Technischer Annex: Hintergrundinformationen zur Bewertung direkter und indirekter Maßnahmen

Im Rahmen des Projekts “Instrumente für die kommunale Klimaschutzarbeit” (IkKa)

Benjamin Gugel (Projektleitung), Fabian Bergk, Clemens Hecker, Laura Lütkes, Lena Schreiner, Eva Späte, Philipp Wachter

Heidelberg, März 2025 (Version 1)

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

ifeu Wilckensstraße 3 69120 Heidelberg Tel: +49 (0)6 221 47 67 - 0 E-Mail ifeu@ifeu.de www.ifeu.de

Klima-Bündnis Eschborner Landstraße 42-50 60489 Frankfurt a. M. Tel: +49 (0)69 71 71 39 - 0 E-Mail europe@climatealliance.org https://www.klimabuendnis.org

IE Leipzig Lessingstraße 2 04109 Leipzig Tel: +49 (0)341 22 47 62 0 E-Mail mail@ie-leipzig.com https://www.ie-leipzig.com

Inhalt

Inhalt **2**

1 Einführung **8**

Teil A: Direkte Maßnahmen **9**

2 Handlungsfelder und grundsätzliche Informationen **9**

2.1 Handlungsfelder und direkten Maßnahmen 9

2.2 Allgemeine Informationen zu den Berechnungen und Ergebnissen 10

2.2.1 Endenergie und Treibhausgasemissionen 10

2.2.2 Einsparungen im ersten Jahr 10

2.2.3 Graue Emissionen 11

2.2.4 Nutzungszeitraum 11

2.2.5 Bezeichnung der Faktoren und Werte 12

2.2.6 Ergebnisdarstellung 12

3 Zentrale Emissionsfaktoren **13**

3.1 Handlungsfeld Strom 13

3.2 Handlungsfeld Wärme 16

3.3 Handlungsfeld Mobilität 17

3.4 Handlungsfeld Abfall & (Ab-)Wasser 18

3.5 Handlungsfeld Ernährung und Landnutzung 18

3.6 Handlungsfeld Konsum 19

4 Daten zu grauen Emissionen **20**

4.1 Handlungsfeld Strom 20

4.2 Handlungsfeld Wärme 22

4.3 Handlungsfeld Mobilität 25

4.4 Handlungsfeld Ernährung & Landnutzung 25

4.5 Handlungsfeld Abfall & (Ab-)Wasser 26

4.6 Handlungsfeld Konsum 27

5 Empfehlungen Vorgehen Berechnungen **28**

5.1 Handlungsfeld Strom 28

5.2 Handlungsfeld Wärme 32

5.3 Handlungsfeld Mobilität 34

5.4 Handlungsfeld Ernährung & Landnutzung 37

5.5 Handlungsfeld Abfall & (Ab-)Wasser 39

5.6 Handlungsfeld Konsum 40

6 Typische Werte (Orientierungswerte) 41
6.1 Handlungsfeld Strom 41
6.2 Handlungsfeld Wärme 44
6.3 Handlungsfeld Mobilität 49
6.4 Handlungsfeld Ernährung & Landnutzung 51
6.5 Handlungsfeld Abfall & (Ab-)Wasser 51
6.6 Handlungsfeld Konsum 51

Teil B: Indirekte Maßnahmen 52

7 THG-Minderungsmöglichkeiten 52
7.1 Handlungsfeld Strom 52
7.2 Handlungsfeld Wärme 53
7.3 Handlungsfeld Mobilität 55
7.4 Handlungsfeld Ernährung & Landnutzung 56
7.5 Handlungsfeld Abfall & (Ab-)Wasser 57
7.6 Handlungsfeld Konsum 58

8 Einflussmöglichkeiten von Kommunen 59

Literaturverzeichnis 64

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Liste der direkten Maßnahmen (Stand 3/25)	9
Tabelle 2.2:	Wirkdauer bzw. Nutzungsjahre direkter Maßnahmen	11
Tabelle 3.1:	Emissionsfaktor Strom	13
Tabelle 3.2:	Emissionsfaktor Strom (Prognosen Zukunft)	13
Tabelle 3.3:	Emissionsfaktoren Strom Erzeugung aus KWK (exergetisch analog zu BISKO)	13
Tabelle 3.4:	Bruttovermeidungsfaktor Photovoltaik	14
Tabelle 3.5:	Bruttovermeidungsfaktor PV Nutzungszeitraum (30 Jahre)	14
Tabelle 3.6:	Bruttovermeidungsfaktor Windkraft	14
Tabelle 3.7:	Bruttovermeidungsfaktor Windkraft Nutzungszeitraum (30 Jahre)	14
Tabelle 3.8:	Bruttovermeidungsfaktor Wasserkraft	14
Tabelle 3.9:	Bruttovermeidungsfaktor Wasserkraft Nutzungszeitraum (30 Jahre)	15
Tabelle 3.10:	Bruttovermeidungsfaktor Geothermie	15
Tabelle 3.11:	Bruttovermeidungsfaktor Geothermie Nutzungszeitraum (30 Jahre)	15
Tabelle 3.12:	Emissionsfaktor Ökostrombezug Klimainvest (pro Euro Invest (zusätzlich, z.B. für Bau von Neuanlagen))	15
Tabelle 3.13:	Emissionsfaktor Ökostrombezug Klimainvest (pro Euro) Invest (zusätzlich, z.B. für Bau von Neuanlagen) über 30 Jahre	15
Tabelle 3.14:	Emissionsfaktoren unterschiedlicher Energieträger	16
Tabelle 3.15:	Emissionsfaktoren Wärme Erzeugung aus KWK (exegetisch allokiert analog zu BISKO)	16
Tabelle 3.16:	Emissionsfaktoren Wärme Erzeugung aus KWK zukünftig (exergetisch allokiert analog zu BISKO)	16
Tabelle 3.17	Emissionsfaktoren für einen Kraftstoffmix fossiler Antriebe inkl. Biokraftstoffen und einem Antriebemix inkl. Strom und Biokraftstoffen, wtw (aktuell)	17
Tabelle 3.18:	Emissionsfaktoren für einen Kraftstoffmix fossiler Antriebe inkl. Biokraftstoffen und einem Antriebemix inkl. Strom und Biokraftstoffen, wtw (zukünftig)	17
Tabelle 3.19:	Besetzungsgrade verschiedener Wegezwecke	17
Tabelle 3.20:	Umrechnungsfaktoren verschiedener fossiler Antriebe von verbrauchten Litern in Energieverbrauch	17
Tabelle 3.21:	Mittlerer spez. Emissionsfaktoren für einen durchschnittlichen, gewerblichen- Flug und Durchschnittbürger in Deutschland für Start- und Landephase (LTO) und Flugphase (CCD), Ist-Werte für 2022	18
Tabelle 3.22:	Speicherung CO_2 durch Laub- und Nadelbäume verschiedener Altersklassen	18
Tabelle 3.23:	THG-Emissionen organischer Böden nach Nutzungsform (und nach Wiedervernässung)	19
Tabelle 3.24:	Speicherung CO_2 nach Aufforstung nach verschiedenen Altersklassen	19

Tabelle 3.25:	Speicherung CO_2 durch verschiedene Waldbewirtschaftungsformen	19
Tabelle 4.1:	Emissionsfaktor graue Energie PV (auf den Nutzungszeitraum hochgerechnet auf Basis des jährlichen Ertrages)	20
Tabelle 4.2:	Emissionsfaktor graue Energie Windkraft (auf den Nutzungszeitraum hochgerechnet auf Basis des jährlichen Ertrages)	20
Tabelle 4.3:	Emissionsfaktor graue Energie Wasserkraft (auf den Nutzungszeitraum hochgerechnet auf Basis des jährlichen Ertrages)	20
Tabelle 4.4:	Emissionsfaktor graue Energie Geothermie (auf den Nutzungszeitraum hochgerechnet auf Basis des jährlichen Ertrages)	20
Tabelle 4.5:	Emissionsfaktor graue Energie für eine KWK-Anlage (bezogen auf elektrische Leistung)	20
Tabelle 4.6:	Orientierungswerte für die grauen Emission bei der Straßenbeleuchtung	21
Tabelle 4.7:	Orientierungswerte für die grauen Emission bei der Bürobeleuchtung	21
Tabelle 4.8:	Orientierungswerte für die grauen Emission bei der Sporthallenbeleuchtung	21
Tabelle 4.9:	Orientierungswerte für die grauen Emission bei der Sportplatzbeleuchtung	21
Tabelle 4.10:	Graue Emissionen von technischen Geräten	21
Tabelle 4.11:	Orientierungswerte für nennleistungsspezifische graue Emissionen von Wärmeerzeugern	22
Tabelle 4.12:	Orientierungswerte für graue Emissionen bei der Sanierung von (kommunalen) Nichtwohngebäuden	22
Tabelle 4.13:	Orientierungswerte für Teilsanierungsäquivalente für grauen Emissionen bei (kommunalen) Nichtwohngebäuden	22
Tabelle 4.14:	Orientierungswerte für graue Emissionen beim Neubau von (kommunalen) Nichtwohngebäuden	23
Tabelle 4.15:	Orientierungswerte für graue Emissionen bei der Sanierung von Wohngebäuden	24
Tabelle 4.16:	Orientierungswerte für Teilsanierungsäquivalente für grauen Emissionen bei Wohngebäuden	24
Tabelle 4.17:	Orientierungswerte für graue Emissionen beim Neubau von Wohngebäuden	25
Tabelle 4.18:	Spez. Herstellungsemissionen für Batterien verschiedener Zellchemien in verschiedenen Herstellungsjahren in Abhängigkeit der Batteriegröße	25
Tabelle 4.19:	Spez. Herstellungsemissionen für Batterien verschiedener Zellchemien in verschiedenen Herstellungsjahren in Abhängigkeit der Batteriegröße zukünftig	25
Tabelle 4.20:	Orientierungswerte für eine Umstellung der Mensa auf vegetarisch - vegan	25
Tabelle 4.21:	Orientierungswerte für eine Umstellung der Mensa auf regional - saisonal	26
Tabelle 4.22:	Orientierungswerte für eine Reduktion von Lebensmittelverschwendung in Mensen	26
Tabelle 4.23:	Orientierungswerte für Emissionen aus der Restmüllerzeugung	26
Tabelle 4.24:	Orientierungswerte für Emissionen aus der Herstellung von Trinkwasser	26
Tabelle 4.25:	Orientierungswerte für Emissionen aus der Wasseraufbereitung	26
Tabelle 4.26:	Orientierungswerte für Emissionen aus der Herstellung von Papier	27
Tabelle 4.27:	Orientierungswerte für die Herstellung und Reparatur von Geräten	27
Tabelle 6.1:	Orientierungswerte für die Beleuchtungssituation Straßenbeleuchtung	41

Tabelle 6.2:	Orientierungswerte für die Beleuchtungssituation Bürobeleuchtung	41
Tabelle 6.3:	Orientierungswerte für die Beleuchtungssituation Sporthallenbeleuchtung	42
Tabelle 6.4:	Orientierungswerte für die Beleuchtungssituation Sportplatzbeleuchtung	42
Tabelle 6.5:	Mögliche Reduktionsraten Stromverbrauch durch Verhaltensänderung	42
Tabelle 6.6:	Mögliche Reduktionsraten Stromverbrauch private Haushalte durch Strom und/oder Verhaltensänderung (in jeweils anderer Kombination und Ambitionsniveau)	42
Tabelle 6.7:	Mögliche Reduktionsraten Stromverbrauch bei gering- und nicht-investiven Maßnahmen (Einzelmaßnahmen)	43
Tabelle 6.8:	Mögliche Reduktionsraten Stromverbrauch bei gering- und nicht-investiven Maßnahmen (übergreifend)	43
Tabelle 6.9:	Angenommene Stromverbräuche von Geräten im Bereich Gewerbe	43
Tabelle 6.10:	Angenommene Stromverbräuche von Geräten für private Haushalte	44
Tabelle 6.11:	Orientierungswerte für Anlagenaufwandszahlen bei Nichtwohngebäuden	44
Tabelle 6.12:	Typische Werte für die Nettogrundfläche von kommunalen Nichtwohngebäuden	45
Tabelle 6.13:	Typische Werte für die Vollbenutzungsstunden der Heizung von kommunalen Nichtwohngebäuden	45
Tabelle 6.14:	Werte für die Erzeugernutzwärmeabgabe (Heizung + Warmwasser) von kommunalen Nichtwohngebäuden	45
Tabelle 6.15:	Orientierungswerte für Teilsanierungsäquivalente bei Nichtwohngebäuden	46
Tabelle 6.16:	Orientierungswerte für Anlagenaufwandszahlen bei Wohngebäuden	46
Tabelle 6.17:	Typische Werte für die Wohnflächen	47
Tabelle 6.18:	Typische Werte für die Vollbenutzungsstunden der Heizung von Wohngebäuden	47
Tabelle 6.19:	Werte für die Erzeugernutzwärmeabgabe (Heizung + Warmwasser) von Wohngebäuden	48
Tabelle 6.20:	Orientierungswerte für Teilsanierungsäquivalente bei Wohngebäuden	48
Tabelle 6.21:	Mögliche Reduktionsraten Wärmeverbrauch bei gering- und nicht-investiven Maßnahmen (übergreifend)	49
Tabelle 6.22:	Mögliche Reduktionsraten Wärmeverbrauch durch Verhaltensänderung	49
Tabelle 6.23:	Verkehrliche Orientierungswerte für einen Kompaktklasse-Pkw mit Nutzungsmuster einer kommunalen Verwaltung	49
Tabelle 6.24:	Orientierungswerte des spez. Verbrauchs und der Brutto-Größe einer Batterie eines Kompaktklassewagens	49
Tabelle 6.25:	Orientierungswerte für einen neuen 12-m-Solobus mit Diesel oder als Depotlader mit Strom im Linienbetrieb	50
Tabelle 6.26:	Spez. Verbrauch eines 12m Solobusses mit Diesel oder als Depotlader mit Strom im Linienbetrieb und typischer Batteriegröße	50
Tabelle 6.27:	Orientierungswerte für die Vermeidung und Verlagerung von Pendelwegen	50
Tabelle 6.28:	Orientierungswerte für Vermeidung und Verlagerung von Dienstwegen und -reisen mit Pkw und Flugzeug	51
Tabelle 6.29:	Anteil Fleischgerichte in Mensen	51
Tabelle 7.1:	Zielindikator 2035 erneuerbare Stromerzeugung durch kleine dezentrale Anlagen	52

Tabelle 7.2:	Zielindikatoren 2035 Erneuerbare Stromerzeugung in der Fläche	52
Tabelle 7.3:	Zielindikator 2035 Stromeinsparung durch Haushalte	52
Tabelle 7.4:	Zielindikator 2035 Stromeinsparung im Gewerbesektor	53
Tabelle 7.5:	Zielindikator 2035 Stromeinsparung in der Industrie	53
Tabelle 7.6:	Zielindikator 2045* Wärmequellenerschließung für Wärmenetze	53
Tabelle 7.7:	Zielindikator 2035 Erweiterung und Verdichtung der Wärmenetze	53
Tabelle 7.8:	Zielindikator 2035 Verhaltensänderung beim Wärmeverbrauch in Haushalten	53
Tabelle 7.9:	Zielindikator 2045 Dezentraler Heizungstausch in Haushalten	54
Tabelle 7.10:	Zielindikator 2035 Sanierung Wohngebäude	54
Tabelle 7.11:	Zielindikator 2035 Dezentraler Heizungstausch im Gewerbe	54
Tabelle 7.12:	Zielindikator 2035 Effiziente Wärmenutzung im Gewerbe	54
Tabelle 7.13:	Zielindikator 2035 Effiziente Prozesswärme im Industriesektor	54
Tabelle 7.14:	Zielindikator 2035 Neubau Wohngebäude	54
Tabelle 7.15:	Zielindikator 2035 Neubau Gewerbe/Industrie	55
Tabelle 7.16:	Zielindikatoren für Antriebswende – Motorisierter Individualverkehr	55
Tabelle 7.17:	Zielindikatoren für Antriebswende – Bus	55
Tabelle 7.18:	Zielindikatoren für Antriebswende – Güterverkehr	55
Tabelle 7.19:	Zielindikatoren für Mobilitätswende – Nahmobilität	56
Tabelle 7.20:	Zielindikatoren für Mobilitätswende – Regionale Mobilität	56
Tabelle 7.21:	Zielindikatoren für Mobilitätswende – Güterverkehr	56
Tabelle 7.22:	Zielindikator 2035 Ernährung & Lebensmittel	56
Tabelle 7.23:	Zielindikator 2035 Wiedervernässung organischer Böden	56
Tabelle 7.24:	Zielindikator 2035 Aufforstung & nachhaltige Bewirtschaftung von Wäldern	57
Tabelle 7.25:	Zielindikator 2035 Abfallreduktion & Anlageneffizienz	57
Tabelle 7.26:	Zielindikator 2035 Wasser-/Abwasserreduktion & Anlageneffizienz	57
Tabelle 7.27:	Zielindikator 2035 Klimafreundlicheres Konsumverhalten der Bevölkerung	58
Tabelle 8.1:	Einflussmöglichkeiten von Kommunen in den Instrumenten im Handlungsfeld Übergreifende Klimaschutzaspekte	59
Tabelle 8.2:	Einflussmöglichkeiten von Kommunen in den Instrumenten im Handlungsfeld Strom	59
Tabelle 8.3:	Einflussmöglichkeiten von Kommunen in den Instrumenten im Handlungsfeld Wärme	60
Tabelle 8.4:	Einflussmöglichkeiten von Kommunen in den Instrumenten im Handlungsfeld Mobilität	61
Tabelle 8.5:	Einflussmöglichkeiten von Kommunen in den Instrumenten im Handlungsfeld Ernährung & Landnutzung	62
Tabelle 8.6:	Einflussmöglichkeiten von Kommunen in den Instrumenten im Handlungsfeld Abfall & (Ab-)Wasser	62
Tabelle 8.7:	Einflussmöglichkeiten von Kommunen in den Instrumenten im Handlungsfeld Konsum	62
Tabelle 8.8:	Einflussmöglichkeiten von Kommunen in den Instrumenten im Handlungsfeld Verwaltung	63

1 Einführung

Der vorliegende Bericht stellt vielerlei Hintergrundinformationen zur IkKa-Methodik (vgl. Lang- und Kurzbericht unter https://www.ifeu.de/projekt/nki-instrumente-fuer-die-kommunale-klimaschutzarbeit-ikka-bewerten-und-planen-kommunaler-massnahmen-im-klimaschutz bereit. Die bereitgestellten Daten bilden auch die Grundlage für die Software Maßnahmen-Planer (www.massnahmen-planer.de). Der technische Annex soll gegenüber der Software Transparenz schaffen und ermöglichen, die Berechnungen nachzuvollziehen bzw. auch eigenständig zu rechnen.

In Teil A werden Informationen zur Berechnung der THG-Minderungen von direkten Maßnahmen bereitgestellt. Hier finden Sie die verschiedenen Berechnungsgrundlagen von Stand März 2025. In Kapitel 3 und Kapitel 4 finden Sie zusammengefasst die zentralen THG-Emissionsfaktoren und Werte zu den grauen THG-Emissionen. In Kapitel 5 wird erläutert, wie die THG-Minderungen für verschiedene direkte Maßnahmen nach IkKa-Methodik ermittelt werden können, während in Kapitel 6 noch typische Werte, welche für die Berechnung bei fehlenden Informationen hilfreich sein können, bereitgestellt werden.

In Teil B werden verschiedene Aspekte zur Bewertung indirekter Maßnahmen vorgestellt. In Kapitel 7 finden Sie die Zielindikatoren der 31 IkKa-Strategien für das Jahr 2035. Diese dienen als Berechnungsgrundlage der THG-Minderungsmöglichkeiten (welche wiederum für die Priorisierung von indirekten Maßnahmen nötig sind). Im Kapitel 8 werden die im IkKa-Projekt ermittelten kommunalen Einflussmöglichkeiten für verschiedene Kommunentypen in den 31 Strategien dargestellt. Die Rahmenbedingungen für Kommunen können sich im Klimaschutz stetig ändern (insbesondere durch Landesgesetzgebungen). Die hier dargestellten Einflussmöglichkeiten spiegeln den Stand von Dezember 2024 wider.

Die Informationen der Teile A und B sollen regelmäßig aktualisiert werden. Falls Sie Unstimmigkeiten, Verbesserungsvorschläge, neuere/bessere Quellen oder Ergänzungswünsche haben, melden Sie sich bei den Autor*innen.

Teil A: Direkte Maßnahmen

2 Handlungsfelder und grundsätzliche Informationen

2.1 Handlungsfelder und direkten Maßnahmen

Für folgende direkte Maßnahmen werden Berechnungsgrundlagen aufgeführt. Fehlen aus Ihrer Sicht noch direkte Maßnahmen bzw. die Berechnungsgrundlagen, melden Sie sich beim ifeu-Team.

