 2030er Jahre negativ.
- ▶ Einnahmen durch Verkehrsabgaben sinken stark mit dem Auslaufen der Verbrennertechnologien, Einnahmen durch Industrieabgaben tragen gleichbleibend zum Staatshaushalt bei.
- ▶ Steigende staatliche Investitionen stellen die größte Ausgabenquelle des Staats dar.

Projizierte Entwicklung der Vorleistungen für das verarbeitende Gewerbe und GHD

- ▶ Die von Industrie und GHD für ihre Produktion bezogenen Güter und Dienstleistungen werden in der Input-Output-Rechnung als Vorleistungen bezeichnet. Subventionen, Steuern und CO₂-Kosten sind nicht enthalten.
- ▶ Energie- und Betriebskosten im Industriesektor sind in Summe deutlich geringer als im Ausgangsjahr 2023.
- ▶ In gewerblichen Gebäuden führt der Wechsel von fossilen Energieträgern zu regenerativen Energien in Kombination mit steigender Effizienz zu einer Halbierung der Ausgaben für Energie.
- ▶ Bei den Energieausgaben für den gewerblichen Verkehr findet ein deutlicher Wechsel von fossilen Kraftstoffen zu erneuerbaren Energieträgern inklusive Strom statt. Insgesamt steigen die Energieausgaben für den gewerblichen Verkehr im Vergleich zu 2023 an, was insbesondere auf eine wachsende Fahrleistung zurückzuführen ist.
- ▶ Im Energiesektor sinken aufgrund des Technologiewechsels die Bezüge von Brennstoffen deutlich, die Betriebskosten steigen an.
- ▶ Unsicherheiten bestehen hinsichtlich der Entwicklung der Energiepreise.

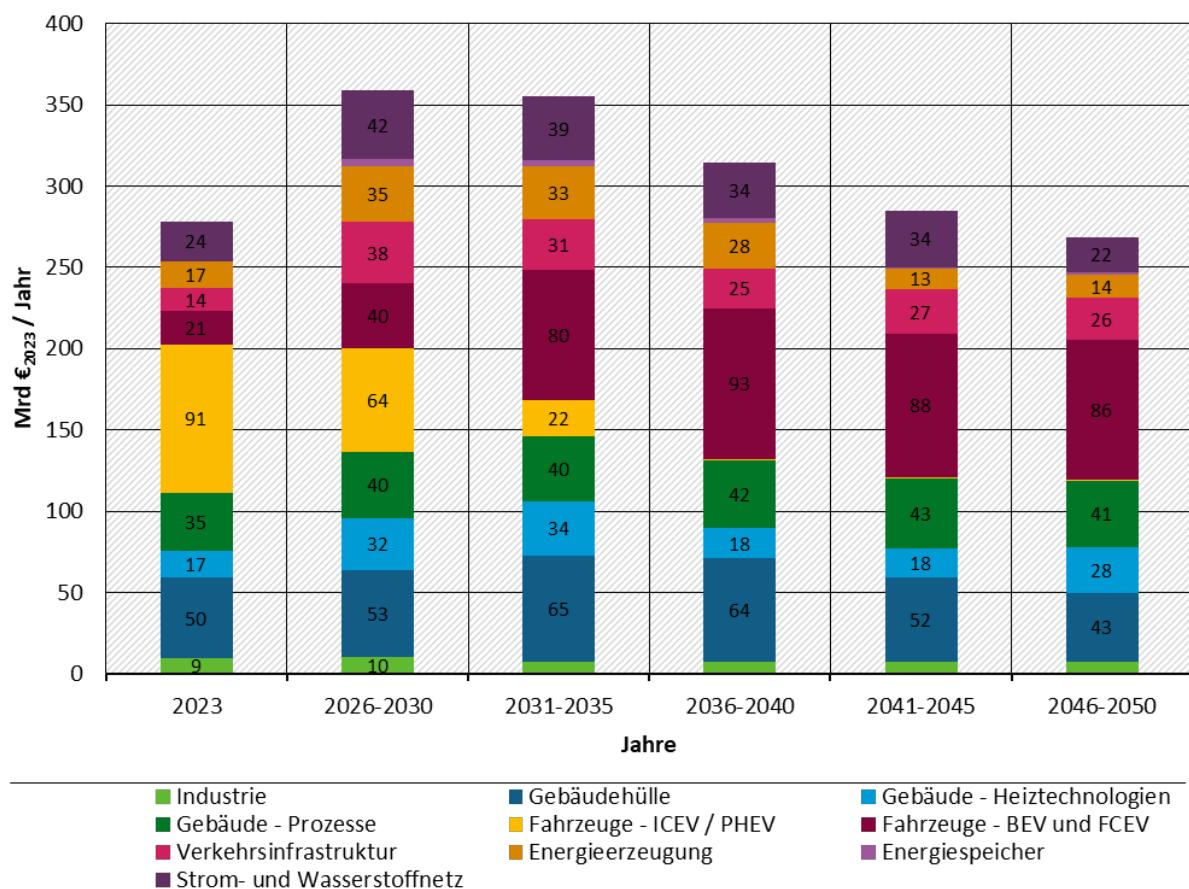
3.2.1 Investitionen

Für die gesamtwirtschaftliche Analyse ist es wie im Methodikteil (3.1) beschrieben wichtig, die Impulse in die passende Nachfragekategorie (Investitionen, Konsum, Außenhandel und Vorleistungen) einzuordnen und von der Ebene der Technologien bzw. Energieträger in die entsprechenden betroffenen produzierenden oder dienstleistenden Wirtschaftszweige zu überführen. In Abbildung 27 sind die Impulse durch Investitionen auf Ebene der Technologien dargestellt. Es gilt in Abgrenzung zur Systemkostenanalyse in Kapitel 2 zu berücksichtigen, dass Ausgaben privater Haushalte für Pkw sowie elektrische Geräte gemäß VGR als „langfristige Konsumgüter“ nicht den Investitionen sondern dem Konsum zugerechnet werden (siehe 3.2.2). Es gilt zudem zu beachten, dass im Industriesektor nur Transformationsinvestitionen ausgewiesen sind, für die anderen Sektoren Gesamtinvestitionen.

Da die Investitionen auf Technologieebene in Kapitel 2 schon sehr ausführlich beschrieben sind, sollen hier nur die zentralen Aspekte nochmals genannt werden, die wichtig sind um die Überleitung auf die Wirtschaftsbereiche, die durch die Investitionen eine Nachfrage erfahren, besser nachvollziehen zu können.

- ▶ Die höchsten Investitionen werden im Gebäudesektor getätigt, wobei der größte Anteil auf die Gebäudehülle entfällt. Sie erreichen ihren Höhepunkt in der gemittelten Periode 2031-2035.
- ▶ Investitionen in Fahrzeuge haben ebenfalls einen sehr hohen Anteil an den Investitionen. Hier werden Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren sukzessive von voll elektrifizierten Fahrzeugen abgelöst. Die Investitionen in Fahrzeuge gehen im Zeitverlauf leicht zurück.
- ▶ Etwa ein Fünftel der Investitionen entfällt in jeder Periode auf die Verkehrsinfrastruktur, das Strom und das Wasserstoffnetz.
- ▶ Die Investitionen in Energieerzeugungstechnologien sind in den Perioden 2026-2030 und 2031-2035 am höchsten mit etwa einem Zehntel der Gesamtinvestitionen.

Abbildung 27: Projizierte Entwicklung der Impulse durch Investitionen auf Ebene der Technologien – Absolute Werte des MMS

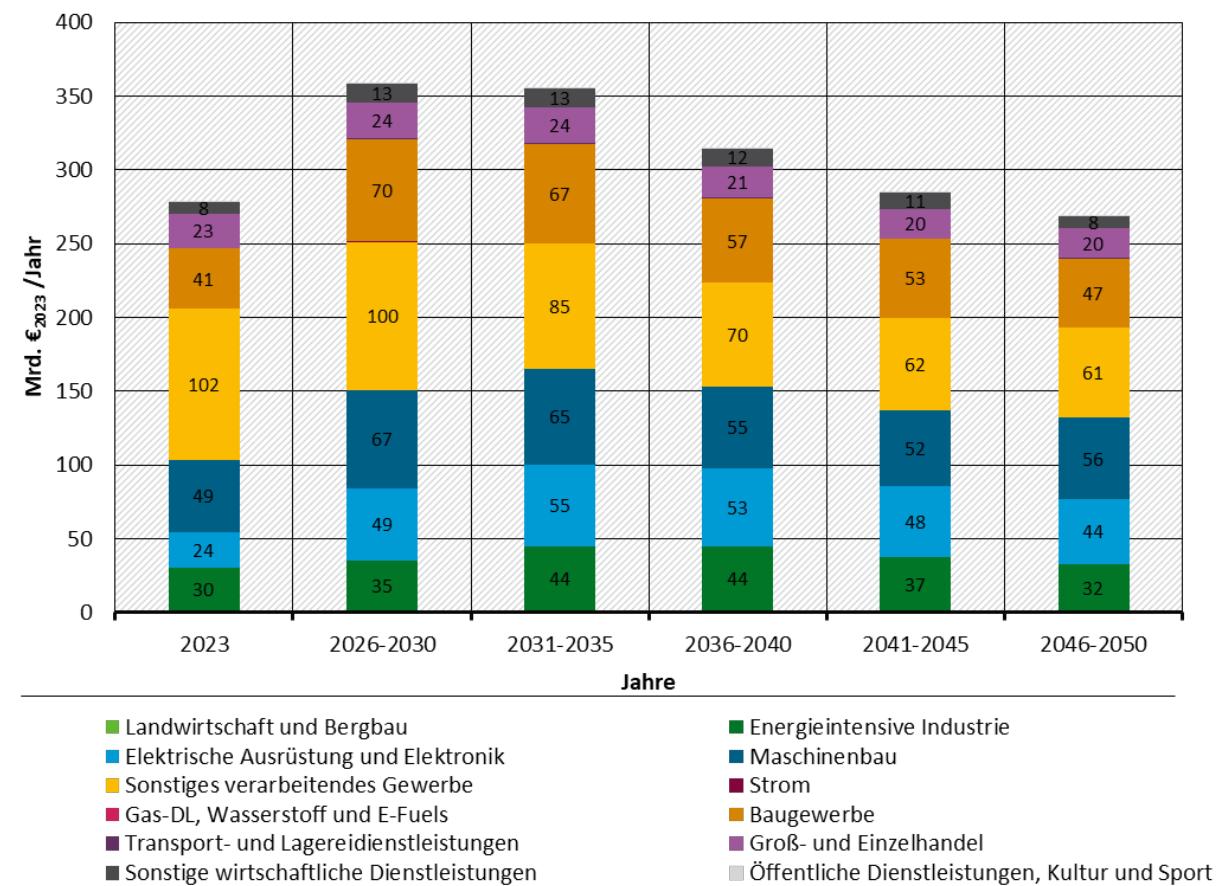


Quelle: Eigene Darstellung, Fraunhofer ISI; Modellrechnungen: Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES, M-Five.

Anmerkungen: Werte sind bis auf das Jahr 2023 über 5 Jahre gemittelt. Mit Ausnahme des Industriesektors sind Gesamtinvestitionen ausgewiesen.

Abbildung 28 stellt die projizierte Entwicklung der Investitionen gruppiert nach Wirtschaftsbereichen dar, und somit in der Systematik, mit der sie auch im Modell ISI-Macro weiterverwendet werden. Die Darstellung umfasst die gesamten Investitionen, für die sowohl Güter und Dienstleistungen aus dem Ausland als auch aus heimischer Produktion verwendet werden.

Abbildung 28: Projizierte Entwicklung der Impulse durch Investitionen auf Ebene der Wirtschaftsbereiche – Absolute Werte des MMS



Quelle: Eigene Darstellung, Fraunhofer ISI; Modellrechnungen: Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES, M-Five

Anmerkungen: Werte sind bis auf das Jahr 2023 über 5 Jahre gemittelt. Impulse im primären Sektor (Landwirtschaft und Bergbau), sowie in Strom und weiteren Dienstleistungssektoren (Transport- und Lagereidienstleistungen, Sonstige wissenschaftliche DL und öffentliche Dienstleistungen) sind mit weniger als einer Mrd. Euro Investition / Jahr zu gering, um in der Graphik sichtbar zu sein. Für eine konsistente Darstellung im Kapitelverlauf bleibt die Legende für alle Wirtschaftsbereiche identisch.

Die projizierte Entwicklung der jährlichen Investitionen im Wirtschaftsbereich der energieintensiven Industrie erhöhen sich von 30 Mrd. im Jahr 2023 bis zur Periode 2031-2035 auf 44 Mrd. Euro/Jahr. Dieses Investitionsniveau wird bis Ende der 2030er Jahre gehalten, anschließend erfolgt, parallel zum Rückgang der Modernisierungen im Gebäudebereich, die den Wirtschaftsbereich energieintensive Industrie maßgeblich prägen, bis 2050 ein Rückgang der Investitionen auf 32 Mrd. Euro/Jahr, was dem Investitionsniveau von 2023 entspricht.

Investitionen in den Wirtschaftsbereich der Elektrischen Ausrüstung und Elektronik werden durch verschiedene Transformationstechnologien im Gebäude- und Verkehrsbereich, sowie insbesondere durch Infrastrukturtechnologien getrieben. In diesem Wirtschaftsbereich liegen die Investitionen in der Periode 2026-2030 mit 49 Mrd. Euro jährlich mehr als doppelt so hoch als im Referenzjahr 2023. Bis 2040 erhöht sich das Investitionsniveau weiter auf 55 Mrd. Euro/Jahr. Anschließend erfolgt ein leichter Rückgang der Investitionen auf 44 Mrd. Euro/Jahr bis 2050. Dieser Verlauf spiegelt den Zeitverlauf auf Technologieebene wider, bei der ein Maximum der Investitionen in den verschiedenen Sektoren bis 2040 erreicht wird und anschließend ein Rückgang zu verzeichnen ist.

Die durchschnittlichen jährlichen Investitionen im Maschinenbau, die durch Prozesse und verschiedene andere Technologien gespeist werden, folgen dem oben beschriebenen Ausbaumaximum und erhöhen sich von 49 Mrd. in 2023 auf 65 Mrd. Euro/Jahr in der Periode 2026-2035, um dann bis Ende des Betrachtungszeitraums auf 56 Mrd. Euro/Jahr wieder etwas abzusinken.

Das sonstige verarbeitende Gewerbe profitiert vorwiegend durch Investitionen in den Fahrzeugbau. Hierbei gilt es zu beachten, dass bei vollelektrifizierten Fahrzeugen nur ein Teil der Investitionen dem Fahrzeugbau zugeordnet wird, während Batterie und elektrischer Antriebsstrang auf andere Wirtschaftsbereiche (insbesondere elektrische Ausrüstungen) entfallen. Zu Beginn des Betrachtungszeitraums ist das sonstige verarbeitende Gewerbe der Wirtschaftsbereich mit den höchsten Investitionen. Ein Investitionsniveau von 100 Mrd. Euro/Jahr wird bis 2030 gehalten. Anschließend wird bis 2040 ein Rückgang auf 70 Mrd. Euro/Jahr projiziert. In den 2040er sinken die Investitionen im sonstigen verarbeitenden Gewerbe weiter auf etwa 60 % des Referenzjahrs 2023. Zunehmende Investitionen in BEV kompensieren den Rückgang an Verbrennerfahrzeugen damit nicht vollständig.

Das Baugewerbe verzeichnet in 2023 Investitionen in Höhe von 41 Mrd. Euro. Bedingt insbesondere durch den Ausbau im Gebäudesektor, sowie in Infrastruktur von Energie- und Schienennetz wird in den Perioden bis in die 2030er Jahre ein Anstieg der jährlichen Investitionen um 75 % auf 70 Mrd. Euro/Jahr projiziert. Anschließend folgt ein deutlicher Rückgang, so dass die Investitionen in der Periode 2046-2050 mit 47 Mrd. Euro nur leicht oberhalb des Wertes von 2023 projiziert werden.

Investitionen in Dienstleistungssektoren machen ca. 10 % der ausgewiesenen berücksichtigten Investitionen aus. Den größten Anteil hieran hat der Wirtschaftsbereich Groß- und Einzelhandel, der besonders über die Investitionen in Kraftfahrzeuge gesteuert wird. Beginnend bei 23 Mrd. Euro in 2023 erfolgt in der Projektion ein leichter Anstieg der Investitionen in der Periode 2031-2035, dessen Niveau mit knapp 24 Mrd. Euro bis 2040 beibehalten wird. Im weiteren Verlauf bis 2050 gehen die Investitionen auf 20 Mrd. Euro zurück und liegen damit unter dem Niveau von 2023. Sonstige Wirtschaftliche Dienstleistungen verzeichnen einen Anstieg der Investitionen von knapp 8 auf 13 Mrd. Euro pro Jahr in 2026-2030. Anschließend erfolgt ein Rückgang der Investitionen, die sich 2046-2050 mit 8,5 Mrd. Euro/Jahr auf dem Niveau von 2023 wiederfindet.

Höhere Investitionen führen im Modell zu einem Anstieg der Produktion und der Wertschöpfung in den Wirtschaftsbereichen, die direkt und indirekt an der Bereitstellung der jeweiligen Produkte beteiligt sind. Über diesen strukturellen Effekt hinaus gibt es auch einen Wachstumseffekt, der sich aus einem erhöhten gesamtwirtschaftlichen Nachfrageriveau ergibt. Gleichzeitig führen Investitionen zu höheren Abschreibungen in den Wirtschaftsbereichen, welche die Investitionen tätigen.⁷ Ohne Preisadjustierung fallen dadurch andere Elemente der Wertschöpfung wie Gewinne und Löhne in den investierenden Wirtschaftsbereichen entsprechend geringer aus. Geringere Gewinne und Löhne wirken sich auf das Konsumniveau aus. Dadurch entsteht ein dämpfender Effekt.

⁷ Dies bezieht sich auf Abschreibungen des neu aufgebauten Kapitalstocks und nicht auf mögliche vorgezogene Abschreibungen. Letztere werden in der Analyse nicht näher betrachtet.

3.2.2 Konsum

In Abbildung 29 sind die Impulse zur projizierten Entwicklung durch Konsum auf Ebene von Gütern und Dienstleistungen für das Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS) in Mrd. Euro/ Jahr dargestellt.

Neben dem Konsum von Gütern und Dienstleistungen im Verkehr- und Gebäudesektor durch private Haushalte sind gemäß VGR Ausgaben der Haushalte für Fahrzeuge als Konsum berücksichtigt. Auch die Ausgaben für Haushaltsgeräte werden als Konsumausgabe erfasst.⁸ Die Darstellung umfasst den Konsum von sowohl Gütern aus heimischer Produktion als auch von Importen. Sie enthält keine Steuern oder sonstige Abgaben.

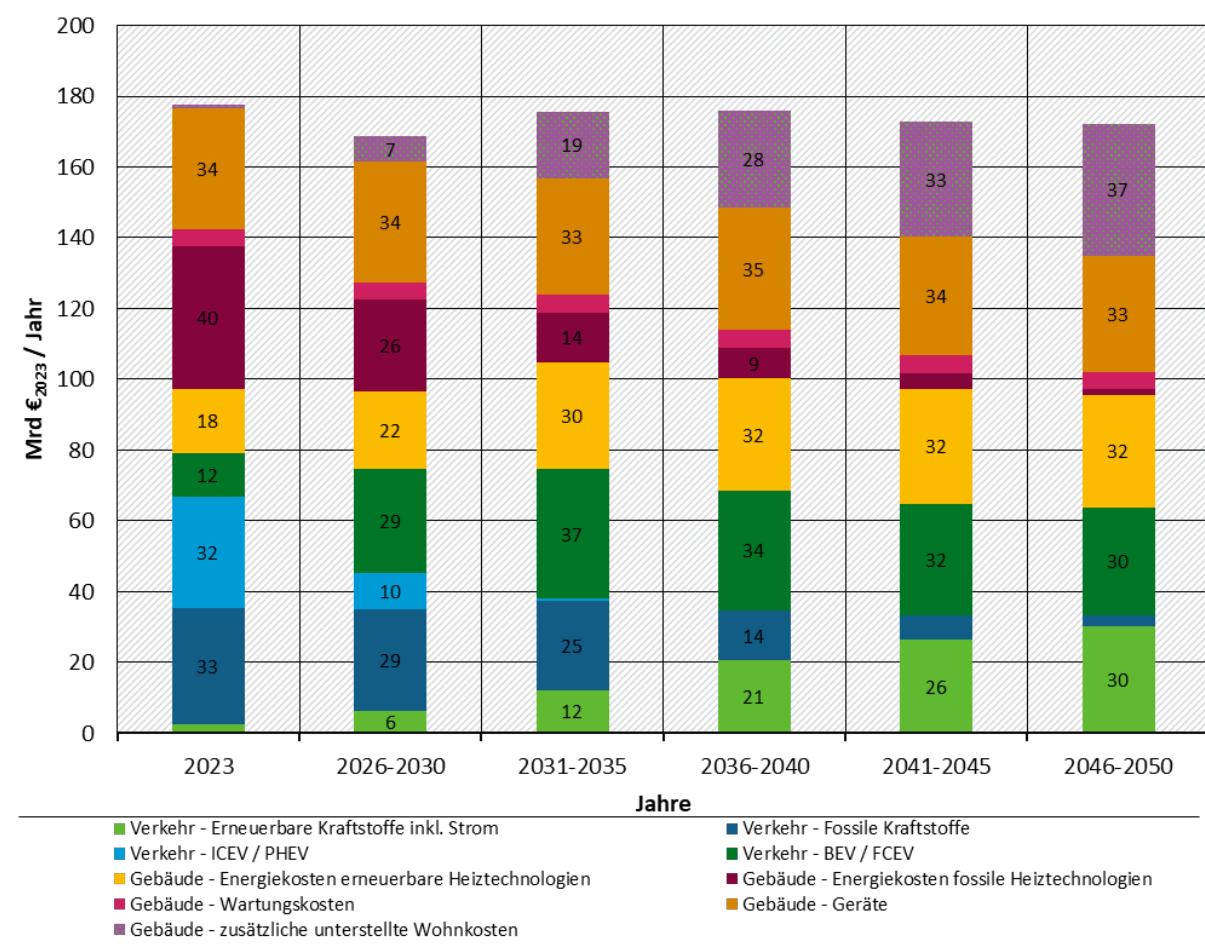
Zusätzlich zu den Konsumdaten aus der Sektormodellierung ist – wie bei der Folgenabschätzung der Projektionen 2023 und 2024 (Schumacher, Appenfeller, Cladius, Bei der Wieden et al., 2024; Schumacher, Appenfeller, Cladius, Kreye et al., 2024) – ein Anstieg der unterstellten Wohnkosten berücksichtigt, der im Wettbewerb mit dem Konsum in anderen Bereichen stehen kann. Er wurde als Umlage von 6 % der energetischen Mehrinvestitionen abgebildet.

Folgende Beobachtungen zum Konsumimpuls sind zentral:

- ▶ Bei der Gebäudeenergie erfolgt eine Zunahme der Ausgaben für regenerative Energien und Abnahme bei den Ausgaben für fossile Energieträger.
- ▶ Bei Fahrzeugen werden durch private Haushalte zunehmend BEV anstatt ICEV/PHEV erworben. Es wird zunehmend weniger für fossile Kraftstoffe und mehr für erneuerbare Energien inklusive Strom ausgegeben. Insgesamt sind die Ausgaben für Fahrzeuge rückläufig, was auch auf eine anteilige Verlagerung auf die Schiene zurückzuführen ist.
- ▶ Die Ausgaben der privaten Haushalte im Bereich Gebäude und Verkehr für Energie, Fahrzeuge, Haushaltsgeräte und Heiztechnologien nehmen ab. Werden darüber hinaus auch die zusätzlichen unterstellten Wohnkosten durch die Modernisierungsumlage berücksichtigt, bleiben die Ausgaben im Zeitverlauf etwa gleich.

⁸ Dies stellt einen Unterschied zu Systemkostenanalyse dar, in der diese langfristigen Konsumausgaben zu den Investitionen gerechnet werden.

Abbildung 29: Projizierte Entwicklung der Impulse durch Konsum auf Ebene der Güter und Dienstleistungen – Absolute Werte des MMS



Quelle: Eigene Darstellung, Fraunhofer ISI; Modellrechnungen: Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES

Anmerkungen: Alle in der Legende aufgeführten Bereiche enthalten Impulse. Werte sind bis auf das Jahr 2023 über 5 Jahre gemittelt.

Im Verkehrssektor ist bei den energiebezogenen Konsumausgaben, ähnlich wie bei den Investitionen, ein Übergang von fossilen zu regenerativen Energieträgern zu erkennen. Das Verbrennerverbot spiegelt sich direkt im Konsumrückgang von ICEV/PHEV durch private Haushalte wider: hier werden nach 2030 kaum noch solche Fahrzeuge erworben. Aufgrund der Lebensdauer von Bestandsfahrzeugen beginnt der Rückgang im Konsum fossiler Fahrzeugkraftstoffe langsam: In der Periode 2031-2035 sind es noch fast 80 % des Niveaus von 2023 (25 Mrd. Euro/Jahr). Anschließend erfolgt in der projizierten Entwicklung jeweils eine Halbierung in den aufeinanderfolgenden 5-Jahres-Perioden. So werden 2050 mit 3 Mrd. Euro/Jahr nur noch 10 % des Referenzwertes von 2023 erworben. Parallel sind ein starker Anstieg beim Konsum von Strom und regenerativen Fahrzeugkraftstoffen, sowie von BEV durch Privathaushalte zu verzeichnen: Der Konsum regenerativer Kraftstoffe inkl. Strom verzehnfacht sich bis 2050 von 3 Mrd. Euro/Jahr auf 30 Mrd. Euro/Jahr in 2050. Der Konsum von BEV durch Haushalte verdreifacht sich in der Periode 2030-2035 auf 36 Mrd. Euro, danach erfolgt ein leichter Rückgang bis 30 Mrd. Euro/Jahr, der sich unter anderem durch reduzierte Preise für E-Pkw erklären lässt. Mit Ausgaben von max. 3,5 Mrd. Euro/Jahr sind FCEV im gesamten Betrachtungszeitraum deutlich weniger relevant als BEV.

Für den Konsum im Gebäudesektor lassen sich folgende projizierten Entwicklungen beschreiben: Die Ausgaben für erneuerbare Energien und Strom steigen von 18 Mrd. Euro im Referenzjahr 2023 auf 32 Mrd. Euro/Jahr und verbleiben 2030-2050 in diesem Bereich. Zeitgleich erfolgt ein kontinuierlicher Rückgang bei den Energieausgaben für fossile Heiztechnologien: 2045-2050 sind mit 1,6 Mrd. Euro/Jahr nur noch 5 % des Konsums von 2023 (40 Mrd. Euro/Jahr) zu verzeichnen. Bei dieser Betrachtung der Konsumausgaben für Energie sind Steuern und CO₂-Kosten nicht berücksichtigt. Die Wartungskosten für Gebäudetechnologien sind im gesamten Betrachtungszeitraum auf etwa 5 Mrd. Euro/Jahr projiziert. Investition in Geräte durch Haushalte betragen im gesamten Betrachtungszeitraum 33-35 Mrd. Euro/Jahr. Erhöhte Kosten durch Energieeffizienzmaßnahmen schlagen sich gemäß VGR für Mieter und Eigentümer in den unterstellten Wohnkosten⁹ nieder und beeinflussen das Konsumverhalten der Bevölkerung. Um diesen Effekt abzubilden, werden dem Konsum im Gebäudebereich zusätzliche unterstellte Wohnkosten berücksichtigt. Hierzu wird wie in der Folgenabschätzung zum Projektionsbericht 2024 (Schumacher, Appenfeller, Cludius, Kreye et al., 2024) angenommen, dass bei Modernisierungen eine Umlage in Höhe von 6 % anfällt. Dies ist geringer als die mögliche Mietumlage von bis zu 8 %, da ein volles Ausschöpfen als wenig realistisch eingestuft wurde: es fehlen empirische Daten dazu, ob dieser Wert tatsächlich auf dem Wohnungsmarkt durchgesetzt werden kann. Mit zunehmender Zahl modernisierte Wohnungen kumuliert sich die Umlage, wodurch ein Anstieg von 7 Mrd. Euro/Jahr von 2026-2030 auf 37 Mrd. Euro/Jahr bis 2050 zu verzeichnen ist.

In Abbildung 30 sind die Impulse durch Konsum auf Ebene der Wirtschaftsbereiche für das Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS) in Mrd. Euro/Jahr dargestellt.

Folgenden zentralen Entwicklungen, die durch den Übergang von fossilen zu regenerativen Technologien und Energiequellen erklärbar sind, lassen sich hierzu festhalten:

- ▶ Die Bedeutung des Wirtschaftsbereichs Landwirtschaft und Bergbau ist stark rückläufig
- ▶ Konsum in der energieintensiven Industrie und im verarbeitenden Gewerbe geht zurück
- ▶ Konsum im Sektor elektrische Ausrüstung und Elektronik steigt leicht an
- ▶ Konsum von Strom steigt deutlich an
- ▶ Konsum von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen steigt deutlich an

Die Impulse des Konsums im Wirtschaftsbereich Landwirtschaft und Bergbau nehmen bis 2050 stark ab: Von 39 Mrd. Euro 2023 reduzieren sie sich bis 2031-2035 fast um die Hälfte. 2046-2050 wird mit 8 Mrd. Euro nur noch ein Sechstel des Niveaus von 2023 erreicht. Dies liegt maßgeblich am Rückgang des Konsums von Gas und Heizöl, so dass die Impulse im Wirtschaftsbereich in 2050 vorwiegend durch Bioenergie geprägt ist.

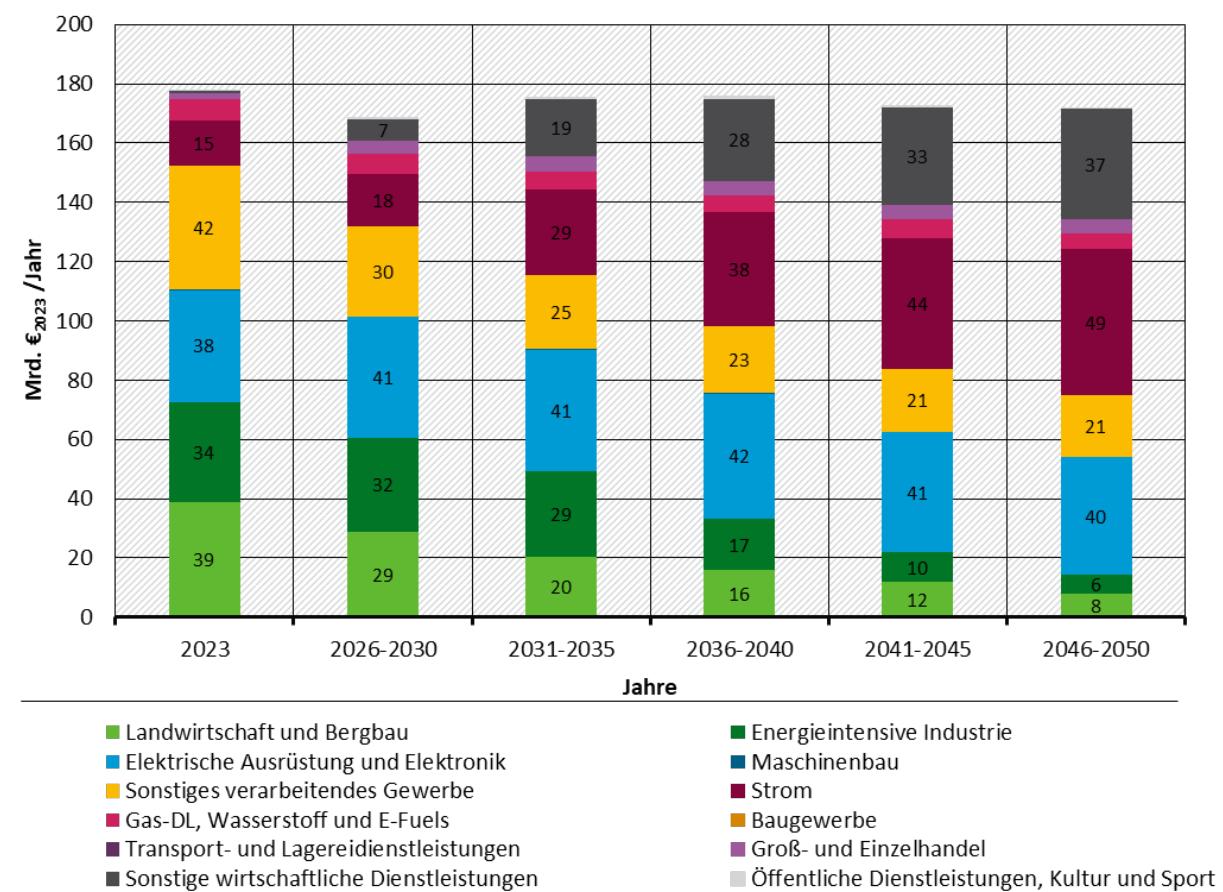
Die Impulse des Konsums in das produzierenden Gewerbe sind rückläufig: Die energieintensive Industrie verzeichnet bis 2030 einen Konsumimpuls von über 30 Mrd. Euro/Jahr. Anschließend erfolgt ein starker Rückgang, der sich mit jeder fünf-Jahres-Periode fast halbiert. Diese Entwicklung ist maßgeblich durch den Konsumrückgang von Kokerei- und Mineralölproduktionsbeständen bestimmt. Der Wirtschaftsbereich elektrische Ausrüstung und Elektronik wird insbesondere durch Haushaltsgeräte geprägt, deren Konsum langfristig konstant ist. Durch

⁹ Die unterstellten Wohnkosten oder unterstellten Mieten enthalten in der Logik der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) auch unterstellte Mieten bei Wohnungseigentümern*Wohnungseigentümerinnen. Dies ist eine andere Perspektive als die Haushaltsperspektive und ist für die Abbildung der Einkommenskreisläufe in der gesamtwirtschaftlichen Modellierung zentral.

die zunehmende Rolle von BEV in diesem Wirtschaftsbereich steigt der Konsumimpuls ab 2030 leicht auf 40 bis 42 Mrd. Euro/Jahr.

Ein starker Rückgang von 42 Mrd. Euro in 2023 auf unter 25 Mrd. Euro in der Periode 2031-2035 wird im sonstigen verarbeitenden Gewerbe, dem der Kraftfahrzeugbau zugeordnet ist, projiziert. ICEV werden kaum noch nachgefragt und dies wird in diesem Wirtschaftsbereich nicht durch den Konsum von BEV kompensiert, da Batterien und weitere Komponenten des elektrischen Antriebsstrangs nicht dem Fahrzeugbau, sondern anderen Wirtschaftszweigen zugeordnet sind. Damit verliert das sonstige verarbeitende Gewerbe seine in 2023 noch dominante Rolle. Langfristig stabilisiert sich der Konsumimpuls im sonstigen verarbeitenden Gewerbe bei 21 Mrd. Euro/Jahr.

Abbildung 30: Projizierte Entwicklung der Impulse durch Konsum auf Ebene der Wirtschaftsbereiche – Absolute Werte des MMS



Quelle: Eigene Darstellung, Fraunhofer ISI; Modellrechnungen: Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES, M-Five

Anmerkungen: Werte sind bis auf das Jahr 2023 über 5 Jahre gemittelt. Impulse im Maschinenbau, im Baugewerbe, in Transport- und Lagereidienstleistungen sowie in Öffentliche Dienstleistungen, Kultur und Sport sind zu gering, um in der Graphik sichtbar zu sein. Für eine konsistente Darstellung im Kapitelverlauf bleibt die Legende für alle Wirtschaftsbereiche identisch.

Aufgrund der Elektrifizierung im Gebäude- und Verkehrssektor erfährt der Wirtschaftsbereich Strom in den Projektionen einen starken Aufschwung: Von 15 Mrd. Euro in 2023 wird die Nachfrage durch den Konsum in diesem Wirtschaftsbereich bis 2050 mehr als verdreifacht. Im Wirtschaftsbereich Gas-Dienstleistungen, Wasserstoff und E-Fuels ist der Konsumimpuls von 7 auf 5 Mrd. Euro/Jahr leicht rückläufig. Hierbei wird der Impuls anfangs durch Erdgas, anschließend durch Wasserstoff als Energieträger bzw. Kraftstoff dominiert.

Sonstige wirtschaftliche DL umfassen den Sektor „Dienstleistungen des Grundstücks- und Wohnungswesens“. Diesem ist die Modernisierungsumlage zugerechnet, die sich aufgrund des zunehmenden modernisierten Gebäudebestands akkumuliert. So ist in diesem Wirtschaftsbereich ein deutlicher Anstieg bis auf 37 Mrd. Euro/Jahr in der Periode 2046- 2050 zu verzeichnen.

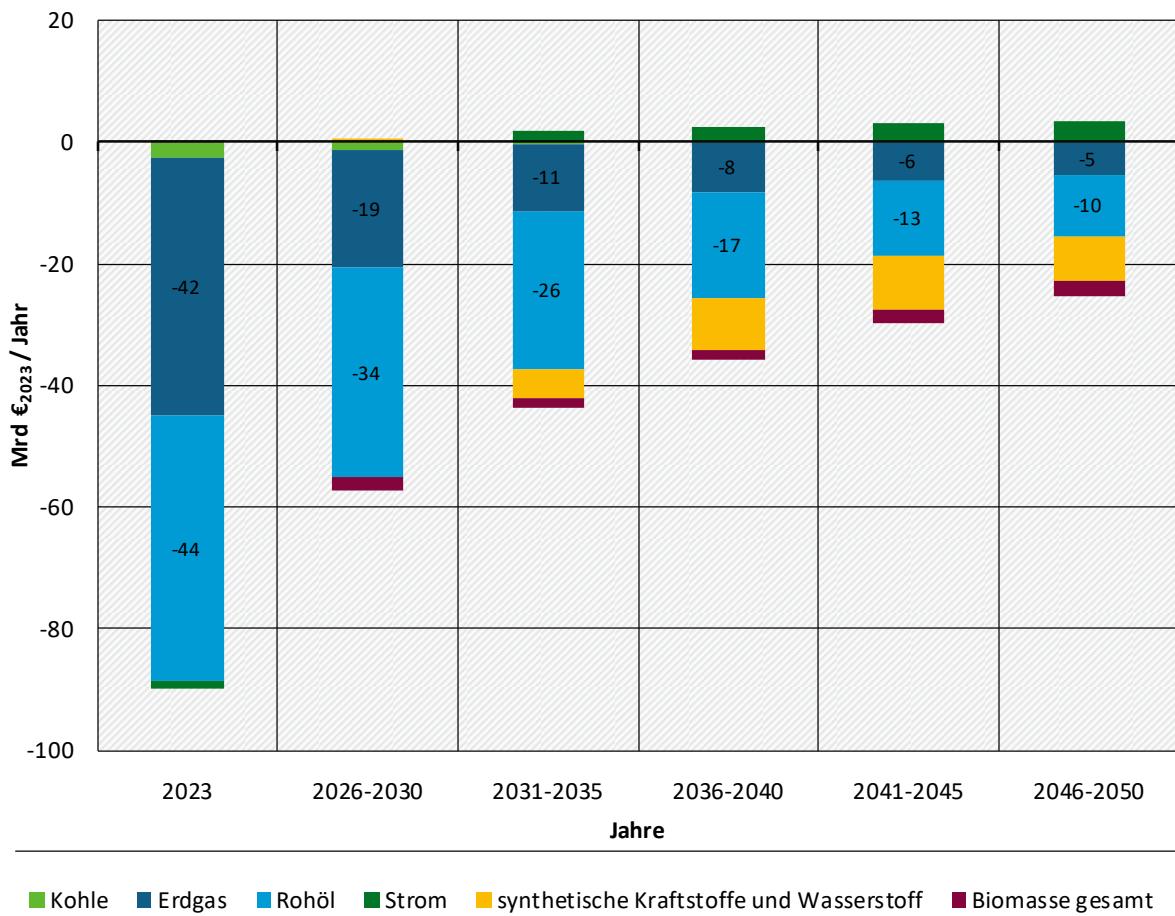
Der Konsumimpuls wirkt sich im Modell strukturell aus. Das Konsumniveau wird im Modell endogen über das verfügbare Einkommen bestimmt. Die Sparrate bleibt unverändert. Höhere energiebezogene Ausgaben müssen also über weniger Konsum in anderen Bereichen kompensiert werden. Der Konsumimpuls wirkt sowohl auf die inländische Produktion als auch auf Importe. Während die Nachfrageänderungen in den Bereichen Grundstücks- und Wohnungswesen, Strom, Gas-Dienstleistungen und energieintensive Industrie größtenteils im Inland wirken, betrifft der Rückgang im Bereich Landwirtschaft und Bergbau vor allem Importe. Die strukturellen Änderungen können somit durchaus die Handelsbilanz bzw. das heimische Produktionsniveau im Vergleich zu Importen beeinflussen und damit auch eine gesamtwirtschaftliche Wirkung entfalten.

3.2.3 Handelsbilanz

Die gesamtwirtschaftliche Entwicklung hängt unter anderem von der Handelsbilanz ab. Die Handelsbilanz setzt sich zusammen aus Exporten abzüglich Importen. Somit wirken höhere Importe (bzw. geringere Exporte) negativ auf die Handelsbilanz und höhere Exporte (bzw. geringere Importe) positiv auf die Handelsbilanz. Die Politikmaßnahmen im MMS beeinflussen unter anderem den Handel mit Energieträgern. In Abbildung 31 ist die Handelsbilanz für Energieträger im MMS in Mrd. Euro/Jahr dargestellt. Positive Werte entsprechen einem bilanziellen Export, negative Werte einem bilanziellen Import. Die hier dargestellten Energieträger sind nur ein Teil der Gütergruppen und Dienstleistungen, deren Handel durch die Veränderungen im MMS betroffen ist. Weitere Bereiche betreffen beispielsweise die stoffliche Verwendung von Erdöl, Erdgas, Wasserstoff und Biomasse, sowie die veränderte Nachfrage nach Investitionen und Konsumgütern. Dies wird modellendogen berücksichtigt.

Gemäß der Modellierung wird Deutschland bis 2050 zum Nettoexporteur von Strom (Netto-Exportvolumen von 3,5 Mrd. Euro in 2050). In allen weiteren Bereichen ist die Handelsbilanz negativ: Bei den fossilen Energieträgern Rohöl und Erdgas bleibt Deutschland bis 2050 auf Importe angewiesen. Jedoch geht der Handel mit Kohle, Erdgas und Öl stark zurück: Bei Kohle beträgt ab 2030 der Nettoimport weniger als 1 Mrd. Euro/Jahr. Bei Erdgas und Öl sind bis 2050 jeweils ein Rückgang des Handelsvolumens auf weniger als ein Drittel des Wertes von 2030 zu verzeichnen. Diese begründen sich einerseits in einem verringerten Brennstoffimport, andererseits aber auch maßgeblich im Rückgang des Energiepreises.

Abbildung 31: Projizierte Entwicklung der Impulse in die Handelsbilanz (Nettoimporte) – Absolute Werte des MMS



Quelle: Eigene Darstellung, Fraunhofer ISI; Modellrechnungen: Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES.

Anmerkungen: Werte sind über 5 Jahre gemittelt. Positiv: mehr Exporte als Importe. Negativ: mehr Importe als Exporte.

Der Preiseffekt ist beim Erdgas am stärksten ausgeprägt: In den Rahmendaten (Kreidelmeyer & Kemmler, 2025) ist der Erdgaspreis in 2023 mit 60 €/MWh festgehalten und damit fast dreimal so hoch wie in 2030 (21 €/MWh). Insgesamt ist somit bis 2030 ein Großteil der Veränderungen in der Handelsbilanz von Erdgas über Preiseffekte erklärbar. Ein ähnlicher, aber weniger stark ausgeprägter Preiseffekt ist auch bei Erdöl erkennbar: hier sinkt der Preis von 43 €/MWh in 2023 auf 38 €/MWh in 2030 und nimmt bis 2050 um weitere 18 % ab.

Im Modell wirkt sich eine positive Handelsbilanz positiv auf das Bruttoinlandsprodukt aus. Da im gesamten Betrachtungszeitraum die Handelsbilanz für Energieträger negativ ist, mindert der Energiehandel das BIP. Der Effekt reduziert sich bis 2050, da bis dahin die Handelsbilanz im Bereich der Energieträger von -90 Mrd. € auf -22 Mrd. € verändert.

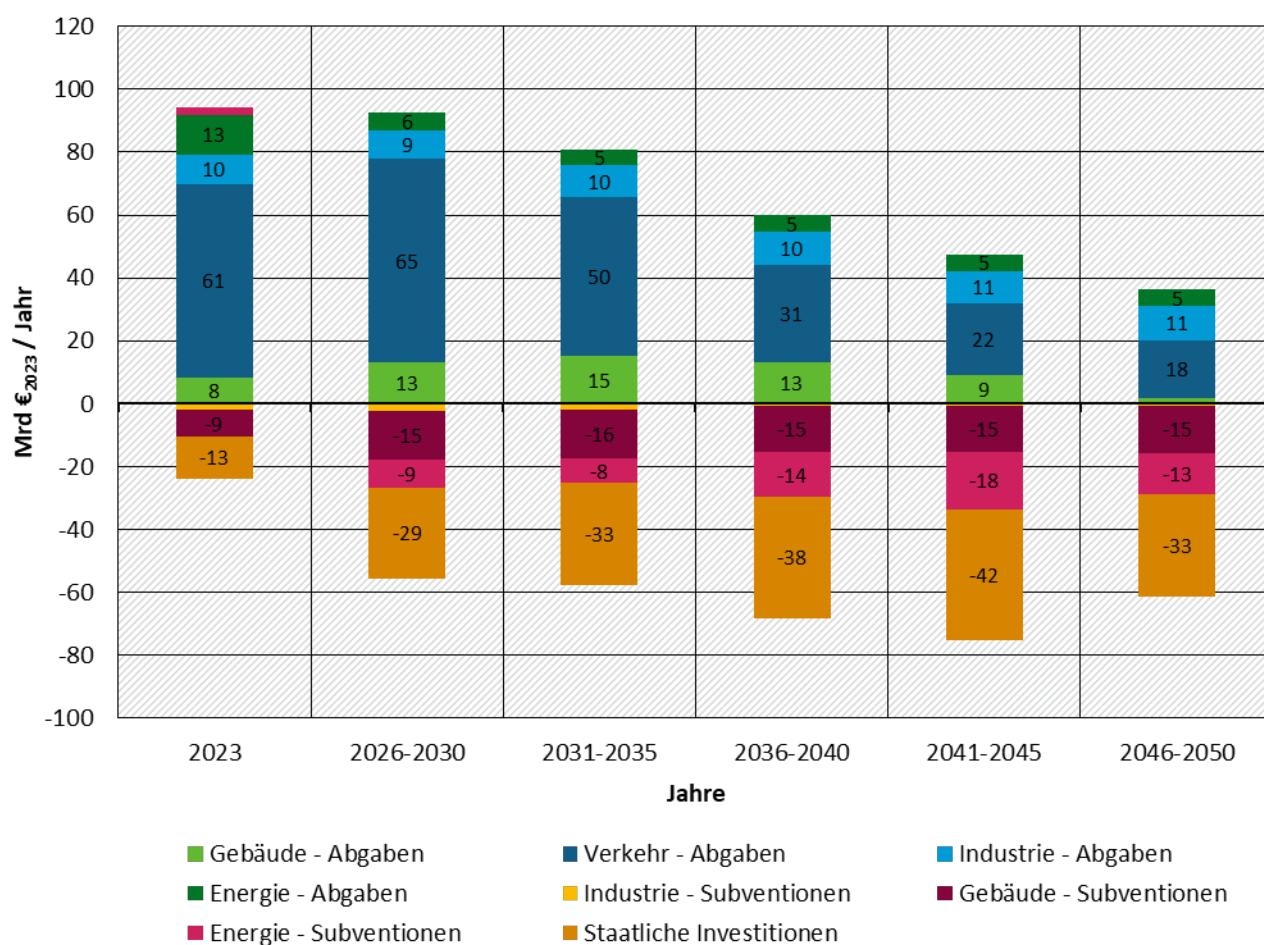
3.2.4 Staatshaushalt

Abbildung 32 zeigt die Impulse auf den Staatshaushalt nach Einnahmen- und Ausgabentypen im MMS. Dargestellt sind die absoluten Werte in Mrd. Euro. Ausgaben des Staats in Form von Subventionen und Investitionen sind negativ dargestellt, Einnahmen des Staats durch Steuern und CO₂-Kosten sind mit positivem Vorzeichen versehen. Die Abgaben im Gebäudesektor umfassen Steuern und CO₂-Kosten für Haushalte und Gewerbe. Im Verkehrssektor sind für beide Akteursgruppen (sofern vorhanden) Kfz-Steuern und Maut, sowie CO₂-Abgaben als Einnahmen

erfasst. Im Industrie- und Gebäudesektor setzen sich Subventionen jeweils aus Investitions- und Betriebskostenzuschüssen zusammen. Im Energiesektor sind zudem Vergütungen (in erster Linie EEG-Vergütungen) Teil der Subventionen.

- ▶ Zentrale Erkenntnis ist, dass in der projizierten Entwicklung der Saldo der berücksichtigten Einnahmen und Ausgaben bis 2050 zunehmend geringer wird. Die Bilanz für die berücksichtigten Einnahmen und Ausgaben wird ab Mitte der 2030er Jahre negativ.
- ▶ Einnahmen durch Industrieabgaben (vornehmlich CO₂-Bepreisung) tragen gleichbleibend zum Staatshaushalt bei. Potenzielle Einnahmen durch CBAM sind dabei nicht berücksichtigt.
- ▶ Einnahmen durch Verkehrsabgaben sinken mit dem Auslaufen der Verbrennertechnologie (CO₂-Bepreisung und Energiesteuern).
- ▶ Staatliche Investitionen (insb. Energie- und Verkehrsinfrastruktur) steigen auf über 30 Mrd. Euro/Jahr und stellen die größte Ausgabenquelle dar.

Abbildung 32: Projizierte Entwicklung der Impulse auf ausgewählte Posten des Staatshaushalts im MMS - Absolute Werte des MMS



Quelle: Eigene Darstellung, Fraunhofer ISI; Modellrechnungen: Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES

Anmerkungen: Werte sind bis auf das Jahr 2023 über 5 Jahre gemittelt. Subventionen und Investitionen, die der Staat tätigt, sind mit negativem VZ ausgewiesen.

Während die Abgaben im Verkehr aufgrund der Verbrenner noch bis 2030 steigen, und in der Periode 2026-2030 mit 65 Mrd. Euro den größten Anteil der hier betrachteten Staatseinnahmen ausmachen, ist anschließend bis 2050 ein starker Rückgang zu verzeichnen.

Im Industriesektor betragen die Betriebskostenzuschüsse und die Zuschüsse für Klimaschutzinvestitionen anfangs 2 bis 2,5 Mrd. Euro/Jahr. Sie sinken in der Projektion bis 2050 auf 0,75 Mrd. Euro/Jahr. Die aus dem Industriesektor stammenden Einnahmen (vornehmlich CO₂-Bepreisung) tragen mit ca. 10 Mrd. Euro/Jahr zu den Staatseinnahmen bei.

Im Gebäudesektor sind die Staatsausgaben durch Subventionen höher als die Einnahmen über Energiesteuern und CO₂-Bepreisung.

In den Projektionen umfassen die Staatsausgaben in den Energiesektor Subventionen und Vergütungen. Diese wachsen bis 2045 auf 18 Mrd. Euro/Jahr an und sind anschließend rückläufig.

Einnahmen des Staats durch CO₂-Bepreisung in der Energiewirtschaft liegen 2023 bei 13 Mrd. Euro. In der projizierten Entwicklung betragen die Einnahmen durch CO₂-Bepreisung im weiteren Betrachtungsverlauf 5-6 Mrd. Euro/Jahr und verbleiben in ähnlicher Höhe.

Die staatlichen Investitionen, die durch die Maßnahmen im MMS beeinflusst werden, umfassen Investitionen im Energiesektor (etwa durch öffentliche Unternehmen wie Stadtwerke) sowie Investitionen in Infrastruktur wie Stromnetze und das Schienennetz (vgl. Textbox 2). Sie betragen 2023 noch 13 Mrd. Euro und verdreifachen sich im Betrachtungszeitraum: ab den 2030er Jahren liegen sie bei über 30 Mrd. Euro jährlich. Dies führt im MMS zusammen mit den rückläufigen Einnahmen aus den zunehmend dekarbonisierten Sektoren langfristig zu einem negativen Saldo der Staatsausgaben.

Im Modell ist der Staatshaushalt ausgeglichen, das bedeutet ein positiver Saldo aus den Impulsen ermöglicht zusätzlichen Staatskonsum, ein negativer Saldo aus den Impulsen muss durch verringerten Staatskonsum ausgeglichen werden. Die Wirkung ist damit in erster Linie struktureller Art, das heißt es ändert sich nicht das Nachfrageriveau, sondern lediglich die Verteilung der Nachfrage auf Wirtschaftsbereiche.

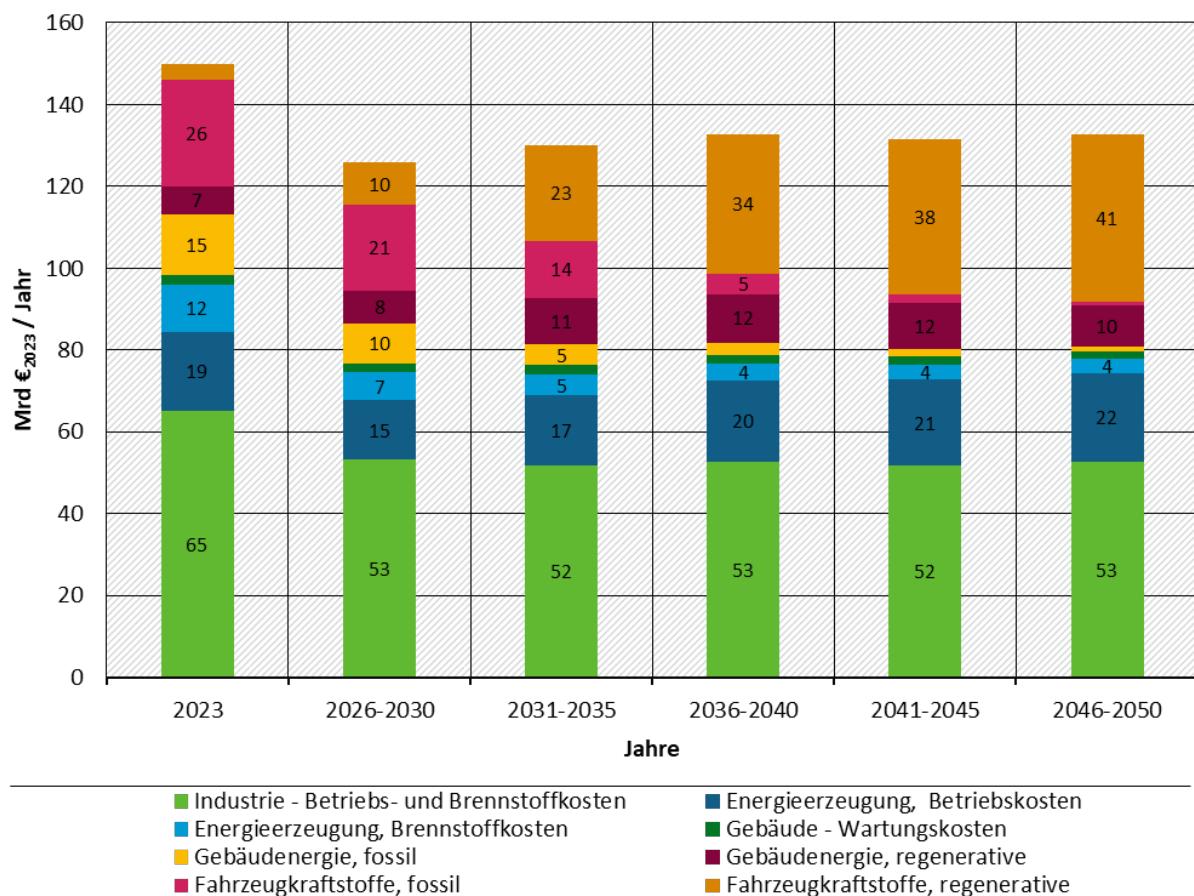
3.2.5 Vorleistungen

Die von Industrie und GHD für ihre Produktion bezogenen Güter und Dienstleistungen werden in der Input-Output-Rechnung als Vorleistungen bezeichnet. In Abbildung 33 sind die Impulse auf die Vorleistungen als absolute Werte des MMS in Mrd. Euro/Jahr dargestellt. Die Impulse auf die Vorleistungen umfassen die Energie- und Betriebskosten der Energiewirtschaft und der Industrie, sowie die Energieausgaben im Bereich des gewerblichen Verkehrs und der gewerblichen Gebäude. Steuern und CO₂-Kosten sind nicht enthalten. Eine ausführliche Beschreibung zu den Betriebskosten befindet sich in Kapitel 2, weshalb an dieser Stelle nur die wichtigsten Punkte zusammengefasst werden.

