

TEXTE

46/2025

Ökologische und ökonomische Vergleichsrechnung von Haus- haltsgeräten

Recherchegrundlagen, Modellierung und Auswertung

von:

Carl-Otto Gensch, Hannah Lorösch, Katharina Hurst
Öko-Institut e.V., Freiburg

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 46/2025

Projektnummer 188171

FB001785

Ökologische und ökonomische Vergleichsrechnung von Haushaltsgeräten

Recherchegrundlagen, Modellierung und Auswertung

von

Carl-Otto Gensch, Hannah Lorösch, Katharina Hurst
Öko-Institut e.V., Freiburg

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.
Merzhauser Str. 173
79100 Freiburg

Abschlussdatum:

März 2025

Redaktion:

Fachgebiet III 1.1 Übergreifende Aspekte des Produktbezogenen Umweltschutzes, Nachhaltige Konsumstrukturen, Innovationsprogramm
Dr. Tamina Hipp, Maike Janßen
Fachgebiet III 1.3 Ökodesign, Umweltkennzeichnung, Umweltfreundliche Beschaffung
Patrick Bastian

DOI:

<https://doi.org/10.60810/openumwelt-7826>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, April 2025

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

Kurzbeschreibung: Ökologische und ökonomische Vergleichsrechnung von Haushaltsgeräten

Der Forschungsbericht untersucht die ökologische und ökonomische Sinnhaftigkeit des Austauschs von Kühl- und Gefriergeräten, Geschirrspülern, Wäschetrocknern und Staubsaugern gegen besonders effiziente Neugeräte. Ziel ist es, Empfehlungen für Verbraucher*innen zu entwickeln, ob sie ihre bestehenden Geräte weiter nutzen oder durch neue, besonders effiziente Modelle ersetzen sollten. Methodisch basiert die Studie auf einer vereinfachten Ökobilanz und einer Lebenszykluskostenrechnung. Für die untersuchten Produktkategorien wurden anhand einer Übersicht über marktübliche Gerätegrößen, Funktionseigenschaften und weitere Merkmale spezifische Unterkategorien definiert und die betrachteten Gerätetypen festgelegt.

Die zentralen Ergebnisse zeigen, dass ein Austausch von Bestandsgeräten nicht pauschal empfohlen werden kann. Bei Kühlschränken und Kühl-Gefrierkombinationen lohnt sich ein Austausch aus ökologischer Sicht ab einem jährlichen Verbrauch von mehr als rund 240 kWh bzw. rund 340 kWh, während er ökonomisch nicht lohnend ist. Gefrierschränke sollten ab rund 430 kWh pro Jahr aus ökologischen Gründen ersetzt werden, ökonomisch erst ab rund 570 kWh pro Jahr. Geschirrspüler sollten nur ausgetauscht werden, wenn Bestandsgeräten der Energieeffizienzklasse A (nach dem alten Label) intensiv genutzt werden. Wäschetrockner sollten bei einer durchschnittlichen Nutzung so lange wie möglich weitergenutzt werden. Bei Staubsaugern lohnt sich der Austausch aus ökologischer Sicht nur bei einer hohen Nennleistung der Bestandsgeräte von 1.200 Watt oder mehr und wenn sie stets mit der Nennleistung genutzt werden.

Insgesamt zeigt die Studie, dass die Entscheidung für oder gegen einen Geräte austausch von vielen Faktoren abhängt, darunter der spezifische Energieverbrauch der Geräte, die Nutzungsintensität und die Entwicklung der erneuerbaren Energien. Es wird empfohlen, die Datenbasis für die Austauschempfehlungen regelmäßig zu aktualisieren, um auf Markt- und Technologieentwicklungen reagieren zu können.

Abstract: Ecological and Economic Comparative Analysis of Household Appliances

The research report examines the ecological and economic viability of replacing refrigeration appliances, dishwashers, tumble dryers, and vacuum cleaners with highly efficient new appliances. The aim is to develop recommendations for consumers on whether they should continue using their existing devices or replace them with new, especially efficient models. Methodologically, the study is based on a simplified life cycle assessment and a life cycle cost analysis. For the product categories examined, specific subcategories were defined based on an overview of market-standard appliance sizes, functional characteristics, and other features, and the types of devices considered were determined.

The key findings show that replacing existing devices cannot be recommended across the board. For refrigerators and fridge-freezer combinations, replacement is ecologically worthwhile at an annual consumption of more than about 240 kWh or about 340 kWh, respectively, while it is not economically beneficial. Freezers should be replaced for ecological reasons from about 430 kWh per year, economically only from about 570 kWh per year. Dishwashers should only be replaced if existing devices of energy efficiency class A (according to the old label) are used intensively. Tumble dryers should be used as long as possible with average usage. For vacuum cleaners, replacement is only ecologically worthwhile with a high rated power of the existing devices of 1,200 watts or more and if they are always used at the rated power.

Overall, the study shows that the decision for or against replacing an appliance depends on many factors, including the specific energy consumption of the devices, the intensity of use, and the development of renewable energies. It is recommended to regularly update the data basis for replacement recommendations to be able to respond to market and technological developments.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	9
Tabellenverzeichnis	12
Abkürzungsverzeichnis.....	14
Zusammenfassung.....	15
Summary	20
1 Hintergrund, Zielsetzung und Untersuchungsrahmen.....	24
1.1 Hintergrund.....	24
1.2 Zielsetzung	24
1.3 Einbezogene Geräte und festgelegte Unterkategorien	25
1.3.1 Kühl- und Gefriergeräte	25
1.3.2 Geschirrspüler.....	27
1.3.3 Wäschetrockner.....	28
1.3.4 Staubsauger	29
1.4 Methodische Grundlagen	31
1.4.1 Grundsätzliche Überlegungen	31
1.4.2 Vereinfachte Ökobilanz: Product Carbon Footprint und kumulierter Energieaufwand (KEA)	33
1.4.3 Lebenszykluskostenrechnung.....	34
2 Datengrundlagen für die Vergleichsrechnungen	36
2.1 Einleitung und Überblick.....	36
2.2 Datengrundlagen für den Product Carbon Footprint (PCF) und kumulierten Energieaufwand (KEA).....	36
2.2.1 Herstellung, Distribution (nur Neuware) und End-of-Life	36
2.2.1.1 Kühl- und Gefriergeräte	36
2.2.1.2 Geschirrspüler.....	38
2.2.1.3 Wäschetrockner.....	38
2.2.1.4 Staubsauger	39
2.2.2 Gerätenutzung	39
2.2.2.1 Spezifische Verbrauchswerte (Bestands- und Neugeräte)	39
2.2.2.2 Nutzungsszenarien.....	48
2.2.3 Hintergrunddaten	49
2.2.3.1 Stromnetz Deutschland (2025 bis 2040)	49
2.2.3.2 Bereitstellung Trinkwasser und Abwasserbehandlung	50

2.3	Datengrundlagen für die Kostenrechnungen	50
2.3.1	Anschaffungskosten Neugeräte.....	50
2.3.2	Stromkosten.....	51
2.3.3	Kosten für Wasser und Abwasser	53
2.3.4	Weitere Betriebsmittel	53
2.4	Reparaturen	54
2.4.1	Grundsätzliche Überlegungen	54
2.4.2	Häufige und oder typische Reparaturfälle.....	54
2.4.2.1	Kühl- und Gefriergeräte	54
2.4.2.2	Geschirrspüler.....	55
2.4.2.3	Wäschetrockner.....	55
2.4.2.4	Staubsauger	56
2.4.3	Zusammenstellung von GWP und KEA sowie Kosten für die typisierten Reparaturfälle	56
3	Modellierung und Auswertung der Ergebnisse.....	60
3.1	Grundsätze der Modellierungsstruktur	60
3.2	Basisszenarien und Struktur der Sensitivitätsanalysen.....	61
3.3	Kernergebnisse der Basisszenarien und ausgewählte Ergebnisse aus den Sensitivitätsanalysen.....	62
3.3.1	Kühlschränke.....	64
3.3.1.1	Nutzung ohne Berücksichtigung von Reparaturen.....	64
3.3.1.2	Nutzung mit Berücksichtigung von Reparaturen.....	65
3.3.1.3	Sensitivitätsanalyse: verlangsamter Ausbau erneuerbarer Energie bei der Strombereitstellung.....	66
3.3.1.4	Zusammenfassung und Empfehlungen an Verbraucher*innen	67
3.3.2	Kühl-Gefrierkombinationen	68
3.3.2.1	Nutzung ohne Berücksichtigung von Reparaturen.....	68
3.3.2.2	Nutzung mit Berücksichtigung von Reparaturen.....	70
3.3.2.3	Sensitivitätsanalyse: verlangsamter Ausbau erneuerbarer Energie bei der Strombereitstellung.....	71
3.3.2.4	Zusammenfassung und Empfehlungen an Verbraucher*innen	72
3.3.3	Gefrierschränke	73
3.3.3.1	Nutzung ohne Berücksichtigung von Reparaturen.....	73
3.3.3.2	Nutzung mit Berücksichtigung von Reparaturen.....	75

3.3.3.3	Sensitivitätsanalyse: verlangsamer Ausbau erneuerbarer Energie bei der Strombereitstellung.....	76
3.3.3.4	Zusammenfassung und Empfehlungen an Verbraucher*innen	77
3.3.4	Grafische Darstellung der Empfehlungen für die Kühl- und Gefriergeräte	77
3.3.5	Geschirrspüler	78
3.3.5.1	Durchschnittliche Nutzung	78
3.3.5.2	Intensive/extensive Nutzung	83
3.3.5.3	Sensitivitätsanalyse: verlangsamer Ausbau erneuerbarer Energie bei der Strombereitstellung.....	85
3.3.5.4	Zusammenfassung und Empfehlung für Verbraucher*innen.....	86
3.3.6	Wäschetrockner	89
3.3.6.1	Durchschnittliche Nutzung	89
3.3.6.2	Intensive/extensive Nutzung	92
3.3.6.3	Sensitivitätsanalyse: Verlangsamer Ausbau erneuerbarer Energie bei der Strombereitstellung.....	95
3.3.6.4	Zusammenfassung und Empfehlungen an Verbraucher*innen	96
3.3.7	Staubsauger	100
3.3.7.1	Durchschnittliche Nutzung	101
3.3.7.2	Intensive/extensive Nutzung	104
3.3.7.3	Sensitivitätsanalyse: verlangsamer Ausbau erneuerbarer Energien bei der Strombereitstellung.....	106
3.3.7.4	Zusammenfassung und Empfehlungen an Verbraucher*innen	107
3.4	Offene Fragen/Ausblick	110
4	Quellenverzeichnis	112

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Darstellung des jährlichen Stromverbrauchs (in kWh) in Abhängigkeit des gesamten Nutzvolumens für A++-Geräte aus dem Jahr 2017	26
Abbildung 2:	Grundsätzlicher Ansatz für die Betrachtung des vorzeitigen Ersatzes (fiktives Beispiel)	31
Abbildung 3:	Auf- und Abzinsung eines Zahlungsstroms.....	35
Abbildung 4:	Berechnete Anteile im Binnenverbrauch der von den Verbraucher*innen zwischen 2010 und 2017 in der EU-28 gekauften Staubsaugern nach Leistungsklassen	47
Abbildung 5:	Entwicklung des Strompreises für Privathaushalte in Deutschland.....	52
Abbildung 6:	Entwicklung des GWP für die Strombereitstellung in Deutschland: Ausbau nach Projektionsbericht 2023 vs. Annahme eines verlangsamten Ausbaus von erneuerbaren Energieträgern.....	62
Abbildung 7:	Vergleich Kühlschränke: kumuliertes GWP des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 236 kWh ohne Reparaturen vs. Neugerät	65
Abbildung 8:	Vergleich Kühlschränke: kumuliertes GWP des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 236 kWh mit Reparaturen vs. Neugerät	66
Abbildung 9:	Vergleich Kühlschränke: kumuliertes GWP des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 236 kWh ohne Reparaturen vs. Neugerät, mit verlangsamtem Ausbau erneuerbarer Energien	67
Abbildung 10:	Vergleich Kühl-Gefrierkombinationen: kumuliertes GWP des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 338 kWh ohne Reparaturen vs. Neugerät.....	69
Abbildung 11:	Vergleich Kühl-Gefrierkombinationen: kumulierte Kosten des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 338 kWh ohne Reparaturen vs. Neugerät.....	70
Abbildung 12:	Vergleich Kühl-Gefrierkombinationen: kumulierte Kosten des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 338 kWh mit Reparaturen vs. Neugerät.....	71
Abbildung 13:	Vergleich Kühl-Gefrierkombinationen: kumuliertes GWP des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 338 kWh ohne Reparaturen vs. Neugerät, mit verlangsamtem Ausbau erneuerbarer Energien	72
Abbildung 14:	Vergleich Gefrierschränke: kumuliertes GWP des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 434 kWh ohne Reparaturen vs. Neugerät.....	74

Abbildung 15:	Vergleich Gefrierschränke: kumulierte Kosten des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 434 kWh ohne Reparaturen vs. Neugerät.....	75
Abbildung 16:	Vergleich Gefrierschränke: kumulierte Kosten des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 434 kWh mit Reparaturen vs. Neugerät.....	75
Abbildung 17:	Vergleich Gefrierschränke: kumuliertes GWP des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 434 kWh ohne Reparaturen vs. Neugerät, mit verlangsamtem Ausbau erneuerbarer Energien	76
Abbildung 18:	Grafische Umsetzung der Empfehlungen an Verbraucher*innen für den Austausch von Kühl-Gefrier-Geräten.....	78
Abbildung 19:	Vergleich Geschirrspüler: Bestandsgerät Energieeffizienzklasse A [alt] ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei durchschnittlicher Nutzung	79
Abbildung 20:	Vergleich Geschirrspüler: Bestandsgerät Energieeffizienzklasse A [alt] mit Reparatur des Steuergeräts vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei durchschnittlicher Nutzung	80
Abbildung 21:	Beitragsanalyse Nutzungsphase Geschirrspüler: GWP bei durchschnittlicher Nutzung für ein Bestandsgerät der Energieeffizienzklasse A (alt).....	81
Abbildung 22:	Vergleich Geschirrspüler: Bestandsgerät Energieeffizienzklasse A [alt] mit einmaliger Reparatur in Höhe von 300 Euro vs. Neugerät; kumulierte Kosten bei durchschnittlicher Nutzung	82
Abbildung 23:	Vergleich Geschirrspüler: Bestandsgerät Energieeffizienzklasse A [alt] mit einmaliger Reparatur in Höhe von 300 Euro vs. Neugerät [günstigster Preis]; kumulierte Kosten bei durchschnittlicher Nutzung	83
Abbildung 24:	Vergleich Geschirrspüler: Bestandsgerät Energieeffizienzklasse A [alt] ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei intensiver Nutzung	84
Abbildung 25:	Vergleich Geschirrspüler: Bestandsgerät Energieeffizienzklasse A [alt] mit einmaliger Reparatur in Höhe von 300 Euro vs. Neugerät [Medianpreis]; kumulierte Kosten bei intensiver Nutzung	85
Abbildung 26:	Vergleich Geschirrspüler: Bestandsgerät Energieeffizienzklasse A [alt] ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei durchschnittlicher Nutzung, mit verlangsamtem Ausbau erneuerbarer Energien	86
Abbildung 27:	Grafische Umsetzung der Empfehlungen an Verbraucher*innen für den Austausch von Geschirrspülern	89

Abbildung 28:	Vergleich Wäschetrockner: Bestandsgeräte (niedrigste Energieeffizienz) ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei durchschnittlicher Nutzung	90
Abbildung 29:	Vergleich Wäschetrockner: Bestandsgeräte (niedrigste Energieeffizienz) mit Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei durchschnittlicher Nutzung	91
Abbildung 30:	Vergleich Wäschetrockner: Bestandsgeräte (niedrigste Energieeffizienz) mit Reparaturen vs. Neugerät, Gesamtkosten bei durchschnittlicher Nutzung	92
Abbildung 31:	Vergleich Wäschetrockner: Bestandsgeräte (niedrigste Energieeffizienz) ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei intensiver Nutzung	93
Abbildung 32:	Vergleich Wäschetrockner: Bestandsgeräte (niedrigste Energieeffizienz) mit Reparatur vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei intensiver Nutzung	94
Abbildung 33:	Vergleich Wäschetrockner: Bestandsgeräte (niedrigste Energieeffizienz) mit Reparatur vs. Neugerät, Gesamtkosten bei intensiver Nutzung	95
Abbildung 34:	Vergleich Wäschetrockner: Bestandsgeräte (niedrigste Energieeffizienz) mit Reparatur vs. Neugerät, GWP bei durchschnittlicher Nutzung, verlangsamer Ausbau erneuerbarer Energien	96
Abbildung 35:	Grafische Umsetzung der Empfehlungen an Verbraucher*innen für den Austausch von Wäschetrocknern	100
Abbildung 36:	Vergleich Staubsauger: Bestandsgerät (1.800 Watt Nennleistung) ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei durchschnittlicher Nutzung	102
Abbildung 37:	Vergleich Staubsauger: Bestandsgerät (1.200 Watt Nennleistung) ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei durchschnittlicher Nutzung	103
Abbildung 38:	Vergleich Staubsauger: Bestandsgerät (1.800 Watt Nennleistung) ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumulierte Kosten bei durchschnittlicher Nutzung	104
Abbildung 39:	Vergleich Staubsauger: Bestandsgerät (1.800 Watt Nennleistung) ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei intensiver Nutzung	105
Abbildung 40:	Vergleich Staubsauger: Bestandsgerät (1.800 Watt Nennleistung) mit Reparatur vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei extensiver Nutzung.....	106
Abbildung 41:	Vergleich Staubsauger: Bestandsgerät (1.200 Watt Nennleistung) ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei durchschnittlicher Nutzung, mit verlangsamttem Ausbau erneuerbarer Energien	107

Abbildung 42:	Grafische Umsetzung der Empfehlungen an Verbraucher*innen für den Austausch von Staubsaugern.....	110
---------------	---	-----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Ökobilanzdaten der Kühl-Gefrierkombination	37
Tabelle 2:	Treibhausgaspotenzial für die Herstellungsphase der Kühl- und Gefriergeräte nach VHK und ARMINES (2016) als Grundlage für die Berechnung des Umrechnungsfaktors zwischen Kühl-Gefrierkombinationen zu Kühl- und Gefrierschränken	37
Tabelle 3:	Berechnetes Treibhausgaspotenzial der Kühl- und Gefrierschränke	38
Tabelle 4:	Ökobilanzdaten für die Herstellung, Distribution und Entsorgung eines Geschirrspülers	38
Tabelle 5:	Ökobilanzdaten für die Herstellung, Distribution und Entsorgung eines Wäschetrockners mit Wärmepumpe	39
Tabelle 6:	Ökobilanzdaten für die Herstellung, Distribution und Entsorgung eines kabelgebundenen und eines akkubetriebenen Staubsaugers.....	39
Tabelle 7:	Aktuelle Verbrauchswerte der Kühl-Gefriergeräte der Energieeffizienzklasse A	40
Tabelle 8:	Betrachtete Energieeffizienzklassen der Bestandsgeräte der Geschirrspüler basierend auf ihrer Marktverfügbarkeit in den Jahren 2009 bis 2024.....	40
Tabelle 9:	Stromverbrauch der Geschirrspüler im Bestand bezogen auf die Energieeffizienzklassen nach der EU-Verordnung Nr. 1059/2010	41
Tabelle 10:	Betrachtete Energieeffizienzklassen der Bestandsgeräte der Wäschetrockner basierend auf ihrer Marktverfügbarkeit in den Jahren 2009 bis 2024.....	42
Tabelle 11:	Spanne des EEI für die verschiedenen Energieeffizienzklassen des Wäschetrockners nach der EU-Verordnung Nr. 392/2012	44
Tabelle 12:	Stromverbrauch der Wäschetrockner im Bestand bezogen auf die Energieeffizienzklassen nach der EU-Verordnung Nr. 392/2012	45
Tabelle 13:	Gerätespezifische Nutzungsannahmen zur Ermittlung des Jahresverbrauchs bei einer durchschnittlichen Nutzung	48
Tabelle 14:	GWP aus der Strombereitstellung in kg CO ₂ -eq/kWh für die Jahre 2025 bis 2040	49
Tabelle 15:	Unterscheidung nach Stromverbrauchsklassen bei Privathaushalten.....	52
Tabelle 16:	Kosten für Wasser und Abwasser: Durchschnittskosten sowie regional höchste/ tiefste Kosten	53

Tabelle 17:	Typisierte Reparaturfälle: GWP und KEA	57
Tabelle 18:	Typisierte Reparaturfälle: Material-, Arbeits- und Gesamtkosten.....	58
Tabelle 19:	Ergebnisübersicht Kühlschränke: Stromverbräuche der Bestandsgeräte, bei welchen der Break-Even-Point des Austauschs gegen Neugeräte innerhalb von 5 bzw. 10 Jahren erreicht wird (unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 %)	67
Tabelle 20:	Ergebnisübersicht Kühl-Gefrierkombinationen: Stromverbräuche der Bestandsgeräte, bei welchen der Break-Even-Point des Austauschs gegen Neugeräte innerhalb von 5 bzw. 10 Jahren erreicht wird (unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 %)	72
Tabelle 21:	Ergebnisübersicht Gefrierschränke: Stromverbräuche der Bestandsgeräte, bei welchen der Break-Even-Point des Austausches gegen Neugeräte innerhalb von 5 bzw. 10 Jahren erreicht wird (unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 %)	77
Tabelle 22:	Ergebnisübersicht Geschirrspüler: Angabe der Amortisationszeit für den Austausch eines Geschirrspülers (unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 %) .	86
Tabelle 23:	Ergebnisübersicht Wäschetrockner: Angabe der Amortisationszeit für den Austausch eines Ablufttrockners (unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 %) .	97
Tabelle 24:	Ergebnisübersicht Wäschetrockner: Angabe der Amortisationszeit für den Austausch eines Kondensationstrockners mit elektrischer Widerstandsheizung (unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 %) .	98
Tabelle 25:	Ergebnisübersicht Wäschetrockner: Angabe der Amortisationszeit für den Austausch eines Kondensationstrockners mit Wärmepumpe (unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 %)	99
Tabelle 26:	Ergebnisübersicht Staubsauger: Angabe der Amortisationszeit für den Austausch gegen einen kabelgebundenen Staubsauger (unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 %)	107
Tabelle 27:	Ergebnisübersicht Staubsauger: Angabe der Amortisationszeit für den Austausch gegen einen akkubetriebenen Staubsauger (unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 %)	108

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
a	Jahr (annum)
AE_c	Jährlicher Energieverbrauch
bspw.	beispielsweise
bzgl.	bezüglich
cm	Zentimeter
CO₂-eq	Kohlendioxid-Äquivalent (Treibhauspotenzial)
d. h.	das heißt
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEI	Energieeffizienz-Index
el.	elektrisch
EoL	End of Life (Nachgebrauchsphase); darunter fallen alle Aufwendungen, die am Ende eines Gerätelebens anfallen: Transport zur Entsorgungs- bzw. Recyclingstelle sowie der Entsorgungs- und/oder Recyclingaufwand
EU	Europäische Union
GWP	Global Warming Potential
KEA	Kumulierter Energieaufwand
kg	Kilogramm
km	Kilometer
kWh	Kilowattstunde
l	Liter
LCC	Life Cycle Costing (Lebenszykluskostenrechnung)
MEErP	Methodik für die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte (Methodology for Ecodesign of Energy-related Products – MEErP)
NGO	Nicht-Regierungs-Organisation
PCF	Product Carbon Footprint (CO ₂ -Fußabdruck)
PKW	Personenkraftwagen
SAE_c	standardmäßiger jährlicher Energieverbrauch
THG	Treibhausgas
u. a.	unter anderem
vs.	versus

Zusammenfassung

In der Beratung von Verbraucher*innen stellt sich seit mehr als zwei Jahrzehnten wiederholt die Frage, ob elektrische und elektronische Geräte aus ökologischen Gründen (zum Beispiel Klimaschutz, Inanspruchnahme von fossilen und mineralischen Ressourcen) möglichst lange genutzt werden sollten oder ob es, bedingt durch technologische Neuerungen, mit denen die Energieeffizienz der Geräte in der Nutzungsphase gesteigert wird, besser wäre, funktionierende Bestandsgeräte gegen besonders effiziente Neugeräte vorzeitig auszutauschen. Diese Fragestellung wurde bereits in einigen Studien mit zum Teil unterschiedlicher Ausrichtung und Auswahl an Geräten untersucht. Im Ergebnis zeigt sich, dass Aussagen zur ökologischen und ökonomischen Sinnhaftigkeit eines vorzeitigen Ersatzes nicht pauschal getroffen werden können. Vielmehr kommt es auf eine gerätespezifische und ganzheitliche Betrachtung an. Ganzheitlich heißt in diesem Zusammenhang, dass nicht nur der Energieverbrauch der Geräte während der Nutzung, sondern auch der Energieverbrauch sowie die Umweltauswirkungen für Herstellung, Transport und Distribution der neuen Geräte oder zur Entsorgung der zu ersetzenden Geräte mitbetrachtet werden. Zudem müssen auch die individuellen Rahmenbedingungen – hier insbesondere die Nutzungsintensität des Geräteeinsatzes – einbezogen werden. Schließlich muss berücksichtigt werden, dass in den nächsten Jahren der Anteil von erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung zunehmen wird, weil dadurch insbesondere die Treibhausgasemissionen aus der Strombereitstellung signifikant sinken.

Vor diesem Hintergrund war es die Zielsetzung dieses Projekts, ökologische und ökonomische Vergleichsrechnungen durchzuführen. Mit diesen Vergleichsrechnungen sollen Empfehlungen für Verbraucher*innen abgeleitet werden, ob sie aus der Perspektive des Klimaschutzes vorhandene Geräte gegen neue Geräte der höchsten Effizienzklasse austauschen oder die vorhandenen Geräte weiterhin nutzen sollten.

Methodisch beruhen die Vergleichsrechnungen auf einer vereinfachten Ökobilanz und einer Lebenszykluskostenrechnung:

- ▶ Bei der Ökobilanz wurde ausschließlich der Wirkungsindikator Global Warming Potential (GWP) und zusätzlich der Primärenergieverbrauch als kumulierter Energieaufwand – KEA – als Maß für den gesamten Verbrauch an energetischen Ressourcen ausgewiesen.
- ▶ Bei der Lebenszykluskostenrechnung wurden alle monetären Kosten, die mit einem Produkt verbunden sind, berechnet und bewertet. Im Gegensatz zur isolierten Betrachtung des Anschaffungspreises ist die Lebenszykluskostenrechnung im Kontext der Fragestellung deswegen sinnvoll, da bei Hausgeräten ein bedeutender Anteil der Kosten während der Nutzungsphase als Energie- und ggf. Reparaturkosten auftritt. Für die konkrete Berechnung von Lebenszykluskosten wurde mit der sogenannten Barwertmethode ein dynamisches Verfahren der Investitionsrechnung herangezogen.

In dieser Studie wurden die Produktkategorien Kühl- und Gefriergeräte, Geschirrspüler, Staubsauger und Wäschetrockner untersucht. Für diese Produktkategorien wurden jeweils aus einer Übersicht zu marktüblichen Gerätegrößen, Funktionseigenschaften und weiteren Merkmalen konkrete Unterkategorien beschrieben und die betrachteten Gerätetypen festgelegt. Für einen wissenschaftlich tragfähigen Vergleich zwischen Bestandsgeräten einerseits und Neugeräten andererseits wurde die Funktionsäquivalenz angestrebt. Diese Regel entspricht auch dem Grundsatz bei der Festlegung der funktionellen Einheit bei der Durchführung von Ökobilanzen. Im Detail konnte das Prinzip der Funktionsäquivalenz nicht immer streng eingehalten werden, weil bedingt durch den technischen Fortschritt und eine Ausdifferenzierung von

Funktionsmerkmalen teilweise keine zu den Bestandsgeräten funktionsidentischen Neugeräte aufgefunden werden konnten. Konkret wurden in dieser Studie folgende Gerätetypen untersucht:

- ▶ Bei der Kategorie Kühl- und Gefriergeräte wurden ausschließlich freistehende Geräte (und somit keine Einbaugeräte) betrachtet, einbezogene Gerätetypen sind Kühlschränke (ohne Gefrierfunktion), Kühl-Gefrierkombinationen sowie Gefrierschränke.
- ▶ Bei Geschirrspülern wurden die am Markt dominierenden Geräte mit einer Standardbreite von 60 cm einbezogen, bezüglich der Kapazität wird von durchschnittlich 12 Maßgedecken bei Bestandsgeräten und 13 bis 14 Maßgedecken bei Neugeräten ausgegangen.
- ▶ Bei der Kategorie Wäschetrockner kann bei Bestandsgeräten zwischen Ablufttrocknern, Kondensationstrocknern und Wärmepumpentrocknern unterschieden werden. Bei Neugeräten kommen nach den geltenden Mindestanforderungen an den Energieeffizienzindex ausschließlich Wärmepumpentrockner in Frage.
- ▶ Bei Staubsaugern wurden im Kern ausschließlich kabelgebundene Geräte betrachtet. Als Ausblick wurden zusätzliche Überlegungen angestellt für den Fall, dass ein kabelgebundenes vorhandenes Gerät durch ein akkubetriebenes Gerät ersetzt wird. Die Ergebnisse für diese Kombination sind allerdings nach dem derzeitigen Stand der recherchierbaren Informationen nur bedingt belastbar.

Grundsätzlich wurden bei den Neugeräten jeweils nur die effizientesten verfügbaren Geräte betrachtet, um das Umweltentlastungspotenzial möglichst zu maximieren.

Für die ökologischen Vergleichsrechnungen wurden zur Modellierung der Herstellung und Distribution der Neugeräte sowie zum End-of-Life der Bestandsgeräte zum großen Teil Daten aus einer extern geprüften Ökobilanz sowie aus Vorbereitungs- und Review-Studien genutzt, die von der EU-Kommission in Auftrag gegeben wurden und werden, um für relevante Produktgruppen spezifische Ökodesign-Verordnungen, delegierte Verordnungen für die Energiekennzeichnung und anerkannte freiwillige Vereinbarungen zu verabschieden sowie Normungsaufträge zu erteilen.

Die spezifischen Verbrauchswerte von Bestandsgeräten wurden in Abhängigkeit der betrachteten Produktkategorien ermittelt. Bei den Geschirrspülern und Wäschetrocknern werden für die Bestandsgeräte die Verbrauchsdaten in Abhängigkeit von der Energieeffizienzklasse ausgewählt. Bei den Kühl- und Gefriergeräten war dies aufgrund der fehlenden Vergleichbarkeit des alten und des neuen Energielabels nicht möglich. Hier werden als Referenz für die Verbraucher*innen die Stromverbräuche angegeben, die ihre Bestandsgeräte höchstens haben dürfen, damit sich ein Weiterbetrieb ihres Geräts für weitere 10 Jahre lohnt. Bei den Staubsaugern erfolgt eine Unterscheidung der Bestandsgeräte auf Basis der Nennleistung.

Da die Ergebnisse der Vergleichsrechnungen auch von der Nutzungsintensität abhängen, werden für die Gerätekategorien Geschirrspüler, Wäschetrockner und Staubsauger jeweils drei Nutzungsszenarien unterschieden:

- ▶ Durchschnittliche Nutzung (in Anlehnung Stiftung Warentest und/oder Vorbereitungs- bzw. Review-Studien)
- ▶ Intensive Nutzung (größere Familien oder Wohngemeinschaften): 50 % intensiver/häufiger als bei durchschnittlicher Nutzung

- Extensive Nutzung (Singe-Haushalte): 50 % der Werte im Vergleich zur durchschnittlichen Nutzung

Das GWP aus dem Bezug von Netzstrom zum Betrieb der untersuchten Haushaltsgeräte wurde unter Berücksichtigung der weiteren Zunahme des Anteils erneuerbarer Energieträger mit Hilfe von Emissionsfaktoren einer anerkannten Ökobilanzdatenbank und aktuellen Charakterisierungsfaktoren berechnet, wobei als Grundlage für die Annahmen zur weiteren Entwicklung der Nettostromerzeugung in Deutschland der Projektionsbericht aus dem Jahr 2023 herangezogen wurde.

Zur Ermittlung der Lebenszykluskosten für die Vergleichsrechnungen wurden die Anschaffungskosten ermittelt, die Kosten für Strom, Wasser und Abwasser abgeschätzt sowie gerätetypische Reparaturkosten recherchiert:

- Zur Ermittlung der Anschaffungskosten von Neugeräten erfolgt eine Recherche auf einer Preisvergleichsplattform, die eine große Bandbreite an Online-Shops in Deutschland abdeckt und damit die Spanne an Kaufpreisen für Verbraucher*innen gut widerspiegelt.
- Für die Entwicklung der Stromkosten wurden in Analogie zur ökologischen Vergleichsrechnung Annahmen aus den Projektionsberichten herangezogen.
- Reparaturkosten wurden für typisierte Reparaturfälle sowie die Beschaffung von Ersatzteilen auf der Grundlage von Veröffentlichungen der Stiftung Warentest, Veröffentlichungen in der wissenschaftlichen Literatur, Preisangaben in Online-Plattformen sowie persönlichen Auskünfte von Branchenexperten*innen abgeschätzt.

Die ökonomischen und ökologischen Vergleichsrechnungen beruhen auf einer Modellierungsstruktur in einem gängigen Tabellenkalkulationsprogramm. Durch eine Strukturierung der Tabellenblätter konnte auf eine spezifische Software verzichtet werden. Die Struktur erlaubt eine Fortschreibung von Hintergrunddaten und weiteren Eingabewerten, um nach Projektabschluss neuere Entwicklung betrachten zu können. Die Datei kann auf Anfrage herausgegeben werden.

Die Kernergebnisse können für die vier betrachteten Produktkategorien wie folgt zusammengefasst werden.

Kühlschränke:

- Der Austausch eines funktionsfähigen Bestandsgeräts lohnt sich aus ökologischer Sicht ab einem jährlichen Stromverbrauch von mehr als rund 240 kWh.
- Aus ökonomischer Sicht lohnt sich der Austausch nicht. Auch die Berücksichtigung eines Reparaturfalles beim Bestandsgerät ändert daran nichts.
- Unter der Berücksichtigung eines Reparaturfalles verringert sich der jährliche Stromverbrauch des Bestandsgeräts, ab welchem sich ein Austausch aus ökologischer Sicht zu lohnen beginnt, auf einen Verbrauch von mehr als rund 220 kWh.

Kühl-Gefrierkombinationen:

- Der Austausch eines funktionierenden Geräts lohnt sich aus ökologischer Sicht ab einem jährlichen Stromverbrauch von mehr als rund 340 kWh.
- Aus ökonomischer Sicht ist ein vorzeitiger Ersatz für kein Bestandsgerät lohnend. Auch die Berücksichtigung eines Reparaturfalles führt zu keiner Änderung dieses Ergebnisses.

- Unter der Berücksichtigung eines Reparaturfalles verringert sich der jährliche Stromverbrauch des Bestandsgeräts, ab welchem sich ein vorzeitiger Ersatz aus ökologischer Sicht zu lohnen beginnt, um ca. 6 % auf einen Verbrauch von mehr als rund 320 kWh.

Gefrierschränke:

- Der Austausch des Bestandsgeräts lohnt sich aus ökologischer Sicht ab einem jährlichen Stromverbrauch von mehr als 430 kWh.
- Aus ökonomischer Sicht lohnt sich der Austausch des Bestandsgeräts ab einem jährlichen Stromverbrauch von mehr als rund 570 kWh, bzw. ab rund 460 kWh im Falle einer Reparatur.

Geschirrspüler:

- Bei durchschnittlicher oder extensiver Nutzung der Geräte ist ein Austausch von Bestandsgeräten aller betrachteten Energieeffizienzklassen weder aus ökologischen noch aus ökonomischen Gründen sinnvoll.
- Diese Aussage gilt auch dann, wenn bei Bestandsgeräten aller betrachteten Energieeffizienzklassen das Steuergerät repariert werden müsste.
- Bei intensiver Nutzung ist ein Austausch von funktionierenden Bestandsgeräten der Energieeffizienzklasse A(alte) aus ökologischer Sicht mit Blick auf das GWP sinnvoll, während aus wirtschaftlicher Sicht ein Austausch nur im Falle einer Reparatur rentabel ist.

Wäschetrockner:

- Wenn das Bestandsgerät bereits ein Wäschetrockner mit Wärmepumpe ist, sollte es sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht so lange wie möglich weitergenutzt werden.
- Bei Wäschetrocknern ist bei einer durchschnittlichen Nutzung ein vorzeitiger Ersatz weder ökologisch noch ökonomisch angezeigt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Beitrag aus der Herstellung des neuen Geräts mit knapp 600 kg CO₂-eq vergleichsweise hoch liegt und gleichzeitig bei den Bestandsgeräten die THG-Emissionen aus der Nutzungsphase in den nächsten Jahren signifikant durch den Ausbau erneuerbarer Energieträger für die Strombereitstellung sinken.
- Bei einer intensiven Nutzung (705 kg Wäsche/Jahr) eines Ablufttrockners mit der Energieeffizienzklasse D oder eines Kondensationstrockners mit elektrischer Widerstandsheizung mit der Energieeffizienzklasse C rentiert sich ein Austausch aus ökologischer Sicht ab einer weiteren Nutzung von neun Jahren.
- Aus ökonomischer Sicht rentiert sich ein Austausch nur bei intensiver Nutzung bei einer Energieeffizienzklasse des Bestandsgeräts von B oder schlechter. Bei durchschnittlicher Nutzung würde sich ein Austausch nur bei einer doppelten Reparatur (beispielsweise der Steuerlektronik) rentieren.

Staubsauger:

- Bei kabelgebundenen Bestandsgeräten ist der Ersatz durch Neugeräte dann angezeigt, wenn das Bestandsgerät eine Nennleistung von 1.200 Watt (oder mehr) aufweist und es durchgängig mit der maximalen Leistungsaufnahme genutzt wird. Hier amortisiert sich der Austausch

gegen ein effizientes kabelgebundenes Gerät aus Klimaschutzperspektive schon nach weniger als zehn Jahren. Bei einer intensiven Nutzung amortisiert sich der Ersatz ökologisch bereits ab dem 5. Jahr bzw. ab dem 2. Jahr bei einer Nennleistung von 1.800 Watt.

- Bei effizienteren Bestandsgeräten (maximal 900 Watt) ist die Amortisationszeit aus ökologischer und aus ökonomischer Sicht so hoch, dass diese Geräte weiterbetrieben werden sollten.

Die in diesem Projekt erarbeiteten und ausgewerteten Vergleichsrechnungen beruhen auf den mit Stand Februar 2025 verfügbaren Daten. Wir empfehlen, die Datenbasis regelmäßig zu aktualisieren, um neue Entwicklungen am Markt abzubilden sowie die Auswirkungen von absehbaren zukünftigen Entwicklungen richtungssicher abzubilden. Zu nennen ist hier v.a. der weitere Ausbau an erneuerbaren Energien und die Defossilisierung der Rohstoff- und Materialbasis.

Summary

For more than two decades, the question has repeatedly arisen in consumer consultation whether electrical and electronic appliances should be used for as long as possible for environmental reasons (e.g. climate protection, use of fossil and mineral resources) or whether it would be better to replace functioning existing appliances with particularly efficient new appliances ahead of time due to technological innovations that increase the energy efficiency of appliances during the use phase. This question has already been analysed in several studies, some of which had a different focus and selection of appliances. The results show that it is not possible to make generalised statements about the ecological and economic sense of premature replacement. Rather, it is important to take a device-specific and holistic view. In this context, holistic means that not only the energy consumption of the appliances during use, but also the energy consumption and the environmental impact of the manufacture, transport and distribution of the new appliances or the disposal of the appliances to be replaced must be taken into account. In addition, the individual framework conditions – in particular the intensity of use of the appliances – must also be considered. Finally, it must be considered that the share of renewable energies in electricity generation will increase in the coming years, as this will significantly reduce greenhouse gas emissions from the provision of electricity in particular.

Against this background, the aim of this project was to carry out ecological and economic comparative calculations. These comparative calculations are intended to derive recommendations for consumers from a climate perspective as to whether they should replace existing appliances with new appliances of the highest efficiency class or continue to use their existing appliances.

Methodologically, the comparative calculations are based on a simplified life cycle assessment and a life cycle cost calculation:

- ▶ In the life cycle assessment, only the Global Warming Potential (GWP) impact indicator and additionally the primary energy consumption as cumulative energy demand (CED) were reported as a measure of the total consumption of energy resources.
- ▶ In life cycle costing, all monetary costs associated with a product are calculated and evaluated. In contrast to the isolated consideration of the purchase price, life cycle costing makes sense in the context of the issue at hand, as a significant proportion of the costs for household appliances occurs during the use phase as energy and possibly repair costs. For the specific calculation of life cycle costs, a dynamic method of investment appraisal known as the net present-value method was used.

In this study, the product categories of refrigerators and freezers, dishwashers, vacuum cleaners, and tumble dryers were analysed. For each of these product categories, specific sub-categories were described from an overview of standard appliance sizes, functional characteristics and other features, and the appliance types analysed were defined. Functional equivalence was sought to ensure a scientifically sound comparison between existing appliances on the one hand and new appliances on the other. This rule also corresponds to the principle for determining the functional unit when carrying out life cycle assessments. In detail, the principle of functional equivalence could not always be strictly adhered to because, due to technical progress and a differentiation of functional features, it was not always possible to find new appliances that were functionally identical to the existing appliances. Specifically, the following appliance types were analysed in this study:

- ▶ In the refrigerators and freezers category, only freestanding appliances (and therefore no built-in appliances) were considered; the appliance types included are refrigerators (without freezer function), fridge-freezer combinations and freezers.
- ▶ In the case of dishwashers, the appliances with a standard width of 60 cm that dominate the market were included; in terms of capacity, an average of 12 place settings was assumed for existing appliances and 13 to 14 place settings for new appliances.
- ▶ In the tumble dryer category, a distinction can be made between exhaust air dryers, condensation dryers and heat pump dryers for existing appliances. For new appliances, only heat pump dryers can be considered in accordance with the applicable minimum requirements for the energy efficiency index.
- ▶ In the case of vacuum cleaners, only corded appliances were considered. As an outlook, additional considerations were made if an existing corded appliance is replaced by a battery-powered appliance. However, the results for this combination are only partially reliable based on the information currently available.

In principle, only the most efficient appliances available were considered for new appliances in order to minimise the potential environmental impact.

For the comparative ecological calculations, data from an externally audited life cycle assessment were used as well as preparatory and review studies. The latter were and are commissioned by the EU Commission to model the manufacture and distribution of new devices and the end-of-life of existing devices in order to adopt specific ecodesign regulations, delegated regulations for energy labelling and recognised voluntary agreements for relevant product groups, as well as to issue standardisation mandates.

The specific consumption values of existing appliances were determined depending on the product categories analysed. In the case of dishwashers and tumble dryers, the consumption data for the existing appliances is selected depending on the energy efficiency class. This was not possible for refrigerators and freezers due to the lack of comparability between the old and new energy labels. As a reference for consumers, the maximum electricity consumption for their refrigerators and freezers is given, up to which the continued operation of existing appliances is worthwhile for up to 10 more years. In the case of vacuum cleaners, the existing appliances are differentiated based on their rated power.

As the results of the comparative calculations also depend on the intensity of use, a distinction is made between three usage scenarios for each of the appliance categories dishwasher, tumble dryer and vacuum cleaners:

- ▶ Average use (based on Stiftung Warentest and/or preparatory or review studies)
- ▶ Intensive use (larger families or flat-sharing communities): 50 % more intensive/frequent than average use
- ▶ Extensive use (one-person households): 50 % of average use

The GWP from the purchase of grid electricity to operate the household appliances examined was calculated considering the further increase in the share of renewable energy sources with the help of emission factors from a recognised life cycle assessment database and current characterisation factors, whereby the projection report from 2023 was used as the basis for the assumptions on the further development of net electricity generation in Germany.

To determine the life cycle costs for the comparative calculations, the acquisition costs were calculated, the costs for electricity, water and wastewater were estimated and typical appliance repair costs were researched:

- ▶ To determine the purchase costs of new appliances, research is carried out on a price comparison platform that covers a wide range of online shops in Germany and thus reflects the range of purchase prices for consumers.
- ▶ Assumptions from the projection reports were used for the development of electricity costs in analogy to the ecological comparative calculation.
- ▶ Repair costs were estimated for typical repair cases and the procurement of spare parts based on publications by Stiftung Warentest, publications in the scientific literature, price information from online platforms and personal information from industry experts.

The economic and ecological comparative calculations are based on a modelling structure in a standard spreadsheet program. By structuring the spreadsheets, it was possible to dispense with specific software. The structure allows background data and other input values to be updated so that more recent developments can be considered after the project has been completed. The file can be provided on request.

The core results for the four product categories analysed can be summarised as follows.

Refrigerators:

- ▶ From an environmental point of view, it is worth replacing a functioning existing appliance if its annual electricity consumption exceeds about 240 kWh.
- ▶ From an economic point of view, replacement is not worthwhile. Even considering a repair case for the existing appliance does not change this.
- ▶ Taking into account a repair case, the annual electricity consumption of the existing appliance, from which a replacement begins to be worthwhile from an ecological point of view, is reduced to a consumption of more than about 220 kWh.

Fridge-freezer combinations:

- ▶ From an environmental perspective, it is worth replacing a working appliance if its annual electricity consumption exceeds about 340 kWh.
- ▶ From an economic point of view, premature replacement is not worthwhile for any existing appliance. Even taking a repair case into account does not change this result.
- ▶ Taking into account a case of repair, the annual electricity consumption of the existing appliance, from which an early replacement begins to be worthwhile from an ecological point of view, is reduced by approx. 6 % to a consumption of more than about 320 kWh.

Freezers:

- ▶ From an ecological point of view, replacing the existing appliance is worthwhile from an annual electricity consumption of more than about 430 kWh.
- ▶ From an economic point of view, it is worth replacing the existing appliance from an annual electricity consumption of more than about 570 kWh, or about 460 kWh in the case of a repair.

Dishwasher:

- ▶ With average or extensive use of the appliances, replacing existing appliances in all the energy efficiency classes analysed makes no sense for either ecological or economic reasons.
- ▶ This statement also applies if the control unit would have to be repaired for existing appliances in all the energy efficiency classes analysed.
- ▶ In the case of intensive use, replacing functioning existing appliances of energy efficiency class A(old) makes sense from an ecological point of view regarding the GWP, while from an economic point of view, replacement is only worthwhile in the event of repair.

Tumble dryer:

- ▶ If the existing appliance is already a tumble dryer with a heat pump, it should continue to be used for as long as possible from both an ecological and an economic point of view.
- ▶ In the case of tumble dryers, premature replacement is neither ecologically nor economically appropriate for average usage. This is because the contribution from the manufacture of the new appliance is comparatively high at just under 600 kg CO₂-eq; at the same time the GHG emissions from the utilisation phase of existing appliances will fall significantly over the next few years due to the expansion of renewable energy sources for the provision of electricity.
- ▶ With intensive use (705 kg of laundry/year) of an exhaust air dryer with energy efficiency class D or a condensation dryer with electric resistance heating with energy efficiency class C, a replacement pays off from an ecological point of view after nine years of use.
- ▶ From an economic point of view, a replacement is only worthwhile if the existing appliance is used intensively and has an energy efficiency class of B or worse. In the case of average use, replacement would only be worthwhile if the appliance had to be repaired twice (e.g., the control electronics).