Tabelle 2.1: Liste der direkten Maßnahmen (Stand 3/25)

Handlungsfeld	Direkte Maßnahme
Strom	Stromerzeugung – Photovoltaik
	Stromerzeugung – Windkraft
	Stromerzeugung – Wasserkraft
	Stromerzeugung – Geothermie
	Stromerzeugung Heizkraftwerke (inkl. KWK)
	Strombezug – Ökostrom
	Stromverbrauch – Umstellung Straßenbeleuchtung
	Stromverbrauch – Umstellung Beleuchtung (Büro)
	Stromverbrauch – Umstellung Beleuchtung (Sporthallen)
	Stromverbrauch – Umstellung Beleuchtung (Sportplätze)
	Stromverbrauch – Verhaltensänderungen Gewerbe/Verwaltung
	Stromverbrauch – Effizienz und Verhaltensmaßnahmen private Haushalte
	Stromverbrauch – Gering– und nicht–investive Maßnahmen Einzelmaßnahmen)
	Stromverbrauch – Gering– und nicht–investive Maßnahmen (alle Bereiche)
	Stromverbrauch – Effiziente Geräte für Information, Kommunikation, Technik Gewerbe
	Stromverbrauch – Effiziente Geräte für Information, Kommunikation, Technik Haushalte
Wärme	Klimafreundliche Wärmeerzeugung (dezentral) Gewerbe/Verwaltung
	Klimafreundliche Wärmeerzeugung (dezentral) Haushalte
	Klimafreundliche Wärmeerzeugung (dezentral–zentral) Gewerbe/Verwaltung
	Klimafreundliche Wärmeerzeugung (dezentral–zentral) Haushalte
	Wärmeverbrauch – Verhaltensänderungen Gewerbe
	Wärmeverbrauch – Verhaltensänderungen private Haushalte
	Wärmeverbrauch – Gering– und nicht investive Maßnahmen Gewerbe/Verwaltung
	Wärmeverbrauch – Gering– und nicht investive Maßnahmen private Haushalte
	Gebäude – Sanierung & Heizungstausch eines Verwaltungsgebäudes
	Gebäude – Sanierung & Heizungstausch eines Schulgebäudes
	Gebäude – Sanierung & Heizungstausch einer Kita
	Gebäude – Sanierung & Heizungstausch einer Turnhalle
	Gebäude – Neubau eines Verwaltungsgebäudes
	Gebäude – Neubau eines Schulgebäudes

Handlungsfeld	Direkte Maßnahme
	Gebäude – Neubau einer Kita
	Gebäude – Neubau einer Turnhalle
	Gebäude – Sanierung & Heizungstausch eines Einzelhauses
	Gebäude – Sanierung & Heizungstausch eines Reihenhauses
	Gebäude – Sanierung & Heizungstausch eines Mehrfamilienhauses
	Gebäude – Sanierung & Heizungstausch eines Groß–Mehrfamilienhauses
	Gebäude – Neubau eines Einzelhauses
	Gebäude – Neubau eines Reihenhauses
	Gebäude – Neubau eines Mehrfamilienhauses
	Gebäude – Neubau eines Groß–Mehrfamilienhauses
Mobilität	Pkw – Antriebswechsel
	Bus – Antriebswechsel
	Pendelwege – Vermeidung/Verlagerung
	Dienstwege und –reisen Vermeidung/Verlagerung
Ernährung & Landnutzung	Ernährung – Umstellung einer Mensa auf ein nachhaltiges Angebot
	Grünflächen – Baumpflanzung
	Landnutzung – Wiedervernässung organischer Böden
	Landnutzung – Aufforstung Freiflächen
	Landnutzung– Nachhaltige Waldbewirtschaftung
Abfall & (Ab-)Wasser	Restmüll – Vermeidung
	Trinkwasserbezug
	Wasserverbrauch – Vermeidung
Konsum	Papiernutzung – Recyclingpapier

2.2 Allgemeine Informationen zu den Berechnungen und Ergebnissen

2.2.1 Endenergie und Treibhausgasemissionen

Als Ergebnisse der Berechnungen der Maßnahmen werden grundsätzlich die eingesparten Treibhausgasemissionen ausgegeben (vgl. IkKa-Methodikberichte[1]). Bei Maßnahmen in den Handlungsfeldern Strom, Gebäude und Mobilität wird teilweise zusätzlich die eingesparte Endenergie berechnet.

2.2.2 Einsparungen im ersten Jahr

Die Berechnungen bei IkKa werden zunächst immer für ein Jahr dargestellt, und zwar das Folgebilanzjahr. Für sich jährlich ändernde Werte, wie beispielsweise der Emissionsfaktor für den Bundesstrommix, kann damit der passende Wert eingesetzt werden (vgl. Kapitel 3). Die jährlichen Einsparungen einer Maßnahme berechnen sich über die Differenz der jährlichen Emissionen der Klimaschutz-Variante gegenüber denen der Referenzvariante.

[1] Zu finden unter https://www.ifeu.de/projekt/nki-instrumente-fuer-die-kommunale-klimaschutzarbeit-ikka-bewerten-und-planen-kommunaler-massnahmen-im-klimaschutz

2.2.3 Graue Emissionen

Für die Klimaschutzmaßnahmen werden zusätzlich zu den jährlichen Emissionen (Betrieb) separat auch die Emissionen der Vorkette berechnet. Somit werden die Emissionen aus der Herstellung berücksichtigt und als „Graue Emissionen“ ausgegeben (vgl. Kapitel 4).

Unter graue Emissionen fallen die Emissionen (Treibhausgase) die während der Herstellung und des Transports entstehen. Bei den grauen Emissionen handelt es sich somit um einmalige Emissionen.

2.2.4 Nutzungszeitraum

Aus den grauen (einmaligen) Emissionen und den jährlichen Einsparungen, kann mithilfe des Nutzungszeitraums die Einsparung über die gesamte Wirkdauer der Maßnahme berechnet werden. Der Nutzungszeitraum unterscheidet sich je nach Maßnahme. Langfristige Investitionen (beispielsweise Renovierungen an Gebäuden) haben einen höheren Nutzungszeitraum (ca. 20 Jahre), für längerfristige Anschaffungen beträgt die Nutzungsdauer mehrere Jahre. Maßnahmen hingegen, die eine Verhaltensänderung betreffen, werden in diesem Projekt nur für ein Jahr berechnet, da die Wirkdauer hier sehr unterschiedlich sein kann und bisher wenig erforscht ist.

Die Berechnung der (i.d.R. eingesparten) Emissionen über den Nutzungszeitraum erfolgt bei allen Maßnahmen nach dem gleichen Prinzip und wird deshalb nicht separat aufgeführt (vgl. Kapitel 5 zu Empfehlungen zum Vorgehen bei den Berechnungen):

Die Emissionen im Nutzungszeitraum berechnen sich durch Subtraktion der einmaligen auftretenden grauen Emissionen von den kumulierten jährlichen Einsparungen. Die kumulierten jährlichen Einsparungen berechnen sich wiederum aus der mittleren jährlichen Einsparung und der Wirkdauer bzw. den Nutzungsjahren der Maßnahme (vgl. Tabelle 2.2). In einigen Fällen variieren die jährlichen Einsparungen aufgrund von Änderungen bei den Emissionen der verwendeten Energieträger. Bei strombasierten Anwendungen sinken bspw. die jährlichen Emissionen durch die Dekarbonisierung des Stromsektors. In diesen Fällen können die mittleren jährlichen Einsparungen mit über den Nutzungszeiträumen der Maßnahmen gemittelten Emissionsfaktoren berechnet werden.

Tabelle 2.2: Wirkdauer bzw. Nutzungsjahre direkter Maßnahmen

Direkte Maßnahme	Typischer Nutzungszeitraum
Verhaltensänderung	1 Jahr
Informations- und Kommunikationstechnik	3 Jahre
Antriebswechsel bei Neuanschaffung eines Kompaktklasse-Pkw der komm. Verwaltung	10 Jahre
Antriebswechsel bei Neuanschaffung eines Busses (12-m-Solobus, Linienbetrieb) der komm. Verwaltung	12 Jahre
Wärmeerzeuger	15 Jahre
Gebäudesanierung allgemein	20 Jahre
Beleuchtung	20 Jahre
PV-Anlagen	30 Jahre
Neubau	50 Jahre

2.2.5 Bezeichnung der Faktoren und Werte

Die hier vorgeschlagenen Faktoren und Werte zur Berechnung der THG-Einsparungen sind für erste überschlägige Berechnungen zum Vergleich von verschiedenen Varianten gedacht. Aus diesem Grund wird in diesem Projekt mit Orientierungs- und Durchschnittswerten gearbeitet. Jede Maßnahme kann (und sollte bei Bedarf) spezifischer und mit eigenen Daten berechnet werden.

In vielen Fällen sind auch eigene Eingaben erforderlich. Um auch hier eine Abschätzung zu ermöglichen für den Fall, dass in der Kommune keine Werte vorliegen, werden Werte zur Verfügung gestellt, die in diesem Bericht als „typische Werte“ /Orientierungswerte bezeichnet werden und mit denen grob eine Einsparung abgeschätzt werden kann (vgl. Kapitel 6).

2.2.6 Ergebnisdarstellung

Die Einsparungen basieren immer auf einer Klimaschutzvariante gegenüber einer Referenzvariante (entweder Status quo oder transparent dargestellte Annahme). Aus deren Differenz ergeben sich die Einsparungen.

Zusätzlich wird zwischen Emissionen unterschieden, die in der eigenen BISKO-Bilanz wiederzufinden sind, und Emissionen, die nicht in der eigenen Bilanz dargestellt werden (z.B. nichtenergetische Emissionen oder verursachte Emissionen, die außerhalb der Kommunengrenze liegen). Hinweise, was in BISKO einfließt und gegen welche Referenzmaßnahme gerechnet werden soll, findet sich in Kapitel 5.

3 Zentrale Emissionsfaktoren

3.1 Handlungsfeld Strom

Bundesstrommix

Tabelle 3.1: Emissionsfaktor Strom

Zeitraum	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
2022	505	g CO_2eq/kWh	(Dünnebeil et al. 2024b)

Tabelle 3.2: Emissionsfaktor Strom (Prognosen Zukunft)[2]

Energieträger	Emissionsfaktor					Einheit	Quelle
	2025	2030	2035	2040	2045		
Strom	371	170	108	81	10	g CO_2eq/kWh	ifeu Strommaster auf Basis von Projektionsbericht 2024 (Wehenamann und Schultz 2024)

Stromemissionsfaktoren Erzeugung aus KWK

Tabelle 3.3: Emissionsfaktoren Strom Erzeugung aus KWK (exergetisch analog zu BISKO)

Zeitraum	Energieträger	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
2022	Abfall KWK	330	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Abfall KWK modern	330	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Abfall	500	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Abfall modern	450	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Biomasse	90	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Biomasse KWK	69	g CO_2eq/kWh	(Lauf et al. 2025)
2022	Biogas und Biomethan	334	g CO_2eq/kWh	(Lauf et al. 2025)
2022	Biomethan	293	g CO_2eq/kWh	(Lauf et al. 2025)
2022	Flüssige Biomasse	544	g CO_2eq/kWh	(Lauf et al. 2025)
2022	Klärgas	110	g CO_2eq/kWh	(Lauf et al. 2025)
2022	Deponiegas	143	g CO_2eq/kWh	(Lauf et al. 2025)
2022	Steinkohle KWK	1.000	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Steinkohle KWK modern	800	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen

[2] Für die zukünftige Entwicklung der Stromerzeugung in Deutschland liegen verschiedene Prognosen vor (u.a. Langfristszenarien, Agora). In den Zielszenarien werden THG-Minderungen in der Stromerzeugung z. T. deutlich früher erreicht. Der Projektionsbericht wird jedoch hier herangezogen, weil er aktuelle Entwicklungen und politischen Rahmenbedingungen im Blick hat und jährlich aktualisiert wird. Entsprechend können auch die Prognosen jährlich aktualisiert werden.

Zeitraum	Energieträger	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
2022	Steinkohle	1.200	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Steinkohle modern	900	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Erdgas KWK	700	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Erdgas KWK modern	550	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Erdgas	800	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Erdgas modern	700	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Erdgas BHKW	650	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen

Vermeidungsfaktoren

Tabelle 3.4: Bruttovermeidungsfaktor Photovoltaik

Zeitraum	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
2023	746	g CO_2eq/kWh	(Lauf et al. 2025)

Tabelle 3.5: Bruttovermeidungsfaktor PV Nutzungszeitraum (30 Jahre)

Zeitraum	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
Nutzungszeitraum	535	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen auf Basis von (Lauf et al. 2025)

Tabelle 3.6: Bruttovermeidungsfaktor Windkraft

Zeitraum	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
2023	776	g CO_2eq/kWh	(Lauf et al. 2025)

Tabelle 3.7: Bruttovermeidungsfaktor Windkraft Nutzungszeitraum (30 Jahre)

Zeitraum	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
Nutzungszeitraum	561	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen auf Basis von (Lauf et al. 2025)

Tabelle 3.8: Bruttovermeidungsfaktor Wasserkraft

Zeitraum	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
2023	812	g CO_2eq/kWh	(Lauf et al. 2025)

Tabelle 3.9: Bruttovermeidungsfaktor Wasserkraft Nutzungszeitraum (30 Jahre)

Zeitraum	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
Nutzungszeitraum	587	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen auf Basis von (Lauf et al. 2025)

Tabelle 3.10: Bruttovermeidungsfaktor Geothermie

Zeitraum	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
2023	816	g CO_2eq/kWh	(Lauf et al. 2025)

Tabelle 3.11: Bruttovermeidungsfaktor Geothermie Nutzungszeitraum (30 Jahre)

Zeitraum	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
Nutzungszeitraum	590	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen auf Basis von (Lauf et al. 2025)

Vermeidung durch Ökostrom mit zusätzlichem Klimainvest

Tabelle 3.12: Emissionsfaktor Ökostrombezug Klimainvest (pro Euro Invest (zusätzlich, z.B. für Bau von Neuanlagen))

Zeitraum	THG-Einsparfaktor	Einheit	Quelle
2023	0,00036	Tonnen g CO_2eq/(Euro·a)	Eigene Berechnungen

Tabelle 3.13: Emissionsfaktor Ökostrombezug Klimainvest (pro Euro) Invest (zusätzlich, z.B. für Bau von Neuanlagen) über 30 Jahre

Zeitraum	THG-Einsparfaktor	Einheit	Quelle
Nutzungszeitraum	0,00660	Tonnen CO_2eq/Euro (Nutzungszeitraum)	Eigene Berechnungen

3.2 Handlungsfeld Wärme

Tabelle 3.14: Emissionsfaktoren unterschiedlicher Energieträger

Zeitraum	Energieträger	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
2022	Heizöl	313	g CO_2eq/kWh	(Dünnebeil et al. 2024b)
2022	Erdgas	257	g CO_2eq/kWh	(Dünnebeil et al. 2024b)
2022	Braunkohle	445	g CO_2eq/kWh	(Dünnebeil et al. 2024b)
2022	Steinkohle	433	g CO_2eq/kWh	(Dünnebeil et al. 2024b)
2022	Holz	22	g CO_2eq/kWh	(Dünnebeil et al. 2024b)
2022	Solarwärme	23	g CO_2eq/kWh	(Dünnebeil et al. 2024b)

Wärmeemissionsfaktoren Erzeugung

Tabelle 3.15: Emissionsfaktoren Wärme Erzeugung aus KWK (exegetisch allokiert analog zu BISKO)

Zeitraum	Energieträger	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
2022	Fernwärme Mittelwert	260	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Abfall KWK	140	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Abfall KWK modern	120	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Biomasse KWK	30	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Biogas und Biomethan	120	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Biomethan	110	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Flüssige Biomasse	300	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Klärgas	80	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Deponiegas	40	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Steinkohle KWK	280	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Steinkohle KWK modern	240	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Erdgas KWK	180	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Erdgas KWK modern	130	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
2022	Erdgas BHKW	180	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen

Tabelle 3.16: Emissionsfaktoren Wärme Erzeugung aus KWK zukünftig (exergetisch allokiert analog zu BISKO)

Energieträger	Emissionsfaktor					Einheit	Quelle
	2025	2030	2035	2040	2045		
Fernwärme – mittel	232	188	143	99	54	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
Fernwärme – GuD	109	89	69	50	30	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
Fernwärme – Kohle	264	214	163	112	61	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
Fernwärme – Abfall	123	101	78	55	33	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
Fernwärme – sonst. EE	52	43	35	27	18	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen
Fernwärme – Biomasse	30	26	22	18	14	g CO_2eq/kWh	Eigene Berechnungen

3.3 Handlungsfeld Mobilität

Die Emissionsfaktoren umfassen gemäß BISKO (Dünnebeil et al. 2024a) die Treibhausgase CO_2, CH4 und N_2O. Die spezifischen Emissionen beziehen sich auf die Nutzung inklusive energetischer Vorketten (well-to-wheel, wtw) und den Endenergieverbrauch.

Tabelle 3.17 Emissionsfaktoren für einen Kraftstoffmix fossiler Antriebe inkl. Biokraftstoffen und einem Antriebemix inkl. Strom und Biokraftstoffen, wtw (aktuell)

Zeitraum	Typ	Antrieb	Wert	Einheit	Quelle
2022	Kraftstoffmix	Fossil, inkl. Bio	0,338	t CO_2eq/MWh	TREMOD 6.53
2022	Antriebsmix	Alle, inkl. Bio	0,339	t CO_2eq/MWh	TREMOD 6.53
2022	EEV-Anteil an Antriebsmix	Strom	0,5	%	TREMOD 6.53

Tabelle 3.18: Emissionsfaktoren für einen Kraftstoffmix fossiler Antriebe inkl. Biokraftstoffen und einem Antriebemix inkl. Strom und Biokraftstoffen, wtw (zukünftig)

Typ	Antrieb	2022	2025	2030	2035	2040	2045	Einheit	Quelle
Kraftstoffmix	Fossil, inkl. Bio	0,338	0,333	0,326	0,326	0,326	0,326	t CO_2eq/MWh	TREMOD 6.53
Antriebsmix	Alle, inkl. Bio	0,339	0,334	0,313	0,279	0,223	0,170	t CO_2eq/MWh	TREMOD 6.53
EEV-Anteil an Antriebsmix	Strom	0,5	1,8	8,4	21,5	41,4	62,2	%	TREMOD 6.53

Tabelle 3.19: Besetzungsgrade verschiedener Wegezwecke

Zeitraum	Typ	Art	Wert	Einheit	Quelle
2022	Besetzungsgrad	Pendelwege	1,08		(Nobis und Kuhnimhof 2018)
2022	Besetzungsgrad	Dienstwege	1,02		(Nobis und Kuhnimhof 2018)

Tabelle 3.20: Umrechnungsfaktoren verschiedener fossiler Antriebe von verbrauchten Litern in Energieverbrauch

Zeitraum	Typ	Antrieb	Wert	Einheit	Quelle
2022	Umrechnung Verbrauch	Diesel	35,872	MJ/l	(AGEB 2022)
2022	Umrechnung Verbrauch	Benzin	32,440	MJ/l	(AGEB 2022)
2022	Umrechnung Verbrauch	Mix Benzin, Diesel	34,156	MJ/l	(AGEB 2022)

Tabelle 3.21: Mittlerer spez. Emissionsfaktoren für einen durchschnittlichen, gewerblichen- Flug und Durchschnittbürger in Deutschland für Start- und Landephase (LTO) und Flugphase (CCD), Ist-Werte für 2022

Typ	<= 500 km	<= 1.000 km	<= 2.000 km	<= 5.000 km	<= 10.000 km	> 10.000 km	Einheit	Quelle
National CCD	256	237	-	-	-	-	g CO_2eq/Pkm	Eigene Berechnung basierend auf TREMOD AV mit GWP100 Pulse, ifeu 2025
National LTO	27.055	23.515	-	-	-	-	g CO_2eq/Start/Person	
International CCD	238	203	164	163	213	230	g CO_2eq/Pkm	
International LTO	26.753	21.693	18.951	19.224	28.505	29.481	g CO_2eq/Start/Person	

3.4 Handlungsfeld Abfall & (Ab-)Wasser

THG-Emissionsfaktoren zu diesem Handlungsfeld finden sich unter graue Emissionen (Kapitel 4).

3.5 Handlungsfeld Ernährung und Landnutzung

THG-Emissionsfaktoren zu Ernährung finden sich unter graue Emissionen (Kapitel 4).