In der Industrie reduziert sich der projizierte Bezug von Betriebs- und Brennstoffkosten von 65 Mrd. Euro in 2023 auf 52 bis 53 Mrd. Euro/Jahr in den folgenden Jahren. Einflussgrößen hierfür sind neben sinkenden Energiepreisen in der Rahmendatenentwicklung zunehmende Effizienz von Prozessen, sowie der Wechsel auf andere Energieträger.

Für die Energiewirtschaft sind in den Vorleistungen die Betriebskosten der Energieerzeugungsanlagen erfasst. Für Kraftwerksformen, die Brennstoffe verwenden, wurden Brennstoffkosten und sonstige Betriebskosten separat ausgewiesen. Es zeigt sich in den Projektionen ein Rückgang im Bezug von Brennstoffen von 12 Mrd. Euro in 2023 auf 3 bis 4 Mrd. Euro/Jahr ab der Periode 2035-2040. Die weiteren Betriebskosten sinken in der Energiewirtschaft zunächst von 19 auf 15 Mrd. Euro/Jahr und steigen anschließend wieder an, was auf die verstärkte Elektrifizierung und die Neuinstallation von Anlagen ab 2030 zurückgeführt werden kann.

Abbildung 33: Projizierte Entwicklung der Impulse auf die Vorleistungen – absolute Werte des MMS



Quelle: Eigene Darstellung, Fraunhofer ISI; Modellrechnungen: Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES

Anmerkung: Werte sind bis auf das Jahr 2023 über 5 Jahre gemittelt.

Für gewerbliche Gebäude bestehen die Vorleistungen aus Wartungskosten, sowie dem Bezug von Energieträgern. Es werden im gesamten Betrachtungszeitraum Wartungskosten von 1,2 bis 2,1 Mrd. Euro/Jahr berücksichtigt. Gewerbliche Gebäude beziehen zunehmend weniger fossile Energie und mehr Strom. Der Bezug fossiler Energieträger sinkt kontinuierlich: Bis 2035 reduziert er sich auf 5 Mrd. Euro/Jahr, was einem Drittel des Bezugs aus 2023 entspricht. Bis 2050 wird eine weitere Reduktion auf unter 1 Mrd. Euro/Jahr projiziert. Beim Bezug regenerativer Energie inklusive Strom ist mittelfristig ein Anstieg um knapp 40 % von 8 Mrd. Euro in 2023 auf 11 bis 12 Mrd. Euro/Jahr im Zeitraum 2030 bis 2045 zu verzeichnen. Anschließend sinkt der Bezug regenerativer Energieträger bis 2050 leicht, was u.a. auf die energetische Sanierung im Gebäudebestand zurückzuführen ist. Insgesamt halbieren sich die Energieausgaben in gewerblichen Gebäuden (fossil und regenerativ) von fast 22 Mrd. Euro in 2023 auf 11 Mrd. Euro in 2050.

Im gewerblichen Verkehr wird der Bezug fossiler Kraftstoffe von 26 Mrd. Euro in 2023 auf 14 Mrd. Euro/Jahr in der Periode 2031-2035 fast halbiert. Mit dem Abbau der fossilen Fahrzeugflotte bis 2050 wird ein weiterer starker Rückgang des Bezugs fossiler Energien projiziert. Demgegenüber erfolgt der Hochlauf des Bezugs regenerativer Energien im gewerblichen Verkehr: Von 10 Mrd. Euro/Jahr in der Periode 2026-2030 vervierfacht er sich bis Ende des Betrachtungszeitraums auf 41 Mrd. Euro/Jahr.

Der Impuls auf die Vorleistungen bewirkt im Modell einen Nachfrageimpuls bei den Vorleistungen liefernden Wirtschaftsbereichen im In- und Ausland. Der Rückgang der Nachfrage nach fossilen Energieträgern bei Gebäude, Verkehr und Industrie reduziert Importe. Die zusätzliche Stromnachfrage wirkt hauptsächlich im Inland, Betriebskosten in der Energieerzeugung wirken sich ebenso wie die Nachfrage nach Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen sowohl auf die inländische Produktion als auch auf Importe aus.

3.3 Bruttoinlandsprodukt und Wertschöpfung

Textbox 8: Bruttoinlandsprodukt und Wertschöpfung: Wesentliches auf einen Blick

- ▶ Bruttoinlandsprodukt: Bereits die Entwicklung in den Rahmendaten zeigt ein moderates BIP-Wachstum ausgehend von 2023. Die Maßnahmen im MMS führen darüber hinaus zu einem etwas stärkeren Wachstum. Hierzu tragen insbesondere die zusätzlichen Investitionen und die Substitution von importierten fossilen Energieträgern durch heimische Erzeugung Erneuerbarer Energie bei. Ein geringeres Wachstum als in den Rahmendaten ergibt sich lediglich unter Annahme starker Verdrängung von Investitionen.
- ▶ Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen: Die Bruttowertschöpfung steigt ausgehend von 2023 im Zeitverlauf für fast alle Bereiche an. Ausnahmen mit leicht geringerer Wertschöpfung als in 2023 bilden die energieintensive Industrie und die Landwirtschaft. Die Maßnahmen im MMS reizen zusätzliche Investitionen an, von denen insbesondere das Baugewerbe, elektrische Ausrüstungen, der Maschinenbau und das sonstige verarbeitende Gewerbe profitieren. Die insgesamt höhere gesamtwirtschaftliche Nachfrage im MMS wirkt sich entsprechend positiv auf die projizierte Bruttowertschöpfung im Handel, in den sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen und in den öffentlichen Dienstleistungen aus. Die verstärkte Elektrifizierung im MMS führt zudem zu einer höheren projizierten Bruttowertschöpfung im Bereich Strom.
- ▶ Größere Unterschiede hinsichtlich der Verteilung der projizierten Bruttowertschöpfung auf die Wirtschaftsbereiche treten zwischen Rahmendaten, MMS und einer Sensitivität auf, bei der angenommen wird, dass Investitionen für den Klimaschutz andere Investitionen verdrängen. Eine Sensitivitätsanalyse zu unterschiedlichen Möglichkeiten, für einen ausgeglichenen Staatshaushalt zu sorgen (über Staatskonsum vs. Belastung privater Haushalte vs. Belastung der Unternehmen), zeigt hingegen nur geringe Unterschiede.
- ▶ Zu den Unsicherheiten bei den Impulsen und ihrer Wirkung im Modell kommen die Unsicherheiten, die sich generell auf die Verwendung eines Modells eines bestimmten Typs beziehen. Kritik an Input-Output-Modellen betrifft insbesondere die Verwendung von linear-limitationalen Produktionsfunktionen und die Annahme der Homogenität der Güter eines Produktionsbereichs (Sievers, 2020).

3.3.1 Bruttoinlandsprodukt

In Abbildung 34 ist die projizierte Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts (BIP) in Mrd. Euro für jeweils in 5-Jahreszeiträumen gemittelte Jahre im Vergleich zu 2023 dargestellt. Die unterschiedlich eingefärbten Säulen zeigen dabei neben den Rahmendaten und dem MMS weitere Sensitivitäten, bei denen die Annahmen zum Umgang mit den Impulsen auf den Staatshaushalt variiert wurden.

Der grundlegende Verlauf wird durch die Rahmendaten bestimmt (Kemmler et al., 2025). Im Jahr 2026 fällt das durch die Rahmenentwicklung vorgegebene Wachstum zunächst mit 1,6%

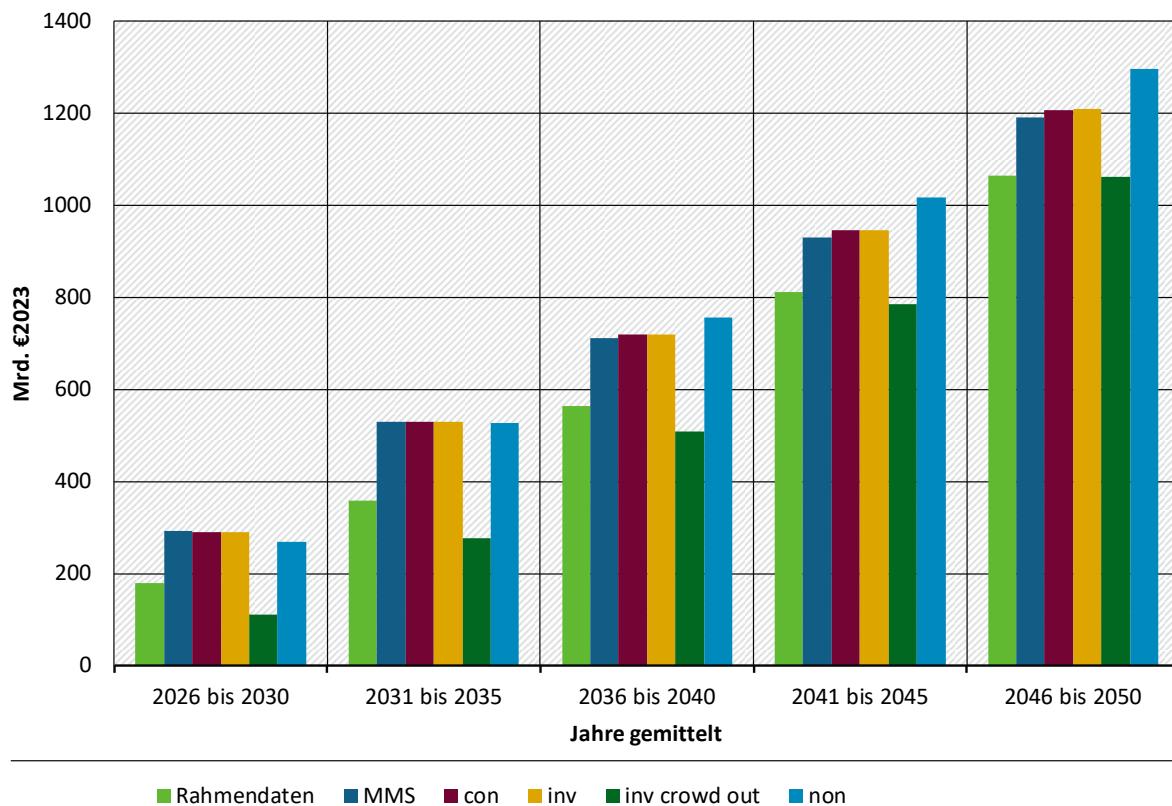
etwas höher aus, ein Aufholeffekt der vorangegangenen Jahre mit geringem oder sogar negativem Wachstum. In den darauffolgenden Jahren liegt das jährliche Wachstum unter 1% und erreicht erst zu Beginn der 2040er Jahre einen neuen Höhepunkt mit 1,1% BIP-Wachstum pro Jahr. Das geringe Wachstum ist unter anderem auf den demographischen Wandel und den damit einhergehenden mittel- und langfristigen Rückgang der Erwerbspersonen zurückzuführen.

Die Maßnahmen im MMS und die damit verbundenen Impulse erzeugen sowohl wachstumsfördernde, wachstumsdämpfende als auch strukturelle Effekte, welche sich wiederum wachstumsfördernd oder wachstumsdämpfend auswirken können. Eine ausführliche Beschreibung ist in der Folgenabschätzung zu den Projektionen 2024 (Schumacher, Appenfeller, Cladius, Kreye et al., 2024) enthalten. Der wichtigste wachstumsfördernde Effekt sind zusätzliche Investitionen. Andererseits führen die höheren Investitionen bei den Unternehmen auch zu höheren Belastungen, was sich dämpfend auswirkt. Der wichtigste strukturelle Effekt ist die Substitution von importierter fossiler Energie durch heimisch erzeugte erneuerbare Energie, was sich positiv auf die Handelsbilanz und damit auf das BIP auswirkt.

Die Sensitivitätsanalyse zeigt deutliche Unterschiede in der Entwicklung des BIP. Im MMS gleichen zusätzliche oder geringere Staatsausgaben Veränderungen bei den Staatseinnahmen aus. In der Sensitivität „con“ werden Veränderungen bei den Staatseinnahmen durch den Konsum, sprich einer Belastung der privaten Haushalte beispielsweise durch Erhöhung der Einkommenssteuer, gegenfinanziert. In der Sensitivität „inv“ erfolgt der Ausgleich über die Investitionen, dem eine Belastung der Unternehmen z. B. durch zusätzliche Besteuerung zugrunde liegt. Diese drei Szenarien zeigen einen sehr ähnlichen Verlauf. Im Gegensatz dazu enthält die Sensitivität „non“ keine Gegenfinanzierung von Veränderungen bei den Staatseinnahmen/-ausgaben, die durch die Maßnahmen angereizt werden. Das entspricht einer zusätzlichen öffentlichen Verschuldung ohne negative gesamtwirtschaftliche Effekte. Dämpfende Effekte fallen in dieser Sensitivität am geringsten aus. Deutliche Unterschiede zum MMS und den Sensitivitäten „con“ und „inv“ werden allerdings ab dem gemittelten Zeitraum 2036 bis 2040 deutlich. Ab diesem Zeitpunkt fällt das BIP wie erwartet für dieses Sensitivität höher aus. Dies liegt daran, dass im Zeitraum vor 2036 die Effekte auf den Staatshaushalt gering sind.

In der Sensitivität „inv crowdout“ werden Veränderungen bei den Staatseinnahmen ebenfalls über die Investitionen ausgeglichen. Darüber hinaus wird ein Crowding Out von sonstigen Investitionen durch die durch die Maßnahmen angereizten Investitionen unterstellt. Die Sensitivität „inv crowdout“ ist daher als die am stärksten dämpfende Sensitivität anzusehen, was sich auch daran zeigt, dass das Wachstum des BIP in dieser Sensitivität unter allen analysierten Sensitivitäten am geringsten ist. Die deutlichen Unterschiede zu den anderen Sensitivitäten, die auch schon vor dem Zeitraum 2036 bis 2040 auftreten, sind in erster Linie auf den fehlenden positiven Impuls durch zusätzliche Investitionen zurückzuführen.

Abbildung 34: Bruttoinlandsprodukt – projizierte Entwicklung des MMS und Sensitivitäten im Vergleich zu 2023



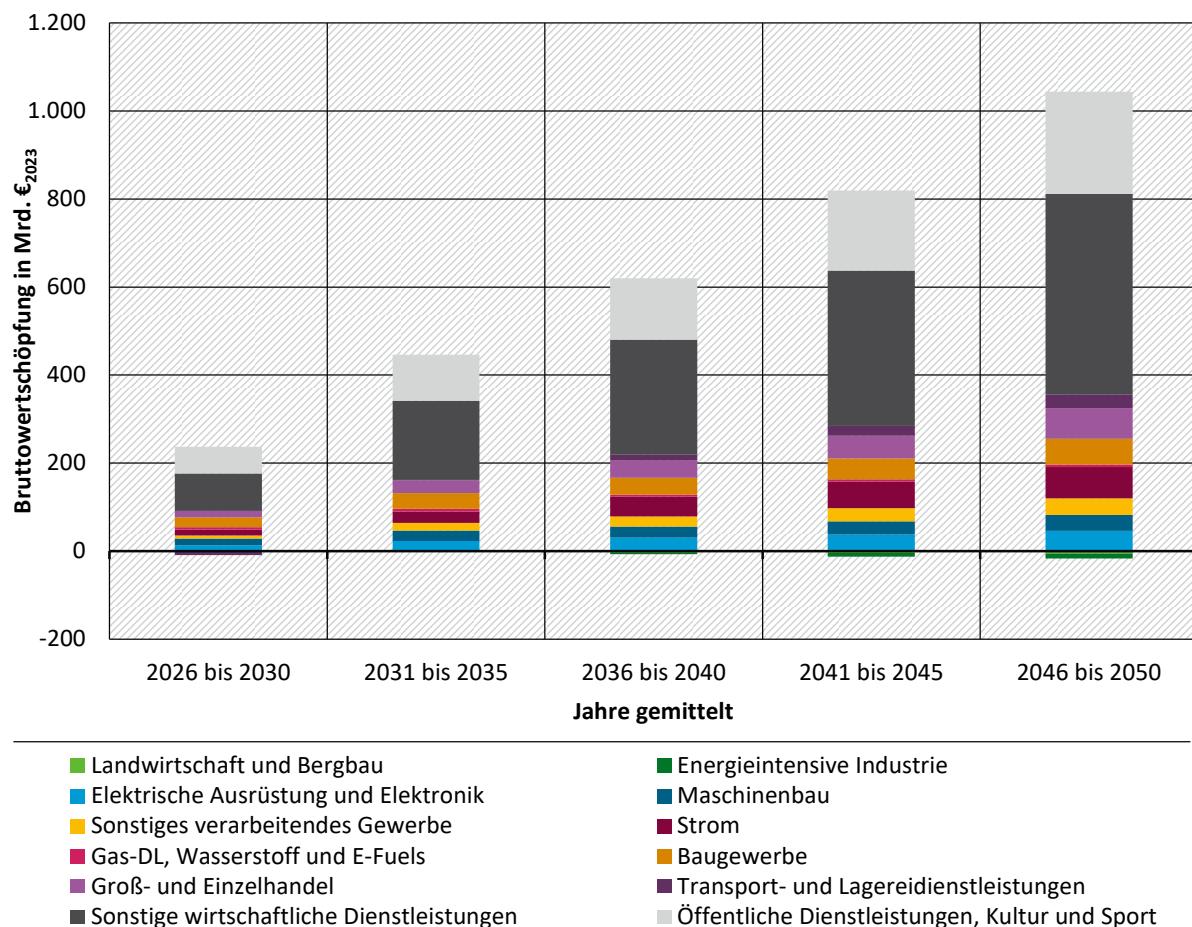
Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnungen, Fraunhofer ISI

3.3.2 Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen

Abbildung 35 zeigt die projizierte Entwicklung der Bruttowertschöpfung im MMS im Vergleich zu 2023. Die 72 Wirtschaftsbereiche des Modells wurden zu 12 Wirtschaftsbereichen zusammengefasst, die als gestapelte Säulen dargestellt sind.

Im Vergleich zu 2023 ist die Wertschöpfung im MMS in fast allen Wirtschaftsbereichen höher. Das gesamtwirtschaftliche Wachstum ist also breit verteilt auf die Wirtschaftsbereiche. Lediglich die Landwirtschaft und die energieintensive Industrie bilden eine Ausnahme mit Blick auf das Wachstum. Hier fällt die Wertschöpfung ab dem gemittelten Zeitraum 2036 bis 2040 leicht geringer aus als in 2023. Dieser Effekt wird allerdings bereits für die Rahmendaten sichtbar.

Abbildung 35: Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen – projizierte Entwicklung des MMS im Vergleich zu 2023



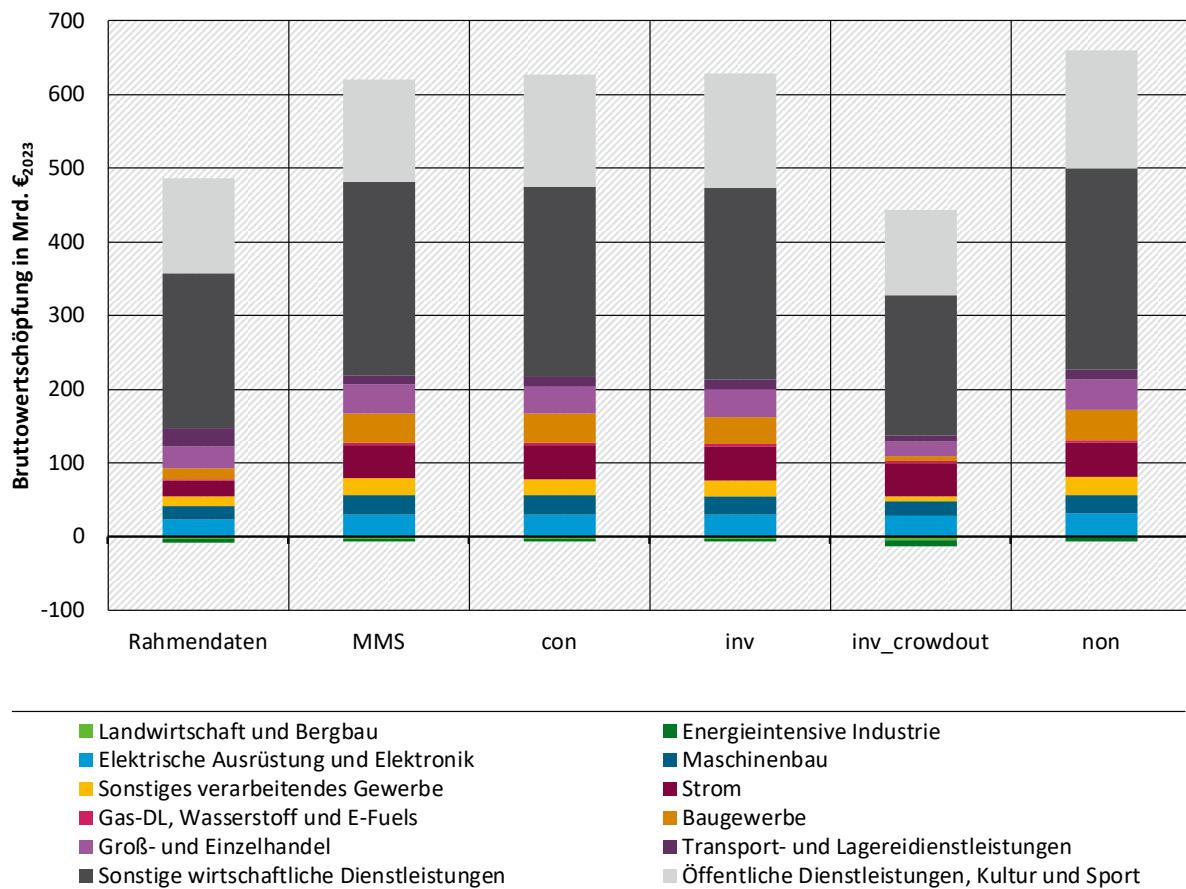
Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnungen, Fraunhofer ISI

Analog zum BIP ist die Entwicklung der Bruttowertschöpfung im MMS ein Zusammenspiel aus der durch die Rahmendaten vorgegebene Entwicklung und den Impulsen durch die Maßnahmen im MMS. Abbildung 36 zeigt die Abweichung der projizierten im gemittelten Zeitraum 2036 bis 2040 im Vergleich zu 2023. Analog zu Abbildung 35 sind die zusammengefassten Wirtschaftsbereiche als gestapelte Säulen dargestellt. Die verschiedenen Säulen zeigen Rahmendaten, MMS und die unterschiedlichen analysierten Sensitivitäten. Die Höhe der Säulen zeigt, analog zum BIP, dass der Wachstumseffekt unterschiedlich stark ausgeprägt ist. Es zeigen sich darüber hinaus aber auch leichte strukturelle Unterschiede zwischen Rahmendaten, MMS und den Sensitivitäten. Da die Maßnahmen jeweils unterschiedlich wirken, unterscheidet sich auch der relative Anteil eines Wirtschaftsbereichs am Gesamteffekt. Auch hier gilt, ähnlich wie für das BIP, dass die großen Unterschiede zwischen Rahmendaten, MMS und der Sensitivität „inv_crowdout“ auftreten, während MMS und die Sensitivitäten „con“ und „inv“ sehr ähnlich sind.

Die zunehmende Elektrifizierung im MMS und den Sensitivitäten führt zu höherer Wertschöpfung im Wirtschaftsbereich Strom. Das Baugewerbe profitiert von zusätzlichen Investitionen. Lediglich in der Sensitivität „inv_crowdout“ ist das nicht sichtbar, da hier entsprechend andere Investitionen verdrängt werden. Ein ähnlich positiver Effekt ist auch bei elektrischen Ausrüstungen, beim Maschinenbau und beim sonstigen verarbeitenden Gewerbe zu beobachten. Handel, sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen und öffentliche Dienstleistungen profitieren nicht nur von direkten und indirekten Nachfrageeffekten sondern in besonderem Maße auch durch die positive gesamtwirtschaftliche Entwicklung. Dieser Zusammenhang gilt

zwar grundsätzlich auch für Transport- und Lagereidienstleistungen und wird zum Beispiel im in Abbildung 35 abgebildeten projizierten Verlauf auch deutlich. Die Maßnahmen im MMS erhöhen jedoch die Transportkosten und schmälern dadurch den positiven Effekt auf die Wertschöpfung.

Abbildung 36: Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen - projizierte Entwicklung im MMS und Sensitivitäten in den gemittelten Jahren 2036 bis 2040 im Vergleich zu 2023



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnungen, Fraunhofer ISI

3.4 Arbeitskräftebedarf

Textbox 9: Arbeitskräftebedarf: Wesentliches auf einen Blick

- ▶ Der Arbeitskräftebedarf in diesem Kapitel ist Ergebnis der gesamtwirtschaftlichen Analyse mit einem systemischen Einbezug von sowohl positiven als auch negativen direkten und indirekten Effekten. Im folgenden Kapitel wird hingegen spezifisch der Arbeitskräftebedarf beleuchtet, der durch die Investitionen in einzelne für die Energiewende relevante Technologien entsteht.
- ▶ Arbeitskräftebedarf auf gesamtwirtschaftlicher Ebene: Im Vergleich zu 2023 geht der mit den Rahmendaten projizierte Arbeitskräftebedarf aufgrund steigender Arbeitsproduktivität zurück. Im MMS übersteigt der Arbeitskräftebedarf bis ca. 2035 das Niveau von 2023, weil der Investitionshochlauf zusätzliche Arbeitskräfte bindet. Erst danach dominiert auch im MMS der dämpfende Effekt durch die steigende Arbeitsproduktivität.
- ▶ Arbeitskräftebedarf nach Wirtschaftsbereichen: Die zusätzlichen Investitionen im MMS führen dazu, dass der projizierte Arbeitskräftebedarf im Baugewerbe, im Maschinenbau, in den

elektrischen Ausrüstungen und in den sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen höher ausfällt als in 2023. Ein leicht höherer Arbeitskräftebedarf wird zudem für den Bereich Strom projiziert, durch die verstärkte Elektrifizierung. In den anderen zusammengefassten Wirtschaftsbereichen wird ein zunehmend geringerer Arbeitskräftebedarf als in 2023 projiziert. Dies liegt teilweise daran, dass der Produktivitätsanstieg höher ausfällt als der Wertschöpfungsanstieg, in anderen Bereichen fällt aber auch die Nachfrage geringer aus.

- ▶ Größere Unterschiede hinsichtlich der Verteilung des projizierten Arbeitskräftebedarfs auf die Wirtschaftsbereiche treten zwischen Rahmendaten, MMS und der Sensitivität „inv crowdout“ auf, während MMS und die Sensitivitäten „con“ und „inv“ sehr ähnlich sind.
- ▶ Unsicherheiten betreffen die Entwicklung zur Arbeitsproduktivität. Sie orientiert sich an der Entwicklung der Erwerbspersonen und am Wirtschaftswachstum aus den Rahmenparametern. Dabei entwickelt sich die Arbeitsproduktivität per Annahme in allen Wirtschaftsbereichen gleich (ausgehend von den spezifischen Werten aus der Input-Output-Tabelle).

Abbildung 37 zeigt die projizierte Entwicklung des Arbeitskräftebedarfs in Tausend Vollzeitäquivalenten (VZÄ) für gemittelte Jahre im Vergleich zu 2023. Rahmendaten, MMS und die zugehörigen Sensitivitäten sind dabei nebeneinander als farbige Säulen abgebildet.

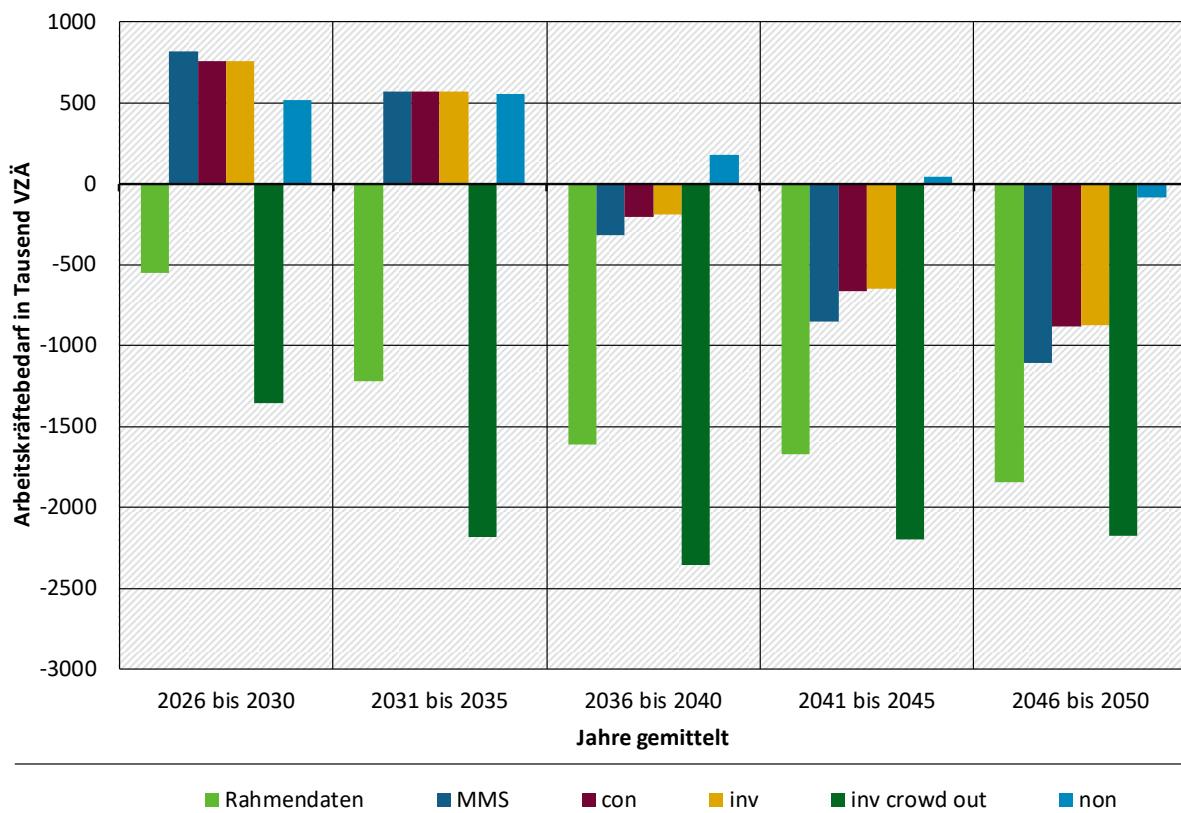
Die Entwicklung der Rahmendaten zeigt einen Rückgang im Arbeitskräftebedarf. Dieser entspricht in etwa dem mittel- und langfristigen Rückgang der Erwerbspersonen bedingt durch den demographischen Wandel. Steigende Arbeitsproduktivität ermöglicht Wirtschaftswachstum trotz des Rückgangs an Erwerbspersonen.

Diese grundsätzliche Tendenz zu einem rückläufigen Arbeitskräftebedarfs im Zeitverlauf bis 2050 ist auch für MMS und die Sensitivitäten zu beobachten. Allerdings führen die zusätzlichen Investitionen im MMS und den Sensitivitäten bis 2035 noch zu einer zusätzlichen Arbeitskräftenachfrage im Vergleich zu 2023. Erst nach 2035 überwiegt der Effekt durch die angestiegene Arbeitsproduktivität.

Eine Ausnahme bildet die Sensitivität „inv crowdout“. Da hier keine zusätzlichen Investitionen getätigt werden, sondern andere Investitionen verdrängt werden, fällt die Arbeitskräftenachfrage hier deutlich geringer aus als im MMS und den anderen Sensitivitäten. Insgesamt überwiegen in dieser Sensitivität die dämpfenden Effekte, so dass der Arbeitskräftebedarf geringer ausfällt als in den Rahmendaten.

Es fällt weiterhin auf, dass die projizierte Entwicklung in der Sensitivität „non“ deutlich von MMS und den Sensitivitäten „con“ und „inv“ abweicht. Dieser Unterschied war für BIP und Bruttowertschöpfung auch gegeben, jedoch nicht in dem Maße. Hierfür sind strukturelle Effekte ausschlaggebend.

Abbildung 37: Arbeitskräftebedarf – projizierte Entwicklung im MMS und Sensitivitäten im Vergleich zu 2023



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnungen, Fraunhofer ISI

3.4.1 Arbeitskräftebedarf nach Wirtschaftsbereichen

Die projizierte Entwicklung des Arbeitskräftebedarfs im MMS im Vergleich zu 2023 ist in Abbildung 38 dargestellt. Hierfür wurden die 72 Wirtschaftsbereiche des Modells zu 12 Wirtschaftsbereichen zusammengefasst und der entsprechende Arbeitskräftebedarf in gestapelten Säulen abgebildet.

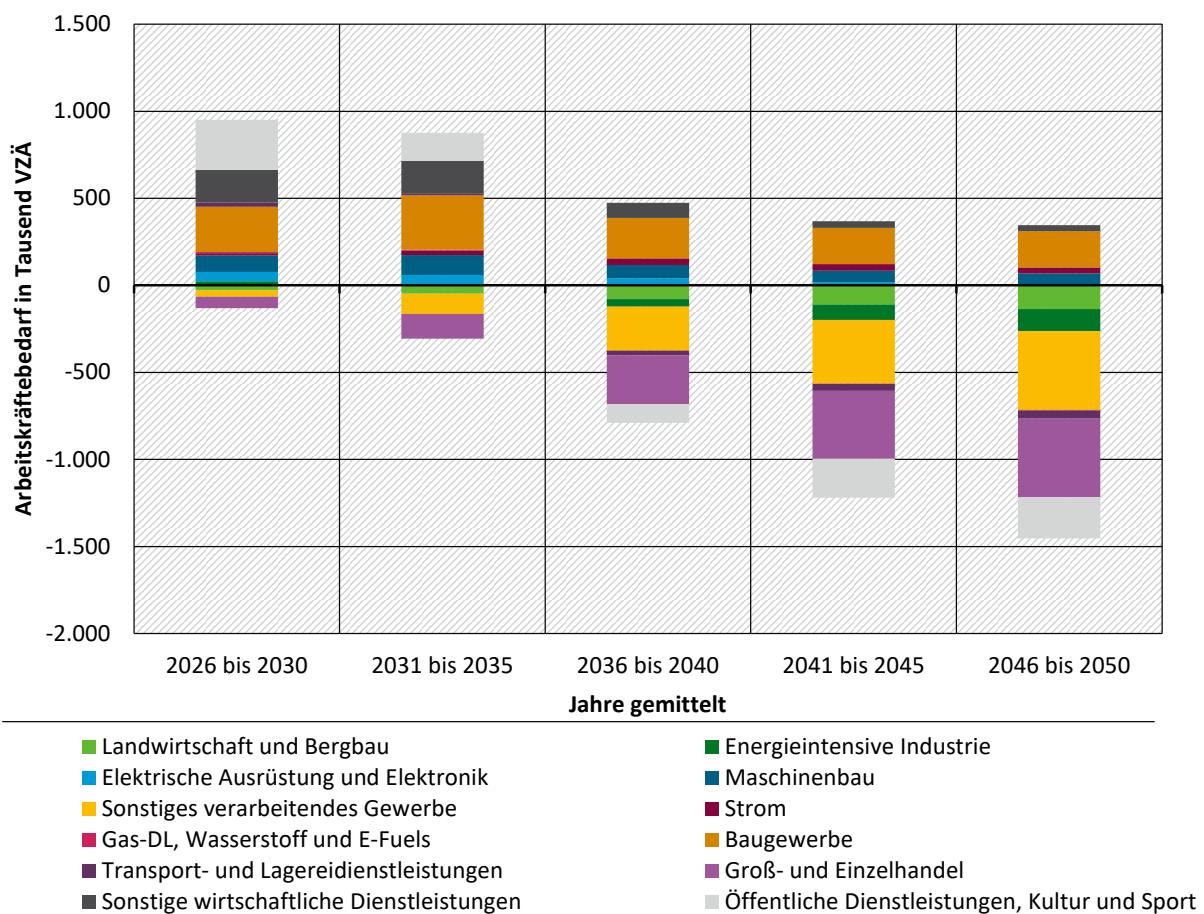
Während manche Wirtschaftsbereiche zusätzlichen Arbeitskräftebedarf im Vergleich zu 2023 erfahren, geht im gleichen Zeitraum in anderen Wirtschaftsbereichen der Arbeitskräftebedarf zurück. Hinzu kommt, dass auch die Wirkung auf die 12 dargestellten zusammengefassten Bereiche durch positive und negative Effekte in zugrunde liegenden kleinteiligeren Wirtschaftsbereichen entsteht. Ein Blick auf die strukturellen Effekte kann daher einen besseren Eindruck vom Transformationsbedarf vermitteln als ein Blick auf die Veränderung des gesamten Arbeitskräftebedarfs.

Die durch die Rahmendaten vorgegebene Entwicklung und die Impulse durch die Maßnahmen des MMS wirken zusammen. Wie oben beschrieben, ist der tendenzielle Rückgang des Arbeitskräftebedarfs in den Rahmendaten durch die Steigerung der Arbeitsproduktivität zu erklären, welche höher ausfällt als das BIP-Wachstum. Dieser Effekt ist grundsätzlich auch im MMS gegeben, allerdings überwiegen hier zunächst noch die positiven Effekte durch die zusätzlichen Investitionen. Erst ab dem Zeitraum 2036 bis 2040 überwiegt dann der dämpfende Effekt.

Die angereizten zusätzlichen Investitionen im MMS führen zu zusätzlichem Arbeitskräftebedarf insbesondere im beschäftigungsintensiven Baugewerbe, aber beispielsweise auch im

Maschinenbau, bei den elektrischen Ausrüstungen und den sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen. Die Elektrifizierung führt zudem in der Energiewirtschaft (Strom) zu zusätzlichem Arbeitskräftebedarf. Diese positiven Effekte bleiben bis zum Ende des Betrachtungszeitraums bestehen. In einem Großteil der Wirtschaftsbereiche geht der Arbeitskräftebedarf dagegen langfristig zurück. Dies liegt unter anderem am Produktivitätsanstieg, der höher ausfällt als der Wertschöpfungsanstieg. Auch wenn beispielsweise durch die Impulse bei Konsum und Investitionen zusätzliche Nachfrage im Handel entsteht, geht der Arbeitskräftebedarf in diesem beschäftigungsintensiven Bereich deutlich zurück. Der Anstieg der Arbeitsproduktivität wirkt hier stärker als der Nachfrageimpuls. Weitere Bereiche erfahren aber auch bereits durch die Nachfrageimpulse bei Investitionen und Konsum einen Rückgang. Dies betrifft beispielsweise Landwirtschaft und Bergbau, die energieintensive Industrie und das sonstige verarbeitende Gewerbe. Die Beschäftigung im öffentlichen Sektor fällt ab dem gemittelten Zeitraum 2036 bis 2040 geringer aus als 2023. Hier spielt auch die im Zeitverlauf immer angespanntere Wirkung der Maßnahmen auf den Staatshaushalt eine wichtige Rolle, da dies im MMS durch geringeren Staatskonsum, also zu großen Teilen Ausgaben im öffentlichen Sektor, ausgeglichen wird.

Abbildung 38: Arbeitskräftebedarf nach Wirtschaftsbereichen – projizierte Entwicklung im MMS im Vergleich zu 2023



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnungen, Fraunhofer ISI

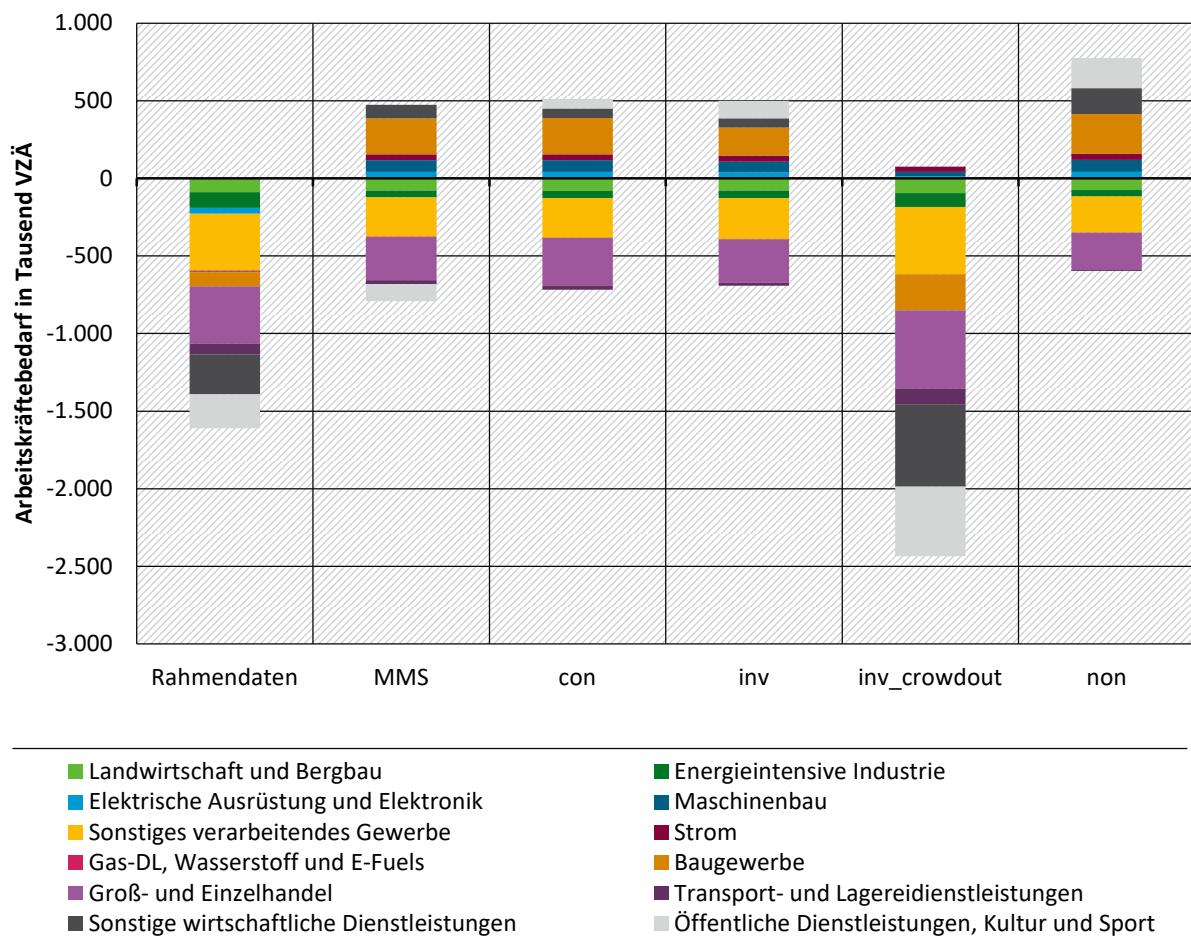
In Abbildung 39 ist die Abweichung des projizierten Arbeitskräftebedarfs im gemittelten Zeitraum 2036 bis 2040 von 2023 dargestellt. Die gestapelten Säulen zeigen die Effekte für 12 zusammengefasste Wirtschaftsbereiche für Rahmendaten, MMS und Sensitivitäten.

Das MMS unterscheidet sich deutlich von den Rahmendaten. Während in den Rahmendaten die Arbeitskräftebedarfe in allen zusammengefassten Wirtschaftsbereichen geringer sind als in 2023, fallen die Verluste im MMS geringer aus bzw. in manchen Wirtschaftsbereichen sind auch höhere Arbeitskräftebedarfe projiziert als in 2023. Zusätzlicher Arbeitskräftebedarf entsteht vor allem im beschäftigungsintensiven Baugewerbe, aber auch im Maschinenbau, im Bereich elektrische Ausrüstungen und in den sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen. Neben der insgesamt höheren gesamtwirtschaftlichen Nachfrage profitieren diese Bereiche insbesondere von den durch die Maßnahmen im MMS angereizten zusätzlichen Investitionen. Auch im Bereich Strom und zeigen sich leicht positive Effekte durch die zunehmende Elektrifizierung.

Die Sensitivitäten „con“, „inv“ und „non“ zeigen eine ähnliche Struktur hinsichtlich des projizierten Arbeitskräftebedarfs wie das MMS. Größere Unterschiede zeigen sich vor allem bei den öffentlichen Dienstleistungen. Da im MMS die Gegenfinanzierung eines negativen Impulses auf den Staatshaushalt über den Staatskonsum erfolgt, ist die Nachfrage im Bereich der öffentlichen Dienstleistungen hier etwas geringer, so dass der Arbeitskräftebedarf geringer projiziert wird als für 2023, wohingegen in den anderen Szenarien der Arbeitskräftebedarf höher projiziert wird. In der Sensitivität „non“ findet keine Gegenfinanzierung statt, weshalb hier die Effekte insgesamt etwas positiver (bzw. weniger negativ) ausfallen.

Deutliche Unterschiede zeigt die Sensitivität „inv_crowdout“. Die durch die Maßnahmen angereizten Investitionen verdrängen andere Investitionen in gleicher Höhe, zudem wird auch ein negativer Impuls auf den Staatshaushalt durch geringere Investitionen gegenfinanziert. Insgesamt wird daher für diese Sensitivität eine geringere gesamtwirtschaftliche Nachfrage projiziert als in Rahmendaten, MMS und den anderen Sensitivitäten, so dass entsprechend in den meisten Wirtschaftsbereichen auch der Arbeitskräftebedarf geringer ist. Ganz leicht positive Effekte im Vergleich zu 2023 werden lediglich für den Wirtschaftsbereich Strom, sowie die elektrischen Ausrüstungen und den Maschinenbau projiziert. Strom profitiert ebenso wie MMS und die anderen Sensitivitäten von zunehmender Elektrifizierung, Maschinenbau und elektrische Ausrüstungen sind von der Verdrängung anderer Investitionen und von der geringeren gesamtwirtschaftlichen Nachfrage weniger stark betroffen als das Baugewerbe, so dass hier der positive Effekt durch die Investitionen, die durch die Maßnahmen angereizt werden, leicht überwiegt.

Abbildung 39: Arbeitskräftebedarf nach Wirtschaftsbereichen – projizierte Entwicklung im MMS und Sensitivitäten in den gemittelten Jahren 2036 bis 2040 im Vergleich zu 2023



Quelle: Eigene Darstellung und Modellrechnungen, Fraunhofer ISI

4 Arbeitsmarkteffekte in ausgewählten Bereichen

Textbox 10: Arbeitsmarkteffekte in ausgewählten Bereichen: Wesentliches auf einen Blick

Situation im MMS:

- ▶ In Kapitel 4 werden die Effekte von Investitionen in Gebäudehülle, Wärmepumpen, PV-Anlagen, Batterien und Elektrolyseure auf den Arbeitsmarkt disaggregiert nach Wirtschaftszweigen, Tätigkeiten, Anforderungen und Engpassberufen betrachtet. Es handelt sich um absolute Zahlen im MMS.
- ▶ Die jeweils höchsten künftigen projizierten Bedarfe an Erwerbstägigen entstehen durch die Technologien PV-Anlagen (ca. 75.000 Erwerbstägige), Batterien (ca. 20.700 Erwerbstägige) und Elektrolyseure (ca. 5200 Erwerbstägige) in den Jahren 2026-2030 und durch die Technologien Gebäudehülle (ca. 407.000 Erwerbstägige) und Wärmepumpen (ca. 160.000 Erwerbstägige) in den Jahren 2031-2035
- ▶ Bei allen Technologien zeigt sich, dass die Investitionen sich auf große Anzahl an Wirtschaftszweigen, Anforderungen und Tätigkeiten auswirken.
- ▶ Durch die Investitionen setzt sich die bestehende Struktur des Arbeitsmarktes fort: Mehr als 50 % der zusätzlich benötigten Erwerbstägigen entfallen auf Fachkräfte, die restlichen Anteile verteilen sich nahezu gleichmäßig auf die anderen Qualifikationsniveaus.
- ▶ Unter den Erwerbstägigen, die für Investitionen in die hier betrachteten Technologien in Deutschland benötigt werden, handelt es sich jeweils (d. h. pro Technologie) zu 36 % bis 40 % um einen Engpassberuf, was zu einer Verschärfung der Engpasssituation führt.

4.1 Einführende Erklärung

In Kapitel 4 werden die Auswirkungen von Investitionen in ausgewählte Technologien wie Gebäudehüllen, Wärmepumpen, Photovoltaikanlagen, Batteriespeicher im Energiesektor und Elektrolyseuren auf den Arbeitsmarkt untersucht. Die Auswahl dieser Technologien stützt sich hauptsächlich auf die Höhe der zukünftigen Investitionen sowie auf deren aktuelle politische Relevanz. Zudem flossen Überlegungen ein, welche Technologien bereits in den Vorgängerberichten der letzten Jahre behandelt wurden und welche Veränderungen seitdem zu beobachten sind. So wurden trotz der höchsten geplanten Investitionen batterieelektrische Fahrzeuge nicht erneut berücksichtigt, während Gebäudehüllen aufgrund der signifikant gestiegenen erwarteten Investitionen abermals ausgewählt wurden.

Zur Darstellung der Effekte wird die Situation im MMS gemittelt für jeweils 5 Jahreszeiträume betrachtet: 2026-2030, 2031-2035, 2036-2040, 2041-2045 und 2046-2050. Insbesondere werden die für die ausgewählten Technologieinvestitionen erforderlichen inländischen Arbeitskräftezahlen aufgezeigt. Dabei wird nach Wirtschaftszweig, Tätigkeitsprofil (gemäß der „Klassifikation der Berufe 2010“), Anforderungsniveau (Helfer, Fachkräfte, Spezialisten, Experten) und der Berufsengpasssituation auf dem Arbeitsmarkt unterschieden. Insgesamt liegt der Fokus dieses Kapitels nicht auf der Analyse des Gesamtarbeitsmarktes oder der Arbeitsangebotsentwicklung, sondern auf der Projektion des künftigen Bedarfs an Arbeitskräften in Deutschland für die hier betrachteten Investitionen. So werden u. a. Substitutionseffekte (z. B. der Rückgang der Arbeitskräftebedarfe für Gasheizungen bei der Betrachtung der Arbeitskräftebedarfe für die Investitionen in Wärmepumpen) nicht berücksichtigt.

4.2 Vorgehensweise (Berechnung und Datenquellen)

Die Berechnungen der Arbeitsmarktauswirkungen je Technologie erfolgen auf Basis der absoluten Netto gesamtinvestitionen¹⁰ (umgerechnet in Mio. Euro 2023) im Szenario MMS, die in Kapitel 2 diskutiert werden. Diese werden für jede Technologie nach Wirtschaftszweigen disaggregiert („gesplittet“). Die Grundlage hierfür bildet die auf Literatur und Expert*inneneinschätzungen beruhende Datenbasis des Fraunhofer ISI und des Öko-Instituts.¹¹ Die Inlandsanteile der Investitionen je Technologie und Wirtschaftszweig werden mit Hilfe der Daten des Statistischen Bundesamtes (Destatis, 2024a) berechnet¹² und mit der Leontieff-Matrix¹³ (Destatis, 2024a) multipliziert. Der resultierende Vektor listet je Wirtschaftszweige den zusätzlichen Output, der von den Investitionen in die jeweilige Technologie verursacht wird. Durch eine weiter Multiplikation mit den (projizierten) Arbeitsproduktivitäten je Wirtschaftszweig lassen sich die Investitionen dann auf Arbeitskräftebedarf je Technologie, Wirtschaftszweig und Jahr umrechnen. Die auf diese Weise ermittelten Arbeitskräftezahlen werden mit Hilfe der Daten der Bundesagentur für Arbeit (Bundesagentur für Arbeit, 2022) auf Tätigkeitsprofile und Anforderungsniveaus heruntergebrochen.¹⁴

Zuletzt wird die Fachkräfteengpassanalyse der Bundesagentur für Arbeit (Bundesagentur für Arbeit, 2024) eingebunden, welche Berufe (d. h. Tätigkeits-Anforderungsniveau-Kombinationen) ausweist, für die derzeit ein Engpass besteht. Als Engpassberufe werden Berufe bezeichnet, in denen auf dem Arbeitsmarkt ein deutliches Missverhältnis zwischen der Nachfrage der Arbeitgeber und dem verfügbaren Angebot an passend qualifizierten Arbeitskräften besteht. Konkret bedeutet dies, dass offene Stellen in diesen Berufen überdurchschnittlich lange unbesetzt bleiben, weil nicht genügend geeignete Fachkräfte zur Verfügung stehen. Ein Engpass ist dabei nicht mit jeder offenen Stelle gleichzusetzen, sondern liegt erst dann vor, wenn Besetzungsschwierigkeiten dauerhaft und systematisch auftreten. Im Rahmen der Fachkräfteengpassanalyse zieht die Bundesagentur für Arbeit zur Identifikation von Engpassberufen eine Kombination von sechs arbeitsmarktbezogenen Kennzahlen heran: die durchschnittliche Dauer, bis eine Stelle besetzt wird (Vakanzzeit), das Verhältnis von Arbeitsuchenden zu offenen Stellen, die berufsspezifische Arbeitslosenquote sowie Entwicklungen bei Löhnen, Abgängen aus Arbeitslosigkeit und dem Anteil ausländischer Beschäftigter. Weisen mehrere dieser Indikatoren gleichzeitig auf Knaptheiten hin, wird ein Beruf als Engpassberuf eingestuft.

Diese Engpassindikationen werden mit den im vorherigen Schritt errechneten, für die Technologieinvestitionen erforderlichen Tätigkeits-Anforderungsniveau-Kombinationen

¹⁰ Dies sind reale Investitionen (fixes Preisniveau) ohne Mehrwertsteuer. Der Begriff „Gesamtinvestition“ wird hier zur Unterscheidung von dem Begriff „Mehrinvestition“ genutzt (siehe Kapitel 2 für Erläuterungen).

¹¹ Die Investition in eine Technologie wird zunächst auf einzelne Bestandteile verteilt (Planung, Herstellung unterschiedlicher Technologiekomponenten, Installation etc.). In einem zweiten Schritt werden diese Bestandteile dann einzelnen oder mehreren Wirtschaftsbereichen zugeordnet. Für eine detaillierte Beschreibung des Vorgehens siehe z. B. Sievers (2020).

¹² Die Disaggregation der „PV-Anlagen“ unterliegt einer Sonderbehandlung. Da die Module zu beinahe 100% im Ausland gefertigt werden, ignorieren wir diese komplett und verwenden eine Spaltung, die sich auf die anderen Vorleistungen konzentriert (Planung, Handel, Montage und Netzanschluss).

¹³ Die Leontieff-Matrix wird auch als Matrix der inversen Koeffizienten bezeichnet, da sie die inversen Werte der technischen Koeffizienten in einem ökonomischen Modell darstellt. Diese Koeffizienten beschreiben den Input, der erforderlich ist, um eine Einheit Output zu produzieren. Durch die Inversion dieser Koeffizienten erhält man die Menge an Output, die nötig ist, um die gegebenen Inputs zu generieren.

¹⁴ Die Klassifikation der Berufe unterscheidet vier Anforderungsniveaus (siehe Bundesagentur für Arbeit (o. J.)): Helfer (einfache, wenig komplexe Tätigkeiten, für die keine oder eine einjährige Berufsausbildung vorausgesetzt wird), Fachkraft (stärker fachlich ausgerichtete Tätigkeiten, die eine zwei- bis dreijährige Berufsausbildung oder entsprechende Berufserfahrung erfordern), Spezialist (komplexere und mit Spezialkenntnissen verbundene Tätigkeiten, für die eine Meister-, Technikerausbildung oder ein Fach- / Hochschulabschluss erforderlich ist), Experte (Tätigkeiten, die einen sehr hohen Komplexitätsgrad aufweisen und für die eine vierjährige Hochschulausbildung oder eine entsprechende Berufserfahrung vorausgesetzt wird).

verknüpft. Auf diese Weise wird aufgezeigt, bei welchen Berufen die derzeitigen Engpässe auf dem Arbeitsmarkt durch die ausgewählten Investitionen im MMS potenziell verstärkt werden.

Die vier Arbeitskräftebedarfe—je Wirtschaftszweig, Tätigkeit, Anforderungsniveau und Engpassberuf—werden auf Basis der neusten Input-Output-Daten für das Jahr 2021 (auch von Destatis, 2024a) und der Tätigkeits- und Anforderungsniveaustuktur des gleichen Jahres (Bundesagentur für Arbeit, 2022) berechnet. Lediglich die Engpassindikatoren stammen aus der Engpassanalyse für das Jahr 2024 (Bundesagentur für Arbeit, 2024). Für nachfolgende Jahre werden die entsprechenden geplanten Investitionen veranschlagt und ein Technologie-übergreifender Effizienzaktor einbezogen, der eine stetig steigende Produktionseffizienz simuliert. Da die zu Grunde liegende Input-Output-Tabelle, die Splits auf die Wirtschaftszweige und die Erwerbstätigenzahlen gleichbleiben, bleiben auch die Verteilung auf die verschiedenen Wirtschaftszweige, Tätigkeiten, etc., über die betrachteten Jahre gleich (siehe Abschnitt 4.3 für eine Diskussion dieser und weiterer Annahmen). Lediglich die absoluten Zahlen ändern sich. Für mehr Übersichtlichkeit werden nicht alle Jahre einzeln aufgelistet, sondern jeweils die Werte für 5 Jahre gemittelt (2026-2030, 2031-2035, 2036-2040, 2041-2045 und 2046-2050) dargestellt. und 2046-2050) dargestellt.

