

Weiterführende Informationen zum CO₂-Rechner für Schulen

des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus

Impressum

Herausgeber des CO₂-Rechners für Schulen

Bayerisches Staatsministerium für Unterricht für Kultus
Salvatorstraße 2
80333 München

Arbeitskreis CO₂-Rechner für Schulen

Dr. Ulrich Buchhauser, Leiter der Landesagentur für Energie und Klimaschutz (LENK)
Karl Geller, Mitglied des ISB-Arbeitskreises *Klimaschule Bayern*, Berufliche Schule Mindelheim
Sebastian Hartmann, Leiter der Abteilung Unternehmen, *Energie- und Umweltzentrum Allgäu (eza!)*
Matthias Klaubert, Arbeitskreisleitung *CO₂-Rechner für Schulen* und Landeskoordinator *Klimaschule Bayern*

Autor

Matthias Klaubert, Landeskoordinator *Klimaschule Bayern*

Redaktion

Hannah Auerochs, Koordinierungsstelle *Klimaschule Bayern*, Landesagentur für Energie und Klimaschutz (LENK)
Philipp Pacius, Leiter der Stabsstelle Klimaschutz, Staatsministerium für Unterricht und Kultus
Bernadette Kannler, Mitglied des ISB-Arbeitskreises *Klimaschule Bayern*, Anton-Rauch-Realschule Wertingen
Hilde Elsner, Mitglied des ISB-Arbeitskreises *Klimaschule Bayern*, Grundschule Haslach

Technische Umsetzung des CO₂-Rechners

Agentur2 Gesellschaft für Kommunikation und Design mbh
Prinzregentenstraße 68
81675 München

Bereitstellung der Emissionsfaktoren

Johann Brütting
Sebastian Hartmann
Energie- und Umweltzentrum Allgäu (eza!)
Burgstraße 26
87435 Kempten

Website des CO₂-Rechners

<https://www.co2-rechner.bayern.de>

Kontakt

info@klimaschule.bayern.de



Letzter Stand

Oktober 2022

Inhalt

Einleitung	4
Besonderheiten des CO ₂ -Rechners für Schulen	5
Eingabebereiche des CO ₂ -Rechners für Schulen	6
A. Allgemein	6
B. Abfall	6
C. Digitalisierung	7
D. Einkauf	7
E. Ernährung	8
F. Mobilität	9
CO ₂ -Bilanzierung des Schulwegs	10
G. Strom	12
CO ₂ -Bilanzierung von Ökostromprodukten	12
CO ₂ -Bilanzierung von PV-Anlagen	12
CO ₂ -Bilanzierung von Blockheizkraftwerken	13
Elektrischer Gesamtenergiebedarf	13
H. Wärme	13
Wärmegesamtbedarf	14
Klimaanlagen	15
I. Wasser	15
J. Sonstiges	15
K. Kompensation	15
Die Emissionsfaktoren im Überblick	16
Quellen	24

Einleitung

Mit der Entwicklung des CO₂-Rechners für Schulen durch das bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus steht bundesweit ein wichtiges Werkzeug zur Verfügung, um den CO₂-Fußabdruck von Schulen zeitsparend, strukturiert und umfassend ermitteln zu können. Dieser bildet die Basis für die weitere Klimaschutzarbeit an Schulen und ist insbesondere ein zentraler Schritt auf dem Weg zur zertifizierten Klimaschule im Rahmen des Schulentwicklungsprogramms *Klimaschule Bayern*.

Bereiche des CO₂-Rechners

Der CO₂-Rechner für Schulen ermöglicht die Erfassung und Berechnung der Treibhausgasemissionen in acht Bereichen:

- **Abfall:** Papier, Restmüll
- **Digitalisierung:** Neuanschaffungen von Tablets, Notebooks, Desktop-PCs, Bildschirmen und Internetdatenvolumen
- **Einkauf:** Kopier- und Toilettenpapier sowie Papierhandtücher
- **Ernährung:** Mensa, Schulverkauf, Getränke
- **Mobilität:** Schulweg der Schulgemeinschaft, Dienstreisen, Fortbildungen, ein- und mehrtägige Fahrten
- **Strom:** Strombezug, Eigenstromerzeugung (PV, Wasser, Blockheizkraftwerk)
- **Wärme:** Heizung, Blockheizkraftwerk, Solarthermie
- **Wasser:** Frischwasser, Regenwasser

Bei der Festlegung der Systemgrenzen wurde darauf Wert gelegt, die Emissionen von Schulen möglichst umfassend zu ermitteln, um eine aussagekräftige CO₂-Bilanz zu erhalten und um daraus wirksame Klimaschutzmaßnahmen ableiten zu können.

Die CO₂-Bilanzierung erfolgt in Anlehnung an das „Greenhouse Gas Protocol“ in den Geltungsbereichen (engl. Scopes) 1, 2 und 3.

Zum Geltungsbereich 1 und 2 gehören alle energiebedingten direkten und indirekten Treibhausgasemissionen einer Schule. Hierzu zählen die Bereiche Strom und Wärme.

Der Geltungsbereich 3 deckt im CO₂-Rechner für Schulen eine breite Auswahl sonstiger indirekter Emissionen ab. Darunter fallen die Bereiche Abfall, Digitalisierung, Einkauf, Ernährung, Mobilität und Wasser.

Die zur Berechnung der Treibhausgasemissionen notwendigen Emissionsfaktoren stammen aus wissenschaftlich anerkannten Quellen und sind ab Seite 16 aufgeführt.

Besonderheiten des CO₂-Rechners für Schulen

Schulweg: Automatisierte Auswertung von Mebis-Mobilitätsumfragen

Durch die Nutzung der passgenauen Mebis-Mobilitätsumfragen können bayerische Schulen im CO₂-Rechner den Beitrag des Schulwegs zum CO₂-Fußabdruck der Schule innerhalb weniger Sekunden ermittelt. Die zuvor erhobenen Umfrageergebnisse werden dazu einfach als CSV-Datei im Rechner hochgeladen. Zudem prüft der CO₂-Rechner den kompletten Datensatz auf Plausibilität, bevor dieser ausgewertet wird.