Tabelle 3.22: Speicherung CO_2 durch Laub- und Nadelbäume verschiedener Altersklassen

Zeitraum	Baumart und Alter	CO_2-Absorption	Einheit	Quelle
2022	Nadelbäume 1-20	0,5	kg CO_2/(Baum·a)	(Roman und Scatena 2011; Rock et al. 2016)
2022	Nadelbäume 21-40	6	kg CO_2/(Baum·a)	(Roman und Scatena 2011; Rock et al. 2016)
2022	Nadelbäume 41-60	11,3	kg CO_2/(Baum·a)	(Roman und Scatena 2011; Rock et al. 2016)
2022	Nadelbäume 61-80	14,1	kg CO_2/(Baum·a)	(Roman und Scatena 2011; Rock et al. 2016)
2022	Nadelbäume 81-100	14,1	kg CO_2/(Baum·a)	(Roman und Scatena 2011; Rock et al. 2016)
2022	Nadelbäume 101-120	14,1	kg CO_2/(Baum·a)	(Roman und Scatena 2011; Rock et al. 2016)
2022	Laubbäume 1-20	0,5	kg CO_2/(Baum·a)	(Roman und Scatena 2011; Rock et al. 2016)
2022	Laubbäume 21-40	5	kg CO_2/(Baum·a)	(Roman und Scatena 2011; Rock et al. 2016)
2022	Laubbäume 41-60	9,8	kg CO_2/(Baum·a)	(Roman und Scatena 2011; Rock et al. 2016)
2022	Laubbäume 61-80	13,3	kg CO_2/(Baum·a)	(Roman und Scatena 2011; Rock et al. 2016)
2022	Laubbäume 81-100	17,1	kg CO_2/(Baum·a)	(Roman und Scatena 2011; Rock et al. 2016)
2022	Laubbäume 101-120	22,3	kg CO_2/(Baum·a)	(Roman und Scatena 2011; Rock et al. 2016)

Tabelle 3.23: THG-Emissionen organischer Böden nach Nutzungsform (und nach Wiedervernässung)

Zeitraum	(Vergangene) Nutzung organischer Böden	CO_2-Emissionen	Einheit	Quelle
2022	Emissionen trockengelegte Ackerfläche	40,4	t CO_2eq/(ha·a)	(Abel et al. 2019; DEHSt 2023)
2022	Emissionen trockengelegte Grünfläche	31,7	t CO_2eq/(ha·a)	(Abel et al. 2019; DEHSt 2023)
2022	Emissionen trockengelegte Waldfläche	26,6	t CO_2eq/(ha·a)	(Abel et al. 2019; DEHSt 2023)
2022	Emissionen trockengelegte Brachfläche	22,5	t CO_2eq/(ha·a)	(Abel et al. 2019; DEHSt 2023)
2022	Emissionen trockengelegte Torfabbaufläche	110,1	t CO_2eq/(ha·a)	(Abel et al. 2019; DEHSt 2023)
2022	Emissionen wiedervernässter Ackerfläche	26	t CO_2eq/(ha·a)	(Abel et al. 2019; DEHSt 2023)
2022	Emissionen wiedervernässter Grünfläche	8	t CO_2eq/(ha·a)	(Abel et al. 2019; DEHSt 2023)
2022	Emissionen wiedervernässter Waldfläche	17	t CO_2eq/(ha·a)	(Abel et al. 2019; DEHSt 2023)
2022	Emissionen wiedervernässter Brachfläche	104,6	t CO_2eq/(ha·a)	(Abel et al. 2019; DEHSt 2023)
2022	Emissionen wiedervernässter Torfabbaufläche	17	t CO_2eq/(ha·a)	(Abel et al. 2019; DEHSt 2023)

Tabelle 3.24: Speicherung CO_2 nach Aufforstung nach verschiedenen Altersklassen

Zeitraum	Altersklasse Wald	CO_2-Absorption	Einheit	Quelle
2022	Wald 1-20 Jahre	-1,2	CO_2/(ha·a)	(Günther et al. 2023; Riedel et al. 2017, 2024)
2022	Wald 21-40 Jahre	-5,8	CO_2/(ha·a)	(Günther et al. 2023; Riedel et al. 2017, 2024)
2022	Wald 41-60 Jahre	-5,0	CO_2/(ha·a)	(Günther et al. 2023; Riedel et al. 2017, 2024)
2022	Wald 61-80 Jahre	-4,5	CO_2/(ha·a)	(Günther et al. 2023; Riedel et al. 2017, 2024)
2022	Wald 81-100 Jahre	-3,8	CO_2/(ha·a)	(Günther et al. 2023; Riedel et al. 2017, 2024)
2022	Wald 101-120 Jahre	-3,6	CO_2/(ha·a)	(Günther et al. 2023; Riedel et al. 2017, 2024)

Tabelle 3.25: Speicherung CO_2 durch verschiedene Waldbewirtschaftungsformen

Zeitraum	Bewirtschaftungsart	CO_2-Absorption	Einheit	Quelle
2022	Konventionelle Waldbewirtschaftung (Durchschnitt)	-3,3	CO_2/(ha·a)	(Günther et al. 2023; Reise et al. 2022; Riedel et al. 2024)
2022	Naturnahe Waldbewirtschaftung (Durchschnitt)	-4,5	CO_2/(ha·a)	

3.6 Handlungsfeld Konsum

THG-Emissionsfaktoren zu diesem Handlungsfeld finden sich unter graue Emissionen (Kapitel 4).

4 Daten zu grauen Emissionen

4.1 Handlungsfeld Strom

Tabelle 4.1: Emissionsfaktor graue Energie PV (auf den Nutzungszeitraum hochgerechnet auf Basis des jährlichen Ertrages)

Zeitraum	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
2023	1,6965	t CO_2eq/(MWh·a)	Eigene Berechnungen auf Basis von (Lauf et al. 2025)

Tabelle 4.2: Emissionsfaktor graue Energie Windkraft (auf den Nutzungszeitraum hochgerechnet auf Basis des jährlichen Ertrages)

Zeitraum	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
2023	0,5422	t CO_2eq/(MWh·a)	Eigene Berechnungen auf Basis von (Lauf et al. 2025)

Tabelle 4.3: Emissionsfaktor graue Energie Wasserkraft (auf den Nutzungszeitraum hochgerechnet auf Basis des jährlichen Ertrages)

Zeitraum	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
2023	0,1212	t CO_2eq/(MWh·a)	Eigene Berechnungen auf Basis von (Lauf et al. 2025)

Tabelle 4.4: Emissionsfaktor graue Energie Geothermie (auf den Nutzungszeitraum hochgerechnet auf Basis des jährlichen Ertrages)

Zeitraum	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
2023	4,9946	t CO_2eq/(MWh·a)	Eigene Berechnungen auf Basis von (Lauf et al. 2025)

Tabelle 4.5: Emissionsfaktor graue Energie für eine KWK-Anlage (bezogen auf elektrische Leistung)

Zeitraum	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
2022	82,900	t CO_2eq/MW	Eigene Berechnungen auf Basis von (OEKOBAU.DAT 2021)

Tabelle 4.6: Orientierungswerte für die grauen Emission bei der Straßenbeleuchtung

Zeitraum	Leuchtentyp	Graue Emissionen	Einheit	Quelle
2022	Halogen-Metalldampflampe	0,19	t CO_2eq/Leuchte	(Abdul Hadi et al. 2013)
2022	Natriumdampflampe	0,19	t CO_2eq/Leuchte	In Anlehnung an (Abdul Hadi et al. 2013)
2022	LED	0,85	t CO_2eq/Leuchte	(Abdul Hadi et al. 2013)

Tabelle 4.7: Orientierungswerte für die grauen Emission bei der Bürobeleuchtung

Zeitraum	Leuchtentyp	Graue Emissionen	Einheit	Quelle
2022	LED	0,0024	t CO_2eq/Leuchte	(LEDVANCE GmbH o.J.)

Tabelle 4.8: Orientierungswerte für die grauen Emission bei der Sporthallenbeleuchtung

Zeitraum	Leuchtentyp	Graue Emissionen	Einheit	Quelle
2022	LED	0,032	t CO_2eq/Leuchte	(OEKOBAU.DAT 2021)

Tabelle 4.9: Orientierungswerte für die grauen Emission bei der Sportplatzbeleuchtung

Zeitraum	Leuchtentyp	Graue Emissionen	Einheit	Quelle
2022	LED	0,85	t CO_2eq/Leuchte	In Anlehnung an (Abdul Hadi et al. 2013)

Tabelle 4.10: Graue Emissionen von technischen Geräten

Zeitraum	Gerät	Graue Emissionen	Einheit	Quelle
2022	Drucker	0,0611	t CO_2eq/Gerät	(CO2-Rechner des Umweltbundesamtes 2022; Gröger 2020)
2022	PC	0,292	t CO_2eq/Gerät	
2022	Monitor	0,088	t CO_2eq/Gerät	
2022	Kopierer	0,75	t CO_2eq/Gerät	
2022	Laptop	0,242	t CO_2eq/Gerät	

4.2 Handlungsfeld Wärme

Tabelle 4.11: Orientierungswerte für nennleistungsspezifische graue Emissionen von Wärmeerzeugern

Zeitraum	Wärmeerzeuger	Graue Emissionen	Einheit	Quelle
2022	Gas/Öl-Heizung	16	kg CO_2eq/kW	Eigene Berechnungen (auf Basis von (OEKOBAU.DAT 2021))
2022	Luft-Wasser-Wärmepumpe	47	kg CO_2eq/kW	
2022	Übergabestation Fernwärme	5	kg CO_2eq/kW	
2022	Sole-Wasser-Wärmepumpe + Rohre	172	kg CO_2eq/kW	
2022	Pellet-Heizung	47	kg CO_2eq/kW	
2022	BHKW	83	kg CO_2eq/kW	
2022	Stromdirektheizung	5*	kg CO_2eq/kW	

* Geschätzter Wert, da keine Daten in Ökobaudat vorhanden

Gewerbe/Verwaltung

Tabelle 4.12: Orientierungswerte für graue Emissionen bei der Sanierung von (kommunalen) Nichtwohngebäuden

Zeitraum	Gebäudetyp	Bauweise	Energiestandard	Graue Emissionen	Einheit	Quelle
2022	Verwaltungsgebäude/ Schulgebäude/Kitas	Konventionell	Standard	23,7	kg CO_2eq/m²	Eigene Berechnungen (auf Basis von (OEKOBAU.DAT 2021))*
			Ambitioniert	78,5		
		Ökooptimiert	Standard	21,6		
			Ambitioniert	43,9		
2022	Turnhalle	Konventionell	Standard	24,6	kg CO_2eq/m²	Eigene Berechnungen (auf Basis von (OEKOBAU.DAT 2021))*
			Ambitioniert	86		
		Ökooptimiert	Standard	22,4		
			Ambitioniert	45,4		

* Negative Emissionen aus biogenem Anteil wurden nicht verwendet (bei ÖKOBAUDAT -> Verwendung ausschließlich des fossilen Anteils). Graue Emissionen der Anlagentechnik sind sehr gering und deshalb hier vernachlässigt

Tabelle 4.13: Orientierungswerte für Teilsanierungsäquivalente für grauen Emissionen bei (kommunalen) Nichtwohngebäuden

Zeitraum	Hüllflächenbauteil	Bauweise	Energiestandard	Aufteilung graue Emissionen	Einheit	Quelle
2022	Vollsanierung	Konventionell	Standard	100	%	Eigene Berechnungen (auf Basis von (OEKOBAU.DAT 2021))
			Ambitioniert	100		
		Ökooptimiert	Standard	100		
			Ambitioniert	100		
2022	Oberste Geschossdecke/Dach	Konventionell	Standard	12	%	Eigene Berechnungen (auf Basis von (OEKOBAU.DAT 2021))
			Ambitioniert	10		
		Ökooptimiert	Standard	3		
			Ambitioniert	4		
2022	Kellerdecke	Konventionell	Standard	7	%	Eigene Berechnungen (auf Basis von (OEKOBAU.DAT 2021))
			Ambitioniert	4		
		Ökooptimiert	Standard	8		
			Ambitioniert	7		

Zeitraum	Hüllflächenbauteil	Bauweise	Energiestandard	Aufteilung graue Emissionen	Einheit	Quelle
2022	Fassade	Konventionell	Standard	40	%	Eigene Berechnungen (auf Basis von (OEKOBAU.DAT 2021))
			Ambitioniert	20		
		Ökooptimiert	Standard	45		
			Ambitioniert	36		
2022	Fenster	Konventionell	Standard	41	%	Eigene Berechnungen (auf Basis von (OEKOBAU.DAT 2021))
			Ambitioniert	66		
		Ökooptimiert	Standard	45		
			Ambitioniert	53		

Tabelle 4.14: Orientierungswerte für graue Emissionen beim Neubau von (kommunalen) Nichtwohngebäuden

Zeitraum	Gebäudetyp	Bauweise	Energiestandard	Graue Emissionen	Einheit	Quelle
2022	Verwaltungsgebäude	Konventionell	Standard	642	kg CO_2eq/m²	Eigene Berechnungen basierend auf (Röck et al. 2022)
			Ambitioniert	735		
		Ökooptimiert	Standard	558		
			Ambitioniert	637		
2022	Schulgebäude/Kitas	Konventionell	Standard	803	kg CO_2eq/m²	Eigene Berechnungen basierend auf (Röck et al. 2022)
			Ambitioniert	919		
		Ökooptimiert	Standard	698		
			Ambitioniert	796		
2022	Turnhalle	Konventionell	Standard	428	kg CO_2eq/m²	Eigene Berechnungen basierend auf (Röck et al. 2022)
			Ambitioniert	490		
		Ökooptimiert	Standard	372		
			Ambitioniert	424		

Wohngebäude

Tabelle 4.15: Orientierungswerte für graue Emissionen bei der Sanierung von Wohngebäuden

Zeitraum	Gebäudetyp	Bauweise	Energiestandard	Graue Emissionen	Einheit	Quelle
2022	EFH	Konventionell	Standard	35,4	kg CO_2eq/m²	Eigene Berechnungen (auf Basis von (OEKO-BAU.DAT 2021))*
			Ambitioniert	105,8		
		Ökooptimiert	Standard	29,1		
			Ambitioniert	57,5		
2022	RH	Konventionell	Standard	17,0	kg CO_2eq/m²	Eigene Berechnungen (auf Basis von (OEKO-BAU.DAT 2021))*
			Ambitioniert	58,6		
		Ökooptimiert	Standard	14,8		
			Ambitioniert	30,5		
2022	MFH	Konventionell	Standard	20,1	kg CO_2eq/m²	Eigene Berechnungen (auf Basis von (OEKO-BAU.DAT 2021))*
			Ambitioniert	65,7		
		Ökooptimiert	Standard	18,1		
			Ambitioniert	36,1		
2022	GMH	Konventionell	Standard	18,2	kg CO_2eq/m²	Eigene Berechnungen (auf Basis von (OEKO-BAU.DAT 2021))*
			Ambitioniert	61,0		
		Ökooptimiert	Standard	17,5		
			Ambitioniert	34,7		

* Negative Emissionen aus biogenem Anteil wurden nicht verwendet (bei ÖKOBAUDAT -> Verwendung ausschließlich des fossilen Anteils). Graue Emissionen der Anlagentechnik sind sehr gering und deshalb hier vernachlässigt

Tabelle 4.16: Orientierungswerte für Teilsanierungsäquivalente für grauen Emissionen bei Wohngebäuden

Zeitraum	Hüllflächenbauteil	Bauweise	Energiestandard	Aufteilung graue Emissionen	Einheit	Quelle
2022	Vollsanierung	Konventionell	Standard	100	%	Eigene Berechnungen (auf Basis von (OEKO-BAU.DAT 2021))
			Ambitioniert	100		
		Ökooptimiert	Standard	100		
			Ambitioniert	100		
2022	Oberste Geschossdecke/Dach	Konventionell	Standard	14	%	Eigene Berechnungen (auf Basis von (OEKO-BAU.DAT 2021))
			Ambitioniert	13		
		Ökooptimiert	Standard	4		
			Ambitioniert	5		
2022	Kellerdecke	Konventionell	Standard	8	%	Eigene Berechnungen (auf Basis von (OEKO-BAU.DAT 2021))
			Ambitioniert	4		
		Ökooptimiert	Standard	10		
			Ambitioniert	8		
2022	Fassade	Konventionell	Standard	42	%	Eigene Berechnungen (auf Basis von (OEKO-BAU.DAT 2021))
			Ambitioniert	22		
		Ökooptimiert	Standard	47		
			Ambitioniert	39		
2022	Fenster	Konventionell	Standard	35	%	Eigene Berechnungen (auf Basis von (OEKO-BAU.DAT 2021))
			Ambitioniert	60		
		Ökooptimiert	Standard	39		
			Ambitioniert	46		

Tabelle 4.17: Orientierungswerte für graue Emissionen beim Neubau von Wohngebäuden

Zeitraum	Gebäudetyp	Bauweise	Energiestandard	Graue Emissionen	Einheit	Quelle
2022	EFH/RH	Konventionell	Standard	354	kg CO_2eq/m²	Eigene Berechnungen (auf Basis von (OEKO-BAU.DAT 2021))*
			Ambitioniert	367		
		Ökooptimiert	Standard	207		
			Ambitioniert	219		
2022	MFH/GMH	Konventionell	Standard	207	kg CO_2eq/m²	Eigene Berechnungen (auf Basis von (OEKO-BAU.DAT 2021))*
			Ambitioniert	210		
		Ökooptimiert	Standard	107		
			Ambitioniert	112		

* Negative Emissionen aus biogenem Anteil wurden nicht verwendet (bei ÖKOBAUDAT -> Verwendung ausschließlich des fossilen Anteils). Graue Emissionen der Anlagentechnik sind sehr gering und deshalb hier vernachlässigt

4.3 Handlungsfeld Mobilität

Antriebswechsel Pkw und Bus

Tabelle 4.18: Spez. Herstellungsemissionen für Batterien verschiedener Zellchemien in verschiedenen Herstellungsjahren in Abhängigkeit der Batteriegröße

Zeitraum	Typ	2022	Einheit	Quelle
2022	Herstellungsemissionen Batterie	84 (NMC622)	kg CO_2eq/kWh	(Biemann et al. 2024)

Tabelle 4.19: Spez. Herstellungsemissionen für Batterien verschiedener Zellchemien in verschiedenen Herstellungsjahren in Abhängigkeit der Batteriegröße zukünftig

Zeitraum	Typ	2030	Einheit	Quelle
2030	Herstellungsemissionen Batterie	53 (NMC811)	kg CO_2eq/kWh	(Biemann et al. 2024)

4.4 Handlungsfeld Ernährung & Landnutzung

Tabelle 4.20: Orientierungswerte für eine Umstellung der Mensa auf vegetarisch - vegan

Zeitraum	Kennwert	Herstellungs-emissionen	Einheit	Quelle
2022	Fleischgericht	1,94	kg CO_2eq	(CO2-Rechner des Umweltbundes-amtes 2022; Scharp et al. 2019)
2022	Vegetarisches – veganes Gericht	1,13	kg CO_2eq	

Tabelle 4.21: Orientierungswerte für eine Umstellung der Mensa auf regional - saisonal

Zeitraum	Kennwert	Reduktions-wert	Einheit	Quelle
2022	Umstellung auf regional/saisonales Gericht	-0,02	kg CO_2eq	(CO2-Rechner des Umweltbundes-amtes 2022; Scharp et al. 2019)

Tabelle 4.22: Orientierungswerte für eine Reduktion von Lebensmittelverschwendung in Mensen

Zeitraum	Kennwert	Wert	Einheit	Quelle
2022	Vermeidung Lebensmittelverschwendung in Mensa (Reduktionsfaktor auf Gesamtemissionen)	90	%	(Scharp et al. 2019)

4.5 Handlungsfeld Abfall & (Ab-)Wasser

Tabelle 4.23: Orientierungswerte für Emissionen aus der Restmüllerzeugung

Zeitraum	Art des Mülls	Emissionen	Einheit	Quelle
2022	Restmüll	0,35	t CO_2eq/t Restmüll	(Power und Eisenmann 2021)
2022	Restmüll	0,035	t CO_2eq/m^3 Restmüll	(Power und Eisenmann 2021)
2022	Restmüll	0,035	t CO_2eq/1000 l Restmüll	(Power und Eisenmann 2021)

Tabelle 4.24: Orientierungswerte für Emissionen aus der Herstellung von Trinkwasser

Zeitraum	Wasserbezug	Herstellungs-emissionen	Einheit	Quelle
2022	Emissionen von Flaschenwasser, ungekühlt	0,20274	kg CO_2eq/Liter	(Kroll et al. 2020)
2022	Emissionen von Flaschenwasser, gekühlt	0,27394	kg CO_2eq/Liter	(Kroll et al. 2020)
2022	Emissionen von Leitungswasser	0,00035	kg CO_2eq/Liter	(Kroll et al. 2020)
2022	Emissionen von Leitungswasser mit CO_2-Versatz (durch Gerät zuhause)	0,00564	kg CO_2eq/Liter	(Kroll et al. 2020)

Tabelle 4.25: Orientierungswerte für Emissionen aus der Wasseraufbereitung

Zeitraum	Wasserart	Emissionen	Einheit	Quelle
2022	Frischwasser	$3{,}4 \cdot 10^{-7}$	t CO_2eq/Liter	(DECC und Defra 2012)
2022	Abwasser	$7 \cdot 10^{-7}$	t CO_2eq/Liter	(DECC und Defra 2012)

4.6 Handlungsfeld Konsum

Papiernutzung – Recyclingpapier

Tabelle 4.26: Orientierungswerte für Emissionen aus der Herstellung von Papier

Zeitraum	Papiereinheit	Herstellungs-emissionen	Einheit	Quelle
2022	Ein Blatt Papier aus Frischfaser	$4{,}8 \cdot 10^{-6}$	t CO_2eq	(Wellenreuther et al. 2022)
2022	Ein Packen Papier aus Frischfaser (500 Blatt)	$2{,}4 \cdot 10^{-3}$	t CO_2eq	(Wellenreuther et al. 2022)
2022	Ein Blatt Recyclingpapier	$4{,}1 \cdot 10^{-6}$	t CO_2eq	(Wellenreuther et al. 2022)
2022	Ein Packen Recyclingpapier (500 Blatt)	$4{,}1 \cdot 10^{-3}$	t CO_2eq	(Wellenreuther et al. 2022)

Tabelle 4.27: Orientierungswerte für die Herstellung und Reparatur von Geräten

Zeitraum	Geräte	Herstellungs-emissionen	Einheit	Quelle
Herstellung				
2022	Desktop-PC	0,292	t CO_2eq	(CO2-Rechner des Umweltbundesamtes 2022; Gröger 2020)
2022	Monitor	0,088	t CO_2eq	(CO2-Rechner des Umweltbundesamtes 2022; Gröger 2020)
2022	Notebook	0,242	t CO_2eq	(CO2-Rechner des Umweltbundesamtes 2022; Gröger 2020)
2022	Smartphone	0,072	t CO_2eq	(CO2-Rechner des Umweltbundesamtes 2022; Gröger 2020)
2022	Drucker (klein)	0,061	t CO_2eq	(CO2-Rechner des Umweltbundesamtes 2022; Gröger 2020)
2022	Kaffeemaschine	0,041	t CO_2eq	(CO2-Rechner des Umweltbundesamtes 2022; Gröger 2020)
2022	Router	0,077	t CO_2eq	(CO2-Rechner des Umweltbundesamtes 2022; Gröger 2020)
Reparatur				
2022	Desktop-PC	0,07	t CO_2eq	In Anlehnung an (Gröger 2020)
2022	Monitor	0,07	t CO_2eq	In Anlehnung an (Gröger 2020)
2022	Notebook	0,07	t CO_2eq	In Anlehnung an (Gröger 2020)
2022	Smartphone	0,01	t CO_2eq	In Anlehnung an (Gröger 2020)
2022	Drucker (klein)	0,01	t CO_2eq	In Anlehnung an (Gröger 2020)
2022	Kaffeemaschine	0,01	t CO_2eq	In Anlehnung an (Gröger 2020)
2022	Router	0,01	t CO_2eq	In Anlehnung an (Gröger 2020)

5 Empfehlungen Vorgehen Berechnungen

Im folgenden Kapitel werden Empfehlungen ausgesprochen, auf welchen Grundlagen eine THG-Einsparberechnung erfolgen sollte. Dazu gibt es eine Kurzeinführung in die jeweilige direkte Maßnahme, eine Darstellung, ob sich die ermittelten THG-Emissionen bzw. Einsparungen in einer BISKO-Bilanz wiederfinden, Empfehlungen zur Referenz, zu dem die Klimaschutzmaßnahmen gerechnet werden sollte sowie ein Vorschlag zur Berechnung selbst. Die THG-Minderungen beziehen sich auf die jährlichen Einsparungen (ohne graue Energie). Für die Berechnungen der THG-Einsparungen über den gesamten Nutzungszeitraum sollte gemäß Unterabschnitt 2.2.4 vorgegangen werden.