Zusammengefasst werden die Effekte der zukünftigen Investitionen in die ausgewählten Technologien auf den Arbeitsmarkt berechnet. Dies geschieht ausgehend von der derzeitigen Wirtschafts- und Arbeitsmarktstruktur sowie den in diesem Abschnitt genannten Annahmen zum zukünftigen Arbeitsproduktivitätswachstums. Keine Berücksichtigung findet der zukünftige „allgemeine Strukturwandel“ auf dem Arbeitsmarkt, der teilweise unabhängig von diesen Investitionen erfolgt und von verschiedenen Faktoren (darunter die Endnachfragedynamik, Unterschiede in den Technologien der Sektoren sowie politische und gesellschaftliche Entwicklungen) bestimmt wird (siehe z. B. Zika et al., 2022 und Zika et al., 2023 für einen Überblick der zukünftigen Determinanten der Arbeitsmarktstruktur).

Im Folgenden werden nach einem kurzen Technologievergleich die Ergebnisse dieser Projektionen je Technologie dargestellt.

4.3 Einordnung der Methode und der Resultate

Die Analyse der Arbeitsmarktauswirkungen in Kapitel 4 basiert auf den folgenden vereinfachenden Annahmen:

- ▶ Die Arbeitsproduktivität wächst mit der gleichen Rate in allen Wirtschaftszweigen.
- ▶ Die Anforderungs- und Tätigkeitsstruktur sowie die Engpassstruktur ändern sich über die Zeit in den Wirtschaftszweigen nicht.
- ▶ Die Aufsplittung der Investitionen auf Wirtschaftszweige ist über die Zeit konstant.
- ▶ Die Struktur der Wirtschaftszweigverflechtungen („inverse Koeffizientenmatrix“) ist über die Zeit gleichbleibend.
- ▶ Der Inlandsanteil der Investitionen ist über die Zeit gleichbleibend.

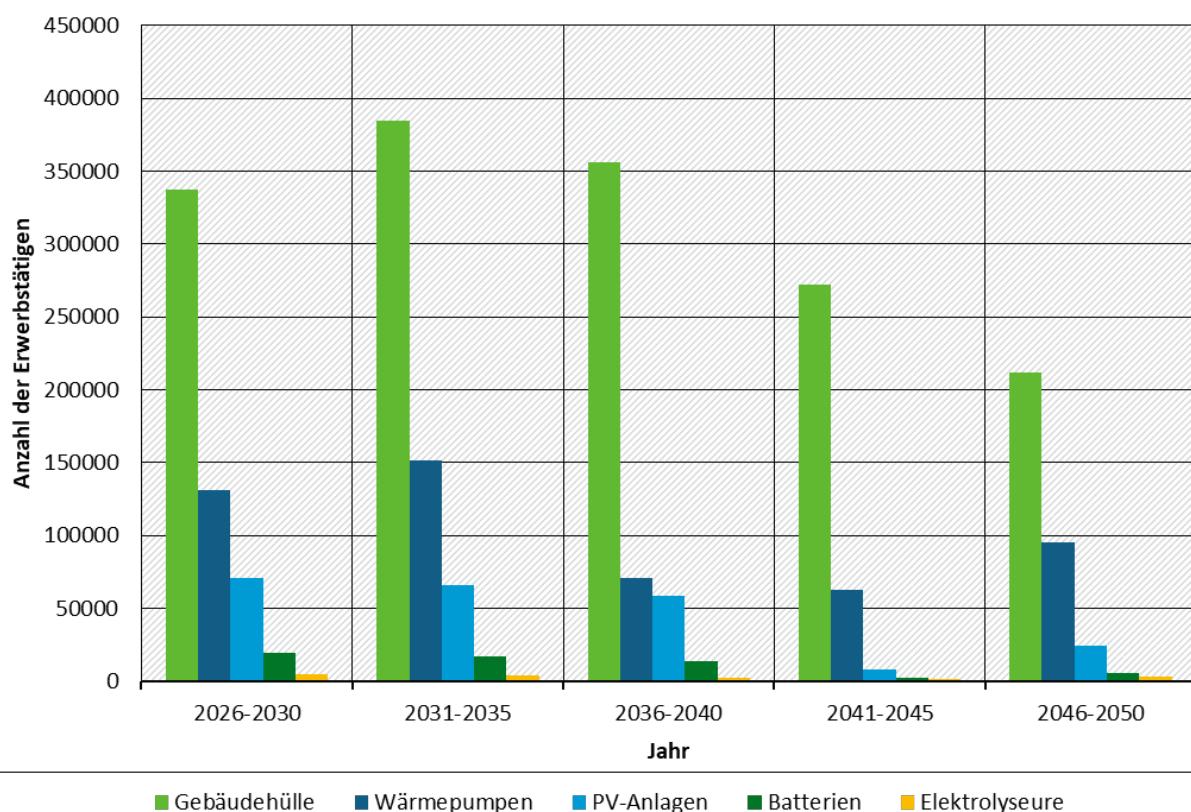
Diese Vereinfachungen haben den Vorteil, dass die Auswirkungen der Investitionen von den Auswirkungen des („natürlichen“) Strukturwandels separiert wird. Letzterer wird hier nicht abgebildet und verändert in der langen Frist die Struktur der Wirtschaftszweigverflechtungen, der Anforderungen und Tätigkeiten in den Wirtschaftszweigen sowie der internationalen Arbeitsteilung (siehe Kapitel 4.2). Aus diesem Grund können später beobachtbare Zahlen von den hier gegebenen Resultaten abweichen. Andererseits stellt die Modellierung des

Strukturwandel eine komplexe Herausforderung dar, und es bleibt unklar, ob die Ergebnisse realitätsnäher wären. Aus diesen Gründen sind insbesondere die quantitativen Aussagen des Kapitels 4 mit Vorsicht zu interpretieren. Die Kernergebnisse dieses Kapitels, insbesondere die Interpretation der Arbeitskräftebedarfe als Projektionsergebnisse (und nicht als Prognosen) im MMS sowie die Zusammenfassung am Anfang des Kapitels 4, sind hiervon als bedingte qualitative Aussagen nicht bzw. wenig berührt.

4.4 Ergebnisse

In Abbildung 40 sind die (inländischen) Arbeitskräftebedarfe, die sich aus den Investitionen in die fünf ausgewählten Technologien im MMS ergeben, dargestellt. Die Dynamik der Erwerbstägenzahlen wird hauptsächlich durch die Investitionsdynamik bestimmt. Die im Vergleich der fünf Technologien bei weitem größten Effekte auf die Erwerbstägenbedarfe ergeben sich durch Investitionen in Gebäudehüllen (Höchstwert von ca. 385.000 Erwerbstägigen pro Jahr in den Jahren 2031-2035). Im Vergleich dazu sind die Arbeitskräftebedarfe bei den anderen vier Technologien eher gering, insbesondere bei Batterien und Elektrolyseuren, deren Höchstwerte lediglich ca. 17.300 bzw. 4.200 betragen. Dieser deutliche Unterschied spiegelt die stark divergierende Investitionsvolumen wider. Diese sind zwar nicht allein ausschlaggebend, bestimmen jedoch die Größenordnung der Effekte.

Abbildung 40: Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Gebäudehüllen, Wärmepumpen, PV-Anlagen, Batterien, Elektrolyseure im MMS



Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

In den folgenden Abschnitten betrachten wir die ermittelten Arbeitskräftebedarfe nach Wirtschaftszweig, Tätigkeit, Anforderungsniveau und Engpassberuf für jeweils eine der fünf Technologien.

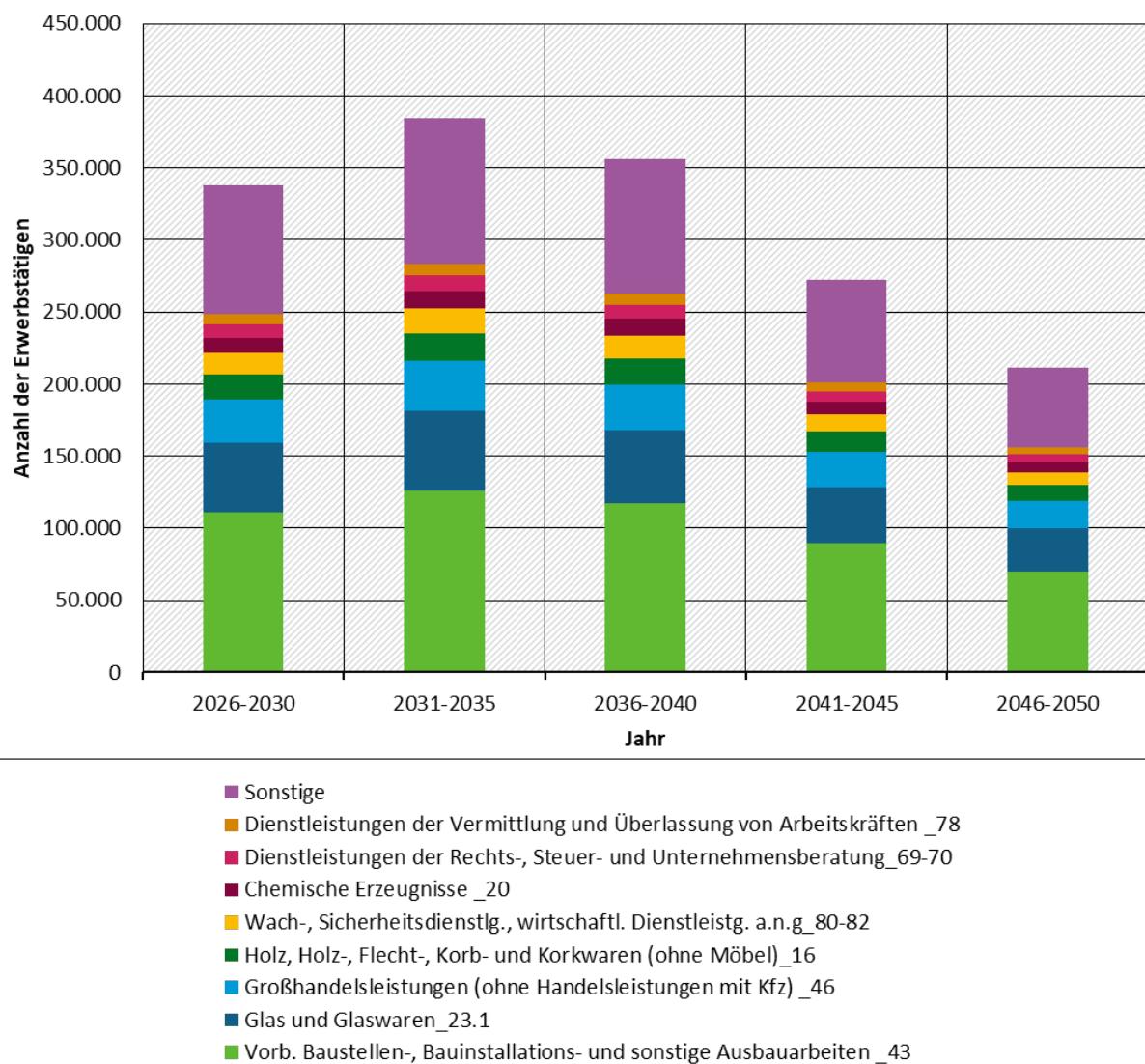
4.4.1 Gebäudehülle

In den folgenden Abbildungen sind die detaillierten Zahlen zu den Arbeitskräftebedarfen, die durch Investitionen in Gebäudehülle in Deutschland entstehen, dargestellt.

Abbildung 41 unterteilt die Arbeitskräftebedarfe nach Wirtschaftszweig. Insgesamt verursachen die Investitionen im Zeitraum 2026 bis 2030 einen gemittelten zusätzlichen Bedarf von ca. 338.000 Erwerbstägigen. Dieser Bedarf steigt im folgenden Zeitraum sogar noch auf ca. 385.000 an und fällt dann sukzessive bis auf ca. 212.000. Dieser Verlauf ist zum hauptsächlich durch die geplanten Investitionen gegeben.

Der deutlich höchste Arbeitskräftebedarf entsteht im Wirtschaftszweig „Vorbereitende Baustellen-, Bauinstallations- und sonstige Ausarbeiten“. Die Arbeitskräftebedarfe in diesem Wirtschaftszweig rangieren zwischen ca. 70.000 Erwerbstägigen im Zeitraum 2046-2050 und ca. 126.000 Erwerbstägigen im Zeitraum 2031-2035. Damit entfallen jeweils 33 % des Gesamtbedarfs auf diesen Wirtschaftszweig. An zweiter Stelle stehen die wichtigsten Materialien, „Glas- und Glaswaren“ mit ca. 30.000 bis 55.000 Erwerbstägigen, „Holz, Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)“ mit ca. 11.000 bis 20.000 Erwerbstägigen“ und „Chemische Erzeugnisse“ mit 7.000 bis 12.000 Erwerbstägigen“, sowie „Großhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz)“ mit ca. 19.000 bis 35.000 Erwerbstägigen, die beim Handel mit den Materialien notwendig sind. Die Liste der acht am meisten betroffenen Wirtschaftszweige wird vervollständigt durch diverse Dienstleistungen mit gemittelten Jahresbedarfe von ca. 10.000 bis 18.000 Erwerbstägigen. Des Weiteren ist eine hohe Anzahl weiterer Wirtschaftszweige mit jeweils sehr geringen Arbeitskräftebedarfen betroffen, was der Natur des Wirtschaftssystems (insbesondere der starken Verflechtung der Wirtschaftszweige untereinander) geschuldet ist und sich in Abbildung 41 (sowie in den meisten anderen Abbildungen des Kapitels 4) in einem relativ großen Posten „Sonstige“ widerspiegelt, der 26,3 % des Gesamtbedarfs umfasst.

Abbildung 41: Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Gebäudehülle im MMS – Erwerbstätige je Wirtschaftszweig und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)



Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkungen: Der Posten „Sonstige“ beinhaltet ca. 60 Wirtschaftszweige mit sehr kleinen Erwerbstätigenanteilen. Die in der Legende angegebenen Zahlen sind CPA-Codes („Classification of Products by Activity“), die u. a. in Input-Output-Tabellen zur Identifikation der Produkte bzw. Wirtschaftszweige verwendet werden.

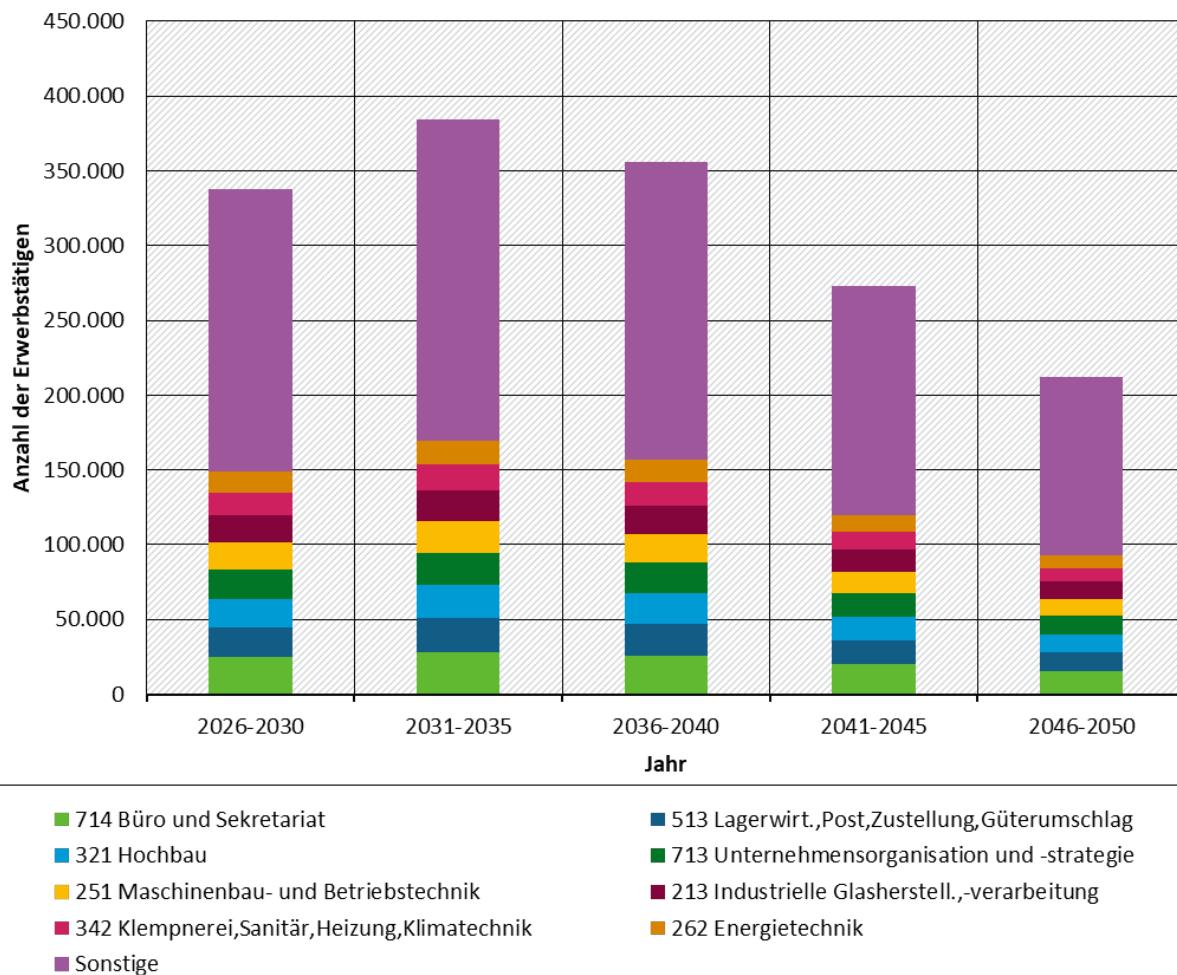
In Abbildung 42 und Abbildung 43 sind die durch Investitionen in Gebäudehülle entstehenden inländischen Arbeitskräftebedarfe nach Berufskategorie, insbesondere nach Tätigkeit und Anforderungsniveau (gemäß der Klassifikation der Berufe 2010)¹⁵, untergliedert. Bei der Analyse der Tätigkeiten konzentrieren wir uns auf die dritte Ebene der Klassifikation mit 144 Berufsuntergruppen. Die dreistelligen Ziffern beinhalten aber auch die Zugehörigkeit zu den 10 Berufsbereichen (1. Ziffer/Ebene) und den 37 Berufshauptgruppen (2. Ziffer/Ebene).

In Abbildung 42 zeigt sich wiederum eine kleinteilige Gliederung der Effekte: Die meisten Tätigkeiten sind jeweils nur geringfügig betroffen, was sich darin äußert, dass der Posten „Sonstige“ mehr als 50 % des Effektes umfasst. Auch unter den acht am höchsten betroffenen Tätigkeiten sind keine starken Häufungen festzustellen. Im Zeitraum von 2026 bis 2030 entfallen auf die acht ausgewiesenen Tätigkeiten im Schnitt pro Jahr zwischen 14.000

¹⁵ Für die Klassifikation der Berufe siehe Bundesagentur für Arbeit (o. J.)

(„Energietechnik“) und 25.000 Erwerbstätige („Büro und Sekretariat“). Sie stammen aus den Berufsbereichen 2 („Rohstoffgewinnung, Produktion und Fertigung“), 3 („Bau, Architektur, Vermessung und Gebäudetechnik“), 5 (Verkehr, Logistik, Schutz und Sicherheit) und 7 („Unternehmensorganisation, Buchhaltung, Recht und Verwaltung“). Die Berufshauptgruppe 71 („Unternehmensführung und -organisation) ist die einzige mit zwei Tätigkeiten unter den ersten acht. Sie generieren einen gemittelten jährlichen Bedarf von ca. 50.000 Erwerbstätigen in den Jahren 2031-2035 (13 % des Gesamtbedarfs).

Abbildung 42: Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Gebäudehülle im MMS – Erwerbstätige je Tätigkeit und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)

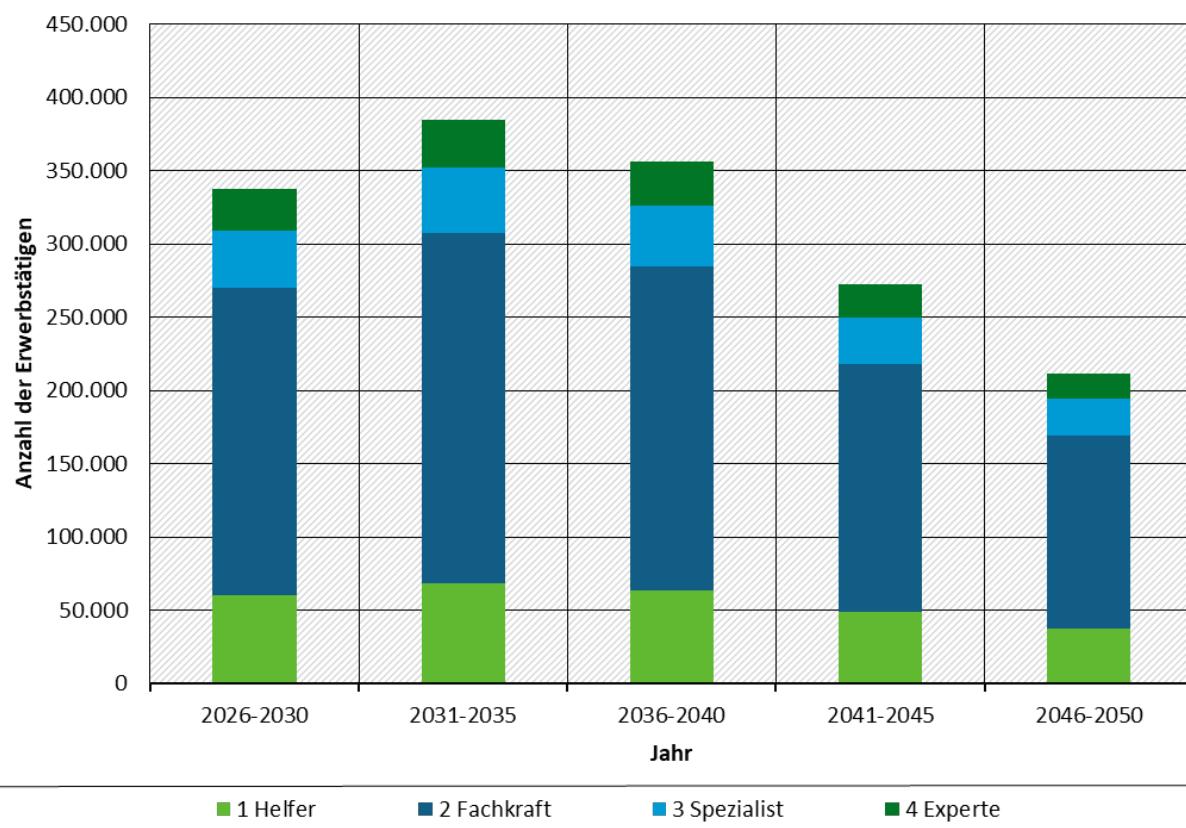


Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkungen: Der Posten „Sonstige“ beinhaltet ca. 130 Tätigkeitskategorien mit sehr kleinen Erwerbstätigenanteilen. Die Nummern in der Legende sind Codes aus der Klassifikation der Berufe 2010 (Bundesagentur für Arbeit, o. J.).

Die Untergliederung der Arbeitskräftebedarfe nach Anforderungsniveau (Abbildung 43) zeigt, dass Investitionen in Gebäudehüllen in Deutschland hauptsächlich eine Bedarf an Fachkräften generieren (zwischen ca. 132.000 Erwerbstätigen in den Jahren 2046-2050 und ca. 239.000 Erwerbstätigen im den Jahren 2031-2036), was jeweils gut 60 % des Gesamtbedarfs ausmacht. Der Bedarf an Helfern macht knapp 20 % aus; der Bedarf an Spezialisten und Experten jeweils ca. 12 % und 8 %.

Abbildung 43: Projizierte direkte und Indirekte Effekte der Investitionen in Gebäudehülle im MMS – Erwerbstätige je Anforderung und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)



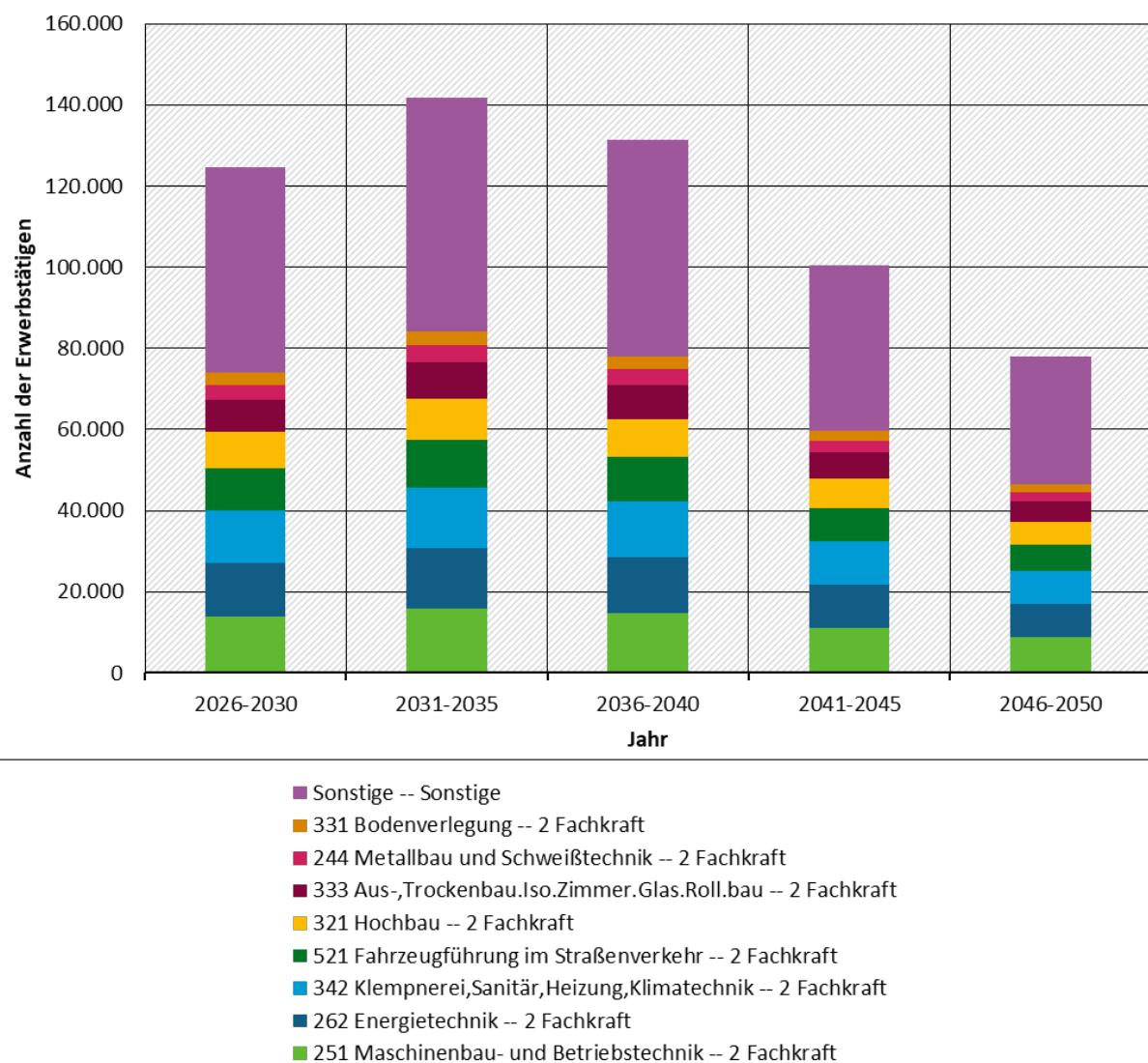
Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkung: Die Anforderungsniveauspezifikationen (Helfer, Fachkraft, Spezialist, Experte) sind aus (Bundesagentur für Arbeit, o. J.) übernommen.

Die Engpassanalyse der Bundesagentur für Arbeit (Bundesagentur für Arbeit, 2024) führt aus, für welche Berufe Engpässe auf dem Arbeitsmarkt bestehen. So kann jeder Beruf in die Kategorien „Engpassberuf“ oder „kein Engpassberuf“ eingeordnet werden. Mit Hilfe dieser Kategorisierung können die in Abbildung 42 und Abbildung 43 dargestellten Berufsbedarfe im Hinblick auf die Frage analysiert werden, ob sie (bereits) heute in die Engpasskategorie fallen. Abbildung 44 listet nur Arbeitkräftebedarfe, die 2024 als Engpassberuf kategorisiert wurden. Im Vergleich mit den vorigen Abbildungen wird ersichtlich, dass ca. 37 % des Gesamtbedarfs an Erwerbstätigen, die durch Investitionen in Gebäudehüllen entstehen, den Engpassberufen zuzuordnen sind. In den Jahren 2031-2035 sind dies ca. 142.000 Erwerbstätige.

Die Bedarfe in den Engpassberufen werden in Abbildung 44 nach Kombinationen aus Tätigkeit und Anforderung untergliedert. Wie zuvor ergibt sich ein sehr hoher Posten „Sonstige“ (jeweils fast 40 %), was zeigt, dass sich die Bedarfe auf viele Kombinationen verteilen. Unter den acht Engpass-Kombinationen mit den höchsten Erwerbstätigenbedarfen befinden sich ausschließlich Bedarfe an Fachkräften. Außerdem sind vier der Tätigkeiten aus dem Berufsbereich 3 („Bau, Architektur, Vermessung und Gebäudetechnik“), davon zwei aus der Berufshauptgruppe 33 „(Innen-)Ausbauberufe“.

**Abbildung 44: Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Gebäudehülle im MMS
– Erwerbstätige je Engpassberuf und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)**



Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkungen: Der Posten „Sonstige“ beinhaltet ca. 100 Engpassberufe mit sehr kleinen Erwerbstätigenanteilen. Die Klassifizierung als Engpassberuf ist aus (Bundesagentur für Arbeit, 2024) übernommen. Die Nummern in der Legende sind Codes aus der Klassifikation der Berufe 2010 (Bundesagentur für Arbeit, o. J.).

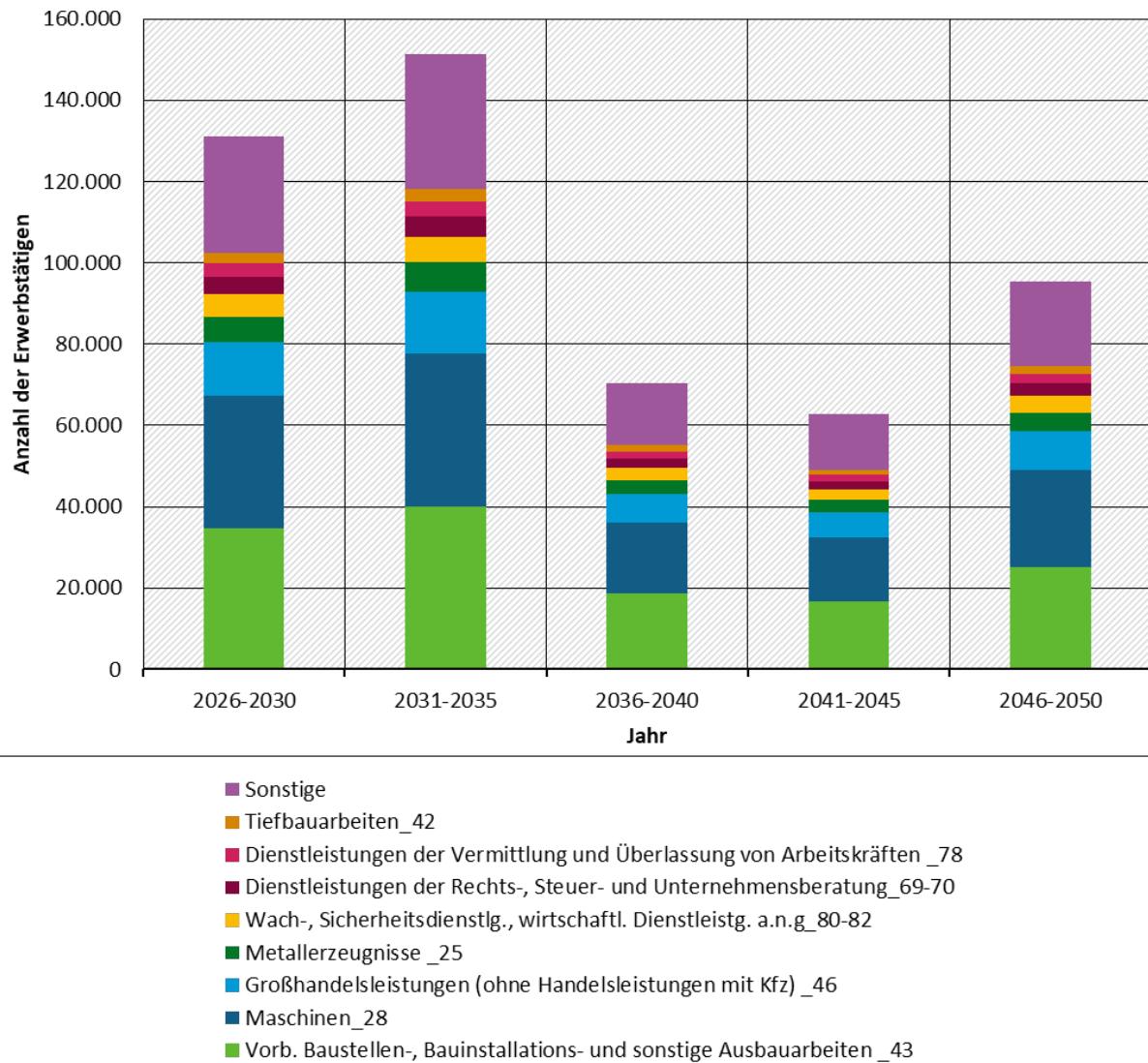
4.4.2 Wärmepumpen

Analog zu der Analyse im vorigen Unterabschnitt werden in den folgenden Abbildungen Detailinformationen zu den Arbeitskräftebedarfen, die durch Investitionen in Wärmepumpen in Deutschland entstehen, dargestellt. Abbildung 45 zeigt diese Arbeitskräftebedarfe nach Wirtschaftszweig untergliedert und gemittelt über Zeiträume von jeweils fünf Jahren.

Wie bei den Gebäudehüllen sehen wir zuerst einen leichten Anstieg der Gesamtbedarfe bis auf einen Höchstwert von jährlich ca. 150.000 Arbeitskräften im Zeitraum 2031-2035. Dann aber fallen die projizierten Gesamtbedarfe in der Periode 2036-2040 um mehr als 50 % und in der Periode 2041-2045 sogar auf einen jährlichen Bedarf von ca. 63.000 Arbeitskräften ab. In der letzten Periode steigen die Bedarfe wieder auf ca. 95.500 Arbeitskräfte.

Wärmepumpeninvestitionen generieren die größten projizierten Arbeitskräftebedarfe in den Wirtschaftszweigen „Vorbereitende Baustellen-, Bauinstallations- und sonstige Ausbauarbeiten“ sowie „Maschinen“ mit einem Maximum von ca. 40.000 bzw. 38.000 Erwerbstätige pro Jahr im Zeitraum 2031 bis 2035, was 26,5 bzw. 25 % des Gesamtbedarfs entspricht. Daneben sind vor allem unterstützende Wirtschaftszweige (größtenteils Dienstleistungen) in signifikantem Ausmaß betroffen. Zahlreiche weitere Wirtschaftszweige generieren einen vergleichsweise geringen Arbeitskräftebedarf. Der Posten „Sonstige“ umfasst ca. 22 % der Bedarfe.

Abbildung 45: Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Wärmepumpen im MMS – Erwerbstätige je Wirtschaftszweig und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)



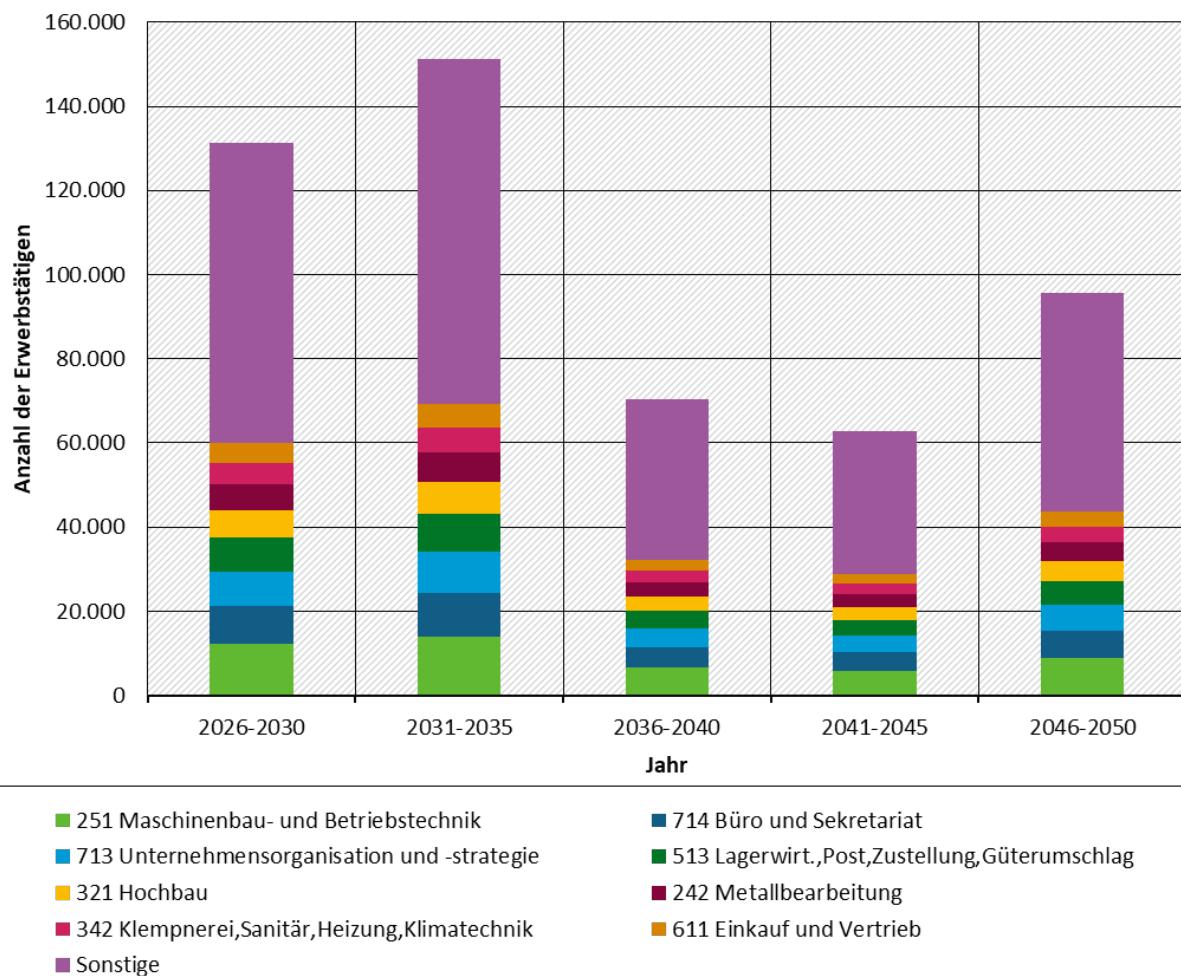
Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkungen: Der Posten „Sonstige“ beinhaltet ca. 60 Wirtschaftszweige mit sehr kleinen Erwerbstätigenanteilen. Die in der Legende angegebenen Zahlen sind CPA-Codes („Classification of Products by Activity“), die u. a. in Input-Output-Tabellen zur Identifikation der Produkte bzw. Wirtschaftszweige verwendet werden.

Die Wärmepumpeninvestitionen verteilen sich sehr kleinteilig auf die verschiedenen Tätigkeitskategorien. Wie in Abbildung 46 zu sehen ist, generiert die Tätigkeit „Maschinenbau und Betriebstechnik“ mit bis zu ca. 14.000 Erwerbstätigen in den Jahren 2031 bis 2035 die höchsten Bedarfe. Diese machen aber nur 9,2 % des Gesamtbedarfs aus. Im Gegensatz dazu umfasst der Posten „Sonstige“ ca. 54 % der Erwerbstätigenbedarfe. Wie schon bei der

Gebäudehülle, gehören „unterstützende“ Dienstleistungen (z. B. Büro und Sekretariat) auch bei den Wärmepumpeninvestitionen zu den wichtigsten Kategorien (gemessen an den Erwerbstätigenzahlen).

Abbildung 46: Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Wärmepumpen im MMS – Erwerbstätige je Tätigkeit und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)

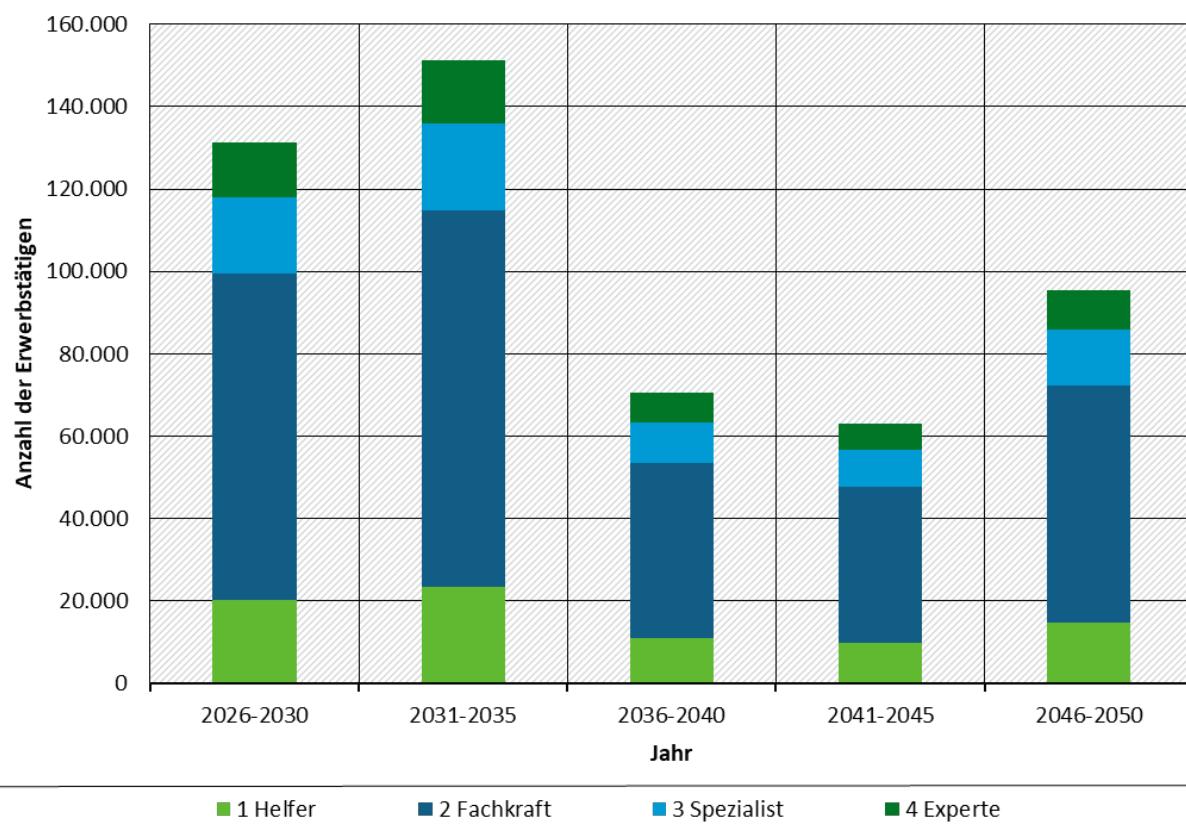


Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkungen: Der Posten „Sonstige“ beinhaltet ca. 130 Tätigkeitskategorien mit sehr kleinen Erwerbstätigkeitenanteilen. Die Nummern in der Legende sind Codes aus der Klassifikation der Berufe 2010 (Bundesagentur für Arbeit, o. J.).

Wie in Abbildung 47 dargestellt, entsteht durch Wärmepumpeninvestitionen in Deutschland hauptsächlich ein Bedarf an Fachkräften (jährlich bis zu ca. 91000 Erwerbstätigen in den Jahren 2031 bis 2035), was ca. 60 % des Gesamtbedarfs ausmacht. An den übrigen Anforderungsniveaus (Helfer, Spezialist und Experte) entstehen deutlich kleinere Bedarfe mit jeweils ca. 15 %, 14 % und 10 % des Gesamtbedarfs.

Abbildung 47: Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Wärmepumpen im MMS – Erwerbstätige je Anforderung und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)

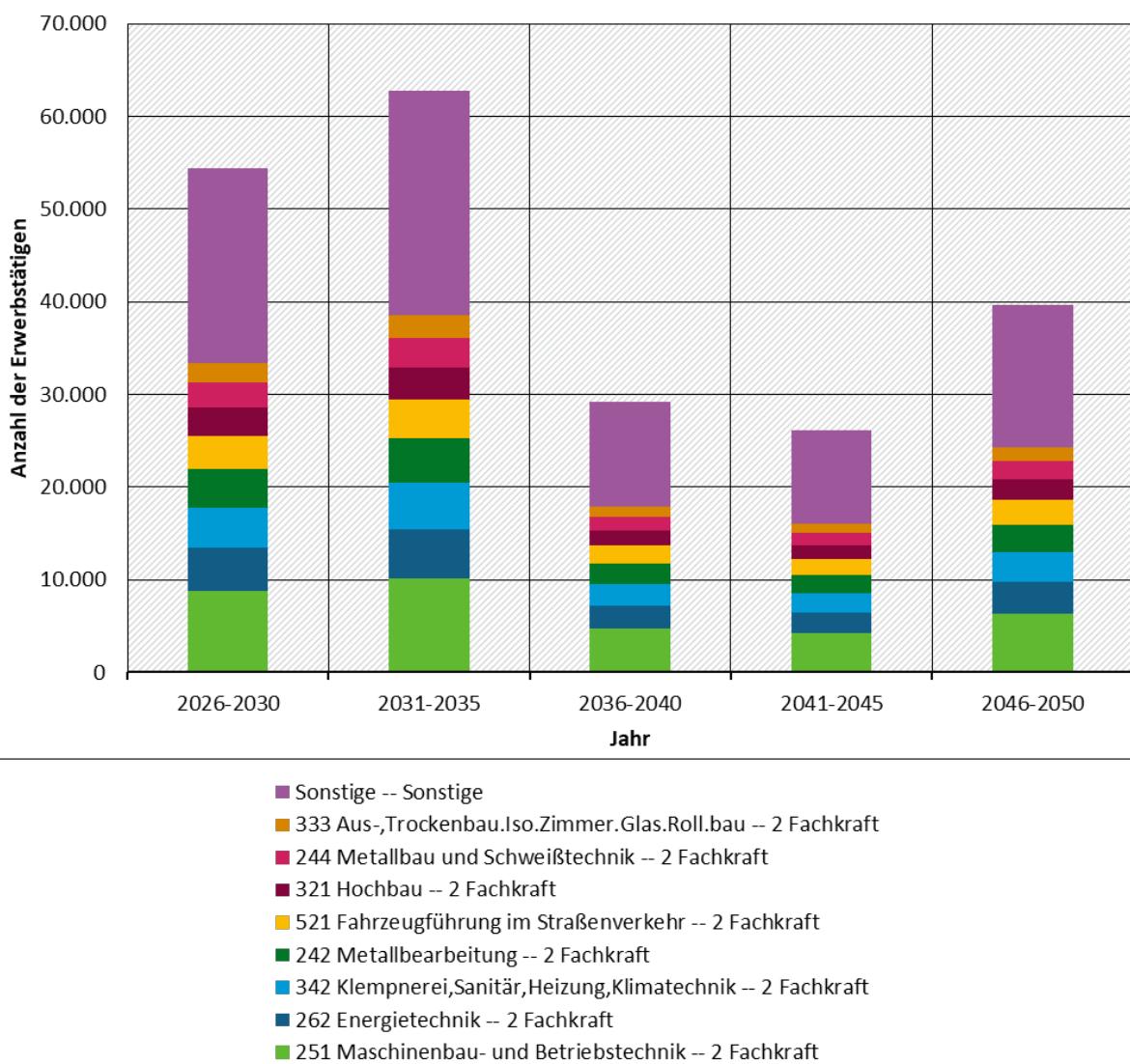


Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkung: Die Anforderungsniveauspezifikationen (Helfer, Fachkraft, Spezialist, Experte) sind aus (Bundesagentur für Arbeit, o. J.) übernommen.

Der Bedarf an Erwerbstätigen in Engpassberufen (Abbildung 48) entspricht etwa 42 % des Gesamtbedarfs (Abbildung 46 und Abbildung 47)2 %. Wie bei den Tätigkeiten liegt auch bei den Engpassberufen eine starke Gleichverteilung vor, sodass der Posten „Sonstige“ 39 % des Gesamtbedarfs ausmacht und nur eine Engpassberuf heraussticht. Fachkräfte für „251 Maschinenbau und Betriebstechnik“ benötigt ca. 16,1 % der Bedarfe in Engpassberufen. Alle anderen Tätigkeit-Anforderung-Kombinationen kommen auf nicht mehr als 8,54 %. Des Weiteren überwiegt der Bedarf nach Fachkräften. Unter den Engpassberufen mit den acht höchsten Erwerbstätigenbedarfen benötigen die ersten sieben Fachkräfte. Außerdem finden sich unter diesen ersten acht Engpassberufen vier Tätigkeiten aus dem Berufsbereich 2 („Rohstoffgewinnung, Produktion und Fertigung“) mit einem maximalen Gesamtbedarf von ca. 23.500 Erwerbstätigen pro Jahr in dem Zeitraum von 2031 bis 2035. Der Berufsbereich 3 („Bau, Architektur, Vermessung und Gebäudetechnik“) folgt mit einem maximalen Gesamtbedarf von bis zu 10.900 Erwerbstätigen pro Jahr im gleichen Zeitraum.

Abbildung 48: Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Wärmepumpen im MMS – Erwerbstätige je Engpassberuf und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)



Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkung: Der Posten „Sonstige“ beinhaltet ca. 100 Engpassberufe mit sehr kleinen Erwerbstätigenanteilen. Die Klassifizierung als Engpassberuf ist aus Bundesagentur für Arbeit (2024) übernommen. Die Nummern in der Legende sind Codes aus der Klassifikation der Berufe 2010 (Bundesagentur für Arbeit, o. J.).

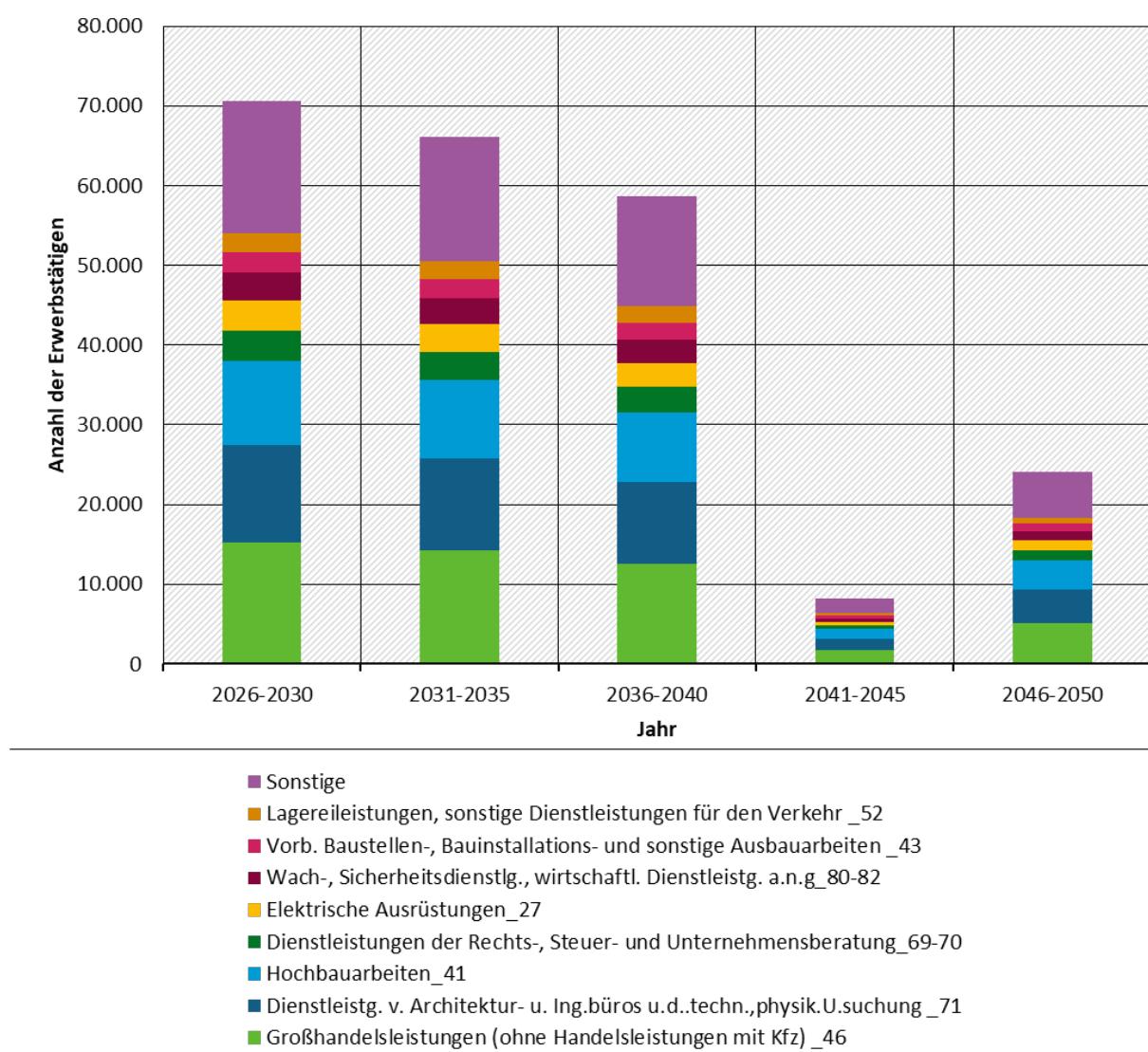
4.4.3 PV-Anlagen

In diesem Abschnitt erfolgt eine Detailanalyse der inländischen Arbeitskräftebedarfe, die durch Investitionen in PV-Anlagen entstehen. Die Gesamtbedarfe starten in der Periode 2026-2030 mit jährlich ca. 71.000 Arbeitskräften und fallen in den beiden Folgeperioden leicht ab. In der Periode 2041-2045 bricht der Bedarf ein auf nur noch 15 % des vorherigen Zeitraums. In der letzten Periode verdreifacht sich der jährliche Bedarf beinahe.

Da die Module der PV-Anlagen fast zu 100 % im Ausland gefertigt werden, sind die Wirtschaftszweige der elektronischen und chemischen Fertigung von den inländischen Investitionen in PV-Anlagen nicht nennenswert betroffen (Abbildung 49). Stattdessen dominieren die Sektoren „Großhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz)“, „Dienstleistungen von Architektur- und Ingenieurbüros sowie technische Prüfungen und technische physikalische Untersuchungen“ und „Hochbauarbeiten“. Im Zeitraum von 2026 bis

2030 entfällt auf diese drei Sektoren ein Bedarf von ca. 15.000, 12.000 und 10.000 Erwerbstätigen pro Jahr. Der Posten „Sonstige“ ist hier mit ca. 23 % vergleichsweise gering.