Vacuum cleaners:

- ▶ In the case of existing wired appliances, replacement with new appliances is advisable if the existing appliance has a rated output of 1,200 watts (or more) and is used continuously at maximum power consumption. In this case, replacement with an efficient wired appliance pays for itself from a climate protection perspective after less than ten years. In the case of intensive use, the replacement pays for itself ecologically from the 5th year or in case of a rated output of 1,800 watts from the 2nd year.
- ▶ In the case of more efficient existing appliances (maximum 900 watts), the amortisation period is so long from an ecological and economic point of view that these appliances should continue to be used.

The comparative calculations developed and analysed in this project are based on the data available as of February 2025. We recommend regularly updating the database to reflect new developments on the market as well as the effects of foreseeable future developments. These include, in particular, the further expansion of renewable energies and the defossilisation of the raw material and material base.

1 Hintergrund, Zielsetzung und Untersuchungsrahmen

1.1 Hintergrund

In der Beratung von Verbraucher*innen besteht seit mehr als zwei Jahrzehnten wiederkehrend die Frage, ob elektrische und elektronische Geräte aus ökologischen Gründen (zum Beispiel Klimaschutz, Inanspruchnahme von fossilen und mineralischen Ressourcen) möglichst lange genutzt werden sollten oder ob es, bedingt durch technologische Neuerungen, mit denen die Energieeffizienz der Geräte in der Nutzungsphase gesteigert wird, besser wäre, funktionierende ältere Bestandsgeräte gegen besonders effiziente Neugeräte vorzeitig auszutauschen. So wurde beispielsweise um 2010 diskutiert, mit einem staatlichen Förderprogramm eine Early-Replacement-Strategie für Kühl- und Gefriergeräte zu unterstützen (Rüdenauer et al., 2007; Grether et al., 2009). Umgekehrt haben andere Studien nachgewiesen, dass bei komplexen elektronischen Geräten, wie Notebooks, eine möglichst lange Nutzungsdauer insbesondere mit Blick auf den Klimaschutz angezeigt ist (Prakash et al., 2012; Prakash et al., 2013).

Die Fragestellung des vorzeitigen Ersatzes von Geräten wurde bereits in einigen Studien mit zum Teil unterschiedlicher Ausrichtung und Auswahl an Geräten untersucht. Im Ergebnis zeigt sich, dass Aussagen zur ökologischen und ökonomischen Sinnhaftigkeit eines vorzeitigen Ersatzes keinesfalls pauschal getroffen werden können. Vielmehr kommt es auf eine gerätespezifische und ganzheitliche Betrachtung an. Ganzheitlich heißt in diesem Zusammenhang, dass nicht nur der Energieverbrauch der Geräte während der Nutzung, sondern auch der Energieverbrauch sowie die Umweltauswirkungen für Herstellung, Transport und Distribution der neuen Geräte oder zur Entsorgung der zu ersetzenden Geräte mitbetrachtet werden. Zudem müssen auch die individuellen Rahmenbedingungen – hier insbesondere die Nutzungsintensität des Geräteeinsatzes – einbezogen werden

Zudem muss bei den Vergleichsrechnungen berücksichtigt werden, dass in den nächsten Jahren der Anteil von erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung zunehmen wird und dadurch der Emissionsfaktor der Strombereitstellung signifikant sinken wird, vgl. eingehend Abschnitt 2.2.3.1. Dadurch kann sich auch die Lage der Ergebnisse zum Weiterbetrieb von Bestandsgeräten auf der einen Seite und Herstellung und Nutzung von Neugeräten auf der anderen Seite verschieben. Aussagekräftige Vergleichsrechnungen müssen solche Effekte mit abbilden.

1.2 Zielsetzung

Die Zielsetzung des Projekts besteht darin, ökologische und ökonomische Vergleichsrechnungen durchzuführen. Mit diesen Vergleichsrechnungen sollen Empfehlungen für Verbraucher*innen begründet abgeleitet werden, ob sie aus der Perspektive des Klimaschutzes besonders ineffiziente Geräte gegen Geräte der höchsten Effizienzkategorie austauschen oder diese weiterhin nutzen sollten. Als Indikator für die ökologische Vergleichsrechnung wird der Product Carbon Footprint (PCF mit dem Indikator GWP) berechnet. Zusätzlich wird eine ökonomische Vergleichsrechnung durchgeführt, die alle für die Verbraucher*innen relevanten anfallenden Kosten für die Produktnutzung und die Beschaffung des jeweiligen Neugeräts umfasst. Die ökologischen und ökonomischen Vergleichsrechnungen werden zusätzlich ergänzt um den Aspekt Reparaturen. Konkret wird untersucht, inwiefern sich die Ergebnisse der Vergleichsrechnungen verschieben, wenn an den Geräten ein Defekt auftritt und repariert wird. Als zeitlicher Rahmen der Vergleichsrechnungen wurden bis zu 15 Jahre alte Bestandsgeräte (ab dem Jahr 2009) berücksichtigt. Startpunkt der Vergleichsrechnungen ist das Jahr 2025, der Vergleich wurde für weitere 15 Jahre bis zum Jahr 2040 durchgeführt.

1.3 Einbezogene Geräte und festgelegte Unterkategorien

Gegenstand der Vergleichsrechnungen sind die Produktkategorien Kühl- und Gefriergeräte, Geschirrspüler, Staubsauger und Wäschetrockner. Für diese Geräte gibt es jeweils Unterkategorien, die durch die Gerätegröße und Funktionseigenschaften bestimmt werden. In den nachstehenden Abschnitten werden für die vier untersuchten Produktkategorien die jeweils in die Betrachtung gezogenen Funktionsmerkmale und ggf. Unterkategorien beschrieben und die betrachteten Gerätetypen festgelegt.

Für einen fairen Vergleich zwischen Bestandsgeräten einerseits und Neugeräten andererseits wurde bei der Auswahl der Geräte mit Blick auf die Größe und weitere Ausstattungsmerkmale der Geräte die Funktionsäquivalenz angestrebt. Diese Regel entspricht auch dem Grundsatz bei der Festlegung der funktionellen Einheit bei der Durchführung von Ökobilanzen. Im Detail konnte das Prinzip der Funktionsäquivalenz nicht immer streng eingehalten werden, weil bedingt durch den technischen Fortschritt und eine Ausdifferenzierung von Funktionsmerkmalen teilweise keine zu den Bestandsgeräten funktionsidentischen Neugeräte aufgefunden werden konnten oder die Datenbasis eingeschränkt war. Darauf wird im Einzelnen in den nachfolgenden Kapiteln bei den betreffenden Gerätekategorien eingegangen.

Bei den Neugeräten betrachten wir jeweils nur die effizientesten verfügbaren Geräte, also möglichst der höchsten Effizienzklasse, um das Umweltentlastungspotenzial möglichst zu maximieren.

1.3.1 Kühl- und Gefriergeräte

Bei Kühl- und Gefriergeräten kann das Spektrum der am Markt angebotenen Geräte zum einen danach eingeteilt werden, ob es sich um freistehende Geräte oder um Einbaugeräte handelt. Zum anderen kann nach der Funktion der Geräte zwischen Kühlschränken (mit und ohne Gefrierfach), Kühl-Gefrierkombinationen und Gefrierschränken unterschieden werden. Der Marktanteil an Gefriertruhen hat in den letzten Jahren abgenommen und lag 2013 bereits bei weniger als 7 % aller Kühl- und Gefriergeräte (eigene Berechnung nach Daten Seite 47 aus VHK & ARMINES, 2016). Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass Gefriertruhen für das gleiche Nutzvolumen mehr Fläche brauchen als Gefrierschränke und in vielen Wohnungen und Häusern auch Kellerräume intensiver genutzt werden. Vor diesem Hintergrund werden Gefriertruhen hier nicht weiter betrachtet.

Freistehende Geräte haben zumeist eine höhere Energieeffizienz als Einbaugeräte, da sie bei gleicher Größe ein größeres Nutzvolumen aufweisen. Zudem hängt bei Einbaugeräten die Effizienz der Geräte von der konkreten Einbausituation (Nähe zu Wärmequellen wie Herd sowie Belüftung) ab. In den Jahren 2008 bis 2013 wurden in der EU deutlich mehr freistehende Geräte als Einbaugeräte gekauft (etwa 50.000 vs. 16.000 Geräte), weshalb davon auszugehen ist, dass der größere Teil der heutigen Bestandsgeräte freistehende Geräte sind (VHK & ARMINES, 2016). Vor diesem Hintergrund bezieht sich die in diesem Projekt ermittelte Datenbasis auf freistehende Geräte.

Zusätzlich zu den betrachteten Unterkategorien unterscheiden sich die Geräte auch anhand ihres Nutzvolumens. In der für diese Geräteklasse durchgeführten Vorbereitungsstudie¹ wurden

¹ Wenn hier und im folgenden Text von „Vorbereitungsstudien“ oder „Review-Studien“ gesprochen wird, handelt es sich um Studien, die von der EU-Kommission in Auftrag gegeben wurden und werden, um für relevante Produktgruppen spezifische Ökodesign-Verordnungen, delegierte Verordnungen für die Energiekennzeichnung und anerkannte freiwillige Vereinbarungen zu verabschieden sowie Normungsaufträge zu erteilen, siehe bspw. Ökodesign-Arbeitsprogramm 2016–2019 (2016). In den Vorbereitungs- und Review-Studien werden für die im Arbeitsprogramm aufgenommenen Produktgruppen nach einem weitgehend einheitlichen Vorgehen Daten und Informationen zur Ausdifferenzierung der Produkte, Marktdaten, Energie- und Ressourceneffizienz der Produkte, Reparaturfälle etc. gesammelt und in den regulatorischen Kontext eingeordnet.

die Nutzvolumina für die Unterkategorien für private Haushalte wie folgt festgelegt (VHK & ARMINES, 2016):

- ▶ Base Case 1: (reiner) Kühlschrank (ohne Gefrierfunktion): Nettovolumen 247 l
- ▶ Base Case 7: Kühl-Gefrierkombination: Nettovolumen Gefrierteil 79 l, Kühlteil 215 l
- ▶ Base Case 8: (reiner) Gefrierschrank (ohne Kühlfunktion): Nettovolumen 205 l

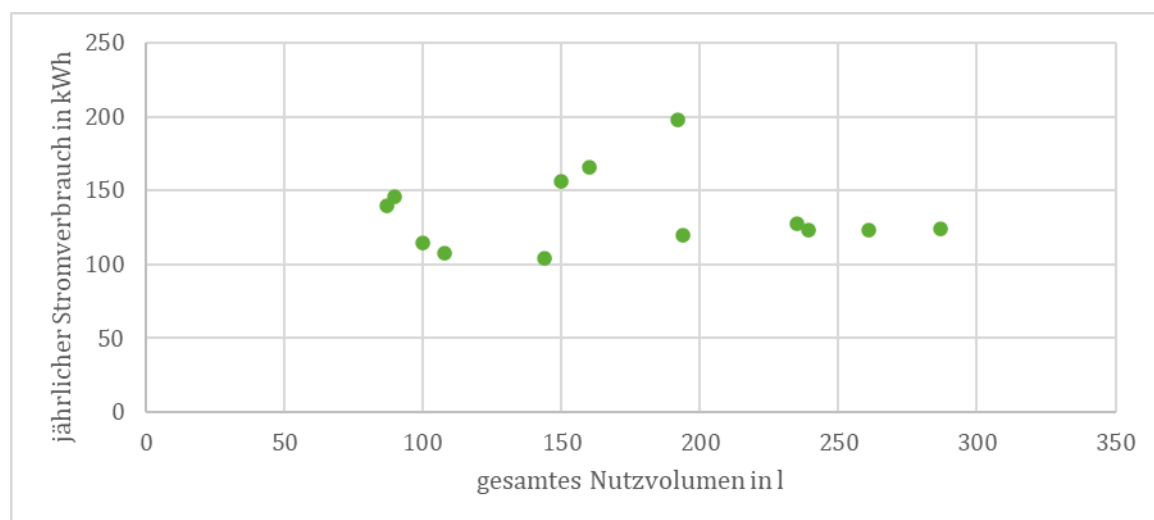
Vergleicht man diese Durchschnittswerte mit den tatsächlichen Nutzvolumina von Geräten, die in den einschlägigen Tests der Stiftung Warentest (Stiftung Warentest, 2015a, 2016a, 2017a, 2017c, 2018b, 2019a, 2019c, 2020a, 2020d, 2021b, 2022, 2023b, 2023c, 2024b) untersucht wurden, ergibt sich ein deutlich abweichendes Bild:

- ▶ Bei Kühlschränken ist ein gängiges Volumen um 100 l, also weniger als die Hälfte des in den Vorbereitungsstudien ermittelten Durchschnittswerts, daneben gibt es eine Häufung von getesteten Geräten mit einem Nettovolumen um 270 l.
- ▶ Bei Kühl-Gefrierkombinationen liegt bei den meisten Geräte das Nettovolumen des Gefrierteils um die 50 l und das Nettovolumen des Kühlteils um 160 l.
- ▶ Bei den Gefrierschränken gibt es zwei häufig getestete Bereiche von Nutzvolumina, der erste Bereich liegt um 60 l, der zweite bei etwa 170 l.

Die zur Entwicklung von Ökodesign-Produktverordnungen zugrunde gelegten durchschnittlichen Nutzvolumina fallen somit signifikant höher aus als die Nutzvolumina der von der Stiftung Warentest ausgewählten Geräte.

Ein höheres Nutzvolumen führt nicht unbedingt zu einem höheren absoluten Stromverbrauch der Geräte. Wie beispielhaft in folgender Abbildung 1 zu erkennen ist, besteht keine eindeutige Korrelation zwischen dem Stromverbrauch und dem Nutzvolumen.

Abbildung 1: Darstellung des jährlichen Stromverbrauchs (in kWh) in Abhängigkeit des gesamten Nutzvolumens für A++-Geräte aus dem Jahr 2017



Quelle: Öko-Institut, Daten aus Stiftung Warentest (2017a)

Generell ist bei auf dem Markt angebotenen Neugeräten ein Trend zu größeren Nutzvolumina zu beobachten. Laut VHK und ARMINES (2016) gibt es eine durchschnittliche Steigerung des

Nutzvolumens der am Markt angebotenen Kühlgeräte um 1,2 % pro Jahr. Demnach werden neue Kühl- und Gefriergeräte zumeist größere Nutzvolumina aufweisen als die Bestandsgeräte.

Aus diesen Gründen wird in dieser Studie von einer Einteilung nach dem Nutzvolumen abgesehen, da ein direkter Vergleich des gleichen Nutzvolumens teilweise nicht mehr möglich ist und auch in Anbetracht der fehlenden Korrelation zum Stromverbrauch als wenig zielführend erscheint.

Durch eine Revision der Messmethodik des Stromverbrauchs ab März 2021² ist zudem kein direkter Vergleich der Stromverbrauchsangaben nach der alten Delegierten Verordnung (EU) Nr. 1060/2010 mit der Angabe auf dem neuen Energielabel (Delegierte Verordnung (EU) 2019/2016 der Kommission vom 11. März 2019 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2017/1369 des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Energieverbrauchs-kennzeichnung von Kühlgeräten und zur Aufhebung der Delegierten Verordnung (EU) Nr. 1060/2010 der Kommission, 2019) möglich. Die Berechnung des Stromverbrauchs hängt neben der gewählten Umgebungstemperatur auch von modellspezifischen Ausführungen, wie beispielsweise den vorhandenen Fachtypen (Kaltlagerfach, 0- bis 4-Sterne-Fach etc.) und dem Nutzvolumen ab. Deshalb lässt sich kein pauschaler Faktor ermitteln, mit welchem man eine Vergleichbarkeit zwischen dem alten und dem neuen Energielabel herstellen könnte.

Als Konsequenz daraus kann für die Gerätegruppe der Kühl- und Gefriergeräte kein direkter Vergleich von einem Bestandsgerät einer bestimmten Energieeffizienzklasse mit einem Neugerät der besten Energieeffizienzklasse erfolgen. Um dennoch beurteilen zu können, ab wann sich der Austausch eines funktionierenden Geräts lohnt, werden in der folgenden Auswertung die Stromverbräuche errechnet, ab welchen sich die ökologische und ökonomische Betrachtung zu Gunsten eines Austausches verschiebt. Die Verbraucher*innen werden angehalten, den Stromverbrauch ihres Bestandsgeräts selbst zu messen, um spezifisch für ihr Gerät Rückschlüsse aus den Ergebnissen ziehen zu können.

Energiemessgeräte können über diverse Stellen ausgeliehen werden. Mögliche Anlaufstellen sind u.a.:

- ▶ Bibliotheken
- ▶ Verbraucherzentralen
- ▶ Stromversorger, z. B. Stadtwerke
- ▶ Klimareferate von einigen Städten und Landkreisen

Für die Ermittlung des Stromverbrauchs der Neugeräte werden ausschließlich Modelle, die in die beste Energieeffizienzklasse A fallen, betrachtet. Insbesondere bei den Kühl- und Gefrierschränken sind aktuell nur sehr wenige Modelle der Energieeffizienzklasse A auf dem Markt verfügbar (vgl. Kapitel 3.3.1 und 3.3.3), weshalb hier nicht alle Größen verfügbar sind. Die Auswahl an Modellen der Energieeffizienzklasse A wird sich jedoch absehbar erweitern.

1.3.2 Geschirrspüler

Bei Geschirrspülern können, was die Gerätebreite angeht, 45 cm und 60 cm breite Geräte unterschieden werden. 45 cm breite Geräte nehmen etwa 8 bis 9 Maßgedecke auf, 60 cm breite Geräte

² Einer der Hauptunterschiede in der Berechnungsmethode ist die Umgebungstemperatur, bei der der Stromverbrauch gemessen wird. Nach der alten Delegierten Verordnung Nr. 1060/2010 wird der Stromverbrauch über 24 h nach einer Normprüfung bei 25 °C gemessen, während bei der Delegierten Verordnung Nr. 2019/2016 der Durchschnitt aus dem Stromverbrauch bei 16 °C und bei 32 °C gebildet wird.

12 bis 15 Maßgedecke. 45 cm breite Geräte haben im Eco-Programm in etwa vergleichbare Verbrauchswerte wie 60 cm breite Geräte. Das heißt, pro Maßgedeck fällt der Energieverbrauch größer aus als bei Geräten mit der Standardbreite von 60 cm (Stiftung Warentest, 2024a). Auch angesichts der weitaus größeren Marktbedeutung von über 85 % im Jahr 2014 (Boyano et al., 2017) wurde entschieden, in diesem Projekt ausschließlich Geräte mit der Standardbreite von 60 cm zu betrachten.

Daneben gibt es seit wenigen Jahren auch sogenannte XXL-Geräte. Es handelt sich um Geräte mit einer Standardbreite von 60 Zentimetern, in die, wie bei Standardgeräten gewöhnlicher Bauhöhe, 12 bis 15 standardisierte Maßgedecke passen. Da XXL-Geräte mit 84 bis 86 cm höher sind als Standardgeräte (80 bis 82 cm), passen zwar nicht mehr Maßgedecke in die Maschine, aber größere Teller (zum Beispiel für Pizza), hohe Töpfe oder langstielige Gläser. Der Energieverbrauch von XXL-Geräten unterscheidet sich dabei nicht von dem herkömmlicher Geräte, so dass dies bei der Festlegung der Gerätekategorie keine Rolle spielt. Ebenso hat das Integrationskonzept keinen Einfluss auf den Energieverbrauch³.

Bei den Geschirrspülern gibt es eine stetige Verschiebung der Anzahl an Gedecke hin zu einer Kapazität von 13 bis 14 Maßgedecken. Während 1998 noch 85 % der Geräte eine Kapazität von 12 Gedecken hatten, waren es im Jahr 2013 nur noch etwa 40 %, während der Anteil von 13 Gedecken von 0 % im Jahr 1998 auf 31 % im Jahr angestiegen ist (Boyano et al., 2017).

Demnach ist davon auszugehen, dass ein Bestandsgerät mit einer hohen Wahrscheinlichkeit eine geringere Anzahl an Gedecken im Vergleich zu einem Neugerät aufnimmt. Dieser Effekt kommt jedoch nur dann zum Tragen, wenn die Verbraucher*innen die Kapazität ihrer Geschirrspüler voll ausschöpfen.

Zusammenfassend wird für die Geschirrspüler in diesem Projekt eine Standardbreite von 60 cm angenommen, bezüglich der Kapazität wird von durchschnittlich 12 Maßgedecken bei Bestandsgeräten und 13 bis 14 Maßgedecken bei Neugeräten⁴ ausgegangen.

1.3.3 Wäschetrockner

Wäschetrockner können nach ihrer technischen Funktionsweise unterschieden werden:

- ▶ Bei Ablufttrocknern wird die feuchtigkeitsgesättigte Abluft des Geräts über einen Abluftschlauch ins Freie geführt. Dadurch entsteht im Rauminnen ein Unterdruck, so dass durch diffuse Undichtigkeiten Außenluft ins Rauminnere gelangt. Deshalb entsteht neben dem Energieverbrauch der Geräte selbst während der Heizperiode auch ein zusätzlicher Raumwärmebedarf.
- ▶ Bei Kondensationstrocknern wird die Luft im Gerät in einem nahezu geschlossenen Kreislauf geführt. Durch einen Kondensator wird das Wasser aus der feuchtigkeitsbeladenen Luft ausgefällt. Bauartbedingt sind dafür zwei Gebläse erforderlich.
- ▶ Wärmepumpentrockner sind vom Grundprinzip ebenfalls Kondensationstrockner, allerdings erfolgt die Kondensation der feuchtigkeitsbeladenen Luft an der kalten Seite der Wärmepumpe, wodurch die Kondensationswärme genutzt werden kann. Der Energiebedarf eines

³ Bei vollintegrierten Geräten ist die Bedienblende versteckt, nach dem Einschalten wird die Maschine geschlossen, das Bedienfeld ist dann unsichtbar. Bei teilintegrierter Bauart bleibt das Bedienfeld sichtbar, wodurch die Front der Maschine optisch nicht mit der Küchenzeile verschmilzt.

⁴ Hierdurch ist eine Funktionsäquivalenz im engeren Sinne zwischen dem Bestandsgerät und dem Neugerät nicht mehr gegeben. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Kapazität der Geschirrspüler selten zu 100 % ausgereizt wird und die neuen Geräte demnach trotz größerer Kapazität nicht seltener angestellt werden. Aus diesem Grund ist eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse in den meisten Fällen dennoch gegeben.

Wärmepumpentrockners kann somit gegenüber konventionellen Trocknern auf nahezu die Hälfte des Verbrauchs verringert werden. Gemäß der EU-Verordnung Nr. 392/2012 darf der Energieeffizienzindex von Wäschetrocknern ab November 2015 einen Wert von 76 nicht überschreiten. Dies hat dazu geführt, dass bei Neugeräten ausschließlich solche mit Wärmepumpe am Markt angeboten werden.

Neben Wäschetrocknern werden am Markt auch sogenannte Waschtrockner angeboten. Es handelt sich dabei um die Kombination einer Waschmaschine mit einem Wäschetrockner in einem Gerät. Diese Kombinationsgeräte sind nach den bisherigen Erfahrungen deutlich weniger effizient als die Einzelgeräte Waschmaschine und Wäschetrockner; sie werden daher hier nicht weiter betrachtet.

Ablufttrockner mit Gasfeuerung zur Erwärmung der Trockenluft werden ganz überwiegend im gewerblichen Bereich angeboten. Das einzige im privaten Bereich vor etwa 15 Jahren angebotene Gerät ist nicht mehr am Markt verfügbar.

1.3.4 Staubsauger

Bei Staubsaugern wurden in den Vorbereitungsstudien für Geräte zur privaten Nutzung in folgende Unterkategorien unterschieden (AEA Energy & Environment, 2009; Rames et al., 2019):

- ▶ Base Case 1: Netzbetriebene Haushalts-Staubsauger
- ▶ Base Case 3: Schnurlose Staubsauger
- ▶ Base Case 4: Staubsaugerroboter

Für Staubsauger gilt nach einer erfolgreichen Klage eines Herstellers seit dem 1.1.2019 keine Energieverbrauchskennzeichnung mehr. Eine neue Energiekennzeichnungsverordnung ist zur Zeit der Berichtserstellung auf EU-Ebene in Abstimmung. In der Entwurfsfassung für das neue Energielabel sind Saugroboter und akkubetriebene Staubsauger ausgeschlossen (Rames et al., 2019). In der aktuellen Ökodesign-Regulierung sind sie derzeit ebenfalls ausgeschlossen (Verordnung (EU) Nr. 666/2013 der Kommission vom 8. Juli 2013 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Staubsaugern, 2013). Vor diesem Hintergrund können auf Basis des zukünftigen Energielabels heute und in den nächsten Jahren keine besonders effizienten Saugroboter- und akkubetriebenen Staubsauger-Modelle identifiziert werden. Netzbetriebene Haushalts-Staubsauger werden demgegenüber unter das neue Energielabel fallen. Zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieses Berichtes (Februar 2025) gilt die neue Energielabel-Verordnung für Staubsauger noch nicht, so dass noch keine gekennzeichneten netzbetriebenen Haushalts-Staubsauger auf dem Markt sind. Es lässt sich daher weder mit Sicherheit sagen, welches die beste Energieeffizienzklasse ist, für die Produkte nach Inkrafttreten des neuen Energielabels auf dem Markt verfügbar sein werden, noch zu welchen Preisen sie angeboten werden.

Verbraucher*innen, die ihren Staubsauger im Zeitraum von 2019 bis zur Einführung des neuen Energielabels gekauft haben bzw. noch kaufen, können nicht wissen, welche Energieeffizienzklasse ihr Staubsauger nach dem alten oder dem neuen Energielabel gehabt hätte. Um diese Verbraucher*innen mit der vorgesehenen Grafik darüber zu informieren, ob ein vorzeitiger Ersatz empfehlenswert ist, müsste ersatzweise ein passender Bezug gewählt werden, z. B. die maximale Leistungsaufnahme. Nach jüngsten Testergebnissen der Stiftung Warentest kann allerdings die tatsächliche Leistungsaufnahme signifikant höher als die angegebene Nennleistung liegen, so war bei 4 von 10 getesteten Geräten die tatsächliche Leistungsaufnahme signifikant höher als die auf dem Typenschild angegebene Nennleistung (Stiftung Warentest, 2024d).

Für netzbetriebene Haushalts-Staubsauger lassen sich Modelle mit Beutel und beutellose Modelle unterscheiden. Laut der Vorbereitungsstudie und den dort ausgewerteten Quellen besteht nur ein geringer Unterschied im Energieverbrauch beim Staubsaugen zwischen den beiden Modelltypen (AEA Energy & Environment, 2009). Allerdings stellt bei Modellen mit Beutel der Verbrauch an Beuteln einen Mehraufwand gegenüber beutellosen Modellen dar. In der Review-Studie der Ökodesign-Verordnung sowie der annullierten Energielabel-Verordnung wurde nur ein geringer Anteil an den Gesamtumweltauswirkungen über die Lebensdauer von 0,3 % am Gesamtenergieverbrauch und 0,4 % an den gesamten Emissionen an CO₂-Äquivalenten (CO₂-eq) durch die Beutel ermittelt (Rames et al., 2019). Dort wird die Stiftung Warentest mit der Aussage zitiert, dass Verbraucher*innen bei Modellen mit Beutel zwar die Kosten für die Beutel aufwenden müssten, aber die Kaufpreise für beutellose Modelle höher als für solche mit Beuteln lägen.

Nach einer 2022 durchgeführten Ökobilanz der Stiftung Warentest haben akkubetriebene Staubsauger mit 23 Umweltschadenspunkten eine günstigere Ökobilanz als kabelgebundene Geräte mit 33 Umweltschadenspunkten (Stiftung Warentest, 2024f). Ausschlaggebend für dieses Ergebnis ist die höhere Leistungsaufnahme der kabelgebundenen Geräte im Vergleich zu den akkubetriebenen. Das Ergebnis hängt stark von der gewählten Saugstufe ab. Wenn beispielsweise das kabelgebundene Gerät auf eine niedrige Saugleistung eingestellt wird, nähern sich die Werte an. Zudem ist es für das Vergleichsergebnis mit entscheidend, ob die Akkus fest verbaut sind oder gewechselt werden können. Schließlich muss berücksichtigt werden, dass die wenigen akkubetriebene Geräte, deren Saugleistung nach Stiftung Warentest mit „sehr gut“ oder „gut“ bewertet wurden, im Vergleich zu den kabelgebundenen Geräten in der Anschaffung deutlich teurer sind (mindestens 500 Euro gegenüber 200 bis 250 Euro) (Stiftung Warentest, 2024d)⁵.

Zusammenfassend ergeben sich bei dieser Gerätekategorie folgende Schlussfolgerungen für die konkrete Geräteauswahl:

- Es werden kabelgebundene Staubsauger (mit oder ohne Beutel) ausgewählt, ohne dass eine Differenzierung nach Geräten mit/ohne Beutel erfolgt, da sich das nach den oben zitierten Erkenntnissen weder mit Blick auf den Energieverbrauch in der Nutzungsphase noch in den Gesamtkosten auswirkt.
- In der Modellstruktur in der Excel werden zusätzlich für Neugeräte auch akkubetriebene Geräte mit einbezogen. Von einer Kommunikation an die Verbraucher*innen wird jedoch derzeit abgeraten. Zum einen sind akkubetriebene Geräte aufgrund der begrenzten Laufzeit der Geräte mit einer Akkuladung nicht völlig funktionsäquivalent zu kabelgebundenen Geräten. Zum anderen sind die akkubetriebenen Geräte in der Anschaffung deutlich teurer als kabelgebundene Geräte, auch wenn nach jüngsten Berichten die Preisdifferenz zwischen guten Akkustaubsaugern und kabelgebundenen Geräten geringer wird, siehe oben. Schließlich liegen mit Blick auf die Ökobilanz der Geräte widersprüchliche Informationen zwischen der Ergebnissen aus der Ökodesign-Review-Studie (Rames et al., 2019) einerseits und den Ergebnissen einer vergleichenden Ökobilanz von der Stiftung Warentest andererseits vor, vgl. Abschnitt 2.2.1.4. Bis Redaktionsschluss des vorliegenden Gutachtens im Februar 2025 konnten die von der Stiftung Warentest berechneten Ökobilanzergebnisse nicht disaggregiert zur Verfügung gestellt werden, so dass der Widerspruch nicht aufgelöst werden konnte.

⁵ Allerdings gibt es nach einem im Februar 2025 erschienen Testbericht Bewegung auf dem Markt, da inzwischen drei akkubetriebene Handstaubsauger mit Testurteil Saugen „gut“ getestet wurden, wovon zwei unter 400 Euro kosten Stiftung Warentest (2025)

1.4 Methodische Grundlagen

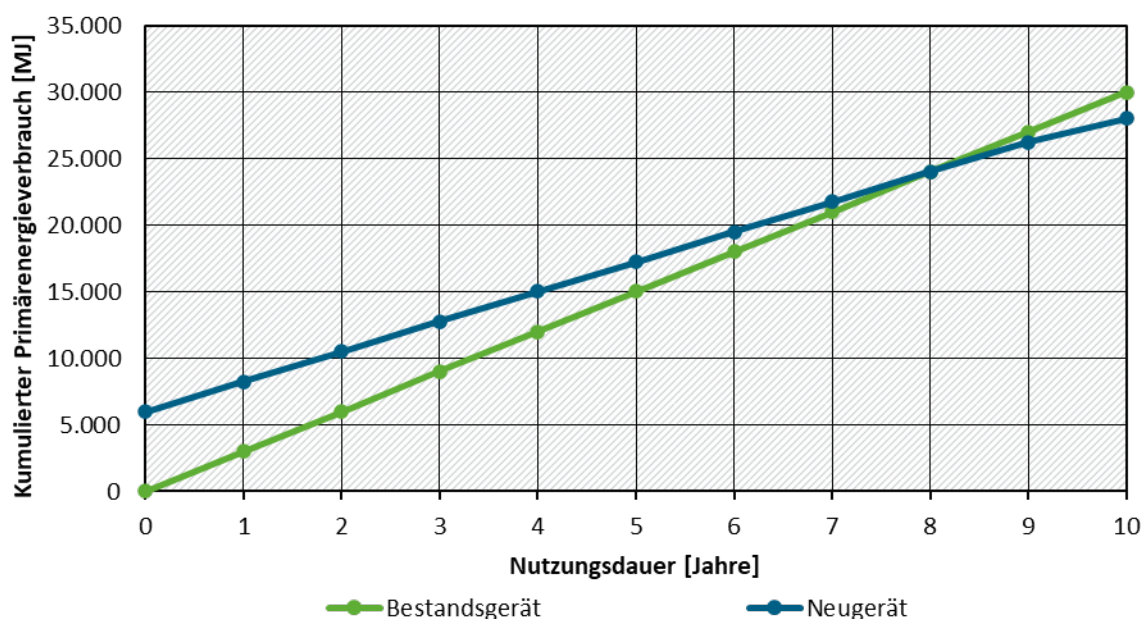
1.4.1 Grundsätzliche Überlegungen

Haushaltsgeräte sind Produkte, von denen Verbraucher*innen eine lange Lebensdauer erwarten. Das heißt, es wird davon ausgegangen, dass diese Produkte über eine lange Nutzungsdauer zuverlässig zur Verfügung stehen. In den letzten Jahren wurde im Zusammenhang mit Strategien zur Steigerung der Energieeffizienz wiederholt diskutiert, ob eine hohe technische Lebensdauer und damit eine lange Nutzungsdauer von Haushaltsgeräten überhaupt sinnvoll sind, bzw. ob es umgekehrt besser sein könnte, einen vorzeitigen Ersatz von Haushaltsgeräten in Betracht zu ziehen.

Vorzeitiger Ersatz in diesem Zusammenhang bezeichnet eine Strategie, im Bestand vorhandene und voll funktionsfähige, aber im Vergleich zu Neugeräten weniger energieeffiziente Haushaltsgeräte noch vor Ablauf der technisch möglichen Lebensdauer durch neue, vorzugsweise besonders energieeffiziente Haushaltsgeräte zu ersetzen. Der Kerngedanke ist dabei, in einer ganzheitlichen Betrachtung Energie (sowie damit zusammenhängende Umweltbelastungen) einzusparen. Ganzheitlich heißt in diesem Zusammenhang, dass nicht nur der Energieverbrauch der Geräte während der Nutzungsphase, sondern auch der Energieverbrauch sowie Umweltauswirkungen zur Herstellung der neuen Geräte oder zur Entsorgung der zu ersetzenden Geräte mitbetrachtet werden.

Dieser grundsätzliche Ansatz ist anhand eines fiktiven Beispiels in Abbildung 2 dargestellt. In diesem Beispiel wird angenommen, dass das neue Gerät in der Nutzungsphase nur 75 % des Energieverbrauches des Bestandsgeräts hat. Nach etwa acht Jahren ist der kumulierte Primärenergieverbrauch des neuen Geräts geringer, als wenn das Bestandsgerät weiter betrieben würde.

Abbildung 2: Grundsätzlicher Ansatz für die Betrachtung des vorzeitigen Ersatzes (fiktives Beispiel)



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf C. Gensch & Blepp, 2015.

Bei näherer Betrachtung und unter Einbezug früherer Veröffentlichungen in diesem Kontext zeigt sich, dass Betrachtungen zum Weiterbetrieb funktionierender Geräte versus vorzeitigem Ersatz komplex ausfallen. Die Gründe hierfür sind vielschichtig, so dass nachstehend ohne Anspruch auf Vollständigkeit die wichtigsten Aspekte benannt werden:

- ▶ Für den Vergleich Weiterbetrieb Bestandsgerät versus Neugerät muss der Umweltaufwand für die Herstellung und Distribution der Neugeräte ökobilanziell erfasst werden. Bislang gibt es dazu wenige Studien. Zwar liegen mit den Vorbereitungs- und Review-Studien aus dem Ökodesign-Prozess für die wichtigsten Geräte Daten vor, nach der MEErP-Methode⁶ werden aber Ressourcenaufwand und Umweltbelastungen aus den elektronischen Komponenten (bestückte Leiterplatten, einschließlich Sensoren und Aktoren) unterschätzt. Dies ist umso relevanter, als Haushaltsgeräte heute wesentlich mehr Elektronikkomponenten haben als früher. Für eine korrekte Einordnung in die ökologischen Vergleichsrechnungen müssen daher Studienergebnisse zugrunde gelegt werden, die diesen Aspekt explizit berücksichtigen.
- ▶ Für die Vergleichsrechnungen müssen für die Bestandsgeräte und für die Neugeräte unter vergleichbaren Annahmen und Randbedingungen ermittelte Verbrauchsdaten zur Verfügung stehen. Bei den Produktgruppen Kühl- und Gefriergeräte sowie Geschirrspüler wurde eine neue Energieeffizienzkennzeichnung eingeführt. Dabei hat sich nicht nur die Einteilung nach Klassen geändert, sondern auch die Logik der Bildung von Effizienzklassen und die Messung der Energieverbräuche. Auf den Umgang mit diesem Sachverhalt wird bei den einzelnen in dieser Studie untersuchten Geräten näher eingegangen.
- ▶ Im Betrachtungszeitraum dieser Studie wird sich der Anteil erneuerbarer Energieträger im Stromnetz deutlich erhöhen. Sinkt das GWP bezogen auf die bereitgestellte Nutzenergie, verlängert sich in der Tendenz die Nutzungsdauer des Neugeräts, ab der sich im Vergleich zum Weiterbetrieb des Bestandsgeräts ein vorzeitiger Ersatz rechnet. Entsprechende Daten zu diesem Aspekt werden in Abschnitt 2.2.3.1 ermittelt.
- ▶ Bei intensiver Nutzung von Geräten kann sich der Austausch eines funktionierenden Geräts schneller als bei extensiver Nutzung lohnen. Daher muss bei den Vergleichsrechnungen auch die Nutzungsintensität betrachtet werden. Im Rahmen der Vorbereitungs- und Review-Studien des EU-Ökodesign-Prozesses wurden (und werden) Daten erhoben, die die durchschnittliche Nutzung in Europa unter standardisierten Bedingungen („Standard Base Case“) sowie unter angenommenen realen durchschnittlichen Bedingungen („Real Life Base Case“) abbilden. Dieser Ansatz macht aus regulatorischer Sicht Sinn, da hier Grundlagen für Mindestanforderungen für Produkte erarbeitet werden. Für Vergleichsrechnungen, die Kaufentscheidungen von Verbraucher*innen unterstützen sollen, muss demgegenüber versucht werden, die Unterschiede in den Lebenswirklichkeiten in den Haushalten mit Hilfe von Nutzungsszenarien abzubilden, siehe dazu eingehend Abschnitt 2.2.2.2.
- ▶ Grundsätzlich wurde – dem Ökobilanzprinzip folgend – eine funktionelle Äquivalenz zwischen Bestands- und Neugerät angenommen. Teilweise konnte dieses Prinzip nicht völlig eingehalten werden, wenn beispielsweise besonders energiesparende Neugeräte am Markt andere Leistungskennwerte, wie Nutzvolumina, aufweisen als Vergleichsgeräte im Bestand. Auf diesen Sachverhalt wird bei den einzelnen Gerätekategorien näher eingegangen. Daneben kann das Prinzip der Funktionsäquivalenz auch einer aus ökologischer Sicht sinnvollen Verhaltensänderung entgegenstehen. So könnte beispielsweise beim Ersatz einer

⁶ Die 2011 eingeführte Methodology for the Ecodesign of Energy-related Products (MEErP) wurde entwickelt, um verschiedene elektrische oder elektronische Gerätetypen dahingehend zu bewerten, ob sie bestimmte Kriterien der Ökodesign-Richtlinien erfüllen. Teil der Methodik ist eine vereinfachte Analyse der Umweltauswirkungen.

bestehenden Kühl- und Gefrierkombination durch ein Neugerät mit reiner Kühlfunktion ein wesentlich geringerer Verbrauch in der Nutzungsphase realisiert werden⁷. Solche Aspekte werden fallbezogen mit Hilfe von Sensitivitätsanalysen abgebildet.

1.4.2 Vereinfachte Ökobilanz: Product Carbon Footprint und kumulierter Energieaufwand (KEA)

Allgemein dient die Wirkungsabschätzung im Rahmen von Ökobilanzen dazu, die Sachbilanzergebnisse hinsichtlich ihrer potenziellen Wirkungen auf die Umwelt zu quantifizieren. Konkret werden dabei die Sachbilanzdaten den entsprechenden Wirkungskategorien zugeordnet und charakterisiert (zum Beispiel Kohlendioxid und Methan zur Wirkungskategorie Treibhauseffekt) und – soweit das beim derzeitigen Stand der Wissenschaft möglich ist – wirkungsbezogen zusammengefasst. Das heißt zum Beispiel, dass alle treibhausrelevanten Gase, wie u. a. Kohlendioxid und Methan, gewichtet nach dem stoffspezifischen Wirkungspotenzial zum Indikator Global Warming Potential – GWP – zusammengefasst werden.

Die ökologischen Vergleichsrechnungen basieren im Kern ausschließlich auf dem Wirkungsindikator GWP. Zusätzlich wurde der Primärenergieverbrauch als kumulierter Energieaufwand – KEA – als Maß für den gesamten Verbrauch an energetischen Ressourcen ausgewiesen.

Die weiteren zentralen Festlegungen für die Vergleichsrechnungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ▶ **Zeitbezogener Erfassungsbereich:**
Die in die Berechnungen einbezogenen Daten sollen den repräsentativen, mittleren Stand der Technik sowie die derzeitigen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen abbilden. Für die Strombereitstellung erfolgt eine zeitliche Projektion bis zum Jahr 2040.
- ▶ **Geographischer Erfassungsbereich:**
Der geographische Bezugsraum für die Nutzungsphase ist Deutschland. Auf ihn beziehen sich die Hintergrunddaten, beispielsweise zur Strom- und Wasserbereitstellung und zu den Nutzungsmustern.
- ▶ **Technologischer Erfassungsbereich:**
Die verwendeten allgemeinen Daten bilden grundsätzlich den mittleren Stand der Technik ab. Konkret bedeutet dies, dass die in dieser Studie verwendeten Daten zur Herstellung und Distribution der Neugeräte den Mix an den im Bestand befindlichen Technologien abbilden. Die ausgewählten Referenzgeräte bilden mit Blick auf die Nutzungsphase den jeweiligen besten verfügbaren Stand der Technik ab.
- ▶ **Bestandsgeräte werden als „gegeben“ betrachtet, d. h., dass die Herstellung und der Transport der Geräte nicht in der Berechnung berücksichtigt wurden, um eine reale Situation zu simulieren, in der die Verbraucher*innen sich entscheiden, ob sie ein Gerät länger nutzen oder austauschen. Zusätzlich fällt bei einem Ersatz eines funktionierenden Geräts die Entsorgung des Bestandsgeräts an, dies wird dementsprechend zusätzlich zu Lasten des Kaufs eines Neugeräts eingerechnet.**
- ▶ **Für Bestandsgeräte werden Annahmen zu typischen Reparaturen getroffen, der Aufwand zur Herstellung von Ersatzteilen, inkl. ggf. der Anfahrt des Kundendienstes, wird mitberücksichtigt.**

⁷ So liegt bspw. nach der jetzigen Einstufung in Effizienzklasse A der Jahresverbrauch eines reinen Kühlschranks (bspw. Liebherr Modell RBa30 425i) mit 65 kWh/Jahr deutlich niedriger als bei der effizientesten Kühl- und Gefrierkombination eines Modells dieses Unternehmens (Liebherr Modell CNSda 5723 Plus NoFrost mit 104 kWh/Jahr).

1.4.3 Lebenszykluskostenrechnung

Mit der Lebenszykluskostenrechnung (englisch: ‚Life Cycle Costing‘, LCC) können alle relevanten monetären Kosten ermittelt werden, die ein Produkt entlang seines gesamten Produktlebenszyklus verursacht. Der LCC-Ansatz ist allgemein definiert als die Berechnung und Bewertung aller monetären Kosten⁸, die mit einem Produkt verbunden sind und die direkt durch einen oder mehrere Akteure im Lebenszyklus dieses Produkts getragen werden. Im Gegensatz zur isolierten Betrachtung des Anschaffungspreises macht der LCC-Ansatz dann Sinn, wenn ein bedeutender Anteil der Kosten während der Nutzungsphase (oder Entsorgung) auftritt.

Für Lebenszykluskostenrechnungen gelten fünf Grundprinzipien, die sich wie folgt zusammenfassen lassen⁹:

1. Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus
2. Festlegung der Systemgrenzen
3. Berücksichtigung relevanter Kostenelemente
4. Akteursspezifische Kostenerfassung
5. Orientierung am zu erfüllenden Nutzen

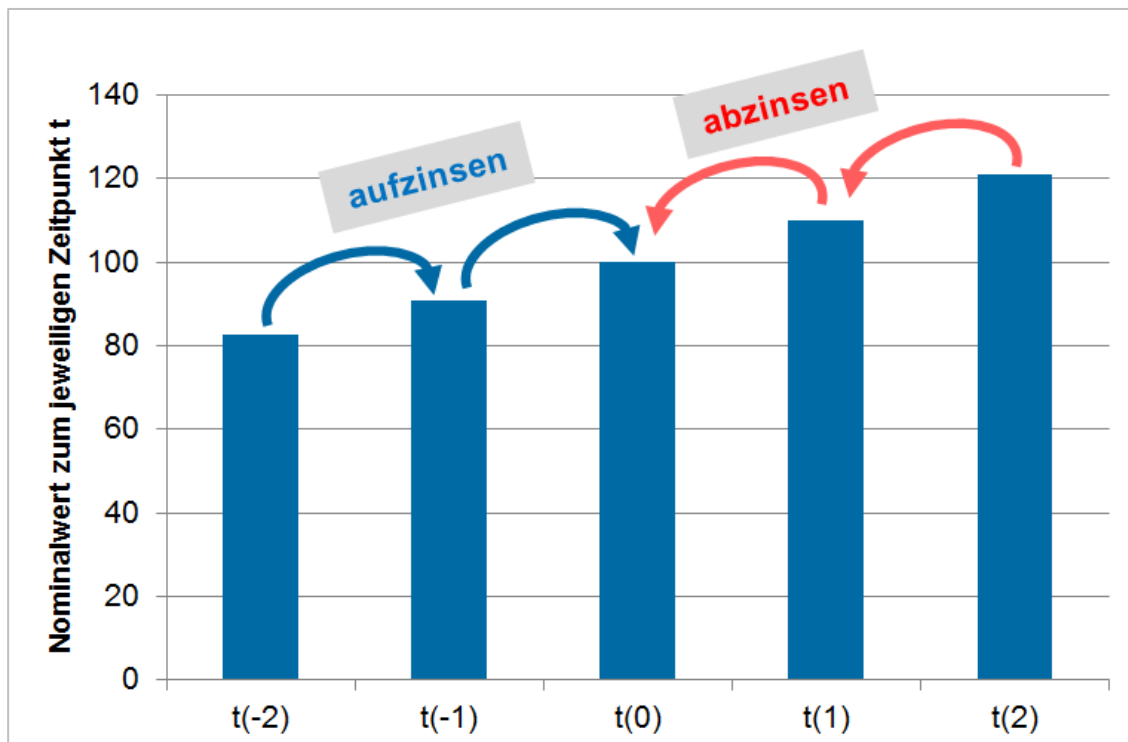
Für die konkrete Berechnung von Lebenszykluskosten wird mit der sogenannten Barwertmethode ein dynamisches Verfahren der Investitionsrechnung herangezogen. Die Investitionsrechnung ist ein eingeführtes betriebswirtschaftliches Verfahren. Dynamische Verfahren der Investitionsrechnung berücksichtigen das zeitliche Auftreten von Einnahmen und Ausgaben. Im Gegensatz dazu werden bei statischen Verfahren die Zeitpunkte von Einnahmen und Ausgaben nicht berücksichtigt. Das bedeutet: Unabhängig davon, wann bestimmte Ausgaben, wie Energie- oder Wasserkosten, anfallen, gehen diese bei statischen Verfahren in stets gleicher Höhe in die Ermittlung der Gesamtkosten ein. Gegenüber der Realität ist dies eine wesentliche Vereinfachung, da aufgrund von Zinseffekten der zeitliche Anfall durchaus einen finanziellen Unterschied machen kann.