5.1 Handlungsfeld Strom

Stromerzeugung - Photovoltaik

Die Berechnung der THG-Emissionseinsparung einer PV-Anlage, welche in das öffentliche Netz einspeist (Speicherung und Eigenverbrauch kann überschlägig ähnlich gerechnet werden), erfolgt über den Bruttovermeidungsfaktor. Dieser wird seitens des Umweltbundesamts (UBA) bereitgestellt. Mit diesem wird berechnet, welche fossilen Stromerzeuger durch die Stromerzeugung (und bei Eigennutzung auch weniger (fossiler) Bedarf aus dem Netz) verdrängt werden.

Da bei BISKO-Bilanzen der Bundesstrommix zu Grunde liegt, finden sich die THG-Einsparungen nicht innerhalb der BISKO-Bilanz wieder.

Die Referenz bildet das System ohne PV-Anlage.

Die jährliche THG-Einsparung berechnet sich auf Basis der Eingabe der erzeugten Strommenge und der Multiplikation mit Bruttovermeidungsfaktor.

Stromerzeugung – Windkraft

Die Berechnung der THG-Emissionseinsparung einer Windkraft-Anlage, welche in das öffentliche Netz einspeist, erfolgt über den Bruttovermeidungsfaktor. Dieser wird seitens des UBA bereitgestellt. Mit diesem wird berechnet, welche fossilen Stromerzeuger durch die Stromerzeugung verdrängt werden.

Da bei BISKO-Bilanzen der Bundesstrommix zu Grunde liegt, finden sich die THG-Einsparungen nicht innerhalb der BISKO-Bilanz wieder.

Die Referenz bildet das System ohne Windkraft-Anlage.

Die jährliche THG-Einsparung berechnet sich auf Basis der Eingabe der erzeugten Strommenge und der Multiplikation mit Bruttovermeidungsfaktor.

Stromerzeugung – Wasserkraft

Die Berechnung der THG-Emissionseinsparung einer Wasserkraft-Anlage, welche in das öffentliche Netz einspeist, erfolgt über den Bruttovermeidungsfaktor. Dieser wird seitens des UBA bereitgestellt. Mit diesem wird berechnet, welche fossilen Stromerzeuger durch die Stromerzeugung verdrängt werden.

Da bei BISKO-Bilanzen der Bundesstrommix zu Grunde liegt, finden sich die THG-Einsparungen nicht innerhalb der BISKO-Bilanz wieder.

Die Referenz bildet das System ohne Wasserkraft-Anlage.

Die jährliche THG-Einsparung berechnet sich auf Basis der Eingabe der erzeugten Strommenge und der Multiplikation mit Bruttovermeidungsfaktor.

Stromerzeugung – Geothermie

Die Berechnung der THG-Emissionseinsparung einer Geothermie-Anlage, welche in das öffentliche Netz einspeist, erfolgt über den Bruttovermeidungsfaktor. Dieser wird seitens des UBA bereitgestellt. Mit diesem wird berechnet, welche fossilen Stromerzeuger durch die Stromerzeugung verdrängt werden.

Da bei BISKO-Bilanzen der Bundesstrommix zu Grunde liegt, finden sich die THG-Einsparungen nicht innerhalb der BISKO-Bilanz wieder.

Die Referenz bildet das System ohne Geothermie-Anlage.

Die jährliche THG-Einsparung berechnet sich auf Basis der Eingabe der erzeugten Strommenge und der Multiplikation mit Bruttovermeidungsfaktor.

Stromerzeugung Heizkraftwerke (inkl. KWK)

Im Folgenden wird in die Berechnung der THG-Emissionseinsparung eines neuen Blockheizkraftwerks (BHKW) beschrieben, welches in das öffentliche Stromnetz einspeist und durch die Wärmeerzeugung den bisherigen Wärmebezug verdrängt.

Da bei BISKO-Bilanzen der Bundesstrommix zu Grunde liegt, finden sich die THG-Emissionen durch die Stromerzeugung nicht innerhalb der BISKO-Bilanz wieder.

Das Referenzsystem bildet sich aus Strombezug aus dem Netz sowie der bisherige Wärmebezug. Die ermittelten THG-Emissionen für Strom werden als Nicht-BISKO-Emissionen dargestellt und gegen den jeweiligen Bundesstrommix gerechnet.

Die jährliche THG-Einsparung berechnet sich auf Basis der Eingabe des eingesetzten Energieinputs, dem dafür verwendeten Energieträger erzeugten Strom- und Wärmemenge sowie dem überwiegend verdrängten Wärmeenergieträger.

Der THG-Emissionsfaktor für BHKW-Strom ermittelt sich über die exergetischen Anteile des Produkts Strom an den gesamten Emissionen des Energieträgerinputs. Analog wird der

BHWK-Wärmeemissionsfaktor ermittelt. Strom hat den Exergiefaktor 1, Nahwärme den Exergiefaktor 0,19[3].

Strombezug – Ökostrom

Im Folgenden wird in die Berechnung der THG-Emissionseinsparung für den Bezug von Ökostrom dargestellt. Ökostrombezug an sich spart derzeit noch keine THG-Emissionen ein. Die Marktanalyse Ökostrom II des UBA (Hauser et al. 2019) zeigt, dass die meisten sogenannten Ökostromprodukte in Deutschland ausschließlich auf Herkunftsnachweisen basieren und keinerlei echten Umweltnutzen haben. Es werden im Folgenden deswegen nur THG-Einsparungen durch Zusatznutzen aus nachgewiesenen Beiträgen zum Ausbau der erneuerbaren Energien und Energieeffizienzmaßnahmen berücksichtigt. Dabei werden ambitionierte Tarife berücksichtigt, welche zusätzlich in den Ausbau von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz berücksichtigt. Für die Berechnungen wird der Bau einer PV-Anlage zu Grunde gelegt, welche mit den zusätzlichen Investitionen getätigt wird.

Die Einsparungen sind entsprechend dem Nicht-BISKO-Sektor zuzuordnen.

Die Referenz ist ein Bezug mit Bundesstrommix, in dem die zusätzlichen Investitionen durch den Ökostromtarif nicht berücksichtigt sind. Die THG-Emissionen aus dem Stromverbrauch werden unabhängig vom Tarif weiterhin mit dem Bundesstrommix gerechnet. Die BISKO-Einsparungen sind deswegen Null. Nur aufgrund des Baus der Anlage mit der Zusätzlichkeit finden sich Nicht-BISKO-Einsparungen.

Die jährliche THG-Einsparung berechnet sich auf Basis der Eingabe der bezogenen Öko-Strommenge und der Multiplikation mit den zusätzlichen Investitionen und dem einem Einsparfaktor, der die Investitionen in Treibhausgase umrechnet.

Stromverbrauch – Umstellung von Leuchtmitteln (Straßen- Büro, Sportplatzbeleuchtung)

Klimaschutzmaßnahmen bei der Beleuchtung umfassen größtenteils Effizienzmaßnahmen, also eine Umstellung auf effizientere Leuchten.

Die Einsparungen werden in der BISKO-Bilanz widergespiegelt, da es sich um Einsparungen im Stromverbrauch handelt.

Die Referenz ist der Stromverbrauch mit den aktuellen Leuchten.

Die THG-Einsparungen werden demensprechend aus der Stromeinsparung berechnet, die mit dem Emissionsfaktor des Bundesmixes multipliziert wird. Der Stromverbrauch wird durch die Anzahl der Leuchten und deren typischen Stromverbrauch berechnet. Der Stromverbrauch einer Leuchte pro Jahr berechnet sich durch die Leistung und die Leuchtdauer.

Stromverbrauch – Verhaltensänderungen Gewerbe/Verwaltung

Die Berechnung der THG-Emissionseinsparung durch Verhaltensänderung im Sektor Gewerbe und Verwaltung kann durch Reduktionsannahmen (anteilig) gegenüber dem aktuellen Stromverbrauch ermittelt werden.

[3] Mehr zur exergetischen Bewertung unter https://www.klimaschutz.de/sites/default/files/mediathek/dokumente/Agentur_Methodenpapier_BISKO_Juli-24.pdf

Die Einsparungen werden in der BISKO-Bilanz widergespiegelt, da es sich um Einsparungen im Stromverbrauch handelt.

Die Referenz ist die der aktuelle Stromverbrauch (ohne Verhaltensänderung).

Die jährliche THG-Einsparung berechnet sich auf Basis der Eingabe der verbrauchten Strommenge und der Multiplikation mit den Reduktionsraten (vgl. dazu auch Tabelle 6.5) und dem Stromemissionsfaktor.

Stromverbrauch – Effizienz und Verhaltensmaßnahmen private Haushalte

Die Berechnung der THG-Emissionseinsparung durch Effizienz- und Verhaltensänderung im Sektor Haushalte kann durch den Vergleich des Verbrauchs aktueller Geräte mit dem Stromverbrauch effizienter Geräte ermittelt werden. Die Berechnung der THG-Emissionseinsparung durch Effizienz und Verhaltensveränderung kann alternativ auch überschlägig durch Reduktionsannahmen (anteilig) gegenüber dem aktuellen Stromverbrauch ermittelt werden.

Die Einsparungen werden in der BISKO-Bilanz widergespiegelt, da es sich um Einsparungen im Stromverbrauch handelt.

Die Referenz ist die der aktuelle Stromverbrauch (ohne Effizienz- und Verhaltensänderung).

Die jährliche THG-Einsparung berechnet sich auf Basis der Eingabe der verbrauchten Strommenge und der Multiplikation mit den Reduktionsraten (vgl. dazu auch Tabelle 6.6) und dem Stromemissionsfaktor.

Stromverbrauch – Gering- und nicht-investive Maßnahmen

Die Berechnung der THG-Emissionseinsparung durch gering- und nicht-investive Maßnahmen kann durch den Vergleich des Verbrauchs aktueller Geräte mit dem Stromverbrauch effizienter Geräte ermittelt werden. Vereinfacht kann die Einsparung auch überschlägig durch Reduktionsannahmen (anteilig) gegenüber dem aktuellen Stromverbrauch ermittelt werden.

Die Einsparungen werden in der BISKO-Bilanz widergespiegelt, da es sich um Einsparungen im Stromverbrauch handelt.

Die Referenz ist die der aktuelle Stromverbrauch (ohne Maßnahmen).

Die jährliche THG-Einsparung berechnet sich auf Basis der Eingabe der verbrauchten Strommenge und der Multiplikation mit den Reduktionsraten (vgl. dazu auch Tabelle 6.7 und Tabelle 6.8) und dem Stromemissionsfaktor.

Stromverbrauch – Effiziente Geräte für Information, Kommunikation, Technik Gewerbe

Die Berechnung der THG-Emissionseinsparung durch IKT-Geräte (Informations-, Kommunikations- und Technikgeräte) im Gewerbe kann durch den Vergleich des Verbrauchs der aktuellen Geräte mit dem Stromverbrauch der neuen Geräte ermittelt werden (ermittelt über Leistung und Nutzungsdauer/a).

Die Einsparungen werden in der BISKO-Bilanz widergespiegelt, da es sich um Einsparungen im Stromverbrauch handelt.

Die Referenz ist die der aktuelle Stromverbrauch (mit aktuellen Geräten).

Die jährliche THG-Einsparung berechnet sich auf Basis der Eingabe der verbrauchten Strommenge und der Multiplikation mit den Reduktionsraten und dem Stromemissionsfaktor.

Stromverbrauch – Effiziente Geräte für Information, Kommunikation, Technik Haushalte

Die Berechnung der THG-Emissionseinsparung durch IKT-Geräte für private Haushalte kann durch den Vergleich des Verbrauchs der aktuellen Geräte mit dem Stromerbrauch der neuen Geräte ermittelt werden (ermittelt über Leistung und Nutzungsdauer/a).

Die Einsparungen werden in der BISKO-Bilanz widergespiegelt, da es sich um Einsparungen im Stromverbrauch handelt.

Die Referenz ist die der aktuelle Stromverbrauch (mit aktuellen Geräten).

Die jährliche THG-Einsparung berechnet sich auf Basis der Eingabe der verbrauchten Strommenge und der Multiplikation mit den Reduktionsraten und dem Stromemissionsfaktor.

5.2 Handlungsfeld Wärme

Klimafreundliche Wärmeerzeugung (allgemeine Berechnungsregel)

Die jährliche THG-Emissionseinsparungen (Betriebsphase) durch Umstieg auf einen klimafreundlichen Energieträger entspricht der Differenz zwischen jährlichen THG-Emissionen vorher und nachher.

Die jährliche THG-Emissionseinsparungen finden sich vollständig in der BISKO-Bilanz wieder.

Die Referenz bildet das bisherige Heizsystem mit dem bisherigen genutzten Energieträger ab.

Die jährlichen THG-Emissionen, die durch die Wärmeerzeugung bei unterschiedlichen Varianten entstehen, berechnen sich wiederum über die Erzeugernutzwärmeabgabe[4], die Anlagenaufwandszahl und den energieträgerspezifischen Emissionsfaktor[5]. Die Erzeugernutzwärmeabgabe entspricht dabei der Wärme, die vom Wärmeerzeuger zur Verfügung gestellt werden muss, um bspw. den jährlichen Bedarf des Gebäudes zu decken. Die Anlagenaufwandszahl gibt das Verhältnis zwischen abgegebener und zugeführter Energiemenge beim Wärmeerzeuger an.

[4] Selten ist die Erzeugernutzwärmeabgabe bekannt, sondern lediglich der jährliche Endenergieverbrauch von bestehenden Wärmeerzeugern (dieser kann aus der Energieabrechnung entnommen werden). Die Erzeugernutzwärmeabgabe kann durch die Division des Endenergieverbrauchs mit der Anlagenaufwandszahl berechnet werden.

[5] Für Wärmebereitstellung aus KWK-Anlagen wird vereinfacht die Emissionsfaktoren aus Abschnitt 0 genutzt.

Wärmeverbrauch – Verhaltensänderungen

Die Berechnung der THG-Emissionseinsparung durch Verhaltensänderung kann durch Reduktionsannahmen (anteilig) gegenüber dem aktuellen Wärmeverbrauch und den damit verbundenen THG-Emissionen ermittelt werden.

Die Einsparungen finden sich in der vollständig in der BISKO-Bilanz.

Die Referenz ist die der aktuelle Wärmeverbrauch (ohne Verhaltensänderung).

Die jährliche THG-Einsparung berechnet sich auf Basis der Eingabe der verbrauchten Wärmemenge und der Multiplikation mit den Reduktionsraten (vgl. dazu auch Tabelle 6.22) und dem THG-Emissionsfaktors des genutzten Wärmeenergieträgers.

Wärmeverbrauch – Gering- und nicht-investive Maßnahmen

Die Berechnung der THG-Emissionseinsparung durch gering- und nicht-investive Maßnahmen kann durch den aktuellen Ist-Verbrauch mit dem Verbrauch nach den umgesetzten Maßnahmen ermittelt werden. Vereinfacht kann die Einsparung auch überschlägig durch Reduktionsannahmen (anteilig) gegenüber dem aktuellen Wärmeverbrauch ermittelt werden.

Die Einsparungen finden sich in der vollständig in der BISKO-Bilanz.

Die Referenz ist die der aktuelle Wärmeverbrauch (ohne Maßnahmen).

Die jährliche THG-Einsparung berechnet sich auf Basis der Eingabe der erzeugten Wärmemenge und der Multiplikation mit den Reduktionsraten (vgl. dazu Tabelle 6.21) und dem THG-Emissionsfaktor des genutzten Wärmeenergieträgers.

Gebäude – Sanierung & Heizungstausch (allgemeine Berechnungsregeln)

Die jährliche THG-Emissionseinsparung (Betriebsphase) durch die Sanierung eines Gebäudes entspricht der Differenz zwischen jährlichen THG-Emissionen vor und nach der Sanierung.

Die jährliche THG-Emissionseinsparungen finden sich vollständig in der BISKO-Bilanz wieder.

Die Referenz ist der Status quo des Gebäudes und der damit verbundene Energieverbrauch.

Die jährlichen Emissionen eines Gebäudes berechnen sich über die flächenspezifische Erzeugernutzwärmeabgabe[6], die Anlagenaufwandszahl, die Nettogrundfläche des Gebäudes und den energieträgerspezifischen Emissionsfaktor. Die Erzeugernutzwärmeabgabe entspricht dabei der Wärme, die vom Wärmeerzeuger zur Verfügung gestellt werden muss, um den jährlichen Bedarf des Gebäudes zu decken. Sie ist abhängig von Gebäudetyp und dem energetischen Niveau (Sanierungsstand) des Gebäudes. Die Anlagenaufwandszahl gibt das Verhältnis zwischen abgegebener und zugeführter Energiemenge beim Wärmeerzeuger an.

[6] Selten ist die Erzeugernutzwärmeabgabe bekannt, sondern lediglich der jährliche Endenergieverbrauch von bestehenden Wärmeerzeugern (dieser kann aus der Energieabrechnung entnommen werden). Die Erzeugernutzwärmeabgabe kann durch die Division des Endenergieverbrauchs mit der Anlagenaufwandszahl berechnet werden.

Wenn die Gebäudehülle teilweise nicht vollständig saniert wird, kann dies bei der Erzeugernutzwärmeabgabe nach Sanierung über ein sogenanntes „Teilsanierungsäquivalent“ berücksichtigt werden. Das Teilsanierungsäquivalent ist abhängig davon, welches Hüllflächenbauteil saniert wurde (Oberste Geschossdecke/Dach, Kellerdecke, Fassade und/oder Fenster).

Bei diesem Vorgehen handelt es sich ausdrücklich um eine starke Vereinfachung, die dabei helfen soll, eine erste Abschätzung für die mit einer energetischen Sanierung verbundenen THG-Emissionseinsparungen zu ermöglichen. Das Verfahren ersetzt keine Energiebedarfsberechnung nach DIN V 18599.

Gebäude – Neubau (allgemeine Berechnungsregeln)

Die jährliche THG-Emissionseinsparungen (Betriebsphase) bei einem Neubau berechnet sich durch eine Gegenüberstellung eines Neubaus entsprechend der gesetzlichen Mindestanforderungen (GEG) mit einem Neubau mit einem ambitionierteren energetischen Niveau.

Die jährliche THG-Emissionseinsparungen finden sich vollständig in der BISKO-Bilanz wieder.

Die Referenz ist das Gebäude nach GEG-Standard.

Die jährlichen Emissionen eines Gebäudes berechnen sich über die flächenspezifische Erzeugernutzwärmeabgabe[7], die Anlagenaufwandszahl, die Nettogrundfläche des Gebäudes und den energieträgerspezifischen Emissionsfaktor. Die Erzeugernutzwärmeabgabe entspricht dabei der Wärme, die vom Wärmeerzeuger zur Verfügung gestellt werden muss, um den jährlichen Bedarf des Gebäudes zu decken. Sie ist abhängig von Gebäudetyp und dem energetischen Niveau (Sanierungsstand) des Gebäudes. Die Anlagenaufwandszahl gibt das Verhältnis zwischen abgegebener und zugeführter Energiemenge beim Wärmeerzeuger an.

Die jährlichen Emissionen eines Neubaus berechnen sich, parallel zu einem sanierten Gebäude (s. o.) über die flächenspezifische Erzeugernutzwärmeabgabe, die Anlagenaufwandszahl, die Nettogrundfläche und den energieträgerspezifischen Emissionsfaktor.

5.3 Handlungsfeld Mobilität

Antriebswechsel Pkw und Bus

Um die Emissionen der Nutzungsphase eines neuen Einzelfahrzeugs mit unterschiedlichem Antrieb zu vergleichen, wird vereinfachend eine konkrete Fahrzeugkonfiguration angenommen: Ein mittelgroßer Kompaktklasse-Pkw, der konventionell angetrieben wird (Mittel aus Diesel oder Benzin, jeweils mit derzeitiger Biokraftstoffbeimischung) oder mit Strom (Batterieelektrisches Fahrzeug (BEV)). Das Nutzungsmuster soll einer kommunalen Verwaltung entsprechen. Orientierungswerte sind in Tabelle 6.24 zu finden. Um Referenz- und Klimavariante zu vergleichen, wird angenommen, dass das Beschaffungsjahr der Pkw das erste Nutzungsjahr und gleichzeitig das Herstellungsjahr ist. Falls mehrere Fahrzeuge in unterschied-

[7] Selten ist die Erzeugernutzwärmeabgabe bekannt, sondern lediglich der jährliche Endenergieverbrauch von bestehenden Wärmeerzeugern (dieser kann aus der Energieabrechnung entnommen werden). Die Erzeugernutzwärmeabgabe kann durch die Division des Endenergieverbrauchs mit der Anlagenaufwandszahl berechnet werden.

lichen Jahren angeschafft werden, wird in der Berechnung von einem mittleren Beschaffungsjahr ausgegangen. Das bedeutet, dass in der Berechnung vom gleichen Beschaffungsjahr aller Fahrzeuge ausgegangen wird.