Abbildung 49: Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in PV-Anlagen im MMS – Erwerbstätige je Wirtschaftszweig und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)

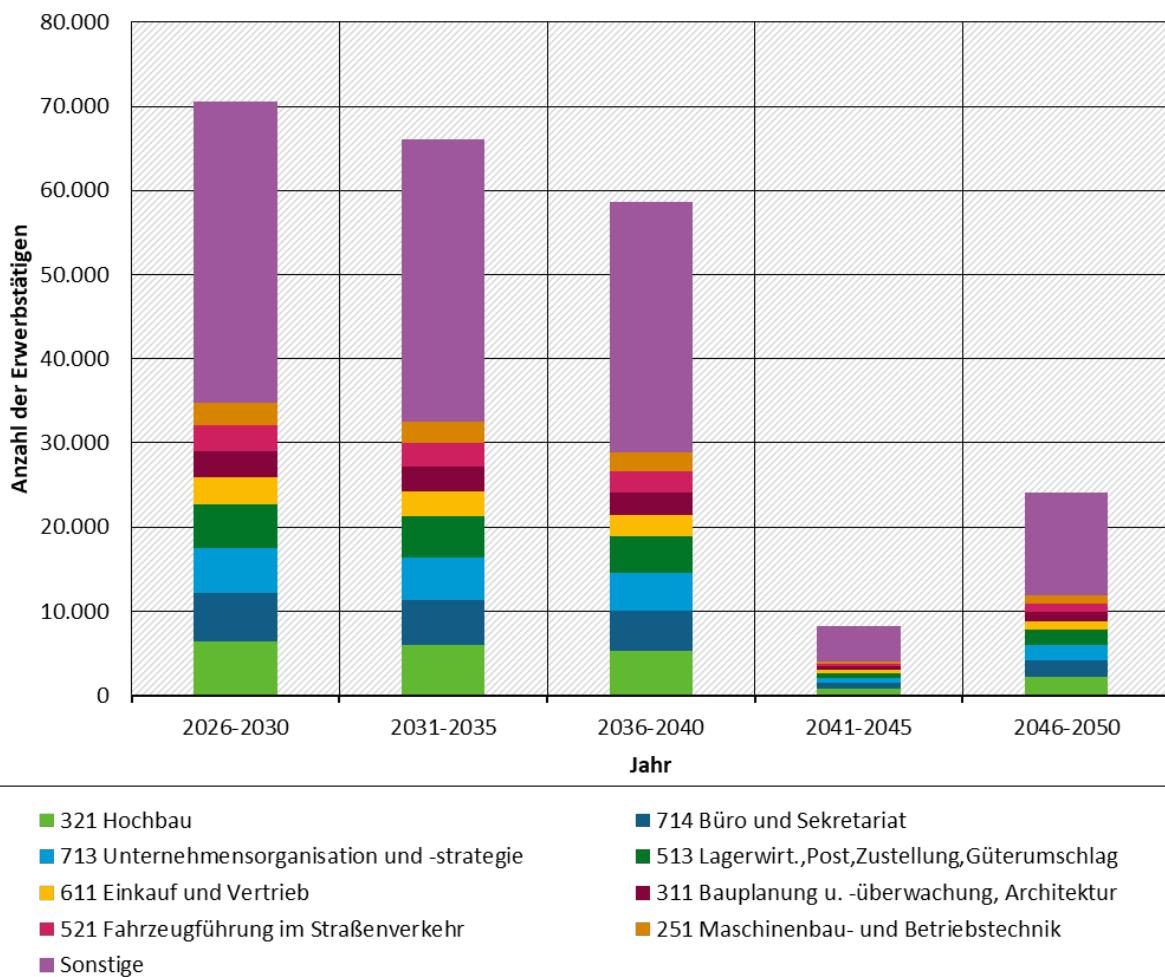


Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkungen: Der Posten „Sonstige“ beinhaltet ca. 60 Wirtschaftszweige mit sehr kleinen Erwerbstätigenanteilen. Die in der Legende angegebenen Zahlen sind CPA-Codes („Classification of Products by Activity“), die u. a. in Input-Output-Tabellen zur Identifikation der Produkte bzw. Wirtschaftszweige verwendet werden.

Auch bei den PV-Anlagen verteilen sich die Bedarfe kleinteilig auf viele Tätigkeiten, was sich aus dem hohen Anteil des Postens „Sonstige“ (ca. 51 %) in Abbildung 50 ablesen lässt. Wie schon bei den Wirtschaftszweigen in Abbildung 49 zu erkennen war, spielen Tätigkeiten des Berufsbereichs 2 „Rohstoffgewinnung, Produktion und Fertigung“ nur eine geringe Rolle. Stattdessen finden wir unter den acht Tätigkeiten mit den größten Effekten vermehrt betriebswirtschaftliche und logistische Unternehmensführung sowie Bauplanung und -ausführung.

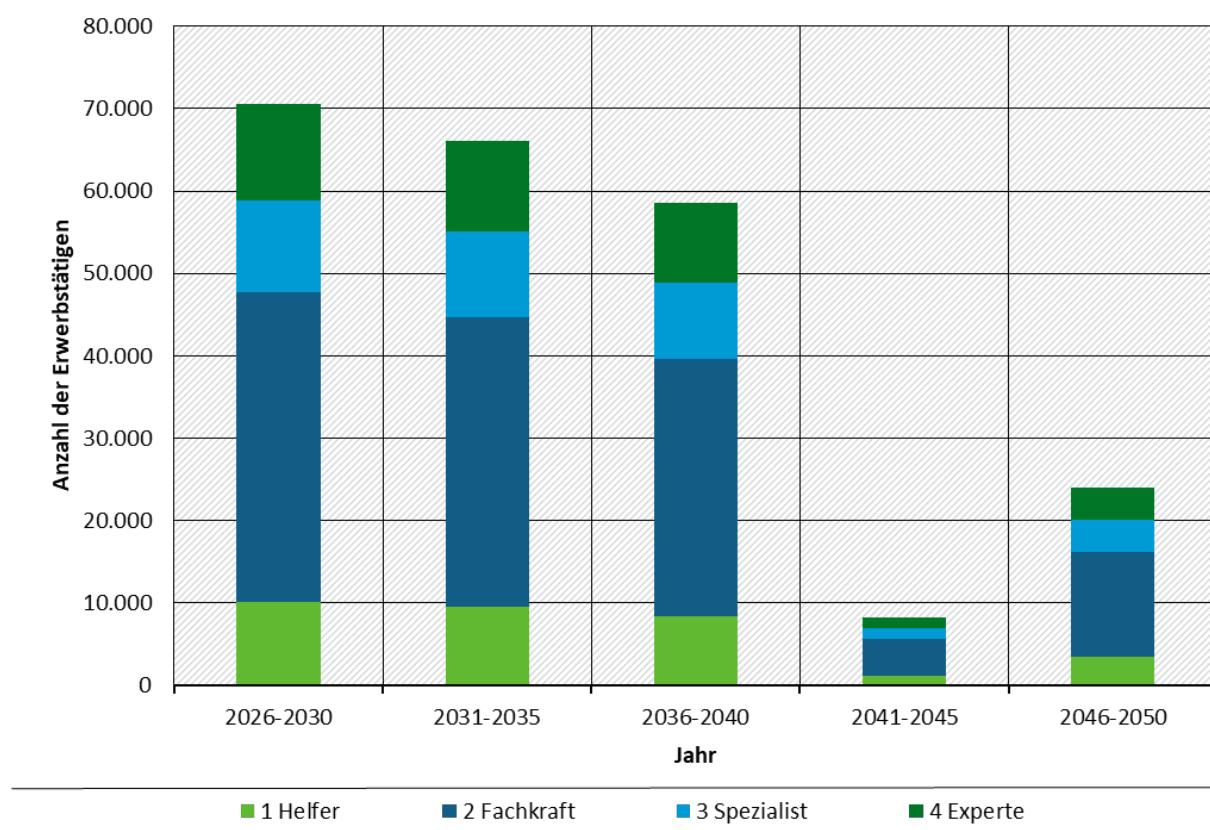
Abbildung 50: Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in PV-Anlagen im MMS – Erwerbstätige je Tätigkeit und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)



Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkungen: Der Posten „Sonstige“ beinhaltet ca. 130 Tätigkeitskategorien mit sehr kleinen Erwerbstätigenanteilen. Die Nummern in der Legende sind Codes aus der Klassifikation der Berufe 2010 (Bundesagentur für Arbeit, o. J.).

Abbildung 51: Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in PV-Anlagen im MMS – Erwerbstätige je Anforderung und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)



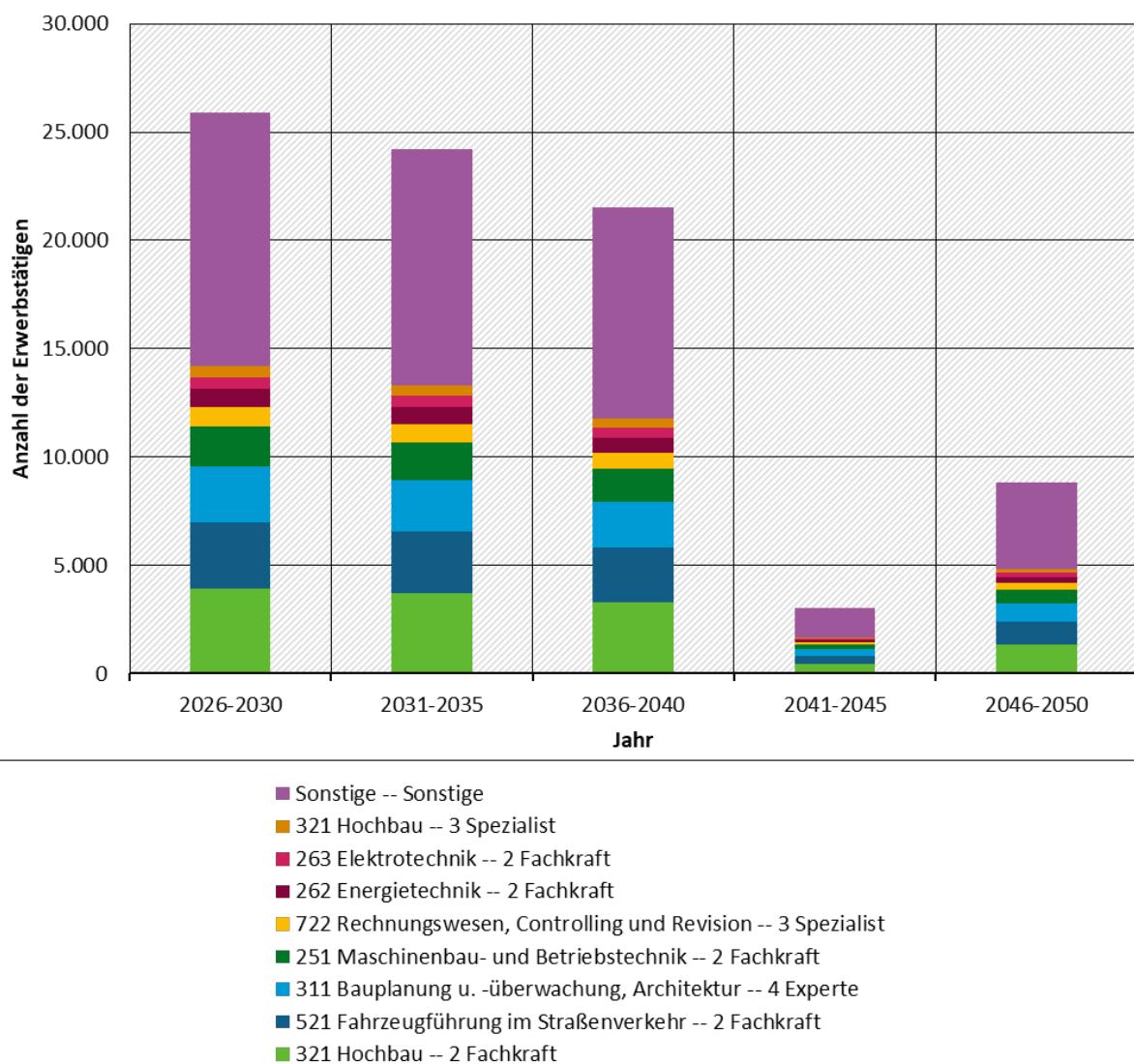
Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkung: Die Anforderungsniveauspezifikationen (Helfer, Fachkraft, Spezialist, Experte) sind aus (Bundesagentur für Arbeit, o. J.) übernommen.

Bei den Anforderungen überwiegt der Bedarf an Fachkräften deutlich (Abbildung 51), allerdings mit ca. 50 % des Gesamtbedarfs nicht so stark wie bei den anderen untersuchten Technologien. Die anderen ca. 50 % verteilen sich gleichmäßig auf Hilfskräfte, Spezialisten und Experten.

Mit ca. 36 % des Gesamtbedarfs an Erwerbstätigen haben PV-Anlagen den geringsten Anteil bei den Engpassberufen (Abbildung 52). Bezuglich der Anforderungen überwiegen bei den Engpassberufen zwar wiederum die Bedarfe nach Fachkräften — fünf der ersten acht Engpassberufe benötigen Fachkräfte, darunter die zwei mit dem höchsten Bedarf („Hochbau“ und „Fahrzeugführung im Straßenverkehr“) — es befinden sich aber auch zwei Engpassberufe mit Bedarf nach Spezialisten und einer mit Bedarf nach Hilfskräften unter den ersten acht. Drei Engpassberufe stechen etwas heraus: Fachkräfte für „Hochbau“, Fachkräfte für „Fahrzeugführung und Straßenverkehr“ und Experten für Bauplanung und -Überwachung, Architektur“ mit 15,2 %, 11,8 % und 9,9 % des Bedarfs an Engpassberufen. Der Posten „Sonstige“ ist auch hier deutlich der Größte mit 45 % des Erwerbstätigenbedarfs in Engpassberufen.

Abbildung 52: Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in PV-Anlagen im MMS – Erwerbstätige je Engpassberuf und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)



Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkung: Der Posten „Sonstige“ beinhaltet ca. 100 Engpassberufe mit sehr kleinen Erwerbstätigenanteilen. Die Klassifizierung als Engpassberuf ist aus Bundesagentur für Arbeit (2024) übernommen. Die Nummern in der Legende sind Codes aus der Klassifikation der Berufe 2010 (Bundesagentur für Arbeit, o. J.).

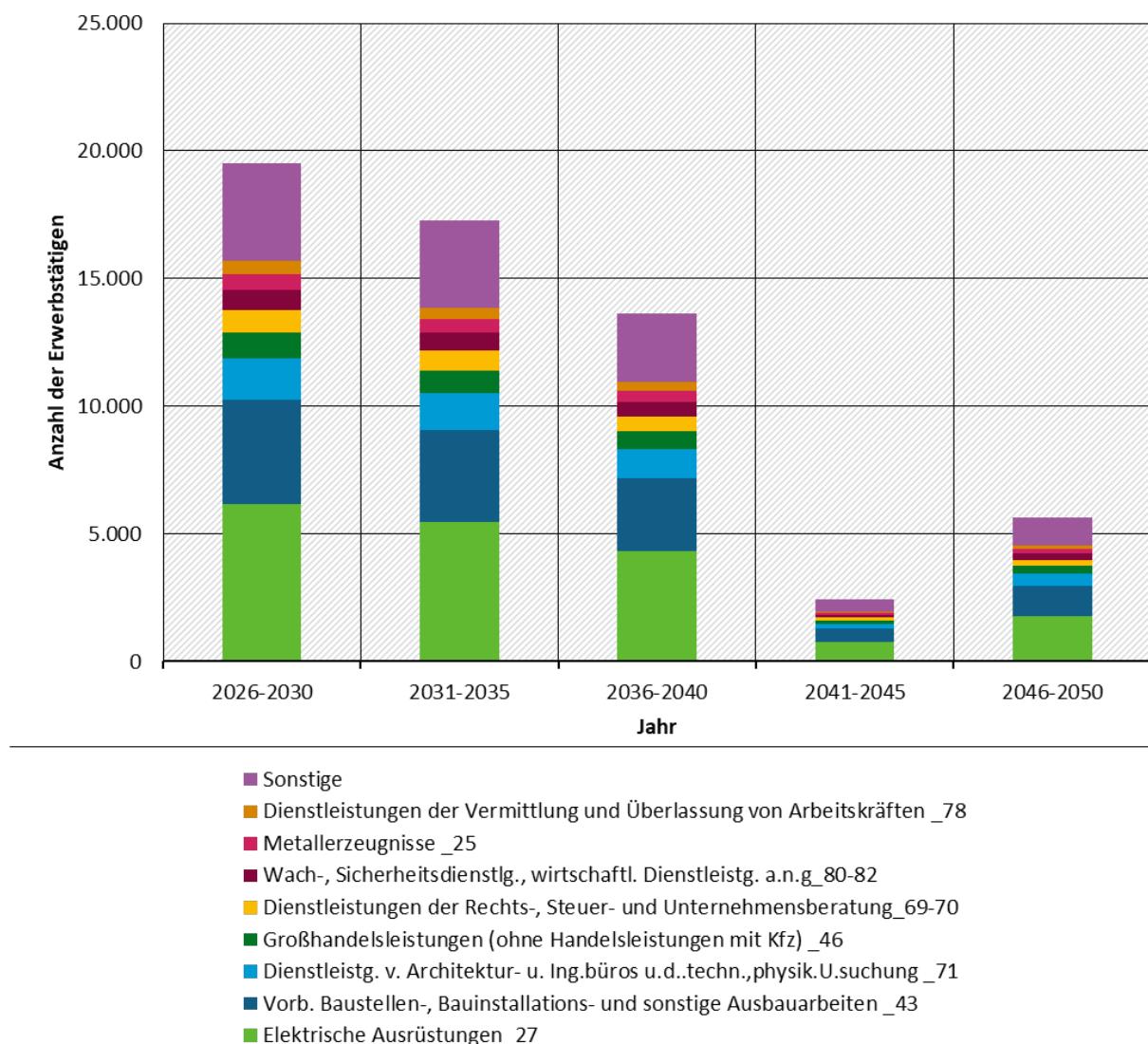
4.4.4 Batterien

In diesem Abschnitt werden die inländischen Arbeitsmarktauswirkungen der Investitionen in Batterien erläutert. Abbildung 53 stellt die Arbeitskräftebedarfe über fünf Jahre gemittelt und gegliedert nach Wirtschaftszweig dar. Der Gesamtbedarf an Arbeitskräften durch Investitionen in Batterien startet bei ca. 27.400 Arbeitskräften jährlich zwischen 2026 und 2030 und entwickelt sich von dort ähnlich wie bei den PV-Anlagen. Sie sinken leicht in den folgenden zwei Perioden bevor sie im Zeitabschnitt von 2041 bis 2045 um. Der Bedarf startet bei ca. 27.000 Arbeitskräften jährlich geht leicht zurück und bricht dann in der Periode 2041-2045 um 86 % ein. In der letzten Periode verdreifachen sich die Bedarfe wieder.

Die durch Investitionen in Batterien deutlich am stärksten betroffene Wirtschaftszweige sind „Elektrische Ausrüstungen“ mit einem zusätzlichen Bedarf von jährlich ca. 6.200 Erwerbstätigen in der Periode von 2026 bis 2030 und „Vorbereitende Baustellen-, Bauinstallations- und

sonstige Ausbauarbeiten“ mit jährlich ca. 4.10 Erwerbstägigen. Des Weiteren gibt es noch signifikante Bedarfe für den Wirtschaftszweig „Metallerzeugnisse“ und diverse „unterstützende“ Wirtschaftszweige (größtenteils Dienstleistungen) sowie eine hohe Anzahl weiterer Wirtschaftszweige in jeweils eher marginalem Ausmaß (Posten „Sonstige“), was die hohe Verflechtung der Wirtschaftszweige unterstreicht.

Abbildung 53: Direkte Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Batterien im MMS – Erwerbstäige je Wirtschaftszweig und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)



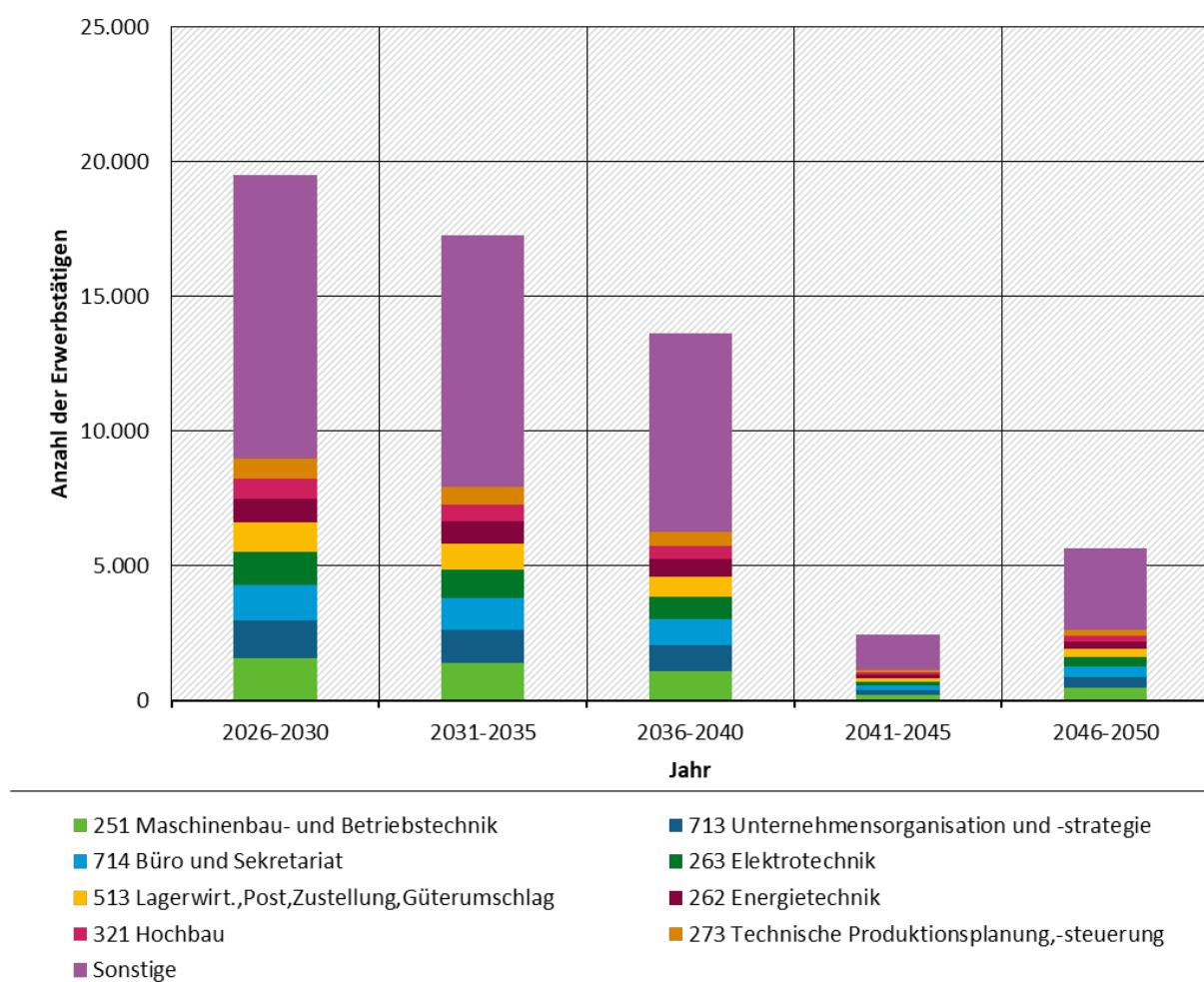
Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkungen: Der Posten „Sonstige“ beinhaltet ca. 60 Wirtschaftszweige mit sehr kleinen Erwerbstägigenanteilen. Die in der Legende angegebenen Zahlen sind CPA-Codes („Classification of Products by Activity“), die u. a. in Input-Output-Tabellen zur Identifikation der Produkte bzw. Wirtschaftszweige verwendet werden.

In Abbildung 54 und Abbildung 55 sind die aus den Investitionen in Batterien entstehenden inländischen Arbeitskräftebedarfe nach Tätigkeit und Anforderungsniveau unterteilt. Bei den meisten Tätigkeiten gilt, dass der in Deutschland entstehende Bedarf eher marginal ist. Gut 54 % entfallen allein auf den Posten „Sonstige“ (Abbildung 54). Unter den acht Tätigkeiten mit den höchsten Bedarfen befinden sich vier aus dem Berufsbereich 2 („Rohstoffgewinnung, Produktion und Fertigung“), die zusammen etwa 22,5 % der Erwerbstägigenbedarfe generieren. Ebenfalls

erwähnenswert sind die ca. 14 % der Bedarfe, die auf die beiden Tätigkeiten aus der Berufshauptgruppe 71 („Unternehmensführung und -organisation“) entfallen.

Abbildung 54: Direkte Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Batterien im MMS – Erwerbstätige je Tätigkeit und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)

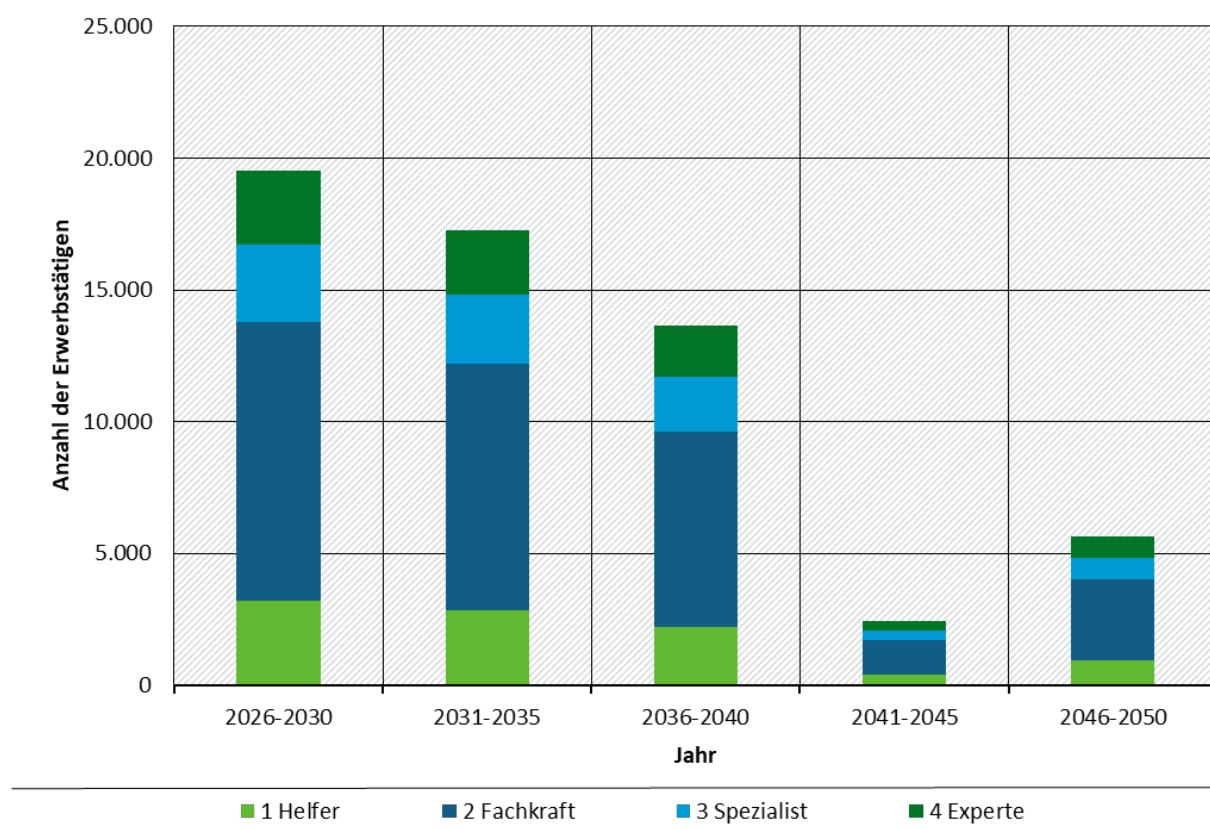


Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkungen: Der Posten „Sonstige“ beinhaltet ca. 130 Tätigkeitskategorien mit sehr kleinen Erwerbstätigkeitenanteilen. Die Nummern in der Legende sind Codes aus der Klassifikation der Berufe 2010 (Bundesagentur für Arbeit, o. J.).

Gemäß Abbildung 55 generieren Investitionen in Batterien in Deutschland hauptsächlich einen Bedarf an Fachkräften (ca. 10.600 Erwerbstätige pro Jahr von 2026 bis 2030). Das sind ca. 54 % des Gesamtbedarfs. Die restlichen 46 % verteilen sich zu fast gleichen Teilen auf die übrigen Kategorien (Helper, Spezialist und Experte).

Abbildung 55: Direkte Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Batterien im MMS – Erwerbstätige je Anforderung und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)

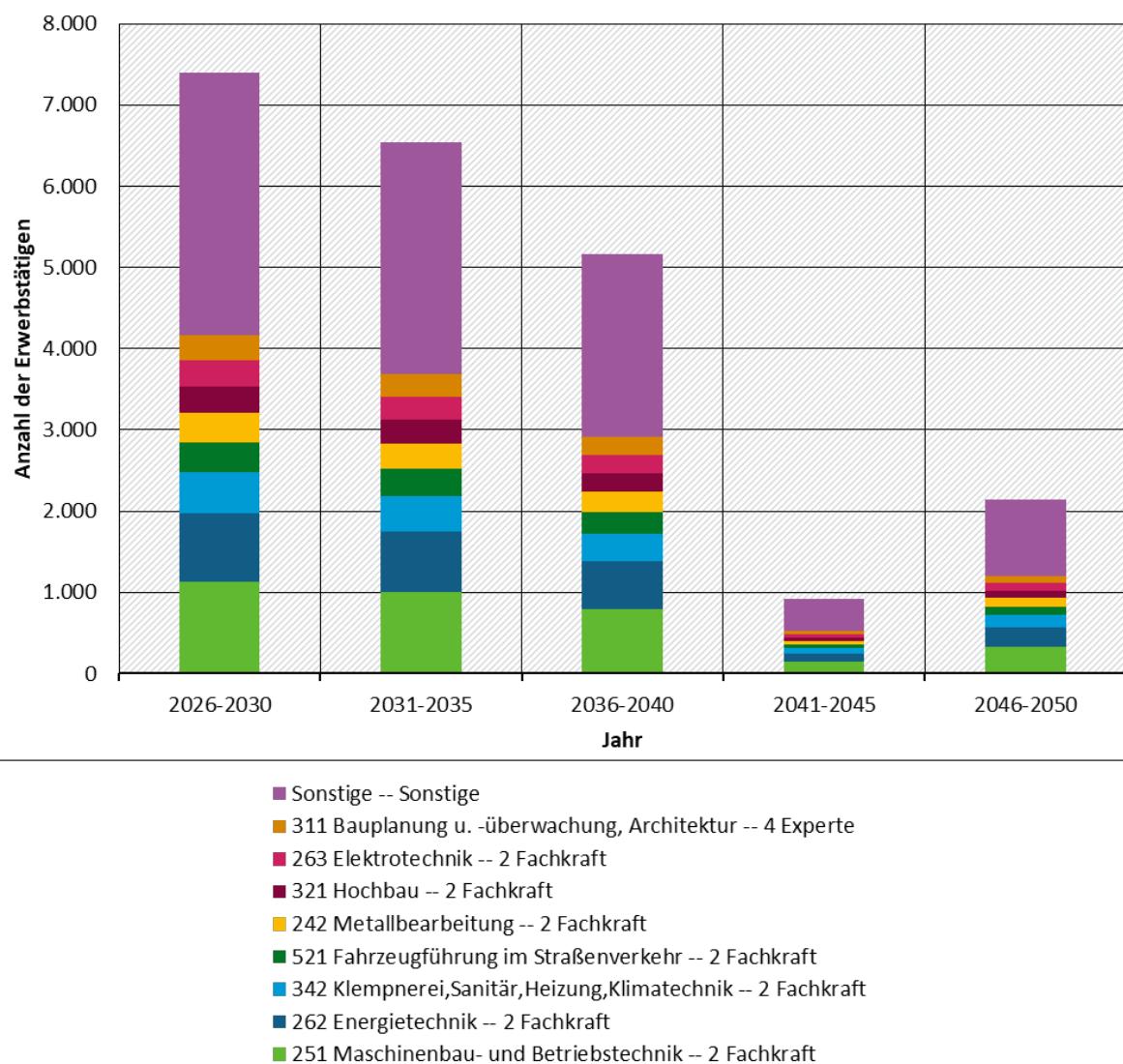


Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkung: Die Anforderungsniveauspezifikationen (Helfer, Fachkraft, Spezialist, Experte) sind aus Bundesagentur für Arbeit (o. J.) übernommen.

Die Investitionen in Batterien generieren ca. 38 % der Gesamtbedarfe an Erwerbstätigen in Engpassberufen. Ansonsten zeigt Abbildung 56 ähnliche Muster wie die Tätigkeiten und Anforderungen in Abbildung 54 und Abbildung 55. Auch hier dominieren die Bedarfe an Fachkräften. Der Posten „Sonstige“ macht wiederum mit 44 % einen Großteil der Bedarfe aus. Ansonsten stechen zwei Engpassberufe etwas heraus. Abbildung 54 Der höchste Bedarf entfällt auf Fachkräfte für Maschinenbau mit ca. 15,4 % des gesamten Bedarfs an Erwerbstätigen in Engpassberufen (ca. 1100 Erwerbstätige jährlich im Zeitraum von 2026 bis 2030). Auf Position zwei folgt der Bedarf an Fachkräften für „Energietechnik“ mit 11,4 % des Gesamtbedarfs an Engpassberufen. In den Top 8 befinden sich vier Engpassberufe aus Berufsbereich 2 („Rohstoffgewinnung, Produktion und Fertigung“) und drei aus Berufsbereich 3 („Bau, Architektur, Vermessung und Gebäudetechnik“).

Abbildung 56: Direkte Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Batterien im MMS – Erwerbstätige je Engpassberuf und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)



Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkungen: Der Posten „Sonstige“ beinhaltet ca. 100 Engpassberufe mit sehr kleinen Erwerbstätigenanteilen. Die Klassifizierung als Engpassberuf ist aus Bundesagentur für Arbeit (2024) übernommen. Die Nummern in der Legende sind Codes aus der Klassifikation der Berufe 2010 (Bundesagentur für Arbeit, o. J.).

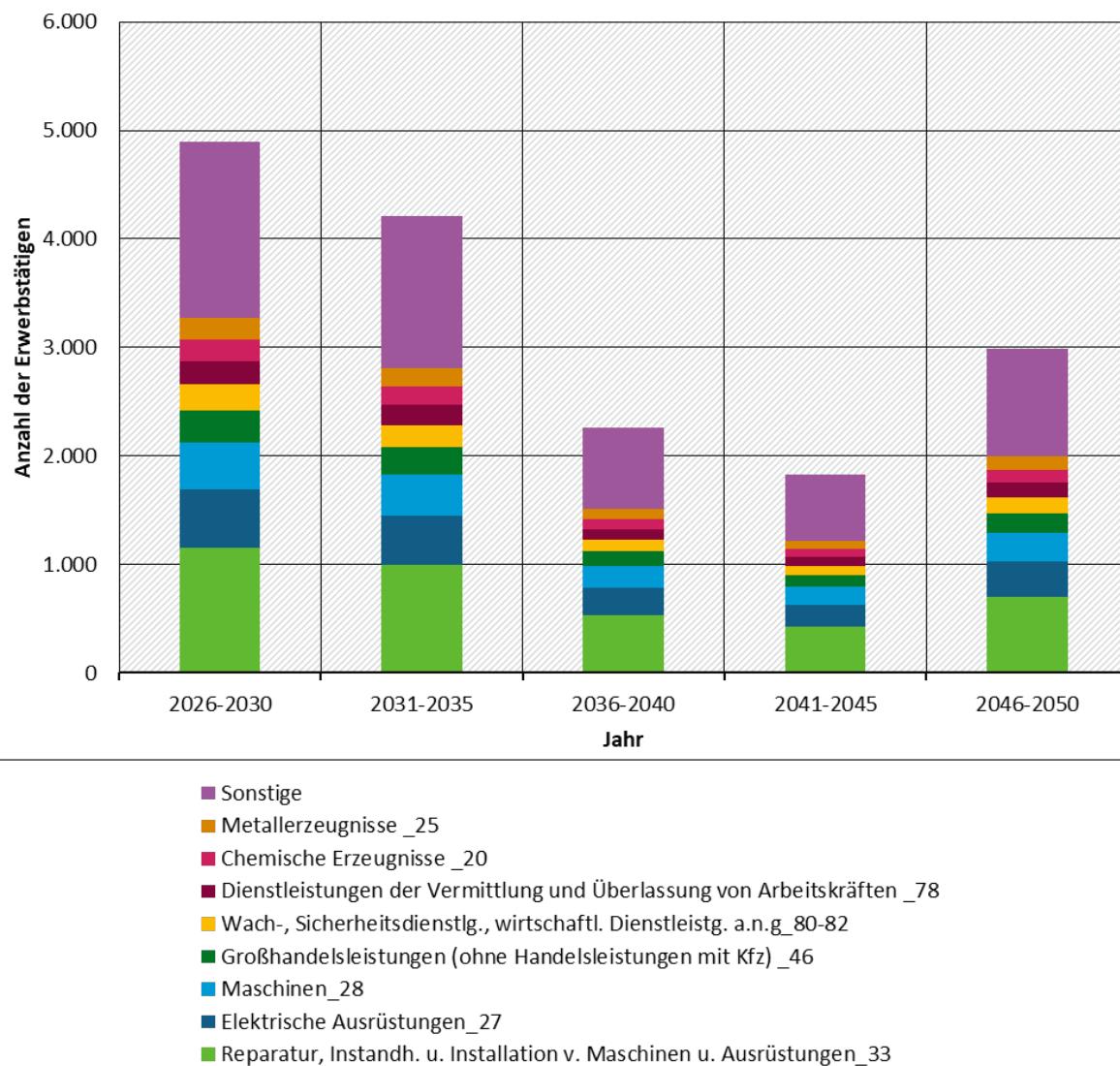
4.4.5 Elektrolyseure

In diesem Abschnitt erfolgt eine Detailanalyse der inländischen Arbeitskräftebedarfe, die durch Investitionen in Elektrolyseure entstehen. Abbildung 57 stellt diese nach Wirtschaftszweig disaggregiert dar, wobei jeder Bedarf als jährlicher Durchschnitt über einen Zeitraum von fünf Jahren ermittelt wird. Der generierte Gesamtbedarf startet bei jährlich ca. 4.900 Arbeitskräften im Zeitraum von 2026 bis 2030. In der folgenden Periode sinken die Bedarfe bereits auf ca. 4.200 Arbeitskräfte und bricht dann in der Periode von 2036 bis 2040 auf ca. 2.300 Arbeitskräfte ein. Der Bedarf geht daraufhin weiter zurück auf ca. 1.800 Arbeitskräfte bevor er in der Periode von 2046 bis 2050 wieder auf ca. 3.000 anwächst.

Der größte Arbeitskräftebedarf entsteht im Wirtschaftszweig „Reparatur, Instandhaltung und Installation von Maschinen und Ausrüstungen“ mit bis zu ca. 1.200 Arbeitskräften pro Jahr im Zeitraum von 2026 bis 2030, was ca. 24 % des gesamten Bedarfs ausmacht. Die

Wirtschaftszweige „Elektrische Ausrüstung“ und „Maschinen“ nehmen mit ca. 11 % und 9 % jeweils noch einen recht hohen Anteil ein. Der Posten „Sonstige“ liegt bei etwa einem Drittel des Gesamtbedarfs.

Abbildung 57: Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Elektrolyseure im MMS – Erwerbstätige je Wirtschaftszweig und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)

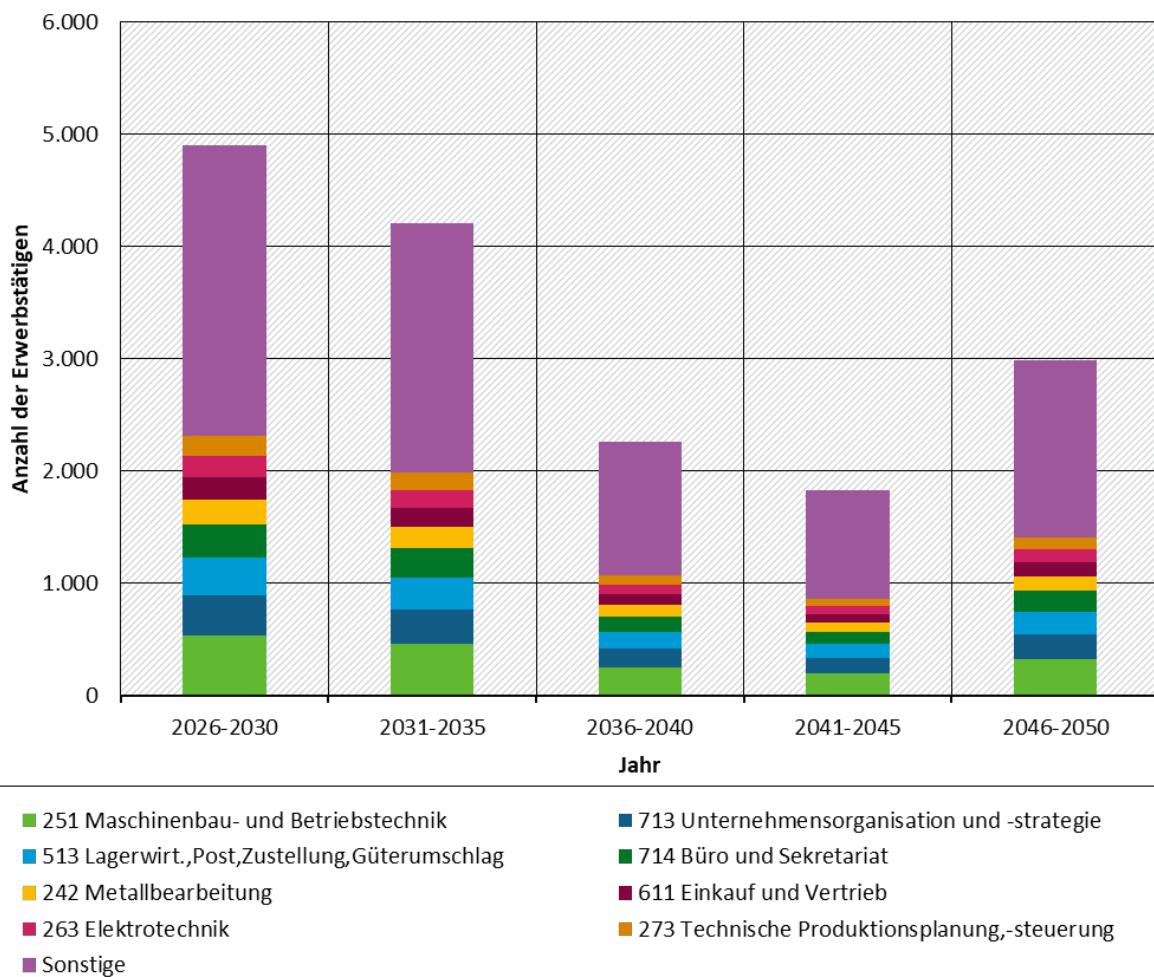


Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkungen: Der Posten „Sonstige“ beinhaltet ca. 60 Wirtschaftszweige mit sehr kleinen Erwerbstätigenanteilen. Die in der Legende angegebenen Zahlen sind CPA-Codes („Classification of Products by Activity“), die u. a. in Input-Output-Tabellen zur Identifikation der Produkte bzw. Wirtschaftszweige verwendet werden.

Bei den Tätigkeiten (Abbildung 58) umfasst der Posten „Sonstige“ wieder mehr als 50 % des Gesamtbedarfs. Es gibt also nicht ein paar wenige Tätigkeiten, auf die der Großteil des Effektes entfällt, sondern viele Tätigkeiten mit jeweils relativ kleinem Bedarf. Der größte Bedarf entfällt auf die Tätigkeit „Maschinenbau- und Betriebstechnik“ mit bis zu ca. 540 Erwerbstätigen. Unter den Tätigkeiten mit den acht höchsten Bedarfen sind noch drei weitere aus dem Berufsbereich 2 („Rohstoffgewinnung, Produktion und Fertigung“). Gemeinsam umfassen sie ca. 23 % des Bedarfs. Weitere 13 % fallen bei den beiden Tätigkeiten der Berufshauptgruppe 71 („Unternehmensführung und -organisation“) an.

Abbildung 58: Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Elektrolyseure im MMS – Erwerbstätige je Tätigkeit und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)

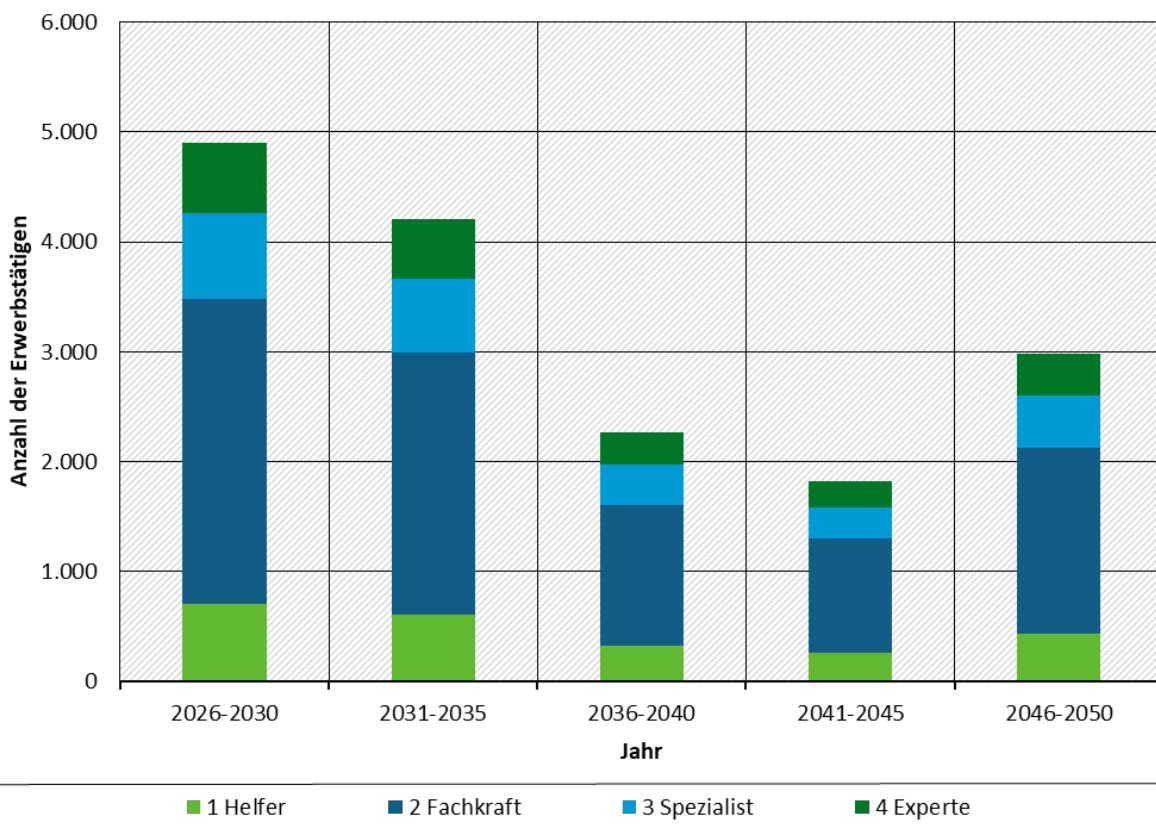


Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkungen: Der Posten „Sonstige“ beinhaltet ca. 130 Tätigkeitskategorien mit sehr kleinen Erwerbstätigenanteilen. Die Nummern in der Legende sind Codes aus der Klassifikation der Berufe 2010 (Bundesagentur für Arbeit, o. J.).

Wie in Abbildung 59 dargestellt, entsteht in Deutschland durch Investitionen in Elektrolyseure hauptsächlich ein Bedarf an Fachkräften. Der Bedarf an Fachkräften liegt zwischen ca. 1.000 Erwerbstätigen in den Jahren 2041-2045 und ca. 2.780 Erwerbstätigen in den Jahren 2026 bis 2030 und macht damit einen Anteil von etwa 57 % aus. Die generierten Bedarfe der drei anderen Anforderungsstufen haben untereinander in etwa die gleiche Größenordnung und liegen jeweils bei ca. 13 % bis 16 % des Gesamtbedarfs.

Abbildung 59: Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Elektrolyseure im MMS – Erwerbstätige je Anforderung und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)

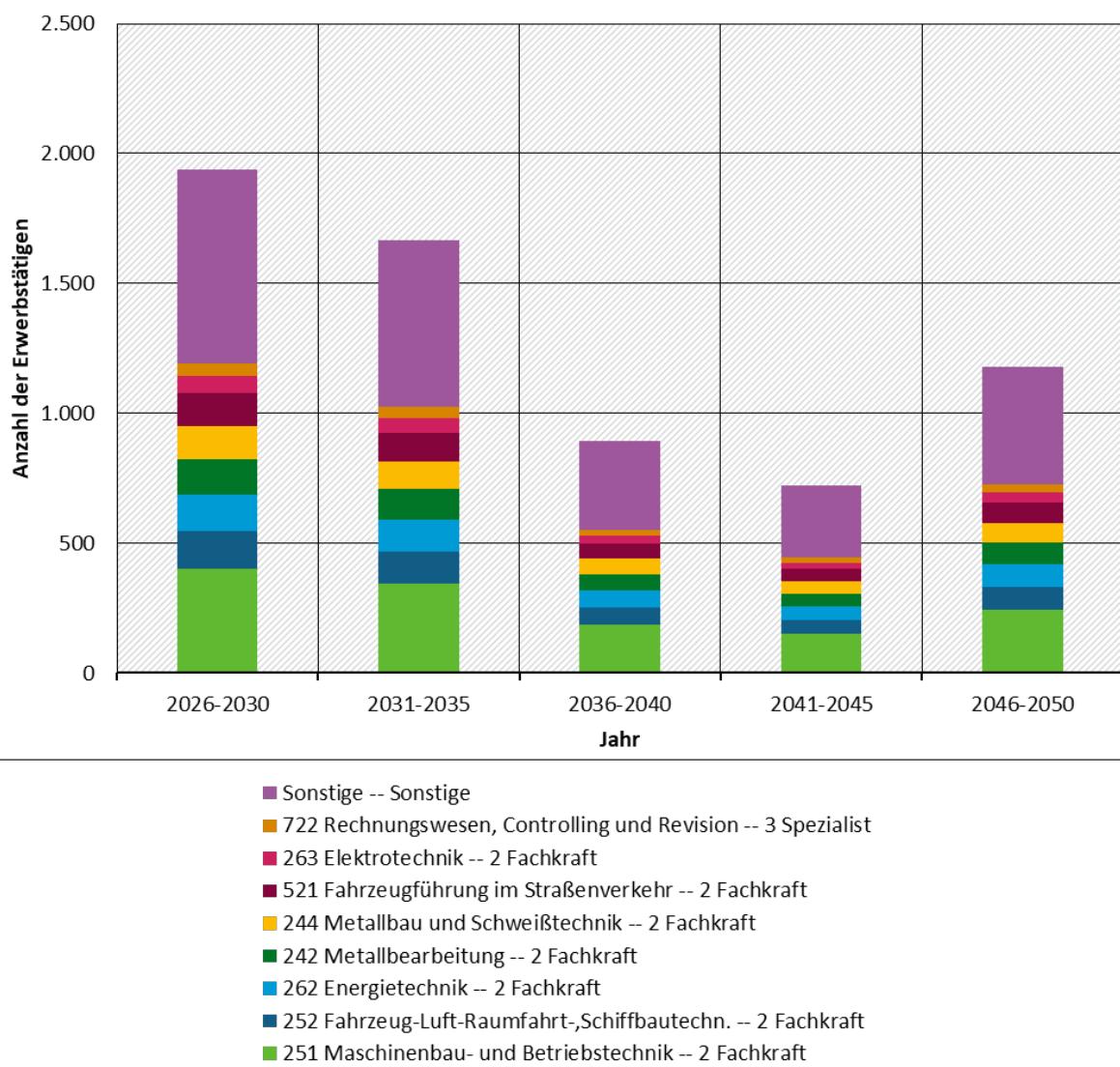


Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkung: Die Anforderungsniveauspezifikationen (Helper, Fachkraft, Spezialist, Experte) sind aus Bundesagentur für Arbeit (o. J.) übernommen.

Mit ca. 40 % haben Elektrolyseure unter den untersuchten Technologien eine recht hohe Quote an Engpassberufen (Abbildung 60). Davon entfallen wiederum 38 % auf den Posten „Sonstige“, was auch bei Elektrolyseuren auf eine gleichmäßige Verteilung auf viele Engpassberufe schließen lässt. Des Weiteren wird wieder der Hauptteil der Bedarfe in Engpassberufen für Fachkräfte benötigt, die vor allem im Berufsbereich 2 („Rohstoffgewinnung, Produktion und Fertigung“) eingesetzt werden sollen.

Abbildung 60: Projizierte direkte und indirekte Effekte der Investitionen in Elektrolyseure im MMS – Erwerbstätige je Engpassberuf und Jahr (gemittelt über 5 Jahre)



Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen, Fraunhofer ISI

Anmerkungen: Der Posten „Sonstige“ beinhaltet ca. 100 Engpassberufe mit sehr kleinen Erwerbstätigenanteilen. Die Klassifizierung als Engpassberuf ist aus Bundesagentur für Arbeit (2024) übernommen. Die Nummern in der Legende sind Codes aus der Klassifikation der Berufe 2010 (Bundesagentur für Arbeit, o. J.).

5 Sozio-ökonomische Analyse aus Sicht privater Haushalte

Textbox 11: Wesentliches auf einen Blick

In diesem Kapitel werden zwei Analyseansätze verfolgt.

1. Eine Wirtschaftlichkeitsanalyse aus Sicht privater Haushalte anhand der Amortisationsrechnung. Die Amortisation beschreibt den Zeitpunkt nach einer getätigten Investition, ab dem die kumulierten Einsparungen die Investitionskosten übersteigen. Eine Maßnahme gilt in dieser Betrachtung als wirtschaftlich, wenn die Amortisationsdauer kürzer ist als die angenommene Lebensdauer der Maßnahme.

Gebäude:

- ▶ Die Amortisationsrechnung hebt die Bedeutung der Förderung hervor, da sich dadurch die Amortisationsdauer der Investition deutlich reduziert. Mit Förderung rechnen sich unter den gegebenen Annahmen alle betrachteten Fälle. Das bedeutet, dass die Energiekosteneinsparungen die energiebedingten Mehrkosten innerhalb der Lebensdauer der Investition mehr als ausgleichen. Bei einer Vollsanierung auf den Standard Effizienzhaus-70 stellt sich bei Inanspruchnahme der Förderung eine positive Rendite bereits nach 16 bzw. 17 Jahren ein. Wenn sowieso Instandhaltungen anstehen, ist die Amortisationsdauer der Vollsanierung auf EH-70 mit Luft-Wärmepumpe niedriger als die der Installation einer Wärmepumpe bei Teilsanierung des Gebäudes.

Verkehr:

- ▶ Mithilfe der Amortisationsrechnung wird gezeigt, dass sich bei einer Nutzungsdauer von 10 Jahren schon jetzt der Umstieg auf ein Elektro-Pkw finanziell lohnt. Dies gilt für durchschnittliche Pkw-Nutzende und in besonderem Maße für Vielfahrende. Neben der Nutzungsdauer und der jährlichen Fahrleistung hängt die Rentabilität eines Umstiegs auch vom Anschaffungsjahr, der Entwicklung der Energiekosten und dem Fahrzeugalter zum Zeitpunkt des Umstiegs ab. In Zukunft zu erwartende sinkende Anschaffungspreise für Elektrofahrzeuge und mit einem höheren CO₂-Preis einhergehende steigende Preise für Benzin und Diesel verringern die Amortisationsdauer und erhöhen damit die Rentabilität. Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass neuere Fahrzeuge eine längere Amortisationsdauer haben und sich im Gegenteil dazu ältere gebrauchte Elektrofahrzeuge sehr schnell amortisieren.

2. Die Analyse von Beispielhaushalten, die die Wirkungen ausgewählter Maßnahmen auf verschiedene Haushaltstypen zeigt. In der Analyse werden Klimaschutzmaßnahmen aus den Bereichen Gebäude und Mobilität kombiniert und für das Jahr 2030 einer Situation gegenübergestellt, in der Haushalte keine Klimaschutzmaßnahmen durchgeführt haben (also nicht in Klimaschutz investiert oder Verhaltensänderungen durchgeführt haben). Dabei spielen die Entwicklungen der Preise und der Einkommen eine wichtige Rolle.

Nichthandeln: Es zeigt sich in den Analysen, dass die Belastung durch Energieausgaben im Verhältnis zum Einkommen für Haushalte im Fall des Nichthandelns, also wenn keine Investitionen oder Verhaltensanpassungen durchgeführt werden, im Jahr 2030 leicht geringer ist als im Jahr 2024. Dies liegt daran, dass die Einkommen schneller steigen als die Preise für fossile Heiz- und Kraftstoffe. Nur Haushalte mit hohem Energieverbrauch, z. B. im nicht sanierten Eigenheim, spüren im Jahr 2030 sowohl die höheren Energiekosten wie auch eine höhere Belastung im Verhältnis zum Einkommen, wenn sie keine Klimaschutzmaßnahme durchführen.

Handeln durch klimafreundliche Investitionen und Verhaltensanpassungen: In zwei Szenarien werden Umstellungen auf klimafreundliche Alternativen untersucht. Dabei zeigt sich für die Beispielhaushalte, dass Investitionen in Klimaschutz und Verhaltensanpassungen insbesondere im Bereich Mobilität, d.h. die Investition in ein E-Fahrzeug und die Reduktion der Fahrleistung durch Umstieg auf öffentlichen Verkehr oder andere Mobilitätsformen, in den meisten Konstellationen, zu Kosteneinsparungen führen können und damit die Ausgabenbelastung von Haushalten senken. Im Bereich Gebäude ist das Bild gemischter. Untersucht wurden zwei Fälle: Der Einbau einer Wärmepumpe bei Teilsanierung des Gebäudes und eine Vollsanierung auf Effizienzhausstandard 70 mit Wärmepumpe. Mit Inanspruchnahme der Förderung sind beide Sanierungsfälle wirtschaftlich, allerdings rechnet sich unter den gegebenen Annahmen die Vollsanierung auf Effizienzhausstandard 70 schneller als die Teilsanierung mit Wärmepumpe. Damit stellt sich für die Beispielhaushalte die Vollsanierung in allen Fällen besser dar als die Teilsanierung mit Wärmepumpe, vor allem in Kombination mit Klimaschutzmaßnahmen im Mobilitätsbereich. Gegenüber der Situation des Nichthandelns, also der Situation, wenn im Jahr 2030 weiterhin fossile Technologien verwendet werden, lässt sich keine eindeutige Aussage treffen. Je nach Kombination der Maßnahmen, Verbrauch und Fördermöglichkeiten kann eine Einsparung erreicht werden. Rein aus Wirtschaftlichkeit schneidet die Teilsanierung mit Wärmepumpe dabei im Bereich der Gebäudemassnahmen schlechter ab, in der Praxis und aus Umsetzungsgesichtspunkten kann sie jedoch dennoch eine positive Lösung sein, da die Anfangsinvestitionen geringer sind, die Sanierungsarbeiten an der Gebäudehülle weniger aufwändig sind und die Umsetzung schneller erfolgen kann. Gerade für Haushalte mit geringem Einkommen und für ältere Hauseigentümer*innen können diese und weitere Aspekte bei der Entscheidung überwiegen.

