

Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ)

Umfeldanalyse Treiber indirekter Emissionen der Stadt Zürich

Nicolas Schmid, Ursina Walther, Moritz Reisser
Jürg Füssler, Stefan Kessler

August 2024



Hintergrund zur Studie

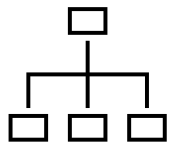
Die vorliegende Studie wurde von Juli bis Anfang August 2024 für den Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ) angefertigt. Die Studie basiert auf wissenschaftlicher und grauer Literatur sowie sonstigen öffentlich verfügbaren Publikation und Daten, INFRAS-ExpertInnenwissen, sowie Interviews mit ExpertInnen der Stadt Zürich.

Ziel der Studie ist es, der Stadt Zürich eine fundierte Basis für die Einordnung stadt-externer Entwicklungen und deren Auswirkungen auf die indirekten Emissionen der Gesamtstadt bis 2040 zu ermöglichen.

Weitere Analysen, Forschung und Vertiefung sind notwendig, um die Aussagen der Studie zu externen Treibern der indirekten Emissionen der Stadt Zürich (und der Schweiz) noch robuster zu machen.

Insgesamt besteht zum Thema indirekte (konsum-basierte, importierte) Emissionen noch signifikanter Forschungsbedarf. Unsicherheiten in der Datenlage sind teilweise gross.

Struktur



A Synthese

B Bereichsspezifische Analysen

01 Verkehr

02 Gebäude

03 Ernährung

04 Konsum

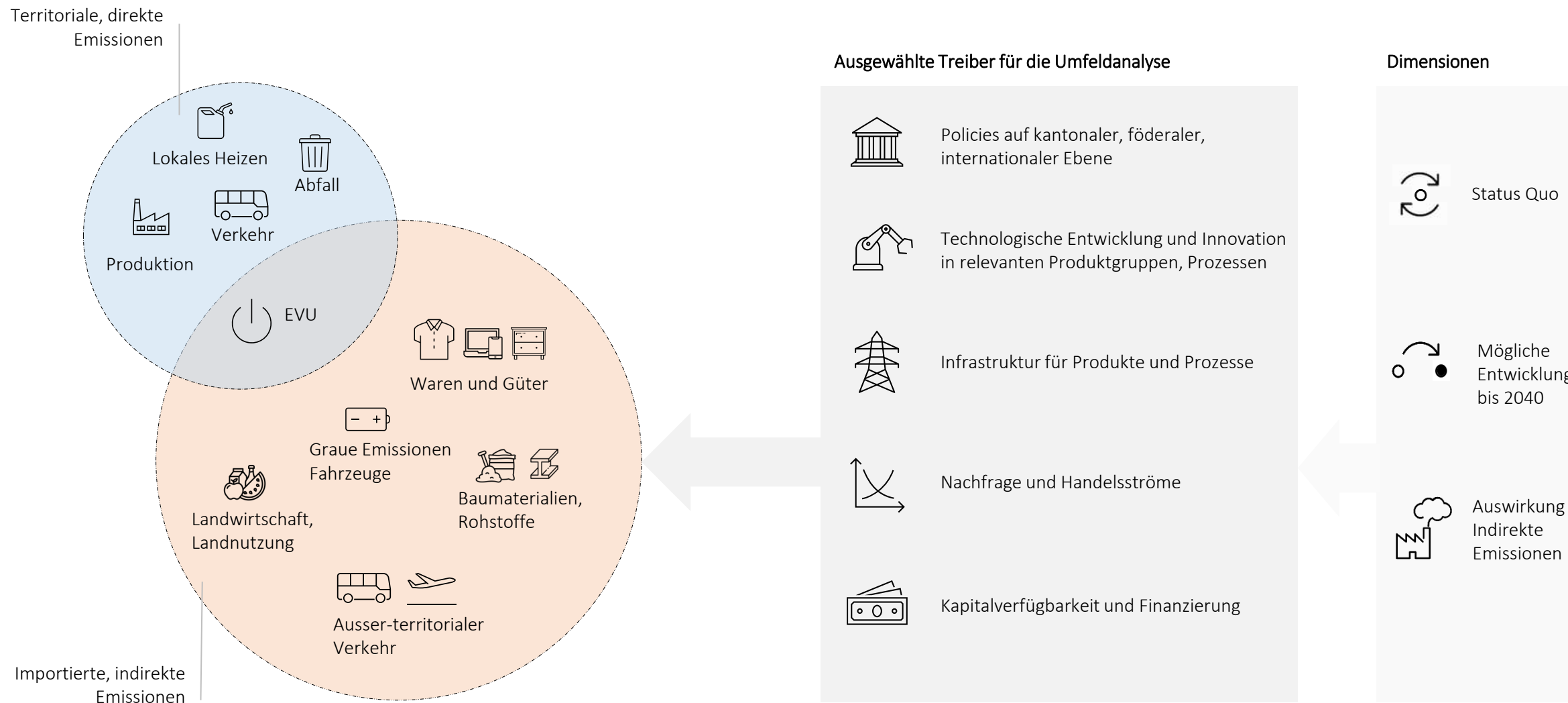
C Anhang, Literatur, Datenquellen

A Synthese



Synthese: Kontextfaktoren und Treiber indirekter Emissionen von Städten

Vereinfachte Darstellung



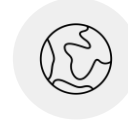
Synthese: Bereichsübergreifende Treiber indirekter Emissionen der Stadt Zürich



Bereichsübergreifende Treiber



Schweiz



International



Technologie und Infrastruktur

- Schweiz hat vergleichsweise hohe importierte Emissionen [30, 32, 37]
- CH THG-Fussabdruck (inkl. Indirekte Emissionen) vor allem durch Verkehr, Wohnen und Lebensmittel getrieben [44], städtische indirekte Emissionen grösser als ländliche Emissionen [33]
- Wohlstand korreliert mit THG-Fussabdruck, Zürich hat einen hohen Medianlohn und der Anteil der Millionäre in der Gesamtbevölkerung ist hoch [31]
- Die Emissionsintensität der Wirtschaft ist seit 10 Jahren stabil, Rückgang 2000-2010 [36]
- Durch Elektrifizierung des Prozesswärmebedarfs Schweizer Industrie könnten Emissionen bis zu 35% sinken [42]
- Abfallmengen haben sich pro Person/Jahr um 43% reduziert seit 1992/93 [51]

Nachfrage und Handel

- Bis ins Jahr 2040 wird die Bevölkerungszahl der Stadt Zürich voraussichtlich um 74 000 Menschen zunehmen, Bandbreite der Bevölkerungsszenarien ZH 2040: 480 000 - 540 000 Personen
- Schweiz importiert vermehrt grüne Technologien [55], aus EU (DE), China, USA, sonstige [57]
- Je nach Produkten variieren Haupthandelspartner [60]
- CH verliert seit 2010 ihren komparativen Vorteil im Handel mit grünen Technologien [56]
- Der Kanton Zürich importiert primär hergestellte Waren (58 Mrd. CHF), besonders Metalle, elektronische Geräte, Kraftwagen, Maschinen und elektr. Ausrüstungen [59]

Policies und Zielpfade

- Insgesamt steigt Policy-Aktivität und Ambition in der Schweiz, es besteht aber weiterhin ein «Implementation Gap» [29, 63, 65, 66]
- Reduktionszielpfade laut KIG für Gebäude, Verkehr, Industrie mit Stützpunkt 2040 [43]
- Reduktionszielpfade für Ernährung laut KSLE [117]
- Energieszenarien 2050+: WWB (>30 Mt CO₂eq 2050) vs. Zero Basis (>20 Mt CO₂eq 2040; Netto Null 2050) [39]
- Ausbau erneuerbarer Strom (z.B. 35 TWh/Jahr bis 2035) realistisch und mit Vorteilen [40]

Technologie und Infrastruktur

- Die allermeisten Technologien und Produkte sind «off track» im Sinne der Zielerreichung Netto Null 2050 [47, 48, 50]
- Kumulativ > 6000 Unternehmen global mit SBTi-Ziel [45]
- Energie- und THG-Intensitäten der wichtigen CH-Handelspartner variieren stark, aber sinken [46]
- EE sind kostkompetitiv mit fossilen Alternativen [49]
- Nur eine Klimamassnahme ist global «on track»: Anteil E-Autos im Verkauf, der Rest «off track» [50]
- Und: Negativemissionstechnologien sind noch nicht reif, wenig skalierbar, und/oder teuer [47]
- Importierte Emissionen tragen in vielen Städten >50% zum THG-Fussabdruck bei [30]
- Anteil transport-bedingter Emissionen in Import/Export variiert stark je nach Produktgruppe [53]

Nachfrage und Handel

- Zwei Szenarien für Handelsströme [58]: Fragmentierung (in geopolitische Blöcke, z.B. Westen vs. Ostasien) vs. Diversifizierung (z.B. mehr Handel mit Entwicklungsländern)
- Klimapolitik beeinflusst verstärkt Handelsströme, z.B. in regionalen Handelsabkommen [55]
- Emissionen verkörpert in internationalem Handel oder auch «Emissionstransfer» zwischen OECD und Nicht-OECD-Ländern hat 2006 einen Höhepunkt, seitdem sinkend/stabil [52]
- Der Handel mit Dienstleistungen hat zwischen 2010 und 2018 zugenommen (ca. 13%), besonders der Handel Süd-Nord [54]

Policies

- Der Anteil an globalen THG-Emissionen, welche durch NDCs [61] oder CO₂-Preise [62] abgedeckt werden steigt an
- Netto-Null-Ziele verbreiten sich stark [61]
- Insgesamt steigt Policy-Aktivität und Ambition [62, 64]
- Aber: die «Implementation Gap» besteht weiterhin [29], z.B. im Bereich Klimafinanzströme [67]
- Um die ambitionierten Reduktionsziele der EU zu erreichen (Netto Null 2050, -55% 2030) wird eine deutliche Steigerung der Investitionen in saubere Technologien benötigt [67]

Synthese: Umfeldanalyse der Treiber indirekter Emissionen der Stadt Zürich



Status Quo



Entwicklung

| Bereiche | Analysierte Technologien und Produkte | | Status Quo | Entwicklung |
|---------------|---------------------------------------|---|--|---|
| Verkehr | | Sustainable Aviation Fuel ist ein zentraler Ansatz zur Dekarbonisierung des Flugverkehrs | ▪ Emissionen aus Flügen 24% an Schweizer Emissionen aus Verkehr, fossiles Jetfuel hohe CO ₂ -Intensität von 89 g/MJ | ▪ Angekündigte Kapazitäten werden bis 2030 nur rund 40% des SAF-Bedarfs (Beimischquote 10%) abdecken können |
| | | Effizienzgewinne in der Nutzungsphase von Flugzeugen senken TGH-Emissionen pro Flugkilometer | ▪ Sustainable Aviation Fuel noch weit von Skalierbarkeit entfernt, Preis SAF zwischen 1.5-6x höher als fossiles Jetfuel | ▪ Wenn Trend weitergeht dürften Flüge weiter zunehmen |
| | | Substitution von Flug- durch Bahnverkehr | ▪ Vergangene Effizienzgewinne Aviation Fuel von ca. 2.9% rpk | ▪ Ausmusterung von 25% vor 2001 gebauter Flugzeuge würde zu Treibstoffeinsparungen von 8% führen |
| | | Graue Emissionen in (Elektro)autos nehmen an Relevanz zu durch Dekarbonisierung Nutzungsphase | ▪ Substitution durch Bahnverkehr: nötige Investitionen hoch, Effekte abhängig von Nachfrage, aber wenig Potenzial ▪ Graue Emissionen werden in E-Autos wichtiger: Batterie verursacht ca. 50% der THG-Emissionen in der Herstellung | ▪ Zeithorizont 2040 vermutlich zu kurz für signifikante Veränderungen der Modalwahl (Flug auf Bahnverkehr) ▪ Graue Emissionen aus Batterien dürften abnehmen (EU-Batterie-Verordnung, Dekarbonisierung Strom China, EU) |
| Gebäude | | Stahl ist ein Haupttreiber grauer Emissionen in Gebäuden. Als global gehandelte Ware ist Stahl stark von internationalen Kontextfaktoren abhängig | ▪ Stahl und Zement verursachen die meisten indirekten Emissionen in Gebäuden, haben viel Reduktionspotenzial | ▪ Stahl- und Zement sind „off track“, um bis 2050 Netto-Null-Emissionen zu erreichen |
| | | Zement ist ein weiterer relevanter Treiber grauer Emissionen. Zement ist regionaler gehandelt, schweizweite Kontextfaktoren hier vor allem relevant | ▪ Grüner Stahl hatte 2022 einen Marktanteil <1 %, Industrie und Regierungen haben aber ambitionierte Ziele ▪ Allerdings liegen die Kosten für „grünen“ Stahl noch um 40-70 % höher als mit herkömmlichen Methoden ▪ Zementverbrauch auf stabilem Niveau, primär Verbrauch heimischer Produktion, zahlreiche Initiativen und Policies | ▪ Allerdings nehmen auch die Ankündigungen für grüne Stahlproduktion und Abnahmevereinbarungen zu ▪ Reduktionspfad der Schweizer Zementindustrie (Klima-Roadmap 2050), mit starkem Fokus auf CCS. Die nötige CCS-Infrastruktur zur Dekarbonisierung von Zement ist noch nicht bestehend, insgesamt stark abhängig von Policy |
| Ernährung | | THG-Emissionsintensität verschiedener Lebensmittel(gruppen) ist eine relevante Stellschraube | ▪ Emissionen aus der CH-Landwirtschaft sinken seit 1990 nur leicht (-13%) und stammen vor allem von tierischen Produkten: Verdauung/Hofdünger | ▪ Für das Erreichen der Klimaziele bedarf es neben technologischen Verbesserungen, höheren Erträgen und Reduktion von Lebensmittelverlusten vor allem Anpassung der Diät (weniger Tierprodukte, mehr pflanzliche Proteine) |
| | | Umstellung von fossilem Dünger auf Alternativen wie Wasserstoff-basiertem Dünger kann Emissionen senken | ▪ THG-Emissionen des Schweizer Lebensmittelhandels fallen zu 69% im Ausland an, Emissionen der Schweizer Fleisch-Wertschöpfungskette zu 33% ▪ Sämtliche Mineraldünger müssen laut BLW importiert werden und verursachen ca. 20% der Gesamtemissionen | ▪ Der Anteil an Proteinersatzprodukten in der Schweiz steigt, bleibt aber anteilig weiter sehr gering ▪ Grüner Ammoniak könnte Emissionsreduktionen bringen, aber abhängig von Entwicklungen in Wasserstoffproduktion |
| Konsum | | Textilien sind eine relevante Produktgruppe mit hohen Haushaltsausgaben und THG-Emissionen | ▪ Die meisten Emissionen für Textilien fallen im Ausland (besonders China) in vorgelagerten Lieferketten an | ▪ Einige Textilunternehmen mit konkreten Zielpfaden und Massnahmen bis 2030/2040, z.B. H&M |
| | | Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) und dazugehörige Produkte verkörpern Emissionen | ▪ Bei IKT sind die meisten Emissionen in grauer Energie in Endgeräten, aber zunehmend auch in (KI-)Rechenleistungen | ▪ Trainingsintensität, Kosten, und Energiebedarf für die Entwicklung von KI-Modellen steigt stark an, aber Reduktionspotenzial durch Einsatz von IKT (indirekte Effekte durch Digitalisierung) wahrscheinlich deutlich relevanter |
| | | Möbel sind eine weitere relevante Produktgruppe aus Emissionsperspektive | ▪ Bei Möbeln dominieren die THG-Emissionen aus Rohstoffen, Nutzungsphase (Strom) und Herstellung ▪ In allen Produktgruppen gibt es signifikantes Emissionsreduktions-Potenzial durch Dekarbonisierung Strom und Wärme, sowie Einsatz alternativer Materialien | ▪ Effizienzgewinne entlang der Wertschöpfungskette von Möbeln erwartbar, auch Änderung in Produktionsverfahren und andere Rohstoffe, z.B. Massnahmen IKEA |

INFRAS

Quellen: Siehe [bereichsspezifische Analysen](#).

Zurück zur [Struktur](#)



Synthese: Auswirkungen externer Faktoren auf indirekte Emissionen der Stadt Zürich



Szenario weiter wie bisher



Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade

Unsicherheit Datenlage

Verkehr

Siehe ab
Folie [\[10\]](#)



Reduktion der grauen Emissionen von Fahrzeugen zu erwarten (Effizienz Gehäuse, Material Batterien). Sustainable Aviation Fuels trotz ambitionierter Ziele noch nicht skaliert. Emissionsreduktion für Flugverkehr im IEA-BAU-Szenario von 0% bis 2050. Flugemissionen primär abhängig von Flugverhalten der Stadtbevölkerung.

Direkte THG-Emissionen im Inland laut KIG bis 2040 -57%. Reduktion grauer Emissionen von Fahrzeugen bis zu 30% (Ausbauziele EE im Energiesektor in Herkunftsländern massgebend). Ziele für Ausbau und Anteil SAF 10% bis 2040. Emissionsreduktion für Flugverkehr im IEA-Netto-Null-Szenario von 73% 2022-2050.

Mittel

Gebäude

Siehe ab
Folie [\[14\]](#)



Stahl und Zement «off track», trotz ambitionierter Ziele und wachsender unternehmerischer Initiative und mehr pol. Massnahmen. Trotzdem Industrie-Reduktionsziel Emissionsintensität für Primärstahl von 45% ab 2022 bis 2030, und Zement im IEA-BAU-Szenario von 28% 2022-2050.

Industrie-Reduktionsziele für Primärstahl bis 2050 um 86% ab 2022. Ziele für Ausbau der CCS-Infrastruktur (z.B. in CH), und grünem Strom (z.B. COP28-Beschluss: Verdreifung Ausbau Erneuerbare). Reduktion Emissionsintensität für Zement im IEA-Netto-Null-Szenario von 84% 2022-2050.

Mittel

Ernährung

Siehe ab
Folie [\[18\]](#)



Emissionen wenig sinkend (EU: 11% 2000-2021, CH: 13% 1990-2021), wenig Reduktion bis 2030 geschätzt (EU: ca. 4% nicht CO2-Emissionen) wenig Massnahmen trotz Ziele (z.B. KSLE, Coop). IEA-BAU: Emissionen Ammoniak verringern sich 2022-2050 um 18%. Reduktionspotenzial durch Technologie, primärer Hebel aber Konsumverhalten

Reduktionsziele Detailhändler (z.B. Migros -70% Scope 1-2 bis 2030). Ziele für CH-Landwirtschaft laut KSLE (-30% bis 2040). Laut IEA-Netto-Null-Szenario verringert sich Emissionsintensität Ammoniak 2022-2050 um 95%. Aber: Haupthebel zum Erreichen KSLE-Ziele ist Veränderung des Konsumverhaltens (ca. 2/3 des Reduktionspotenzials).

Hoch

Konsum

Siehe ab
Folie [\[22\]](#)



Emissionsreduktion in Textilien, Möbel, und IKT u.a. durch Elektrifizierung, Effizienz. Konkrete Massnahmen von Unternehmen mit Scharnierfunktion in Wertschöpfungskette (z.B. IKEA, H&M). Dekarbonisierung Strom in Herkunftsländern wie China. Aber Nutzungsphase und Konsumverhalten der Stadtbevölkerung auch relevant.

Ziele von Unternehmen in IKT (z.B. Netto Null Ziele von Rechenzentren), Möbel (z.B. IKEA: -50% Emissionen inkl. Vorketten 2016-2030; Textilindustrie (88% von 250 Unternehmen mit SBTi-Zielen). Ziele für Ausbau EE-Strom in Herkunftsländern (vor allem China). Grosses Potenzial durch unternehmerische Massnahmen Kreislaufwirtschaft

Hoch

Szenario weiter wie bisher

Szenario, das die aktuellen politischen Rahmenbedingungen, privatwirtschaftlichen Aktivitäten und geplanten Produktionskapazitäten widerspiegelt.

Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade

Szenario, das davon ausgeht, dass alle Klimaverpflichtungen von Regierungen (NDCs, Netto-Null-Ziele) und Industrie (Branchen-, Unternehmensziele) vollständig und pünktlich erfüllt werden.

Beitrag der (inter-)nationalen Kontextfaktoren zum Erreichen des 30%-Reduktionsziels der Stadt Zürich für indirekte Emissionen 1990-2040

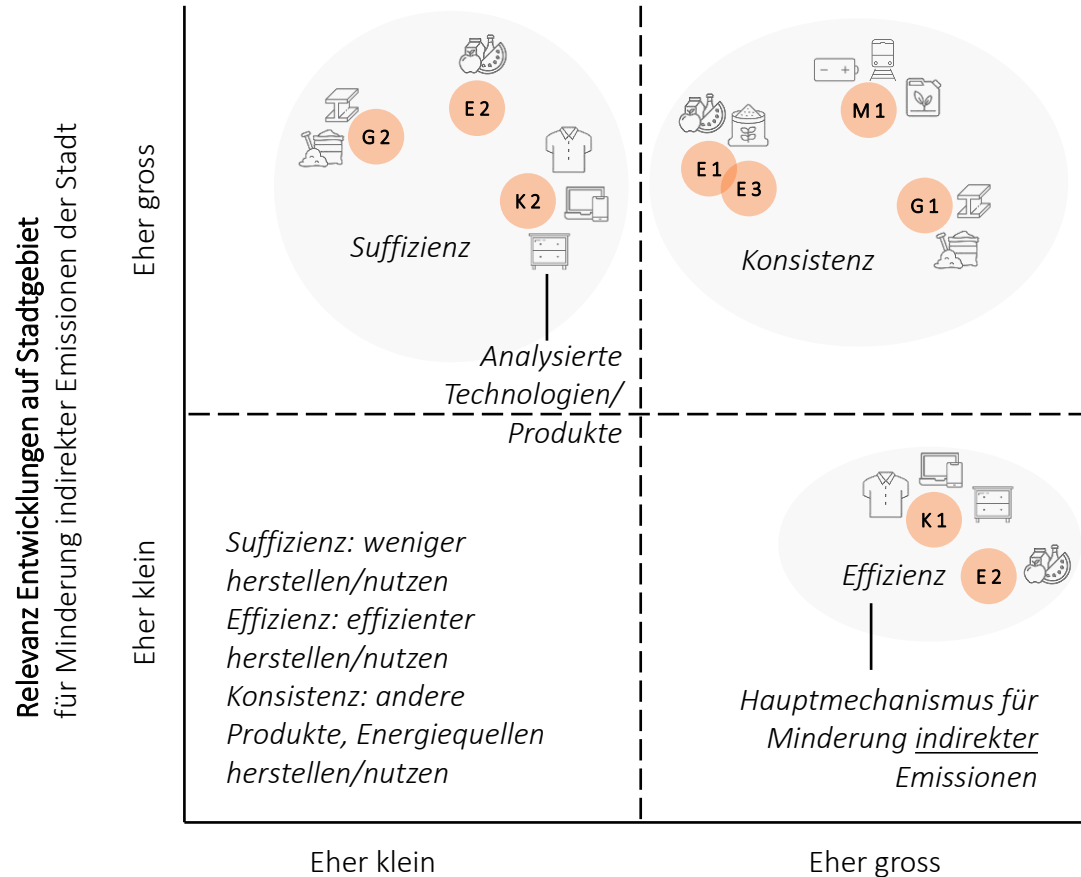
Hoch

Mittel

Tief

Synthese: Relevanz städtischer vs. externer Entwicklungen für indirekte Emissionen

Beitrag städtischer vs. nationaler, internationaler Entwicklungen zum Erreichen des Reduktionsziels für indirekte Emissionen der Stadt Zürich



Städtische Massnahmen und zentrale Hebel/Mechanismen für Emissionsminderung

Verkehr



- M1** Klimaschonende Mobilität ausserhalb des Stadtgebiets

Gebäude



- G1** Klimaschonendes und kreislauforientiertes Bauen
- G2** Quadratmeter reduzieren

Ernährung



- E1** Gesunde, umweltfreundliche Ernährung stärken
- E2** Lebensmittelverluste senken
- E3** Nachhaltige Produkte bevorzugen

Konsum

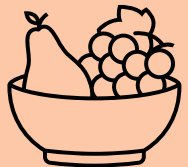
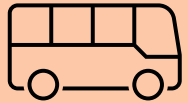


- K1** Klimaschonende Produktion der Konsumgüter
- K2** Suffiziente Nutzung von Gütern

Zentrale Hebel

- Flugverkehr: Substitution Kerosin durch alternativen Treibstoff
- Autos: Substitution Verbrenner durch E-Autos
- Baumaterialien (G1): Einsatz von recyceltem und/oder grünem Stahl, Zement
- Quadratmeter (G2): Suffizienz im Bau- und Wohnverhalten
- Umweltfreundliche Ernährung (E1, E3): Substitution von Tierprodukten durch pflanzenbasierte Proteinquellen
- Lebensmittelverluste (E2): Weniger Verluste durch Suffizienz, sowie effizientere Lebensmittelproduktion
- Klimaschonende Produktion (K1): Effizienzgewinne in Wertschöpfungskette
- Suffiziente Nutzung (K2): Anpassung des Konsumverhaltens (weniger Konsum)

B Bereichsspezifische Umfeldanalysen



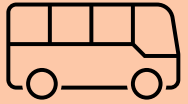
01 Verkehr

02 Gebäude

03 Ernährung

04 Konsum

01 Verkehr



Zurück zur Struktur

Quelle: Unsplash.



01 Verkehr: Synthese der bereichsspezifischen Umfeldanalyse



Status Quo



Entwicklung



Auswirkung auf indirekte Emissionen



Sustainable Aviation Fuel

- Fossiles Jetfuel hat hohe CO₂-Intensität von 89 g/MJ [74]
- SAF weist im Vergleich zu Kerosin eine Emissionsreduktion zwischen 43% (HEFA-Algenöl) bis 99% (Sun-to-Liquid) [74]
- SAF fast ausschliesslich über HEFA-Pfad produziert [73]
- Preis SAF zwischen 1.5-6x höher als fossiles Jetfuel (EASA, 2022). 0.2% Treibstoffbedarf mit SAF abgedeckt (IATA, 2024)
- EU legt eine Steigerung der Beimischquote bis 2050 (70%) fest. Schweiz plant Anschluss an die EU-Verordnung
- Flüge 2022: 24% Schweizer Emissionen Verkehr [69]

- Bis 2030 wird >60% der Produktionsmenge über den HEFA- und Alcohol-to-Jet Pfad produziert [73]
- Angekündigte Kapazitäten werden bis 2030 nur rund 40% des Bedarfs (Beimischquote 10%) abdecken können [73]
- Verlagerung Richtung Herstellungspfad power-to-liquid mangels Verfügbarkeit von Rohstoffen für HEFA nötig [73]
- Neben dem Ausbau der Produktionskapazitäten werden grosse Mengen von EE-Strom benötigt für power to liquid
- Wenn Trend weitergeht dürften Flüge weiter zunehmen

- Szenario weiter wie bisher: Beimischquote von ca. 3% kann erreicht werden (angekündigte Kapazitäten). Damit wird Reduktion CO₂-Emissionen um 1-2% erreicht (EASA-Prognose [75]). IEA-BAU-Szenario mit konstanter Emissionsintensität aus [71].
- Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade: Wird Beimischquote 10% erreicht, prognostiziert EASA Reduktion CO₂-Emissionen von 6.5% [75]. IEA-Netto-Null-Szenario: Reduktion Emissionsintensität von 95% bis 2050 [71].



Effizienz

- Beobachtete Effizienzsteigerung höher als von der Branche angestrebt: 2009-2019 Erhöhung der Effizienz um 2.9% rpk und 2.4% rtk-Basis (IEA 2020)
- Einsparungen der letzten Jahre konnten die zusätzliche Nachfrage allerdings nicht kompensieren (IEA 2023)

- Prognosen: UHBR-Engines und Open rotor engines angekündigt für 2030 mit Treibstoffeinsparungspotenzial von 25% und 30% jeweils [76]
- Ausmusterung von 25% vor 2001 gebauter Flugzeuge würde zu Treibstoffeinsparungen von 8% führen [76]

- Reduktion des Treibstoffverbrauchs wirkt sich direkt auf die CO₂-Emissionen pro Flugkilometer aus



Substitute für Flüge

- Grenzüberschreitender Personenverkehr auf der Schiene im Distanzbereich von 500km wäre Alternative zu Kurz- und Mittelstreckenflügen (BAV 2021)
- Bahnanteil gewisser Verbindungen (Paris, Mailand) schon hoch (SBB 2020)
- Schweiz beabsichtigt grenzüberschreitenden Personenfernverkehr auf der Schiene zu fördern (CO₂-Verordnung, in Vernehmlassung) [65]

- Ausbau Personenfernverkehr ist Zeit- und kostenintensiv, bedingt Koordination mit Nachbarländern
- Zeithorizont 2040 vermutlich zu kurz für signifikante Veränderungen der Modalwahl von Reisenden des Flughafens Zürichs
- Prognosen für Schweizer Flugaktivität zeigen eine jährliche Zunahme zwischen 0.3-2% je nach Szenario Annahmen (INFRAS intern) [77]

- Wirkung auf Emissionen sehr unsicher, da lange Zeithorizonte von Infrastrukturprojekten und Abhängigkeit von Verhalten durch Stadtbevölkerung, auch Möglichkeit von induziertem Verkehr und/oder Rebound-Effekte
- Ohne Massnahmen dürfte Zunahme Flügaktivitäten der hauptsächliche Treiber für Emissionen bleiben



Graue Emissionen (Elektro)autos

- Batterie verursacht aktuell etwa 50% THG-Emissionen der Fahrzeugherstellung [80, 82, 85] und die Lieferkette der Batterieproduktion wird von China dominiert [80]
- Emissionen werden vor allem durch energieintensive Prozesse der Herstellung verursacht. Emissionen der Stromerzeugung in China und Europa damit sehr relevant
- Relevante Policy-Entwicklungen: Strafzölle für chinesische Elektroautoimporte in EU, Lieferkettengesetz EU [64]
- Verordnung des Europäischen Parlaments und des Europarats über Batterien und Altbatterien

- Nachfrage nach Elektroautos steigt stark an, besonders nach grossen Autos (SUVs) [87]
- Produktionskapazitäten für Batterien werden in verschiedenen Ländern ausgebaut. Europa plant Ausbau im Umfang von 799- 1'200 GWh bis 2030
- Anteil erneuerbarer Energien am Strommix steigt in Europa und China
- Batterie Verordnung EU 2023/1542: Traktionsbatterien benötigen Erklärung zum CO₂-Fussabdruck (ab 2025), Höchstwerte für den CO₂-Fussabdruck einhalten (ab 2028)

- Graue Emissionen aus Batterieautos hängen stark von der Entwicklung des Strommixes in Europa, China und global ab. Je nach Annahme zur Entwicklung ist bis 2040 eine Reduktion von 10-30% der THG-Emissionen zum Stand 2017 möglich [86]



01 Verkehr: Status Quo



Technologie



Infrastruktur



Nachfrage und Handel



Policies



Kapital



Sustainable Aviation Fuel

- Hauptwege: SAF oder neue Antriebstechnologien. 2-5x teurer als fossiler Kraftstoff (WEF 2023)
- SAF momentan nur mittels HEFA zu produzieren [73]
- Produktionskapazität umfasst 2023 0.45 Mt. (Nat Bullard 2024)

- Global 2.4 Billionen Dollar an Infrastrukturinvestitionen erforderlich, um Skalierung von SAF bis 2050 zu unterstützen (WEF 2023)

- Obwohl der Einsatz von SAF im Jahr 2022 bei weniger als 1 % der Flüge lag, gibt es zunehmende Netto-Null-Ziele von Luftfahrtunternehmen [78]
- Vergangene Flugaktivität (& Emissionen) steigend [78]

- EU: ReFuelEU Aviation Verordnung legt minimale Beimischquoten für 2030, 2050 fest. [72]
- CH: Ziel Anschluss an die europäisch harmonisierte Beimischpflicht (Bundesrat 2024)

- CH: Förderinstrumente im Bereich Forschung [72]
- EU: Förderung über Überarbeitung des EU-EHS [72]
- Bis 2050 5 Bill. Dollar benötigt bei niedrigen Gewinnspannen und Kapitalkosten von 7 % (WEF 2023)



Effizienz

- Jährliche Effizienzsteigerung durch technologische Verbesserungen von jährlich 2.9% (rpk) und 2.4% (rtk) zwischen 2009-19 beobachtbar (IEA 2020)

- Effizienzsteigerung kann die Auswirkungen der steigenden Nachfrage (5%) nicht kompensieren (IEA 2020)

- ICAO-Ziel: Jährliche Verbesserung Treibstoffeffizienz um 2% (ICAO 2022)



Substitute für Flüge

- Schnellzüge attraktive Alternative für Strecken bis 500km (BAV 2021)
- Koordination mit europäischen Ländern für Ausbau des Bahnverkehrs nötig

- Dichtes Netz an internationalen Verbindungen, ZH zentrale Lage
- 5/10 Destinationen mit höchstem Passagieraufkommen aus der Schweiz sind in 1000 km und damit mittels eines Nachtzugs erreichbar (BAV 2021)

- Bahnanteil am Reisemarkt nach Milano 90%, Genf-Paris (50-60%) und Zürich-Paris (40%) (Auskunft der SBB, September 2020)

- Schweiz: Förderung int. Personenfernverkehr Schiene (CO2-Verordnung in Vernehmlassung)
- Frankreich: Verbot für Flüge bei Verbindungen < 2.5h Zug

- Ausbau Hochgeschwindigkeitsnetz zeit- und kostenintensiv
- Der Schienenverkehr verursachte 2020 Gesamtkosten von 12,0 Milliarden Franken (BFS 2024)



Graue Emissionen (Elektro)autos

- THG-Emissionen werden vor allem durch Energieverbrauch in Herstellung verursacht [80]
- Batterieherstellung trägt rund 50% zur Herstellungsemissionen von E-Fahrzeugen bei [79]
- Effizienzgewinne führte zu einer Reduktion der THG-Emissionen in europ. Herstellung um 7.4% je Fahrzeug seit 2005 [81]

- Batterieproduktion: China dominiert über alle Lieferkettenphasen [80]
- Europa hat Produktionskapazität von 10% (BFE 2023)
- Anteil EE an Strommix in Europa 2022: 41% [84]
- Anteil erneuerbarer Energie an Strommix in China 2022: 30.3% [84]

- Nachfrage nach Elektroautos steigt stark an, besonders nach grossen Autos (SUVs) [87], was tendenziell die grauen Emissionen erhöht

- Verordnung des Europäischen Parlaments und des Europarats über Batterien und Altbatterien (Verordnung 2023/1542 EU 2023): CO2-Fussabdruckerklärung für Batterien ab 2025, Einführung Höchstwerte Traktionsbatterien ab 2028 CO₂-Fussabdruck

- Massive privatwirtschaftliche Investitionen in Elektroautos, allein 70 Milliarden Euro in Europa im Jahr 2023 (T&E 2024b)



Szenario weiter wie bisher



Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade



Sustainable Aviation Fuel

- SAF wird mehrheitlich über HEFA und alcohol-to-jet Pfad produziert. [73]
- Angekündigte Produktionsanlagen werden maximal ausreichen für die Produktion von 15 Mt/Jahr dies entspricht nur gerade 30-40% des Bedarfs unter der Annahme einer Beimischquote von 10%. [73]
- ICAO SAF Projections-Szenarios variieren zwischen 3 Mt/Jahr wenn keine Policies die SAF-Produktion unterstützen bis knapp 17 Mt/Jahr wenn SAF der Biotreibstoffproduktion für die Strasse vorgezogen wird [74]. IEA-BAU-Szenario mit konstanter Emissionsintensität [Folie].
- Eine Beimischquote von ca. 3% SAF-Anteil kann bis 2030 mit den angekündigten Produktionsanlagen erreicht werden [74]

- Beimischquote von 10% wird erreicht
- Neben HEFA werden weitere Produktionspfade etabliert.
- Umfassende Investitionen in die Entwicklung von emissionsarmen Herstellungspfaden für die SAF-Produktion
- EASA prognostiziert eine Reduktion der CO₂-emissionen um 6.5% im Jahr 2030, die durch den Einsatz von SAF erreicht werden kann [76]
- IEA-Netto-Null-Szenario mit Reduktion Emissionsintensität von Aviation Fuel von 95% bis 2050 [71]



Effizienz

- Weiterhin 1-2% Verbesserung bei der Treibstoffeffizienz (Annahme weiter wie bisher)
- Ausmusterungsalter für Passagierflugzeuge beträgt ca. 25-30 Jahre und für Frachtflugzeuge 30-40 Jahre. Damit etablieren sich neue technologische Verbesserungen nur langsam
- Reduzierter Treibstoffverbrauch übersetzt sich linear in Reduktion CO₂-Intensität des Flugverkehrs

- Jährliche Effizienzsteigerung von 2% mittels umfassender politischer und finanzieller Unterstützung wäre nötig (IEA 2020)
- Technische Entwicklungen führen zu weiteren Effizienzsteigerungen: UHBR Engines (25% Einsparpotenzial) erwartete Marktreife ab 2030, jedoch sind neue Flugzeugdesigns nötig. Open rotor engines (30% Einsparpotenzial) erwartete Marktreife 2035 [76]
- Reduzierter Treibstoffverbrauch übersetzt sich linear in Reduktion CO₂-Intensität



Substitute für Flüge

- Zeithorizont 2040 vermutlich zu knapp für massgeblichen Angebotsausbau. Punktuelle Angebotsverbesserungen könnten die Verlagerung von Flügen auf Bahnangebote unterstützen
- Basis Szenario Eurocontrol prognostiziert Wachstumsrate der Flugbewegungen bis 2050 von jährlich 0.6 % für die Schweiz. IATA eine Wachstumsrate von 2.1% für Europa [77]
- Bis 2040 Flugaktivität weiterhin wachsend. Pandemie bedingter Einbruch der Passagierzahlen bis 2024 wieder kompensiert
- Ausbauprojekte für int. Bahnverkehr werden bis 2040 wenig Auswirkungen auf die Entwicklung haben; Flughafen Zürich fungiert als Hub und damit Anteil Umsteigepassagiere hoch

- Szenario von INFRAS unter der Annahme, dass auf europäischer Ebene alle geplanten Massnahmen zur Erreichung der Klimaziele umgesetzt werden führt zu einer reduzierten Passagierzahsentwicklung in der Schweiz ab 2030 mit einer jährlichen Wachstumsrate von +0.3% (Wachstumsrate bis 2030: +2.4%) (INFRAS 2022, nicht publiziert)



Graue Emissionen (Elektro)autos

- 2030: globale Nachfrage nach Traktionsbatterien von 2.2 TWh (IEA 2022)
- In Europa geplante Produktionskapazität für Batteriezellen ca. 799 GWh (nur Projekte mit tiefem Risiko berücksichtigt), Anteil Europa wächst leicht, mit tieferen Emissionen [83]
- Entwicklung Strommix China und Europa: Massnahmen zur Förderung von EE-Strom, und stärkere Verbreitung besonders von Solar-PV und Wind. China mit massivem Zubau, allerdings gleichzeitig zu hohem Anteil an Braunkohle
- Modellierung der THG-Emissionen der Fahrzeugherstellung für 2040 ergibt eine Reduktion von 10-20% in Annahme eines Baseline Szenario (40% fossile Energieträger am europäischen Strommix und 65 % am globalen Strommix) [86]

- 2030: globale Nachfrage nach Traktionsbatterien von 3.5 TWh (IEA 2022)
- In Europa geplante Produktionskapazität für Batteriezellen rund 1.2 GWh
- Strommix Entwicklung China erreicht 2028 47% Anteil an erneuerbaren Energien und Europa 61% [84]
- Anteil in Europa produzierter Batterien wächst
- Höchstwerte für CO₂-Fussabdruck von Batterien gelten
- Modellierung der THG-Emissionen der Fahrzeugherstellung für 2040 ergibt eine Reduktion von ca. 30% unter der Annahme des ClimPol Szenarios (<20% fossile Energieträger am Europäischen und globalen Strommix) [86]

02 Gebäude



Zurück zur Struktur

Quelle: Unsplash.



02 Gebäude: Synthese der bereichsspezifischen Umfeldanalyse



Status Quo



Entwicklung



Auswirkung auf indirekte Emissionen



Stahl

- Primärstahl hat eine hohe Emissionsintensität von 2.3 tCO₂e/Tonne Stahl [96]
- Primärstahl kann sowohl durch Wasserstoff als auch CCUS dekarbonisiert werden. Sekundärstahl kann elektrisch mit Lichtbogenofen (EAF) verarbeitet werden [90]
- Allerdings liegen die Kosten für „grünen“ Stahl noch um 40-70 % höher als mit herkömmlichen Methoden (WEF 2023)
- Grüner Stahl hatte 2022 einen Marktanteil <1 % (WEF 2023). Industrie hat aber ambitionierte Ziele [95]
- Die Produktion von grünem Stahl setzt eine Wasserstoff- und/oder CCS-Infrastruktur voraus. Diese Infrastruktur ist erst am Entstehen [94]
- Zement ist vergleichsweise günstig. Kaum Bestrebungen, den Verbrauch im Bau zu reduzieren
- Pol. Massnahmen für grünen Stahl sind vorhanden, aber noch nicht im Einklang mit Netto-Null-Zielen [64,65]

- Der Stahlsektor ist off track, um bis 2050 Netto-Null-Emissionen zu erreichen [50], da die Gesamtemissionen weiterhin steigen und derzeit <1 Mio. Tonnen „grüner“ Stahl produziert werden
- Allerdings nehmen auch die Ankündigungen für grüne Stahlproduktion zu (IEA 2023)
- Um Stahl zu dekarbonisieren müssen sich verschiedene Entwicklungen durchsetzen, die *technische* Machbarkeit ist oft schon kurzfristig gegeben [KBOB Future, 97]
- Ausbau der erneuerbaren Stromproduktion benötigt für Strombedarf Wasserstoffproduktion/Elektrifizierung.
- Es fehlt an ausreichend Policy-Unterstützung für CCS-Infrastruktur [50] und generell Kostendeckung
- Industrie strebt 45%-ige Verringerung der Intensität für Primärstahl und 65%-ige Reduktion für Sekundärstahl bis 2030, sowie Netto-Null-Emissionen bis 2050 an (WEF 2023)

- Im Szenario weiter wie bisher ist der Stahlsektor insgesamt «off track», trotz ambitionierter Ziele und ersten Massnahmen [48, 50]. Es gibt ein Industrie-Reduktionsziel Emissionsintensität für Primärstahl von 45% ab 2022 bis 2030 [91]
- Im Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade kann vom Erreichen der Industrie-Reduktionsziele für Primärstahl bis 2050 um 86% ab 2022 ausgegangen werden. Auch Ziele für Ausbau der CCS-Infrastruktur (z.B. in CH), und grünem Strom (z.B. COP28-Beschluss: Verdreifachung Ausbau Erneuerbare) sind dann erreicht. Insgesamt starke Reduktion der Emissionsintensität in diesem Szenario [91]
- Unter sehr optimistischen Annahmen sind laut KBOB Future die meisten Reduktionsmassnahmen bis 2035 machbar, und könnten in Reduktion >50% resultieren [97]



Zement

- Schweizer Zementindustrie mit 6 Produktionsstandorten [92]
- Zementverbrauch auf stabilem Niveau [92], primär Verbrauch heimischer Produktion (Swisstopo 2024)
- Zement kann CCUS (TRL 6-9), sauberen Wasserstoff und sauberen Strom (TRL 5-6) zur Dekarbonisierung nutzen [93]. Die Produktionskosten sind dann fast doppelt so hoch wie bei Portlandzement (WEF 2023)
- Reduktionspfad der Schweizer Zementindustrie (Klima-Roadmap 2050), mit starkem Fokus auf CCS [92]
- Es gibt zahlreiche Initiativen und Policies, besonders in EU und USA [64]. Mehr wird benötigt
- Zahlreiche Labels, Standards, Produktregulierungen decken graue Emissionen im Gebäudesektor ab [99, 100]
- Branchenverbände haben 2030-Zielwerte für graue Emissionen festgelegt [101]
- Schweizer Zementwerke sind im EU EHS und haben damit einen Absenkpfad (abnehmende Menge CO₂-Zertifikate)

- Im Zement gibt es grundlegend vier Ansätze zur Reduktion der CO₂-Intensität (z.B. pro Haus): Mehr biogene Brennstoffe, Klinkeranteil im Zement reduzieren, End of pipe-CCS, weniger Zement verwenden
- Die Schweizer Zementindustrie verwendet aus Kostengründen noch immer CO₂-intensive Brennstoffe wie etwa Braunkohle. In der Verwendung von mehr biogener Brennstoffe liegt noch Potenzial.
- Die nötige CCS-Infrastruktur zur Dekarbonisierung von Zement ist noch nicht bestehend, nötige Investitionen von 11.2-21.4 Mrd. CHF in der Schweiz [94]
- Emissionsarmer Zement hatte 2022 weniger als 1 % Marktanteil [48]. Mehr Anteil bedingt mehr Unterstützung durch Policies / privatwirtschaftlicher Initiative.
- Es gibt schon eine Reihe an Abnahmevereinbarungen für grünen Zement [95]
- Prognostizierter Verbrauch auf ähnlichem Niveau/leicht steigend (Swisstopo 2024)

- Im Szenario weiter wie bisher ist der Zementsektor insgesamt «off track», trotz ambitionierter Ziele und ersten Massnahmen [48, 50]
- Trotzdem kann im Szenario weiter wie bisher von Emissionsreduktionen ausgegangen werden (z.B. durch vollständigen Ersatz Portlandzement durch CEM II, CEM III). Emissionsreduktion für Zement deshalb im IEA-BAU-Szenario von 28% 2022-2050
- Im Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade kann von grösseren Emissionsreduktionen (>50%) bis 2040 ausgegangen werden aufgrund ambitionierter Ziele der Schweizer Zementindustrie mit Reduktion bis 2050 um 127% im Vergleich zu 1990 (inklusive negativer Emissionen aus CCUS) [92]
- Im Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade kann auch von einem Ausbau der CCS-Infrastruktur (CH und EU) sowie einem starken Ausbau EE-Strom und biogener Kraftstoffe ausgegangen werden



02 Gebäude: Status Quo



Technologie



Infrastruktur



Nachfrage und Handel



Policies



Kapital



Stahl

- Es bestehen versch. Optionen zur Dekarbonisierung [90]
- Primärstahl kann mit Wasserstoff als auch mit CCUS dekarbonisiert werden. Sekundärstahl kann EAF mit erneuerbarem Strom verwenden. Die Kosten sind jedoch 40-70 % höher als bei herkömmlichen Methoden (WEF 2023)
- Industrie hat sich auf Grenzwerte für THG-Intensitäten von grünem Stahl geeinigt [95]

- Bis dato unzureichende Infrastruktur zur Herstellung von grünem Wasserstoff (fehlende Elektrolyseure, nicht ausreichend grüner Strom), mit hohem Investitionsbedarf auch in erneuerbaren Strom und CCS-Infrastruktur (WEF 2023)
- Installierte Elektrolysekapazität beträgt 687 MW (2022) vs. prognostizierter Bedarf von 560'000 MW (2030) [90]

- Emissionsarme Stähle machen im Jahr 2022 < 1 % des Marktes aus. 2022. B2B-Preisprämie von 40-70% könnte notwendig sein, mit etwa 1-2% für Endverbraucher [48]
- Es gibt schon eine Reihe an Abnahmevereinbarungen für grünen Stahl [95], z.B. zwischen der VW-Gruppe und Salzgitter
- Die Clean Energy Ministerial Industrial Deep Decarbonisation Initiative setzt Standards für öffentliche Beschaffung

- Es gibt zahlreiche Initiativen und Policies, welche auf Stahl selbst und nötige Infrastruktur abzielen, besonders in EU und USA [64]. Mehr wird benötigt
- Zahlreiche Labels, Standards, Produktregulierungen decken graue Emissionen ab [99, 100]
- Branchenverbände haben 2030-Zielwerte für graue Emissionen im Gebäudesektor festgelegt [101]

- Bis 2050 werden global 372 Milliarden Dollar benötigt, von denen 60 % für die Nachrüstung bestehender Anlagen. Eine Herausforderung ist die Differenz zwischen Gewinnspanne von 8,5 % in der Branche und Kapitalkosten von ca. 10 % (WEF 2023)
- Zusätzliches Kapital global von 17 Milliarden Dollar /Jahr (im Vergleich zu Kapitalausgaben von 96 Milliarden /Jahr), um Netto Null zu erreichen [48]



Zement

- Zement kann CCUS (TRL 6-9), sauberen Wasserstoff und sauberen Strom (TRL 5-6) zur Dekarbonisierung nutzen [93]
- Die Produktionskosten sind dann fast doppelt so hoch wie bei Portlandzement (WEF 2023)
- Reduktionspfad der Schweizer Zementindustrie (Klima-Roadmap 2050): vor allem Reduktion fossiler Energie (Ersatz durch biogene Brennstoffe) und geogener Emissionen (neue Zementsorten), aber auch starker Fokus auf CCS [92]

- Die nötige CCS-Infrastruktur zur Dekarbonisierung von Zement ist noch nicht bestehend, nötige Investitionen von 11.2-21.4 Mrd. CHF in der Schweiz [94], global bis zu 300 Mrd. US-Dollar (WEF 2023)
- Schweizer Zementindustrie mit 6 Produktionsstandorten [92]

- Emissionsarmer Zement hatte 2022 weniger als 1 % Marktanteil. Eine B2B-Preisprämie von 60-100 % könnte notwendig sein, wobei etwa 1-3 % auf Endverbraucher entfallen [48]
- Es gibt schon eine Reihe an Abnahmevereinbarungen für grünen Zement [95]
- Zementverbrauch in der Schweiz auf stabilem Niveau [92]
- Prognostizierter Verbrauch auf ähnlichem Niveau/leicht steigend (Swisstopo 2024)
- 2022 wurden 640'000 Tonnen Zement importiert (vor allem aus DE, AT, IT), was rund 13% des nationalen Verbrauchs entspricht (Swisstopo 2024)

- Es gibt zahlreiche Initiativen und Policies, welche auf Zement selbst und nötige Infrastruktur abzielen, besonders in EU und USA [64]. Mehr wird benötigt.
- Zahlreiche Labels, Standards, Produktregulierungen decken graue Emissionen ab [99, 100]
- Branchenverbände haben 2030-Zielwerte für graue Emissionen festgelegt [101]

- Bis 2050 sind global Investitionen in Höhe von 750-900 Mrd. USD erforderlich [48]
- Herausforderung ist die Gewinnspanne von 11 % in der Branche und Kapitalkosten von 10 % (WEF 2023)
- Zusätzliches Kapital global von 30 Milliarden Dollar /Jahr (im Vergleich zu Kapitalausgaben von 42 Milliarden /Jahr), um Netto Null zu erreichen [48]
- Insgesamt ist Wohlstand und genutzte Bodenfläche/Person positiv korreliert [89]



02 Gebäude: Mögliche Entwicklung und Auswirkung auf indirekte Emissionen



Szenario weiter wie bisher



Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade



Stahl

- Stahl insgesamt «off track» [48, 50], trotz ambitionierter Ziele und wachsender unternehmerischer Initiative und mehr politischer Massnahmen
- Ohne weitere Unterstützung durch Policies ist es fraglich, ob die Stahlindustrie die Transition stemmen kann, trotz bestehenden Absichtserklärungen zum Kauf von grünem Stahl, etc.
- Es gibt ein Industrie-Reduktionsziel Emissionsintensität für Primärstahl von 45% ab 2022 bis 2030 [91], welches im Szenario weiter wie bisher zumindest teilweise geschafft werden könnte

- Im Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade kann vom Erreichen der Industrie-Reduktionsziele für Primärstahl bis 2050 um 86% ab 2022 ausgegangen werden. Auch Ziele für Ausbau der CCS-Infrastruktur (z.B. in CH), und grünem Strom (z.B. COP28-Beschluss: Verdreifachung Ausbau Erneuerbare) sind dann erreicht. Insgesamt starke Reduktion der Emissionsintensität in diesem Szenario [Folie].
- Unter optimistischen Annahmen sind laut KBOB Future die meisten Reduktionsmassnahmen bis 2035 machbar, und könnten in Reduktion >50% resultieren [Folie].
- Die Anzahl angekündigter Klimaprojekte im Stahlsektor steigt an, 35 Projekte in Europa Ende 2022 [Folie]
- Der globale Stahlsektor hat ein kumulatives angekündigtes Reduktionsziel für 2030 von 36 Gt CO₂, und plant zur Dekarbonisierung mit versch. Ansätzen: H2, CCUS, Elektrifizierung, Effizienz, sonstige [Folie]
- Die Industrie strebt eine 45%-ige Verringerung der Intensität für Primärstahl und eine 65%-ige Reduktion für Sekundärstahl bis 2030, sowie Netto-Null-Emissionen bis 2050 an (WEF 2023). Industrie-Reduktionsziele für Primärstahl bis 2050 um 86% ab 2022 [Folie]
- Ziele für Ausbau der CCS-Infrastruktur (z.B. in CH), und grünem Strom (z.B. COP28-Beschluss: Verdreifachung Ausbau Erneuerbare).

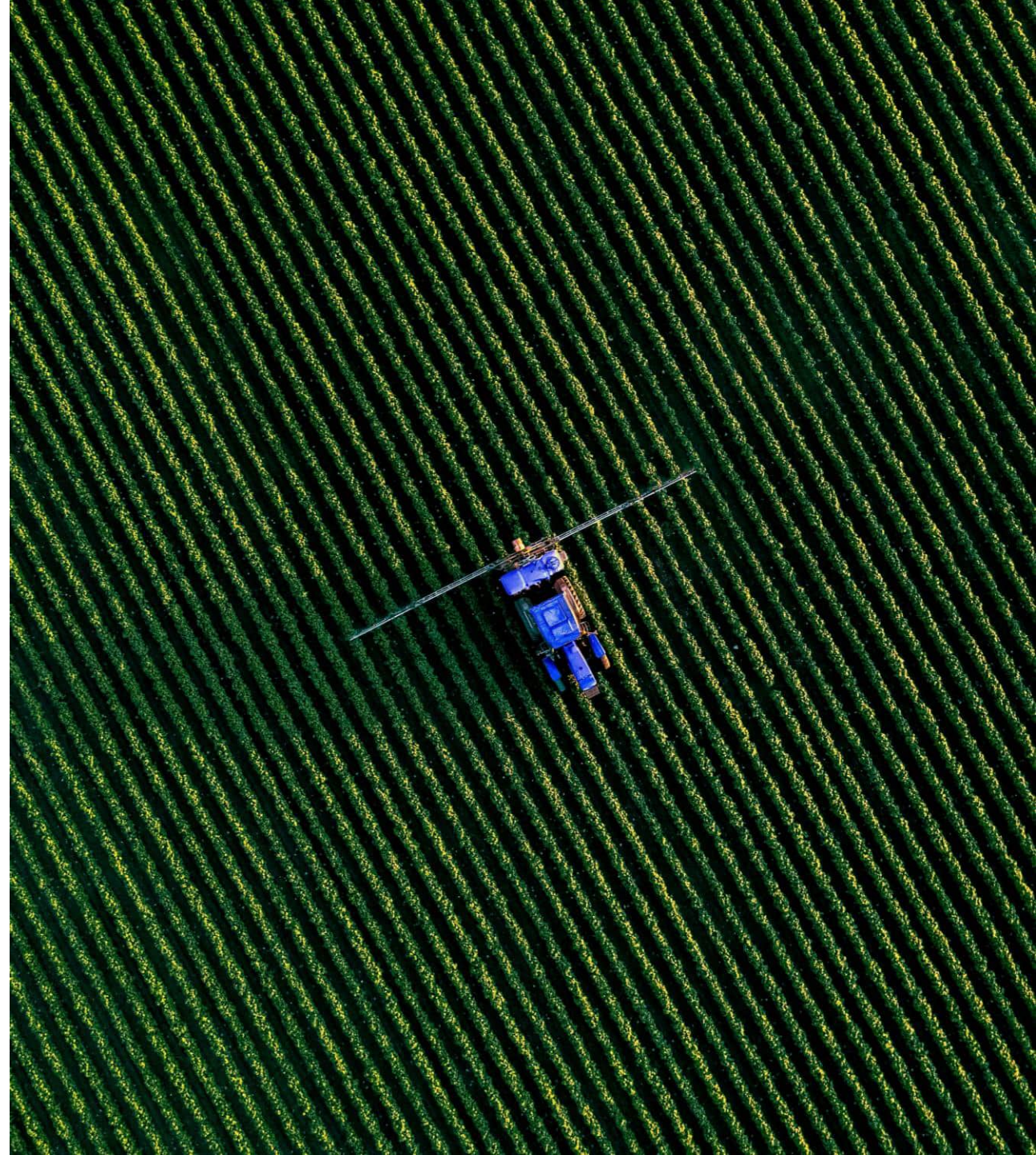


Zement

- Zement insgesamt «off track» [48, 50]
- Trotzdem kann im Szenario weiter wie bisher von Emissionsreduktionen ausgegangen werden (z.B. durch vollständigen Ersatz Portlandzement durch CEM II, CEM III. Emissionsreduktion für Zement deshalb im IEA-BAU-Szenario von 28% 2022-2050)
- Unter Szenario weiter wie bisher können Effizienzmaßnahmen, und verstärkte Substitution von Klinker durch SCM zu einer Reduzierung der Emissionen beitragen (WEF 2023).
- Im IEA Stated Policies (BAU) Szenario bleibt die Emissionsintensität bis 2030 auf 0.58 tCO₂e/Tonne Zement und sinkt bis 2050 auf 0.42 tCO₂e/Tonne Zement, d.h. Reduktion der Emissionsintensität für Zement von 28% ab 2022 bis 2030 [91]

- Im Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade kann von grösseren Emissionsreduktionen (>50%) bis 2040 ausgegangen werden aufgrund ambitionierter Ziele der Schweizer Zementindustrie mit Reduktion bis 2050 um 127% im Vergleich zu 1990 (inklusive negativer Emissionen aus CCUS) [92]
- Schweizer Zementindustrie mit Reduktionszielen von -128% Emissionsreduktion im Vergleich zu 2019 (inkl. CCS) bis 2050 [92]
- Die Industrie strebt bis 2030 eine Verringerung der Emissionsintensität um 25 % und bis 2050 Netto-Null-Emissionen an (WEF 2023)
- Die Global Cement and Concrete Association zielt auf eine Reduzierung der Emissionen um 20 % bis 2030 und auf Netto-Null-Emissionen bis 2050 (ausgehend von den Werten für 2020) (WEF 2023)
- Im IEA Net Zero Emissions (NZE) Szenario sinkt Emissionsintensität bis 2030 auf 0,23 und bis 2050 auf 0.05tCO₂e/t Zement. Reduktion Emissionsintensität von 84% 2022-2050 [91]
- Im Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade kann auch von einem Ausbau der CCS-Infrastruktur (CH und EU) sowie einem starken Ausbau EE-Strom und biogener Kraftstoffe ausgegangen werden

03 Ernährung



03 Ernährung: Synthese der bereichsspezifischen Umfeldanalyse



Status Quo



Entwicklung



Auswirkung auf indirekte Emissionen



THG-Emissionsintensität Lebensmittel

- Emissionen bisher wenig sinkend (EU: 11% 2000-2021, CH: 13% 1990-2021) [105]
- Tierische Produkte haben eine wesentlich höhere THG-Intensität als pflanzliche Lebensmittel [106]
- Der grösste Anteil an THG-Emissionen für tierische Produkte entsteht im landwirtschaftlichen Betrieb [107]
- Die Palette an technologischen Innovationen ist breit, z.B. Nahrungszusätze zur Reduktion von Methan [109]
- Technisches Reduktionspotenzial ist aber beschränkt. Am wirksamsten ist der Umstieg auf mehr pflanzliche Nahrung.
- Die Konsumausgaben und –Mengen Schweizer Haushalte für Lebensmittel variieren wenig über Zeit [124]
- THG-Emissionen des Schweizer Lebensmittelhandels fallen zu 69% im Ausland an [122]
- THG-Emissionen der Schweizer Fleisch-Wertschöpfungskette fallen zu 33% im Ausland an [124]

- Zum Erreichen der Klimaziele muss der Konsum tierischer Produkte deutlich sinken [110, 113], allerdings bleibt der CH-Konsum seit ungefähr 2000 konstant [111]
- Mehr Konsum pflanzlicher Nahrungsmittel ein Haupthebel
- Anteil Proteinersatzprodukte (noch) klein (ca. 3%) [108]
- Laborfleisch könnte bis 2030 einen deutlich geringeren THG-Fussabdruck als normales Fleisch haben [108]
- Alternative Proteinquellen könnten global an Bedeutung gewinnen [112], es bestehen aber Hürden auf Nachfrage- und Policyseite [108]
- Grosse Lebensmittelproduzenten wie Nestlé haben ambitionierte Netto-Nullpläne bis 2050 [112]
- Auch Detailhändler haben Ziele, z.B. Coop -30% Scope 3, allerdings sind Massnahmen für Scope 3 teils unklar [114]
- Vorgeschlagene Reduktionsziele für Emissionen aus Tierprodukten zum Erreichen der Klimaziele sind ambitioniert (z.B., -60% Methan 2010-2035), werden von ExpertInnen aber als machbar erachtet [113, 116]

- Unter Annahme weiter wie bisher dürfte die THG-Emissionsintensität der konsumierten Lebensmittel in der Schweiz wenig sinken bis 2040 (angesichts geringer Emissionsreduktion der CH-Landwirtschaft 1990-2022 von 13%, sowie hohem Anteil importierter Emissionen) [122]
- Für EU wird ohne weitere Massnahmen mit Reduktion um 4% 2005-2030 gerechnet [106]
- Im Szenario Erreichen zugesagter Ziele kann mit signifikanten Emissionsreduktionen gerechnet werden:
- Zugesagte Ziele: z.B. Migros -27.5% Scope 3 (aber nur Transport) bis 2030 [114, 115]; KSLE des BLW/BAFU/BLV: -30% Reduktion der Gesamt-THG-Emissionen der Schweizer Landwirtschaft bis 2040 (ab 1990) [117]
- Für die EU wird bei Umsetzung zusätzlicher Massnahmen mit Reduktion von ca. 8% 2005-2030 gerechnet [106]
- Wichtig: Erreichen dieser Ziele hängt massgeblich von Änderung im Konsumverhalten ab, welches wiederum vom Verhalten der Stadtbevölkerung Zürich getrieben wird



Synthetischer Dünger

- Nutzung von Ammoniak als Dünger ist ein wesentlicher Treiber von energiebedingten Emissionen, die Herstellung von Ammoniak auf Basis von grünem Wasserstoff noch in den Anfängen [118, 119]
- In der Schweiz verursacht die Stickstoffdüngung im Jahr 2021 1.3 Mt CO₂eq (ca. 20% der Gesamtemissionen) [105]
- Sämtliche Mineraldünger müssen laut BLW importiert werden (2021: 340k t, >50% aus DE, davon 210k t Stickstoffdünger)
- Grüne Wasserstoffproduktion noch in den Anfängen: Installierte Elektrolysekapazität beträgt 687 MW (2022) vs. prognostizierter Bedarf von 560'000 MW (2030) [90]

- Globale grüne und blaue Wasserstoffproduktion für Ammoniak ist aber in grösserem Umfang angekündigt und könnte Bedarf bis 2035 in grösserem Umfang decken [118], allerdings gibt es Nutzungskonflikte mit anderen Sektoren (z.B. Schifffahrt)
- Auch kann von einer Reduktion des Bedarfs an Stickstoffdünger ausgegangen werden, da Landwirtschaftsbetriebe im Rahmen des Ökologischen Leistungsnachweises (Einhalten der Stickstoffbilanz) und einer generellen Verschärfung der Massnahmen zum Erreichen der CH-Ziele (-40% Emissionen Landwirtschaft bis 2050) [117] den Konsum von synthetischem Dünger wahrscheinlich reduzieren müssten

- Annahmen vom Szenario weiter: Laut IEA-BAU-Szenario verringern sich Emissionsintensität Ammoniak bis 2050 nur um 18% im Vergleich zu 2022 [120]
- Im Licht der verursachten Emissionen durch Stickstoffdünger von ca. 20% Emissionen Schweizer Landwirtschaft [105] dann <5% Reduktion der Gesamtemissionen der CH-Landwirtschaft)
- Annahmen vom Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade: Laut IEA-Netto-Null-Szenario verringert sich die Emissionsintensität Ammoniak 2022-2050 um 95% [120]
- Im Licht der verursachten Emissionen durch Stickstoffdünger von ca. 20% Emissionen Schweizer Landwirtschaft [105] dann >10% Reduktion der Gesamtemissionen der CH-Landwirtschaft bis 2040)