Für die Lebenszykluskostenrechnung werden daher im dynamischen Verfahren alle Einnahmen und Ausgaben während der gesamten Nutzungsdauer der betreffenden Produkte erfasst. Die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Geldströme werden mit Hilfe eines bestimmten Zinsfaktors (Diskontsatz) auf einen einheitlichen Vergleichszeitpunkt auf- oder abgezinst (diskontiert). Zahlungen, die in der Vergangenheit geleistet wurden, werden damit anders bewertet als Zahlungen, die heute oder erst in der Zukunft geleistet werden. Für eine Beschaffung wird die Höhe aller Kosten zum Investitionszeitpunkt $t(0)$ bestimmt und alle zukünftigen Geldflüsse, wie beispielsweise Stromkosten, dann auf den sogenannten Barwert abgezinst, siehe Abbildung 3. Die einzelnen Barwerte können anschließend zu einer Gesamtkostensumme addiert werden.

⁸ Hiermit sind die unmittelbaren mit dem Produkt verbundenen Kosten, wie die Stromkosten für dessen Nutzung, gemeint. Indirekte Kosten, die bspw. durch das Emittieren von Treibhausgasen verursacht werden, werden hier nicht berücksichtigt.

⁹ Eine ausführliche Darstellung kann beispielsweise diesem Schulungsskript entnommen werden: Baron und Gröger (2019).

Abbildung 3: Auf- und Abzinsung eines Zahlungsstroms



Quelle: Baron & Gröger, 2019

Mit Blick auf die hier durchzuführenden Vergleichsrechnungen von Haushaltsgeräten können folgende Vereinfachungen dieser Barwertmethode vorgenommen werden. Vor dem Investitionszeitpunkt $t(0)$ werden in der Regel keine Zahlungen, die dann aufzuzinsen wären, getätigt (es sei denn, es müssten beispielsweise beim Händler vorab Anzahlungen geleistet werden). Die Investitionskosten fallen in der Regel ausschließlich zum Zeitpunkt $t(0)$ als Anschaffungskosten an (abgesehen von Fällen, in denen ein Kreditkauf auf Raten vereinbart wurde). Die abzuzinsenden Zahlungen der Zukunft wären dann ausschließlich die Betriebskosten, hier also Stromkosten, bei allen vier hier betrachteten Gerätekategorien und zusätzlich Wasser-/Abwasserkosten bei Geschirrspülern.

Die Barwertmethode mit einem einstellbaren Diskontsatz ist Bestandteil des Kostenteils der Modellierungsstruktur (vgl. Abschnitt 3.1). Dennoch wäre der Einwand berechtigt, dass Privathaushalte bei Ausgaben unter 1.000 Euro für einen Zeitrahmen bis zehn Jahre in der Regel keine Investitionsrechnungen anstellen. Zudem würden sich die abgezinsten zukünftigen Kosten einerseits und die im Modell angenommenen Preissteigerungen für Strom und Wasser/Abwasser andererseits näherungsweise aufheben, so dass praktisch keine Unterschiede zwischen den Berechnungsansätzen bestünden.

2 Datengrundlagen für die Vergleichsrechnungen

2.1 Einleitung und Überblick

In den nachstehenden Abschnitten werden die recherchierten Datengrundlagen für die Vergleichsrechnungen im Einzelnen dargestellt. Darüber hinaus wurde auf Analysen der Stiftung Warentest zurückgegriffen, um realistische Vergleichswerte für die Verbrauchswerte von Bestandsgeräten zu ermitteln. Dafür wurden die Testergebnisse zu den untersuchten Gerätekategorien aus den Jahren 2014 bis 2024 verwendet. Diese Ergebnisse werden aus Übersichtsgründen nicht in Textform, sondern in Form von strukturierten Datentabellen in MS Excel zur Verfügung gestellt. Die Excel-Datei kann auf Anfrage durch das Umweltbundesamt herausgegeben werden.

2.2 Datengrundlagen für den Product Carbon Footprint (PCF) und kumulierten Energieaufwand (KEA)

2.2.1 Herstellung, Distribution (nur Neuware) und End-of-Life

2.2.1.1 Kühl- und Gefriergeräte

Die Ökobilanzdaten für die Herstellung, die Distribution und die Entsorgung der Kühl-Gefrierkombinationen wurden einer Studie entnommen, in der im Auftrag des Unternehmens Miele für vier Produktgruppen (Waschmaschinen, Wäschetrockner, Spülmaschinen und Kühl-Gefrierkombinationen) Betrachtungen zur Produktlebensdauer und zu Ersatzstrategien vorgenommen wurden (C. Gensch und Blepp (2015)). In dieser Studie wurden zur Modellierung der Ökobilanz Hintergrunddaten auf der Grundlage Ecoinvent, Version 3.10 herangezogen. Die Emissionsfaktoren dieser Datenbank sind umfassender und aktueller als die Faktoren, die (bislang) der MEErP-Methode zugrunde liegen. Zudem wurden in der Studie von (C. Gensch & Blepp, 2015) die Elektronikkomponenten detailliert auf der Ebene der Leiterplattentypen und -flächen und der eingesetzten elektronischen Bauteile einschließlich des Fertigungsaufwands bilanziert. Diese Bilanzierungstiefe erreichen die MEErP-Studien (bislang) nicht, weshalb diese Datengrundlage lediglich bei den Staubsaugern als „Rückfallebene“ herangezogen wurde. Allerdings muss in Betracht gezogen werden, ob die knapp zehn Jahre alten Daten zur Herstellung der Geräte noch den heute realisierten Stand der Technik abbilden und ob insbesondere der höhere Anteil an erneuerbaren Energieträgern bei der Strombereitstellung dazu führen könnte, dass das GWP aus der Materialbereitstellung und dem Produktionsprozess deutlich geringer als in der Studie aus dem Jahr 2015 ausfallen würde. Das GWP aus der Strombereitstellung wurde von C. Gensch und Blepp (2015) mit knapp 0,67 kg CO₂-eq/kWh berechnet, wobei in der Studie davon ausgegangen wurde, dass die Herstellung überwiegend in Deutschland stattfindet. Geht man davon aus, dass heute ein nicht geringer Teil der Geräte oder Gerätekomponenten für elektronische Bauteile überwiegend in Asien hergestellt wird, müsste man entsprechend andere Daten für die Strombereitstellung zugrunde legen. Das GWP für den Strombezug auf Mittelspannungsebene beispielsweise für China liegt nach Ecoinvent V 3.10 derzeit bei rund 0,95 CO₂-eq/kWh. Bei globalen Lieferketten werden vor diesem Hintergrund die auf der Grundlage der Studie von 2015 ermittelten Daten im Kontext des vorliegenden Gutachtens derzeit noch als verwendbar angesehen. Wenn allerdings auch in den Materialvorketten die Energie- und Rohstoffbasis defossilisiert wird, müsste die Datenbasis grundlegend aktualisiert werden.

Tabelle 1: Ökobilanzdaten der Kühl-Gefrierkombination

Lebenswegphase	GWP (kg CO ₂ -eq)	KEA (kWh)
Material	410	1.849
Produktionsprozess	23	109
Distribution	8	37
Entsorgung	37	67
Gesamt	478	2.062

Daten basierend auf C. Gensch und Blepp (2015). Die Daten beziehen sich auf eine Kühl-Gefrierkombination mit einer Kühlkapazität von 208 l und einer Gefrierkapazität von 58 l.

Für Kühl-Gefrierkombinationen verwenden wir die Ökobilanzdaten aus C. Gensch und Blepp (2015). Für Kühlschränke und Gefrierschränke liegt jedoch nur die Studie von VHK und ARMINES (2016) vor. Diese Studie schätzt die Umweltauswirkungen insbesondere der Produktion und der Entsorgung jedoch zu niedrig ein, weil – wie oben für die MEER-Studien beschrieben – die detaillierte Betrachtung der Elektronikkomponenten fehlt. Damit ist ein Vergleich nicht ohne weiteres möglich. Um trotz der unterschiedlichen Datengrundlagen zu vergleichbaren Ergebnissen zu kommen, rechnen wir die Ökobilanzwerte für die Kühl-Gefrierkombinationen aus C. Gensch und Blepp (2015) mithilfe eines Umrechnungsfaktors für Kühlschränke und Gefrierschränke um. Den Umrechnungsfaktor bestimmen wir, indem wir die in der Studie von VHK und ARMINES (2016) ermittelten GWP-Werte für Kühlschränke und für Gefrierschränke jeweils durch den Wert für Kühl-Gefrierkombinationen dividieren.

Dieser Methode der Umrechnung liegt die Überlegung zu Grunde, dass der Unterschied zwischen den GWP-Werten der drei Produktgruppen durch die unterschiedlichen Materialmengen verursacht wird. Für Kühlschränke wird weniger und für Gefrierschränke wird mehr Material eingesetzt als für Kühl-Gefrierkombinationen.

Mithilfe der so ermittelten Faktoren (Tabelle 2) rechnen wir die von (C. Gensch & Blepp, 2015) für Kühl-Gefrierkombinationen ermittelten GWP-Werte für die Lebensphasen Produktion und Entsorgung auf Kühlschränke und Gefrierschränke um.

Tabelle 2: Treibhausgaspotenzial für die Herstellungsphase der Kühl- und Gefriergeräte nach VHK und ARMINES (2016) als Grundlage für die Berechnung des Umrechnungsfaktors zwischen Kühl-Gefrierkombinationen zu Kühl- und Gefrierschränken

Gerätetyp	GWP (kg CO ₂ -eq) der Herstellung nach VHK und ARMINES (2016)	Faktor zur Umrechnung der Herstellung und Entsorgung
Kühlschränke	300	0,75
Gefrierschränke	600	1,50
Kühl-Gefrierkombination	400	1

Daten basierend auf VHK und ARMINES (2016).

Die sich aus der oben erläuterten Berechnungsweise ergebenden Ökobilanzdaten für die Kühl- und Gefrierschränke sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Berechnetes Treibhausgaspotenzial der Kühl- und Gefrierschränke

Lebensphase	Kühlschränke		Gefrierschränke	
	GWP (kg CO ₂ -eq)	KEA (kWh)	GWP (kg CO ₂ -eq)	KEA (kWh)
Material	308	1.387	615	2.774
Produktionsprozess	17	82	35	164
Distribution	8	37	8	37
Entsorgung	28	50	56	100
Gesamt	361	1.556	713	3.074

Für die Berechnung wurden die Ökobilanzdaten der Herstellung (Material und Produktionsprozess) sowie der Entsorgung aus C. Gensch und Blepp (2015) mit dem Faktor aus Tabelle 2 multipliziert. Die Daten aus C. Gensch und Blepp (2015) beziehen sich auf eine Kühl-Gefrierkombination mit einer Kühlkapazität von 208 l und einer Gefrierkapazität von 58 l¹⁰.

2.2.1.2 Geschirrspüler

Das Treibhausgaspotenzial sowie der kumulierte Energieaufwand für die Herstellung, Distribution und Entsorgung der Geschirrspüler stammen gleichfalls aus C. Gensch und Blepp (2015) und sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Ökobilanzdaten für die Herstellung, Distribution und Entsorgung eines Geschirrspülers

Lebensphase	GWP (kg CO ₂ -eq)	KEA (kWh)
Material	319	1.306
Produktionsprozess	7	33
Distribution	6	26
Entsorgung	26	48
Gesamt	358	1.413

Daten basierend auf C. Gensch und Blepp (2015). Die Daten beziehen sich auf einen Geschirrspüler mit einer Kapazität von 14 Maßgedecken.

2.2.1.3 Wäschetrockner

Für die Wäschetrockner wurden die Ökobilanzdaten aus C. Gensch und Blepp (2015) verwendet (Tabelle 5). Die Daten beziehen sich auf einen Wäschetrockner mit Wärmepumpe, denn Geräte dieses Typs sind die einzigen, die die höchste Energieeffizienzklasse erreichen.

¹⁰ Die durchschnittliche Größe von Kühl-Gefrierkombinationen, bzw. allgemein Kühl- und Gefriergeräten hat im Vergleich zu dem in der Studie von C. Gensch und Blepp (2015) untersuchten Gerät zugenommen (vgl. 1.3.1). Hierdurch wird insbesondere der Materialverbrauch des verbauten Stahlbleches und der Kunststoffverkleidung ansteigen. Dieser hat nach den Daten von C. Gensch und Blepp (2015) allerdings nur einen Anteil von etwa 30 % an dem GWP, welches für den gesamten Materialeinsatz berechnet wurde. Bei einer angenommenen Erhöhung des Materialbedarfs an Stahlblech und Kunststoffen um 20 %, würde sich somit das gesamte GWP für den Materialbedarf nur um rund 6 % erhöhen. Dem entgegenwirkend ist die Verminderung des GWP durch die Steigerung der erneuerbaren Energien in den letzten Jahren. Für eine umfassende Aussage müsste eine neue Ökobilanz spezifisch für das Modell des Neugeräts durchgeführt werden.

Tabelle 5: Ökobilanzdaten für die Herstellung, Distribution und Entsorgung eines Wäschetrockners mit Wärmepumpe

Lebensphase	GWP (kg CO ₂ -eq)	KEA (kWh)
Material	569	1.752
Produktionsprozess	24	111
Distribution	22	99
Entsorgung	32	59
Gesamt	647	2.021

Daten basierend auf C. Gensch und Blepp (2015). Die Daten beziehen sich auf einen Kondensationswäschetrockner mit Wärmepumpe mit einer Kapazität von 8 kg.

2.2.1.4 Staubsauger

Für Staubsauger wurden die Ökobilanzdaten aus der 2019 veröffentlichten Review-Studie herangezogen (Rames et al., 2019). Mit den Daten werden ein haushaltsüblicher kabelgebundener sowie ein akkubetriebener Staubsauger abgebildet (Tabelle 6). In der zitierten Quelle wird nicht erklärt, warum für die Entsorgung zwar Werte für den KEA (in der Quelle als „Total Energy“) ausgewiesen werden, aber das GWP mit „0“ angegeben wird. Der mögliche Fehler dürfte allerdings im Vergleich zu den anderen Lebensphasen gering sein. Bei der Stiftung Warentest angefragte Daten aus einer von der Stiftung in Auftrag gegebenen vergleichenden Ökobilanz (Stiftung Warentest, 2024f) lagen bis Redaktionsschluss dieser Studie nicht vor.

Tabelle 6: Ökobilanzdaten für die Herstellung, Distribution und Entsorgung eines kabelgebundenen und eines akkubetriebenen Staubsaugers

Lebensphase	Kabelgebundener Staubsauger		Akkubetriebener Staubsauger	
	GWP (kg CO ₂ -eq)	KEA (kWh)	GWP (kg CO ₂ -eq)	KEA (kWh)
Material	32	188	51	268
Produktionsprozess	11	53	5	26
Distribution	15	57	12	47
Entsorgung	0	4	0	4
Gesamt	58	302	68	345

Daten basierend auf Rames et al. (2019), Table 118 (Seite 327), Table 120 (Seite 328).

2.2.2 Gerätenutzung

2.2.2.1 Spezifische Verbrauchswerte (Bestands- und Neugeräte)

Bei der Ermittlung der Verbrauchswerte der Bestandsgeräte wurde die Vorgehensweise an die Gerätegruppen angepasst. Bei den Geschirrspülern und Wäschetrocknern wurden für die Bestandsgeräte die Verbrauchsdaten in Abhängigkeit von der Energieeffizienzklasse ausgewählt. Bei den Kühl- und Gefriergeräten war dies aufgrund der fehlenden Vergleichbarkeit des alten und des neuen Energielabels nicht möglich. Demnach werden hier als Referenz für die Verbraucher*innen die Stromverbräuche angegeben, die ihre Bestandsgeräte höchstens haben dürfen,

damit sich ein Weiterbetrieb ihres Geräts für weitere 10 Jahre lohnt. Bei den Staubsaugern erfolgt eine Unterscheidung der Bestandsgeräte auf Basis der Nennleistung.

Für die Ermittlung der Verbrauchswerte der Neugeräte wurde mittels der Suchplattform Idealo.de nach der jeweils besten Energieeffizienzklasse sowie weiteren gerätespezifischen Einschränkungen (vgl. hierzu Kapitel 1.3) gefiltert und der Medianverbrauch aus allen Geräten in dieser Energieeffizienzklasse bestimmt. Die konkreten Stromverbräuche der Neugeräte sind in den folgenden Unterkapiteln aufgeführt. Der laut Energielabel angegebene Stromverbrauch beinhaltet auch den Energiebedarf aus dem Standby-Modus sowie dem ausgeschalteten Modus bei den Wäschetrocknern und Geschirrspülern.

2.2.2.1.1 Kühl- und Gefriergeräte

Wie bereits erwähnt, werden die Verbraucher*innen bei der Gerätegruppe der Kühl- und Gefriergeräte dazu angehalten, den Stromverbrauch ihrer Bestandsgeräte selbst zu messen. Diese gemessenen Werte können anschließend mit den ausgewiesenen Verbrauchswerten der energieeffizientesten Geräte verglichen werden (Tabelle 7).

Tabelle 7: Aktuelle Verbrauchswerte der Kühl-Gefriergeräte der Energieeffizienzklasse A

Gerätetyp	Jährlicher Stromverbrauch in kWh
Kühlschränke	65
Kühl-Gefrierkombinationen	109
Gefrierschränke	99

Daten basierend auf Idealo-Recherche, Angabe des Medianverbrauches, Stand: 14.10.2024.

2.2.2.1.2 Geschirrspüler

Bei den Spülmaschinen wurden die Energielabel überarbeitet. Seit dem 1. März 2021 gibt es eine veränderte Effizienzklassen-Skala von A bis G. In der alten wie in der neuen Fassung des Labels wird das Eco-Programm bei der Bestimmung der Effizienzkasse zu Grunde gelegt. Wenn wir davon ausgehen, dass die Geräte tatsächlich im Eco-Programm genutzt werden, können wir den absoluten Stromverbrauch alter und neuer Geräte anhand der Effizienzklassen zurückrechnen und für die Vergleichsrechnungen verwenden. Dabei berücksichtigen wir für die Bestandsgeräte nur diejenigen Effizienzklassen, in denen tatsächlich Geräte auf dem Markt waren.

Die Marktverfügbarkeit wurde anhand von Marktanalysen (Boyano et al., 2017) geprüft. Im Fall von Geschirrspülern waren in den Jahren 2009 und 2010 noch vereinzelte Geräte der Energieeffizienzklasse B und C auf dem europäischen Markt verfügbar. Da dieser Anteil bei unter zwei Prozent lag, wurde auf eine Darstellung dieser Energieeffizienzklassen verzichtet. In Tabelle 8 wird dargestellt, welche Energieeffizienzklassen bei den Geschirrspülern betrachtet wurden.

Tabelle 8: Betrachtete Energieeffizienzklassen der Bestandsgeräte der Geschirrspüler basierend auf ihrer Marktverfügbarkeit in den Jahren 2009 bis 2024

Gerätetyp	D	C	B	A	A+	A++	A+++
Geschirrspüler, 60 cm	-	-	-	x	x	x	x

Annahmen basierend auf (Boyano et al., 2017). Die Energieeffizienzklassen basieren auf der EU-Verordnungen Nr. 1059/2010 (Delegierte Verordnung (EU) Nr. 1059/2010 der Kommission vom 28. September 2010 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Kennzeichnung von Haushaltsgeschirrspülern in Bezug auf den Energieverbrauch, 2010). Mit x sind die Energieeffizienzklassen markiert, welche in dieser Studie betrachtet wurden.

Zur Berechnung des Stromverbrauchs der Bestandsgeräte in Anlehnung an die Energieeffizienzklassen wurde wie folgt vorgegangen:

1. Pro Energieeffizienzklasse wurde der mittlere Energieeffizienz-Index (EEI) bestimmt. Hierbei wurde das alte Energielabel als Basis der Berechnung verwendet (Delegierte Verordnung (EU) Nr. 1059/2010 der Kommission vom 28. September 2010 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Kennzeichnung von Haushaltsgeschirrspülern in Bezug auf den Energieverbrauch, 2010). Für die höchste Effizienzklasse A+++ gibt es keine obere Grenze (d. h. keinen kleinstmöglichen EEI). Um zu einem plausiblen Wert für die Festlegung eines mittleren EEI für die Effizienzklasse A+++ zu kommen, gehen wir von folgende Überlegung aus: Die Spanne des EEI der Energieeffizienzklassen nimmt bei den Geschirrspülern von 8 bei der Klasse A ($63 \leq \text{EEI} < 71$) über 7 bei der Klasse A+ ($56 \leq \text{EEI} < 63$) zu 6 bei der Klasse A++ ($50 \leq \text{EEI} < 56$) ab. Diesem Trend folgend wurde für die beste Energieeffizienzklasse (A+++), eine Spanne von 5 angenommen, also der mittlere EEI aus dem Bereich von 45,0 bis 49,9 bestimmt.
2. Aus dem EEI wurde auf den Jahresverbrauch zurückgerechnet.

$$AE_c = \frac{EEI}{100} \times SAE_c$$

Hierbei sind:

AE_c = jährlicher Energieverbrauch (inklusive Energieverbrauch im Standby-Modus und im ausgeschalteten Modus)

SAE_c = standardmäßiger jährlicher Energieverbrauch

Für Haushaltsgeschirrspüler mit einer Nennkapazität von 10 oder mehr Gedecken und einer Breite von 50 Zentimetern oder mehr gilt die folgende Formel:

$$SAE_c = 7,0 \times \text{Anzahl Gedecke} + 378$$

Als Zahl der Gedecke wird 12 angesetzt.

3. Aus dem Jahresverbrauch wurde auf den Energieverbrauch eines Standardzyklus (dem Eco-Programm) zurückgerechnet, indem durch die in der Vorschrift für die Berechnung des Energieeffizienzindex angenommene Anzahl von 280 jährlichen Durchläufen dividiert wurde. Da der jährliche Stromverbrauch auch den Energiebedarf aus dem Standby-Modus sowie aus dem ausgeschalteten Modus enthält, wird dieser Energiebedarf anteilig pro Durchlauf berücksichtigt.

Der sich hieraus ergebende spezifische Stromverbrauch für die Bestandsgeräte wird in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Stromverbrauch der Geschirrspüler im Bestand bezogen auf die Energieeffizienzklassen nach der EU-Verordnung Nr. 1059/2010

Energieeffizienzklasse	Energieeffizienzindex (EEI)	Mittlerer EEI dieser Effizienzklasse	Jahres-Stromverbrauch SAE_c	Stromverbrauch pro Durchlauf im Eco-Programm in kWh (280 Spülgänge pro Jahr)	Wasserverbrauch pro Durchlauf im Eco-Programm in l
A	$63 \leq \text{EEI} < 71$	66,9	309,1	1,10	13,0
A+	$56 \leq \text{EEI} < 63$	59,5	274,9	0,98	10,0

Energieeffizienzklasse	Energieeffizienzindex (EEI)	Mittlerer EEI dieser Effizienzklasse	Jahres-Stromverbrauch SAE _c	Stromverbrauch pro Durchlauf im Eco-Programm in kWh (280 Spülgänge pro Jahr)	Wasserverbrauch pro Durchlauf im Eco-Programm in l
A++	$50 \leq EEI < 56$	53,0	244,9	0,87	9,6
A+++	$EEI < 50$	47,5	219,5	0,78	9,6

Stromverbrauchsdaten basierend auf Delegierte Verordnung (EU) Nr. 1059/2010 der Kommission vom 28. September 2010 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Kennzeichnung von Haushaltsgeschirrspülern in Bezug auf den Energieverbrauch (2010), der Wasserverbrauch basiert auf Auswertungen der Stiftung-Warentest-Ergebnisse der Jahre 2015 bis 2020 (Stiftung Warentest, 2015b, 2016b, 2017d, 2018a, 2019b, 2020c) sowie C. Gensch et al. (2013) für die Energieeffizienzklasse A.

Die verwendeten Daten beziehen sich ausschließlich auf den Strom- und Wasserverbrauch des Eco-Programms. Da das Eco-Programm bei heutigen Geräten standardmäßig als Defaultprogramm eingestellt ist und die hier erstellte Vergleichsrechnung wahrscheinlich hauptsächlich von einer bereits ökologisch sensibilisierten Bevölkerungsgruppe genutzt wird, ist davon auszugehen, dass durch den Bezug auf das Eco-Programm das tatsächliche Nutzer*innenverhalten ausreichend berücksichtigt wird.

Zur Bestimmung des Strom- und Wasserverbrauchs des Neugeräts wurde der Medianverbrauch aus 309 (Stand 31.10.2024) Geräten der Energieeffizienzklasse A mit einer Breite von 60 cm ermittelt. Hieraus ergibt sich ein Stromverbrauch von 0,54 kWh/Durchlauf sowie ein Wasserverbrauch von 9,5 l/Durchlauf.

2.2.2.1.3 Wäschetrockner

Wäschetrockner werden bis zum 1. Juli 2025 weiterhin nach dem alten Energielabel mit den Klassen A+++ bis D gelabelt, weshalb hier ein direkter Vergleich mit den Neugeräten auf Basis der Energieeffizienzklasse möglich ist. Tabelle 10 fasst die Energieeffizienzklassen zusammen, die anhand von Marktanalysen (Lefèvre, 2009; Maya-Drysdale et al., 2019) und Angaben eines Geräteherstellers ausgewählt wurden.

Tabelle 10: Betrachtete Energieeffizienzklassen der Bestandsgeräte der Wäschetrockner basierend auf ihrer Marktverfügbarkeit in den Jahren 2009 bis 2024

Gerätetyp	D	C	B	A	A+	A++	A+++
Ablufttrockner	x	x	x	-	-	-	-
Kondensationstrockner mit elektrischer Widerstandsheizung	-	x	x	-	-	-	-
Kondensationstrockner mit Wärmepumpe	-	-	-	x	x	x	x

Annahmen basierend auf (Lefèvre, 2009; Maya-Drysdale et al., 2019). Die Energieeffizienzklassen basieren auf der EU-Verordnung Nr. 392/2012 (Delegierte Verordnung (EU) Nr. 392/2012 der Kommission vom 1. März 2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Kennzeichnung von Haushaltswäschetrocknern in Bezug auf den Energieverbrauch Text von Bedeutung für den EWR, 2012). Mit x sind die Energieeffizienzklassen markiert, welche in dieser Studie betrachtet wurden.

Der Stromverbrauch der Wäschetrockner im Bestand wurde analog zur Vorgehensweise bei den Geschirrspülern ermittelt.

1. Berechnung des mittleren EEI pro Energieeffizienzklasse auf Basis der EU-Verordnung Nr. 392/2012 (Delegierte Verordnung (EU) Nr. 392/2012 der Kommission vom 1. März 2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Kennzeichnung von Haushaltswäschetrocknern in Bezug auf den Energieverbrauch Text von Bedeutung für den EWR, 2012). Die Spanne an EEI-Werten ist bei den mittleren Energieeffizienzklassen am größten und nimmt zu den schlechteren und besseren Energieeffizienzklassen ab. Diesem Trend folgend wurde für die beste und schlechteste Energieeffizienzklasse (A+++ und D) jeweils eine Spanne von 5 angenommen, um einen mittleren EEI-Wert zu bestimmen (vgl. Tabelle 11).

Tabelle 11: Spanne des EEI für die verschiedenen Energieeffizienzklassen des Wäschetrockners nach der EU-Verordnung Nr. 392/2012

Energieeffizienzklasse	Spanne des EEI
C	9 ($76 \leq \text{EEI} < 85$)
B	11 ($65 \leq \text{EEI} < 76$)
A	23 ($42 \leq \text{EEI} < 65$)
A+	10 ($32 \leq \text{EEI} < 42$)
A++	8 ($24 \leq \text{EEI} < 32$)

Die Energieeffizienzklassen basieren auf der EU-Verordnung Nr. 392/2012 (Delegierte Verordnung (EU) Nr. 392/2012 der Kommission vom 1. März 2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Kennzeichnung von Haushaltswäschetrocknern in Bezug auf den Energieverbrauch Text von Bedeutung für den EWR, 2012).

2. Aus dem EEI wurde auf den Jahresverbrauch zurückgerechnet.

$$AE_c = \frac{EEI}{100} \times SAE_c$$

Hierbei sind:

AE_c = jährlicher Energieverbrauch (inklusive Energieverbrauch im Standby-Modus und im ausgeschalteten Modus)

SAE_c = standardmäßiger jährlicher Energieverbrauch

Für Kondensationstrockner berechnet sich der SAE_c folgendermaßen:

$$SAE_c = 140 \times \text{Nennkapazität des Haushaltswäschetrockners}^{0,8}$$

Für Ablufttrockner berechnet sich der SAE_c folgendermaßen:

$$SAE_c = 140 \times \text{Nennkapazität des Haushaltswäschetrockners}^{0,8} - \left(30 \times \frac{\text{gewichtete Programmdauer im Standardprogramm}}{60} \right)$$

Die durchschnittliche gewichtete Programmdauer eines Ablufttrockners wurde mit 105 Minuten auf der Basis von aktuellen Angaben zur Programmdauer aus einer Idealo-Auswertung (Stand: 24.10.2024) der verfügbaren Ablufttrockner angenommen.

Die Nennkapazität wurde auf Basis von Marktdaten von Maya-Drysdale et al. (2019) mit 6,5 kg bei Ablufttrocknern und 7,5 kg bei Kondensationstrocknern angesetzt.

3. Aus dem Jahresverbrauch wurde auf den Energieverbrauch eines Standardzyklus (dem Eco-programm) zurückgerechnet, in dem durch die in Anhang VII der EU-Verordnung Nr. 392/2012 (Delegierte Verordnung (EU) Nr. 392/2012 der Kommission vom 1. März 2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Kennzeichnung von Haushaltswäschetrocknern in Bezug auf den Energieverbrauch Text von Bedeutung für den EWR, 2012) angenommene Anzahl von 160 jährlichen Durchläufen dividiert wurde.
4. Hierdurch erhält man den gewichteten Energieverbrauch eines Durchlaufs (inklusive des Energiebedarfs aus dem Standby-Modus und dem ausgeschalteten Modus), welcher sich

(gemäß Berechnungsvorschrift in Anhang VII der EU-Verordnung Nr. 392/2012) folgendermaßen zusammensetzt:

$$E_{\text{gewichtet}} = (3 \times E_{\text{vollbeladen}} + 4 \times E_{\text{halbbeladen}})/7$$

Zur Berechnung des Stromverbrauchs, der das tatsächliche Nutzer*innenverhalten der Verbrauchenden widerspiegelt, wurde angenommen, dass die Hälfte der Durchläufe mit voller Beladung und die andere Hälfte mit halber Beladung absolviert wird. Diese Annahme basiert auf den Messmethoden der Stiftung Warentest, welche beim Standardprogramm Baumwolle Schranktrocknen diese Beladungsverteilung annimmt (Stiftung Warentest, 2024g).

Zur Berechnung des Stromverbrauchs bei halber Beladung wurde ein Faktor zwischen dem Stromverbrauch bei voller und bei halber Beladung ermittelt. Dieser wurde aus den angegebenen Verbrauchswerten von aktuellen Wäschetrocknern, die nach dem Energielabel sowohl den Stromverbrauch bei voller als auch bei halber Beladung berichten müssen, errechnet.

Demnach berechnet sich der Energieverbrauch für eine halbe Beladung folgendermaßen:

$$E_{\text{halbbeladen}} = 0,57 \times E_{\text{vollbeladen}}$$

Diese Annahme ist übereinstimmend mit den Angaben aus der Review-Studie basierend auf Daten aus 2016: Der spezifische Stromverbrauch, also der Stromverbrauch pro kg Wäsche, ist bei halber Beladung bis zu 14 % höher als bei voller Beladung (Maya-Drysdale et al., 2019).

In Tabelle 12 sind die spezifischen Stromverbräuche für die betrachteten Trocknerkategorien dargestellt.

Tabelle 12: Stromverbrauch der Wäschetrockner im Bestand bezogen auf die Energieeffizienzklassen nach der EU-Verordnung Nr. 392/2012

Energieeffizienzklasse	Energieeffizienzindex (EEI)	Mittlerer EEI (Wert, der für die Rückrechnung auf den Stromverbrauch angesetzt wird)	Ablufttrockner: Stromverbrauch pro Durchlauf im Standard-Baumwollprogramm bei voller Beladung in kWh	Kondensations-trockner (Wärmepumpe und el. Widerstandsheizung): Stromverbrauch pro Durchlauf im Standard-Baumwollprogramm bei voller Beladung in kWh
D	$85 \leq \text{EEI}$	87,5	4,2	Nicht relevant
C	$76 \leq \text{EEI} < 85$	80,5	3,8	4,7*
B	$65 \leq \text{EEI} < 76$	70,5	3,4	4,1*
A	$42 \leq \text{EEI} < 65$	53,5	Nicht relevant	3,1
A+	$32 \leq \text{EEI} < 42$	37,0	Nicht relevant	22,0
A++	$24 \leq \text{EEI} < 32$	28,0	Nicht relevant	1,6
A+++	$\text{EEI} < 24$	21,5	Nicht relevant	1,3

Die Daten zum Stromverbrauch basieren auf Delegierte Verordnung (EU) Nr. 392/2012 der Kommission vom 1. März 2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Kennzeichnung von Haushaltswäschetrocknern in Bezug auf den Energieverbrauch Text von Bedeutung für den EWR (2012). Für die Ablufttrockner wurde eine Nennkapazität von 6,5 kg angenommen, für die Kondensationstrockner 7,5 kg (Maya-Drysdale et al.,

2019). Die mit *markierten Stromverbräuche betreffen nur den Kondensationstrockner mit elektrischer Widerstandsheizung.

Der Median-Stromverbrauch des Neugeräts wurde anhand von 290 Geräten der Energieeffizienzklasse A+++ mit einer Nennkapazität von 8 bis 9 kg ermittelt und liegt bei 172 kWh/Jahr (Stand 31.10.2024). Analog zur Vorgehensweise beim Bestandsgerät wurde aus dem angegebenen Stromverbrauch ein Stromverbrauch berechnet, der das Nutzer*innenverhalten besser widerspiegelt. Er liegt bei 1,12 kWh/Durchlauf, dieser Wert ist der Mittelwert des Verbrauchs mit voller und mit halber Beladung.

2.2.2.1.4 Staubsauger

In Abschnitt 1.3.4 wurde erläutert, dass es derzeit für Neugeräte noch kein neues Energielabel gibt und dass sich der vorliegende Entwurf nur auf kabelgebundene Geräte bezieht. Dies bedeutet, dass es für Akkubetriebene (und die hier ohnehin nicht betrachteten Saugroboter) auch in absehbarer Zukunft keine Einstufung in Energieeffizienzklassen geben wird.

Um dennoch auch für diese Staubsauger Empfehlungen geben zu können, ob sich der Weiterbetrieb oder die Neuanschaffung ökologisch und ökonomisch lohnen, wurde als Ersatzbezugsgröße die maximale elektrische Leistungsaufnahme nach Typenschild der Geräte herangezogen. Dabei muss beachtet werden, dass bei dieser Herangehensweise im Vergleich zu den anderen Gerätekategorien folgende größere Unsicherheiten bestehen:

- ▶ Bei 4 von 10 Geräten lag einer Untersuchung der Stiftung Warentest zufolge die tatsächliche Leistungsaufnahme signifikant höher als die auf dem Typenschild angegebene Nennleistung (Stiftung Warentest, 2024d).
- ▶ Sowohl bei Bestands- als auch bei Neugeräten sollte die Saugleistung dem Boden angepasst werden. Bei den meisten Bodenstaubsaugern werden die Geräte mit Kombinationsbodendüsen ausgeliefert, die mit Tasteneinstellung zwischen glatten Hartböden einerseits und Teppichböden andererseits umschaltbar sind. In der Stellung „Teppichboden“ werden die Borsten der Kombinationsdüse eingefahren, wodurch weniger Fremdluft eingesogen wird, der Unterdruck ansteigt und die Düse nur noch mit hohem Kraftaufwand bewegt werden kann. In den Gebrauchsanweisungen der Geräte wird daher geraten, die Saugleistung zu reduzieren¹¹. Dies kann am elektronischen Regler erfolgen, wodurch sich die tatsächliche elektrische Leistungsaufnahme verringert. Manche Verbraucher*innen könnten aber auch (wenn es sich beispielsweise um kleine Flächenanteile von Teppichen handelt) am Saugrohrgriff einfach den sogenannten Nebenluftsteller öffnen, wodurch sich ebenfalls die Saugleistung reduziert, jedoch nicht (bzw. nicht signifikant) die elektrische Leistungsaufnahme.

Diese Variablen können im Rahmen dieser Studie nicht detailliert berücksichtigt werden, so dass sowohl für die Bestandsgeräte als auch die Neugeräte die maximale Leistungsaufnahme nach Typenschild herangezogen wurde. Mit Annahmen über die wöchentliche Nutzungsdauer kann dann der jährliche Energieverbrauch berechnet werden. In Anlehnung an die Review-Studie (AEA Energy & Environment, 2009 ; Rames et al., 2019) wurde 1 h Saugen pro Woche angenommen.

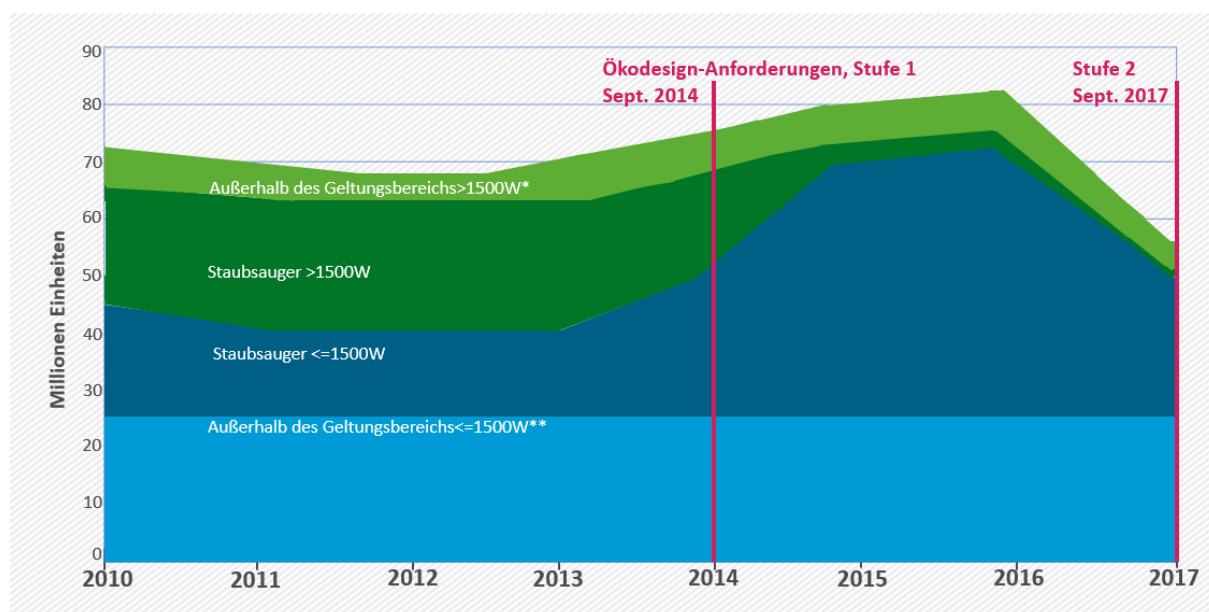
Um die mittlere Leistungsaufnahme für Neugeräte zu bestimmen, wurde am 07.11.2024 eine Online-Abfrage bei test.de für kabelgebundene Staubsauger mit Beutel durchgeführt und das Ergebnis gefiltert nach „Test-Qualitätsurteil“ mit mindestens gut und Kriterium „Saugen“ mit

¹¹ Zum Beispiel „Wenn Ihnen die Schiebekraft der Bodendüse zu hoch erscheint, reduzieren Sie die Saugleistung, bis sich die Bodendüse leicht schieben lässt.“ Miele & Cie. KG (2024)

mindestens gut¹². Für die so ermittelten 26 Suchtreffer wurde auf den Herstellerseiten die maximale Leistungsaufnahme recherchiert, woraus sich eine Bandbreite zwischen 400 Watt und 890 Watt ergab. Da für Neugeräte analog zu den anderen hier betrachteten Geräten besonders energieeffiziente Geräte ausgewählt werden sollten, wurden ausschließlich Geräte bis zu einer Leistungsaufnahme von 650 Watt einbezogen. Aus dem damit weiter gefilterten Suchergebnis mit 15 Geräten wurde mit 600 Watt der Medianwert für Neugeräte bestimmt. Bei den akkubetriebenen Staubsaugern als Neugeräte wurde in Anlehnung an Rames et al., 2019) ein Mehrverbrauch von 2 % angesetzt. Diese Annahme steht allerdings im Widerspruch zu den Annahmen der Stiftung Warentest, hier wird davon ausgegangen, dass der Stromverbrauch in der Nutzungsphase bei akkubetriebenen Geräten nur rund 55 % des Stromverbrauchs kabelgebundener Geräte beträgt (Stiftung Warentest, 2024f). Dieser Widerspruch bzw. damit zusammenhängende offene Fragen (etwa die Relevanz der systembedingt unterschiedlichen Saugleistung) konnte bis Redaktionsschluss dieser Studie im Februar 2025 nicht geklärt werden, so dass die Ergebnisse für die akkubetriebenen Geräte unter Vorbehalt stehen.

Bei den Bestandsgeräten gibt es eine große Bandbreite in der Leistungsaufnahme. In der Ökodesign-Vorbereitungsstudie wurde für das Jahr 2003 eine typische Bandbreite der am Markt verfügbaren Geräte zwischen 1.100 und 1.800 Watt und für das Jahr 2008 zwischen 1.200 und 2.500 Watt ermittelt (AEA Energy & Environment, 2009, S. 26). Durch das Inkrafttreten von Mindestanforderungen im Ökodesign-Prozess hat sich in den Folgejahren der Anteil von Geräten mit hoher Leistungsaufnahme verringert, siehe Abbildung 4 aus der Review-Studie (Rames et al., 2019). Demnach werden Staubsauger mit einer Nennleistung größer als 1.500 Watt ab 2017 nur noch aus Restbeständen auf dem Markt angeboten. Die Saugleistung der Neugeräte ist trotz einer geringeren Leistungsaufnahme mit der der Bestandsgeräte vergleichbar.

Abbildung 4: Berechnete Anteile im Binnenverbrauch der von den Verbraucher*innen zwischen 2010 und 2017 in der EU-28 gekauften Staubsaugern nach Leistungsklassen



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Rames et al., 2019, Figure 25.

*Geräte, die außerhalb des Geltungsbereiches der Ökodesign-Regulierung liegen. Hierzu zählen Nass-, Nass- und Trockensauger, Industrie- und Zentralstaubsauger.

¹² Die Online-Abfrage bezieht sich auf am Markt noch erhältliche Produkte aus folgenden Heftausgaben von test: 09/2024, 07/2022 und 08/2021 bis 02/2022.

****Geräte, die außerhalb des Geltungsbereiches der Ökodesign-Regulierung liegen. Hierzu zählen u.a. kleine Handgeräte, die nicht für Böden gedacht sind oder USB- oder autobatteriebetriebene Geräte mit einem kleinen Saugmotor**

Um in das Modell typische Eingabewerte einstellen zu können, wurden die Bestandsgeräte nach der Nennleistung wie folgt in drei Klassen eingeteilt:

- ▶ Bestandsgeräte mit 1.800 Watt
- ▶ Bestandsgeräte mit 1.200 Watt
- ▶ Bestandsgeräte mit 900 Watt

Das Modell lässt allerdings auch unabhängig von dieser Vorauswahl auch davon abweichende Eingabewerte zu.

2.2.2.2 Nutzungsszenarien

2.2.2.2.1 Grundsätzliche Überlegungen

Da die Ergebnisse der Vergleichsrechnungen stark von der Nutzungsintensität abhängen, wurden für die Gerätekategorien Geschirrspüler, Wäschetrockner und Staubsauger jeweils drei Nutzungsszenarien unterschieden:

- ▶ Durchschnittliche Nutzung (in Anlehnung an Stiftung Warentest und/oder Vorbereitungsstudien, siehe oben)
- ▶ Intensive Nutzung (größere Familien oder Wohngemeinschaften): 50 % intensiver/häufiger als bei durchschnittlicher Nutzung
- ▶ Extensive Nutzung (Singe-Haushalte): 50 % der Werte im Vergleich zur durchschnittlichen Nutzung

Der Stromverbrauch bei Kühl- und Gefriergeräten wird durch verschiedene (Nutzungs-) Faktoren beeinflusst: u.a. die Umgebungstemperatur, die Temperatur und Menge der zu kühlen-/zu gefrierenden Waren oder die Häufigkeit der Türöffnungen. In den Vorbereitungs- und Review-Studien zum Ökodesign und Energielabel dieser Gerätegruppe wird hergeleitet, dass diese nutzerspezifische Erhöhung des Stromverbrauchs gut durch eine höhere Umgebungstemperatur (25 C° anstatt durchschnittlich 21 C°) bei der Berechnung des Stromverbrauchs abgebildet wird (Stamminger et al.; VHK & ARMINES, 2016). Demnach wird für die Kategorie Kühl- und Gefriergeräte keine Unterscheidung nach Nutzungsszenarien getroffen.

2.2.2.2.2 Übersicht zu den gerätespezifischen Annahmen

In Tabelle 13 sind die für die jeweilige Gerätegruppe getroffenen Nutzungsannahmen zusammengefasst.