Alle Ergebnisse **hängen stark von den getroffenen Annahmen** ab und sind sensitiv gegenüber Veränderungen der Annahmen. Für alle Beispielhaushalte wurde daher eine Sensitivität untersucht, in der Haushalte den Erwerb des E-Autos auf das Jahr 2030 verschieben. Erwartungsgemäß werden die Kosten für E-Fahrzeuge bis dahin deutlich sinken. Für Sanierungsaktivitäten ist eine derartige Kostenänderung derzeit nicht zu erwarten. In allen Fällen, in denen die Beispielhaushalte auf ein E-Fahrzeug umstellen, sinkt die Belastung dadurch deutlich. So stellt sich die Umstellung der Heizung bei Teilsanierung dann für Haushalte, die zur Miete wohnen finanziell besser dar als die Situation, in der keine Klimaschutzmaßnahme umgesetzt wird. Bei Haushalten im Eigentum nähern sich die Situationen deutlich an und Klimaschutz wird attraktiver.

Insgesamt ist festzuhalten, dass die gewählten Kombinationen an Klimaschutzmaßnahmen auf Experteneinschätzungen beruhen und auch anders ausgestaltet werden können. In vielen Fällen lässt sich allerdings durch die gewählten Kombinationen eine Spannbreite der Wirkungen (von deutlichen Mehrbelastungen bis zu deutlichen Entlastungen) ableiten.

In diesem Kapitel nehmen wir die Perspektive privater Haushalte ein und bewerten die Wirtschaftlichkeit sowie die Be- und Entlastungswirkung einer privaten Investition in Klimaschutz bzw. der Umstellung auf klimafreundliches Verhalten in den Bereichen Gebäudewärme und Mobilität.

Im ersten Schritt erläutern wir kurz verschiedene Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung und die technischen Annahmen. Anschließend führen wir eine Wirtschaftlichkeitsrechnung mit Hilfe einer Amortisationsrechnung je für Investitionen im Gebäude- und im Mobilitätsbereich durch. Die Amortisationsrechnung bewertet, nach wie vielen Monaten bzw. Jahren sich die Investition in eine klimafreundliche Alternative rentiert bzw. amortisiert.

Im dritten Schritt vertiefen wir die Analysen anhand von vier Beispielhaushalten und stellen die Ent- bzw. Belastung durch die Investition oder die Umstellung auf klimafreundliche Alternativen für jeden dieser vier Haushalte dar. Für jeden dieser Haushalte fassen wir die Ergebnisse in einem illustrativen Steckbrief zusammen (siehe Kapitel 5.4.2).

5.1 Methoden für Wirtschaftlichkeitsrechnung

Ob eine Investition, wie z. B. eine Sanierung, der Tausch des Wärmeerzeugers oder der Erwerb eines Elektro-Fahrzeugs wirtschaftlich ist, kann in verschiedenen Größen ausgedrückt werden (Enseling et al., 2023). Im Folgenden werden daher verschiedene Methoden zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen oder Investitionen in klimafreundliche Alternativen systematisch dargestellt und hinsichtlich ihrer Aussagekraft, Anwendbarkeit und Relevanz für die Bewertung energetischer Maßnahmen eingeordnet. Jede dieser Methoden bietet spezifische Vorteile und eignet sich für unterschiedliche Anwendungsfälle – von der einfachen Kommunikation mit privaten Haushalten bis hin zur vergleichenden Bewertung alternativer Investitionen im unternehmerischen Kontext.

- ▶ Amortisationsrechnung: Die **Amortisation** beschreibt den Zeitpunkt nach einer getätigten Investition, ab dem die kumulierten Einsparungen die Investitionskosten übersteigen. Eine Maßnahme gilt als wirtschaftlich, wenn die Amortisationsdauer kürzer ist als die angenommene Lebensdauer der Maßnahme. Bei der dynamischen Amortisationsrechnung werden die Einsparungen der Zukunft auf den Investitionszeitpunkt abgezinst. Bei der statischen Betrachtung fließen künftige Einsparungen so ein, wie sie anfallen. Die Amortisationsdauer ergibt sich dabei aus der Anzahl der Jahre (oder Perioden), die benötigt werden, bis die aufaddierten Einsparungen die anfänglichen Investitionskosten vollständig decken. In beiden Varianten wird von einem Barkauf ausgegangen – es fallen also keine zusätzliche Finanzierungskosten an. Der Vorteil des Amortisationsdauer-Ansatzes liegt in seiner Verständlichkeit: Es wird nicht die absolute Höhe der Einsparungen in Euro bewertet, sondern lediglich der Zeitpunkt, ab dem sich die Maßnahme „rechnet“. Dadurch lassen sich auch Maßnahmen mit unterschiedlich hohen Investitionsvolumina – etwa umfangreiche Sanierungen und kleinere Einzelmaßnahmen – gut miteinander vergleichen. **Diese Bewertungsmethodik bildet die Grundlage für die Analysen in diesem Kapitel.**
- ▶ Ein weiterer Ansatz zur wirtschaftlichen Bewertung energetischer Maßnahmen ist der **Kapitalwert**. Dieser ergibt sich als Differenz aus abgezinsten Einnahmen (z. B. Energiekosteneinsparungen) und Ausgaben (Investitionskosten). Ist der Kapitalwert positiv, gilt die Maßnahme als wirtschaftlich vorteilhaft. Der wesentliche Vorteil dieser Methode liegt in der Möglichkeit, Zahlungsströme zu unterschiedlichen Zeitpunkten vergleichbar zu machen und reale Investitionsvolumina sichtbar zu machen. Für energetische Sanierungen, bei denen typischerweise eine hohe Anfangsinvestition einer Reihe zukünftiger Einsparungen gegenübersteht, ist der Kapitalwert ein geeignetes Maß. Allerdings kann die absolute Höhe des Kapitalwerts stark vom betrachteten Beispiel abhängen und ist für die Kommunikation mit nicht-fachlichem Publikum oft weniger intuitiv greifbar als etwa die Amortisationsdauer.
- ▶ Die **Annuitätenmethode** stellt eine weitere Möglichkeit zur wirtschaftlichen Bewertung energetischer Investitionen dar. Dabei werden die einmaligen Investitionskosten über die angenommene Lebensdauer der Maßnahme gleichmäßig auf jährliche Zahlungen verteilt. Die Berechnung erfolgt durch Multiplikation der Investitionskosten mit einem Annuitätenfaktor, der sich aus dem kalkulatorischen Zinssatz und der Lebensdauer ergibt. Dieses Verfahren ist analog zur Tilgung eines Kredits über die Laufzeit. Im Gegensatz zur

Kapitalwertmethode werden zukünftige Einsparungen nicht diskontiert, was die Methode insbesondere für die Kommunikation mit Haushalten erleichtert: Die jährlichen Kosten lassen sich gut in Relation zum verfügbaren Einkommen setzen, und die Analogie zu Kreditraten ist allgemein verständlich. **Die Annuitätenmethode wird daher im weiteren Verlauf dieser Studie zur Darstellung der jährlichen finanziellen Belastung bei den Beispielhaushalten herangezogen.**

- ▶ Die **Renditebewertung** stellt eine weitere Methode zur ökonomischen Beurteilung energetischer Investitionen dar. Hierbei werden Kennzahlen wie die Eigenkapitalrendite (Internal Rate of Return, IRR) oder der Return on Investment (ROI) herangezogen, um die Rentabilität einer Maßnahme im Verhältnis zum eingesetzten Kapital zu bewerten. Diese Kennzahlen ermöglichen insbesondere im unternehmerischen Kontext eine vergleichende Bewertung alternativer Investitionsoptionen. Ihr Vorteil liegt in der kompakten Darstellung der Wirtschaftlichkeit als prozentuale Größe, was eine direkte Vergleichbarkeit mit anderen Kapitalanlagen erlaubt. Für private Haushalte ist diese Methode hingegen weniger gebräuchlich, da sie ein stärker investitionsorientiertes Entscheidungsverhalten voraussetzt.

5.2 Technische Annahmen, Kosten und Preise: Gebäude, Mobilität

Zur Analyse der sozialen und wirtschaftlichen Auswirkungen werden verschiedene Annahmen getroffen. Diese betreffen insbesondere die Investitionskosten, die Umlage von Kosten im Falle von Mietverhältnissen, mögliche Förderungen (von denen angenommen wird, dass sie durch die betrachteten Beispielhaushalte vollständig in Anspruch genommen werden), sowie die Entwicklung von Energiepreisen. Für die Analyse der Beispielhaushalte wird grundsätzlich von einem Investitionszeitpunkt bspw. für die Gebäudesanierung oder den Pkw-Austausch vom Jahr 2025 ausgegangen und die finanzielle Wirkung im Jahr 2030 bewertet.¹⁶

Die zugrunde gelegten Annahmen sind in den folgenden Tabellen dokumentiert. Sie basieren auf Annahmen und Ergebnissen der Sektormodellen (Modelldokumentation siehe H. Förster et al., 2025) der Treibhausgasprojektionen 2025 für Deutschland sowie den Rahmendaten für die Treibhausgas-Projektionen 2025 (Kemmler et al., 2025) sowie den Endverbrauchspreisen der Energieträger für die Treibhausgas-Projektionen 2025 (Kreidelmeyer & Kemmler, 2025). Zudem zeigen die folgenden Tabellen, auf welcher Datenbasis und mit welchen Annahmen der Energieverbrauch in den verschiedenen Zuständen berechnet wurde – dabei geht es um Erdgas, Heizöl und Strom für das Heizen sowie um Benzin, Diesel und Strom für die Mobilität.

Für die Beispielhaushalte werden die Investitionen bei selbstnutzenden Eigentümer*innen mithilfe eines privaten Zinssatzes von 4 % real pro Jahr über die jeweilige Lebensdauer der Maßnahme annuiert. Als Lebensdauer nehmen wir 40 Jahre für die Gebäudehülle und 25 Jahre für die Wärmeversorgung an. Das bedeutet, die einmaligen Investitionen werden in gleichmäßige jährliche Zahlungsströme umgerechnet.

Für Beispielhaushalte, die zur Miete wohnen, erfolgt die Umlage der Investitionskosten abzüglich Förderung und Instandhaltungskosten über die sogenannte Modernisierungsumlage. Dabei setzen wir einen Satz von 6 % an. Zwar erlaubt § 559 BGB grundsätzlich eine Umlage von 8 % der aufgewendeten Modernisierungskosten, jedoch wird hier ein reduzierter Wert verwendet, da die volle Umlage am Markt häufig nicht durchsetzbar ist. Umlagefähig sind dabei nur die energetischen Mehrkosten – also jene Investitionsanteile, die über ohnehin angefallene Instandhaltungskosten hinausgehen.

¹⁶ Eine Sensitivitätsrechnung mit einem späteren Investitionszeitpunkt im Jahr 2030 beim Pkw-Austausch befindet sich im Anhang A.2.2.

Für die Berechnung der Mobilitätskosten werden neben den Kraftstoffkosten, die sich aus dem spezifischen Verbrauch je Kilometer und dem entsprechenden Kraftstoffpreis ergeben, auch weitere Pkw-spezifische Kosten berücksichtigt. Diese umfassen Fixkosten (unabhängig von der Fahrleistung), z. B. Versicherung oder Kfz-Steuer als auch variable Kosten (abhängig von der Laufleistung), z. B. Reifenverschleiß oder Wartung.

Für die Berechnung der Investitionskosten eines neuen Elektroautos wird eine Finanzierung über Kredit mit einer Laufzeit (bzw. Lebensdauer) von 15 Jahren und einem Zinssatz von 4 % angenommen. Dieselben Parameter gelten für ein fossiles Bestandsfahrzeug, das ersetzt wird.¹⁷ Die Differenz der jeweils annuisierten Investitionskosten beider Fahrzeuge werden als jährliche zu leistende Mehrkosten ausgewiesen. Grundlage für die annuisierten Kosten ist in beiden Fällen ein Neuwagenpreis (siehe bspw. Tabelle 3).

Tabelle 1: Annahmen zu Gebäuden und Gebäudemaßnahmen – Mehrfamilienhaus

Kleines vermietetes Mehrfamilienhaus (Baujahr 1969-1978) – 6 Wohnungen	Wert	Einheit
Gebäudenutzfläche (A _N) gem. GEG (aus Volumen berechnet, inkl. Flure, Treppen)	459	m ²
Wohnfläche	426	m ²
Endenergieverbrauch Gas ungedämmt	169	kWh/m ² A _N /a
Energiekosten bei 10 ct/kWh je Wohnung	1.300	€/a
Vollsanierung auf EH-70 mit Luft-Wärmepumpe (2025)		
Endenergieverbrauch (Umweltwärme und Strom für WP gedämmt (EH-70))	77	kWh/m ² A _N /a
Endenergieverbrauch Strom für Luft-WP gedämmt (EH-70)	24	kWh/m ² A _N /a
Vollkosten Gebäudehülle (EH-70)	606	Euro _{real2024} /m ² _{WFI}
Energetische Mehrkosten Gebäudehülle (EH-70)	330	Euro _{real2024} /m ² _{WFI}
Vollkosten Wärmeversorgung Luft-WP (EH-70)	141	Euro _{real2024} /m ² _{WFI}
Energetische Mehrkosten Luft-WP (EH-70), d.h. abzüglich fiktive Kosten Gaskessel	95	Euro _{real2024} /m ² _{WFI}
Fördersatz für Gebäudehülle (EH-70-EE)	15 %	der Vollkosten
Fördersatz Heizung	50 %	der Vollkosten
Umlagefähige Kosten unter Annahme (energetische Mehrkosten Wärmehülle und -versorgung abzgl. Förderung)	264	Euro _{real2024} /m ² _{WFI}
Angenommene jährliche Mieterhöhung nach Modernisierung	6 %	der umlagefähigen Kosten
Teilsanierung NT-Ready mit Luft-Wärmepumpe (2025)		
Endenergieverbrauch Strom für Luft-WP (NT-ready)	58	kWh/m ² A _N /a

¹⁷ Zur Wahrung der Vergleichbarkeit wird rechnerisch unterstellt, dass auch das bereits im Haushalt vorhandene Fahrzeug über einen Kredit finanziert wurde. Dadurch lassen sich die frühere Investition in ein konventionelles Fahrzeug und die potenzielle zukünftige Investition in ein Elektrofahrzeug methodisch konsistent gegenüberstellen.

Kleines vermietetes Mehrfamilienhaus (Baujahr 1969-1978) – 6 Wohnungen	Wert	Einheit
Maßnahmen zur Senkung der Vorlauftemperatur: Dämmung obere Geschossdecke, Kellerdecke, gering-investive Maßnahmen	97	Euro _{real2024} /m ² _{WFI}
Vollkosten Wärmeversorgung Luft-WP (NT-ready)	255	Euro _{real2024} /m ² _{WFI}
Energetische Mehrkosten Luft-WP, d.h. abzüglich fiktive Kosten Gaskessel	208	Euro _{real2024} /m ² _{WFI}
Energiebedingte Mehrkosten Wärmeschutz & -versorgung	306	Euro _{real2024} /m ² _{WFI}
Fördersatz für Teilsanierung (BEG EM)	15 %	der Vollkosten
Fördersatz Heizung	50 %	der Vollkosten
Umlagefähige Kosten (energetische Mehrkosten abzüglich Förderung)	168	Euro _{real2024} /m ² _{WFI}

Quellen: Energiebedarfs- und Kostenberechnungen des Öko-Instituts: Gebäudetypologie und Rechenverfahren auf Basis des TABULA-Projekts vom Loga et al. (2015), Kosten für Wärmeerzeuger aus dem Technikkatalog Kommunale Wärmeplanung von Ortner et al. (2024) sowie Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz (2025), Kosten für Bauteilsanierungen von Hinz (2015) sowie Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen (2022) und Baupreisindex für die Bauwirtschaft des Statistischen Bundesamtes.

Anmerkungen: WFI = Wohnfläche, AN = Gebäudenutzfläche, relevant für die Einteilung in Effizienzklassen im Energieausweis. *Wir gehen davon aus, dass die Heizung unabhängig von der Vollsanierung eingebaut wird, so dass sie über die BEG EM mit 50 % (30 % Grundförderung und 20 % Geschwindigkeitsbonus) gefördert wird. Die Obergrenze der förderfähigen Kosten für die Heizung liegt nach BEG EM bei 30.000 Euro. Diese wird bei der Teilsanierung NT-Ready mit Luft-Wärmepumpe deutlich überschritten, so dass die tatsächliche Förderhöhe auf 15.000 Euro bei 50 % Förderung gekappt ist.

Tabelle 2: Annahmen zu Gebäuden und Gebäudemaßnahmen– Einfamilienhaus

Selbst genutztes Einfamilienhaus (Baujahr 1969-1978)	Wert	Einheit
Gebäudenutzfläche (A _N) gem. GEG (aus Volumen berechnet, inkl. Flure, Treppen)	161	m ²
Wohnfläche	110	m ²
Endenergieverbrauch Gas ungedämmt	177	kWh/m ² _{AN} /a
Energiekosten bei 10 ct/kWh	2.850	€/a
Sanierung auf EH-70 mit Luft-Wärmepumpe (2025)		
Endenergieverbrauch (Umweltwärme und Strom für WP gedämmt (EH-70)	71	kWh/m ² _{AN} /a
Endenergieverbrauch Strom für WP gedämmt (EH-70)	20	kWh/m ² _{AN} /a
Vollkosten Gebäudehülle (EH-70)	1.088	Euro _{real2024} /m ² _{WFI}
Energetische Mehrkosten Gebäudehülle (EH-70)	572	Euro _{real2024} /m ² _{WFI}
Vollkosten Wärmeversorgung Luft-WP (EH-70)	229	Euro _{real2024} /m ² _{WFI}
Energetische Mehrkosten Luft-WP (EH-70), d.h. abzüglich fiktive Kosten Gaskessel	137	Euro _{real2024} /m ² _{WFI}

Selbst genutztes Einfamilienhaus (Baujahr 1969-1978)	Wert	Einheit
Fördersatz für Gebäudehülle (EH-70-EE)	15 %	der Vollkosten
Fördersatz Heizung*	50 %	der Vollkosten
Fördersatz Heizung bei geringem Einkommen	70 %	der Vollkosten
Teilsanierung NT-Ready mit Luft-Wärmepumpe (2025)		
Endenergieverbrauch Strom für Luft-WP (NT-ready)	56	kWh/m ² _{AN} /a
Maßnahmen zur Senkung der Vorlauftemperatur: Dämmung obere Geschossdecke, Kellerdecke, gering-investive Maßnahmen	161	Euro _{real2024/m²_{WFl}}
Vollkosten Wärmeversorgung (Luft-WP bei NT-ready)	471	Euro _{real2024/m²_{WFl}}
Energetische Mehrkosten Luft-WP, d.h. abzüglich fiktive Kosten Gaskessel	379	Euro _{real2024/m²_{WFl}}
Energiebedingte Mehrkosten Wärmeschutz & -versorgung	540	Euro _{real2024/m²_{WFl}}
Fördersatz für Teilsanierung (BEG EM)	15 %	der Vollkosten
Fördersatz Heizung*	50 %	der Vollkosten
Fördersatz Heizung bei geringem Einkommen	70 %	der Vollkosten
Lebensdauer Gebäudehülle	40	Jahre
Lebensdauer Wärmeversorgung	25	Jahre
Angenommener Zinssatz	4 %	p. a. real

Quellen: Energiebedarfs- und Kostenberechnungen des Öko-Instituts: Gebäudetypologie und Rechenverfahren auf Basis des TABULA-Projekts von Loga et al. (2015), Kosten für Wärmeerzeuger aus dem Technikkatalog Kommunale Wärmeplanung von Ortner et al. (2024) sowie VZ RLP (2025), Kosten für Bauteilsanierungen von Hinz (2015) sowie ARGE (2022) und Baupreisindex für die Bauwirtschaft des Statistischen Bundesamtes.

Anmerkung: WFl = Wohnfläche, AN = Gebäudenutzfläche. *Wir gehen davon aus, dass die Heizung unabhängig von der Vollsanierung eingebaut wird, so dass sie über die Bundesförderung für effiziente Gebäude Einzelmaßnahme (BEG EM) mit 50 % (30 % Grundförderung und 20 % Geschwindigkeitsbonus) gefördert wird. Bei geringem Einkommen (unter 40.000 Euro zu versteuerndem Einkommen) wird zusätzlich noch der Einkommensbonus von 30 % - in Kombination max. 70 % - angelegt. Die Obergrenze der förderfähigen Kosten für die Heizung liegt nach BEG-EM bei 30.000 Euro. Diese wird bei der Teilsanierung NT-Ready mit Luft-Wärmepumpe deutlich überschritten, so dass die tatsächliche Förderhöhe auf 15.000 Euro bei 50 % Förderung und 21.000 Euro bis 70 % Förderquote gekappt ist.

Tabelle 3 zeigt die verschiedenen, für die Amortisationsrechnung als auch für die Beispielhaushalte notwendigen Annahmen für den Mobilitätsteil, die für die Analyse getroffen wurden.

Tabelle 3: Notwendige Preis- und weitere Annahmen für die Amortisationsrechnung E-Pkw und Beispielhaushalte

Parameter	Wert	Einheit
Verbrauch Benzin mittelgroßer Pkw ^{1&2}	0,07	l/km
Verbrauch Benzin großer Pkw ²	0,08	l/km
Verbrauch Diesel großer Pkw ²	0,08	l/km

Parameter	Wert	Einheit
Verbrauch Strom mittelgroßer Pkw ^{1&2}	0,19	kWh/km
Verbrauch Strom großer Pkw ²	0,22	kWh/km
Verbrauch Benzin mittelgroßer Pkw ^{1&2}	0,07	l/km
Investition E-Auto mittelgroß 2025 ^{1&2} (neu)	39.964	Euro _{real2023}
Investition E-Auto groß 2025 (neu) ²	71.176	Euro _{real2023}
Investition Benzin-Pkw mittelgroß 2025 (neu) ^{1&2}	28.327	Euro _{real2023}
Investition Diesel-Pkw groß 2025 (neu) ²	63.720	Euro _{real2023}
Investition E-Auto mittelgroß 2030 (neu) ¹	34.513	Euro _{real2023}
Investition E-Auto groß 2030 (neu) ¹	63.037	Euro _{real2023}
Investition Benzin-Pkw mittelgroß 2030 (8 Jahre alt) ¹	5.648	Euro _{real2023}
Investition E-Auto mittelgroß 2030 (8 Jahre alt) ¹	6.549	Euro _{real2023}
Investition E-Auto mittelgroß 2030 (5 Jahre alt) ¹	11.034	Euro _{real2023}
Investition E-Auto mittelgroß 2030 (3 Jahre alt) ¹	15.806	Euro _{real2023}
Nutzungsdauer ^{1&2}	15	Jahre
Fixkosten* mittelgroßer Benzin-Pkw p.a. ^{1&2}	778	Euro _{real2023}
Fixkosten* mittelgroßes E-Auto p.a. ^{1&2}	695	Euro _{real2023}
Fixkosten* großes E-Auto ²	901	Euro _{real2023}
Fixkosten* großer Diesel-Pkw ²	1224	Euro _{real2023}
Variable Kosten* mittelgroßer Benzin-Pkw ^{1&2}	0,08	Euro _{real2023/km}
Variable Kosten* mittelgroßes E-Auto ^{1&2}	0,07	Euro _{real2023/km}
Variable Kosten* großes E-Auto ²	0,09	Euro _{real2023/km}
Variable Kosten* großer Diesel-Pkw ²	0,09	Euro _{real2023/km}
Prämie THG-Quote p.a. ¹	85	Euro _{real2023}
Strompreis Heimladen (jahresabhängig 2025-2050) ^{1&2}	0,29 - 0,32	Euro _{real2023/kWh}
Strompreis öffentliches Laden (jahresabhängig 2025-2050) ¹	0,33 - 0,38	Euro _{real2023/kWh}
Anteil öffentliches Laden ¹	25	Prozent
Benzinpreis (jahresabhängig 2025-2050) ^{1&2}	1,79 – 2,30	Euro _{real2023 /l}
Basiszins (risikoloser Zins) ^{1&2}	4	Prozent
Deutschlandticket	54	Euro _{real2023/ Monat}

Quelle: Förster et al. (2025); Kreidelmeyer & Kemmler (2025); Umweltbundesamt [UBA], 2025

Anmerkungen:

* Fixkosten enthalten alle nutzungsunabhängigen Kosten wie Kfz-Steuer und Versicherung. Die variablen Kosten enthalten alle nutzungsabhängigen Kosten für Reifen und Werkstattbesuche.

¹ Annahmen werden im Rahmen der Amortisationsrechnung genutzt

² Annahmen werden im Rahmen der Beispielhaushaltsrechnung genutzt

Die folgende Tabelle 4 zeigt die nach Jahren aufgeschlüsselten zentralen Annahmen Energie und CO₂-Preisen für die Analyse der Beispielhaushalte.

Tabelle 4: Ergänzende und jahresfeine Annahmen zu Energie-, CO₂-Preisen und Deutschlandticket für die Analyse der Beispielhaushalte

	Wert 2025	Wert 2030	Einheit
CO ₂ -Preis	51	102	Euro _{real2023} /t CO ₂
Gas	10,4	11,7	ct _{real2023} /kWh
Heizöl	9,6	10,9	ct _{real2023} /kWh
Benzin	179	212	ct _{real2023} /l
Diesel	159	199	ct _{real2023} /l
Wärmepumpen-Strom	25,1	21,7	ct _{real2023} /kWh

Quellen: Förster et al., 2025; Kreidelmeyer & Kemmler, 2025; UBA, 2025, eigene Annahmen

5.3 Wirtschaftlichkeitsrechnung auf Basis der Amortisationsmethode

5.3.1 Gebäude

Energetische Sanierungen, insbesondere Maßnahmen zur Wärmedämmung, führen in der Regel zu einer Reduktion des Energieverbrauchs und damit zu sinkenden Energiekosten. Die Wirtschaftlichkeit solcher Maßnahmen bemisst sich daran, ob die über die Lebensdauer erzielten Einsparungen die Investitionskosten übersteigen. Dies gilt analog für den Austausch von Wärmeerzeugern, etwa durch den Einbau einer Wärmepumpe. Die Bewertung hängt jedoch maßgeblich von den zugrunde gelegten Annahmen ab.

- ▶ Eine zentrale Annahme bei der Wirtschaftlichkeitsbewertung von Sanierungsmaßnahmen des Gebäudes oder der Heizung ist das sogenannte Kopplungsprinzip. Dabei geht man davon aus, dass sowieso ein Austausch des Wärmeerzeugers oder eine Instandhaltung der Gebäudehülle ansteht. Für diesen Fall kann man zwischen energiebedingten Mehrkosten (z. B. für Dämmstoffe, die den Energieverbrauch senken) und sogenannten „Sowieso-Kosten“ bzw. Instandhaltungskosten (z. B. für die Neueindeckung des Daches) unterscheiden. Die Summe dieser beiden Komponenten ergibt die Vollkosten der Sanierungsmaßnahme. Die energiebedingten Mehrkosten machen circa ein Drittel der Vollkosten aus (ARGE, 2022; Hinz, 2015). Die Energiekosten-Einsparungen reichen meistens aus, um die energiebedingten Mehrkosten zu amortisieren. In der Regel reichen die Einsparungen aber nicht aus, um die Vollkosten von Dämmmaßnahmen zu amortisieren. Daher ist es insbesondere bei ohnehin anstehenden Instandhaltungsmaßnahmen sinnvoll, energetische Verbesserungen mitzudenken. Allerdings ist die Abgrenzung zwischen Instandhaltungskosten und energiebedingten Mehrkosten in der Praxis nicht immer eindeutig. Entsprechend verbleiben Unsicherheiten in der Bewertung der Wirtschaftlichkeit nach dem Kopplungsprinzip.
- ▶ Nach der Logik des Kopplungsprinzips muss die bestehende Heizung durch einen neuen Wärmeerzeuger ersetzt werden. Als Referenz für die Berechnung der Energiekosteneinsparungen können unterschiedliche Arten der Wärmeversorgung dienen.
- ▶ Ein weiterer Unsicherheitsfaktor sind die zukünftigen Energiepreise. Während Energieberatungen häufig mit aktuellen Preisen arbeiten, ist für eine belastbare Bewertung

eine vorausschauende Betrachtung notwendig. Hierzu werden die Annahmen zu den Endverbrauchspreisen der Treibhausgas-Projektionen 2025 für Deutschland herangezogen (Kreidelmeyer & Kemmler, 2025), insbesondere im Hinblick auf die Entwicklung der CO₂-Preise und die zunehmende Bedeutung von Grüngasquoten in der Vergleichsrechnung.

- ▶ Auch die zeitliche Gewichtung von Geldflüssen spielt eine wichtige Rolle. In der Kapitalwertmethode (zu den Methoden vgl. Kapitel 5.1) werden zukünftige Geldflüsse mit einem kalkulatorischen Zinssatz abgezinst, der einer risikofreien Anlage des Investitionsbetrags entspricht, in die man statt in die Klimaschutzinvestition auch investieren könnte. Diese Methode berücksichtigt die zeitliche Gewichtung von Kosten und Einsparungen und erlaubt eine differenzierte Betrachtung der Rentabilität. Es sei angemerkt, dass die Dynamik der Abzinsung zwar jener von Zinskosten ähnelt, jedoch eine andere ökonomische Bedeutung hat. Statt der dynamischen Kapitalwertmethode zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit einer Investition kann auch eine statische Investitionsrechnung durchgeführt. Hierbei wird auf die Diskontierung zukünftiger Zahlungen verzichtet (vgl. Kapitel 5.1). Während z. B. Wohnungsunternehmen aktiv Geldflüsse managen und mit Diskontierung vertraut sind, stellt eine statische Amortisationsdauer für private Haushalte die realistischere Perspektive dar, daher wird die Hauptrechnung statisch gerechnet.
- ▶ Schließlich spielt die angenommene Lebensdauer der Maßnahme eine entscheidende Rolle. Eine Sanierung ist nur dann wirtschaftlich, wenn die kumulierten Einsparungen an Energiekosten innerhalb der Lebensdauer die angesetzten Investitionskosten übersteigen. Dies setzt voraus, dass der Amortisationszeitpunkt vor dem Ende der technischen Nutzungsdauer liegt. Besonders bei Bauteilsanierungen ist der Zeitpunkt der nächsten notwendigen Instandhaltung jedoch oft schwer vorherzusagen. Unterschiedliche Lebensdauern von Bauteilen (z. B. Gebäudehülle, Fenster, Heizung) sollten bei der Rechnung soweit möglich mit bedacht werden.

Wir ermitteln die Amortisationsdauer (zu den Methoden vgl. Kapitel 5.1) für zwei Typgebäude (ein Einfamilienhaus und ein kleines Mehrfamilienhaus je aus den 1970er Jahren) und für zwei Sanierungsergebnisse:

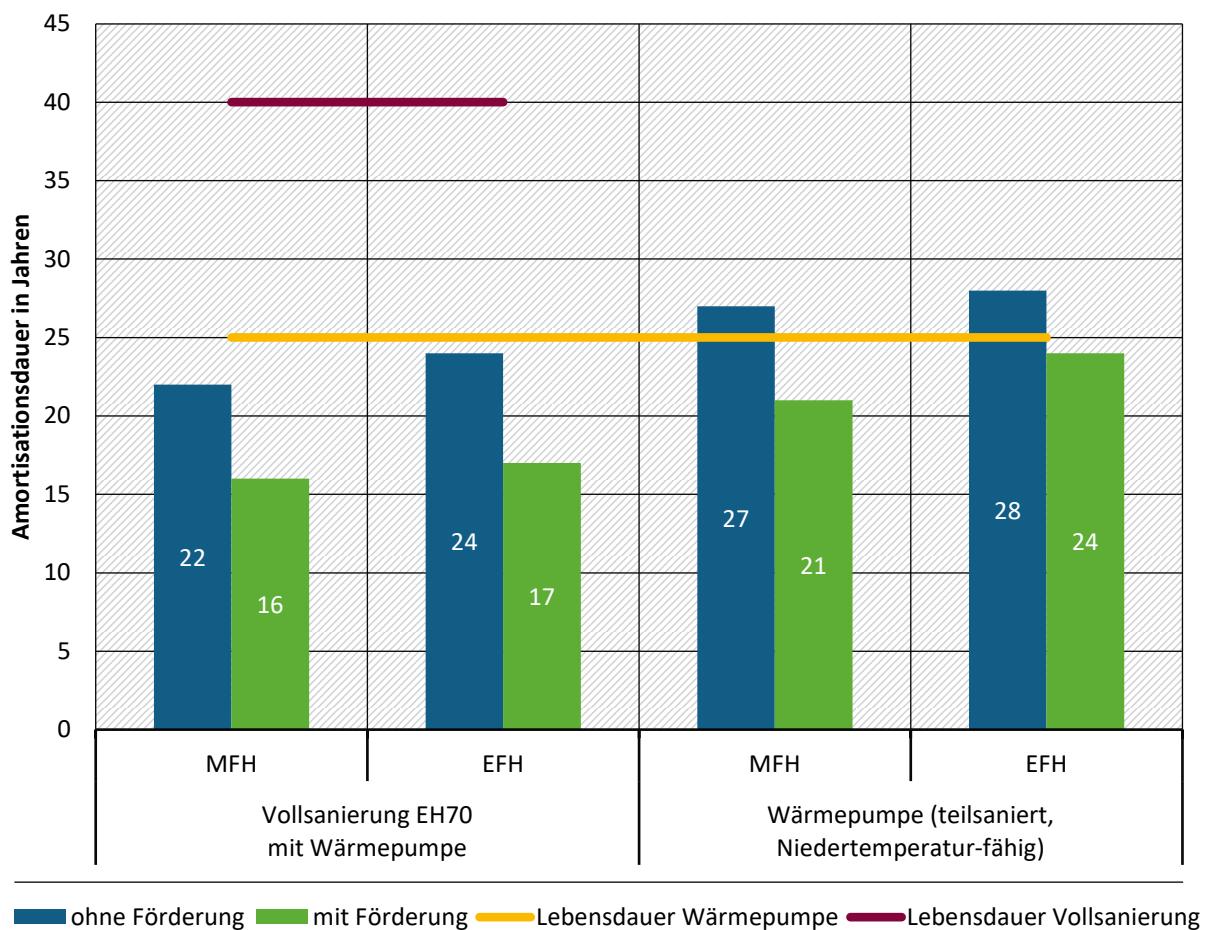
- ▶ **Einbau einer Luft-Wasser-Wärmepumpe** (Luft-WP) und **Vollsanierung** des Gebäudes auf Standard Effizienzhaus 70 (EH-70)
- ▶ **Einbau einer Luft-Wasser-Wärmepumpe mit begleitender Teilsanierung** des Gebäudes, so dass das Gebäude mit einer abgesenkten Vorlauftemperatur von 55°C beheizt werden kann (niedertemperaturfähig bzw. NT-ready). Dafür werden die obere Geschossdecke sowie die Kellerdecke gedämmt und zu kleine Heizkörper durch größere ersetzt. Durch den höheren Energiebedarf des Gebäudes im Vergleich zur Vollsanierung, muss eine Wärmepumpe mit größerer Leistung installiert werden als bei einer EH-70 Vollsanierung.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von Typgebäuden sind anschauliche Beispiele. Sie können aber nur Einblick in bestimmte, exemplarisch ausgewählte Fallkonstellationen geben. In den betrachteten Beispielen ist der Ausgangszustand jeweils ein unsaniertes Gebäude der Effizienzklasse F, das mit einem Gaskessel betrieben wird. Das bedeutet, dass die gezeigten umsetzungintensiven Anwendungsfälle, zu den anspruchsvollen bei der Wärmewende zählen. Bei einem Großteil der Bestandsgebäude sind keine ergänzenden energetischen Sanierungsmaßnahmen erforderlich für einen Einsatz einer Wärmepumpe (Bettgenhäuser et al., 2024; Offermann et al., 2023; Öko-Institut & Fraunhofer ISE, 2022). Entsprechend geringer sind auch die Amortisationsdauern.

Die Mehrkosten für die Luft-Wärmepumpe werden im Vergleich zu einem **Referenzfall** ermittelt. Als betrachtete Alternative wird ein **neuer Erdgaskessel** installiert, der spätere **Grüngas-Quoten** i.H.v. 15 % ab 2029, 30 % ab 2035 und 60 % ab 2040 gemäß § 71 Abs. 9 GEG erfüllt. Es wird eine Biomethan-Beimischung angenommen. Die energiebedingten Mehrkosten für die Wärmepumpe ergibt sich aus deren Vollkosten abzüglich der fiktiven Kosten für den neuen Gaskessel. Die Investition erfolgt im Jahr 2025.

Abbildung 61 stellt die Ergebnisse für die statische Amortisationsdauer (d.h. ohne Abdiskontierung zukünftiger Zahlungsströme) für die beiden Gebäudetypen und Sanierungsergebnisse je mit und ohne Förderung dar. Die Annahmen zu Investitionskosten, Förderung¹⁸, zum Energiebedarf und zu den Einsparungen werden in Kapitel 5.2 detailliert dargelegt. Sie werden gleichfalls für die Berechnung der Be- und Entlastungswirkungen von Haushalten anhand von Beispielhaushalten verwendet (siehe Kapitel 5.4).

Abbildung 61: Amortisationsdauer von Investitionen in Gebäudesanierungen und Wärmetechnologien in zwei Typgebäuden



Quelle: Eigene Berechnung, Öko-Institut

Annahmen siehe Kapitel 5.2.

¹⁸ Die Förderung für Effizienzhaus-Sanierungen funktioniert über Kredite (BEG WG). Die Förderung geht vereinfacht nur über den Tilgungszuschuss in die Berechnungen ein. Es werden keine zusätzlichen Zinskosten berücksichtigt.

Die Förderung senkt die Amortisationsdauer der Investition deutlich. Mit Förderung rechnen sich alle Fälle innerhalb der Lebensdauer der Wärmepumpe¹⁹. Dies bedeutet, dass die Energiekosteneinsparungen die energiebedingten Mehrkosten innerhalb der Lebensdauer der Investition mehr als ausgleichen. Für die Teilsanierung ist die Förderung entscheidend, um unter die technische Nutzungsdauer zu gelangen.

Die Amortisationsdauer der Variante Vollsanierung auf EH-70 mit Luft-Wärmepumpe beträgt 16 Jahre für MFH bzw. 17 Jahre für EFH und rentiert sich eher als die Variante der Installation einer Wärmepumpe begleitet durch Teilsanierung des Gebäudes (Niedertemperatur-fähig) mit 21 bzw. 24 Jahren. Das hat drei Gründe: Erstens bemisst sich die Förderung an den Vollkosten, d.h. den gesamten Investitionskosten. In die Amortisationsrechnung gehen aber nur die energiebedingten Mehrkosten ein, weil die Sowieso-Kosten gemäß dem Kopplungsprinzip abgezogen werden. Bei der Vollsanierung ist das Verhältnis Förderung zu energiebedingten Mehrkosten daher besser als bei der Teilsanierung, die kaum Sowieso-Kosten enthält. Zweitens sind die energiebedingten Mehrkosten in der Variante Teilsanierung für die Wärmepumpe höher, weil sie einer größeren Leistung bedarf. Das führt dazu, dass die Vollkosten die maximal förderfähigen Kosten in der BEG für die Wärmepumpe übersteigen. D.h. der effektive Fördersatz sinkt. Drittens sind die Energiekosteneinsparungen bei der Vollsanierung größer als bei der Teilsanierung, bei der die Wärmepumpe nur mit mäßiger Effizienz operiert. Letztendlich ist das Verhältnis aus energiebedingten Mehrkosten und Energiekosteneinsparungen bei der Variante der Teilsanierung ungünstiger. Oder anders ausgedrückt: Wenn sowieso eine Instandhaltung ansteht, ist eine Vollsanierung wirtschaftlicher. Nichtsdestotrotz besticht die Teilsanierung durch verschiedene Gründe und wird in der Praxis für viele Eigentümer*innen die bevorzugte Variante darstellen. Zum einen sind die Investitionskosten deutlich geringer als bei einer Vollsanierung, die für Haushalte mit höherem Alter oder schlechteren Kreditbedingungen oft nur schwierig leistbar ist. Zum anderen gibt es eine Reihe nicht-ökonomischer Hemmnisse bei Vollsanierungen wie erhöhter Planungsaufwand, Baudauer sowie komplexe Entscheidungsstrukturen in Wohnungseigentümergemeinschaften.

Wird eine dynamische Amortisationsrechnung durchgeführt, werden zukünftige Einsparungen mit einem Diskontsatz (4 % p.a.) abgezinst. Das bedeutet, dass zukünftige Einsparungen gegenüber der Anfangsinvestition weniger „wert“ sind (z. B. könnte das Geld alternativ angelegt werden). In diesem Fall übersteigt die Amortisationsdauer in fast allen Fällen auch mit Förderung die Lebensdauer der Wärmepumpe und die Investition rechnet sich nicht. Einzige Ausnahme bildet die EH-70 Sanierung im Mehrfamilienhaus, deren Amortisationsdauer nach Förderung auch bei Abdiskontierung bei 22 Jahren und damit unter der Lebensdauer der Investition liegt.

Allerdings stellen die betrachteten Typgebäude mit Effizienzklasse F auch die schwierigsten Einsatzgebiete für Wärmepumpen dar. Ein Großteil des Bestandes ist bereits energetisch besser als Effizienzklasse F und es sind gar keine energetischen Sanierungsmaßnahmen notwendig, was die Wirtschaftlichkeit erhöht. Politische Implikationen der geringeren Wirtschaftlichkeit können trotzdem sein, dass die Förderung nicht ausreicht, die Baupreise zu hoch sind, die CO₂-Preise der fossilen Referenz zu langsam ansteigen bzw. der Gaspreis zu niedrig ist und dass der Strompreis für Wärmepumpen zu senken ist.

Bzgl. der Förderung wird angenommen (siehe Kapitel 5.2), dass die Heizung als Einzelmaßnahme nach der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) mit 50 % der Vollkosten gefördert wird (30 % Grundförderung plus 20 % Klimageschwindigkeitsbonus). Die

¹⁹ Im Diagramm ist eine Lebensdauer von 25 Jahren angesetzt. Das entspricht für einer Luft-Wasser-Wärmepumpe eher einer optimistischen Annahme, die aber durch Angaben von Herstellern gestützt ist. Vorsichtigeren Schätzungen gehen eher von 15-20 Jahren Lebensdauer aus.

Vollsanierung mit Dämmung auf EH-70-EE-Standard bzw. die Teilsanierung als Einzelmaßnahmen (oberste Geschossdecke, Kellerdecke, gering-investive Maßnahmen) zur Senkung der nötigen Vorlauftemperatur für die Heizung werden als Tilgungszuschuss in der BEG WG jeweils mit 15 % gefördert (Annahme ohne iSFP). Zu beachten ist, dass die größere Wärmepumpe in der Variante „Teilsanierung“ im Einfamilienhaus mehr als 30.000 Euro kostet. Damit übersteigt sie die Obergrenze der förderfähigen Kosten nach BEG EM. Demnach ist die Förderhöhe im Gegensatz zu den anderen Varianten gekappt.

5.3.2 Mobilität

In der Regel gilt: E-Autos sind im Betrieb günstiger, aber in der Anschaffung, zumindest heute, häufig noch teurer als vergleichbare Verbrenner. Die Wirtschaftlichkeit des Umstiegs bemisst sich daran, ob die über die Nutzungsperiode eingesparten Energiekosten die Investitionskosten übersteigen. Die Frage, ob sich der Umstieg von einem Verbrenner-Pkw auf ein E-Auto finanziell lohnt, hängt jedoch von verschiedenen Faktoren und Annahmen ab. Neben der **Fahrleistung** ist vor allem die **Nutzungsperiode**, das **Anschaffungsjahr**, die **Energiekosten** der nächsten Jahre oder das **Alter** und damit der Wertverlust des auszutauschenden Fahrzeugs entscheidend für die Frage der Wirtschaftlichkeit des Umstiegs von einem Verbrenner-Pkw auf ein E-Auto.

- ▶ Ob die Einsparungen aufgrund der niedrigeren Betriebskosten des E-Autos einen höheren Anschaffungspreis übersteigen, ist direkt von der Nutzungshäufigkeit abhängig, sprich wie viel das Fahrzeug bspw. pro Jahr gefahren wird. Je höher die Jahresfahrleistung, desto wahrscheinlicher wird es, dass die Energiekosteneinsparungen die Mehrinvestitionen übersteigen.
- ▶ Die Modellierungsergebnisse projizieren für die kommenden Jahre sinkende Preise für E-Autos (bspw. angereizt durch die EU-Flottenzielwerte), sodass der Zeitpunkt des Umstiegs einen nicht unbedeutenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit dessen hat.
- ▶ Eine weitere Einflussgröße sind derzeitige als auch künftige Energiepreise. Der Strompreis auf der einen und der Preis für fossile Energieträger wie Benzin und Diesel auf der anderen Seite sind maßgeblich relevant für die Beantwortung der Fragen, ob und wann sich ein Umstieg finanziell lohnt. So kann ein steigender Strompreis die Amortisationsdauer der Investition in ein E-Auto deutlich verlängern. Andersherum könnten steigende CO₂- oder Ölpreise in den kommenden Jahren auch die finanzielle Attraktivität von Verbrenner-Pkw deutlich verringern.
- ▶ Zudem spielt die Nutzungsperiode oder auch Lebensdauer des Fahrzeugs eine entscheidende Rolle. Der Umstieg ist nur dann wirtschaftlich sinnvoll, wenn die Einsparungen innerhalb der Nutzungsperiode die anfänglichen (Mehr-) Investitionskosten übersteigen. Ist das Austauschintervall des Fahrzeugs zu kurz und der Amortisationszeitpunkt liegt außerhalb des Nutzungsintervalls, so kann der Umstieg auch erst nach mehrmaligen Fahrzeugwechseln (wenn überhaupt) finanziell lohnend sein.
- ▶ Zusätzlich entscheidend für die Amortisation der Investition ist der Ausgangszustand, also die Frage, was für ein Fahrzeug durch ein E-Auto ersetzt werden soll. Es hat einen großen Einfluss, ob ein Umstieg ökonomisch vorteilhaft ist, ob beispielsweise ein älteres Fahrzeug, welches bereits den Großteil seines Wertverlusts realisiert hat, durch ein neues oder gebrauchtes E-Auto ersetzt wird. Die hohen Wertverluste und damit entstehenden Kosten beim Erwerb von Neufahrzeugen, können dazu führen, dass die zukünftig eingesparten Betriebskosten nicht ausreichen, um die höheren Kapitalkosten der hohen

Anfangsinvestition zu kompensieren. Es wird angenommen, dass sich die Restwertentwicklung zwischen Benzin-Pkw und E-Auto nicht unterscheidet.

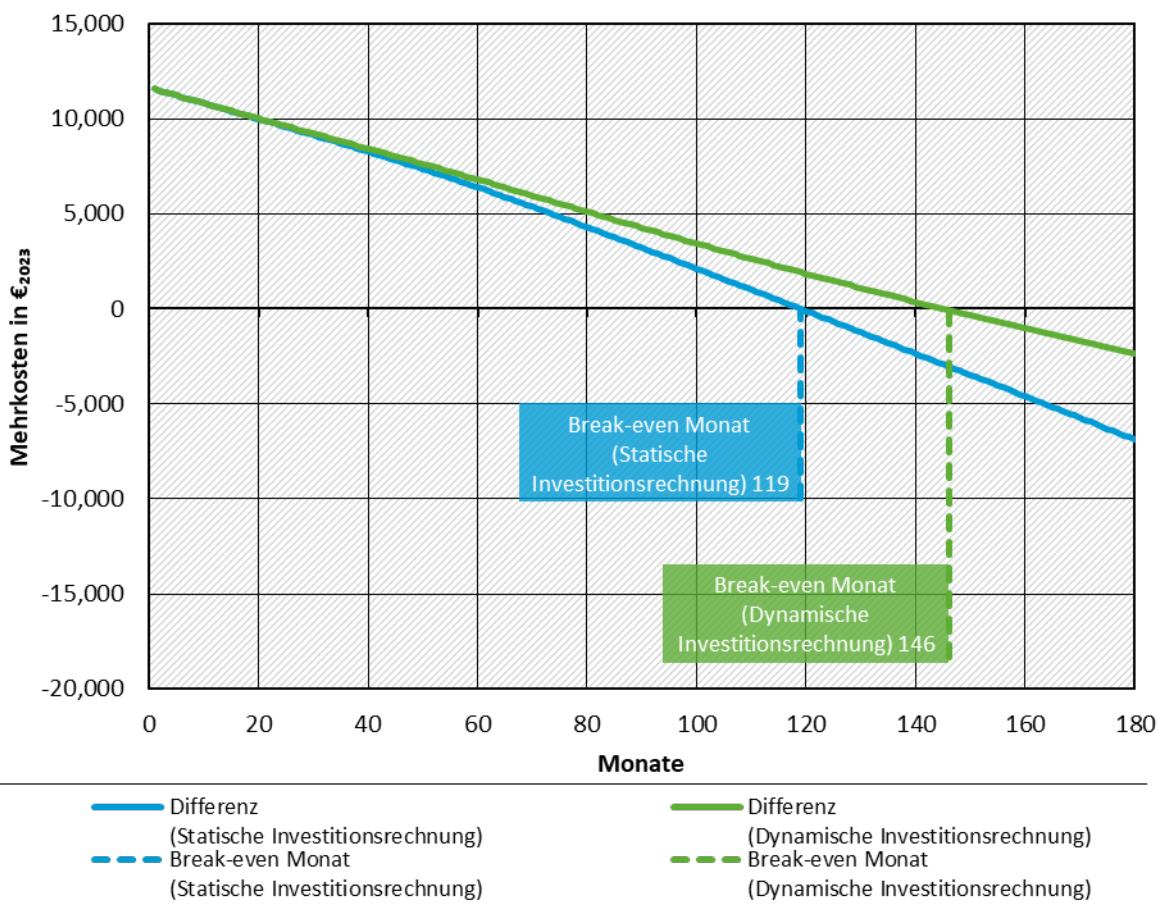
- Für die Beurteilung einer Investition ist auch der zeitliche Verlauf von Geldflüssen entscheidend. Hierfür kommen Methoden der dynamischen Investitionsrechnung in Frage, die den Zeitwert des Geldes berücksichtigen (vgl. Kapitel 5.1). Die Methoden zinsen künftige Zahlungen mit einem kalkulatorischen Zinssatz ab, der sich meist an einer risikofreien Alternativanlage orientiert. So werden sowohl Kosten als auch Einsparungen zeitlich gewichtet und die Rentabilität differenziert bewertet. Das Abzinsungsprinzip ähnelt zwar dem Prinzip der Zinskosten, hat aber eine andere ökonomische Bedeutung. Konkret soll der Zeitpunkt bestimmt werden, zu dem die abgezinsten Einsparungen bei den Nutzungskosten die Mehrinvestitionen decken. Dafür werden zum einen die dynamische Amortisationsrechnung und vergleichend die statische Amortisationsrechnung verwendet. Letztere verzichtet auf die Abzinsung und bewertet die Wirtschaftlichkeit einer Investition ausschließlich auf Basis durchschnittlicher Größen.²⁰

Im Folgenden wird die Wirtschaftlichkeitsrechnung für zwei unterschiedliche Nutzungsprofile durchgeführt. Zum einen wird eine Jahresfahrleistung von 12.500 Kilometern angenommen, die ungefähr dem bundesweiten Durchschnitt über alle Pkw für das Jahr 2024 entspricht (Kraftfahrt-Bundesamt [KBA], 2025). Zum anderen wird die Amortisationsrechnung für ein Vielfahrerprofil, welches rund 25.000 Kilometer pro Jahr zurücklegt, analysiert. In beiden Fällen wird von einem Erwerb eines neuen mittelgroßen Fahrzeugs ausgegangen und die Kosten eines Benzin-Pkw, mit dem eines E-Autos verglichen. Die Investition wird im Jahr 2025 getätigt und eine Nutzungsperiode von 15 Jahren (180 Monaten) unterstellt. Für die Berechnung der Energiekosten des E-Autos wird von einem Anteil öffentlichen Ladens von 25 % ausgegangen (Wietschel et al., 2022). Für die Analyse nach der dynamischen Amortisationsrechnung (vgl. Kapitel 5.1) wird ein Diskontzins von 4 % angenommen.

Abbildung 62 zeigt das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsrechnung eines mittelgroßen E-Autos bei durchschnittlicher Fahrleistung. Es werden die Mehrkosten des neuen E-Autos gegenüber einem neuen Benzin-Pkw im Zeitverlauf dargestellt. Die Mehrkosten umfassen zum einen die Differenz des Anschaffungspreises als auch die Differenz der Energiekosten des E-Autos gegenüber dem Benzin-Pkw. Ferner wird zwischen zwei verschiedenen Investitionsmethoden unterschieden. Sowohl nach statischer Investitionsrechnung als auch nach Kapitalwertmethode überwiegen die Energiekosteneinsparungen des E-Autos seine höheren Investitionskosten im Laufe seiner Nutzungsperiode. Ohne Abzinsung der Einsparungen ergibt sich eine Differenz von über 9.000 Euro bei den Energieausgaben zu Gunsten des E-Autos und es entstehen Gesamteinsparungen (negative Mehrkosten) von rund 2.000 Euro gegenüber dem Benzin-Pkw über die Nutzungsperiode von 10 Jahren. Der „Break-even“ Punkt, also der Zeitpunkt, ab dem die Energieeinsparungen des E-Autos die höheren Anschaffungskosten ausgleichen, ist nach 119 bzw. 146 Monaten nach Anschaffung erreicht. Da das Fahrzeug annahmen-basiert nach 15 Jahren (180 Monaten) ersetzt wird und die Investitionskosten für das E-Auto höher ausfallen als beim zum Vergleich hinzugezogenen Benzin-Pkw entstehen für eine kurze Periode wieder Mehrkosten. Da die Mehrkosten der Anschaffung des E-Autos gegenüber dem Benziner im Zeitverlauf jedoch stark sinken, fallen die entstandenen Kosten der Neuanschaffung nach 15 Jahren deutlich geringer aus als noch am Anfang (Monat 0). Für alle folgenden Nutzungsperioden bleibt das E-Auto dann auch nach weiteren Investitionszyklen die wirtschaftlich attraktivere Option.

²⁰ Für eine genauere Beschreibung der unterschiedlichen Methodiken siehe Kapitel 5.1.

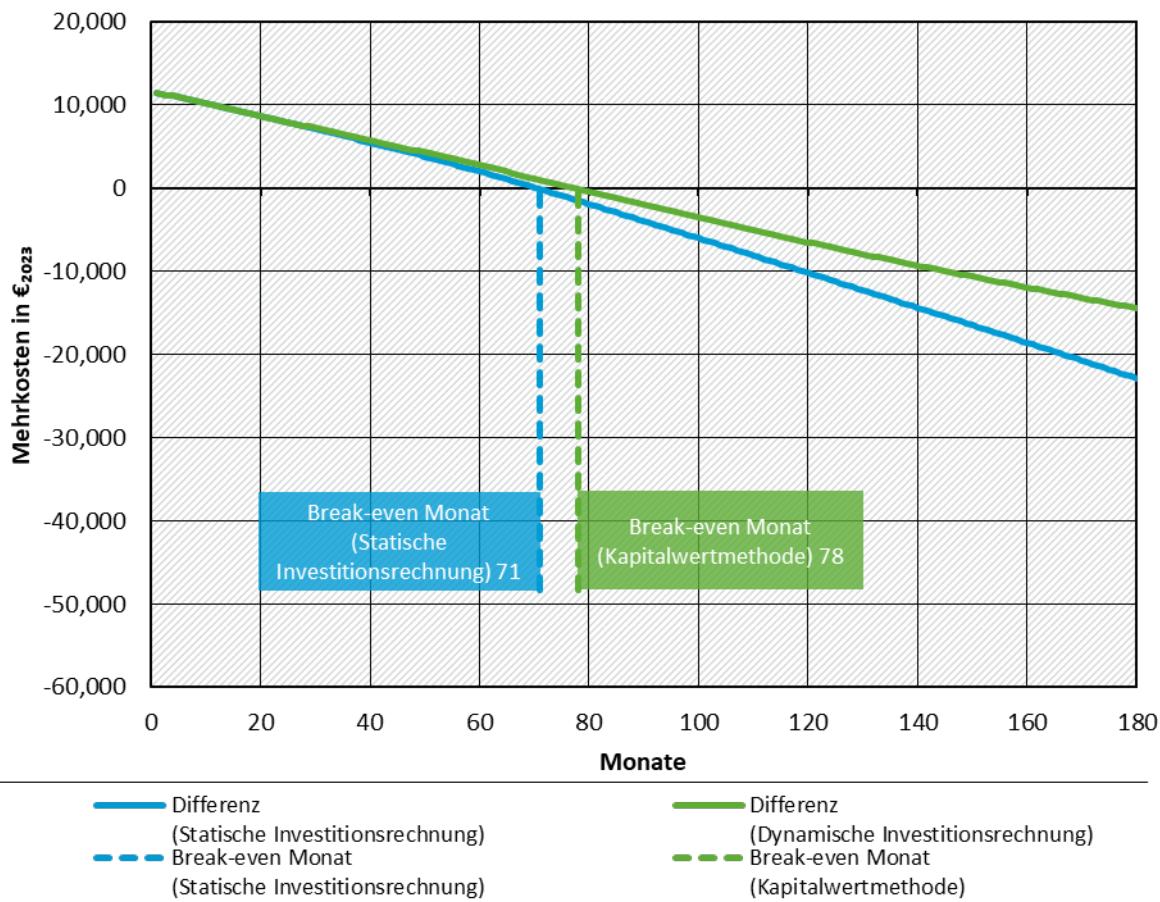
Abbildung 62: Wirtschaftlichkeitsrechnung E-Auto bei durchschnittlicher Fahrleistung



Quelle: Eigene Berechnungen, Öko-Institut, auf Basis von Förster et al. (2025)

Abbildung 63 zeigt das Ergebnis einer Wirtschaftlichkeitsrechnung für ein neues E-Auto mit überdurchschnittlicher Fahrleistung (25.000 Kilometer pro Jahr). Auch hier erfolgt der Vergleich gegenüber einem neuen Benzin-Pkw. Der geringere Energieverbrauch des E-Autos zeigt sich bei hohen Jahresfahrleistungen nochmals schneller und deutlicher, sodass bereits nach weniger als sieben Jahren der „Break-even“-Punkt erreicht ist und das E-Auto bereits zu Einsparungen führt. Betrachtet man die gesamte Nutzungsperiode ergeben sich so Gesamteinsparungen von über 20.000 Euro nach statischer Investitionsrechnung und fast 15.000 Euro bei Verwendung der dynamischen Investitionsrechnung.

