

ASEW-KLIMAZähler

Berechnungsgrundlagen



Stand: Juli 2023

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	- 4 -
2	Ökoenergie-Absatz.....	- 6 -
2.1	Ökostrom-Produkte (u.a. watergreen, energreen, watergreen+ etc.)	- 6 -
2.2	Biogas-Produkte (u.a. gasgreen)	- 7 -
2.3	THG-kompensierte Produkte.....	- 8 -
2.3.1	THG-kompensierter Strom	- 8 -
2.3.2	THG-kompensiertes Erdgas (u.a. KLIMAFreundliches Erdgas).....	- 9 -
3	Energieerzeugung.....	- 10 -
3.1	Erneuerbare Energien	- 10 -
3.2	Fernwärme	- 11 -
3.3	KWK/BHKW/KW	- 12 -
4	Energieeffizienz	- 14 -
4.1	Straßenbeleuchtung (LED).....	- 14 -
4.2	Innenbeleuchtung (LED)	- 15 -
4.3	Hocheffizienzpumpen.....	- 16 -
4.4	Heizungsumstellung (Erdgas statt Öl)	- 17 -
4.5	Heizungsumstellung (Wärmepumpe statt Öl/Erdgas)	- 18 -
4.6	Förderung effizienter Haushaltsgeräte	- 19 -
4.6.1	Kühl- und Gefrierkombination.....	- 19 -
4.6.2	Geschirrspüler	- 20 -
4.6.3	Waschmaschine.....	- 21 -
4.6.4	Wärmepumpentrockner.....	- 22 -
4.7	Energieberatung.....	- 23 -
4.8	Energie- und Umwelt-Managementsysteme	- 23 -
5	Mobilität (Fuhrpark).....	- 24 -
5.1	Elektro-PKW.....	- 24 -
5.2	Hybrid-PKW	- 25 -
5.3	Erdgas-PKW	- 26 -
5.4	Pedelecs.....	- 27 -
5.5	E-Ladestationen (Pkw).....	- 28 -
5.6	E-Ladestationen (Pedelecs)	- 29 -
5.7	Erdgastankstellen (PKW)	- 30 -
5.8	Wallboxen/E-Fahrzeuge (privat)	- 30 -

6	Mobilität (ÖPNV)	- 31 -
6.1	Bus und Straßenbahn	- 31 -
6.2	H ₂ -Bus	- 32 -
7	THG-Kompensation	- 33 -
7.1	Stillgelegte THG-Kompensationszertifikate.....	- 33 -
8	Vergleichsgrößen.....	- 34 -
8.1	Bäume.....	- 34 -
8.2	Mallorca-Flugreisen.....	- 35 -
8.3	Erdumrundungen mit PKW	- 35 -
8.4	Verschonte Arktiseisfläche	- 36 -
8.5	Rindfleisch	- 36 -
9	Literaturverzeichnis.....	- 37 -

1 Einleitung

Der KLIMAZähler ist ein digitales Tool der ASEW, mithilfe dessen die CO₂-Einsparungen unterschiedlicher Maßnahmen für Stadtwerke standardisiert berechnet und gebündelt dargestellt werden können. Für diese Berechnungen sind einzelne Angaben der Stadtwerke sowie recherchierte oder errechnete CO₂-Vermeidungsfaktoren notwendig.

Wird im Kontext dieses Dokuments von „CO₂“ gesprochen, so sind damit immer CO₂-Äquivalente gemeint. Durch diese wird die Klimawirkung unterschiedlicher Treibhausgase einheitlich ausgedrückt.

Dieses Dokument stellt die Berechnungsgrundlagen für besagte Vermeidungsfaktoren dar. Seit der ersten Version wurden diese überarbeitet, standardisiert und der Aufbau des KLIMAZählers modular gestaltet, um ihn flexibel erweitern zu können.

In diesem Dokument wird dargelegt welche Methoden den Berechnungen der CO₂-Einsparungen im ASEW KLIMAZähler zu Grunde liegen. In den einzelnen Kategorien werden voneinander abweichende Methoden verwendet, was auf die unterschiedliche Verfügbarkeit der Emissionsfaktoren in den Datenbanken sowie den ungleich weit entwickelten wissenschaftlichen Stand der Forschung zurückzuführen ist. Es wurde versucht, den aktuellen wissenschaftlichen Stand zu berücksichtigen.

Die Einsparungen ergeben sich im Allgemeinen aus der Differenz zwischen zwei spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren alternativer Technologien. Diese Differenz wird im Folgenden als Vermeidungsfaktor bezeichnet. Das Produkt aus Vermeidungsfaktor und der zugehörigen genutzten Menge, wie zum Beispiel den kWh, ergibt die CO₂-Einsparungen, die vom KLIMAZähler ausgegeben wird.

In den folgenden Kapiteln wird je Maßnahme näher auf die Herleitung der einzelnen Vermeidungsfaktoren eingegangen bzw. Quellen für die herangezogenen Emissions- und Vermeidungsfaktoren genannt. Die Kapitelbezeichnungen entsprechen den Bezeichnungen der Kategorien und Maßnahmen innerhalb der KLIMAZähler-Datenbank.

Im Kapitel „Vergleichsgrößen“ werden keine Vermeidungs-, sondern Umrechnungsfaktoren angegeben. Diese bilden die Basis für die im KLIMAZähler (Gesamtzähler) dargestellten Vergleiche der von den Stadtwerken vermiedenen CO₂-Emissionen (z. B. umgerechnet in Bäumen). Auf diese Weise soll die Menge der eingesparten CO₂-Emissionen einem breiteren Publikum veranschaulicht werden.

Um konsistent mit der Stromkennzeichnung der Energieversorgungsunternehmen zu sein, werden für den Strom-Gesamtenergieträgermix Deutschlands im KLIMAZähler die ermittelten CO₂-Emissionen in g/kWh des BDEW verwendet. Die Werte des BDEW sind niedriger als die Werte des Umweltbundesamt, weshalb sich folglich geringere Einsparungen ergeben. Der erste Impuls könnte sein, die Werte zu wählen die in der Anwendung für höhere Einsparungen sorgen, dadurch würde Greenwashing begünstigt werden. Im Gegenteil zum Greenwashing soll der KLIMAZähler konservativere Ergebnisse ausgeben, dementsprechend wird mit den Werten des BDEW gerechnet, also bspw.:

2018	2019	2020	
421	352	310	gCO ₂ /kWh

Blanko Maßnahmensteckbrief

Informationen

Wichtige Informationen zum Verständnis des Vorgehens oder der Maßnahme und dem entsprechenden Bezug zu den Tätigkeiten der Stadtwerke.

Annahmen und Daten

- Recherchierte Werte inklusive Quellenangaben
- Getroffene Annahmen

Formeln

Allgemeine Formel

Beispielrechnung (Jahr)

Formel mit Annahmen und Daten eingesetzt zur beispielhaften Berechnung

des Vermeidungsfaktors eines bestimmten Jahres.

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (Jahr)

Vermeidungsfaktor in $\frac{g CO_2}{\text{Anzahl Maßnahme}}$

2 Ökoenergie-Absatz

Der Absatz von Strom oder Wärme aus erneuerbaren Energien spart im Vergleich zu solchem aus konventioneller Erzeugung viele CO₂-Emissionen ein. Dabei kann auch auf Zertifikate zurückgegriffen werden, welche belegen, dass die verursachten Emissionen der konventionellen Erzeugung mittels Klimaschutzprojekten kompensiert wurden oder dass die verbrauchte Energiemenge aus konventioneller Erzeugung gleichzeitig durch erneuerbare Energien produziert und in das Stromnetz eingespeist wurde.

2.1 Ökostrom-Produkte (u.a. watergreen, energreen, watergreen+ etc.)

Informationen

Für das Produkt Ökostrom wird mittels Herkunftsnachweisen und Kompensationszertifikaten die Klimafreundlichkeit des Stroms nachgewiesen. Für die Einsparung an CO₂-Emissionen werden die Emissionen der Vorketten des Ökostroms denen des handelsüblichen Strommix gegenübergestellt.

Die Ökostromprodukte der ASEW werden standardmäßig und zur Vereinfachung mit dem CO₂-Emissionsfaktor von norwegischer Wasserkraft hinterlegt. Die Einsparungen ist entsprechend der Einsparung durch den Strom aus norwegischer Wasserkraft (Vorketten) gleichzusetzen.

Annahmen und Daten [1]

- CO₂-Emissionsfaktoren von Wasser- bzw. Windkraftwerken im In- und Ausland:
 - Wasser, CH, groß: 10,33056 g CO₂/kWh (*Wasser-KW-gross-CH-2000*)
 - Wasser, DE, groß: 37,47096 g CO₂/kWh (*Wasser-KW-gross-DE-2020*)
 - Wasser, FR, groß: 33,132276 g CO₂/kWh (*Wasser-KW-gross-FR-2000*)
 - Wasser, NO, groß: 10,33056 g CO₂/kWh (*Wasser-KW-gross-NO-2000*)
 - Wasser, DE, klein: 6,454836 g CO₂/kWh (*Wasser-KW-klein-DE-2010-standalone*)
 - Wind, 10MW: 23,249664 g CO₂/kWh (*Wind-KW-Park-gross-DE-2000*)
 - Wind, 5MW: 18,994536 g CO₂/kWh (*Wind-KW-Park-mittel-DE-2000*)
 - Wind, 1MW: 16,833564 g CO₂/kWh (*Wind-KW-Park-klein-DE-2000*)

Formeln

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor} \left[\frac{g CO_2}{kWh} \right]$$

$$= CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{dt.Strommix,i} \left[\frac{g CO_2}{kWh} \right] - CO_2 \text{Emissionsfaktor}_n \left[\frac{g CO_2}{kWh} \right]$$

i = 2010 bis heute
n = Kraftwerke

Beispielrechnung (Wasserkraft, NO, groß, 2020)

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{Wasser,NO,gro\ddot{u}b,2020} = 310 \frac{g CO_2}{kWh} - 10,33056 \frac{g CO_2}{kWh}$$

$$= 299,66944 \frac{g CO_2}{kWh}$$

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (Wasserkraft, NO, groß, 2020)

$$299,66944 \frac{g CO_2}{kWh}$$

2.2 Biogas-Produkte (u.a. gasgreen)

Informationen

Biogas besteht aus normalem Erdgas, dem regeneratives Erdgas beigemischt wird. Der Vermeidungsfaktor für den Anteil des regenerativen Erdgases entspricht dem der Wärmebereitstellung aus gasförmiger Biomasse. Für die Zusammensetzung des Biogases wird auf die Tabellen des UBA „Basisannahmen [...] für die Stromerzeugung aus Biogas [...]“ zurückgegriffen.