Tabelle 13: Gerätespezifische Nutzungsannahmen zur Ermittlung des Jahresverbrauchs bei einer durchschnittlichen Nutzung

Gerätetyp	Nutzungsannahme	Quelle
Geschirrspüler	280 Durchläufe im Jahr	Boyano et al. (2017, S. 222–223)
Ablufttrockner	6,5 kg Nennkapazität	Maya-Drysdale et al. (2019, S. 108)
Kondensationstrockner	7,5 kg Nennkapazität	Maya-Drysdale et al. (2019, S. 106–108)
Wäschetrockner allgemein	470 kg Wäsche pro Jahr	Maya-Drysdale et al. (2019, S. 181–182)

Gerätetyp	Nutzungsannahme	Quelle
Wäschetrockner allgemein	Hälfte der Durchläufe mit voller Beladung, Hälfte der Durchläufe mit halber Beladung	In Anlehnung an die Annahmen von Stiftung Warentest (Stiftung Warentest, 2023a, 2024g)
Kühl- und Gefriergeräte	keine Unterscheidung nach Nutzungsszenarien	Stamminger et al. ; VHK und ARMINES (2016)
Staubsauger	1 Stunde pro Woche (bei voller Leistungsaufnahme)	Rames et al. (2019) sowie Abschnitt 2.2.1.4

Bei den Geschirrspülern und bei den Wäschetrocknern wurde das Standardprogramm des Energielabels sowohl bei den Bestands- als auch bei den Neugeräten als Bezug zur Ermittlung der Verbräuche verwendet.

2.2.3 Hintergrunddaten

2.2.3.1 Stromnetz Deutschland (2025 bis 2040)

Das GWP aus dem Bezug von Netzstrom unter Berücksichtigung der weiteren Zunahme des Anteils erneuerbarer Energieträger wurde mittels Emissionsfaktoren von Ecoinvent 3.10 und Charakterisierungsfaktoren nach Intergovernmental Panel on Climate Change (2023) berechnet. Hierbei wurden folgende Aspekte beachtet:

- Da die Stromnutzung in Privathaushalten stattfindet, wurde die Spannungsebene „Niederspannung“, „low voltage“ modelliert;
- Umwandlungsverluste auf den drei unterschiedlichen Netzebenen wurden mit einberechnet;
- Grundlage für die Annahmen zur weitere Entwicklung der Nettostromerzeugung in Deutschland ist der Projektionsbericht aus dem Jahr 2023 (Harthan et al.).

Tabelle 14 stellt die erwartete Entwicklung des Emissionsfaktors für die Strombereitstellung (GWP) für den Prognosezeitraum (bis zum Jahr 2040) dar. Zur Erläuterung sei darauf hingewiesen, dass in Ökobilanzen – anders als bei der Emissionsberichterstattung – nicht nur Emissionen im Inland betrachtet werden. Es werden auch Emissionen aus dem Capital Equipment¹³ und Vorketten außerhalb Deutschlands (beispielsweise Rohstoffgewinnung) einbezogen. Deshalb sind die hier angegebenen GWP-Werte deutlich höher als in der Emissionsberichterstattung. Laut dieser Prognose wird der Emissionsfaktor für die Strombereitstellung im Inland deutlich sinken: von rund 0,48 kg CO₂-eq/kWh im Jahr 2025 auf rund 0,11 kg CO₂-eq/kWh im Jahr 2040.

Tabelle 14: GWP aus der Strombereitstellung in kg CO₂-eq/kWh für die Jahre 2025 bis 2040

Jahr	GWP aus Strombereitstellung [kg CO ₂ -eq/kWh]
2025	0,4771
2026	0,3935
2027	0,3181
2028	0,2638

¹³ Unter Capital Equipment versteht man die Infrastruktur, welche für die Stromerzeugung benötigt wird. Hierzu zählen u. a. die Anlagen zum Abbau oder der Gewinnung der Energieträger bzw. die Infrastruktur wie Leitungsnetze und Umspannstationen zur Verteilung des Stroms.

Jahr	GWP aus Strombereitstellung [kg CO ₂ -eq/kWh]
2029	0,2084
2030	0,1806
2031	0,1646
2032	0,1550
2033	0,1459
2034	0,1385
2035	0,1315
2036	0,1259
2037	0,1206
2038	0,1156
2039	0,1108
2040	0,1063

Eigene Berechnung basierend auf der Stromzusammensetzung nach Harthan et al. mit Stromdatensätzen aus Ecoinvent V 3.10 und Charakterisierungsfaktoren nach Intergovernmental Panel on Climate Change (2023).

2.2.3.2 Bereitstellung Trinkwasser und Abwasserbehandlung

Die Bereitstellung von Trinkwasser und die Abwasserbehandlung ist in dieser Studie nur bei den Geschirrspülern von Relevanz. Der Beitrag liegt nach vorliegenden Studien bei den Indikatoren GWP und KEA bei maximal einem Prozent des Beitrags aus der Strombereitstellung (C. Gensch & Blepp, 2015). Der Vollständigkeit halber und für den Fall, dass das Rechentool für andere Geräte weiterentwickelt wird, bei denen der Wasserverbrauch eine höhere Rolle einnimmt, wurden dennoch Hintergrunddaten für die ökologische Vergleichsrechnung zur Bereitstellung von Trinkwasser und für die Abwasserbehandlung auf der Grundlage von Ecoinvent V 3.10 in das Modell eingestellt.

2.3 Datengrundlagen für die Kostenrechnungen

2.3.1 Anschaffungskosten Neugeräte

Zur Durchführung der ökonomischen Vergleichsrechnungen ist es erforderlich, für die hier untersuchten Geräteklassen und Unterkategorien realistische Investitionskosten, also Anschaffungskosten zu ermitteln. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die realen Marktpreise in der Regel signifikant unter den unverbindlichen Preisempfehlungen der Hersteller liegen. Die konkrete Aufgabe besteht somit darin, die relevanten aktuellen durchschnittlichen Kosten für die Investition zu ermitteln. Gefragt ist die zum Zeitpunkt der Berichterstellung identifizierte Spanne der aktuellen Kaufpreise beispielsweise von Wäschetrocknern der besten Energieeffizienzklasse, aus der dann der für die Berechnung der Lebenszykluskosten relevante durchschnittliche Kaufpreis ermittelt wird.

In diesem Projekt wurde zur Bestimmung des durchschnittlichen Kaufpreises der Medianwert herangezogen. Dies ist der Zentralwert aus einer Reihe in aufsteigender Reihenfolge sortierten

Werte. Bei einer ungeraden Anzahl an Werten handelt es sich um den mittleren Wert, bei einer geraden Anzahl an Werten wird der arithmetische Mittelwert der beiden mittleren Zahlen (Ober- und Untermedian) verwendet. Ein wichtiger Vorteil des Medianwertes ist seine Robustheit gegenüber Ausreißern.

Die Spanne der aktuellen Kaufpreise wurde auf Basis der auf der Preisvergleichsplattform idealo.de angebotenen Geräte und Modelle ermittelt. idealo.de ist eine öffentlich und kostenlos zugängliche Quelle, die eine große Bandbreite an Online-Shops in Deutschland abdeckt und damit die Spanne an Kaufpreisen für Verbraucher*innen gut widerspiegelt. Durch die Filtereinstellung ist es möglich, die besonders effizienten Geräte anzeigen zu lassen (z. B. Wäschetrockner der Energieeffizienzklasse A+++) und sie in der Reihenfolge des Kaufpreises zu sortieren. Auf diese Weise ist es möglich, den Medianwert zu ermitteln. Bei den angezeigten Kaufpreisen handelt es sich zunächst in der Übersichtsdarstellung um Mindestpreise („ab X Euro“), für die aber modell-spezifisch jeweils die gesamte Preisspanne angezeigt werden kann, sofern für das Produkt mehrere Angebote verschiedener Shops vorliegen. Um zu vermeiden, dass durch die Verwendung der Mindestpreise die Kaufpreise systematisch unterschätzt werden, kann wiederum für das zum Medianwert zugehörige Modell der Medianpreis ermittelt werden. Bei diesem Vorgehen wird davon ausgegangen, dass im Hinblick auf die Preisspannen der verschiedenen Geräte kein systematischer Unterschied besteht.

Im Folgenden ist das Vorgehen beispielhaft für die Produktgruppe Wäschetrockner dargestellt: Zunächst wird identifiziert, welches die Gruppe der Best-Geräte in der jeweiligen Produktgruppe ist.

Für die Produktgruppe Wäschetrockner sind dies Geräte der Energieeffizienzklasse A+++ , welche einen Stromverbrauch unter 175 kWh pro Jahr sowie eine Nennkapazität von 8–9 kg aufweisen. Auf der Preisplattform idealo.de sind 31 Wäschetrockner gelistet, die diese Kriterien erfüllen (Stand 06.11.24). Die Spanne der für die angebotenen Wäschetrockner angegebenen Mindestpreise beträgt 432 bis 2.610 Euro. Das mittlere Gerät (Median) hat den Platz 16. Der Mindestpreis dieses Geräts liegt bei 1.029 Euro. Damit haben 15 der am Markt angebotenen Modelle einen Mindestpreis von weniger als 1.029 Euro und 15 Modelle sind teurer. Für dieses Mediangerät gibt es wiederum sieben Angebote verschiedener Shops. Der Median-Preis für dieses Modell liegt bei 1.033 Euro.

Für die anderen Produktgruppen wurde analog vorgegangen.

Die Ergebnisse der durchgeführten Preisrecherchen wurden in MS Excel dokumentiert.

2.3.2 Stromkosten

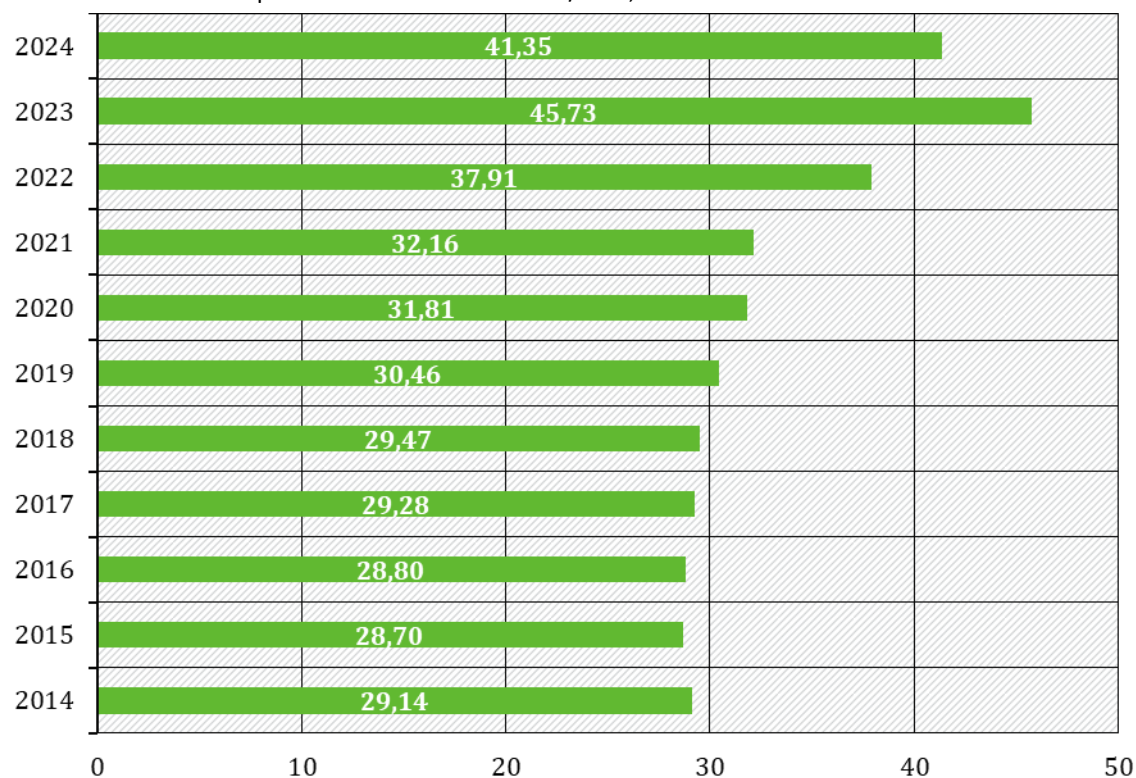
Neben den Anschaffungskosten sind auch die Kosten für den Strombezug in den ökonomischen Vergleichsrechnungen von hoher Relevanz, da sich die „Rückzahldauer“ oder Amortisationszeit der Investition in ein energiesparendes Neugerät umso mehr verkürzt, je höher die Stromkosten ausfallen.

Zur Entwicklung der Strompreise gibt es unterschiedliche Prognosen. Erschwerend kommt hinzu, dass viele Stromanbieter zwischen einem verbrauchsunabhängigen Grundpreis und einem verbrauchsabhängigen Arbeitspreis unterscheiden, so dass bei den Gesamtkosten zusätzlich nach Stromverbrauchsklassen (siehe unten) unterschieden werden muss.

In der Abbildung 5 wird für die vergangenen zehn Jahre die Entwicklung des durchschnittlichen Strompreises für private Haushalte angegeben; dabei ist der Grundpreis für einen Verbrauch von 3.500 kWh/a mit enthalten.

Abbildung 5: Entwicklung des Strompreises für Privathaushalte in Deutschland

Durchschnittlicher Strompreis für einen Haushalt in ct/kWh, Jahresverbrauch 3.500 kWh



Grundpreis anteilig enthalten, Tarifprodukte und Grundversorgungstarife inkl. Neukundentarife enthalten, nicht mengengewichtet. Stand 07/2024

Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus (BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., 2024).

Mit Blick auf die einzelnen Komponenten des Strompreises kann qualitativ für die künftige Entwicklung davon ausgegangen werden, dass Beschaffung und Vertrieb in den kommenden Jahren mit zunehmenden Anteil erneuerbarer Energieträger wegen geringerer Stromentstehungskosten von Wind- und Solarenergie sinken werden, während die Netzentgelte (einschließlich Messung und Messstellenbetrieb) durch die Kosten des Netzausbaus steigen werden.

Für dieses Projekt wurde nicht zuletzt aus Kohärenzgründen bezüglich der Annahmen zur ökologischen Vergleichsrechnung (siehe Abschnitt 2.2.3.1) entschieden, als Grundlage für die künftige Preisentwicklung die aktuellen Annahmen des Projektionsberichts von Harthan et al. heranzuziehen. Bei Privathaushalten wird dabei nach den Stromverbrauchsklassen in Tabelle 15 unterschieden.

Tabelle 15: Unterscheidung nach Stromverbrauchsklassen bei Privathaushalten

Jahr	< 1.000 kWh/a	1.000 bis 2.500 kWh/a	2.500 bis 5.000 kWh/a	5.000 – 15.000 kWh/a	> 15.000 kWh/a
2022	418,45	310,10	278,90	253,70	237,05
2023	436,40	341,05	308,86	287,35	259,53
2024	444,75	343,78	310,40	287,70	259,26

Preisbasis 2022, Kosten in Euro pro MWh, ohne Mehrwertsteuer.

Quelle: Daten aus Harthan et al. .

Davon ausgehend, dass die Zielgruppe der Vergleichsrechnungen eher Haushalte mit einer Affinität zu Energiesparmaßnahmen umfasst, wurde als Ausgangspunkt die Stromverbrauchsklasse 1.000 bis 2.500 kWh/a herangezogen. Zu den jeweiligen Nettokosten wurde die Mehrwertsteuer in Höhe von 19 % aufgeschlagen. Die Zeitreihe bis zum Jahr 2040 wurde in das Modell im Blatt „Hintergrunddaten“ in der Exceldatei übernommen.

2.3.3 Kosten für Wasser und Abwasser

Kostendaten für Wasser und Abwasser spielen bei den hier untersuchten Gerätekategorien nur für die Spülgeräte eine Rolle. Allerdings sind die Kosten für Wasser und Abwasser gegenüber den Stromkosten etwa um den Faktor 10 geringer. Vor diesem Hintergrund wurde zur Ermittlung dieser Kosten ein vereinfachtes Vorgehen herangezogen.

Ausgangsbasis dafür sind die jährlichen Erhebungen des Bundesverbands der Energie-Abnehmer e.V. (Bundesverband der Energie-Abnehmer e.V. [VEA], 2024). Die Erhebungen umfassen über 80 Versorgungs- und Entsorgungsgebiete. Daraus wird ein mittlerer Wert für die Wasserpreise und Abwasserpreise ermittelt. Zur Bildung einer Zeitreihe bis 2040 wird von einer jährlichen Inflationsrate von 2 % ausgegangen. Bemerkenswert ist, dass es zwischen den Versorgungs- und Entsorgungsgebieten große Abweichungen der Kosten gibt, siehe Tabelle 16. Die Unterschiede zwischen jeweils den höchsten und tiefsten Preisen mit den Durchschnittspreisen sind deutlich größer als die angenommenen Preissteigerungen im Prognosezeitraum bis 2040.

Tabelle 16: Kosten für Wasser und Abwasser: Durchschnittskosten sowie regional höchste/tiefste Kosten

Versorgungs-/Entsorgungsgebiet	Kosten [Euro/m³]
Trinkwasserbereitstellung	
Durchschnitt	2,07
Höchster Preis (Stuttgart)	3,21
Tiefster Preis (Rostock)	1,28
Abwasserentsorgung	
Durchschnitt	2,62
Höchster Preis (Potsdam)	4,83
Tiefster Preis (Rastatt)	1,10

Eigene Zusammenstellung nach VEA (2024).

2.3.4 Weitere Betriebsmittel

Bei Geschirrspülern werden als weitere Betriebsmittel Detergentien in Form von Pulver oder Tabs, Klarspüler sowie Enthärtersalz eingesetzt. Es wird davon ausgegangen, dass im Verbrauch dieser Betriebsmittel zwischen den Bestands- und den Neugeräten keine Unterschiede bestehen. Daher werden diese Kosten nicht erfasst und im Berechnungstool nicht berücksichtigt.

Bei Staubsaugern fallen je nach Ausführung Kosten für Beutel und Wechselfilter an. In Abschnitt 1.3.4 wurden bereits Ergebnisse vorgestellt, die darauf hinweisen, dass beutellose Geräte tendenziell teurer sind als Geräte mit Staubbeutel. Vor diesem Hintergrund werden in dieser Studie die Kosten für Staubbeutel nicht erfasst und im Berechnungstool nicht berücksichtigt.

2.4 Reparaturen

2.4.1 Grundsätzliche Überlegungen

In den bislang durchgeführten Studien zum Austausch eines funktionierenden Geräts wurde für die Bestandsgeräte implizit angenommen, dass sie (mindestens) innerhalb der erwarteten Lebensdauer nicht repariert werden müssen. Eine nicht repräsentative Umfrage der Stiftung Warentest (Stiftung Warentest, 2020b) sowie Alltagserfahrungen zeigen, dass diese Annahme in vielen Fällen nicht zutrifft und manche Geräte weit vor einer erwarteten Lebensdauer von 10 bis 15 Jahren defekt werden.

Zur Beantwortung der Frage, welche Rolle Reparaturen bei den ökologischen und ökonomischen Vergleichsrechnungen spielen, war vorgesehen, vorliegende Vorbereitungs- und Review-Studien systematisch nach sogenannten „Priority Parts“ auszuwerten. Für die Bestimmung dieser Priority Parts spielen folgende Aspekte eine Rolle:

- ▶ Häufigkeit des Ausfalls
- ▶ Funktionelle Bedeutung
- ▶ Zur Demontage erforderliche Schritte
- ▶ Wirtschaftlicher Wert und damit verbundene Reparaturarbeiten
- ▶ Umweltauswirkungen

Bei näherer Betrachtung und Auswertung der für die hier untersuchten Gerätekategorien relevanten Vorbereitungs- und Review-Studien (Boyano et al., 2017; Lefèvre, 2009; Maya-Drysdale et al., 2019, AEA Energy & Environment, 2009; Rames et al., 2019; Stamminger et al.; VHK & ARMINES, 2016) musste allerdings festgestellt werden, dass die zur Verfügung stehenden Daten und Informationen in dem oben angegebenen Sinn nicht bzw. nur unvollständig bzw. unsystematisch vorliegen und für manche Produktgruppen eher anekdotischen Charakter haben.

Eine zusätzliche Anfrage bei einschlägigen Reparaturdienstleistern blieb leider auch unbeantwortet. Für die im folgenden Abschnitt zugrunde gelegten Reparaturfälle wurde daher überwiegend auf Veröffentlichungen der Stiftung Warentest, Veröffentlichungen in der wissenschaftlichen Literatur sowie persönlichen Auskünfte von Branchenexpert*innen zurückgegriffen.

2.4.2 Häufige und oder typische Reparaturfälle

2.4.2.1 Kühl- und Gefriergeräte

Bei dieser Gerätekategorie werden in der Review-Studie aus 2016 als am häufigsten benötigte Ersatzteile Thermostate/Thermistoren, Glasablagen und (Tür-)Dichtungen benannt (VHK & ARMINES, 2016). In der vorausgegangenen Vorbereitungsstudie wurde zusätzlich zu diesen Teilen noch die Elektronik benannt (Stamminger et al.).

Ein Branchenexperte¹⁴ bestätigt, dass von den funktional relevanten Gerätekomponenten Sensoren, die Steuerelektronik sowie Türdichtungen ausfallen. Defekte an Kompressoren sind dagegen praktisch ausgeschlossen und treten, wenn überhaupt, als Frühausfälle innerhalb der gesetzlichen Gewährleistungsfrist auf.

¹⁴ Kontakt des Öko-Instituts, der nicht persönlich genannt werden möchte.

Vor diesem Hintergrund werden für diese Gerätekategorie als Reparaturfälle **defekte Sensoren, Steuerelektronik und Türdichtungen** herangezogen.

2.4.2.2 Geschirrspüler

Im Hinblick auf die Teile, die in Geschirrspülmaschinen am häufigsten kaputtgehen, wird in der Review-Studie auf mehrere Untersuchungen Bezug genommen, wodurch sich kein einheitliches Bild ergibt. Was dennoch abgeleitet werden kann, ist, dass Pumpen, Tasten und Regler, die Platine sowie Komponenten der Tür besonders häufig ausfallen (Boyano et al., 2017). Diese Aufstellung deckt sich auch mit den in Onlineshops (Domo Ersatzteileshop GmbH, 2024) angebotenen Ersatzteilen.

Für diese Gerätekategorie werden als Reparaturfälle **defekte Sensoren, Steuerelektronik, Türdichtungen sowie Pumpen (Umwälzpumpe oder Ablaufpumpe)** herangezogen.

Neben diesen Teilen werden in der o.a. Studie auch Filter, Geschirr- und Besteckkörbe genannt. Bei diesen Teilen muss in der Regel kein Reparaturdienst in Anspruch genommen werden, dennoch sind die Ersatzteilkosten nicht unerheblich. Daher werden diese Teile zusätzlich in das Berechnungstool mit aufgenommen.

2.4.2.3 Wäschetrockner

Bei dieser Gerätekategorie fallen die Angaben in der Review-Studie vergleichsweise differenziert aus (Maya-Drysdale et al., 2019); zitiert und ausgewertet wurden folgende Quellen:

- ▶ Aus einer von APPLiA und InSites Consulting (2018) durchgeführten Umfrage geht hervor, dass 10 % der Verbraucher*innen technische Probleme mit ihrem Wäschetrockner hatten. Dabei war der Anteil bei Ablufttrocknern am höchsten (10 %) und bei Wärmepumpen-Kondensationstrockner am geringsten (4 %), wobei der Unterschied möglicherweise darauf zurückzuführen ist, dass Wärmepumpen-Kondensationstrockner im Schnitt jünger sind.
- ▶ Laut Stakeholder-Angaben werden bei Reparaturen von Wäschetrocknern am häufigsten Pumpen¹⁵, Riemen und der Widerstand (Heizelement) ersetzt. Die Angaben stammen von einem NGO-Netzwerk zu Reparaturen in Frankreich und beziehen sich auf die am häufigsten verkauften Wäschetrockner-Modelle.

Zusammenfassend werden in der Review-Studie folgende Komponenten als „Priority Parts“ benannt:

- ▶ (Kondensat-Wasser-)Pumpen
- ▶ (Antriebs-)Motor
- ▶ Gebläse
- ▶ Heizelemente

In einem 2024 erschienen Beitrag geht die Stiftung Warentest in einem Szenario mit langer Nutzung davon aus, dass Kondensat-Wasserpumpe, Antriebsmotor und Steuerelektronik ersetzt werden (Stiftung Warentest, 2024c).

Für diese Gerätekategorie werden folgende Reparaturfälle betrachtet: **Heizelement, Kondensat-Wasserpumpe, Antriebsmotor und Steuerelektronik**.

¹⁵ Technisch gesehen kann es sich hier nur um Kondensat-Wasserpumpen handeln.

2.4.2.4 Staubsauger

Für Staubsauger liegt aus der Review-Studie sowohl für kabelgebundene Bodengeräte als auch für Standstaubsauger eine Auflistung vor, wobei diese sich nicht auf defekte Komponenten, sondern beobachtete Mängel der Geräte beziehen, wie „verschlechterte Saugwirkung“ oder „verstopfte Filter“ (Rames et al., 2019). Eine Zuordnung bzw. Benennung konkreter Gerätekomponten wird nicht vorgenommen. In einem EU-geförderten Verbundprojekt zu einem Multi-Stakeholder-Produkttestprogramm für vorzeitige Obsoleszenz wurde u.a. ein Bewertungsschema für Priority Parts vorgeschlagen, das an Smartphones, Smart-TV, Waschmaschinen und Staubsaugern entwickelt und erprobt wurde (Hahn, 2022). Bei kabelgebundenen Staubsaugern sind der Motor und das Anschlusskabel die Hauptausfallursachen für das Versagen der Geräte (Hahn et al., 2020). Dieser Befund deckt sich mit Erfahrungen der Stiftung Warentest, wonach das Anschlusskabel (samt Aufwickler), der Saugschlauch samt Düsen, Bürste etc. sowie der Motor häufig Reparaturfälle verursachen (Stiftung Warentest, 2017e).

Für diese Gerätekategorie werden folgende Reparaturfälle betrachtet: **Anschlusskabel (samt Aufwickler) und Motor**. Darüber hinaus werden der Saugschlauch und die Bodendüse in das Berechnungstool mit aufgenommen. Zwar können diese Teile ohne Weiteres von Verbraucher*innen selbst gewechselt werden, die Ersatzteilkosten fallen jedoch zum Teil recht hoch aus.

2.4.3 Zusammenstellung von GWP und KEA sowie Kosten für die typisierten Reparaturfälle

In den beiden nachstehenden Tabellen werden für die in den oben festgelegten, gerätespezifischen und als typisch angenommenen Reparaturfälle sowohl GWP und KEA (Tabelle 17) als auch Kosten (Tabelle 18) zusammengestellt.

Für die Ermittlung der Werte für GWP und KEA wird für die großen Haushaltsgeräte Kühl- und Gefriergeräte, Geschirrspüler und Wäschetrockner auf Moduldaten zurückgegriffen, die im Rahmen eines Projekts für einen Hausgerätehersteller erarbeitet wurden (C.-O. Gensch et al., 2024). Da sich die in dieser Studie erhobenen Daten auf Waschmaschinen beziehen, waren für manche Komponenten gewichtsbezogene Anpassungen vorzunehmen, zum Beispiel für die Türdichtung. Neben den Komponenten wurde auch die Fahrt mit einbezogen, wobei ein leichtes Nutzfahrzeug und eine einfache Entfernung zu den Kunden*Kundinnen von 20 km angenommen wurden.

Für die Kategorie Staubsauger wurde angenommen, dass Kunden*Kundinnen das defekte Gerät selbst zur Werkstatt oder zum Repair-Café bringen. Da nicht alle Verbraucher*innen diese Fahrt mit dem ohnehin anfallenden, alltäglichen Mobilitätsverhalten organisieren, wird für die Hälfte dieser Reparaturfälle eine Pkw-Fahrt mit einer Wegstrecke von insgesamt 10 km (5 km hin und zurück) in die Berechnung einbezogen. Hierfür wird basierend auf Umweltbundesamt (2022) ein Wert von 0,166 kg CO₂-eq pro gefahrenen km angesetzt.

Bei den Ersatzteilen (Besteckkorb, Geschirrkorb, Filtereinsatz für Geschirrspüler sowie Bodendüse und Schlauch mit Handgriff bei Staubsaugern) wird davon ausgegangen, dass diese im Onlinehandel bestellt werden. Auf der Grundlage einer Studie, in der unter anderem eine Betrachtung und ökologische Bewertung der Ist-Situation zu den relevantesten Elementen des Onlinehandels vorgenommen wurde, wird das GWP pauschal mit 0,5 kg CO₂-eq abgeschätzt (Zimmermann et al., 2021)¹⁶.

¹⁶ Beispielkauf 4 (Jörg), Seite 151.

Im Ergebnis zeigt sich für das GWP und den KEA, dass bei vier von dreizehn Reparaturfällen der Anteil für die Anfahrt zur Fehlersuche bzw. den Transport zur Werkstatt den Aufwand für die Komponenten überwiegt, siehe Tabelle 17.

Tabelle 17: Typisierte Reparaturfälle: GWP und KEA

	Kategorie/Komponente	Material und Fertigung		Anfahrt für Fehlersuchen bzw. Transport zur Werkstatt/Bestellung im Onlinehandel		Gesamt	
		GWP [kg]	KEA [MJ]	GWP [kg]	KEA [MJ]	GWP [kg]	KEA [MJ]
	Kühl- und Gefriergeräte						
K.1	Sensor	0,1	1,1	4,5	65,5	4,6	66,6
K.2	Steuerelektronik	36,6	488,7	4,5	65,5	41,1	554,2
K.3	Türdichtung	0,3	8,8	4,5	65,5	4,8	74,3
	Geschirrspüler						
G.1	Sensor	6,3	9,4	2,4	34,9	8,7	128,4
G.2	Steuerelektronik	43,0	572,8	2,4	34,9	45,4	907,7
G.3	Umwälzpumpe	4,4	62,5	2,4	34,9	6,8	97,4
G.4	Ablaufpumpe	4,1	52,5	2,4	34,9	6,5	87,4
G.5	Besteckkorb	2,2	53,3	0,5	k.A.	2,7	53,3
G.6	Geschirrkorb, unten	24,7	410,3	0,5	k.A.	25,2	410,3
G.7	Filtereinsatz (im Sumpf)	2,7	46,8	0,5	k.A.	3,2	46,8
	Wäschetrockner						
W.1	Heizelement	1,0	13,2	3,9	56,8	4,9	70,0
W.2	Kondensat-Wasserpumpe	1,9	23,1	3,9	56,8	5,8	79,9
W.3	Antriebsmotor	23,4	275,6	3,9	56,8	27,3	332,4
W.4	Steuerelektronik	43,0	572,8	3,9	56,8	46,9	629,5
	Staubsauger						
S.1	Anschlusskabel/Aufwickler	4,3	78,9	1,7	k.A.	4,3	k.A.
S.2	Motor	23,4	275,6	1,7	k.A.	23,4	k.A.
S.3	Bodendüse	3,4	84,5	0,5	k.A.	3,9	k.A.
S.4	Schlauch mit Handgriff	2,6	65,1	0,5	k.A.	3,1	k.A.

Quelle: Eigene Zusammenstellung auf der Grundlage von Moduldaten aus C.-O. Gensch et al. (2024), Emissionsdaten aus Umweltbundesamt (2022) und Zimmermann et al. (2021). Für einen Teil der Komponenten liegen keine Daten zum KEA für

die Anfahrt bzw. den Onlineversand vor. In diesem Fall kann auch keine Angabe zum gesamten KEA für diese Komponenten getätigt werden.

Zur Abschätzung der Kosten für die typisierten Reparaturfälle wurden Material- und Arbeits- zu Gesamtkosten zusammengefasst, siehe Tabelle 18. Die Materialkosten beruhen auf einer Recherche in einem Online-Portal für Ersatzteile (Domo Ersatzteileservice GmbH). Dabei ist anzumerken, dass hier große Preisunterschiede bestehen, beispielsweise nach Herstellern (Originalgerätehersteller versus alternative Anbieter). Selbst zwischen sehr ähnlichen Geräten können die Kosten für die Ersatzteile deutlich abweichen. Es wurde versucht, für bekannte Markengeräte mittlere Preisangaben herauszufiltern.

Nach einer 2017 durchgeführten Untersuchung der Stiftung Warentest variieren die Kosten für den Kundendienstbesuch (ohne Reparatur) zwischen 57 und 143 Euro (Stiftung Warentest, 2017b). Vor diesem Hintergrund und zur Einrechnung von Preissteigerungen wurde ein mittlerer Wert von 100 Euro angenommen.

Zur Abschätzung der Arbeitskosten wurde für jeden Reparaturfall ein Zeitaufwand angenommen und dann die Arbeitskosten bei 80 Euro pro Stunde abgeschätzt. Die auf diese Weise ermittelten Gesamtkosten liegen in den Bandbreiten, wie sie auch in anderen Untersuchungen ermittelt wurden (Stiftung Warentest, 2017b, 2017e, 2024c). In fast allen Fällen sind die Kosten für Anfahrt, Fehlersuche und Reparatur höher als die Materialkosten für die Ersatzteile. Eine Ausnahme bildet hier die Reparatur eines Anschlusskabels/Aufwicklers beim Staubsauger – auch deshalb, weil hier keine Kosten für die Fahrt und die Fehlersuche einkalkuliert wurden. Plausiblerweise fallen bei Reparaturen, die von den Nutzer*innen selbst durchgeführt werden (Austausch des Korbs des Geschirrspülers und der Staubsaugerdüse) nur die Kosten für die Ersatzteile an.

Tabelle 18: Typisierte Reparaturfälle: Material-, Arbeits- und Gesamtkosten

	Kategorie/Komponente	Materialkosten [EUR]	Pauschale Anfahrt und Fehlersuche [EUR]	Arbeitszeit [h]	Personalkosten [EUR]	Gesamtkosten [EUR]
	Kühl- und Gefriergeräte					
K.1	Sensor	50	100	1,00	80	230
K.2	Steuerelektronik	85	100	1,00	80	265
K.3	Türdichtung	60	100	0,50	40	200
	Geschirrspüler					
G.1	Sensor	45	100	1,00	80	225
G.2	Steuerelektronik	120	100	1,00	80	300
G.3	Umwälzpumpe	130	100	1,50	120	350
G.4	Ablaufpumpe	40	100	1,50	120	260
G.5	Besteckkorb	20	-	-	-	20
G.6	Geschirrkorb, unten	80	-	-	-	80
G.7	Filtereinsatz (im Sumpf)	40	-	-	-	40

	Kategorie/Komponente	Materialkosten [EUR]	Pauschale Anfahrt und Fehlersuche [EUR]	Arbeitszeit [h]	Personalkosten [EUR]	Gesamtkosten [EUR]
	Wäschetrockner					
W.1	Heizelement	100	100	1,00	80	280
W.2	Kondensat-Wasserpumpe	45	100	0,75	60	205
W.3	Antriebsmotor	140	100	1,50	120	360
W.4	Steuerelektronik	140	100	1,00	80	320
	Staubsauger					
S.1	Anschlusskabel/Aufwickler	50		0,50	40	90
S.2	Motor	65		1,00	80	145
S.3	Bodendüse	50	-	-	-	50
S.4	Schlauch mit Handgriff	30	-	-	-	30

Quelle: Eigene Zusammenstellung

3 Modellierung und Auswertung der Ergebnisse

3.1 Grundsätze der Modellierungsstruktur

Die ökonomischen und ökologischen Vergleichsrechnungen beruhen auf einer Modellierungsstruktur in einem gängigen Tabellenkalkulationsprogramm¹⁷. Durch eine klare Strukturierung der Tabellenblätter konnte auf eine spezifische Software verzichtet werden. Bei der Umsetzung wurden folgende Aspekte beachtet:

- ▶ Auf einer Übersichtsseite sind alle Tabellenblätter verlinkt:
 - Tabellenblatt mit den allgemeinen Hintergrunddaten, die für alle Gerätegruppen relevant sind (GWP und KEA der Strom- und Wasserbereitstellung sowie der Abwasserbehandlung; Strom- und Wasserkosten; Zinssatz zur Diskontierung nach der Barwertmethode).
 - Tabellenblatt mit einer Auswahl an Reparaturdaten pro Gerätegruppe.
 - Pro Gerätegruppe gibt es folgende Unterkategorisierung in Form von verschiedenen Tabellenblättern:
 - Datenblatt mit den Eingabewerten und der Ausgabe der Ergebnisse in Tabellenform
 - Vergleich der kumulierten GWP-Werte und Kosten von Bestands- und Neugerät mit Auflösung nach Jahren
 - Grafische Darstellung der Ergebnisse
 - Verwendete Quellen (Literatur und andere Quellen)

Von allen Tabellenblättern gelangt man durch die Schaltfläche „Zurück zur Übersicht“ zurück zur Übersichtsseite.

- ▶ Eingabebereiche sind farblich von Zellbereichen mit automatischer Berechnung abgegrenzt. Zellbereiche mit Formeln für eine automatische Berechnung sind mit einem Zellschutz versehen.
- ▶ Alle Bereiche, in denen Daten eingegeben werden, beinhalten auch Zellbereiche im Sinne von Meta-Daten (Version, letzte Eingabe, ...), um Fortschreibungen des Modells klar von den vorangegangenen Versionen zu kennzeichnen.
- ▶ Basisszenarien und Nutzungsvariationen sind bei allen vier betrachteten Gerätegruppen durch farbliche Kennzeichnung und Beschriftung voneinander abgegrenzt. Im oberen Bereich der Datenblätter befindet sich zudem eine Auswahlmöglichkeit der Szenarienansicht. Hier können einzelne oder alle Nutzungsszenarien ausgewählt werden.
- ▶ Die Ergebnisse (für Kosten, GWP und KEA) werden jeweils kumuliert über die Zeitreihen als auch absolut (gerätespezifisch nach jeweils x Jahren) dargestellt.

¹⁷ Microsoft® Excel® für Microsoft 365 MSO (Version 2308 Build 16.0.16731.20998) 64 Bit

- Die Ergebnisausgabe wird im Sinne einer Beitragsanalyse nach Herstellung, Transport und Distribution, Nutzung und EoL¹⁸ (nur GWP und KEA) gegliedert.
- Die Datei mit der Modellierungsstruktur ist auf Anfrage beim Umweltbundesamt erhältlich.

3.2 Basisszenarien und Struktur der Sensitivitätsanalysen

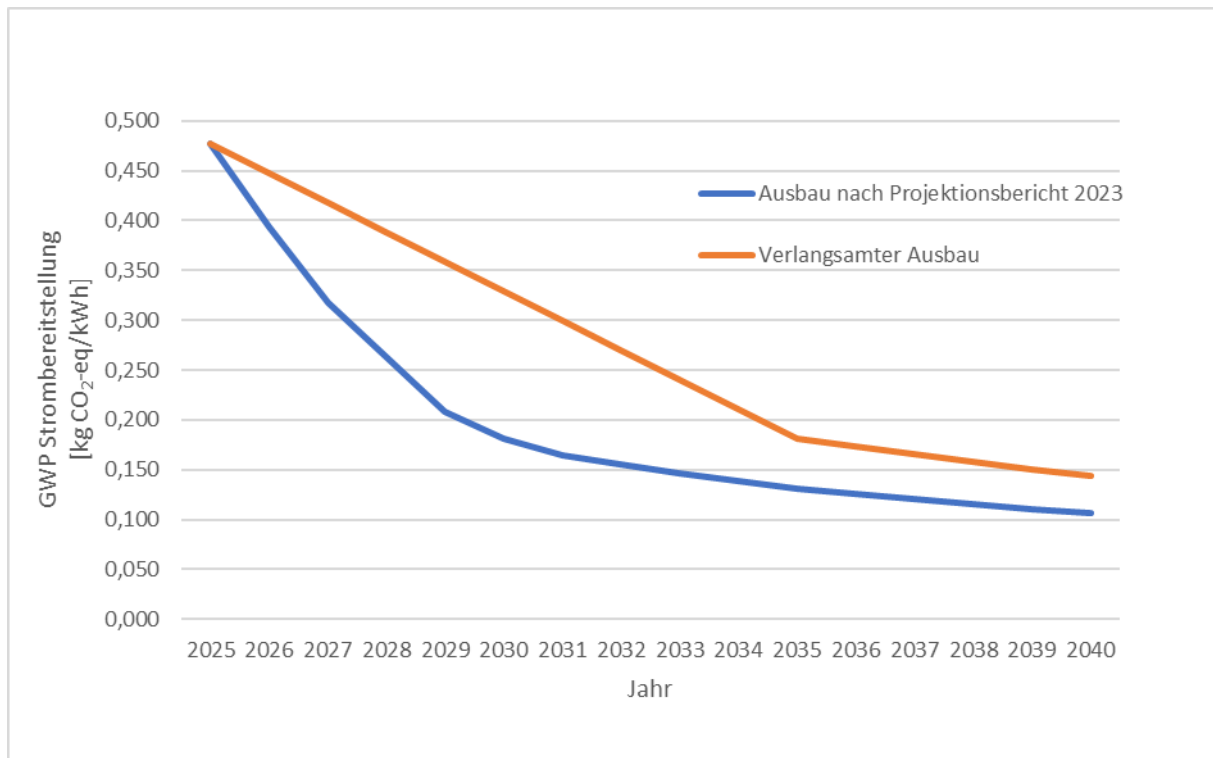
Die Basisszenarien werden für alle Gerätegruppen in einem Haupt-Excellfile dargestellt, im Fall der Wäschetrockner, Geschirrspüler und Staubsauger werden hier auch die Ergebnisse für die geringere und häufigere Nutzung der Geräte integriert. Jeweils am Blattanfang ist eine Auswahl der Energieeffizienzklasse bzw. der Verbrauchsklasse des Bestandsgeräts möglich.

Sensitivitätsanalysen werden aus Gründen der Übersichtlichkeit in separaten Excellfiles dargestellt, wobei die Grundstruktur die gleiche wie bei den Basisszenarien ist. Hierbei wird zwischen folgenden Sensitivitätsanalysen unterschieden:

- Veränderung der Prognose der Stromzusammensetzung: Um die Signifikanz der Annahmen der Stromprognose im Basisszenario (siehe Abschnitt 2.2.3.1) zu überprüfen, wurde abweichend von der Prognose laut Projektionsbericht eine Sensitivitätsanalyse mit einer Zeitverzögerung der weiteren Umstellung auf erneuerbare Energieträger von fünf Jahren durchgeführt. In diesem Szenario wird erst 2035 die Stromzusammensetzung des Basisszenarios von 2030 erreicht, dazwischen wurde eine lineare Abnahme angenommen (siehe Abbildung 6).
- Um die Auswirkungen des Kaufpreises auf den ökonomischen Vergleich des Bestands- und Neugeräts zu überprüfen, wurde eine Sensitivitätsanalyse mit dem aktuell günstigsten Kaufpreis für das Neugerät durchgeführt. Im Basisszenario wurde der Medianpreis verwendet (basierend auf einer Idealo-Recherche, vgl. dazu 2.3.1).

¹⁸ Unter End-of-Life (EoL) fallen alle Aufwendungen, die am Ende eines Gerätelebens anfallen: Transport zur Entsorgungs- bzw. Recyclingstelle sowie der Entsorgungs- und/oder Recyclingaufwand.

Abbildung 6: Entwicklung des GWP für die Strombereitstellung in Deutschland: Ausbau nach Projektionsbericht 2023 vs. Annahme eines verlangsamten Ausbaus von erneuerbaren Energieträgern



Quelle: Öko-Institut 2024

Mit Blick auf die Wahrscheinlichkeit des Eintretens der Entwicklung eines verlangsamten Ausbaus muss ergänzt werden, dass die Energiewirtschaft einen überproportionalen Beitrag zur Treibhausgasminderung leistet: „Werden die Ziele zwischen den Stützjahren 2021 bis 2030 interpoliert wie im KSG-E vorgesehen, übererfüllt die Energiewirtschaft ihre sektoralen kumulierten Jahresemissionsmengen um 175 Mio. t CO₂-Äq. [...] Ein wichtiger Faktor für den Emissionsrückgang ist die Annahme, dass die Ausbauziele gemäß Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) langfristig erreicht werden. Am aktuellen Rand werden für Anlagen unter dem Ausschreibungsregime die Zuschlagsmengen in den Ausschreibungen berücksichtigt“ (Wehmann & Schultz, 2024). Vor diesem Hintergrund wird das Eintreten dieses Szenarios als wenig wahrscheinlich angenommen. Bei der Verdichtung der Ergebnisse wird daher implizit davon ausgegangen, dass die in den Projektionsberichten angenommenen Entwicklungen tatsächlich eintreten.

3.3 Kernergebnisse der Basisszenarien und ausgewählte Ergebnisse aus den Sensitivitätsanalysen

In den nachfolgenden Abschnitten werden für die in dieser Studie betrachteten Gerätekategorien die Kernergebnisse einschließlich ausgewählter Beitrags- und Sensitivitätsanalysen dargestellt und diskutiert. Dabei werden jeweils als erstes die Ergebnisse unter Annahme durchschnittlicher Nutzungsbedingungen beschrieben, gefolgt von einer Darstellung der Ergebnisse bei intensiver und extensiver Nutzung. Hierbei wird auch der Einfluss einer Reparatur des Bestandsgeräts auf die Ergebnisse berücksichtigt. Aufgrund der hohen Ergebnisrelevanz wird jeweils in einem eigenen Unterabschnitt dargestellt, wie sich die Lage der Ergebnisse verschiebt, wenn ein verlangsamter Ausbau an Erneuerbaren Energien für die Strombereitstellung ange-

nommen wird. Schließlich werden für jede Gerätekategorie die Ergebnisse zusammengefasst und Empfehlungen an die Verbraucher*innen herausgestellt.

Die Bedingungen, ob und nach welcher Zeitdauer sich ein Austausch eines funktionierenden Geräts aus ökologischer und/oder ökonomischer Sicht „rechnet“, hängt im Detail von sehr vielen Parametern und getroffenen Annahmen – beispielsweise zur Entwicklung der Stromkosten – ab. Um diese Unsicherheit in den Annahmen zu berücksichtigen, wurde eine Signifikanzschwelle von 10 % festgelegt. Demnach wird der Austausch nur dann empfohlen, wenn der kumulierte GWP- oder Kostenwert des Neugeräts (Entsorgung des Bestandsgeräts, Herstellung des Neugeräts sowie Nutzung über den jeweiligen Zeitraum) mindestens 10 % günstiger ist, als es die weitere Nutzung des Bestandsgeräts in diesem Zeitraum wäre.

Als Formelausdruck kann die Austauschempfehlung wie folgt festgelegt werden:

$$\frac{\text{kumulierter Wert Bestandsgerät} - \text{kumulierter Wert neues Gerät}}{\text{kumulierter Wert Bestandsgerät}} \geq 10 \%$$

Um die Darstellungen und Schlussfolgerungen übersichtlich zu halten, wurden folgende Annahmen getroffen:

- ▶ Ausschlaggebend für die ökologische Bewertung ist der Indikator GWP, d. h. der KEA wird ausschließlich zur weiteren Erläuterung der Plausibilität der Ergebnisse herangezogen¹⁹.
- ▶ Teilweise ergeben sich beim GWP sehr lange Amortisationszeiten für den Neukauf. Erst nach einer Zeitspanne, die der angenommenen Lebensdauer der Neugeräte mit zehn oder mehr Jahren nahekann oder sie sogar überschreitet, spart das effizientere Neugerät Emissionen in einem Umfang ein, dass die kumulierten THG-Emissionen aus Bereitstellung und Betrieb des Neugeräts unter den kumulierten THG-Emissionen aus dem Weiterbetrieb des alten Geräts liegen. Falls die Amortisationszeit des Austausches gleich oder größer als zehn Jahre ist, kann der Weiterbetrieb eines funktionsfähigen Bestandsgeräts uneingeschränkt empfohlen werden.
- ▶ Wenn aufgrund der berechneten Ergebnisse eine Weiternutzung der Bestandsgeräte empfehlenswert ist, dann macht die Prüfung Sinn, inwiefern die Amortisationszeit für den Austausch signifikant kürzer wird, wenn für die Bestandsgeräte Reparaturen angenommen werden. Für die vier betrachteten Produktgruppen werden Reparaturen unterschiedlichen Umfangs betrachtet, um ein ausgewogenes Gesamtbild zu zeichnen.
- ▶ Wenn sich bei durchschnittlicher Nutzung der Austausch eines funktionierenden Bestandsgeräts weder ökologisch noch ökonomisch rechnet, wird ausschließlich das Szenario intensive Nutzung weiterverfolgt. Bei extensiver Nutzung würde sich der Amortisationszeitpunkt noch weiter in die Zukunft schieben.
- ▶ Wenn im Folgenden von einem Gleichstand oder Break-Even-Point der THG-Emissionen oder monetären Kosten zwischen Bestands- und Neugerät gesprochen wird, ist hierbei immer die 10 %-Signifikanzschwelle berücksichtigt. Ein Gleichstand der THG-Emissionen bedeutet demnach, dass die kumulierten Emissionen des Neugeräts (aus Herstellung, Betrieb und Entsorgung des Bestandsgeräts) zu diesem Zeitpunkt 10 % niedriger sind als die kumulierten Emissionen aus der Weiternutzung des Bestandsgeräts.