Bei den Bussen wird im Unterschied zu Pkw berücksichtigt, dass in der Praxis des Busbetriebs aufgrund der unterschiedlichen Antriebstechnologie andere Lademuster und damit andere Betriebsmuster folgen können. In der Berechnung wird deshalb angenommen, dass bei gleicher Verkehrsleistung anstatt eines neuen Dieselbusses ggf. mehrere Elektrobusse angeschafft würden (PwC et al. 2024). Orientierungswerte für einen 12-m-Solobus im Linienbetrieb finden sich in Tabelle 6.25.

Bei der Berechnung der Emissionen von BEV und batteriebetriebenen Bussen über den gesamten Nutzungszeitraum muss berücksichtigt werden, dass sich der Stromemissionsfaktor in der Zukunft verringert (vgl. Tabelle 3.1). Vereinfachend wird ein mittlerer Stromemissionsfaktor des Nutzungszeitraums angenommen und damit die Einsparung berechnet. Um die Maßnahmenwirkung auf die Nutzungsphase hinsichtlich der kommunalen THG-Bilanz nach BISKO (Dünnebeil et al. 2024a) einordnen zu können, beziehen sich die verwendeten Emissionsfaktoren auf die THG CO_2, CH_4 und N_2O, auf den Lebensweg inkl. Vorketten (well-to-wheel, WTW) und den Endenergieverbrauch. Allgemeine Emissionsfaktoren können aus Tabelle 3.17 verwendet werden oder antriebsspezifische Faktoren z.B. aus dem BISKO-Methodenpapier (Dünnebeil et al. 2024b). Außerdem wird die Maßnahmenwirkung nach einem territorialen Anteil und einem Anteil außerhalb differenziert.

Graue Emissionen

Um die grauen Emissionen zwischen einem neuen Verbrennerfahrzeug und einem batterieelektrisch betriebenen Fahrzeug zu vergleichen, wird vereinfacht nur die Batterieherstellung betrachtet. Die Emissionen der reinen Fahrzeugherstellung für beide Varianten werden für einen Kompaktklasse-Pkw – auch für zukünftige Herstellungsjahre – mit einer ähnlichen Größenordnung abgeschätzt (Biemann et al. 2024)(Kapitel 4.2.1). Im Vergleich der beiden Varianten wird die Herstellung des Basisfahrzeugs deshalb vernachlässigt. Für Busse wird ein analoges Vorgehen gewählt. Die Herstellungsemissionen der Batterie hängen u.a. ab von der Brutto-Größe der Batterie (vgl. Orientierungswerte in Tabelle 6.23 und Tabelle 6.25). Wie in Tabelle 4.18 dargestellt, wird angenommen, dass im Jahr 2030 verbaute Batterien andere Zellchemien als heute aufweisen (ebd.)(Kapitel 4.2.2), was sich ebenfalls auf die spezifischen Herstellungsemissionen auswirkt.

Bei Pkw werden den Nutzenden nicht direkt die gesamten Herstellungsemissionen angerechnet. Stattdessen werden die Herstellungsemissionen der Batterie abgeschrieben über die Lebensfahrleistung. Das bedeutet, den Nutzenden werden nur die anteiligen Herstellungsemissionen angerechnet, die dem Anteil der Fahrleistung während der Nutzungsdauer an der Lebensfahrleistung entsprechen. Bei den Pkw können für die Berechnung eine Haltedauer und jährliche Fahrleistungen variabel eingegeben werden. Orientierungswerte finden sich in Tabelle 6.23.

Bei Bussen hingegen wird angenommen, dass die gesamte Lebensfahrleistung der Batterie während der Haltung verbraucht wird. Im Tool wird die Möglichkeit gegeben, dass ein Batteriewechsel zur Hälfte der Lebensfahrleistung des Busses stattfindet. Somit kann sich die Anzahl der betrachteten Batterien und ihrer Herstellungsemissionen erhöhen. Außerdem wird der Mehrbedarf an Elektrobussen gegenüber Dieselbussen berücksichtigt (vgl. Tabelle 6.25). D. h. die Anzahl der betrachteten Batterien ist zusätzlich um den Faktor des Mehrbedarfs erhöht.

Pendelwege – Vermeidung/Verlagerung

Wird in einer kommunalen Verwaltung betriebliches Mobilitätsmanagement eingesetzt, betrifft dies u.a. die Pendelwege der Mitarbeitenden. Ausgangspunkt der Berechnung ist die mögliche Verkehrsleistung durch die Pendelwege der Mitarbeitenden. Sie wird abgeleitet aus der Anzahl der Mitarbeitenden und ihrem mittlerem Pendelweg. Dafür wird angenommen, dass der mittlere Pendelweg je Mitarbeiter*in zweimal pro Arbeitstag an 250 Arbeitstagen pro Jahr zurückgelegt wird. Abgezogen wird davon ein typischer, heutiger Homeofficeanteil. Orientierungswerte für Modal Split und Homeofficeanteile finden sich in Tabelle 6.27. Der Homeoffice-Anteil bezieht sich dabei auf eine 5-Tage-Woche.

Im Referenz-Fall werden zukünftig die gleiche Anzahl an Arbeitswegen mit den gleichen Verkehrsmitteln wie heute bestritten werden. Das heißt, dass der Modal Split bezogen auf Personenkilometer (Pkm) gleichbleibt. In der Klimavariante wird zuerst der Homeoffice-Anteil gesteigert, Wege werden dadurch vermieden. Die übrigen Verkehrsleistungen werden dann entsprechend der Zielsetzung der Institution auf aktive Mobilität (Fuß- und Radverkehr) und den öffentlichen Personenverkehr (ÖPV) verlagert.

Die Emissionen für MIV und ÖPV werden mittels Verkehrsleistung und einem spezifischen Emissionsfaktor berechnet und nach BISKO und Nicht-BISKO differenziert, d.h. nach Territorium und in Abgrenzung zu den grauen Emissionen. In dieser Maßnahme wird eine durchschnittliche Flottenzusammensetzung des MIV [i]betrachtet. Es werden Emissionsfaktoren aus TREMOD (Allekotte et al. 2024) verwendet.

Rebound-Effekt

Der Rebound-Effekt entsteht in dieser Maßnahme, da Wegezwecke wie Einkauf, Freizeit etc., die auf dem Pendelweg mit erledigt wurden, nun potenziell zusätzliche Fahrten generieren. Langfristig ist es außerdem möglich, dass die veränderten Arbeitsumstände durch Homeoffice zu Umzügen bei den Mitarbeitenden führen, bei denen die Länge der Pendelwege zunimmt. Möglicherweise werden dann auch die verlängerten Freizeitwege auf andere motorisierte Verkehrsmittel verlagert (Lambrecht et al. 2021). Vereinfacht wird der Effekt auf die gesamte Differenz zwischen Referenz- und Klimavariante angerechnet. Ein Orientierungswert findet sich in Tabelle 6.27.

Dienstwege und -reisen – Vermeidung/Verlagerung

Betriebliches Mobilitätsmanagement kann auch Dienstwege und Dienstreisen umfassen. Im Fokus stehen hier Fahrten mit dem Pkw und Flugreisen, welche vermieden und verlagert werden sollen. Bei der Referenzvariante bleiben die durch Pkw und Flüge zurückgelegten Fahr- und Verkehrsleistungen gleich zu heute. In der Klimavariante werden Dienstwege und –reisen vermieden oder auf den Umweltverbund verlagert. Dabei wird nach ursprünglich genutztem Verkehrsträger differenziert:

Vermeidung und Verlagerung von Pkw-Reisen

Die Orientierungswerte in Tabelle 6.28 beziehen sich auf das Nutzungsmuster eines Pkw in der Verwaltung. Bei der Klimavariante werden die zurückgelegten Pkw-Fahrzeugkilometer verringert. Diese Verringerung setzt sich zusammen aus einem Vermeidungsanteil (z.B. durch Online-Konferenzen oder Umstieg auf Fuß- und Radverkehr) und einem Verlagerungsanteil (Umstieg auf ÖPV). Durch die Verlagerung auf den ÖPV entstehen zusätzliche THG-Emissionen im ÖPV.

Vermeidung und Verlagerung von Flugreisen

Bei der THG-Einsparung von Flugreisen wird unterschieden nach nationalen und internationalen Flugreisen. Für die Wege, die in der Klimavariante auf den ÖV verlagert werden, wird angenommen, dass die Strecken im Vergleich zur Referenzvariante gleichbleiben.

Für die BISKO Aufteilung der Flugemissionen wird abgefragt, ob der Startflughafen auf der kommunalen Gemarkung liegt. Die Start- und Landeemissionen werden dann vollständig auf die BISKO relevanten Emissionen angerechnet. Die Emissionen der Flugphase (CCD) werden als Nicht-BISKO klassifiziert.

Im Rahmen des Projekts FlyingLess (Kämper et al. 2024) wurden Flugreisen im akademischen Bereich analysiert und Tools entwickelt, um Veränderungsprozesse in den Institutionen zu unterstützen. THG-Emissionen von Dienstreisen per Flugzeug können dort u.a. Flughafenspezifisch im THG-Rechner ausgewertet werden: https://flyingless.de/thg-rechner

Verschiedene Transportmöglichkeiten werden hinsichtlich THG und Reisezeit in der beta-Version des Travel-Decision-Tools verglichen: https://flyingless.de/produkte/travel-decision-tool

5.4 Handlungsfeld Ernährung & Landnutzung

Ernährung – Umstellung einer Mensa auf ein nachhaltiges Angebot

Die Emissionseinsparungen durch nachhaltige Essensangebote beziehen sich auf den Verzicht auf Fleisch und Fisch, einen Fokus auf saisonale und gleichzeitig regionale Produkte und die Ergreifung von Maßnahmen zur Vermeidung von Lebensmittelverschwendung. Auf die Berücksichtigung von Biolebensmitteln wurde hier verzichtet, da lediglich Treibhausgasemissionen als Indikator betrachtet werden und der Nutzen hier für alle Lebensmittel sehr unterschiedlich ist.

Die THG-Einsparungen finden sich nicht in einer BISKO-Bilanz wieder, da die Einsparungen bei der Erzeugung (Landwirtschaft) erzielt werden (weniger Tiernutzung, reduzierter Anbau).

Die Referenz sind die bisher bereitgestellten Gerichte und die damit verbundenen THG-Emissionen.

Die Emissionseinsparungen pro Jahr durch die Umstellung auf ein vegetarisch/veganes Mensaangebot wird berechnet, indem die Anzahl der umgestellten Gerichte mit der Differenz aus den verursachten Emissionen eines veganen/vegetarischen Gerichts zu einem fleischhaltigen Gericht multipliziert wird. Die Einsparung durch Saisonalität und Regionalität wird mit einer Emissionsminderung pro Gericht und die Vermeidung von Lebensmittelverschwendung mit einem Faktor auf die Gesamtemissionen berücksichtigt.

Grünflächen – Baumpflanzung

Die Emissionseinsparungen pro Jahr durch kommunale Baumpflanzungen lassen sich durch die jährlichen Senkenleistungen verschiedener Baumaltersklassen ermitteln. Die THG-Einsparungen sind in diesem Fall sogar negativ, weil der Atmosphäre CO_2 entzogen wird.

Die THG-Einsparungen finden sich nicht in einer BISKO-Bilanz wieder, da nicht-energetische THG-Emissionen bzw. THG-Senken aktuell nicht Teil der BISKO-Bilanz sind.

Die Referenz ist keine Baumpflanzung.

Die THG-Minderungen werden ermittelt durch die Multiplikation der Baummenge mit der THG-Einsparung bzw. Speicherung pro Jahr spezifiziert nach Altersklasse.

Landnutzung – Wiedervernässung organischer Böden

Organische Böden, die trockengelegt und anderweitig genutzt werden, sind THG-Quellen. Diese Quellen können durch Renaturierung bzw. Wiedervernässung langfristig unter guten Bedingungen in Senken umgewandelt werden. Zunächst werden aber die THG-Emissionen erst einmal reduziert.

Die THG-Einsparungen finden sich nicht in einer BISKO-Bilanz wieder, da nicht-energetische THG-Emissionen bzw. THG-Senken aktuell nicht Teil der BISKO-Bilanz sind.

Die Referenz ist die Beibehaltung des Status quo der trockengelegten und anderweitig genutzten Flächen mit organischen Böden.

Die THG-Minderungen werden ermittelt, indem die Fläche mit der Differenz der Emissionen pro Fläche vor und nach der Wiedervernässung multipliziert wird. Dabei wird zwischen verschiedenen Nutzungsformen der organischen Böden unterschieden.

Landnutzung – Aufforstung Freiflächen

Die Emissionseinsparungen durch Waldflächen bzw. Aufforstung können über die Waldflächen und CO_2-Einsparwerten (Durchschnittswerten) ermittelt werden. Die hier vorgeschlagenen CO_2-Einsparwerte basieren auf Annahmen, dass Waldflächen als CO_2-Senken fungieren. Der zuletzt vorgestellte Waldinventurbericht deutet darauf hin, dass der durchschnittliche Wald in Deutschland aufgrund des verschlechterten Zustands in den letzten Jahren zu einer CO_2-Quelle geworden ist.

Die THG-Einsparungen finden sich nicht in einer BISKO-Bilanz wieder, da nicht-energetische THG-Emissionen bzw. THG-Senken aktuell nicht Teil der BISKO-Bilanz sind.

Die Referenz ist die Beibehaltung einer Fläche mit der aktuellen Nutzung und ohne Waldpflanzung.

Die THG-Minderungen werden ermittelt durch die Multiplikation der Fläche, die aufgeforstet wird, mit der THG-Einsparung bzw. Speicherung (Senkenleistung) pro Jahr pro Fläche spezifiziert nach Waldaltersklasse. Es wird davon ausgegangen, dass der neugepflanzte Wald nachhaltig bewirtschaftet wird.

Landnutzung – Nachhaltige Waldbewirtschaftung

Nachhaltige Waldbewirtschaftung sorgt dafür, dass der Wald auch weiterhin eine Senke bleibt. Die Emissionseinsparungen durch die „Maßnahme“ naturnahe Waldbewirtschaftung

lässt sich ermitteln, indem die Fläche gegenüber konventioneller Forstwirtschaft und die dort verbundenen CO_2-Einsparungen gegengerechnet wird.

Die THG-Einsparungen finden sich nicht in einer BISKO-Bilanz wieder, da nicht-energetische THG-Emissionen bzw. THG-Senken aktuell nicht Teil der BISKO-Bilanz sind.

Die Referenz ist die konventionelle Waldbewirtschaftung der Fläche.

Die CO_2-Minderungen werden ermittelt, indem die bewirtschaftete Waldfläche mit der Differenz der Einsparwerte aus konventioneller und nachhaltiger Walbewirtschaftung pro Jahr und Fläche multipliziert wird.

5.5 Handlungsfeld Abfall & (Ab-)Wasser

Restmüll – Vermeidung

Bei der Verbrennung und Lagerung von Müll entweichen Treibhausgase in die Atmosphäre. Eine THG-Minderung kann durch Recycling und Vermeidung von (Rest)Müll erreicht werden.

Die Emissionen sind bisher nicht in der BISKO-Systematik enthalten, da nicht-energetische THG-Emissionen in der Bilanz nicht berechnet und die energetische Nutzung von Abfall nur territorial in den Müllheizkraftwerken berücksichtigt wird.

Die Referenz ist die aktuelle Abfallmenge.

Die THG-Einsparpotenziale ergeben sich durch Multiplikation der THG-Emissionen pro produzierter Tonne Restmüll mit der eingesparten Restmüllmenge. Als Hilfestellung erfolgt die Angabe über die Anzahl der Mülltonnen.

Trinkwasserbezug

Bei der Nutzung von Trinkwasser aus der Leitung fallen Emissionen aus der Aufbereitung und bei dem Kauf von Wasserflaschen zusätzlich durch den Transport an. Eine THG-Minderung kann durch Reduktion des Trinkwassers aus (gekühlten) Flaschen zugunsten von Leitungswasser bzw. ungekühlten Flaschenwasser erzielt werden.

Die Emissionen sind bisher nur indirekt in der BISKO-Systematik enthalten, da Produktbilanzen (Trinkwasser) nicht Teil der BISKO-Bilanz sind. Lediglich der energetische Aufwand der lokalen Leitungswasseraufbereitung und die Transportwege der Lebensmittelhersteller auf dem Kommunengebiet sind enthalten.

Die Referenz wird durch die bislang genutzten Trinkwasserflaschen (gekühlt/ungekühlt) berechnet.

Die THG-Einsparpotenziale ergeben sich durch die Differenz der THG-Emissionen, die durch die bisherige und zukünftige Trinkwasserbereitstellung entstehen. Für beides werden die Anzahl der Flaschen und das Leitungswasservolumen mit den entsprechenden Emissionsfaktoren multipliziert. Die Emissionen des zukünftigen Verbrauchs werden anschließend von den Emissionen des aktuellen Verbrauchs abgezogen.

Wasserverbrauch – Vermeidung

Durch die Nutzung von Wasser entstehen indirekt THG-Emissionen zur Aufbereitung und Transport. Eine THG-Minderung kann durch Reduktion des genutzten Wassers erzielt werden.

Die Emissionen sind durch den energetischen Aufwand der lokalen (Ab-)Wasseraufbereitung in der BISKO-Systematik enthalten. Erfolgt der Energieverbrauch jedoch außerhalb der Kommune, sind die damit verbundenen THG-Emissionen nicht in der Bilanz enthalten.

Die Referenz ist der bisherige Wasserverbrauch.

Die THG-Einsparpotenziale ergeben sich durch die Differenz der der genutzten Mengen (Ab-)Wasser in Liter vorher/nachher mit dem jeweiligen THG-Emissionsfaktor pro Liter Wasser und Abwasser.

5.6 Handlungsfeld Konsum

Papiernutzung – Recyclingpapier

Die Herstellung von Recycling-Papier verbraucht weniger Energie als die Herstellung von Frischfaser-Papier und ist daher umweltschonender.

Verortet werden die THG-Einsparungen in Scope 3. Bisher sind sie nicht in BISKO enthalten, wenn die Papierherstellung und der damit einhergehende Energieverbrauch außerhalb der Kommune stattfindet.

Die Referenz ist der bisherige Papierverbrauch und Papiertyp.

Die THG-Emissionen werden durch die Multiplikation der THG-Emissionen pro Einheit Papier (Frischfaser/umweltschonend) mit der Anzahl der verbrauchten/gekauften Einheiten berechnet. Die Bestimmung der Einsparung erfolgt dann durch die Differenz des bisherigen Papierverbrauchs und des zukünftigen Verbrauchs.

6 Typische Werte (Orientierungswerte)

6.1 Handlungsfeld Strom

Tabelle 6.1: Orientierungswerte für die Beleuchtungssituation Straßenbeleuchtung

		Wert	Einheit	Quelle
Zeitangaben	Leuchtdauer pro Jahr (typischer Wert)	4000	h	(Gröger et al. 2013)
	Leuchtdauer für Regelschaltung auf 50%	2000	h	(Deutsche Energie-Agentur GmbH 2016)
	Nutzungsdauer	20-25	Jahre	(Deutsche Energie-Agentur GmbH 2016)
Einsparung durch Regelschaltung (Anteil vom ursprünglichen Verbrauch)		33	%	(Deutsche Energie-Agentur GmbH 2016)
Energieverbrauch Leuchtmittel alt	Quecksilberdampf-Hochdrucklampe	0,125	kWh/h	(Deutsche Energie-Agentur GmbH 2016)
	Natriumdampf-Hochdrucklampe	0,106	kWh/h	(Deutsche Energie-Agentur GmbH 2016)
	Halogen-Metalldampflampe	0,106	kWh/h	(Deutsche Energie-Agentur GmbH 2016)
Energieverbrauch Leuchtmittel neu	Natriumdampflampe	0,056	kWh/h	(Deutsche Energie-Agentur GmbH 2016)
	Halogen-Metalldampflampe	0,056	kWh/h	(Deutsche Energie-Agentur GmbH 2016)
	LED	0,038	kWh/h	(Deutsche Energie-Agentur GmbH 2016)

Tabelle 6.2: Orientierungswerte für die Beleuchtungssituation Bürobeleuchtung

		Wert	Einheit	Quelle
Leuchtdauer im Jahr (typischer Wert)	Ganztägig übers ganze Jahr	2300	h	eigene Annahmen
	Halbtägig über das ganze Jahr, bzw. nur morgens und abends	1150	h	
	Nur im Winter	575	h	
Energieverbrauch Leuchtmittel alt	Glühbirne	0,060	kWh/h	(co2online o.J.)
	Halogenlampe	0,042	kWh/h	
	Energiesparlampe	0,011	kWh/h	
Leuchtmittel neu	LED	0,001	kWh/h	(co2online o.J.)