Annahmen und Daten

- Biogasbeimischung: 10 %
- Vereinfachte Zusammensetzung Biogas: 77% Energiemais, 17% Gülle, 6% aus Bioabfall und Reststoffe [2]
- CO_2 -Emissionsfaktor_{Energiepflanzen}: $\bar{x} = 172,1645$ g CO_2/kWh [2]
- CO_2 -Emissionsfaktor_{Gülle}: $\bar{x} = 164,485$ g CO_2/kWh [2]
- CO_2 -Emissionsfaktor_{Abfall}: $\bar{x} = 106,682$ g CO_2/kWh [2]
- CO_2 -Emissionsfaktor_{Erdgas} = 0,247 t CO_2/MWh [3]

Formeln

$$\begin{aligned} \Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor} \left[\frac{g CO_2}{kWh} \right] \\ = \text{Biogasanteil} [\%] * (CO_2 \text{Emissionen}_{Erdgas} - CO_2 \text{Emissionen}_{Maissilage} \\ * \text{Energiemaisanteil} [\%] - CO_2 \text{Emissionen}_{Gülle} * \text{Gülleanteil} [\%] \\ - CO_2 \text{Emissionen}_{Abfall} * \text{Abfallanteil} [\%]) \left[\frac{g CO_2}{kWh} \right] \end{aligned}$$

Berechnung (2020)

$$\begin{aligned} \Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor} \\ = 10 \% \\ * (247 - 111,61944 * 77\% - 33,75054 * 17\% - 26,825076 * 6\%) \left[\frac{g CO_2}{kWh} \right] \\ = 15,371 \left[\frac{g CO_2}{kWh} \right] \end{aligned}$$

Beispiel CO_2 -Vermeidungsfaktor (2020)

$$15,371 \left[\frac{g CO_2}{kWh} \right]$$

2.3 THG-kompensierte Produkte

2.3.1 THG-kompensierter Strom

Informationen

Das Produkt Klimaneutraler Strom kompensiert die vollständigen CO₂-Emissionen des deutschen Strommix mithilfe von Herkunftsnachweisen und CO₂-Kompensationszertifikaten. Dabei werden neben den Emissionen, die bei der Erzeugung von Strom entstehen auch die Vorkettenemissionen berücksichtigt.

Annahmen und Daten [4]

- 2016: 471 gCO₂/kWh
- 2017: 435 gCO₂/kWh
- 2018: 421 gCO₂/kWh
- 2019: 352 gCO₂/kWh
- 2020: 310 gCO₂/kWh
- ...

Formeln

Es sind keine Formeln erforderlich, da der Vermeidungsfaktor gleich dem jährlichen CO₂-Emissionsfaktor des deutschen Strommix ist.

Beispielrechnung (2020)

-

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (2020)

$$310 \frac{g CO_2}{kWh}$$

2.3.2 THG-kompensiertes Erdgas (u.a. KLIMAFREUNDLICHES ERDGAS)

Informationen

Die bei der Verbrennung von Erdgas verursachten Emissionen werden durch die finanzielle Förderung von Klimaschutzprojekten ausgeglichen, bei denen die entsprechende Emissionsmenge eingespart oder aus der Atmosphäre gebunden wird.

Annahmen und Daten

- $\text{CO}_2\text{-Emissionsfaktor}_{\text{Erdgas}} = 0,247 \text{ t CO}_2/\text{MWh}$ [3]

Formeln

Es sind keine Formeln erforderlich, da der Vermeidungsfaktor gleich dem CO_2 -Emissionsfaktor von Erdgas ist.

Beispielrechnung (2020)

-

Beispiel CO_2 -Vermeidungsfaktor (2020)

$$247 \frac{\text{g CO}_2}{\text{kWh}}$$

3 Energieerzeugung

Die konventionelle Strom- oder Wärmeerzeugung beispielsweise in Kohlekraftwerken oder durch den Einsatz von Heizöl ist mit einem hohen Ausstoß an CO₂ verbunden. Greift man in der Energieerzeugung stattdessen auf Strom aus Erneuerbaren Energien oder auf Fernwärme zurück können diese Emissionen deutlich reduziert werden.

3.1 Erneuerbare Energien

Informationen

Wenn Stadtwerke Erneuerbare Energien fördern, verdrängt der Strom aus diesen Anlagen durchschnittlichen anderen Strom. Emissionen, die bei der Herstellung der Erneuerbaren Energien Anlagen verursacht werden, werden als sogenannte Vorkettenemissionen dem hier berechneten grünen Strom zugeschrieben. Der Vermeidungsfaktor zeigt auf wie hoch die Emissionseinsparung je kWh grünen Stroms im Vergleich zum Bundesmix ist. Es wird auf die Tabellen des UBA mit dem Titel „[...] Emissionsfaktoren der Stromerzeugung aus [...]“ zurückgegriffen.

Annahmen und Daten (2020) [2]

- Primärenergiebezogene CO₂-Emissionsfaktoren (Vorkette, Direkte, fremd. Hilfsenergie) der Stromerzeugung:
 - Photovoltaik: 56,144 gCO₂/kWh
 - Wind onshore: 17,783 gCO₂/kWh
 - Wind offshore: 9,723 gCO₂/kWh
 - Laufwasserkraft: 2,649 gCO₂/kWh
 - Speicherwasserkraft: 22,641 gCO₂/kWh
 - Klärgas: 52,931 gCO₂/kWh
 - Deponiegas: 48,217 gCO₂/kWh
 - Biogas: \bar{x} = 166,94 gCO₂/kWh

Formeln

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor} \left[\frac{gCO_2}{kWh} \right]$$

$$= CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{at.Strommix,i} \left[\frac{gCO_2}{kWh} \right] - CO_2 \text{Emissionsfaktor}_n \left[\frac{gCO_2}{kWh} \right]$$

$i = 2010 \text{ bis heute}$
 $n = \text{Erzeugungsarten (s.o.)}$

Beispielrechnung (PV, 2020)

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{PV,2020} = 310 \frac{g CO_2}{kWh} - 56,144 \frac{gCO_2}{kWh} = 253,856 \frac{gCO_2}{kWh}$$

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (PV, 2020)

$$253,856 \frac{gCO_2}{kWh}$$

3.2 Fernwärme

Die Fernwärme als gekoppelte Erzeugungsform weist starke kundenspezifische Unterschiede auf, weshalb kein allgemeiner Vermeidungsfaktor errechnet wird.

Informationen

Der Vermeidungsfaktor errechnet sich erst nach Angabe des individuellen Fernwärme-CO₂-Emissionsfaktors.

Es wird angenommen, dass Fernwärme Anteile der Wärmeerzeugung aus Erdgas und Heizöl verdrängt. Der Emissionsfaktor des deutschen Wärmemix ergibt sich daher aus den anteiligen CO₂-Emissionen von Heizöl und Erdgas.

Der Vermeidungsfaktor wiederum berechnet sich aus der Differenz dieses Emissionsfaktors des deutschen Wärmemix und dem kundenspezifischen CO₂-Emissionsfaktor der Fernwärme. In der KLIMAZähler-Datenbank steht auf der Startseite eine Excel-Berechnungshilfe für die Maßnahmen „Fernwärme“, „KWK/BHKW/KW-Wärme-Erzeugung“ und „KWK/BHKW/KW-Strom-Erzeugung“ für Sie bereit.

Annahmen und Daten

- CO₂-Emissionsfaktor_{Heizöl} = 318 gCO₂/kWh [3]
- CO₂-Emissionsfaktor_{Erdgas} = 247 gCO₂/kWh [3]
- Anteil Erdgas_{deutscher Wärmemix} = 49,5 % [5]
- Anteil Heizöl_{deutscher Wärmemix} = 25 % [5]

Formeln

$$\begin{aligned}
 &CO_2\text{Emissionsfaktor}_{dt.Wärmemix} \left[\frac{g\ CO_2}{kWh} \right] \\
 &= CO_2\text{Emissionsfaktor}_{Heizöl} \left[\frac{g\ CO_2}{kWh} \right] * \frac{\text{Anteil Heizöl} [\%]}{(\text{Anteil Heizöl} + \text{Anteil Erdgas})[\%]} \\
 &+ CO_2\text{Emissionsfaktor}_{Erdgas} \left[\frac{g\ CO_2}{kWh} \right] * \frac{\text{Anteil Erdgas} [\%]}{(\text{Anteil Heizöl} + \text{Anteil Erdgas})[\%]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &CO_2\text{Einsparung} [gCO_2] \\
 &= \text{Wärmeabsatz} [kWh] \\
 &* (CO_2\text{Emissionsfaktor}_{dt.Wärmemix} \\
 &- CO_2\text{Emissionsfaktor}_{Fernwärme}) \left[\frac{g\ CO_2}{kWh} \right]
 \end{aligned}$$

Beispielrechnung (2020)

$$CO_2\text{Emissionsfaktor}_{dt.Wärmemix} = 318 \frac{g\ CO_2}{kWh} * \frac{25\%}{74,5\%} + 247 \frac{g\ CO_2}{kWh} * \frac{49,5\%}{74,5\%} = 270,83 \frac{g\ CO_2}{kWh}$$

Die übrige Berechnung zur Ermittlung des Vermeidungsfaktors wird individuell von den Stadtwerken mithilfe der Excel-Berechnungshilfe durchgeführt.