03 Ernährung: Status Quo



Technologie



Infrastruktur



Nachfrage und Handel



Policies



Kapital



THG-Emissionsintensität Lebensmittel

- Emissionsreduktionen im Lebensmittelverbrauch vor allem durch Anpassung der Diät (weniger Tier-, mehr Pflanzenprodukte) [103, 116]
- In der Schweiz verursacht die Futterverdauung (vor allem Rinder) im Jahr 2021 3.6 Mt CO₂eq (ca. 50% der Gesamtemissionen) [105]
- Der grösste Anteil an THG-Emissionen für tierische Produkte entsteht durch Landnutzung und im landwirtschaftlichen Betrieb u.a. Verdauung, siehe oben [105]
- Potenzial technologischer Entwicklungen vorhanden, aber beschränkt [103]

- Detailhändler haben eine Scharnierrolle in der Wertschöpfungskette und können oft preissetzend wirken, sowie Nachfrage beeinflussen
- Deshalb sind Klimapläne und – Massnahmen von Detailhändlern zentral [114, 115]

- THG-Emissionen der Schweizer Fleisch-Wertschöpfungskette fallen zu 33% im Ausland an (vor allem in Europa, China), vor allem durch Vorketten für Rinder und Milch (Fleisch, Futtermittel) [121]
- 60% Kraftfutter wird importiert gemäss Futtermittelbilanz (BLW)
- THG-Emissionen des Schweizer Lebensmittelhandels fallen zu 69% im Ausland an (primär Asien, Europa), primär durch Vorketten für Rinder und Milch (Fleisch, Futtermittel) [122]
- Konsumausgaben und –Mengen Schweizer Haushalte für Fleisch und Lebensmittel variieren wenig über Zeit [111, 124]

- Landwirtschaft ist stark reguliert und subventioniert (EU Common Agricultural Policy CAP, CH Direktsubventionen) [64, 65]
- Es gibt ambitionierte Ziele für Emissionsreduktionen, z.B. in der Klimastrategie Landwirtschaft und Ernährung des BLW/BAFU/BLV
- Allerdings fehlt es an Massnahmen, welche die ambitionierten Ziele erreichbar machen, die «Implementation Gap» ist im Landwirtschaftsbereich besonders gross [29, 63]

- Jährliche Transformationskosten für Landwirtschaft für Erreichen der Klimaziele wird auf 0.1% des BIP/Jahr geschätzt, in Industrienationen [104]
- Direktzahlungen an Schweizer Landwirtschaftsbetriebe in Höhe von 2.8 Milliarden Franken im Jahr 2022 (Agrarbericht Schweiz 2023)



Synthetischer Dünger

- Stickstoffdünger momentan aus fossilen Energiequellen hergestellt
- In der Schweiz verursacht die Stickstoffdüngung im Jahr 2021 1.3 Mt CO₂eq (ca. 20% der Gesamtemissionen) [105]
- Ammoniakanteil an Emissionen von Endprodukten ca. 5% [119]
- Grüne H₂-Produktion entscheidend für Dekarbonisierung von Ammoniak und damit Stickstoffdünger [118]
- Umweltprämie für grünes Ammoniak zwischen 40-100%, je nach Produktionsweg [48]

- Globale Infrastrukturinvestitionen in Höhe von 2.3 Billionen Dollar erforderlich. Grossteil davon in EE-Ausbau für Wasserstoffproduktion (WEF 2023)
- Wasserstoffproduktion noch in den Anfängen: Installierte Elektrolysekapazität beträgt 687 MW (2022) vs. prognostizierter Bedarf von 560'000 MW (2030) [90]

- Ökoprämien von 10-100% wird für Landwirtschaft ohne politische Unterstützung schwer sein
- Die Nachfrage nach grünem Ammoniak wird durch andere Anwendungen (z.B. Schifffahrt) angekurbelt [118]
- Sämtliche Mineraldünger müssen laut BLW importiert werden (2021: 340k t, >50% aus DE, davon 210k t Stickstoffdünger)

- Politische Massnahmen zur Förderung von grünem Wasserstoff werden verstärkt getroffen, zum Beispiel Wasserstoffstrategie DE, EU, etc. [64]
- Anwendung für grünen Wasserstoff aber für verschiedene Sektoren vorgesehen
- Bedingungen Ökologischer Leistungsnachweis für Direktzahlungen in der Schweiz, mit Grenzwerten für Stickstoff [65]

- Angesichts einer Gewinnspanne von 13 % in der Branche und Kapitalkosten von 9 % sind zusätzliche Investitionen durch Landwirtschaftsbetriebe schwierig (WEF 2023)
- Allerdings sind zusätzliche Produktionskosten durch grünen Ammoniak gering, ca. 1% oder kleiner [119]
- Starke Subventionierung von Wasserstoffproduktion, aber Skalierung noch ausstehend [118]



03 Ernährung: Mögliche Entwicklung und Auswirkung auf indirekte Emissionen



Szenario weiter wie bisher



THG-
Emissions-
intensität
Lebensmittel

- Emissionen bisher wenig sinkend (EU: 11% 2000-2021, CH: 13% 1990-2021), vergleichsweise wenig Massnahmen trotz ambitionierter Ziele von Detailhändlern [114, 115] oder Politik [64, 65]
- Die «Implementation Gap» zwischen Zielen und Massnahmen ist im Landwirtschaftsbereich besonders gross, mehrere Landwirtschaftsindikatoren wie die THG-Intensität von landwirtschaftlicher Produktion sind „off track“ [50]
- Es fehlt an Massnahmen, welche die ambitionierten Ziele erreichbar machen [64, 65]
- Reduktionspotenzial durch technologischen Fortschritt in Landwirtschaftsbetrieben und Dekarbonisierung von Scope 1 und 2-Emissionen, primärer Hebel aber in Veränderung des Konsumverhaltens (Reduktion Konsum Tierprodukte) [103]
- Unter Annahme weiter wie bisher (Policy, Marktentwicklungen, sowie vor allem Konsumverhalten der Bevölkerung, also keine Abnahme Konsum Tierprodukte) dürfte die THG-Emissionsintensität der konsumierten Lebensmittel in der Schweiz also wenig sinken bis 2040 (im Licht der Reduktion 1990-2022 von 13% dann geschätzt <30% 2022-2040)
- Auf der Grundlage nationaler Projektionen wird bis 2030 auf EU-Ebene ohne weitere Massnahmen nur ein Rückgang von 4% gegenüber dem Stand von 2005 erwartet [106]



Synthetischer
Dünger

- Stickstoffdünger momentan aus fossilen Energiequellen hergestellt, und grüne H₂-Produktion entscheidend für Dekarbonisierung von Ammoniak und damit Stickstoffdünger [118]
- Allerdings ist die Wasserstoffproduktion noch in den Anfängen: Installierte Elektrolysekapazität beträgt 687 MW (2022) vs. prognostizierter Bedarf von 560'000 MW (2030) [90]
- Trotz signifikantem Policy-Support könnte die Skalierung von Stickstoff also noch Zeit benötigen. Obwohl die angekündigte Produktionskapazität für grünen Ammoniak in etwa in Nähe des Bedarfs für Landwirtschaft kommt [118], gibt Nutzungskonflikte mit anderen Sektoren (z.B. Schifffahrt), was die Verfügbarkeit von emissionsarmem Dünger für die CH-Landwirtschaft schwierig gestalten könnte
- Umweltprämie für grünes Ammoniak zwischen 40-100%, je nach Produktionsweg (WEF 2023)
- Unter Annahmen vom Szenario weiter wie bisher dürften die Emissionsminderungen durch grünen Ammoniak also eher bescheiden ausfallen bis 2040: Laut IEA-BAU-Szenario verringert sich die Emissionsintensität durch Ammoniak bis 2050 nur um 18% im Vergleich zu 2022 [120]
- Vor dem Hintergrund der durch Stickstoffdünger verursachten Emissionen von ca. 20% Emissionen Schweizer Landwirtschaft [105] dürften die Reduktion durch Dünger dann <5% Reduktion der Gesamtemissionen der CH-Landwirtschaft ausmachen (all else equal)

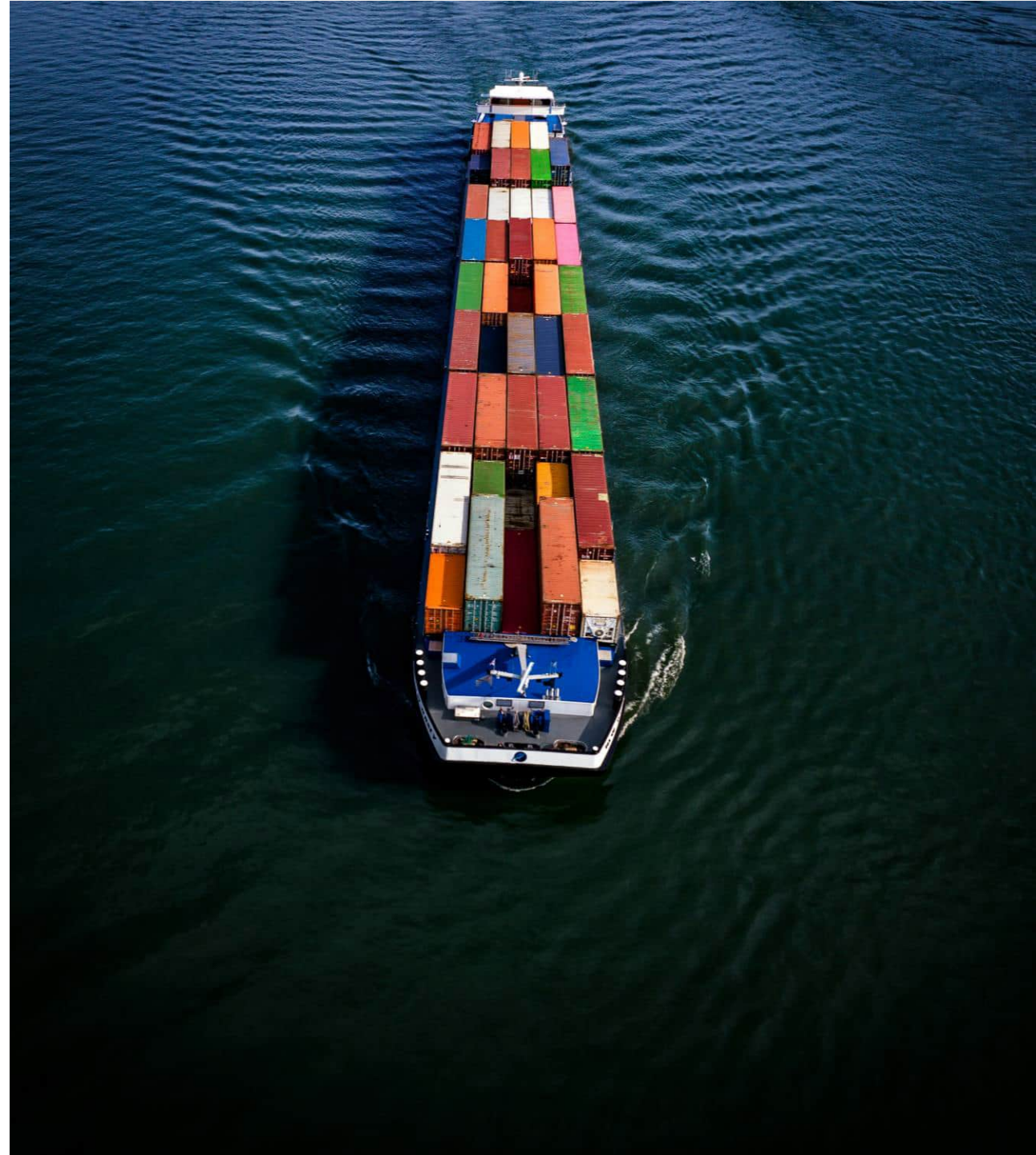


Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade

- Recht ambitionierte Klimapläne und –Massnahmen von Detailhändlern (z.B. Migros - 70% Scope 1-2, -27.5% Scope 3 (aber nur Transport) bis 2030) [114, 115], allerdings ohne klare Ziele für Reduktion der Emissionen aus Landwirtschaft
- Ambitionierte Ziele für Emissionsreduktionen, z.B. in der Klimastrategie Landwirtschaft und Ernährung des BLW/BAFU/BLV: -30% Reduktion der Gesamt-THG-Emissionen der Schweizer Landwirtschaft bis 2040 (ab 1990) [117]
- Wenn die Ziele erreicht werden kann mit signifikanten Emissionsreduktionen gerechnet werden (im Licht von der KSLE-Strategie: -30% bis 2040, -40% bis 2050)
- Wichtig: Allerdings hängt das Erreichen dieser (nationalen) Ziele auch massgeblich von Änderung im Konsumverhalten ab, welches wiederum vom Verhalten der Stadtbevölkerung Zürich getrieben wird und nicht «exogen» auf die indirekten Emissionen der Stadt einwirkt
- Auf der Grundlage nationaler Projektionen wird von 2005 bis 2030 auf EU-Ebene mit zusätzlichen Massnahmen im Sinne der Klimaziele ein Rückgang um 8 % erwartet [106]

- Aufgrund der ambitionierten Ziele für Skalierung von Wasserstoffproduktion (z.B. EU-Ziel von 10 Mt heimischer Produktion von grünem Wasserstoff bis 2030) kann im Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade von ausreichend Verfügbarkeit von grünem Stickstoff ausgegangen werden
- Auch kann in diesem Szenario von einer Reduktion des Bedarfs an Stickstoffdünger ausgegangen werden, da Landwirtschaftsbetriebe im Rahmen des Ökologischen Leistungsnachweises (Einhalten der Stickstoffbilanz) und einer generellen Verschärfung der Massnahmen zum Erreichen der CH-Ziele (-40% Emissionen Landwirtschaft bis 2050) den Konsum von synthetischem Dünger wahrscheinlich reduzieren müssten
- Unter Annahmen vom Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade dürften die Emissionsminderungen durch grünen Ammoniak also grösser ausfallen: Laut IEA-Netto-Null-Szenario verringert sich die Emissionsintensität durch Ammoniak bis 2050 um 95% im Vergleich zu 2022 [120]
- Im Licht der verursachten Emissionen durch Stickstoffdünger von ca. 20% Emissionen Schweizer Landwirtschaft [105] dann >10% Reduktion der Gesamtemissionen der CH-Landwirtschaft bis 2040 (all else equal)

04 Konsum



04 Konsum: Synthese der bereichsspezifischen Umfeldanalyse



Status Quo



Entwicklung



Auswirkung auf indirekte Emissionen



Textilien

- Die meisten Emissionen (ca. 75%) für Textilien fallen in vorgelagerten Lieferketten (Scope 3) an [35, 127], ein relevanter Anteil (ca. 20%) in Nutzungsphase [129, 130]
- 98% der Emissionen fallen im Ausland an, Grossteil davon in China/Asien durch Energie aus Fossilen [131]
- Die Konsumausgaben im Kanton ZH für Textilien liegen bei konstanten 4% seit 2015 [124]
- Die durchschnittliche Nutzungsdauer für Textilien ist je nach Kleidungsstück zwischen 2-4 Jahren [125]

- Reduktionspotenzial besonders in der Vorkette durch Umstellung auf erneuerbaren Strom & Wärme, Energieeffizienz, und Rohstoffproduktion [129, 130]
- Einige Unternehmen mit konkreten Zielpfaden und Massnahmen bis 2030/2040, z.B. H&M [130] und weitere Klimaziele nach SBTi, Dekarbonisierung Lieferkette [128]
- Unter aktuellen Massnahmen bleiben Gesamtemissionen in der Textilindustrie bis 2030 stabil (trotz Wachstum), für eine Halbierung bis 2030 bedürfte es mehr [130]

- Im Szenario weiter wie bisher bleiben Gesamtemissionen in der Textilindustrie bis 2030 stabil (trotz Wachstum) [131], d.h. die Emissionsintensität von Textilien pro Einheit sinkt aber auch in diesem Szenario, siehe Beispiel aktueller Massnahmen durch H&M [128]
- Unter der Annahme, dass ambitionierte Ziele erreicht und Massnahmen umgesetzt werden, könnten die Emissionen der globalen Textilindustrie bis 2030 um 50% sinken (trotz Wachstum in Absatz) [130]



Elektrogeräte und IKT

- Neben dem direkten Fussabdruck von IKT-Geräten (Scope 1-3) gibt es auch indirekte Effekte [136]
- Meiste Emissionen in Scope 3 [36]. Davon Endgeräte >50% [134, 136]. Indirekten Effekte auf Effizienzgewinne Gesamtwirtschaft etc. [140] hier nicht berücksichtigt. Unterschiedliche Angaben zu Emissionen je nach Quelle.
- THG-Reduktion: Elektrifizierung, bio-basierte Produkte, Effizienz, Recycling [36]
- Haushaltsgegenstände (inkl. IKT) vor allem aus China [147]
- KI-Nachfrage könnte Emissionen erhöhen [138, 139]
- Vermehrt politische Massnahmen (vor allem auf EU-Ebene, teilweise auch in CH) [64, 65, 132]

- Pro Kopf Emissionen für IK-Abonnements sind in Vergangenheit gesunken, wobei der Trend in Zukunft wie zwischen 2015-2020 abflachen könnte [135]
- Trainingsintensität, Kosten, und Energiebedarf für die Entwicklung von KI-Modellen steigt stark an, der regulatorische Rahmen wird detaillierter [138, 139]
- Einzelne Rechenzentren-Betreiber schliessen sich zu Climate Neutral Data Center Initiative zusammen [141]
- Es gibt ein gewisses Reduktionspotenzial für THG-Emissionen durch Einsatz von IKT (indirekte Effekte durch Digitalisierung). Dies könnte in Zukunft an Relevanz gewinnen [140]

- Im Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade besteht grosses Reduktionspotenzial, was anhand von Zielen der IKT-Unternehmen (Google, etc.) veranschaulicht werden kann [141]. Möglich, dass induzierter Konsum Ziele gefährdet
- Im Szenario weiter wie bisher besteht auch Reduktionspotenzial, da die Reduktionskosten zu ca. 50% unter 10 Euro/Tonne CO2e sind [35], auch gibt es schon viele Policies, die auf den Bereich abzielen [132]
- Aber: grosse Unsicherheiten, auch bzgl. Konsumverhalten. Weiter werden die indirekten Effekte von IKT-Nutzung auf Wirtschaft etc. nicht berücksichtigt, welche im Vergleich aber bedeutender sein dürften



Möbel

- Bei Möbeln (Bsp. IKEA, hoher Marktanteil [145]) dominieren die THG-Emissionen aus Rohstoffen, Nutzungsphase und Herstellung [144, 146]. Bei den Rohstoffen vor allem Metalle und Holz [144]
- Haushaltsgegenstände (inkl. Möbel) kommen vor allem aus dem Ausland, besonders China [147]
- Die Konsumausgaben Schweizer Haushalte (im Kanton ZH) für Haushalt liegen bei 4-5%, allerdings bei leicht steigenden Konsumausgaben [124]
- Die durchschnittliche Nutzungsdauer für Möbel geht von 9 (Couch) bis 10 Jahre (Kleiderschrank) [125]

- Effizienzgewinne entlang der Wertschöpfungskette erwartbar, auch durch Änderung in Produktionsverfahren und neue/andere Rohstoffe (z.B. bio-basierter Kleber) [36, 144]
- Emissionsreduktionen vor allem von Herkunftsländern abhängig (Asien, besonders China, EU), vor allem durch Ausbau Erneuerbare
- Auch auf Verbraucherseite gibt es Potenzial: THG-Reduktionspotenzial von 22% bei Verlängerung der Nutzungsdauer Möbel von 10 auf 13 Jahre [125]

- Szenario weiter wie bisher: Im Szenario weiter wie bisher sind ambitionierten Ziele der Textilindustrie, z.B. IKEA, nicht zu erreichen [144], es besteht aber dennoch ein gewisses Reduktionspotenzial (EE-Strom und –Wärme)
- Im Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade besteht sehr grosses Reduktionspotenzial, was am Beispiel von einem sehr grossen Möbelhersteller und –Händler mit hohem Marktanteil in der Schweiz (IKEA) veranschaulicht werden kann [145]
- Über alle Konsumbereiche hinweg gilt: Änderung im Konsumverhalten ist einer der Haupthebel, z.B. über längere Nutzungsdauer [125]



04 Konsum: Status Quo



Technologie



Infrastruktur



Nachfrage und Handel



Policies



Kapital



Textilien

- Meiste Emissionen fallen in Scope 3 an [36, 129], ca. 20% in Nutzungsphase [130, 127]
- THG-Reduktion vor allem durch EE Wärme/Strom, Nass- auf Trockenverfahren, Nutzungsdauer [36, 127, 130]
- Unternehmen mit konkreten Zielpfaden, z.B. H&M [128]

- Die Mehrheit der Textilunternehmen hat sich langfristige Klimaziele nach SBTi gesetzt, und/oder haben sich verpflichtet ihre Lieferkett zu dekarbonisieren [126]
- Emissionsintensitäten (z.B. von China) sinken seit 1995, weniger schnell seit 2010er Jahren [46]

- 98% der Emissionen sind importiert und fallen im Ausland an (China), vor allem durch Energie aus Fossilen [131]
- Konsumausgaben im Kanton ZH für Textilien bei 4% [124]
- Durchschnittliche Nutzungsdauer für Textilien zwischen 2-4 Jahren [125]

- Vermehrt politische Massnahmen im Bereich Kreislaufwirtschaft und Ökodesign-Richtlinien, sowie Lieferkettengesetz (vor allem auf EU-Ebene, teilweise auch in CH) [64, 65]

- Mehr als 60% der Emissionen in Textilwertschöpfungskette haben Reduktionskosten < 10 Euro / Tonne CO₂eq [35]



Elektrogeräte und ICT

- Neben dem direkten Fussabdruck von IKT-Geräten (Scope 1-3) gibt es auch indirekte Effekte [134]
- Meiste Emissionen (ohne indirekte Effekte) in Scope 3 [35]. Davon Endgeräte >50% [134].
- THG-Reduktion: Elektrifizierung, bio-basierte Produkte, Effizienz, Recycling [36]
- Nutzung für z.B. Handys 2-3 Jahre [125], Reduktionspotenzial bei Verlängerung [125]

- Kreislaufwirtschaftliche Massnahmen mit potentiellen Kostenersparnissen (neben Emissionsreduktionen) auch für Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette [133]
- Emissionen vor allem von Emissionsintensität Strom abhängig (z.B. Rechenzentren, Herstellungsprozesse)
- Emissionsintensitäten (z.B. von China) sinken seit 1995, allerdings weniger schnell seit den 2010er Jahren [46]

- Haushaltsgegenstände (inkl. IKT) vor allem aus China [147]
- Konsumausgaben im Kanton ZH für Haushalt und IKT liegen bei 4-5% und 3% [124]
- Nachfrage nach IKT-Dienstleistungen am Peak? [137]
- Verschiebungen bei nachgefragten Produkten [143]
- Hohe Unterstützung der CH-Bevölkerung für Recycling [142]
- KI-Nachfrage könnte Emissionen erhöhen [138, 139]

- Es gibt bereits Policies entlang des Lebenszyklus von IKT-Geräten, welche Kreislaufwirtschaft fördern [132]
- Vermehrt politische Massnahmen im Bereich Kreislaufwirtschaft und Ökodesign-Richtlinien, sowie Lieferkettengesetz (vor allem auf EU-Ebene, teilweise auch in CH) [64, 65]

- Mehr als 50% der Emissionen in Textilwertschöpfungskette haben Reduktionskosten < 10 Euro / Tonne CO₂eq [35]



Möbel

- Bei Möbeln (Bsp. IKEA, hoher Marktanteil [145]) dominieren die THG-Emissionen aus Rohstoffen, Nutzungsphase und Herstellung [144]. Bei den Rohstoffen vor allem Metalle und Holz [147]
- THG-Reduktionspotenzial von 22% bei Verlängerung der Nutzungsdauer Möbel von 10 auf 13 Jahre [125]

- Emissionen vor allem von Emissionsintensität Strom und Wirtschaft abhängig (z.B. Herstellungsprozesse)
- Emissionsintensitäten (z.B. von China) sinken seit 1995, allerdings weniger schnell seit den 2010er Jahren [46]

- Haushaltsgegenstände (inkl. Möbel) kommen vor allem aus dem Ausland, besonders China [147]
- Die Konsumausgaben Schweizer Haushalte (im Kanton ZH) für Haushalt liegen bei 4-5%, allerdings bei leicht steigenden Konsumausgaben [124]

- Vermehrt politische Massnahmen im Bereich Kreislaufwirtschaft und Ökodesign-Richtlinien, sowie Lieferkettengesetz (vor allem auf EU-Ebene, teilweise auch in CH) [64, 65]



04 Konsum: Mögliche Entwicklung und Auswirkung auf indirekte Emissionen



Szenario weiter wie bisher



Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade



Textilien

- Im Szenario weiter wie bisher besteht dennoch relevantes Reduktionspotenzial besonders in der Vorkette durch Umstellung auf erneuerbaren Strom & Wärme und Energieeffizienz [130, 131], allerdings besteht hier noch viel Unsicherheit (intransparente Lieferketten, etc.)
- Einige Unternehmen in der Textilbranche haben schon konkrete Massnahmen in Umsetzung bis 2030/2040, z.B. H&M [128] und weitere Massnahmen nach SBTi [126], diese dürften im Szenario weiter wie bisher zu relevanten Emissionsreduktionen führen, vor allem unter Annahme, dass Stromsektor in Herkunftsländern (primär Asien) zunehmend dekarbonisiert wird
- Unter aktuellen Massnahmen bleiben Gesamtemissionen in der Textilindustrie bis 2030 stabil (trotz Wachstum), für eine Halbierung der Emissionen (trotz Wachstum) bis 2030 bedürfte es mehr [130]. Das heisst aber auch, dass Emissionen pro Einheit Textilie unter dem Szenario weiter wie bisher sinken dürften in den nächsten Jahren

- Im Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade besteht starkes Reduktionspotenzial besonders in der Vorkette durch Umstellung auf erneuerbaren Strom & Wärme und Energieeffizienz [130, 131]
- Besonders besteht Reduktionspotenzial unter der Annahme, dass die Textilbranche ihre Zielpfade für Emissionsreduktionen bis 2030/2040 erreicht, z.B. H&M [128] und weitere Klimaziele nach SBTi [126], und gleichzeitig auch der Stromsektor in den Herkunftsländern – und damit die Materialverarbeitung (Strom/Wärme) - dekarbonisiert wird (nach NDCs/nationalen Policies [63])
- Unter der Annahme, dass stärkere Massnahmen umgesetzt werden, könnten die Emissionen der globalen Textilindustrie bis 2030 um 50% sinken (trotz Wachstum in Absatz), im Einklang mit dem 1.5-Grad-Ziel [130]



Elektrogeräte und ICT

- Im Szenario weiter wie bisher ist die Frage, inwiefern sinkende Emissionsintensitäten (Dekarbonisierung Strom, effizientere Produktions- und Rechenprozesse) steigende Nachfrage nach IKT-Dienstleistungen und ggwbfs. auch IKT-Produkten und damit steigende Emissionen in diesem Bereich kompensieren können. Hier besteht noch viel Unsicherheit. Die indirekten Effekte (Effizienzsteigerung durch Einsatz von IKT etc.) sind hierbei noch nicht berücksichtigt.
- Die globalen Emissionen aus IKT werden stark steigen bis 2040, laut einer Schätzung um den Faktor 5 [134]
- Reduktionspotenzial im Szenario weiter wie bisher besteht vor allem in der Nutzung von EE-Strom und –Wärme für Herstellung von Geräten, und mehr Einsatz bio-basierter Produkte (statt Plastik) [36]
- Da die Reduktionskosten zu ca. 50% unter 10 Euro/Tonne CO₂e sind [35], sind auch im Szenario weiter wie bisher Emissionsreduktionen bis 2040 für Scope 1-3 zu erwarten

- Im Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade besteht sehr grosses Reduktionspotenzial, sowohl was graue Emissionen in den Endgeräten und Emissionen aus Nutzung von Rechenzentren, Cloud-Dienstleistungen, etc., angeht:
- Die IKT-Branche hat sich teilweise ambitionierte Ziele für Reduktion der Emissionen gesetzt, z.B. sind die grossen IKT-Unternehmen (Google, Apple, Microsoft) teil der RE100-Initiative (100% erneuerbarer Strombezug). Rechenzentren-Betreiber schliessen sich zu Climate Neutral Data Center Initiative zusammen [141], mit dem Ziel von emissionsfreien Rechenzentren
- Zirkuläre Wirtschaftsmodelle sind kosteneffektiver und sparen im Vergleich zu linearen Modellen bis zu 20% THG-Emissionen im Vergleich zu BAU bis 2035 ein [133], könnten also verstärkt genutzt werden.

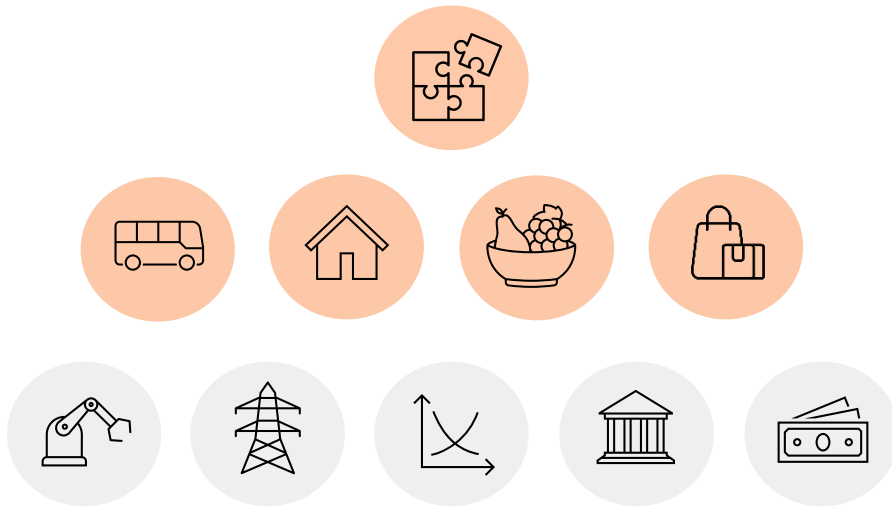


Möbel

- Auch im Szenario weiter wie bisher sind Effizienzgewinne entlang der Wertschöpfungskette erwartbar, z.B. durch Änderung in Produktionsverfahren und neue/andere Rohstoffe (z.B. bio-basierter Kleber) [36, 144]
- Emissionsreduktionen sind vor allem von Emissionsintensitäten in den Herkunftsländern abhängig (Asien, besonders China, EU), vor allem durch Ausbau Erneuerbare
- Im Szenario weiter wie bisher sind ambitionierten Ziele der Textilindustrie, z.B. IKEA, aber nicht zu erreichen (die Massnahmen von IKEA lassen das Ziel -50% 2016-2022 nicht erreichen) [144]
- Auch auf Verbraucherseite gibt es Potenzial: THG-Reduktionspotenzial von 22% bei Verlängerung der Nutzungsdauer Möbel von 10 auf 13 Jahre [127]

- Im Szenario Erreichen zugesagter Zielpfade besteht sehr grosses Reduktionspotenzial:
- Am Beispiel von einem sehr grossen Möbelhersteller und –Händler mit hohem Marktanteil in der Schweiz (IKEA) [145], kann gezeigt werden, dass viel Potenzial besteht: IKEA hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2030 die absoluten Treibhausgasemissionen der Wertschöpfungskette, um mindestens 50 % im Vergleich zum Jahr 2016 zu reduzieren [144]
- Auch sind in diesem Szenario das Erreichen von EE-Ausbauzielen und sonstigen Dekarbonisierungs-Plänen (nationale NDCs) zuträglich [63], sodass insgesamt bis 2040 von einer signifikanten Emissionsreduktion ausgegangen werden kann

c Anhang, Literatur, Datenquellen



05 Bereichsübergreifend

06 Verkehr

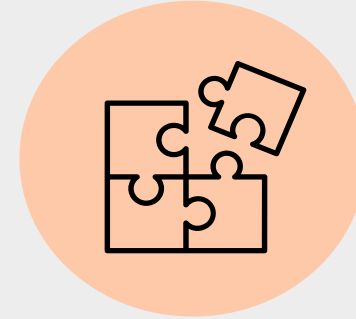
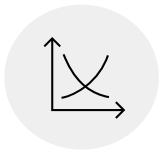
07 Gebäude

08 Ernährung

09 Konsum

10 Literatur und Datenquellen

05 Bereichs- übergreifende Themen

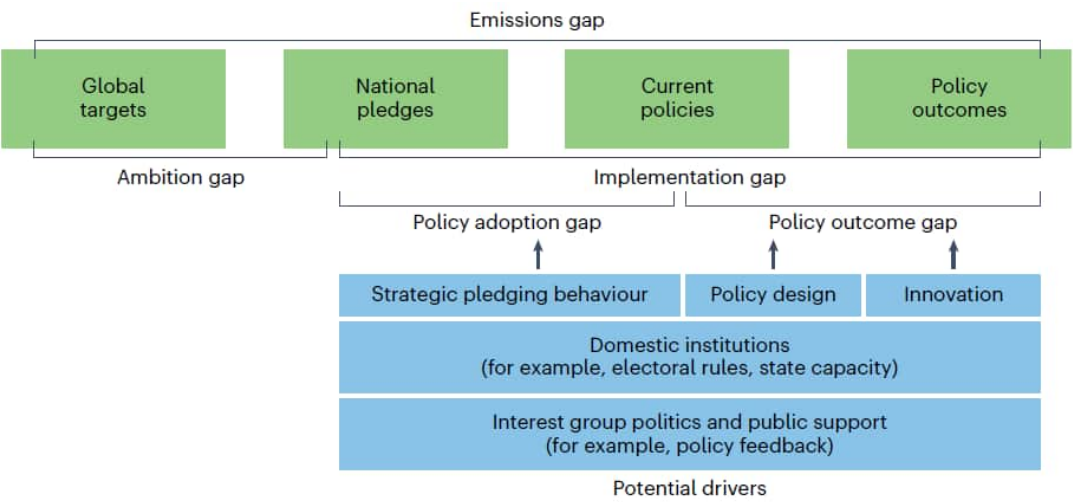




05 Die Implementation Gap in (inter-)nationaler Klimapolitik

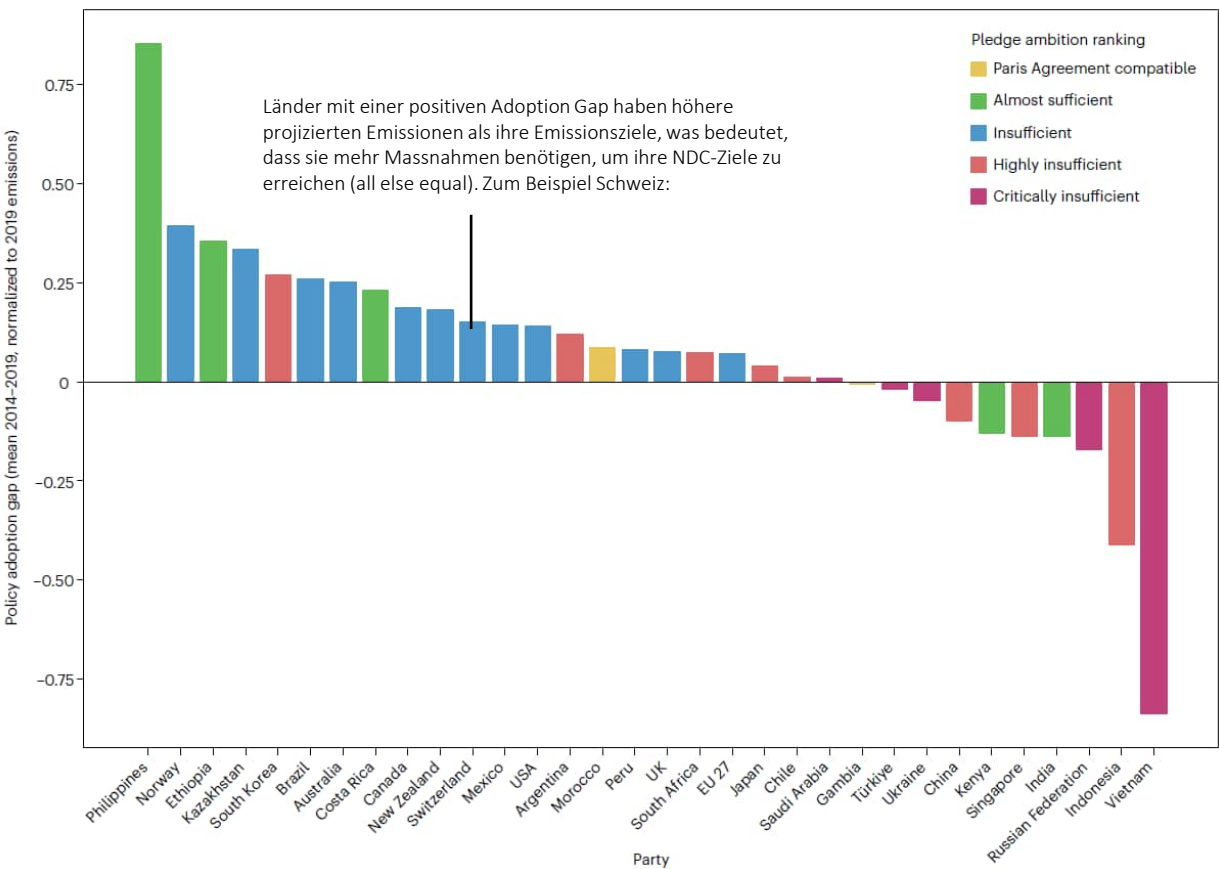
Konzeptionelle Einordnung der «Implementation Gap»

Quelle: Fransen et al. (2023)



Empirische Daten zur «Policy Adoption Gap» (Durchschnitt 2014-2019)

Quelle: Fransen et al. (2023)

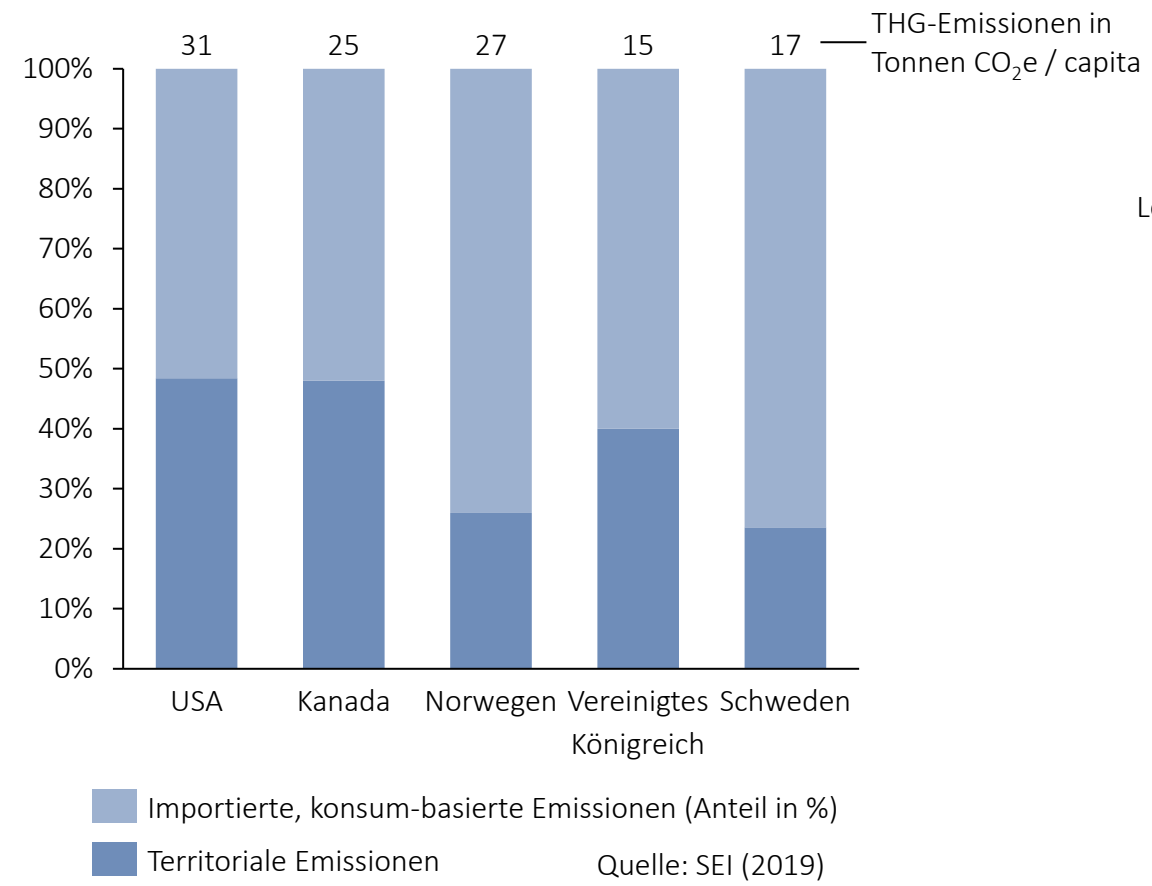


Die Policy Adoption Gap ist die mittlere Differenz zwischen den für 2030 prognostizierten Emissionen im Rahmen der derzeitigen Massnahmen und dem maximalen Emissionswert für 2030 im Rahmen der nationalen Beiträge (unconditional NDCs), auf Basis von Daten des Climate Action Tracker.

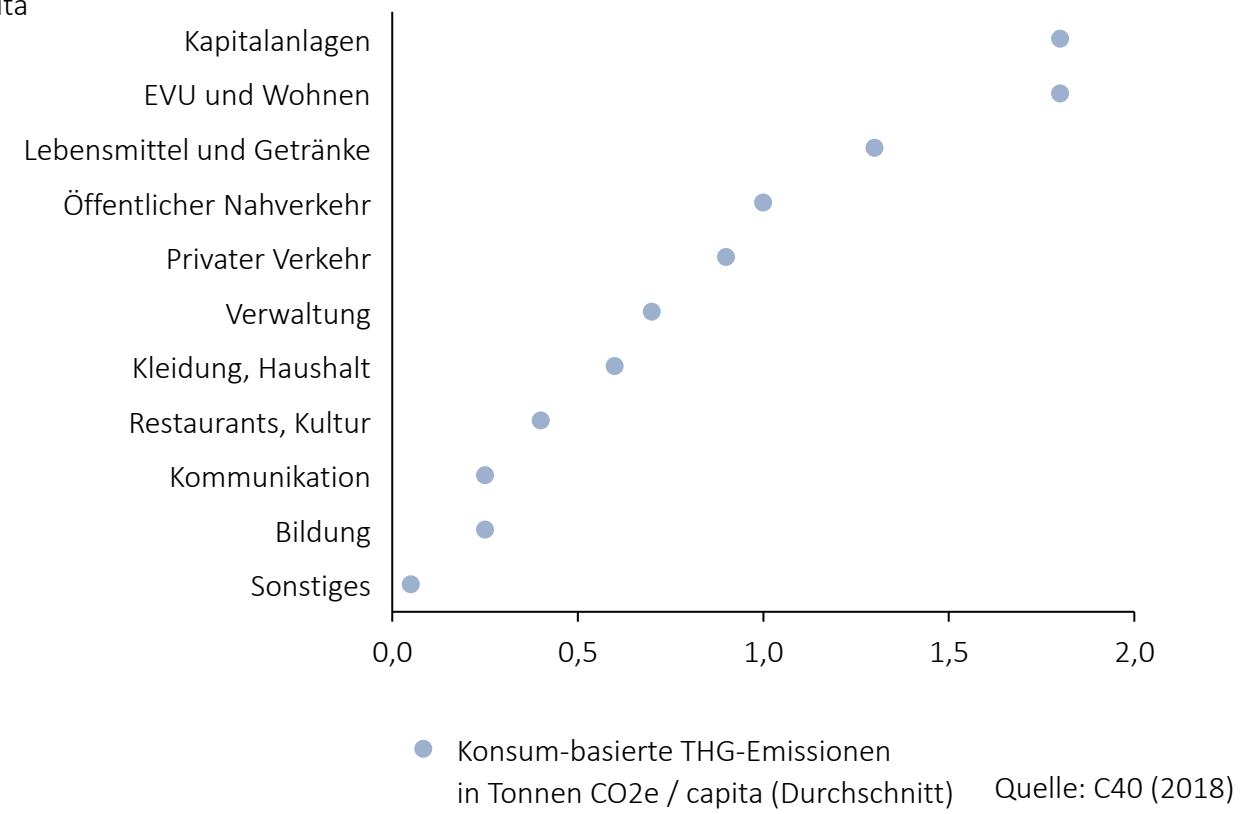


05 Importierte Emissionen dominieren Fussabdruck von Städten im internationalen Vergleich

Schätzung der territorialen vs. importierten Emissionen in typischen Städten der Carbon Neutral Cities Alliance

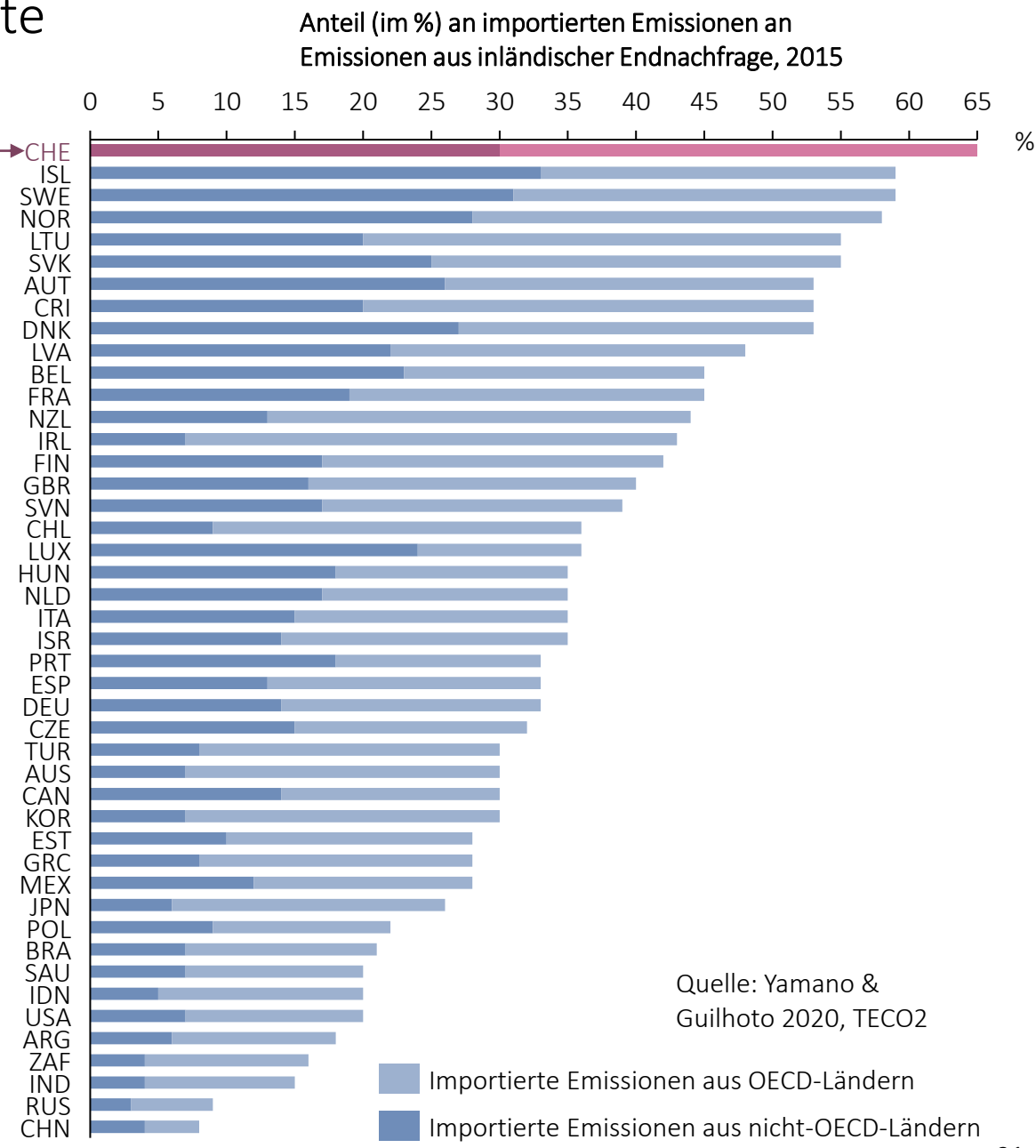
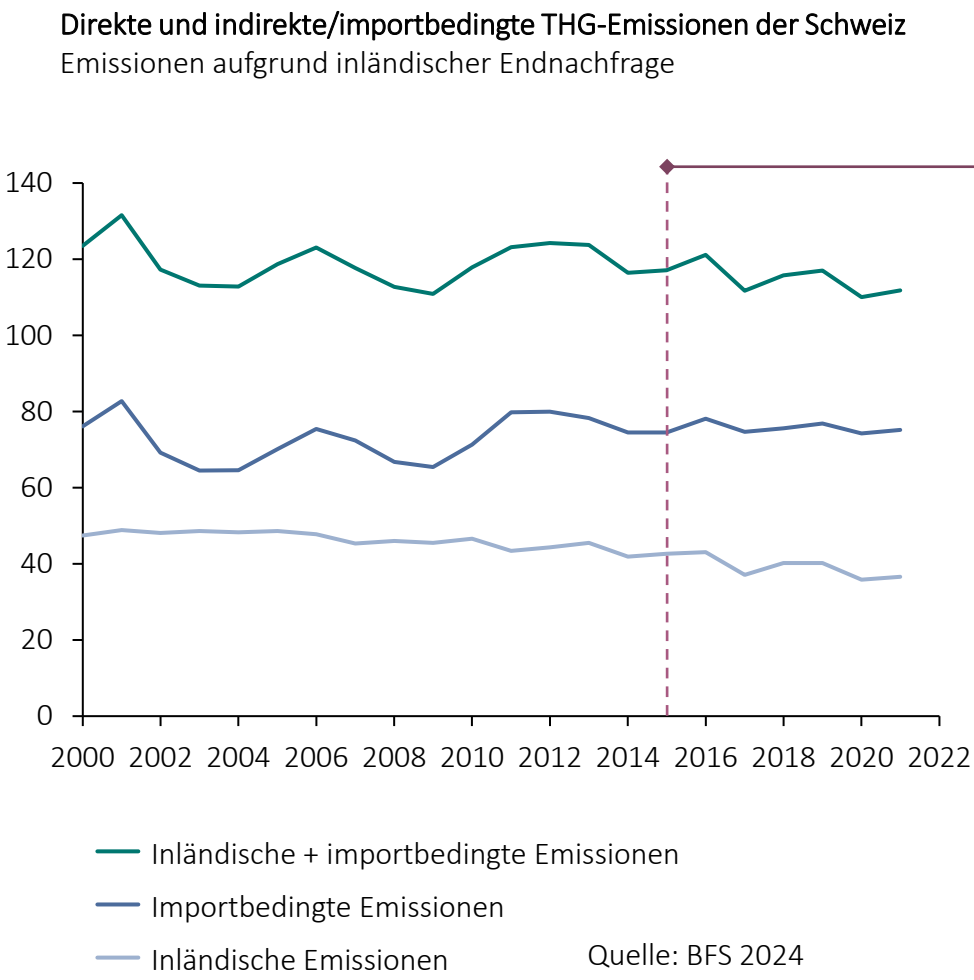


Schätzung der durchschnittlichen Emissionen der C40-Städte in verschiedenen Konsumbereichen





05 Schweiz hat vergleichsweise hohe indirekte Emissionen

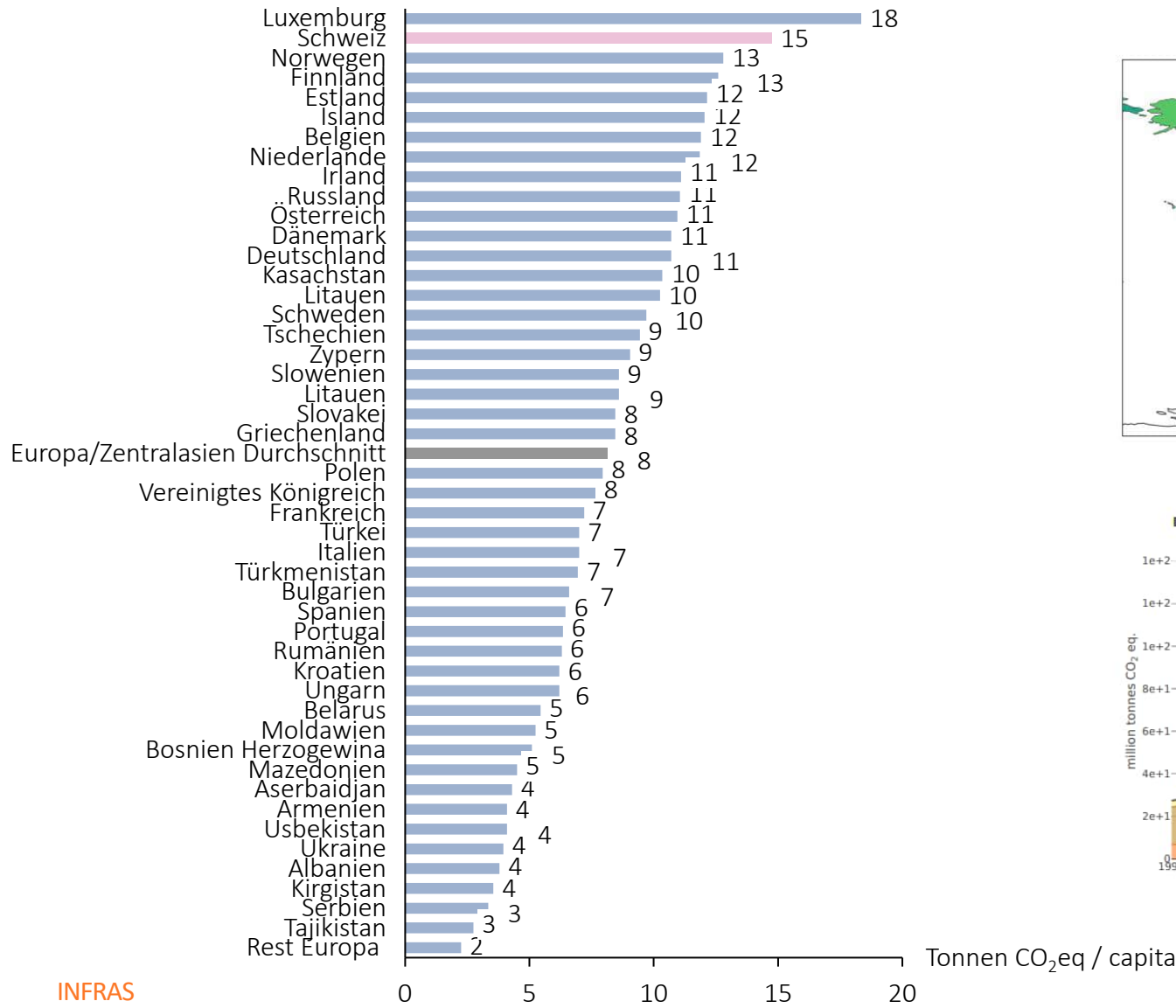




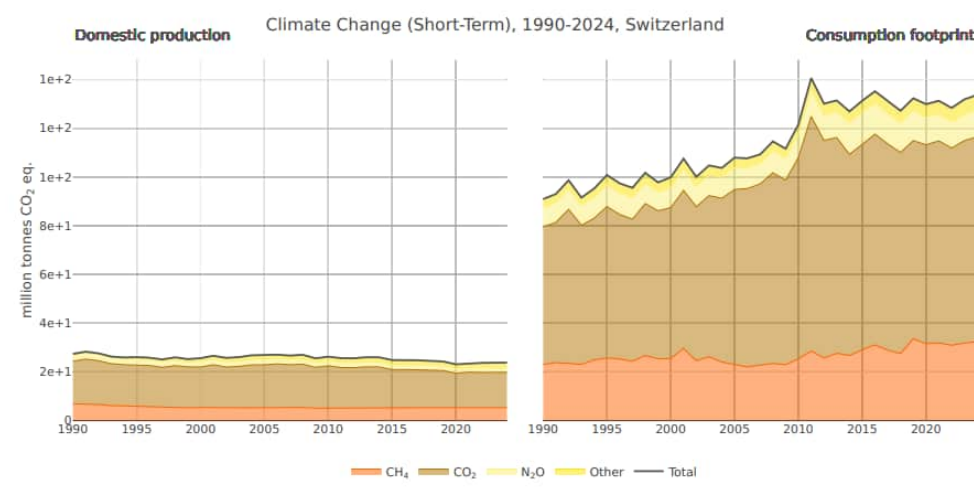
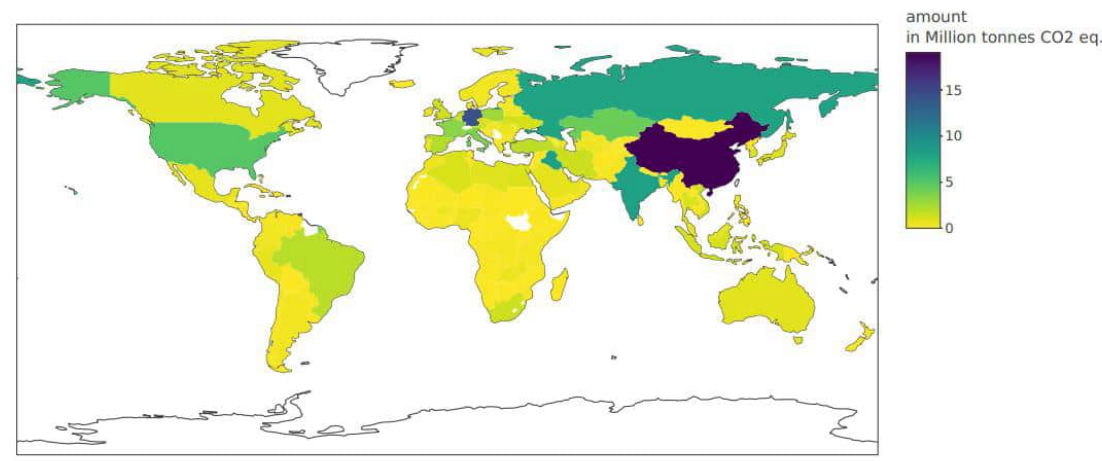
05 Schweiz hat vergleichsweise hohe indirekte Emissionen

THG-Fussabdruck durch Konsum und Herkunftsländer

Quelle: UNEP (2024).



Climate Change (Short-Term) embodied in imports of Switzerland by country of origin, 2024

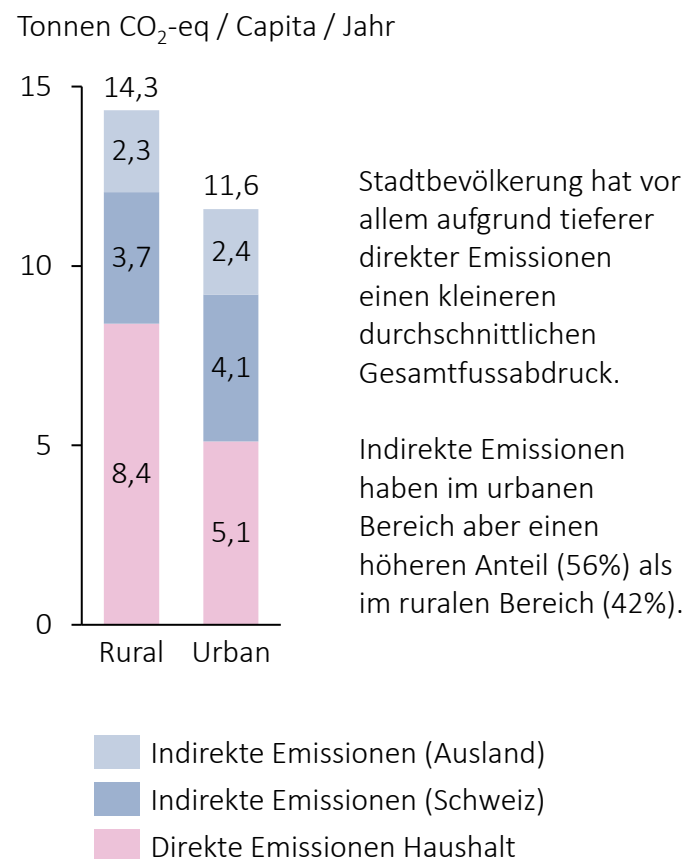




05 Indirekte Emissionen in der Schweiz fallen vor allem in Städten an

Durchschnittliche städtische und rurale THG-Fussabdrücke für 2014, aufgeschlüsselt nach der Quelle der Emissionen

Quelle: Pang et al. (2020).



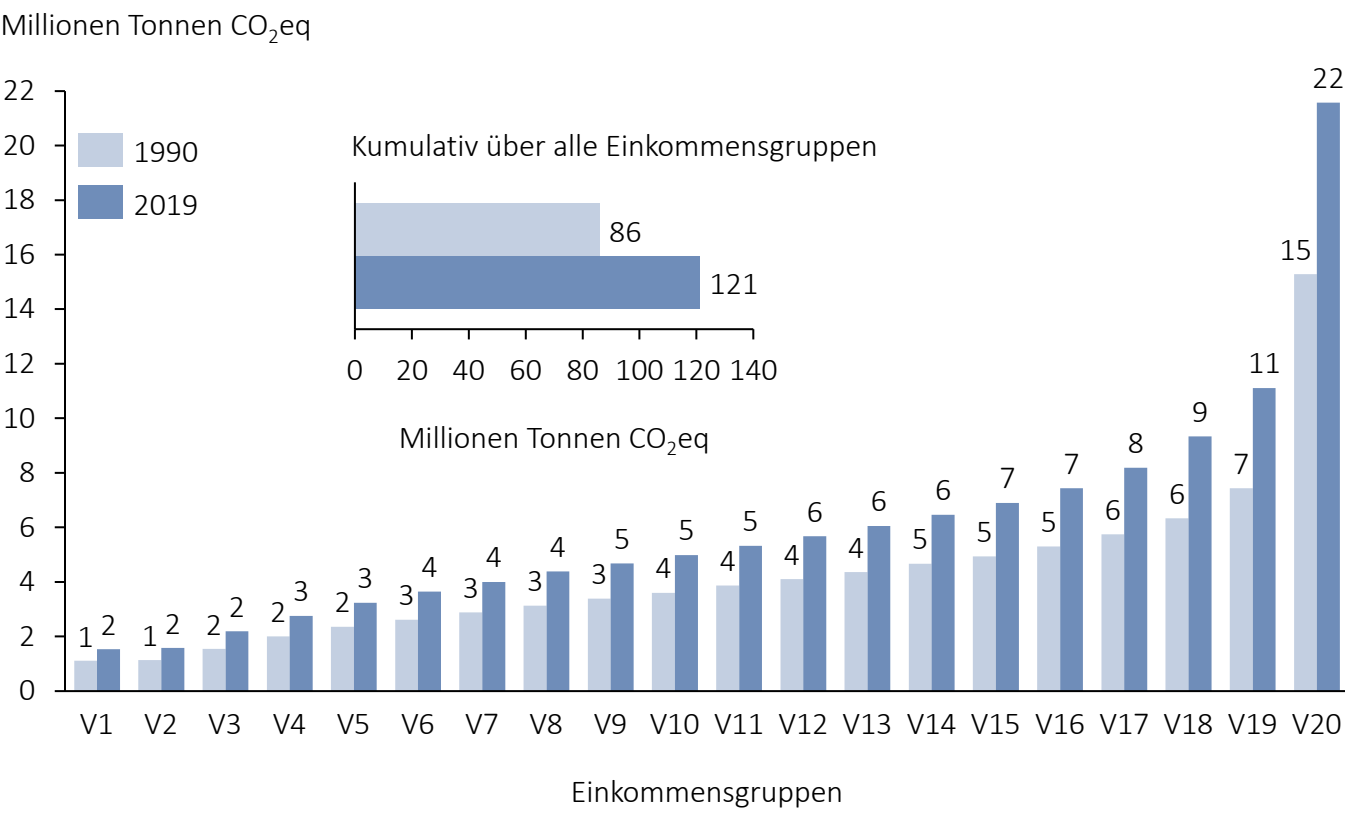
Zusammenfassung der Studie

Treibhausgas(THG)-Emissionsinventare bilden die Grundlage für eine evidenzbasierte Planung des Klimawandels auf lokaler, regionaler, nationaler und internationaler Ebene. In diesem Brief stellen wir einen verbrauchsasierten Ansatz zur Bilanzierung von Treibhausgasen vor, um den Kohlenstoff-Fußabdruck (CF) zu schätzen, der direkte und indirekte Emissionen von Haushalten in der Schweiz für 2008, 2011 und 2014 umfasst, und untersuchen den Einfluss von Urbanität und sozioökonomischen Variablen auf diese Schätzungen. Das hier verwendete CF-Modell verbindet regionalisierte Haushaltsbudgeterhebungen (HBS) mit einer um Umweltaspekte erweiterten Input-Output-Analyse (EEIOA). Wir bieten einen besseren Einblick in den undurchsichtigen Prozess der Kombination von Bottom-up-Verbrauchsdaten (d. h. HBS) und Top-down-Input-Output-Tabellen (IOT) in einem CF-Modell. Die Ergebnisse zeigen, dass städtische Haushalte tendenziell niedrigere direkte Emissionen haben als ländliche Haushalte, während die indirekten Emissionen höher sind. Daher sollten sowohl die direkten als auch die indirekten Emissionen bei der Bewertung der Rolle der Urbanisierung berücksichtigt werden, da sie jeweils einen anderen Schwerpunkt haben. Insgesamt deuten unsere Ergebnisse darauf hin, dass das Einkommen die wichtigste Triebkraft für die Gesamtemissionen der Haushalte ist. Es hat sich auch gezeigt, dass einige lokale Besonderheiten in der Schweiz für die Beziehung zwischen dem CF der Haushalte und seinen Triebkräften wichtig sind. Wir argumentieren, dass die Zusammensetzung der Haushalte im Mittelpunkt künftiger Studien zur Minderung des CF in der Schweiz stehen sollte und dass die Politik Maßnahmen bevorzugen sollte, die auf das Verbraucherverhalten und den Lebensstil abzielen, anstatt sich nur auf die Verbesserung der physischen Infrastruktur und die Einführung neuer Technologien zu konzentrieren.