Damit erhalten Schulen tiefgreifenden Einblicke in die Mobilitätsemissionen der Schulfamilie und können daraus mögliche Klimaschutzmaßnahmen ableiten.



Für Schulen außerhalb Bayerns: Bereitstellung der Mobilitätsumfragen via Moodle

Damit auch Schulen außerhalb Bayerns die komfortable Umfrageauswertung via CSV-Datei nutzen können, werden die Umfragevorlagen für die Lernplattform Moodle, die in vielen Bundesländern eingesetzt wird, bereitgestellt.



Energieberatung: gezielte Unterstützung von Schulen

Energieberaterinnen und Energieberater, die Schulen auf dem Weg zur Klimaschule begleiten, können auf Antrag Zugriff auf einzelne Schulbilanzen erhalten, um diese bei der Dateneingabe zu unterstützen. Dadurch können Schulen optimal bei der CO₂-Bilanzierung begleitet werden. Diese Funktion steht aktuell nur bayerischen Schulen zur Verfügung.

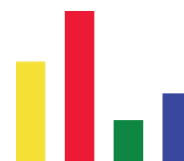
CO₂-Auswertungsbericht im Word-Format

Zum Start des Rechners wird der Auswertungsbericht in Form einer kurzen Zusammenfassung ausgegeben. Durch das Word-Format kann der Bericht bei Bedarf weiter ausformuliert und z.B. um Interpretationen ergänzt werden.

Geplante Ausbaustufen des CO₂-Rechners

Detaillierter CO₂-Auswertungsbericht

Die Zusammenfassung der CO₂-Bilanz wird in den nächsten Monaten um einen detaillierten Auswertungsbericht im Word-Format erweitert. Dann werden Diagramme die ermittelten Daten und Treibhausgasemissionen noch veranschaulichen.



Eingabebereiche des CO₂-Rechners für Schulen

A. Allgemein

Die Eingabefelder im Reiter „Allgemein“ des CO₂-Rechners sind von besonderer Bedeutung. Sie beeinflussen die Berechnung der Treibhausgasmissionen des Schulwegs, wenn die automatische Datenauswertung der Mobilitätsumfragen via CSV-Datei verwendet wird.

Folgende Eingabefelder haben einen Einfluss auf Auswertung der Mobilitätsdaten:

- Wie viele Schülerinnen und Schüler haben die Schule besucht?
- Wie viele dieser Schülerinnen und Schüler besuchten die Abschlussklasse?
- Wie viele Tage befand sich die Abschlussklasse nicht im Schulbetrieb?
- Wie viele Schultage hatten Sie im Kalenderjahr 2021?
- Wie viele Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter waren beschäftigt?
- Wurde im Blockkursmodell unterrichtet?
- An wie vielen Tagen befand sich Ihre Schule im Distanzunterricht?
- Wie viele Prozent der Schülerinnen und Schüler waren an diesen Tagen vom Distanzunterricht betroffen?

Die Anzahl der Fragen macht deutlich, dass die Ermittlung des CO₂-Fußabdrucks von einer Vielzahl von Parametern beeinflusst wird. Es ist deshalb besonders sinnvoll, diese aufwändige Arbeit durch die Importfunktion des CO₂-Rechners für Schulen durchführen zu lassen. Weitere Hintergrundinformationen zur Datenauswertung werden im Abschnitt F. **Mobilität, CO₂-Bilanzierung des Schulwegs** ab Seite 10 erläutert.

CO₂-Bilanzierung des Schulwegs

Das Eingabefeld „Wie groß war die **Energiebezugsfläche** Ihrer Schule?“ ist notwendig, um den Strom- und Wärmebedarf der Schule im Auswertungsbericht interpretieren zu können. Weitere Information hierzu sind auf den Seiten 13 und 14 zu finden.

B. Abfall

Im Bereich Abfall werden sowohl Rest- als auch Papiermüll erfasst. In beiden Fällen haben Schulen die Möglichkeit, die Müllmengen in den Einheiten Tonnen und m³ einzutragen, wobei die Erfassung nach Gewicht vorzuzugswürdig ist.

In Regel werden die angefallenen Müllmengen von Schulen nicht abgewogen. Die Ermittlung der Müllmenge erfolgt dann in der Einheit m³. Es ist klar, dass die tatsächlich angefallene Müllmenge im betrachteten Bilanzierungsjahr auf diese Weise nur näherungsweise ermittelt werden kann.

Auch Einsparbemühungen der Schule können durch Volumenangaben kaum quantifiziert werden, da es in der Praxis oftmals nur sehr schwer möglich ist, die Mülltonnengröße zu verkleinern, obwohl weniger Müll angefallen ist.

Weitere Wertstoffe, die an Schulen im Rahmen der Mülltrennung anfallen können, wie z. B. Glas, Metalle, Biomüll oder Verpackungsmüll, werden im CO₂-Rechner nicht berücksichtigt, da sich der Rechner auf die wesentlichen Emissionsquellen beschränkt.

C. Digitalisierung

Die Herstellung digitaler Endgeräte ist für relevante Treibhausgasemissionen verantwortlich. Im CO₂-Rechner können die Herstellungsemissionen für folgende Geräte berücksichtigt werden:

- Laptop
- Tablet
- Desktop-PC
- PC-Monitor

Optionales Eingabefeld: Datenvolumen Internet

Weiter können besonders interessierte Schulen die Treibhausgase ermitteln, die durch die Internetnutzung der Schule entstehen. Hierzu zählt das komplette Datenvolumen (Upload und Download), das eine Schule im Bilanzierungsjahr verbraucht hat.

Die Internetnutzung der Schülerinnen und Schüler sowie der Lehrkräfte außerhalb des Schulgebäudes werden im CO₂-Fußabdruck der Schule nicht berücksichtigt und fallen in den Bereich des CO₂-Fußabdrucks des Elternhauses bzw. der Lehrkräfte.

Hinweis zum Emissionsfaktor Internet

Der Emissionsfaktor zur Berechnung der Internetemissionen beruht auf der Annahme, dass die Internetdaten (Suchanfragen, Videoclips, ...) per Kabel durch das World Wide Web transportiert werden. Dies ist grundsätzlich auch dann der Fall, wenn in der Schule WLAN eingesetzt wird, da die daran anschließende Datenübertragung kabelgebunden erfolgt.