3.3 KWK/BHKW/KW

Die Wärme- und Stromerzeugung durch KWK/BHKW/KW weist starke kundenspezifische Unterschiede auf, weshalb kein allgemeiner Vermeidungsfaktor errechnet wird.

Informationen

Der Vermeidungsfaktor errechnet sich mithilfe des individuellen KWK/BHKW/KW-CO₂-Emissionsfaktors für Wärme und Strom der jeweiligen Anlage.

Es wird angenommen, dass die wärmeerzeugenden KWK/BHKW/KW-Anlagen die Wärmeerzeugung aus Erdgas und Heizöl verdrängen. Der Emissionsfaktor des deutschen Durchschnitt-Wärmemix ergibt sich aus den anteiligen CO₂-Emissionen von Heizöl und Erdgas.

Der Vermeidungsfaktor wiederum berechnet sich aus der Differenz des deutschen Durchschnitt-Wärmemix und dem kundenspezifischen CO₂-Emissionsfaktor der KWK/BHKW/KW-Anlage für Wärme.

Für die stromerzeugenden KWK/BHKW/KW-Anlagen wird angenommen, dass diese den bundesdeutschen Strommix verdrängen. Der Vermeidungsfaktor berechnet sich aus der Differenz des deutschen Durchschnitt-Strommix und dem kundenspezifischen CO₂-Emissionsfaktor der KWK/BHKW/KW-Anlage.

Zur Berechnung des individuellen Vermeidungsfaktors „Fernwärme“, „KWK/BHKW/KW-Wärmeerzeugung“ und „KWK/BHKW/KW-Strom-Erzeugung“ dient die von der ASEW bereitgestellt Excel-Berechnungshilfe für die Maßnahmen.

Annahmen und Daten

- CO₂-Emissionsfaktor_{Heizöl} = 318 gCO₂/kWh [3]
- CO₂-Emissionsfaktor_{Erdgas} = 247 gCO₂/kWh [3]
- Anteil Erdgas_{deutscher Wärmemix} = 49,5 % [5]
- Anteil Heizöl_{deutscher Wärmemix} = 25 % [5]
- CO₂-Emissionsfaktor_{deutscherStrommix} = 310 gCO₂/kWh [4]

Formeln

$$\begin{aligned}
 &CO_2\text{Emissionsfaktor}_{dt.Wärmemix} \left[\frac{g\ CO_2}{kWh} \right] \\
 &= CO_2\text{Emissionsfaktor}_{Heizöl} \left[\frac{g\ CO_2}{kWh} \right] * \frac{\text{Anteil Heizöl} [\%]}{(\text{Anteil Heizöl} + \text{Anteil Erdgas})[\%]} \\
 &+ CO_2\text{Emissionsfaktor}_{Erdgas} \left[\frac{g\ CO_2}{kWh} \right] * \frac{\text{Anteil Erdgas} [\%]}{(\text{Anteil Heizöl} + \text{Anteil Erdgas})[\%]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &CO_2\text{Einsparung} [gCO_2] \\
 &= \text{Wärmeabsatz} [kWh] \\
 &* (CO_2\text{Emissionsfaktor}_{dt.Wärmemix} \\
 &- CO_2\text{Emissionsfaktor}_{Fernwärme}) \left[\frac{g\ CO_2}{kWh} \right]
 \end{aligned}$$

Für den CO₂-Emissionsfaktor des deutschen Strommix ist keine Formel erforderlich.

Beispielrechnung (2020)

$$CO_2\text{Emissionsfaktor}_{dt.Wärmemix} = 318 \frac{g\ CO_2}{kWh} * \frac{25\ %}{74,5\ \%} + 247 \frac{g\ CO_2}{kWh} * \frac{49,5\ \%}{74,5\ \%} = 270,83 \frac{g\ CO_2}{kWh}$$

Der CO₂-Emissionsfaktor für den deutschen Strommix ergibt sich aus dem bundesdeutschen Durchschnitts-Strommix.

Die Berechnung zur Ermittlung des Vermeidungsfaktors wird individuell von den Stadtwerken mithilfe der Excel-Berechnungshilfe durchgeführt.

4 Energieeffizienz

Der Austausch von veralteten Geräten gegen neuere Modelle spart über die Nutzungsdauer CO₂-Emissionen ein. Mit der Weiterentwicklung wird bessere Technik verbaut, damit erreichen die Geräte im Betrieb höhere Effizienzen, verbrauchen weniger Strom und stellen eine geringere Belastung für die Umwelt dar.

4.1 Straßenbeleuchtung (LED)

Informationen

Stadtwerke betreiben oft in ihren Kommunen die Straßenbeleuchtung. Eine Maßnahme, welche der KLIMAZähler darstellen soll, ist die Effizienzsteigerung durch Wechsel der Lampen auf energieeffizientere Leuchten /Systeme. Es wird die CO₂-Einsparung in der Straßenbeleuchtung durch den Austausch veralteter Hochdruck-Quecksilberlampen gegen moderne LED-Lampen berechnet.

Annahmen und Daten

- Altanlage, HQL-Lampen: $W_{HQL} = 140 \text{ W/Leuchte}$ (Systemleistung inkl. Vorschaltgerät) [6]
- Neuanlage, LED-Leuchte: $W_{LED} = 39 \text{ W/Leuchte}$ (Systemleistung inkl. Vorschaltgerät) [6]
- Jährliche Beleuchtungsdauer (Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang): 4.200 h [7]
- Angepasste Beleuchtungsdauer 1 (Sonnenuntergang bis 00:00): 2.600 h [7]
- Angepasste Beleuchtungsdauer 2 (4 Stunden pro Tag): 1.460 h [7]
- Lebensdauer: 19 a [8]

Formeln

$$\text{Stromverbrauch} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Leuchte}} \right] = \text{Leistung} \left[\frac{\text{W}}{\text{Leuchte}} \right] * \text{Nutzung} \left[\frac{\text{h}}{\text{a}} \right]$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2\text{Minderung}_{\text{Lebensdauer}} \left[\frac{\text{t CO}_2}{\text{a} * \text{Leuchte}} \right] \\ = \Delta \text{Stromverbrauch} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Leuchte}} \right] * \text{CO}_2\text{Emissionsfaktor}_{\text{dt. Strommix},i} \left[\frac{\text{g CO}_2}{\text{kWh}} \right] \\ * \text{Lebensdauer} [\text{a}] \end{aligned}$$

$$i = 2010 \text{ bis heute}$$

Beispielrechnung (2020, Vollbenutzung)

$$\text{Stromverbrauch}_{HQL} = 140 \frac{\text{W}}{\text{Leuchte}} * 4.200 \frac{\text{h}}{\text{a}} = 588 \frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Leuchte}}$$

$$\text{Stromverbrauch}_{LED} = 39 \frac{\text{W}}{\text{Leuchte}} * 4.200 \frac{\text{h}}{\text{a}} = 163,8 \frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Leuchte}}$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2\text{Minderung}_{\text{Lebensdauer}} &= (588 - 163,8) \frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Leuchte}} * 310 \frac{\text{g CO}_2}{\text{kWh}} * 19 \text{ a} \\ &= 2.498.538 \frac{\text{g CO}_2}{\text{Leuchte}} \end{aligned}$$

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (2020, Vollbenutzung)

$$2.498.538 \frac{\text{g CO}_2}{\text{Leuchte}}$$

4.2 Innenbeleuchtung (LED)

Informationen

Eine beliebte Energieeffizienzmaßnahme bei Kund:innen ist die Förderung des Beleuchtungstausches. Oft sind noch T8 Leuchtstoffröhren oder Halogenleuchten in Gebäuden in Gebrauch. Heutige LED-Leuchten haben eine wesentlich geringere Anschlussleistung und verbrauchen so über den Lebenszyklus weniger Energie.