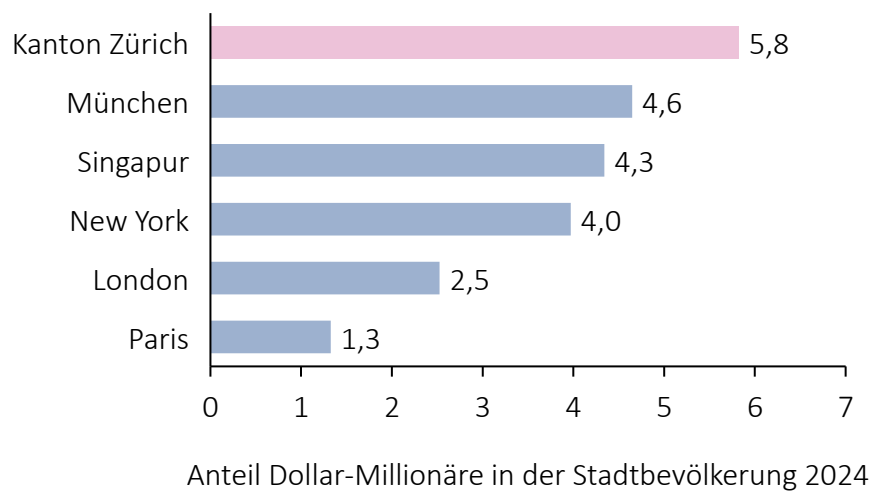


05 Zürich ist wohlhabend, Wohlstand korreliert mit einem höheren THG-Fussabdruck

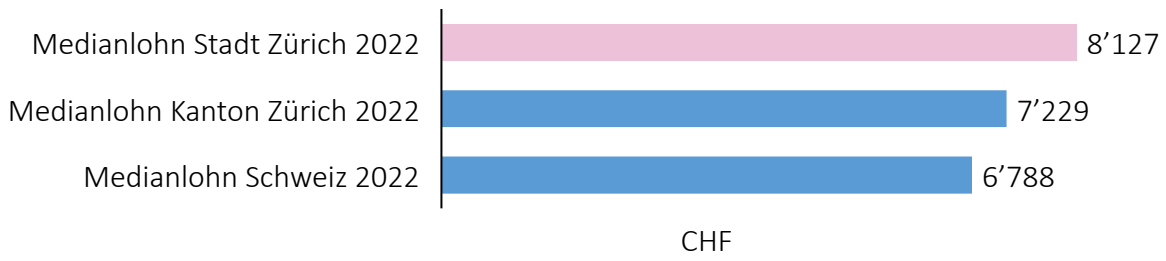
Verteilung des THG-Fussabdrucks auf Einkommensgruppen in der Schweiz
Quelle: Stockholm Environment Institute (SEI) Emissions Inequality Dashboard.



Anteil Dollar-Millionäre in der Bevölkerung verschiedener Städte
Quelle: Henley & Partners (2024) World's Wealthiest Cities Report 2024

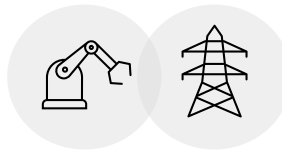


Medianlohn in der Stadt Zürich, dem Kanton Zürich, und der Schweiz, 2022
Quelle: Bundesamt für Statistik, Schweizerische Lohnstrukturerhebung





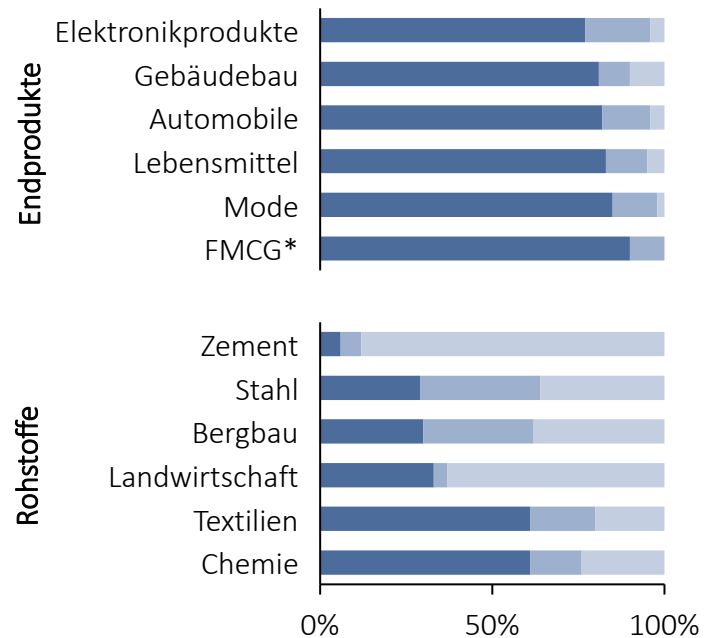
05 Scope 3-Emissionen dominieren in verschiedenen Industrien und Reduktionskosten variieren



Scope 1, 2 und 3-Emissionen ausgewählter Industrien nach i) Endprodukt und ii) Rohstoffen

Quelle: WEF (2021). In CO₂eq, 2019, global.

% CO₂e in Wertschöpfungskette, 2019



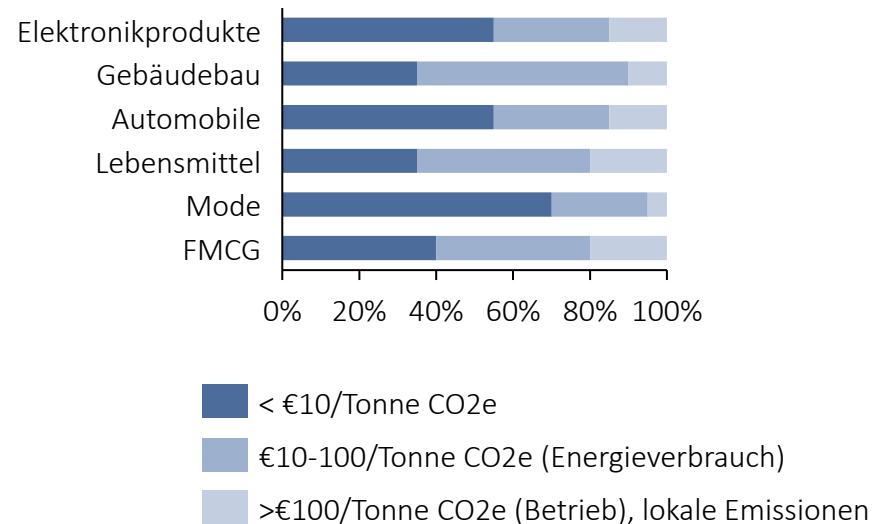
- Scope 3 (Wertschöpfungskette upstream)
- Scope 2 (Energieverbrauch)
- Scope 1 (Betrieb), lokale Emissionen

*Fast Moving Consumer Goods

Reduktionskosten in verschiedenen Wertschöpfungsketten (Endprodukte)

Quelle: WEF (2021).

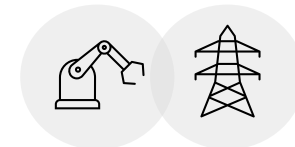
%



- < €10/Tonne CO₂e
- €10-100/Tonne CO₂e (Energieverbrauch)
- >€100/Tonne CO₂e (Betrieb), lokale Emissionen



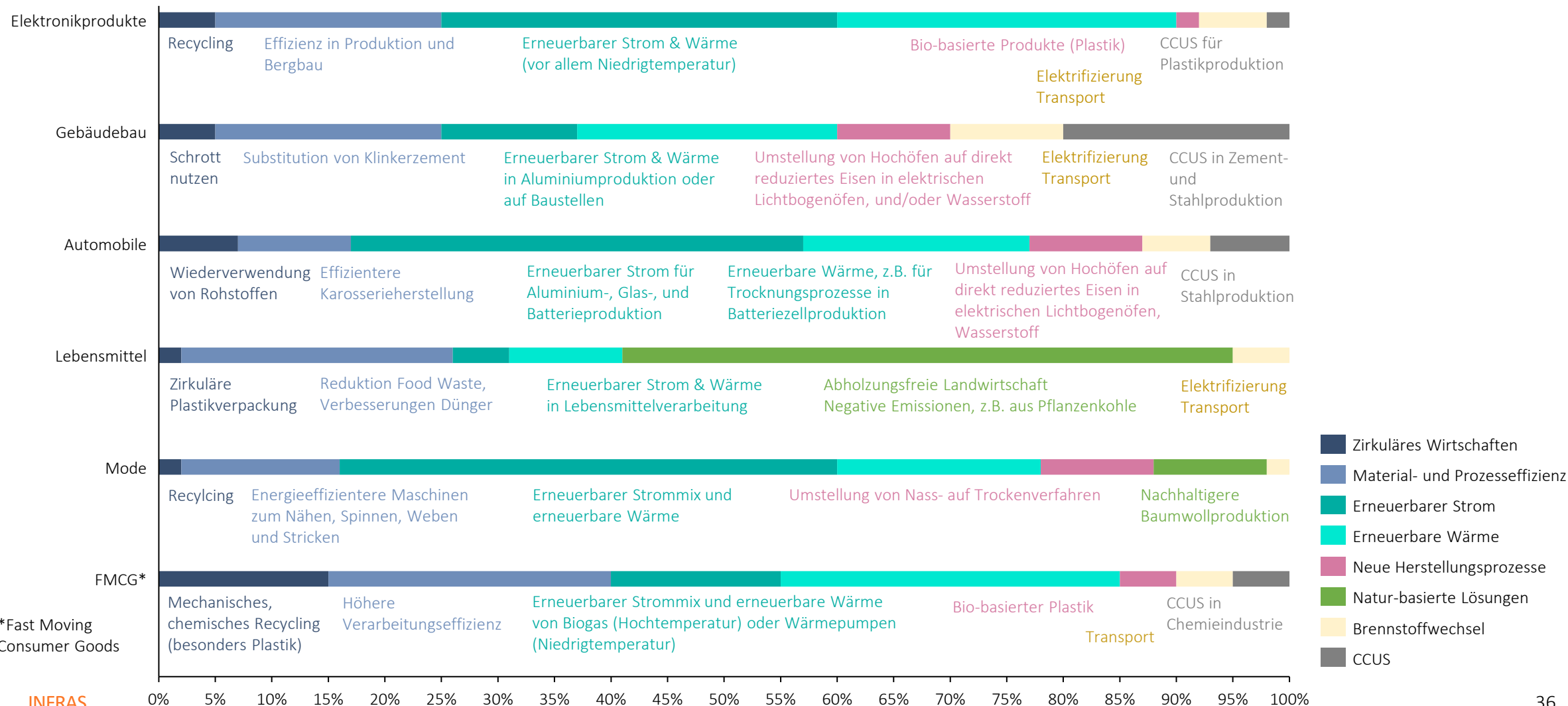
05 Reduktionshebel in verschiedenen Wertschöpfungsketten



Reduktionshebel in den verschiedenen Wertschöpfungsketten (Endprodukte).

Quelle: WEF (2021). Anteil (in %) an Gesamtreduktions-Potenzial pro Hebeltyp. Ausgewählte Beispiele für zentrale Hebel pro Produkt.

% Emissionsreduktionen pro Hebeltyp

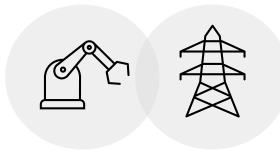


INFRAS

Quelle: WEF (2021).



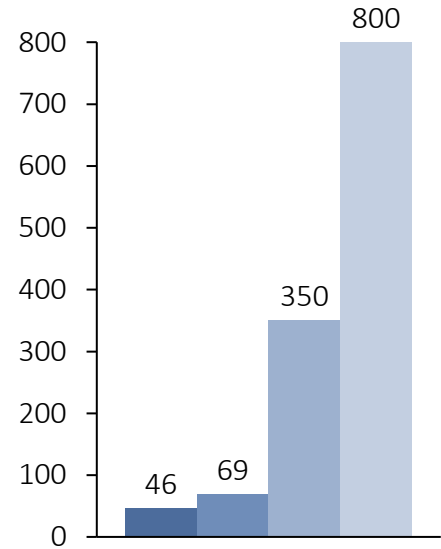
05 «Klimastandort Schweiz»



«Klimastandort Schweiz»

Verschiedene Emissionen der Schweiz je nach Systemgrenze im Jahr 2019
Quelle: McKinsey (2022).

Millionen Tonnen CO₂-eq



- Inländische Emissionen
- Importbedingte Emissionen
- Aus der Schweiz kontrollierte Emissionen
- Emissionen im Zusammenhang mit Finanzflüssen aus der Schweiz

Massnahmen der Schweizer Wirtschaft

Ausgewählte Beispiele von privatwirtschaftlichen Massnahmen zur Emissionsreduktion.
Quelle: McKinsey (2022).

| Sektor | Ausgewählte Beispiele |
|---|--|
| Nahrungsmittel und Getränke, inkl. Landwirtschaft | <ul style="list-style-type: none">Migros: M Climate Fund Abgaben, Label „M Check“ eingeführtCoop: Nachhaltigkeitsfonds u.a. Projekte im Bereich Klima, auch solche, die die Lieferkette betreffenEmmi und Nestlé: Ressourcenprojekt „KlimaStaR Milch“ lanciert, um Reduktion der Emissionen der Milchproduktion von 20% zu erreichen |
| | <ul style="list-style-type: none">Denner: Stromabnahmevertrag („Power Purchase Agreement“) mit Axpo und IWB, nächsten 20 Jahre Bezug Solarstrom der größten alpinen Solaranlage der Schweiz |
| | |
| Transport | <ul style="list-style-type: none">Mobility: Pilotprojekt zur Einführung einer bidirektional ladenden ElektrofahrzeugflotteDesignWerk AG: elektrische Nutzfahrzeuge unter der Marke FuturicumDie Post: >6,000 Elektroroller und 97 elektrische Lieferwagen. |
| | |
| | |
| Gebäude | <ul style="list-style-type: none">HotellerieSuisse: Energieeffizienz-Potenziale im Schweizer Gastgewerbe durch SanierungenCoop: saniert und baut ausschließlich Infrastruktur im Minergie-Standard |
| | |
| Industrielle Produktproduktion | <ul style="list-style-type: none">Implenia: minimiert den Ressourcenbedarf durch innovative Materialien und Lösungen. |
| Zement-, Chemie- und Metallproduktion | <ul style="list-style-type: none">Neustark: verwendet und speichert abgeschiedenes CO₂, dauerhaft in ihrem Zement.Holcim: neue Zementlösungen, z.B. durch die Wiederverwertung aus alten Gebäuden |
| | |
| Übrige Konsumgüter | <ul style="list-style-type: none">On Running: 100% recycelbare Verpackungen und setzt in seinen Produkten gespeichertes CO₂ einMammut: Herstellung T-Shirts aus alten Kletterseilen |
| | |
| Internationaler Flugverkehr | <ul style="list-style-type: none">SWISS: als erste kommerzielle Fluggesellschaft ab der Schweiz mit nachhaltigem Flugbenzin (SAF) |



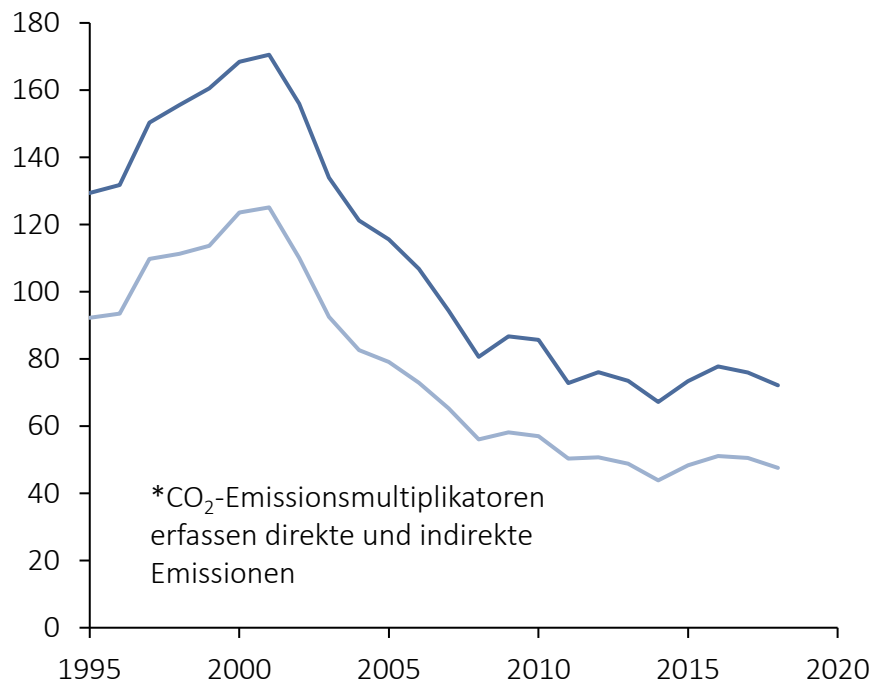
05 Emissionsintensität der Schweiz und Zielbild klimaneutrale Schweiz 2050



Emissionsintensität und – Multiplikatoren* der Schweiz, 1995-2018

In Tonnen CO₂-Emissionen per Millionen Output in US-Dollar

Quelle: OECD (2021)



Zielbild für eine klimaneutrale Schweiz

Quelle: Prognos/TEP/Infras (2020): Energieperspektiven 2050+

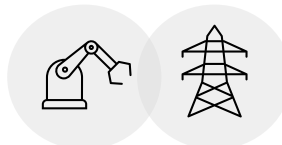


- Emissionsmultiplikatoren Gesamtwirtschaft (Schnitt aller Sektoren)
- Emissionsintensität Gesamtwirtschaft (Schnitt aller Sektoren)

*CO₂-Emissionsintensitäten werden berechnet, indem die CO₂-Emissionen aus dem Kraftstoffverbrauch durch den Output aus den länderübergreifenden OECD-Input-Output-Tabellen (ICIO) dividiert und das Ergebnis zu Skalierungszwecken mit 1 Million multipliziert wird. CO₂-Emissionsmultiplikatoren werden durch Multiplikation der Leontief-Umkehrung (auch bekannt als Output-Multiplikator-Matrix) aus den OECD Inter-Country Input-Output (ICIO)-Tabellen mit den CO₂-Emissionsintensitäten berechnet.



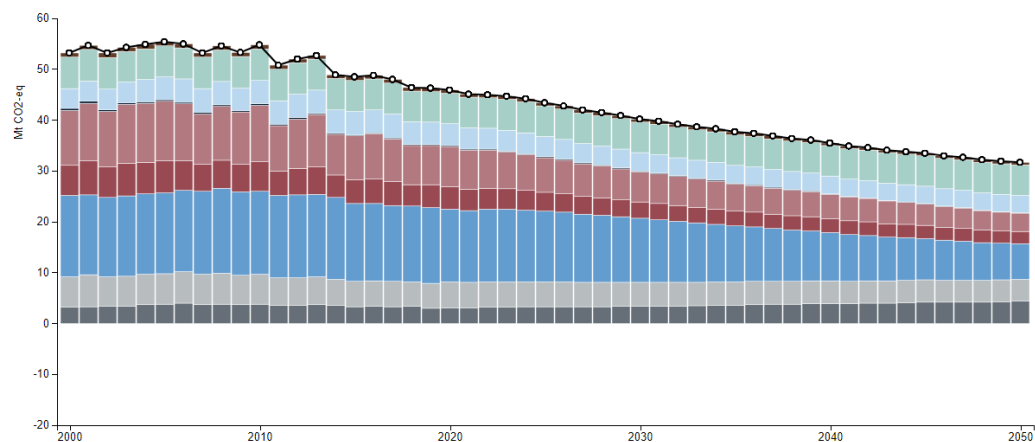
05 Energieperspektiven 2050+ für die Schweiz



Energieperspektiven 2050+ für die Schweiz: Weiter wie bisher (WWB) vs. Netto-Null (Zero Basis)

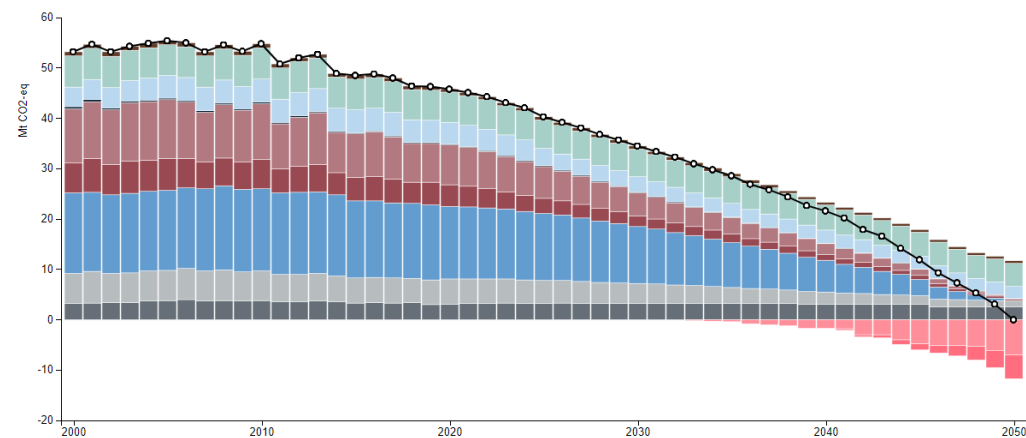
Quelle: Prognos/TEP/Infras (2020): Energieperspektiven 2050+

WWB



- Energieumwandlung
- Dienstleistungen
- Prozessemissionen
- CCS/NET Inland

Zero Basis

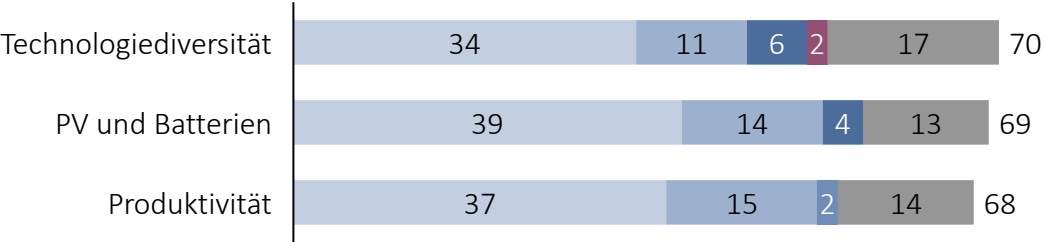


- Industrie
- Haushalte
- Landwirtschaft
- Verkehr
- Verdampfungsemissionen
- Abfall
- NET im Ausland

05 Renewable Energy Outlook für die Schweiz

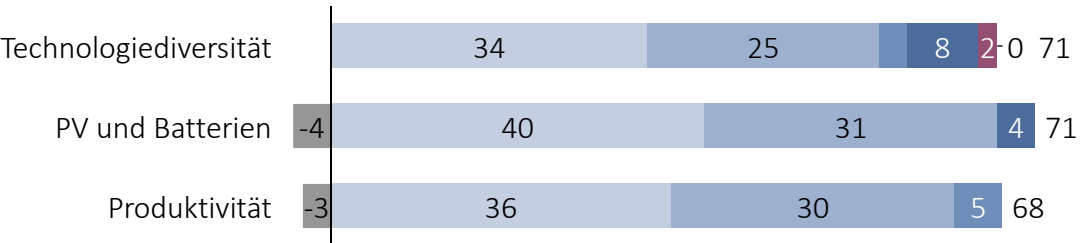
Mögliche Pfade im Schweizer Stromsektor bis 2035: Zubau und nötige jährlichen Investitionen
Quelle: Trutnevyte et al. (2024).

Szenario: Zubau von 17 TWh Erneuerbare bis 2035 mit drei Strategien

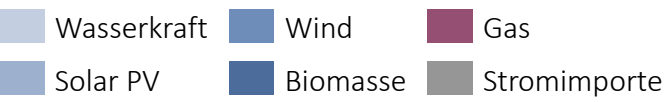


Jährliche Stromproduktion und Importe im Jahr 2035 in TWh/Jahr

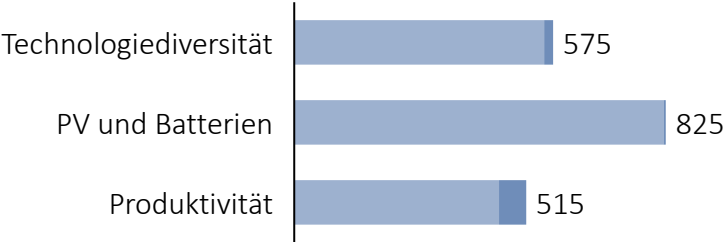
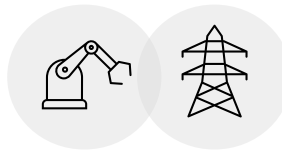
Szenario: Zubau von 35 TWh Erneuerbare bis 2035 mit drei Strategien



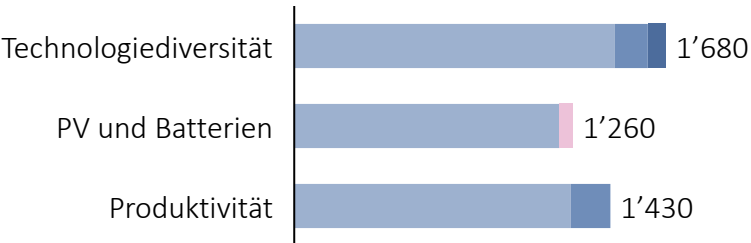
Jährliche Stromproduktion und Importe im Jahr 2035 in TWh/Jahr



In sum, this Outlook overall shows that more ambitious new renewable electricity targets for Switzerland, such as the 35 TWh/year target from the latest decision of the Parliament, are feasible and beneficial.



Nötige jährliche Investition 2020-2035 in Millionen CHF₂₀₂₂/Jahr

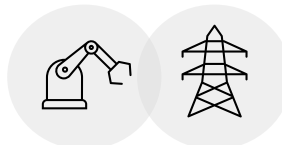


Nötige jährliche Investition 2020-2035 in Millionen CHF₂₀₂₂/Jahr



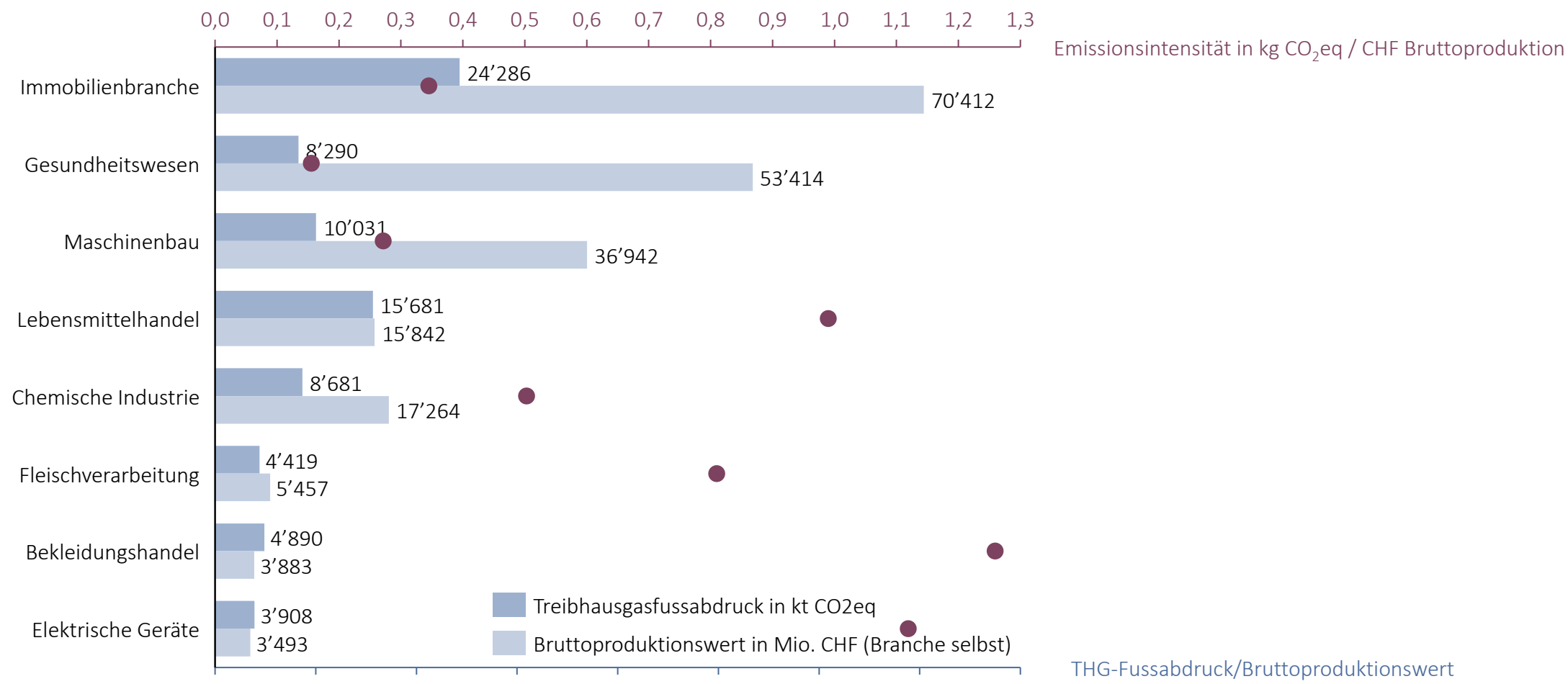


05 Analyse Lieferketten Schweiz

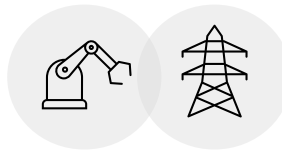


Analyse der Umweltbelastungen und -Hotspots von acht ausgewählten Schweizer Branchen entlang der globalen Wertschöpfungsketten

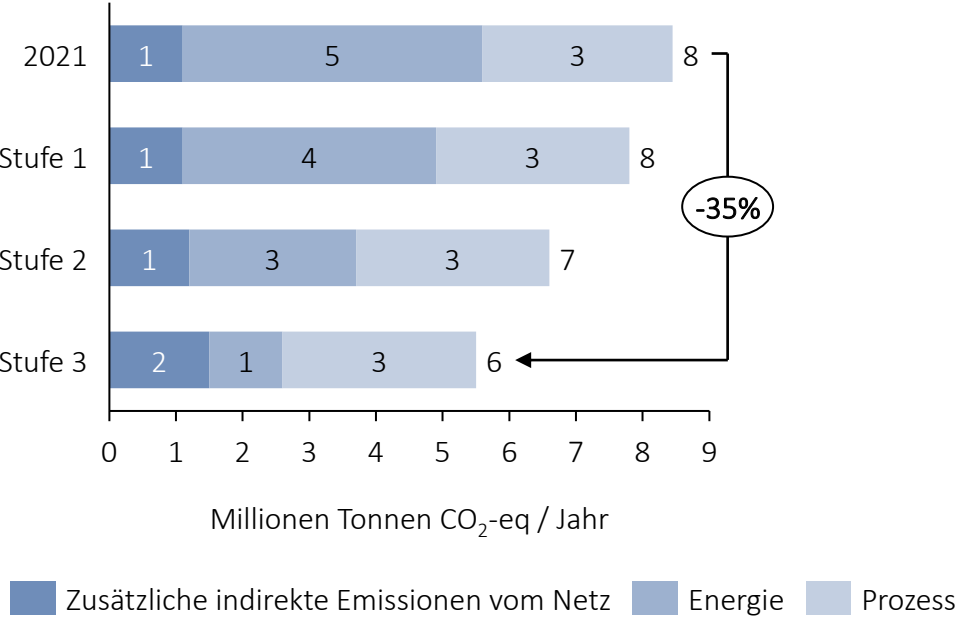
Quelle: Nathani et al. (2019); Treeze/RütterSoceco (2020).



05 Elektrifizierungspotenzial der Schweizer Industrie

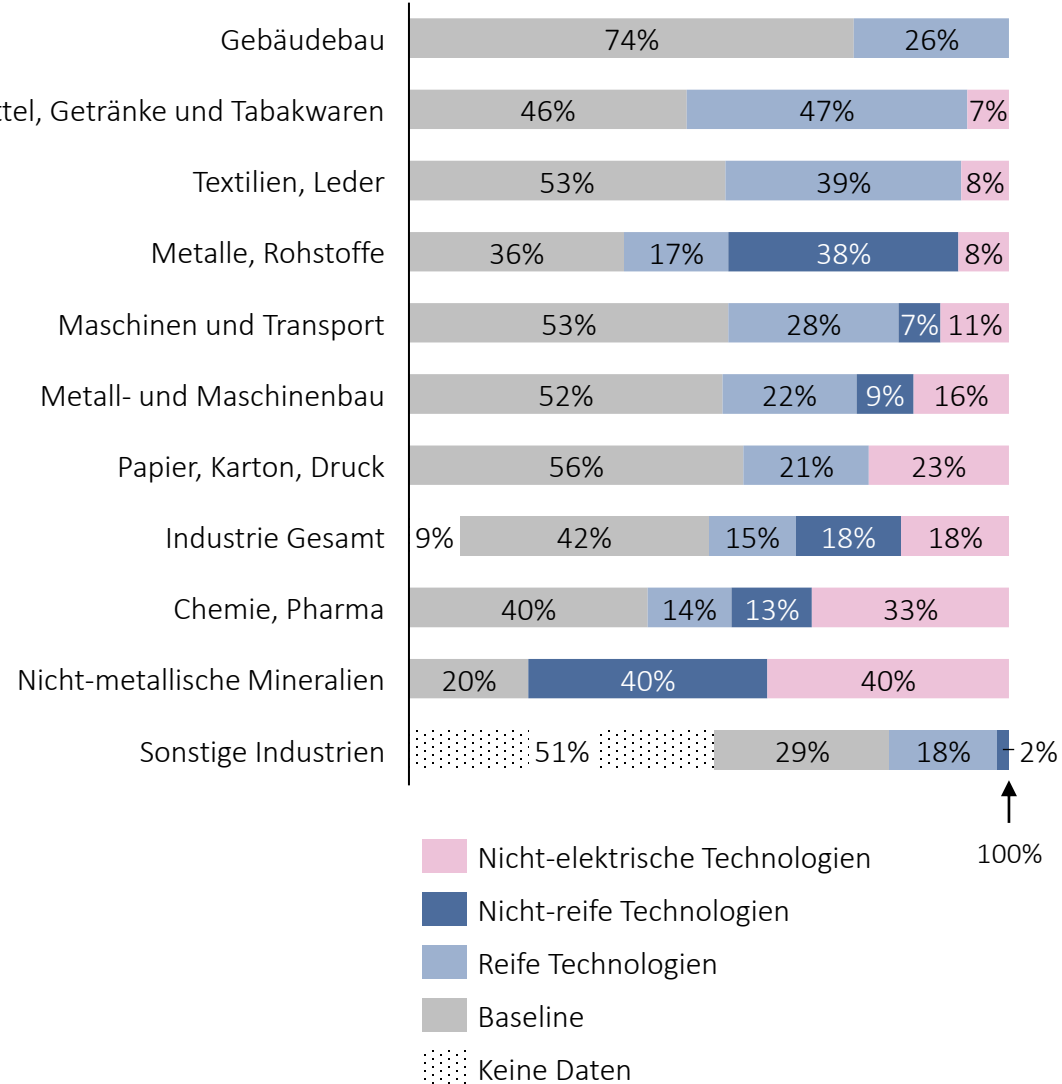


Entwicklung der Emissionen der Schweizer Industrie durch Elektrifizierung in drei Szenarien (Stufen), unter Einbezug der indirekten Emissionen durch Elektrizität
Quelle: E-Cube Strategy Consultants (2024).



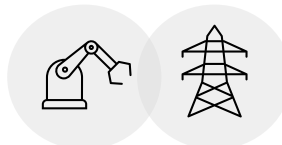
- Szenarien/Stufen**
- Stufe 1: Elektrifizierung des Nicht-Prozesswärmebedarf auf Basis reifer Technologien.
 - Stufe 2: Elektrifizierung des Prozesswärmebedarfs der meisten Industrien (z.B. Trocknen, Waschen/Reinigen, Dampf) mit ausgereiften Technologien.
 - Stufe 3: Elektrifizierung des Prozesswärmebedarf mit noch nicht reifen Technologien mit Kostenunsicherheiten (besonders bei >400°C).

Elektrifizierungspotenzial der Schweizer Industrie nach Technologiereife
Quelle: E-Cube Strategy Consultants (2024).





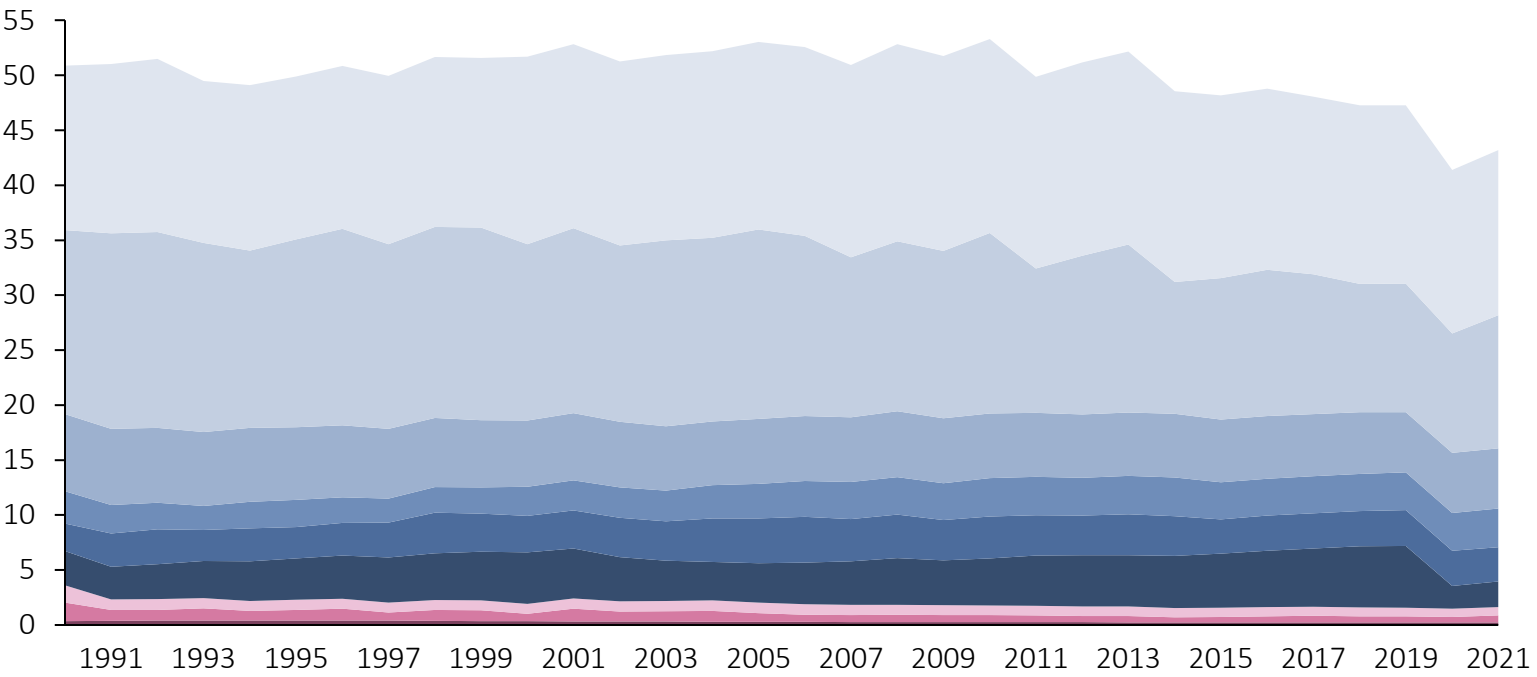
05 Territoriale THG-Emissionen der Schweiz



Direkte Emissionen der Schweiz, 1991-2021

In Millionen Tonnen CO₂-eq

Quelle: Climate Watch, BAFU

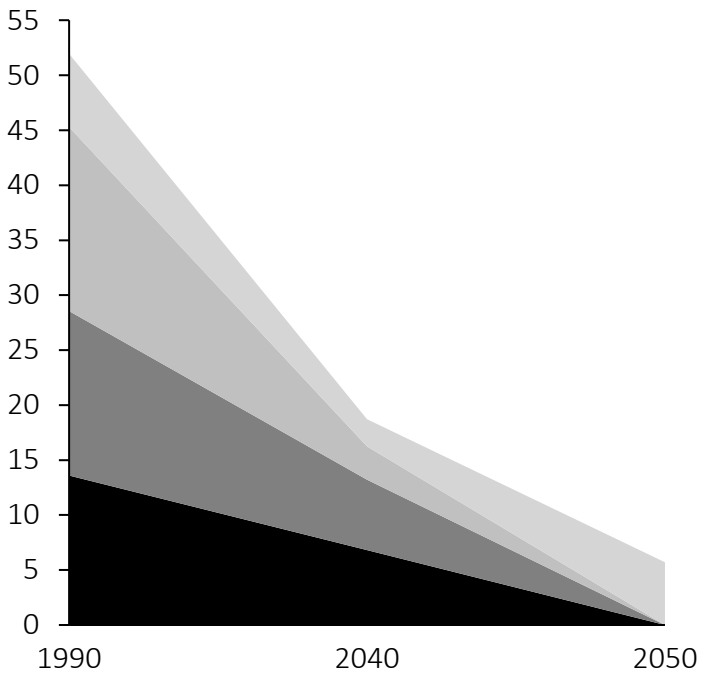


- Verkehr
- Gebäude
- Landwirtschaft
- Industrie (Prozessemissionen)
- Strom/Wärme
- Bunker Fuels
- Abfall
- Sonstige Kraftstoffverbrennung
- Flüchtige Emissionen

Reduktionsziele 2040 und 2050 der Schweiz laut KIG*

In Millionen Tonnen CO₂-eq

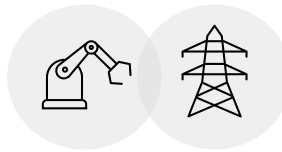
Quelle: BAFU, Bundesrat



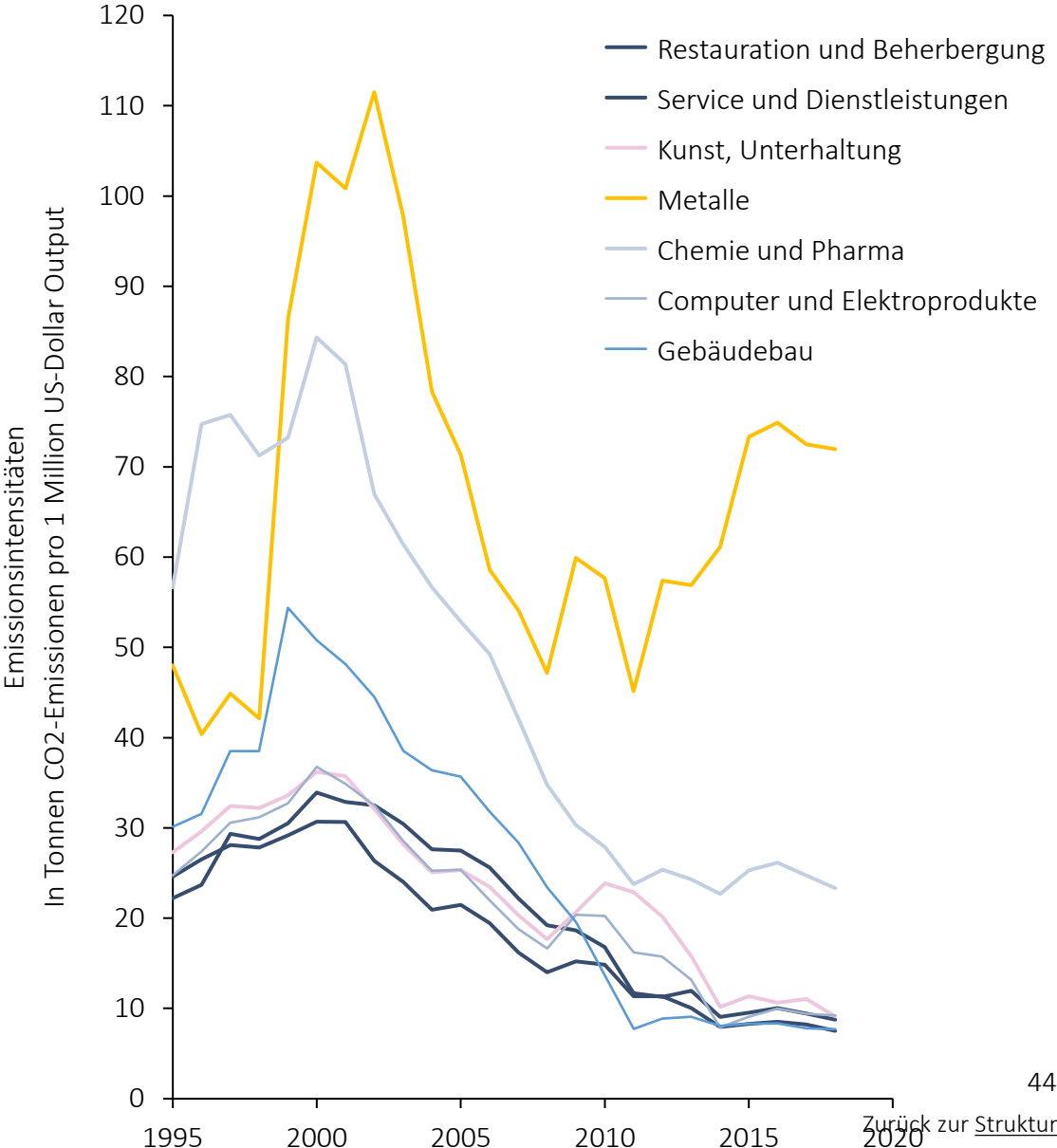
- Rest
- Gebäude
- Verkehr
- Industrie (Strom/Wärme, Prozessemissionen)

*Ziele für Landwirtschaft separat unter «Ernährung» auf Basis der KSLE

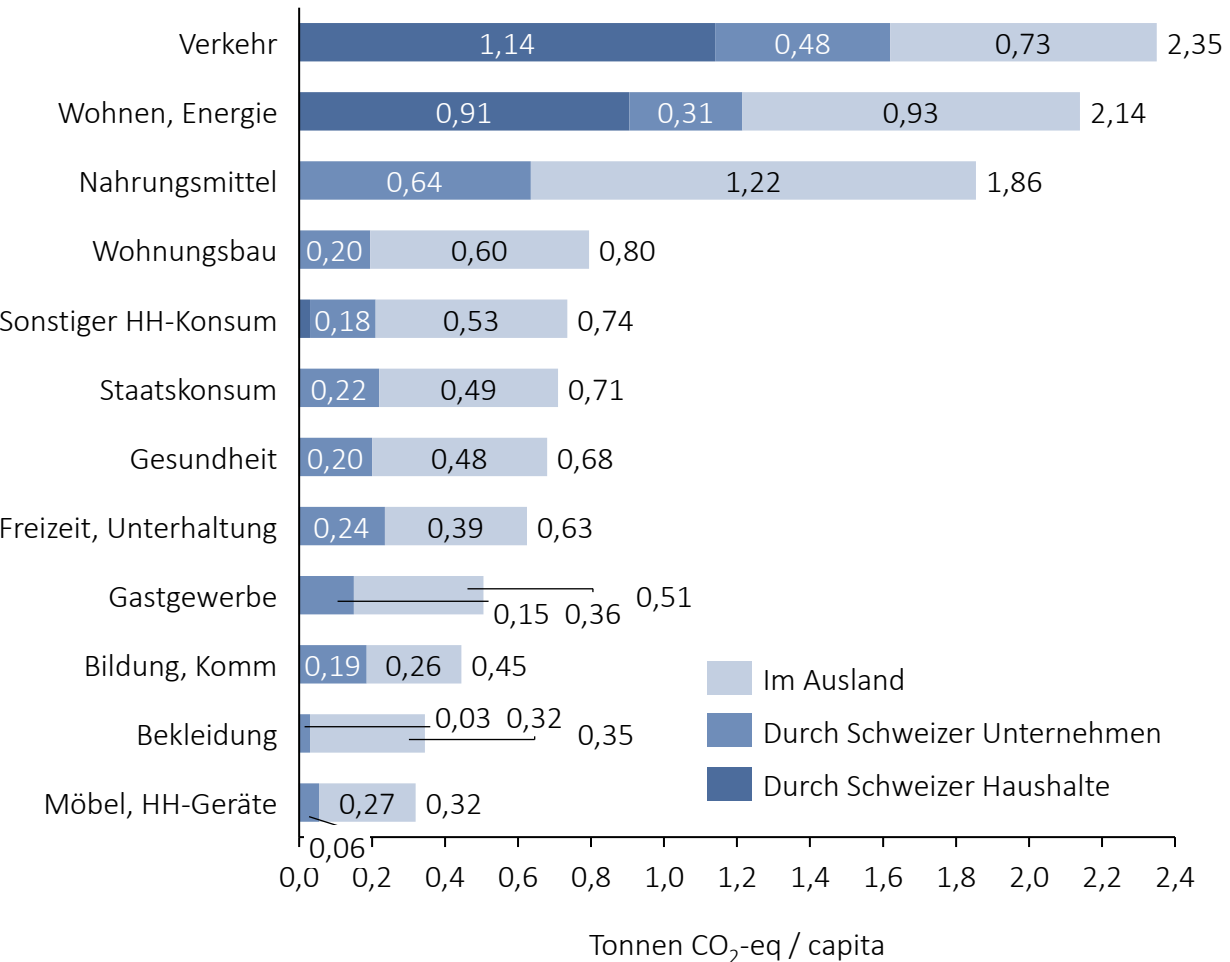
05 Konsumseitige THG-Emissionen der Schweiz



Entwicklung der Emissionsintensitäten in der Schweiz für ausgewählte Sektoren, 1995-2018
Quelle: OECD (2021)

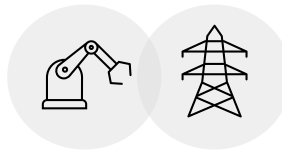


Treibhausgasfussabdruck pro Person nach Endnachfragebereichen, 2018
Quelle: EBP (2022)





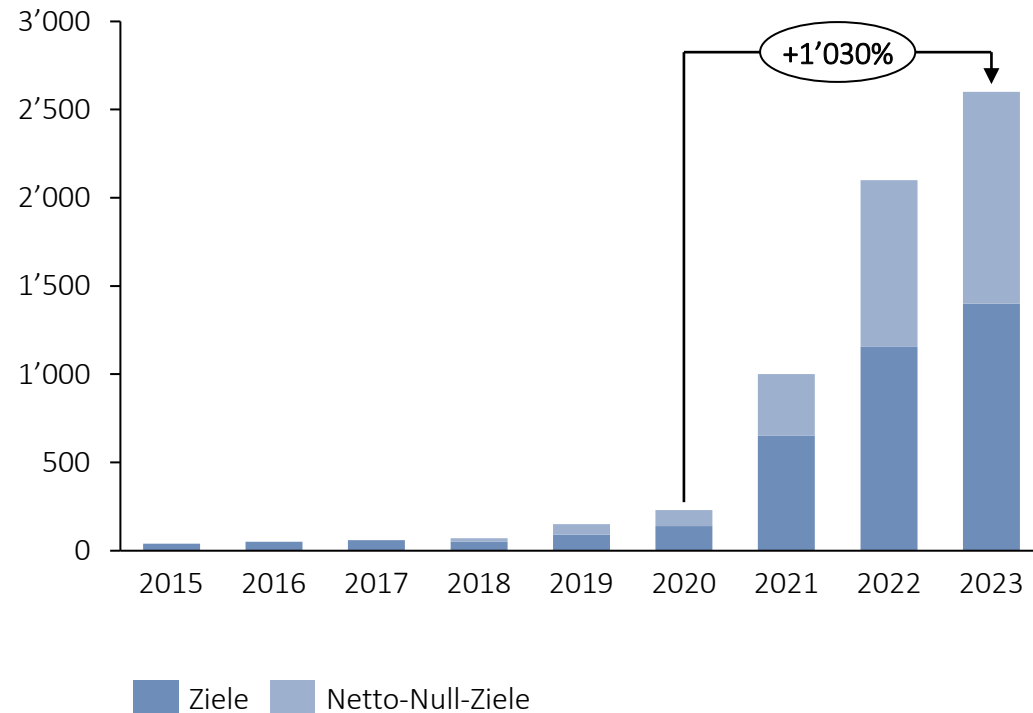
05 Bereichsübergreifend: Unternehmensziele Netto Null



Neue Unternehmensziele pro Jahr, Stand Ende 2023

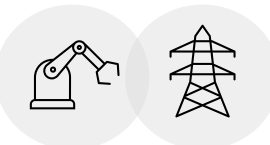
Kumulativ > 6'000 Unternehmen mit Zielen nach Science

Based Targets initiative (SBTi)

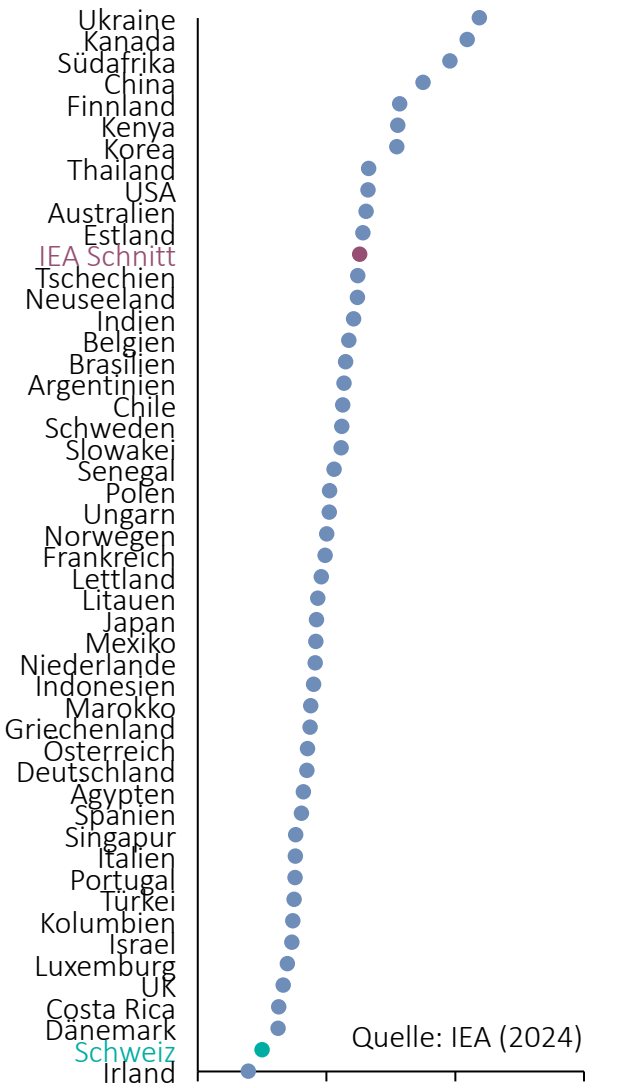




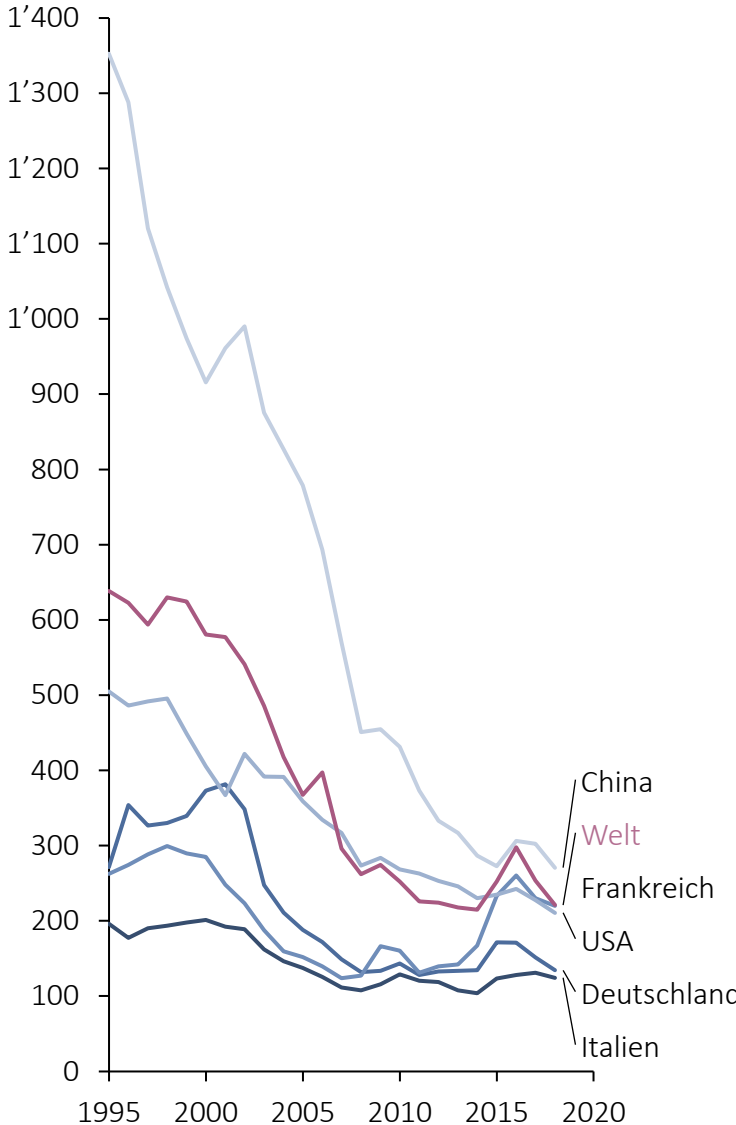
05 Bereichsübergreifend: Energie- und Emissionsintensitäten von Handelspartnern



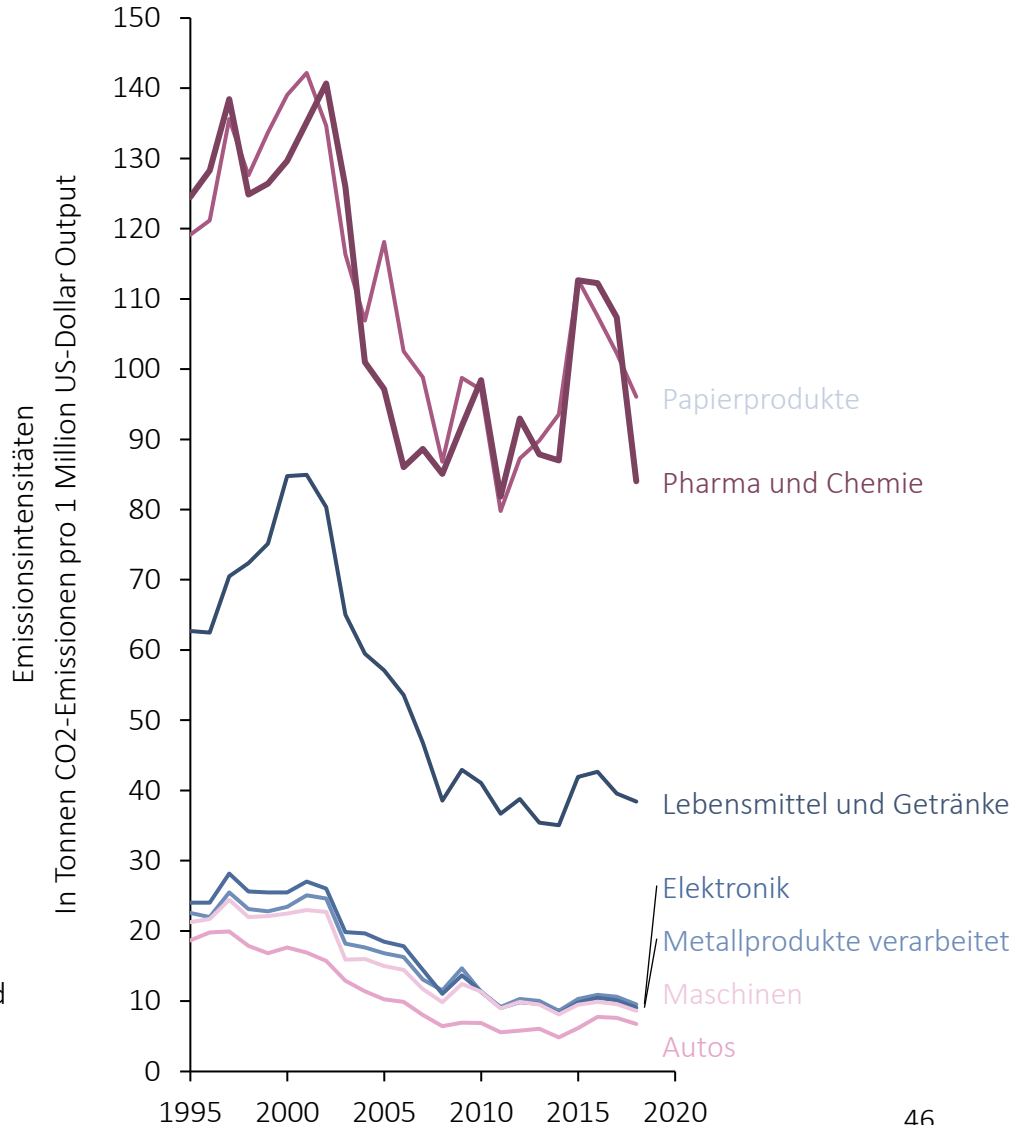
Energieintensitäten verschiedener Länder, 2019
in GJ / 1000 US-Dollar 2015 PPP



Entwicklung der Emissionsintensitäten der fünf wichtigsten Handelspartner der Schweiz und Welt, 1995-2018

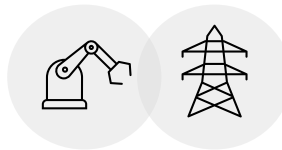


Entwicklung der Emissionsintensitäten in Deutschland für ausgewählte Sektoren, 1995-2018











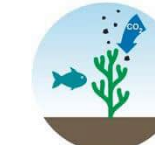



05 Bereichsübergreifend: Marktentwicklungen negative Emissionstechnologien



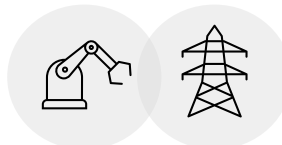
Carbon Dioxide Removal (CDR) Technologien und ihre Eigenschaften

Stand 2022, UNEP (2023). Qualitative Bewertung von signifikantem bis keinen Fortschritt.

| |  (Wieder-)Aufforstung |  Boden-sequestrierung |  Pflanzenkohle |  BECCS |  DAC |  Beschleunigte Verwitterung |  Torfrestaurierung |  Blue Carbon Management |  Ozean-Alkalinisierung |  Ozean-Düngung |
|---|---|---|--|---|--|---|--|---|--|--|
| Mechanismus | Land-basiert, biologisch | Land-basiert, biologisch | Land-basiert, biologisch | Land-basiert, biologisch | Chemisch | Geochemisch | Land-basiert, biologisch | Ozean-basiert, biologisch | Geochemisch | Ozean-basiert, biologisch |
| Machbarkeit / Readiness | Signifikant | Signifikant | Signifikant | Signifikant | Signifikant | Signifikant | Signifikant | Moderat | Gering | Gering |
| Skalierbarkeit | Moderat | Moderat | Moderat | Gering | Moderat | Gering | Signifikant | Signifikant | Gering | Gering |
| Möglichkeiten für MRV | Kein | Moderat | Moderat | Moderat | Signifikant | Moderat | Kein | Kein | Kein | Kein |
| Potentielle Konsequenzen | Gering | Signifikant | Moderat | Moderat | Moderat | Moderat | Signifikant | Signifikant | Kein | Kein |
| Öffentliche Wahrnehmung | Signifikant | Moderat | Moderat | Gering | Moderat | Signifikant | Signifikant | Signifikant | Kein | Kein |
| Kosten (US-Dollar/Tonne CO ₂) | <100 | <100 | 100-500 | 100-500 | >800 | 100-500 | <100 | <100 | Noch nicht quantifizierbar | Noch nicht quantifizierbar |
| Speichermedium | Gebäude, Vegetation, Boden, Sedimente | Gebäude, Vegetation, Boden, Sedimente | Gebäude, Vegetation, Boden, Sedimente | Geologische Reservoirs | Geologische Reservoirs | Mineralstoffe | Vegetation, Böden, Sedimente | Vegetation, Böden, Sedimente | Mineralstoffe | Ozean-Sedimente |
| Permanenz | Jahrzehnte bis Jahrhunderte | Jahrzehnte bis Jahrhunderte | Jahrzehnte bis Jahrhunderte | >10000 | >10000 | >10000 | Jahrzehnte bis Jahrhunderte | Jahrzehnte bis Jahrhunderte | >10000 | Jahrhunderte bis Jahrtausende |



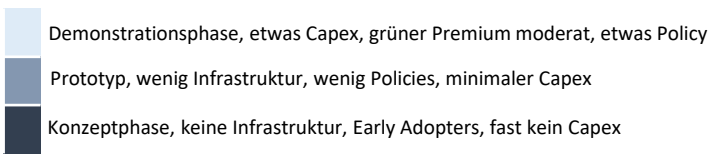
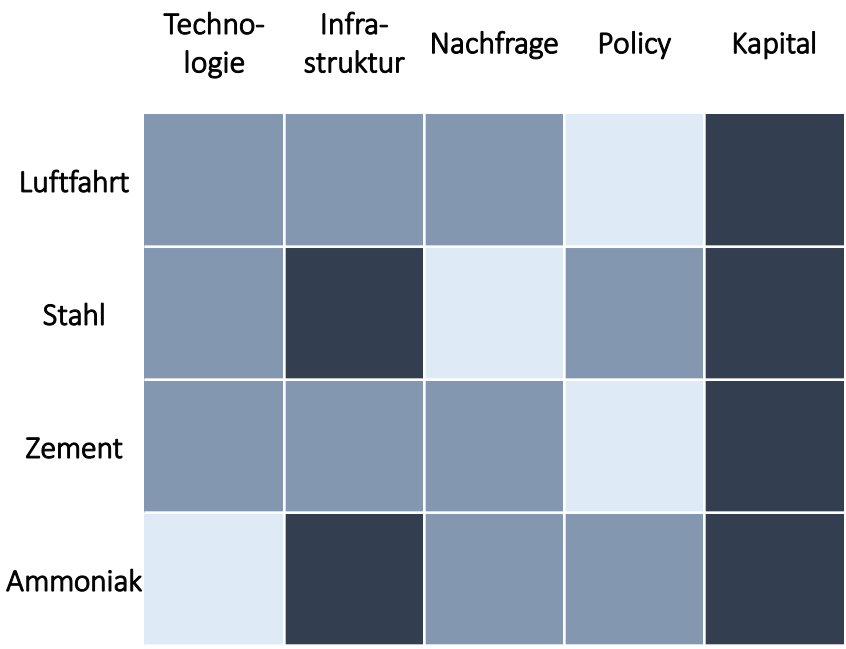
05 Bereichsübergreifend: Readiness verschiedener Technologien für Netto Null



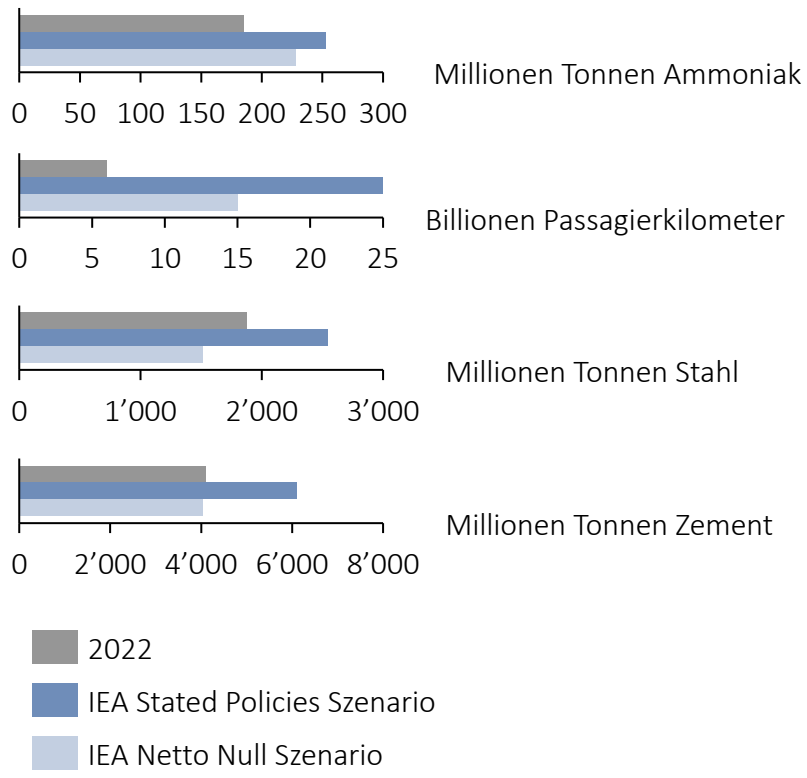
Readiness von Luftfahrt, Stahl, und Zement für Netto Null anhand verschiedener Kriterien

Quelle: WEF (2023).