Tabelle 6.3: Orientierungswerte für die Beleuchtungssituation Sporthallenbeleuchtung

		Wert	Einheit	Quelle
Anzahl Leuchten (typische Werte)	Einfach-Sporthalle	15	Leuchten	(Sportstätten Rechner o.J.)
	Zweifach-Sporthalle	37	Leuchten	
	Dreifachsporthalle	45	Leuchten	
Nutzungsdauer pro Jahr		1200	h	Eigene Berechnung
Energieverbrauch Leuchtmittel	Leuchte alt (Halogen, Leuchtstoffröhren etc.)	260	kWh/h	Eigene Annahmen
	Leuchte neu (LED)	120	kWh/h	
Einsparung		55	%	Eigene Berechnung

Tabelle 6.4: Orientierungswerte für die Beleuchtungssituation Sportplatzbeleuchtung

	Wert	Einheit	Quelle
Nutzungsdauer pro Jahr	500	h	Eigene Berechnung
Energieverbrauch Leuchte alt (Halogen-Metalldampfleuchten etc.)	1500	kWh/h	(EnerergieAgentur.NRW GmbH 2018)
Energieverbrauch Leuchte neu (LED)	900	kWh/h	(EnerergieAgentur.NRW GmbH 2018)
Einsparung	40	%	(EnerergieAgentur.NRW GmbH 2018)

Einsparpotenziale Verhaltensänderung und gering und nicht investive Maßnahmen

Tabelle 6.5: Mögliche Reduktionsraten Stromverbrauch durch Verhaltensänderung

		Einheit	Quelle
Einsparpotenzial (moderat)	16	%	Eigene Berechnung auf Basis von (Gugel 2018)
Einsparpotenzial (ambitioniert)	25	%	Eigene Berechnung auf Basis von (Gugel 2018)

Tabelle 6.6: Mögliche Reduktionsraten Stromverbrauch private Haushalte durch Strom und/oder Verhaltensänderung (in jeweils anderer Kombination und Ambitionsniveau)

Einsparbemühungen Strom Haushalte	Wert	Einheit	Quelle
Effizienz (moderat) und Suffizienz (keine)	20	%	Eigene Berechnung auf Basis von (Gugel 2018)
Effizienz (ambitioniert) und Suffizienz (keine)	40	%	Eigene Berechnung auf Basis von (Gugel 2018)
Effizienz (keine) und Suffizienz (moderat)	40	%	Eigene Berechnung auf Basis von (Gugel 2018)
Effizienz (keine) und Suffizienz (ambitioniert)	50	%	Eigene Berechnung auf Basis von (Gugel 2018)
Effizienz (moderat) und Suffizienz (moderat)	65	%	Eigene Berechnung auf Basis von (Gugel 2018)
Effizienz (ambitioniert) und Suffizienz (ambitioniert)	83	%	Eigene Berechnung auf Basis von (Gugel 2018)

Tabelle 6.7: Mögliche Reduktionsraten Stromverbrauch bei gering- und nicht-investiven Maßnahmen (Einzelmaßnahmen)

Faktor gering investiv Strom Gewerbe Klima	Wert	Einheit	Quelle
Beleuchtung – maximal	23	%	Eigene Berechnung
Information, Kommunikation, Technik – maximal	8	%	Eigene Berechnung
Klimatisierung – maximal	20	%	Eigene Berechnung
Beleuchtung – mittel	16	%	Eigene Berechnung
Information, Kommunikation, Technik – mittel	6	%	Eigene Berechnung
Klimatisierung – mittel	14	%	Eigene Berechnung
Beleuchtung – gering	11	%	Eigene Berechnung
Information, Kommunikation, Technik – gering	4	%	Eigene Berechnung
Klimatisierung – gering	10	%	Eigene Berechnung

Tabelle 6.8: Mögliche Reduktionsraten Stromverbrauch bei gering- und nicht-investiven Maßnahmen (übergreifend)

Faktor gering investiv Strom Klima (alles)	Wert	Einheit	Quelle
maximal	41	%	Eigene Berechnung
mittel	28	%	Eigene Berechnung
gering	20	%	Eigene Berechnung

Tabelle 6.9: Angenommene Stromverbräuche von Geräten im Bereich Gewerbe

Stromverbrauch (Gewerbe)	Wert	Einheit	Quelle
Drucker - Verbrauch (Referenz)	156		
PC - Verbrauch (Referenz)	90		In Anlehnung an (CO2-Rechner des Umwelt-
Monitore - Verbrauch (Referenz)	98	kWh/a	bundesamtes 2022; Gröger 2020)
Gewerbe - Verbrauch (Referenz)	421		
Laptop - Verbrauch (Referenz)	41		
Drucker - Verbrauch (Klimaschutz)	88,4		
PC - Verbrauch (Klimaschutz)	15		Eigene Berechnung auf Basis In Anlehnung an
Monitore - Verbrauch (Klimaschutz)	30,8	kWh/a	(CO2-Rechner des Umweltbundesamtes 2022;
Kopierer - Verbrauch (Klimaschutz)	208		Gröger 2020)
Laptop - Verbrauch (Klimaschutz)	16,5		

Tabelle 6.10: Angenommene Stromverbräuche von Geräten für private Haushalte

Stromverbrauch (private Haushalte)	Wert	Einheit	Quelle
Drucker- Verbrauch (Referenz)	2		
PC - Verbrauch (Referenz)	126		Eigene Berechnungen auf Basis von (CO2-Rechner des Umweltbundesamtes 2022; Gröger 2020)
Monitore – Verbrauch (Referenz)	75	kWh/a	
Telekommunikationsgerät - Verbrauch (Referenz)	128		
Laptop - Verbrauch (Referenz)	52		
Drucker - Verbrauch (Klimaschutz)	0,5		
PC - Verbrauch (Klimaschutz)	21		Eigene Berechnungen auf Basis von (CO2-Rechner des Umweltbundesamtes 2022; Gröger 2020)
Monitore - Verbrauch (Klimaschutz)	24	kWh/a	
Telekommunikationsgerät - Verbrauch (Klimaschutz)	63		
Laptop - Verbrauch (Klimaschutz)	21		

6.2 Handlungsfeld Wärme

Gewerbe/Verwaltung

Tabelle 6.11: Orientierungswerte für Anlagenaufwandszahlen bei Nichtwohngebäuden

Heizungsart		Anlagenaufwandszahl NWG	Einheit	Quelle
Gas-Brennwertkessel	Bestand	1,226	-	In Anlehnung an (Hörner et al. 2014) Ausnahme: Außenluftwärmepumpe Neubau BEG Stand: 9. Dezember 2022)
	Neu	1,191		
Gas-Niedertemperaturkessel	Bestand	1,128	-	In Anlehnung an (Hörner et al. 2014) Ausnahme: Außenluftwärmepumpe Neubau BEG Stand: 9. Dezember 2022)
	Neu	1,08		
Öl-Brennwertkessel	Bestand	1,226	-	In Anlehnung an (Hörner et al. 2014) Ausnahme: Außenluftwärmepumpe Neubau BEG Stand: 9. Dezember 2022)
	Neu	1,191		
Öl-Niedertemperaturkessel	Bestand	1,128	-	In Anlehnung an (Hörner et al. 2014) Ausnahme: Außenluftwärmepumpe Neubau BEG Stand: 9. Dezember 2022)
	Neu	1,08		
Strom/Nachtspeicherheizung	Bestand	1,226	-	In Anlehnung an (Hörner et al. 2014) Ausnahme: Außenluftwärmepumpe Neubau BEG Stand: 9. Dezember 2022)
	Neu	1,191		
Holz-/Pelletkessel	Bestand	1	-	In Anlehnung an (Hörner et al. 2014) Ausnahme: Außenluftwärmepumpe Neubau BEG Stand: 9. Dezember 2022)
	Neu	1		
Gas-Brennwertkessel	Bestand	1,62	-	In Anlehnung an (Hörner et al. 2014) Ausnahme: Außenluftwärmepumpe Neubau BEG Stand: 9. Dezember 2022)
	Neu	1,62		
Fernwärme	Bestand	1	-	In Anlehnung an (Hörner et al. 2014) Ausnahme: Außenluftwärmepumpe Neubau BEG Stand: 9. Dezember 2022)
	Neu	1		
Erdreichwärmepumpe	Bestand	0,329	-	In Anlehnung an (Hörner et al. 2014) Ausnahme: Außenluftwärmepumpe Neubau BEG Stand: 9. Dezember 2022)
	Neu	0,263		
Außenluftwärmepumpe	Bestand	0,425	-	In Anlehnung an (Hörner et al. 2014) Ausnahme: Außenluftwärmepumpe Neubau BEG Stand: 9. Dezember 2022)
	Neu	0,370		

Tabelle 6.12: Typische Werte für die Nettogrundfläche von kommunalen Nichtwohngebäuden

Gebäudetyp	Nettogrundfläche	Einheit	Quelle
Verwaltungsgebäude	1600	m²	(Hörner et al. 2022; Plesser et al. 2015)
Schulgebäude	1600	m²	(Hörner et al. 2022; Plesser et al. 2015)
Kita	950	m²	(Hörner et al. 2022; Plesser et al. 2015)
Turnhalle	1215	m²	(Hörner et al. 2022; Plesser et al. 2015)

Tabelle 6.13: Typische Werte für die Vollbenutzungsstunden der Heizung von kommunalen Nichtwohngebäuden

Gebäudetyp	Vollbenutzungsstunden	Einheit	Quelle
Verwaltungsgebäude	1650	h	(Rosenkranz 2020)
Schulgebäude	1250	h	(Rosenkranz 2020)
Kita	1250	h	(Rosenkranz 2020)
Turnhalle	1250	h	(Rosenkranz 2020)

Tabelle 6.14: Werte für die Erzeugernutzwärmeabgabe (Heizung + Warmwasser) von kommunalen Nichtwohngebäuden

Gebäudetyp	Energiebedarf	Erzeugernutzwärmeabgabe	Einheit	Quelle
Verwaltungsgebäude	Mittelwert*	187,3	kWh/m²	Eigene Berechnungen auf Basis von (Ritter et al. 2019)
	sehr hoch	282,9		
	hoch	171,3		
	mittel	107,6		
	gering**	51,8		
	sehr gering***	26,4		
Schulgebäude/Kita	Mittelwert*	222,1	kWh/m²	Eigene Berechnungen auf Basis von (Ritter et al. 2019)
	sehr hoch	329,8		
	Hoch	204,4		
	Mittel	132,1		
	gering**	69,8		
	sehr gering***	38,9		
Turnhalle	Mittelwert*	346,2	kWh/m²	Eigene Berechnungen auf Basis von (Ritter et al. 2019)
	sehr hoch	469,9		
	Hoch	365,9		
	Mittel	202,7		
	gering**	107,7		
	sehr gering***	64,3		

* Typischer Wert bei unsaniertem Bestand
** Orientierungswert Sanierung nach KfW 70 bis KfW 85-Standard sowie Neubau nach GEG
*** Orientierungswert Sanierung oder Neubau nach KfW 40 bis KfW 55-Standard

Tabelle 6.15: Orientierungswerte für Teilsanierungsäquivalente bei Nichtwohngebäuden

Hüllflächenbauteil	Teilsanierungsäquivalent	Einheit	Quelle
Vollsanierung	1	-	(Hörner et al. 2022)
Oberste Geschossdecke/Dach	0,33	-	(Hörner et al. 2022)
Kellerdecke	0,32	-	(Hörner et al. 2022)
Fassade	0,23	-	(Hörner et al. 2022)
Fenster	0,12	-	(Hörner et al. 2022)

Private Haushalte

Tabelle 6.16: Orientierungswerte für Anlagenaufwandszahlen bei Wohngebäuden

Heizungsart		Anlagenaufwandszahl NWG	Einheit	Quelle
Niedertemperaturkessel (EFH, RH)	Bestand	1,35	-	(Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	Neu	1,23		
Brennwertkessel (EFH, RH)	Bestand	1,21	-	(Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	Neu	1,08		
Holzpelletkessel (EFH, RH)	Bestand	1,37	-	(Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	Neu	1,37		
Niedertemperaturkessel (MFH/GMH)	Bestand	1,29	-	(Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	Neu	1,181		
Brennwertkessel (MFH, GMH)	Bestand	1,17	-	(Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	Neu	1,06		
Holzpelletkessel (MFH, GMH)	Bestand	1,06	-	(Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	Neu	1,06		
Fernwärme	Bestand	1,02	-	(Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	Neu	1,02		
Wärmepumpe (Außenluft)	Bestand	0,42	-	(Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	Neu	0,353		
Wärmepumpe (Erdreich)	Bestand	0,32	-	(Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	Neu	0,029		

Tabelle 6.17: Typische Werte für die Wohnflächen

Gebäudetyp	Wohnfläche	Einheit	Quelle
EFH Mittelwert	150,3	m^2	Eigene Berechnungen auf Basis von (Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
EFH (vor 1948)	201,0		
EFH (1948 bis 1978)	122,9		
EFH (1978 bis heute)	126,9		
RH Mittelwert	110,0	m^2	Eigene Berechnungen auf Basis von (Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
RH (vor 1948)	94,9		
RH (1948 bis 1978)	113,1		
RH (1978 bis heute)	122		
MFH Mittelwert	903,8	m^2	Eigene Berechnungen auf Basis von (Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
MFH (vor 1948)	416,6		
MFH (1948 bis 1978)	1281,8		
MFH (1978 bis heute)	1013		
GMH Mittelwert	1861,0	m^2	Eigene Berechnungen auf Basis von (Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
GMH (vor 1948)	1051,6		
GMH (1948 bis 1978)	2670,3		
GMH (1978 bis heute)	-		

Tabelle 6.18: Typische Werte für die Vollbenutzungsstunden der Heizung von Wohngebäuden

Gebäudetyp	Nettogrundfläche	Einheit	Quelle
Einfamilienhaus (EF)	1800	h	(Rosenkranz 2020)
Mehrfamilienhaus (MFH)	1800	h	(Rosenkranz 2020)

Tabelle 6.19: Werte für die Erzeugernutzwärmeabgabe (Heizung + Warmwasser) von Wohngebäuden

Gebäudetyp	Energiebedarf	Erzeugernutzwärmeabgabe	Einheit	Quelle
EFH (vor 1948)	vor Sanierung	202,3		Eigene Berechnungen auf Basis von (Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	konventionell	125,4	kWh/m²	
	ambitioniert	55,5		
EFH (1948 bis 1978)	vor Sanierung	198,4		Eigene Berechnungen auf Basis von (Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	konventionell	141,6	kWh/m²	
	ambitioniert	68,1		
EFH (1978-heute)	vor Sanierung	141,3		Eigene Berechnungen auf Basis von (Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	konventionell	117,9	kWh/m²	
	ambitioniert	61,1		
RH (vor 1948)	vor Sanierung	175,9		Eigene Berechnungen auf Basis von (Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	konventionell	115,8	kWh/m²	
	ambitioniert	50,6		
RH (1948 bis 1978)	vor Sanierung	160,0		Eigene Berechnungen auf Basis von (Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	konventionell	106,3	kWh/m²	
	ambitioniert	48,8		
RH (1978-heute)	vor Sanierung	126,9		Eigene Berechnungen auf Basis von (Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	konventionell	104,7	kWh/m²	
	ambitioniert	49,4		
MFH (vor 1948)	vor Sanierung	200,1		Eigene Berechnungen auf Basis von (Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	konventionell	122,4	kWh/m²	
	ambitioniert	56,9		
MFH (1948 bis 1978)	vor Sanierung	175,8		Eigene Berechnungen auf Basis von (Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	konventionell	108,2	kWh/m²	
	ambitioniert	55,7		
MFH (1978-heute)	vor Sanierung	133,8		Eigene Berechnungen auf Basis von (Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	konventionell	97,1	kWh/m²	
	Ambitioniert	50,9		
GMH (vor 1948)	vor Sanierung	171,7		Eigene Berechnungen auf Basis von (Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	konventionell	106,1	kWh/m²	
	ambitioniert	50,4		
GMH (1948 bis 1978)	vor Sanierung	167,7		Eigene Berechnungen auf Basis von (Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2012)
	konventionell	100,0	kWh/m²	
	ambitioniert	50,2		

Tabelle 6.20: Orientierungswerte für Teilsanierungsäquivalente bei Wohngebäuden

Hüllflächenbauteil	Teilsanierungsäquivalent	Einheit	Quelle
Vollsanierung	1	-	(Diefenbach et al. 2010)
Oberste Geschossdecke/Dach	0,25	-	(Diefenbach et al. 2010)
Kellerdecke	0,12	-	(Diefenbach et al. 2010)
Fassade	0,5	-	(Diefenbach et al. 2010)
Fenster	0,13	-	(Diefenbach et al. 2010)

Einsparpotenziale Verhaltensänderung und gering und nicht investive Maßnahmen

Tabelle 6.21: Mögliche Reduktionsraten Wärmeverbrauch bei gering- und nicht-investiven Maßnahmen (übergreifend)

Faktor gering investiv Wärme Klima	Wert	Einheit	Quelle
Kessel – maximale Umsetzung	23		
Wärmeverteilung – maximale Umsetzung	8	%	Eigene Berechnungen
Warmwasseraufbereitung – maximal Umsetzung	20		
Kessel – geringe Umsetzung	11		
Wärmeverteilung – geringe Umsetzung	4	%	Eigene Berechnungen
Warmwasseraufbereitung – geringe Umsetzung	10		

Tabelle 6.22: Mögliche Reduktionsraten Wärmeverbrauch durch Verhaltensänderung

Wert		Einheit	Quelle
Einsparpotenzial (moderat)	9	%	Eigene Berechnung auf Basis von (Gugel 2018)
Einsparpotenzial (ambitioniert)	19	%	Eigene Berechnung auf Basis von (Gugel 2018)

6.3 Handlungsfeld Mobilität

Pkw – Antriebswechsel

Tabelle 6.23: Verkehrliche Orientierungswerte für einen Kompaktklasse-Pkw mit Nutzungsmuster einer kommunalen Verwaltung

Typ	Wert	Einheit	Quelle
Anteil Jahresfahrleistung im Territorium	0,9	Anteil	Expertenschätzung
Jahresfahrleistung pro Fahrzeug	7.000	Fzkm	Expertenschätzung (Jöhrens et al. 2019)
Lebensfahrleistung Pkw	220.000	Fzkm	TREMOD 6.53
Haltungsdauer	10	Jahre	(Innenministerium BW, Gemeindeprüfungsanstalt BW 2000), (Rheinland-Pfalz, Ministerium des Innern und für Sport 2006)

Tabelle 6.24: Orientierungswerte des spez. Verbrauchs und der Brutto-Größe einer Batterie eines Kompaktklassewagens

Typ	Antrieb	2022	2025	2030	2035	2040	2045	Einheit	Quelle
Pkw	Verbrenner	6,0	*inter-poliert*	5,2	*Wert 2030*	*Wert 2030*	*Wert 2030*	l/100km	(Biemann et al. 2024)
Pkw	BEV	18,3	*Wert 2022*	*Wert 2022*	*Wert 2022*	*Wert 2022*	*Wert 2022*	kWh/100km	(Biemann et al. 2024)
Pkw	Batteriegröße, brutto	62	65	70	74	79	83	kWh	(Biemann et al. 2024)

Orientierungswerte liefern eine Abschätzung für typische Fahrzeuge. Ein systematischer Vergleich von spezifischen Modellen kann z.B. mittels Lebenszykluskosten-Rechner für Pkw https://www.nachhaltige-oeffentliche-pkw-beschaffung.de/ (ifeu, 2024) erfolgen.

Bus – Antriebswechsel

Tabelle 6.25: Orientierungswerte für einen neuen 12-m-Solobus mit Diesel oder als Depotlader mit Strom im Linienbetrieb

Typ	Wert	Einheit	Quelle
Anteil Jahresfahrleistung im Territorium	0,9	Anteil	Expertenschätzung
Jahresfahrleistung pro Fahrzeug	43.000	Fzkm	(PwC et al. 2024)
Mehrbedarfsverhältnis Elektro- zu Dieselbussen	1,075		(PwC et al. 2024)
Batteriewechsel nach Hälfte der Lebensdauer	Nein	Ja/nein	Annahme
Haltedauer	12	Jahre	(PwC et al. 2024)

Tabelle 6.26: Spez. Verbrauch eines 12m Solobusses mit Diesel oder als Depotlader mit Strom im Linienbetrieb und typischer Batteriegröße

Typ	Antrieb	2020	2030	Einheit	Quelle
Bus	Diesel	43,7	39	l/100km	(Sphera Solutions GmbH et al. 2021)
Bus	BEV	132	*Wert 2020*	kWh/100km	(PwC et al. 2024)
Bus	Batteriegröße, brutto	390	*Wert 2020*	kWh	(PwC et al. 2024)

Pendelwege - Vermeidung/Verlagerung

Tabelle 6.27: Orientierungswerte für die Vermeidung und Verlagerung von Pendelwegen

Typ	Wert	Einheit	Quelle
Anteil Jahresfahrleistung im Territorium	0,5	Anteil	Expertenschätzung
Mittlerer Pendelweg je Mitarbeiter*in	16,86	km	(Nobis und Kuhnimhof 2018)
Einsparminderung durch Rebound	-10	%	(Lambrecht et al. 2021)
Anteil Mitarbeitende mit Homeoffice-Anteil heute	13	%	(Lambrecht et al. 2021)
Mittlere Anzahl der Homeoffice-Tage heute	2,65	Tage je 5 Arbeitstage	(Lambrecht et al. 2021)
Anteil Pendelverkehrsleistung durch Rad- und Fußverkehr heute [%]	4	%	(Lambrecht et al. 2021)
Anteil Pendelverkehrsleistung durch ÖV heute [%]	22	%	(Lambrecht et al. 2021)
Ambitionierter Anteil Mitarbeitende mit Homeoffice-Anteil	40	%	(Lambrecht et al. 2021)
Ambitionierte mittlere Anzahl der Homeoffice-Tage	3,3	Tage je 5 Arbeitstage	(Lambrecht et al. 2021)

Dienstwege und -reisen Vermeidung/Verlagerung

Tabelle 6.28: Orientierungswerte für Vermeidung und Verlagerung von Dienstwegen und -reisen mit Pkw und Flugzeug

Typ	Wert	Einheit	Quelle
Jahresfahrleistung pro Fahrzeug	7.000	Fzkm	Expertenschätzung nach (Jöhrens et al. 2019)
Flug national	312	km	Eigene Berechnung nach TREMOD AV, ifeu 2025
Flug international	1.841	km	Eigene Berechnung nach TREMOD AV, ifeu 2025

6.4 Handlungsfeld Ernährung & Landnutzung

Ernährung - Umstellung einer Mensa auf ein nachhaltiges Angebot

Tabelle 6.29: Anteil Fleischgerichte in Mensen

Zeitraum	Kennwert	Herstellungsemissionen/Anteil	Einheit	Quelle
2022	Anteil an Fleischgerichten (typischer Wert)	52	%	Eigene Berechnung

6.5 Handlungsfeld Abfall & (Ab-)Wasser

Keine typischen Werte hinterlegt (Bei Bedarf bitte bei den Autor*innen melden)

6.6 Handlungsfeld Konsum

Keine typischen Werte hinterlegt (Bei Bedarf bitte bei den Autor*innen melden)

Teil B: Indirekte Maßnahmen

7 THG-Minderungsmöglichkeiten

Die THG-Minderungsmöglichkeiten dienen dazu, indirekte Maßnahmen zur priorisieren (vgl. Land- und Kurzversion des Methodenberichts des IkKa-Projekts). Im Projekt wurden die THG-Minderungsmöglichkeiten so definiert, dass sie darstellen, welche THG-Einsparungen unmittelbar entstehen, wenn Kommunen ihren Zielpfad für das Jahr 2035 sofort erreichen würden. Dieser Zielpfad orientiert sich an den überregionalen Klimaschutzzielen des Bundes für 2045. Das bedeutet, dass dieser Zielpfad das Minimum bedeutet, die in einer Kommune bis 2035 erreicht sein müssen. Im Folgenden werden die Grundlagen zur Berechnung dieses Zielpfads zur THG-Minderungsmöglichkeiten (Zielindikatoren) für die verschiedenen Strategien dargestellt.