Annahmen und Daten [9]

- Alt: Halogen-Lampe mit $W_{\text{Halogen}} = 40 \text{ W/Leuchte}$
- Neu: LED-Leuchte mit $W_{\text{LED}} = 7 \text{ W/Leuchte}$
 - Tägliche Beleuchtungsdauer: 4 Stunden
 - Lebensdauer: 15 Jahre

Formeln

$$\text{Stromverbrauch} \left[\frac{\text{kWh}}{a * \text{Leuchte}} \right] = \text{Leistung} \left[\frac{\text{W}}{\text{Leuchte}} \right] * \text{Nutzung} \left[\frac{\text{h}}{a} \right]$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2\text{Minderung}_{\text{Lebensdauer}} \left[\frac{\text{t CO}_2}{a * \text{Leuchte}} \right] \\ = \Delta \text{Stromverbrauch} \left[\frac{\text{kWh}}{a * \text{Leuchte}} \right] * \text{CO}_2\text{Emissionsfaktor}_{\text{dt. Strommix},i} \left[\frac{\text{g CO}_2}{\text{kWh}} \right] \\ * \text{Lebensdauer} [a] \end{aligned}$$

$$i = 2010 \text{ bis heute}$$

Beispielrechnung (2020)

$$\text{Stromverbrauch}_{\text{Halogen}} = 40 \frac{\text{W}}{\text{Leuchte}} * 4 * 365 \frac{\text{h}}{a} = 58,4 \frac{\text{kWh}}{a * \text{Leuchte}}$$

$$\text{Stromverbrauch}_{\text{LED}} = 7 \frac{\text{W}}{\text{Leuchte}} * 4 * 365 \frac{\text{h}}{a} = 10,22 \frac{\text{kWh}}{a * \text{Leuchte}}$$

$$\text{CO}_2\text{Minderung}_{\text{Lebensdauer}} = 48,18 \frac{\text{kWh}}{a * \text{Leuchte}} * 310 \frac{\text{g CO}_2}{\text{kWh}} * 15 a = 224.037 \frac{\text{g CO}_2}{\text{Leuchte}}$$

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (2020)

$$224.037 \frac{\text{gCO}_2}{\text{Leuchte}}$$

4.3 Hocheffizienzpumpen

Informationen

In Heizungsanlagen sind oft unregelte Pumpen verbaut. Das bedeutet, dass diese nur den Status „an oder aus“ haben können. Geregelter Pumpen haben einen geringeren Stromverbrauch, da diese sich dem Bedarf anpassen und geregelt arbeiten. Ein Ersatz unregelter Heizungspumpen führt zu einer Energieeinsparung. Um einen konservativen Vermeidungsfaktor zu erhalten, werden zur Berechnung die Watt-Angaben der beiden Geräte verwendet, welche die niedrigste Differenz im Stromverbrauch zur Folge haben.

Annahmen und Daten [10]

- Altanlage: Unregelte Heizungspumpe $W_{ung.} = 85$ bis 130 W
- Neuanlage: Hocheffizienzpumpe $W_{hocheff.} = 7$ bis 25 W
 - Jährliche Laufzeit: 5.040 Stunden
 - Lebensdauer: 15 Jahre

Formeln

$$\text{Stromverbrauch} \left[\frac{kWh}{a * Pumpe} \right] = \text{Leistung} \left[\frac{W}{Pumpe} \right] * \text{Nutzung} \left[\frac{h}{a} \right]$$

$$\begin{aligned} CO_2\text{Minderung}_{\text{Lebensdauer}} \left[\frac{t CO_2}{a * Pumpe} \right] \\ = \Delta \text{Stromverbrauch} \left[\frac{kWh}{a * Pumpe} \right] * CO_2\text{Emissionsfaktor}_{\text{dt. Strommix},i} \left[\frac{g CO_2}{kWh} \right] \\ * \text{Lebensdauer} [a] \end{aligned}$$

$i = 2010$ bis heute

Beispielrechnung (2020)

$$\text{Stromverbrauch}_{ung.} = 85 \frac{W}{Pumpe} * 5.040 \frac{h}{a} = 428,4 \frac{kWh}{a * Pumpe}$$

$$\text{Stromverbrauch}_{hocheff.} = 25 \frac{W}{Pumpe} * 5.040 \frac{h}{a} = 126 \frac{kWh}{a * Pumpe}$$

$$CO_2\text{Minderung}_{\text{Lebensdauer}} = (428,4 - 126) \frac{kWh}{a * Pumpe} * 15 a = 1.406.160 \frac{g CO_2}{Pumpe}$$

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (2020)

$$1.406.160 \frac{g CO_2}{Pumpe}$$

4.4 Heizungsumstellung (Erdgas statt Öl)

Informationen

Stadtwerke bieten Ihren Kund:innen an, Heizungen zu optimieren. Es wird die CO₂-Einsparung eines Einfamilienhauses bei einer Umstellung der Heizung von Heizöl auf Erdgas berechnet. Dabei findet keine Betrachtung der spezifischen Heizwerte statt.

Annahmen und Daten

- Jährlicher Energiebedarf für Raumwärme Einfamilienhaus: 15,792 MWh [11]
- CO₂-Emissionsfaktor_{Heizöl} = 0,318 t CO₂/MWh [3]
- CO₂-Emissionsfaktor_{Erdgas} = 0,247 t CO₂/MWh [3]
- $\eta_{\text{herkömmliche Ölheizung}} = 70\%$; $\eta_{\text{Gasbrennwertheizung}} = 99\%$ [12]
- Lebensdauer: 15 Jahre [13]

Formeln

$$\begin{aligned}
 CO_2\text{Emissionsfaktor}_{\text{Heizung},i} \left[\frac{t\ CO_2}{\text{Haus}} \right] \\
 &= CO_2\text{Emissionsfaktor}_i \left[\frac{t\ CO_2}{\text{MWh}} \right] * \frac{\text{Wärmeenergiebedarf} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{Haus} * a} \right]}{\text{Wirkungsgrad}_i [\%]} \\
 &* \text{Lebensdauer} [a]
 \end{aligned}$$

$i = \text{Heizöl}; \text{Erdgas}$

Beispielrechnung (2020)

$$CO_2\text{Emissionsfaktor}_{\text{Heizung,Heizöl}} = 0,318 \frac{t\ CO_2}{\text{MWh}} * \frac{15,792 \frac{\text{MWh}}{\text{Haus} * a}}{70\%} * 15\ a = 107,61 \frac{tCO_2}{\text{Haus}}$$

$$CO_2\text{Emissionsfaktor}_{\text{Heizung,Erdgas}} = 0,247 \frac{t\ CO_2}{\text{MWh}} * \frac{15,792 \frac{\text{MWh}}{\text{Haus} * a}}{99\%} * 15\ a = 59,1 \frac{tCO_2}{\text{Haus}}$$

$$\Delta CO_2\text{Emissionsfaktor}_{\text{Heizöl,Erdgas}} = (107,61 - 59,1) \frac{tCO_2}{\text{Haus}} = 48,51 \frac{tCO_2}{\text{Haus}}$$

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (2020)

$$48.510.000 \frac{gCO_2}{\text{Haus}}$$

4.5 Heizungsumstellung (Wärmepumpe statt Öl/Erdgas)

Informationen

Die hier verwendeten CO₂-Emissionsfaktoren von GEMIS (EI-Wärmepumpe-mono-„Erdreich/Luft/Wasser“-DE-2020-mix) beschreiben die Emissionen der Nutzenergie, darin ist der Wirkungsgrad der Technologie bereits enthalten und dieser darf in der nachfolgenden Berechnung somit nicht erneut einbezogen werden. Es findet keine Betrachtung der spezifischen Heizwerte statt. (WP = Wärmepumpe)

Annahmen und Daten

- Jährlicher Energiebedarf für Raumwärme Einfamilienhaus: 15.792 kWh [11]
- CO₂-Emissionsfaktor_{WP} = 109,88 g CO₂/kWh (berechnet aus [1])
- CO₂-Emissionsfaktor_{Heizung, Heizöl} = 107,61 t CO₂/Haus (berechnet in 4.4)
- CO₂-Emissionsfaktor_{Heizung, Erdgas} = 59,1 t CO₂/Haus (berechnet in 4.4)
- Lebensdauer: 15 Jahre [13]

Formeln

$$CO_2Emissionsfaktor_{WP} \left[\frac{g CO_2}{Haus} \right]$$

$$= CO_2Emissionsfaktor_{WP} \left[\frac{g CO_2}{kWh} \right] * Wärmeenergiebedarf \left[\frac{kWh}{Haus * a} \right]$$

$$* Lebensdauer [a]$$

$$CO_2Minderung_{Wärmepumpe,i} \left[\frac{g CO_2}{Haus} \right]$$

$$= CO_2Emissionsfaktor_i \left[\frac{g CO_2}{Haus} \right] - CO_2Emissionsfaktor_{Wärmepumpe} \left[\frac{g CO_2}{Haus} \right]$$

$$i = \text{Heizung}_{\text{Heizöl}}; \text{Heizung}_{\text{Erdgas}}$$

Beispielrechnung (2020)

$$CO_2Emissionsfaktor_{WP} = 109,88 \frac{g CO_2}{kWh} * 15.792 \frac{kWh}{Haus * a} * 15 a = 26.028.374 \frac{g CO_2}{Haus}$$

$$CO_2Minderung_{Wärmepumpe,Heizöl} = (107.610.000 - 26.028.374) \frac{g CO_2}{Haus} = 81.581.626 \frac{g CO_2}{Haus}$$

$$CO_2Minderung_{Wärmepumpe,Heizöl} = (59.100.000 - 26.028.374) \frac{g CO_2}{Haus} = 33.071.626 \frac{g CO_2}{Haus}$$

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (2020)

$$\text{Von Heizöl auf Wärmepumpe: } 81.581.626 \frac{g CO_2}{Haus}$$

$$\text{Von Erdgas auf Wärmepumpe: } 33.071.626 \frac{g CO_2}{Haus}$$

4.6 Förderung effizienter Haushaltsgeräte

4.6.1 Kühl- und Gefrierkombination

Informationen

Es werden Daten bekannter Hersteller gesammelt (April 2022) und zu Mittelwerten der Effizienzklassen A bis C und D bis F in dem Segment „Freistehende Kühl- und Gefrierkombinationen“ zusammengefasst. Dabei werden auf die Daten von maximal fünf Geräten einer Effizienzkategorie der Hersteller Samsung, LG, Bosch, Siemens und AEG zurückgegriffen. Effizienzkategorie G ist bei den Herstellern so selten vertreten, dass sie vernachlässigt wird.

Der errechnete Vermeidungsfaktor bezieht sich auf eine Kühl- und Gefrierkombination mit einem Durchschnittsvolumen von 361 L.