¹⁹ Generell verschieben sich beim Indikator KEA die Ergebnisse in Richtung von kürzeren Amortisationszeiten. Dies erklärt sich dadurch, dass der KEA nicht nur fossile, sondern mit den biogenen und regenerativen auch Energieträger umfasst, die nicht oder nur in geringem Umfang zu den THG-Emissionen beitragen, siehe die Detailergebnisse zu den betrachteten Produktgruppen in den Abschnitten 3.3.1 bis 3.3.7

3.3.1 Kühlschränke

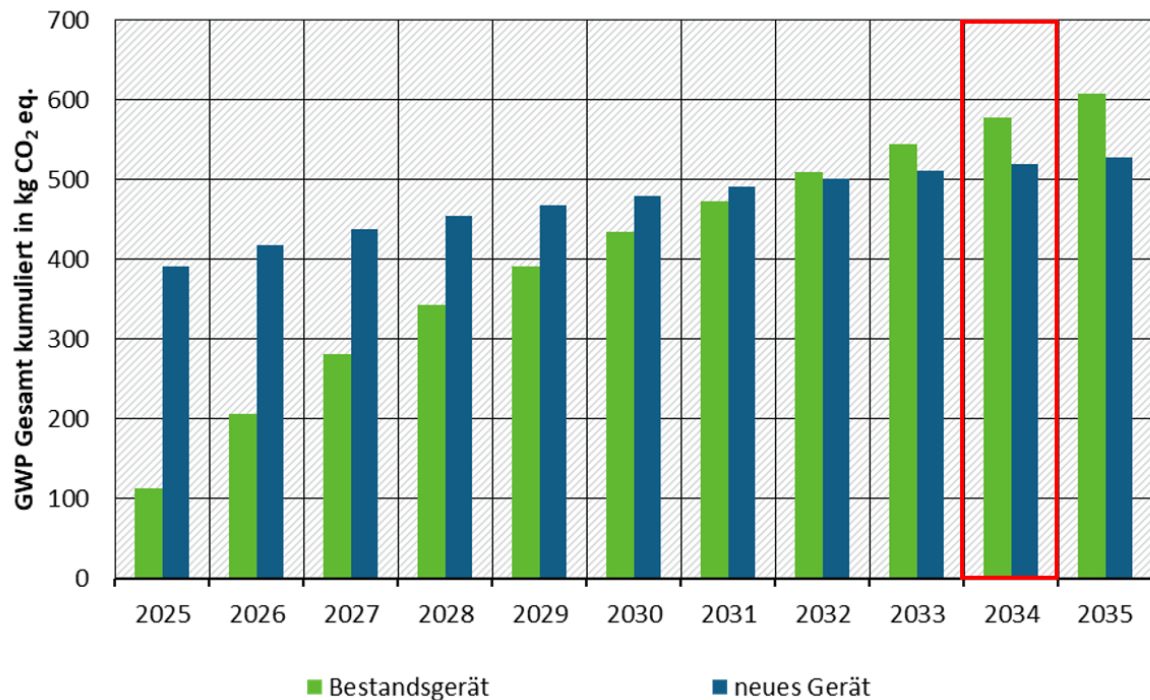
Momentan werden bei den Kühlschränken wenige Neugeräte angeboten, die der besten Energieeffizienzklasse A zugeordnet werden können. Nur vier Geräte erfüllen dieses Kriterium (Stand 14.10.2024). Diese haben fast keine Streuung bezüglich ihres Stromverbrauchs (63 bis 65 kWh/Jahr), obwohl das Nutzvolumen stark variiert (von 87 bis zu 330 l). Bei den Bestandsgeräten bei den Kühl- und Gefriergeräten liegt die Besonderheit vor, dass sich die Berechnungsmethodik des jährlichen Stromverbrauchs und der Energieeffizienzklassen zwischen dem alten und dem neuen Energielabel verändert hat, weshalb es hier nicht möglich ist, direkt den angegebenen Stromverbrauch von Bestandsgeräten mit dem der Neugeräte zu vergleichen. Aus diesem Grund werden nachfolgend Aussagen in einer „Wenn-Dann“-Logik für verschiedene Verbrauchshöhen getroffen. Die Verbrauchenden werden dazu angehalten, den Stromverbrauch ihres Kühlschranks selbst zu messen und sich anhand dieser Werte in die getroffenen Aussagen einzuordnen.

3.3.1.1 Nutzung ohne Berücksichtigung von Reparaturen

In diesem Szenario wurde zunächst davon ausgegangen, dass keine Reparaturen des Bestandsgeräts anfallen. Der Break-Even-Point des Ersatzes eines Bestandsgeräts durch das Neugerät wird bei einem jährlichen Stromverbrauch von 212 kWh nach 10 Jahren erreicht. Bei diesem Wert ist das über 10 Jahre aufsummierte Treibhausgaspotenzial aus der Nutzung des Bestandsgeräts genauso hoch wie das des Neugeräts (Nutzung plus Herstellung²⁰), dementsprechend könnte man ein Bestandsgerät mit diesem Stromverbrauch 10 Jahre nutzen, bevor sich ein Austausch gegen ein effizienteres Neugerät lohnt (Abbildung 7). Unter Berücksichtigung der Signifikanzschwelle von 10 %, welche Unsicherheiten in den getroffenen Annahmen berücksichtigt, wird der Austausch erst ab einem Stromverbrauch des Bestandsgeräts von 236 kWh/Jahr empfohlen. In der weiteren Auswertung werden alle Stromverbräuche unter Berücksichtigung der 10 %-Signifikanzschwelle angegeben. Erst wenn diese Schwelle überschritten wird, wird davon ausgegangen, dass der Austausch sich (monetär oder aus Klimaschutzsicht) amortisiert. Wenn im Folgenden von Amortisationszeit die Rede ist, so ist damit die Amortisation unter Berücksichtigung der 10 %-Signifikanzschwelle gemeint.

²⁰ Zudem wird die Entsorgung des Altgeräts eingerechnet; sie wird dem Austauschszenario, also dem Neugerät zugeschlagen.

Abbildung 7: Vergleich Kühlschränke: kumuliertes GWP des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 236 kWh ohne Reparaturen vs. Neugerät



Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökologischer Sicht amortisiert hat, ist mit einem roten Kasten markiert.

Quelle: Öko-Institut 2024

Bei Bestandsgeräten mit einem höheren Stromverbrauch verringert sich die Amortisationszeit, so sind beispielsweise ab einem jährlichen Stromverbrauch des Bestandsgeräts von 313 kWh/Jahr die kumulierten THG-Emissionen aus Herstellung und Betrieb des Neugeräts bereits nach 5 Jahren 10 % niedriger als die kumulierten Emissionen aus dem Weiterbetrieb des Bestandsgeräts, so dass aus Klimaschutzsicht der Austausch zu empfehlen wäre.

Aus ökonomischer Sicht: Wenn das Bestandsgerät 464 kWh im Jahr verbraucht, liegt die Amortisationszeit für den Austausch bei 10 Jahren. Da der Stromverbrauch von Bestandsgeräten im Regelfall bei maximal 350–400 kWh/Jahr liegt, lohnt sich der Austausch eines funktionierenden Bestandsgeräts nicht aus Kostengründen.

3.3.1.2 Nutzung mit Berücksichtigung von Reparaturen

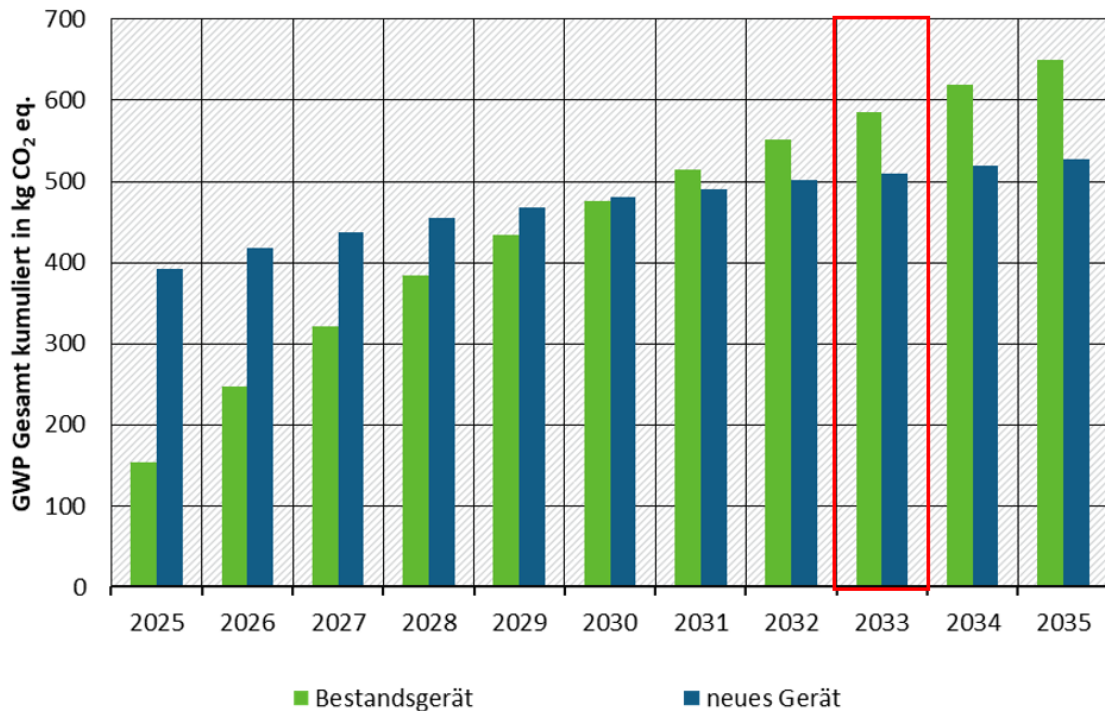
Im Folgenden wird dargestellt, welchen Einfluss das Auftreten eines Reparaturfalles beim Bestandsgerät auf die Ergebnisse der Vergleichsrechnung hat.

Es wird angenommen, dass die Steuerelektronik ausgetauscht werden muss. Da der Reparaturdienst in diesem Fall höchstwahrscheinlich auch zusätzlich die Türdichtung erneuern würde, wird diese zusätzlich berücksichtigt, wobei nur eine Anfahrtspauschale für beide Reparaturen angenommen wird²¹. Diese Reparaturen führen zu einer Erhöhung des Treibhausgaspotenzials des Bestandsgeräts um 41,4 kg CO₂-eq. Hierdurch verschiebt sich der Punkt, ab welchem sich ein vorzeitiger Ersatz aus ökologischer Sicht lohnt, auf einen Stromverbrauch von mehr als 217 kWh/Jahr. Wenn ein nicht reparierbedürftiges Bestandsgerät weniger als 236 kWh im Jahr

²¹ Der Austausch der Türdichtung ist mit geringem Aufwand verbunden, während er gleichzeitig eine hohe Relevanz für den Stromverbrauch haben kann. Demnach ist ab einem mittelalten Gerät davon auszugehen, dass der Reparaturdienst auch die Türdichtung austauscht, wenn er ohnehin wegen der Steuerelektronik da ist.

verbraucht, amortisiert sich der Austausch gegen ein Neugerät erst nach zehn Jahren (siehe Abbildung 7). Sofern das gleiche Gerät repariert werden muss, ist der Amortisationszeitpunkt bereits ein Jahr früher nach 9 Jahren erreicht (Abbildung 8).

Abbildung 8: Vergleich Kühlschränke: kumuliertes GWP des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 236 kWh mit Reparaturen vs. Neugerät



Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökologischer Sicht amortisiert hat, ist mit einem roten Kasten markiert.

Quelle: Öko-Institut 2024

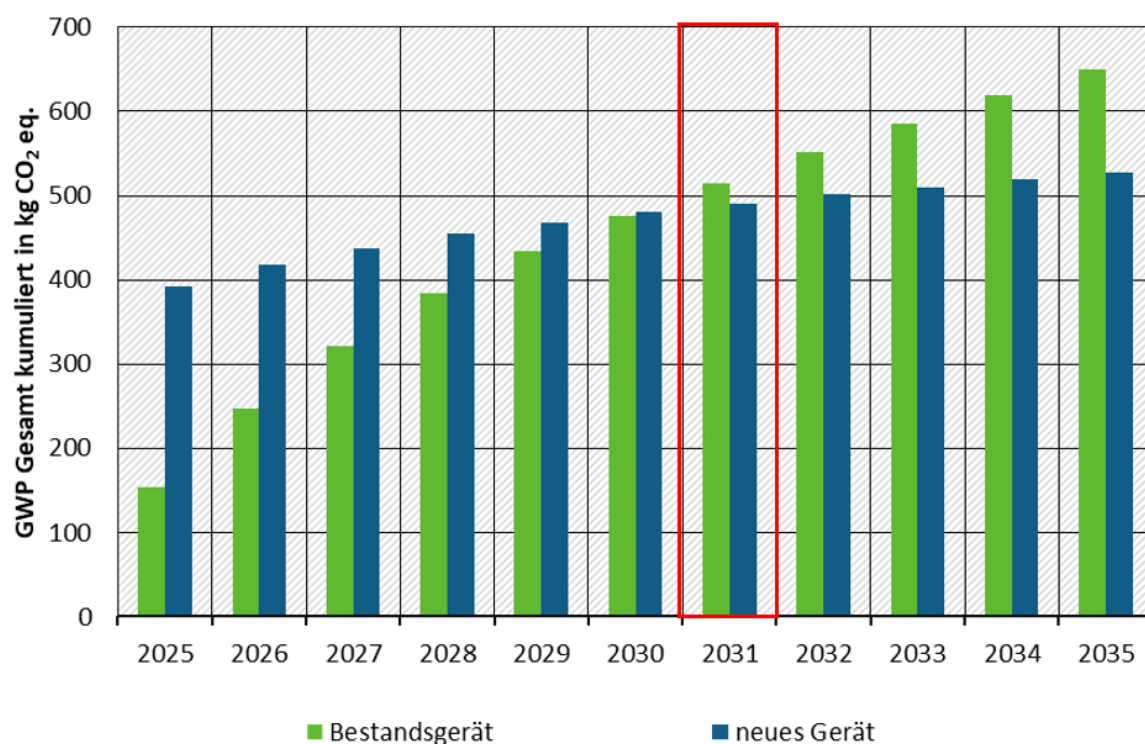
Ökonomisch gesehen würde sich auch im Falle einer Reparatur der Austausch des Bestandsgeräts innerhalb der nächsten 15 Jahre nicht rechnen, wenn man von einem Stromverbrauch von 236 kWh ausgeht. Das Bestandsgerät müsste einen Stromverbrauch von größer als 355 kWh/Jahr haben, damit sich ein Austausch innerhalb von 10 Jahren rentiert. Bei dieser Berechnung wurden für das Bestandsgerät einmalig Reparaturkosten in der Höhe von 365 Euro angenommen und für die Beschaffung des Neugeräts der Medianpreis in der Höhe von 1.315 Euro angesetzt. Würde stattdessen bei einem Stromverbrauch von 355 kWh/Jahr mit 815 Euro das günstigste Gerät beschafft werden, würde sich ein Austausch bereits ab dem sechsten Jahr rentieren. Inwieweit das günstigere Gerät die gleichen Haltbarkeitskriterien wie das teurere Modell erfüllt, wurde bei der vorliegenden Analyse nicht betrachtet.

3.3.1.3 Sensitivitätsanalyse: verlangsamter Ausbau erneuerbarer Energie bei der Strombereitstellung

Im Falle eines verlangsamten Ausbaus der erneuerbaren Energien verschiebt sich der jährliche Stromverbrauch, welchen das Bestandsgerät aufweisen muss, damit das Neugerät aus ökologischer und ökonomischer Sicht innerhalb einer Rückzahldauer von 10 Jahren 10 % besser als das Bestandsgerät abschneidet:

- ▶ Bei einem Stromverbrauch größer als 189 kWh/Jahr (statt 236 kWh/Jahr) lohnt sich ein vorzeitiger Ersatz bei der Betrachtung der kumulierten Treibhausgaspotenziale.
- ▶ Bei einem Stromverbrauch von 236 kWh/Jahr verkürzt sich aus Sicht des Klimaschutzes die Rückzahldauer auf 7 Jahre (Abbildung 9).

Abbildung 9: Vergleich Kühlschränke: kumuliertes GWP des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 236 kWh ohne Reparaturen vs. Neugerät, mit verlangsamttem Ausbau erneuerbarer Energien



Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökologischer Sicht amortisiert hat, ist mit einem roten Kasten markiert.

Quelle: Öko-Institut 2024

3.3.1.4 Zusammenfassung und Empfehlungen an Verbraucher*innen

In der nachfolgenden Tabelle 19 sind die Stromverbräuche zusammengefasst, die ein Bestandsgerät mindestens aufweisen muss, damit sich ein Austausch aus ökologischer oder ökonomischer Sicht innerhalb eines bestimmten Zeitrahmens (5 bzw. 10 Jahre) rentiert.

Tabelle 19: Ergebnisübersicht Kühlschränke: Stromverbräuche der Bestandsgeräte, bei welchen der Break-Even-Point des Austauschs gegen Neugeräte innerhalb von 5 bzw. 10 Jahren erreicht wird (unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 %)

Betrachtungsgrundlage	Zeitraum, innerhalb welchem der Break-Even-Point erreicht wird	Stromverbrauch des Bestandsgeräts in kWh/Jahr (ohne Reparaturfall)	Stromverbrauch des Bestandsgeräts in kWh/Jahr (mit Reparaturfall)
Kumuliertes GWP (kg CO ₂ -eq)	5 Jahre	313	285
Kumuliertes GWP (kg CO ₂ -eq)	10 Jahre	236	217

Betrachtungsgrundlage	Zeitraum, innerhalb welchem der Break-Even-Point erreicht wird	Stromverbrauch des Bestandsgeräts in kWh/Jahr (ohne Reparaturfall)	Stromverbrauch des Bestandsgeräts in kWh/Jahr (mit Reparaturfall)
Kumulierte Kosten (Euro)	5 Jahre	844	630
Kumulierte Kosten (Euro)	10 Jahre	464	355

Quelle: Öko-Institut 2024, der Stromverbrauch des Neugeräts wurde mit 65 kWh/Jahr angesetzt, der Kaufpreis des Neugeräts mit 1.315 Euro (basierend auf Idealo-Recherche 14.10.2024). Für den Reparaturfall wurde eine Erneuerung der Steuer Elektronik sowie der Türdichtung mit Kosten von 365 Euro angenommen. Der Break-Even-Point wird erst als erreicht angesehen, wenn Kauf/Herstellung und Betrieb des Neugerätes 10% günstiger sind als eine weitere Nutzung des Bestandsgeräts.

Hieraus lassen sich folgende Aussagen für die Kühlschränke zusammenfassen:

- Der Austausch eines funktionsfähigen Bestandsgeräts lohnt sich aus ökologischer Sicht ab einem jährlichen Stromverbrauch von mehr als rund 240 kWh.
- Aus ökonomischer Sicht lohnt sich der Austausch nicht. Auch die Berücksichtigung eines Reparaturfalles beim Bestandsgerät ändert daran nichts.
- Unter der Berücksichtigung eines Reparaturfalles verringert sich der jährliche Stromverbrauch des Bestandsgeräts, ab welchem sich ein Austausch aus ökologischer Sicht zu lohnen beginnt, auf einen Verbrauch von mehr als rund 220 kWh.

3.3.2 Kühl-Gefrierkombinationen

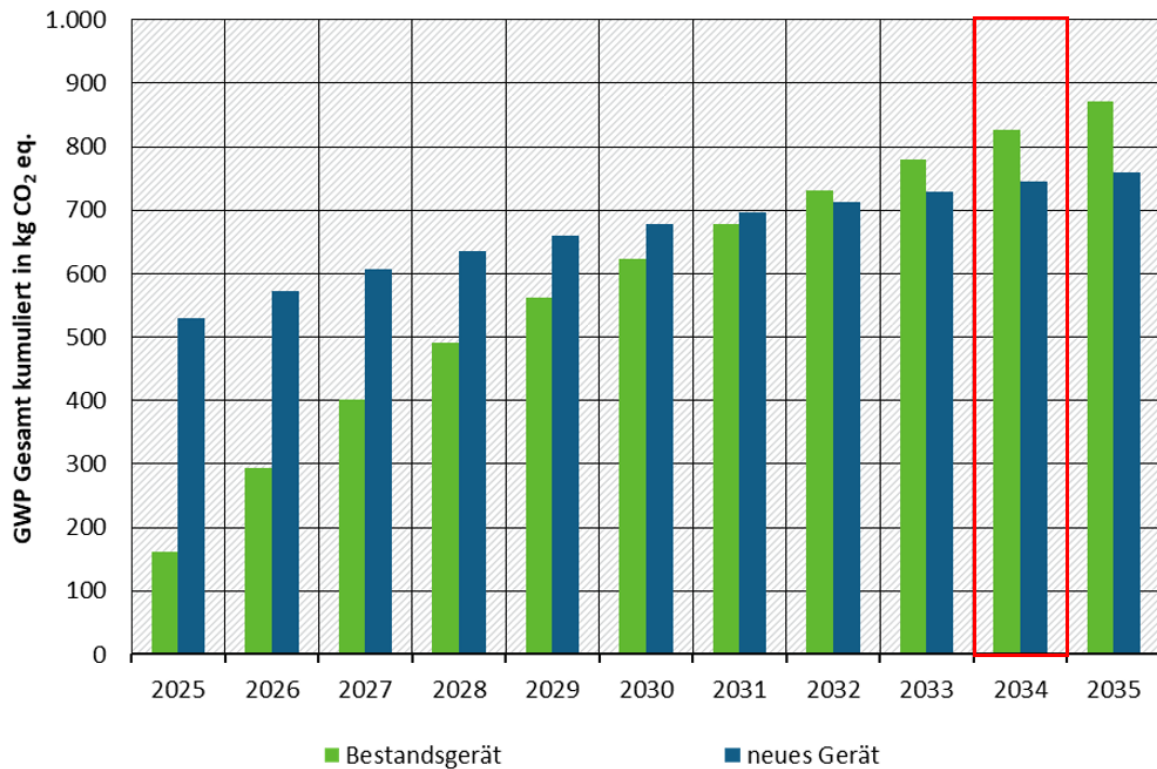
In der besten Energieeffizienzklasse A sind 76 Geräte gelistet (Idealo, Stand, 6.11.2024), welche einen Medianverbrauch von 109 kWh/Jahr aufweisen. Die Spannbreite des Verbrauchs liegt zwischen 88 und 200 kWh/Jahr, wobei die Mehrheit der Geräte einen Verbrauch zwischen 104 und 116 kWh/Jahr haben. Das Nutzvolumen der Geräte hat ebenfalls eine recht hohe Streuung zwischen 200 bis 390 l für den Kühlbereich und 95 bis 210 l für den Gefrierbereich. Ein höheres Nutzvolumen ist dabei nicht mit einem höheren absoluten Stromverbrauch korreliert, hier gibt es große Streuungen in Abhängigkeit der Modelle (vgl. 1.3.1).

Analog zu den Kühlschränken und Gefrierschränken können die Stromverbrauchswerte des alten und des neuen Energielabels nicht direkt miteinander verglichen werden (Erklärung siehe 3.3.1), weshalb im Folgenden die Verbrauchswerte genannt werden, ab welchen sich der Austausch eines funktionierenden Bestandsgeräts lohnen würde. Hierbei wird eine Signifikanzschwelle von 10 % berücksichtigt. Die Verbrauchenden werden dazu angehalten, den Stromverbrauch ihres Geräts selbst zu messen. Sie können daraus ableiten, ob sie oberhalb der Verbrauchswerte liegen, ab denen der Austausch eines Bestandsgeräts ratsam ist.

3.3.2.1 Nutzung ohne Berücksichtigung von Reparaturen

Weist das Bestandsgerät einen jährlichen Stromverbrauch auf, der größer als 338 kWh/Jahr ist, überwiegt innerhalb von 10 Jahren das kumulierte Treibhausgaspotenzial des Bestandsgeräts gegenüber dem Neugerät (vgl. Abbildung 10).

Abbildung 10: Vergleich Kühl-Gefrierkombinationen: kumuliertes GWP des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 338 kWh ohne Reparaturen vs. Neugerät

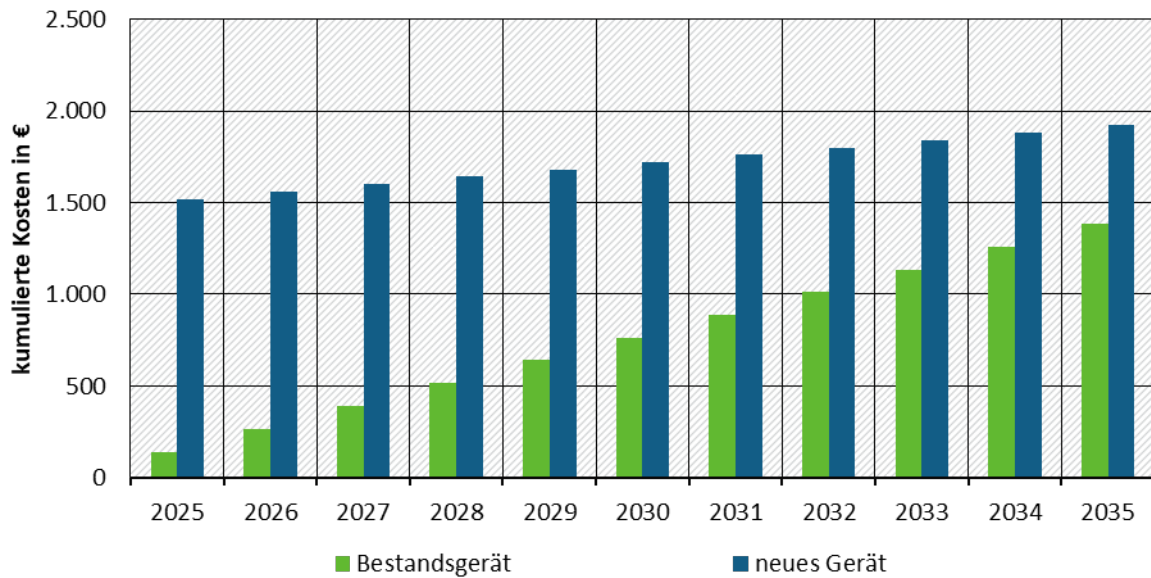


Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökologischer Sicht amortisiert hat, ist mit einem roten Kasten markiert.

Quelle: Öko-Institut 2024

Ein anderes Bild ergibt sich bei der Kostenbetrachtung. Nimmt man den Stromverbrauch von größer als 338 kWh/Jahr an, welcher aus ökologischer Sicht für einen Austausch des Bestandsgeräts ausreicht, liegen die Kosten des Bestandsgeräts innerhalb des betrachteten Zeitraums von 15 Jahren immer signifikant unter den Kosten eines Neugeräts, siehe Abbildung 11. Zwar sind die jährlichen Stromkosten für die Nutzung des Bestandsgeräts etwa um das Dreifache höher als beim Neugerät, dieser Unterschied kann allerdings nicht die hohen Anschaffungskosten von 1.476 Euro, das ist der mit Stand Oktober 2024 ermittelte Medianpreis eines Neugeräts, aufwiegen.

Abbildung 11: Vergleich Kühl-Gefrierkombinationen: kumulierte Kosten des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 338 kWh ohne Reparaturen vs. Neugerät



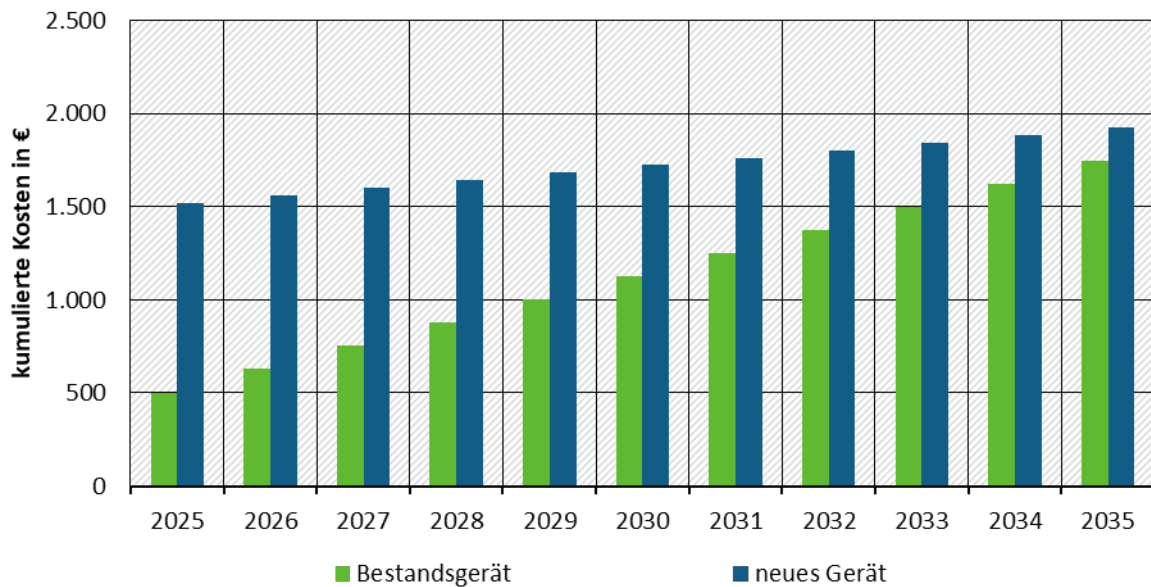
Quelle: Öko-Institut 2024

3.3.2.2 Nutzung mit Berücksichtigung von Reparaturen

Berücksichtigt man die Umweltauswirkungen und Kosten einer anfallenden Reparatur der Steuerelektronik und des Austauschs der Türdichtung (analog zum Vorgehen bei den Kühlschränken, siehe Abschnitt 3.3.1.2), verkürzt sich die Amortisationszeit bzw. verringert sich der jährliche Stromverbrauch des Bestandsgeräts, ab welchem sich ein Austausch sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht lohnt (jeweils unter Berücksichtigung der 10 %-Signifikanzschwelle, vgl. Abbildung 12):

- ▶ Anstatt ab 338 kWh/Jahr reichen nun Stromverbräuche größer als 320 kWh/Jahr aus, damit das GWP des Bestandsgeräts das des Neugeräts innerhalb von 10 Jahren übersteigt.
- ▶ Aus Kostensicht verringert sich die Rückzahldauer um zwei Jahre im Vergleich zum Szenario ohne Reparaturen. Damit sich ein vorzeitiger Ersatz aus ökonomischer Sicht rentiert, wäre allerdings immer noch ein Verbrauch von mehr als 452 kWh/Jahr erforderlich, was selbst sehr alte Bestandsgeräte unterbieten werden.
- ▶ Dennoch liegen die Gesamtkosten eines Neugeräts auch noch im zehnten Jahr der Betrachtung signifikant über den Kosten, die durch den Weiterbetrieb des Bestandsgeräts anfallen, d. h., auch wenn das Bestandsgerät repariert werden muss, rechnet sich der Austausch nicht.

Abbildung 12: Vergleich Kühl-Gefrierkombinationen: kumulierte Kosten des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 338 kWh mit Reparaturen vs. Neugerät

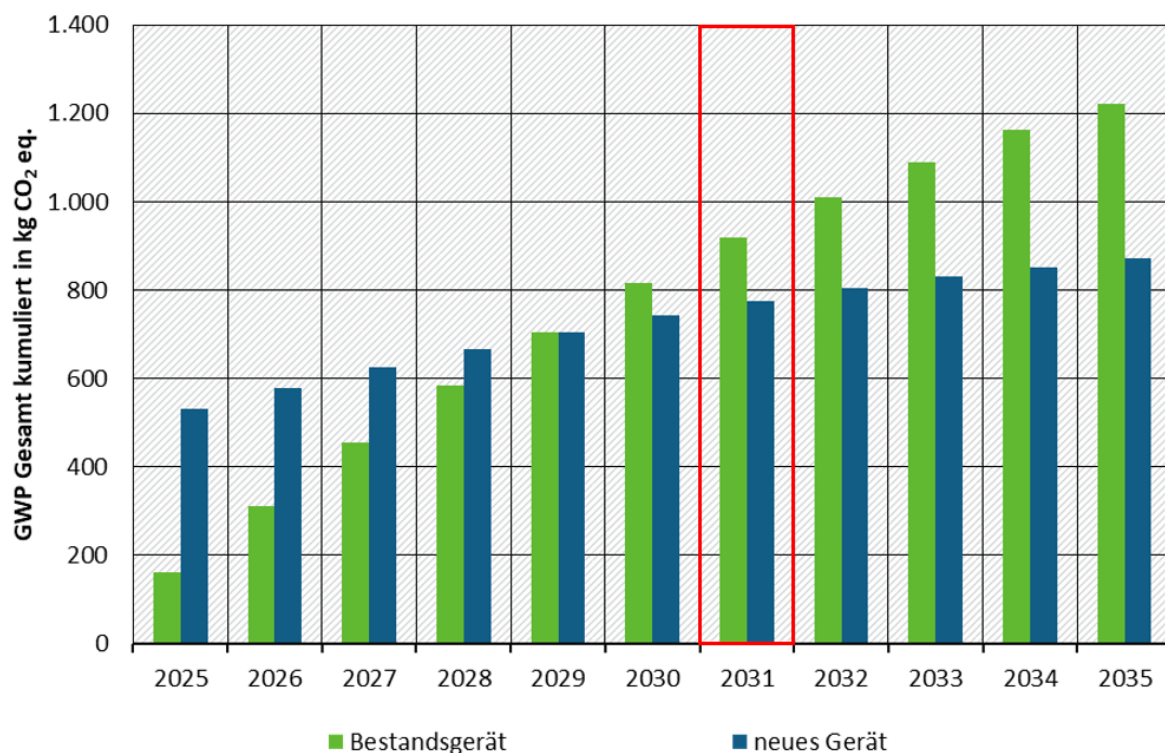


Quelle: Öko-Institut 2024

3.3.2.3 Sensitivitätsanalyse: verlangsamter Ausbau erneuerbarer Energie bei der Strombereitstellung

Die Annahmen zur Entwicklung der Stromzusammensetzung in den kommenden Jahren beeinflusst die Aussagen zur ökologischen Rückzahldauer. Falls es zu einem verlangsamten Ausbau der erneuerbaren Energien kommen sollte, sinkt dadurch das GWP der Strombereitstellung langsamer und der Effekt des unterschiedlichen Stromverbrauchs in der Nutzungsphase kommt stärker zur Geltung. In diesem Szenario verringert sich der Stromverbrauch, ab welchem sich der Austausch eines funktionierenden Bestandsgeräts unter Berücksichtigung des GWP rentiert, von 338 kWh/Jahr im Basisszenario um 63 kWh/Jahr auf 275 kWh/Jahr, was einer Reduktion von knapp 19 % entspricht. Nimmt man in diesem Szenario den gleichen Stromverbrauch an, ab welchem sich ein Austausch eines funktionierenden Geräts im Basisszenario rentiert (338 kWh/Jahr), verkürzt sich die ökologische Rückzahldauer auf 7 Jahre (vgl. Abbildung 13).

Abbildung 13: Vergleich Kühl-Gefrierkombinationen: kumuliertes GWP des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 338 kWh ohne Reparaturen vs. Neugerät, mit verlangsamttem Ausbau erneuerbarer Energien



Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökologischer Sicht amortisiert hat, ist mit einem roten Kasten markiert.

Quelle: Öko-Institut 2024

3.3.2.4 Zusammenfassung und Empfehlungen an Verbraucher*innen

In der Tabelle 20 sind die Ergebnisse zu den Kühl-Gefrierkombinationen zusammengefasst.

Tabelle 20: Ergebnisübersicht Kühl-Gefrierkombinationen: Stromverbräuche der Bestandsgeräte, bei welchen der Break-Even-Point des Austauschs gegen Neugeräte innerhalb von 5 bzw. 10 Jahren erreicht wird (unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 %)

Betrachtungsgrundlage	Zeitraum, innerhalb welchem der Break-Even-Point erreicht wird	Stromverbrauch des Bestandsgeräts in kWh/Jahr (ohne Reparaturfall)	Stromverbrauch des Bestandsgeräts in kWh/Jahr (mit Reparaturfall)
Kumuliertes GWP (kg CO ₂ -eq)	5 Jahre	441	413
Kumuliertes GWP (kg CO ₂ -eq)	10 Jahre	338	320
Kumulierte Kosten (Euro)	5 Jahre	988	773
Kumulierte Kosten (Euro)	10 Jahre	561	452

Quelle: Öko-Institut 2024, der Stromverbrauch des Neugeräts wurde mit 109 kWh/Jahr angesetzt, der Kaufpreis des Neugeräts mit 1.476 Euro (basierend auf Idealo-Recherche 14.10.2024). Für den Reparaturfall wurde eine Erneuerung der Steuer Elektronik sowie der Türdichtung mit Kosten von 365 Euro angenommen.

Zusammenfassend lassen sich für die Kühl-Gefrierkombinationen folgende Aussagen treffen:

- ▶ Der Austausch eines funktionierenden Geräts lohnt sich aus ökologischer Sicht ab einem jährlichen Stromverbrauch von mehr als rund 340 kWh.
- ▶ Aus ökonomischer Sicht ist ein vorzeitiger Ersatz für kein Bestandsgerät lohnend. Auch die Berücksichtigung eines Reparaturfalles führt zu keiner Änderung dieses Ergebnisses.
- ▶ Unter der Berücksichtigung eines Reparaturfalles verringert sich der jährliche Stromverbrauch des Bestandsgeräts, ab welchem sich ein vorzeitiger Ersatz aus ökologischer Sicht zu lohnen beginnt, um ca. 6 % auf einen Verbrauch von mehr als rund 320 kWh.

3.3.3 Gefrierschränke

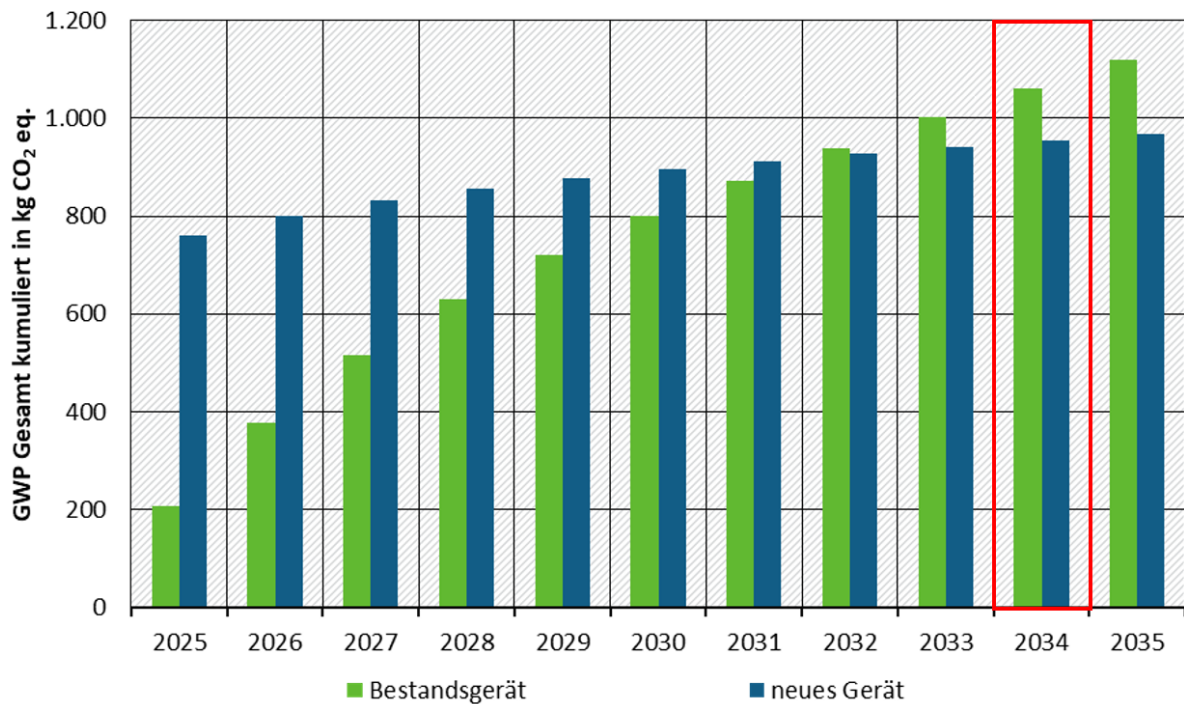
Bei Gefrierschränken existieren aktuell nur zwei Neugeräte, welche die Kriterien der Energieeffizienzklasse A erfüllen (Idealo-Recherche, Stand 14.10.2024). Diese haben einen jährlichen Energieverbrauch von 99 kWh und ein Nutzvolumen von 260 l.

Wie bereits bei den Kühlschränken und Kühl-Gefrierkombinationen erläutert, konzentriert sich die folgende Auswertung auf eine Darstellung der Punkte bei den Verbrauchswerten der Bestandsgeräte, ab welchen sich der Austausch eines funktionierenden Bestandsgeräts innerhalb einer Amortisationszeit von 10 Jahren unter der Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 % rentiert.

3.3.3.1 Nutzung ohne Berücksichtigung von Reparaturen

Bei den Gefrierschränken lohnt sich bei Betrachtung des GWP der Austausch ab einem jährlichen Stromverbrauch von mehr als 434 kWh (Abbildung 14). Die kumulierten GWP-Werte liegen generell in einem Bereich zwischen 800 bis über 1.000 kg CO₂-eq und damit im Vergleich zu den anderen Kühl- und Gefriergeräten relativ hoch, was zu einem großen Teil auf die höheren Umweltauswirkungen bei der Neuanschaffung eines Gefrierschranks zurückzuführen ist. Im Vergleich zum Kühlschrank ist der Materialbedarf hier etwa doppelt so hoch, demnach betragen auch die mit der Herstellung und Entsorgung verbundenen Treibhausgase etwa das Doppelte.

Abbildung 14: Vergleich Gefrierschränke: kumuliertes GWP des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 434 kWh ohne Reparaturen vs. Neugerät

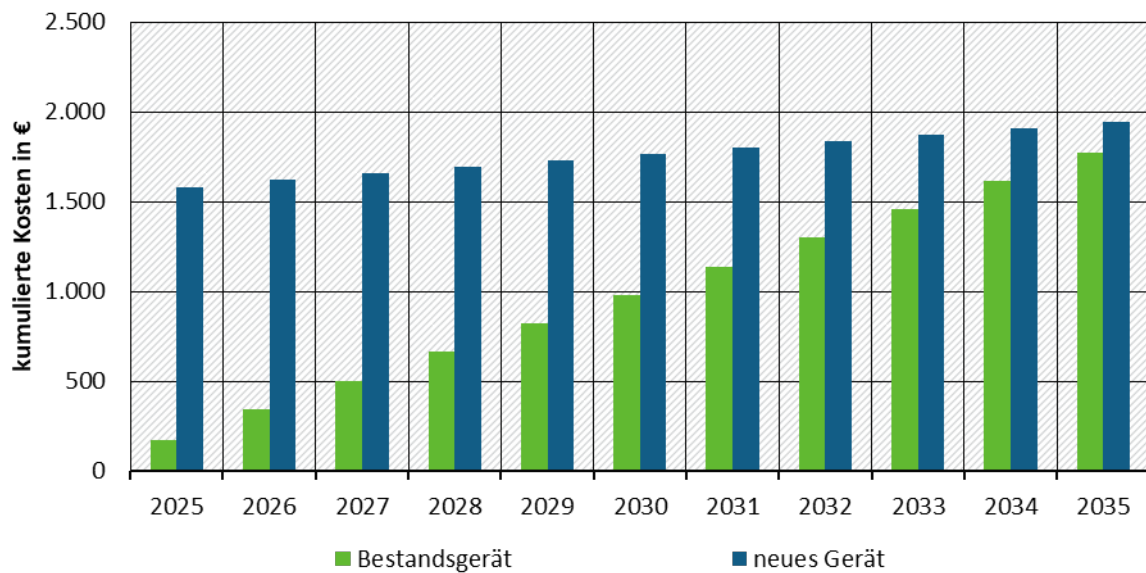


Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökologischer Sicht amortisiert hat, ist mit einem roten Kasten markiert.

Quelle: Öko-Institut 2024

Der Medianpreis für ein Neugerät liegt momentan mit 1.542 Euro sehr hoch. Hier ist von einer wirklichen „Bestenklasse“ zu sprechen. Bedingt durch diese hohen Anschaffungskosten ist der Austausch eines Bestandsgeräts aus ökonomischer Sicht in keinem Fall lohnend. Unter Annahme des Stromverbrauchs, ab welchem sich ein ökologischer Ersatz rentiert, liegt hier die Rückzahl-dauer bei 15 Jahren und damit außerhalb des Darstellungsbereichs von Abbildung 15.