Gesamtsicht



Nachfrage

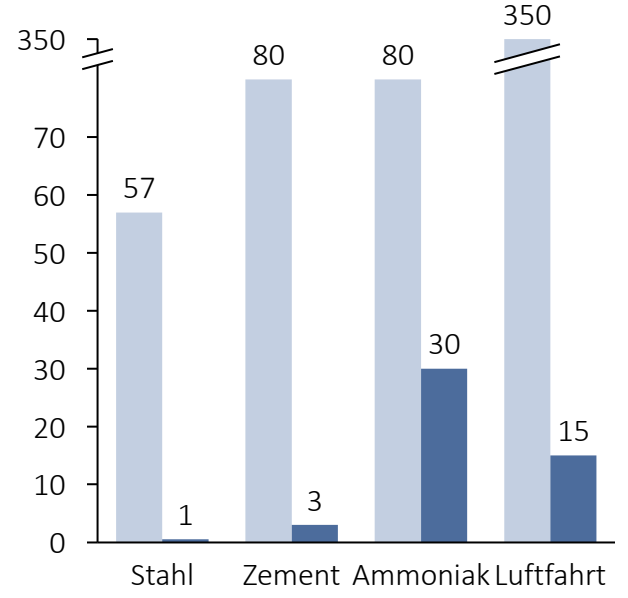


Grüner Premium

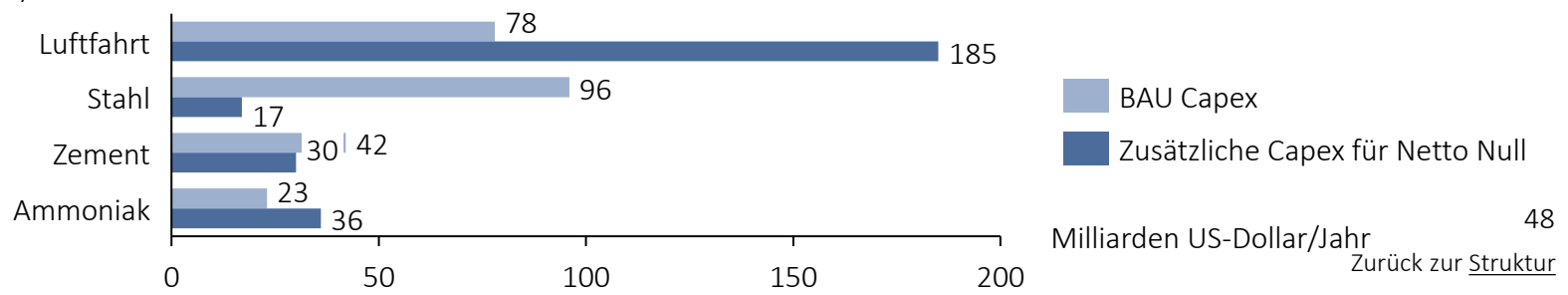
Durchschnittlicher grüner Premium für Niedrigemissionstechnologien im Vergleich zu Status Quo (in %)

B2B

B2C

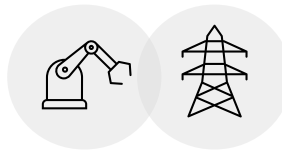


Kapital (Capex)



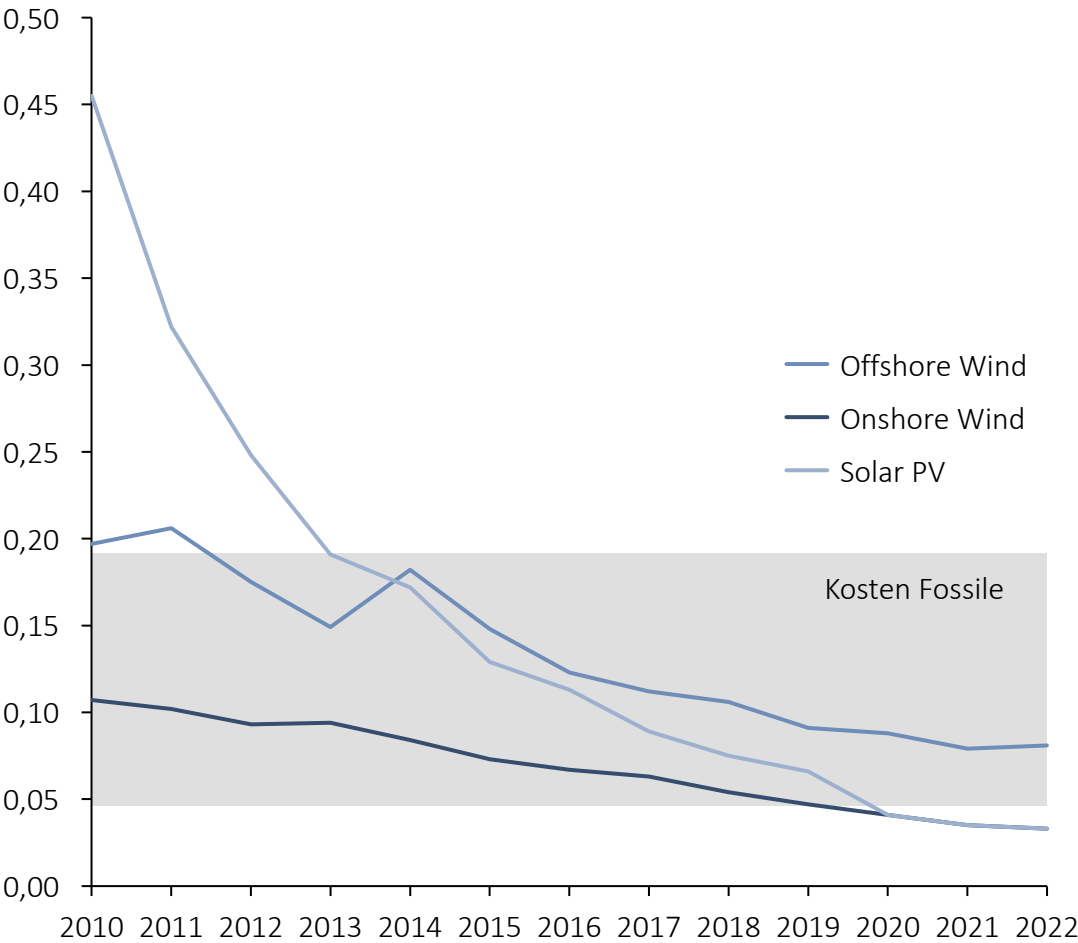


05 Bereichsübergreifend: Mögliche Kipppunkte in verschiedenen Technologien



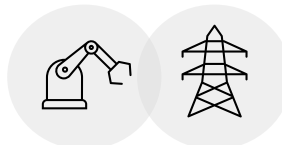
Entwicklung der Stromgestehungskosten (Levelized Cost of Energy, LCOE) für
erneuerbare Energien und Kostenbandbreite für Fossile
Quelle: IRENA (2024)

2022 US-Dollar / kWh





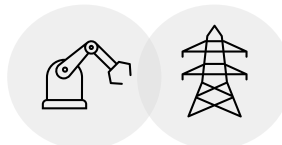
05 Bereichsübergreifend: Ziele vs. Realität



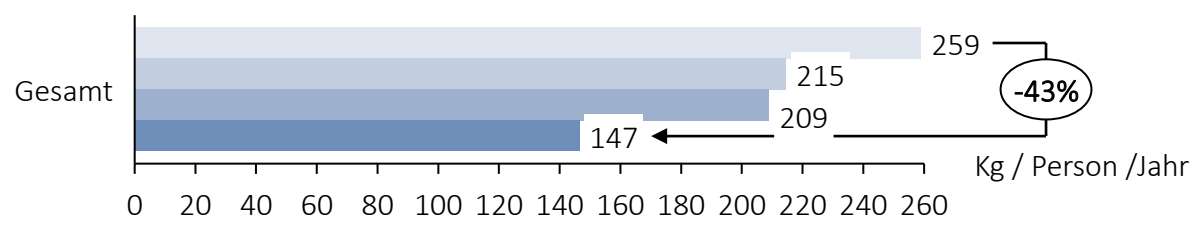
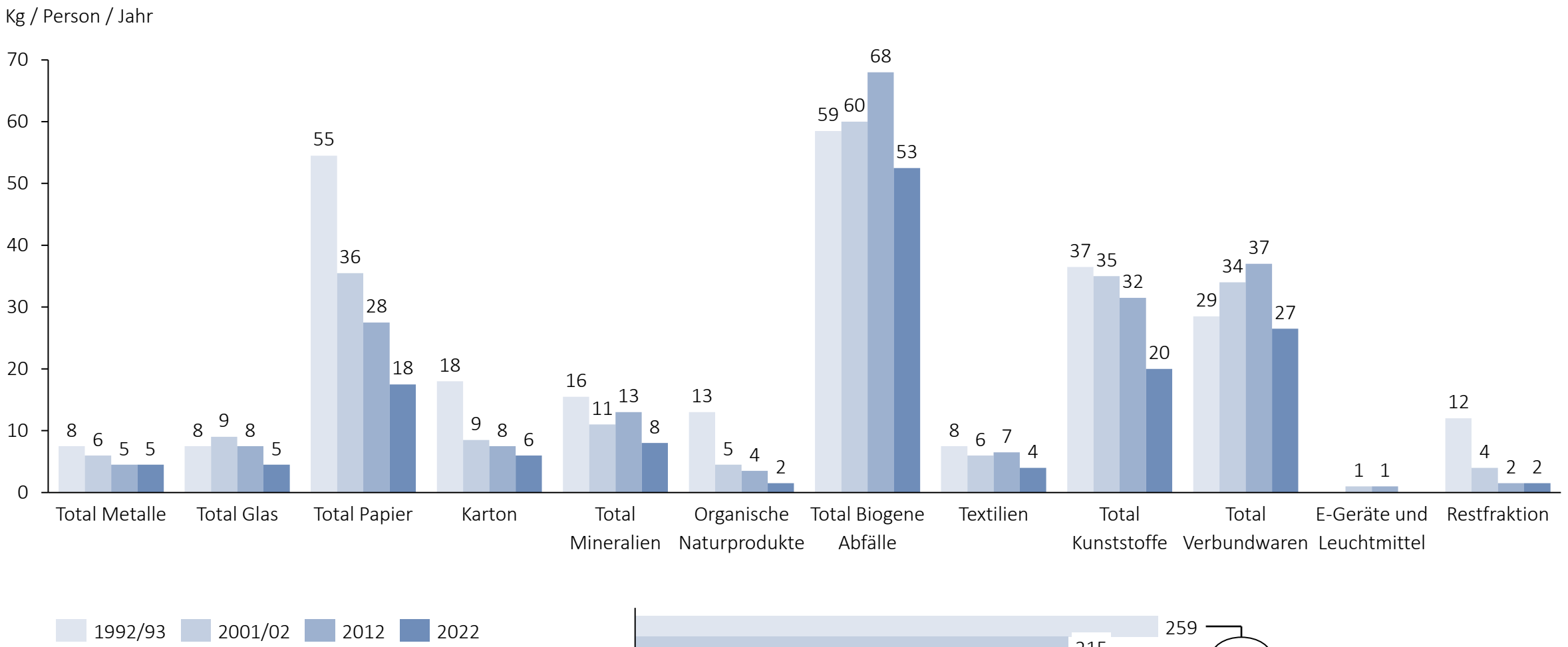
| Sektorale Massnahmen/Ziele bis 2030 | Status Quo | Ziel 2030 | Multiplikationsfaktor | Wahrscheinlichkeit einer Beschleunigung | Richtung | Fazit |
|--|------------|-----------|-----------------------|---|-------------------|-------------------|
| Erhöhe den Anteil EVs im Verkauf | 10 | 85 | 8.50 | Wahrscheinlich | Richtig | On Track |
| Erhöhe den CO2-freien Anteil in der Stromerzeugung | 39 | 89 | 2.28 | Wahrscheinlich | Richtig | Off Track |
| Senke den Anteil Kohle in der Stromerzeugung | 36 | 4 | 0.11 | Möglich | Richtig | Well Off Track |
| Reduziere die Emissionsintensität vom Gebäudebetrieb auf 13-16 kgCO2/m2 | 38 | 14 | 0.37 | Möglich | Richtig | Well Off Track |
| Senke die Emissionsintensität Zementproduktion auf 360-370 kgCO2/Tonne Zement | 660 | 360 | 0.55 | Möglich | Richtig | Well Off Track |
| Erhöhe die Produktionskapazität von grünem Wasserstoff auf 58 Mt. | 0.027 | 58 | 2148.15 | Wahrscheinlich | Richtig | Well Off Track |
| Erhöhe den Anteil an Sustainable Aviation Fuels im globalen Fuel Supply auf 13% | 0.1 | 13 | 130.00 | Wahrscheinlich | Richtig | Well Off Track |
| Reduziere die jährliche Entwaldungsrate auf 1.9 Mha/Jahr | 5.8 | 1.9 | 0.33 | Unwahrscheinlich | Richtig | Well Off Track |
| Reduziere die THG-Intensität von landwirtschaftlicher Produktion (in 1000 gCO2e/1000 kcal)um 31% relativ zu 2017 | 700 | 500 | 0.71 | Unwahrscheinlich | Richtig | Well Off Track |
| Reduziere Konsum rotes Fleisch in wohlhabenden Regionen auf 79 kcal/capita/Tag | 91 | 79 | 0.87 | Unwahrscheinlich | Richtig | Well Off Track |
| Erhöhe die jährliche Rate von Carbon Removal-Technologien auf 30–690 Mio. t CO2/Jahr | 0.57 | 300 | 526.32 | Möglich | Richtig | Well Off Track |
| Erhöhe globale Klimafinanzflüsse auf 5.2 Billionen US Dollar im Jahr | 0.85 | 5.2 | 6.12 | Unwahrscheinlich | Richtig | Well Off Track |
| Erhöhe den gewichteten CO2-Preis auf 170-290 US-Dollar/Tonne CO2e | 23 | 230 | 10.00 | Unwahrscheinlich | Richtig | Well Off Track |
| Senke Emissionsintensität von Stahlproduktion auf 1340 kgCO2/Tonne Rohstahl | 1890 | 1340 | 0.71 | Möglich | Falsch | U-Turn Needed |
| Senke den Anteil an Food Production Loss um 50% relativ zu 2016 | 13 | 6.5 | 0.50 | Unwahrscheinlich | Falsch | U-Turn Needed |
| Phase out von Subventionen für fossile Energieträger (Milliarden/Jahr) | 1100 | 0 | 0.00 | Unwahrscheinlich | Falsch | U-Turn Needed |
| Erhöhe die Sanierungsrate von Gebäuden auf 2.5-3.5%/Jahr | 1 | 3 | 3.00 | Unwahrscheinlich | Nicht genug Daten | Nicht genug Daten |
| Reduziere Food Waste per capita um 50% relativ zu 2019 (in kg/capita) | 120 | 61 | 0.51 | Unwahrscheinlich | Nicht genug Daten | Nicht genug Daten |



05 Entwicklung der Abfallmengen in der Schweiz (nur Kehricht-Abfall)



Mengenentwicklung der Abfallfraktionen in der Schweiz (nur Kehricht-Abfall)
Quelle: BAFU (2023)



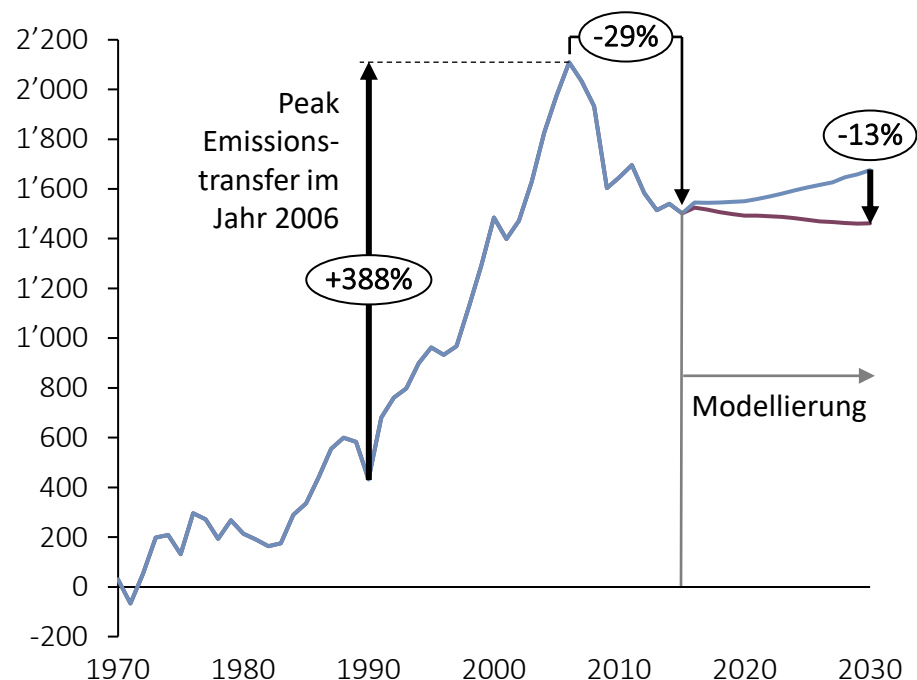


05 Emissionen und internationaler Handel



Emissionen verkörpert in internationalem Handel:
Emissionstransfer von OECD in nicht-OECD-Länder (durch OECD-Konsum von Nicht-OECD-Produktion)
Historischer Netto-Emissionstransfer durch internationalen Handel zwischen OECD und Nicht-OECD-Ländern. Quelle: Wood et al. (2020)

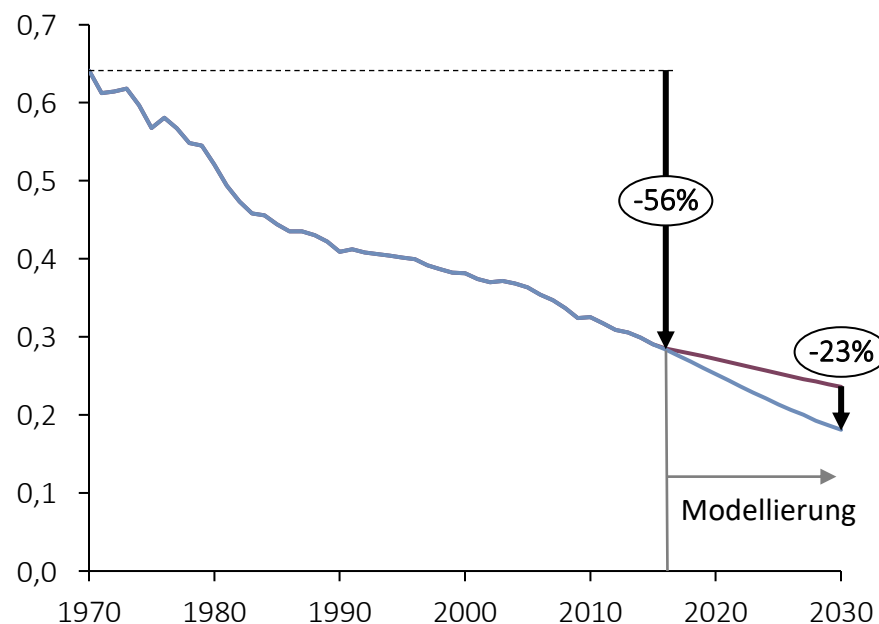
Gigatonnen CO₂



— Szenario NDCs — Historisch;
ab 2016: BAU

Emissionsintensität von Konsum in OECD-Ländern, sowie mögliche Entwicklung 2016-2030
Quelle: Wood et al. (2020)

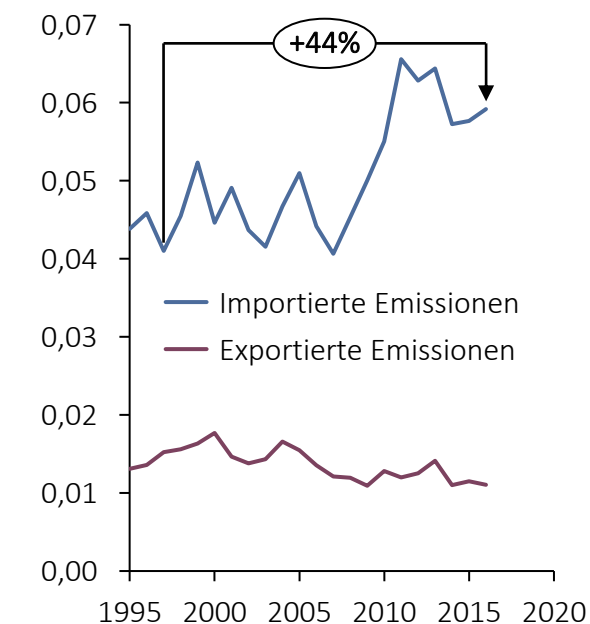
Kg CO₂/2011 US\$ PPP



— Szenario NDCs — Historisch; ab 2016: Szenario BAU

Emissionen verkörpert in internationalem Handel: Schweiz
Emissionen durch internationalen Handel zwischen Schweiz und Rest der Welt.
Quelle: Wood et al. (2020)

Gigatonnen CO₂



— Importierte Emissionen — Exportierte Emissionen



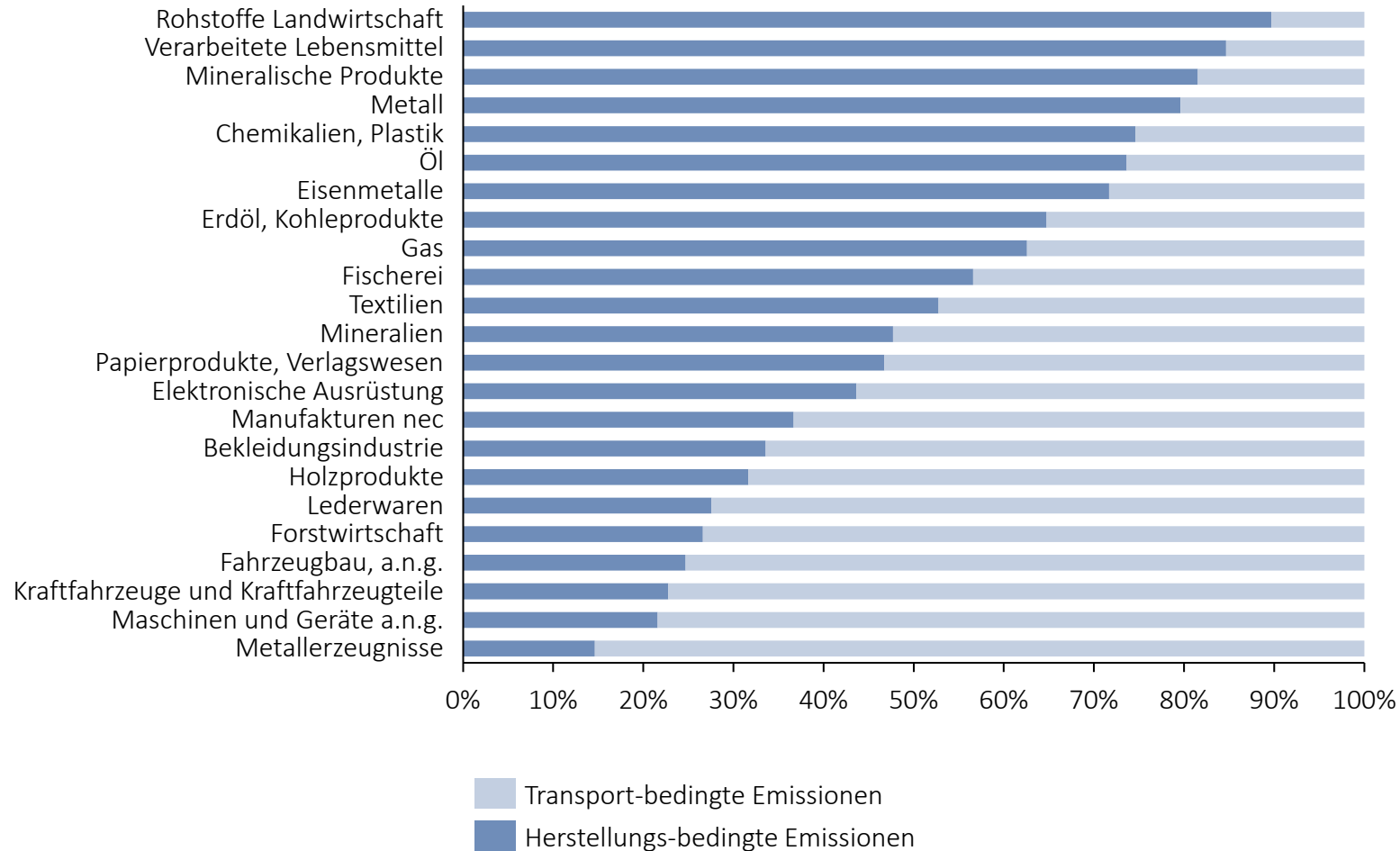
05 Klima- und Umweltpolitik beeinflusst Handelsströme



Der Anteil der transportbedingten Emissionen im Import und Export von Waren ist in den einzelnen Sektoren sehr unterschiedlich

Bilaterale Handelsströme für das Jahr 2017 aus dem Global Trade Analysis Project (GTAP). Änderung Emissionsintensität Transport 2004-2017 nicht berücksichtigt.

Quelle: WTO (2021).





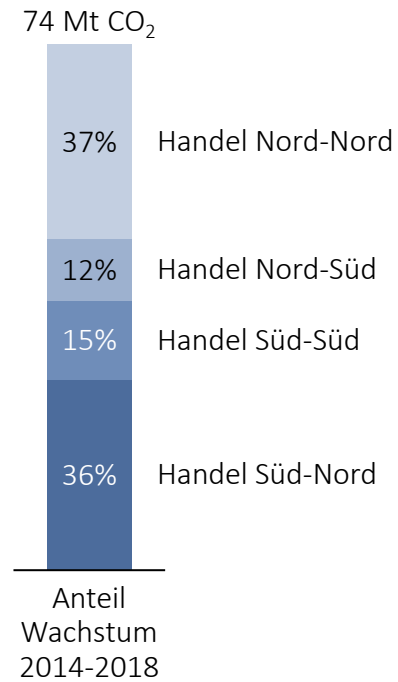
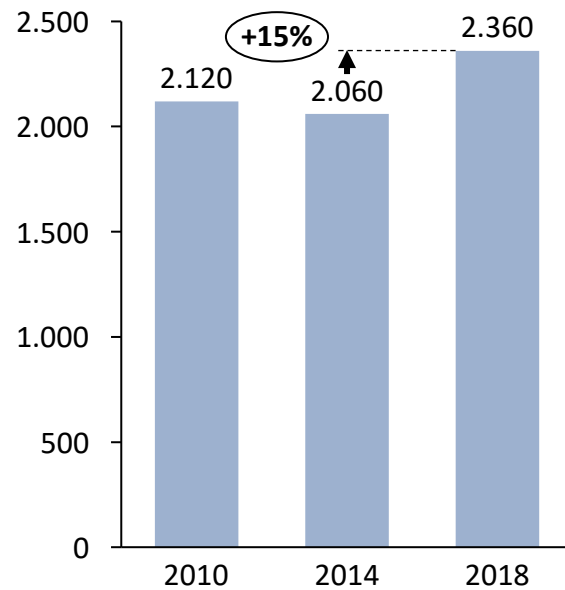
05 Klima- und Umweltpolitik beeinflusst Handelsströme



Die Entwicklung der im Dienstleistungshandel enthaltenen Emissionen von 2010 bis 2018,
sowie Anteil regionaler Handelsmuster

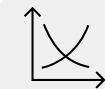
Quelle: Huo et al. (2021).

Millionen Tonnen CO₂-Emissionen

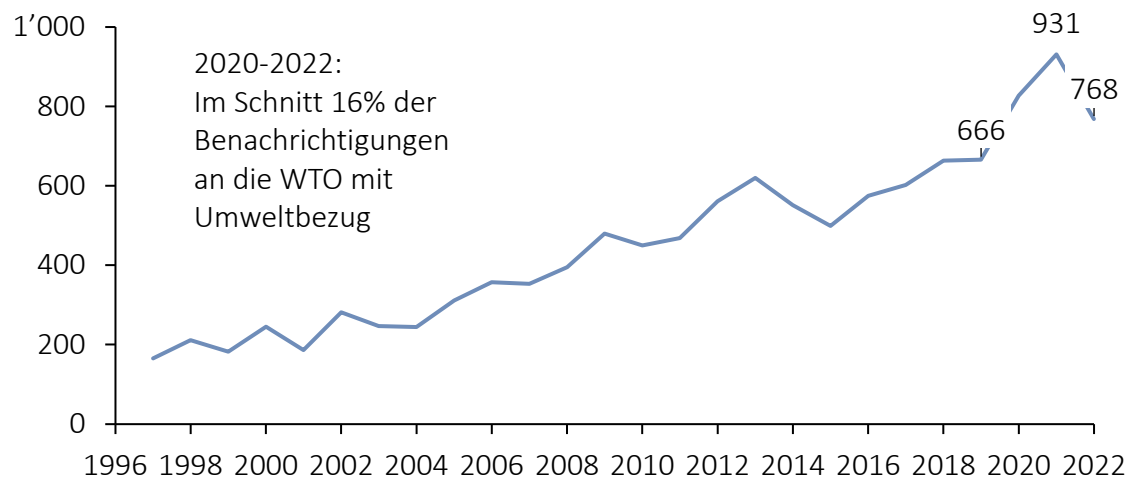




05 Klima- und Umweltpolitik beeinflusst Handelsströme



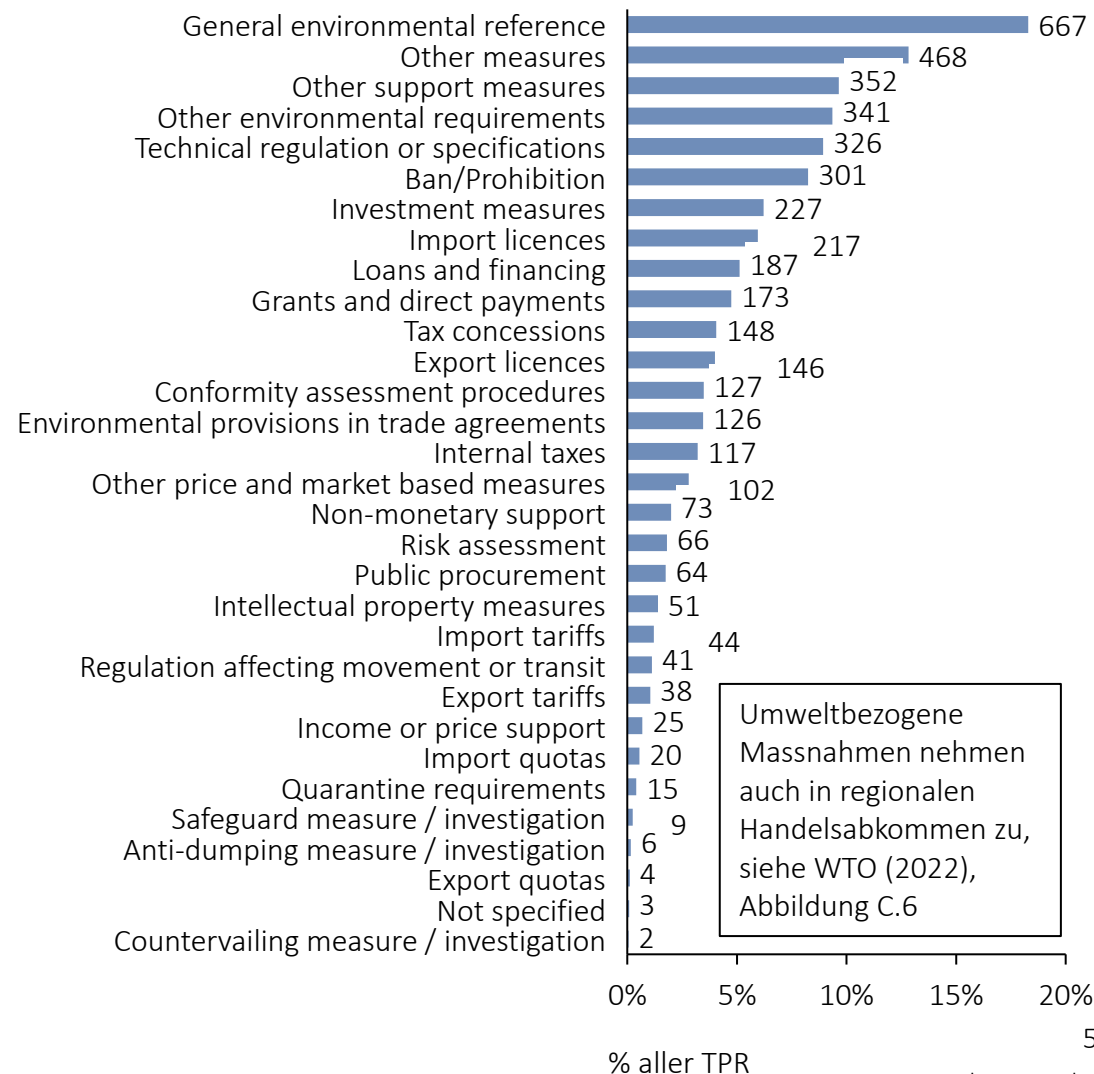
Anzahl umweltbezogener Benachrichtigungen («notifications») an die WTO pro Jahr



Aktuelle Beispiele von Policies mit (potentiellen) Auswirkungen auf Handelsströme

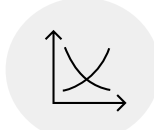
- Global: Climate Club der G7 zur Koordinierung von Klimapolitiken; Sicherheitspolitik mit Auswirkungen auf klimarelevante Handelsströme (im Zuge des Ukraine-Kriegs)
- EU: Zölle in Höhe von 17.4-37.6 % auf Importe chinesischer E-Autos (allerdings ohne Wirkung auf Schweiz, Stand Juli 2024), Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) mit Preis auf importierte Industriegüter
- USA: Anforderungen an lokale Produktion im Inflation Reduction Act (z.B., final assembly muss in USA passieren).
- Schweiz: XY

Umweltbezogene Trade Policy Reviews (TPR) nach Massnahmentyp, 2020-2022



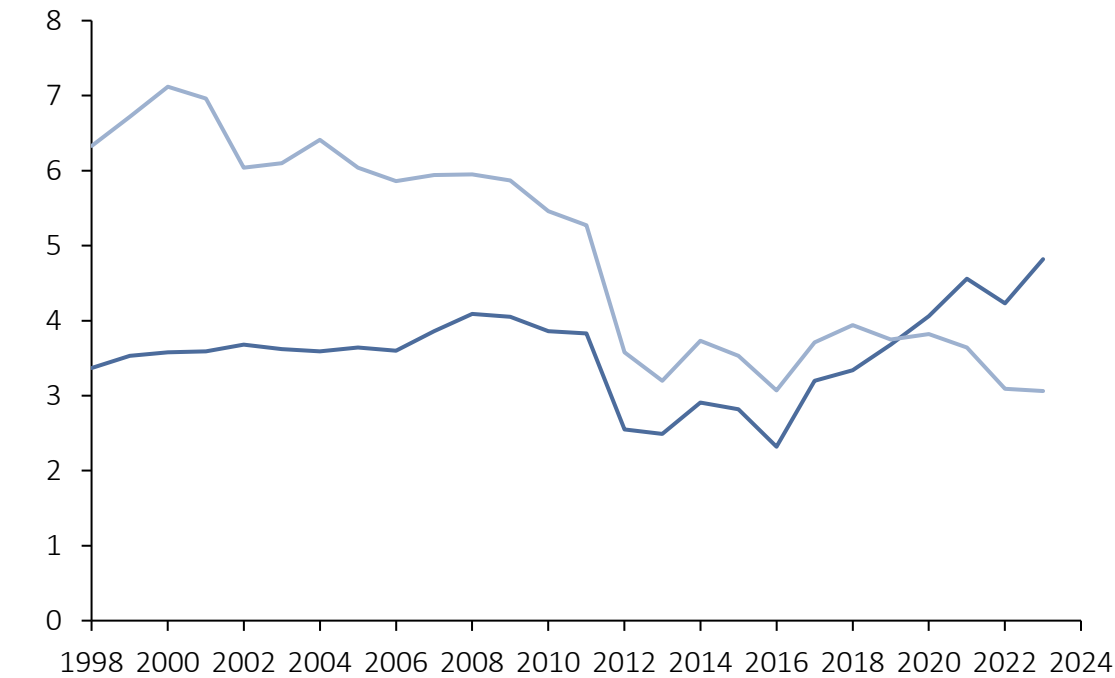


05 Die Schweiz ist auf Handel mit emissionsarmen Technologien angewiesen



Schweizer Importe und Exporte von emissionsarmen Technologien, 1998-2024

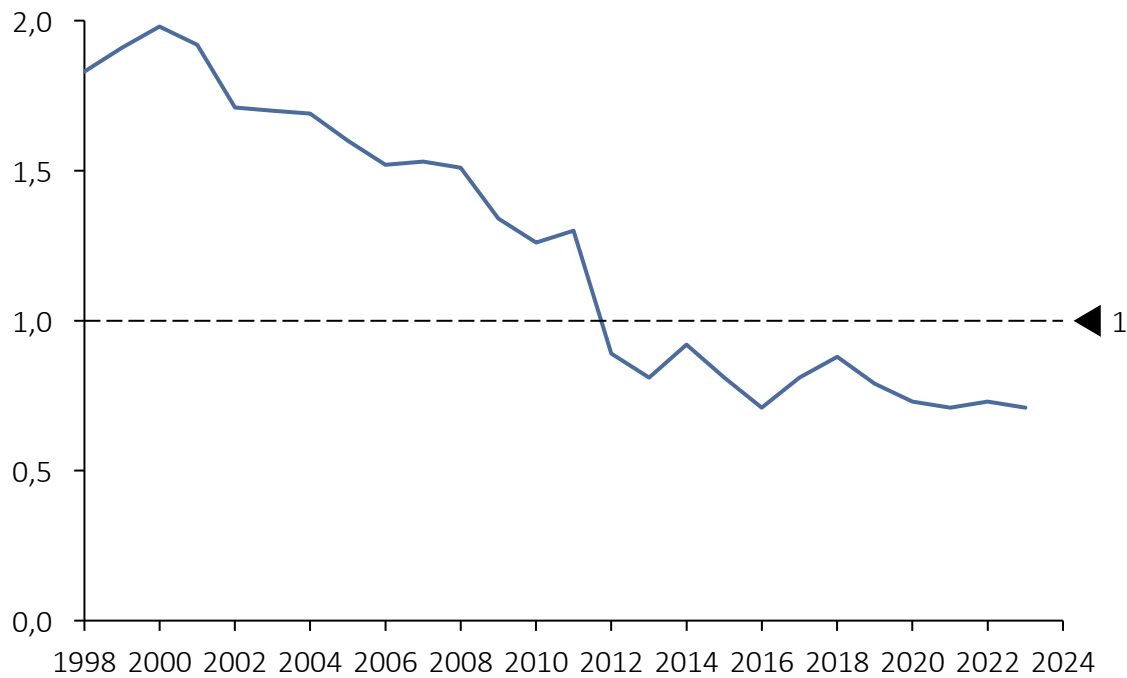
% am
Gesamthandel



- Anteil Export von emissionsarmen Technologien am Gesamtexport
- Anteil Import von emissionsarmen Technologien am Gesamtimport

Schweizer komparativer Vorteil in emissionsarmen Technologien, 1998-2024

Index



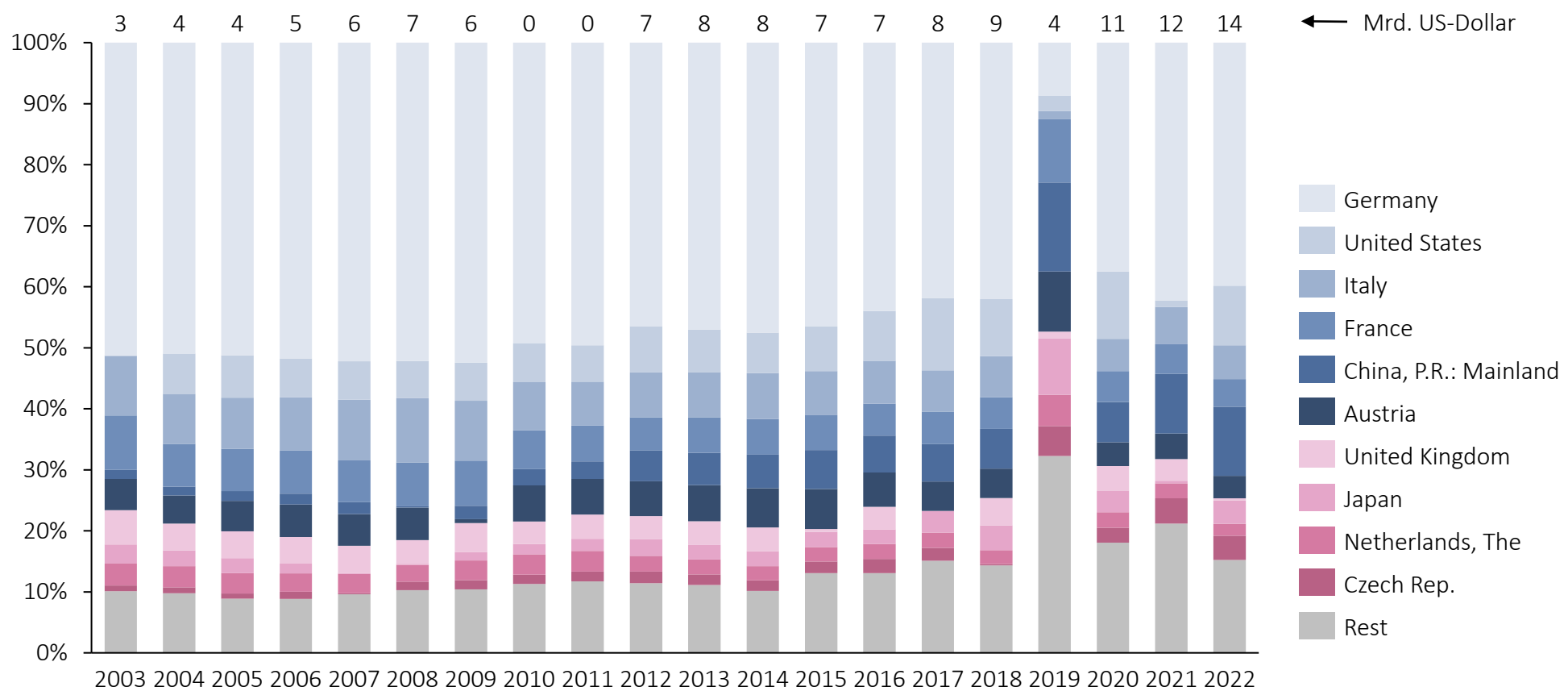
- Index
- Ein Wert > 1 weist auf einen relativen Vorteil beim Export emissionsarmer Technologien hin
- Ein Wert < 1 weist auf auf einen relativen Nachteil hin



05 Die Schweiz ist auf Handel mit emissionsarmen Technologien angewiesen



Herkunftsländer der Schweizer Importe von emissionsarmen Technologien, 2003-2022

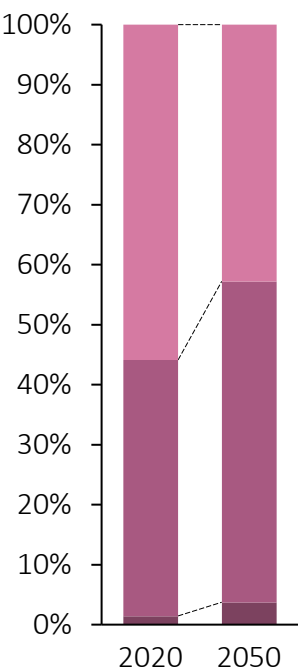




05 Mögliche zukünftige Verschiebungen im globalen Handel

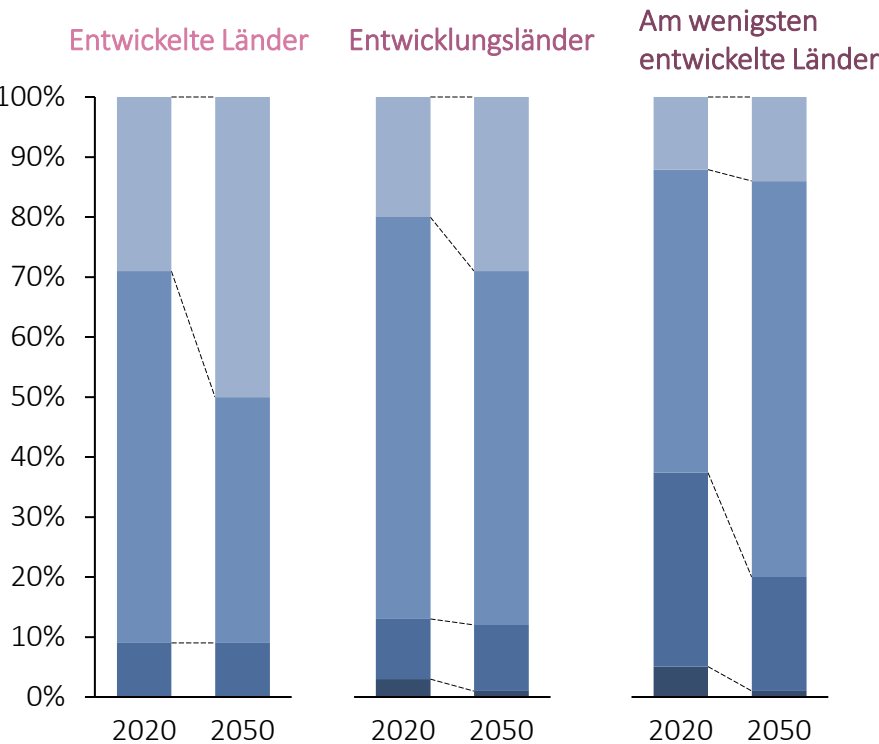


Mögliche geographische Verschiebungen 2020-2050
In % Anteil am Handelswert



- Entwickelte Länder
- Entwicklungsländer
- Am wenigsten entwickelte Länder

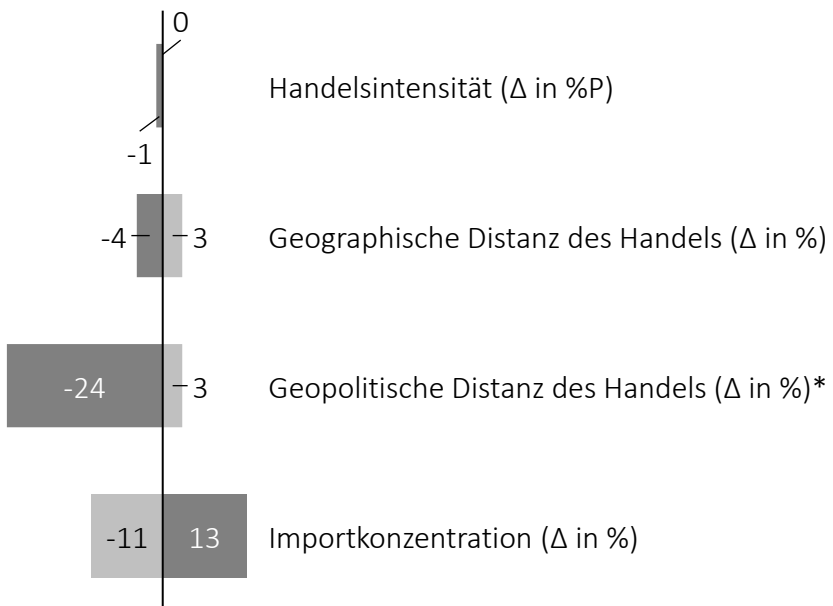
Mögliche sektorale Verschiebungen 2020-2050
In % Anteil am Handelswert



- Services
- Industrie
- Bergbau
- Landwirtschaft

Quelle: Bekkers et al. (2023)

Mögliche Verschiebungen zwischen Handelspartnern 2022-2035
Szenarien Fragmentierung vs. Diversifizierung, Global



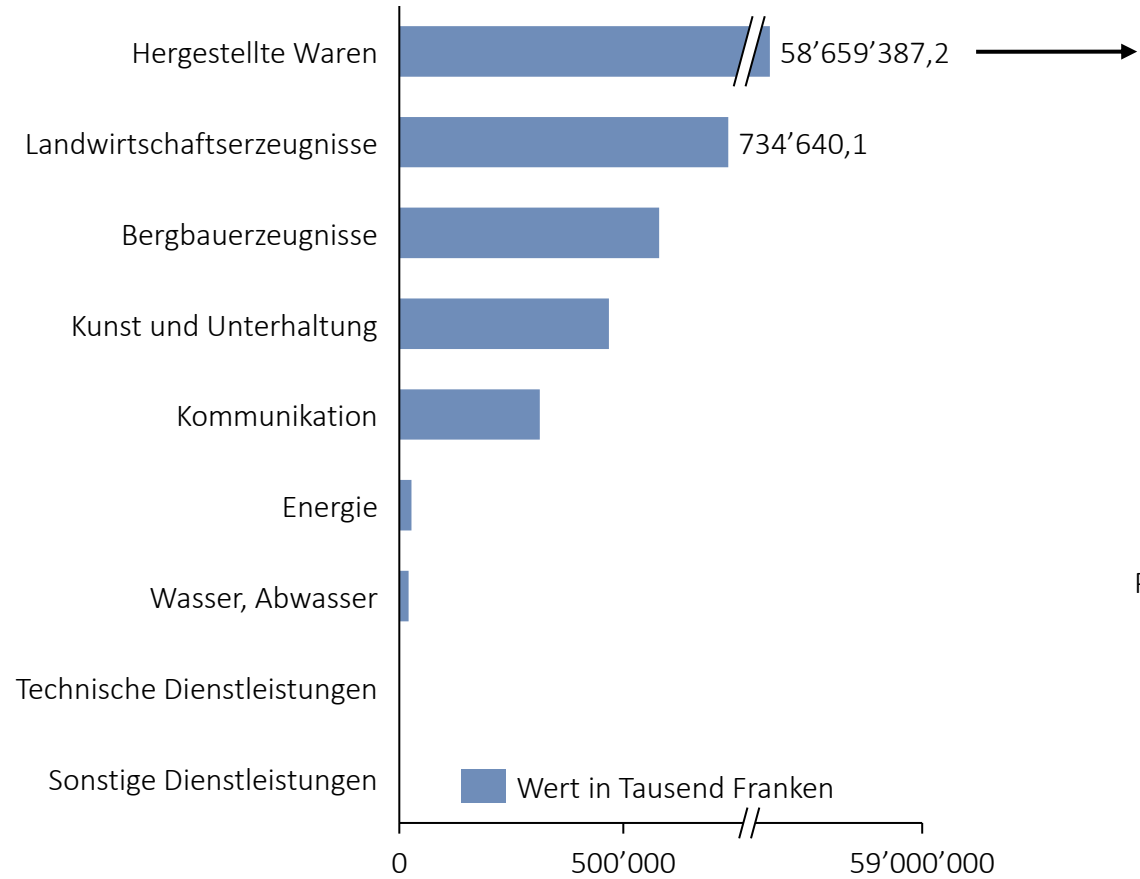
- Fragmentierung
 - Diversifizierung
- Quelle: McKinsey (2024)

*Gemessen durch Wahlverhalten in UNO

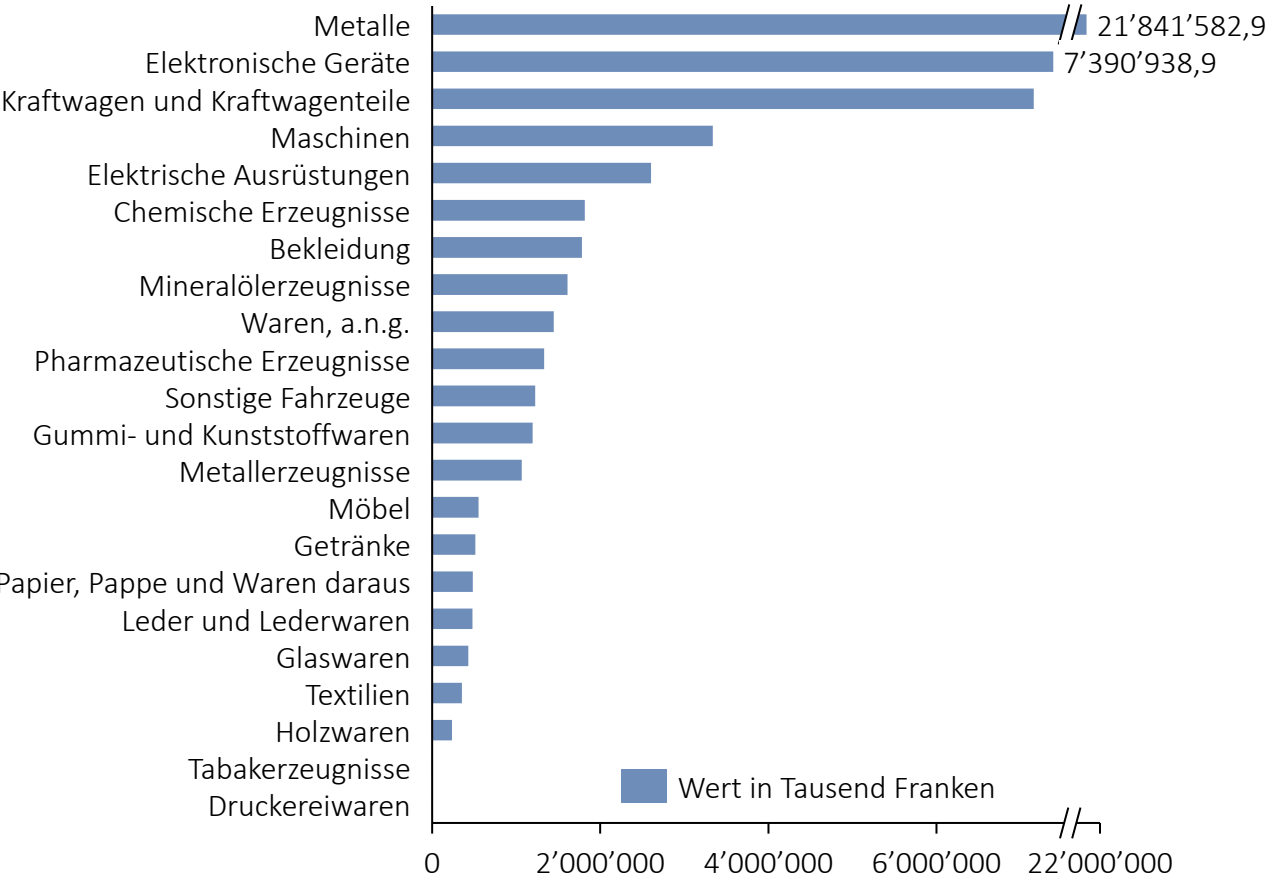
05 Importe in den Kanton Zürich nach Warengruppen



Importe in den Kanton Zürich nach Warengruppen im Jahr 2023
Aufschlüsselung nach Herkunftsländern nur für Schweiz möglich