Annahmen und Daten

- Jährlicher Stromverbrauch [14]:
 - Durchschnitt Effizienzklassen A - C: 150,2 kWh/Jahr
 - Durchschnitt Effizienzklassen D - F: 228,1 kWh/Jahr
- Durchschnittliche Nutzungsdauer 10 Jahre [8]

Formeln

$$\Delta \text{Stromverbrauch} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}} \right] = (\text{Stromverbrauch}_{D-F} - \text{Stromverbrauch}_{A-C}) \left[\frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}} \right]$$

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{Minderung}_{\text{Lebensdauer}} &= \Delta \text{Stromverbrauch} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}} \right] * \text{Lebensdauer} [\text{a}] \\ &\quad * \text{CO}_2 \text{Emissionsfaktor}_{\text{dt. Strommix}, i} \left[\frac{\text{g CO}_2}{\text{kWh}} \right] \end{aligned}$$

$i = 2010 \text{ bis heute}$

Beispielrechnung (2020)

$$\Delta \text{Stromverbrauch} = 228,1 \frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}} - 150,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}} = 77,9 \frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}}$$

$$\text{CO}_2 \text{Minderung}_{\text{Lebensdauer}} = 77,9 \frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}} * 10 \text{ a} * 310 \frac{\text{g CO}_2}{\text{kWh}} = 241.490 \frac{\text{g CO}_2}{\text{Gerät}}$$

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (2020)

$$241.490 \frac{\text{g CO}_2}{\text{Gerät}}$$

4.6.2 Geschirrspüler

Informationen

Es werden Daten bekannter Hersteller gesammelt (Mai 2022) und zu Mittelwerten der Effizienzklassen A bis C und D bis F in dem Segment „Geschirrspüler 60cm“ zusammengefasst. Dabei werden auf die Daten von maximal fünf Geräten einer Effizienzkategorie der Hersteller Samsung, Bauknecht, AEG, Siemens und Bosch zurückgegriffen. Die Effizienzkategorie G ist bei den Herstellern so selten vertreten, dass sie vernachlässigt wird.

Annahmen und Daten

- Ca. 100 Spülgänge pro Jahr, ergo: x kWh/100 Spülgänge = x kWh/Jahr
- Jährlicher Stromverbrauch [14]:
 - Durchschnitt Klassen A - C: 68,8 kWh/Jahr
 - Durchschnitt Klassen D - F: 90,5 kWh/Jahr
- Durchschnittliche Nutzungsdauer 7 Jahre [8]

Formeln

$$\Delta \text{Stromverbrauch} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}} \right] = (\text{Stromverbrauch}_{D-F} - \text{Stromverbrauch}_{A-C}) \left[\frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}} \right]$$

$$CO_2 \text{Minderung}_{\text{Lebensdauer}}$$

$$= \Delta \text{Stromverbrauch} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}} \right] * \text{Lebensdauer} [\text{a}]$$

$$* CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{\text{dt. Strommix}, i} \left[\frac{\text{g } CO_2}{\text{kWh}} \right]$$

$$i = 2010 \text{ bis heute}$$

Beispielrechnung (2020)

$$\Delta \text{Stromverbrauch} = 90,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}} - 68,8 \frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}} = 21,7 \frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}}$$

$$CO_2 \text{Minderung}_{\text{Lebensdauer}} = 21,7 \frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}} * 7 \text{ a} * 310 \frac{\text{g } CO_2}{\text{kWh}} = 47.089 \frac{\text{g } CO_2}{\text{Gerät}}$$

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (2020)

$$47.089 \frac{\text{g } CO_2}{\text{Gerät}}$$

4.6.3 Waschmaschine

Informationen

Es werden Daten bekannter Hersteller gesammelt (April 2022) und zu Mittelwerten der Effizienzklassen A bis B und C bis D in dem Segment „Waschmaschine 8 kg“ (alternativ „Waschmaschine 9 kg“, bei mangelnden Datenmengen) zusammengefasst. Dabei werden auf die Daten von maximal fünf Geräten einer Effizienzkategorie der Hersteller Samsung, LG, AEG, Siemens und Bosch zurückgegriffen. Die Effizienzklassen E bis G sind bei den Herstellern so selten vertreten, dass sie vernachlässigt werden.

Annahmen und Daten

- Ca. 100 Spülgänge pro Jahr, ergo: x kWh/100 Spülgänge = x kWh/Jahr
- Jährlicher Stromverbrauch [14]:
 - Durchschnitt Klassen A - B: 49,4 kWh/Jahr
 - Durchschnitt Klassen C - D: 66,2 kWh/Jahr
- Durchschnittliche Nutzungsdauer 10 Jahre [8]

Formeln

$$\Delta \text{Stromverbrauch} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}} \right] = (\text{Stromverbrauch}_{C-D} - \text{Stromverbrauch}_{A-B}) \left[\frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}} \right]$$

$$CO_2 \text{Minderung}_{\text{Lebensdauer}}$$

$$= \Delta \text{Stromverbrauch} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}} \right] * \text{Lebensdauer} [\text{a}]$$

$$* CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{\text{dt. Strommix}, i} \left[\frac{\text{g } CO_2}{\text{kWh}} \right]$$

$$i = 2010 \text{ bis heute}$$

Beispielrechnung (2020)

$$\Delta \text{Stromverbrauch} = 66,2 \frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}} - 49,4 \frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}} = 16,8 \frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}}$$

$$CO_2 \text{Minderung}_{\text{Lebensdauer}} = 16,8 \frac{\text{kWh}}{\text{a} * \text{Gerät}} * 10 \text{ a} * 310 \frac{\text{g } CO_2}{\text{kWh}} = 52.080 \frac{\text{g } CO_2}{\text{Gerät}}$$

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (2020)

$$52.080 \frac{\text{g } CO_2}{\text{Gerät}}$$

4.6.4 Wärmepumpentrockner

Informationen

Im Gegensatz zu anderen Produkten aus dem Bereich der weißen Ware haben Trockner das alte Energielabel behalten. Es werden Daten bekannter Hersteller gesammelt (Juli 2022) und zu Mittelwerten der Effizienzklasse A+++ und B bis A++ in dem Segment *Wärmepumpentrockner 8kg* zusammengefasst. Dabei werden auf die Daten von maximal fünf Geräten einer Effizienzklasse der Hersteller Samsung, Bauknecht, AEG, Siemens und Bosch zurückgegriffen. Die übrigen Effizienzklassen sind bei den Herstellern so selten vertreten, dass sie vernachlässigt werden.

Annahmen und Daten

- Jährlicher Stromverbrauch [14]:
 - Durchschnitt Klasse A+++: 176,8 kWh/Jahr
 - Durchschnitt Klassen B – A++: 257 kWh/Jahr
- Durchschnittliche Nutzungsdauer 8 Jahre [8]

Formeln

$$\Delta \text{Stromverbrauch} \left[\frac{\text{kWh}}{a * \text{Gerät}} \right]$$

$$= (\text{Stromverbrauch}_{B-A++} - \text{Stromverbrauch}_{A+++}) \left[\frac{\text{kWh}}{a * \text{Gerät}} \right]$$

$$\text{CO}_2 \text{Minderung}_{\text{Lebensdauer}}$$

$$= \Delta \text{Stromverbrauch} \left[\frac{\text{kWh}}{a * \text{Gerät}} \right] * \text{Lebensdauer} [a]$$

$$* \text{CO}_2 \text{Emissionsfaktor}_{\text{dt. Strommix},i} \left[\frac{\text{g CO}_2}{\text{kWh}} \right]$$

$i = 2010 \text{ bis heute}$

Beispielrechnung (2020)

$$\Delta \text{Stromverbrauch} = 257 \frac{\text{kWh}}{a * \text{Gerät}} - 176,8 \frac{\text{kWh}}{a * \text{Gerät}} = 80,2 \frac{\text{kWh}}{a * \text{Gerät}}$$

$$\text{CO}_2 \text{Minderung}_{\text{Lebensdauer}} = 80,2 \frac{\text{kWh}}{a * \text{Gerät}} * 8 a * 310 \frac{\text{gCO}_2}{\text{kWh}} = 198.896 \frac{\text{gCO}_2}{\text{Gerät}}$$

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (2020)

$$198.896 \frac{\text{g CO}_2}{\text{Gerät}}$$

4.7 Energieberatung

Informationen

Stadtwerte bieten Ihren Kund:innen Energieberatungen an. Im Fall von Gewerbekunden wird das Unternehmen energetisch betrachtet und Energieeffizienzmaßnahmen aufgezeigt. Im Bereich von Hauseigentümerberatungen wird dies im kleineren Stil gemacht. Im Jahr 2013 hat das imug Institut die Ergebnisse dieser Energieberatungen gesammelt und unter der Annahme, dass einige Energieeffizienzmaßnahmen auch umgesetzt wurden, die durchschnittliche Einsparung, die durch die Beratung aufgedeckt wurde, errechnet.

Annahmen und Daten

- Strom-Einsparung: 8.666 kWh/Energieberatung [15]

Formeln

$$\begin{aligned}
 CO_2\text{Minderung} & \left[\frac{g\ CO_2}{\text{Energieberatung}} \right] \\
 & = \text{Stromeinsparung} \left[\frac{kWh}{\text{Energieberatung}} \right] \\
 & \quad * CO_2\text{Emissionsfaktor}_{\text{dt. Strommix},i} \left[\frac{g\ CO_2}{kWh} \right]
 \end{aligned}$$

$i = 2010$ bis heute

Beispielrechnung (2020)

$$CO_2\text{Minderung} = 8.666 \frac{kWh}{\text{Energieberatung}} * 310 \frac{g\ CO_2}{kWh} = 2.686.460 \frac{g\ CO_2}{\text{Energieberatung}}$$

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (2020)

$$2.686.460 \frac{gCO_2}{\text{Energieberatung}}$$

4.8 Energie- und Umwelt-Managementsysteme

Interne Energie- und Umweltmanagementsysteme wie ISO 50001, ISO 14001 und EMAS ermöglichen das Umsetzen von Maßnahmen, die den eigenen Energieverbrauch des Stadtwerts reduzieren. Ausgedrückt in Treibhausgasminderungen (in t CO₂e) hat das Stadtwert die Möglichkeit sie in dieser Kategorie darzustellen. Aufgrund der Komplexität und Individualität geschieht die Berechnung hierfür durch das Stadtwert selbst.