Der Einsatz von WLAN-Technik führt jedoch zu einem etwas höheren elektrischen Energieverbrauch im Schulgebäude und wird über den Stromzähler erfasst.

D. Einkauf

Im Bereich Einkauf werden alle Papierverbräuche der Schule erfasst. Hierzu zählen Kopierpapier, Toilettenpapier und Papierhandtücher. Dabei wird zwischen Frischfaserpapier und Recyclingpapier unterschieden, da die CO₂-Bilanz von Papierprodukten aus Frischfasern höher ist als von vergleichbaren Produkten aus Recyclingpapier.

Recyclingpapier

Hierzu zählt Papier, das zu 100 % aus Altpapier hergestellt wurde. Ein hilfreiches Erkennungszeichen ist der blaue Engel.

Die Ökobilanz von Recyclingpapier, insbesondere die CO₂-Bilanz, ist deutlich besser als von Frischfaserpapier. Es sollte daher das Ziel sein, im Schulbetrieb möglichst eine Recyclingpapierquote von 100 % zu erreichen. Auch an Kopiergeräten kann Recyclingpapier problemlos eingesetzt werden.

Frischfaserpapier

Hierzu zählen alle Papiere, die nicht zu 100 % aus Altpapier hergestellt wurden.

Kopierpapier

Es wird im CO₂-Rechner nach der Anzahl der verbrauchten DIN A4 Packungen à 500 Blatt im Bilanzierungsjahr gefragt. Im Eingabefeld „Kopierpapier“ können auch Sonderpapiere erfasst werden, wie z. B.

Schulaufgabenpapier, Zeugnispapier, Buntpapier, etc.

Um Kopierpapier im DIN A3-Format zu erfassen, multiplizieren Sie die Anzahl der DIN A3 Packungen à 500 Blatt einfach mit dem Faktor 2.

Toilettenpapier

Im CO₂-Rechner wird zwischen Jumborollen und Normalrollen unterschieden. Jumborollen haben einen Durchmesser von etwa 26 cm.

Papierhandtücher

Die Verwendung von Papierhandtüchern ist z. B. in Schultoiletten oder in Klassenzimmern weit verbreitet. Innerhalb eines Kalenderjahres entstehen dadurch recht hohe Papierverbräuche, die in der schulischen CO₂-Bilanz berücksichtigt werden sollten.

E. Ernährung

Der Eingabebereich Ernährung gliedert sich in drei Kategorien:

- Mensa für die Mittagsverpflegung
- Schulverkauf
- Getränke

Mensa

Zur Bestimmung der Treibhausgasemissionen durch den Mensa- bzw. Kantinenbetrieb wird die Anzahl der im Bilanzierungsjahr verkauften Portionen erfasst. Da zwischen Fleischgerichten, vegetarischen Gerichten und veganen Gerichten in der CO₂-Bilanz deutliche Unterschiede bestehen, wird die Anzahl der verkauften Portion in diesen drei Kategorien getrennt erfasst.

Einen Überblick über die Emissionsfaktoren der verschiedenen Gerichte zeigt die folgende Tabelle.

	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
Tellergericht Fleisch	1,6	kg CO ₂ e/Portion	ifeu, 2020, Berechnung eza!
Tellergericht vegetarisch	0,8	kg CO ₂ e/Portion	ifeu, 2020, Berechnung eza!
Tellergericht vegan	0,6	kg CO ₂ e/Portion	ifeu, 2020, Berechnung eza!

Zur Berechnung der Treibhausgasemissionen der verschiedenen Tellergerichtarten wurden die Treibhausgasemissionen verschiedener Gerichte berechnet und jeweils der Mittelwert gebildet. Weiter wurde davon ausgegangen, dass ausschließlich konventionelle Produkte zum Einsatz kommen.

Bioprodukte im Mensabetrieb

Der Einsatz von Bioprodukten verbessert den CO₂-Fußabdruck der Gerichte in der Regel nicht (Guido Reinhardt 2020). Trotzdem ist es aus ökologischer Sicht deutlich besser, biologisch erzeugte Lebensmittel in der Mensa einzusetzen, da bei der Herstellung dieser Produkte z. B. keine Mineraldünger und Pestizide zum Einsatz kommen.

Dieses Beispiel macht deutlich, dass die Umsetzung von Maßnahmen immer im ökologischen Gesamtkontext betrachtet und bewertet werden muss und eine alleinige Betrachtung der Treibhausgasemissionen nicht ausreichend ist.

F. Mobilität

Der Bereich Mobilität gliedert sich in fünf Kategorien

- Schulweg der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
- Schulweg der Schülerinnen und Schüler
- Fortbildungen und Dienstreisen
- Eintägige Schulausflüge
- Mehrtägige Schülerfahrten

Verkehrsmittel

Je nach gewählter Kategorie stehen im Mobilitätssektor verschiedene Dateneingabefelder mit den in Frage kommenden Verkehrsmitteln zur Verfügung:

- Auto mit Verbrennungsmotor
- Auto vollelektrisch
- E-Bike
- Fahrrad
- Flugzeug
- ÖPNV (Bus/Tram/S-Bahn/U-Bahn/Zug)
- Reisebus
- Schiff

Zudem besteht bei Autofahrten die Möglichkeit, Fahrgemeinschaften im CO₂-Rechner zu berücksichtigen. Die Berechnung der CO₂-Emissionen erfolgt dann mit einem reduzierten Faktor.

Personenkilometer

In jeder der oben genannten Kategorien wird für jedes Verkehrsmittel nach der Gesamtanzahl der Personenkilometer gefragt, die innerhalb eines Jahres für schulische Zwecke von der Schulfamilie zurückgelegt worden sind.

Beispiel 1: Mehrtägige Schülerfahrt mit dem Bus

An einem Schüleraustausch mit dem Reisebus nehmen 30 Personen teil. Die Fahrtstrecke beträgt insgesamt 1200 km. Die Anzahl der Personenkilometer berechnet sich dann wie folgt:

$$30 \text{ Personen} \times 1200 \text{ km} = 36000 \text{ Pkm.}$$

Genauso wird mit allen anderen Schülerfahrten, Dienstreisen und Fortbildungen verfahren. Die Summe der Personenkilometer wird im jeweiligen Eingabefeld des CO₂-Rechners eingetragen.