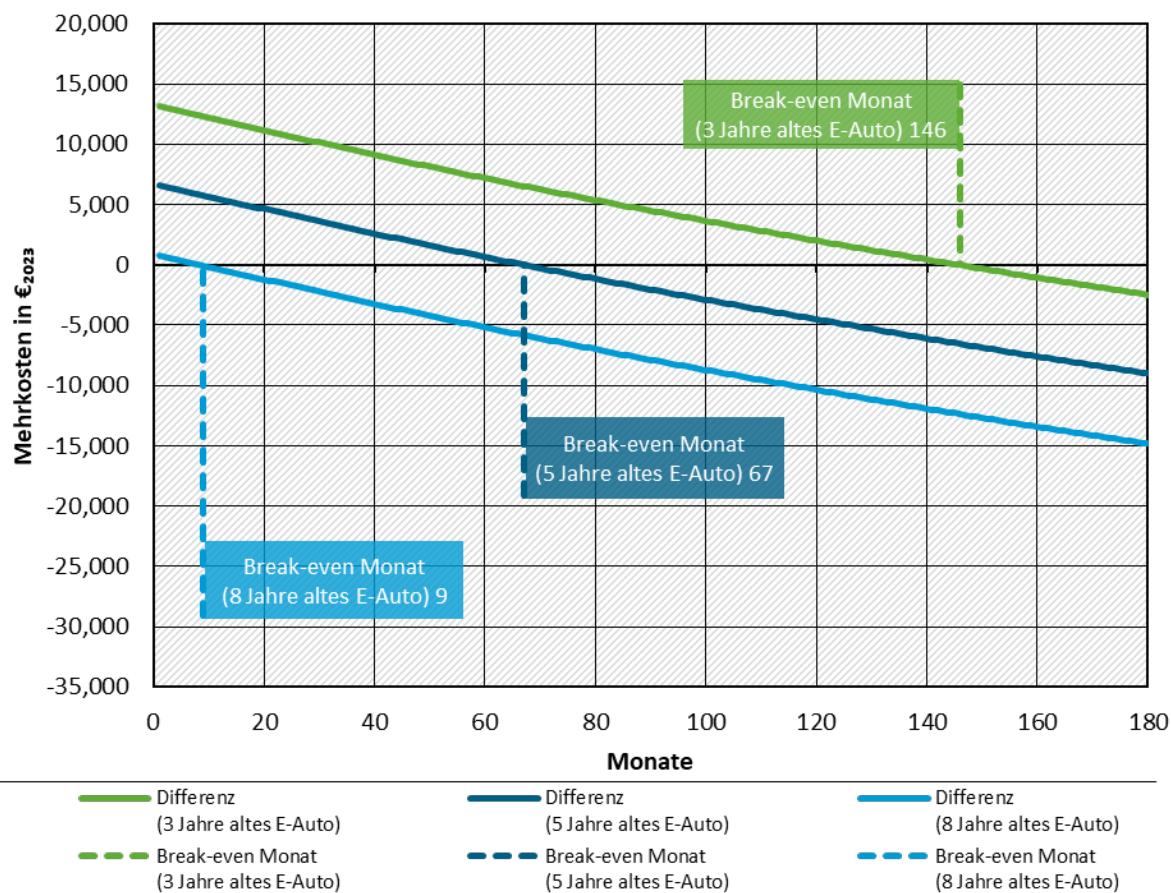
Abbildung 63: Wirtschaftlichkeitsrechnung E-Auto bei hoher Fahrleistung



Quelle: Eigene Berechnungen, Öko-Institut, auf Basis von Förster et al. (2025)

Abbildung 64 zeigt eine Sensitivität der Wirtschaftlichkeitsrechnung eines E-Autos mit durchschnittlicher Fahrleistung. Anders als zuvor angenommen wird in diesem Beispiel eine Fahrzeugneuanschaffung im Jahr 2030 für E-Autos unterschiedlichen Alters angenommen und die Mehrkosten im Vergleich zu einem acht Jahre alten Benzin-Pkw dargestellt. Es werden lediglich die Berechnungen auf Basis der Kapitalwertmethode (dynamische Investitionsrechnung) dargestellt. Es werden die Mehrkosten eines drei, fünf und achtjährigen E-Autos dargestellt. Je älter das Elektroauto, welches anstelle des acht Jahre alten Verbrenners gekauft wird, desto schneller amortisiert sich die Investition. Wird der Benzin-Pkw durch ein gleichaltes E-Auto ersetzt so ist der Break-Even Punkt bereits nach 9 Monaten erreicht. Bei einem fünf Jahre alten E-Auto bräuchte es dafür 67 Monate und bei einem drei Jahre alten E-Auto bereits 146 Monate. Aufgrund der hohen Kapitalkosten wird der „Break-even“ Punkt für ein zwei Jahre altes E-Auto und dementsprechend auch bei noch jüngeren Fahrzeugen im betrachteten Zeitraum nicht erreicht, wenn gegenüber einem acht Jahre alter Benzin-Pkw verglichen wird.

Abbildung 64: Sensitivität Wirtschaftlichkeitsrechnung E-Auto (Gebrauchtfahrzeuge) bei durchschnittlicher Fahrleistung

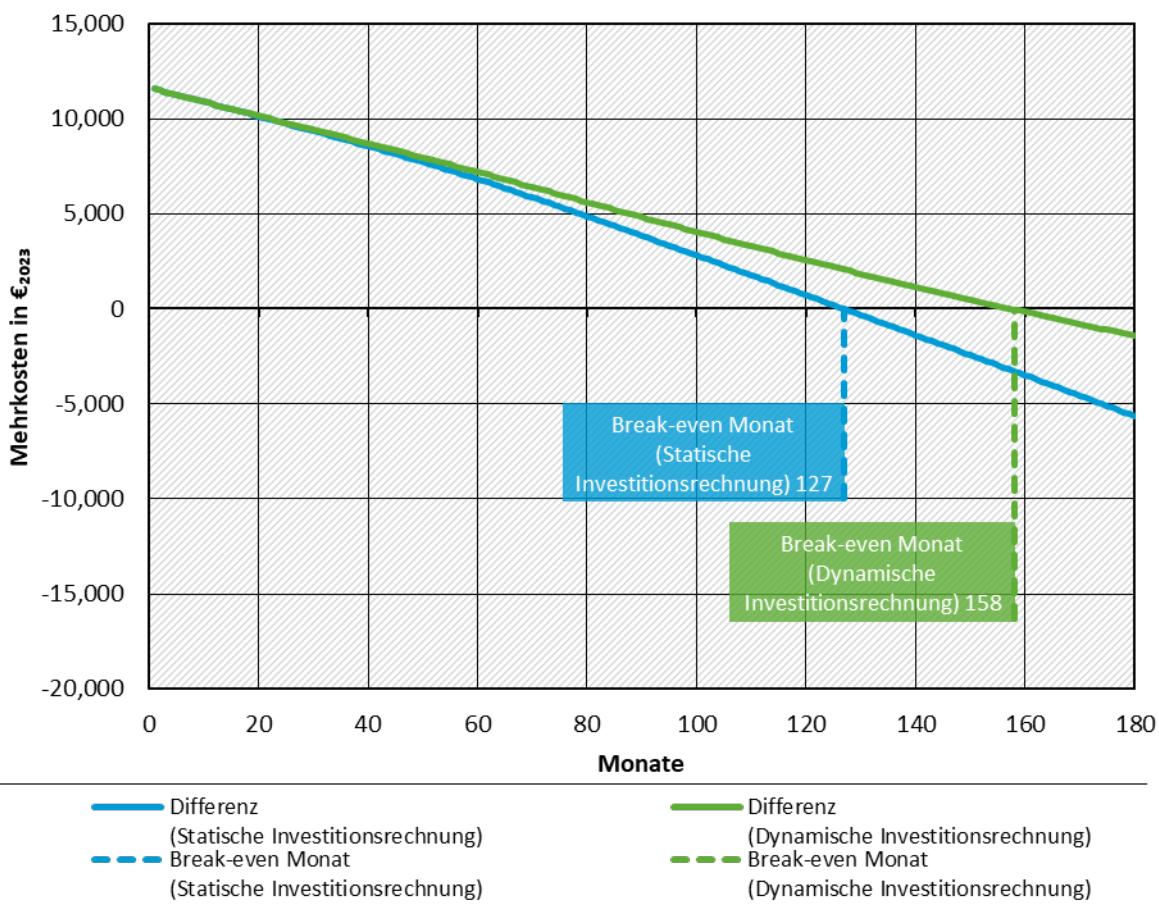


Quelle: Eigene Berechnungen, Öko-Institut, auf Basis von Förster et al. (2025)

Abbildung 65 zeigt das Ergebnis einer weiteren Sensitivitätsrechnung für Neufahrzeuge mit durchschnittlicher Fahrleistung. Anders als zuvor angenommen werden in diesem Fall höhere öffentliche Ladestrompreise angenommen, die derzeit oft zu sehen sind. Teilweise sind sogar noch viel höhere Ladepreise, insbesondere zu ad-hoc-Laden beobachtbar. Die öffentlichen Ladestrompreise steigen so um rund 38 % gegenüber den vorherigen Annahmen und betragen beispielweise 0,52 Euro₂₀₂₃ anstelle von 0,38 Euro₂₀₂₃ im Jahr 2025.

Durch die höheren öffentlichen Ladestrompreise verschiebt sich auch der Break-even-Zeitpunkt weiter nach hinten. Nach statischen Investitionsrechnung wird dieser nun erst 8 Monate später nach insgesamt 127 Monaten erreicht. Im Fall der dynamischen Investitionsrechnung steigt die Amortisationsdauer auf 158 Monate (+12 Monate). Der höhere öffentliche Ladestrompreis verschiebt die Dauer bis sich die Investition auch finanziell auszahlt, jedoch ist auch hier die Investition in ein E-Auto weiterhin finanziell vorteilhaft.

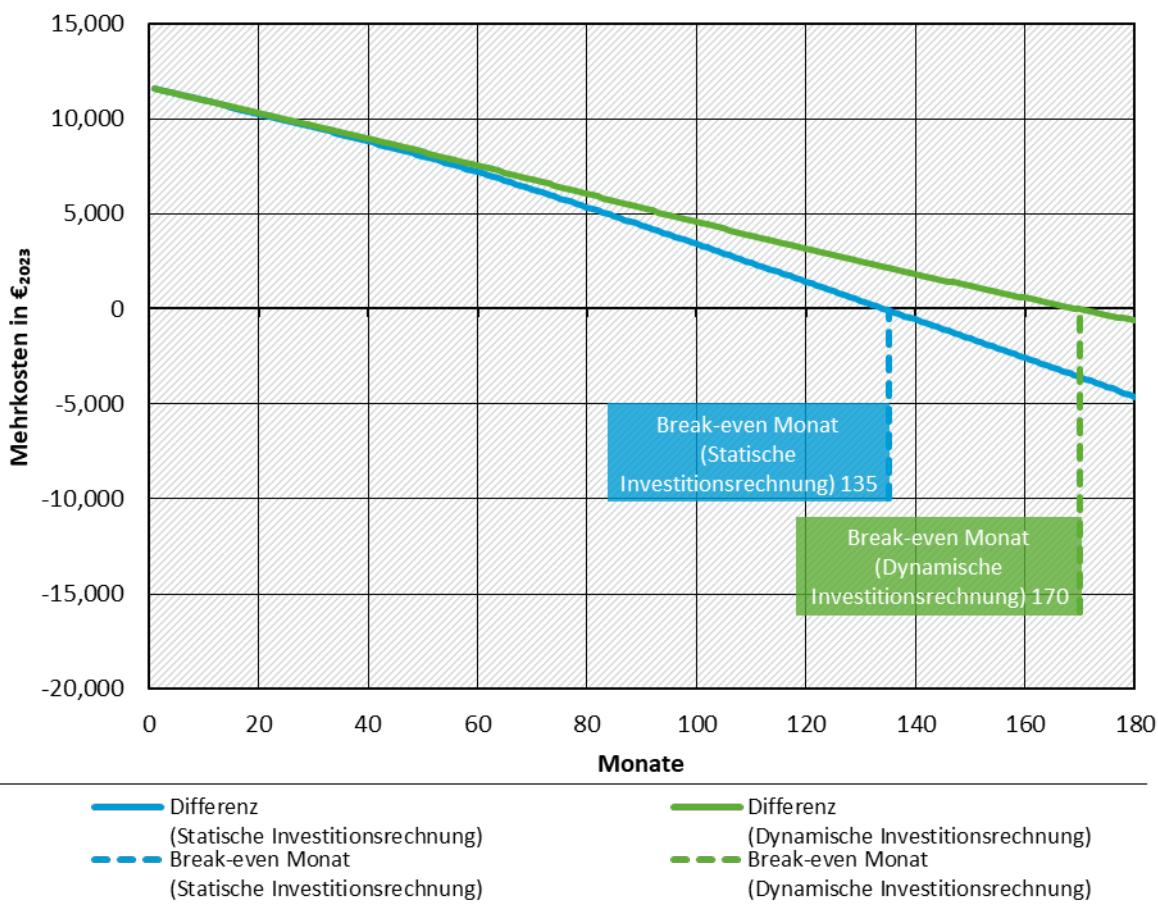
Abbildung 65: Sensitivität Wirtschaftlichkeitsrechnung E-Auto bei durchschnittlicher Fahrleistung: Höherer öffentlicher Ladestrompreis (0,52 Euro₂₀₂₃)



Quelle: Eigene Berechnungen, Öko-Institut, auf Basis von Förster et al. (2025)

Abbildung 66 zeigt eine weitere Sensitivitätsrechnung, bei der genau wie bei der vorherige Sensitivitätsrechnung ein höheren Ladestrompreis angenommen wird, jedoch wird hier zusätzlich der Anteil des öffentlichen Ladens von 25 Prozent auf 40 Prozent erhöht. Somit steigt der Einfluss des teureren öffentlichen Ladens an den Gesamtkosten und der Break-even-Zeitpunkt verschiebt sich auf 135 Monate nach statischer und auf 170 Monate nach dynamischer Investitionsrechnung. Trotz höherer öffentlicher Ladestrompreise und einem höheren Anteil öffentlichen Ladens amortisiert sich die Investition in ein E-Auto innerhalb seiner Nutzungsdauer.

Abbildung 66: Sensitivität Wirtschaftlichkeitsrechnung E-Auto bei durchschnittlicher Fahrleistung: Höherer öffentlicher Ladestrompreis & höherer Anteil öffentliches Laden



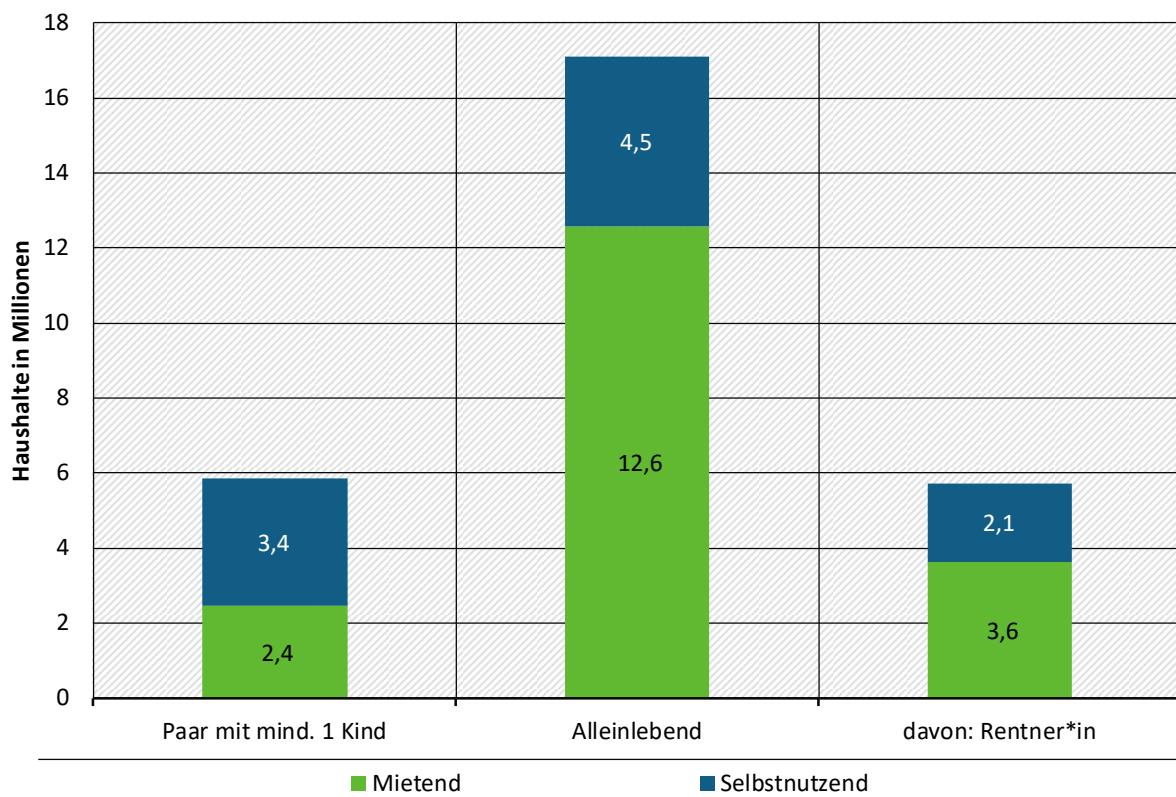
Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass die niedrigeren Betriebskosten eines Elektroautos gegenüber denen eines klassischen Benziners bereits heute die höheren Anschaffungskosten ausgleichen bzw. übertreffen können. Die deutlich höheren Anschaffungskosten von E-Autos führen jedoch zu einer verzögerten Amortisation, die sich nochmals verschiebt, wenn höhere öffentliche Ladestrompreise angenommen werden. Nichtsdestotrotz sinken als Ergebnis der Modellierung der Projektionen 2025 die projizierten Preise für E-Autos unter anderem aufgrund der EU-Flottenzielwerte weiter, sodass sich die Anschaffungskosten von E-Autos und Benzinern bzw. Verbrennern allgemein annähern. Im Jahr 2030 beträgt der Unterschied beim Anschaffungspreis somit nur noch einen Bruchteil des Preisunterschieds im Jahr 2025. In den folgenden Jahren amortisieren sich E-Autos somit nochmals deutlich schneller.

5.4 Analyse anhand von Beispielhaushalten

Die Analyse von Beispielhaushalten ermöglicht eine vertiefte Betrachtung der unterschiedlichen finanziellen Auswirkungen, die über aggregierte Einkommensgruppen oder andere sozioökonomische Merkmale hinausgehen. Durch die exemplarische Betrachtung einzelner Haushaltstypen lassen sich die Effekte verschiedener Ausgangszustände und Szenarien konkret nachvollziehen. Die folgende Abbildung 67 ordnet die vier ausgewählten Beispielhaushalte hinsichtlich ihrer Größenordnung und Relevanz ein. Die Beispielhaushalte wurden gewählt, weil sie einen relevanten Anteil in der Bevölkerung haben oder sich aufgrund ihrer sozialen oder

Einkommens-Situation eine besondere Betroffenheit erwarten lässt. Familien mit Kindern²¹ machen 14,4 % aller Haushalte aus. Häufig wird bei Geburt des zweiten Kindes und ausreichendem Einkommen ein Eigentum erworben. Alleinlebende Frauen und Männer (Singles) bilden 42 % der Haushalte in Deutschland, davon sind 14 % Rentner*innen. Die meisten Alleinlebenden wohnen zur Miete, der Anteil im eigenen Haus ist bei der alleinlebenden Rentner*innen mit 65 % deutlich höher als bei der Gesamtzahl der Alleinlebenden mit 26 %. Daher legen wir den Fokus auf Familien, die zur Miete oder im eigenen Haus wohnen, sowie auf Alleinlebende zur Miete und Rentner*innen im eigenen Haus. Eine detaillierte Beschreibung der Beispielhaushalte erfolgt in den nachfolgenden Abschnitten.

Abbildung 67: Betrachtete Gruppen von Beispielhaushalten



Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung, Öko-Institut; Datengrundlage sind die Haushaltsdaten der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS) 2018 (Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder [FDZ], 2018)

Anmerkung: Die Bezeichnung „davon: Rentner*innen“ stellt die Anzahl der alleinlebenden Rentner*innen dar.

5.4.1 Spezifizierung der Beispielhaushalte

Wir untersuchen **vier verschiedene Beispielhaushalte** mit unterschiedlicher Haushaltzusammensetzung und unterschiedlichen Begebenheiten:

- ▶ Haushalt 1: Eine Familie in der Stadt mit zwei Kindern, die zur Miete wohnt und zwei Autos besitzt.
- ▶ Haushalt 2: Ein Single in der Stadt, der zur Miete wohnt und ein Auto besitzt

²¹ Hier werden lediglich Paare mit minderjährigen Kindern als Familie aufgeführt.

- ▶ Haushalt 3: Eine Familie mit zwei Kindern, die auf dem Land im eigenen Einfamilienhaus wohnt und zwei Autos besitzt
- ▶ Haushalt 4: Eine Rentnerin, die am Stadtrand im eigenen Einfamilienhaus wohnt und ein Auto besitzt

In den verschiedenen Ausprägungen haben diese Beispielhaushalte unterschiedliche Einkommen, Wohnformen (Miete/Eigentum, Art des Gebäudes, Wohnfläche), Ausstattungen (Heizung, Pkw etc.), Pendeldistanzen mit Pkw zur Arbeit oder Pendeln mit dem ÖV, gesamte Fahrleistung pro Jahr, sowie aufgrund des Politikinstruments durchgeführte Investitionen (Sanierung, Wärmepumpe, E-Pkw).

Die Betrachtung dieser Beispielhaushalte erfolgt mehrfach: zunächst für den Status quo im Jahr 2025 und dann in drei Szenarien für das Jahr 2030:

Ohne Klimaschutzmaßnahme in 2030 (Szenario 1): Haushalte verhalten sich wie im Status quo 2025 und es werden keine Investitionen oder Verhaltensänderungen getätigt.

Mit Klimaschutzmaßnahme in 2030 (Szenario 2 & 3): Haushalte und/oder Vermieter reagieren im Jahr 2025, was zu Investitionen und Änderungen in Richtung Klimaschutz für die Haushalte führt, die auch im Jahr 2030 noch Einsparungen bewirken. Die durchgeführten Investitionen und Verhaltensanpassungen unterscheiden sich je nach Haushalt und Szenario. Für jeden Haushalt wird eine Kombination an Investitionen und/oder Verhaltensänderungen je nach Szenario angenommen.

Dazu gehören zum einen Gebäudesanierungen (zu Annahmen und Erläuterungen vgl. 5.2):

- ▶ **Option A:** Eigentümer*innen (Haushalte 3 und 4, sowie Vermietende der Haushalte 1 und 2) führen eine **Teilsanierung** ihres selbstgenutzten oder vermieteten Gebäudes durch, so dass das Gebäude auf Niedertemperatur beheizt werden kann (NT-ready). Sie tauschen die fossil betriebene Heizung durch eine Luft-Wärmepumpe (Luft-WP) aus. Die Wärmepumpe braucht im teilsanierten Gebäude eine größere Leistung als bei einer Vollsaniierung, da die Wärmeverluste und damit die Heizlast größer sind.
- ▶ **Option B:** Eigentümer*innen (Haushalte 3 und 4, sowie Vermietende der Haushalte 1 und 2) führen eine **Vollsaniierung** ihres selbstgenutzten oder vermieteten Gebäudes durch. Sie sanieren auf Effizienzhausstandard 70 und tauschen die fossil betriebene Heizung durch eine Luft-Wärmepumpe (Luft-WP) aus

Zum anderen Veränderungen des Fuhrparks und des Mobilitätsverhaltens allgemein:

- ▶ **Option C:** Für Haushalte 1-4 nehmen wir je einen Wechsel von einem fossil betriebenen Fahrzeug zu einem Elektroauto (E-Auto) an
- ▶ **Option D:** In Reaktion auf veränderte Preisstrukturen schaffen Haushalte 1-4 teilweise ihr Fahrzeug ab
- ▶ **Option E:** Haushalte verringern die Pkw-Nutzung zugunsten der verstärkten Nutzung des öffentlichen Verkehrs

Wir betrachten Reaktionen (Investitionen und Verhaltensanpassungen) vordergründig in Kombination.²² Die Annahmen inklusive der Verbrauchswerte bzw. Fahrleistungen sind in den

²² Eine Einzeldarstellung der verschiedenen Anpassungsreaktionen differenziert nach den Sektoren Gebäude und Mobilität befindet sich im Anhang (A.2.3 und A.2.4).

folgenden Tabellen dargestellt. Fett hervorgehoben wird zudem immer die Komponente, die sich gegenüber der Betrachtung ohne Anpassungsreaktion ändert. Der Begriff „Anpassung“ oder „Anpassungsreaktion“ bezieht sich auf Investitionen in klimafreundliche Alternativen oder klimafreundliche Verhaltensanpassung.

Die Beispielhaushalte, die in Mietwohnungen leben (Tabelle 5 und Tabelle 6), umfassen zwei Haushaltstypen. Haushalt 1: eine Familie mit 2 Kindern; sowie Haushalt 2: einen Single-Haushalt. Diese beiden Haushaltstypen wohnen im Ausgangszustand 2025 und im Zustand ohne Anpassungsreaktion immer in einer Wohnung in einem unsanierten Mehrfamilienhaus, das mit einer Gasheizung beheizt wird. Sie fahren ein oder zwei Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor.

Tabelle 5: Beispielhaushalte, die in einer Mietwohnung wohnen – Familie (Haushalt 1)

		Haushalt 1: Familie mit 2 Kindern Stadt, 2 Autos, Miete		
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Jahr	2025	2030	2030	2030
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung (d. h. keine klimafreundliche Investition oder Verhaltensanpassung)	mit Anpassung	mit Anpassung
Grunddaten				
Wohnfläche (qm)	90	90	90	90
Jährliches Haushaltsnettoeinkommen (Euro pro Jahr)	gering: 50.000 / mittelhoch: 75.000	gering: 53.864 / mittelhoch: 80.796	gering: 53.864 / mittelhoch: 80.796	gering: 53.864 / mittelhoch: 80.796
Anpassung (gewählte Optionen)			A, C	B, C, D, E
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	NT-ready	EH 70
Heizsystem	Gasheizung	Gasheizung	Luft-WP	Luft-WP
Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser (kWh/m ² AN/a)	169	169	58 (Strom)	24 (Strom)
Mobilität	Benziner / Diesel	Benziner / Diesel	Benziner / E-Auto	- / E-Auto und Deutschlandticket
Fahrleistung (km pro Jahr)	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	- / 12.000

Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut

Anmerkungen: Einkommengrenzen reflektieren jeweils in etwa die Höchstgrenze des 3. Einkommensdezils (niedrig) und die Höchstgrenze des 6. Einkommensdezils (mittelhoch) auf Basis der EVS 2018 (FDZ, 2018), fortgeschrieben auf das Jahr 2025 und 2030. Anmerkung: **Fett markiert** sind die jeweiligen Veränderungen gegenüber dem Ausgangszustand 2025. AN = Gebäudenutzfläche.

Tabelle 6: Beispielhaushalte, die in einer Mietwohnung wohnen – Single (Haushalt 2)

Haushalt 2: Single in der Stadt, 1 Auto, Miete				
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Jahr	2025	2030	2030	2030
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung	mit Anpassung	mit Anpassung
Grunddaten				
Wohnfläche (qm)	75	75	75	75
Jährliches Haushalt-nettoeinkommen (Euro pro Jahr)	gering: 20.000/ mittelhoch: 50.000	gering: 21.546/ mittelhoch: 53.864	gering: 21.546/ mittelhoch: 53.864	gering: 21.546/ mittelhoch: 53.864
Anpassung (gewählte Optionen)			A, C	B, D, E
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	NT-ready	EH 70
Heizsystem	Gasheizung	Gasheizung	Luft-WP	Luft-WP
Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser (kWh/m ² AN/a)	169	169	58 (Strom)	24 (Strom)
Mobilität	Benziner	Benziner	BEV	Benziner + Deutschlandticket
Fahrleistung (km pro Jahr)	12.500	12.500	12.500	7.500

Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut

Anmerkungen: Einkommensgrenzen reflektieren jeweils in etwa die Höchstgrenze des 3. Einkommensdezils (niedrig) und die Höchstgrenze des 6. Einkommensdezils (mittelhoch) auf Basis der EVS 2018 (FDZ, 2018), fortgeschrieben auf das Jahr 2025 und 2030. Anmerkung: **Fett markiert** sind die jeweiligen Veränderungen gegenüber dem Ausgangszustand 2025. AN = Gebäudenutzfläche.

Die Beispielhaushalte, die im eigenen Einfamilienhaus wohnen (Tabelle 7 und Tabelle 8), umfassen ebenfalls zwei Haushaltstypen: eine Familie mit zwei Kindern; Haushalt 3 und eine Rentnerin, die im früheren Familienhaus lebt; Haushalt 4. Auch hier gibt es innerhalb der Haushaltstypen unterschiedliche Zustände: links der Ausgangszustand im Jahr 2025 mit hohen Emissionen, dann folgend der Zustand im Jahr 2030 ohne Anpassung und daher weiterhin hohen Emissionen und in den weiteren Spalten die Zustände im Jahr 2030 mit weniger Emissionen nach Umsetzung von Investitionen oder Verhaltensänderungen im Jahr 2025.

Tabelle 7: Beispielhaushalte, die im eigenen Einfamilienhaus wohnen – Familie (Haushalt 3)

Haushalt 3: Familie mit 2 Kindern Land, 2 Autos, Eigentum				
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Jahr	2025	2030	2030	2030
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung	mit Anpassung	mit Anpassung

Haushalt 3: Familie mit 2 Kindern Land, 2 Autos, Eigentum				
Grunddaten				
Wohnfläche (qm)	110	110	110	110
Jährliches Haushaltsgesamtinkommen (Euro pro Jahr)	gering: 50.000/ mittelhoch: 75.000	gering: 53.864/ mittelhoch: 80.796	gering: 53.864/ mittelhoch: 80.796	gering: 53.864/ mittelhoch: 80.796
Anpassung (gewählte Optionen)			A, C	B, C
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	NT-ready	EH 70
Heizsystem	Ölheizung	Ölheizung	Luft-WP	Luft-WP
Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser (kWh/m ² _{AN} /a)	177	177	56 (Strom)	20 (Strom)
Pkw	Benziner / Diesel	Benziner / Diesel	E-Auto / Diesel	Benziner / E-Auto
Fahrleistung (km pro Jahr)	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000

Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut

Anmerkungen: Einkommensgrenzen reflektieren jeweils in etwa die Höchstgrenze des 3. Einkommensdezils (niedrig) und die Höchstgrenze des 6. Einkommensdezils (mittelhoch) auf Basis der EVS 2018 (FDZ, 2018), fortgeschrieben auf das Jahr 2025 und 2030. Anmerkung: **Fett markiert** sind die jeweiligen Veränderungen gegenüber dem Ausgangszustand 2025. AN = Gebäudenutzfläche.

Tabelle 8: Beispielhaushalte, die im eigenen Einfamilienhaus wohnen – Rentnerin (Haushalt 4)

Haushalt 4: Rentnerin Stadtrand, kein Auto, Eigentum				
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Jahr	2025	2030	2030	2030
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung	mit Anpassung	mit Anpassung
Grunddaten				
Wohnfläche (qm)	80	80	80	80
Jährliches Haushaltsgesamtinkommen (Euro pro Jahr)	gering: 20.000/ mittelhoch: 30.000	gering: 21.546/ mittelhoch: 32.319	gering: 21.546/ mittelhoch: 32.319	gering: 21.546/ mittelhoch: 32.319
Anpassung (gewählte Optionen)			A, C	B, D, E
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	NT-ready	EH 70
Heizsystem	Ölheizung	Ölheizung	Luft-WP	Luft-WP
Endenergieverbrauch für Raumwärme und	177	177	56 (Strom)	20 (Strom)

Haushalt 4: Rentnerin Stadtrand, kein Auto, Eigentum				
Warmwasser (kWh/m ² AN/a)				
Pkw	Benziner	Benziner	BEV	kein Auto
Fahrleistung (km pro Jahr)	5.000	5.000	5.000	0

Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut

Anmerkungen: Einkommensgrenzen reflektieren jeweils in etwa die Höchstgrenze des 3. Einkommensdezils (niedrig) und die Höchstgrenze des 6. Einkommensdezils (mittelhoch) auf Basis der EVS 2018 (FDZ, 2018) fortgeschrieben auf das Jahr 2025 und 2030. Anmerkung: **Fett markiert** sind die jeweiligen Veränderungen gegenüber dem Ausgangszustand 2025. AN = Gebäudenutzfläche.

5.4.2 Ergebnisse für kombinierte Klimaschutzanpassungen der Beispielhaushalte

In den folgenden Steckbriefen zeigen wir die Auswirkungen auf das Budget, wenn Haushalte auf die betrachteten Technologien umstellen. Fragen der Liquidität bzw. des Kreditzugangs werden nicht modelliert. Die Ergebnisse erlauben keine Aussage darüber, ob Haushalte die Investitionen finanzieren können. Die Investition wird mit einem Zinssatz von 4 % auf jährliche Zahlungsströme über die Lebensdauer der Technologie umgelegt. Dieses Verfahren ist analog zur Tilgung eines Kredites über die Laufzeit. Die illustrativen Ergebnisdarstellungen in diesem Kapitel zeigen den Anteil des verfügbaren Einkommens der Beispielhaushalte, der für Wärme (bestehend aus laufenden Kosten sowie Mehrinvestitionen bzw. Modernisierungsumlage) und Mobilität (laufende Kosten plus Mehrinvestitionen) für die Klimaschutzaktivitäten aufgewendet wird. Dargestellt werden der Ausgangszustand im Jahr 2025 sowie die Projektionen für das Jahr 2030, jeweils ohne und mit Anpassungsreaktion. Dabei werden im Jahr 2030 unterschiedliche Anpassungsreaktionen in den Bereichen Wärme und Verkehr kombiniert. Ferner legen wir den Investitionszeitpunkt der Anpassungen auf das Jahr 2025 fest.

Im Bereich Gebäude werden für jeden Haushaltstyp je zwei Investitionsmöglichkeiten betrachtet:

1. Eine Vollsanierung des Gebäudes auf Effizienzhausstandard 70 mit einer Luft-Wärmepumpe.
2. Eine Teilsanierung einzelner Gebäudeelemente (Dämmung obere Geschossdecke, Kellerdecke, gering-investive Maßnahmen) zur Senkung der nötigen Vorlauftemperatur der Heizung (Niedertemperatur (NT)-ready) mit Einbau einer Luft-Wärmepumpe.

Für die Mobilität werden verschiedene Anpassungsreaktionen untersucht, die sich je nach Haushaltstyp unterscheiden. Teilweise wird ein Verbrenner-Pkw durch ein Elektrofahrzeug ersetzt, die Fahrleistung reduziert, ein Pkw gänzlich abgeschafft und vermehrt der öffentliche Verkehr genutzt oder aber eine Kombination dieser Reaktionen.

In Folgenden werden, je nach der individuellen Ausgangssituation der Haushalte, geeignete Kombinationen aus den Bereichen Wärme und Mobilität illustrativ mit den wesentlichen Ergebnissen für die Beispielhaushalte dargelegt. Eine ausführliche Ergebnisdarstellung mit allen Daten und einer Lesehilfe findet sich im Anhang A.2.1 für die Kombination aus Gebäude- und Mobilitätsmaßnahmen und im Anhang A.2.3 einzeln nur für Mobilitätsmaßnahmen sowie im Anhang A.2.4 einzeln nur für Gebäudemassnahmen.

5.4.2.1 Mietende (Haushalte 1 und 2)

Zu Beginn werden die jährlichen Kosten, Einsparungen und finanziellen Belastungen verschiedener Beispielhaushalte in Mietverhältnissen für die Jahre 2025 und 2030 untersucht. Dabei werden unterschiedliche Haushaltstypen berücksichtigt, darunter Haushalt 1 – eine Familie mit zwei Kindern und zwei Fahrzeugen in einer Kleinstadt und Haushalt 2 – ein jüngerer Single in urbanem Umfeld mit eigenem Auto. Die Analyse vergleicht den Ausgangszustand im Jahr 2025 jeweils mit drei Szenarien für das Jahr 2030: einem ohne und zwei mit durchgeföhrter Klimaschutzmaßnahmen der Haushalte. Die Ergebnisse sind in den folgenden Steckbriefen schematisch dargestellt.

Haushalt 1: Familie mit zwei Kindern, zwei Autos, in einer Kleinstadt wohnend

Abbildung 68 zeigt jährliche Kosten, Einsparung und Belastung der Familie mit zwei Kindern in der Kleinstadt im Jahr 2025 und 2030 für die drei unterschiedlichen Szenarien. Die Familie wohnt in einer 90 m² großen ungedämmten Mietwohnung in einer Kleinstadt und heizt mit Gas. Sie besitzt sowohl einen mittelgroßen Benzin- als auch einen großen Diesel-Pkw.. Der Heizenergieverbrauch beträgt 18.269 kWh pro Jahr. Mit einer jährlichen Fahrleistung von 6.000 Kilometern mit dem Benzin-Pkw und 15.000 Kilometern mit dem Diesel-Pkw werden rund 410 Liter Benzin und 1.088 Liter Diesel pro Jahr verbraucht.

Insgesamt belaufen sich die jährlichen Gesamtkosten für Mobilität und Heizen, inkl. der CO₂-Kosten, auf 8.539 Euro₂₀₂₃. Im Vergleich zu einem mittelhohen Haushaltsnettoeinkommen einer vierköpfigen Familie von etwa 75.000 Euro₂₀₂₃ pro Jahr (vgl. Tabelle 5), entspricht dies etwa 11,4 % des Einkommens. Bei einem geringen Familiennettoeinkommen von 50.000 Euro₂₀₂₃ pro Jahr (vgl. Tabelle 5) machen die Kosten 17,1 % aus.

Szenario 1: Im Jahr 2030 ohne Verhaltensanpassungen oder Investitionen (Szenario 1) gegenüber dem Jahr 2025 steigen die Kosten für Mobilität und Heizen auf 9.001 Euro₂₀₂₃ pro Jahr moderat an. Gleichzeitig steigt das Einkommen der Familie im gleichen Zeitraum, sodass sich die Belastung in Relation zum Einkommen 4 % von 11,4 % auf 11,1 % bei mittelhohem und von 17,1 % auf 16,7 % bei geringem Einkommen verringert.

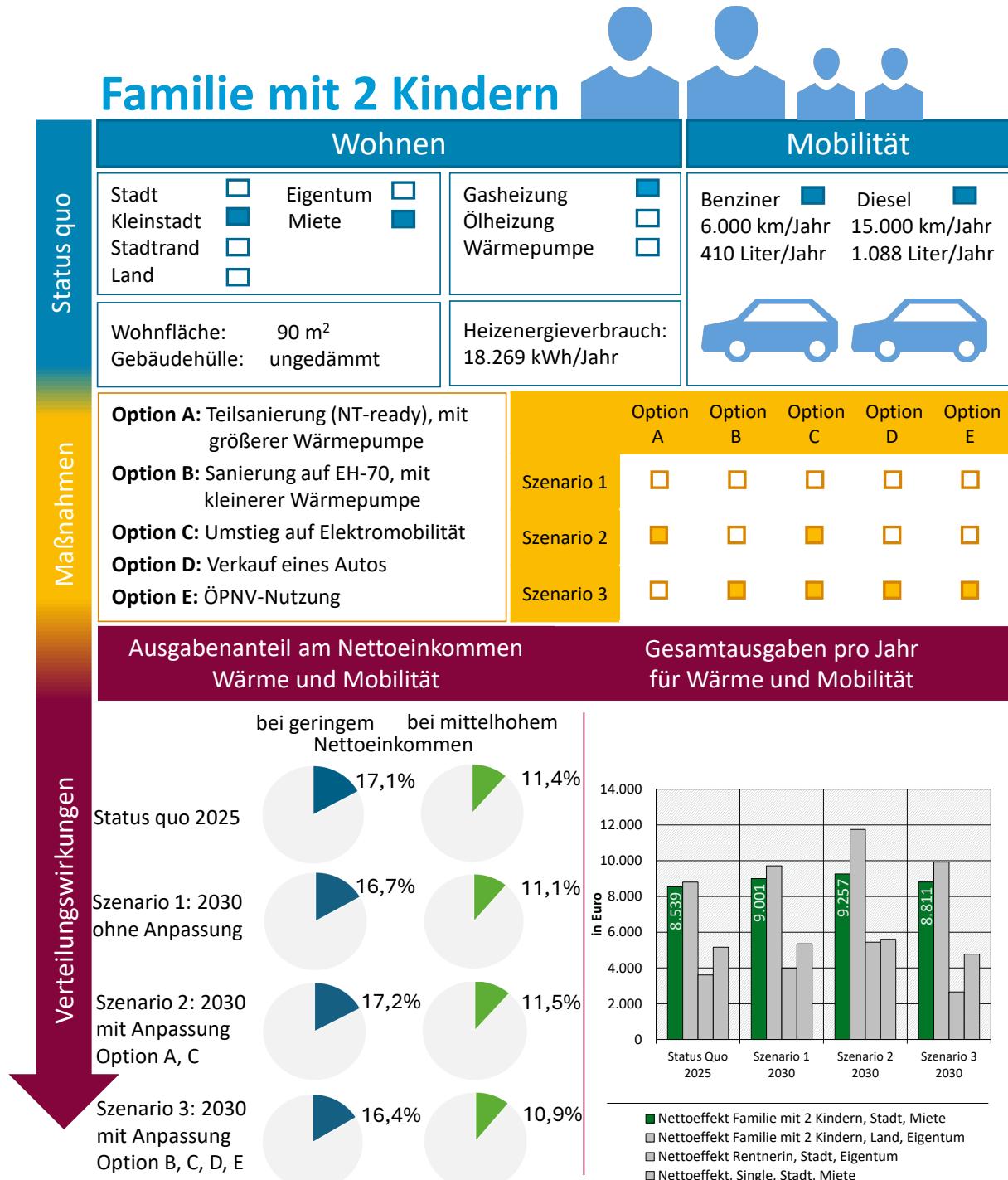
Szenario 2: Im dargestellten zweiten Szenario wird die Situation für das Jahr 2030 analysiert, in der klimafreundliche Investitionen durchgeführt wurden. Das Gebäude, in dem die Familie wohnt, wird teilsaniert und mit einer Luft-Wärmepumpe ausgestattet. Die Modernisierungskosten werden auf die Miete umgelegt. Zusätzlich tauscht die Familie ihren Diesel-Pkw gegen ein E-Auto.

Unter Berücksichtigung der Energiekosteneinsparungen durch die Anpassungsreaktion des Haushalts als auch unter Berücksichtigung des höheren Anschaffungspreises des E-Auto und der umgelegten Kosten der Sanierung und neuen Heizung summieren sich die jährlichen Gesamtkosten für Mobilität und Heizen für die Familie in diesem Szenario auf 9.257 Euro₂₀₂₃, was etwa 11,5 % (+0,4 % ggn. Szenario 1) des Nettoeinkommens bei mittelhohen Einkommen und 17,2 % (+0,5 %) bei niedrigem Nettoeinkommen entspricht. Finanziell kann sich der Haushalt durch diese Anpassungen gegenüber dem Szenario ohne weitere Anpassungen und dem Beibehalten der fossilen Technologien finanziell nicht besserstellen.

Szenario 3: Im dargestellten dritten Szenario wird eine alternative Situation des Haushalts analysiert. Das Gebäude, in dem die Familie wohnt, wird auf den Effizienzhausstandard 70 vollsaniert. Dabei wird die Gasheizung durch eine Luft-Wärmepumpe ersetzt. Die Familie stellt zudem ihre Mobilität grundsätzlich um und das tauscht wie auch im zweiten Szenario ihren Diesel-Pkw gegen ein E-Auto, jedoch wird zusätzlich der andere Pkw abgeschafft und mit dem neuen E-Pkw etwas weniger gefahren, da die ganze Familie nun dank Deutschlandtickets

vermehrt den öffentlichen Verkehr nutzt. So hat die Familie in diesem Szenario nur noch 8.811 Euro₂₀₂₃ Gesamtkosten für Mobilität und Heizen zu tragen. Dies entspricht einem Anteil des Nettoeinkommens von 10,9 % (-0,2 % ggn. Szenario 1) bei mittelhohem bzw. 16,4 % (-0,3 %) bei geringem Nettoeinkommen, somit lohnen sich die skizzierten Anpassungsreaktionen der Familie auch finanziell für diese.

Abbildung 68: Steckbrief Haushalt 1: Jährliche Kosten, Einsparung und Belastung der mietenden Familie mit zwei Kindern in der Kleinstadt im Jahr 2025 und 2030



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut, auf Basis der Annahmen aus Abschnitt 5.4.1 und 5.2.

Anmerkungen: NT-ready bedeutet niedertemperaturfähig. EH-70 steht für Effizienzhaus 70. Szenario 2 Familie ersetzt einen ihrer zwei Verbrenner-Pkws durch ein Elektrofahrzeug. Szenario 3 Familie schafft einen Verbrenner-Pkw ab, ersetzt den

zweiten durch ein Elektroauto. Zusätzlich reduzieren sie die Fahrleistung mit ihrem Elektroauto und steigen teilweise auf ÖPNV um.

Haushalt 2: Single, ein Auto, in der Stadt wohnend

Abbildung 69 zeigt die jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung eines Singlehaushalts für unterschiedliche Szenarien für die Jahre 2025 und 2030. Der Single lebt in einer 75 m² ungedämmten Mietwohnung in einer Stadt und beheizt diese mithilfe einer Gasheizung. Der jährliche Heizenergieverbrauch liegt bei 15.224 kWh. Er verfügt über einen mittelgroßen Benzin-Pkw, mit dem der Großteil der Wege absolviert werden. So werden jährlich rund 12.500 Kilometern mit dem Pkw zurückgelegt und somit rund 854 Liter Benzin verbraucht.

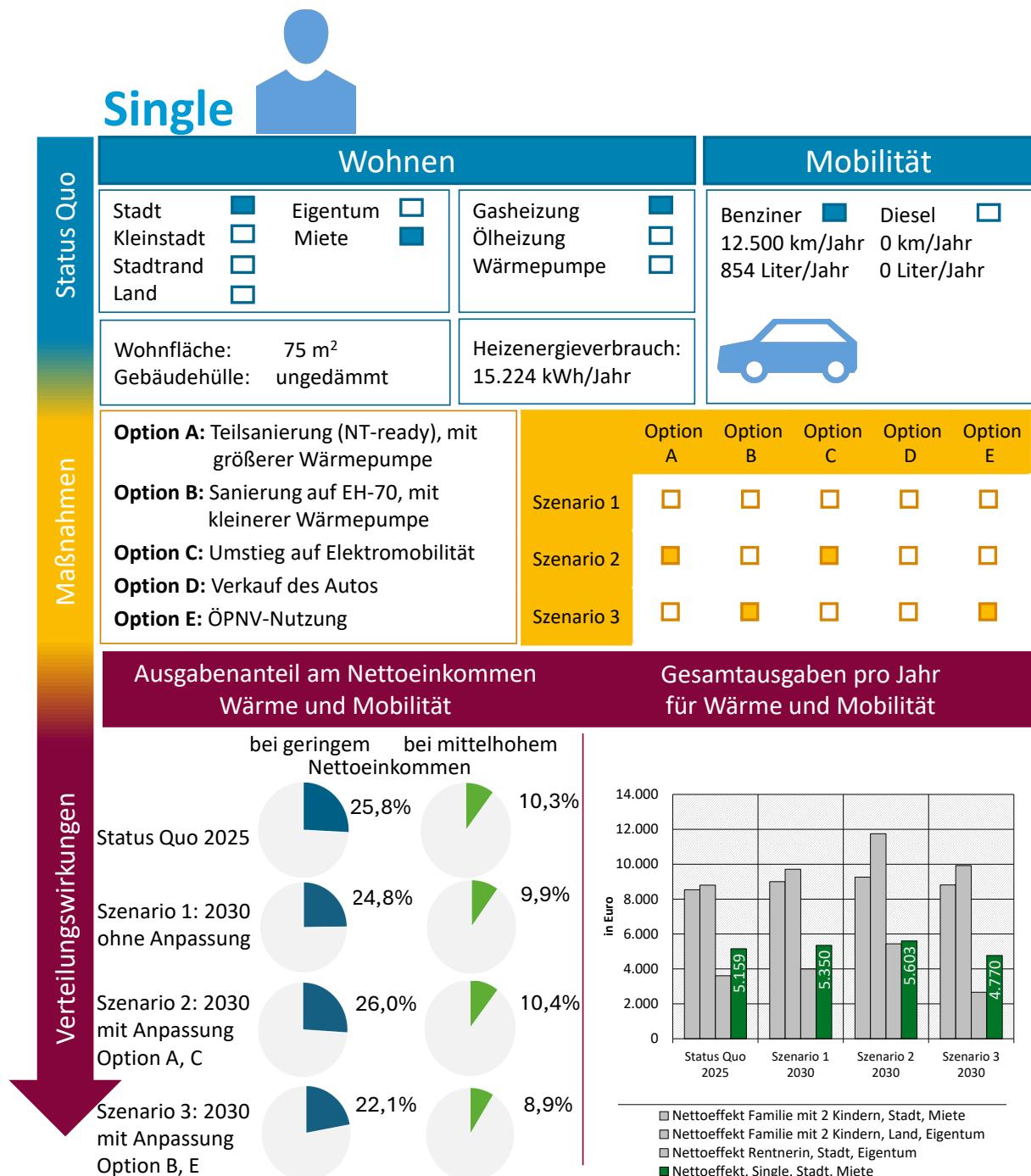
Die gesamten jährlichen Ausgaben für Heizen und Mobilität inklusive CO₂-Kosten belaufen sich auf 5.159 Euro₂₀₂₃ im Jahr 2025. Dies entspricht 10,3 % des verfügbaren Nettoeinkommens bei einem mittelhohen jährlichen Einkommen (vgl. Tabelle 6) von 50.000 Euro₂₀₂₃ bzw. 25,8 % bei einem geringeren Einkommen von 20.000 Euro₂₀₂₃.

Im ersten Szenario für 2030 ohne Verhaltensanpassung steigen die Ausgaben moderat auf 5.350 Euro₂₀₂₃ pro Jahr. Da jedoch gleichzeitig das Haushaltseinkommen zunimmt, reduziert sich die relative Belastung von 10,3 % auf 9,9 % (mittelhohes Einkommen) bzw. von 25,8 % auf 24,8 % (geringeres Einkommen).

Das zweite Szenario betrachtet eine Anpassungsreaktion im Jahr 2030: Das Gebäude, in dem der Single wohnt, wird teilsaniert und mit einer Luft-Wärmepumpe ausgestattet. Die Modernisierungskosten werden auf die Miete umgelegt. In diesem Fall entscheidet sich der Single für ein E-Auto anstelle seines Benzin-Pkws. Unter Berücksichtigung der geringeren Energiekosten sowie der höheren Investitionsausgaben für das E-Auto und der auf die Miete umgelegten Sanierungskosten summieren sich die jährlichen Ausgaben für Mobilität und Wärme in diesem Szenario auf 5.603 Euro₂₀₂₃. Dies entspricht 10,4 % (+0,5 % ggn. Szenario 1) des Nettoeinkommens bei mittelhohem Einkommen und 26,0 % (+1,2 % ggn. Szenario 1) bei geringerem Einkommen. Aus finanzieller Sicht stellt dieses Szenario keine Verbesserung gegenüber dem Szenario ohne Anpassungsreaktion dar.

Im dritten Szenario wird mit alternativen weitergehenden Anpassungen reagiert: Das Gebäude, in dem der Single wohnt, wird vollsaniert auf den Effizienzhausstandard 70. Dabei wird die Gasheizung durch eine Luft-Wärmepumpe ersetzt. Statt seinen Benziner komplett abzuschaffen und zu ersetzen, reduziert der Single in diesem Fall seine Pkw-Nutzung deutlich und ergänzt diese durch die Nutzung des Öffentlichen Verkehrs dank Deutschlandtickets bspw. wird der Weg zur Arbeit nun mit der Bahn zurückgelegt. Dadurch sinken die jährlichen Gesamtausgaben für Wärme und Mobilität auf 4.770 Euro₂₀₂₃, was 8,9 % (-1,0 % ggn. Szenario 1) des mittelhohem bzw. 22,1 % (-3,7 % ggn. Szenario 1) des geringeren Nettoeinkommens entspricht. Die umfassenden Klimaschutzmaßnahmen durch den Vermietenden zeigen somit auch finanziell signifikante Vorteile für den Single.

Abbildung 69: Steckbrief Haushalt 2: Jährliche Kosten, Einsparung und Belastung des Singles in der Stadt im Jahr 2025 und 2030, Miete



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut, auf Basis der Annahmen aus Abschnitt 5.4.1 und 5.2.

Anmerkungen: NT-ready bedeutet niedertemperaturfähig. EH-70 steht für Effizienzhaus 70. Szenario 2 Single ersetzt

Verbrenner-Pkw durch Elektroauto. Szenario 3 Single reduziert Fahrleistung mit Verbrenner-Pkw und steigt teilweise auf ÖPNV um.

Haushalt 1 und Haushalt 2: Überblick und Vergleich

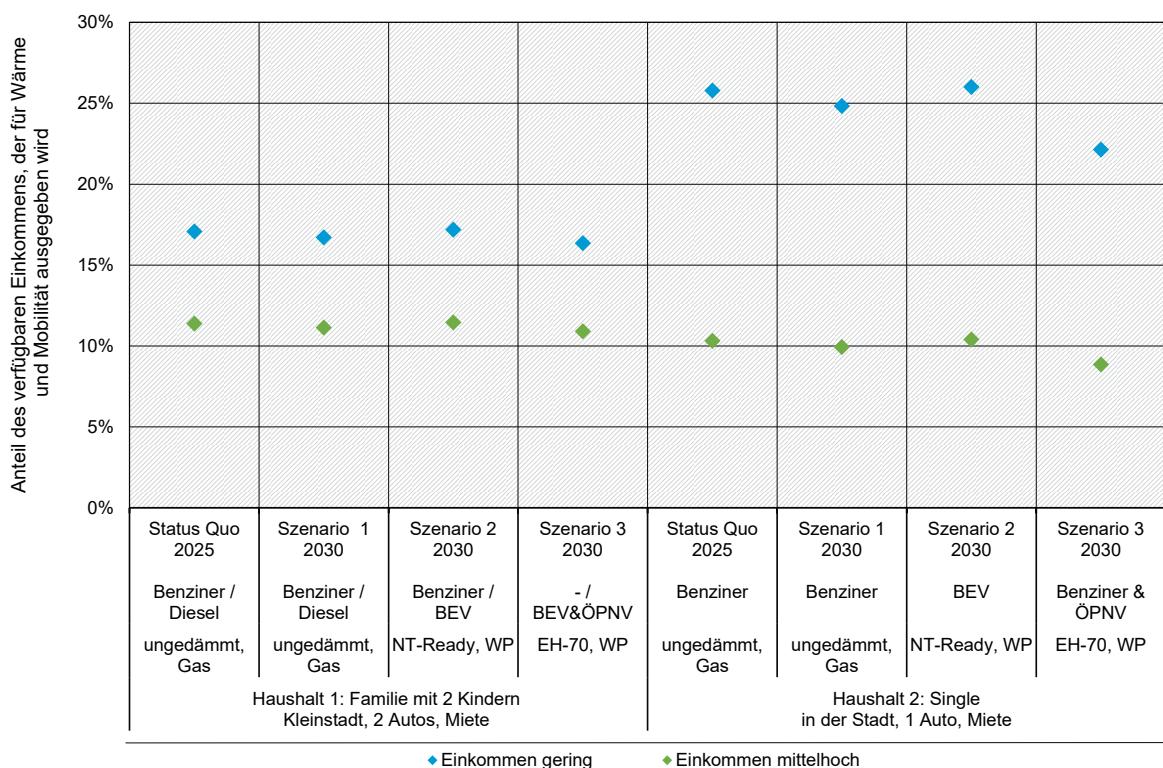
Abbildung 70 zeigt die zusammenfassend den Anteil des verfügbaren Einkommens, den die zur Miete wohnenden Haushalte in den unterschiedlichen Szenarien für Wärme und Mobilität aufwenden.