5 Mobilität (Fuhrpark)

Die Nutzung von alternativen Antrieben anstelle von klassischen Verbrennern entlastet die Umwelt, da durch Strom oder Erdgas betriebene Fahrzeuge - auf die gleiche Strecke gerechnet - weniger CO₂ ausstoßen.

5.1 Elektro-PKW

Informationen

Stadtwerke haben einen eigenen Fuhrpark. Wenn dieser Fuhrpark elektrifiziert wird, werden Emissionen eingespart. Die Emissionseinsparung je Fahrzeug bei der Umstellung von Diesel oder Benziner auf ein Elektrofahrzeug wird im Vermeidungsfaktor dargestellt. Die CO₂-Emissionen werden inklusive Vorketten betrachtet.

Annahmen und Daten [1]

- CO₂-Emissionsfaktor_{Diesel}: 183,64 g CO₂/Pkm (Pkw-Diesel-mittel-DE-2020-Basis)
- CO₂-Emissionsfaktor_{Otto}: 207,02 g CO₂/Pkm (Pkw-Otto-mittel-DE-2020-Basis)
- CO₂-Emissionsfaktor_{Elektro}: 60,977 g CO₂/Pkm (Pkw-EM-mittel-DE-2020-Basis)

Formeln

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor} \left[\frac{g CO_2}{Pkm} \right]$$

$$= CO_2 \text{Emissionsfaktor}_i \left[\frac{g CO_2}{Pkm} \right] - CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{Elektro} \left[\frac{g CO_2}{Pkm} \right]$$

$i = \text{Diesel; Otto}$

Beispielrechnung (2020)

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{Diesel, Elektro} = 183,64 \frac{g CO_2}{Pkm} - 60,977 \frac{g CO_2}{Pkm} = 122,663 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{Otto, Elektro} = 207,02 \frac{g CO_2}{Pkm} - 60,977 \frac{g CO_2}{Pkm} = 146,043 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (2020)

$$\text{Von Diesel auf Elektro: } 122,663 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

$$\text{Von Otto auf Elektro: } 146,043 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

5.2 Hybrid-PKW

Informationen

Stadtwerke haben einen eigenen Fuhrpark. Wenn dieser Fuhrpark halbelektrifiziert wird, werden Emissionen eingespart. Die Emissionseinsparung je Fahrzeug bei der Umstellung von Diesel oder Benziner auf ein Hybridfahrzeug wird im Vermeidungsfaktor dargestellt. Die CO₂-Emissionen werden inklusive Vorketten betrachtet.

Annahmen und Daten [1]

- CO₂-Emissionsfaktor_{Diesel}: 183,64 g CO₂/Pkm (*Pkw-Diesel-mittel-DE-2020-Basis*)
- CO₂-Emissionsfaktor_{Otto}: 207,02 g CO₂/Pkm (*Pkw-Otto-mittel-DE-2020-Basis*)
- CO₂-Emissionsfaktor_{Hybrid, Diesel}: 71,015 g CO₂/Pkm (*Pkw-PHEV-Diesel-mittel-DE-2020-50*)
- CO₂-Emissionsfaktor_{Hybrid, Otto}: 93,648 g CO₂/Pkm (*Pkw-PHEV-Otto-mittel-DE-2020-50*)

Formeln

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor} \left[\frac{g CO_2}{Pkm} \right]$$

$$= CO_2 \text{Emissionsfaktor}_i \left[\frac{g CO_2}{Pkm} \right] - CO_2 \text{Emissionsfaktor}_n \left[\frac{g CO_2}{Pkm} \right]$$

$i = \text{Diesel; Otto}$
 $n = \text{Hybrid}_{\text{Diesel}}; \text{Hybrid}_{\text{Otto}}$

Beispielrechnung (2020)

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{\text{Diesel, Hybrid}} = 183,64 \frac{g CO_2}{Pkm} - 71,015 \frac{g CO_2}{Pkm} = 112,625 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{\text{Otto, Hybrid}} = 207,02 \frac{g CO_2}{Pkm} - 93,648 \frac{g CO_2}{Pkm} = 113,372 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

$$\bar{x} = \frac{113,372 + 112,625}{2} \frac{g CO_2}{Pkm} = 112,9985 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (2020)

$$112,9985 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

5.3 Erdgas-PKW

Informationen

Stadtwerke haben einen eigenen Fuhrpark. Wenn dieser Fuhrpark auf Erdgasfahrzeuge umgestellt wird, werden Emissionen eingespart. Die Emissionseinsparung je Fahrzeug bei der Umstellung von Diesel oder Benzinern auf ein Erdgasfahrzeug wird im Vermeidungsfaktor dargestellt

Annahmen und Daten [1]

- CO_2 -Emissionsfaktor_{Diesel}: 183,64 g CO_2 /Pkm (Pkw-Diesel-mittel-DE-2020-Basis)
- CO_2 -Emissionsfaktor_{Otto}: 207,02 g CO_2 /Pkm (Pkw-Otto-mittel-DE-2020-Basis)
- CO_2 -Emissionsfaktor_{Erdgas}: 164,84 g CO_2 /Pkm (Pkw-Erdgas-DE-2000)

Formeln

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor} \left[\frac{g CO_2}{Pkm} \right]$$

$$= CO_2 \text{Emissionsfaktor}_i \left[\frac{g CO_2}{Pkm} \right] - CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{Erdgas} \left[\frac{g CO_2}{Pkm} \right]$$

$i = \text{Diesel; Otto}$

Beispielrechnung (2020)

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{\text{Diesel,Erdgas}} = 183,64 \frac{g CO_2}{Pkm} - 164,84 \frac{g CO_2}{Pkm} = 0000018,8 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{\text{Otto,Erdgas}} = 207,02 \frac{g CO_2}{Pkm} - 164,84 \frac{g CO_2}{Pkm} = 42,18 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

Beispiel CO_2 -Vermeidungsfaktor (2020)

$$\text{Von Diesel auf Erdgas: } 18,8 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

$$\text{Von Otto auf Erdgas: } 42,18 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

5.4 Pedelecs

Informationen

Werden Strecken im Alltag statt mit dem Auto mit einem Pedelec zurückgelegt, ergibt sich daraus im Schnitt ein hohes Einsparpotential der THG-Emissionen.

Annahmen und Daten

- CO₂-Emissionsfaktor_{mittlerer Pkw}: 162 g CO₂/Pkm [16]
- CO₂-Emissionsfaktor_{Pedelec}: 17,8 g CO₂/Pkm [17]

Formeln

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor} \left[\frac{g CO_2}{Pkm} \right] \\ = CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{Pkw} \left[\frac{g CO_2}{Pkm} \right] - CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{Pedelec} \left[\frac{g CO_2}{Pkm} \right]$$

Beispielrechnung (2020)

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{Pkw, Pedelec} = 162 \frac{g CO_2}{Pkm} - 17,8 \frac{g CO_2}{Pkm} = 144,2 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (2020)

$$144,2 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

5.5 E-Ladestationen (Pkw)

Informationen

Stadtwerke betreiben Ladesäulen, um in der Region die Elektromobilität zu stärken für Bürger:innen. Je abgesetzter kWh Strom an der Ladesäule wird Dieselkraftstoff oder Benzin ersetzt. Der Vermeidungsfaktor bezieht den durchschnittlichen Verbrauch eines E-Fahrzeuges mit in die Berechnung ein. Die Emissionseinsparung durch den Absatz an Strom an einer Tankstelle wird durch den Vermeidungsfaktor dargestellt.

Annahmen und Daten

- Durchschnittlicher Verbrauch Pkw_{Elektro}: 21,58 kWh/100 km (Berechnung nach [18])
- CO₂-Vermeidungsfaktor_{Diesel, Elektro}: 122,663 g CO₂/Pkm (s. Kapitel 5.1)
- CO₂-Vermeidungsfaktor_{Otto, Elektro}: 146,043 g CO₂/Pkm (s. Kapitel 5.1)

Formeln

$$CO_2\text{Minderung} \left[\frac{gCO_2}{kWh} \right] = CO_2\text{Vermeidungsfaktor}_i \left[\frac{g CO_2}{km} \right] / Verbrauch_{Elektro} \left[\frac{kWh}{km} \right]$$

$i = \text{Diesel, Elektro; Otto, Elektro}$

Beispielrechnung (2020)

$$CO_2\text{Minderung}_{\text{Diesel, Elektro}} = 122,663 \frac{g CO_2}{km} * \frac{100 km}{21,58 kWh} = 568,411 \frac{g CO_2}{kWh}$$

$$CO_2\text{Minderung}_{\text{Otto, Elektro}} = 146,043 \frac{g CO_2}{km} * \frac{100 km}{21,58 kWh} = 676,752 \frac{g CO_2}{kWh}$$

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (2020)

$$\text{Von Diesel auf Elektro: } 568,411 \frac{g CO_2}{kWh}$$

$$\text{Von Otto auf Elektro: } 676,752 \frac{g CO_2}{kWh}$$

5.6 E-Ladestationen (Pedelecs)

Informationen

Stadtwerke betreiben Ladesäulen, um in der Region die Elektromobilität zu stärken für Bürger:innen. Je abgesetzter kWh Strom an der Ladesäule wird Dieselkraftstoff oder Benzin ersetzt. Der Vermeidungsfaktor bezieht den durchschnittlichen Verbrauch eines Pedelecs mit in die Berechnung ein. Die Emissionseinsparung durch den Absatz an Strom an einer Tankstelle wird durch den Vermeidungsfaktor dargestellt.