Die Berechnung der Personenkilometer kann mithilfe der Exceldatei *CO₂-Bilanzierung – Fragen zur Datenerhebung* durchgeführt werden. Diese erreichen Sie über folgenden Link:



[CO₂-Bilanzierung – Fragen zur Datenerhebung](#)

Hinweis

Die Anzahl der Personenkilometer, die auf dem Schulweg der Lehrkräfte und der Schülerinnen und Schüler anfallen, können automatisch mithilfe der im Rechner integrierten CSV-Upload-Funktion berechnet werden.

CO₂-Bilanzierung des Schulwegs

Die Ermittlung der Treibhausgasemissionen durch den Schulweg der Schülerinnen und Schüler sowie der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erfolgt in mehreren Schritten:

1. Durchführung von zwei Mobilitätsumfragen, z. B. auf der Lernplattform Mebis bzw. Moodle
2. Export der Umfrageergebnisse als CSV-Datei
3. Eingabe der Grunddaten zur Schule im Bereich „Allgemein“ des CO₂-Rechners
4. Upload der CSV-Datei im Upload-Feld des CO₂-Rechners
5. Automatische Auswertung der Umfrage im CO₂-Rechner für Schulen

Durch die Nutzung der Lernplattform Mebis bzw. Moodle wird sichergestellt, dass die CSV-Datei korrekt aufgebaut ist und im CO₂-Rechner genutzt werden kann.

Vorteile der automatisierten Auswertung via CSV-Datei

- Automatischer Datencheck der CSV-Datei auf unplausible Dateneingaben
- Große Zeitersparnis gegenüber der individuellen Auswertung
- Standardisierung der Auswertung
- Fehlerminimierung bei der Auswertung

Wie wird der CO₂-Fußabdruck des Schulwegs berechnet?

Die integrierte Datenauswertung via CSV-Datei soll eine möglichst genaue Bestimmung des CO₂-Fußabdrucks des Schulwegs ermöglichen. Hierzu fließen eine Vielzahl von Parametern in die Berechnungen ein (siehe Seite 6, Eingabebereiche des CO₂-Rechners)

Durch den im CO₂-Rechner integrierten Datencheck der CSV-Datei werden versehentlich falsch eingetragene Werte der Schülerinnen und Schüler sowie der Lehrkräfte vorab erkannt und automatisch korrigiert. Dadurch wird sichergestellt, dass die berechneten Treibhausgasemissionen des Schulwegs den realen Treibhausgasemissionen möglichst nahekommen.

Da die Treibhausgasemissionen des Schulwegs per Hochrechnung auf der Grundlage der Gesamtanzahl der Schülerinnen und Schüler bzw. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter berechnet werden, ist besonders wichtig, möglichst viele Personen zu befragen, um ein möglichst aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten.

Befragungsanteil mindestens 50 %

Im CO₂-Rechner kann die automatische Auswertungsfunktion via CSV-Datei genutzt werden, wenn mindestens 50 % der Schülerinnen und Schüler sowie mindestens 50 % der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter befragt worden sind. Es ist jedoch empfehlenswert, mindestens 80 % der beiden Personengruppen zu befragen.

Die einzelnen Rechenschritte sollen hier heuristisch am Beispiel einer Schülerbefragung an einer Standardschule skizziert werden:

Gesamtanzahl der Personenkilometer je Verkehrsmittel

Grundsätzlich wird für jeden Umfrageteilnehmer/ jeder Umfrageteilnehmerin zunächst die Anzahl der Personenkilometer berechnet, die mit den angegebenen Verkehrsmitteln pro Jahr zurückgelegt wurden. Hierzu werden zwei gleich gewichtete Zeiträume betrachtet, für die aufgrund der Jahreszeiten ein unterschiedliches Mobilitätsverhalten vorliegen kann:

Zeitraum 1: November bis März (Winter)

Zeitraum 2: April bis Oktober („Sommer“)

Für jedes Verkehrsmittel wird dann auf der Grundlage dieser Berechnungen ein Mittelwert der zurückgelegten Personenkilometer pro Jahr mit dem jeweiligen Verkehrsmittel berechnet.

Um die Gesamtanzahl der Personenkilometer für die gesamte Schülerschaft zu berechnen, wird der Mittelwert auf die Gesamtheit der Schülerinnen und Schüler hochgerechnet. Zuletzt wird der ermittelte Wert mit dem Emissionsfaktor des Verkehrsmittels multipliziert.

Beispiel: ÖPNV

Für das Verkehrsmittel ÖPNV ist die Formel zur Berechnung der Treibhausgasemission wie folgt aufgebaut:

$$\frac{\text{Summe der Personenkilometer ÖPNV}}{\text{Anzahl der befragten Schüler: innen}} \times (\text{Gesamtanzahl der Schüler: innen}) \times \text{Emissionsfaktor ÖPNV}$$

Gesamtanzahl der zurückgelegten Personenkilometer mit dem ÖPNV im Bilanzierungsjahr

Durch die Berücksichtigung der folgenden Aspekte wird die Gesamtanzahl der Personenkilometer je Verkehrsmittel und damit der CO₂-Ausstoß noch genauer berechnet.

Berücksichtigung von Abschlussklassen

Abschlussklassen beenden das Schuljahr oft frühzeitig. Diese Zeiträume werden im CO₂-Rechner für Schulen herausgerechnet, sofern die notwendigen Informationen zu den Abschlussklassen im CO₂-Rechner unter „Allgemein“ hinterlegt worden sind.

Distanzunterricht

Im Jahr 2021 waren die allermeisten Schulen von Distanzunterricht betroffen. Im CO₂-Rechner für Schulen können diese Fehlzeiten bei der Ermittlung des CO₂-Fußabdrucks des Schulwegs berücksichtigt werden. Hierzu wird vereinfacht abgefragt, welcher Anteil der Schülerschaft vom Distanzunterricht betroffen war und für welchen Zeitraum. Diese Fehlzeiten werden anteilig bei der automatisierten Auswertung via CSV-Datei berücksichtigt.