7.1 Handlungsfeld Strom

Tabelle 7.1: Zielindikator 2035 erneuerbare Stromerzeugung durch kleine dezentrale Anlagen

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Grad der Ausschöpfung der lokalen Dachflächen-PV-Potenziale 2035	72 %	Ausschöpfung der technisch-wirtschaftlichen lokalen Potenziale für Dachflächen-PV	EEG-Ausbauziele (eigene Berechnungen) (Bundesministeriums der Justiz 2025)

Tabelle 7.2: Zielindikatoren 2035 Erneuerbare Stromerzeugung in der Fläche

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Grad der Ausschöpfung der lokalen Flächen-PV-Potenziale 2035	95 %	Ausschöpfung der technisch-wirtschaftlichen lokalen Potenziale für Flächen-PV	EEG-Ausbauziele (eigene Berechnungen) (Bundesministeriums der Justiz 2025)
Grad der Ausschöpfung der lokalen Flächen-Wind-Potenziale 2035	100 %	Ausschöpfung der technisch-wirtschaftlichen lokalen Potenziale für Flächen-PV	EEG-Ausbauziele (eigene Berechnungen) (Bundesministeriums der Justiz 2025)

Tabelle 7.3: Zielindikator 2035 Stromeinsparung durch Haushalte

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Stromverbrauch pro Person 2035	941 kWh	Absoluter Zielwert	Langfrist-Szenaren 2045+ Suffizienz (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz 2024) und (Gugel 2018)

Tabelle 7.4: Zielindikator 2035 Stromeinsparung im Gewerbesektor

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Stromreduktion Gewerbe 2035	-11 %	Relative Reduktion gegenüber IST-Wert 2021) über alle Branchen	Langfrist-Szenaren 2045+ Suffizienz (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz 2024) und (Gugel 2018)

Tabelle 7.5: Zielindikator 2035 Stromeinsparung in der Industrie

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Stromreduktion Industrie 2035	-6 %	Relative Reduktion gegenüber IST-Wert (2021) über alle Branchen	Langfrist-Szenaren 2045+ Suffizienz (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz 2024) und (Gugel 2018)

7.2 Handlungsfeld Wärme

Tabelle 7.6: Zielindikator 2045* Wärmequellenerschließung für Wärmenetze

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Mittlerer Emissionsfaktor 2045*	10 g CO_2eq/kWh	Absoluter Zielwert auf Bundesebene*	(Weiß et al. 2021)

* der lokale Emissionsfaktor im Wärmebereich sollte sich bis 2045 an dem bundesweiten Ziel orientieren. Der Emissionsfaktor für das „Zwischenjahr 2035“ sollte den Zielwert 2045 im Blick haben. Es kann jedoch zu regional sehr unterschiedlichen Werten kommen, da die lokale Energieträgerstruktur sehr spezifisch ist.

Tabelle 7.7: Zielindikator 2035 Erweiterung und Verdichtung der Wärmenetze

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Ausbau Fernwärme gegenüber IST*	+83 %	Relativer Mindestausbau der Fernwärme gegenüber IST (2021)*	(Weiß et al. 2021)

* Lokal ist der Anteil der Fernwärme sehr unterschiedlich. Es wird deswegen nur ein relatives Ausbauziel analog zum Bund als Orientierung angegeben.

Tabelle 7.8: Zielindikator 2035 Verhaltensänderung beim Wärmeverbrauch in Haushalten

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Veränderung Wärmeverbrauch durch Suffizienz 2035	-5 %	Relativer verhaltensbedingte Wärmeverbrauchsänderung gegenüber letztem Bilanzjahr	(Gugel 2018)

Tabelle 7.9: Zielindikator 2045 Dezentraler Heizungstausch in Haushalten

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Mittlerer Emissionsfaktor 2045*	10 g CO_2eq/kWh	Absoluter Zielwert auf Bundesebene*	(Weiß et al. 2021)

* der lokale Emissionsfaktor im Wärmebereich sollte sich bis 2045 an dem bundesweiten Ziel orientieren. Der Emissionsfaktor für das „Zwischenjahr 2035" sollte den Zielwert 2045 im Blick haben. Es kann jedoch zu regional sehr unterschiedlichen Werten kommen, da die lokale Energieträgerstruktur sehr spezifisch ist.

Tabelle 7.10: Zielindikator 2035 Sanierung Wohngebäude

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Veränderung Energiekennwert Wohngebäude gegenüber IST	-22 %	Relative Änderung des Energiekennwertes für Wohngebäude gegenüber IST (2021)	(Weiß et al. 2021)

Tabelle 7.11: Zielindikator 2035 Dezentraler Heizungstausch im Gewerbe

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Mittlerer Emissionsfaktor 2045*	10 g CO_2eq/kWh	Absoluter Zielwert auf Bundesebene*	(Weiß et al. 2021)

* der lokale Emissionsfaktor im Wärmebereich sollte sich bis 2045 an dem bundesweiten Ziel orientieren. Der Emissionsfaktor für das „Zwischenjahr 2035" sollte den Zielwert 2045 im Blick haben. Es kann jedoch zu regional sehr unterschiedlichen Werten kommen, da die lokale Energieträgerstruktur sehr spezifisch ist.

Tabelle 7.12: Zielindikator 2035 Effiziente Wärmenutzung im Gewerbe

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Veränderung Wärmeenergieverbrauch im Gewerbe gegenüber IST	-18 %	Relative Änderung des Wärmenergieverbrauchs für Gewerbebetriebe gegenüber IST (2021)	(Weiß et al. 2021)

Tabelle 7.13: Zielindikator 2035 Effiziente Prozesswärme im Industriesektor

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Veränderung Wärmeenergieverbrauch in der Industrie gegenüber IST	-14 %	Relative Änderung des Wärmenergieverbrauchs für Industriebetriebe gegenüber IST (2021)	(Weiß et al. 2021)

Tabelle 7.14: Zielindikator 2035 Neubau Wohngebäude

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Wärmekennwert Neubau	35 kWh/m²·a	Wird gegenüber GEG-Wert gerechnet	Eigene Annahmen

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Wohnfläche pro Person	35 m²	Wird gegenüber aktuellem Durchschnittswert (ca. 45 m² gerechnet)	Eigene Annahmen
Graue Emissionen ökooptimiert	0,55 t CO_2eq/m²		(OEKOBAU.DAT 2021)

Tabelle 7.15: Zielindikator 2035 Neubau Gewerbe/Industrie

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Kennwert THG-Emissionen Wärme Industrie und Gerbe IST	382 t CO_2eq/ha	Zielwert sollte 0 Tonnen sein (→ Differenz zum IST-Wert entspricht)	Eigene Berechnungen auf Basis von THG-Inventar des UBA und Destatis

7.3 Handlungsfeld Mobilität

Tabelle 7.16: Zielindikatoren für Antriebswende – Motorisierter Individualverkehr

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Zielwert Anteil elektrischer Fahrleistung 2035 im MIV	54 %	Anteile Plug-in-Hybrid, Brennstoffzelle und Batterie am Bestand Pkw in 2035	(Öko-Institut e.V. et al. 2021)
Zielwert Anteil elektrischer Fahrleistung 2045 im MIV	96 %	Anteile Plug-in-Hybrid, Brennstoffzelle und Batterie am Bestand Pkw in 2045	(Öko-Institut e.V. et al. 2021)

Tabelle 7.17: Zielindikatoren für Antriebswende – Bus

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Zielwert Anteil elektrischer Fahrleistung 2035 Bus	40 %		Eigene Berechnung basierend auf (PwC et al. 2024)
Zielwert Anteil elektrischer Fahrleistung 2045 Bus	99 %	Annahme wie für Güterverkehr, siehe Tabelle 7.18	(Öko-Institut e.V. et al. 2021)

Tabelle 7.18: Zielindikatoren für Antriebswende – Güterverkehr

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Zielwert Anteil elektrischer Fahrleistung 2035 im GV	49 %	Anteile Brennstoffzelle und Batterie am Bestand LNF und Brennstoffzelle, Batterie und Oberleitung für SNF in 2035	(Öko-Institut e.V. et al. 2021)
Zielwert Anteil elektrischer Fahrleistung 2045 im GV	99 %	Anteile Brennstoffzelle und Batterie am Bestand Lnf und Brennstoffzelle, Batterie und Oberleitung für SNF in 2045	(Öko-Institut e.V. et al. 2021)

Tabelle 7.19: Zielindikatoren für Mobilitätswende – Nahmobilität

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Zielwert Anteil Umweltverbund 2045, für RegioStar 1 (Stadtregion) Kommunen	90 %	Anteil des Umweltverbundes an der Verkehrsleistung im Nahverkehr, 2035er Wert interpoliert zwischen Ist-Wert und 2045	Eigene Analysen basierend auf DEMO (Makroskopisches deutschlandweites Verkehrsmodell des DLRs)
Zielwert Anteil Umweltverbund 2045, für RegioStar 2 (Ländliche Region) Kommunen	75 %		

Tabelle 7.20: Zielindikatoren für Mobilitätswende – Regionale Mobilität

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Zielwert Anteil Umweltverbund 2045, für RegioStar 1 (Stadtregion) Kommunen	50 %	Anteil des Umweltverbundes an der Verkehrsleistung im Nahverkehr, 2035er Wert interpoliert zwischen Ist-Wert und 2045	Eigene Analysen basierend auf DEMO (Makroskopisches deutschlandweites Verkehrsmodell des DLRs)
Zielwert Anteil Umweltverbund 2045, für RegioStar 2 (Ländliche Region) Kommunen	30 %		

Tabelle 7.21: Zielindikatoren für Mobilitätswende – Güterverkehr

Zielindikator	Wert	Erläuterung	Quelle
Potenzial Güterverkehr 2045	5 %	2035er Wert interpoliert zwischen Ist-Wert und 2045, nach Renewbility III 2050 Effizienzszenario vs. Basisszenario; Abbildung 8-7: Güterverkehrsleistung der Klimaschutzszenarien im Jahr 2050	(Mottschall et al. 2016)

7.4 Handlungsfeld Ernährung & Landnutzung

Tabelle 7.22: Zielindikator 2035 Ernährung & Lebensmittel

Zielindikator	Wert	Quelle
Zielwert pro Kopf Emissionen Ernährung 2035	1,26 t CO_2eq p. P.	Eigene Berechnung basierend auf (Breidenassel et al. 2022)

Tabelle 7.23: Zielindikator 2035 Wiedervernässung organischer Böden

Zielindikator	Wert	Quelle
Zielwert Anteil Wiedervernässung Ackerfläche 2035	100 %	(Abel et al. 2019)
Zielwert Anteil Wiedervernässung Grünlandfläche 2035	30 %	(Abel et al. 2019)
Zielwert Anteil Wiedervernässung Waldfläche 2035	60 %	(Abel et al. 2019)
Zielwert Anteil Wiedervernässung ungenutzte Fläche 2035	100 %	(Abel et al. 2019)

Zielindikator	Wert	Quelle
Zielwert Anteil Wiedervernässung Torfabbaufläche 2035	100 %	(Purr 2021)
Zielwert Anteil Wiedervernässung Fläche insgesamt 2035	75 %	Eigene Annahmen

Aufforstung & nachhaltige Bewirtschaftung von Wäldern

Tabelle 7.24: Zielindikator 2035 Aufforstung & nachhaltige Bewirtschaftung von Wäldern

Zielindikator	Wert	Quelle
Zielwert Anteil naturnaher Waldbewirtschaftung 2035	100 %	Eigene Annahmen
Zielwert Anteil Aufforstung der potenziellen Fläche 2035	75 %	Eigene Annahmen

7.5 Handlungsfeld Abfall & (Ab-)Wasser

Abfallreduktion & Anlageneffizienz

Tabelle 7.25: Zielindikator 2035 Abfallreduktion & Anlageneffizienz

Zielindikator	Wert	Quelle
Zielwert pro Kopf Emissionen Abfall 2035	0,0273 t CO_2eq p. P.	Eigene Berechnungen basierend auf (Günther und Gniffke 2022; Weiß et al. 2021)

Wasser-/Abwasserreduktion & Anlageneffizienz

Tabelle 7.26: Zielindikator 2035 Wasser-/Abwasserreduktion & Anlageneffizienz

Zielindikator	Wert	Quelle
Zielwert pro Kopf Emissionen (Ab-)Wasser 2035	0,005 t CO_2eq p. P.	Eigene Berechnungen basierend auf (Günther und Gniffke 2022; Weiß et al. 2021)

7.6 Handlungsfeld Konsum

Tabelle 7.27: Zielindikator 2035 Klimafreundlicheres Konsumverhalten der Bevölkerung

Zielindikator	Wert	Quelle
Zielindikator pro Kopf Emissionen Konsum 2035	1,54 t CO_2eq p. P.	Eigene Berechnungen auf Basis von (Dittrich et al. 2024)

8 Einflussmöglichkeiten von Kommunen

Die Einflussmöglichkeiten der Instrumente hängen von den Zuständigkeiten im Mehrebenensystem und den Rahmenbedingungen der Kommune ab. Hier werden die Einflussmöglichkeiten für verschiedene Kommunentypen gelistet. Die konkrete Herleitung kann im IkKa-Bericht[8] nachgelesen werden. Hat eine Kommune in einem Instrument keine Handlungsmöglichkeiten, wird dies in den Tabellen mit „keine Mögl." gekennzeichnet. Dies ist der Fall, wenn die Kompetenz im Mehrebenensystem einer anderen Ebene obliegt (z. B. wird beim dezentralen Heizungstausch im Gebäude-Energie-Gesetz geregelt, welche Heizungen in Zukunft eingebaut werden dürfen).

Tabelle 8.1: Einflussmöglichkeiten von Kommunen in den Instrumenten im Handlungsfeld Übergreifende Klimaschutzaspekte

Strategie	Einstufung für das Handlungsfeld Übergreifende Klimaschutzaspekte				
	Regulierung	fiskalische Anreize	Versorgung	Information	Strategie gesamt
Übergreifende Klimaschutzaspekte	Alle Kommunen (keine Unterscheidung).				
	sehr hoch	hoch	keine Mögl.	eher hoch	hoch

Tabelle 8.2: Einflussmöglichkeiten von Kommunen in den Instrumenten im Handlungsfeld Strom

Strategie	Einstufung für das Handlungsfeld Strom				
	Regulierung	fiskalische Anreize	Versorgung	Information	Strategie gesamt
Erneuerbare Stromerzeugung durch kleine dezentrale Anlagen	Kommune hat eigene Stadtwerke, die die Stromnetzkonzession besitzen.				
	eher gering	eher gering	eher hoch	eher hoch	eher hoch
	Kommune hat keine eigenen Stadtwerke, die die Stromnetzkonzession besitzen.				
	eher gering	eher gering	gering	eher gering	eher gering
Erneuerbare Stromerzeugung in der Fläche	Kommune ist kreisfrei und hat eigene Stadtwerke, die die Stromnetzkonzession besitzen.				
	hoch	keine Mögl.	eher hoch	gering	eher hoch
	Kommune ist kreisangehörig und hat eigene Stadtwerke, die die Stromnetzkonzession besitzen.				
	eher hoch	keine Mögl.	eher hoch	gering	eher gering
	Kommune ist kreisfrei und hat keine eigenen Stadtwerke, die die Stromnetzkonzession besitzen.				
	hoch	keine Mögl.	gering	gering	eher gering
	Kommune ist kreisangehörig und hat keine eigenen Stadtwerke, die die Stromnetzkonzession besitzen.				
	eher hoch	keine Mögl.	gering	gering	eher gering
Erneuerbare Stromerzeugung durch Kraftwerke	Kommune hat eigene Stadtwerke, die die Stromnetzkonzession besitzen.				
	hoch	keine Mögl.	sehr hoch	gering	eher hoch
	Kommune hat keine eigenen Stadtwerke, die die Stromnetzkonzession besitzen.				
	hoch	keine Mögl.	gering	gering	eher gering
Stromeinsparung durch Haushalte	Alle Kommunen (keine Unterscheidung).				
	keine Mögl.	eher hoch	keine Mögl.	eher gering	eher gering
Stromeinsparung im Gewerbesektor	Alle Kommunen (keine Unterscheidung).				
	keine Mögl.	eher gering	keine Mögl.	eher gering	gering

[8] https://www.ifeu.de/projekt/nki-instrumente-fuer-die-kommunale-klimaschutzarbeit-ikka-bewerten-und-planen-kommunaler-massnahmen-im-klimaschutz

Strategie	Einstufung für das Handlungsfeld Strom				
	Regulierung	fiskalische Anreize	Versorgung	Information	Strategie gesamt
Stromeinsparung in der Industrie	Alle Kommunen (keine Unterscheidung).				
	keine Mögl.	gering	keine Mögl.	gering	gering

Tabelle 8.3: Einflussmöglichkeiten von Kommunen in den Instrumenten im Handlungsfeld Wärme

Strategie	Einstufung für das Handlungsfeld Wärme				
	Regulierung	fiskalische Anreize	Versorgung	Information	Strategie gesamt
Wärmequellenerschließung für Wärmenetze	Kommune ist kreisfrei und hat eigene Stadtwerke, die eine Fernwärmeversorgung anbieten.				
	sehr hoch	hoch	sehr hoch	eher gering	sehr hoch
	Kommune ist kreisangehörig und hat eigene Stadtwerke, die eine Fernwärmeversorgung anbieten.				
	sehr hoch	hoch	sehr hoch	eher gering	sehr hoch
	Kommune ist kreisfrei und hat keine eigenen Stadtwerke, die eine Fernwärmeversorgung anbieten.				
	hoch	gering	gering	gering	eher gering
	Kommune ist kreisangehörig und hat keine eigenen Stadtwerke, die eine Fernwärmeversorgung anbieten.				
	hoch	gering	gering	gering	eher gering
Erweiterung und Verdichtung der Wärmenetze	Kommune hat eigene Stadtwerke, die eine Fernwärmeversorgung anbieten.				
	sehr hoch	hoch	sehr hoch	eher hoch	sehr hoch
	Kommune ist kreisfrei und hat keine eigenen Stadtwerke, die eine Fernwärmeversorgung anbieten.				
	hoch	eher hoch	gering	eher gering	eher hoch
Verhaltensänderung beim Wärmeverbrauch in Haushalten	Alle Kommunen (keine Unterscheidung).				
	keine Mögl.	eher hoch	keine Mögl.	eher gering	eher gering
Dezentraler Heizungstausch in Haushalten	Kommune hat eigene Stadtwerke mit Angeboten zur Wärmeversorgung (z. B. Fernwärme, Erdgas, Contracting).				
	keine Mögl.	eher gering	eher gering	eher gering	eher gering
	Kommune hat keine eigenen Stadtwerke mit Angeboten zur Wärmeversorgung (z. B. Fernwärme, Erdgas, Contracting).				
	keine Mögl.	eher gering	gering	eher gering	eher gering
Sanierung Wohngebäude	Kommune hat eigene Stadtwerke mit Angeboten zur Wärmeversorgung (z. B. Fernwärme, Erdgas, Contracting).				
	keine Mögl.	eher gering	eher gering	eher gering	eher gering
	Kommune hat keine eigenen Stadtwerke mit Angeboten zur Wärmeversorgung (z. B. Fernwärme, Erdgas, Contracting).				
	keine Mögl.	eher gering	gering	eher gering	eher gering
Dezentraler Heizungstausch im Gewerbe	Kommune hat eigene Stadtwerke mit Angeboten zur Wärmeversorgung (z. B. Fernwärme, Erdgas, Contracting).				
	keine Mögl.	eher gering	eher gering	eher gering	eher gering
	Kommune hat keine eigenen Stadtwerke mit Angeboten zur Wärmeversorgung (z. B. Fernwärme, Erdgas, Contracting).				
	keine Mögl.	eher gering	gering	eher gering	eher gering
Effiziente Wärmenutzung im Gewerbe	Alle Kommunen (keine Unterscheidung).				
	keine Mögl.	eher gering	keine Mögl.	eher gering	gering