Annahmen und Daten

- Durchschnittlicher Verbrauch Pedelec: 0,7 kWh/100 km [19]
- CO₂-Vermeidungsfaktor_{Pkw, Pedelec}: 144,2 g CO₂/Pkm (s. Kapitel 5.4)

Formeln

$$CO_2\text{Minderung} \left[\frac{gCO_2}{kWh} \right] = CO_2\text{Vermeidungsfaktor}_{Pkw, Pedelec} \left[\frac{g CO_2}{km} \right] / \text{Verbrauch}_{Pedelec} \left[\frac{kWh}{km} \right]$$

Beispielrechnung (2020)

$$CO_2\text{Minderung}_{Pkw, Pedelec} = 144,2 \frac{g CO_2}{km} * \frac{100 km}{0,7 kWh} = 20.600 \frac{g CO_2}{kWh}$$

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (2020)

$$\text{Von Diesel auf Elektro: } 20.600 \frac{g CO_2}{kWh}$$

5.7 Erdgastankstellen (PKW)

Informationen

Stadtwerke betreiben Erdgastankstellen, um in der Region eine Möglichkeit des Erdgastankens für Bürger:innen zu ermöglichen. Je verkauftem kg Erdgas wird Dieselkraftstoff oder Benzin ersetzt. Der Vermeidungsfaktor bezieht den durchschnittlichen Verbrauch eines Erdgasfahrzeuges mit in die Berechnung ein. Die Emissionseinsparung durch den Absatz an Erdgas an einer Tankstelle wird durch den Vermeidungsfaktor dargestellt.

Annahmen und Daten

- Durchschnittlicher Verbrauch Pkw_{Erdgas} : 4,3 kg Erdgas/100 km (Berechnung nach [20])
- CO_2 -Vermeidungsfaktor_{Diesel, Erdgas}: 18,8 g CO_2 /Pkm (s. Kapitel 5.3)
- CO_2 -Vermeidungsfaktor_{Otto, Erdgas}: 42,18 g CO_2 /Pkm (s. Kapitel 5.3)

Formeln

$$CO_2Minderung \left[\frac{g CO_2}{kg} \right] = CO_2Vermeidungsfaktor_i \left[\frac{g CO_2}{Pkm} \right] / Verbrauch_{Erdgas} \left[\frac{kg Erdgas}{km} \right]$$

$i = \text{Diesel, Erdgas; Otto, Erdgas}$

Beispielrechnung (2020)

$$CO_2Minderung_{Diesel,Erdgas} = 18,8 \frac{g CO_2}{km} * \frac{100}{4,3} \frac{km}{kg Erdgas} = 437,209 \frac{g CO_2}{kg Erdgas}$$

$$CO_2Minderung_{Otto,Erdgas} = 42,18 \frac{g CO_2}{km} * \frac{100}{4,3} \frac{km}{kg Erdgas} = 980,93 \frac{g CO_2}{kg Erdgas}$$

Beispiel CO_2 -Vermeidungsfaktor (2020)

$$\begin{aligned} \text{Von Diesel auf Erdgas: } & 437,209 \frac{g CO_2}{kg Erdgas} \\ \text{Von Otto auf Erdgas: } & 980,93 \frac{g CO_2}{kg Erdgas} \end{aligned}$$

5.8 Wallboxen/E-Fahrzeuge (privat)

Informationen

Wenn Wallboxen von den Stadtwerken an die Kunden verkauft wurden, können diese nur in die Bilanzierung des KLIMAZählers aufgenommen werden, wenn die Menge des dadurch abgesetzten Stroms in kWh vorliegt.

Die Berechnung über die Anzahl an verkaufter Wallboxen lässt zu viel Spielraum und benötigt zu umfassende Annahmen, so dass es über diesen Weg nicht möglich ist diese Maßnahme in die eingesparten CO_2 -Emissionen einzubeziehen.

6 Mobilität (ÖPNV)

Die Nutzung des ÖPNV statt der Fahrt mit dem eigenen Pkw ist eine Entlastung für die Umwelt. Selbst Busse mit Verbrenner stellen eine umweltfreundlichere Alternative dar, da die CO₂-Emissionen pro Kopf auf dieselbe Strecke gerechnet deutlich geringer ausfallen als bei der Fahrt mit dem Pkw. Wird der ÖPNV meist durch Strom oder Wasserstoff angetrieben, fällt die Einsparung an CO₂-Emissionen entsprechend höher aus.

6.1 Bus und Straßenbahn

Informationen

Stadtwerke bieten Ihren Kund:innen die Dienstleistung des Betriebs von Stadtbussen oder anderen ÖPNV an. Je Person, die mit dem Angebot des Stadtwerks fährt, spart im Vergleich zum Auto Emissionen ein. Der Vermeidungsfaktor ergibt sich aus den Emissionen je Personen- km.

Annahmen und Daten [16]

- CO₂-Emissionsfaktor_{Bus} = 108 g CO₂/Pkm
- CO₂-Emissionsfaktor_{Straßenbahn} = 80 g CO₂/Pkm
- CO₂-Emissionsfaktor_{mittlerer Pkw}: 162 g CO₂/Pkm

Formeln

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor} \left[\frac{g CO_2}{Pkm} \right]$$

$$= CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{Pkw} \left[\frac{g CO_2}{Pkm} \right] - CO_2 \text{Emissionsfaktor}_i \left[\frac{g CO_2}{Pkm} \right]$$

$i = \text{Bus; Straßenbahn}$

Beispielrechnung (2020)

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{Pkw, Bus} = 162 \frac{g CO_2}{Pkm} - 108 \frac{g CO_2}{Pkm} = 54 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{Pkw, Straßenbahn} = 162 \frac{g CO_2}{Pkm} - 80 \frac{g CO_2}{Pkm} = 82 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (2020)

$$\text{Von Pkw auf Bus: } 54 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

$$\text{Von Pkw auf Straßenbahn: } 82 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

6.2 H₂-Bus

Informationen

Stadtwerke bieten Ihren Kund:innen die Dienstleistung des Betriebs von Stadtbussen oder anderen ÖPNV-Fahrzeugen mit Wasserstoff-Brennstoffzellen (BZ) an. Jede Person, die mit dem Angebot des Stadtwerks fährt, spart im Vergleich zum Auto Emissionen ein. Der Vermeidungsfaktor ergibt sich aus den Emissionen je Personen-km.

Annahmen und Daten

- CO₂-Emissionsfaktor_{BZ-Bus} = 22,934 g CO₂/Pkm (*Bus-Linie-BZ-DE-2020-Basis*) [1]
- CO₂-Emissionsfaktor_{mittlerer Pkw}: 162 g CO₂/Pkm [16]

Formeln

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor} \left[\frac{g CO_2}{Pkm} \right] \\ = CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{Pkw} \left[\frac{g CO_2}{Pkm} \right] - CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{BZBus} \left[\frac{g CO_2}{Pkm} \right]$$

Beispielrechnung (2020)

$$\Delta CO_2 \text{Emissionsfaktor}_{Pkw, BZBus} = 162 \frac{g CO_2}{Pkm} - 22,934 \frac{g CO_2}{Pkm} = 139,066 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

Beispiel CO₂-Vermeidungsfaktor (2020)

$$\text{Von Pkw auf BZBus: } 139,066 \frac{g CO_2}{Pkm}$$

7 THG-Kompensation

7.1 Stillgelegte THG-Kompensationszertifikate

Die vermiedenen Emissionen entsprechen denjenigen, die durch freiwillige und extern standardisierter THG-Kompensationszertifikate (auch „Verified Emission Reductions“ (VER)) aus Klimaschutzprojekten ausgeglichen wurden. Die öffentlich einsehbaren stillgelegten Kompensationszertifikate dienen als Nachweis.

8 Vergleichsgrößen

In diesem Kapitel werden alle relevanten Daten und Informationen zu den Vergleichsgrößen des Moduls „Gesamtzähler“ dokumentiert. Im Gesamtzähler lassen sich die seit dem Basisjahr erzielten CO₂-Einsparungen wahlweise in andere Einheiten, beispielsweise Bäume, Mallorca-Flugreisen, Erdumrundungen mit dem PKW, verschonte Arktiseisfläche und Rindfleisch umrechnen. Auf diese Weise kann die Menge der eingesparten CO₂-Emissionen einem breiteren Publikum veranschaulicht werden.

8.1 Bäume

Informationen

Im Gesamtzähler wird eine rechnerische Anzahl an Bäumen angezeigt. Die Menge CO₂, die durch diese hypothetisch der Atmosphäre entzogen wurde, hat das Stadtwerk seit dem Basisjahr durch Klimaschutzmaßnahmen vermieden. Mit der (gemeinen) Fichte wurde die in Deutschland am häufigsten vorzufindende Baumart als Maßstab verwendet [21]. Die Parameterwerte „Höhe“ und „Durchmesser“ liegen im Mittelfeld des in der Quelle angegebenen Größenspektrums.

Annahmen und Daten

- Baumart: Gemeine Fichte (*Picea abies* [L.] Karst)
- Höhe: 24 m
- Brusthöhendurchmesser: 29 cm
- Alter: Nicht spezifiziert
- Region: Bayern
- Weitere Annahmen: Siehe Quelle [22]

Formeln

Es sind keine über die Quelle hinausgehende Formeln erforderlich.

