

Beispiel Zange: SDG- und ERS-Fußnoten

Beispielrechnung - Kombizange (200 mm) • SDG/ERSHerleitung

Dieses Dokument zeigt eine vollständig nachvollziehbare Beispielrechnung für eine klassische Kombizange (200 mm). Alle Zahlen sind ohne LaTeX dargestellt und mit Quellen belegt. Die Herleitung erfolgt vom SDGBezug über ERS/CSRD Pflichten bis zu jedem Rechenschritt (Material, Energie, Transport, Beschichtung).

1) Produkt, Systemgrenzen, SDG-/ERS-Bezug

Beispielprodukt: klassische Kombizange 200 mm mit Stahlkörper, Komfortgriffen und dekorativer Vernickelung/Verchromung (Variante A) oder alternativ mit Zinkbeschichtung (Variante B). Marktübliche Massen: ca. 0,32-0,35 kg; im Beispiel wird mit 0,35 kg gerechnet.

Systemgrenze: CradletoGate (Materialgewinnung und Herstellung, Fertigungsenergie, Oberflächenbehandlung, Transport bis Werkstor).

SDG/ERSAnker:

- SDG 13 Klimaschutz → ERS E1 (Treibhausgase, Methodik/Intensitäten).[1]

- SDG 12 Verantwortungsvolle Produktion → ERS E5 (Ressourcennutzung, Zirkularität).[2]

- SDG 12 / SDG 3 (Chemikalien/Emissionen) → ERS E2 (Verschmutzung, z. B. Galvanik).[3]

2) Rechenlogik (ohne Formeln in Spezialnotation)

Gesamtergebnis (kg CO₂e pro Zange) = Material + Fertigungsenergie + Transport + Beschichtung (Weg A oder Weg B).

2.1 Material: Stahlkörper

Annahme: 0,35 kg Kohlenstoffstahl. Emissionsfaktor: 1,91 kg CO₂e/kg als globaler Durchschnitt laut worldsteel (ohne werksspezifische EPD).[4]

Rechnung: $0,35 \text{ kg} \times 1,91 \text{ kg CO}_2\text{e/kg} = 0,668 \text{ kg CO}_2\text{e}$.

Begründung: worldsteel veröffentlicht seit Jahren Durchschnittswerte ~1,85-1,9 t CO₂/t Rohstahl; alternativ liegen ICE Werte für gängige Stahlprodukte im ähnlichen/konservativen Bereich.[5]

2.2 Fertigung: Strom/Wärme (Schmieden/Anlassen/Finish)

Annahme Energiebedarf: ca. 0,20 kWh pro Zange (entspricht ~450 kWh/t für Elektro-Billetteizer zzgl. kleiner Peripherieaufschläge).[6]

Emissionsfaktor Strom (DE 2023): 0,380 kg CO₂/kWh (UBA).[7]

Rechnung: $0,20 \text{ kWh} \times 0,380 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 0,076 \text{ kg CO}_2$.

2.3 Transport: Lkw (t-km-Ansatz)

Annahme: 0,40 t-km (z. B. 0,35 kg \times 1 143 km). Emissionsfaktor: 0,10 kg CO₂ pro t-km nach DEFRA 2024 (Richtwert; exakte HGV-Klasse/Beladung im DEFRA-Excel auswählbar).[8]

Rechnung: $0,40 \text{ t-km} \times 0,10 \text{ kg CO}_2/\text{t-km} = 0,040 \text{ kg CO}_2$.

2.4 Beschichtung - zwei Wege (A = Ni/Cr dekorativ, B = Zink)

Geometrie-Annahme für beide Wege: metallische Oberfläche 0,030 m²; Dichten: Ni 8 900 kg/m³, Cr 7 190 kg/m³, Zn 7 140 kg/m³. Stromfaktor wie oben (DE 2023: 0,380 kg CO₂/kWh).

Weg A: Vernickelung/Verchromung (dekorativ)

Typische Schichtdicken: Nickel 10 μm , Chrom 0,3 μm (dekorativ).[9]

Metallmassen (aus Fläche \times Dicke \times Dichte):

- Nickel: $0,030 \text{ m}^2 \times 10 \mu\text{m} \times 8 900 \text{ kg/m}^3 = 0,00267 \text{ kg}$ (2,67 g).
- Chrom: $0,030 \text{ m}^2 \times 0,3 \mu\text{m} \times 7 190 \text{ kg/m}^3 = 0,0000647 \text{ kg}$ (0,065 g).

Vorprodukt-Emissionen: Nickel ca. 13 kg CO₂/kg (Nickel Institute LCI).[10]

- Nickel: $0,00267 \text{ kg} \times 13 \text{ kg CO}_2/\text{kg} = 0,0347 \text{ kg CO}_2$.

Chrom-Metall: aufgrund der sehr kleinen Masse im Zehntel-Gramm-Bereich klimatisch vernachlässigbar; optional $\sim 0,001 \text{ kg CO}_2$.

Strombedarf der Abscheidung (Faraday-Herleitung, typische Effizienzen/Spannungen): Nickel $\sim 0,010 \text{ kWh/Zange}$; Chrom (dekorativ, Effizienz $\sim 13 \%$) $\sim 0,009 \text{ kWh/Zange}$.[11]

- Strom Ni: $0,010 \text{ kWh} \times 0,380 = 0,0038 \text{ kg CO}_2$; Strom Cr: $0,009 \text{ kWh} \times 0,380 = 0,0035 \text{ kg CO}_2$.