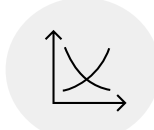


Importe in den Kanton Zürich in der Kategorie «Hergestellte Waren» im Jahr 2023

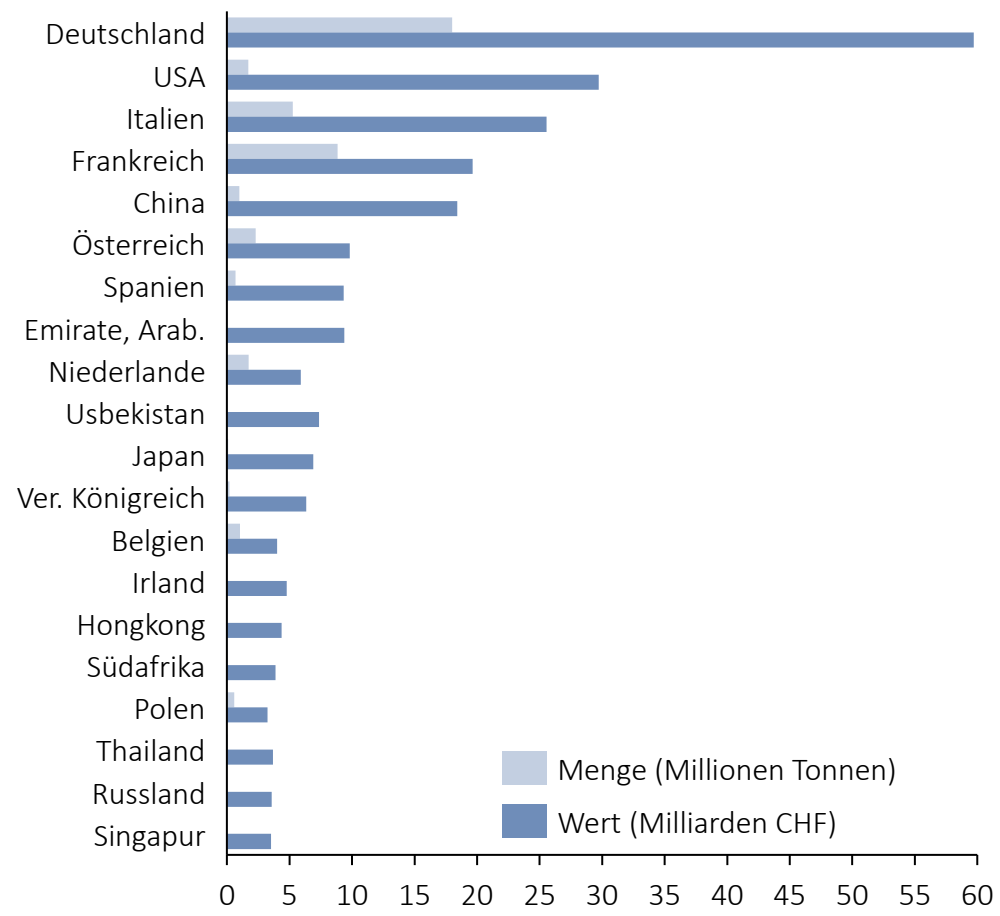




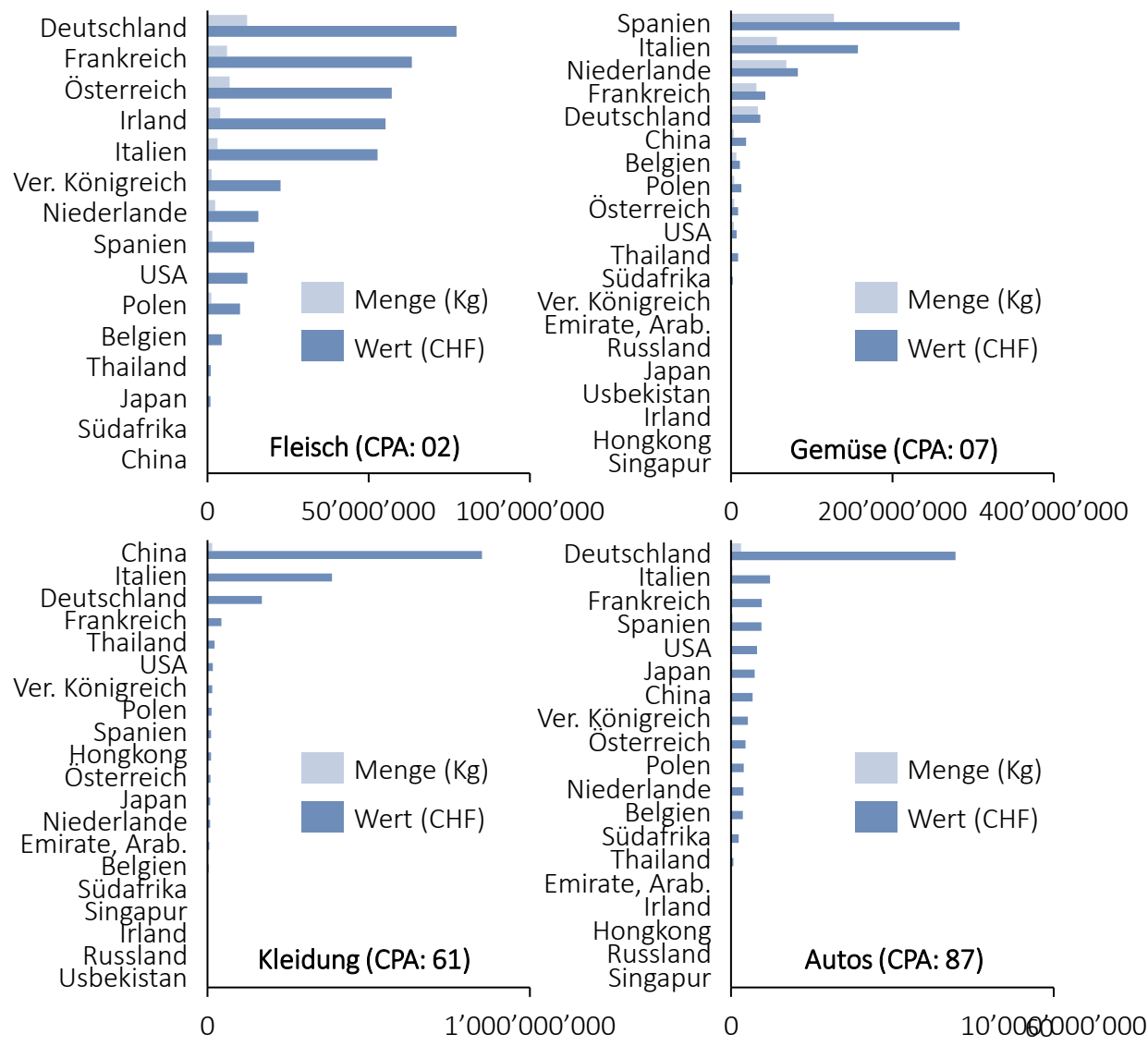
05 Importe in die Schweiz nach Herkunftsländern und ausgewählten Warengruppen



Gesamtimporte in die Schweiz nach den 20 grössten Herkunftsländern im Jahr 2023

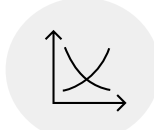


Hauptherkunftsländer für ausgewählte Warengruppen im Jahr 2023, nach CPA-Kategorien

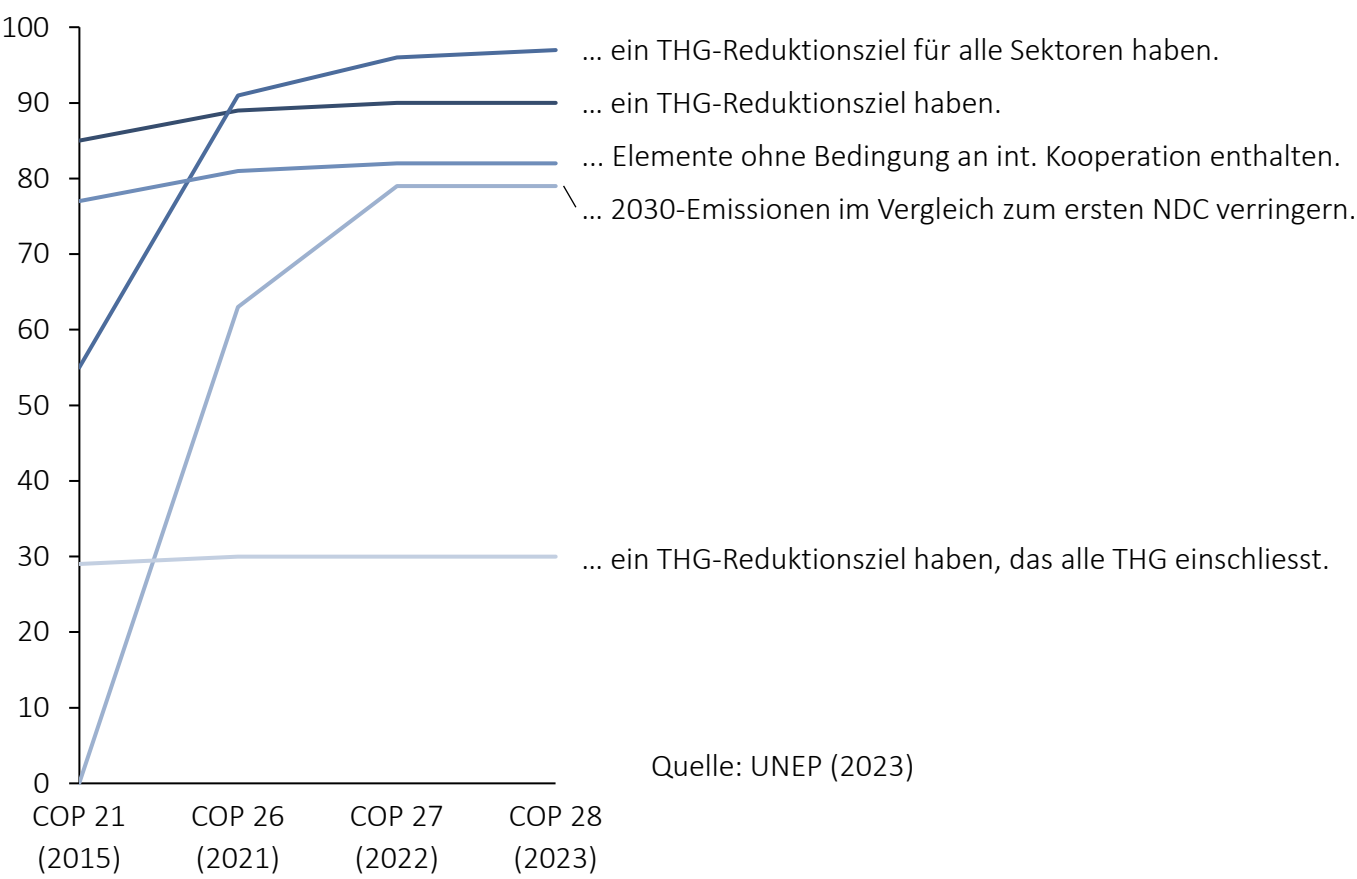




05 Trends in globalen Nationally Determined Contributions (NDCs) & Netto-Null-Zielen



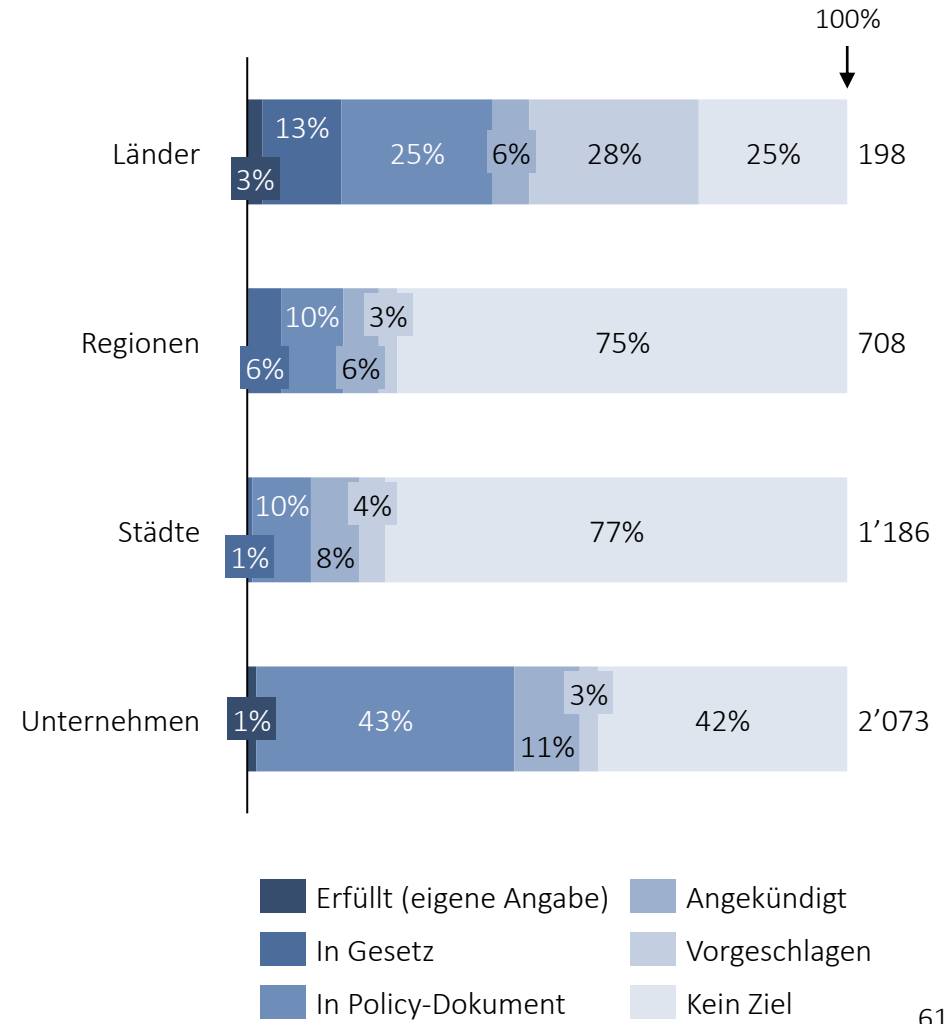
Anteil der globalen THG-Emissionen abgedeckt durch NDCs, welche...



Quelle: UNEP (2023)

Netto-Null-Ziele verschiedener Akteure, Stand Juli 2024

Quelle: Net Zero Tracker (2024)

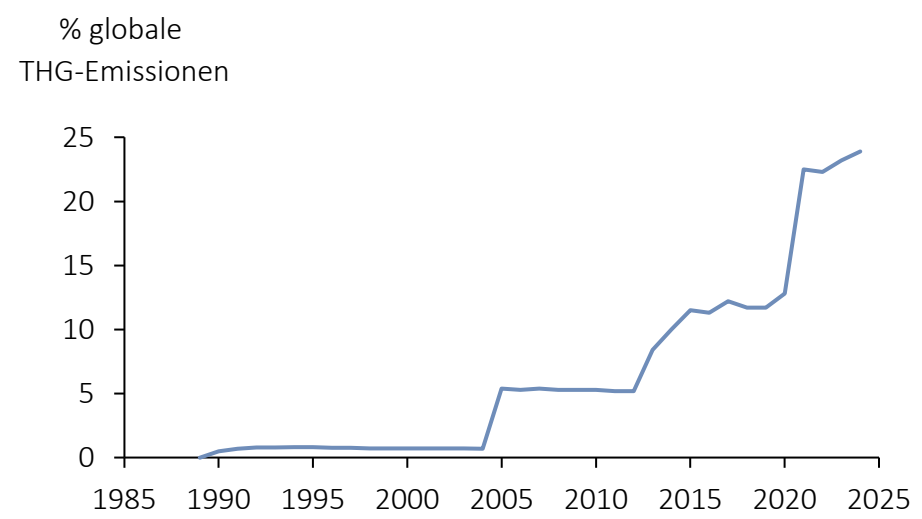




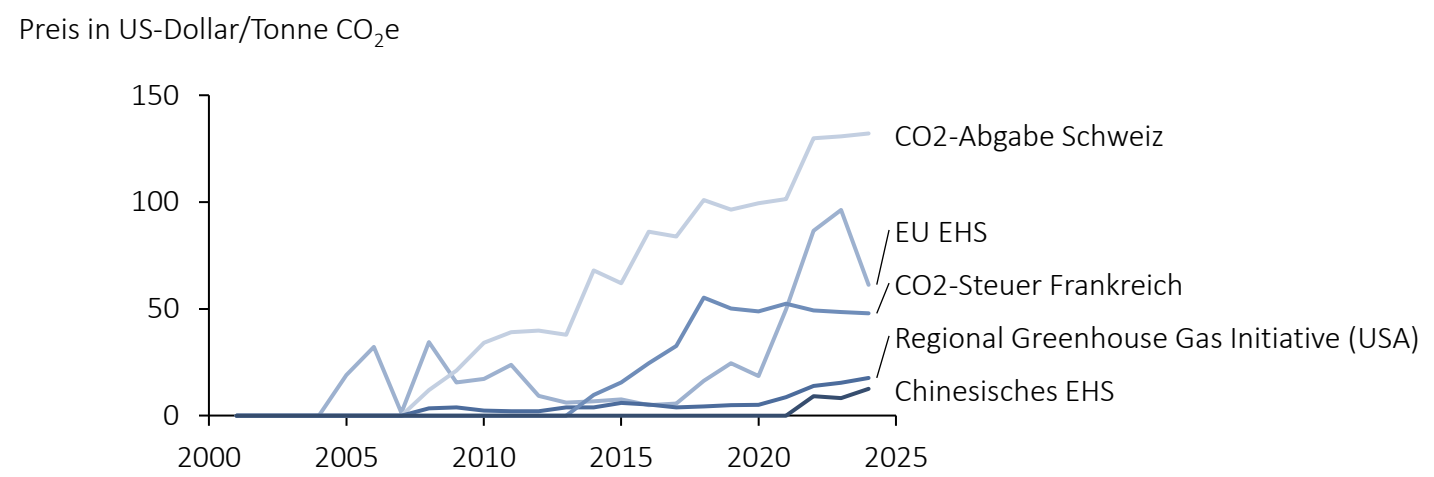
05 Trends in klimapolitischen Massnahmen



Anteil der globalen Treibhausgasemissionen, die im Laufe der Zeit durch ETS oder CO₂-Steuern abgedeckt werden



Preistrends für ausgewählte Instrumente 2000-2024

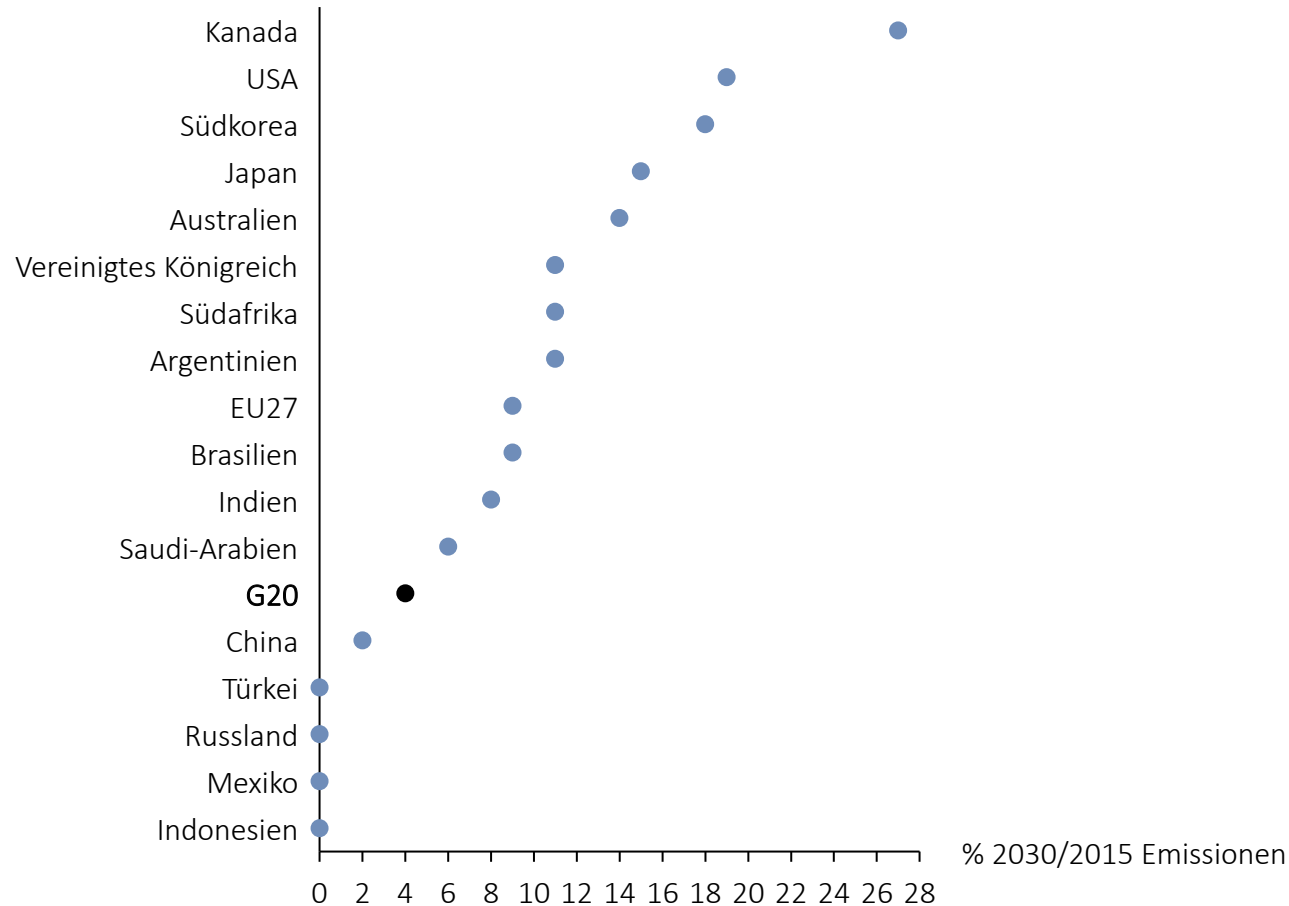




05 Ambitionierte Ziele vs. implementierte Massnahmen: Die «Implementation Gap»



Implementation gap in % zwischen aktuell umgesetzten Policies und NDC-Zielen der G20-Länder bis 2030 (relativ zu 2015 Emissionen), Stand Mitte 2023

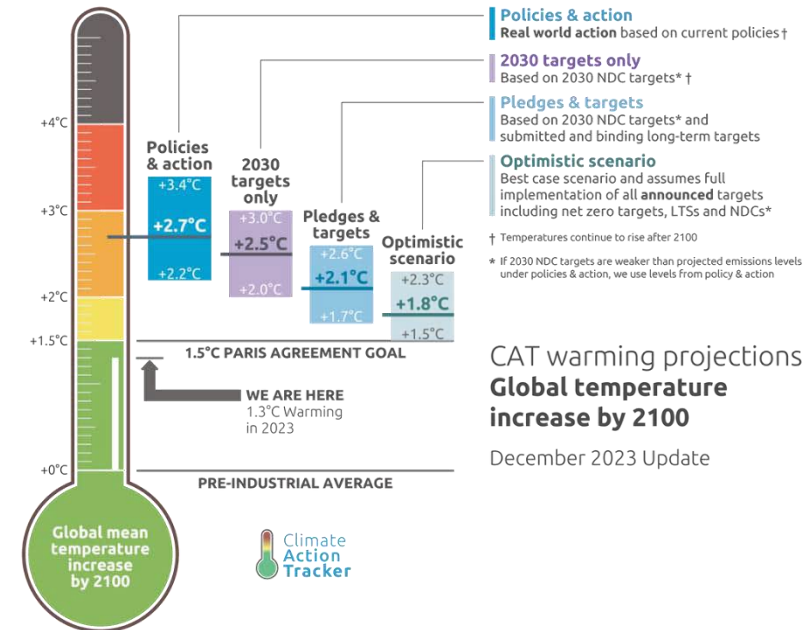


Quelle: UNEP (2023)

INFRAS

Quelle: CAT (2024); UNEP (2023)

Einschätzung über Klimawirkung des Implementation Gaps durch den Climate Action Tracker (CAT), Stand Ende 2023





05 Ziele vs. Massnahmen: Aktuelle gesetzgeberische Entwicklungen (international)



Verkehr

- Autos und Batterien
 - Schrittweise Verschärfung der CO2 Emissionsstandards für neue Fahrzeuge (EU), was zu einem effektiven Verbot für neue ICEVs und PHEVs bis 2035
 - ETS II für Kraftstoffe (ab 2027)
 - EU Battery Regulation
- Flugverkehr
 - ReFuelEU: Verordnung der EU regelt Beimischpflicht von SAF: ab 2025: 2% SAF-Beimischquote in EU Flughäfen. Ab 2030: 1.2% Synthetic aviation fuels in EU airports. Bis 2050: 70% SAF-Beimischquote in EU Flughäfen, 35% Synthetic aviation fuels in EU airports
 - CORSIA Emissionsgrenzwerte (verpflichtende Offsets ab 2027)
 - EU Energy Taxation Directive (Steuern auf Kerosin)
 - Clean Aviation Joint Undertaking (CAJU)
 - SAF Grand Challenge



Gebäude

- Stahl
 - EU Clean Steel Partnership (CSP): 1.7 Milliarden Euro, um TRL-Level von 8 bis 2030 zu erreichen.
 - EU-Funding für Wasserstoff-basierte DRI-Stahlproduktion in Europa (2 Milliarden)
 - Global Arrangement on Sustainable Steel and Aluminium (GASSA) zwischen USA und EU
 - COP 27: Kaufvereinbarungen für grünen Stahl im «Steel breakthrough», s.a. IDDI, FMC, SteelZero
 - GSA Stahl-Standards in den USA
 - Deutschland: Carbon Contracts for Difference (CCfd), oder Klimaschutzverträge
- Zement
 - EU Innovations-Fund: 800 Millionen Euro für 6 Zement-CCUS-Projekte in der EU, Funding für «CCUS Hubs»
 - Policies für «grüne» Beschaffung von Zementprodukten in Deutschland, Niederlande, Schweden
 - Obergrenzen für graue Emissionen in den Niederlanden, Schweden, Frankreich, Deutschland



Ernährung

- EU Common Agricultural Policy: Anreize und Subventionen, Ziele z.B. Auch für reduzierten Ammoniakverbrauch
- EU Farm to Fork Strategy
- EU Integrated Nutrient Management Action Plan
- Wasserstoffstrategien und Subventionen in EU/DE/USA, relevant für Dekarbonisierung von Stickstoffdünger



Konsum

- EU: Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD) und Reporting Directive (CSRD)
- EU: Green claims directive, Empowering consumers for the green transition Directive; Waste Framework Directive
- EU right to repair
- EU Circular Economy Action Plan
- EU-Ökodesign-Richtlinie
- Textilien
 - EU: Strategy for sustainable textiles
- Elektronikgeräte, IKT
 - EU Green Digital Declaration
 - EU AI Act
 - EU Energieeffizienz-Direktive

Bereichsübergreifend

- EU-Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM): Start im Oktober 2023, setzt einen Preis auf importierte Industriegüter und wird mit dem Phase-Out der freien Allokationen im EU EHS verknüpft
- EU Net Zero Industry Act: Ziele für EU-Produktion von emissionsarmen Technologien wie CCS, Elektrolyseure, etc. (Ziel: 40% der inländischen Nachfrage durch EU-Produktion gedeckt bis 2030)
- EU EHS: Anreize für saubere Stahlproduktion, aber bislang ohne grössere Lenkungsfunction aufgrund von freier Allokation von Zertifikaten (vor allem für Stahl etc.) und niedrigen Preisen.
- EU Critical Raw Materials Act
- US Inflation Reduction Act (IRA): Massive Steuererleichterungen und sonstige Fördermittel für emissionsarme Technologien (Wasserstoff, Batterien, Erneuerbare, CCS, NET, etc.)
- Climate Club: Gegründet 2022 von den G7-Ländern, mit verschiedenen Schwerpunkten u.a. für Dekarbonisierung Stahl etc.
- Europäische und amerikanische Handelspolitik: Restriktionen und/oder Zölle auf Importe von emissionsarmen Technologien, besonders auf China. Beispiel: Zölle auf EVs aus China in EU, USA.



05 Ziele vs. Massnahmen: Aktuelle gesetzgeberische Entwicklungen (national, kantonal)



Verkehr

- Besteuerung: Kraftfahrzeug, Fahrzeugzulassung, Mineralölsteuer, Autobahngebühr (Vignette), Schwerverkehrsabgabe
- Entschädigungspflicht für Kraftstoffimporteure
- Normen: CO₂-Emissionsvorschriften für leichte Fahrzeuge, Flugzeuge
- Pflicht zur Beimischung von nachhaltigem Flugbenzin: Anschluss an europäisch harmonisierte Beimischungspflicht via Luftverkehrsabkommen
- Förderung Einsatz innovativer Technologien zur Reduktion Klimawirkung des Luftverkehrs: Fördermittel 150 Mio bis 2030 im CO₂-Gesetz; Zweckbindung EHS in Revision CO₂-Gesetz; Sanktionsgelder bezgl. Beimischungspflicht für Markthochlauf
- Raumplanung (Agglo-Politik, kantonal, kommunal)
- Infrastrukturausgaben Schiene, Straße (NAF, SFSV)
- Radweggesetz (und kantonale Umsetzung)



Gebäude

- Gesetz Kreislaufwirtschaft Schweiz
- Minergie Grenzwert für graue Emissionen (lockerer, strengerer Grenzwert)
- Nationales und kantonales Energiegesetz (Indirekte Emissionen aber kein wirkliches Thema)
- Grenzwerte für indirekte Emissionen werden aktuell diskutiert in versch. Kantonen
- Steuernachlässe für Energieeffizienz, Sanierungen
- Subventionen durch Gebäudeprogramm (Kanton & Bund)
- KIG: Fördermittel für Gebäudeprogramm (Öl-, Gasersatz, MFH)
- Programm EnergieSchweiz
- Hohe Ausnutzungsmöglichkeiten der BZO machen Ersatzneubauten attraktiv (Rendite)



Ernährung

- Zielvereinbarungen (z.B. über Lebensmittelabfälle)
- Handelsvereinbarungen und Zölle
- Reduktionspfad für den Stickstoff- und Phosphoreinsatz
- Waldgesetz (Verbot des Kahlschlags usw.)
- Direkte Subventionen für Landwirte (und Förderkriterien, Nachweis der ökologischen Leistung)
- F&E-Ausgaben (z. B. für die Reduzierung von Stickstoff und Phosphor)
- Finanzielle Unterstützung für die Förderung der Milch-/Fleischwirtschaft
- Befreiung von der Mineralölsteuer für die Landwirtschaft und der sonstigen Mehrwertsteuer
- Klimastrategie für die Landwirtschaft 2050
- Ernährungsstrategie 2017-2024



Konsum

- Zielvereinbarungen mit Unternehmen zu verschiedenen Themen (z.B. Lebensmittelabfälle)
- Ökologische Konditionalität in präferenziellen Handelsabkommen (EFTA)
- Verordnung über die Rücknahme/Entsorgung von elektronischen Geräten
- Gebühren auf Abfälle, Abwasserbehandlung
- Entsorgungsgebühr auf Batterien, andere Produkte; nationale Regelung Separatsammlung
- Verbot von Produkten (z.B. Glühbirnen)
- F&E-Finanzierung für Ansätze der Kreislaufwirtschaft
- Strategie zur Kreislaufwirtschaft
- Produktkennzeichnung (z. B. Energieetiketten, die jedoch selten die verkörpert Emissionen umfassen)
- Grüne Standards für das öffentliche Beschaffungswesen
- EU: Einführung eines EU-Energielabels für Smartphones und Tablets mit Reparierbarkeits-Index (ab 2025).
- Holzhandelsverordnung
- Aktionsplan Grüne Wirtschaft

Bereichsübergreifend

- Schweizer EHS und CO₂-Abgabe
- Klima- und Innovationsgesetz (KIG): Finanzierung (200 Mio./Jahr), Förderung für kohlenstoffarmen Stahl, Zement, etc.
- CO₂-Gesetz
- NET und CCS-Pfade
- Nationales Umweltschutzgesetz
- Ausstehendes Stromabkommen CH-EU
- Lieferkettengesetz (LkGS)



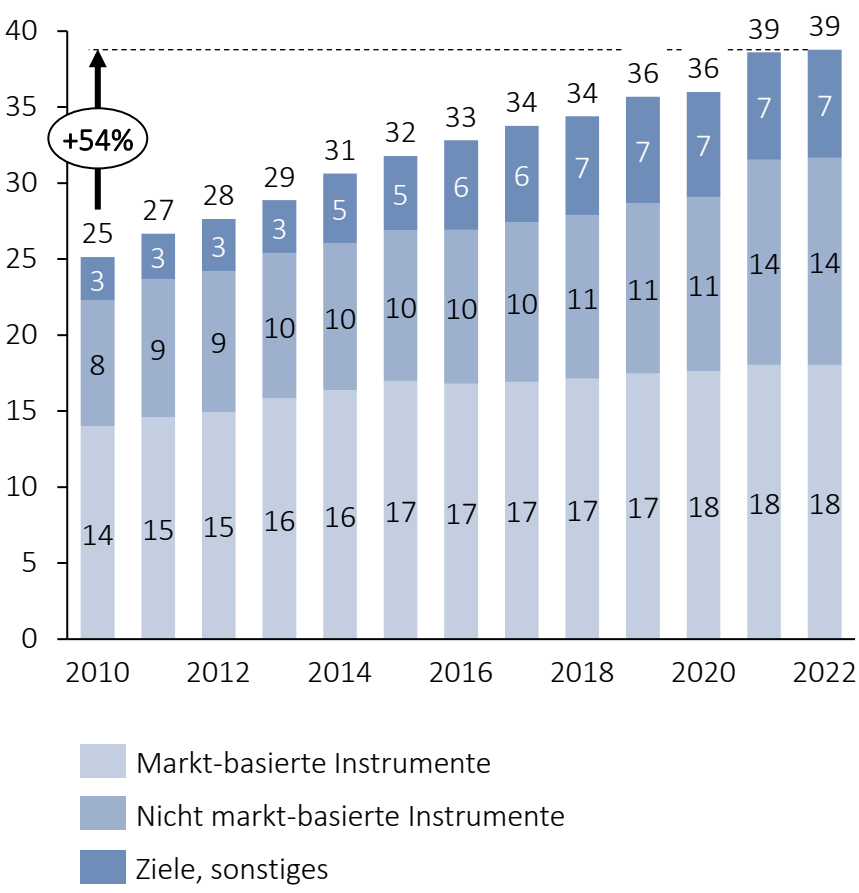
05 Policy: Umgesetzte Klimapolitiken in den OECD-Ländern und der Schweiz



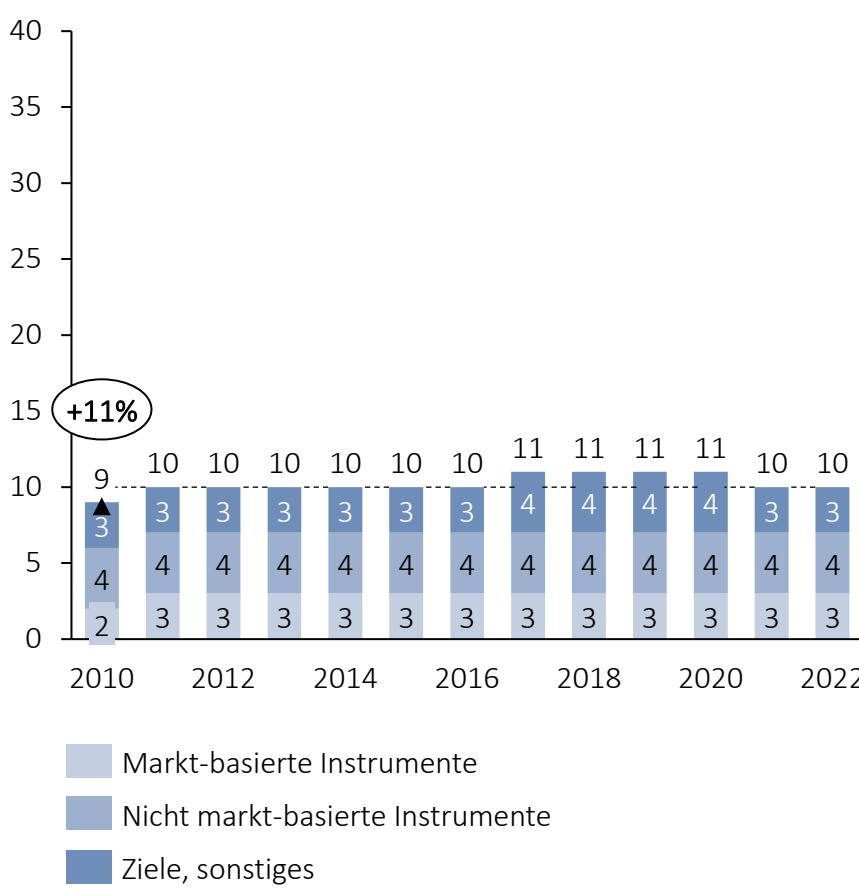
Durchschnitt Anzahl umgesetzter Klimapolitiken in den OECD-Ländern 2010-2022
Quelle: Nachtigall et al. (2024), OECD Climate Dashboard.

Anzahl umgesetzter Klimapolitiken in der Schweiz 2010-2022 und Zielsektoren dieser Politiken 2010 vs. 2022
Quelle: Nachtigall et al. (2024), OECD Climate Dashboard (2024).

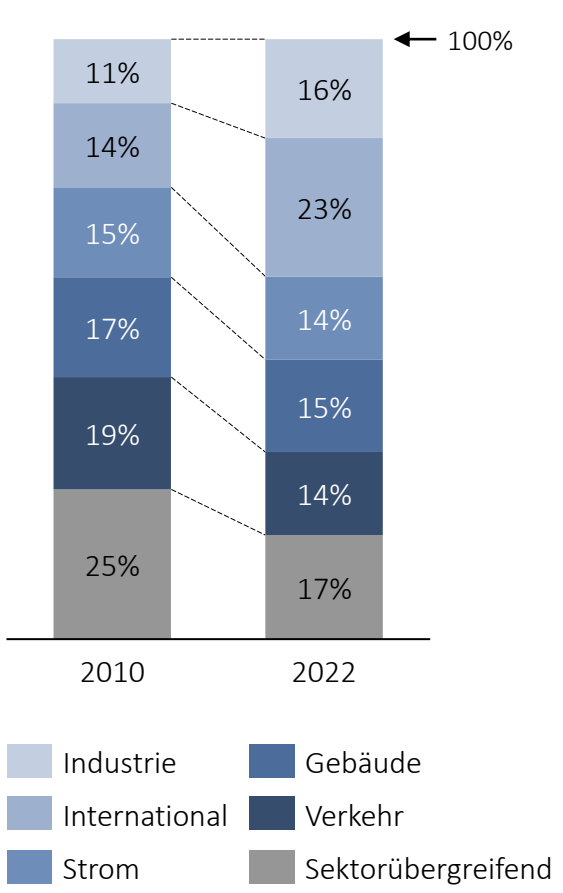
Durchschnitt Anzahl Policies OECD-Länder



Anzahl Policies Schweiz



Sektoraler Fokus Schweizer Policies





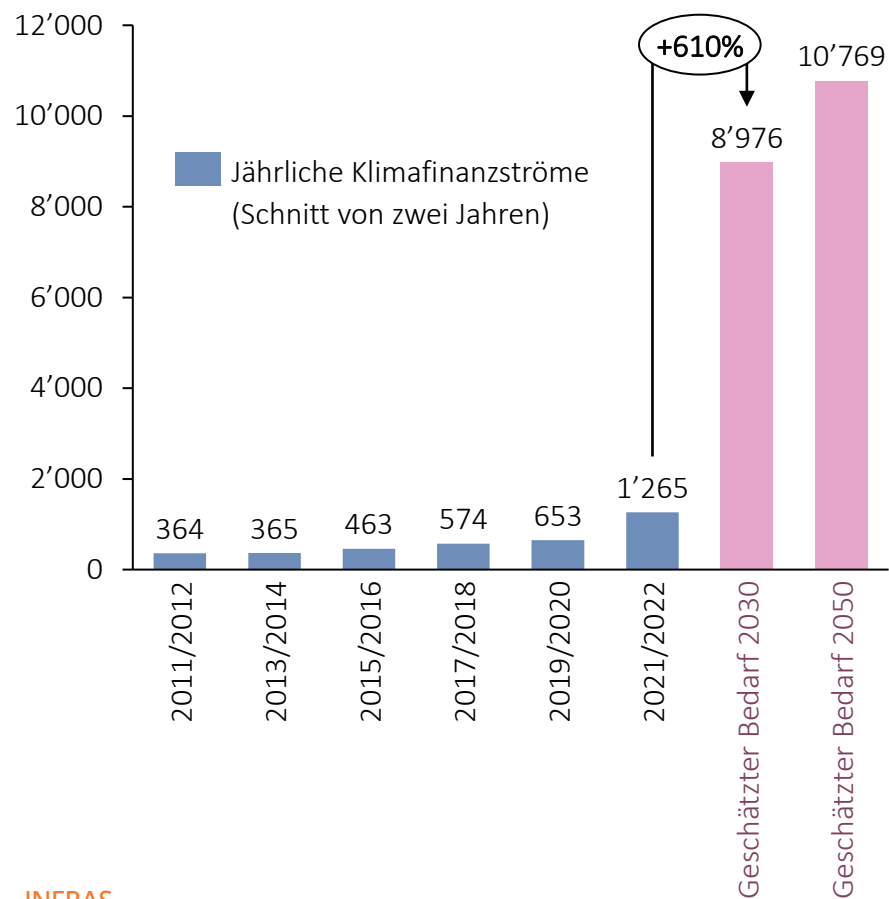
05 Finanzen: Vorhandene vs. notwendige Investitionsströme



Klimafinanzströme historisch und geschätzter Bedarf bis 2030, 2050

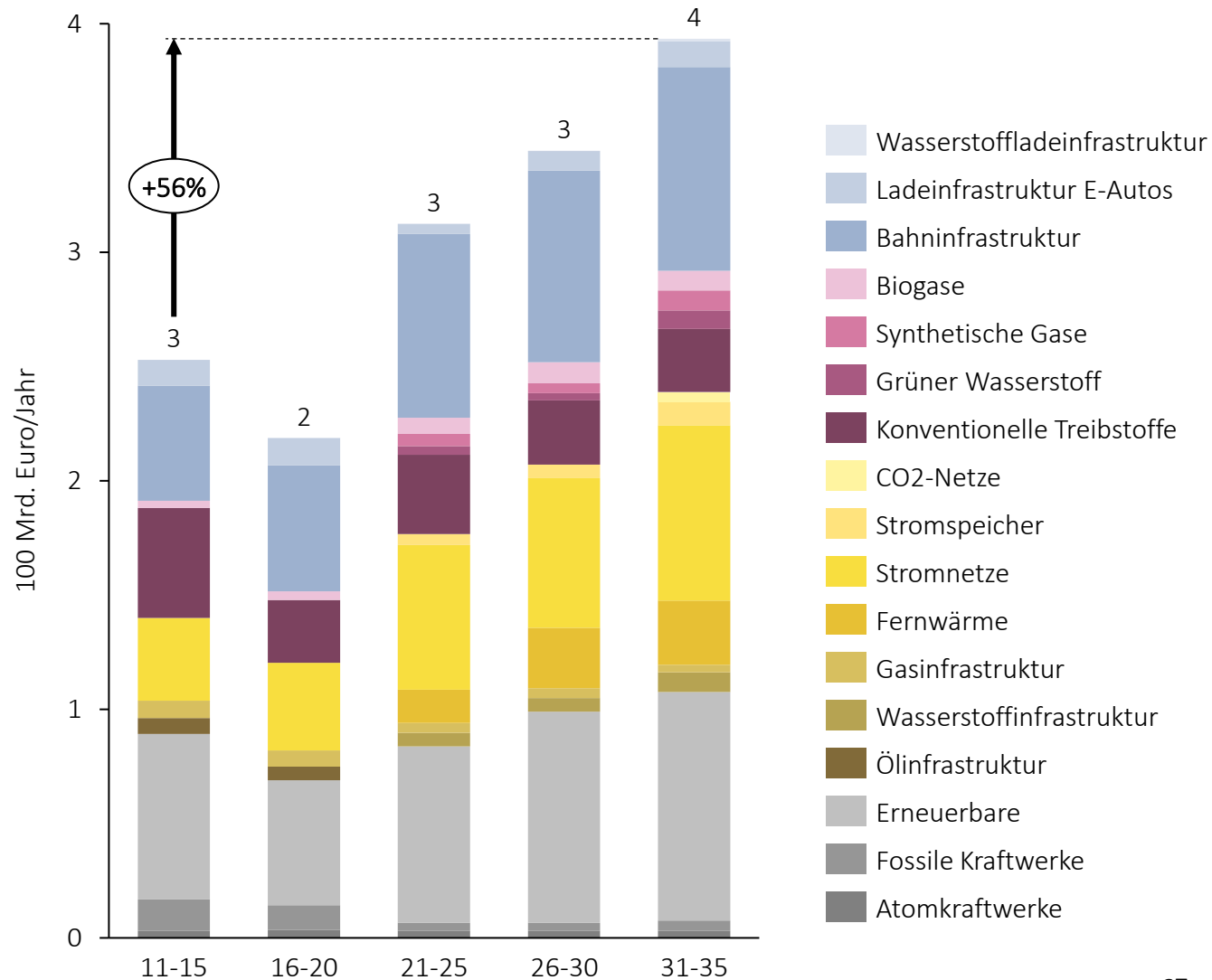
Quelle: Climate Policy Initiative

Milliarden US-Dollar

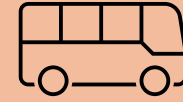


Vergangene Investitionen und künftiger Investitionsbedarf in die Energie- und Verkehrsinfrastruktur in Europa für das EU Netto-Null-Ziel 2050 und -55% 2030

Quelle: Klaaßen und Steffen (2023).

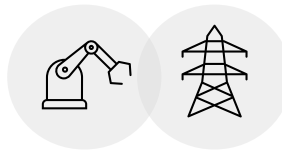


06 Verkehr





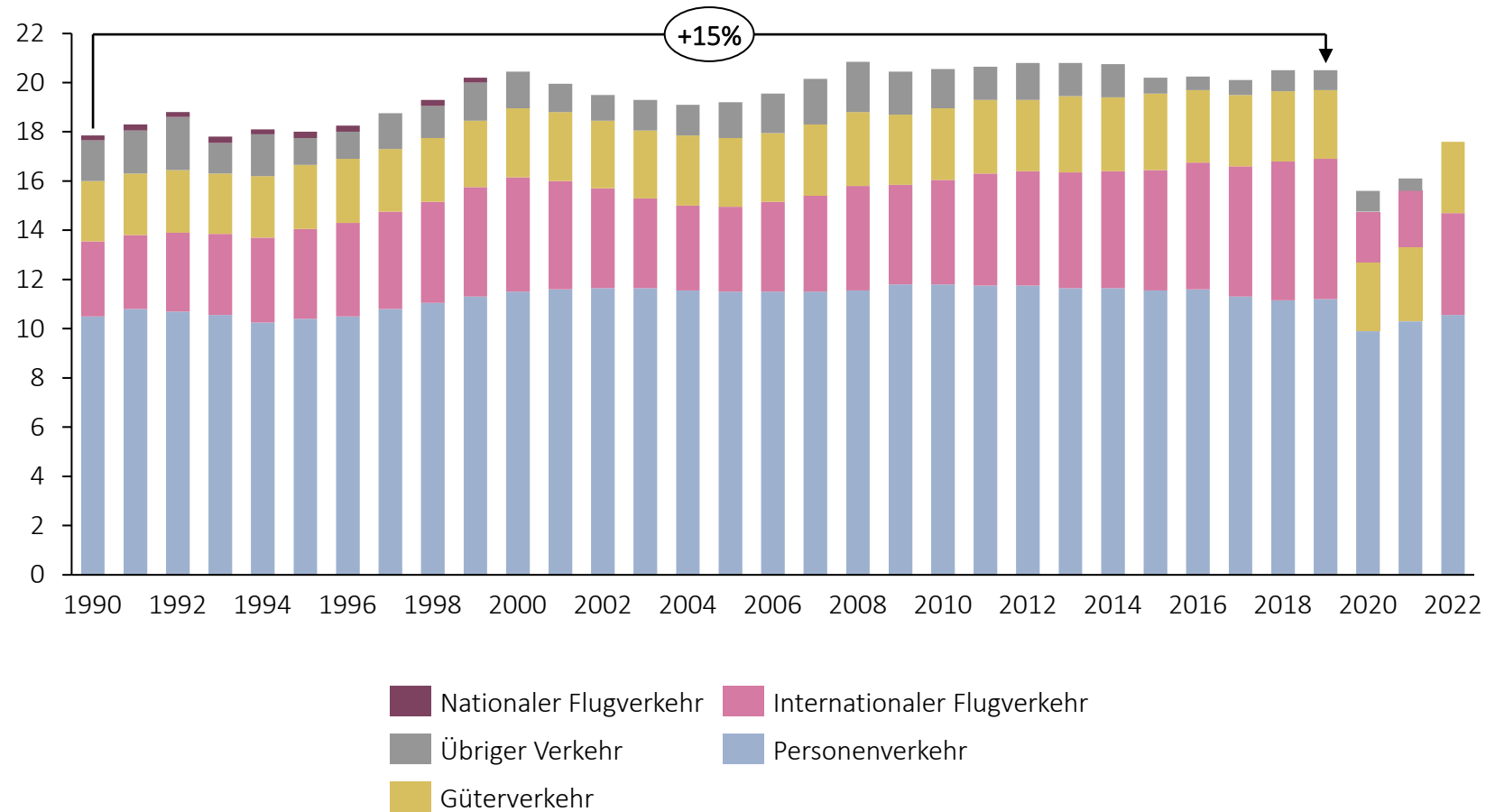
06 Verkehr Gesamt



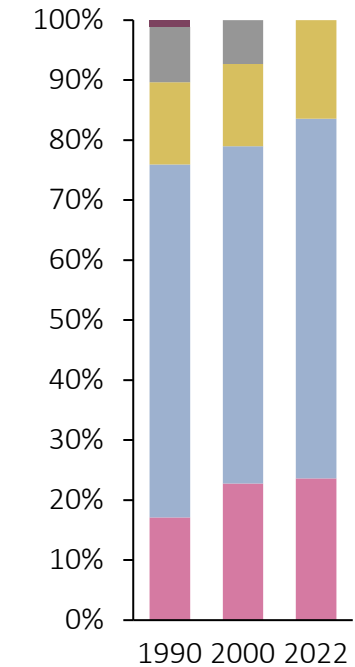
Entwicklung der THG-Emissionen im Verkehrsbereich

Quelle: Bundesamt für Umwelt (2024).

Millionen Tonnen CO₂eq

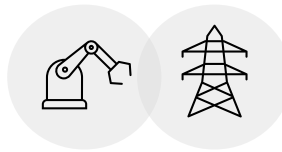


Anteil an Emissionen pro Verkehrsträger in %





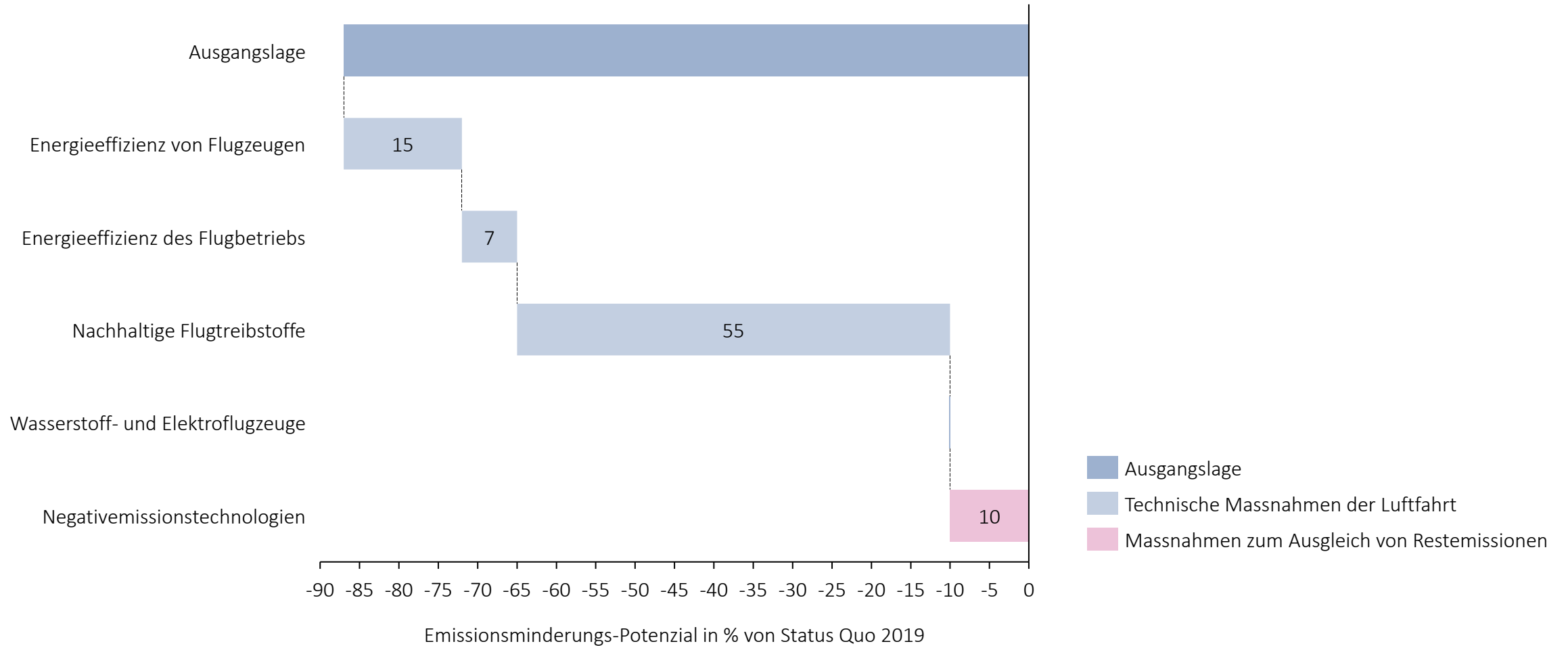
06 Flugverkehr



Mögliche Beiträge zu CO₂-neutralem Fliegen im Jahr 2050, bezogen auf die Transportleistung, verglichen mit 2019

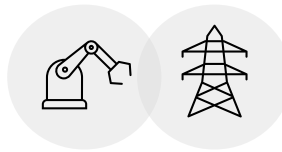
Quelle: Bundesrat (2024).

Mögliche Beiträge (in %) zu CO₂-neutralem Fliegen im Jahr 2050, bezogen auf die Transportleistung, verglichen mit 2019





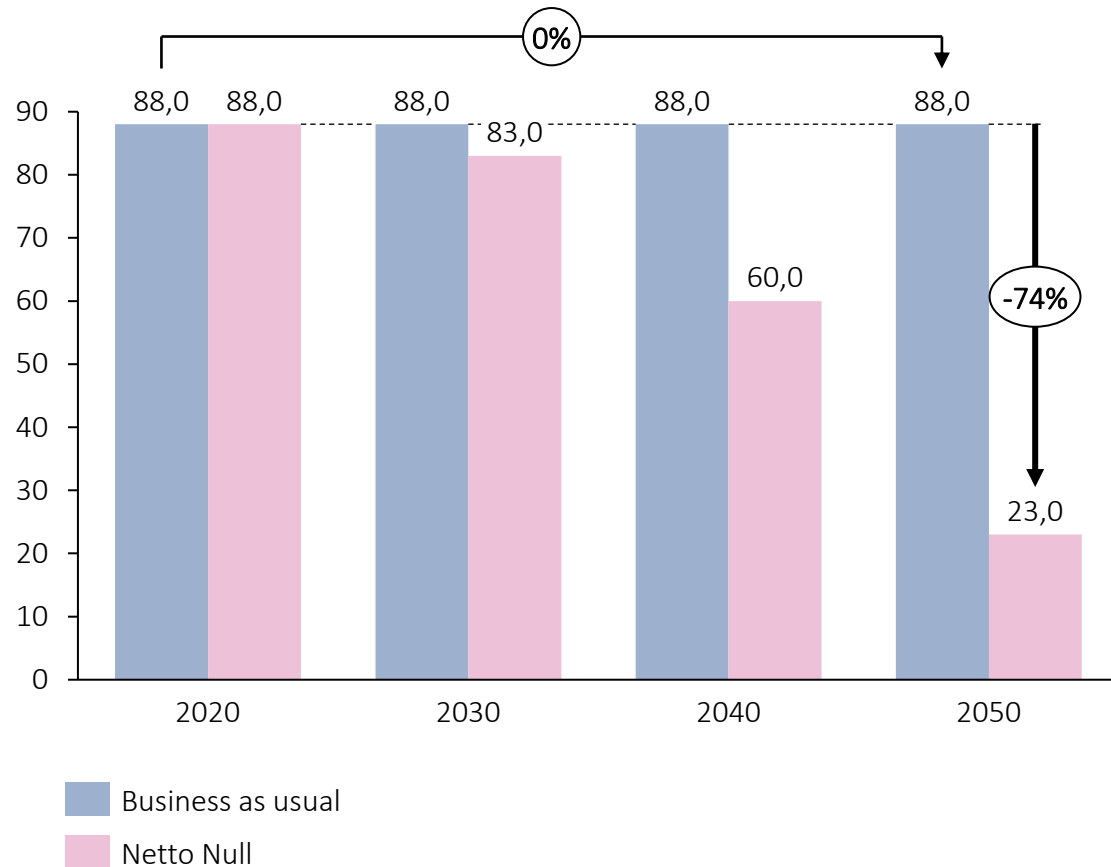
06 Reduktionspfade im Luftverkehr

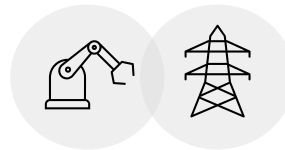


Reduktionspfade der globalen Luftfahrt

Quelle: WEF (2023) auf Basis von IEA-Szenarien.

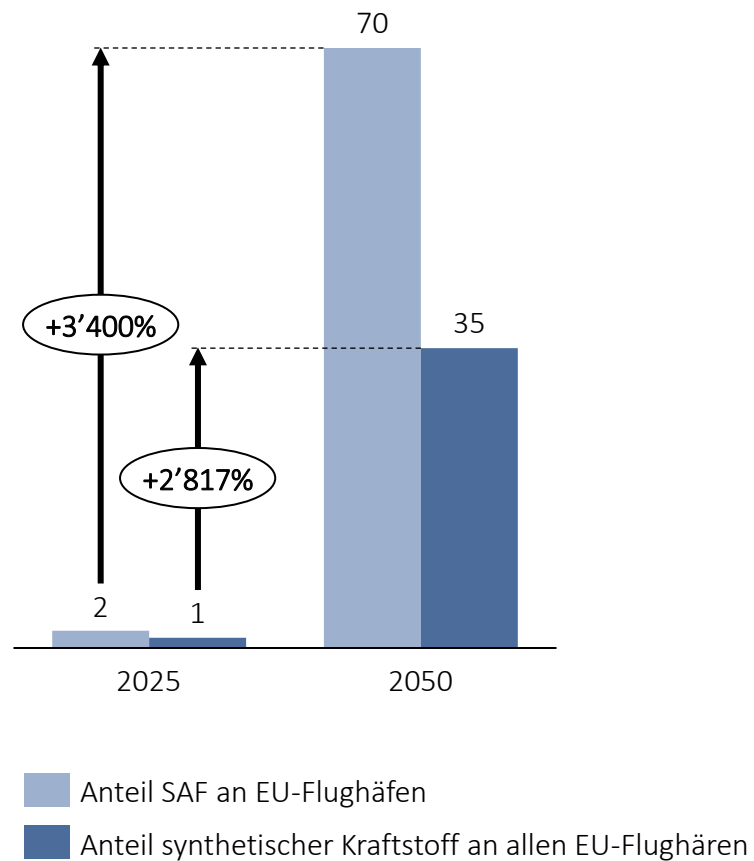
In Tonnen CO₂-eq / Tonne Aviation Fuel.





ReFuelEU Aviation (Verordnung Europäische Union)

Quelle: Europäische Union 2023



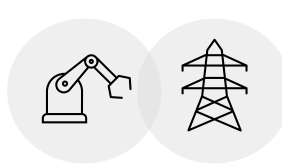
Übersicht Förderinstrumente/ Policies zum Thema SAF

Quelle: BAZL (2022) / Europäisches Parlament (2023)

| Name | Organisation | Beschreibung |
|---|--------------|--|
| CORSIA | ICAO | SAF-Einsatz reduziert Komensationspflicht |
| EU-EHS /EHS | EU/CH | Emissionen von SAF werden mit Null bewertet |
| Fit-for-55 Paket | EU | Überarbeitung EU-EHS: Kostenlos zugeteilte Emissionsrechte zwischen 2024-2026 auf Null reduziert. Förderung Verwendung nachhaltiger Flugkraftstoffe |
| | USA | Absolute Vertankungsziele für SAF, Förderung Technologieentwicklung, Steuererleichterung für SAF-Produzenten |
| Mineralörlsteuergesetz | CH | Absatzförderung biogene Treibstoffe |
| Förderinstrumente im Bereich Energie- und Umweltforschung | CH | Grundfinanzierung Hochschulen (HFKG), Finanzierungsbeitrag an ETH-Bereich, Schweizerischer Natonalfonds (SNF), Innosuisse und Programme der Bundesämter (BFE, BAFU) |



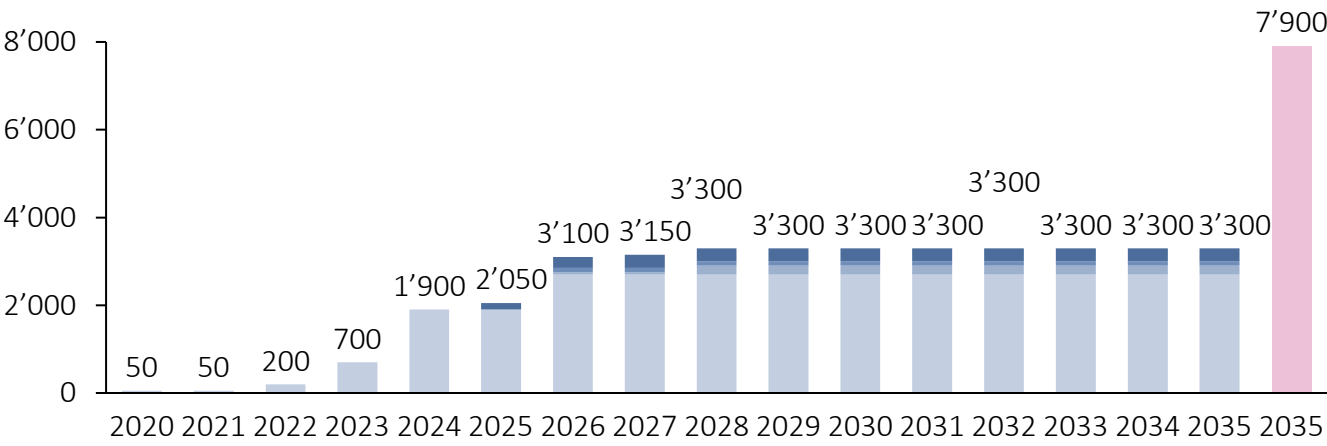
06 Flugverkehr



Produktionskapazität für Sustainable Aviation Fuels in Europa

Quelle: sGU (2024).

Betsehende und geplantes Produktionsvolumen SAF in der EU in Kilotonnen / Jahr



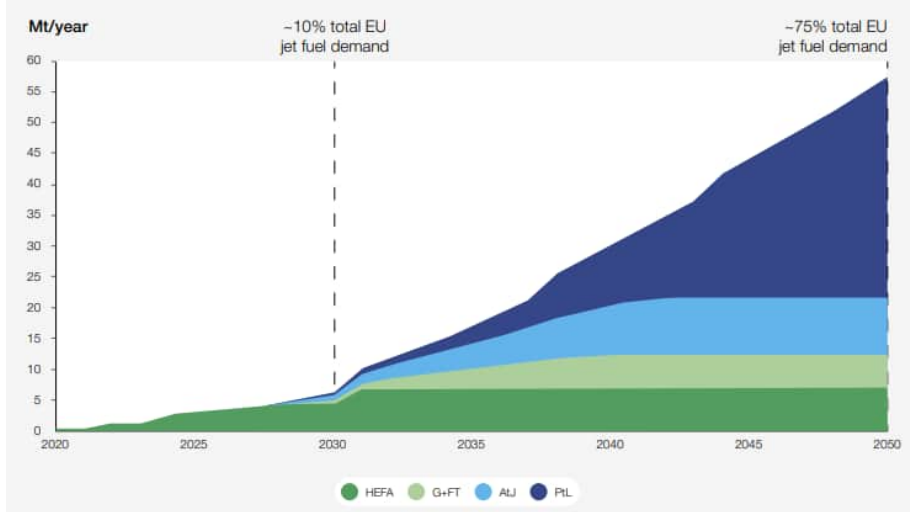
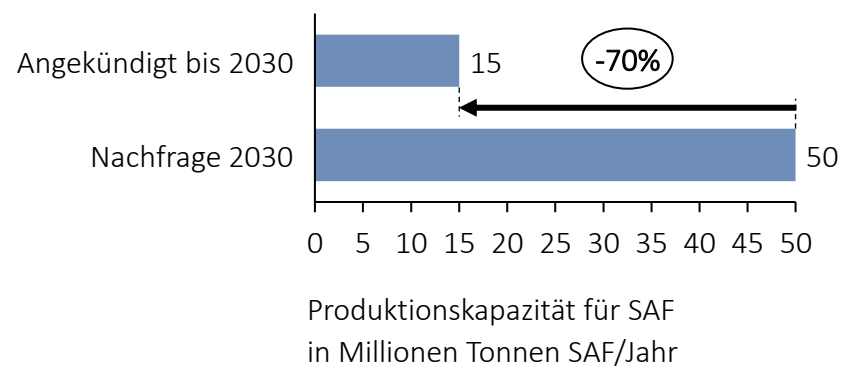
- Power-to-liquids
- Alcohol-to-jet
- Fischer-Tropsch + Gasification
- Hydrotreated Esters and Fatty Acids (HEFA)
- Schätzung Bedarf SAF Mandate

Erwartete Relevanz der Technologien
Quelle: WEF (2021b).

Globale Produktionskapazität für SAF in Millionen Tonnen

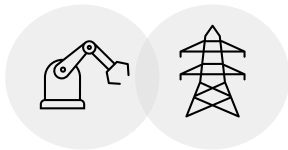
SAF/Jahr in 2030 vs. geschätzter Bedarf 2030

Quelle: WEF (2024).