Das Beibehalten der herkömmlichen fossilen Technologien führt bei diesen Haushalten aufgrund des geringen Anstiegs der Heiz- und Kraftstoffpreise zwar zu einer Verteuerung, aber die fortgeschriebene Einkommenserhöhung gleicht diesen Anstieg mehr als aus, so dass die reale Belastung im Jahr 2030 leicht sinkt (Szenario 1 Belastung im Jahr 2030 ohne Durchführung von Klimaschutzmaßnahmen). Die Umstellung auf klimafreundliche Alternativen (Szenario 2 und 3) hat je nach Haushalt und Art der Umstellung unterschiedliche Effekte.

- ▶ Für die zur Miete wohnende Familie mit Kindern (Haushalt 1) führt der Einbau einer Wärmepumpe bei Teilsanierung des Gebäudes, in dem sie wohnen, und gleichzeitigem Ersatz eines fossilen Pkw durch ein E-Auto (Szenario 2) zu einer leichten Erhöhung der Belastung (3 %²³ gegenüber Szenario 1), während eine Vollsanierung auf EH-70 Standard mit Luft-Wärmepumpe in Kombination mit der Abschaffung eines der zwei Fahrzeuge, verstärkter Nutzung des ÖPNVs und Ersatz des zweiten Fahrzeugs durch ein E-Auto zu einer Entlastung im Vergleich zum Ausgangszustand und den anderen Szenarien führt (bis zu 5 %).
- ▶ Für den zur Miete wohnenden Single-Haushalt (Haushalt 2) ergibt Szenario 2 mit dem Einbau einer Wärmepumpe bei Teilsanierung des Mehrfamilienhauses und Ersatz seines Verbrenner-Pkws durch ein E-Auto ebenfalls eine leichte zusätzliche Belastung (4,5 % gegenüber der Situation im Jahr 2030 ohne Klimaschutzmaßnahme, Szenario 1), während Szenario 3 mit Vollsanierung auf EH-70 mit Wärmepumpe und Teilumstieg auf ÖPNV mit Beibehaltung des Benzin-Pkws eine deutliche Entlastung um bis zu 15 % gegenüber dem Ausgangszustand und knapp 11 % gegenüber der Situation ohne Anpassung im Jahr 2030 (Szenario 1) bringt.

²³ Achtung: relativ und nicht Prozentpunkte

Abbildung 70: Anteil des verfügbaren Einkommens, der von Beispielhaushalten in einer Mietwohnung für Wärme und Mobilität aufgewendet wird



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut

5.4.2.2 Selbstnutzende Eigentümer*innen (Haushalte 3 und 4)

Wie bei den Mietenden-Beispielhaushalten werden die jährlichen Kosten, Einsparungen und finanziellen Belastungen für die Jahre 2025 und 2030 untersucht. Die unterschiedlichen Haushaltstypen sind eine Familie mit zwei Kindern und zwei Fahrzeugen auf dem Land und eine Rentnerin am Strandrand mit Auto. Die Analyse vergleicht den Ausgangszustand jeweils mit drei Szenarien für das Jahr 2030: einem ohne und zwei mit Anpassungsreaktionen der Haushalte.

Haushalt 3: Familie mit zwei Kindern, zwei Autos, auf dem Land wohnend

Abbildung 71 zeigt jährliche Kosten, Einsparung und Belastung der Familie mit zwei Kindern auf dem Land im Jahr 2025 und 2030 für unterschiedliche Szenarien. Die Familie mit zwei Kindern wohnt in einem Einfamilienhaus (mit 110 m² Wohnfläche) auf dem Land und heizt mit Öl. Sie besitzt sowohl einen mittelgroßen Benzin- als auch einen großen Diesel-Pkw für längere Strecken. Der Heizenergieverbrauch beträgt 26.313 kWh pro Jahr. Bei einer jährlichen Fahrleistung von 6.000 Kilometern mit dem benzinbetriebenen Pkw und 15.000 Kilometern mit dem Diesel-Pkw ergibt sich ein jährlicher Kraftstoffverbrauch von rund 410 Litern Benzin und 1.088 Litern Diesel.

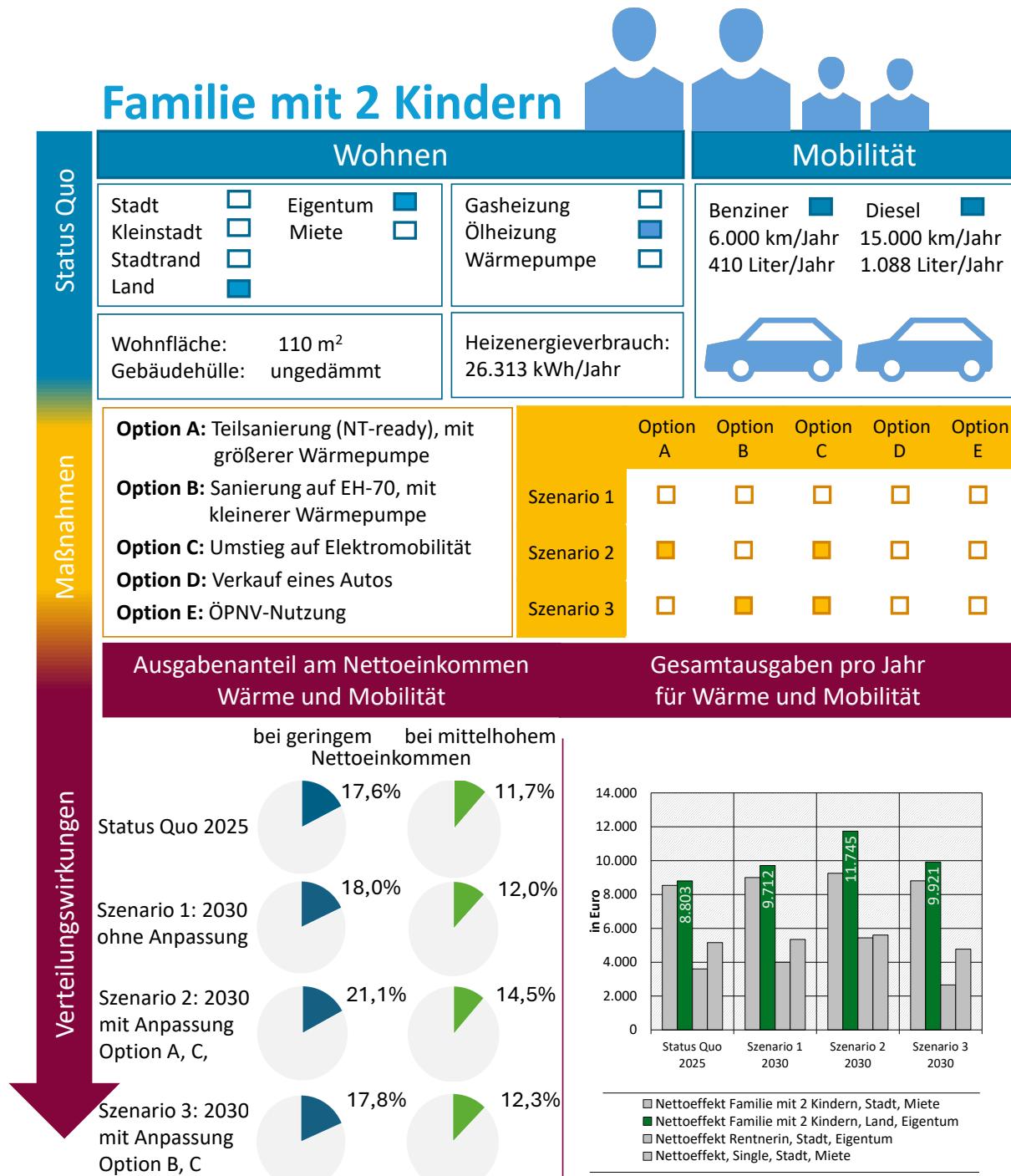
Insgesamt belaufen sich die jährlichen Gesamtkosten für Mobilität und Heizen, inkl. der CO₂-Kosten, im Jahr 2025 auf 8.803 Euro, was bei einem mittelhohen Familiennettoeinkommen von 75.000 Euro (vgl. Tabelle 7) 11,7 % des Einkommens entspricht und bei einem geringen Einkommen von 50.000 Euro 17,6 % ausmacht.

Im ersten Szenario für das Jahr 2030 ohne Verhaltensanpassungen gegenüber dem Jahr 2025 steigen die Kosten für Mobilität und Heizen auf 9.712 Euro pro Jahr an. Gleichzeitig steigt das Einkommen der Familie im gleichen Zeitraum, sodass sich die Belastung in Relation zum

Einkommen auf von 11,7 auf 12,0 % bei mittelhohem und von 17,6 % auf 18,0 % bei geringem Einkommen erhöht.

Im dargestellten zweiten Szenario wird die Situation mit Anpassungsreaktion für das Jahr 2030 analysiert. Die Familie teilsaniert ihr Haus, so dass eine niedrige Vorlauftemperatur der Heizung ausreicht, um das Haus angemessen zu heizen. Sie ersetzt die Ölheizung durch eine Luft-Wärmepumpe. Im Gegensatz zu Haushalt 1 wird in dieser Betrachtung aufgrund mangelnder Anbindung an den öffentlichen Verkehr kein Auto verkauft und durch vermehrte Nutzung von Bus und Bahn substituiert, sondern die Familie tauscht ihren Benzin-Pkw gegen ein E-Auto. Unter Einbeziehung der durch die Anpassungsmaßnahmen des Haushalts eingesparten Energiekosten sowie der zusätzlichen Ausgaben für den Kauf eines E-Autos und die energetische Sanierung – nach Abzug der Fördermittel – belaufen sich die jährlichen Gesamtkosten für Mobilität und Heizen in diesem Szenario auf 11.745 Euro für die Familie mit höherem Einkommen und auf 11.378 Euro für die Familie mit geringerem Einkommen, die durch den Einkommensbonus in der Heizungsförderung etwas mehr Förderung erhält. Dies entspricht etwa 14,5 % (+2,5 % ggn. Szenario 1) des Nettoeinkommens bei mittelhohem und 21,1 % (+ 2,1 %) bei geringerem Einkommen. Aus finanzieller Sicht ergeben sich für den Haushalt durch diese Umstellungen im Jahr 2030 deutliche Nachteile gegenüber dem Szenario ohne Anpassungen und dem Fortbestehen fossiler Technologien.

Abbildung 71: Steckbrief Haushalt 3: Jährliche Kosten, Einsparung und Belastung der Familie im eigenen Haus mit zwei Kindern und zwei Autos auf dem Land im Jahr 2025 und 2030



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut, auf Basis der Annahmen aus Abschnitt 5.4.1 und 5.2.

Anmerkungen: NT-ready bedeutet niedertemperaturfähig. EH-70 steht für Effizienzhaus 70. Familie ersetzt in Szenario 2 und 3 eines ihrer zwei Verbrenner-Autos durch ein Elektroauto. Es wird kein Fahrzeug abgeschafft.

Im dritten Szenario wird analysiert, wie sich eine alternative weiterführende Klimaschutzinvestition des Haushalts auf die Kostenstruktur auswirkt. Die Familie führt eine Vollsanierung ihres Gebäudes durch, so dass es den Effizienzhausstandard 70 erreicht. Die Ölheizung wird durch eine Luft-Wärmepumpe ersetzt. Die Familie stellt zudem ihre Mobilität

grundsätzlich um und tauscht ihren vielgefahrenen Diesel-Pkw gegen ein E-Auto, ein Umstieg auf den Öffentlichen Verkehr kann aufgrund mangelnden Angebots nicht erfolgen. In diesem Szenario belaufen sich die jährlichen Ausgaben der Familie für Mobilität und Heizen auf 9.921 Euro bzw. auf 9.611 Euro bei der Familie mit geringem Einkommen, die eine höhere Förderung für die Heizung erhält. Das entspricht 12,3 % (+0,3 % ggn. Szenario 1) des Nettoeinkommens bei höherem und 17,8 % (-0,2 %) bei geringerem Einkommen. Die dargestellten Anpassungsmaßnahmen erweisen sich somit finanziell als vorteilhafter für den Haushalt als im zweiten Szenario, aber fallen leicht höher aus als im Fall des Beibehaltens der Ölheizung und des Diesel-Pkws im Jahr 2030.

Haushalt 4: Rentnerin, ein Auto, am Stadtrand wohnend

Abbildung 72 zeigt jährliche Kosten, Einsparung und Belastung des Rentnerinnenhaushalts im Jahr 2025 und 2030 für unterschiedliche Szenarien. Die Rentnerin wohnt in einem 80 m² großen Einfamilienhaus am Stadtrand und besitzt eine Ölheizung. Der Heizenergieverbrauch beträgt 19.102 kWh pro Jahr. Dem Haushalt steht ein Benzin-Pkw zur Verfügung, der 5.000 Kilometer im Jahr zurücklegt und so entsprechend 342 Liter Benzin verbraucht. Insgesamt belaufen sich die jährlichen Gesamtkosten für Mobilität und Heizen, inkl. der CO₂-Kosten, im Jahr 2025 auf 3.607 Euro, was bei einem mittelhohen Nettoeinkommen von 30.000 (vgl. Tabelle 8) Euro 12,0 % des Einkommens entspricht und bei einem geringen Einkommen von 20.000 Euro 18,0 % ausmacht.

Im ersten Szenario im Jahr 2030 ohne Verhaltensanpassungen gegenüber dem Jahr 2025 steigen die Kosten für Mobilität und Heizen auf 3.997 Euro pro Jahr moderat an. Gleichzeitig steigt das Einkommen des Haushalts im gleichen Zeitraum. Nichtsdestotrotz erhöht sich die Belastung in Relation zum Einkommen von 12,0 % auf 12,4 % bei mittelhohem und von 18,0 % auf 18,6 % bei geringem Einkommen.

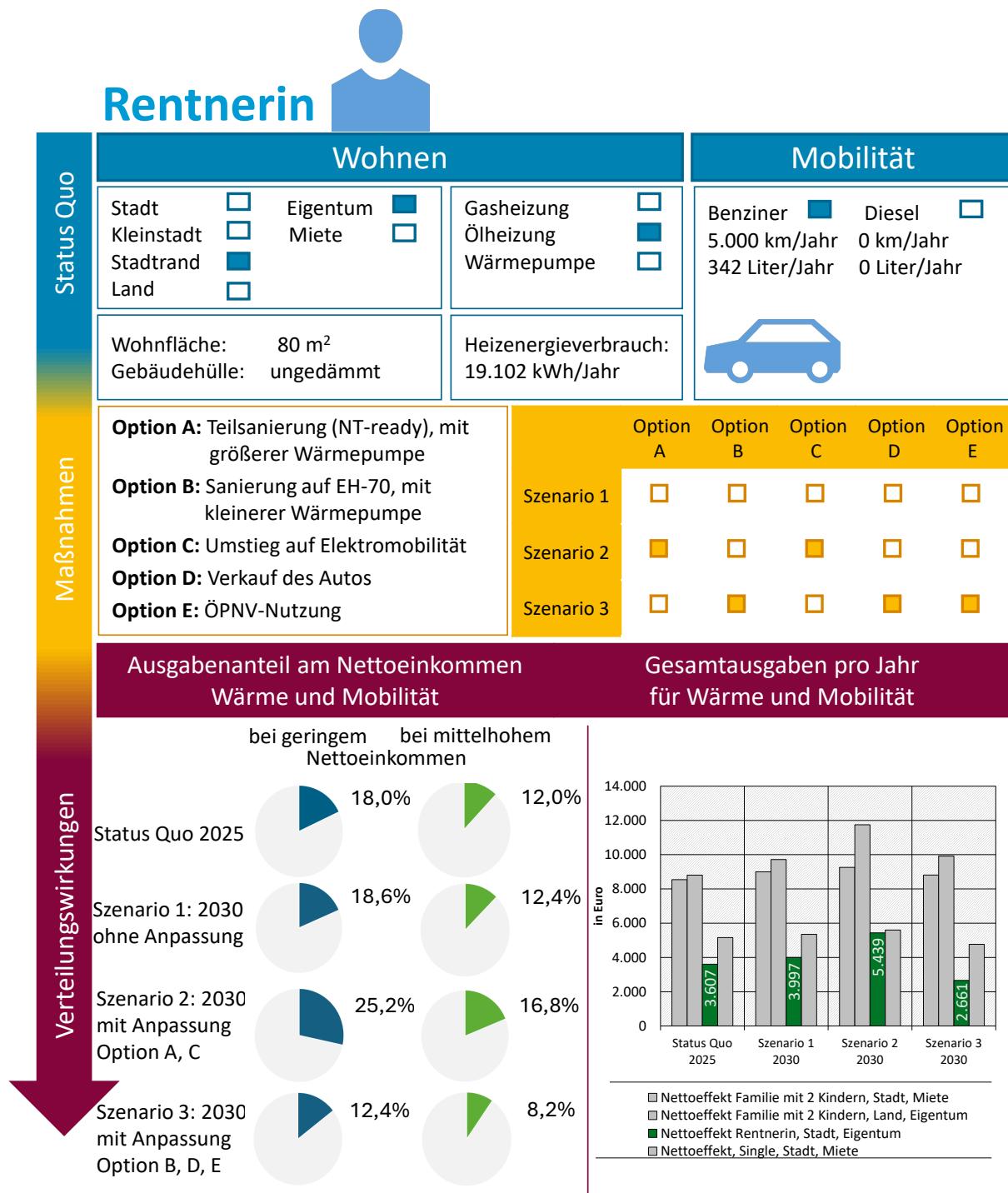
Im dargestellten zweiten Szenario wird die Situation mit Klimaschutzinvestitionen oder Verhaltensanpassungen für das Jahr 2030 analysiert. Die Rentnerin teilsaniert ihr Haus, so dass eine niedrige Vorlauftemperatur der Heizung ausreicht, um das Haus ausreichend zu heizen. Sie ersetzt die Ölheizung durch eine Luft-Wärmepumpe. Zusätzlich tauscht die Rentnerin ihren Benzin-Pkw gegen ein E-Auto. Unter Einbeziehung der durch die Anpassungsmaßnahmen des Haushalts eingesparten Energiekosten sowie der zusätzlichen Ausgaben für den Kauf eines E-Autos und die energetische Sanierung – nach Abzug der Fördermittel²⁴ – belaufen sich die jährlichen Gesamtkosten für Mobilität und Heizen in diesem Szenario auf 5.439 Euro. Dies entspricht etwa 16,8 % (+2,4 % ggn. Szenario 1) des Nettoeinkommens bei höherem und 25,2 % (+6,6 %) bei geringerem Einkommen. Aus finanzieller Sicht ergeben sich für den Haushalt durch diese Umstellungen Mehrbelastungen gegenüber dem Szenario ohne Anpassungen und dem Fortbestehen fossiler Technologien.

Im dritten Szenario wird analysiert, wie sich eine alternative weiterführende Verhaltensanpassung des Haushalts auf die Kostenstruktur auswirkt. Die Rentnerin führt eine Vollsanierung ihres Gebäudes durch, so dass es den Effizienzhausstandard 70 erreicht. Die Ölheizung wird durch eine Luft-Wärmepumpe ersetzt. Die Rentnerin stellt zudem ihre Mobilität grundsätzlich um und schafft ihren Benzin-Pkw ab und steigt auf den Öffentlichen Verkehr um, so spart sie rund 1.300 Euro gegenüber dem ersten Szenario. In diesem Szenario belaufen sich die jährlichen Ausgaben der Rentnerin für Mobilität und Heizen auf 2.661 Euro. Das entspricht 8,2 % (-3,8 % ggn. Szenario 1) des Nettoeinkommens bei höherem und 12,4 % (-5,6 %) bei geringerem Einkommen. Die dargestellten Anpassungsmaßnahmen erweisen sich somit

²⁴ Die Rentnerin profitiert immer vom Einkommensbonus in der Heizungsförderung (BEG-EM), da ihr Einkommen auch bei „hohem“ Einkommen unter der Grenze liegt.

finanziell als vorteilhafter gegenüber der Situation ohne Klimaschutzmaßnahme und gegenüber dem zweiten Szenario. Die Abschaffung des Autos und Umstieg auf den ÖPNV sowie die Vollsaniierung auf EH-70 mit Luft-Wärmepumpe bietet die vorteilhafteste Situation. Gerade in Bezug auf die Vollsaniierung ist jedoch zu bedenken, dass die recht hohen Anfangsinvestitionen eine größere Hürde für die Rentnerin darstellen können als für andere Beispielhaushalte. Dazu gehören die möglicherweise geringere Bereitschaft ein größeres Finanzierungsprojekt anzugehen, zumal die Einsparungen nur über einen längeren Zeitraum erfolgen, der für ältere Personen zu lang sein kann, der erschwerte Zugang zu Krediten und Finanzierungsmöglichkeiten für ältere Menschen, die größeren Herausforderungen, die Umsetzung zu organisieren, Fachkräfte zu finden und ihnen zu vertrauen sowie die psychische und gesundheitliche Belastung durch die Sanierungsarbeiten.

Abbildung 72: Steckbrief Haushalt 4: Jährliche Kosten, Einsparung und Belastung Rentnerin am Stadtrand im eigenen Haus im Jahr 2025 und 2030



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut, auf Basis der Annahmen aus Abschnitt 5.4.1 und 5.2.

Anmerkungen: NT-ready bedeutet niedertemperaturfähig. EH-70 steht für Effizienzhaus 70. Rentnerin ersetzt in Szenario 2 ihr Verbrennerfahrzeug durch ein E-Auto. In Szenario 3 schafft sie ihr Fahrzeug ab und steigt vollständig auf ÖPNV bzw. andere Transportmittel um.

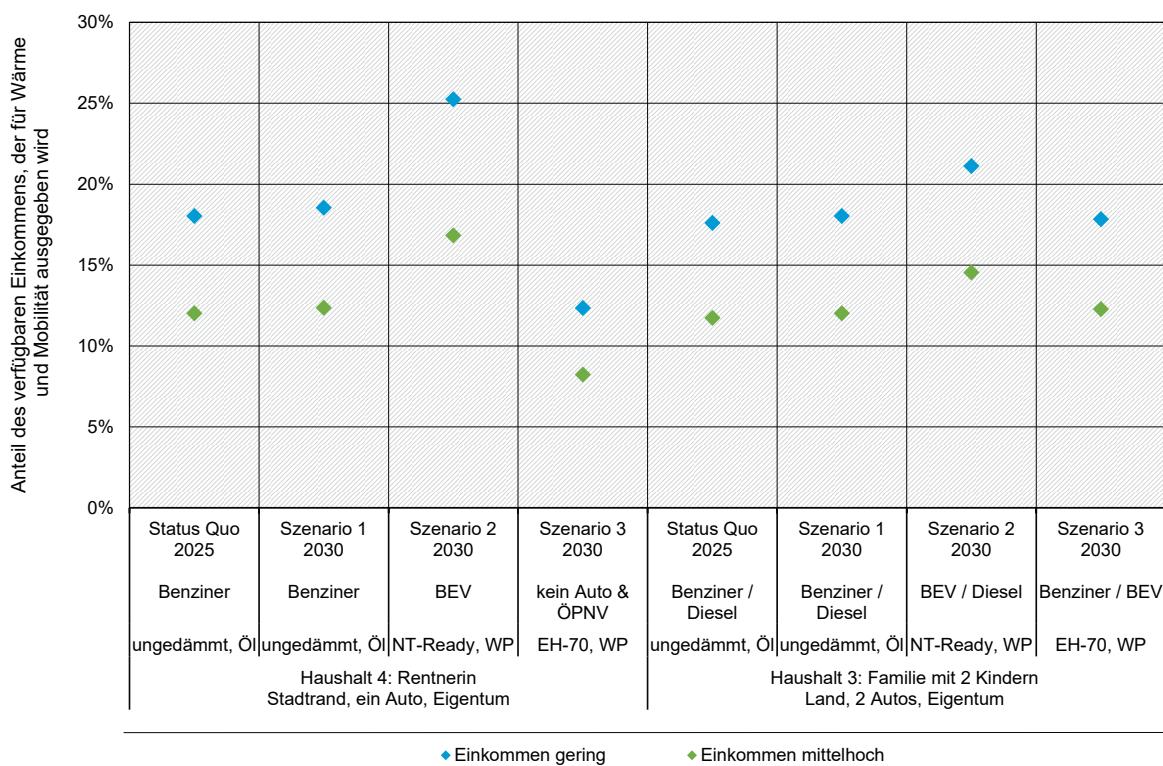
Haushalt 3 und Haushalt 4: Überblick und Vergleich

Abbildung 73 zeigt zusammenfassend den Anteil des verfügbaren Einkommens, den die Haushalte im selbstgenutzten Eigentum in den unterschiedlichen Szenarien für Wärme und Mobilität aufwenden. Das Beibehalten der fossilen Technologien führt aufgrund des Anstiegs der

Heiz- und Kraftstoffpreise im Jahr 2030 zu einer Verteuerung, dadurch erhöht sich auch die Belastung im Vergleich zum Einkommen (Szenario 1 Belastung im Jahr 2030 ohne Durchführung von Klimaschutzmaßnahmen). Die Umstellung auf klimafreundliche Alternativen (Szenario 2 und 3) hat je nach Haushalt und Art der Umstellung unterschiedliche Effekte.

- ▶ Für Haushalt 3, die Familie mit Kindern im eigenen Haus auf dem Land, führt der Einbau einer Luft-Wärmepumpe bei Teilsanierung des Hauses und gleichzeitigem Ersatz eines ihres Verbrenner-Pkw durch ein Elektrofahrzeug (Szenario 2) zu höheren Kosten und höherer Belastung und lässt sich finanziell nicht wirtschaftlich darstellen. Die Vollsanierung auf EH-70 mit Wärmepumpe und der Ersatz eines Fahrzeugs durch ein E-Auto (Szenario 3) stellt sich deutlich besser dar und ist ungefähr gleich auf mit der Situation ohne Handeln (Szenario 1) Die Familie mit höherem Einkommen ist dabei mit 2 % (bzw. 0,3 Prozentpunkten) geringfügig mehr belastet als ohne Klimaschutzmaßnahme. Die Familie mit geringem Einkommen kann den Einkommensbonus in der Heizungsförderung nutzen und profitiert von der Sanierung und Investition in ein E-Auto durch eine Verringerung ihrer Belastung um 1 % (bzw. 0,2 @Prozentpunkte) gegenüber Szenario 1.
- ▶ Die Rentnerin im eigenen Haus ist im Szenario 2 (Wärmepumpe mit Teilsanierung und Ersatz des Benzin-Pkws durch ein E-Auto) deutlich stärker belastet als ohne Klimaschutzmaßnahme oder mit anderen Kombinationen von Klimaschutzmaßnahmen. Im Szenario 3 führt sie eine Vollsanierung durch, schafft ihr Auto ab und nutzt den öffentlichen Verkehr bzw. alternative Modi. In diesem Szenario ist die Rentnerin deutlich entlastet. Ihre Belastung verringert sich um ein Drittel gegenüber dem Ausgangszustand im Jahr 2025 bzw. dem Zustand ohne Klimaschutz im Jahr 2030 (Szenario 1) und ist nur halb so hoch wie im Szenario 2. Die Einsparungen werden maßgeblich durch die Änderung ihres Mobilitätsverhaltens bewirkt. Die rein auf die Wirtschaftlichkeit ausgerichtete Rechnung berücksichtigt nicht, dass Hemmnisse eine Umstellung gegenüberstehen können. So ist das Interesse und eine Bereitschaft für eine Vollsanierung für Menschen höheren Alters dadurch eingeschränkt, dass sie hohe Anfangsinvestitionen aufbringen müssten, die sie ggf. nicht durch Bankkredite finanzieren können, während die Einsparungen nur über einen längeren Zeitraum erfolgen, der für sie unter Umständen nicht relevant ist. Dazu kommt die psychische und gesundheitliche Belastung durch Bauarbeiten im eigenen Heim.

Abbildung 73: Anteil des verfügbaren Einkommens, der von Beispielhaushalten im eigenen Haus für Wärme und Mobilität aufgewendet wird



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut

5.4.3 Einordnung der Ergebnisse für die Beispielhaushalte

Die Ergebnisse für die Beispielhaushalte zeigen, dass Investitionen in Klimaschutz und Verhaltensanpassungen insbesondere im Bereich Mobilität, d.h. die Investition in ein E-Fahrzeug und die Reduktion der Fahrleistung durch Umstieg auf öffentlichen Verkehr oder andere Mobilitätsformen, in den meisten Konstellationen, zu Einsparungen führen können und damit die Ausgabenbelastung von Haushalten senken. Im Bereich Gebäude ist das Bild gemischter. Untersucht wurden zwei Fälle: Der Einbau einer Wärmepumpe bei Teilsanierung des Gebäudes und eine Vollsanierung auf Effizienzhausstandard 70 mit Wärmepumpe. Mit Inanspruchnahme der Förderung sind beide Sanierungsfälle wirtschaftlich (vgl. auch Abschnitt 5.3.1), allerdings amortisiert sich unter den gegebenen Annahmen die Vollsanierung auf Effizienzhausstandard 70 früher als die Teilsanierung mit Wärmepumpe. Damit stellt sich für die Beispielhaushalte die Vollsanierung in allen Fällen auch besser dar, vor allem in Kombination mit Klimaschutzmaßnahmen im Mobilitätsbereich.

Bei allen Rechnungen spielen die hier getroffenen Annahmen eine wesentliche Rolle. Veränderungen in den Annahmen können die Ergebnisse grundsätzlich verändern. Dazu gehören:

- ▶ Höhere fossile Energiepreise oder höhere CO₂-Preise als hier angenommen verbessern die Wirtschaftlichkeit der Investitionen in Klimaschutz oder Verhaltensanpassungen.
- ▶ Höhere Sanierungskosten verschlechtern die Wirtschaftlichkeit der Vollsanierung gegenüber der Teilsanierung, da hier ein größerer Teil für Gebäudesanierung aufgewendet wird.

- ▶ Geringere Kosten für Wärmepumpen verbessern die Wirtschaftlichkeit der Teilsanierung mit Wärmepumpe gegenüber der Vollsanierung mit Wärmepumpe, da bei Teilsanierung eine Wärmepumpe mit größerer Leistung benötigt wird.
- ▶ Spätere Investitionen in Elektro-Autos verbessern die Wirtschaftlichkeit, da von deutlich sinkenden Fahrzeugkosten auszugehen ist (siehe dazu auch A.2.2).
- ▶ Andere Annahmen zur Fahrleistung, Ladestrompreisen und zum Heizenergieverbrauch und zu möglichen Verhaltensanpassungen in Bezug auf die Fahrleistung und den Heizenergieverbrauch (z. B. durch Absenkung der Raumtemperatur) verändern die Ergebnisse ebenfalls.

Die Analyse der Beispielhaushalte stellt die Wirtschaftlichkeit von Investitionen oder Verhaltensanpassungen in den Vordergrund. In der Praxis spielen aber sehr unterschiedliche Faktoren eine Rolle bei der Entscheidung, die sich aus ökonomische und nicht-ökonomische Aspekten zusammensetzen. Dazu gehören u. a.:

- ▶ Finanzierung: Hohe Anfangsinvestitionen stellen auch mit Förderung ein Hemmnis dar. Für Haushalte mit geringem Einkommen kann trotz Förderung die verbleibende Investitionssumme nicht finanziert werden. Auch ältere Menschen sehen sich Herausforderungen gegenüber, einen Kredit oder eine Hypothek aufzunehmen. Gegebenenfalls möchten sie keine große Investition tätigen, deren Nutzen sich erst über die Zeit rechnet, die für sie zu lange sein kann. Eine Teilsanierung, die keine hohen Anfangsinvestitionen erfordert, kann hier eine gute Alternative bieten, auch wenn sie sich aus Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten weniger positiv darstellt.
- ▶ Ohnehin-Investitionen: In der Analyse wird angenommen, dass die Gebäudehülle nach 40 Jahren ohnehin saniert werden muss (Instandhaltung) und Heizungen nach 25 Jahren ausgetauscht werden. Dies wird als Gelegenheitsfenster interpretiert, gleichzeitig energetische Sanierungen durchzuführen, da viele Aktivitäten oder Anschaffungen eh stattfinden (wie Handwerkersuche, Gerüstbau, Fassadenfarbe, Dachziegel und weiteres). In der Praxis gibt es in der Regel keinen klaren Zeitpunkt, wann ein Gebäude generalüberholt wird. Oftmals werden Instandhaltungsaktivitäten in kleinen Schritten zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt, so dass auch eine energetische Sanierung nicht en bloc erfolgen würde.
- ▶ Umsetzung: Haushalte entscheiden sich für oder gegen eine energetische Sanierung auch in Bezug darauf, ob sie eine Umsetzung organisatorisch bewältigen können. Neben der Handwerkersuche und -beauftragung sind auch Belästigungen durch Lärm, Schmutz, Kälte und die Gewährung des Zugangs von unbekannten Menschen in das eigene Haus Faktoren, die psychisch und gesundheitlich belastend sein könnten.
- ▶ Weitere nicht-monetäre Faktoren: Trotz der ökonomischen Vorteile der Elektromobilität entscheiden sich Haushalte auch aus anderen Gesichtspunkten für oder gegen ein Elektroauto. Wenngleich die heutige öffentliche Ladeinfrastruktur und die Technik der Fahrzeuge bereits für die allermeisten Nutzungsprofile mehr als ausreichen, also das Mobilitätsbedürfnis auch mit Elektroauto nach wie vor gestillt werden kann, so sieht die subjektive Wahrnehmung oft anders aus. Diese sogenannte „Reichweitenangst“ oder aber der Komfortverlust durch die Suche nach einer freien und funktionierenden Ladesäule verhindert heute noch verstärkt den Umstieg auf ein Elektroauto. Ähnliches lässt sich ebenfalls zum Umstieg auf den öffentlichen Verkehr festhalten. Trotz vorhandener Infrastruktur wird diesen oft nicht gewählt, da der Umstieg ggf. mit einem subjektiven

Komfortverlust oder aber mangelnder Zuverlässigkeit einhergeht, wenngleich dieser mit finanziellen Vorteilen einhergeht.

Die dargestellten Ergebnisse sind im Sinne dieser und weiterer Aspekte einzuordnen. Sie geben immer nur eine Momentaufnahme der Wirtschaftlichkeit von Investitions- und Verhaltensänderungsmöglichkeiten unter den gegebenen Annahmen und berücksichtigen keine Faktoren, die auf die konkrete Investitions- oder Verhaltensentscheidung Einfluss nehmen.

6 Zusammenfassendes Fazit

Die sozio-ökonomische Folgenabschätzung analysiert das MMS und das MWMS der Projektionen 2025 hinsichtlich Investitionen, Energie- und Betriebskosten in den Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr und Gebäude sowie ihrer gesamtwirtschaftlichen Wirkung. Die Analyse wird ergänzt durch die Abschätzung von Arbeitsmarkteffekten in ausgewählten Branchen und die sozio-ökonomische Analyse ausgewählter Instrumente in den Sektoren Gebäude und Verkehr.

Die Systemkostenanalyse zeigt, dass der Umbau hin zu mehr Klimaschutz mit erheblichen Investitionen in allen Sektoren verbunden ist, die sich insbesondere in den Jahren 2030 bis 2035 bündeln. Signifikante Anteil an den erforderlichen Mehrinvestitionen tragen die Energiewirtschaft und der Gebäudesektor: allein für den Ausbau erneuerbarer Energien und der Netzinfrastrukturen sind bis zum Jahr 2030 bis zu 60 Mrd. Euro an Mehrinvestitionen pro Jahr erforderlich. Auch im Gebäudesektor entstehen hohe Zusatzkosten, vor allem für die energetische Sanierung und den Umstieg auf Wärmepumpen, während im Verkehrssektor und in der Industrie die Mehrinvestitionen im Vergleich etwas geringer ausfallen. Die Unterschiede in den sektoralen Mehrinvestitionen stehen dabei unterschiedlichen Ausgangsniveaus, Emissionsmengen und technischen Transformationspfaden gegenüber, wobei alle Sektoren langfristig auf Klimaneutralität ausgerichtet sind.

Die zusätzlichen Investitionen im MWMS liegen auf dem Höhepunkt im Jahr 2030 vor allem aufgrund der höheren Anforderungen an die Gebäudeeffizienz über dem MMS; im Übrigen unterscheiden sich die Szenarien nur geringfügig. Staatliche Investitionen spielen vor allem bei der Sanierung öffentlicher Gebäude, dem Ausbau der Stromnetze und der Förderung erneuerbarer Energien eine Rolle. Eine klare Trennung zwischen staatlichen und privaten Investitionen ist jedoch insbesondere im Infrastrukturbereich aufgrund vielfältiger und fluider Eigentumsverhältnisse schwer vorzunehmen.

Den hohen Investitionsbedarfen stehen langfristig deutliche Einsparungen gegenüber: Die fortschreitende Elektrifizierung und Effizienzsteigerung verdrängt schrittweise fossile Energieträger, senkt die Abhängigkeit von importierten Brennstoffen und stabilisiert die Energieausgaben auf einem niedrigeren Niveau. Wie sich diese Einsparungen für private Haushalte und die öffentliche Hand in wirtschaftlicher Hinsicht auswirken, hängt maßgeblich von der weiteren Entwicklung der Bau- und Sanierungskosten, der Strom- und Brennstoffpreise sowie der CO₂-Preise ab.

Die gesamtwirtschaftliche Analyse untersucht die Effekte auf Wertschöpfung und Beschäftigung. Grundlage sind Impulse zu Konsum, Investitionen, Vorleistungen, Subventionen, Steuern sowie dem Außenhandel. Im Fokus steht die Abweichung des Szenario MMS vom heutigen Status quo (2023). Bei der Interpretation der Ergebnisse sollte beachtet werden, dass sowohl Unsicherheiten bei den Impulsen, die Modellergebnisse sind, als auch bei ihrer Wirkung im Modell bestehen. Die Ergebnisse dürfen also nur als Projektion, nicht als Prognose aufgefasst werden.

Die Maßnahmen im MMS können zu einem stärkeren projizierten Wachstum als in den Rahmendaten führen. Hierzu tragen insbesondere die zusätzlichen Investitionen und die Substitution von importierten fossilen Energieträgern durch heimische Erzeugung erneuerbarer Energie bei. Ein geringeres Wachstum als in den Rahmendaten ergibt sich hingegen unter Annahme starker Verdrängung von Investitionen. Ob ein möglicher negativer Impuls auf den Staatshaushalt über den Staatskonsum, den Konsum oder über Investitionen gegenfinanziert

wird, macht hingegen nur einen geringen Unterschied, wie eine entsprechende Sensitivitätsanalyse gezeigt hat.

Die projizierte Bruttowertschöpfung im MMS steigt ausgehend von 2023 im Zeitverlauf für fast alle Wirtschaftsbereiche an. Ausnahmen mit leicht geringerer Wertschöpfung als in 2023 bilden die energieintensive Industrie und die Landwirtschaft. Die Maßnahmen im MMS reizen zusätzliche Investitionen an, von denen insbesondere das Baugewerbe, elektrische Ausrüstungen, der Maschinenbau und das sonstige verarbeitende Gewerbe profitieren. Die insgesamt höhere gesamtwirtschaftliche Nachfrage im MMS wirkt sich entsprechend positiv auf die projizierte Bruttowertschöpfung im Handel, in den sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen und in den öffentlichen Dienstleistungen aus. Die verstärkte Elektrifizierung im MMS führt zudem zu einer höheren projizierten Bruttowertschöpfung im Bereich Strom. In der Sensitivität mit starker Verdrängung von Investitionen ändert sich das Bild und die Bruttowertschöpfung liegt in fast allen Wirtschaftsbereichen zwar noch höher als in 2023 aber geringer als in den Rahmendaten.

Im Vergleich zu 2023 geht der mit den Rahmendaten projizierte Arbeitskräftebedarf zurück. Im MMS fällt der Arbeitskräftebedarf hingegen durch den Investitionsschub bis 2035 noch höher aus als in 2023. Es drohen Engpässe und Verzögerungen, denen mit Maßnahmen in den Bereichen Zuwanderung, Qualifizierung und Produktivitätshebel begegnet werden sollte. Im gesamtwirtschaftlichen Modell fehlt eine detaillierte Darstellung des Arbeitskräfteangebots und damit des Arbeitsmarktes. Aus diesem Grund wird bewusst der Begriff Arbeitskräftebedarf und nicht Beschäftigung gewählt. Die zusätzlichen Investitionen im MMS führen dazu, dass der projizierte Arbeitskräftebedarf im Baugewerbe, im Maschinenbau, in den elektrischen Ausrüstungen und in den sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen über den gesamten Zeitraum höher ausfällt als in 2023. Einen leicht höheren Arbeitskräftebedarf wird zudem für den Bereich Strom projiziert, durch die verstärkte Elektrifizierung. In den anderen zusammengefassten Wirtschaftsbereichen wird ein zunehmend geringerer Arbeitskräftebedarf als in 2023 projiziert. Ab 2035 dominieren diese Wirtschaftsbereiche das Gesamtbild.

Die Arbeitsmarktanalyse untersucht die geplanten Investitionen ausgewählter Technologien im MMS auf den Arbeitskräftebedarf bis 2050. Ausgewählt wurden die Technologien Gebäudehülle, Wärmepumpen, PV-Anlagen, Batterien und Elektrolyseure. Bei allen Technologien zeigt sich, dass die Investitionen eine Vielzahl an Wirtschaftszweigen und Tätigkeiten betreffen, was auf eine hohe Verflechtung der Wirtschaftszweige untereinander hindeutet. Bezüglich der Anforderungen überwiegt ein starker Bedarf nach Fachkräften der über 50 % des gesamten Bedarfs ausmacht. Etwas mehr als 40 % (bei den PV-Anlagen sogar 45 %) des Gesamtbedarfs betreffen Berufe, die durch die Agentur für Arbeit bereits heute als Engpassberufe klassifiziert werden. Auch bei den Engpassberufen sind vor allem Fachkräfte notwendig. Eine Ausnahme bildet der Berufsbereich 7 („Unternehmensorganisation, Buchhaltung, Recht und Verwaltung“), in dem vor allem Spezialisten und Experten benötigt werden.

Die Wirtschaftlichkeitsrechnungen auf Basis der Amortisationsmethode für Elektroautos zeigt, dass die günstigeren Betriebskosten die höheren Anschaffungskosten bereits bei einer durchschnittlichen Jahresfahrleistung von 12.500 Kilometern übertreffen und Elektro-Autos hinsichtlich der Gesamtkosten bereits günstiger sind als vergleichbare Benziner. Diese Erkenntnis hält auch Stand bei einer Variation der Annahmen im Rahmen verschiedener Sensitivitäten. Insbesondere ein höherer Anschaffungspreis von Elektroautos führt zu einer deutlichen Verzögerung des Amortisationszeitpunktes der Investition.

Im Bereich Gebäudeenergie hebt die Amortisationsrechnung die Bedeutung der Förderung hervor, da sich dadurch die Amortisationsdauer der Investition deutlich reduziert. Mit

Förderung rechnen sich unter den gegebenen Annahmen alle betrachteten Fälle, in dem Sinne, dass die Energiekosteneinsparungen die energiebedingten Mehrkosten innerhalb der Lebensdauer der Investition mehr als ausgleichen. Wenn sowieso Instandhaltungen anstehen, ist die Amortisationsdauer der Vollsaniierung auf EH-70 mit Luft-Wärmepumpe niedriger als die der Installation einer Wärmepumpe bei Teilsanierung des Gebäudes, und die Investitionen können sich auch ohne Förderung für einige Konstellationen in weniger als 25 Jahren, also innerhalb der technischen Nutzungsdauer der Wärmepumpe, rechnen. Für die Teilsanierung ist die Förderung entscheidend, um eine Amortisation im Zeitraum der Nutzungsdauer zu erlangen.

Ein ähnliches Bild zeichnet sich bei der Be- und Entlastungsanalyse für das Jahr 2030 anhand von Beispielhaushalten: Der Umstieg auf ein Elektroauto lohnt sich in den allermeisten Fällen bereits heute auch finanziell. Lediglich für Haushalte und Fahrzeuge mit einer geringen Jahresfahrleistung können die geringeren Betriebskosten die höheren Anfangsinvestitionen nicht auffangen. Ferner zeigt die Analyse, dass ein Umstieg auf den Öffentlichen Verkehr, sofern möglich, zu deutlichen Kosteneinsparungen gegenüber der fortwährend gleichen Pkw Nutzung wie im Status quo führen kann. Im Bereich Gebäude ist das Bild gemischter. Für die Beispielhaushalte stellt sich bei gegebenen Annahmen und Inanspruchnahme der Förderung eine Vollsaniierung auf Effizienzhausstandard 70 besser dar als ein Einbau einer Wärmepumpe mit begleitender Teilsanierung des Gebäudes. Die aufzubringenden Investitionskosten bzw. auf die Miete umgelegten Modernisierungskosten und die Stromkosten für die Wärmepumpe sind geringer bei Vollsaniierung mit Wärmepumpe als bei einer Teilsanierung auf Niedertemperaturfähigkeit und dem Einbau einer von der Leistung her etwas größeren Wärmepumpe.

Die Ergebnisse für die Beispielhaushalte geben allerdings immer nur eine Momentaufnahme der Wirtschaftlichkeit von Investitions- und Verhaltensänderungsmöglichkeiten unter den gegebenen Annahmen und berücksichtigen keine Faktoren, die auf die konkrete Investitions- oder Verhaltentscheidung Einfluss nehmen. In diesem Sinne sind Interpretationen mit Vorsicht zu behandeln und Sensitivitäten der Annahmen sowie weitere Kombinationen von Klimaschutzmaßnahmen und auch weitere Beispielhaushalte zu verschiedenen Zeitpunkten zu berücksichtigen.

Die sozio-ökonomische Folgenabschätzung liefert durch die Verknüpfung von allgemeinen und spezifischen Analysen einen umfassenden Überblick über die möglichen Auswirkungen eines verstärkten Klimaschutzes aus verschiedenen Perspektiven. Die Effekte variieren jedoch stark zwischen den betrachteten Sektoren, Wirtschaftsbereichen, Technologien und Haushaltstypen. Besonders wichtig ist es, die Segmente zu identifizieren, die entweder erheblich profitieren oder mit signifikanten Belastungen rechnen müssen. Aufgrund des unterschiedlichen Detailgrades und methodischer Herangehensweisen ist eine vollständige Integration von spezifischen Analysen in stärker aggregierte Analysen (etwa der Einbezug von Fachkräfteengpässen oder Haushaltstypen in die Gesamtwirtschaftliche Analyse) nicht möglich. Gerade daher ist die Fragmentierung als Stärke der hier vorliegenden sozio-ökonomische Folgenabschätzung zu verstehen.

7 Quellenverzeichnis

50Hertz Transmission (2025). Unternehmensstruktur. <https://www.50hertz.com/de/Unternehmen/Struktur> [19.09.2025]

Amprion (2025). Anteilseigner. <https://www.amprion.net/Amprion/Finanzen/Anteilseigner/> [19.09.2025]

Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen (Hrsg.) (2022). Wohnungsbau: Die Zukunft des Bestandes: Studie zur aktuellen Bewertung des Wohngebäudebestands in Deutschland und seiner Potenziale, Modernisierungs- und Anpassungsfähigkeit (Bauforschungsbericht Nr. 82). <https://www.gdw.de/media/2022/02/studie-wohnungsbau-tag-2022-zukunft-des-bestandes.pdf> [30.09.2025]

Bettgenhäuser, K., Manteuffel, B. von, Offermann, M., Köhler, B., Bürger, V., Braungardt, S. & Klinski, S. (2024). Wärmepumpensysteme in Bestandsgebäuden (Climate Change 11/2024).
<https://doi.org/10.60810/openumwelt-2987>

Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.) (o. J.). KldB 2010 – Überarbeitete Fassung 2020.

<https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Grundlagen/Klassifikationen/Klassifikation-der-Berufe/KldB2010-Fassung2020/KldB2010-Fassung2020-Nav.html> [16.09.2025]

Bundesagentur für Arbeit. (2022). Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Arbeitsort nach Berufen KldB 2010 und Wirtschaftszweigen WZ 2008 sowie nach dem Anforderungsniveau: Statistik der Bundesagentur für Arbeit, Sonderauswertung mit Auftragsnummer 327653 (nicht öffentlich verfügbar).

Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.) (2024). Fachkräfteengpassanalyse 2024 – Deutschland und Länder: Ergebnisse Bund. <https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Footer/Top-Produkte/Fachkraeftengpassanalyse-Nav.html> [16.09.2025]

Bundesministerium für Verkehr (BMV) (2025). Deutschlandnetz - Über Uns.
<https://www.deutschlandnetz.de/ueber-uns> [19.09.2025]

DB InfraGO (2025). Struktur & Management. <https://www.dbinfrago.com/web/unternehmen/ueber-uns/struktur-management> [19.09.2025]

Deutsche Bahn (2025). Organisationsstruktur. <https://ibir.deutschebahn.com/2023/de/zusammengefasster-konzernlagebericht/der-db-konzern/organisationsstruktur/> [19.09.2025]

E.ON SE (2025). Fakten zum Verteilnetz. <https://www.eon.com/de/c/netrix/fakten-zum-verteilnetz.html> [19.09.2025]

EnBW Energie für Baden-Württemberg (2025). Aktie: Informationen zu unserem Aktienkurs, zur Dividende und zur Aktionärsstruktur. <https://www.enbw.com/investoren/aktie/> [19.09.2025]

Enseling, A., Lützkendorf, T. & Buchholz, M. (2023). Factsheets zu empfohlenen Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung: Dokumentationshilfen im Rahmen des Projektes „Methodenkonvention zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäudebereich“. https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/handlungslogiken/2023-03-29_EnselingLuetzkendorfBuchholz_Factsheets-MeKoWi-zum-Download.pdf [02.10.2025]

Expertenrat für Klimafragen (2025). Zweijahresgutachten 2024. https://expertenrat-klima.de/content/uploads/2025/03/ERK2025_Zweijahresgutachten-2024.pdf [19.09.2025]

Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (FDZ) (2018). Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2018 - Grundfile 3 (AAGSHB), SUF, Version 2.
<https://doi.org/10.21242/63211.2018.00.04.3.1.2>

Förster, H., Winger, C., Emele, L., Flachsbarth, F., Görz, W. K., Haller, M., Jörß, W., Koch, M., Ludig, S., Scheffler, M., Bei der Wieden, M., Kral, M., Lütz, L., Mandel, T., Yan, W., Emmerich, J., Schade, W., Streif, M.,

- Walther, C., . . . Albrecht, L. (2025). Treibhausgas-Projektionen 2025 für Deutschland. Daten- und Modelldokumentation. <https://projektionen2025-ea08d1.usercontent.opencode.de/> [23.04.2025]
- Förster, H., Repenning, J., Borkowski, K., Braungardt, S., Bürger, V., Cook, V., Emele, L., Görz, W. K., Haller, M., Hennenberg, K., Jörß, W., Kasten, P., Koch, M., Ludig, S., Mendelevitch, R., Moosmann, L., Nissen, C., Scheffler, M., Steinbach, I., . . . Vos, C. (2025). Treibhausgas-Projektionen 2025 für Deutschland (Projektionsbericht 2025). <https://doi.org/10.60810/openumwelt-7906>
- Förster, H., Repenning, J., Braungardt, S., Bürger, V., Görz, W. K., Harthan, R., Hermann, H., Jörß, W., Kasten, P., Ludig, S., Matthes, F. C., Mendelevitch, R., Scheffler, M., Bei der Wieden, M., Wiegmann, K., Blömer, R., Brugger, H., Eckstein, J., Fleiter, T., . . . Stepanyan, D. (2024). Instrumente für die Treibhausgas-Projektionen 2025. <https://doi.org/10.60810/openumwelt-7632>
- Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz), § 28s (2025). https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/_28s.html.
- H2 MOBILITY Deutschland (2025). Unternehmen. <https://h2-mobility.de/unternehmen/> [19.09.2025]
- Harthan, R. O., Förster, H., Borkowski, K., Braungardt, S., Bürger, V., Cook, V., Emele, L., Görz, W. K., Hennenberg, K., Jansen, L. L., Jörß, W., Kasten, P., Loreck, C., Ludig, S., Matthes, F. C., Mendelevitch, R., Moosmann, L., Nissen, C., Repenning, J., . . . Vos, C. (2024). Technischer Anhang der Treibhausgas-Projektionen 2024 für Deutschland (Projektionsbericht 2024). <https://doi.org/10.60810/openumwelt-7510>
- Hinz, E. (2015). Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Altbauten: Endbericht. Institut Wohnen und Umwelt (IWU). <https://www.iwu.de/forschung/handlungslogiken/kosten-energierelevanter-bau-und-anlagenteile-bei-modernisierung/> [16.02.2024]
- Kemmler, A., Kreidelmeyer, S., Limbers, J., Lübbbers, S. & Muralter, F. (2025). Rahmendaten für die Treibhausgas-Projektionen 2025. <https://doi.org/10.60810/openumwelt-7765>
- Kraftfahrt-Bundesamt (Hrsg.) (2025). Verkehr in Kilometern - Inländerfahrleistung (VK). https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk_inlaenderfahrleistung/2024/verkehr_in_kilometern_kurzbericht_pdf [11.09.2025]
- Kreidelmeyer, S. & Kemmler, A. (2025). Endverbrauchspreise der Energieträger für die Treibhausgas-Projektionen 2025: Methodik und Daten. <https://doi.org/10.60810/openumwelt-7811>
- Loga, T., Stein, B., Diefenbach, N. & Born, R. (2015). Deutsche Wohngebäudetypologie: Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebäudebestand/episcope/2015_IWU_LogaEtAl_Deutsche-Wohngeb%C3%A4udetypologie.pdf [15.03.2024]
- Offermann, M., Manteuffel, B. von & Bettgenhäuser, K. (2023). Lösungsoptionen für Wärmepumpen in Bestandsgebäuden: Ad-hoc-Papier im Rahmen des Forschungsprojektes FKZ 3720 41 510 0. <https://doi.org/10.60810/openumwelt-3212>
- Öko-Institut & Fraunhofer ISE (2022). Durchbruch für die Wärmepumpe: Praxisoptionen für eine effiziente Wärmewende im Gebäudebestand. Studie im Auftrag von Agora Energiewende. https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2022/2022-04_DE_Scaling_up_heat_pumps/A-EW_273_Waermepumpen_WEB.pdf [12.11.2025]
- Ortner, S., Paar, A., Johannsen, L., Wachter, P., Hering, D., Pehnt, M., Acker, Y., Köhler, B., Bürger, V., Braungardt, S., Keimeyer, F., Ott, B., Radgen, P., Kluge, C., Bartsch, A., Langreder, N. & Billerbeck, A. (2024). Leitfaden Wärmeplanung: Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche.

https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Leitf%C3%A4den_und_Brosch%C3%BCren/Leitfaden_Waermeplanung_Begleitdokument/Leitfaden_Waermeplanung_final_17.9.2024_geschuetzt.pdf [02.10.2025]

Ortner, S., Pehnt, M. & Ochse, S. (2022). Drittzugang bei Wärmenetzen (Climate Change 32/2022).
<https://doi.org/10.60810/openumwelt-2701>

Repenning, J., Schumacher, K., Bergmann, T., Blanck, R., Böttcher, H., Bürger, V., Cludius, J., Emele, L., Jörß, W., Hennenberg, K., Hermann, H., Loreck, C., Ludig, S., Matthes, F., Nissen, C., Scheffler, M., Wiegmann, K., Zell-Ziegler, C., Fleiter, T., . . . Wirz, A. (2019). Folgenabschätzung zu den ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Folgewirkungen der Sektorziele für 2030 des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung: Endbericht.
<https://www.oeko.de/fileadmin/oeekodoc/Folgenabschaetzung-Klimaschutzplan-2050-Endbericht.pdf>
[12.11.2025]

Schumacher, K., Appenfeller, D., Cludius, J., Bei der Wieden, M., Kasten, P., Kreye, K., Görz, W. K., Jansen, L. L., Loreck, C., Förster, H., Harthan, R., Sievers, L., Grimm, A., Stijepic, D., Rehfeldt, M., Deurer, J. & Steinbach, J. (2024). Sozio-ökonomische Folgenabschätzung zum Projektionsbericht 2023 (Climate Change 17/2024).
<https://doi.org/10.60810/openumwelt-2963>

Schumacher, K., Appenfeller, D., Cludius, J., Kreye, K., Sievers, L., Grimm, A., Stijepic, D., Bei der Wieden, M., Kasten, P., Görz, W. K., Jansen, L. L., Loreck, C., Förster, H., Harthan, R. O., Cook, V., Rehfeldt, M., Deurer, J. & Steinbach, J. (2024). Sozio-ökonomische Folgenabschätzung zum Projektionsbericht 2024.
<https://doi.org/10.60810/openumwelt-7703>

Sievers, L. (2020). Regionale Verteilungseffekte der Energiewende: Eine modellbasierte Analyse möglicher Effekte auf Wertschöpfung und Beschäftigung [Dissertation] Universität der Bundeswehr, München.
<https://publica.fraunhofer.de/bitstreams/1ef1d0f4-a061-4c48-85cc-7d7c2f8654be/download> [22.11.2023]

Sievers, L., Breitschopf, B., Pfaff, M. & Schaffer, A. (2019). Macroeconomic impact of the German energy transition and its distribution by sectors and regions. Ecological Economics (160), 191–204.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.02.017>

Sievers, L., Grimm, A., Siegle, J., Fahl, U., Kaiser, M., Pietzcker, R. & Rehfeldt, M. (2023). Gesamtwirtschaftliche Wirkung der Energiewende: Modellbasierte Analyse möglicher Transformationspfade hin zu Klimaneutralität Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK). Ariadne-Hintergrund. <https://doi.org/10.48485/pik.2023.009>

Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2024a). Statistischer Bericht - Input-Output-Rechnung - 2021 (Revision 2024, Stand: August 2024). <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/Publikationen/Downloads-Input-Output-Rechnung/statistischer-bericht-input-output-rechnung-2180200217005-rev-2024-august-2024.html> [16.09.2025]

Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2024b). Statistischer Bericht - Input-Output-Rechnung - 2022 (Revision 2024, Stand: August 2024). <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/Publikationen/Downloads-Input-Output-Rechnung/statistischer-bericht-input-output-rechnung-2180200227005-rev-2024-august-2024.html> [16.09.2025]

TenneT TSO (2025). Governance und Regulierung. <https://www.tennet.eu/de/ueber-uns/ueber-tennet/unsere-organisation/governance-und-regulierung> [19.09.2025]

TransnetBW (2023). Bund erwirbt von EnBW 24,95%-Anteil an TransnetBW Pressemitteilung.
<https://www.transnetbw.de/de/newsroom/pressemitteilungen/bund-erwirbt-von-enbw-24-95-anteil-an-transnetbw> [19.09.2025].