Strategie	Einstufung für das Handlungsfeld Wärme				
	Regulierung	fiskalische Anreize	Versorgung	Information	Strategie gesamt
Effiziente Wärmenutzung im Industriesektor	Kommune hat eigene Stadtwerke, die eine Fernwärmeversorgung anbieten.				
	keine Mögl.	gering	eher gering	gering	gering
	Kommune hat keine eigenen Stadtwerke, die eine Fernwärmeversorgung anbieten.				
	keine Mögl.	gering	gering	gering	gering
Neubau Wohngebäude	Kommune hat eigene Stadtwerke, die eine Fernwärmeversorgung anbieten.				
	sehr hoch	eher hoch	hoch	gering	sehr hoch
	Kommune hat keine eigenen Stadtwerke, die eine Fernwärmeversorgung anbieten.				
	sehr hoch	eher hoch	gering	gering	hoch
Neubau Gewerbe/ Industrie	Kommune hat eigene Stadtwerke, die eine Fernwärmeversorgung anbieten.				
	sehr hoch	keine Mögl.	hoch	gering	hoch
	Kommune hat keine eigenen Stadtwerke, die eine Fernwärmeversorgung anbieten.				
	sehr hoch	keine Mögl.	gering	gering	eher hoch

Tabelle 8.4: Einflussmöglichkeiten von Kommunen in den Instrumenten im Handlungsfeld Mobilität

Strategie	Einstufung für das Handlungsfeld Mobilität				
	Regulierung	fiskalische Anreize	Versorgung	Information	Strategie gesamt
Antriebswende – Motorisierter Individualverkehr	Kommune hat eigene Stadtwerke, die die Stromnetzkonzession besitzen.				
	keine Mögl.	hoch	eher hoch	eher gering	eher hoch
	Kommune hat keine eigenen Stadtwerke, die die Stromnetzkonzession besitzen.				
	keine Mögl.	hoch	eher gering	eher gering	eher hoch
Antriebswende – Motorisierter Güterverkehr	Kommune hat eigene Stadtwerke, die eine Fernwärmeversorgung anbieten.				
	eher gering	eher gering	eher hoch	eher gering	eher hoch
	Kommune ist kreisfrei und hat keine eigenen Stadtwerke, die eine Fernwärmeversorgung anbieten.				
	eher gering	eher gering	eher gering	eher gering	eher gering
Antriebswende – Bus	Kommune hat eigenes kommunales Verkehrsunternehmen.				
	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	keine Mögl.	sehr hoch
	Kommune hat kein eigenes kommunales Verkehrsunternehmen.				
	sehr hoch	eher gering	eher gering	keine Mögl.	eher hoch
Mobilitätswende – Nahmobilität	Kommune ist kreisfrei.				
	hoch	hoch	hoch	eher gering	sehr hoch
	Kommune ist kreisangehörig.				
	eher gering	hoch	gering	eher gering	eher hoch
Mobilitätswende – Regionale Mobilität	Kommune ist kreisfrei.				
	eher gering	hoch	eher hoch	eher gering	hoch
	Kommune ist kreisangehörig.				
	eher gering	hoch	gering	eher gering	eher hoch
Mobilitätswende – Güterverkehr	Alle Kommunen (keine Unterscheidung).				
	eher gering	eher gering	gering	gering	eher gering

Tabelle 8.5: Einflussmöglichkeiten von Kommunen in den Instrumenten im Handlungsfeld Ernährung & Landnutzung

Strategie	Einstufung für das Handlungsfeld Ernährung & Landnutzung				
	Regulierung	fiskalische Anreize	Versorgung	Information	Strategie gesamt
Ernährung & Lebensmittel	Alle Kommunen (keine Unterscheidung).				
	keine Mögl.	eher gering	eher gering	eher gering	eher gering
Wiedervernässung organischer Böden	Kommune ist kreisfrei.				
	sehr hoch	eher gering	keine Mögl.	eher gering	eher hoch
	Kommune ist kreisangehörig.				
	eher gering	eher gering	keine Mögl.	eher gering	eher gering
Aufforstung & nachhaltige Bewirtschaftung von Wäldern	Kommune ist kreisfrei.				
	sehr hoch	eher gering	keine Mögl.	eher gering	eher hoch
	Kommune ist kreisangehörig.				
	eher gering	eher gering	keine Mögl.	eher gering	eher gering

Tabelle 8.6: Einflussmöglichkeiten von Kommunen in den Instrumenten im Handlungsfeld Abfall & (Ab-)Wasser

Strategie	Einstufung für das Handlungsfeld Abfall & (Ab-) Wasser				
	Regulierung	fiskalische Anreize	Versorgung	Information	Strategie gesamt
Wiedervernässung organischer Böden	Kommune hat ein eigenes kommunales Müllentsorgungsunternehmen.				
	sehr hoch	hoch	sehr hoch	eher hoch	sehr hoch
	Kommune hat kein eigenes kommunales Müllentsorgungsunternehmen.				
	keine Mögl.	eher gering	gering	eher gering	eher gering
Wasser-/Abwasserreduktion & Anlageneffizienz	Kommune hat ein eigenes kommunales Unternehmen für Wasserversorgung/Abwasserentsorgung.				
	sehr hoch	hoch	sehr hoch	eher hoch	sehr hoch
	Kommune hat kein eigenes kommunales Unternehmen für Wasserversorgung/Abwasserentsorgung.				
	keine Mögl.	eher gering	gering	eher gering	eher gering

Tabelle 8.7: Einflussmöglichkeiten von Kommunen in den Instrumenten im Handlungsfeld Konsum

Strategie	Einstufung für das Handlungsfeld Konsum				
	Regulierung	fiskalische Anreize	Versorgung	Information	Strategie gesamt
Klimafreundlicheres Konsumverhalten der Bevölkerung	Alle Kommunen (keine Unterscheidung).				
	keine Mögl.	eher hoch	eher gering	eher gering	eher gering

Tabelle 8.8: Einflussmöglichkeiten von Kommunen in den Instrumenten im Handlungsfeld Verwaltung

Strategie	Einstufung für das Handlungsfeld Verwaltung				
	Regulierung	**fiskalische Anreize**	**Versorgung**	**Information**	**Strategie gesamt**
THG-neutrale Verwaltung (direkte Einflussbereiche über Scope 1 und Scope 2)	Alle Kommunen (keine Unterscheidung).				
	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	eher hoch	sehr hoch
THG-neutrale Verwaltung (indirekter Einflussbereich über Scope 3)	Kommune hat eigenes kommunales Verkehrsunternehmen.				
	sehr hoch	hoch	hoch	eher hoch	sehr hoch
	Kommune hat kein eigenes kommunales Verkehrsunternehmen.				
	hoch	eher hoch	eher gering	eher hoch	hoch

Literaturverzeichnis

Abdul Hadi, S.; Al Kaabi, M. R.; Al Ali, M. O.; Arafat, H. A. (2013): Comparative Life Cycle Assessment (LCA) of streetlight technologies for minor roads in United Arab Emirates. In: *Energy for Sustainable Development*. Vol. 17, No. 5, S. 438–450. DOI: *10.1016/j.esd.2013.05.001*.

Abel, S.; Barthelmes, A.; Gaudig, G.; Joosten, H.; Nordt, A.; Peters, J.; Couwenberg, J.; Dahms, T.; Hohlbein, M.; Kaiser, M.; Tanneberger, F. (2019): Klimaschutz auf Moorböden - Lösungsansätze und Best-Practice-Beispiele. Greifswald Moor Centrum. *https://greifswaldmoor.de/files/images/pdfs/201908_Broschuere_Klimaschutz%20auf%20Moorb%C3%B6den_2019.pdf*.

AGEB (2022): *Energieeinheitenumrechner*, https://ag-energiebilanzen.de/energieeinheiten-umrechner/. (25.03.2025).

Allekotte, M.; Biemann, K.; Heidt, C.; Colson, M.; Knörr, W.; Kräck, J. (2024): Aktualisierung TREMOD/TREMOD- MM und Ermittlung der Emissionsdaten des Verkehrs nach KSG im Jahr 2023. *Endbericht*, Umweltbundesamt.

Biemann, K.; Helms, H.; Münter, D.; Liebich, A.; Pelzeter, J.; Kämper, C. (2024): Analyse der Umweltbilanz von Kraftfahrzeugen mit alternativen Antrieben oder Kraftstoffen auf dem Weg zu einem treibhausgasneutralen Verkehr.

Breidenassel, C.; Schäfer, A. C.; Melanie, M.; Richter, M.; Linseisen, J.; Watzl, B. (2022): The Planetary Health Diet in contrast to the food-based dietary guidelines of the German Nutrition Society (DGE). In: *Ernahrungs Umschau*. Vol. 69, No. 5, S. 56–72. DOI: *10.4455/eu.2022.012*.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2024): Langfristszenarien. *https://langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/*.

Bundesministeriums der Justiz (2025): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare- Energien-Gesetz - EEG 2023).

co2online (o.J.): LED, Energiesparlampe & Co - das große Beleuchtungs-FAQ. https://www.co2online.de/energie-sparen/strom-sparen/energiesparlampen-leds/energiesparlampen-oder-led/. (23.05.2023).

CO2-Rechner des Umweltbundesamtes (2022): Der UBA-CO2-Rechner für Privatpersonen. https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/der-uba-co2-rechner-fuer-privatpersonen. (24.05.2023).

DECC, A. for the D. of E. and C. C.; Defra, D. for E., Food and Rural Affairs (2012): 2012 Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting.

DEHSt (2023): Factsheet: Moorschutz ist Klimaschutz.

Deutsche Energie-Agentur GmbH, dena (2016): Energieeffiziente Straßenbeleuchtung. Einsparpotenziale identifizieren und erschließen.

Diefenbach, N.; Cischinsky, H.; Rodenfels, M.; Clausnitzer, K.-D. (2010): Datenbasis Gebäudebestand: Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. Institut Wohnen und Umwelt (IWU). *https://datenbasis.iwu.de/dl/Endbericht_Datenbasis.pdf*.

Dittrich, M.; Liebich, A.; Ewers, B.; Kathan, A.; Wingenbach, C.; Limberger, S.; Brischke, L.-A.; Weiß, D.; Mohnen, L.; Maixner, L.; Keppner, B.; Leuser, L.; Knörzer, U.; Giese, J. C. P.; Schoer, K.; Müller, J. (2024): Die Grenzen des Konsums: Nachhaltiger Konsum unter der Berücksichtigung von planetaren Grenzen und globalen Wachstumsdynamiken. Umweltbundesamt. *https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/164_2024_texte.pdf*.

Dünnebeil, F.; Gugel, B.; Rogge, N.; Schreiner, L.; Wachter, P. (2024a): BISKO Bilanzierungs-Systematik Kommunal, Methoden und Daten für die kommunale Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland.

Dünnebeil, F.; Gugel, B.; Schreiner, L.; Wachter, P.; Rogge, N. (2024b): BISKO Bilanzierungssystematik Kommunal: Methoden und Daten für die kommunale Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland. Deutsches Institut für Urbanistik. DOI: *10.34744/T84Y-S729 https://repository.difu.de/handle/difu/263* (27.03.2025).

EnerergieAgentur.NRW GmbH (2018): Beleuchtung von Sportstätten. Energiesparendes Licht für Halle und Platz.

Gröger, J. (2020): Digitaler CO2-Fußabdruck. Datensammlung zur Abschätzung von Herstellungsaufwand, Energieverbrauch und Nutzung digitaler Endgeräte und Dienste.

Gröger, J.; Reintjes, Dr. N.; Spengler, L. (2013): PROSA Straßenbeleuchtung, Entwicklung der Vergabekriterien für ein klimaschutzbezogenes Umweltzeichen.

Gugel, B. (2018): Bandbreiten suffizienter Energieeinsparung in privaten Haushalten – Modellierung von bedarfsorientierten Handlungsmöglichkeiten verschiedener Nutzergruppen.

Günther, D.; Gniffke, P. (2022): Berechnung der Treibhausgasemissionsdaten für das Jahr 2022 gemäß Bundesklimaschutzge- setz. *https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/vjs_2022_-_begleitbericht_final_kurzfassung.pdf*.

Günther, D.; Gniffke, P.; Tarakji, Y. (2023): Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2021. Herausgeber: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. *https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/28_2023_cc_berichterstattung_unter_der_klimarahmenkonvention.pdf* (26.04.2024).

Hauser, E.; Heib, S.; Hildebrand, J.; Rau, I. (2019): Marktanalyse Ökostrom II.

Hörner, michael; Knissel, J.; Bagherian, B.; Born, R.; Grafe, M.; Jedek, C.; Loga, T. (2014): Berechnungsgrundlagen des TEK-Tools Version TEK 6.2. eilenergiekennwerte von Nichtwohngebäuden (TEK). *https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/tektool/2014_IWU_H%C3%B6rnerEtAl_TEK-Berechnungsgrundlagen-des-TEK-Tools-6-2.pdf*.

Hörner, M.; Cischinsky, H.; Diefenbach, N. (2022): Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Repräsentative Primärdatenerhebung zur statistisch validen Erfassung und Auswertung der Struktur und der energetischen Qualität des Nichtwohngebäudebestands in Deutschland. Institut Wohnen und Umwelt GmbH.

Innenministerium BW, Gemeindeprüfungsanstalt BW (2000): Leitfaden zur Bilanzierung nach den Grundlagen des Neuen Kommunalen Haushalts- und Rechnungswesens (NKHR) in Baden-Württemberg (3. Auflage), Fassung Juni 2017.

Institut Wohnen und Umwelt GmbH (2012): „TABULA“ – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern.

Jöhrens, J.; Dünnebeil, F.; Biemann, D. K.; Krieger, S.; Räder, D.; Rücker, J.; Zech, M.; Stete, G. (2019): Elektromobilitätskonzept Stadt Ludwigshafen am Rhein.

Kämper, C.; Lambrecht, U.; Kräck, J. (2024): FlyingLess Report GHG emissions reporting of air travel in academic institutions: Data collection, methods, results and communication. DOI: *10.5281/zenodo.14869959*.

Kroll, D.; Blume, F.; Buck, F. (2020): Vergleich des CO2-Fußabdrucksvon Mineral- und Trinkwasser. Kurzbericht zur Datenerhebnung und Berechnung. *https://atiptap.org/files/studie_gutcert_pcf_wasser.pdf*.

Lambrecht, U.; Kräck, J.; Dünnebeil, F. (2021): Homeoffice und Ersatz von Dienst- und Geschäftsreisen durch Videokonferenzen - Potenziale zur Minderung der Treibhausgasemissionen unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus der Corona-Krise.

Lauf, T.; Memmler, M.; Schneider, S. (2025): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger 2023. Umweltbundesamt. S. 173. DOI: *10.60810/OPENUMWELT-7687 https://openumwelt.de/handle/123456789/10598* (25.03.2025).

LEDVANCE GmbH (o.J.): Life cycle analysis of a LEDVANCE light-emitting diode lamp |. https://www.ledvance.com/professional/company/about-ledvance/sustainability/environmental/product-lifecycle-management/lca-of-a-led-lamp. (19.05.2023).

Mottschall, and M.; Waldenfels, R.; Cyganski, R.; Wolfermann, A.; Winkler, C.; Heinrichs, M.; Dünnebeil, F.; Fehrenbach, H.; Kämper, C.; Biemann, K.; Kräck, J.; Peter, M.; Zandonella, R.; Bertschmann, D.; Förster, H.; Schumacher, K. (2016): Endbericht Renewbility III. *https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/RenewbilityIII_Endbericht.pdf*.

Nobis, C.; Kuhnimhof, T. (2018): Mobilität in Deutschland− MiD: Ergebnisbericht.

OEKOBAU.DAT (2021): Datensatz Rasterleuchte Deckenintegriert 3x T8-18W. https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=093e7c65-86c0-47df-b972-32987fcb617b&version=20.19.120&stock=OBD_2021_II&lang=de. (07.06.2023).

Öko-Institut e.V.; Wuppertal Institut; Prognos AG (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045 (Langfassung). Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann, Datenanhang. S. 118. *https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2021/KNDE_2045/2021-09-08_Klimaneutrales_Deutschland_2045_Datenanhang_1.0.xlsx*.

Plesser, S.; Görtgens, A.; Ahrens-Hein, O.; Wussker, M.; Eckhoff, T.; Paulsen, H. (2015): 8 Passivhaus-Kitas in Hannover. Optimierung von Qualitätssicherungsprozessen für Nachhaltige Gbäude.

Power, M.; Eisenmann, L. (2021): Dokumentation des CO2-Schulrechners (Greenpeace e. V.).

Purr, K. (2021): Treibhausgasminderung um 70 Prozent bis 2030: So kann es gehen! Umweltbundesamt. *https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/21_12_29_uba_pos_treibhausgasminderung_um_70prozent_bf.pdf*.

PwC; ifeu; CP/COMPARTNER Agentur für Kommunikation GmbH; Prognos AG; EEBC (2024): Begleituntersuchung zur Förderung von Elektrobussen im ÖPNV: Eine Bilanz der Förderrichtlinie zur Anschaff ung von Elektrobussen im öffentlichen Personennahverkehr für die Jahre 2018 bis 2023 – im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).

Reise, J.; Siemons, A.; Böttcher, H.; Herold, A.; Urrutia, C.; Schneider, L.; Iwaszuk, E.; McDonald, H.; Freilih-Larsen, A.; Duin, L.; Davis, M. (2022): Nature-based solutions and global climate protection. Assessment of their global mitigation potential and recommendations for international climate policy.

Rheinland-Pfalz, Ministerium des Innern und für Sport (2006): Verwaltungsvorschrift Norm §116 Abs. 2 GemO - Richtlinie über die wirtschaftliche Nutzungsdauer von Vermögensgegenständen und die Berechnung der Abschreibungen -.

Riedel, T.; Bender, S.; Hennig, P.; Kroiher, F.; Schnell, S.; Schwitzgebel, F. (2024): Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der vierten Bundeswaldinventur.

Riedel, T.; Stümer, W.; Henning, P.; Dunger, K.; Bolte, A. (2017): Wälder in Deutschland sind eine wichtige Kohlenstoffsenke. Thünen-Institut. *https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn061187.pdf*.

Ritter, V.; Bagherian, B.; Müller, A.; Voss, K.; Berges, M. J. (2019): BBSR-Online-Publikation Nr. 20/2019. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). *https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2019/bbsr-online-20-2019-dl.pdf;jsessionid=0520CE8279B2E8838FFC9EB02B8B6211.live21301?__blob=publicationFile&v=1*.

Rock, J.; Dunger, K.; Marks, A.; Schmidt, U.; Seintsch, B. (2016): Wald und Rohholzpotenzial der nächsten 40 Jahre. Ausgewählte Ergebnisse der Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung 2013 bis 2052. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. *https://www.bundeswaldinventur.de/fileadmin/Projekte/2024/bundeswaldinventur/Downloads/BMEL_WEHAM2013-2052_Broschuere_RZ03_web.pdf* (31.03.2025).

Röck, M.; Sørensen, A.; Tozan, B.; Steinmann, J.; Horup, L. H.; Le Den, X.; Birgisdottir, H. (2022): Towards embodied carbon benchmarks for buildings in Europe - #2 Setting the baseline: A bottom-up approach. Zenodo. DOI: *10.5281/ZENODO.5895051 https://zenodo.org/record/5895051* (31.03.2025).

Roman, L. A.; Scatena, F. N. (2011): Street tree survival rates: Meta-analysis of previous studies and application to a field survey in Philadelphia, PA, USA. In: *Urban Forestry & Urban Greening*. Vol. 10, No. 4, S. 269–274. DOI: *10.1016/j.ufug.2011.05.008*.

Rosenkranz, A. (2020): Volllast und Teillast einer Heizung.

Scharp, M.; Engelmann, T.; Muthny, J.; Barthels, R.; Buchheim, E.; Eyrich, R.; Hildebrandt, T.; Merten, T.; Monetti, S.; Nachi, S.; Oswalnd, V.; Reinhardt, G.; Schulz-Brauckhoff, S.; Speck, M.; Wagner, T. (2019): KEEKS-Leitfaden für die klimaschonende Schulküche.

Sphera Solutions GmbH; hySOLUTIONS GmbH; VCDB VerkehrsConsult Dresden-Berlin GmbH; Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI; Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG; SEK Strategy Consulting GmbH (2021): Programmbegleitforschung Innovative Antriebe und Fahrzeuge Innovative Antriebe im straßengebundenen ÖPNV. Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) Invalidenstraße 44, 10115 Berlin Referat G23 Elektromobilität, Ladeinfrastruktur E-Mail: Ref-g23@bmdv.bund.de.

Sportstätten Rechner (o.J.): Sporthallenrechner - Kosten rund um die Sporthalle. In: *Sportstättenrechner*.

Wehenamann, K.; Schultz, K. (2024): Treibhausgas-Projektionen 2024 – Ergebnisse kompakt.

Weiß, M.; Wünsch, M.; Ziegenhagen, I. (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Agora Energiewende, Agora Verkehrswende. *https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_231_KNDE2045_Langfassung_DE_WEB.pdf*.

Wellenreuther, F.; Detzel, A.; Krüger, M.; Busch, M. (2022): Aktualisierte Ökobilanz von Grafik- und Hygienepapier.