Abbildung 15: Vergleich Gefrierschränke: kumulierte Kosten des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 434 kWh ohne Reparaturen vs. Neugerät



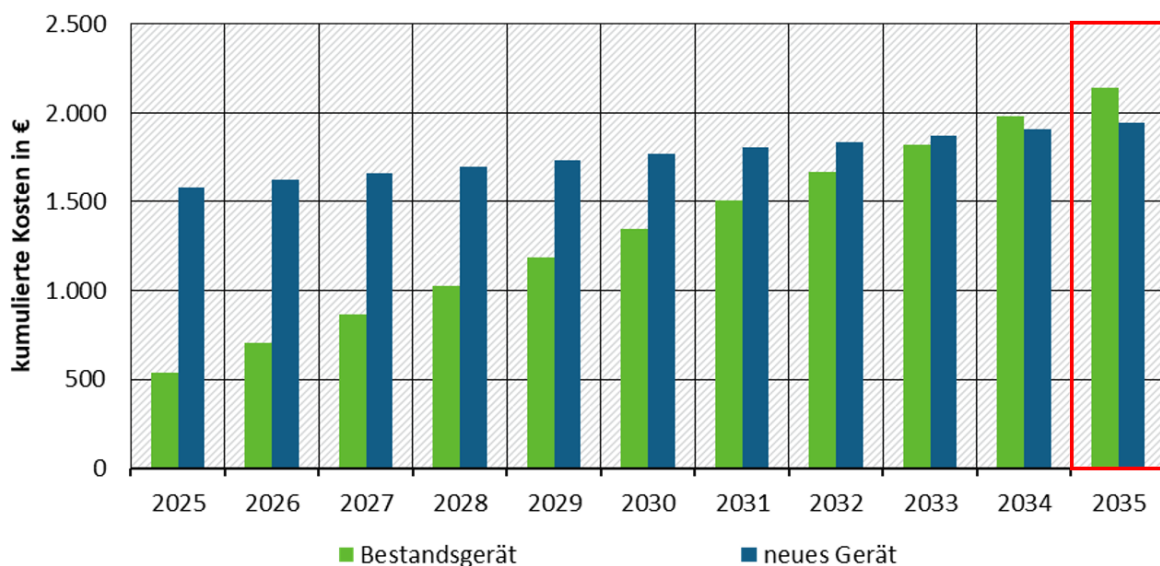
Quelle: Öko-Institut 2024

3.3.3.2 Nutzung mit Berücksichtigung von Reparaturen

Im Falle einer aufwendigen Reparatur der Steuerelektronik sowie der Türdichtung verschieben sich die Ergebnisse zu Gunsten des Neugeräts, ein Austausch des Bestandsgeräts rentiert sich aus ökologischer Sicht bereits ab einem Stromverbrauch von mehr als 415 kWh/Jahr. Dennoch werden nur sehr alte und ineffiziente Bestandsgeräte einen solch hohen Stromverbrauch aufweisen. In den meisten Fällen wird sich ein vorzeitiger Ersatz somit nicht rentieren.

Auch aus ökonomischer Sicht schneidet ein Bestandsgerät trotz der Reparatur mit Kosten von 365 Euro bei einem jährlichen Verbrauch von 434 kWh noch 11 Jahre besser ab als das Neugerät (Abbildung 16).

Abbildung 16: Vergleich Gefrierschränke: kumulierte Kosten des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 434 kWh mit Reparaturen vs. Neugerät



Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökonomischer Sicht amortisiert hat, ist mit einem roten Kasten markiert.

Quelle: Öko-Institut 2024

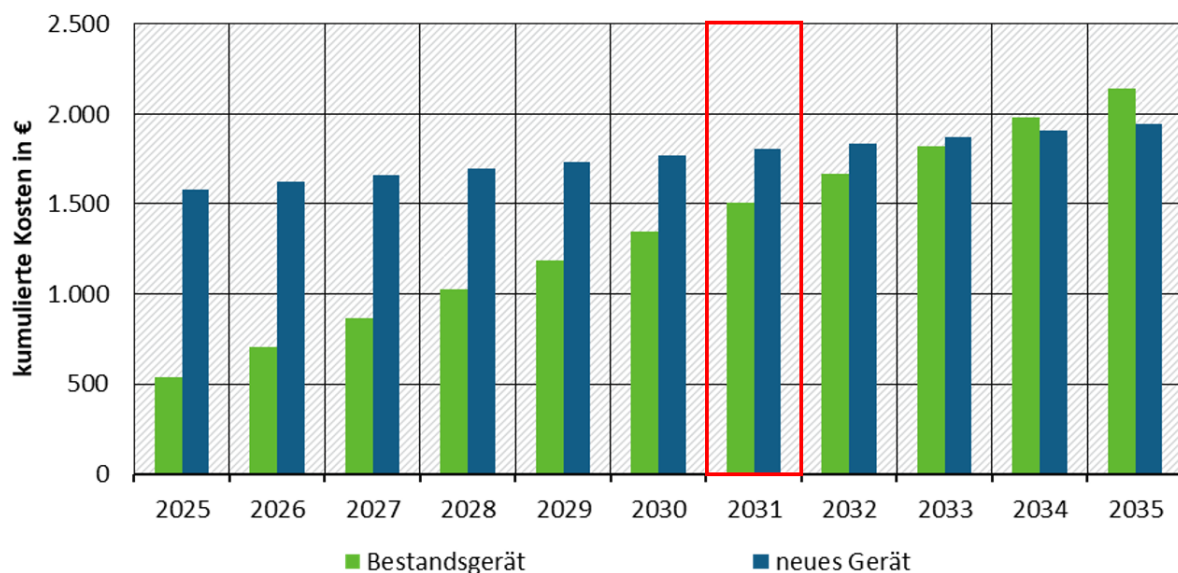
Demnach wird sich der Austausch aus ökonomischer Sicht für kein Bestandsgerät rentieren. Hierfür müsste das Bestandsgerät selbst unter der Annahme, dass es repariert werden muss, immer noch einen jährlichen Stromverbrauch von über 461 kWh aufweisen.

3.3.3.3 Sensitivitätsanalyse: verlangsamter Ausbau erneuerbarer Energie bei der Strombereitstellung

Unter der Annahme, dass sich der Ausbau erneuerbarer Energieträger um 5 Jahre verzögert, würde sich aus ökologischer Sicht der Gleichstand²² der THG-Emissionen bei Einbezug der festgelegten Signifikanzschwelle auf einen Stromverbrauch von 340 kWh/Jahr reduzieren.

Bei einem Stromverbrauch von 434 kWh, das ist der Stromverbrauch im Basisszenario mit Gleichstand der THG-Emissionen, schneidet das Neugerät bereits ab dem siebten Jahr besser ab, siehe Abbildung 17.

Abbildung 17: Vergleich Gefrierschränke: kumuliertes GWP des Bestandsgeräts mit einem jährlichen Stromverbrauch von 434 kWh ohne Reparaturen vs. Neugerät, mit verlangsamtem Ausbau erneuerbarer Energien



Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökonomischer Sicht amortisiert hat, ist mit einem roten Kasten markiert.

Quelle: Öko-Institut 2024

²² Zur Verwendung der Begriffe „Gleichstand“ und „Break-Even-Point“ siehe Erläuterung am Anfang des Abschnitts 3.3, Seite 58

3.3.3.4 Zusammenfassung und Empfehlungen an Verbraucher*innen

In Tabelle 21 sind die Ergebnisse für die Gefrierschränke zusammengefasst.

Tabelle 21: Ergebnisübersicht Gefrierschränke: Stromverbräuche der Bestandsgeräte, bei welchen der Break-Even-Point des Austausches gegen Neugeräte innerhalb von 5 bzw. 10 Jahren erreicht wird (unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 %)

Betrachtungsgrundlage	Zeitraum, innerhalb welchem der Break-Even-Point erreicht wird	Stromverbrauch des Bestandsgeräts in kWh/Jahr (ohne Reparaturfall)	Stromverbrauch des Bestandsgeräts in kWh/Jahr (mit Reparaturfall)
Kumuliertes GWP (kg CO ₂ -eq)	5 Jahre	587	559
Kumuliertes GWP (kg CO ₂ -eq)	10 Jahre	434	415
Kumulierte Kosten (Euro)	5 Jahre	1.015	801
Kumulierte Kosten (Euro)	10 Jahre	570	461

Quelle: Öko-Institut 2024, der Stromverbrauch des Neugeräts wurde mit 99 kWh/Jahr angesetzt, der Kaufpreis des Neugeräts mit 1.542 Euro (basierend auf Idealo-Recherche 14.10.2024). Für den Reparaturfall wurde eine Erneuerung der Steuer-elektronik sowie der Türdichtung mit Kosten von 365 Euro angenommen.

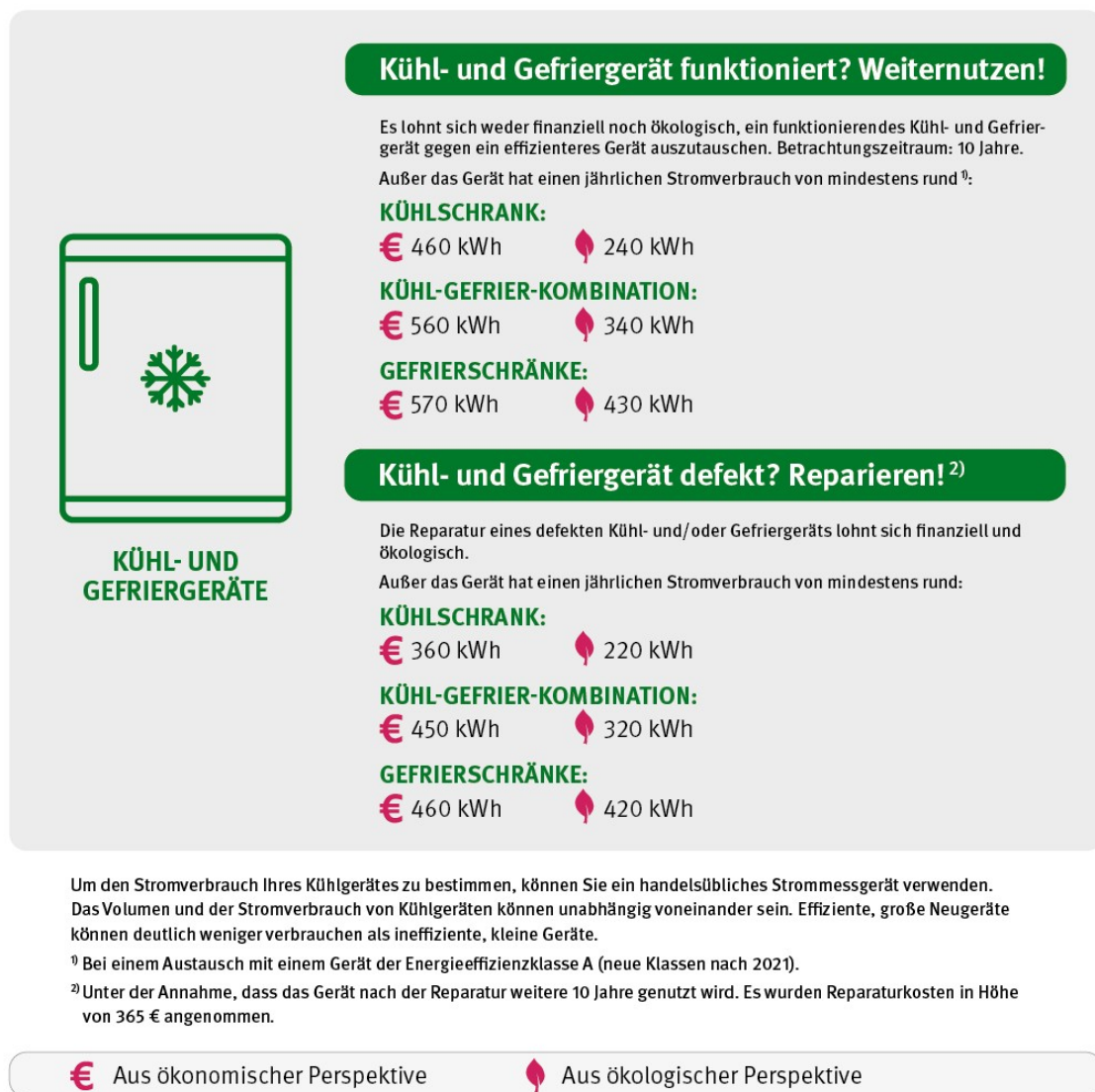
Demnach lassen sich für die Gefrierschränke folgende Aussagen treffen:

- Der Austausch des Bestandsgeräts lohnt sich aus ökologischer Sicht ab einem jährlichen Stromverbrauch von mehr als rund 430 kWh.
- Aus ökonomischer Sicht lohnt sich der Austausch des Bestandsgeräts nicht. Dies gilt auch für den Fall, dass das Bestandsgerät repariert wird.

3.3.4 Grafische Darstellung der Empfehlungen für die Kühl- und Gefriergeräte

In Abbildung 18 werden die in den vorherigen Abschnitten erläuterten gerundeten Ergebnisse für die Gerätegruppen Kühlschränke, Kühl-Gefrierkombinationen und Gefrierschränke grafisch dargestellt. Um möglichst konsistent zu den Grafiken für die anderen Gerätegruppen zu sein, werden nur die Rückzahljahre bezogen auf einen Betrachtungszeitraum von 10 Jahren angegeben.

Abbildung 18: Grafische Umsetzung der Empfehlungen an Verbraucher*innen für den Austausch von Kühl-Gefrier-Geräten



Quelle: Öko-Institut 2024

3.3.5 Geschirrspüler

Bei Geschirrspülern hat das Neugerät eine Kapazität von 13 – 14 Maßgedecken und ist der Energieeffizienzklasse A zugeordnet. Bei den dieser besten Energieeffizienzklasse zugeordneten Geräten gibt es fast keine Streuung beim Stromverbrauch; dieser liegt bei 0,54 kWh/Spülgang. Daher ist keine weitere Differenzierung im Sinne einer Auswahl „Beste unter den Guten“ erforderlich. Bei Bestandsgeräten kommen Geräte der (alten) Energieeffizienzklassen A bis A+++ in Frage.

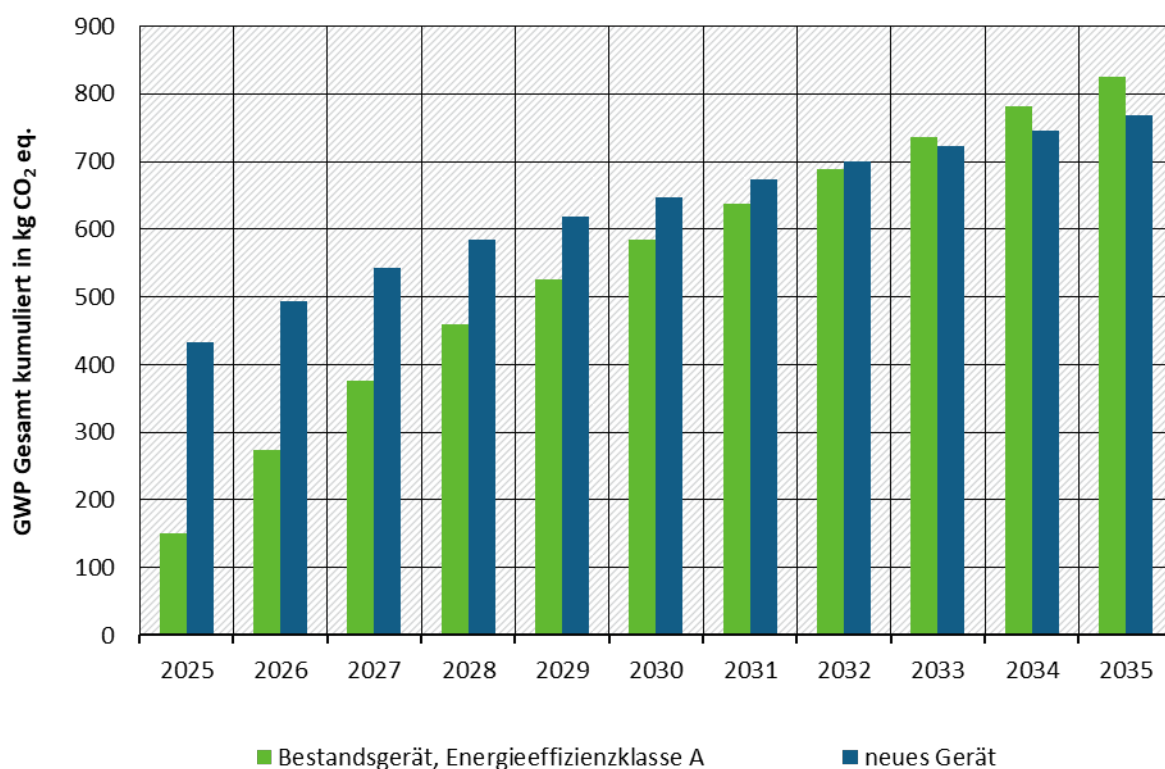
3.3.5.1 Durchschnittliche Nutzung

In Abbildung 19 erfolgt eine Gegenüberstellung von „Weiterbetrieb Bestandsgerät Energieeffizienzklasse A (alt)“ und „Neukauf“ (Bestgeräte der Energieeffizienzklasse A [neu]) hinsichtlich des kumuliertem GWP beim durchschnittlichen Nutzungsszenario mit 5 bis 6 Durchläufen in der Woche. Unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 % liegt die ökologische

Amortisationszeit des Neugeräts bei 13 Jahren. Damit ist der Austausch eines funktionierenden Geräts aus ökologischer Sicht nicht zu empfehlen.

Falls die Bestandsgeräte eine bessere Energieeffizienzklasse (alt) haben, verschiebt sich die Anzahl der Jahre, bis ein Gleichstand²³ der THG-Emissionen erreicht wird, noch weiter in die Zukunft: Bereits bei einem Bestandsgerät der Energieeffizienzklasse A+ (alt) würde sich der Gleichstand zum Neugerät erst nach über 16 Jahren einstellen, bei besseren Energieeffizienzklassen noch deutlich später. Die Rückzahldauer wäre somit länger als die durchschnittliche technische Lebensdauer von Geschirrspülmaschinen, die in der Review-Studie zum Ökodesign von Geschirrspülern mit 12,5 Jahren angenommen wird. (Boyano et al., 2017).

Abbildung 19: Vergleich Geschirrspüler: Bestandsgerät Energieeffizienzklasse A [alt] ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei durchschnittlicher Nutzung



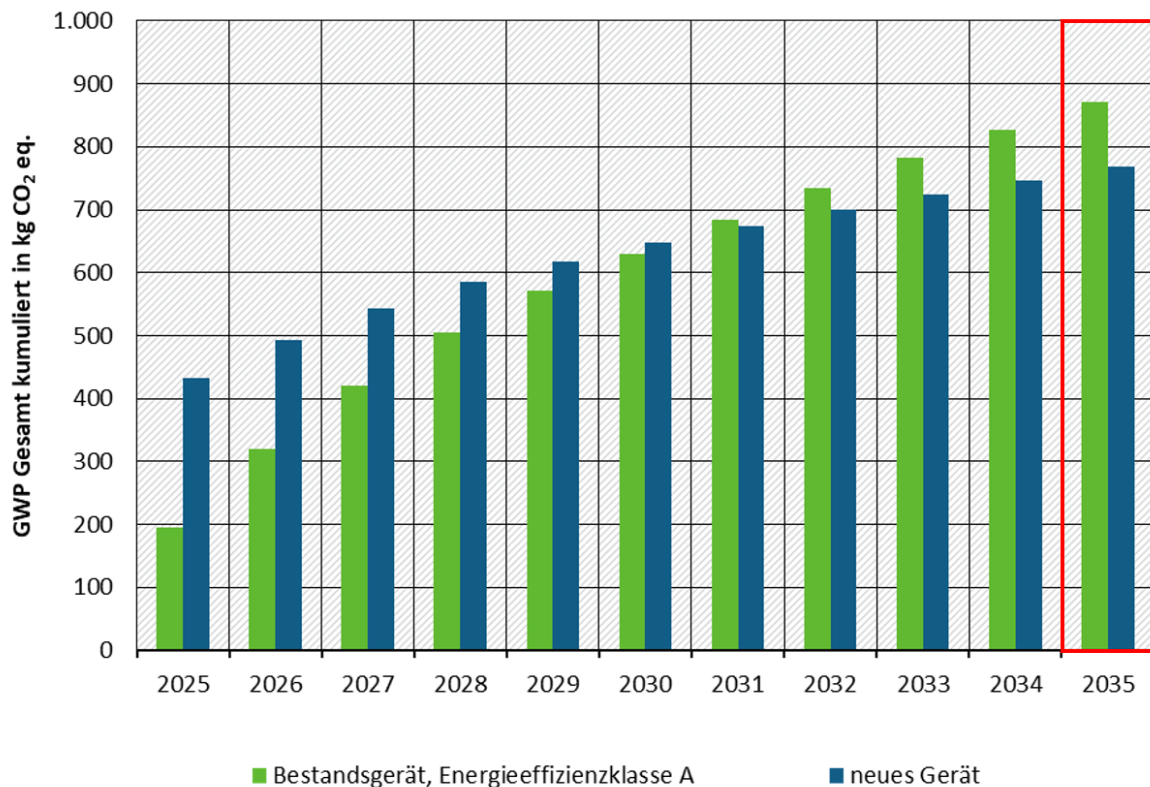
Quelle: Öko-Institut 2024

Selbst bei einem Bestandsgerät der Energieeffizienzklasse A (alt) wäre die erforderliche Zeitdauer bis zum Gleichstand mit dem Neugerät mit 13 Jahren in einem Zeitbereich, bei dem (mindestens) eine Reparatur des Bestandsgeräts angenommen werden kann. In Abbildung 20 wird daher für den Vergleich angenommen, dass bei der Reparatur des Bestandgeräts das elektronische Steuergerät des Geschirrspülers ausgewechselt wird. Der Austausch des elektronischen Steuergeräts ist von allen in dieser Studie betrachteten Reparaturfällen mit den höchsten THG-Emissionen verbunden (vgl. Abschnitt 2.4.2). Um den größtmöglichen Effekt abzubilden, wird bei allen nachfolgend in diesem Kapitel dargestellten Szenarien mit Reparaturfall der Austausch der Steuerelektronik ausgewählt. Selbst unter Annahme dieses größten Reparaturfalles wird der Gleichstand erst nach 11 Jahren erreicht (Abbildung 20). Alle anderen Reparaturfälle haben nur einen marginalen Effekt, hier wird der Gleichstand nach 13 Jahren, wie im Fall ohne

²³ Zur Verwendung der Begriffe „Gleichstand“ und „Break-Even-Point“ siehe Erläuterung am Anfang des Abschnitts 3.3, Seite 58

Reparaturen, erreicht. Gemessen am GWP ist also selbst bei Annahme eines Reparaturfalls beim Bestandsgerät kein Austausch angezeigt.

Abbildung 20: Vergleich Geschirrspüler: Bestandsgerät Energieeffizienzklasse A [alt] mit Reparatur des Steuergeräts vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei durchschnittlicher Nutzung

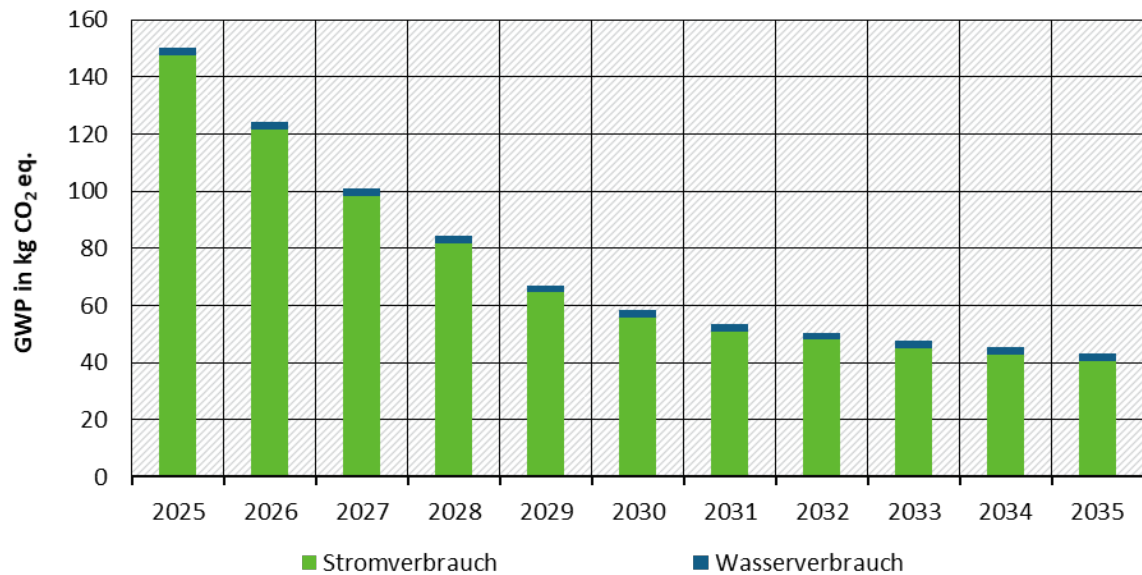


Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökologischer Sicht amortisiert hat, ist mit einem roten Kasten markiert.

Quelle: Öko-Institut 2024

Die recht hohe Rückzahldauer eines Austausches gegen ein effizientes Neugerät lässt sich darauf zurückführen, dass das GWP aus der Nutzungsphase der Bestandsgeräte über die nächsten Jahre signifikant abnimmt, siehe Abbildung 21 am Beispiel eines Bestandsgeräts der Energieeffizienzklasse A (alt) bei durchschnittlicher Nutzung. Während das GWP aus dem Betrieb des Bestandsgeräts im Ausgangsjahr 2025 noch 151 kg CO₂-eq beträgt, reduziert es sich bis zum Jahr 2030 auf 59 kg CO₂-eq pro Jahr. Ausschlaggebend ist dafür die angenommene Zunahme erneuerbarer Energieträger bei der Strombereitstellung. Der Beitrag der Bereitstellung von Wasser und der Entsorgung von Abwasser zum GWP ist nahezu vernachlässigbar, im Ausgangsjahr 2025 beläuft sich der Anteil auf lediglich 2 % der gesamten THG-Emissionen aus der Nutzungsphase (Abbildung 21). In einer Sensitivitätsanalyse wird untersucht, inwieweit sich die Ergebnisse ändern, wenn die Zunahme erneuerbarer Energieträger bei der Strombereitstellung in den nächsten Jahren langsamer als nach dem Projektionsbericht berechnet erfolgen würde (Abschnitt 3.3.5.3).

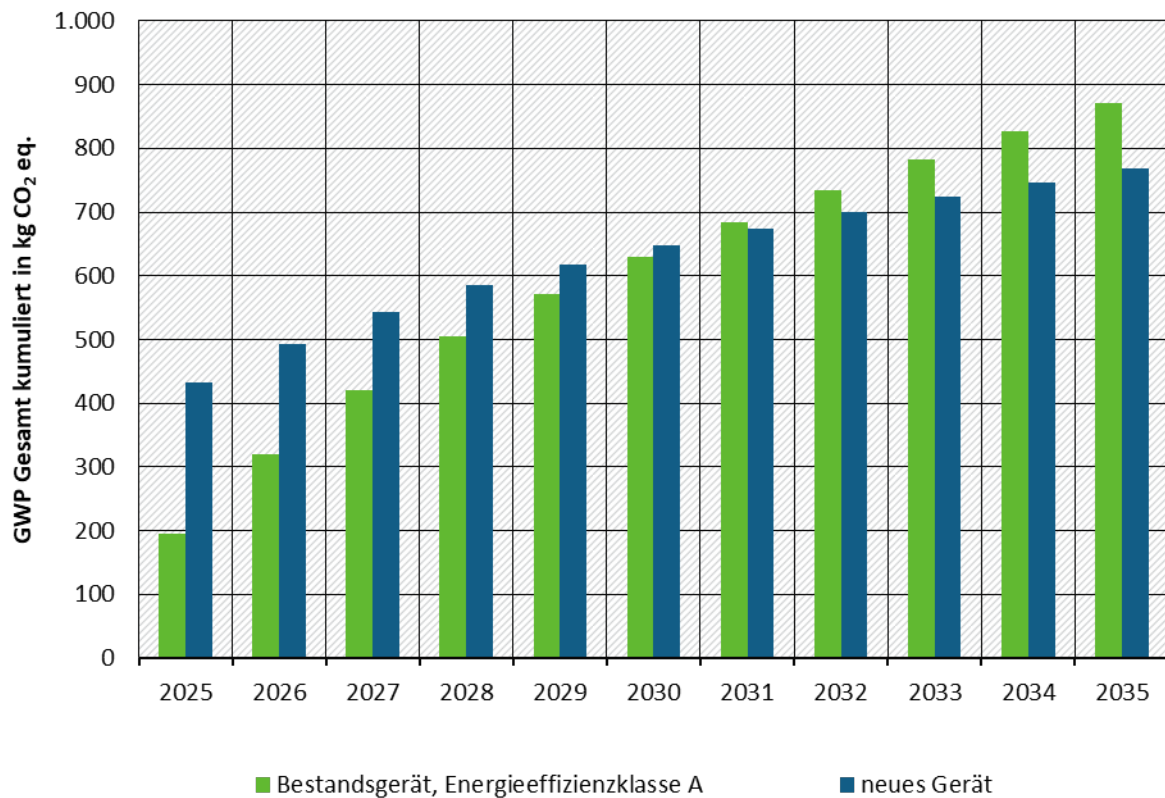
Abbildung 21: Beitragsanalyse Nutzungsphase Geschirrspüler: GWP bei durchschnittlicher Nutzung für ein Bestandsgerät der Energieeffizienzklasse A (alt)



Quelle: Öko-Institut 2024

Ökonomisch gesehen rentiert sich der Austausch eines funktionierenden Bestandsgeräts der Effizienzklasse A (alt) durch ein Neugerät nicht. Selbst wenn für das Bestandsgerät eine Reparatur in Höhe von 300 Euro angenommen wird, wäre ein Gleichstand der Kosten unter Berücksichtigung der Signifikanzschwelle von 10 % erst nach etwa 13 Jahren erreicht, also nach einer Zeitspanne, ab der die Wahrscheinlichkeit, dass auch ein Neugerät repariert werden muss, hoch ist (Abbildung 22).

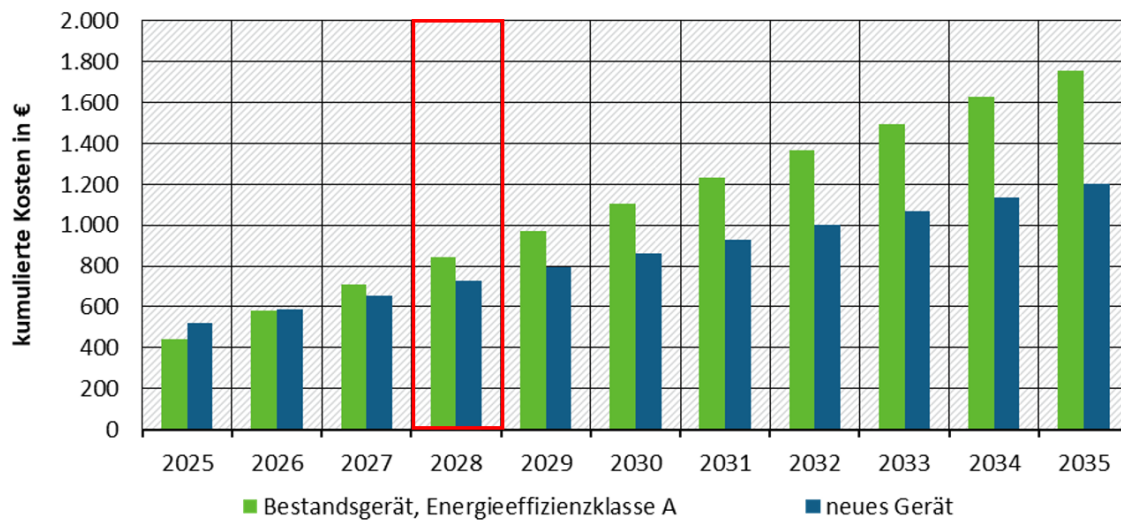
Abbildung 22: Vergleich Geschirrspüler: Bestandsgerät Energieeffizienzklasse A [alt] mit einmaliger Reparatur in Höhe von 300 Euro vs. Neugerät; kumulierte Kosten bei durchschnittlicher Nutzung



Quelle: Öko-Institut 2024

Für die Anschaffung des Neugeräts wurde ein Medianpreis von 889 Euro ermittelt; das günstigste Gerät mit der höchsten Energieeffizienzklasse A (neu) ist mit 444 Euro deutlich günstiger. Unter der Annahme, dass beim Bestandsgerät eine Reparatur in der Höhe von 300 Euro anfällt, wird bei Ersatz durch das günstige Neugerät der Gleichstand der Kosten bereits im vierten Jahr erreicht (Abbildung 23).

Abbildung 23: Vergleich Geschirrspüler: Bestandsgerät Energieeffizienzklasse A [alt] mit einmaliger Reparatur in Höhe von 300 Euro vs. Neugerät [günstigster Preis]; kumulierte Kosten bei durchschnittlicher Nutzung



Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökonomischer Sicht amortisiert hat, ist mit einem roten Kasten markiert.

Quelle: Öko-Institut 2024

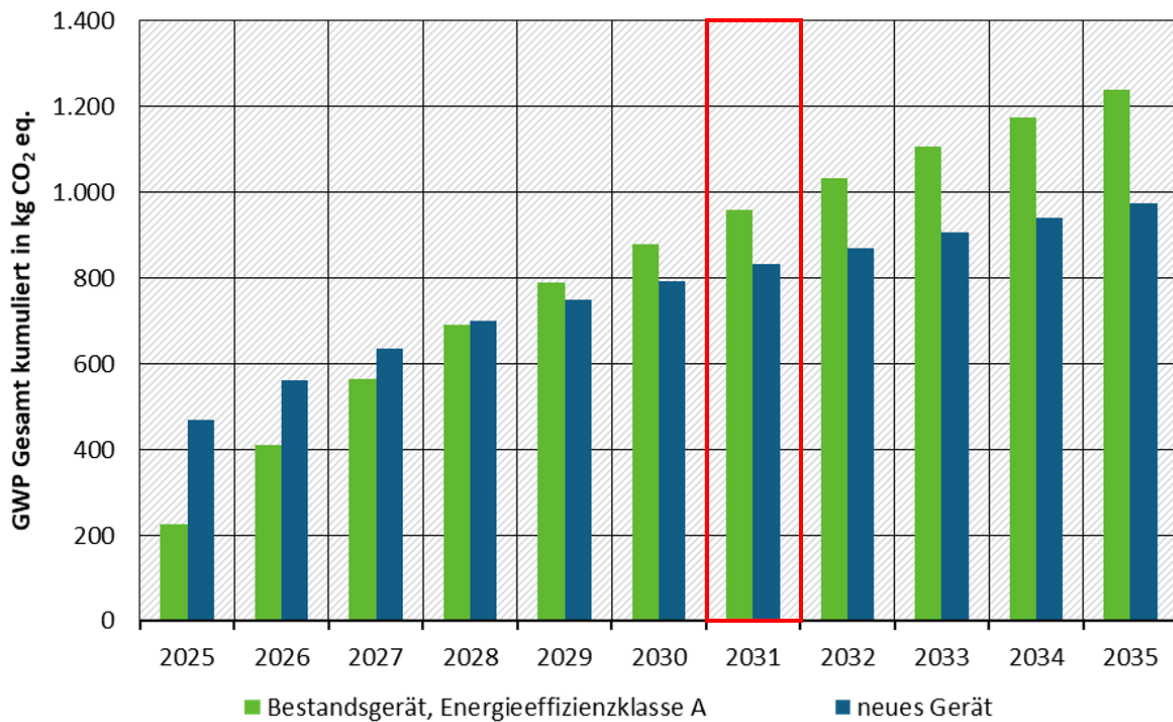
Die Ersparnis gegenüber dem Weiterbetrieb des Bestandsgeräts wäre nach 10 Jahren rund 500 Euro – vorausgesetzt, dass beim Neugerät bis zu diesem Zeitpunkt keine Reparaturen anfallen.

3.3.5.2 Intensive/extensive Nutzung

Bei Annahme einer extensiveren Nutzung würde sich die Rückzahldauer beim Ersatz eines Bestandsgeräts der Effizienzklasse A (alt) durch ein Neugerät noch weiter hin zu längeren Zeitspannen verschieben, so dass auf eine Darstellung dieses Szenarios verzichtet wird. Daher wird nachfolgend nur die intensive Nutzung (größere Familien oder Wohngemeinschaften) mit einer um 50 % häufigeren Nutzung der Geschirrspüler untersucht. Dies entspricht 420 Spülgängen pro Jahr. Übersetzt in die Alltagspraxis würde das bedeuten, dass der Geschirrspüler 8 Mal in der Woche betrieben wird.

Es zeigt sich, dass das neue Gerät unter diesem Nutzungsszenario bereits nach sieben Jahren geringere kumulierte THG-Emissionen aufweist als das Bestandsgerät (Abbildung 24).

Abbildung 24: Vergleich Geschirrspüler: Bestandsgerät Energieeffizienzklasse A [alt] ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei intensiver Nutzung



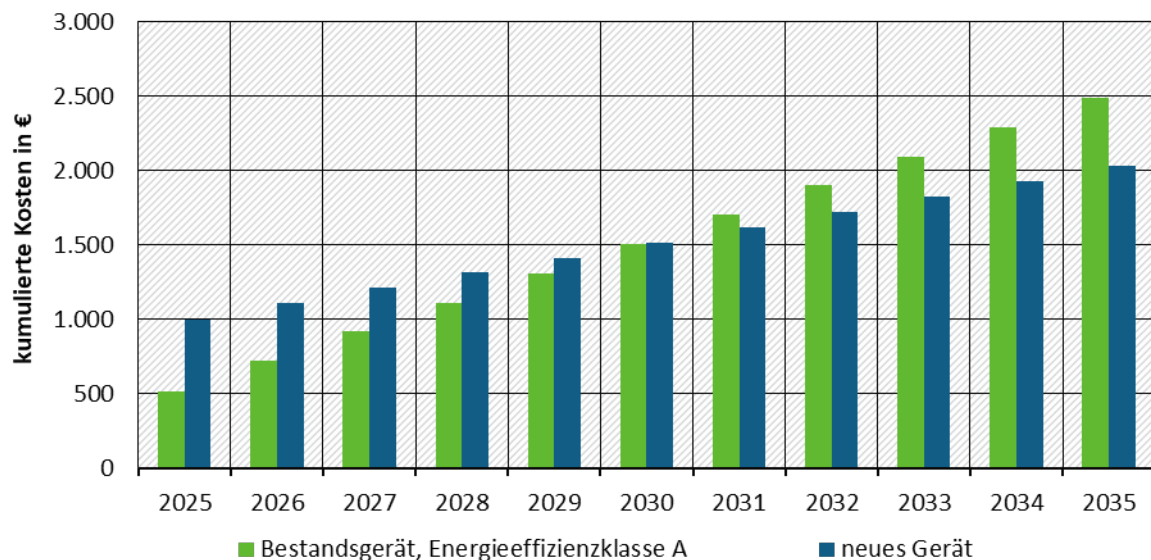
Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökologischer Sicht amortisiert hat, ist mit einem roten Kasten markiert.

Quelle: Öko-Institut 2024

Wird zusätzlich noch eine Reparatur des Bestandsgeräts angenommen, verschiebt sich die Rückzahldauer beim GWP um rund zwei Jahre auf das fünfte Jahr nach Austausch durch ein Neugerät.

Ökonomisch gesehen würde sich auch bei einer intensiven Gerätenutzung der vorzeitige Ersatz erst ab 12 Jahren rechnen (Abbildung 25). Bei dieser Berechnung wurde für das Bestandsgerät eine einmalige Reparatur in Höhe von 300 Euro angenommen und für die Beschaffung des Neugeräts der Medianpreis in Höhe von 889 Euro angesetzt. Würde stattdessen mit 444 Euro das günstigste Gerät der höchsten Effizienzklasse beschafft werden, würde ein Kostengleichstand bereits nach drei Jahren vorliegen. Inwieweit günstigere Geräte auch die hier angenommene mittlere Lebensdauer von 12,5 Jahren erreichen, ist nicht Gegenstand der Untersuchung.

Abbildung 25: Vergleich Geschirrspüler: Bestandsgerät Energieeffizienzklasse A [alt] mit einmaliger Reparatur in Höhe von 300 Euro vs. Neugerät [Medianpreis]; kumulierte Kosten bei intensiver Nutzung



Quelle: Öko-Institut 2024

3.3.5.3 Sensitivitätsanalyse: verlangsamter Ausbau erneuerbarer Energie bei der Strombereitstellung

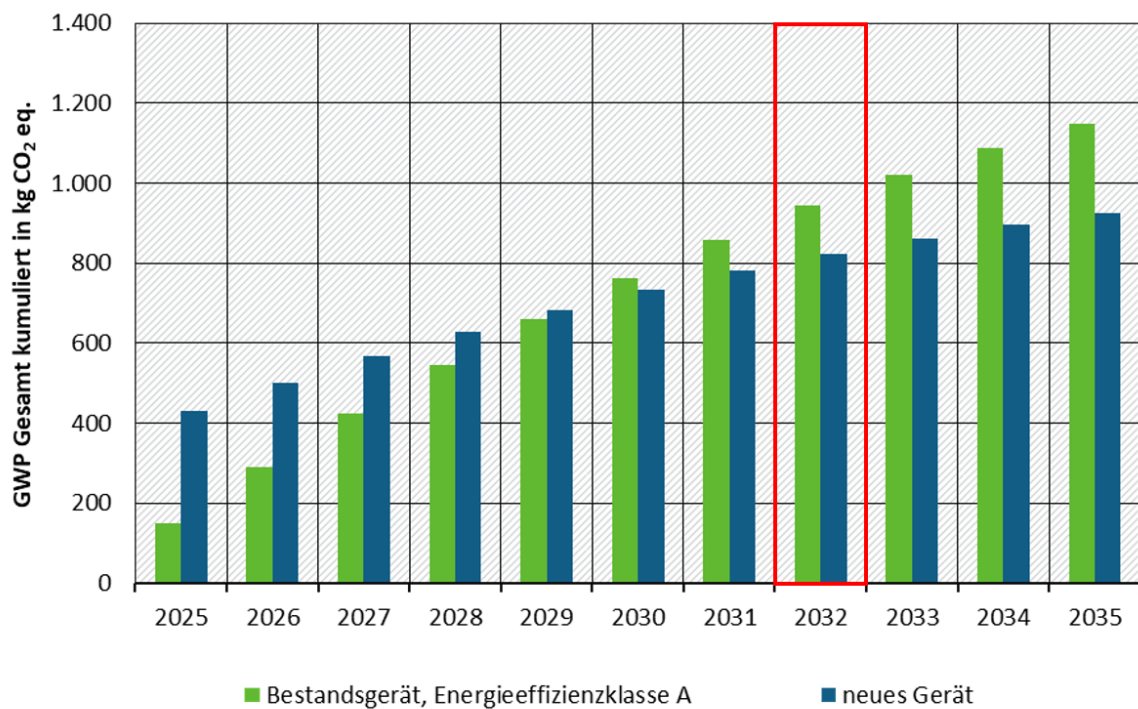
Falls es zu einem verlangsamten Ausbau erneuerbarer Energieträger für die Strombereitstellung käme, würde sich die Rückzahldauer signifikant verkürzen. Während im Ausgangsszenario bei einer Gegenüberstellung von „Weiterbetrieb Bestandsgerät Energieeffizienzklasse A [alt]“ und „Neukauf“ (Bestgeräte der Energieeffizienzklasse A [neu]) hinsichtlich des kumuliertem GWP bei durchschnittlicher Nutzung ein Gleichstand der Emissionen erst nach 13 Jahren (ohne Annahme einer Reparatur des Bestandsgeräts) nach Anschaffung des Neugeräts erreicht wurde, verkürzt sich diese Zeitdauer in diesem Szenario auf acht Jahre, d. h. ein Austausch des bestehenden Geräts wäre aus ökologischer Sicht angezeigt (Abbildung 26). Geht man von einer intensiven Nutzung des Geschirrspülers aus, würde sich der Gleichstand bereits im fünften Jahr einstellen.

Bei effizienteren Bestandsgeräten und bei durchschnittlicher Nutzung verschieben sich die Jahre mit Gleichstand der kumulierten THG-Emissionen wie folgt:

- ▶ Energieeffizienzklasse A+ (alt): 10 Jahre (statt über 16 Jahre)
- ▶ Energieeffizienzklasse A++ (alt): In beiden Fällen über 16 Jahre

Damit wird deutlich, dass die Antwort auf die Frage nach der ökologischen Sinnhaftigkeit eines vorzeitigen Ersatzes bei Geschirrspülmaschinen davon abhängt, ob der in den Projektionsberichten angenommene Zuwachs an erneuerbaren Energien für die Strombereitstellung tatsächlich erreicht werden kann. Die im Szenario unterstellte um ca. fünf Jahre verlangsamte Entwicklung würde vor allem bei Bestandsgeräten der Energieeffizienzklassen A und A+ dazu führen, dass sich die Amortisationszeit erheblich verkürzt.

Abbildung 26: Vergleich Geschirrspüler: Bestandsgerät Energieeffizienzklasse A [alt] ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei durchschnittlicher Nutzung, mit verlangsamtem Ausbau erneuerbarer Energien



Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökologischer Sicht amortisiert hat, ist mit einem roten Kasten markiert.

Quelle: Öko-Institut 2024

3.3.5.4 Zusammenfassung und Empfehlung für Verbraucher*innen

In Tabelle 22 sind die Ergebnisse aller Szenarien pro Energieeffizienzklasse zusammengestellt.

Tabelle 22: Ergebnisübersicht Geschirrspüler: Angabe der Amortisationszeit für den Austausch eines Geschirrspülers (unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 %)

Energieeffizienzklasse Bestandsgerät*	Nutzungsintensität	Reparatur	Rückzahljahre bzgl. GWP (erwarteter EE-Ausbau)	Rückzahljahre bzgl. GWP (verlangsamter EE-Ausbau)	Rückzahljahre bzgl. monetärer Kosten (bei Medianpreis)	Rückzahljahre bzgl. monetärer Kosten (bei niedrigstem Preis)
A	Durchschnittlich (5-6 Mal/Woche)	Keine	13	8	>16	9
A	Durchschnittlich (5-6 Mal/Woche)	Steuergerät (300€)	11	7	13	4
A	Häufig	Keine	7	5	12	6

Energieeffizienzklasse Bestandsgerät*	Nutzungsin-tensität	Reparatur	Rückzahl-jahre bzgl. GWP (erwar-teter EE-Aus-bau)	Rückzahl-jahre bzgl. GWP (verlang-samter EE-Ausbau)	Rückzahl-jahre bzgl. monetärer Kosten (bei Median-preis)	Rückzahl-jahre bzgl. monetärer Kosten (bei niedrigstem Preis)
	(8 Mal/ Wo-che)					
A	Häufig (8 Mal/ Wo-che)	Steuergerät (300€)	5	4	9	3
A+	Durch-schnittlich (5-6 Mal/ Woche)	Keine	>16	12	>16	13
A+	Durch-schnittlich (5-6 Mal/ Woche)	Steuergerät (300€)	>16	10	>16	5
A+	Häufig (8 Mal/ Wo-che)	Keine	11	7	>16	9
A+	Häufig (8 Mal/ Wo-che)	Steuergerät (300€)	9	6	12	4
A++	Durch-schnittlich (5-6 Mal/ Woche)	Keine	>16	>16	>16	>16
A++	Durch-schnittlich (5-6 Mal/ Woche)	Steuergerät (300€)	>16	>16	>16	8
A++	Häufig (8 Mal/ Wo-che)	Keine	>16	11	>16	13
A++	Häufig (8 Mal/ Wo-che)	Steuergerät (300€)	16	9	>16	5
A+++	Durch-schnittlich (5-6 Mal/ Woche)	Keine	>16	>16	>16	>16
A+++	Durch-schnittlich (5-6 Mal/ Woche)	Steuergerät (300€)	>16	>16	>16	12

Energieeffizienzklasse Bestandsgerät*	Nutzungsintensität	Reparatur	Rückzahljahre bzgl. GWP (erwarteter EE-Ausbau)	Rückzahljahre bzgl. GWP (verlangsamter EE-Ausbau)	Rückzahljahre bzgl. monetärer Kosten (bei Medianpreis)	Rückzahljahre bzgl. monetärer Kosten (bei niedrigstem Preis)
A+++	Häufig (8 Mal/ Woche)	Keine	>16	>16	>16	>16
A+++	Häufig (8 Mal/ Woche)	Steuergerät (300€)	>16	>16	>16	8

Quelle: Öko-Institut 2024

*Die Energieeffizienzklassen beziehen sich auf das alte Energielabel vor März 2021.