Umweltbundesamt (UBA) (2025). THG-Projektionen 2025 für Deutschland. Daten- und Modelldokumentation: TEMPS. <https://thg-projektionen2025-daten-modell-dokumentation-788cd5.usercontent.opencode.de/Modell/temps/> [24.09.2025]

Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz (Hrsg.) (2025). Luft-Wasser-Wärmepumpen: Eine Auswertung von 160 Angeboten aus Rheinland-Pfalz. https://www.verbraucherzentrale-rlp.de/sites/default/files/2025-06/250605_vz-rlp_auswertung_wp_angebote.pdf [30.09.2025]

Wietschel, M., Preuß, S., Kunze, R. & Keller, M. (2022). Laden von Elektrofahrzeugen in Deutschland mit Ökostromverträgen (Working Paper). <https://doi.org/10.24406/publica-fhg-416756>

Zika, G., Schneemann, C., Zenk, J., Kalinowski, M., Maier, T., Bernardt, F., Krinitz, J., Mönnig, A., Parton, F., Ulrich, P. & Wolter, M. I. (2023). Langfristprojektion des Fachkräftebedarfs in Deutschland, 2021–2040: Szenario „Fortschrittliche Arbeitswelt“ (Forschungsbericht Nr. 617).

<https://www.bmas.de/DE/Service/Publikationen/Forschungsberichte/fb-617-langfristprojektion-des-fachkraeftebedarfs.html> [22.11.2023]

Zika, G., Schneemann, C., Zenk, J., Kalinowski, M., Maier, T., Bernardt, F., Krinitz, J., Mönnig, A., Parton, Frederik, Ulrich, Philip & Wolter, M. I. (2022). Fachkräftemonitoring für das BMAS: Mittelfristprognose bis 2026 (Forschungsbericht Nr. 602). <https://www.bmas.de/DE/Service/Publikationen/Forschungsberichte/fb602-fachkraeftemonitoring-fuer-das-bmas.html> [22.11.2023]

A Anhang

A.1 Projizierte Entwicklung der Energiepreise

Abbildung 74 zeigt die Entwicklung ausgewählter Endverbraucherpreise für Energie. Die Preise sind als Index dargestellt mit einem Wert von 100 im Jahr 2023 und beinhalten Energiesteuern, aber keine CO₂-Kosten und keine Mehrwertsteuer. Die Entwicklung basiert auf den Annahmen zu den Rahmendaten für die Modellierung des Projektionsberichts (Kemmler et al., 2025; Kreidelmeyer & Kemmler, 2025). Der anfängliche Verlauf wird stark dominiert durch ein Abklingen der massiven Energiepreiserhöhungen infolge der Energiepreiskrise, die durch den Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine im Februar 2022 ausgelöst wurde.

Am stärksten betroffen von den kriseninduzierten Preissteigerungen waren die Erdgaspreise. Es ist zu erwarten, dass sich der Erdgaspreis bis 2030 wieder erholt hat, mit einem Niveau der Preisindizes von 51 (Industrie) bzw. 64 (Haushalte). Es wird angenommen, dass die Erdgaspreisindizes im Anschluss bis 2050 wieder auf 56 (Industrie) bzw. 83 (Haushalte) sinken werden.

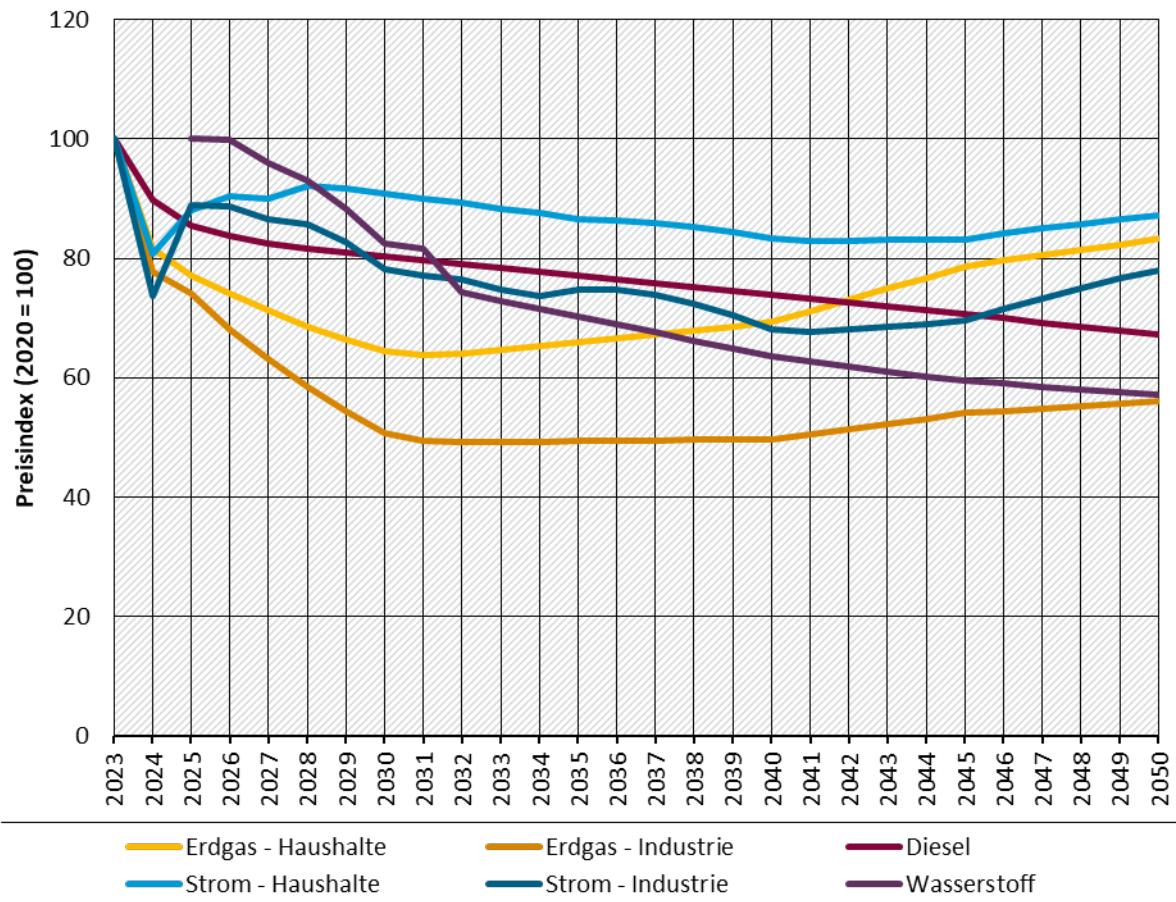
Der Preisindex für Diesel sinkt steil bis auf 84 und sinkt dann stetig weiter bis auf 67 im Jahr 2050. Der Dieselpreisindex liegt damit unterm Strompreisindex.

Bei den Strompreisen lassen sich langfristig unterschiedliche Verläufe für Haushalte und die Industrie beobachten. Während sich der Strompreisindex für Haushalte nach 2030 auf einem höheren Niveau von 83 bis 91 bewegt, bleibt der Strompreisindex für die Industrie unter 80 und sinkt um das Jahr 2040 zwischenzeitlich auf unter 70.

Der Wasserstoffpreis sinkt im Vergleich zum Jahr 2025 stetig bis auf einen Preisindex von 57. Der Wasserstoffpreis nimmt damit relativ über die Zeit den günstigsten Verlauf, bewegt sich absolut aber bis zuletzt auf einem sehr hohen Niveau.

Die Projektion der Energiepreise ist mit großen Unsicherheiten verbunden. Als Grundlage für die Rahmenannahmen wurden zum einen Preistrends von Terminkontrakten (Futures) und zum anderen die Preisentwicklungen der großen Mainstream-Projektionen berücksichtigt, die zum Teil große Unterschiede aufweisen. Zudem können kriseninduzierte Preisschocks die Entwicklungen massiv beeinflussen.

Abbildung 74: Projizierte Entwicklung der Endverbraucherpreise für Energie als Preisindex (2023 = 100)



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut

Anmerkungen: Die Daten basieren auf den Annahmen zu den Rahmendaten für die Modellierung der Projektionen 2025 (Kemmler et al., 2025; Kreidelmeyer & Kemmler, 2025); Preise beinhalten Energiesteuern, aber keine CO₂-Kosten und keine MwSt.; projizierte Preisentwicklungen für Strom und Erdgas gelten für mittelgroße Industriebetriebe (Stromverbrauch: 2.000 – 20.000 MWh, Erdgasverbrauch 10.000 – 100.000 GJ) bzw. mittelgroße Haushalte (Stromverbrauch: 2.5000 – 5.000 kWh, Erdgasverbrauch 20 – 200 GJ); projizierte Preisentwicklungen für Diesel gelten für Dieselkraftstoffe; projizierte Preisentwicklungen für Wasserstoff gelten für Wasserstoff als Kraftstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge ab Tankstelle (Daten erst ab 2025 berichtet).

A.2 Weitere Informationen und Analysen zu den Beispielhaushalten

A.2.1 Mobilität und Gebäude

Die in Abschnitt 5.4.2.1 illustrativ dargestellten Ergebnisse werden in diesem Anhang in den Tabelle 9 bis Tabelle 12 mit allen Details präsentiert. Für den Beispielhaushalt der vierköpfigen Familie in der Mietwohnung gibt es zudem im Folgenden eine Lesehilfe für die Tabellen.

Lesehilfe für Tabelle 9 Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes der Familie mit zwei Kindern, Miete, im Jahr 2025 und 2030

Die betrachtete vierköpfige Familie lebt in einer Kleinstadt in einer ungedämmten Mietwohnung mit Gasheizung. Für die Mobilität stehen zwei Fahrzeuge zur Verfügung: ein mittelgroßer

Benzin-Pkw sowie ein großer vielgenutzter Diesel-Pkw. Der jährliche Heizenergieverbrauch beträgt 18.269 kWh. Im Jahr 2025 ergeben sich daraus Heizkosten in Höhe von 2.254 Euro, wovon 186 Euro auf CO₂-Kosten entfallen. Die Ausgaben für Mobilität belaufen sich im selben Jahr auf 6.523 Euro. Bei einer Fahrleistung von 6.000 km für den Benziner betragen die Kraftstoffkosten 732 Euro, beim Diesel-Pkw mit einer jährlichen Fahrleistung von 15.000 km sind es 1.725 Euro – darin enthalten sind CO₂-Kosten in Höhe von 238 Euro. Zusätzlich fallen fahrleistungsunabhängige Fixkosten (z. B. Kfz-Steuer, Versicherung) sowie fahrleistungsabhängige variable Kosten (z. B. Wartung, Reifenverschleiß) in Höhe von 3.828 Euro an.

Insgesamt ergeben sich somit im Jahr 2025 jährliche Gesamtkosten für Wärme und Mobilität in Höhe von 8.539 Euro. Bezogen auf ein mittleres verfügbares Haushaltseinkommen von 75.000 Euro entspricht dies einem Anteil von 11,4 %, bei einem geringeren Einkommen von 50.000 Euro liegt der Anteil bei 17,1 %.

Unter der Annahme eines unveränderten energetischen Zustands des Gebäudes sowie fortbestehender Nutzung der fossilen Heiztechnik sinken die Heizkosten im Jahr 2030 (Szenario 1) infolge sinkender Gaspreise (gemäß Rahmendatenprojektion nach Kreidelmeyer und Kemmler 2025) auf 2.144 Euro, obwohl die CO₂-Kosten auf 375 Euro ansteigen. Werden die verbrennungsmotorischen Pkw auch im Jahr 2030 weiterhin so genutzt wie gehabt, bleiben die Mobilitätskosten nahezu konstant, auch wenn die CO₂-Kosten auf 534 Euro steigen. Insgesamt betragen die jährlichen Aufwendungen für Heizen und Mobilität in diesem Szenario 9.001 Euro, was 11,1 % des mittleren Einkommens im Jahr 2030 (80.796 Euro) bzw. 16,7 % eines geringeren Einkommens (53.864 Euro) entspricht.

Im zweiten Szenario erfolgt im Jahr 2030 die Umstellung auf eine Luft-Wärmepumpe (Luft-WP) und im Rahmen einer Sanierung wird das Gebäude niedertemperaturfähig gemacht. Die damit verbundenen Investitionskosten werden abzüglich Förderung mit einer jährlichen Modernisierungsumlage von 6 % auf die Bruttokaltmiete übertragen. Daraus ergeben sich zusätzliche Mietkosten in Höhe von 869 Euro jährlich. Der Heizenergiebedarf sinkt durch die Effizienz der Wärmepumpe auf 6.211 kWh pro Jahr. Die daraus resultierenden Stromkosten für die Wärmeerzeugung betragen 1.558 Euro. Die Kosten für Erdgas und damit verbundenen CO₂-Ausstoß fallen vollständig weg. Zusätzlich schafft die Familie ein Elektro-Auto anstelle ihres Diesels an. Durch die höheren Anschaffungspreise des Elektro-Autos entstehen annuisierte Mehrinvestitionskosten von 1.370 Euro jedoch entfallen die Kosten für Diesel in Höhe von 2.161 Euro und es kommen Stromkosten von 1.121 hinzu. Da das Elektro-Auto im Unterhalt ebenfalls günstiger ist sinken die Fixkosten sowie die variablen Kosten um knapp 350 Euro. Die übrigen Mobilitätskosten des anderen Pkw bleiben gegenüber dem vorherigen Szenario unverändert. Insgesamt belaufen sich die Gesamtkosten für Wärme und Mobilität somit auf 9.257 Euro pro Jahr, was 11,5 % des mittleren bzw. 17,2 % des geringeren Einkommens entspricht. Damit liegen die Aufwendungen über dem Niveau des Ausgangsjahres 2025 als auch über denen des 2030er-Szenarios ohne Anpassung.

Im dritten Szenario erfolgt im Jahr 2030 eine Vollsaniierung auf den Effizienzhaus 70 (EH 70) Standard inklusiven Einbaus einer Wärmepumpe. Die daraus resultierenden Investitionskosten werden – nach Abzug der Fördermittel – über eine jährliche Modernisierungsumlage in Höhe von 6 % auf die Bruttokaltmiete umgelegt. Dies führt zu einem jährlichen Anstieg der Mietkosten um 1.366 Euro. Der Heizenergiebedarf sinkt durch die Effizienz der Wärmepumpe und der besseren Wärmeisolierung auf 2.584 kWh pro Jahr. Dadurch entstehen nur noch rund 648 Euro Stromkosten für die Beheizung des Hauses. Auch in diesem Szenario entfallen die Kosten für Gas und CO₂ vollständig. Auch hier schafft die Familie ihren alten Diesel-Pkw ab und kauft sich ein Elektro-Auto. Zusätzlich verändert sich das Mobilitätsverhalten aber auch systematisch, sodass

der zweite Pkw, der Benzin-Pkw, ersatzlos abgeschafft wird und das neue Elektro-Auto nur noch 12.000 Kilometer pro Jahr gefahren wird. Damit die Familie ihrem Mobilitätsbedürfnis auch weiterhin nachkommen kann, kaufen alle vier Familienmitglieder ein Deutschlandticket, sodass jährliche Kosten in Höhe von 2.570 Euro entstehen. Gleichzeitig sinken jedoch die Fixkosten als auch die Energie und variablen Kosten der Pkw-Nutzung durch den Wegfall des Zweitwagens als auch durch den Umstieg auf das Elektroauto. Die Gesamtkosten für Mobilität betragen nun nur noch 6.797 Euro anstelle von 7.391 Euro, wie im Fall des Szenarios ohne Anpassungsreaktionen.

Insgesamt betragen die jährlichen Gesamtkosten für Wärme und Mobilität 8.811 Euro, was 10,9 % des mittleren und 16,4 % des geringeren Haushaltseinkommens entspricht. Damit liegen die Ausgaben absolut zwar über dem Niveau des Ausgangsjahres 2025, aber unter den Aufwendungen im 2030er-Szenario ohne Anpassungsmaßnahmen. Bezogen auf das Haushaltseinkommen befinden sich die Ausgaben für Wärme und Mobilität in diesem Szenario ebenfalls unterhalb der Ausgaben im Status quo.

Tabelle 9: Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes der Familie mit zwei Kindern, Miete, im Jahr 2025 und 2030

		Familie mit 2 Kindern Kleinstadt, 2 Autos, Miete			
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	
Jahr	2025	2030	2030	2030	
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung	mit Anpassung	mit Anpassung	
Wohnfläche (qm)	90	90	90	90	
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	NT-ready	EH 70	
Heizsystem	Gasheizung	Gasheizung	WP	WP	
Heizenergieverbrauch (kWh pro Jahr)	18.269	18.269	6.211	2.584	
Pkw	Benziner / Diesel	Benziner / Diesel	Benziner / E-Auto	- / E-Auto	
Fahrleistung (km pro Jahr)	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	- / 12.000	
Heizenergiokosten in Euro_{real2023}					
Gas	2.254	2.144	0	0	
Öl	0	0	0	0	
davon CO ₂ -Kosten	186	375	0	0	
Strom	0	0	1.558	648	
Mobilitätskosten in Euro_{real2023}					
Benzin	732	868	868	0	
Diesel	1.725	2.161	0	0	
davon CO ₂ -Kosten	186	375	103	0	
Strom	0	0	1.121	897	

Familie mit 2 Kindern Kleinstadt, 2 Autos, Miete					
Sonstige Pkw-Kosten (z. B. Wartung und Versicherung)	3.828	3.828	3.472		1.960
ÖV	0	0	0		2.570
Investitionskosten in Euro_{real2023}					
Annuierte energiebedingte Mehrinvestitionen Sanierung und Heizungstausch (inkl. Förderung)	0	0	0		0
Modernisierungsumlage	0	0	869		1.366
Annuierte Mehrinvestition gegenüber vorherigem Pkw	0	0	1.370		1.370
Gesamtkosten in Euro_{real2023}	8.539	9.001	9.257		8.811
Nettoeinkommen mittelhoch	75.000	80.796	80.796		80.796
in % Nettoeinkommen	11,4 %	11,1 %	11,5 %		10,9 %
Nettoeinkommen gering	50.000	53.864	53.864		53.864
in % Nettoeinkommen	17,1 %	16,7 %	17,2 %		16,4 %

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung, Öko-Institut

Anmerkung: Alle Angaben in Euro sind Bruttowerte (inkl. Mehrwertsteuer) mit Ausnahme der Zeile „davon CO₂-Kosten“, die zur Information netto angegeben werden, da die Mehrwertsteuer später aufgeschlagen wird.

Tabelle 10: Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes der Familie mit zwei Kindern, Eigentum, im Jahr 2025 und 2030

Familie mit 2 Kindern Land, 2 Autos, Eigentum					
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	
Jahr	2025	2030	2030	2030	
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung	mit Anpassung	mit Anpassung	
Wohnfläche (qm)	110	110	110	110	
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	NT-ready	EH 70	
Heizsystem	Ölheizung	Ölheizung	WP	WP	
Heizenergieverbrauch (kWh pro Jahr)	26.313	26.313	8.284	3.026	

		Familie mit 2 Kindern Land, 2 Autos, Eigentum			
Pkw	Benziner / Diesel	Benziner / Diesel	E-Auto / Diesel	Benziner / E-Auto	
Fahrleistung (km pro Jahr)	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	
Heizenergiekosten in Euro_{real2023}					
Gas	0	0	0	0	
Öl	2.518	2.855	0	0	
davon CO ₂ -Kosten	268	716	0	0	
Strom	0	0	2.078	759	
Mobilitätskosten in Euro_{real2023}					
Benzin	732	868	0	868	
Diesel	1.725	2.161	2.161	-	
davon CO ₂ -Kosten	184	413	310	103	
Strom	0	0	379	1.121	
Sonstige Pkw-Kosten (z. B. Wartung und Versicherung)	3.828	3.828	3.711	3.472	
ÖV	0	0	0	0	
Investitionskosten in Euro_{real2023}					
Annuierte energiebedingte Mehrinvestitionen Sanierung und Heizungstausch (inkl. Förderung)	0	0	2.371	2.331	
Annuierte energiebedingte Mehrinvestitionen Sanierung und Heizungstausch (inkl. EK-Bonus in der Förderung)	0	0	2.003	2.022	
Annuierte Mehrinvestition gegenüber vorherigem Pkw	0	0	1.047	1.370	
Gesamtkosten in Euro_{real2023}	8.803	9.712	11.745	9.921	
Nettoeinkommen mittelhoch	75.000	80.796	80.796	80.796	

		Familie mit 2 Kindern Land, 2 Autos, Eigentum			
in %		11,7 %	12,0 %	14,5 %	12,3 %
Nettoeinkommen					
Gesamtkosten unter Berücksichtigung der höheren Förderung bei niedrigem Einkommen in Euroreal2023		8.803	9.712	11.378	9.611
Nettoeinkommen gering		50.000	53.864	53.864	53.864
in %		17,6 %	18,0 %	21,1 %	17,8 %
Nettoeinkommen					

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung, Öko-Institut

Anmerkung: Alle Angaben in Euro sind Bruttowerte (inkl. Mehrwertsteuer) mit Ausnahme der Zeile „davon CO₂-Kosten“, die zur Information netto angegeben werden, da die Mehrwertsteuer später aufgeschlagen wird.

Tabelle 11: Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes der Rentnerin, Eigentum, im Jahr 2025 und 2030

		Rentner*in Stadtrand, ein Auto, Eigentum			
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	
Jahr	2025	2030	2030	2030	
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung	mit Anpassung	mit Anpassung	
Wohnfläche (qm)	80	80	80	80	
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	NT-ready	EH 70	
Heizsystem	Öheizung	Öheizung	WP	WP	
Heizenergieverbrauch (kWh pro Jahr)	19.102	19.102	6.014	2.196	
Pkw	Benziner	Benziner	BEV	kein Auto	
Fahrleistung (km pro Jahr)	5.000	5.000	5.000	0	
Heizenergiekosten in Euroreal2023					
Gas	0	0	0	0	
Öl	1.828	2.073	0	0	
davon CO ₂ -Kosten	195	519	0	0	
Strom	0	0	1.508	551	
Mobilitätskosten in Euroreal2023					
Benzin	610	755	0	0	

Rentner*in Stadtrand, ein Auto, Eigentum				
Diesel	0	0	0	0
davon CO ₂ -Kosten	38	89	0	0
Strom	0	0	374	0
Sonstige Pkw-Kosten (z. B. Wartung und Versicherung)	1.169	1.169	1.057	0
ÖV	0	0	0	643
Investitionskosten in Euro_{real2023}				
Annuierte energiebedingte Mehrinvestitionen Sanierung und Heizungstausch (inkl. EK-Bonus in der Förderung)	0	0	1.454	1.468
Annuierte Mehrinvestition gegenüber vorherigem Pkw	0	0	1.047	0
Gesamtkosten in Euro_{real2023}	3.607	3.997	5.439	2.661
Nettoeinkommen mittelhoch	30.000	32.319	32.319	32.319
in % Nettoeinkommen	12,0 %	12,4 %	16,8 %	8,2 %
Nettoeinkommen gering	20.000	21.546	21.546	21.546
in % Nettoeinkommen	18,0 %	18,6 %	25,2 %	12,4 %

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung, Öko-Institut

Anmerkung: Alle Angaben in Euro sind Bruttowerte (inkl. Mehrwertsteuer) mit Ausnahme der Zeile „davon CO₂-Kosten“, die zur Information netto angegeben werden, da die Mehrwertsteuer später aufgeschlagen wird.

Tabelle 12: Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes des Singles, Mieter, im Jahr 2025 und 2030

Single in der Stadt, 1 Auto, Miete				
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Jahr	2025	2030	2030	2030
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung	mit Anpassung	mit Anpassung
Wohnfläche (qm)	75	75	75	75

Single in der Stadt, 1 Auto, Miete				
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	NT-ready	EH 70
Heizsystem	Gasheizung	Gasheizung	WP	WP
Heizenergieverbrauch (kWh pro Jahr)	15.224	15.224	5.176	2.153
Pkw	Benziner	Benziner	BEV	Benziner
Fahrleistung (km pro Jahr)	12.500	12.500	12.500	7.500
Heizenergiekosten in Euro_{real2023}				
Gas	1.879	1.787	0	0
Öl	0	0	0	0
davon CO ₂ -Kosten	155	312	0	0
Strom	0	0	1.298	540
Mobilitätskosten in Euro_{real2023}				
Benzin	1.526	1.808	0	1.085
Diesel	0	0	0	0
davon CO ₂ -Kosten	95	224	0	129
Strom	0	0	934	0
Sonstige Pkw-Kosten (z. B. Wartung und Versicherung)	1.755	1.755	1.600	1.364
ÖV	0	0	0	643
Investitionskosten in Euro_{real2023}				
Annuierte energiebedingte Mehrinvestitionen Sanierung und Heizungstausch (inkl. Förderung)	0	0	0	0
Modernisierungsumlage	0	0	724	1.138
Annuierte Mehrinvestition gegenüber vorherigem Pkw	0	0	1.047	0
Gesamtkosten in Euro_{real2023}	5.159	5.350	5.603	4.770
Nettoeinkommen mittelhoch	50.000	53.864	53.864	53.864

	Single in der Stadt, 1 Auto, Miete			
in % Nettoeinkommen	10,3 %	9,9 %	10,4 %	8,9 %
Nettoeinkommen gering	20.000	21.546	21.546	21.546
in % Nettoeinkommen	25,8 %	24,8 %	26,0 %	22,1 %

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung, Öko-Institut

Anmerkung: Alle Angaben in Euro sind Bruttowerte (inkl. Mehrwertsteuer) mit Ausnahme der Zeile „davon CO₂-Kosten“, die zur Information netto angegeben werden, da die Mehrwertsteuer später aufgeschlagen wird.

A.2.2 Gebäude und Mobilität, Investitionszeitpunkt verschoben auf das Jahr 2030 für Mobilität

Tabelle 13: Jährliche Kosten, Einsparung und Belastung der Beispielhaushalte im Jahr 2025 und 2030 – Investitionszeitpunkt Auto 2030 Teil 1

	Familie mit 2 Kindern Kleinstadt, 2 Autos, Miete			
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Jahr	2025	2030	2030	2030
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung	mit Anpassung	mit Anpassung
Wohnfläche (qm)	90	90	90	90
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	NT-ready	EH 70
Heizsystem	Gasheizung	Gasheizung	WP	WP
Heizenergieverbrauch (kWh pro Jahr)	18.269	18.269	6.211	2.584
Pkw	Benziner / Diesel	Benziner / Diesel	Benziner / E-Auto	- / E-Auto
Fahrleistung (km pro Jahr)	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	- / 12.000
Heizenergiokosten in Euro_{real2023}				
Gas	2.254	2.144	0	0
Öl	0	0	0	0
davon CO ₂ -Kosten	186	375	0	0
Strom	0	0	1.558	648
Mobilitätskosten in Euro_{real2023}				
Benzin	732	868	868	0
Diesel	1.725	2.161	0	0
davon CO ₂ -Kosten	184	413	103	0
Strom	0	0	1.121	897

Familie mit 2 Kindern Kleinstadt, 2 Autos, Miete					
Sonstige Pkw-Kosten (z. B. Wartung und Versicherung)	3.828	3.828	3.472		1.960
ÖV	0	0	0		2.570
Investitionskosten in Euro_{real2023}					
Annuierte energiebedingte Mehrinvestitionen Sanierung und Heizungstausch (inkl. Förderung)	0	0	0		0
Modernisierungsumlage	0	0	869		1.366
Annuierte Mehrinvestition gegenüber vorherigem Pkw	0	0	638		638
Gesamtkosten in Euro_{real2023}	8.539	9.001	8.525		8.079
Nettoeinkommen mittehoch	75.000	80.796	80.796		80.796
in % Nettoeinkommen	11,4 %	11,1 %	10,6 %		10,0 %
Nettoeinkommen gering	50.000	53.864	53.864		53.864
in % Nettoeinkommen	17,1 %	16,7 %	15,8 %		15,0 %

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung, Öko-Institut

Anmerkung: Alle Angaben in Euro sind Bruttowerte (inkl. Mehrwertsteuer) mit Ausnahme der Zeile „davon CO₂-Kosten“, die zur Information netto angegeben werden, da die Mehrwertsteuer später aufgeschlagen wird.

Tabelle 14: Jährliche Kosten, Einsparung und Belastung der Beispielhaushalte im Jahr 2025 und 2030 – Investitionszeitpunkt Auto 2030 Teil 2

Familie mit 2 Kindern Land, 2 Autos, Eigentum					
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	
Jahr	2025	2030	2030	2030	
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung	mit Anpassung	mit Anpassung	
Wohnfläche (qm)	110	110	110	110	
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	NT-ready	EH 70	
Heizsystem	Ölheizung	Ölheizung	WP	WP	
Heizenergieverbrauch (kWh pro Jahr)	26.313	26.313	8.284	3.026	

		Familie mit 2 Kindern Land, 2 Autos, Eigentum			
Pkw	Benziner / Diesel	Benziner / Diesel	E-Auto / Diesel	Benziner / E-Auto	
Fahrleistung (km pro Jahr)	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	
Heizenergiekosten in Euro_{real2023}					
Gas	0	0	0	0	
Öl	2.518	2.855	0	0	
davon CO ₂ -Kosten	0	0	2.078	759	
Strom	268	716	0	0	
Mobilitätskosten in Euro_{real2023}					
Benzin	732	868	0	868	
Diesel	1.725	2.161	2.161	-	
davon CO ₂ -Kosten	184	413	310	103	
Strom	0	0	379	1.121	
Sonstige Pkw-Kosten (z. B. Wartung und Versicherung)	3.828	3.828	3.711	3.472	
ÖV	0	0	0	0	
Investitionskosten in Euro_{real2023}					
Annuierte energiebedingte Mehrinvestitionen Sanierung und Heizungstausch (inkl. Förderung)	0	0	2.371	2.331	
Annuierte Investitionskosten Sanierung und Heizungstausch (inkl. EK-Bonus in der Förderung)	0	0	2.003	2.022	
Annuierte Mehrinvestition gegenüber vorherigem Pkw	0	0	556	638	
Gesamtkosten in Euro_{real2023}	8.803	9.712	11.255	9.189	
Nettoeinkommen mittelhoch	75.000	80.796	80.796	80.796	

	Familie mit 2 Kindern Land, 2 Autos, Eigentum			
in % Nettoeinkommen	11,7 %	12,0 %	13,9 %	11,4 %
Gesamtkosten unter Berücksichtigung der höheren Förderung bei niedrigem Einkommen in Euroreal2023	8.803	9.712	10.887	8.879
Nettoeinkommen gering	50.000	53.864	53.864	53.864
in % Nettoeinkommen	17,6 %	18,0 %	20,2 %	16,5 %

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung, Öko-Institut

Anmerkung: Alle Angaben in Euro sind Bruttowerte (inkl. Mehrwertsteuer) mit Ausnahme der Zeile „davon CO₂-Kosten“, die zur Information netto angegeben werden, da die Mehrwertsteuer später aufgeschlagen wird.

Tabelle 15: Jährliche Kosten, Einsparung und Belastung der Beispielhaushalte im Jahr 2025 und 2030 – Investitionszeitpunkt Auto 2030 Teil 3

	Rentner*in Stadtrand, ein Auto, Eigentum			
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Jahr	2025	2030	2030	2030
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung	mit Anpassung	mit Anpassung
Wohnfläche (qm)	80	80	80	80
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	NT-ready	EH 70
Heizsystem	Öheizung	Öheizung	WP	WP
Heizenergieverbrauch (kWh pro Jahr)	19.102	19.102	6.014	2.196
Pkw	Benziner	Benziner	BEV	kein Auto
Fahrleistung (km pro Jahr)	5.000	5.000	5.000	0
Heizenergiekosten in Euroreal2023				
Gas	0	0	0	0
Öl	1.828	2.073	0	0
davon CO ₂ -Kosten	195	519	0	0
Strom	0	0	1.508	551
Mobilitätskosten in Euroreal2023				
Benzin	610	755	0	0

		Rentner*in Stadtrand, ein Auto, Eigentum			
Diesel	0	0	0	0	0
davon CO ₂ -Kosten	38	89	0	0	0
Strom	0	0	374	0	0
Sonstige Pkw-Kosten (z. B. Wartung und Versicherung)	1.169	1.169	1.057	0	0
ÖV	0	0	0	0	643
Investitionskosten in Euro_{real2023}					
Annuierte energiebedingte Mehrinvestitionen Sanierung und Heizungstausch (inkl. EK-Bonus in der Förderung)	0	0	1.454	1.468	
Annuierte Mehrinvestition gegenüber vorherigem Pkw	0	0	556	0	
Gesamtkosten in Euro_{real2023}	3.607	3.997	4.949	2.661	
Nettoeinkommen mittelhoch	30.000	32.319	32.319	32.319	
in % Nettoeinkommen	12,0 %	12,4 %	15,3 %	8,2 %	
Nettoeinkommen gering	20.000	21.546	21.546	21.546	
in % Nettoeinkommen	18,0 %	18,6 %	23,0 %	12,4 %	

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung, Öko-Institut

Anmerkung: Alle Angaben in Euro sind Bruttowerte (inkl. Mehrwertsteuer) mit Ausnahme der Zeile „davon CO₂-Kosten“, die zur Information netto angegeben werden, da die Mehrwertsteuer später aufgeschlagen wird.

Tabelle 16: Jährliche Kosten, Einsparung und Belastung der Beispielhaushalte im Jahr 2025 und 2030 – Investitionszeitpunkt Auto 2030 Teil 4

		Single in der Stadt, 1 Auto, Miete			
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	
Jahr	2025	2030	2030	2030	
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung	mit Anpassung	mit Anpassung	
Wohnfläche (qm)	75	75	75	75	75

Single in der Stadt, 1 Auto, Miete				
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	NT-ready	EH 70
Heizsystem	Gasheizung	Gasheizung	WP	WP
Heizenergieverbrauch (kWh pro Jahr)	15.224	15.224	5.176	2.153
Pkw	Benziner	Benziner	BEV	Benziner
Fahrleistung (km pro Jahr)	12.500	12.500	12.500	7.500
Heizenergiekosten in Euro_{real2023}				
Gas	1.879	1.787	0	0
Öl	0	0	0	0
davon CO ₂ -Kosten	155	312	0	0
Strom	0	0	1.298	540
Mobilitätskosten in Euro_{real2023}				
Benzin	1.526	1.808	0	1.085
Diesel	0	0	0	0
davon CO ₂ -Kosten	95	224	0	129
Strom	0	0	934	0
Sonstige Pkw-Kosten (z. B. Wartung und Versicherung)	1.755	1.755	1.600	1.364
ÖV	0	0	0	643
Investitionskosten in Euro_{real2023}				
Annuierte energiebedingte Mehrinvestitionen Sanierung und Heizungstausch (inkl. Förderung)	0	0	0	0
Modernisierungsumlage	0	0	724	1.138
Annuierte Mehrinvestition gegenüber vorherigem Pkw	0	0	556	0
Gesamtkosten in Euro_{real2023}	5.159	5.350	5.113	4.770
Nettoeinkommen mittelhoch	50.000	53.864	53.864	53.864

	Single in der Stadt, 1 Auto, Miete			
in % Nettoeinkommen	10,3 %	9,9 %	9,5 %	8,9 %
Nettoeinkommen gering	20.000	21.546	21.546	21.546
in % Nettoeinkommen	25,8 %	24,8 %	23,7 %	22,1 %

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung, Öko-Institut

Anmerkung: Alle Angaben in Euro sind Bruttowerte (inkl. Mehrwertsteuer) mit Ausnahme der Zeile „davon CO₂-Kosten“, die zur Information netto angegeben werden, da die Mehrwertsteuer später aufgeschlagen wird.

A.2.3 Mobilität

Tabelle 17: Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes der Familie mit zwei Kindern, Miete, im Jahr 2025 und 2030 – nur Mobilitätsmaßnahmen

	Familie mit 2 Kindern Kleinstadt, 2 Autos, Miete			
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Jahr	2025	2030	2030	2030
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung	mit Anpassung	mit Anpassung
Wohnfläche (qm)	90	90	90	90
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	ungedämmt	ungedämmt
Heizsystem	Gasheizung	Gasheizung	Gasheizung	Gasheizung
Heizenergieverbrauch (kWh pro Jahr)	18.269	18.269	18.269	18.269
Pkw	Benziner / Diesel	Benziner / Diesel	Benziner / E-Auto	- / E-Auto
Fahrleistung (km pro Jahr)	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	- / 12.000
Heizenergiekosten in Euro_{real2023}				
Gas	2.254	2.144	2.144	2.144
Öl	0	0	0	0
davon CO ₂ -Kosten	186	375	375	375
Strom	0	0	0	0
Mobilitätskosten in Euro_{real2023}				
Benzin	732	868	868	0
Diesel	1.725	2.161	0	0
davon CO ₂ -Kosten	184	413	103	0
Strom	0	0	1.121	897

Familie mit 2 Kindern Kleinstadt, 2 Autos, Miete					
Sonstige Pkw-Kosten (z. B. Wartung und Versicherung)	3.828	3.828	3.472		1.960
ÖV	0	0	0		2.570
Investitionskosten in Euro_{real2023}					
Annuierte energiebedingte Mehrinvestitionen Sanierung und Heizungstausch (inkl. Förderung)	0	0	0		0
Modernisierungsumlage	0	0	0		0
Annuierte Mehrinvestition gegenüber vorherigem Pkw	0	0	1.370		1.370
Gesamtkosten in Euro_{real2023}	8.539	9.001	8.975		8.941
Nettoeinkommen mittelhoch	75.000	80.796	80.796		80.796
in % Nettoeinkommen	11,4 %	11,1 %	11,1 %		11,1 %
Nettoeinkommen gering	50.000	53.864	53.864		53.864
in % Nettoeinkommen	17,1 %	16,7 %	16,7 %		16,6 %

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung, Öko-Institut

Anmerkung: Alle Angaben in Euro sind Bruttowerte (inkl. Mehrwertsteuer) mit Ausnahme der Zeile „davon CO₂-Kosten“, die zur Information netto angegeben werden, da die Mehrwertsteuer später aufgeschlagen wird.

Tabelle 18: Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes der Familie mit zwei Kindern, Eigentum, im Jahr 2025 und 2030 - nur Mobilitätsmaßnahmen

Familie mit 2 Kindern Land, 2 Autos, Eigentum					
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	
Jahr	2025	2030	2030	2030	
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung	mit Anpassung	mit Anpassung	
Wohnfläche (qm)	110	110	110	110	
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	ungedämmt	ungedämmt	
Heizsystem	Ölheizung	Ölheizung	Ölheizung	Ölheizung	

		Familie mit 2 Kindern Land, 2 Autos, Eigentum			
Heizenergieverbrauch (kWh pro Jahr)		26.313	26.313	26.313	26.313
Pkw		Benziner / Diesel	Benziner / Diesel	E-Auto / Diesel	Benziner / E-Auto
Fahrleistung (km pro Jahr)		6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000
Heizenergiekosten in Euro_{real2023}					
Gas		0	0	0	0
Öl		2.518	2.855	2.855	2.855
davon CO ₂ -Kosten		268	716	716	716
Strom		0	0	0	0
Mobilitätskosten in Euro_{real2023}					
Benzin		732	868	0	868
Diesel		1.725	2.161	2.161	-
davon CO ₂ -Kosten		184	413	310	103
Strom		0	0	379	1.121
Sonstige Pkw-Kosten (z. B. Wartung und Versicherung)		3.828	3.828	3.711	3.472
ÖV		0	0	0	0
Investitionskosten in Euro_{real2023}					
Annuierte energiebedingte Mehrinvestitionen Sanierung und Heizungstausch (inkl. Förderung)		0	0	0	0
Modernisierungsumlage		0	0	0	0
Annuierte Mehrinvestition gegenüber vorherigem Pkw		0	0	1.047	1.370
Gesamtkosten in Euro_{real2023}		8.803	9.712	10.153	9.686
Nettoeinkommen mittelhoch		75.000	80.796	80.796	80.796
in % Nettoeinkommen		11,7 %	12,0 %	12,6 %	12,0 %
Nettoeinkommen gering		50.000	53.864	53.864	53.864

	Familie mit 2 Kindern Land, 2 Autos, Eigentum			
in % Nettoeinkommen	17,6 %	18,0 %	18,8 %	18,0 %

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung, Öko-Institut

Anmerkung: Alle Angaben in Euro sind Bruttowerte (inkl. Mehrwertsteuer) mit Ausnahme der Zeile „davon CO₂-Kosten“, die zur Information netto angegeben werden, da die Mehrwertsteuer später aufgeschlagen wird.

Tabelle 19: Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes der Rentnerin, Eigentum, im Jahr 2025 und 2030 – nur Mobilitätsmaßnahmen

	Rentnerin Stadtrand, ein Auto, Eigentum			
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Jahr	2025	2030	2030	2030
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung	mit Anpassung	mit Anpassung
Wohnfläche (qm)	80	80	80	80
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	ungedämmt	ungedämmt
Heizsystem	Öheizung	Öheizung	Ölheizung	Ölheizung
Heizenergieverbrauch (kWh pro Jahr)	19.102	19.102	19.102	19.102
Pkw	Benziner	Benziner	BEV	kein Auto
Fahrleistung (km pro Jahr)	5.000	5.000	5.000	0
Heizenergiekosten in Euro_{real2023}				
Gas	0	0	0	0
Öl	1.828	2.073	2.073	2.164
davon CO ₂ -Kosten	195	519	519	519
Strom	0	0	0	0
Mobilitätskosten in Euro_{real2023}				
Benzin	610	755	0	0
Diesel	0	0	0	0
davon CO ₂ -Kosten	38	89	0	0
Strom	0	0	374	0
Sonstige Pkw-Kosten (z. B. Wartung und Versicherung)	1.169	1.169	1.057	0
ÖV	0	0	0	643
Investitionskosten in Euro_{real2023}				

	Rentnerin Stadtrand, ein Auto, Eigentum			
Annuierte energiebedingte Mehrinvestitionen Sanierung und Heizungstausch (inkl. Förderung)	0	0	0	0
Modernisierungsumlage	0	0	0	0
Annuierte Mehrinvestition gegenüber vorherigem Pkw	0	0	1.047	0
Gesamtkosten in Euro_{real2023}	3.607	3.997	4.550	2.807
Nettoeinkommen mittelhoch	30.000	32.319	32.319	32.319
in % Nettoeinkommen	12,0 %	12,4 %	14,1 %	8,7 %
Nettoeinkommen gering	20.000	21.546	21.546	21.546
in % Nettoeinkommen	18,0 %	18,6 %	21,1 %	13,0 %

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung, Öko-Institut

Anmerkung: Alle Angaben in Euro sind Bruttowerte (inkl. Mehrwertsteuer) mit Ausnahme der Zeile „davon CO₂-Kosten“, die zur Information netto angegeben werden, da die Mehrwertsteuer später aufgeschlagen wird.

**Tabelle 20: Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes des Singles, Mieter, im Jahr 2025 und 2030 – nur
Mobilitätsmaßnahmen**

	Single in der Stadt, 1 Auto, Miete			
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Jahr	2025	2030	2030	2030
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung	mit Anpassung	mit Anpassung
Wohnfläche (qm)	75	75	75	75
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	ungedämmt	ungedämmt
Heizsystem	Gasheizung	Gasheizung	Gasheizung	Gasheizung
Heizenergieverbrauch (kWh pro Jahr)	15.224	15.224	15.224	15.224
Pkw	Benziner	Benziner	BEV	Benziner
Fahrleistung (km pro Jahr)	12.500	12.500	12.500	7.500
Heizenergiekosten in Euro_{real2023}				

	Single in der Stadt, 1 Auto, Miete			
Gas	1.879	1.787	1.787	1.787
Öl	0	0	0	0
davon CO ₂ -Kosten	155	312	312	312
Strom	0	0	0	0
Mobilitätskosten in Euro _{real2023}				
Benzin	1.526	1.808	0	1.085
Diesel	0	0	0	0
davon CO ₂ -Kosten	95	224	0	129
Strom	0	0	934	0
Sonstige Pkw-Kosten (z. B. Wartung und Versicherung)	1.755	1.755	1.600	1.364
ÖV	0	0	0	643
Investitionskosten in Euro _{real2023}				
Annuierte energiebedingte Mehrinvestitionen Sanierung und Heizungstausch (inkl. Förderung)	0	0	0	0
Modernisierungsumlage	0	0	0	0
Annuierte Mehrinvestition gegenüber vorherigem Pkw	0	0	1.047	0
Gesamtkosten in Euro _{real2023}	5.159	5.350	5.368	4.878
Nettoeinkommen mittelhoch	50.000	53.864	53.864	53.864
in % Nettoeinkommen	10,3 %	9,9 %	10,0 %	9,1 %
Nettoeinkommen gering	20.000	21.546	21.546	21.546
in % Nettoeinkommen	25,8 %	24,8 %	24,9 %	22,6 %

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung, Öko-Institut

Anmerkung: Alle Angaben in Euro sind Bruttowerte (inkl. Mehrwertsteuer) mit Ausnahme der Zeile „davon CO₂-Kosten“, die zur Information netto angegeben werden, da die Mehrwertsteuer später aufgeschlagen wird.

A.2.4 Gebäude

Tabelle 21: Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes der Familie mit zwei Kindern, Miete, im Jahr 2025 und 2030 – nur Gebäudemaßnahmen

		Familie mit 2 Kindern Kleinstadt, 2 Autos, Miete			
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	
Jahr	2025	2030	2030	2030	
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung	mit Anpassung	mit Anpassung	
Wohnfläche (qm)	90	90	90	90	
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	NT-ready	EH 70	
Heizsystem	Gasheizung	Gasheizung	WP	WP	
Heizenergieverbrauch (kWh pro Jahr)	18.269	18.269	6.211	2.584	
Pkw	Benziner / Diesel	Benziner / Diesel	Benziner / Diesel	Benziner / Diesel	
Fahrleistung (km pro Jahr)	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	
Heizenergiekosten in Euro_{real2023}					
Gas	2.254	2.144	0	0	
Öl	0	0	0	0	
davon CO ₂ -Kosten	186	375	0	0	
Strom	0	0	1.558	648	
Mobilitätskosten in Euro_{real2023}					
Benzin	732	868	868	868	
Diesel	1.725	2.161	2.161	2.161	
davon CO ₂ -Kosten	184	413	413	413	
Strom	0	0	0	0	
Sonstige Pkw-Kosten (z. B. Wartung und Versicherung)	3.828	3.828	3.828	3.828	
ÖV	0	0	0	0	
Investitionskosten in Euro_{real2023}					
Annuierte energiebedingte Mehrinvestitionen Sanierung und Heizungstausch (inkl. Förderung)	0	0	0	0	

Familie mit 2 Kindern Kleinstadt, 2 Autos, Miete				
Modernisierungsumlage	0	0	869	1.366
Annuierte Mehrinvestition gegenüber vorherigem Pkw	0	0	0	0
Gesamtkosten in Euro_{real2023}	8.539	9.001	9.283	8.871
Nettoeinkommen mittelhoch	75.000	80.796	80.796	80.796
in % Nettoeinkommen	11,4 %	11,1 %	11,5 %	11,0 %
Nettoeinkommen gering	50.000	53.864	53.864	53.864
in % Nettoeinkommen	17,1 %	16,7 %	17,2 %	16,5 %

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung, Öko-Institut

Anmerkung: Alle Angaben in Euro sind Bruttowerte (inkl. Mehrwertsteuer) mit Ausnahme der Zeile „davon CO₂-Kosten“, die zur Information netto angegeben werden, da die Mehrwertsteuer später aufgeschlagen wird.

Tabelle 22: Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes der Familie mit zwei Kindern, Eigentum, im Jahr 2025 und 2030 – nur Gebäudemaßnahmen

Familie mit 2 Kindern Land, 2 Autos, Eigentum				
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Jahr	2025	2030	2030	2030
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung	mit Anpassung	mit Anpassung
Wohnfläche (qm)	110	110	110	110
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	NT-ready	EH 70
Heizsystem	Ölheizung	Ölheizung	WP	WP
Heizenergieverbrauch (kWh pro Jahr)	26.313	26.313	8.284	3.026
Pkw	Benziner / Diesel	Benziner / Diesel	Benziner / Diesel	Benziner / Diesel
Fahrleistung (km pro Jahr)	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000	6.000 / 15.000
Heizenergiokosten in Euro_{real2023}				
Gas	0	0	0	0
Öl	2.518	2.855	0	0
davon CO ₂ -Kosten	268	716	0	0
Strom	0	0	2.078	759

	Familie mit 2 Kindern Land, 2 Autos, Eigentum			
Mobilitätskosten in Euro _{real2023}				
Benzin	732	868	868	868
Diesel	1.725	2.161	2.161	2.161
davon CO ₂ -Kosten	184	413	413	413
Strom	0	0	0	0
Sonstige Pkw-Kosten (z. B. Wartung und Versicherung)	3.828	3.828	3.828	3.828
ÖV	0	0	0	0
Investitionskosten in Euro _{real2023}				
Annuierte energiebedingte Mehrinvestitionen Sanierung und Heizungstausch (inkl. Förderung)	0	0	2.371	2.331
Annuierte Investitionskosten Sanierung und Heizungstausch (inkl. EK-Bonus in der Förderung)	0	0	2.003	2.022
Annuierte Mehrinvestition gegenüber vorherigem Pkw	0	0	0	0
Gesamtkosten in Euro _{real2023}	8.803	9.712	11.255	9.189
Nettoeinkommen mittelhoch	75.000	80.796	80.796	80.796
in % Nettoeinkommen	11,7 %	12,0 %	13,9 %	11,4 %
Gesamtkosten unter Berücksichtigung der höheren Förderung bei niedrigem Einkommen in Euro_{real2023}	8.803	9.712	10.887	8.879
Nettoeinkommen gering	50.000	53.864	53.864	53.864
in % Nettoeinkommen	17,6 %	18,0 %	20,2 %	16,5 %

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung, Öko-Institut

Anmerkung: Alle Angaben in Euro sind Bruttowerte (inkl. Mehrwertsteuer) mit Ausnahme der Zeile „davon CO₂-Kosten“, die zur Information netto angegeben werden, da die Mehrwertsteuer später aufgeschlagen wird.

Tabelle 23: Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes der Rentnerin, Eigentum, im Jahr 2025 und 2030 – nur Gebäudemassnahmen

		Rentnerin Stadtrand, ein Auto, Eigentum			
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	
Jahr	2025	2030	2030	2030	
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung	mit Anpassung	mit Anpassung	
Wohnfläche (qm)	80	80	80	80	
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	NT-ready	EH 70	
Heizsystem	Öheizung	Öheizung	WP	WP	
Heizenergieverbrauch (kWh pro Jahr)	19.102	19.102	6.014	2.196	
Pkw	Benziner	Benziner	Benziner	Benziner	
Fahrleistung (km pro Jahr)	5.000	5.000	5.000	5.000	
Heizenergiekosten in Euro_{real2023}					
Gas	0	0	0	0	
Öl	1.828	2.073	0	0	
davon CO ₂ -Kosten	195	519	0	0	
Strom	0	0	1.508	551	
Mobilitätskosten in Euro_{real2023}					
Benzin	610	755	755	755	
Diesel	0	0	0	0	
davon CO ₂ -Kosten	38	89	89	89	
Strom	0	0	0	0	
Sonstige Pkw-Kosten (z. B. Wartung und Versicherung)	1.169	1.169	1.169	1.169	
ÖV	0	0	0	0	
Investitionskosten in Euro_{real2023}					
Annuierte energiebedingte Mehrinvestitionen Sanierung und	0	0	1.454	1.468	

	Rentnerin Stadtrand, ein Auto, Eigentum			
Heizungstausch (inkl. EK-Bonus in der Förderung)				
Modernisierungsumlage	0	0	0	0
Annuierte Mehrinvestition gegenüber vorherigem Pkw	0	0	0	0
Gesamtkosten in Euro_{real2023}	3.607	3.997	4.949	2.661
Nettoeinkommen mittelhoch	30.000	32.319	32.319	32.319
in % Nettoeinkommen	12,0 %	12,4 %	15,3 %	8,2 %
Nettoeinkommen gering	20.000	21.546	21.546	21.546
in % Nettoeinkommen	18,0 %	18,6 %	23,0 %	12,4 %

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung, Öko-Institut

Anmerkung: Alle Angaben in Euro sind Bruttowerte (inkl. Mehrwertsteuer) mit Ausnahme der Zeile „davon CO₂-Kosten“, die zur Information netto angegeben werden, da die Mehrwertsteuer später aufgeschlagen wird.

Tabelle 24: Detaillierte Darstellung der jährlichen Kosten, Einsparung und Belastung des Beispielhaushaltes des Singles, Mieter, im Jahr 2025 und 2030 – nur Gebäudemaßnahmen

	Single in der Stadt, 1 Auto, Miete			
Szenario	Status quo	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Jahr	2025	2030	2030	2030
Zustand	Ausgangszustand	ohne Anpassung	mit Anpassung	mit Anpassung
Wohnfläche (qm)	75	75	75	75
Gebäudehülle	ungedämmt	ungedämmt	NT-ready	EH 70
Heizsystem	Gasheizung	Gasheizung	WP	WP
Heizenergieverbrauch (kWh pro Jahr)	15.224	15.224	5.176	2.153
Pkw	Benziner	Benziner	Benziner	Benziner
Fahrleistung (km pro Jahr)	12.500	12.500	12.500	12.500
Heizenergiokosten in Euro_{real2023}				
Gas	1.879	1.787	0	0
Öl	0	0	0	0

	Single in der Stadt, 1 Auto, Miete			
davon CO ₂ -Kosten	155	312	0	0
Strom	0	0	1.298	540
Mobilitätskosten in Euro _{real2023}				
Benzin	1.526	1.808	1.808	1.808
Diesel	0	0	0	0
davon CO ₂ -Kosten	95	224	224	224
Strom	0	0	0	0
Sonstige Pkw-Kosten (z. B. Wartung und Versicherung)	1.755	1.755	1.755	1.755
ÖV	0	0	0	0
Investitionskosten in Euro _{real2023}				
Annuierte energiebedingte Mehrinvestitionen Sanierung und Heizungstausch (inkl. Förderung)	0	0	0	0
Modernisierungsumlage	0	0	724	1.138
Annuierte Mehrinvestition gegenüber vorherigem Pkw	0	0	0	0
Gesamtkosten in Euro _{real2023}	5.159	5.350	5.585	5.241
Nettoeinkommen mittelhoch	50.000	53.864	53.864	53.864
in % Nettoeinkommen	10,3 %	9,9 %	10,4 %	9,7 %
Nettoeinkommen gering	20.000	21.546	21.546	21.546
in % Nettoeinkommen	25,8 %	24,8 %	25,9 %	24,3 %

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung, Öko-Institut

Anmerkung: Alle Angaben in Euro sind Bruttowerte (inkl. Mehrwertsteuer) mit Ausnahme der Zeile „davon CO₂-Kosten“, die zur Information netto angegeben werden, da die Mehrwertsteuer später aufgeschlagen wird.