Blockunterricht an Schulen

Da an einigen Schularten im Blockkursmodell unterrichtet wird und der Schulweg der Lehrkräfte sowie der Schülerinnen und Schüler oftmals nur unzureichend über die Anzahl der Fahrten erfasst werden kann, wurden für Schulen mit Blockunterricht eigene Fragebögen entwickelt: ein Fragebogen für Lehrkräfte und ein Fragebogen für die Schülerinnen und Schüler. Diese erfragen die **Gesamtanzahl der pro Woche zurückgelegten Kilometer** mit den zur Auswahl gestellten Verkehrsmitteln. Neben der Abfrage von Fahrgemeinschaften wird erhoben, wie viele Unterrichtstage die Person insgesamt an der Schule pro Jahr verbringt.

Über Durchschnittswerte, vergleichbar mit den oben beschriebenen Schritten, werden auch bei Schulen mit Blockkursunterricht die Gesamtanzahl der zurückgelegten Personenkilometer für jedes Verkehrsmittel per Hochrechnung für das Bilanzierungsjahr berechnet.

G. Strom

CO₂-Bilanzierung von Ökostromprodukten

Der CO₂-Rechner für Schulen fragt nach der verwendeten Stromart (dt. Strommix oder Ökostrom) und ob es sich im Fall von Ökostrom um einen Tarif mit Neuanlagenförderung handelt.

Wenn eine Schule einen **Ökostromtarif ohne Neuanlagenförderung** hat, wird als Emissionsfaktor der deutsche Strommix, derzeit 438 g CO₂e/kWh, zur Berechnung der Treibhausgasemissionen verwendet (Umweltbundesamt, 2020).

Dies liegt darin begründet, dass die Nachfrage nach Ökostrom bereits heute niedriger ist als die Menge an Ökostrom, die in Deutschland produziert wird. Nur ein Ökostromtarif mit Neuanlagenförderung trägt deshalb zum Ausbau der Energiewende in Deutschland bei und leistet damit einen Beitrag zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen.

CO₂-Bilanzierung von PV-Anlagen

Zur CO₂-Bilanzierung von PV-Anlagen müssen zwischen dem Eigenstromverbrauch und der ins deutsche Stromnetz eingespeisten Strommenge unterschieden werden.

Eigenstromverbrauch

Unter dem Eigenstromverbrauch versteht man die erzeugte PV-Strommenge, die direkt im Gebäude verbraucht wird. Für diese Strommenge wird der Emissionsfaktor 55,714 g CO₂e/kWh verwendet (Umweltbundesamt, 2021).

Der Eigenstromverbrauch von einer PV-Anlage führt somit zu einer Reduktion des CO₂-Ausstoßes der Schule, da der externe Netzbezug von elektrischer Energie reduziert wird. Zum Vergleich: Beim Ökostromtarif mit Neuanlagenförderung wird der Emissionsfaktor 64 g CO₂e/kWh verwendet. Dies entspricht einer Einsparung von rund 8,7 %.

Netzeinspeisung PV-Strom

Der restliche ins Netz eingespeiste PV-Strom darf jedoch nicht der CO₂-Bilanz der Schule „gutgeschrieben“ werden, da diese CO₂-Einsparung bereits durch die Bundesregierung erfasst wird und es sich somit um eine Doppelzählung handeln würde.

Im CO₂-Rechner für Schulen wird die Stromgesamtproduktion der PV-Anlage im Bilanzierungsjahr sowie die davon ins Stromnetz eingespeiste Strommenge abgefragt. Aus der Differenz zwischen der Gesamtproduktion und der eingespeisten PV-Strommenge berechnet der CO₂-Rechner den Eigenstromverbrauch der Schule und die damit verbundenen CO₂-Emissionen.

Analog verhält es sich mit dem Eigenstromverbrauch von Wasserkraftanlagen. Der Emissionsfaktor für den Eigenstromverbrauch von Wasserkraftstrom liegt jedoch nur bei 2,649 g CO₂e/kWh.

CO₂-Bilanzierung von Blockheizkraftwerken

Ein Blockheizkraftwerk (kurz BHKW) kann sowohl Strom als auch Wärme erzeugen. Hierzu relevante Eingabefelder sind deshalb in den beiden Bereichen Strom und Wärme aufgeführt.

Die Treibhausgasgesamtemissionen des BHKWs werden durch den Gesamtverbrauch des verwendeten Energieträgers festgelegt.

Strom

Zur Berechnung der BHKW- Stromemissionen wird die gesamte Stromproduktion des BHKWs berücksichtigt, d. h. sowohl der Eigenstromverbrauch als auch der ins Stromnetz eingespeiste Strom fließen in die CO₂-Bilanz der Schule ein (Territorialprinzip). Energieverluste werden vernachlässigt.

Als Emissionsfaktor wird der zum Energieträger zugehörige Faktor verwendet.

Wärme

Die BHKW- Stromemissionen ergeben sich aus der Differenz der BHKW-Gesamtemissionen (bedingt durch den Gesamtenergiebedarfs des BHKWs) und dessen BHKW-Stromemission. Als Emissionsfaktor wird erneut der zum eingesetzten Energieträger zugehörige Faktor verwendet.

Elektrischer Gesamtenergiebedarf

Zur Ermittlung des **elektrischen Gesamtenergiebedarfs** der Schule werden alle elektrischen Energieverbräuche summiert, die in der Schule innerhalb eines Jahres angefallen sind. Hierzu zählen neben dem Bezug von elektrischer Energie aus dem dt. Stromnetz alle Eigenstromverbräuche von Stromerzeugungsanlagen der Schule (PV-Anlagen, Wasserkraft und BHKW).

Eine zentrale Größe zur Bewertung des elektrischen Energieverbrauchs eines Gebäudes ist die Größe kWh pro m² und Jahr. Für Nichtwohngebäude wird üblicherweise eine Farbskala verwendet, die im CO₂-Bilanzierungsbericht des CO₂-Rechners angewendet wird.