Aus den in den vorangegangenen Abschnitten diskutierten Ergebnissen lassen sich folgende Aussagen ableiten:

- ▶ Bei durchschnittlicher oder extensiver Nutzung der Geräte ist ein Austausch von Bestandsgeräten aller betrachteten Energieeffizienzklassen weder aus ökologischen noch aus ökonomischen Gründen sinnvoll.
- ▶ Diese Aussage gilt auch dann, wenn bei Bestandsgeräten aller betrachteten Energieeffizienzklassen das Steuergerät repariert werden müsste.
- ▶ Bei intensiver Nutzung ist ein Austausch von funktionierenden Bestandsgeräten der Energieeffizienzklasse A(alte) aus ökologischer Sicht mit Blick auf das GWP sinnvoll, während aus wirtschaftlicher Sicht ein Austausch nur im Falle einer Reparatur rentabel ist.

Von einer grafischen Darstellung der Ergebnisse bei einem verlangsamten Ausbau erneuerbarer Energien wird abgeraten. Neben der Nutzungsintensität, der Berücksichtigung von Reparaturen und der Energieeffizienz der Bestandsgeräte würde die zusätzliche Varianz der Stromzusammensetzung die Botschaften zu kompliziert gestalten; zudem liegt die Varianz der Stromzusammensetzung außerhalb des Handlungsspielraums der Verbraucher*innen.

Vor diesem Hintergrund könnten die Ergebnisse in der grafischen Umsetzung wie folgt verdichtet werden (Abbildung 27):

Abbildung 27: Grafische Umsetzung der Empfehlungen an Verbraucher*innen für den Austausch von Geschirrspülern



Quelle: Öko-Institut 2024

3.3.6 Wäschetrockner

Die effizientesten, aktuell am Markt erhältlichen Wäschetrockner verfügen über eine Kapazität von 8 bis 9 kg Wäsche und sind der Energieeffizienzklasse A+++ zugeordnet. Als zusätzliches Kriterium im Sinne einer Bestenauswahl in dieser Energieeffizienzklasse wurde der Stromverbrauch mit kleiner 175 kWh²⁴ pro Jahr festgelegt. Am Markt gibt es (Stand Oktober 2024) 31 Geräte, die dieses Kriterium erfüllen, so dass es eine große Auswahl an Geräten in der Bestenklasse gibt.

Bei den Bestandsgeräten kommen drei Gerätetypen in Betracht (in Klammern jeweils die mittleren Jahresenergieverbräuche):

- Ablufttrockner der Energieeffizienzklassen B (255 kWh/Jahr), C (291 kWh/Jahr) oder D (308 kWh/Jahr)
- Kondensationstrockner der Energieeffizienzklassen B (270 kWh/Jahr) oder C (309 kWh/Jahr)
- Wärmepumpentrockner der Energieeffizienzklassen A+++ (107 kWh/Jahr), A++ (124 kWh/Jahr), A+ (164 kWh/Jahr) bis A (236 kWh/Jahr)

3.3.6.1 Durchschnittliche Nutzung

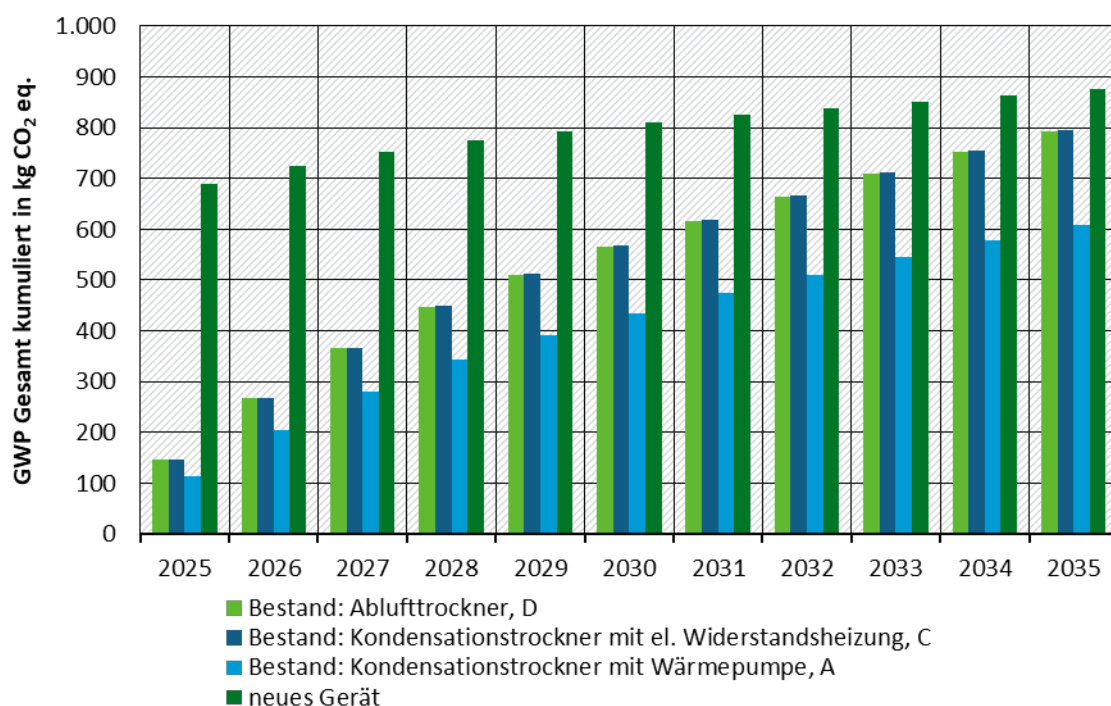
Für den Vergleich werden zunächst jeweils die Bestandsgeräte mit der geringsten Energieeffizienz ausgewählt. Bei der Betrachtung des kumulierten GWP zeigt sich, dass innerhalb eines Betrachtungszeitraums von 10 Jahren der Neukauf zu einem höheren GWP führt als der Weiter-

²⁴ Wert nach Label-Verbrauch mit 160 Durchläufen im Jahr, wobei drei von sieben Durchläufen voll beladen und vier von sieben Durchläufen halb beladen sind. Umgerechnet auf das in dieser Studie zugrunde gelegte durchschnittliche Nutzungsszenario entspricht dies einem Jahresverbrauch von 86,9 kWh/Jahr.

betrieb von Bestandsgeräten (Abbildung 28). Das bedeutet, dass unter dieser Bedingung ein funktionierendes Gerät nicht ausgetauscht werden sollte.

Dieser Befund kann auf zwei Effekte zurückgeführt werden: Der Beitrag aus der Herstellung des neuen Geräts liegt mit 593 kg CO₂-eq vergleichsweise hoch, daneben sinken bei den Bestandsgeräten die Beiträge aus der Nutzungsphase in den nächsten Jahren signifikant durch den Ausbau der erneuerbaren Energieträger für die Strombereitstellung. Dadurch würde die hohe Anfangsinvestition nicht innerhalb von zehn Jahren eingeholt werden. Deutlich wird auch: Wenn das Bestandsgerät bereits ein Wäschetrockner mit Wärmepumpe ist, dann ist nicht nur der Abstand zum Neugerät, sondern auch zu den Bestandsgeräten Ablufttrockner und Kondensationstrockner (konventionell mit Heizelement) sehr groß.

Abbildung 28: Vergleich Wäschetrockner: Bestandsgeräte (niedrigste Energieeffizienz) ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei durchschnittlicher Nutzung

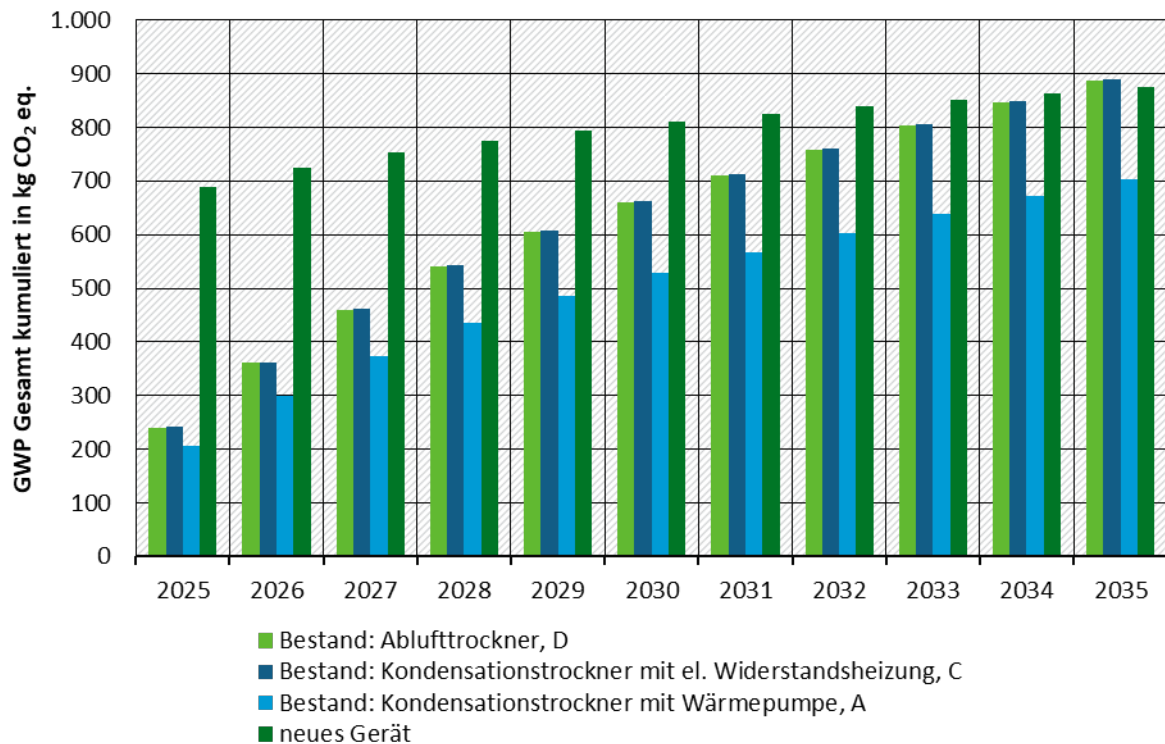


Quelle: Öko-Institut 2024, Energieeffizienzklassen der Bestandsgeräte sind folgendermaßen: Ablufttrockner: D, Kondensationstrockner mit el. Widerstandsheizung: C, Kondensationstrockner mit Wärmepumpe: A.

Die Lage der Ergebnisse ändert sich auch nicht, wenn man für die Bestandsgeräte eine aufwändige Reparatur (Wechsel des elektronischen Steuergeräts) annimmt. Selbst bei einer doppelten Reparatur des Bestandsgeräts würde der Gleichstand²⁵ zwischen Neugerät und dem Ablufttrockner bzw. dem Kondensationstrockner unter Berücksichtigung der Signifikanzschwelle von 10 % erst nach 15 Jahren erreicht werden, während der Trockner mit Wärmepumpe immer noch signifikant geringere kumulierte GWP-Emissionen aufweist als das Neugerät, siehe Abbildung 29.

²⁵ Zur Verwendung der Begriffe „Gleichstand“ und „Break-Even-Point“ siehe Erläuterung am Anfang des Abschnitts 3.3, Seite 58

Abbildung 29: Vergleich Wäschetrockner: Bestandsgeräte (niedrigste Energieeffizienz) mit Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei durchschnittlicher Nutzung

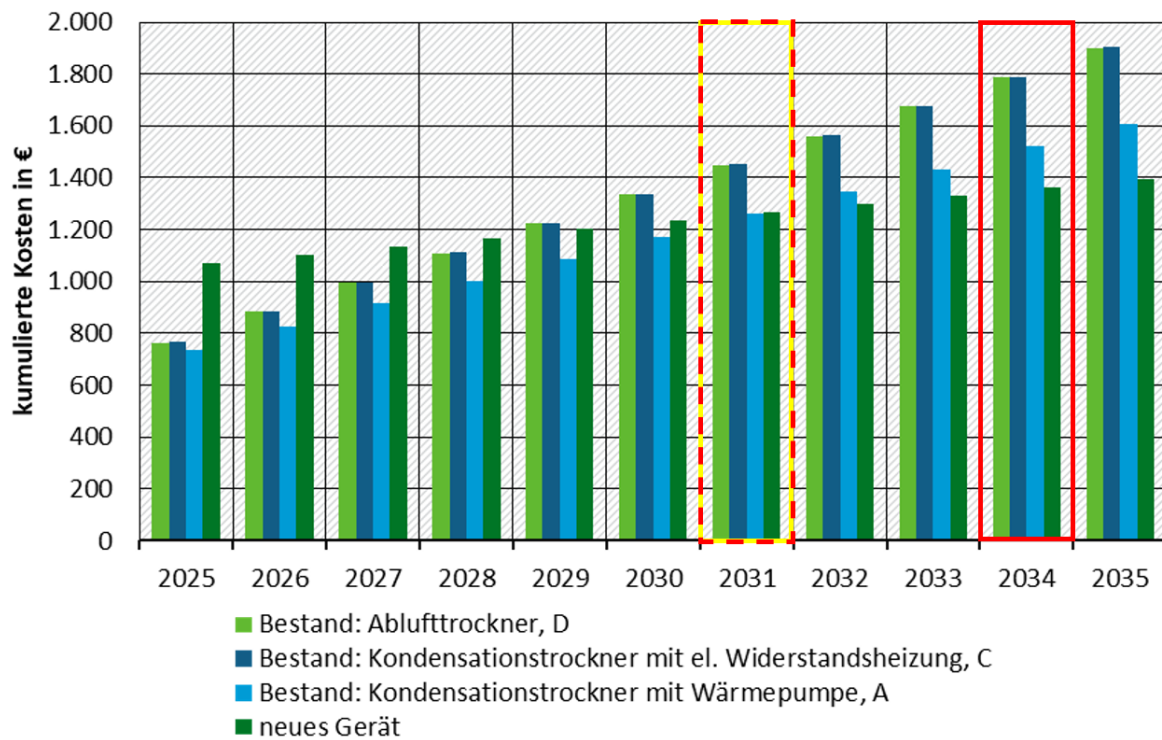


Quelle: Öko-Institut 2024, Energieeffizienzklassen der Bestandsgeräte sind folgendermaßen: Ablufttrockner: D, Kondensationstrockner mit el. Widerstandsheizung: C, Kondensationstrockner mit Wärmepumpe: A.

Eine weitere Betrachtung für Bestandsgeräte mit besserer Energieeffizienz kann an dieser Stelle entfallen, da dann der Abstand zum Neugerät größer ausfallen würde und die Rückzahldauer deutlich noch weiter in die Zukunft rücken würde.

Die Kostenbetrachtung zeigt ein ähnliches Bild (Abbildung 30). Selbst bei angenommener doppelter Reparatur des Steuergeräts des Bestandsgeräts mit Reparaturkosten von 640 Euro zeigt sich ein Gleichstand der Kosten von Weiterbetrieb des Bestandsgeräts und Neukauf erst ab dem siebten Jahr (Abluft- und Kondensationstrockner als Bestandsgerät) bzw. dem zehnten Jahr (Wärmepumpentrockner als Bestandsgerät).

Abbildung 30: Vergleich Wäschetrockner: Bestandsgeräte (niedrigste Energieeffizienz) mit Reparaturen vs. Neugerät, Gesamtkosten bei durchschnittlicher Nutzung



Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökonomischer Sicht amortisiert hat, ist bei einem Wärmepumpentrockner als Bestandsgerät mit einem roten Kasten und bei einem Ablufttrockner als Bestandsgerät mit einem gelben Kasten und bei einem Kondensationstrockner als Bestandsgerät mit einem gestrichelten Kasten markiert.

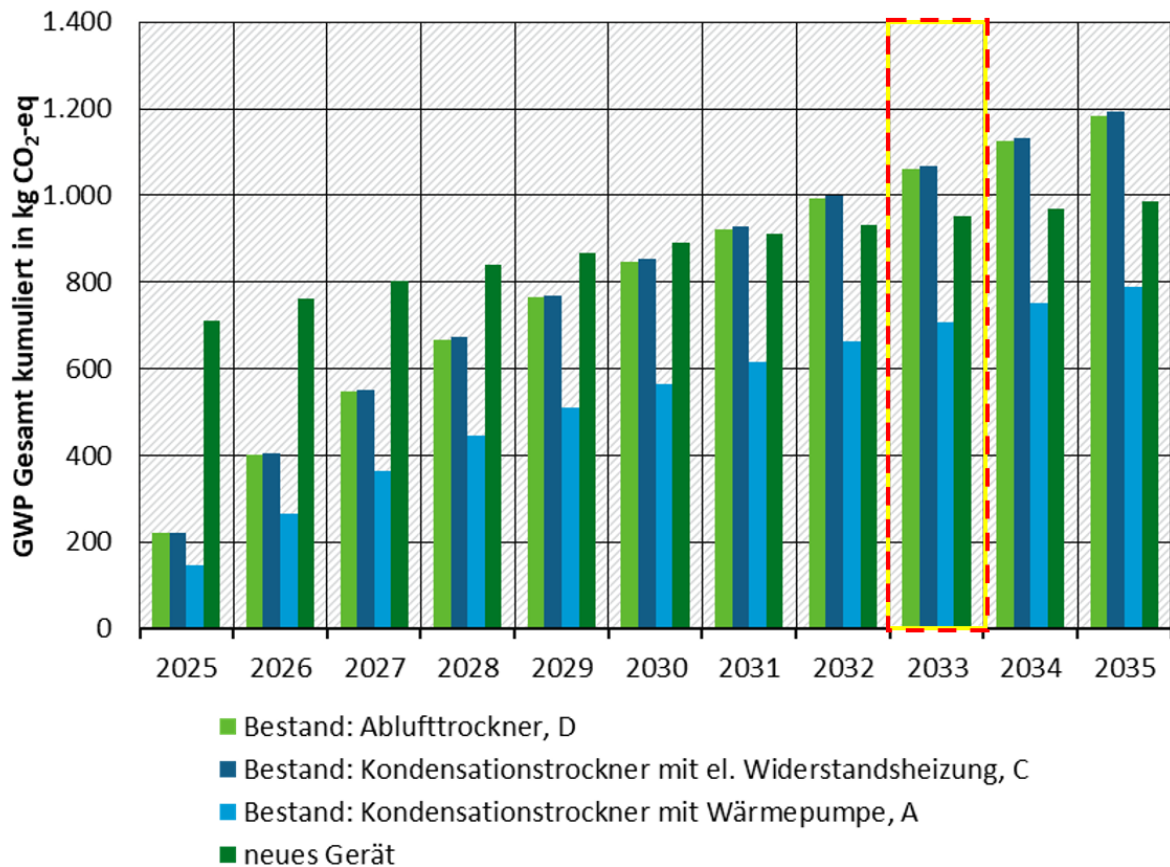
Quelle: Öko-Institut 2024, Energieeffizienzklassen der Bestandsgeräte sind folgendermaßen: Ablufttrockner: D, Kondensationstrockner mit el. Widerstandsheizung: C, Kondensationstrockner mit Wärmepumpe: A.

3.3.6.2 Intensive/extensive Nutzung

Ähnlich wie bei Geschirrspülern würde sich bei Wäschetrocknern unter der Annahme einer extensiveren Nutzung die Rückzahldauer beim Ersatz eines Bestandsgeräts durch ein Neugerät noch weiter hin zu längeren Zeitspannen verschieben, so dass auf eine Darstellung dieses Szenarios verzichtet wird. Daher wird nachfolgend nur die intensive Nutzung (größere Familien, oder Wohngemeinschaften) mit einer um 50 % häufigeren Nutzung des Wäschetrockners untersucht.

Bei Betrachtung des kumulierten GWP zeigt sich, dass beim Ersatz eines Abluft- oder Kondensationstrockners der Gleichstand der Emissionen nun bereits ab dem neunten Jahr gegeben ist (Abbildung 31). Ein Austausch eines Bestandsgeräts mit Wärmepumpe hingegen rentiert sich weiter nicht.

Abbildung 31: Vergleich Wäschetrockner: Bestandsgeräte (niedrigste Energieeffizienz) ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei intensiver Nutzung

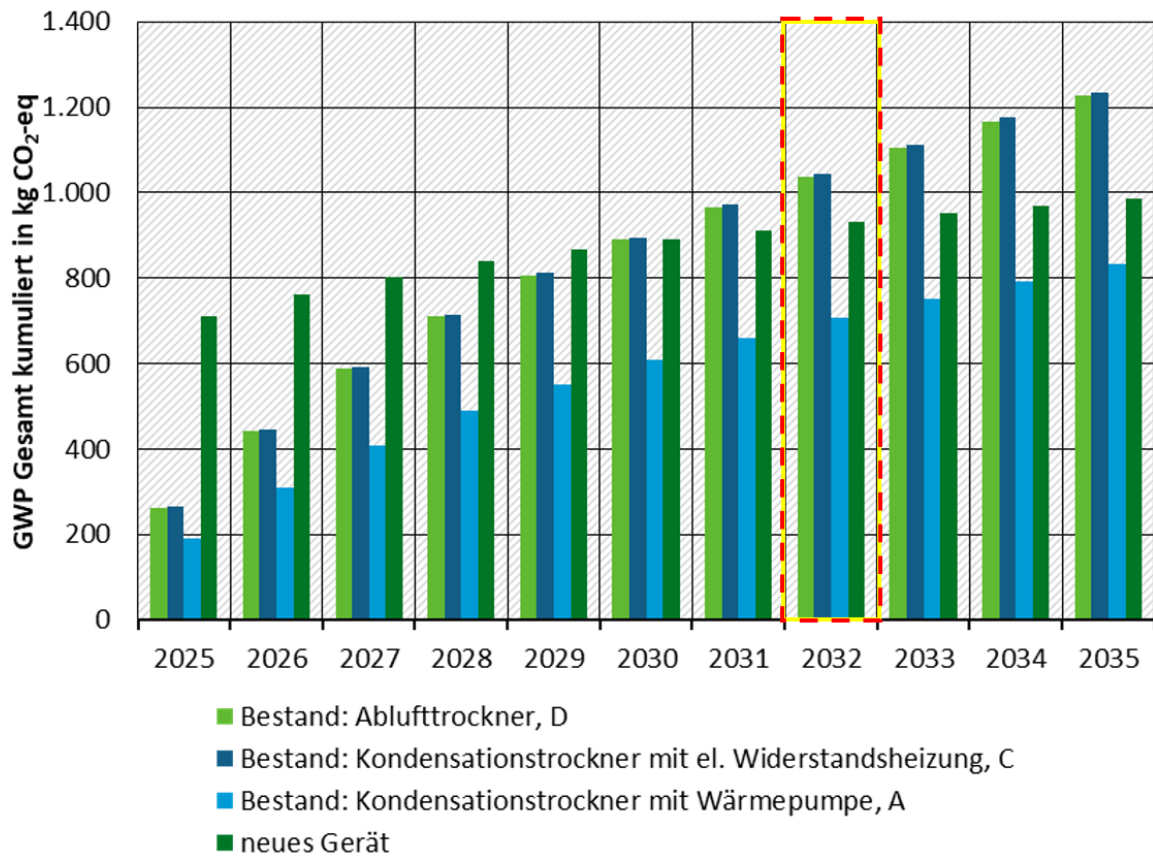


Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökologischer Sicht amortisiert hat, ist bei einem Ablufttrockner als Bestandsgerät mit einem gelben Kasten und bei einem Kondensationstrockner als Bestandsgerät mit einem gestrichelten Kasten markiert.

Quelle: Öko-Institut 2024, Energieeffizienzklassen der Bestandsgeräte sind folgendermaßen: Ablufttrockner: D, Kondensationstrockner mit el. Widerstandsheizung: C, Kondensationstrockner mit Wärmepumpe: A.

Wird bei den Bestandsgeräten realistischerweise angenommen, dass mindestens eine aufwendige Reparatur (einmaliger Ersatz des elektronischen Steuergeräts) erforderlich ist, dann rückt der Gleichstand der kumulierten GWP-Emissionen vom neunten auf das achte Jahr (Abbildung 32).

Abbildung 32: Vergleich Wäschetrockner: Bestandsgeräte (niedrigste Energieeffizienz) mit Reparatur vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei intensiver Nutzung

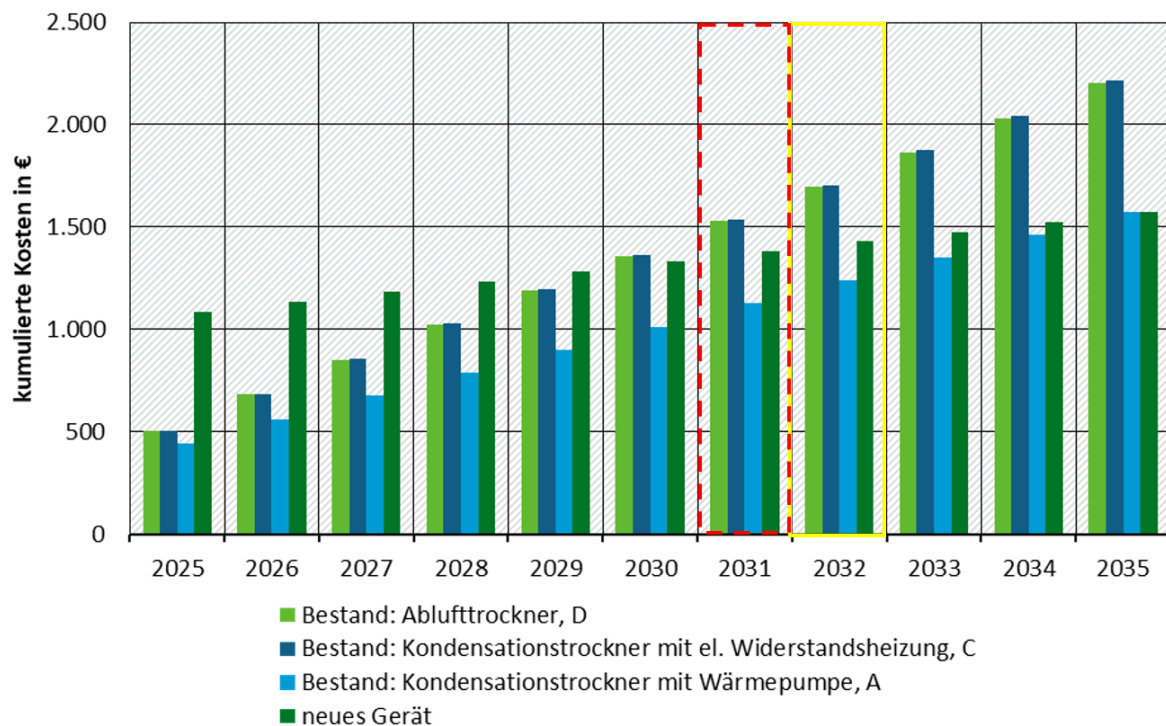


Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökologischer Sicht amortisiert hat, ist bei einem Ablufttrockner als Bestandsgerät mit einem gelben Kasten und bei einem Kondensationstrockner als Bestandsgerät mit einem gestrichelten Kasten markiert.

Quelle: Öko-Institut 2024, Energieeffizienzklassen der Bestandsgeräte sind folgendermaßen: Ablufttrockner: D, Kondensationstrockner mit el. Widerstandsheizung: C, Kondensationstrockner mit Wärmepumpe: A.

Mit Blick auf die Kosten lohnt sich bei intensiver Nutzung der Austausch eines Ablufttrockners gegen ein besonders effizientes Neugerät im achten Jahr und eines Kondensationstrockners mit Widerstandsheizung im siebten Jahr (Abbildung 33). Ist das Bestandsgerät bereits ein Wärmepumpentrockner, würde sich die Investition nicht innerhalb von 10 Jahren auszahlen.

Abbildung 33: Vergleich Wäschetrockner: Bestandsgeräte (niedrigste Energieeffizienz) mit Reparatur vs. Neugerät, Gesamtkosten bei intensiver Nutzung



Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökonomischer Sicht amortisiert hat, ist bei einem Ablufttrockner als Bestandsgerät mit einem gelben Kasten und bei einem Kondensationstrockner mit Widerstandsheizung als Bestandsgerät mit einem gestrichelten Kasten markiert.

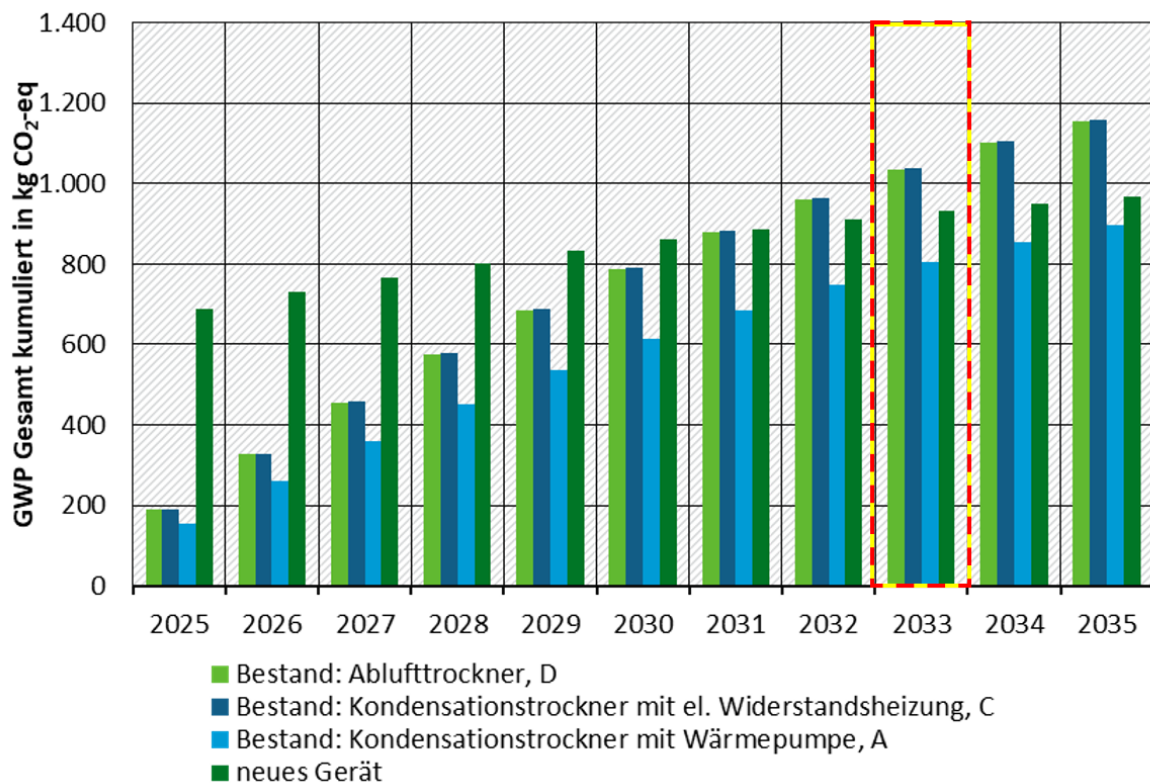
Quelle: Öko-Institut 2024, Energieeffizienzklassen der Bestandsgeräte sind folgendermaßen: Ablufttrockner: D, Kondensationstrockner mit el. Widerstandsheizung: C, Kondensationstrockner mit Wärmepumpe: A.

Auch bei Annahme einer intensiven Gerätenutzung kann eine weitere Betrachtung für Bestandsgeräte mit besserer Energieeffizienz entfallen, da dann der Abstand zum Neugerät größer ausfallen würde und die Rückzahldauer noch weiter in die Zukunft rücken würde.

3.3.6.3 Sensitivitätsanalyse: Verlangsamter Ausbau erneuerbarer Energie bei der Strombereitstellung

Vergleichbar zu den Geschirrspülern würde auch bei Wäschetrocknern ein verlangsamter Ausbau erneuerbarer Energieträger für die Strombereitstellung die Rückzahldauer signifikant verkürzen, weil dann die Beiträge aus der Nutzungsphase anteilig höher ausfallen würden. Im Ausgangsszenario wurde gezeigt, dass innerhalb eines Betrachtungszeitraums von 10 Jahren der Neukauf kumuliert immer zu einem höheren GWP führt als der Weiterbetrieb von Bestandsgeräten. Im Szenario „Verlangsamter Ausbau“ wird ein Gleichstand der kumulierten Emissionen bei einem Ablufttrockner oder Kondensationstrockner mit Widerstandsheizung als Bestandsgerät nach neun Jahren erreicht, vgl. Abbildung 34.

Abbildung 34: Vergleich Wäschetrockner: Bestandsgeräte (niedrigste Energieeffizienz) mit Reparatur vs. Neugerät, GWP bei durchschnittlicher Nutzung, verlangsamter Ausbau erneuerbarer Energien



Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökologischer Sicht amortisiert hat, ist bei einem Ablufttrockner mit einem gelben Kasten und bei einem Kondensationstrockner mit einem gestrichelten Kasten markiert.

Quelle: Öko-Institut 2024, Energieeffizienzklassen der Bestandsgeräte sind folgendermaßen: Ablufttrockner: D, Kondensationstrockner mit el. Widerstandsheizung: C, Kondensationstrockner mit Wärmepumpe: A.

Wird zusätzlich noch eine intensive Nutzung der Geräte angenommen, verkürzt sich die Zeitspanne bis zu einem Gleichstand der kumulierten THG-Emissionen auf sechs Jahre.

3.3.6.4 Zusammenfassung und Empfehlungen an Verbraucher*innen

In Tabelle 23, Tabelle 24 und Tabelle 25 sind die Ergebnisse für die verschiedenen Bestandstypen an Wäschetrocknern dargestellt.

Tabelle 23: Ergebnisübersicht Wäschetrockner: Angabe der Amortisationszeit für den Austausch eines Ablufttrockners (unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 %)

Energieeffizienzklasse Bestandsgerät*	Nutzungsintensität	Reparatur	Rückzahljahre bzgl. GWP (erwarteter EE-Ausbau)	Rückzahljahre bzgl. GWP (verlangsamer EE-Ausbau)	Rückzahljahre bzgl. monetärer Kosten (bei Medianpreis)	Rückzahljahre bzgl. monetärer Kosten (bei niedrigstem Preis)
D	Durchschnittlich (470 kg/Jahr)	Keine	>16	10	15	7
D	Durchschnittlich (470 kg/Jahr)	Steuergerät (320 €)	>16	9	11	3
D	Häufig (705 kg/Jahr)	Keine	9	6	10	5
D	Häufig (705 kg/Jahr)	Steuergerät (320 €)	8	6	8	2
C	Durchschnittlich (470 kg/Jahr)	Keine	>16	12	>16	7
C	Durchschnittlich (470 kg/Jahr)	Steuergerät (320 €)	>16	11	12	3
C	Häufig (705 kg/Jahr)	Keine	11	7	11	5
C	Häufig (705 kg/Jahr)	Steuergerät (320 €)	10	6	8	2
B	Durchschnittlich (470 kg/Jahr)	Keine	>16	>16	>16	9
B	Durchschnittlich (470 kg/Jahr)	Steuergerät (320 €)	>16	16	15	3
B	Häufig (705 kg/Jahr)	Keine	16	9	14	6
B	Häufig (705 kg/Jahr)	Steuergerät (320 €)	14	8	10	2

Quelle: Öko-Institut 2024

*Die Energieeffizienzklassen beziehen sich auf das alte Energielabel vor März 2021.

Tabelle 24: Ergebnisübersicht Wäschetrockner: Angabe der Amortisationszeit für den Austausch eines Kondensationstrockners mit elektrischer Widerstandsheizung (unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 %)

Energieeffizienzklasse Bestandsgerät*	Nutzungsin-tensität	Repara-tur	Rückzahl-jahre bzgl. GWP (erwar-teter EE-Aus-bau)	Rückzahljahre bzgl. GWP (verlangsamter EE-Ausbau)	Rückzahl-jahre bzgl. monetärer Kosten (bei Medianpreis)	Rückzahljahre bzgl. monetärer Kosten (bei niedrigstem Preis)
C	Durchschnittlich (470 kg/Jahr)	Keine	>16	10	15	7
C	Durchschnittlich (470 kg/Jahr)	Steuerge-rät (320 €)	>16	9	11	3
C	Häufig (705 kg/Jahr)	Keine	9	5	10	5
C	Häufig (705 kg/Jahr)	Steuerge-rät (320 €)	8	5	7	2
B	Durchschnittlich (470 kg/Jahr)	Keine	>16	>16	>16	8
B	Durchschnittlich (470 kg/Jahr)	Steuerge-rät (320 €)	>16	>16	13	3
B	Häufig (705 kg/Jahr)	Keine	13	8	12	6
B	Häufig (705 kg/Jahr)	Steuerge-rät (320 €)	12	7	9	2

Quelle: Öko-Institut 2024

*Die Energieeffizienzklassen beziehen sich auf das alte Energielabel vor März 2021.

Tabelle 25: Ergebnisübersicht Wäschetrockner: Angabe der Amortisationszeit für den Austausch eines Kondensationstrockners mit Wärmepumpe (unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 %)

Energieeffizienzklasse Bestandsgerät*	Nutzungsdensität	Reparatur	Rückzahljahre bzgl. GWP (erwarteter EE-Ausbau)	Rückzahljahre bzgl. GWP (verlangsamter EE-Ausbau)	Rückzahljahre bzgl. monetärer Kosten (bei Medianpreis)	Rückzahljahre bzgl. monetärer Kosten (bei niedrigstem Preis)
A	Durchschnittlich (470 kg/Jahr)	Keine	>16	>16	>16	10
A	Durchschnittlich (470 kg/Jahr)	Steuerggerät (320 €)	>16	>16	>16	4
A	Häufig (705 kg/Jahr)	Keine	>16	11	>16	9
A	Häufig (705 kg/Jahr)	Steuerggerät (320 €)	>16	9	15	3

Quelle: Öko-Institut 2024

*Die Energieeffizienzklassen beziehen sich auf das alte Energielabel vor März 2021.

In Tabelle 25 wurde auf eine Darstellung der höheren Energieeffizienzklassen bei den Bestandsgeräten (A+, A++ und A+++) verzichtet, da hier durchgängig das Ergebnis ist, dass das Bestandsgerät so lange wie möglich weitergenutzt und auch repariert werden sollte. Ausschließlich im Falle einer Reparatur des Bestandsgeräts und Kauf des günstigsten am Markt verfügbaren neuen Geräts kann sich ein Austausch eines Bestandsgeräts der Energieeffizienzklasse A+ aus finanzieller Sicht rentieren (8 Rückzahljahre).

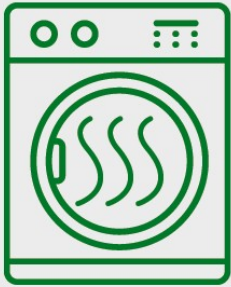
Aus den in den vorangegangenen Abschnitten diskutierten Ergebnissen wird Folgendes deutlich:

- Wenn das Bestandsgerät bereits ein Wäschetrockner mit Wärmepumpe ist, sollte es sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht so lange wie möglich weitergenutzt werden.
- Bei Wäschetrocknern ist bei einer durchschnittlichen Nutzung ein vorzeitiger Ersatz weder ökologisch noch ökonomisch angezeigt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Beitrag aus der Herstellung des neuen Geräts mit knapp 600 kg CO₂-eq vergleichsweise hoch liegt und gleichzeitig bei den Bestandsgeräten die THG-Emissionen aus der Nutzungsphase in den nächsten Jahren durch den Ausbau erneuerbarer Energieträger für die Strombereitstellung signifikant sinken.
- Bei einer intensiven Nutzung (705 kg Wäsche/Jahr) eines Ablufttrockners mit der Energieeffizienzklasse D oder eines Kondensationstrockners mit elektrischer Widerstandsheizung mit der Energieeffizienzklasse C rentiert sich ein Austausch aus ökologischer Sicht ab einer weiteren Nutzung von neun Jahren.

- Aus ökonomischer Sicht rentiert sich ein Austausch eines Ablufttrockners oder eines Kondensationstrockners mit Widerstandsheizung nur bei intensiver Nutzung ab der Energieeffizienzklasse B oder schlechter. Bei durchschnittlicher Nutzung würde sich ein Austausch nur bei einer doppelten Reparatur (beispielsweise der Steuerelektronik) rentieren.
- Signifikant verkürzen würde sich die Zeitdauer, bis ein Gleichstand der Emissionen erreicht ist, nur unter der Annahme, dass es zu einem verlangsamten Ausbau der erneuerbaren Energien kommt. Dies liegt allerdings außerhalb des Einflusses der Konsument*innen und wird deshalb nicht in den Handlungsempfehlungen berücksichtigt.

Die Abbildung 35 veranschaulicht die Empfehlungen für die Verbraucher*innen grafisch.

Abbildung 35: Grafische Umsetzung der Empfehlungen an Verbraucher*innen für den Austausch von Wäschetrocknern



WÄSCHETROCKNER

Wäschetrockner funktioniert? Weiternutzen!

Es lohnt sich weder finanziell noch ökologisch, einen funktionierenden Wäschetrockner auszutauschen. Betrachtungszeitraum: 10 Jahre.

- € **Ausnahme Ablufttrockner:**
das Gerät wird intensiv genutzt UND hat die Effizienzklasse D oder schlechter.^{1) 2)}
- € **Ausnahme Kondensationstrockner mit elektrischer Widerstandsheizung:**
das Gerät wird intensiv genutzt UND hat die Effizienzklasse C oder schlechter.^{1) 2)}

Wäschetrockner defekt? Reparieren! ³⁾

Die Reparatur eines defekten Wäschetrockners lohnt sich finanziell und ökologisch.

- Ausnahme Ablufttrockner:**
 - € das Gerät wird intensiv genutzt, hat Effizienzklasse B oder schlechter ¹⁾ UND der Defekt kostet mindestens 320 €.
 - € das Gerät wird intensiv genutzt UND hat die Effizienzklasse C oder schlechter.¹⁾
- Ausnahme Kondensationstrockner mit elektrischer Widerstandsheizung:**
 - € Außer das Gerät wird intensiv genutzt, hat Effizienzklasse B oder schlechter ¹⁾ UND der Defekt kostet mindestens 320 €.
 - € Außer das Gerät wird intensiv genutzt UND hat die Effizienzklasse C oder schlechter.¹⁾

Intensive Nutzung: 705 kg Wäsche/Jahr; normale Nutzung: 407 kg Wäsche/Jahr.
¹⁾ alte Klassen vor 2021
²⁾ Austausch mit einem Kondensationstrockner mit Wärmepumpe mit der Energieeffizienzklasse A+++ (aktuelles Energielabel bis Juli 2025) mit einem Preis von 1.033 €.
³⁾ Unter der Annahme, dass das Gerät nach der Reparatur weitere 10 Jahre genutzt wird.

€ Aus ökonomischer Perspektive

€ Aus ökologischer Perspektive

Quelle: Öko-Institut 2024

3.3.7 Staubsauger

Bei den Staubsaugern wird für die Bestandsgeräte angenommen, dass es sich um kabelgebundene Geräte handelt. Um die Vielfalt an Bestandsgeräten einzuordnen, werden die Geräte in drei Gruppen von Nennleistungen eingeordnet:

- 1.800 Watt
- 1.200 Watt
- 900 Watt

Bei den Neugeräten wird zwischen kabelgebundenen und akku-betriebenen Geräten unterschieden. Um sicherzustellen, dass die Geräte vergleichbare und gute Leistungsmerkmale aufweisen, wurden aus Online-Testergebnissen der Stiftung Warentest der Jahre 2019 bis 2024 (abgerufen am 10.12.2024) diejenigen Geräte gefiltert, die mindestens die Note „gut“ bei der Saugleistung und in der Gesamtbewertung erhalten haben, und deren Leistungsaufnahme unter 650 Watt (bei kabelgebundenen Geräten) liegt (Stiftung Warentest, 2024e). Der Medianwert der Nennleistung liegt bei Anwendung dieser Filterkriterien für insgesamt 15 Neugeräte bei 600 Watt. Bei den akkubetriebenen Neugeräten wird entsprechend der Argumentation der Ökodesign-Review-Studie davon ausgegangen, dass der Energiebedarf in der Nutzungsphase unter der Bedingung einer vergleichbaren Saugleistung und unter Berücksichtigung von zusätzlichen Ladeverlusten 2 % höher als bei kabelgebundenen Geräten ausfällt (Rames et al., 2019)²⁶. Für eine durchschnittliche Nutzung wird 1 h pro Woche mit der höchsten Saugleistung angesetzt, wie im Kapitel 2.2.1.4 erläutert (AEA Energy & Environment, 2009; Rames et al., 2019).

3.3.7.1 Durchschnittliche Nutzung

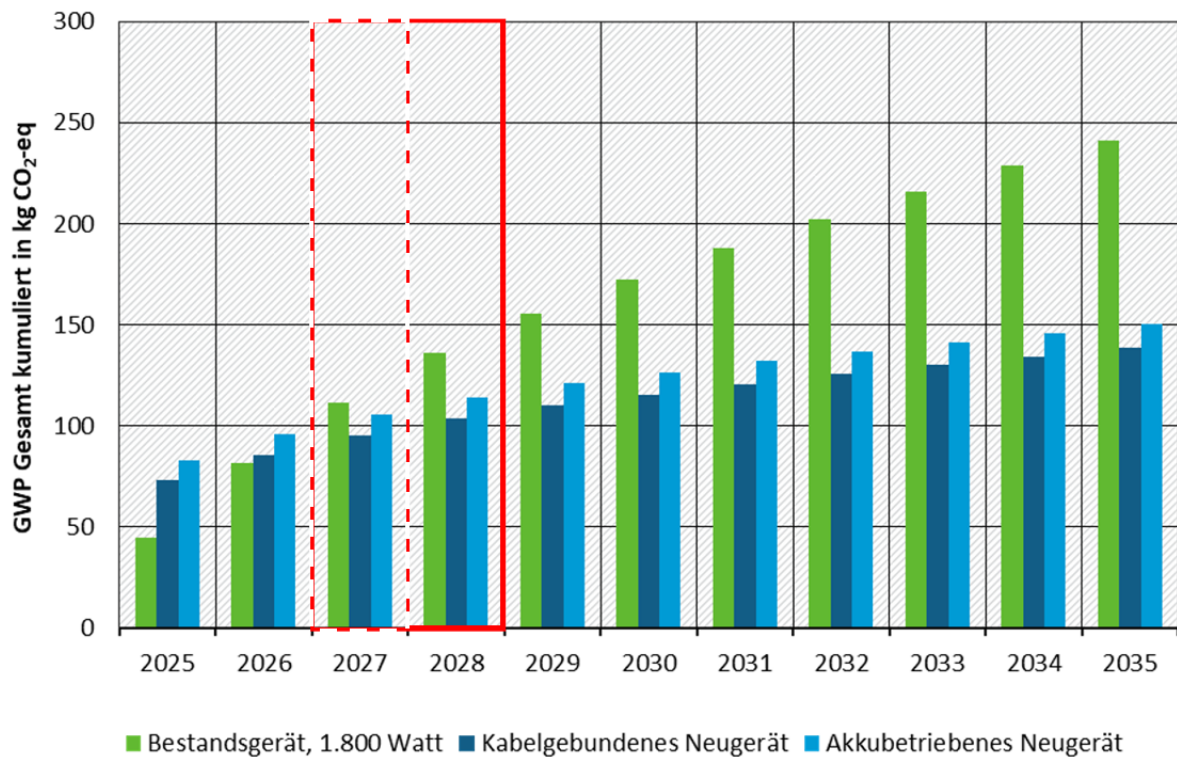
In der Abbildung 36 werden das kumulierte GWP des Bestandsgeräts (mit 1.800 Watt Nennleistung) und der Neuanschaffung miteinander verglichen. Es zeigt sich, dass ein Gleichstand²⁷ unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 % bereits ab dem dritten Jahr bei kabelgebundenen Geräten bzw. ab dem vierten Jahr bei Akku-Geräten gegeben ist. Damit wird das Gleichstands-Jahr bei Staubsaugern deutlich eher erlangt als bei den anderen hier untersuchten Geräten. Der Grund dafür ist, dass bei Staubsaugern der Unterschied zwischen dem GWP aus der Herstellung und Distribution von Neugeräten (58 bei kabelgebundenen bzw. 68 kg CO₂-eq bei Akku-Geräten) und dem GWP aus der Strombereitstellung in der Nutzungsphase (im ersten Jahr 45 kg CO₂-eq) relativ klein ausfällt. Geräte mit 1.800 Watt Nennleistung sind zum Zeitpunkt der Analyse ungefähr 10 Jahre alt (Kauf im Jahr 2015), wodurch die Wahrscheinlichkeit hoch ist, dass das Anschlusskabel samt Aufwickler ersetzt werden muss²⁸. Unter dieser Voraussetzung rückt der Gleichstand der THG-Emissionen etwa um ein Jahr näher.