CO₂-Umrechnungsfaktor

$$806.250 \frac{g \text{ CO}_2}{\text{Gemeine Fichte}}$$

8.2 Mallorca-Flugreisen

Informationen

Im Gesamtzähler wird eine rechnerische Anzahl an Flugreisen von Frankfurt am Main (FRA) nach Palma de Mallorca (PMI) und zurück angezeigt – bezogen auf je eine Person. Die dadurch hypothetisch ausgestoßene Menge CO₂ hat das Stadtwerk seit dem Basisjahr durch Klimaschutzmaßnahmen vermieden.

Annahmen und Daten

- Startflughafen: Flughafen Frankfurt Main (FRA, DE)
- Zielflughafen: Flughafen Palma de Mallorca (PMI, ES)
- Flugklasse: Economy/Charter; Flugzeugmodell: Durchschnitt/Modus; Nicht spezifiziert
- Zwischenlandung und CO₂-Kompensation: Nein
- Weitere Annahmen: Siehe Quelle [23]

Formeln

Es sind keine über die Quelle hinausgehende Formeln erforderlich.

CO₂-Umrechnungsfaktor

$$510.000 \frac{g \text{ CO}_2}{\text{Mallorca-Flugreise einer Person}}$$

8.3 Erdumrundungen mit PKW

Informationen

Im Gesamtzähler wird eine rechnerische Anzahl an Umrundungen des Erdäquators mit einem Benziner-PKW angezeigt. Die dadurch hypothetisch ausgestoßene Menge CO₂ hat das Stadtwerk seit dem Basisjahr durch Klimaschutzmaßnahmen vermieden.

Annahmen und Daten

- Länge Äquator: 40.075,02 km [24] (Route: Luftlinie)
- Antriebsart: Benziner
- CO₂-Emissionsfaktor_{Otto}: 207,02 g CO₂/Pkm (Pkw-Otto-gross-DE-2020-Basis)
- Weitere Annahmen: Siehe Quelle [1]

Formeln

Es sind keine über die Quelle hinausgehende Formeln erforderlich.

CO₂-Umrechnungsfaktor

$$7.322.507 \frac{g \text{ CO}_2}{\text{Weltumrundung mit Benziner-PKW}}$$

8.4 Verschonte Arktiseisfläche

Informationen

Im Gesamtzähler wird eine rechnerische Anzahl an Profifußballfeldern arktischer Sommereisfläche angezeigt. Diese Fläche wird hypothetisch durch in etwa so viel CO₂ zum Schmelzen gebracht, wie das Stadtwerk seit dem Basisjahr durch Klimaschutzmaßnahmen vermieden hat.

Annahmen und Daten

- Region: Arktis
- Bezugszeitraum Flächenmessung: Sommer
- Größe Profi-Fußballfeld: 7.140 m² [26]
- Weitere Annahmen: Siehe Quelle [25]

Formeln

Es sind keine über die Quelle hinausgehende Formeln erforderlich.

CO₂-Umrechnungsfaktor

$$2.380.000.000 \frac{g CO_2}{Schmelze eines Fußballfelds Arktiseis}$$

8.5 Rindfleisch

Informationen

Angezeigt wird eine rechnerische Anzahl an produzierten Tonnen Rindfleisch. Die dadurch hypothetisch ausgestoßene Menge CO₂ hat das Stadtwerk seit dem Basisjahr durch Klimaschutzmaßnahmen vermieden.

Annahmen und Daten

- Haltungsform Tiere: Durchschnitt (konventionell/Bio)
- Futtermittel: Nicht spezifiziert
- Verarbeitung: Keine
- Transportwege: Nicht spezifiziert
- Lagerung: Kühlregal
- Weitere Annahmen: Siehe Quelle [27]

Formeln

Es sind keine über die Quelle hinausgehende Formeln erforderlich.

CO₂-Umrechnungsfaktor

$$13.600.000 \frac{g CO_2}{t Rindfleisch}$$

9 Literaturverzeichnis

- [1] IINAS, „GEMIS Modell und Datenbasis Version 5.0,“ 2021. [Online]. Available: <https://iinas.org/downloads/gemis-downloads/>. [Zugriff am 04 05 2022].
- [2] D. T. Lauf, M. Memmler und S. Schneider, „Emissionsbilanz Erneuerbarer Energieträger 2020 - Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2020,“ Umweltbundesamt, 2021.
- [3] KEA-BW Die Landesenergieagentur, „CO2-Bilanzierung - Emissionsfaktoren,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.kea-bw.de/kommunaler-klimaschutz/angebote/co2-bilanzierung>. [Zugriff am 07 02 2022].
- [4] BDEW, „Datenplattform Stromkennzeichnung,“ 2022. [Online]. Available: <https://www.bdew.de/service/datenplattform-stromkennzeichnung/>. [Zugriff am 20 12 2021].
- [5] BDEW, „Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes in Deutschland - Anteile der genutzten Energieträger,“ 18 07 2022. [Online]. Available: <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/beheizungsstruktur-wohnungsbestand/>. [Zugriff am 28 02 2023].
- [6] Thüringer Rechnungshof, „Kommunale Straßenbeleuchtung - Bericht zur Querschnittsprüfung,“ 2015.
- [7] F. Bodenhaupt, „Betriebszeiten der Straßenbeleuchtung,“ [Online]. Available: <https://www.strassenbeleuchtung.de/index.php/technik/grundlagen/betriebszeiten>. [Zugriff am 29 11 2021].
- [8] juris - Fachportal Steuerrecht, *Afa-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagengüter*, Bundesministerium der Finanzen, 2000.
- [9] Smart-Rechner, „Halogen-Lampen durch LED ersetzen,“ [Online]. Available: https://www.smart-rechner.de/lumen_watt_umr/infothek/halogen_led.php. [Zugriff am 31 01 2022].
- [10] Energie-Experten, „Technik, Stromverbrauch und Kosten von Hocheffizienz,“ 2022. [Online]. Available: <https://www.energie-experten.org/heizung/heizungstechnik/heizungskreislauf/hocheffizienzpumpe#c15687>. [Zugriff am 17 01 2022].
- [11] Effizienzhaus-online, „Wie viel Energie verbraucht ein Wohnhaus durchschnittlich?,“ [Online]. Available: <https://www.effizienzhaus-online.de/energieverbrauch-haus/>. [Zugriff am 07 02 2022].
- [12] Effizienzhaus-online, „Heizungslexikon - wichtige Fachbegriffe rund ums Thema Heizungstechnik,“ [Online]. Available: <https://www.effizienzhaus-online.de/lexikon/wirkungsgrad/>. [Zugriff am 07 02 2022].

- [13] J. Kunde, „heizung.de,“ 31 05 2021. [Online]. Available: <https://www.heizung.de/ratgeber/diverses/wie-alt-darf-ihre-heizungsanlage-sein.html>. [Zugriff am 14 11 2022].
- [14] ASEW, *2022_ASEW-Klimazähler_Faktorenübersicht*, internes Dokument, eigene Datenerhebung, 2022.
- [15] ifeu - Institut für Energie und Umwelt, *Evaluierung der Stadtwerke-Energieberatung*, TNS Emnid, imug Beratungsgesellschaft, 2013.
- [16] Umweltbundesamt, „Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr in Deutschland 2021,“ Dezember 2022. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/bild/vergleich-der-durchschnittlichen-emissionen-0>. [Zugriff am 13 06 2023].
- [17] M. Lienhop, D. Thomas, A. Brandies und e. al, „Pedelection - Verlagerungs- und Klimaeffekte durch Pedelec-Nutzung im Individualverkehr,“ Institut für Transportation Design, 2015.
- [18] ADAC, „Elektroautos im Test: So hoch ist die Reichweite wirklich,“ 30 06 2022. [Online]. Available: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/elektromobilitaet/stromverbrauch-elektroautos-adac-test/>. [Zugriff am 05 07 2022].
- [19] myvelo, „E-Bike Stromkosten Rechner,“ 26 05 2021. [Online]. Available: <https://myvelo.de/blogs/e-bike-blog/e-bike-stromkosten-rechner>. [Zugriff am 12 07 2022].
- [20] ADAC, „Erdgas/CNG - ein Antrieb mit Zukunft?,“ 11 01 2022. [Online]. Available: <https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/erdgas/>. [Zugriff am 28 06 2022].
- [21] NABU (Naturschutzbund Deutschland) e. V., „Die Fichte - NABU,“ [Online]. Available: <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/pflanzen/pflanzenportraits/wildpflanzen/gehoelze/21371.html>. [Zugriff am 07 07 2023].
- [22] Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), „Kohlenstoffspeicherung von Bäumen,“ *Merkblatt der Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft*, Nr. 27, Juli 2011.
- [23] KlimAktiv gemeinnützige Gesellschaft zur Förderung des Klimaschutzes mbH, „Meine CO2-Bilanz | CO2-Rechner des Umweltbundesamtes,“ Januar 2022. [Online]. Available: https://uba.co2-rechner.de/de_DE/mobility-flight-calculator. [Zugriff am 20 10 2022].

- [24] US Government, Department of Defense, „World Geodetic System 1984,“ Rockville, 1984.
- [25] D. Notz und J. Stroeve, „Observed Arctic sea-ice loss directly follows anthropogenic CO2 emission,“ *Science*, Bd. 354, Nr. 6313, pp. 747-750, 2016.
- [26] M. Giebel, „Wie groß sind die Fußball-Spielfelder der Bundesliga-Klubs?,“ 13 08 2015. [Online]. Available: <https://www.ran.de/fussball/bundesliga/news/wie-gross-sind-die-fussball-spielfelder-der-bundesliga-klubs-103102>. [Zugriff am 20 10 2022].
- [27] G. Reinhardt, S. Gärtner und T. Wagner, „Ökologische Fußabdrücke von Lebensmitteln und Gerichten in Deutschland,“ Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu), Heidelberg, 2020.