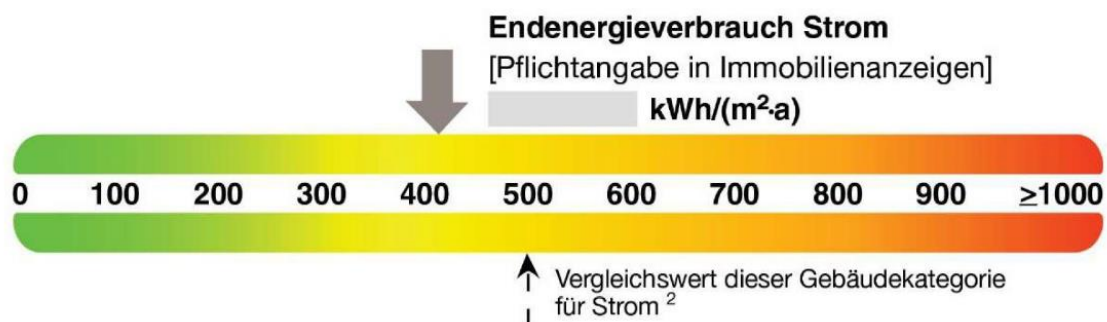


Abbildung 1: Farbskala zur Einordnung des Endenergiebedarfs (Strom) des Gebäudes pro m² und Jahr. Ein niedriger Wert steht für eine hohe Energieeffizienz des Gebäudes (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2020)

H. Wärme

Zur Ermittlung der Wärmeemissionen einer Schule sieht der CO₂-Rechner folgende Kategorien vor:

- Blockheizkraftwerk
- Solarthermie
- Sonstige Heizungsarten

Über diese Eingabebereiche können alle relevanten Heizungssysteme einer Schule berücksichtigt werden. Sollten Schulen durch eine oder mehrere Heizungsanlagen versorgt werden, können in den Eingabefeldern der Kategorie „Sonstige Heizungsarten“ alle Energieverbräuche eingetragen werden.

Örtlicher Emissionsfaktor für Fernwärme

Schulen, die mit Fernwärme beheizt werden, können einen örtlichen Emissionsfaktor im Eingabefeld „Örtlicher Emissionsfaktor für Fernwärme“ in der Einheit kg CO₂e/kWh eintragen. Dies ist hilfreich, weil die örtlichen Gegebenheiten sehr unterschiedlich sein können und die im CO₂-Rechner hinterlegten Emissionsfaktoren im Bereich Fernwärme möglicherweise diese Situationen ansonsten nicht exakt abbilden.

Reale Energieverbräuche

Tragen Sie in den Dateneingabefeldern nur **reale Energieträgerverbräuche** ein. Witterungsbereinigte Daten sind für die CO₂-Bilanzierung nicht geeignet, da sie nicht den tatsächlichen Energieverbrauch des Gebäudes im Bilanzierungsjahr widerspiegeln.

Achten Sie darauf, dass Energieverbräuche nicht doppelt eingetragen werden. Wenn Ihre Schule beispielsweise durch ein Blockheizkraftwerk mit Wärme versorgt wird, darf der Energieträgerverbrauch nur einmal im Bereich „Blockheizkraftwerk“ eingetragen werden.

Wärmegesamtbedarf

Der Wärmegesamtbedarf ist die Summe aller Energiemengen, die zur Beheizung aller Gebäudeteile sowie zur Warmwasseraufbereitung innerhalb eines Kalenderjahres eingesetzt wurden.

Da im CO₂-Rechner für Schulen der Energieträgerverbrauch je nach Energieträger mit unterschiedlichen Einheiten eingetragen werden kann (kWh, m³, Srm, t), erfolgt im Hintergrund des CO₂-Rechners zunächst die Umrechnung des Energieträgerverbrauchs in die Einheit kWh. Folgende Umrechnungsfaktoren werden hierzu verwendet:

	Umrechnungsfaktor	Quelle
Biomasse: Hackschnitzel Srm nach kWh	800	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2014, Berechnung eza!
Biomasse: Hackschnitzel Tonne nach kWh	4000	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2014, Berechnung eza!
Biomasse: Pellets Tonne nach kWh	5000	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2014, Berechnung eza!
Biomasse: Pellets m³ nach kWh	3250	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2014, Berechnung eza!
Erdgas: m³ nach kWh	9,77	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2021
Flüssiggas: m³ nach kWh	6570	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2021
Heizöl: Liter nach kWh	9,94	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2021
Solarthermie: m² nach kWh	350	Verbraucherzentrale, 2022

Eine zentrale Größe zur Bewertung des Wärmeenergiegesamtbedarfs eines Gebäudes ist wie im Bereich Strom die Größe kWh pro m² und Jahr. Für Nichtwohngebäude wird auch hier eine Farbskala verwendet, die im CO₂-Bilanzierungsbericht des CO₂-Rechners angewendet wird.

Klimaanlagen

Kältemittel in Klimaanlagen können ein sehr großes Treibhausgaspotential besitzen. Klimaanlagen sollten deshalb in regelmäßigen Abständen auf Leckagen untersucht werden.

Im CO₂-Rechner wird deshalb die in der Klimaanlage nachgefüllte Kältemittelmenge in der Einheit kg abgefragt. Sollte die genaue Bezeichnung des nachgefüllten Kältemittels nicht bekannt sein, ist das Kältemittel „Sonstiges“ zu wählen. Als Emissionsfaktor wird für diesen Fall der Mittelwert aller hinterlegten Kältemittel-Emissionsfaktoren verwendet, also 3098 kg CO₂e/kg Kältemittel.

Die am weitesten verbreiteten Kältemittel sind R-410A und R-32. Sie sind deshalb in der Kältemittelliste des CO₂-Rechners an oberster Stelle aufgeführt.

I. Wasser

Der Wasserverbrauch von Schulen ist in der Regel nur für einen geringen Anteil der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Diese entstehen durch die Frischwasserbereitstellung (Pumpen, Wartung, ...) sowie durch die anschließende Reinigung des Schmutzwassers in Kläranlagen.

Regenwasserzisternen können den Frischwasserverbrauch reduzieren, z. B. wenn das Regenwasser in Toilettenspülungen verwendet wird.