06 Flugverkehr



SAF-Projektionen und zugrundeliegende Policy-Annahmen

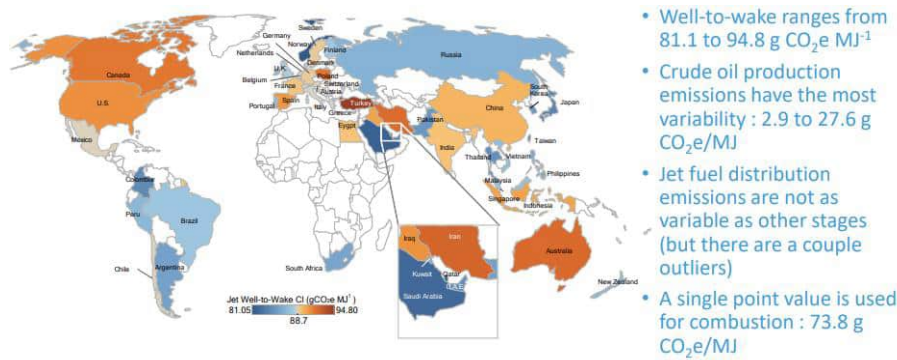
Quelle: ICAO (2024)

*LTAG: Long-Term Aspirational Goal (langfristiges ambitioniertes Ziel)

| Szenario | Implizite SAF-Politiklandschaft | SAF-Produktionsprojektion 2030 (kt/Jahr) | SAF-Ersatzquote |
|----------|--|--|--|
| Niedrig | Keine politische Unterstützung für SAF | 3.059 | N.V. (nicht mit einem LTAG-Szenario verbunden) |
| Moderat | Gewisse politische Unterstützung für SAF, aber geringer als für Biokraftstoffe im Straßenverkehr | 7.608 | 2,19 % (LTAG-Szenario IS1) |
| Hoch | Gleiches Spielfeld zwischen SAF und Biokraftstoffen im Straßenverkehr | 13.713 | 3,98 % (LTAG-Szenario IS2) |
| Hoch+ | Schwerpunkt auf SAF in der Politik | 16.973 | 5,01 % (LTAG-Szenario IS3) |

Emissionsfaktoren Jet Fuel

Quelle: ICAO (basierend auf Jing et al. 2022)



Vergleich Emissionsfaktoren unterschiedlicher Treibstoffe

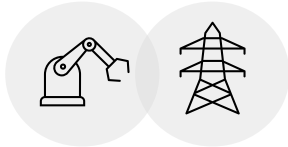
Quelle: BAZL (2022)

| Produktionspfad | Emissionsreduktion vs. Kerosin* |
|--------------------|---------------------------------|
| Altspeiseöl (HEFA) | 84% |
| Palmöl (HEFA) | < 58% |
| Rapsöl (HEFA) | < 55% |
| Algenöl (HEFA) | 43% |
| Power-to-Liquid | <95% |
| Sun-to-Liquid | <99% |

*gemäss CORSIA, ohne Nicht-CO₂-Effekte



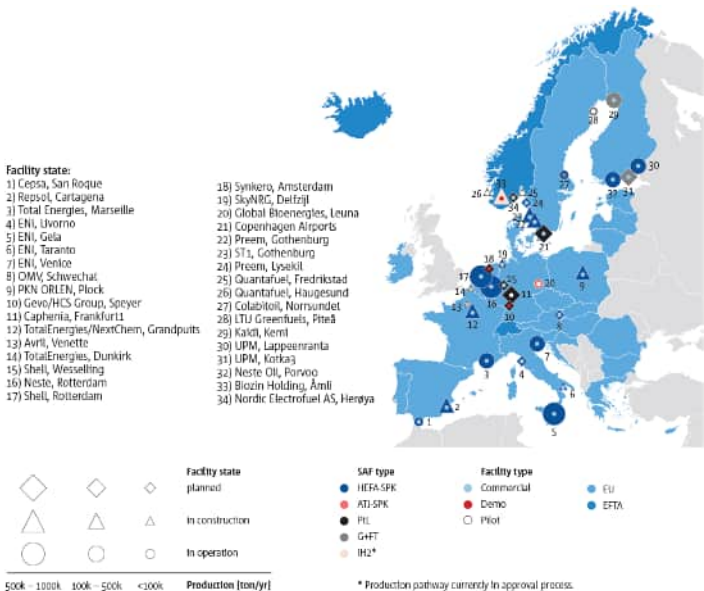
06 Flugverkehr



European Aviation Environmental Report

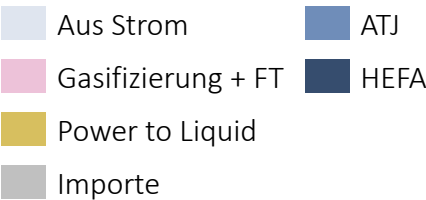
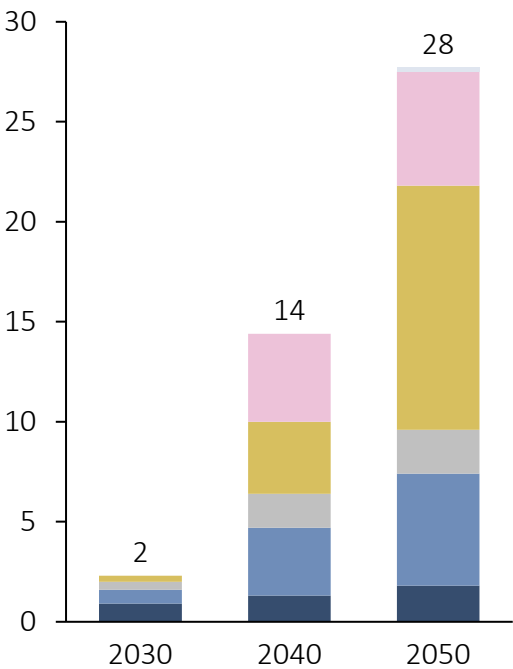
Quelle: EASA (2024).

Aktuell angekündigte SAF-Projekte in Europa, März 2022



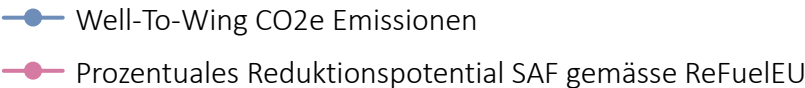
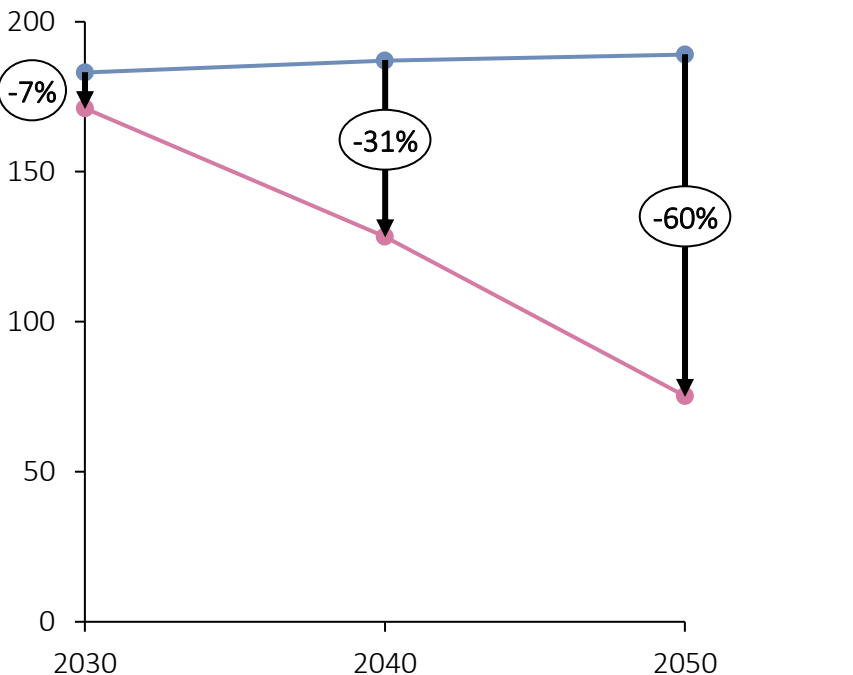
SAF-Versorgung pro Produktionspfad modelliert nach ReFuelEU in der EU 27

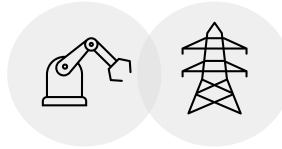
Millionen Tonnen



Geschätzte Well-to-Wing-CO₂e-Emissionen und prozentuales Reduktionspotenzial der SAF gemäß ReFuelEU-Vorschlag

Millionen Tonnen CO₂e



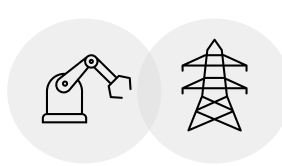


Kommende Technologien im Aviatiksektor (IEA 2020)

| Technologie | TRL | Reduktions-mechanismus | Verfügbar ab (Relevanz für Netto Null) | Einsatzstatus |
|--------------------------------------|-----|------------------------|--|--|
| UHBR-Motoren | 5 | Kraftstoffeffizienz | 2030-35 (Hoch) | Bodentests von Rolls Royce's UltraFan mit einem Potenzial von 25% Kraftstoffeinsparung beginnen 2021. Der Hersteller arbeitet mit Airbus im Rahmen des EU Clean Sky 2-Programms zusammen und dieser UHBR-Motor wird voraussichtlich um 2030 verfügbar sein. |
| Open-Rotor-Motoren | 5 | Kraftstoffeffizienz | 2035 (Hoch) | Die Demonstration des GE36 Open-Rotor-Motors reicht bis in die 1980er Jahre zurück. 2017 testete SAFRAN ein Demonstrationsmodell mit einem Potenzial von 30% Kraftstoffeinsparung, das bis 2030 marktreif sein wird. |
| Blended Wing Body Flugzeug | 3 | Kraftstoffeffizienz | N/A (Mittel) | Boeing führte zusammen mit der NASA Testflüge eines Kleinprototyps bis 2013 durch, Airbus 2019. Dieses Konzept ist validiert, aber weder der Hersteller hat Pläne für einen großen Prototypen bestätigt. |
| Hybrid-Elektroflugzeug | 4-5 | Fuel switch | N/A (Mittel) | Airbus entwickelt zusammen mit Rolls Royce im Rahmen des Programms E-Fan X einen Prototyp für ein Hybrid-Elektroflugzeug. Ziel ist es, bis 2021 einen Testflug mit einem Flugzeug mit einem Elektromotor und drei normalen Düsentriebwerken durchzuführen. Wright Electric will im Jahr 2030 ein 186-sitziges Flugzeug für Kurzstreckenflüge auf den Markt bringen. Kleine Flugzeuge (Cassio und Ecopulse) haben Flugtests durchgeführt. |
| Vollelektrisches Flugzeug | 3 | Fuel switch | N/A (Mittel) | Ein neunsitziges Wasserflugzeug, das mit einer Batterie und einem Elektromotor nachgerüstet wurde, hat 2019 in Kanada seinen Erstflug absolviert und damit den Weg für die Entwicklung kleiner batteriebetriebener Elektroflugzeuge für sehr kurze Strecken geebnet (das Flugzeug hat eine Reichweite von etwa 160 km). Für längere Strecken werden Batterien mit höherer Energiedichte benötigt. |
| Brennstoffzellen- Elektroflugzeug | 3 | Fuel switch | N/A (Mittel) | Das DLR hat 2016 ein viersitziges Motorsegelflugzeug mit Brennstoffzellenantrieb (HY4) getestet. Boeing testete 2008 einen Prototyp mit Brennstoffzellenantrieb. Es gibt keine angekündigten Programme für größere Flugzeuge. |

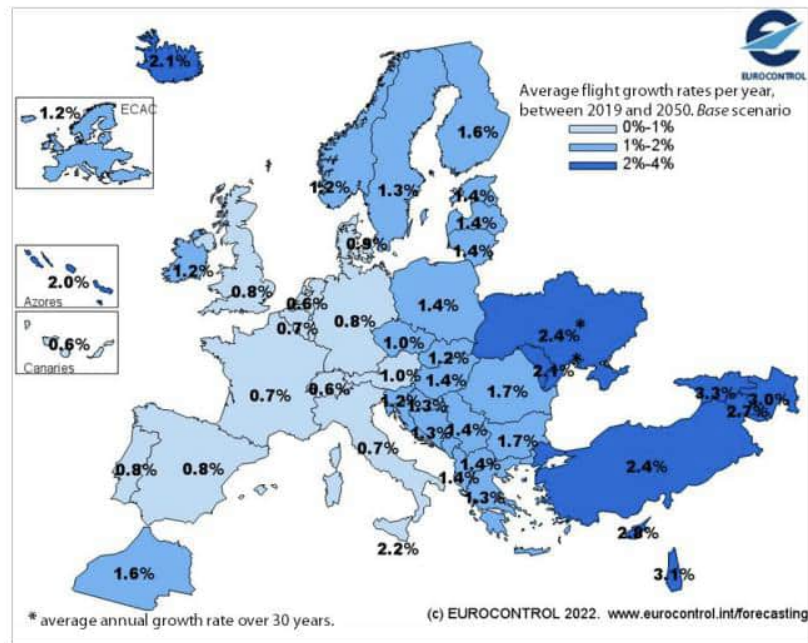


06 Flugverkehr



Prognosen Nachfrage Flugverkehr (Eurocontrol 2022, IATA 2023)

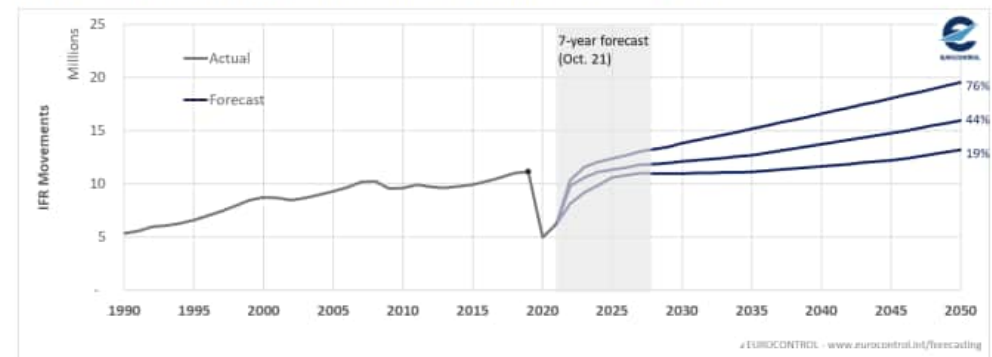
Figure 5. Average annual flight growth rates in the Base scenario over the next 30 years.



Basis Szenario:

- Europa bleibt Hub
- Leute wollen weiterhin fliegen
- Verbindungen zwischen Europa und der Welt über Tourismus, Handel und Wirtschaft gefördert
- Nachhaltigkeitsaspekte werden wichtiger.

Figure 4. Flight Forecast for Europe, with total growth between 2019 and 2050.



| ECAC | IFR Flights | | | | | | |
|---------------|-----------------|------------------------|-----------------|------------------------|-------------------------------|--------------|-------|
| | 2019 | | 2050 | | | 2050/2019 | |
| | Total (million) | Avg. daily (thousands) | Total (million) | Avg. daily (thousands) | Extra flights/day (thousands) | Total growth | AAGR |
| High scenario | 11.1 | 30.4 | 19.6 | 53.6 | 23.2 | +76% | +1.8% |
| Base scenario | | | 16.0 | 43.7 | 13.4 | +44% | +1.2% |
| Low scenario | | | 13.2 | 36.2 | 5.8 | +19% | +0.6% |

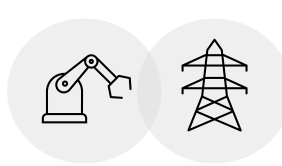
STATFOR Doc 683 08/04/2022

| | Recovery year | CAGR (2019 - 2040) | Additional passengers by 2040, millions |
|---------------------------|---------------|--------------------|---|
| Africa | 2024 | 3,4% | 155,72 |
| Asia Pacific | 2024 | 4,6% | 2 554,41 |
| Europe | 2024 | 2,1% | 665,81 |
| Middle East | 2024 | 3,7% | 276,03 |
| North America | 2023 | 2,2% | 564,98 |
| Latin America & Caribbean | 2023 | 2,9% | 313,47 |
| World | 2024 | 3,4% | 3 940,80 |

Sources: IATA Sustainability and Economics, Tourism Economics (March 2023 release)

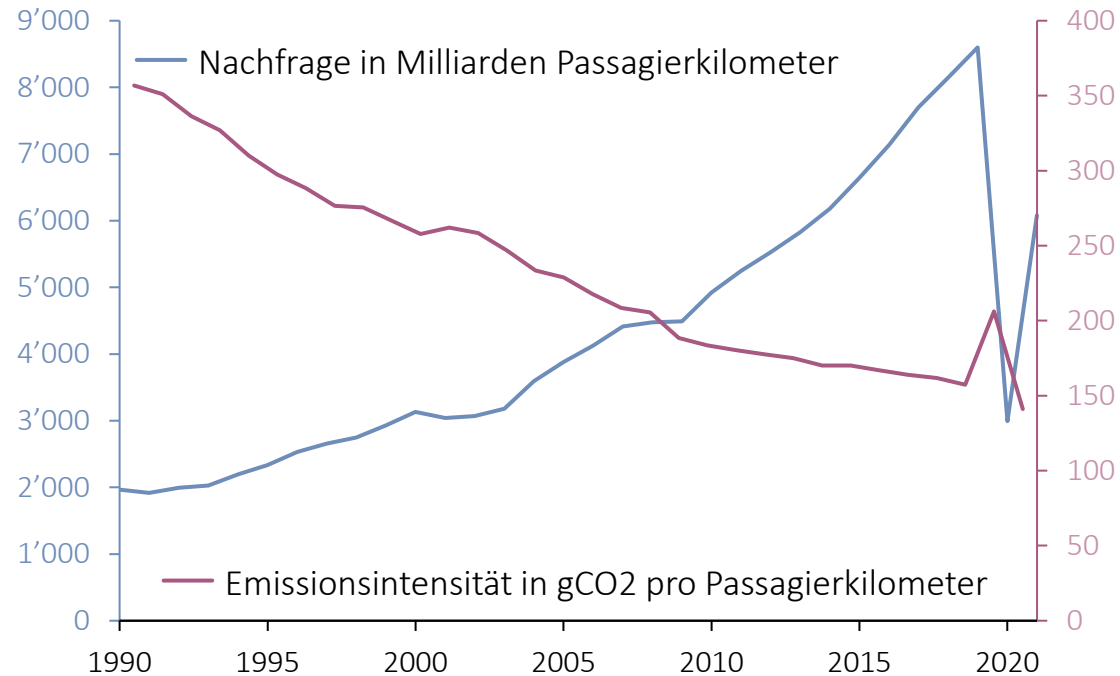


06 Flugverkehr



Änderung in Nachfrage und Emissionsintensität Flugverkehr

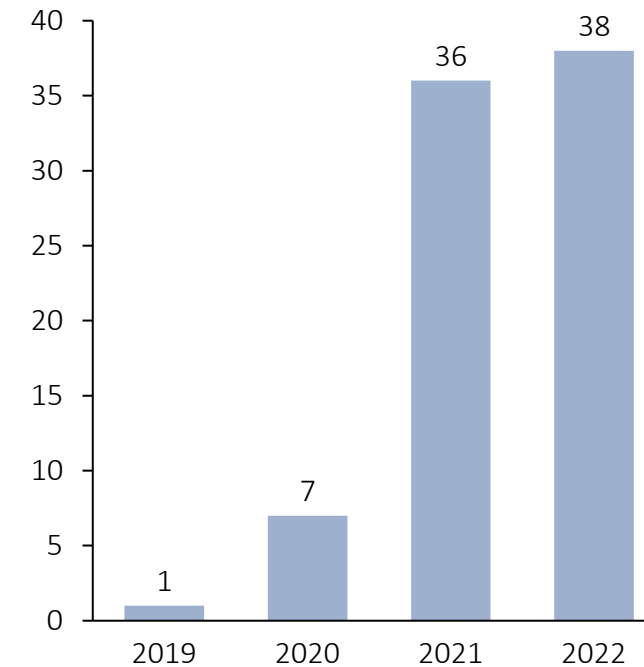
Quelle: Bergero et al. (2023); Our World in Data.



Netto Null Ziele von Flugunternehmen

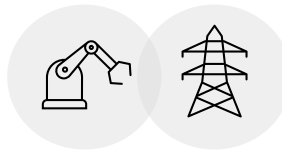
Quelle: BloombergNEF (2023).

Anzahl Flugunternehmen mit Netto Null Ziel





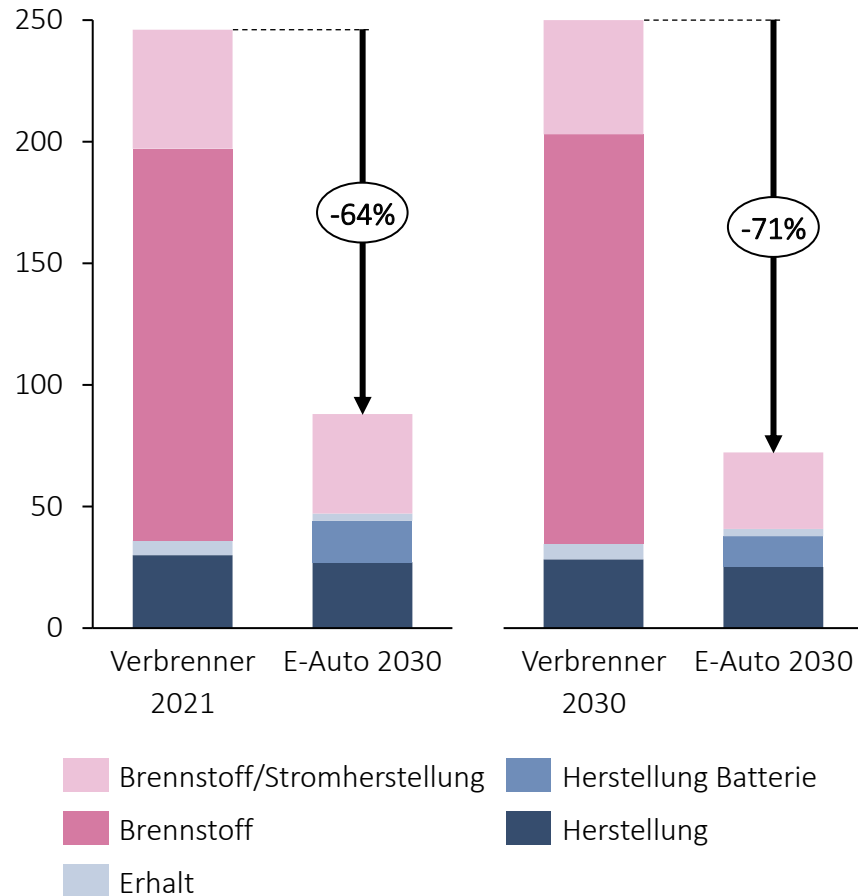
06 Graue Emissionen von Autos



Lebenszyklus-THG-Emissionen durchschnittlicher mittelgroßer mit Verbrennungsmotor (ICEV) und batteriebetriebenen Fahrzeugen (BEV) in Europa

Quelle: ICCT (2021). In Europa zugelassene Fahrzeuge.

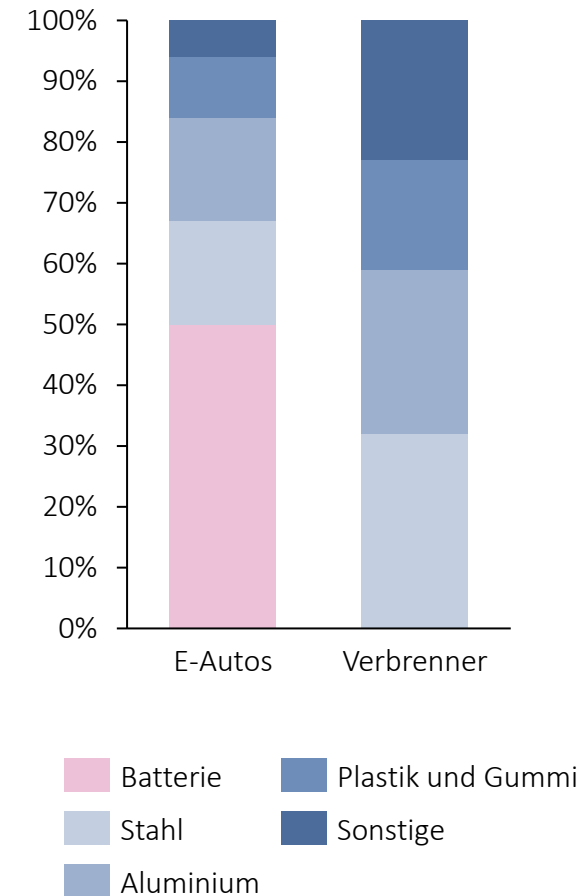
g CO₂eq / km



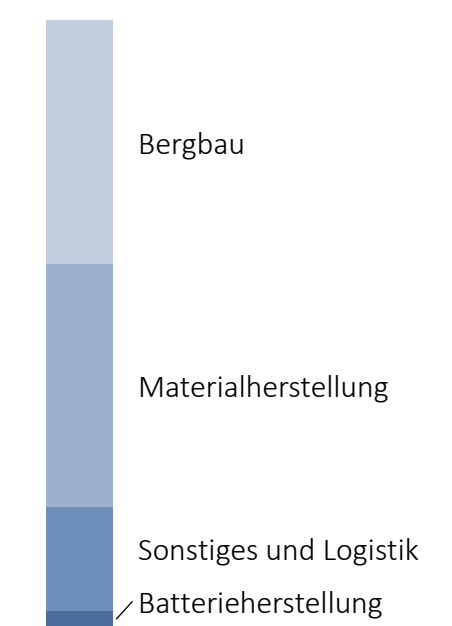
Typische vorgelagerte Emissionen durch Herstellung von E-Autos vs. Verbrenner

Quelle: McKinsey (2023).

Anteil an Emissionen durch Herstellung

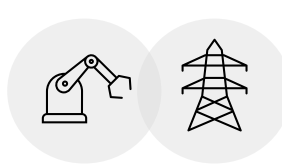


Reduktionspotenzial (Anteil in %)



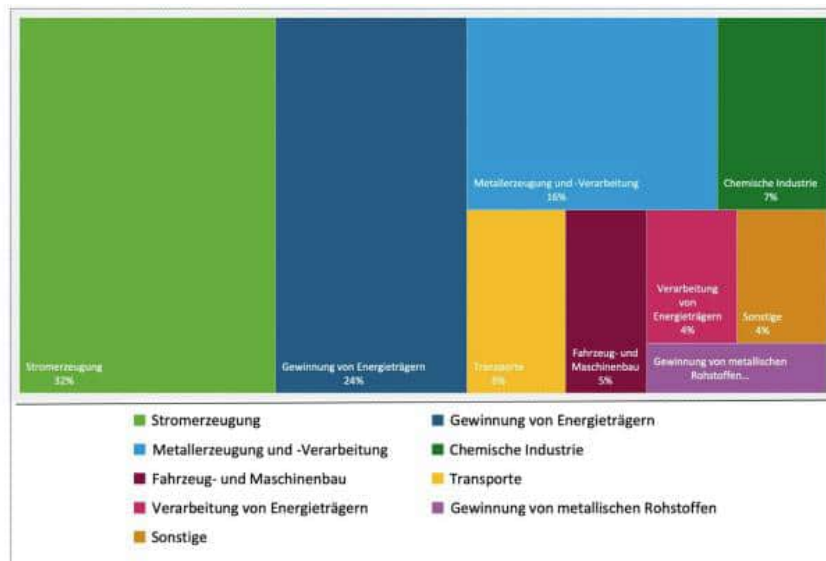
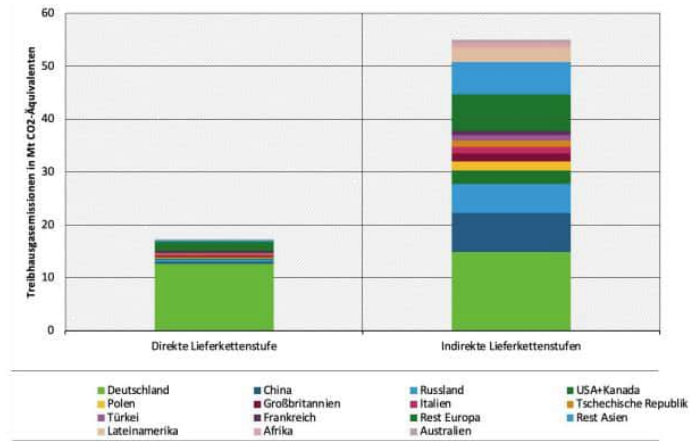


06 Graue Emissionen von Autos



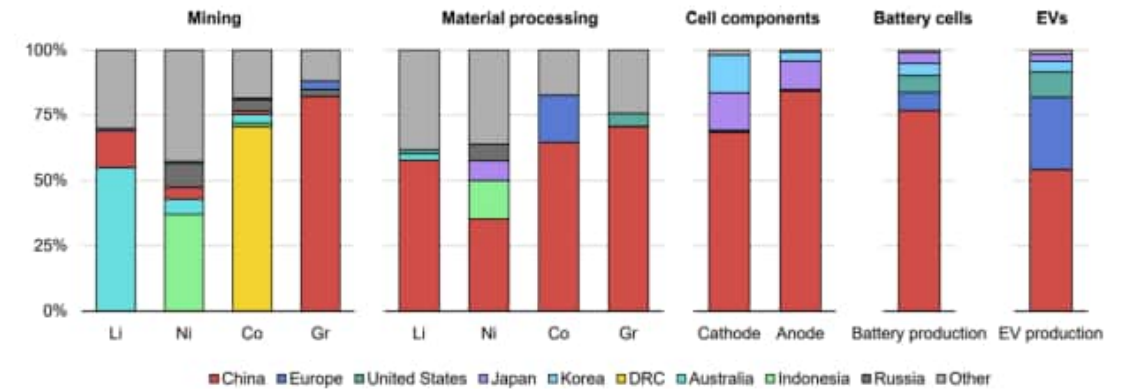
Deutsche Automobilindustrie: Treibhausgasemissionen entlang der Wertschöpfungskette

Quelle: UBA 2022.



Globale Lieferkette Produktion Batteriezellen

Quelle: IEA 2022. Geografische Verteilung der globalen Traktionsbatterien-Lieferkette

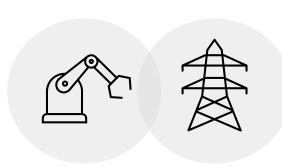


Li = Lithium; Ni = Nickel; Co = Kobalt; Gr = Graphit; DRC = Demokratische Republik Kongo.

Die geografische Aufschlüsselung bezieht sich auf das Land, in dem die Produktion stattfindet. Der Bergbau basiert auf Produktionsdaten. Die Materialverarbeitung basiert auf den Daten zur Raffinerieproduktionskapazität. Die Produktion von Zellkomponenten basiert auf den Daten zur Produktionskapazität von Kathoden- und Anodenmaterial. Die Produktion von Batteriezellen basiert auf den Daten zur Produktionskapazität von Batteriezellen. Die EV-Produktion basiert auf den EV-Produktionsdaten.

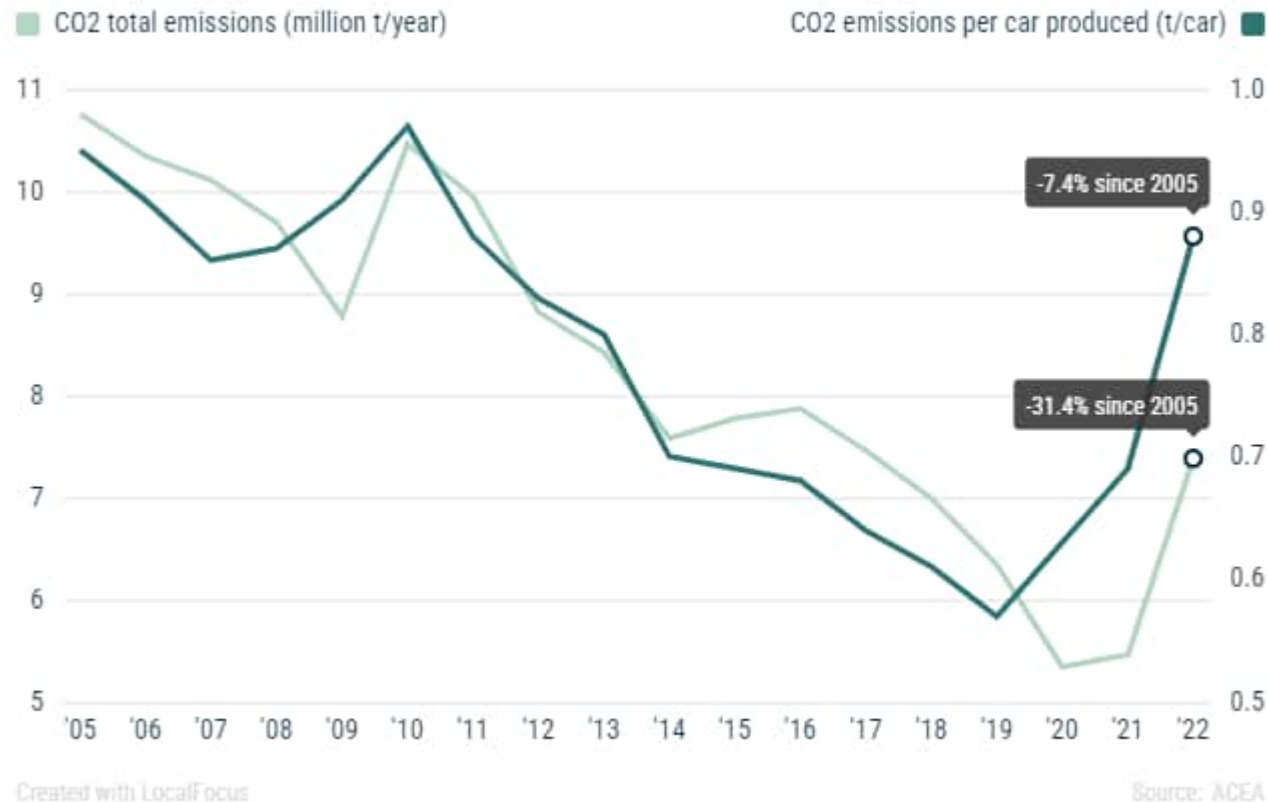


06 THG Emissionen der Fahrzeugherstellung in Deutschland



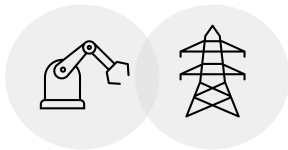
Reduktion der THG-Emissionen der Fahrzeugherstellung in Deutschland zwischen 2005-2022

Quelle: ACEA (2023)





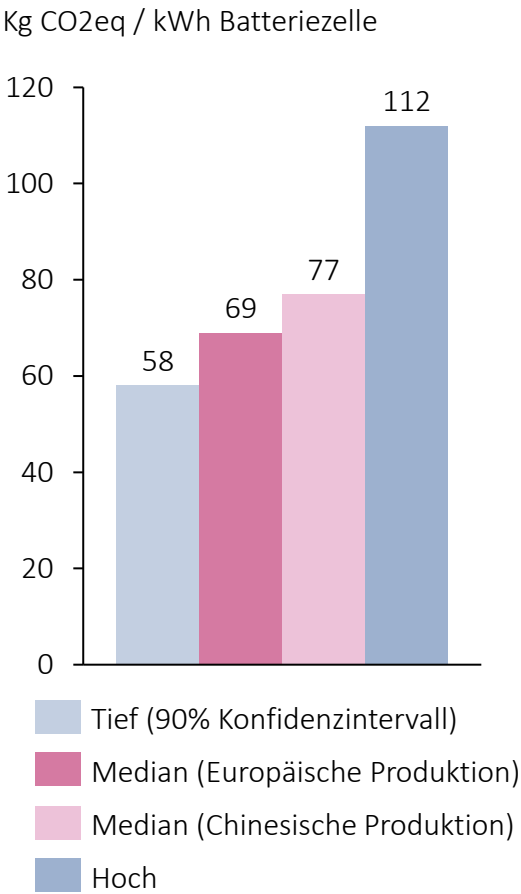
06 THG-Fussabdruck von Batterien



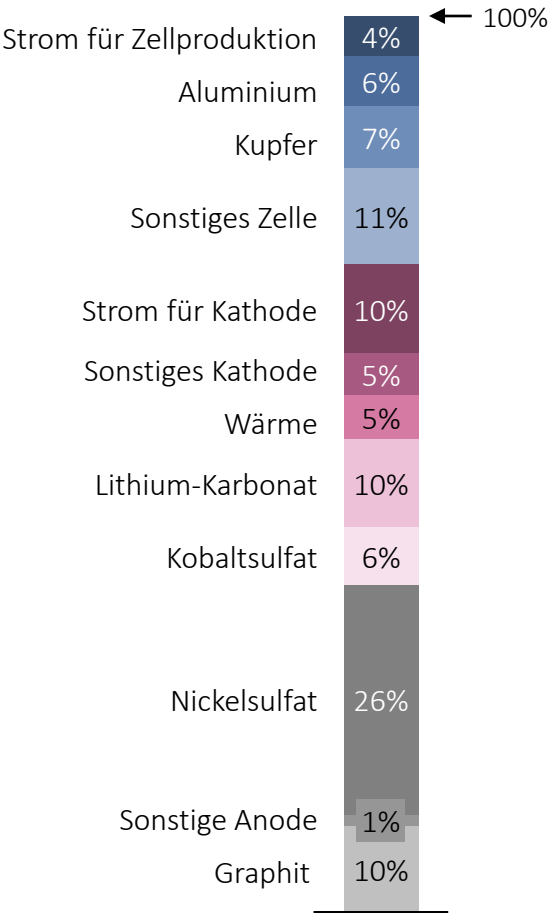
THG-Fussabdruck von Lithium-Ionen-Batterien mit Nickel-basierter Kathode (NMC811)

Quelle: Peiseler et al. (2024).

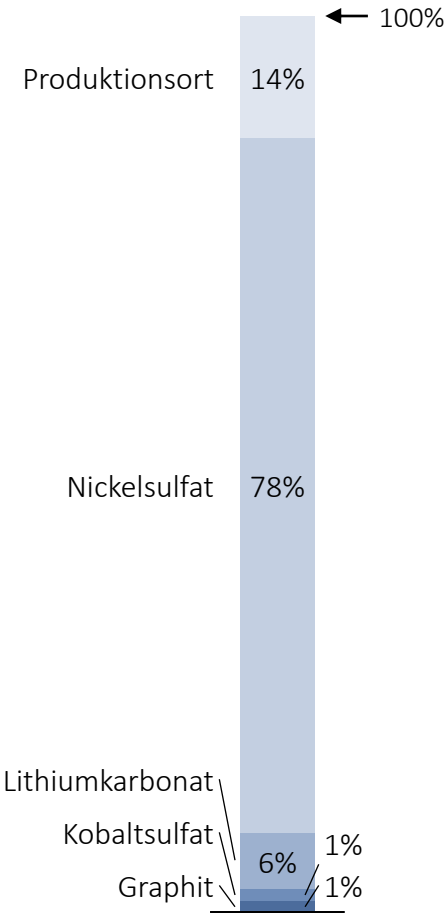
Globale Werte THG-Fussabdruck



Anteil Wertschöpfungskette am Fussabdruck

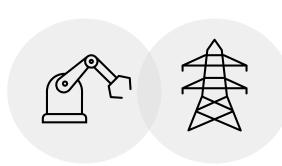


Beitrag zur Varianz des Fussabdrucks



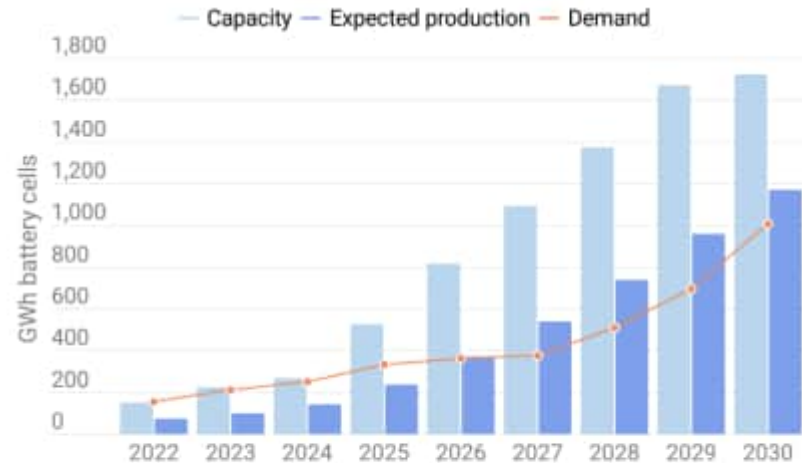
“Our findings highlight the elevated influence of battery materials vis-à-vis cell production locations on carbon footprint contributions and variance in distributions. In particular, nickel and lithium emerge as the materials with the most significant impact.”

06 Entwicklung Batterieherstellung in Europa



Geplanter Ausbau der Produktionskapazitäten in Europa

Quelle: T&E (2024)



Note: Demand in Regulatory Scenario follows the EU regulations on CO₂ emission standards for light and heavy duty vehicles. Expected production was calculated based on varying capacity utilisation and scrap rates, depending on the maturity of each plant.

Source: T&E analysis of publicly announced battery cell projects



More than half the announced battery cell capacities in Europe are at risk of being delayed, scaled down or cancelled



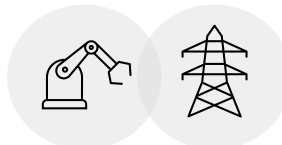
Source: T&E analysis of publicly announced battery production projects planned up to 2030



Risikofaktoren für die Realisierung der angekündigten Produktionskapazitäten sind:

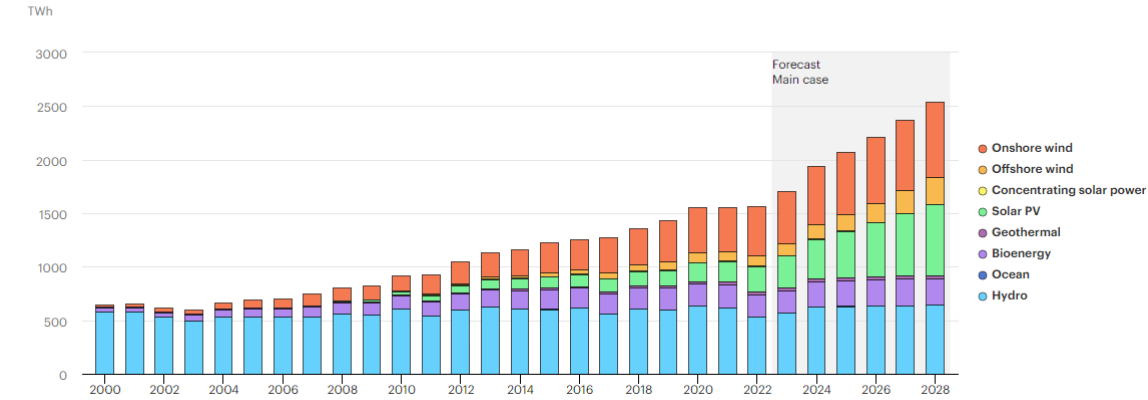
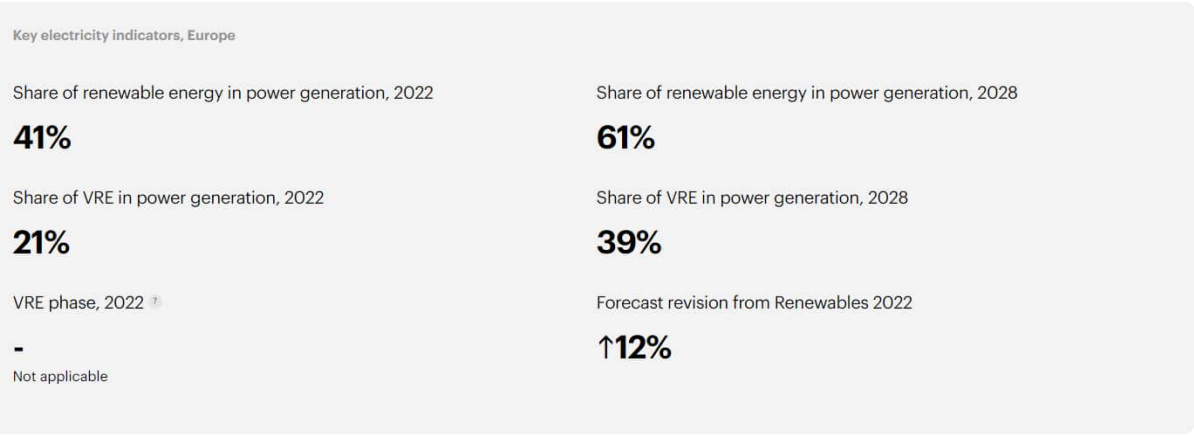
- Zugang zu Rohmaterialien
- Expertise und Know-How
- Konkurrenz mit China und USA

06 Entwicklung Strommix Europa und China



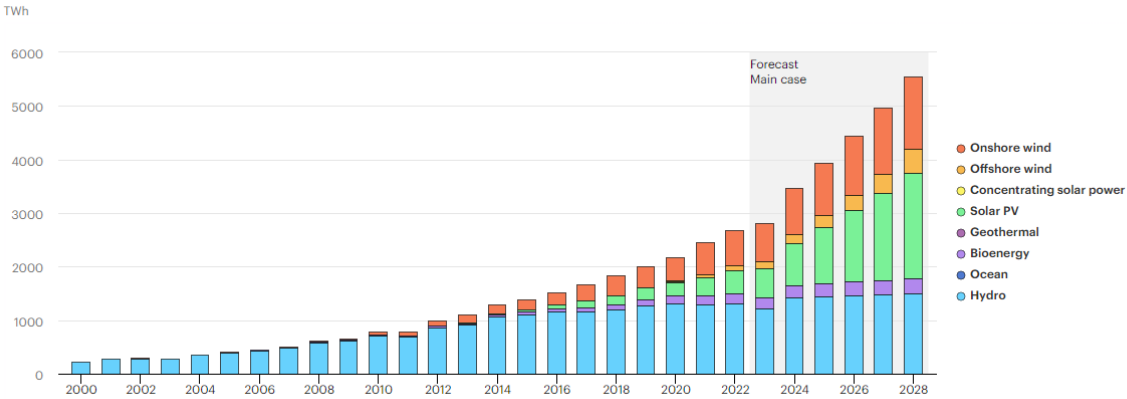
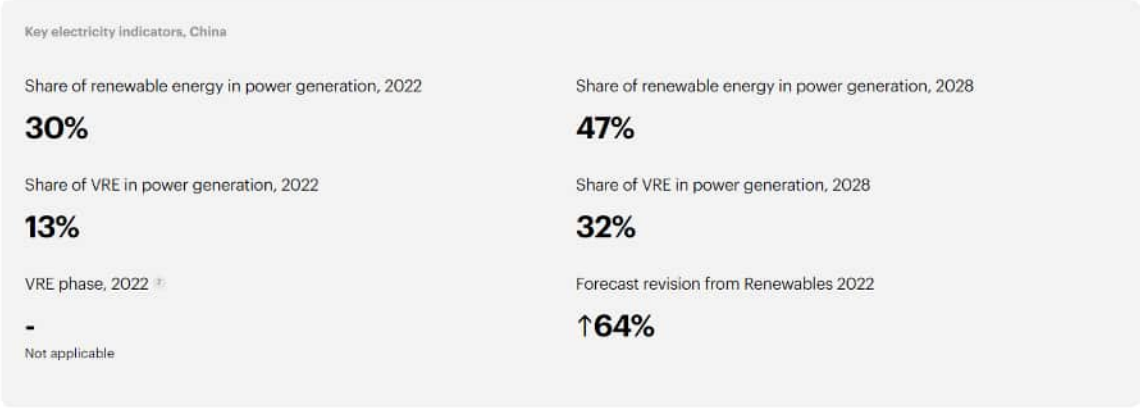
Anteil erneuerbarer Energieträger an Stromerzeugung in Europa

Quelle: IEA (2024)



Anteil erneuerbarer Energieträger an Stromerzeugung in China

Quelle: IEA (2024)

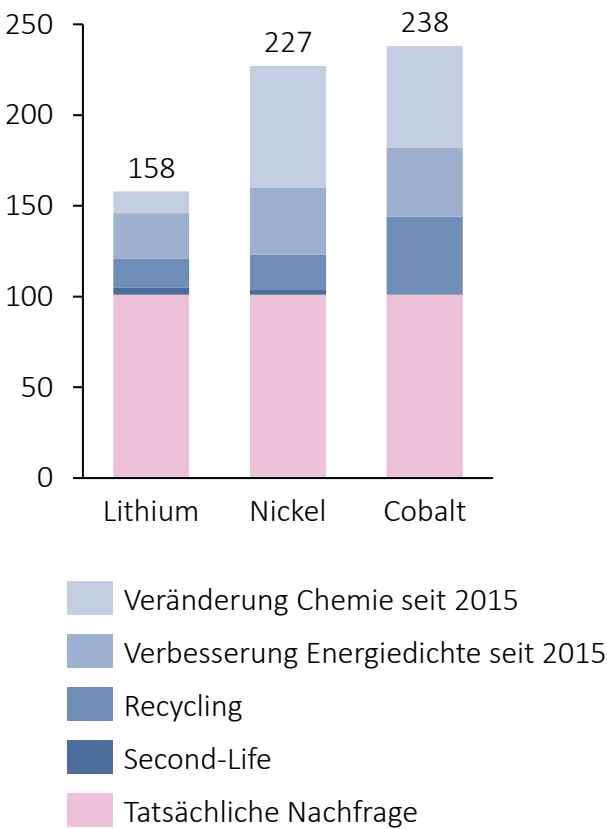




06 THG-Fussabdruck von Batterien

Möglichkeiten, den Mineralienbedarf und THG-Fussabdruck von Batterien zu verringern
Quelle: RMI (2024).

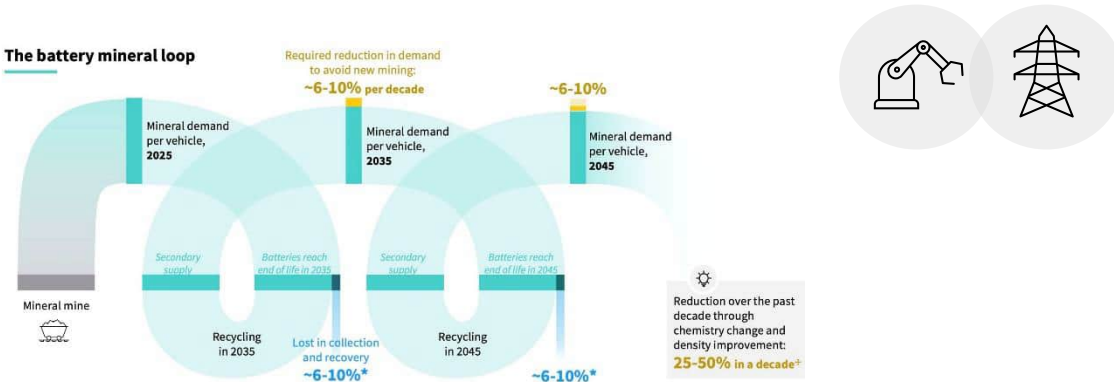
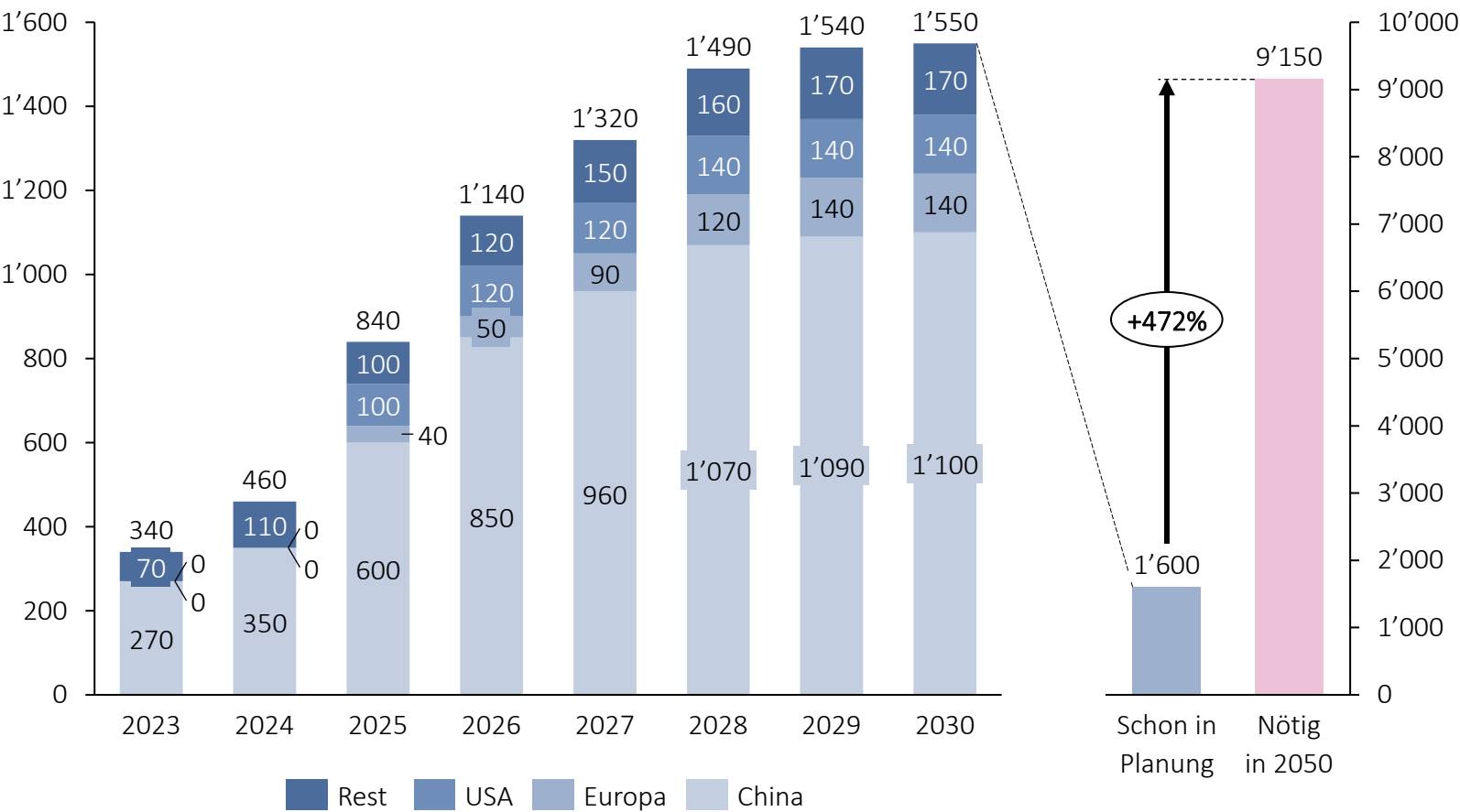
Vermiedene Nachfrage nach neuen Mineralien für Batterien im Jahr 2023.
Tatsächliche Nachfrage = 100



INFRAS
Quelle: RMI (2024).

Eine Umsetzungshürde: Recyclingkapazität
Quelle: RMI (2024).

Batterie-Recycling-Kapazität in GWh





06 Entwicklung Treibhausgas Emissionen Fahrzeugherstellung



Fahrzeugherstellung: THG Emissionen 2017 und 2040

Quelle: Cox et al. (2020).

Vehicle production LCIA results

Figure 16 to Figure 21 show the environmental burdens of vehicle production and end-of-life for different environmental impact categories. Results are shown only for lower medium sized vehicles. The variability in results for BEV and FCEV are due mostly to variability in battery and fuel cell size respectively.

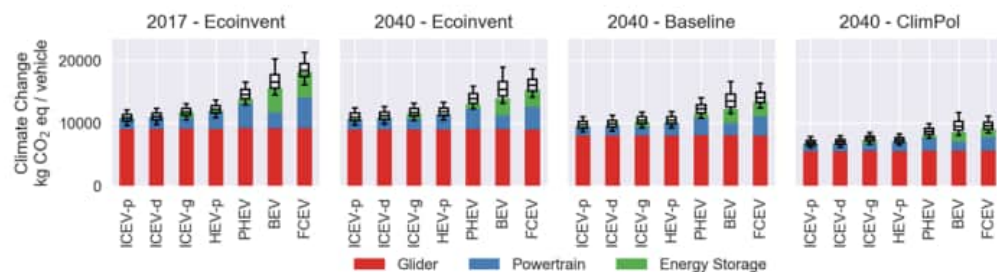


Figure 16 Climate change burdens of vehicle production and end of life. The bars show the most likely values, while the whiskers show the 5th and 95th percentiles. The whisker plot box contains 50% of the values, while the horizontal line within the box represents the median.

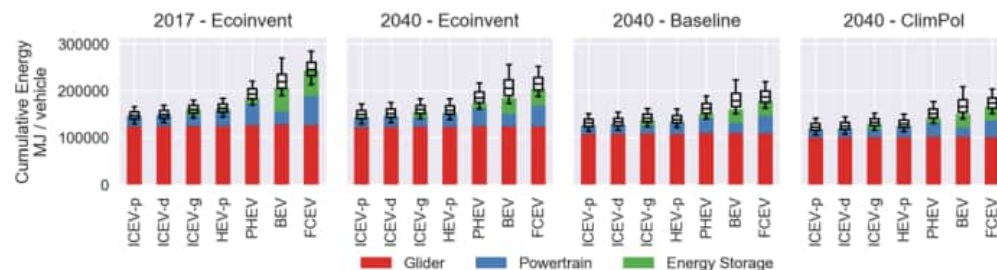


Figure 17 Cumulative non-renewable primary energy demand of vehicle production and end of life. The bars show the most likely values, while the whiskers show the 5th and 95th percentiles. The whisker plot box contains 50% of the values, while the horizontal line within the box represents the median.

Hintergrundinformationen Entwicklungsszenarien globaler und europäischer Strommix

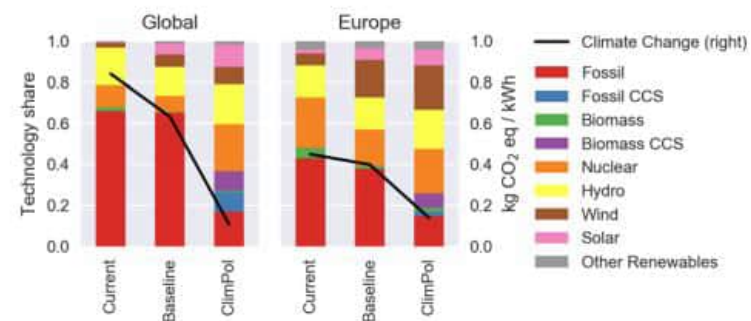
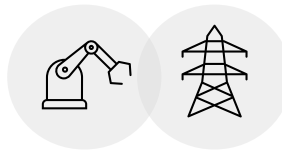


Figure 2 Global and European electricity mix, and climate change impacts per kilowatt hour for current conditions and two future (2040) scenarios. Electricity generation technologies grouped together for readability.



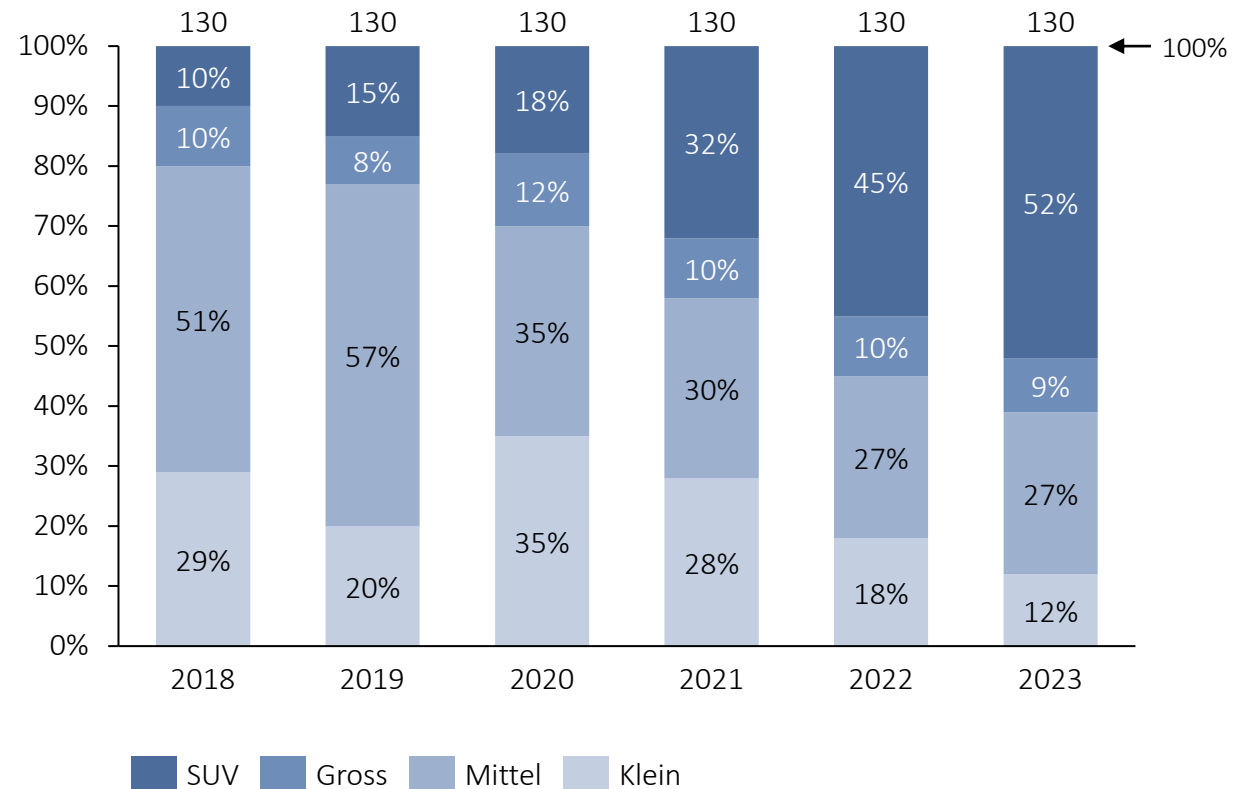
06 Grösse und –Gewicht verkaufter E-Autos nehmen zu



Grösse und Gewicht verkaufter E-Autos in Europa

Quelle: RMI (2024) auf Basis von IEA Global EV Outlook (2024).

Grösse verkaufter E-Autos in Europa

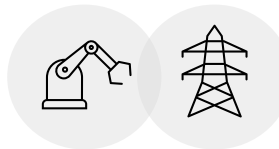


07 Gebäude





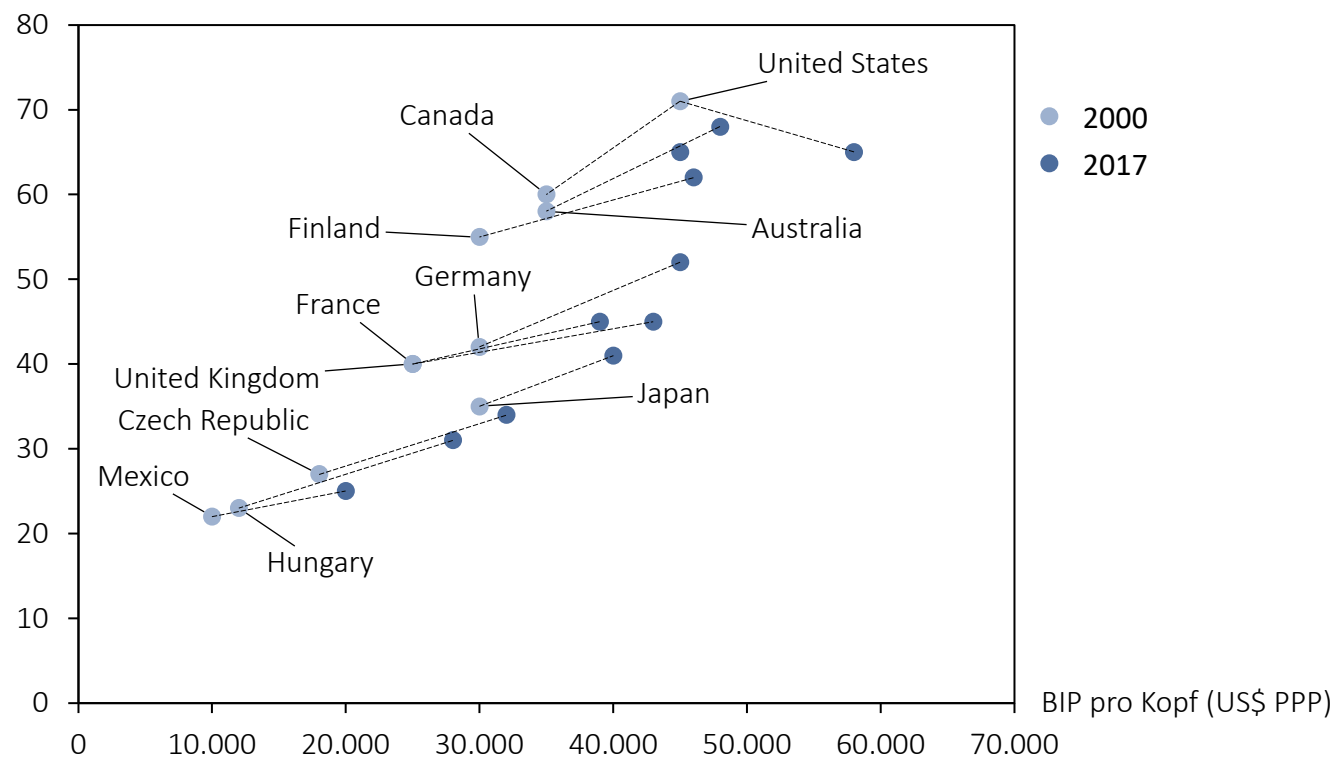
07 Wohlstand und Wohnfläche



Zusammenhang zwischen durchschnittlich genutzter Bodenfläche / Person und Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf zwischen 2000 und 2017

Quelle: Lamb et al. (2021).