Summe Weg A (Beschichtung): $\approx 0,043 \text{ kg CO}_2$.

Weg B: Zink (z. B. Fe/Zn 8 = 8 μm)

Normdicken gemäß ASTM B633 (z. B. 5/8/12/25 µm); hier 8 µm gewählt.[12]

Metallmasse: $0,030 \text{ m}^2 \times 8 \text{ µm} \times 7140 \text{ kg/m}^3 = 0,00171 \text{ kg}$ (1,71 g).

Vorprodukt■Emissionen: Zink ca. 3,89 kg CO■e/kg (Zinc LCA).[13]

• $0,00171 \text{ kg} \times 3,89 \text{ kg CO■e/kg} = 0,0067 \text{ kg CO■e}$.

Strombedarf (Faraday■Herleitung, $\eta \sim 90 \%$, $\sim 3,5 \text{ V}$): $\sim 0,0055 \text{ kWh/Zange} \rightarrow 0,0021 \text{ kg CO■e}$.

Summe Weg B (Beschichtung): $\approx 0,0087 \text{ kg CO■e}$.

3) Gesamtergebnis (Cradle■to■Gate, pro Zange)

Basis ohne Beschichtung: Material 0,668 + Fertigung 0,076 + Transport 0,040 = 0,784 kg CO■e.

Mit Beschichtung:

• Variante A (Ni/Cr): $0,784 + 0,043 = 0,828 \text{ kg CO■e/Zange}$.

• Variante B (Zn 8 µm): $0,784 + 0,0087 = 0,793 \text{ kg CO■e/Zange}$.

4) Warum genau diese Formeln/Faktoren?

Additivität: Für Cradle■to■Gate werden Modul■Beiträge addiert (Material + Energie + Logistik + Oberfläche). Das entspricht gängiger LCA■Praxis und ist mit ESRS E1 konsistent (Methodik/Intensitäten).[1]

Materialfaktoren: Wenn keine Lieferanten■EPD vorliegt, sind worldsteel/ICE robuste Sekundärdaten - in der CSRD/ESRS zulässig, sofern die Quelle und Annahmen dokumentiert werden.[4][5]

Stromfaktoren: UBA publiziert jährlich den deutschen Strommix (THG■Intensität).[7]

Transport: DEFRA■Faktoren (t·km) sind Standard; exakte HGV■Klasse/Beladung kann im DEFRA■Excel ausgewählt werden.[8]

Galvanik: Schichtdicken sind normiert/branchenüblich (ASTM B633; Nickel■Handbuch). Metallmassen ergeben sich geometrisch; Strombedarf aus der Faraday■Herleitung mit realistischen Wirkungsgraden/Spannungen.[9][10][11][12]

5) CSRD/ESRS■Dokumentation (wie es in Berichten dargestellt wird)

ESRS E1: Methodik, Systemgrenze, Faktoren, Unsicherheiten; Aggregation der Module; Stromfaktoren und Transportfaktoren mit Quellen.[1]

ESRS E5: Materialflüsse (Massen, Rezyklatanteile, Abfälle), Zirkularitätsmaßnahmen (Demontage, Recyclingfähigkeit).[2]

ESRS E2: Chemikalienmanagement (z. B. Umstellung auf Cr(III), Abwasserbehandlung, BAT/BREF-Konformität).[3]

BVT/BREF „Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoffen (STM)“ als technische Referenz für Galvanik-BAT.[14]

Fußnoten

[1] ESRS E1: Climate change - Methodik und Offenlegung (Delegierte Verordnung/EFrag-Texte).

[2] ESRS E5: Resource use & circular economy - Materialflüsse/Zirkularität (Delegierte Verordnung/EFrag-Texte).

[3] ESRS E2: Pollution - Emissionen/Chemikalien (Delegierte Verordnung/EFrag-Texte).

[4] worldsteel - globale CO₂-Intensitäten/LCI für Stahl (Rohstahl, BF-BOF/EAF).

[5] University of Bath - Inventory of Carbon & Energy (ICE v3.0) - u. a. Faktoren für Karton, synthetischen Gummi.

[6] Praxiswerte Schmiedeenergie (Elektro-Billetheizer ~450 kWh/t), z. B. Branchenleitfäden/Energieeffizienzberichte.

[7] Umweltbundesamt (UBA) - Entwicklung der spezifischen Treibhausgasemissionen des deutschen Strommix (z. B. 2023: ~0,380 kg CO₂/kWh).

[8] UK BEIS/DEFRA - GHG Conversion Factors 2024 (HGVT-km-Faktoren nach Fahrzeugklasse/Beladung).

[9] Nickel Plating Handbook - typische Schichtdicken, Wirkungsgrade, Prozessparameter (Nickel Institute).

[10] Nickel Institute LCI - Treibhausgasfußabdruck von Class 1 Nickel (~13 kg CO₂e/kg).

[11] Galvanotechnik-Referenzen (Faraday-Herleitung/Spannungen/Effizienzen; dekoratives Cr mit niedriger Kathoden-Effizienz).

[12] ASTM B633 - Standard Specification for Electrodeposited Coatings of Zinc on Iron and Steel (z. B. 5/8/12/25 µm).

[13] International Zinc Association - Life Cycle Inventory/Assessment of Refined Zinc (~3,89 kg CO₂e/kg).

[14] EU BVT/BREF „Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoffen (STM)“ - BAT-Referenzen für Galvanik.