Regenwasser, das z. B. zum Gießen eines Schulgarten verwendet wird, muss nicht im CO₂-Rechner berücksichtigt werden, da es nicht in die Kanalisation eingeleitet wird.

J. Sonstiges

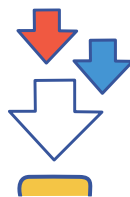
Im Bereich „Sonstiges“ werden keinen Verbrauchsdaten eingegeben. Die Informationen dienen lediglich dazu, erhöhte Energieverbräuche in den Bereichen Strom und Wärme, die z. B. durch den Betrieb eines Schwimmbades, einer Lehrküche, einer Lehrwerkstatt oder durch größere Baumaßnahmen entstehen, interpretieren zu können.

K. Kompensation

Im Klimaschutz hat zunächst das **Vermeiden** von CO₂-Emissionen höchste Priorität. Sind hier alle Möglichkeiten ausgeschöpft, geht es als nächstes um das **Reduzieren** der Emissionen. Das **Kompensieren** von noch verbleibenden Restemissionen kann im Rahmen der Möglichkeiten der Schule durch zertifizierte Klimaschutz-projekte erfolgen.



Vermeiden



Reduzieren



Kompensieren

Im CO₂-Rechner für Schulen ist es möglich, kompensierte Treibhausgas einzutragen. Diese werden jedoch nicht mit der CO₂-Bilanz verrechnet, da ansonsten der falsche Eindruck entstehen könnte, dass eine Schule kein CO₂ mehr ausstößt. Stattdessen wird die kompensierte Treibhausgasmenge getrennt von der CO₂-Bilanz im detaillierten Auswertungsbericht ausgewiesen.

Bei der Auswahl der Kompensationsprodukte ist auf hohe Qualitätsstandards zu achten. Im CO₂-Rechner kann zwischen dem „Gold Standard“ und dem „Verified Carbon Standard“ ausgewählt werden. Andere Zertifizierungsstandards fallen unter die Kategorie „Sonstiges“.

Die Emissionsfaktoren im Überblick

Abfall

	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
Restmüll	2,1294	kg CO ₂ e/m ³	Defra Conversion Factors, 2021
Restmüll	21,294	kg CO ₂ e/t	Defra Conversion Factors, 2021 Umrechnung von m ³ auf Tonnen
Papiermüll	4,2588	kg CO ₂ e/m ³	Defra Conversion Factors, 2021 Umrechnung von Tonnen auf m ³
Papiermüll	21,294	kg CO ₂ e/t	Defra Conversion Factors, 2021

Digitalisierung

	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
Laptop	311	kg CO ₂ e/Gerät	Öko-Institut Freiburg, 2020
Tablet	200	kg CO ₂ e/Gerät	Öko-Institut Freiburg, 2020
Desktop-PC Rechner	346,9	kg CO ₂ e/Gerät	Öko-Institut Freiburg, 2020
PC-Monitor	88,2	kg CO ₂ e/Gerät	Öko-Institut Freiburg, 2020
Internet kabelgebunden	0,023	kg CO ₂ e/GB Datenvolumen	Öko-Institut Freiburg, 2020, Berechnung eza!

Einkauf - Papier

	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
Kopierpapier A4, Frischfaser, 80 g/m ²	0,004587	kg CO ₂ e/Blatt	Defra, 2021
Kopierpapier A4, Recyclingpapier, 80 g/m ²	0,003689	kg CO ₂ e/Blatt	Defra, 2021
Toilettenpapier Frischfaser, Jumborolle	1,4481	kg CO ₂ e/Jumborolle	Defra, 2021
Toilettenpapier Recycling, Jumborolle	1,1646	kg CO ₂ e/Jumborolle	Defra, 2021
Toilettenpapier Frischfaser, Normalrolle	0,1609	kg CO ₂ e/Normalrolle	Defra, 2021

Toilettenpapier Recycling, Normalrolle	0,1294	kg CO ₂ e/Normalrolle	Defra, 2021
Einmalpapierhandtücher, Frischfaser	0,001839	kg CO ₂ e/Blatt	Defra, 2021
Einmalpapierhandtücher, Recycling	0,001479	kg CO ₂ e/Blatt	Defra, 2021

Ernährung – Mensa

	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
Tellergericht Fleisch	1,6	kg CO ₂ e/Portion	ifeu, 2020, Berechnung eza!
Tellergericht vegetarisch	0,8	kg CO ₂ e/Portion	ifeu, 2020, Berechnung eza!
Tellergericht vegan	0,6	kg CO ₂ e/Portion	ifeu, 2020, Berechnung eza!

Ernährung – Schulverkauf

	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
Mit Wurst belegtes Brötchen	0,21	kg CO ₂ e/Brötchen	ifeu, 2020, Berechnung eza!
Vegetarisch belegtes Brötchen (mit Käse)	0,29	kg CO ₂ e/Brötchen	ifeu, 2020, Berechnung eza!
Vegan belegtes Brötchen	0,096	kg CO ₂ e/Brötchen	ifeu, 2020, Berechnung eza!
Süßes Stückchen	0,23	kg CO ₂ e/Brötchen	ifeu, 2020, Berechnung eza!
Dauerwurst (Landjäger, Wiener, etc.)	0,23	kg CO ₂ e/Stück	ifeu, 2020

Ernährung- Getränke

	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
Kaffee	5,6	kg CO ₂ e/kg	ifeu, 2020, Berechnung eza!
Kaffee	0,32	kg CO ₂ e/Liter	ifeu, 2020, Berechnung eza!
Milch	1,36	kg CO ₂ e/Liter	ifeu, 2020, Berechnung eza!
Milchersatzprodukt (pflanzliche Basis)	0,4	kg CO ₂ e/Liter	ifeu, 2020, Berechnung eza!
Erfrischungsgetränk	0,515	kg CO ₂ e/Liter	Öko-Institut Freiburg, 2018