Bodenfläche (m²/Person)



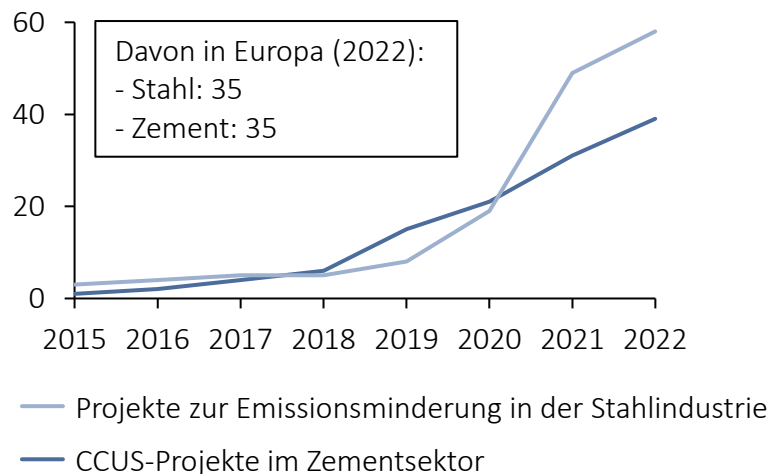


07 Gebäude: Marktentwicklungen in Stahl, Zement, Wasserstoff



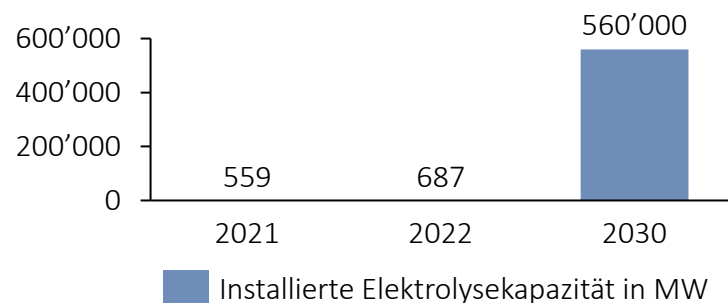
Kumulative Anzahl angekündigter Klimaprojekte im globalen Stahl- und Zementsektor

Stand Ende 2022, Boehm et al. (2023)



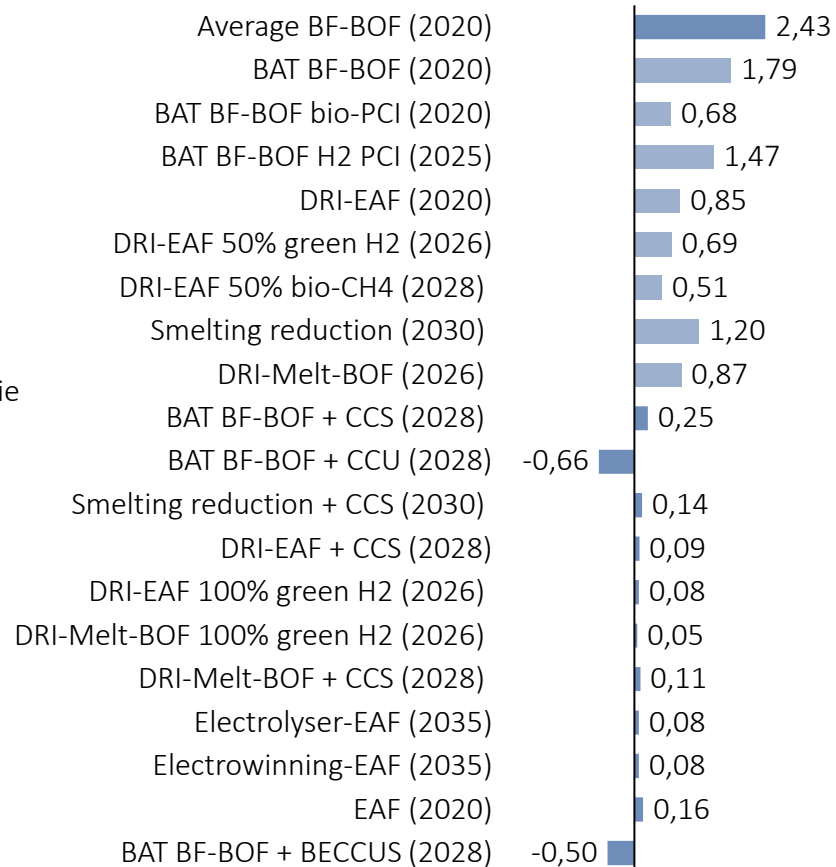
Global installierte Elektrolysekapazität 2021/2022 und IEA-Benchmark 2030

Stand Ende 2022, Boehm et al. (2023)



Emissionsintensität verschiedener Stahlproduktionsverfahren

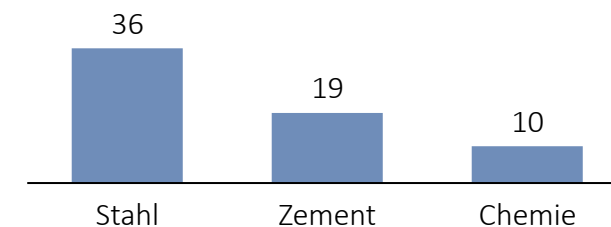
Mission Possible Partnership (2022)



Tonnen CO2 / t Stahl (Scope 1 und 2)
(in Klammer: Kommerzielle Verfügbarkeit)

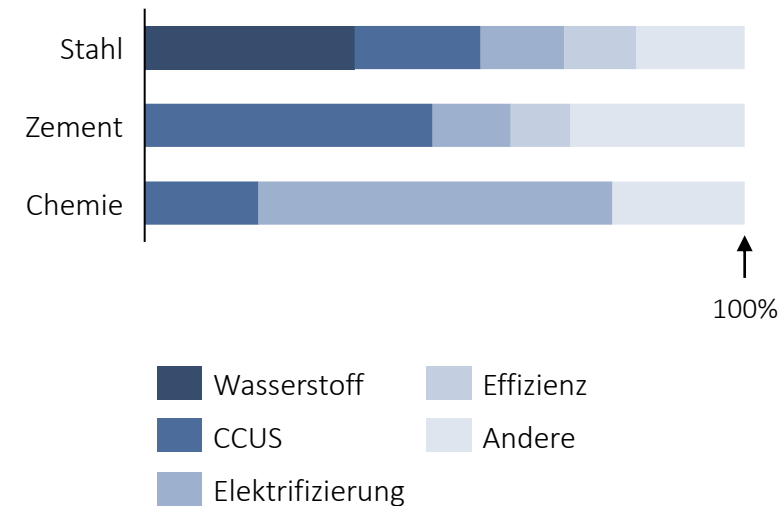
Kumulative Reduktionsziele der Industrie

Stand Ende 2022, in Gt CO₂, BloombergNEF (2022)



Geplante Technologien, um Reduktionsziele zu erreichen

Stand Ende 2022, in %, BloombergNEF (2022)





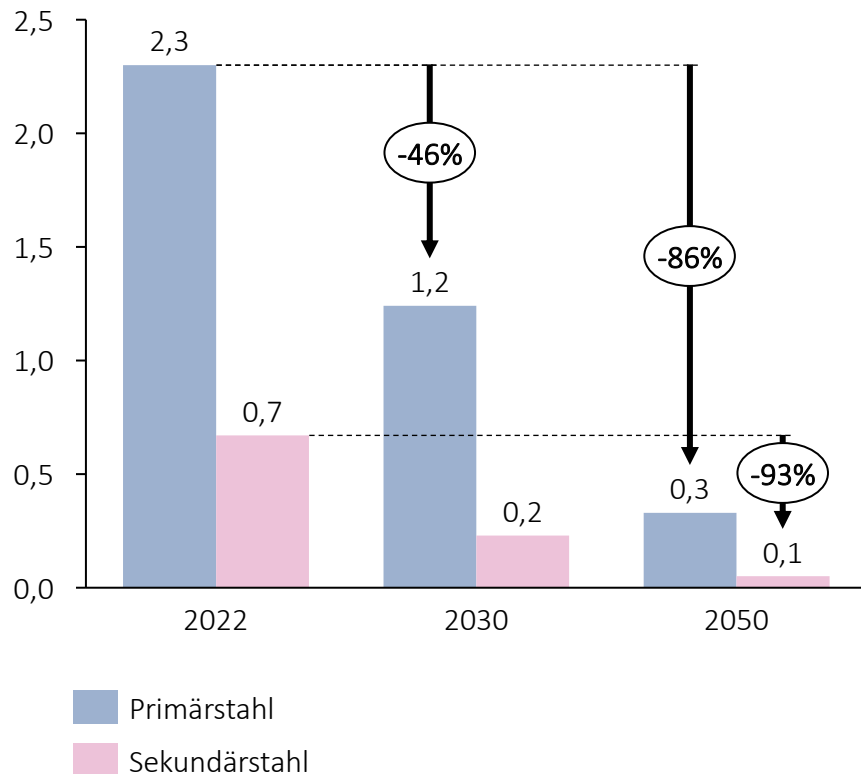
07 Marktentwicklungen in der Stahl- und Zementindustrie



Reduktionszielpfade der globalen Stahlindustrie

Quelle: WEF (2023).

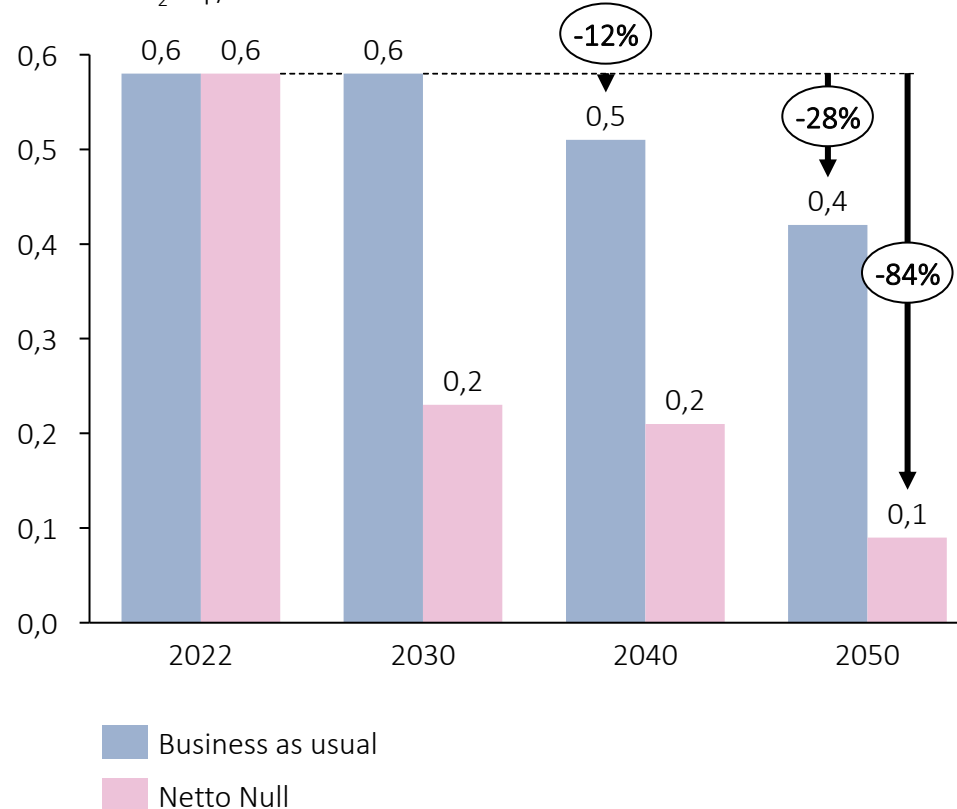
Tonnen CO₂-eq / Tonne Stahl



Reduktionspfade der globalen Zementindustrie

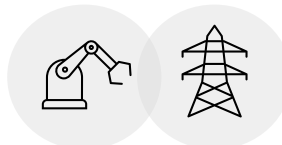
Quelle: WEF (2023) auf Basis von IEA-Szenarien.

Tonnen CO₂-eq / Tonne Zement





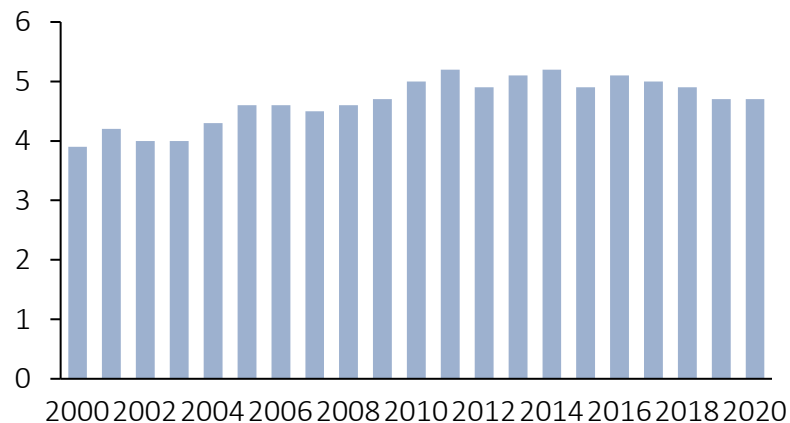
07 Marktentwicklungen in der Zementindustrie



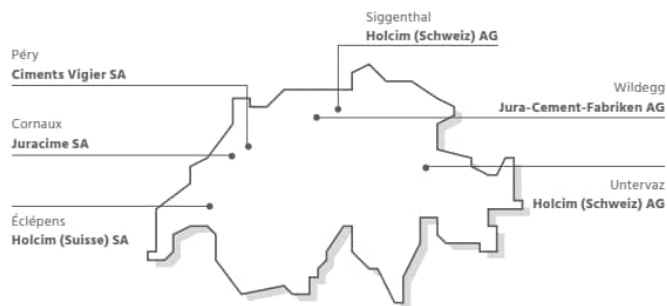
Zementbedarf und Produktionsstandorte der Schweiz

Quelle: cemsuisse (2021).

Zementbedarf in der Schweiz in Millionen Tonnen



Produktionsstandorte



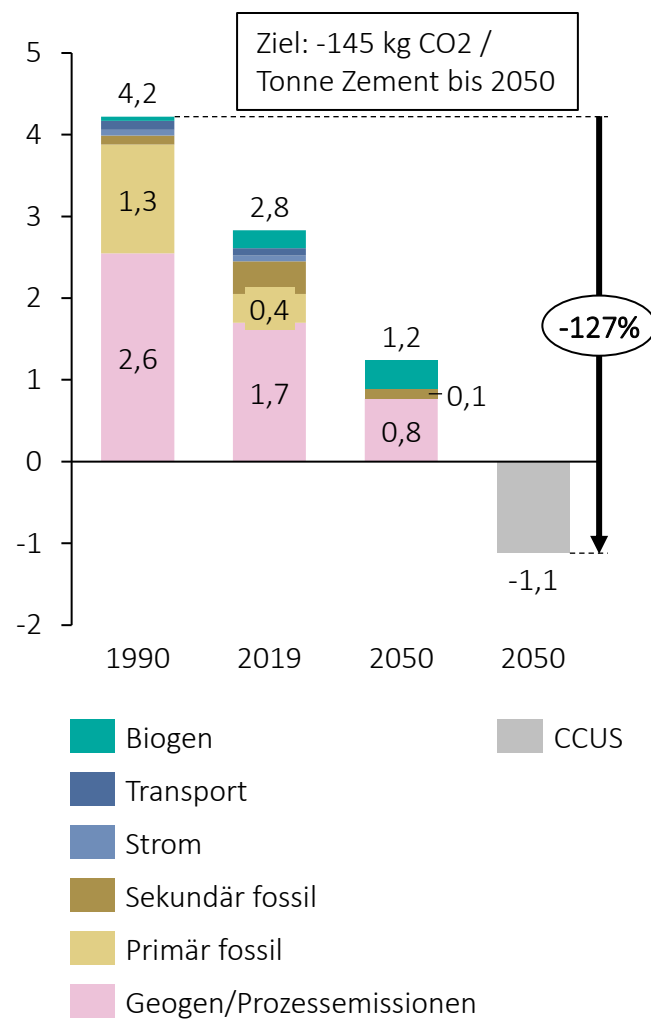
INFRAS

Quelle: cemsuisse (2021).

Vergangene und geplante CO₂-Reduktion laut Klima-Roadmap

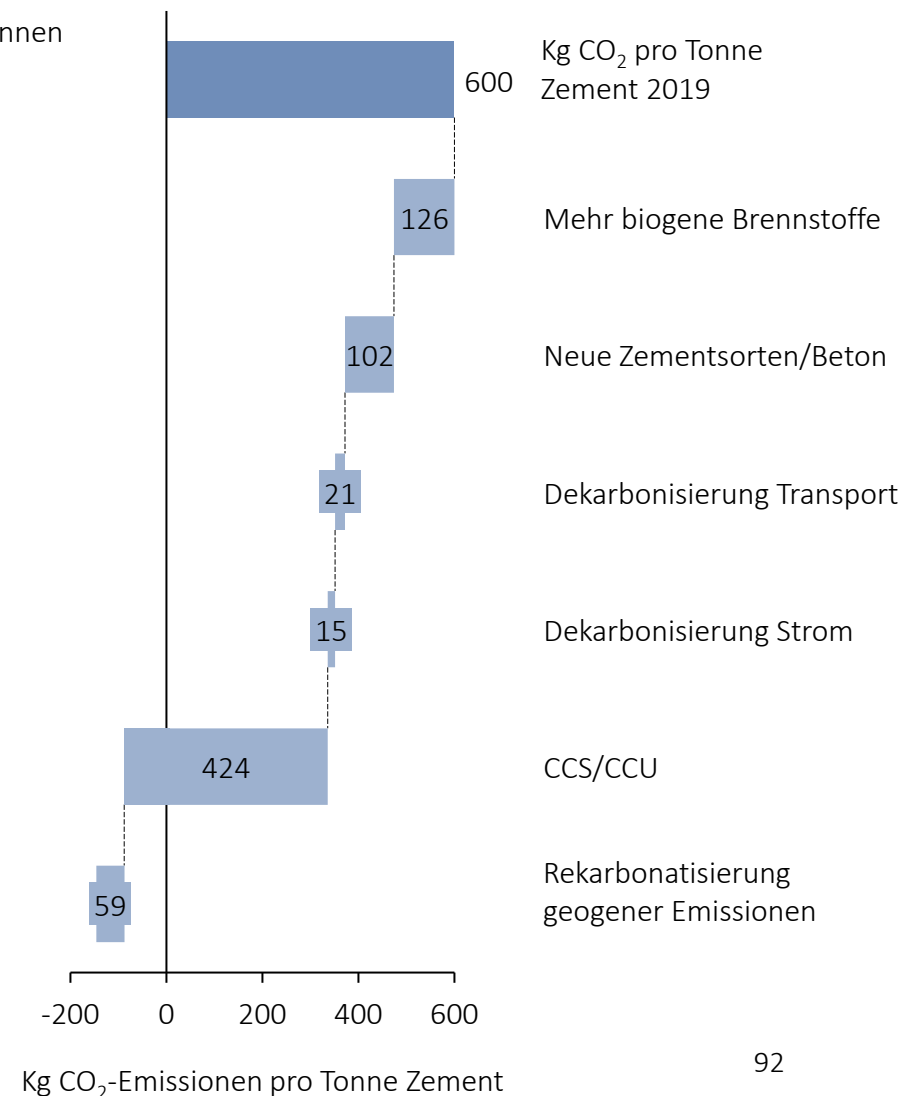
Quelle: cemsuisse (2021).

Gesamtemissionen der Zementindustrie in Millionen Tonnen



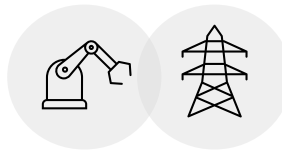
Hebel für Emissionsreduktionen der CH-Zementindustrie

Quelle: cemsuisse (2021).





07 Marktentwicklungen in der Zementindustrie



Mögliche THG-Reduktionsansätze in der Zementindustrie

Quelle: RMI (2021).

| Massnahme | Beschreibung | Marktreife |
|--|---|---|
| Zementproduktion mit alternativen Brennstoffen | Die Verwendung alternativer Brennstoffe für den Heizprozess während der Produktion von Klinker für normalen Portlandzement würde etwa 40% des derzeitigen eingebetteten Kohlenstoffs der Zementproduktion adressieren. Dies ist technisch machbar, wurde jedoch noch nicht in großem Maßstab getestet. Der Prozess würde die mit chemischen Prozessen verbundenen Emissionen nicht adressieren. | Dies befindet sich noch in den frühen Entwicklungsstadien. |
| «Lebende» Materialien | Selbstheilende Materialien, einschließlich Beton, können den eingebetteten Kohlenstoff reduzieren, indem sie die Lebensdauer bestimmter Materialien verlängern, die durch Materialversagen begrenzt sind. Einige lebende Materialien können den eingebetteten Kohlenstoff weiter reduzieren, indem sie Kohlendioxid aus der Atmosphäre während des Formungsprozesses sequestrieren. | Die meisten selbstheilenden und/oder lebenden Materialien befinden sich in den frühen Stadien der Laborentwicklung. |
| Typ IL-Zementprodukte | Die Verwendung von Kalkstein als zusätzliches zementartiges Material (SCM) stellt einen wichtigen, kostengünstigen und weit verbreiteten ersten Schritt zur Reduzierung der eingebetteten Emissionen von Beton dar. Kalkstein ist das am häufigsten verfügbare SCM, da es bereits in Zement vorhanden ist und Lagerstätten weit verbreitet sind. Das Gesamtemissionsminderungspotenzial von Kalkstein ist durch die Substitutionsgrenzen (15 % nach ASTM) begrenzt, was die Festigkeitsreduktion widerspiegelt, die mit der Verwendung von Kalkstein als SCM verbunden ist. | Mehrere Produkte sind in den Vereinigten Staaten erhältlich. |



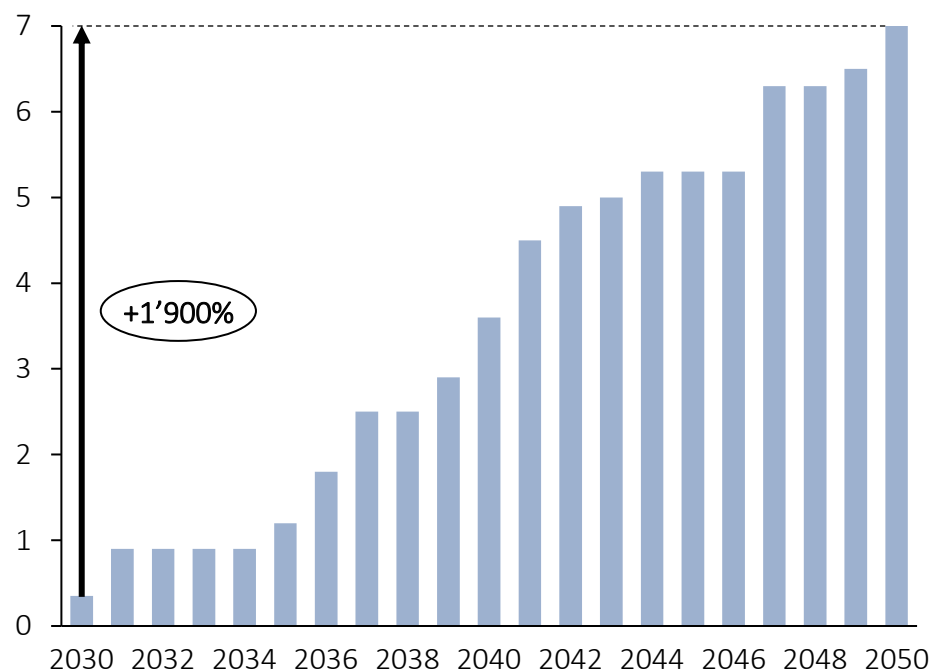
07 CCS-Infrastruktur in der Schweiz



Zielfad für den Ausbau von CO₂-Abscheidung in der Schweiz

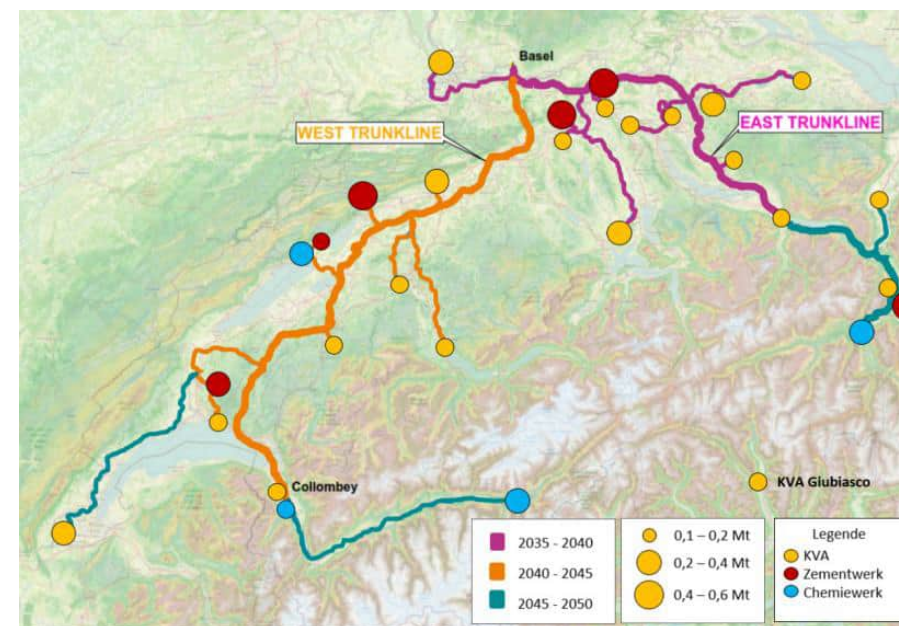
Quelle: BAK Economics (2023).

Kumulierte jährliche abgeschiedene Menge in Millionen Tonnen CO₂



Zielbild für den Ausbau von CO₂-Infrastruktur in der Schweiz

Quelle: BAK Economics (2023).



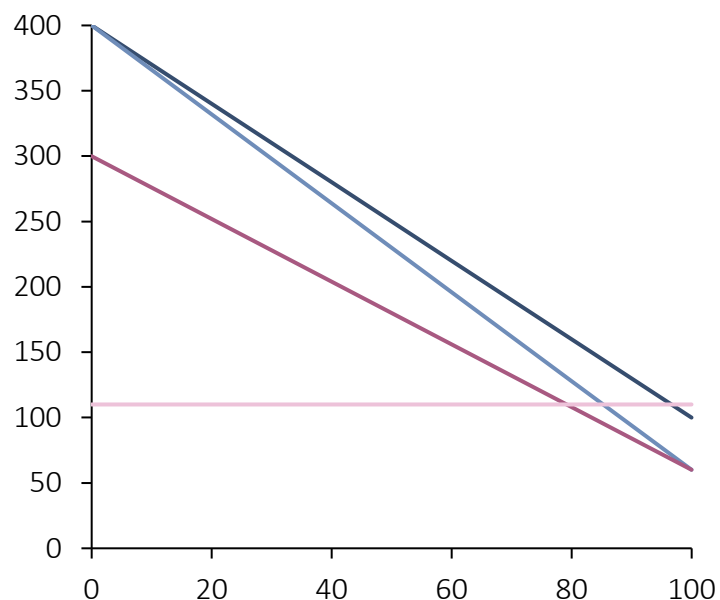


07 Marktentwicklungen in der Stahlindustrie



Vorgeschlagene Grenzwerte für Emissionsintensitäten von «grüner» Stahlproduktion
Verschiedene Industriegrenzwerte, Quelle: IEA (2023).

Kg CO₂-eq/Tonne Rohstahl

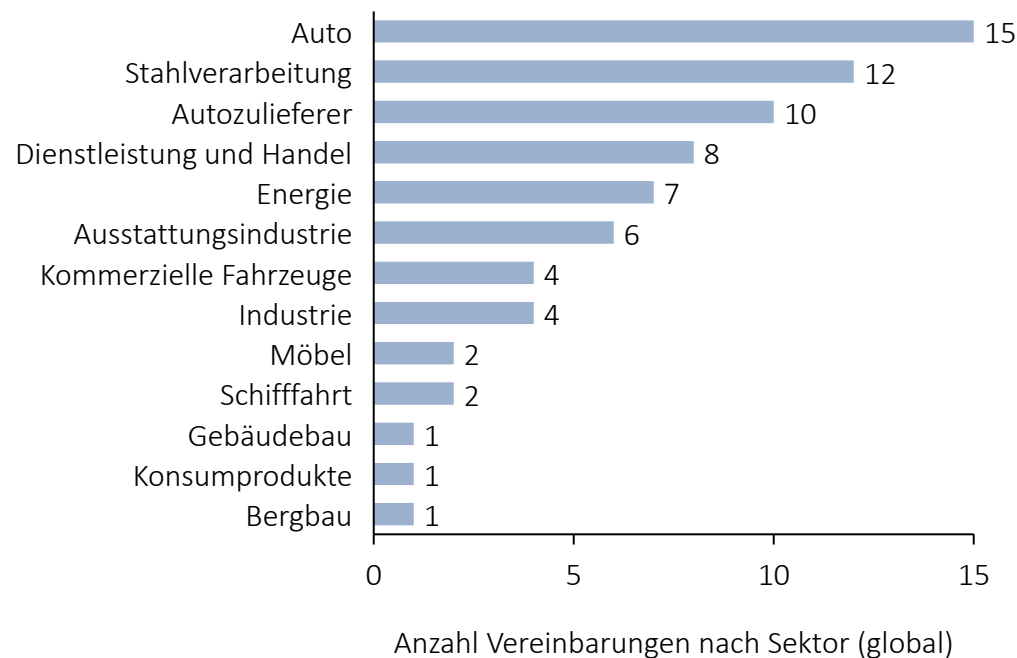


— First Movers Coalition — SSAB
— ResponsibleSteel — GSCC 2050

Abnahmevereinbarungen / Garantien für grünen Stahl

Quelle: BloombergNEF (2023). Stand Ende 2023.

Als Teil von FMC, SteelZero, oder individuell.



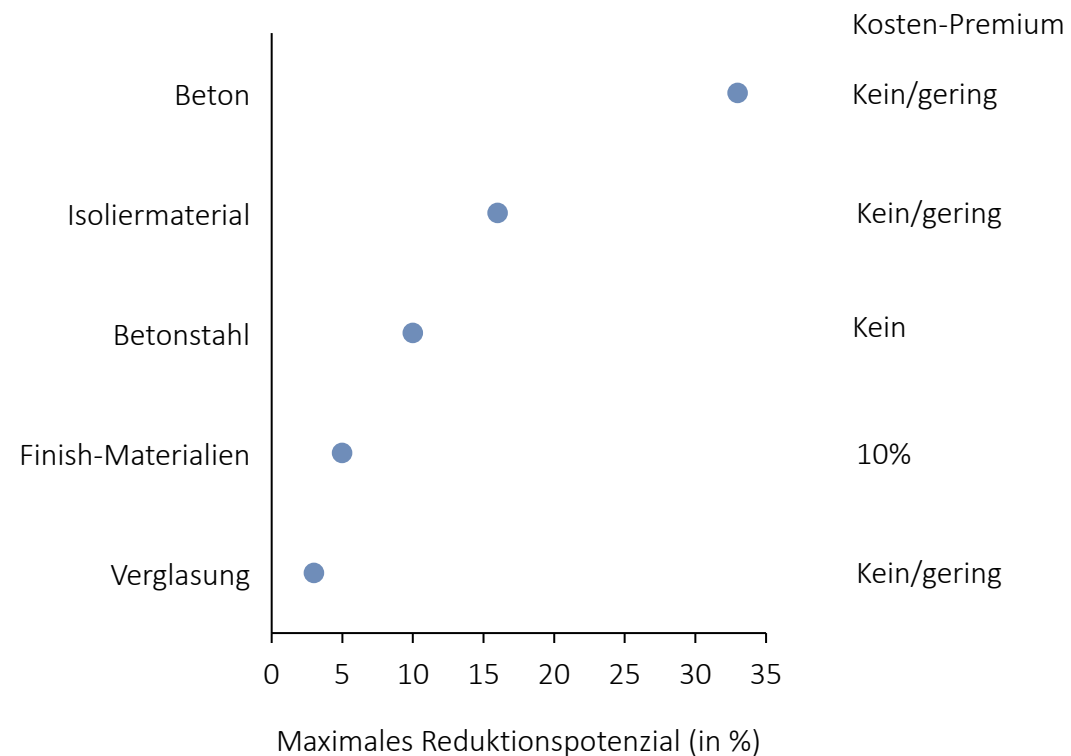


07 Marktentwicklungen im Bereich Gebäude



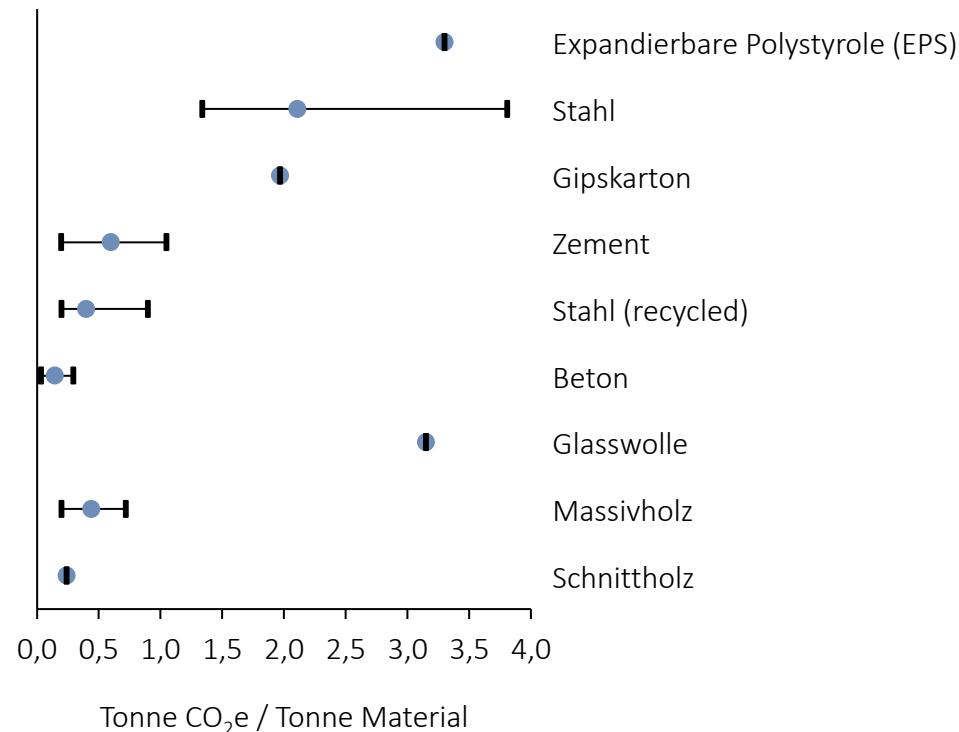
Top-Kategorien für die Reduktion von grauen Emissionen in Gebäuden

Quelle: RMI (2021)



CO₂e-Emissionen und Speicherkapazität von Baumaterialien

Quelle: Churkina et al. (2020); RMI (2021), Stand 2020

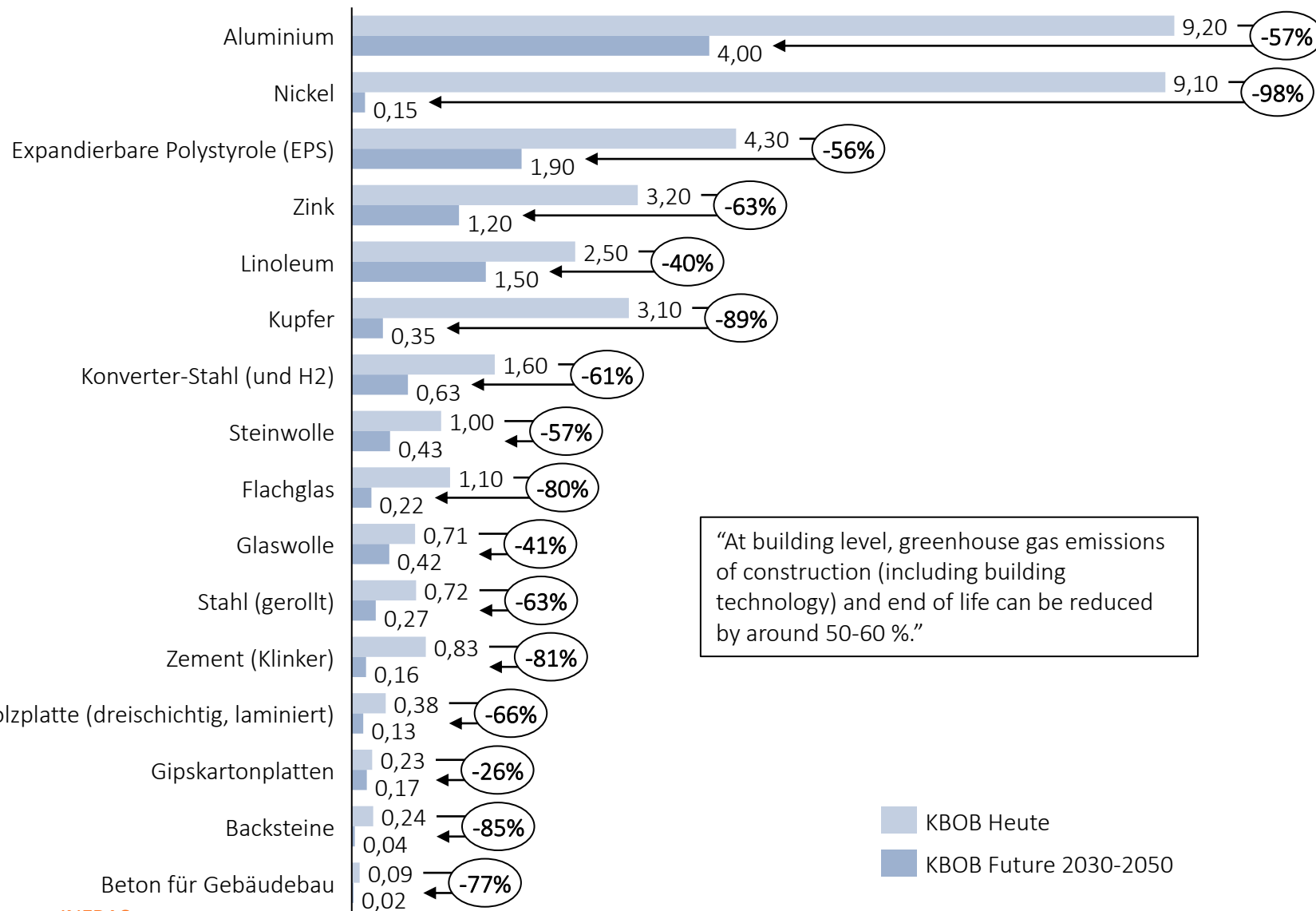




07 Marktentwicklungen im Bereich Gebäude

CO₂e-Emissionen von 1kg Baumaterial - Heute (KBOB) und 2030-2050 („KBOB Future“)

Quelle: Alig et al (2021). Auf Basis von KBOB-Methodik.



INFRAS

Quelle: Alig et al. (2021).

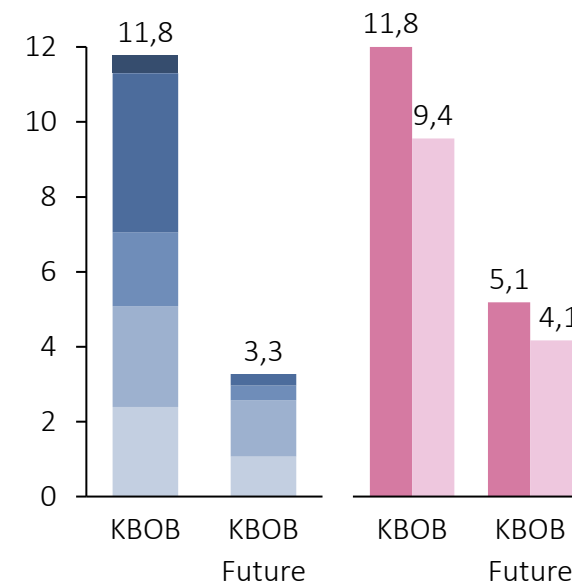


Gesamtemissionen

Beispiel Wohngebäude Rautistrasse Zürich

Quelle: Alig et al (2021). Auf Basis von KBOB-Methodik

kg CO₂e / m₂a

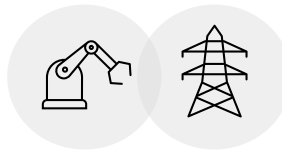


- Rohbau bis Bodenplatte (D0-D2)
- Rohbau oberhalb Bodenplatte (E0-E6)
- Ausbau Gebäude (M1, M3-M5)
- Installationen und Transportanlagen (I)
- Betriebe (B)

- Gebäude Betrieb und Bau
- Gebäude ohne Betrieb



07 Marktentwicklungen im Bereich Gebäude



Einstufung des Zeithorizonts für die Einführung der Emissionsreduktions-Massnahmen in verschiedenen Baumaterialien
Quelle: Alig et al (2021).

| | Kurzfristig (2025) | Mittelfristig (2035) | Langfristig (2050) |
|---|---|--|--|
| Zement (Klinker) und Beton für Gebäudebau | <ul style="list-style-type: none">Energiesparpotenzial bei der KlinkerherstellungErsatz von fossilen Brennstoffen durch Biogas bei der Betonherstellung (wenn verfügbar) | <ul style="list-style-type: none">CCS in der Klinkerproduktion | <div>Emissionsreduktions-Massnahmen über Optimierung Baumaterialien hinaus (Pöll 2022):<ul style="list-style-type: none">Mehr Instandsetzungen anstelle ErsatzneubautenSuffizienzUnterirdisches Volumen reduzierenHolzbauMaterialeffizienzAlternative BaumaterialienReuse Bauteile<div>Zusätzlich Senken<ul style="list-style-type: none">Carbonatisierung BetonPflanzenkohle in BetonHandabdruck Holz</div></div> |
| Backsteine | <ul style="list-style-type: none">Einführung und aktive Nutzung von EnergiemanagementsystemenOptimierte KühlzonenAbwärmenutzungWärmerückführung zur TrocknungSubstitution von Erdgas durch Biogas | <ul style="list-style-type: none">Mikrowellenunterstützte Gasfeuerung (MAGF)CCS | |
| Gipskartonplatten | <ul style="list-style-type: none">Substitution von Erdgas durch BiogasVerwendung von β-Halbhydrat aus Naturgips anstelle von REA | | |
| Flachglas | <ul style="list-style-type: none">AbwärmenutzungNOx-armer BrennerOptimierte VerbrennungSchnelle ReaktionSubstitution von fossilen Brennstoffen durch Biogas | <ul style="list-style-type: none">Substitution fossiler Brennstoffe durch ElektrizitätCCS | |
| Aluminium | <ul style="list-style-type: none">Erneuerbarer Strommix | <ul style="list-style-type: none">Verringerung der PFC-Emissionen | |
| Kupfer | <ul style="list-style-type: none">Nutzung von AbwärmeUmstellung auf Biogas | <ul style="list-style-type: none">Einführung der besten verfügbaren ProduktionstechnologieCCS | <ul style="list-style-type: none">Künftiger Strommix |
| Nickel | <ul style="list-style-type: none">Realisierung von EnergieeinsparpotenzialenUmstellung auf Biogas | <ul style="list-style-type: none">CCS | <ul style="list-style-type: none">Künftiger Strommix |
| Stahl | <ul style="list-style-type: none">Einführung des Verfahrens der Direktreduktion mit Wasserstoff zur Stahlerzeugung | <ul style="list-style-type: none">Wasserstoffproduktion und -speicherung | <ul style="list-style-type: none">Erneuerbarer Strommix |
| Holzplatte (dreischichtig, laminiert) | <ul style="list-style-type: none">Substitution von Erdgas durch BiogasNutzung der aus Produktionsrückständen gewonnenen WärmeDiesel für Maschinen durch Biogas ersetzt | | |



07 Policy-Entwicklungen im Bereich Gebäude



Übersicht zu verschiedenen Regulierungen und Labels in ausgewählten Ländern

Quelle: One Click LCA (2022)

| | Freiwillige Labels | Methode für öffentliche Gebäude | Gebäudestandards | Produktregulierung | Produktdatenbasis |
|------------------------|--|---|---------------------------|---|--|
| Österreich | IBO Ökopass; Klimaaktiv; BREEAM AT; Ökoindex OI3; TGB-Bewertung | - | - | - | Baubook (Freiwillig) |
| Frankreich | Bâtiments Bas Carbone (BBCA); Haute Qualité Environnementale (HQE); Bâtiment à Énergie Positive & Réduction Carbone (E+C-) | E+C- | RE 2020 | Déclaration environnementale des produits de construction | INIES (Regulatorisch) |
| Deutschland | DGNB; BREEAM DE; Nachhaltiger Wohnungsbau | Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) | | - | OKOBAU.DAT |
| Italien | Casaclima Nature; GBC Home; Protocollo ITACA | Criteria ambientali Minimi (CAM) | - | CAM öffentliche Beschaffungsregeln | EPD Italy (Freiwillig) |
| Niederlande | BREAAM NL; GPR Gebouw | - | MPG + the building degree | - | NMD (Regulatorisch) |
| Norwegen | BREAAM NOR; FutureBuilt; Powerhouse | Statsbygg Anforderungen | TEK17 | - | EPD Norge (Freiwillig) |
| Schweden | Miljöbyggnad; NollCO2; BREEAM SE | Klimatdeklaration av byggnader | Gesetz 2021:787 | - | Boverket; The International EPD System |
| Schweiz | Minergie; SGNi; Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz (SNBS) | SIA Merkblatt 2032 (nicht verpflichtend) | - | - | KBOB |
| Vereinigtes Königreich | BREEAM UK; Home Quality Mark; Whole life carbon for the built environment (RICS) | - | London Plan | - | Built Environment Carbon Database |

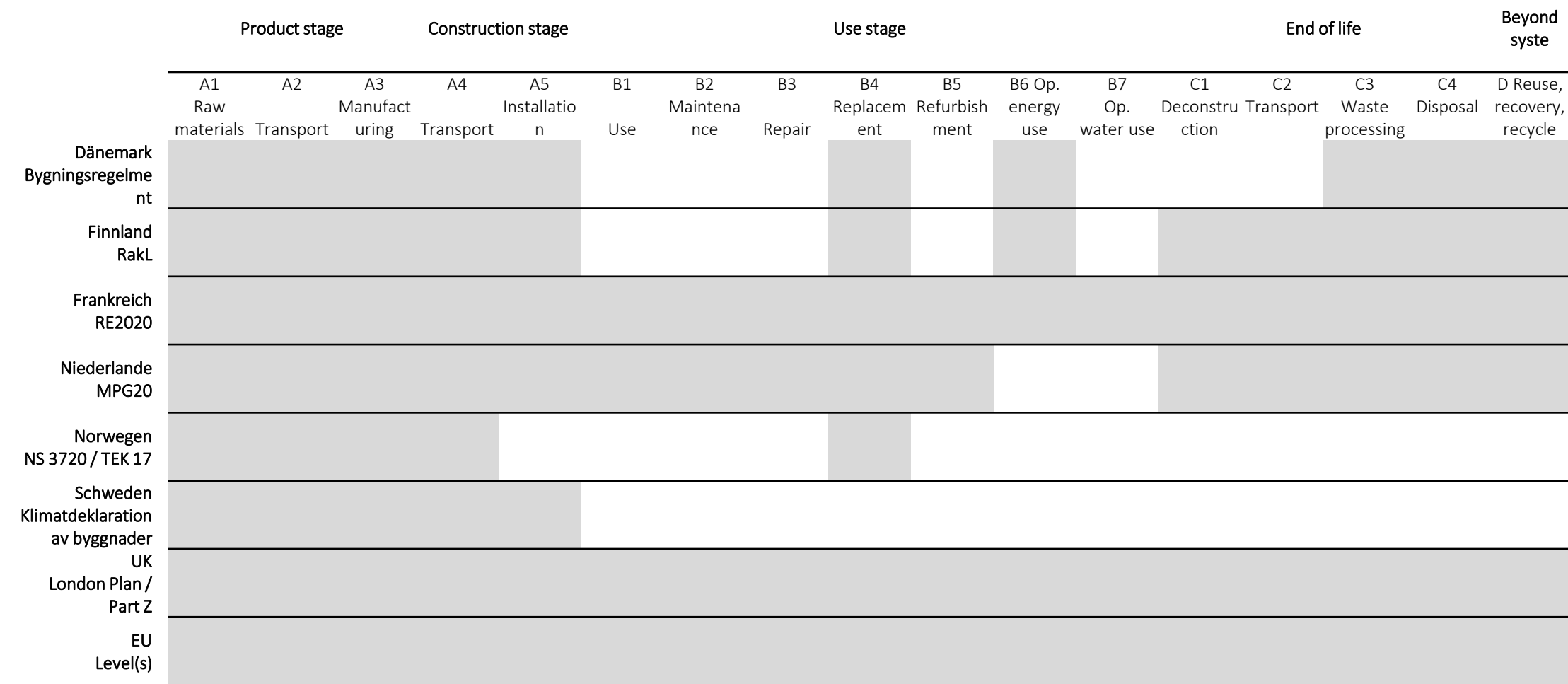


07 Policy-Entwicklungen im Bereich Gebäude



Übersicht zu verschiedenen Regulierungen ausgewählten Ländern in Bezug auf die Abdeckung verschiedener Phasen des Gebäudelebenszykluses

Quelle: One Click LCA (2022)



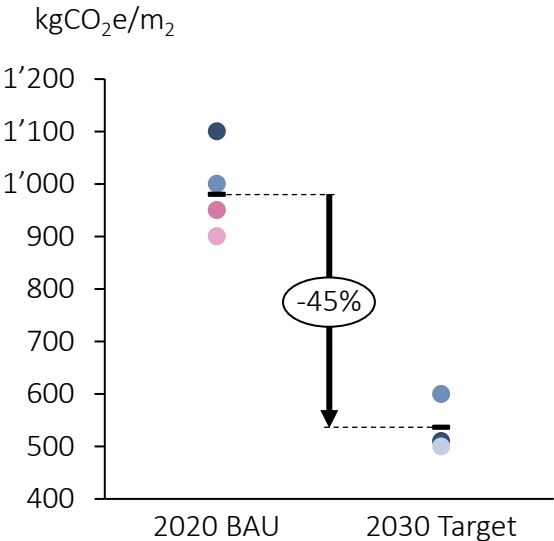


07 Ziele und Massnahmen im Bereich Gebäude



Zielwerte für graue Emissionen in Gebäuden von Branchenverbänden/sonstigen Akteuren

Quelle: WBCSD und Arup (2021), in kgCO₂e/m²



- Royal Institute of British Architects (RIBA)
- London Energy Transformation Initiative (LETI)
- Greater London Authority (GLA)
- Carbon Leadership Forum (CLF)
- One Click LCA Ltd
- Durchschnitt

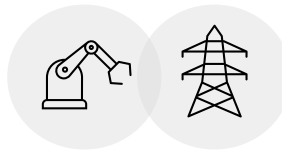
Obergrenzen für graue Emissionen in Neubauten (Wohn- und Nichtwohnbauten) in verschiedenen EU-Ländern

Quelle: BPIE (2022)

| Länder | Metrik | Verpflichtende Obergrenze | Einführungsjahr |
|-------------|----------------|---------------------------|-----------------|
| Schweden | kg CO2 eq/m2/y | - | 2022 |
| Dänemark | kg CO2 eq/m2/y | 12 kg | 2023 |
| Niederlande | Euro/m2/y | 1 | 2018 |
| Frankreich | kg CO2 eq/m2 | 640-740 kg | 2022 |

08 Ernährung





Optionen für die Umgestaltung des Ernährungssektors im Rahmen der planetarischen Grenzen für THG-Emissionen
Quelle: Springmann et al. (2021).

| Diät-Szenario | Tech-Szenario | Waste Szenario | SSP1 | SSP2 | SSP3 |
|---------------|---------------|----------------|------|------|------|
| Baseline | Baseline | Baseline | 4 | 4 | 4 |
| | | Waste/2 | 4 | 4 | 4 |
| | | Waste/4 | 4 | 4 | 4 |
| | Tech | Baseline | 4 | 4 | 4 |
| | | Waste/2 | 4 | 4 | 4 |
| | | Waste/4 | 4 | 4 | 4 |
| | Tech+ | Baseline | 4 | 4 | 4 |
| | | Waste/2 | 4 | 4 | 4 |
| | | Waste/4 | 4 | 4 | 4 |
| Richtlinien | Baseline | Baseline | 4 | 4 | 4 |
| | | Waste/2 | 4 | 4 | 4 |
| | | Waste/4 | 4 | 4 | 4 |
| | Tech | Baseline | 4 | 4 | 4 |
| | | Waste/2 | 4 | 4 | 4 |
| | | Waste/4 | 4 | 4 | 4 |
| | Tech+ | Baseline | 4 | 4 | 4 |
| | | Waste/2 | 4 | 4 | 4 |
| | | Waste/4 | 4 | 3 | 4 |
| Flexitarisch | Baseline | Baseline | 3 | 2 | 3 |
| | | Waste/2 | 1 | 1 | 2 |
| | | Waste/4 | 1 | 1 | 1 |
| | Tech | Baseline | 2 | 1 | 2 |
| | | Waste/2 | 1 | 1 | 1 |
| | | Waste/4 | 1 | 1 | 1 |
| | Tech+ | Baseline | 1 | 1 | 2 |
| | | Waste/2 | 1 | 1 | 1 |
| | | Waste/4 | 1 | 1 | 1 |

Die Analyse setzt sich zusammen aus Kombinationen von:

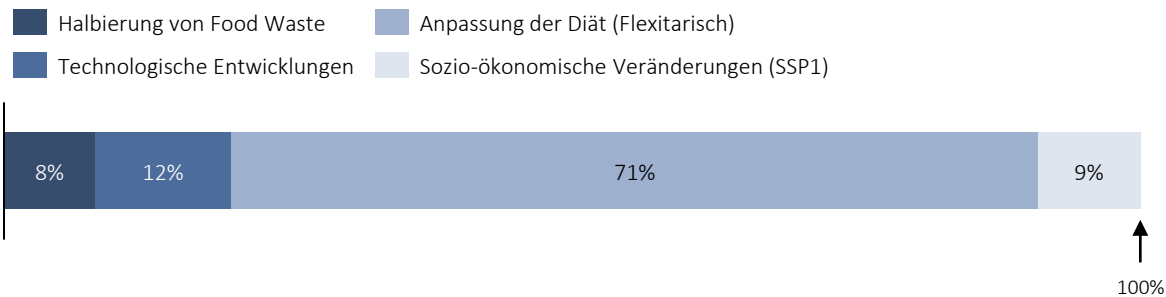
- Ernährungsumstellung: Baseline, offizielle Ernährungsrichtlinien der Länder, Flexitarisch (mehr Pflanzen-basiert)
- Technologischem Wandel: Mittlerer Ergeiz in Innovation (tech) und ehrgeizigeren technologischen Schritten (tech+)
- Veränderungen bei Verlusten und Abfällen: Reduktion der Abfälle um 50% (Abfall/2) und 75% (Abfall/4)
- Sozioökonomischen Entwicklungspfade: Optimistischer Pfad mit hohem Einkommen und geringem Bevölkerungswachstum (SSP1), mittlerer Pfad (SSP2), pessimistischerer Pfad (SSP3).

Diese Änderungen werden auf die Bedingungen im Jahr 2050 (Baseline) angewandt.

Farben und Zahlen bezeichnen Kombinationen, die sich zu den planetarischen Grenzen wie folgt verhalten:

- Kombination unterhalb der unteren Grenze der planetarischen Grenze (dunkelgrün, 1)
- Kombination unter dem Mittelwert, aber über dem Mindestwert der planetarischen Grenze (hellgrün, 2),
- Kombination oberhalb des Mittelwerts, aber unterhalb des Maximalwerts der planetarischen Grenze (orange, 3),
- Kombination oberhalb des Maximalwerts der planetarischen Grenze (rot, 4).

Kombination und relative Beiträge von Minderungsmaßnahmen, welche die THG-Emissionen unter die mittleren Werte des planetarischen Grenzbereichs bringen.
Quelle: Springmann et al. (2021). In %



8%

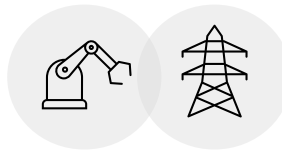
12%

71%

9%

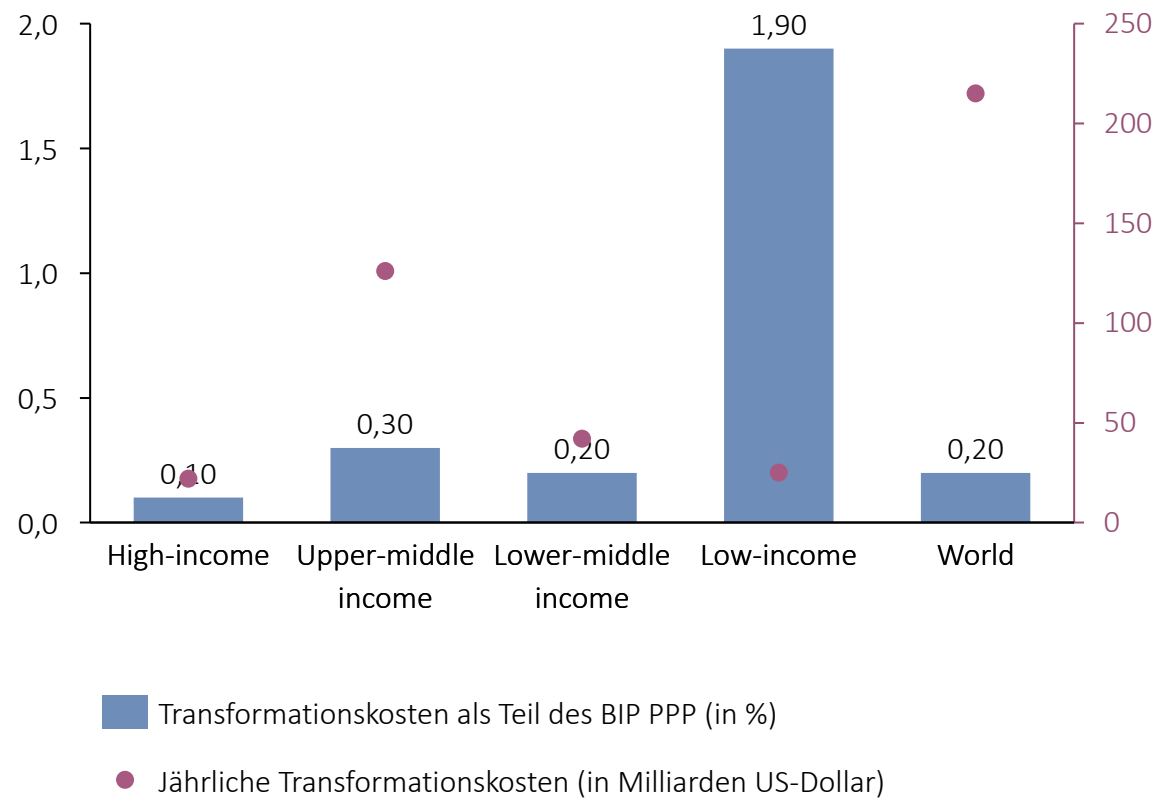
100%

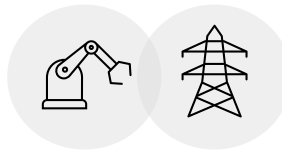
08 Marktentwicklungen im Bereich Ernährung



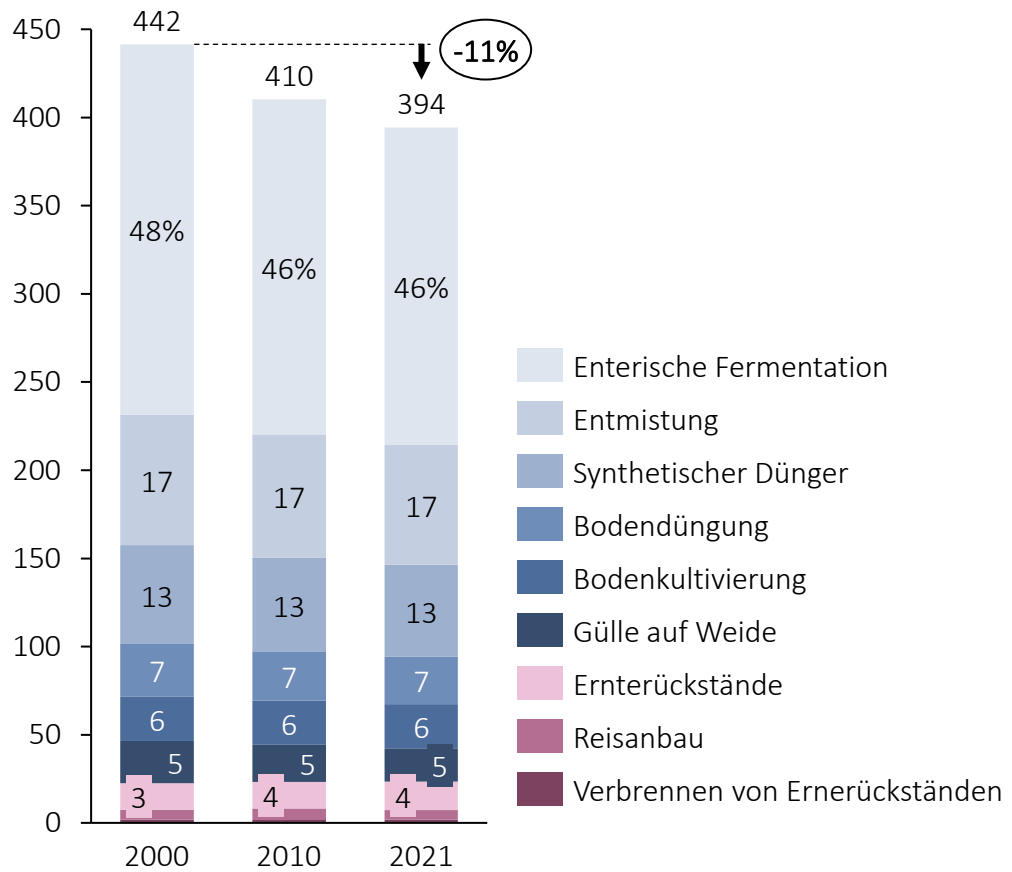
Kosten für die Umstellung des Ernährungssystems und Einordnung in BIP und andere volkswirtschaftliche Indikatoren.
Quelle: Food System Economics Commission (2024).
In Milliarden US-Dollar.