²⁶ Dieser Befund steht im Widerspruch zur Argumentation der Stiftung Warentest, wonach der Energiebedarf bei Akku-Staubsaugern nur rund die Hälfte des Energieverbrauchs der kabelgebundenen Geräten ausmacht (Stiftung Warentest (2021a)). Dieser Widerspruch konnte bis Februar 2025 nicht aufgelöst werden.

²⁷ Zur Verwendung der Begriffe „Gleichstand“ und „Break-Even-Point“ siehe Erläuterung am Anfang des Abschnitts 3.3, Seite 58

²⁸ Neben einem Defekt des Anschlusskabels samt Aufwickler ist bei einem 10 Jahre alten Gerät die Wahrscheinlichkeit eines defekten Motors hoch (siehe Abschnitt 2.4.2.4); dann wären die Reparaturkosten so hoch, dass Verbraucher*innen sehr wahrscheinlich ein neues Gerät kaufen würden.

Abbildung 36: Vergleich Staubsauger: Bestandsgerät (1.800 Watt Nennleistung) ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei durchschnittlicher Nutzung

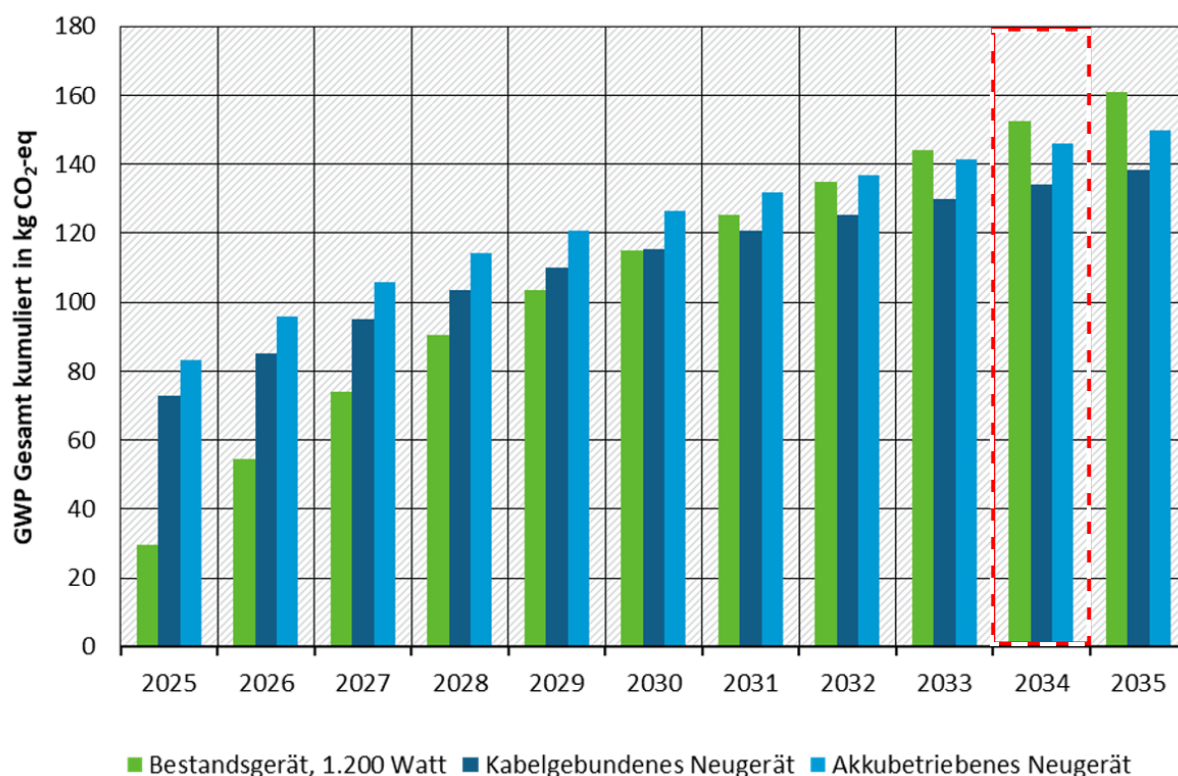


Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökologischer Sicht amortisiert hat, ist bei Akku-Geräten mit einem roten Kasten und bei kabelgebundenen Geräten mit einem gestrichelten Kasten markiert.

Quelle: Öko-Institut 2024

Bei effizienteren Bestandsgeräten rücken die Gleichstands-Zeitpunkte dagegen deutlich in die Zukunft (Abbildung 37). Ein neues, kabelgebundenes Gerät müsste 10 Jahre, ein akku-betriebenes Neugerät 13 Jahre genutzt werden, um mit dem Bestandsgerät gleichzuziehen. Bei jüngeren Bestandsgeräten mit etwa 900 Watt Nennleistung liegt der Gleichstand bei deutlich über 15 Jahren.

Abbildung 37: Vergleich Staubsauger: Bestandsgerät (1.200 Watt Nennleistung) ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei durchschnittlicher Nutzung



Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökologischer Sicht amortisiert hat, ist bei einem kabelgebundenen Neugerät mit einem gestrichelten Kasten markiert.

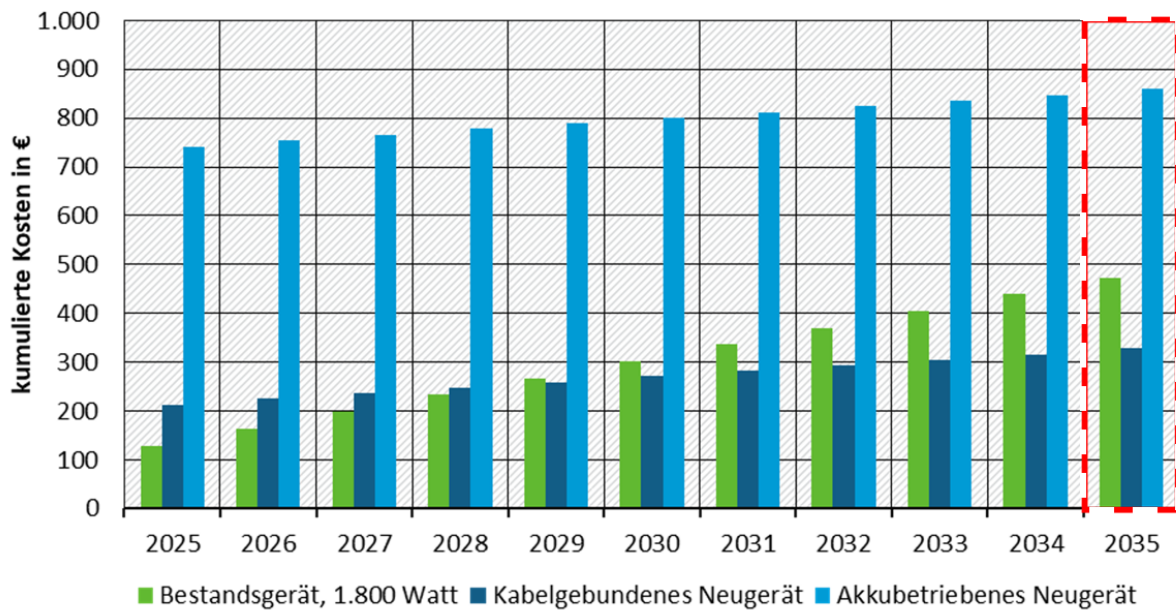
Quelle: Öko-Institut 2024

Mit Blick auf die Kosten ist ein Neukauf gegenüber dem Weiterbetrieb eines funktionierenden Bestandsgeräts nur unter bestimmten Umständen attraktiv. Wenn der Medianpreis (199,90 Euro) für ein effizientes Neugerät angesetzt wird, rentiert sich der Austausch ökonomisch betrachtet erst nach 11 Jahren (Abbildung 38). Wenn für das Bestandsgerät eine Reparatur des Anschlusskabels samt Aufwickler mit Reparaturkosten in Höhe von 90 Euro angenommen wird, würde sich der Neukauf dagegen bereits im zweiten Jahr auszahlen, wenn das günstigste Gerät (108 Euro) gewählt wird. Fällt keine Reparatur beim Bestandsgerät an, könnte es noch sechs Jahre weiterbetrieben werden, bis ein Kostengleichstand mit dem günstigsten, effizientesten, kabelgebundenen Neugerät erreicht wird.

Der Erwerb eines guten²⁹ akkubetriebenen Geräts würde sich hingegen nicht finanziell auszahlen, da dessen Anschaffungskosten rund doppelt so hoch sind wie die eines kabelgebundenen Geräts.

²⁹ Mit einem „guten“ akkubetriebenen Gerät sind Geräte mit einer Saugleistung gemeint, die mit kabelgebundenen Geräten vergleichbar ist.

Abbildung 38: Vergleich Staubsauger: Bestandsgerät (1.800 Watt Nennleistung) ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumulierte Kosten bei durchschnittlicher Nutzung



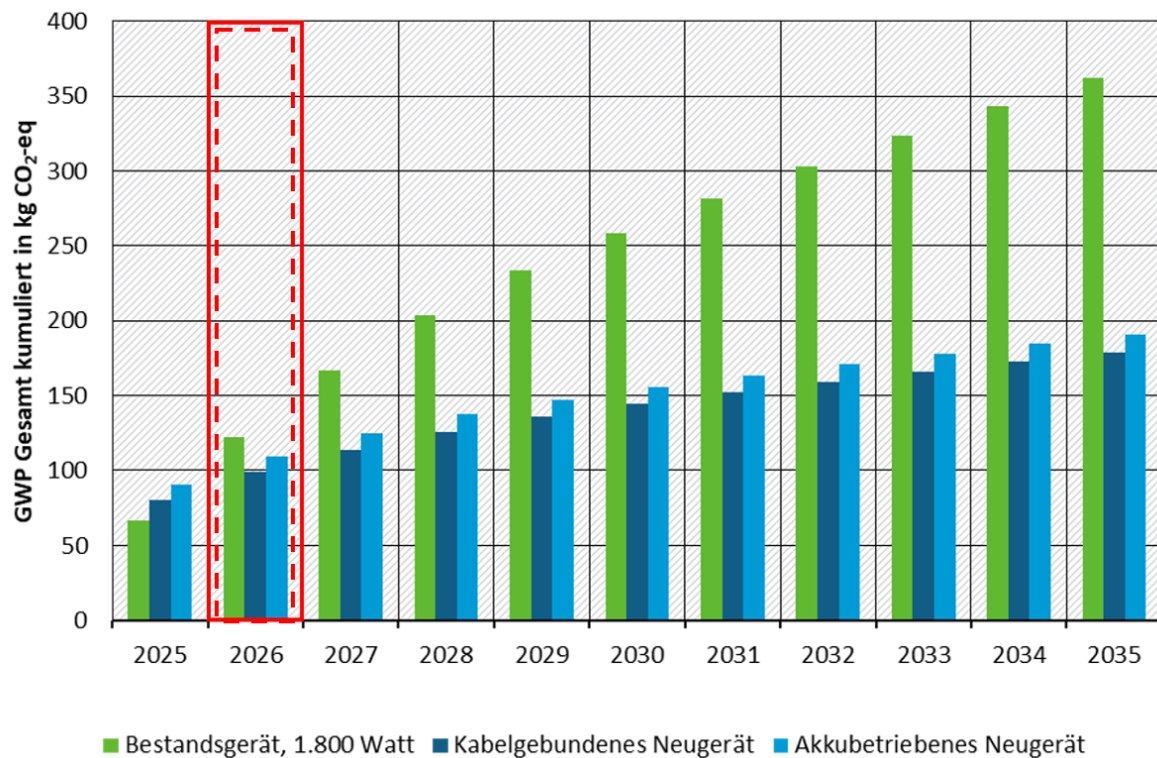
Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökonomischer Sicht amortisiert hat, ist bei einem kabelgebundenen Neugerät mit einem gestrichelten Kasten markiert.

Quelle: Öko-Institut 2024.

3.3.7.2 Intensive/extensive Nutzung

Bei intensiver Nutzung (dies bedeutet 1,5 Stunden Staubsaugen pro Woche) der Geräte rückt das Jahr, ab dem ein Gleichstand des GWP erreicht wird, sehr nahe: Bereits ab dem 2. Jahr sind die kumulierten THG-Emissionen bei Ersatz des Bestandsgeräts mit 1.800 Watt Nennleistung sowohl bei einem kabelgebundenen als auch bei einem akkubetriebenen Neugerät geringer als der weitere Betrieb des Bestandsgeräts (Abbildung 39).

Abbildung 39: Vergleich Staubsauger: Bestandsgerät (1.800 Watt Nennleistung) ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei intensiver Nutzung



Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökologischer Sicht amortisiert hat, ist bei einem Akku-Gerät mit einem roten Kasten und bei einem kabelgebundenen Gerät mit einem gestrichelten Kasten markiert.

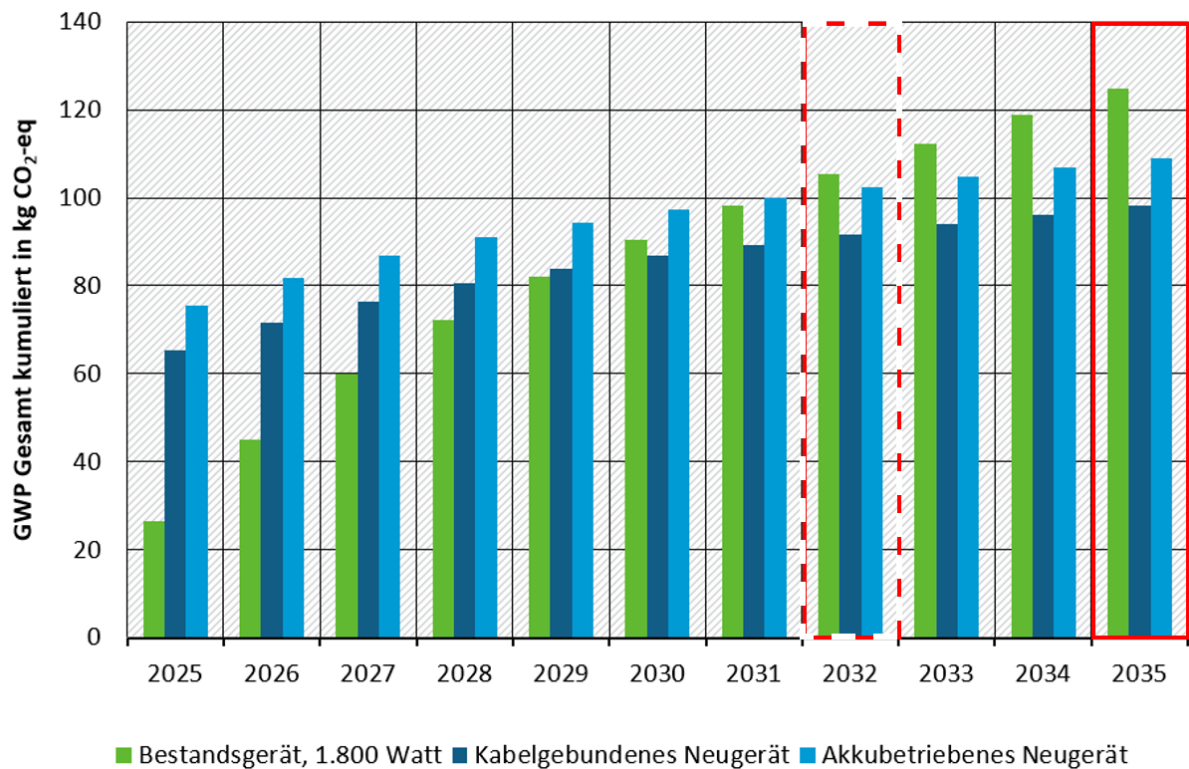
Quelle: Öko-Institut 2024

Bei effizienteren Bestandsgeräten wird der Gleichstand der kumulierten THG-Emissionen dagegen später erreicht:

- Bestandsgeräte mit 1.200 Watt Nennleistung: fünftes Jahr (kabelgebundenes Neugerät) oder siebtes Jahr (akkubetriebenes Neugerät)
- Bestandsgeräte mit 900 Watt Nennleistung: über 16 Jahre (kabelgebundene oder akkubetriebene Neugeräte)

Wird eine extensivere Nutzung angenommen (dies bedeutet eine halbe Stunde Staubsaugen pro Woche) dauert es selbst beim Bestandsgerät mit 1.800 Watt Nennleistung und Annahme der Reparatur von Kabel und Aufwickler 8 Jahre, bis sich ein Austausch mit einem kabelgebundenen Staubsauger rentiert, bzw. 11 Jahre, wenn gegen ein akkubetriebenes Neugerät getauscht wird. (Abbildung 40). Selbst unter der Annahme, dass das Bestandsgerät aufwendig repariert werden müsste (Kabel mit Aufwickler und Austausch des Motors), würde sich ein Gleichstand der THG-Emissionen erst im fünften Jahr ergeben. Ökonomisch gesehen ist dieses Szenario allerdings unrealistisch, da die Reparatur des Bestandsgeräts teurer wäre als der Kauf eines kabelgebundenen Neugeräts.

Abbildung 40: Vergleich Staubsauger: Bestandsgerät (1.800 Watt Nennleistung) mit Reparatur vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei extensiver Nutzung



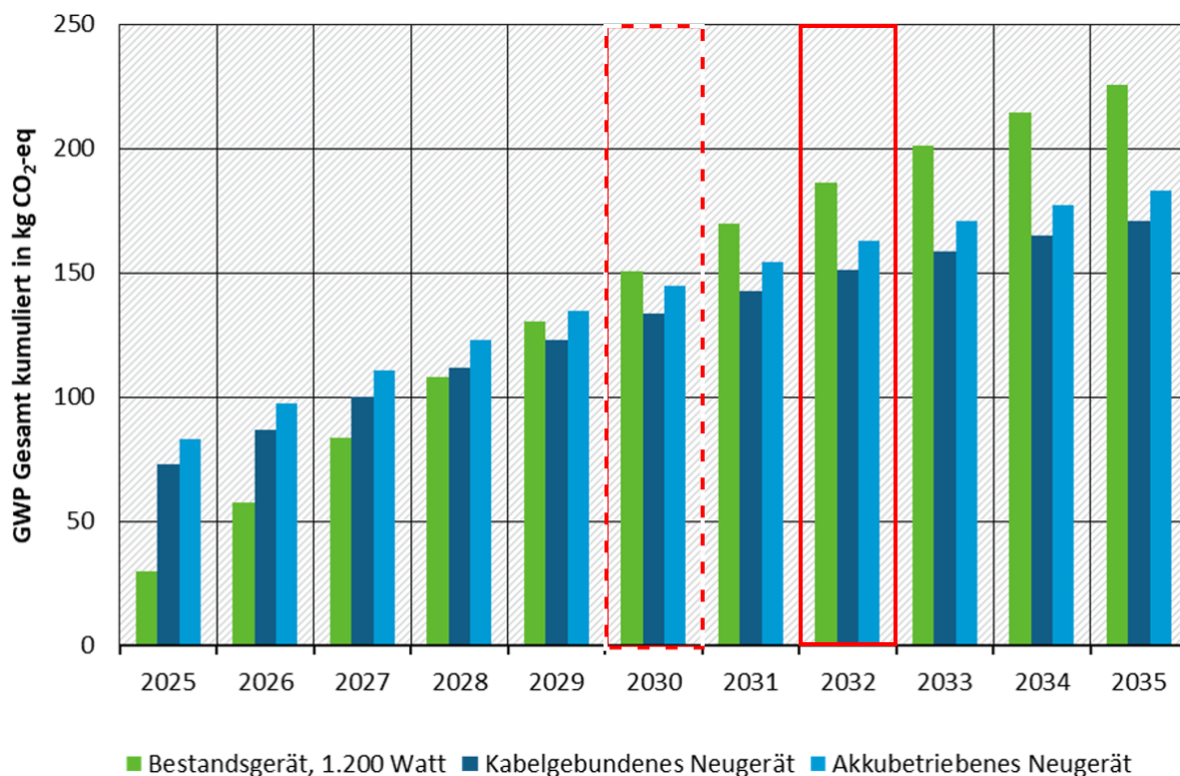
Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökologischer Sicht amortisiert hat, ist bei einem Kabel-Neugerät mit einem gestrichelten Kasten und bei einem neuen Akku-Gerät mit einem roten Kasten markiert.

Quelle: Öko-Institut 2024

3.3.7.3 Sensitivitätsanalyse: verlangsamer Ausbau erneuerbarer Energien bei der Strombereitstellung

Falls es zu einem verlangsamen Ausbau erneuerbarer Energieträger für die Strombereitstellung kommen würde, würde der Gleichstand des GWP wieder näher an die Gegenwart rücken. Anstatt nach 10 Jahren wird in diesem Szenario der Gleichstand der kumulierten THG-Emissionen der beiden kabelgebundenen Geräte bei einem Bestandsgerät mit 1.200 Watt schon im sechsten Jahr erreicht und in den Folgejahren liegen die Emissionen bei Weiterbetrieb des Bestandsgeräts deutlich über den Emissionen der Neugeräte (Abbildung 41).

Abbildung 41: Vergleich Staubsauger: Bestandsgerät (1.200 Watt Nennleistung) ohne Reparaturen vs. Neugerät, kumuliertes GWP bei durchschnittlicher Nutzung, mit verlangsamttem Ausbau erneuerbarer Energien



Das Jahr, ab welchem sich der Austausch des Bestandsgeräts gegen ein effizientes Neugerät aus ökologischer Sicht amortisiert hat, ist bei einem kabelgebundenen Gerät mit einem gestrichelten Kasten und bei einem Akku-Neugerät mit einem roten Kasten markiert.

Quelle: Öko-Institut 2024

Bei noch effizienteren Geräten (900 Watt) wird auch in diesem Szenario innerhalb von 15 Jahren kein Gleichstand erreicht.

3.3.7.4 Zusammenfassung und Empfehlungen an Verbraucher*innen

In Tabelle 26 und Tabelle 27 sind die Ergebnisse des ökologischen und ökonomischen Vergleichs für die kabelgebundenen und für die akkubetriebenen Neugeräte zusammengestellt.

Tabelle 26: Ergebnisübersicht Staubsauger: Angabe der Amortisationszeit für den Austausch gegen einen kabelgebundenen Staubsauger (unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 %)

Leistungs- aufnahme des Be- standsgerä- tes in Watt	Nutzungs- intensität	Reparatur*	Rückzahl- jahre bzgl. GWP (erwar- teter EE- Ausbau)	Rückzahl- jahre bzgl. GWP (ver- langsamer EE-Ausbau)	Rückzahl- jahre bzgl. monetärer Kosten (bei Median- preis)	Rückzahl- jahre bzgl. monetärer Kosten (bei niedrigstem Preis)
1.800	1 h/Woche	Nein	3	3	11	6
1.800	1 h/Woche	Ja	3	3	6	2

Leistungs- aufnahme des Be- standsgerä- tes in Watt	Nutzungs- intensität	Reparatur*	Rückzahl- jahre bzgl. GWP (erwar- teter EE- Ausbau)	Rückzahl- jahre bzgl. GWP (ver- langsamer EE-Ausbau)	Rückzahl- jahre bzgl. monetärer Kosten (bei Median- preis)	Rückzahl- jahre bzgl. monetärer Kosten (bei niedrigstem Preis)
1.800	1,5 h/Woche	Nein	2	2	7	4
1.800	1,5 h/Woche	Ja	2	2	4	1
1.200	1 h/Woche	Nein	10	6	>16	12
1.200	1 h/Woche	Ja	9	6	13	3
1.200	1,5 h/Woche	Nein	5	4	15	8
1.200	1,5 h/Woche	Ja	4	4	9	2
900	1 h/Woche	Nein	>16	>16	>16	>16
900	1 h/Woche	Ja	>16	>16	>16	7
900	1,5 h/Woche	Nein	>16	11	>16	>16
900	1,5 h/Woche	Ja	>16	10	>16	5

* Es wurde eine Reparatur des Anschlusskabels/Aufwicklers für 90 Euro angenommen.

Quelle: Öko-Institut.

Tabelle 27: Ergebnisübersicht Staubsauger: Angabe der Amortisationszeit für den Austausch gegen einen akkubetriebenen Staubsauger (unter Berücksichtigung einer Signifikanzschwelle von 10 %)

Leistungs- aufnahme des Be- standsgeräts in Watt	Nutzungs- intensität	Reparatur*	Rückzahl- jahre bzgl. GWP (erwar- teter EE- Ausbau)	Rückzahl- jahre bzgl. GWP (ver- langsamer EE-Ausbau)	Rückzahl- jahre bzgl. monetärer Kosten (bei Median- preis)	Rückzahl- jahre bzgl. monetärer Kosten (bei niedrigstem Preis)
1.800	1 h/Woche	Nein	4	3	>16	>16
1.800	1 h/Woche	Ja	4	3	>16	>16
1.800	1,5 h/Woche	Nein	2	2	>16	>16
1.800	1,5 h/Woche	Ja	2	2	>16	>16
1.200	1 h/Woche	Nein	13	6	>16	>16
1.200	1 h/Woche	Ja	12	6	>16	>16

Leistungs- aufnahme des Be- standsgeräts in Watt	Nutzungs- intensität	Reparatur*	Rückzahl- jahre bzgl. GWP (erwar- teter EE- Ausbau)	Rückzahl- jahre bzgl. GWP (ver- langsamer EE-Ausbau)	Rückzahl- jahre bzgl. monetärer Kosten (bei Median- preis)	Rückzahl- jahre bzgl. monetärer Kosten (bei niedrigstem Preis)
1.200	1,5 h/Woche	Nein	7	5	>16	>16
1.200	1,5 h/Woche	Ja	6	5	>16	>16
900	1 h/Woche	Nein	>16	>16	>16	>16
900	1 h/Woche	Ja	>16	>16	>16	>16
900	1,5 h/Woche	Nein	>16	16	>16	>16
900	1,5 h/Woche	Ja	>16	15	>16	>16

*Es wurde eine Reparatur des Anschlusskabels/Aufwicklers für 90 Euro angenommen.

Quelle: Öko-Institut.

Aus den in den vorangegangenen Abschnitten diskutierten Ergebnissen wird deutlich, dass bei Staubsaugern in vielen Konstellationen der Austausch des funktionierenden Bestandsgeräts zu geringeren THG-Emissionen führt als ein Weiterbetrieb der Bestandsgeräte.

- ▶ Bei kabelgebundenen Bestandsgeräten ist der Ersatz durch Neugeräte dann angezeigt, wenn das Bestandsgerät eine Nennleistung von 1.200 Watt (oder mehr) aufweist und es mit der maximalen Leistungsaufnahme genutzt wird³⁰. Hier amortisiert sich der Ersatz aus Klimaschutzperspektive nach maximal 10 Jahren bei dem Austausch gegen ein effizientes kabelgebundenes Gerät. Bei einer intensiven Nutzung amortisiert sich der Ersatz ökologisch bereits ab dem 5. Jahr bzw. ab dem 2. Jahr bei einer Nennleistung von 1800 Watt.
- ▶ Bei effizienteren Bestandsgeräten (maximal 900 Watt) liegen die Gleichstands-Jahre sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht deutlich in der Zukunft, weshalb diese Geräte weiterbetrieben werden sollten.
- ▶ Ökonomisch betrachtet unterscheiden sich die Aussagen je nachdem, ob ein kabelgebundenes oder ein akkubetriebenes Neugerät gekauft wird. Der Austausch gegen ein akkubetriebenes Gerät lohnt sich derzeit aufgrund der vergleichsweise hohen Anschaffungskosten bei Geräten mit „guter Saugleistung“ (gemäß Prüfprogramm der Stiftung Warentest) in keinem Fall. Bei einfacheren und in der Anschaffung günstigeren akkubetriebenen Geräten kann angenommen werden, dass sie neben kabelgebundenen Bestandsgeräten als zusätzliche Geräte für kleinere Reinigungsarbeiten eingesetzt werden.
- ▶ Bei einem Austausch gegen ein kabelgebundenes Gerät rentiert sich ein Austausch bei einer intensiven Nutzung eines Geräts mit 1.800 Watt Nennleistung oder im Fall einer Reparatur des Bestandsgeräts auch bei einer durchschnittlichen Nutzung des 1.800-Watt-Geräts. Wird

³⁰ Für den Fall, dass Verbraucher*innen durch Herunterregeln eine geringere Leistung ihres Bestandsgeräts in Anspruch nehmen als maximal zur Verfügung stünde, sinkt deren Stromverbrauch. Hierdurch verlängert sich die Amortisationszeit eines Austausches.

dagegen das günstigste Neugerät ausgewählt, rentiert sich ein Ersatz auch bei intensiver Nutzung eines 1.200-Watt-Geräts.

Die in diesem Abschnitt erläuterten Ergebnisse lassen sich wie folgt für die Kommunikation an Verbraucher*innen grafisch darstellen (Abbildung 42).

Abbildung 42: Grafische Umsetzung der Empfehlungen an Verbraucher*innen für den Austausch von Staubsaugern



Quelle: Öko-Institut 2024

3.4 Offene Fragen/Ausblick

Die in diesem Projekt erarbeiteten ökologischen und ökonomischen Vergleichsrechnungen beruhen auf einer umfangreichen Datenbasis. Durch eher kurzfristig wirksame marktbezogene Entwicklungen sowie durch mittel- bis langfristig wirksame Entwicklungen insbesondere in der Energieerzeugung sowie in den Rohstoff- und Materialketten ist es erforderlich, die Datengrundlagen regelmäßig zu aktualisieren, damit die aus der Berechnungen abgeleiteten Empfehlungen für Verbraucher*innen inhaltlich korrekt sind und mit Blick auf das Marktgeschehen eine gute Orientierung sicherstellen. Im Einzelnen sollten dabei insbesondere folgende Aspekte beachtet werden:

- ▶ Bei den Staubsaugern konnten mehrere Fragen (Funktionsäquivalenz zwischen kabelgebundenen und akkubetriebenen Geräten, vergleichende Ökobilanz zwischen diesen Geräten) nicht abschließend geklärt werden, zudem ist die Marktentwicklung bei dieser Produktgruppe sehr dynamisch mit offenbar sinkenden Anschaffungskosten bei akkubetriebenen Geräten mit guter Saugleistung.
- ▶ Bei der Kategorie Kühl- und Gefriergeräte haben besonders effiziente Neugeräte ein deutlich größeres Nutzvolumen als die Bestandsgeräte, weshalb hier das Grundprinzip der Funktionsäquivalenz nicht eingehalten werden konnte. Sollten in den nächsten Jahren auch

effiziente Geräte mit kleinerem Nutzvolumen am Markt angeboten werden, sollten die Vergleichsrechnungen ergänzt werden. Dabei müsste auch geprüft werden, ob bei kleineren Geräten dann auch Geräte mit Energieeffizienzklasse B in die Rechnungen einbezogen werden, da bei diesen Geräten durch den Bezug auf das Nutzvolumen im Berechnungsverfahren die Einstufung in die Energieeffizienzklasse A offenbar kaum zu erreichen ist.

- ▶ Die weitere Zunahme des Anteils an erneuerbaren Energien bei der Strombereitstellung wirkt sich signifikant auf die Berechnung der kumulierten THG-Emissionen von Bestands- und Neugeräten aus. Hier sollten die im Modell eingestellten Emissionsfaktoren nach den jeweils vorliegenden Ergebnissen künftiger Projektionsberichte überprüft und ggf. angepasst werden.
- ▶ Schließlich beruhen die im Modell eingestellten Daten zur Herstellung und Distribution von Neugeräten in großen Teilen auf Ökobilanzergebnissen, die vor zehn Jahren veröffentlicht wurden. Hier besteht die Möglichkeit, die Datenbasis nach Abschluss der derzeit laufenden Review-Studien im Kontext der ESPR³¹ bis Ende 2025 / Anfang 2026 zu aktualisieren.

³¹ Ecodesign for Sustainable Products Regulation

4 Quellenverzeichnis

AEA Energy & Environment (Hrsg.). (February 2009). *Work on Preparatory Studies for Eco-Design Requirements of EuPs (II) Lot 17 Vacuum Cleaners: Final Report*. TREN/D3/390-2006. <https://circabc.europa.eu/sd/a/bf75c8fa-4a82-413e-bba1-c0423a2de0c7/Vacuum%20cleaners.pdf>

APPLiA und InSites Consulting (Hrsg.). (2018). *Tumble dryer usage and attitudes: A survey in 12 European countries. Draft version*. not publicly available.

Baron, Y. & Gröger, J. (August 2019). *Einführung in die Berechnung von Lebenszykluskosten und deren Nutzung im Beschaffungsprozess: Umweltfreundliche Beschaffung, Schulungsskript 2*. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltfreundliche-beschaffung-schulungsskript-2>

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (Hrsg.). (2024). *BDEW-Strompreisanalyse Juli 2024: Die BDEW-Strompreisanalyse zeigt die aktuelle Entwicklung der Strompreise in Deutschland*. <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strompreisanalyse/>

Boyano, A., Moons, H., Villanueva, A., Graulich, K., Rüdener, I., Alborzi, F., Hook, I. & Stamminger, R. (2017). *Ecodesign and Energy Label for Household Dishwashers: Preparatory study. Final report*. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC109032>

Bundesverband der Energie-Abnehmer e.V. (Hrsg.). (2024). *VEA-Wasserpreisvergleich 2024*. https://www.vea.de/files/user_upload/VEA-Hauptseite/Newsroom/Pressemitteilungen/2024/Februar/240305_Tabellen_zum_Wasserpreisvergleich.pdf

Domo Ersatzteileschop GmbH (Hrsg.). *Ersatzteileschop, Ihr Ersatz- und Zubehörteile Webshop für alle Haushaltsgeräte*. <https://www.ersatzteileschop.de/>

Domo Ersatzteileschop GmbH (Hrsg.). (2024). *Spülmaschine - Ersatzteile*. <https://www.ersatzteileschop.de/spuelmaschine-ersatzteile>

Delegierte Verordnung (EU) Nr. 1059/2010 der Kommission vom 28. September 2010 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Kennzeichnung von Haushaltsgeschirrspülern in Bezug auf den Energieverbrauch, 2010 Amtsblatt der Europäischen Union 1 (2010). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010R1059>

Delegierte Verordnung (EU) Nr. 392/2012 der Kommission vom 1. März 2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Kennzeichnung von Haushaltswäschetrocknern in Bezug auf den Energieverbrauch Text von Bedeutung für den EWR, 2012 Amtsblatt der Europäischen Union 1 (2012). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/ALL/?uri=CELEX%3A32012R0392>

Verordnung (EU) Nr. 666/2013 der Kommission vom 8. Juli 2013 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Staubsaugern, 2013 Amtsblatt der Europäischen Union 24 (2013). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0666>

Ökodesign-Arbeitsprogramm 2016–2019, 2016 Mitteilung der Kommission 1 (2016 & i.d.F.v. COM(2016) 773 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016DC0773>

Delegierte Verordnung (EU) 2019/2016 der Kommission vom 11. März 2019 zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2017/1369 des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Energieverbrauchskennzeichnung von Kühlgeräten und zur Aufhebung der Delegierten Verordnung (EU) Nr. 1060/2010 der Kommission, 2019 Amtsblatt der Europäischen Union 102 (2019). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R2016>

- Gensch, C. & Blepp, M. (2015). *Betrachtungen zu Produktlebensdauer und Ersatzstrategien von Miele-Haushaltsgeräten*. Öko-Institut. <https://www.oeko.de/publikation/betrachtungen-zu-produktlebensdauer-und-ersatzstrategien-von-miele-haushaltsgeraeten/>
- Gensch, C., Stratmann, B. & Quack, D. (2013). *PROSA Geschirrspülmaschinen für den Hausgebrauch: Entwicklung der Vergabekriterien für ein Klimaschutzbezogenes Umweltzeichen*. Studie im Rahmen des Projekts "Top 100 - Umweltzeichen für klimarelevante Produkte". Öko-Institut. https://www.prosa.org/fileadmin/user_upload/pdf/16_PROSA_Geschirrspuelmaschinen.pdf
- Gensch, C.-O., Liu, R., Stuber-Rousselle, K. & Rüdener, I. (2024, 15. März). *Ökobilanz-Moduldaten für ein serviceorientiertes Geschäftsmodell für Waschmaschinen.: Studie im Auftrag eines Hausgeräteherstellers*. https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Hausgeraetehersteller_PaaS.pdf
- Grether, S., Graulich, K. & Griebhammer, R. (2009, 20. November). *Konzeption eines produktbezogenen TopRunner-Impulsprogramms: Ergänzende wissenschaftliche Beratungsleistung: Erarbeitung von ProgrammModulen zur praktischen Umsetzung*. <https://www.oeko.de/oekodoc/1284/2009-136-de.pdf>
- Hahn, D. (2022, 30. Oktober). *PROMPT - Premature Obsolescence Multi-Stakeholder Product Testing Program: Generalization of approach and summary of results*. https://prompt-project.eu/wp-content/uploads/2023/05/D3.6_IZM_Generalisation-of-approach-and-summary-of-results.pdf
- Hahn, D., Sehr, F., Straube, S., Dobs, T., Berwald, A., Wittler, O. & Schneider-Ramelow, M. (2020). Current State of Durability Assessment for Four Consumer Product Groups. *Electronics Goes Green 2020+ - Proceedings*, 507–513. <https://prompt-project.eu/wp-content/uploads/2020/10/Hahn-et-al.pdf>
- Harthan, R., Förster, H., Borkowski, K., Böttcher, H., Braungardt, S., Bürger, 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. *Projektionsbericht 2023*. Climate Change. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/projektionsbericht-2023-fuer-deutschland>
- Harthan, R., Förster, H., Borkowski, K., Böttcher, H., Braungardt, S., Bürger, 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. *Technischer Anhang der Treibhausgas-Projektionen 2024 für Deutschland (Projektionsbericht 2024)*. Treibhausgas-Projektionen für Deutschland. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/projektionen_technischer_anhang_0.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate change 2021: The physical science basis: Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896> <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Lefèvre, C. (2009). *Ecodesign of Laundry Dryers: Preparatory studies for Ecodesign requirements of Energy-using-Products (EuP) - Lot 16*. Final Report. https://ekosuunnittelu.info/wp-content/uploads/2015/09/EuP_Laundry_Dryer_final_report_2009-04-06.pdf
- Maya-Drysdale, L., Høgh Iversen, N., Gydesen, A. & Skov Hansen, P. M. (2019). *Review study on household tumble driers: Final report*. https://www.energimyndigheten.se/globalassets/energieffektivisering/_jag-ar-saljareller-tillverkare/dokument/produkter-med-krav/torktumlare-hushall/review-study-on-household-tumble-driers.pdf
- Miele & Cie. KG (Hrsg.). (2024). *Gebrauchsanweisung Bodenstaubsauger [HS 15]*. https://media.miele.com/downloads/db/3e/06_C7F12828A2561EDEB6F5C085A96BDB3E.pdf
- Prakash, S., Liu, R., Schischke, K. & Stobbe, L. (2012). *Zeitlich optimierter Ersatz eines Notebooks unter ökologischen Gesichtspunkten* (Nr. 44). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/zeitlich-optimierter-ersatz-eines-notebooks-unter>

Prakash, S., Liu, R., Schischke, K., Stobbe, L. & Gensch, C.-O. (2013). *Schaffung einer Datenbasis zur Ermittlung ökologischer Wirkungen der Produkte der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) - Teil C: Teilvorhaben C des Gesamtvorhabens Ressourcenschonung im Aktionsfeld Informations- und Kommunikationstechnik (IKT)* (Nr. 82). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/schaffung-einer-datenbasis-zur-ermittlung>

Rames, M., Skov Hansen, P. M., Gydesen, A., Huang, B., Peled, M., Maya-Drysdale, L., Kemna, R. & van den Boorn, R. (June 2019). *Review study on Vacuum cleaners: Final Report*. <https://www.review-vacuumcleaners.eu/>

Rüdenauer, I., Seifried, D. & Gensch, C.-O. (2007, 3. Juli). *Kosten und Nutzen eines Prämienprogramms für besonders effiziente Kühl- und Gefriergeräte: Studie im Auftrag des Zentralverbands Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. – ZVEI*. <https://www.oeko.de/oekodoc/584/2007-136-de.pdf>

Stamminger, R., Presutto, M., Scialdoni, R. & Mebane, W., Esposito, R. *Preparatory Studies for Eco-Design Requirements of EuPs (Tender TREN/D1/40-2005): Lot 13: Refrigerators & Freezers* [Final Report Draft Version Tasks 3 -5]. https://ekosuunnittelu.info/wp-content/uploads/2015/08/Lot_13_Final_Report_Taks_3-5.pdf

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2015a). *Die besten Schränke und Truhen* (test Heft 8).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2015b). *Blitzblank im Sparprogramm: Geschirrspüler* (test Heft 5).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2016a). *Die besten Modelle mit und ohne Kaltlagerfach*. (test Heft 7).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2016b). *Gut zum halben Preis: Geschirrspüler* (test Heft 6).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2017a). *Die besten Kleinen und Großen* (test Heft 5).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2017b). *Die Blaumann-Lotterie: Kundendienste für Waschmaschinen* (test Heft 4).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2017c). *Leistungsstarke Schränke und Truhen für jeden Bedarf* (test Heft 8).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2017d). *Nie mehr nachpolieren: Geschirrspüler* (test Heft 7).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2017e). *Reparieren - oder wegwerfen?* (test Heft 4).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2018a). *Geschirrspüler - Reparieren hilft der Umwelt* (test Heft 11).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2018b). *Superfrost, No Frost: für wen die Extras sinnvoll sind* (test Heft 3).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2019a). *Manche frieren uncool ein*. (test Heft 7).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2019b). *Saubere Dauerläufer: Geschirrspüler* (test Heft 10).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2019c). *Von Eisriesen und Frostzwergen* (test Heft 3).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2020a). *Gute erst ab 1,50 Meter Höhe* (test Heft 7).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2020b). *Kaputt heißt oft: Das wars.: Umfrage zu Reparaturen* (test Heft 4).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2020c). *Das Spülprogramm machts: Geschirrspüler* (test Heft 9).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2020d). *Vier Große sind top* (test Heft 4).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2021a). *Akku gegen Staubsauger: Erstmals im direkten Duell: Sauger mit und ohne Kabel* (test Heft 2).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2021b). *Die ersten mit dem neuen Energielabel: Sparsame C-Klasse* (test Heft 9).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2022). *Für Familien und Singles: Von Truhen bis zum kleinen Schrank* (test Heft 7).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2023a). *Eins, zwei, dry: Wäschetrockner* (test Heft 9).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2023b). *So effizient sind kleine und große Gefrierschränke und -truhen* (test Heft 6).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2023c). *Was die Top-Geräte können – und die Schwachen nicht*. (test Heft 4).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2024a). *Endlich mehr Spülraum. Geschirrspüler – 13 von 18 Spülmaschinen im Test sind gut– darunter 5 XXL- Geräte mit mehr Stauraum. Höhenunterschiede gibt es auch beim Preis.* (test Heft 8).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2024b). *Die Marke allein garantiert noch keine Qualität – und manches Kühlgerät ist effizienter, als das Energielabel vermuten lässt.* (test Heft 3).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2024c). *Reparier mich! Wäschetrockner reparieren* (test Heft 9).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2024d). *Staubfeind Nr. 1: Staubsauger.* (test Heft 9).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2024e). *Staubsauger im Test: Akkusauger gegen Bodestaubsauger - das Duell.*
<https://www.test.de/Staubsauger-im-Test-1838262-tabelle/?sort=hersteller#filter-result-title>

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2024f). *Staubsauger im Test: Mit Kabel oder Akku - was hat die bessere Ökobilanz? Akku gegen Kabel: Die Ökobilanz* (test Heft 9).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2024g). *Trocknergold. Wäschetrockner – Viele sind gut, aber nur der Testsieger von AEG trocknet sehr gut. Er hat einen stolzen Preis, braucht dafür aber weniger Strom als billige Geräte und bietet viel Komfort.* (test Heft 9).

Stiftung Warentest (Hrsg.). (2025). *Drei Kabellose saugen gut: Akku Staubsauger - Drei Geräte überzeugen besonders, darunter zwei Handstaubsauger für unter 400 Euro. Aber: Viele Günstige saugen schlecht.* (test Heft 2).

Umweltbundesamt (Hrsg.). (2022). *Vergleich der durchschnittlichen Treibhausgas-Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr: Bezugsjahr 2022.* https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr/emissionsdaten#verkehrsmittelvergleich_personenverkehr_grafik

VHK & ARMINES. (2016, 4. Februar). *Preparatory/review study: Commission Regulation (EC) No. 643/2009 with regard to ecodesign requirements for household refrigeration appliances and Commission Delegated Regulation (EU) No. 1060/2010 with regard to energy labelling of household refrigeration appliances.* FINAL REPORT.

Wehmann, K. & Schultz, K. (März 2024). *TREIBHAUSGAS-PROJEKTIONEN FÜR DEUTSCHLAND Treibhausgas-Projektionen 2024 – Ergebnisse kompakt.* https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/thg-projektionen_2024_ergebnisse_kompakt.pdf

Zimmermann, T., Hauschke, F., Memlink, R., Reitz, A., Pelke, N., John, R., Eberle, U. & Ninnemann, J. (Oktober 2021). *Die Ökologisierung des Onlinehandels: Neue Herausforderungen für die umweltpolitische Förderung eines nachhaltigen Konsums* (Texte 142/2021). https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_142-2021_die_oekologisierung_des_onlinehandels.pdf