Mobilität

	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
Auto Verbrennungsmotor Alleinfahrt	0,213	kg CO ₂ e /Pkm	Umweltbundesamt, 2020, Berechnung eza!
Auto Verbrennungsmotor Fahrgemeinschaft (≥2 Pers.)	0,0925	kg CO ₂ e /Pkm	Umweltbundesamt, 2020, Berechnung eza!
Auto vollelektrisch Alleinfahrt	0,0527	kg CO ₂ e /Pkm	Umweltbundesamt, 2021, Berechnung eza!
Auto vollelektrisch Fahrgemeinschaft	0,0229	kg CO ₂ e /Pkm	Umweltbundesamt, 2021, Berechnung eza!
E-Bike	0,0035	kg CO ₂ e /Pkm	Umweltbundesamt, 2021, Berechnung eza!
Flugzeug	0,2302	kg CO ₂ e /Pkm	Umweltbundesamt, 2019, Berechnung eza!
Motorrad/Roller	0,11355	kg CO ₂ e /Pkm	Defra Conversion Factors, 2021
ÖPNV (Bus/Tram/S- Bahn/U-Bahn/Zug)	0,064	kg CO ₂ e /Pkm	Umweltbundesamt, 2019, Berechnung eza!
Reisebus	0,036	kg CO ₂ e /Pkm	Umweltbundesamt, 2020, Berechnung eza!
Schifffahrt	0,018738	kg CO ₂ e /Pkm	Defra Conversion Factors, 2021

Strom

	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
Deutscher Strommix	0,438	kg CO ₂ e/kWh	Umweltbundesamt, 2020
Ökostrom Netzbezug	0,064	kg CO ₂ e/kWh	Umweltbundesamt, 2020
PV-Anlage Eigenstromverbrauch	0,055714	kg CO ₂ e/kWh	Umweltbundesamt, 2021
Wasserkraft Eigenstromverbrauch	0,002649	kg CO ₂ e/kWh	Umweltbundesamt, 2021

Wärme

	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
Biogas	0,152	kg CO ₂ e/kWh	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2021
Biomasse: Hackschnitzel	0,027	kg CO ₂ e/kWh	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2021
Biomasse: Hackschnitzel	21,6	kg CO ₂ e/Srm	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2021
Biomasse: Hackschnitzel	108	kg CO ₂ e/Tonne	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2021
Biomasse: Pellets	180	kg CO ₂ e/Tonne	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2021
Biomasse: Pellets	117	kg CO ₂ e/m ³	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2021
Erdgas	0,247	kg CO ₂ e/kWh	Bilanzierungs-Systematik Kommunal, ifeu, 2020
Erdgas	2,41	kg CO ₂ e/m ³	Bilanzierungs-Systematik Kommunal, ifeu, 2020
Fernwärme (Kohle)	0,4224	kg CO ₂ e/kWh	Umweltbundesamt, 2005
Fernwärme (Erdgas)	0,312	kg CO ₂ e/kWh	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2021
Fernwärme (Biogas)	0,192	kg CO ₂ e/kWh	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2021

Fernwärme (Müll HKW)	0,2168	kg CO ₂ e/kWh	Umweltbundesamt, 2005
Fernwärme (Hackschnitzel)	0,034	kg CO ₂ e/kWh	Eigenberechnung eza! auf Basis Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2021
Fernwärme (Industrielle Prozessabwärme)	0,04	kg CO ₂ e/kWh	Gebäude Energie Gesetz, 2020
Flüssiggas	0,276	kg CO ₂ e/kWh	Bilanzierungs-Systematik Kommunal, ifeu, 2020
Flüssiggas	1813	kg CO ₂ e/m ³	Bilanzierungs-Systematik Kommunal, ifeu, 2020
Heizöl	3,16	kg CO ₂ e/Liter	Bilanzierungs-Systematik Kommunal, ifeu, 2020
Solarthermie	0,011452	kg CO ₂ e/kWh	Umweltbundesamt, 2021, eigene Berechnungen
Solarthermie	4,0083	kg CO ₂ e/m ²	Umweltbundesamt, 2021, Berechnung eza!
Strom (Deutscher Strommix Netzbezug)	0,438	kg CO ₂ e/kWh	Umweltbundesamt, 2020

Wärme – Kältemittel von Klimaanlage

	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
R-11	4 750	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-12	10 900	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-13	14 400	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R13B1	7 140	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-502	4 657	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-22	1 810	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-401A (MP39)	1 182	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-402A (HP80)	2 788	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

R-402B (HP81)	2 416	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-408A (FX-10)	3 152	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-409A (FX-56)	1 585	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-1233zd (E)	3,7	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-1233zd(Z)	0,4	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R1224yd(Z)	0,8	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-23	14 800	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-32	675	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-134a	1 430	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-143a	4 470	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-404A	3 992	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R407C	1 774	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-407F	1 825	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-410A	2 088	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-413A	2 053	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-417A	2 346	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-422A	3 143	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-422D	2 729	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-437A	1 805	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-507A	3 985	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

R-508A	3 214	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-508B	13 396	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-448A	1 386	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-449A	1 396	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-450A	601	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-452A	2 140	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-454A	146	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-455A	146	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-513A	630	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-170 (Ethan)	6	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-290 (Propan)	3	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-717 (NH₃)	0	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-718 (H₂O)	0	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-744 (CO₂)	1	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-600 (Butan)	4	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-600a (Isobutan)	3	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-1270 (Propan)	2	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-290/R-600a	3	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-290/R-170	3	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-723 (DME/NH₃)	8	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

R-1234yf	1	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-1234ze	1	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-1336mzz(Z)	2	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
R-846 (SF6)	26 087	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
Sonstiges	3 098	kg CO ₂ e/kg Kältemittel	Eigene Berechnungen (eza!)

Wasser

	Emissionsfaktor	Einheit	Quelle
Leitungswasser (Frisch- und Abwasser)	0,421	kg CO ₂ e/m ³	Defra, 2021
Regenwassernutzung (Abwasser)	0,272	kg CO ₂ e/m ³	Defra, 2021

Quellen

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat.
Bekanntmachung der Muster von Energieausweisen nach dem Gebäudeenergiegesetz. 2020.

Guido Reinhardt, Sven Gärtner, Tobias Wagner. *Ökologische Fußabdrücke von Lebensmitteln und Gerichten in Deutschland.* Herausgeber: Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. 2020.