Jährliche Transformationskosten im Landwirtschaftsbereich als Anteil am BIP (in %) *Jährliche Transformationskosten (in Milliarden US-Dollar)*

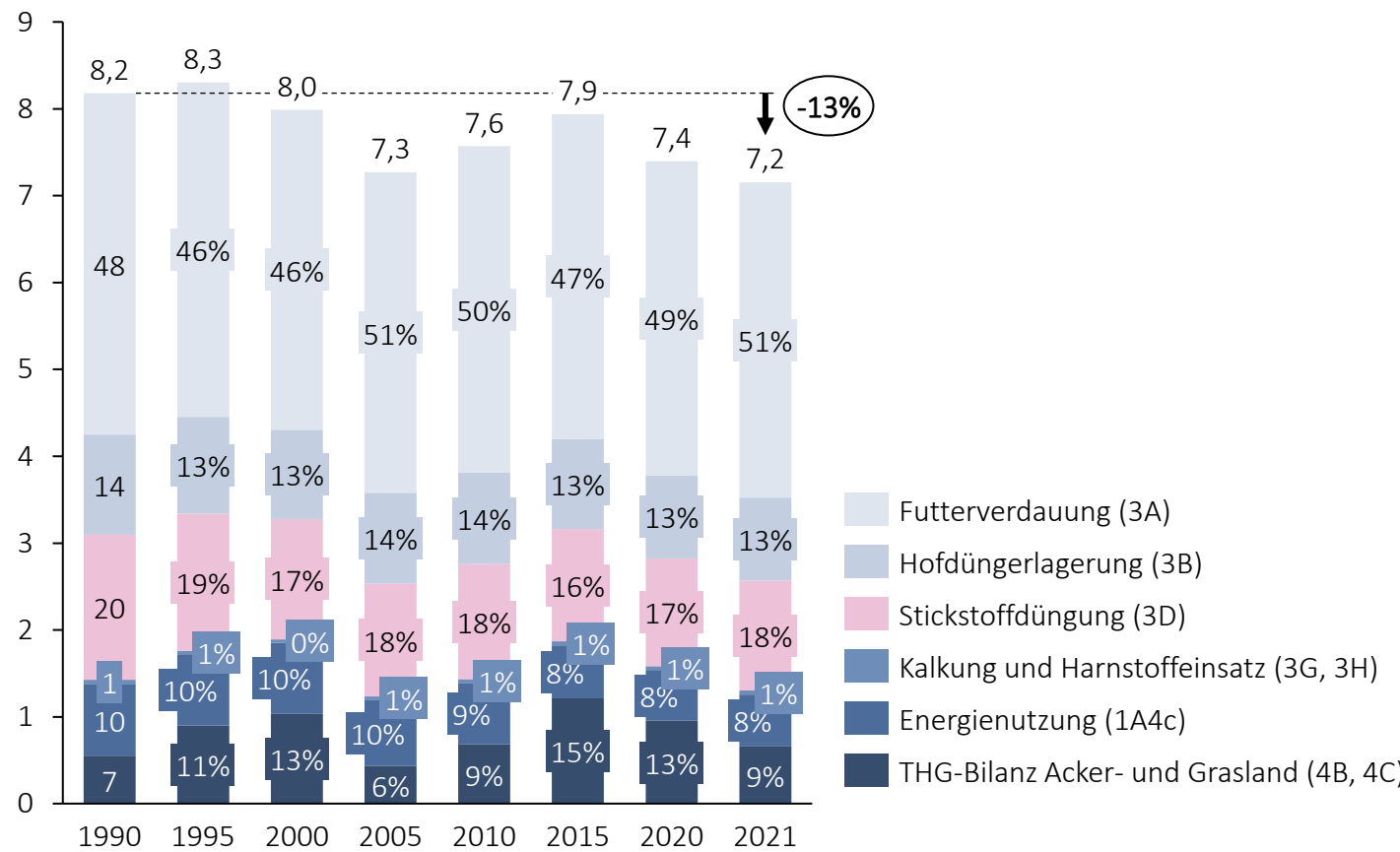


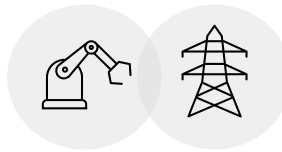


THG-Emissionen in der Landwirtschaft der EU-27-Länder 2000-2021.
Quelle: Climate Watch Data (2024), zugegriffen am 14.07.2024.
In Millionen Tonnen CO₂-eq

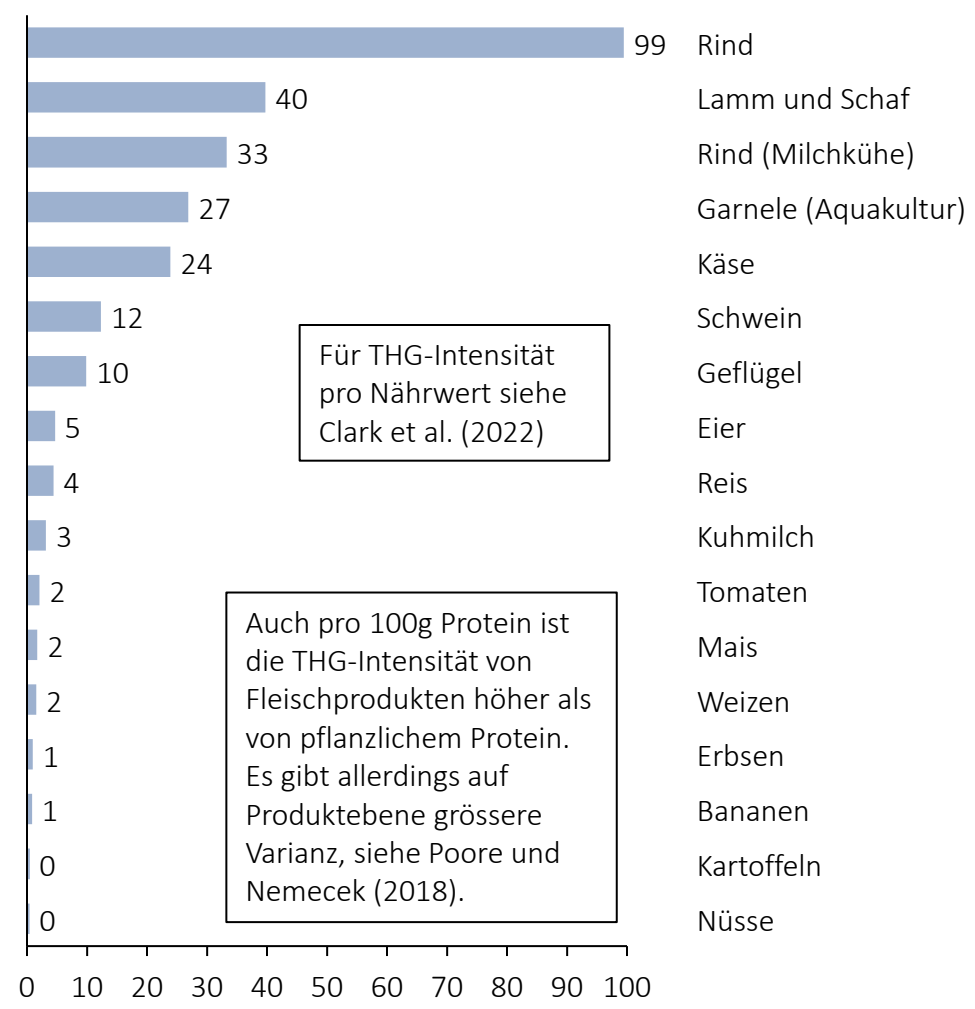


THG-Emissionen in der Landwirtschaft der Schweiz 1990-2021
Quelle: Agrarbericht Schweiz (2023)
In Millionen Tonnen CO₂-eq





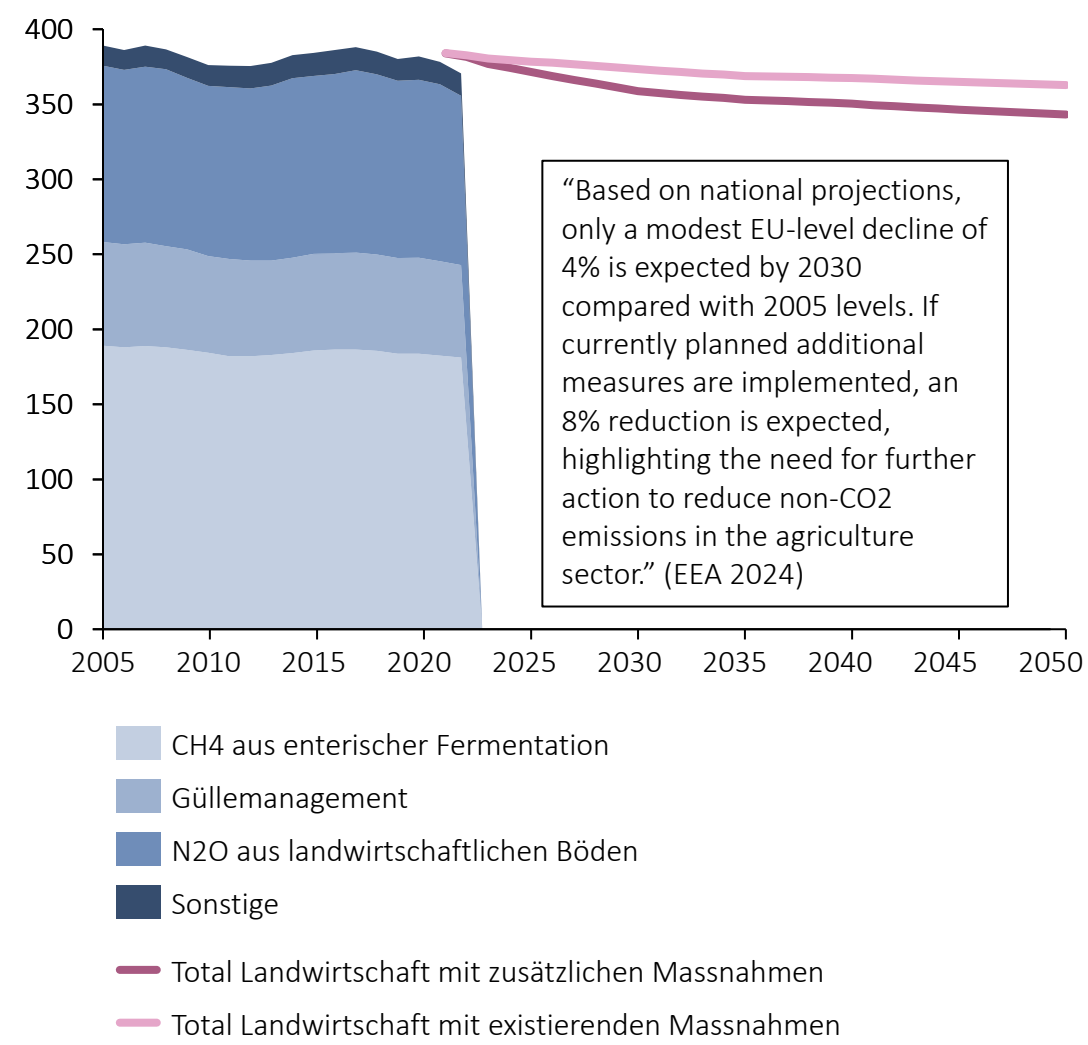
THG-Intensität verschiedener Lebensmittel
Quelle: Poore und Nemecek (2018), Mittelwert, global
In kg CO₂eq / kg Lebensmittel

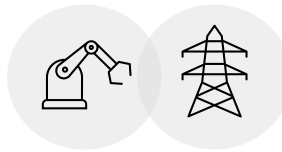


Für THG-Intensität pro Nährwert siehe Clark et al. (2022)

Auch pro 100g Protein ist die THG-Intensität von Fleischprodukten höher als von pflanzlichem Protein. Es gibt allerdings auf Produktebene grössere Varianz, siehe Poore und Nemecek (2018).

Status Quo und Ziele für THG-Emissionen (ausser CO₂) in der europäischen Landwirtschaft, Stand 2024
Quelle: EEA (2024), in Millionen Tonnen CO₂eq

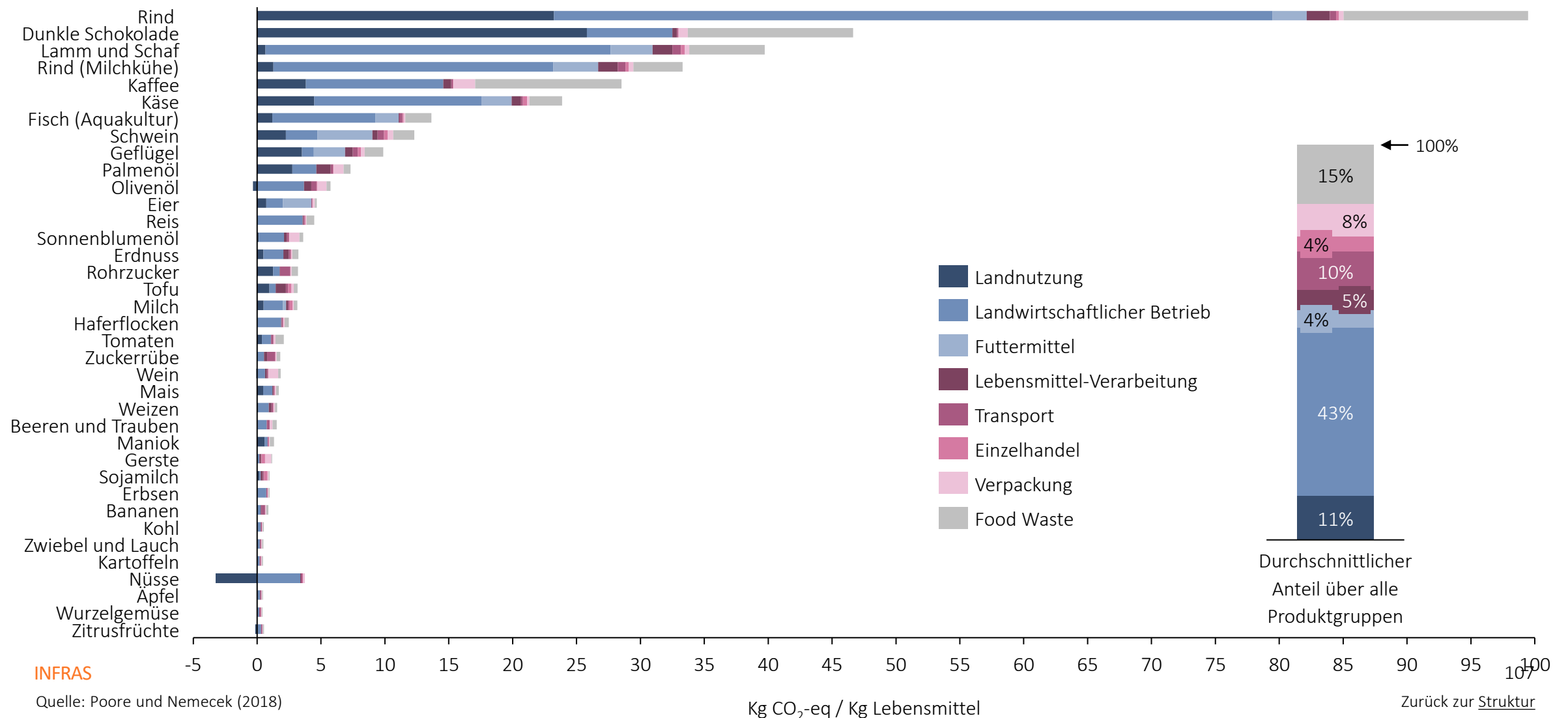




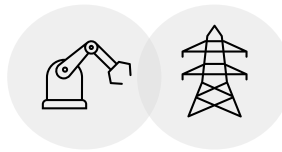
Anteil verschiedener Teile der Lebensmittel-Wertschöpfungskette an den Emissionen von Lebensmitteln

Quelle: Poore und Nemecek (2018), Our World in Data.

In kg CO₂eq / kg Lebensmittel

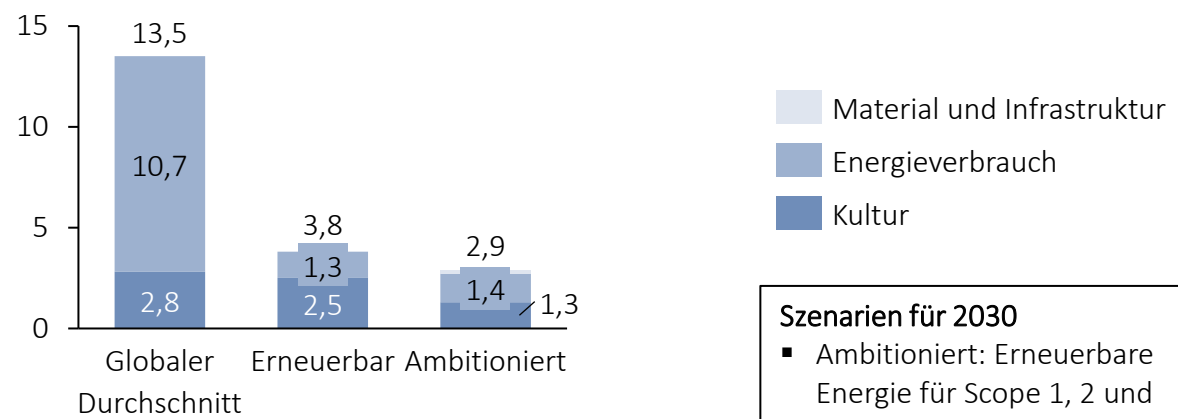


08 Marktentwicklungen im Bereich Ernährung



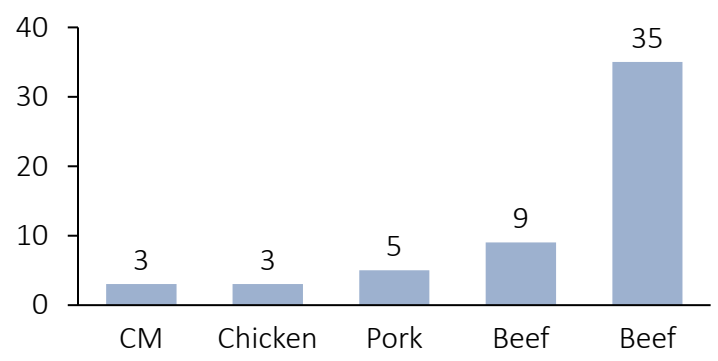
Ex-Ante-LCA von kultur-basiertem Fleisch vs. normalen Fleischprodukten,
Quelle: Sinke et al. (2023).

Kg CO₂-eq / kg Fleisch im Jahr 2030



Szenario: Ambitioniert

Kg CO₂-eq / kg Fleisch im Jahr 2030

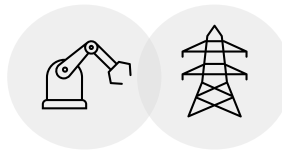


- Szenarien für 2030**
- Ambitioniert: Erneuerbare Energie für Scope 1, 2 und 3 (Modellierung von Scope 3 nur für Nährboden Inhaltsstoffe, Gerüst, Filter und Wasseraufbereitung)
 - Erneuerbar: Erneuerbare Energie für Scope 1 und 2, durchschnittlicher Mix für Scope 3 (vorgelagert)
 - Globale Durchschnitt: Globaler durchschnittlicher Energiemix für Bereich 1, 2 und 3 (IEA STEPS Szenario)

Politische Situation Laborfleisch

- In der EU ist generell eine Zulassung für "Novel Food" notwendig, dazu gehört auch Laborfleisch. Bisher wurden jedoch nur wenige Anträge gestellt.
- Singapur hat es offiziell zugelassen, Israel in Restaurant, Italien und zwei Bundesstaaten in den USA haben es verboten.
- Antrag auf Zulassung in der Schweiz gestellt.

08 Marktentwicklungen im Bereich Ernährung



Verschiedene Technologien im Ernährungs- und Landwirtschaftsbereich nach Reifegrad
Quelle: Herrero et al. (2020).

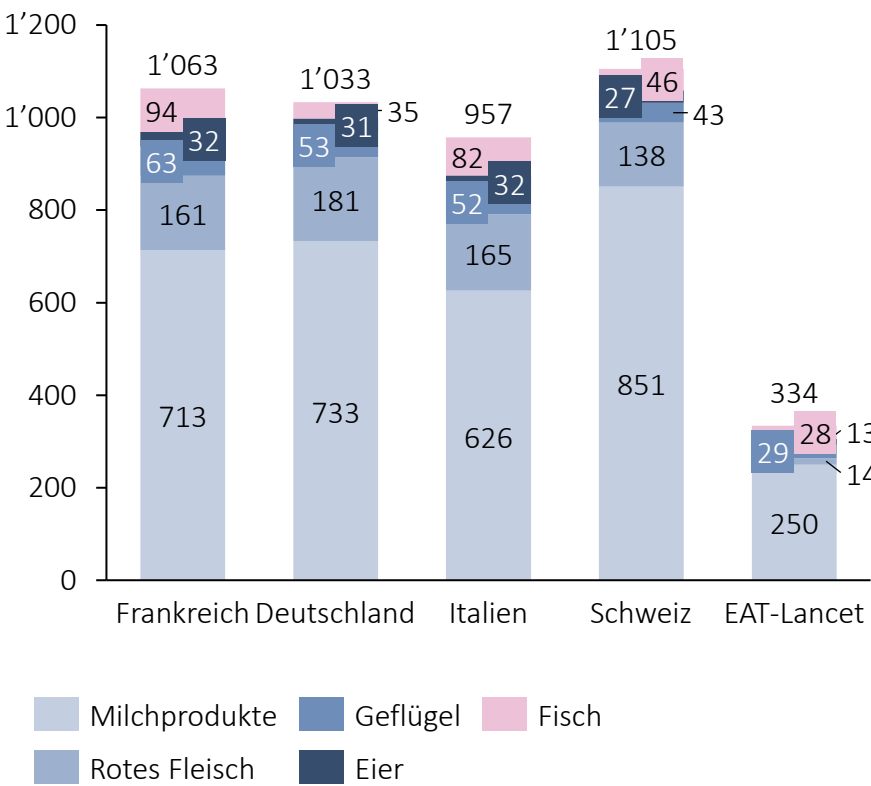
Beispiel Potenzial von Methanreduktion durch Nahrungszusätze bei Kühen

- Klimazertifizierungsstellen arbeiten aktuell mit der Annahme von 9% Reduktion des Methan-Ausstosses durch Nahrungszusätze
- Siehe [SwissClimate](#)

Anteile tierischer Nahrungsmittel an der Ernährung, nationaler Durchschnitt, und EAT-Lancet

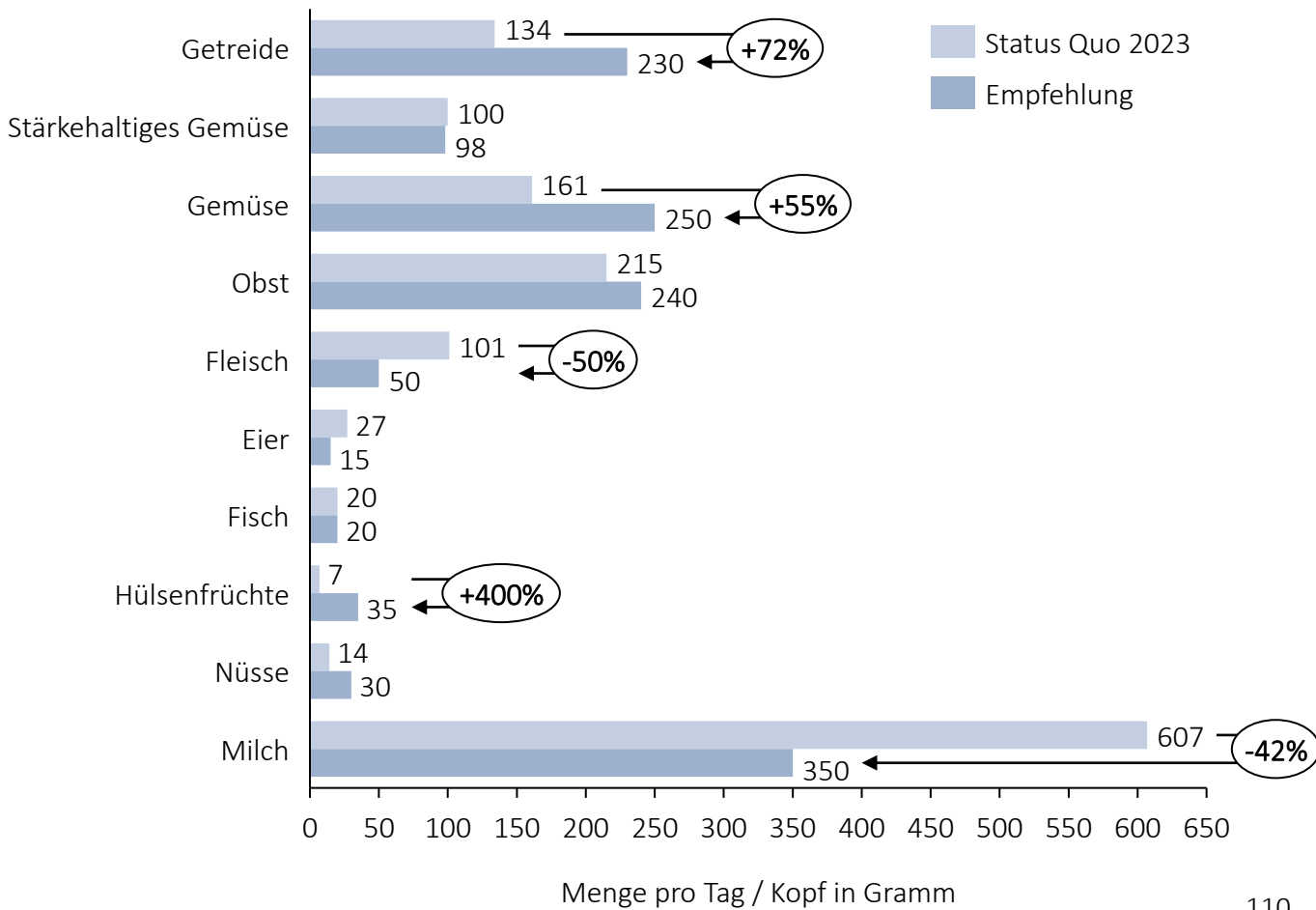
Quelle: World in Data, Food and Agriculture Organization of the United Nations; empfohlene Diät der EAT-Lancet Commission

Gramm / Person / Tag



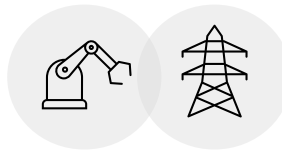
Status-Quo-Wert des Lebensmittelverzehrs in der Schweiz pro Tag und Kopf in Gramm je nach Lebensmittelkategorie, sowie von einem ExpertInnen-Gremium empfohlene Konsummenge für das Erreichen verschiedener Nachhaltigkeitsziele

Quelle: Fesenfeld et al. (2023)





08 Marktentwicklungen im Bereich Ernährung



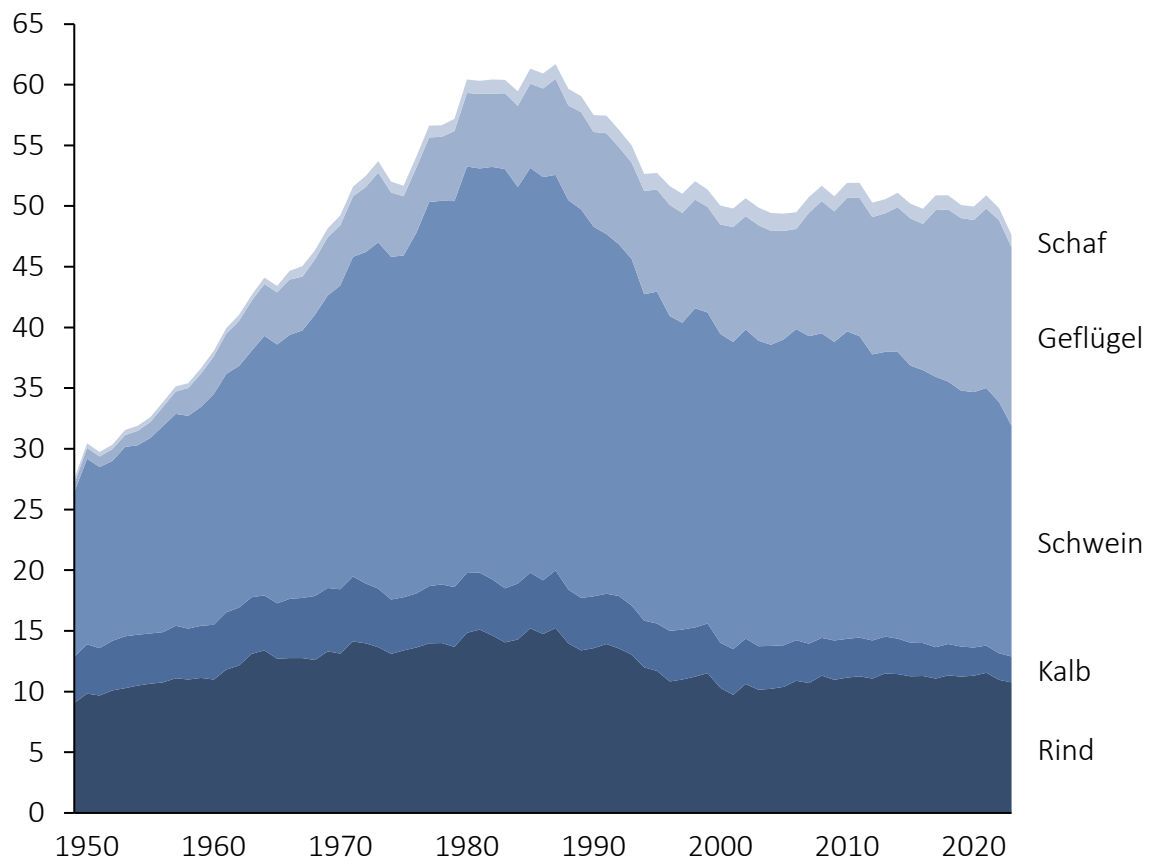
Angebot pro Person von Schlachtvieh- und Geflügelfleisch in der Schweiz

In kg Verkaufsgewicht pro Person und Jahr*

Quelle: Proviande (2023).

*Methodenänderung ab 2017: Zunahme der Menge verkaufsfertiges Fleisch.

Kg Verkaufsgewicht pro Person / Jahr

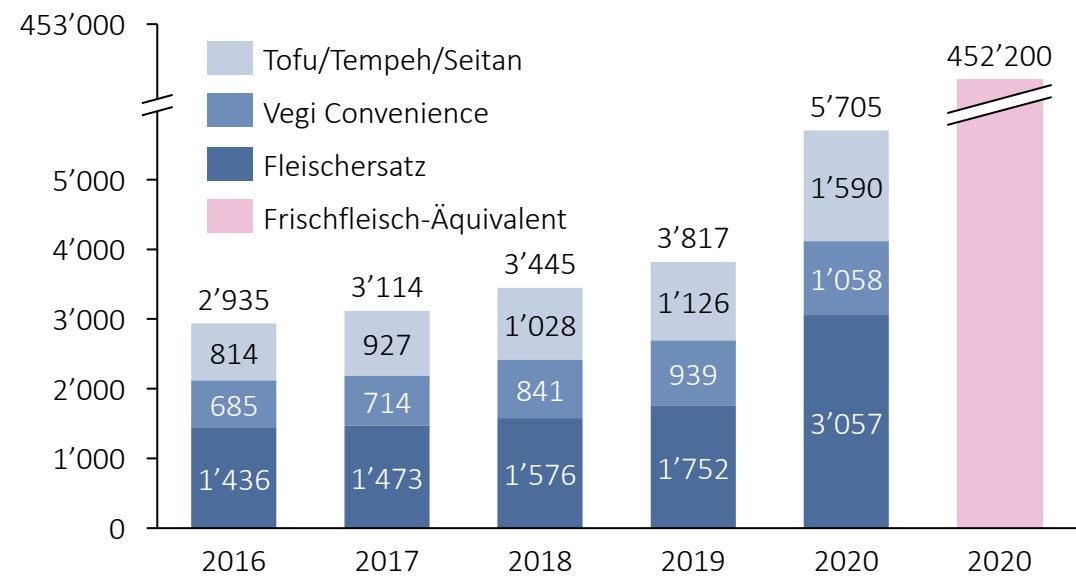


Absatz mit Fleischersatzprodukten nach Subkategorie und von Frischfleischäquivalenten

Absatz in Tonnen

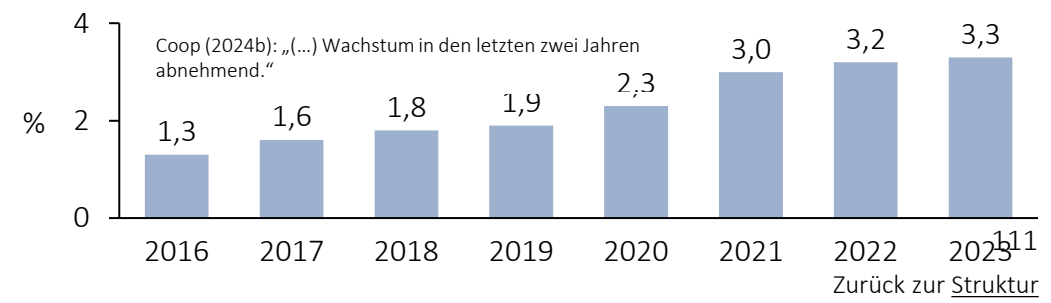
Quelle: BLW (2021).

Tonnen

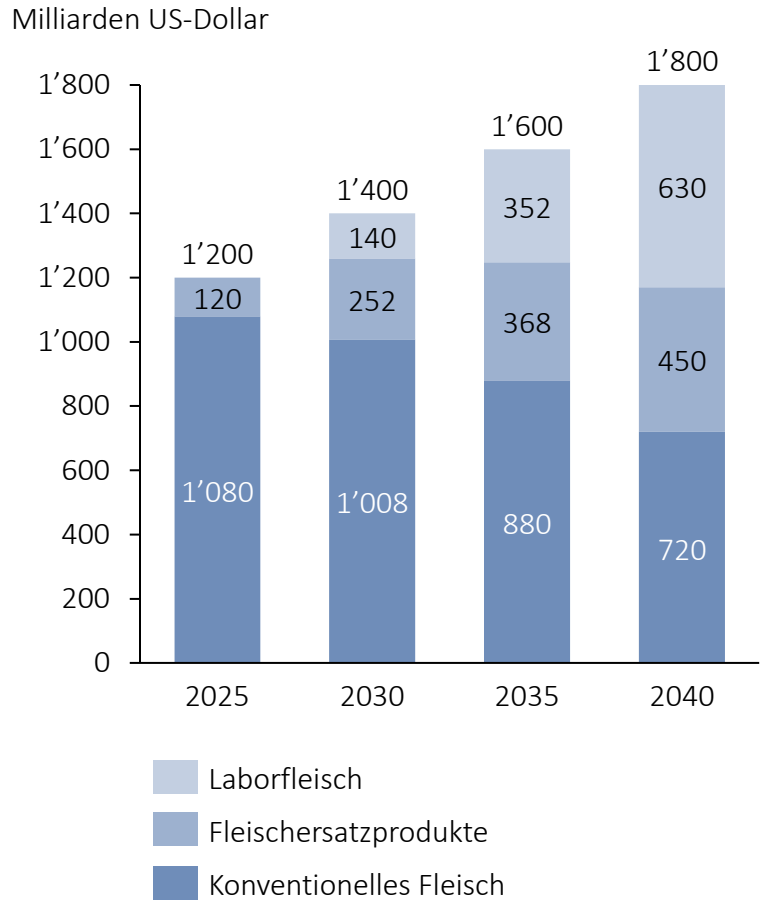


Absatzanteile (CHF) von Fleischersatzprodukten am Gesamtsegment in %

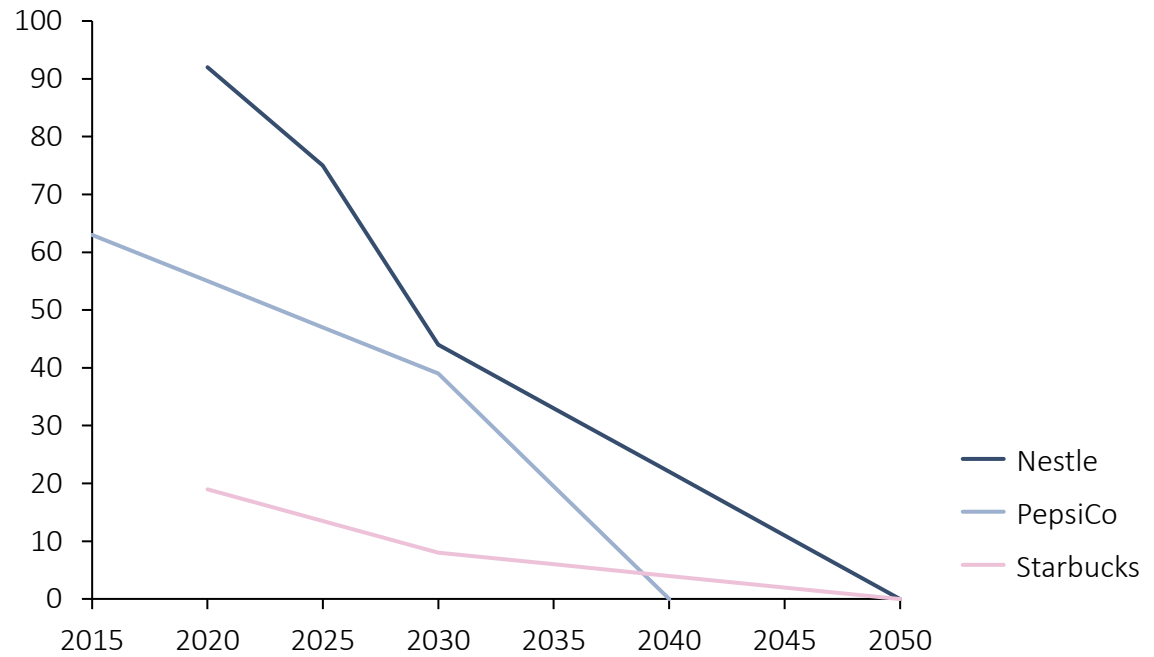
Quelle: BLW (2021), Coop (2024b); Proviande (2023).

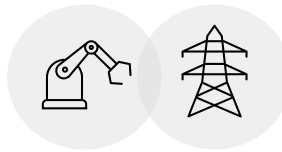


Prognose für den globalen Fleischmarkt
In Milliarden US-Dollar
Quelle: Kearney (2020).



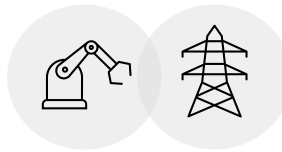
Zielpfade für Emissionsreduktionen grosser Lebensmittel- und Getränkeproduzenten
In Millionen Tonnen CO₂-eq
Quelle: BloombergNEF (2024).





Reduktionsziele für den Schweizer Landwirtschaftssektor nach einem Schweizer ExpertInnen-Gremium
Quelle: Fesenfeld et al. (2023). Relative Reduktionsziele im Vergleich zu THG-Emissionen im Jahr 2010.

| | 2030 | 2035 | 2045 | Kompensation durch Negativemissionen | Einschätzung Machbarkeit der Ziele durch Gremium | Lösungen |
|----------------------------|------|------|------|---|---|--|
| CH ₄ (Methan) | -40% | -60% | | Nein | Sehr ehrgeizig, aber erreichbares. | <ul style="list-style-type: none">▪ Optimierung der Ernährung und der Lebensmittelproduktion▪ Vermeidung von Lebensmittelabfällen |
| N ₂ O (Lachgas) | -40% | -60% | | Ja | Ehrgeizig, aber erreichbar. | |
| CO ₂ | -40% | | -90% | Ja | Sehr ehrgeizig, aber realistisch. | <ul style="list-style-type: none">▪ Einsatz fossiler Energieträger in Produktion muss rasch sinken▪ Erneuerbare Energie-Technologien sind vorhanden |



Klimaziele und –Massnahmen grosser Detailhändler der Schweiz: Coop und Migros*
Quellen: Coop Fortschrittsbericht (2024); Greenpeace (2024); Migros Lagebericht Klima und Umwelt (2019, 2024); SBTi Dashboard.
*Coop und Migros haben knapp 70% Anteil am Detailhandelsumsatz (2020).

| Coop | | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|------|--|
| Zielbereich | Quantifizierung | Wann | Kommentar |
| Ziel Scope 1 und 2: | -42% | 2030 | |
| Ziel Scope 3 | -30% | 2030 | |
| Science Based Targets Initiative: | Net-Zero Target commitment | 2050 | |
| Science Based Targets Initiative: | Near-Term target commitment | n/a | Gemäss Fortschrittsbericht ca. bis 2026 |
| Warentransporte im Detailhandel: | Noch 65% Hochemissionstransport | 2026 | Heutiger Wert 74.3% |
| Warentransporte im Grosshandel: | Noch 30% Hochemissionstransport | 2026 | Heutiger Wert 91% |
| Foodwaste im Detailhandel: | 2.7% Reduktion von Foodwaste | 2026 | Heutiger Wert (verwertet) 96.8%, neu 99.5% |
| Foodwaste In der Produktion: | Gleichbleibender Foodwaste | 2026 | heutiger Wert 99.5%, 2026 = 99% |
| Foodwaste im Grosshandel: | 0.5% Reduktion Foodwaste | 2026 | Heutiger Wert 99%, neu 99.5% |

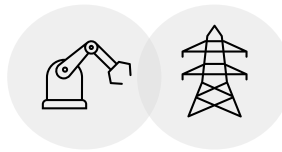


Scope 3 Ziele soweit ersichtlich nicht konkret bezogen auf Landwirtschaft: "Bis 2026 reduziert Coop weitere 21% CO2e-Emissionen in ihrem direkten Einflussbereich und nimmt die Reduktion der Emissionen in ihren Lieferketten und den vorgelagerten Wertschöpfungsstufen in Angriff.")

| Migros | | | |
|---|------------------------------|------|--|
| Zielbereich | Quantifizierung | Wann | Kommentar |
| Ziel Scope 1 und 2: | -70% | 2030 | |
| Ziel Scope 3 | -27.5% | 2030 | |
| Science Based Targets Initiative: | Net-Zero Target commitment | 2050 | |
| Science Based Targets Initiative: | Near-Term target | 2030 | |
| Gemäss SBTi Near-Term Scope 3: | 27.50% | 2030 | In den Werten sind keine Produktemissionen erkennbar (es wird nur «upstream transportation and distribution, use of sold goods and investments» explizit genannt). |
| Langfristige Ziele total: | 90% Reduktion THG Emissionen | 2050 | Rest Kompensation |
| Langfristige Ziele Landwirtschaft: | 72% Reduktion THG Emissionen | 2050 | Rest Kompensation |
| Foodwaste in Super- und Verbrauchermärkten: | 20% Reduktion | 2025 | Zielwert = 1.07% an Foodwaste Total |



Auch bei Migros keine expliziten Scope 3-Ziele für Landwirtschaft. Auch keine Ziele zum Anteil Fleisch im Sortiment/Verkauf (Greenpeace 2024).



Klimaziele und –Massnahmen grosser Detailhändler der Schweiz: Aldi und Lidl

Quellen: Aldi Fortschrittsbericht (2024); Lidl CSR Bericht (2024); SBTi Dashboard.

| Aldi | | | | |
|-------------------------------|--|------|--|--|
| Zielbereich | Quantifizierung | Wann | Kommentar | |
| Entwaldung in der Lieferkette | 100% Reduktion | 2030 | Keine Info, wie der Zustand jetzt ist, Massnahme ist nur noch Einkauf von nachhaltigem Soja, Palmöl, Holz und Rind (wobei frisches und Tiefkühl-Rind sowieso ab 2023 nur aus der Schweiz kommen soll). | |
| Reduktion Foodwaste | 90% der Abfälle soll nachhaltig weiterverwendet werden | 2030 | Keine Infos zu jetzigem Zustand | |



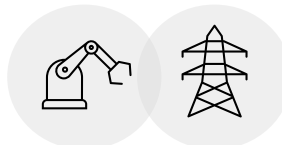
Aldi Süd (Mutterkonzern) hat Science Based near-term targets, die verifiziert sind, aber Scope 3 nicht quantitativ abdecken.

| Lidl | | | | |
|-------------------------------|-----------------|------|--|--|
| Zielbereich | Quantifizierung | Wann | Kommentar | |
| Entwaldung in der Lieferkette | 100% Reduktion | 2025 | Besonders relevante Rohstoffe sind Soja, Palm(kern)öl, Kakao, Zellulose/Holz und Rindfleisch | |
| Foodwaste | 50% Reduktion | 2030 | Keine Infos zu jetzigem Zustand | |

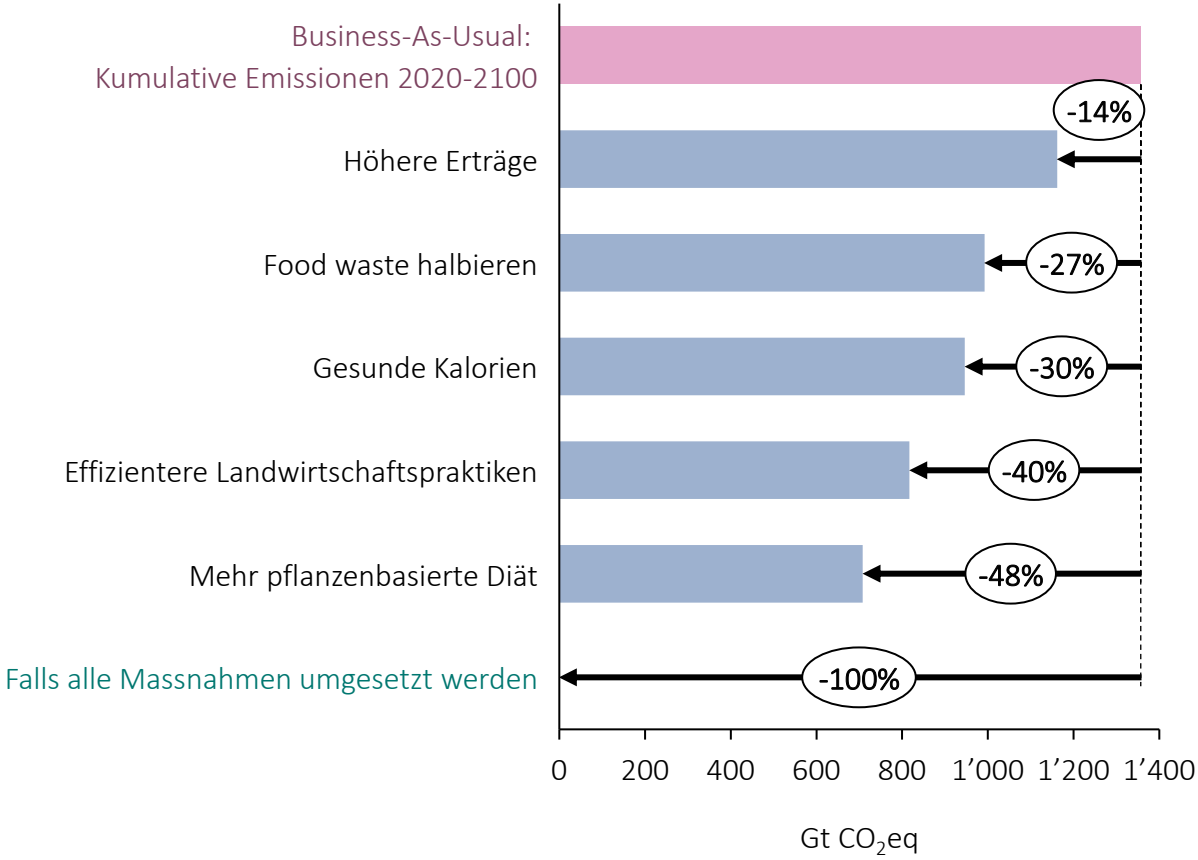


Schwarz Gruppe (Mutterkonzern von Lidl) hat Science Based near-term targets, die verifiziert sind, aber Scope 3 nicht quantitativ abdecken.

Aldi und Migros haben sich für Scope 3 Ziele gesetzt, die angeben, dass bis 2030 ein bestimmter Anteil ihrer Lieferanten science-based targets haben müssen. Daraus sind allerdings keine quantifizierbaren Angaben abzuleiten für die eigene Scope 3 Emissionen, weshalb wir das an dieser Stelle auslassen.



Kumulative THG-Emissionen von Lebensmittelproduktion zwischen 2020 und 2100 in einem Business-As-Usual-Szenario, sowie Interventionen zur Emissionsreduktion
Quelle: World in Data, Clark et al. (2020), Science.

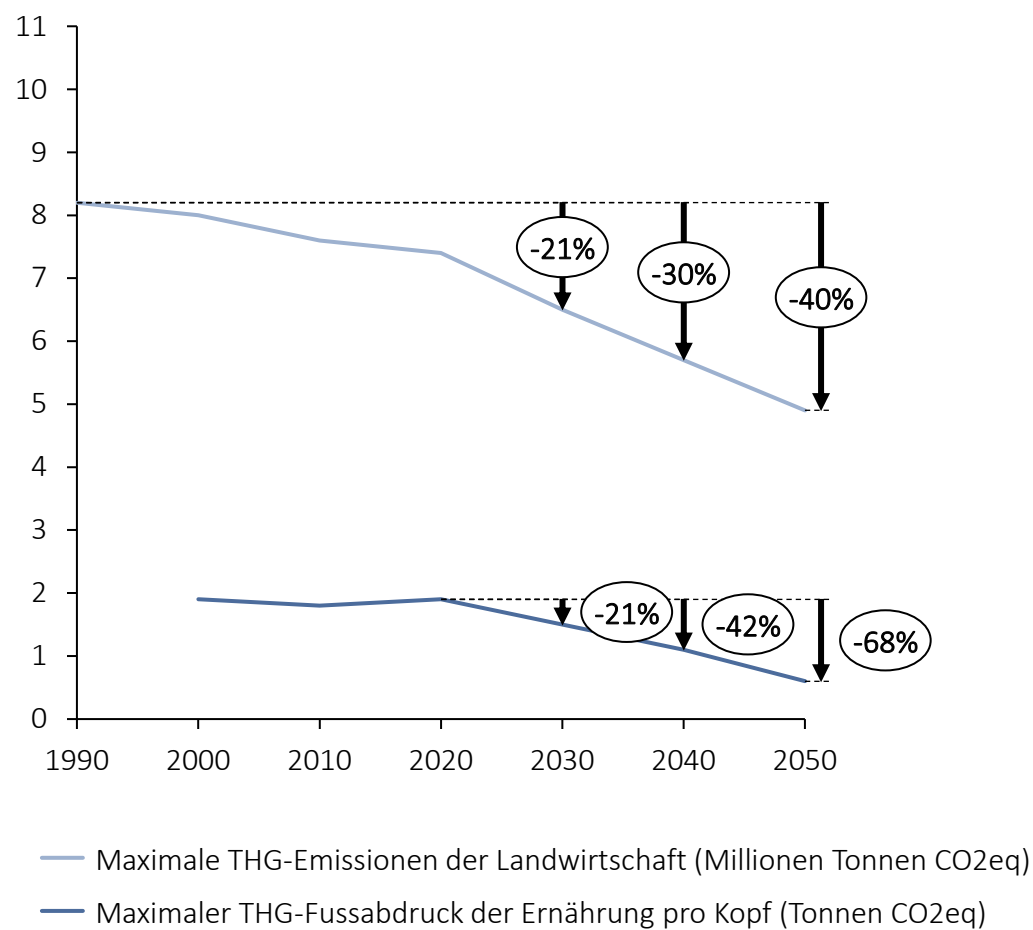




Reduktionszielpfade laut der Klimastrategie Landwirtschaft und Ernährung

Quelle: BLW/BLV/BAFU (2023).

Millionen Tonnen/Tonnen pro Kopf CO₂eq



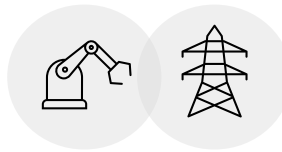
Teilziele und beispielhafte Massnahmen laut der Klimastrategie Landwirtschaft und Ernährung

Quelle: BLW/BLV/BAFU (2023).

| Was | Veränderung | Bis wann | Baseline | Massnahmen (Beispiele) |
|--|------------------------------------|----------|----------|--|
| Ernährung gemäss Lebensmittelpyramide 33% der Bevölkerung | n/a | 2030 | n/a | V.a. über Angebot, Marketing und Preisbildung |
| ...100% der Bevölkerung | n/a | 2050 | n/a | |
| Vermeidbare Lebensmittelverluste | -50% | 2030 | 2017 | Keine Info dazu in der Strategie, was der Wert 2017 war. |
| | -75% | 2050 | | Umsetzen des Aktionsplans gegen die Lebensmittelverschwendung |
| Reduktion THG Emissionen von importierten Produkten | qualitativ/keine genaueren Angaben | | | Durch Handelsbeziehungen und basierend auf Artikel 104a BV |
| Produktionsportfolios optimieren (Hohe Nutzungsdauer, hohe Futtereffizienz) | qualitativ/keine genaueren Angaben | | | Mehrere, z.B. Reduzieren der feed-food competition bei Direktzahlungen |
| Effiziente Nutzung Dünger/Futtermittel, innerhalb ökologischer Belastungsgrenzen | qualitativ/keine genaueren Angaben | | | Umsetzen des Absenkpfeils Nährstoffe |
| Kohlenstoffspeicherung im Boden erhöhen | qualitativ/keine genaueren Angaben | | | Vorgeben von Humusreferenzwerten |
| Energiebedarf reduzieren, Energieeffizienz erhöhen | qualitativ/keine genaueren Angaben | | | Revidieren der Mineralölsteuerrückstattung |

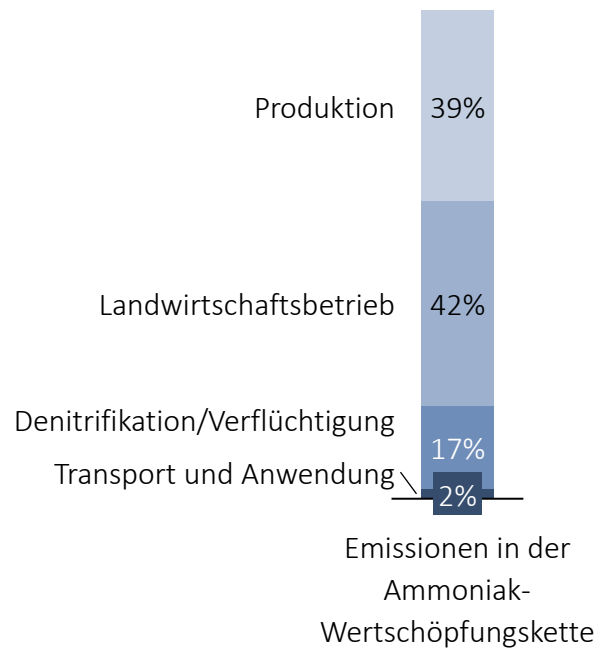
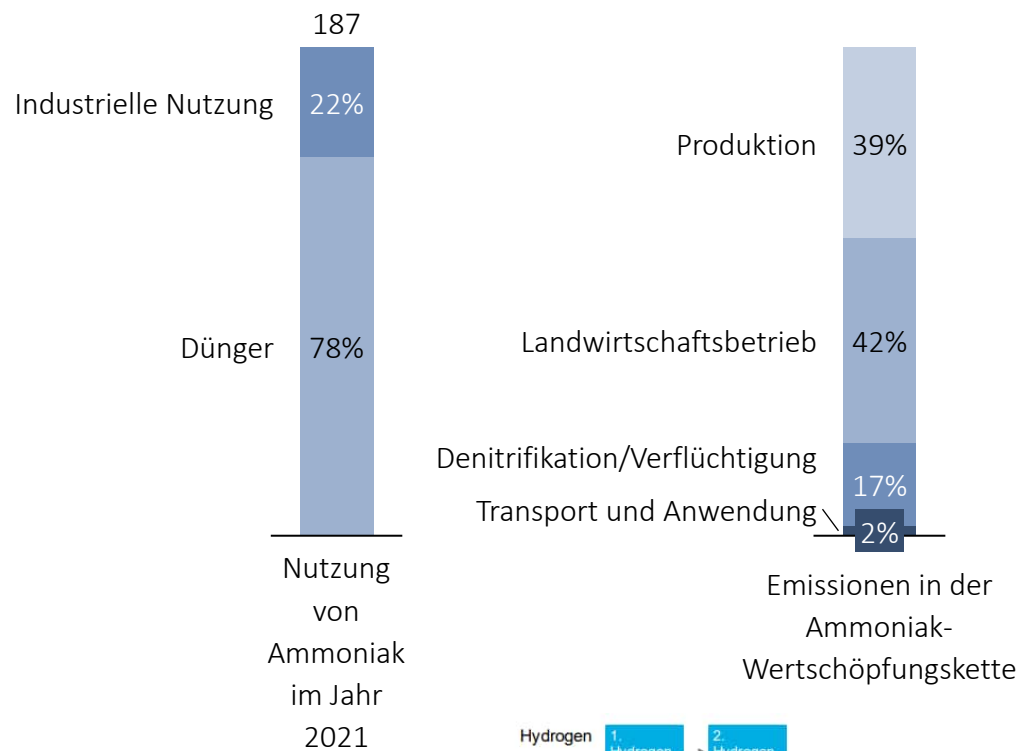


08 Marktentwicklungen im Bereich Ernährung: Rolle von Ammoniak

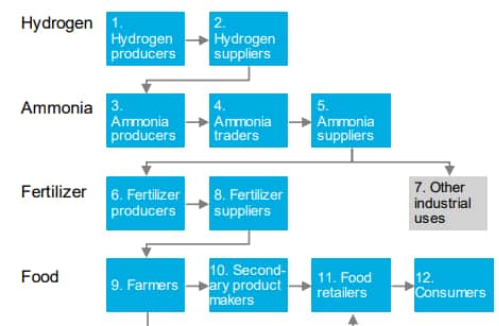


Nutzung, Emissionsintensitäten, und Rohstoffbasis für globale Ammoniakproduktion

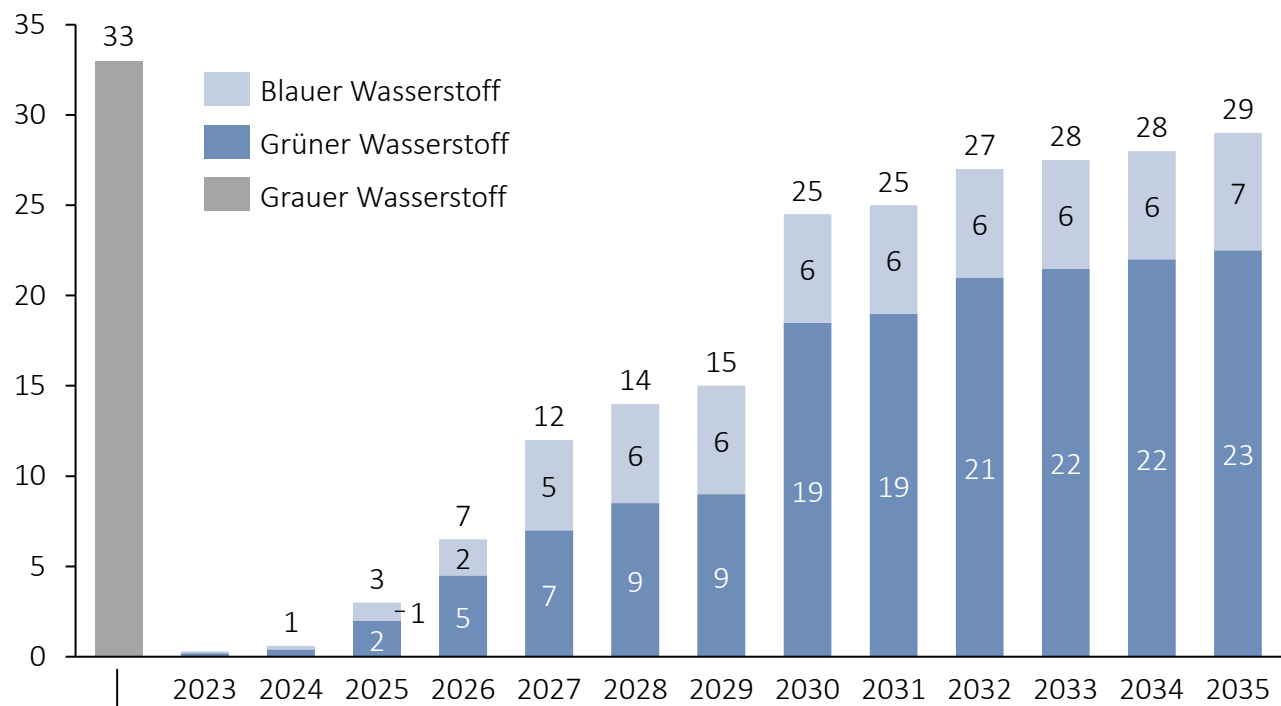
Quelle: BloombergNEF (2024).



Vereinfachte Ammoniak-Wertschöpfungskette:



Anged kündigte, globale grüne H2-Produktion für Ammoniakproduktion in Millionen Tonnen



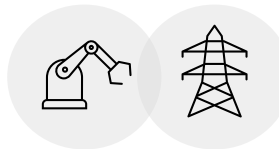
2023: Grauer Wasserstoff für Ammoniakproduktion

Anteil Energiequellen für die Produktion von grauem Wasserstoff Stand 2023





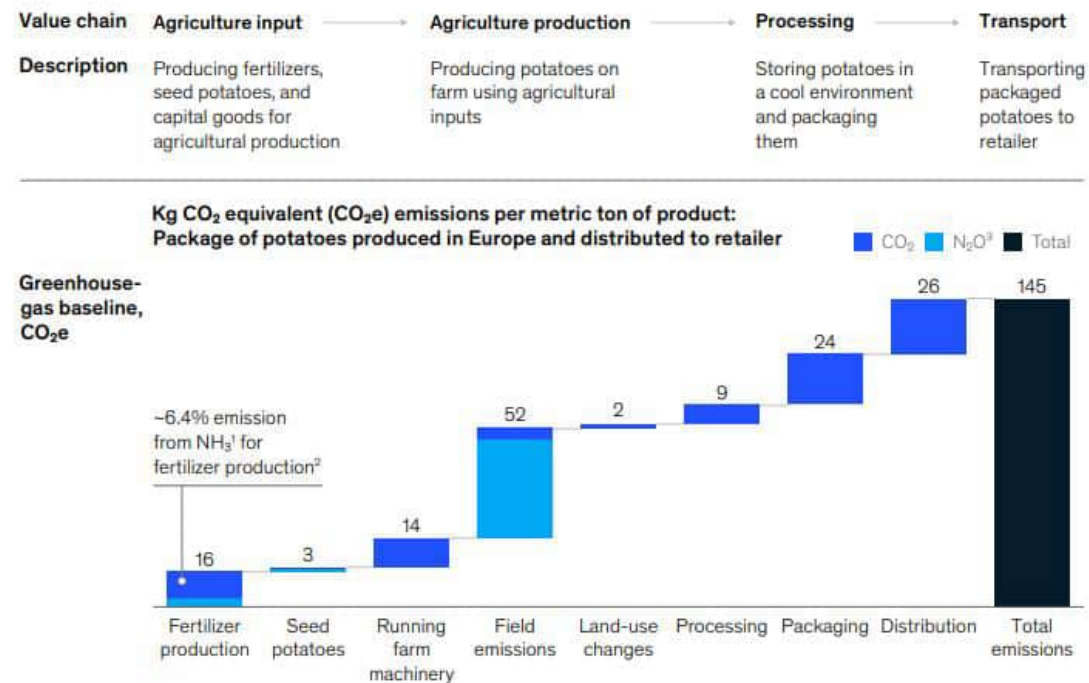
08 Marktentwicklungen im Bereich Ernährung: Rolle von Ammoniak



Ammoniakproduktion und THG-Emissionsreduktionen am Beispiel verschiedener Produktgruppen

Quelle: McKinsey (2023b)

Ammonia production contributes to greenhouse-gas emissions for a package of potatoes in the early stages of the value chain.



Note: Figures do not sum to total, because of rounding.

¹Ammonia.

²Relative emissions from fertilizer production is 11.1%, of which 58.0% is due to ammonia production.

³Nitrous oxide.

In this example, green ammonia for fertilizer production can reduce emissions by about 5 percent.

| Product category | Selected products | Share of ammonia ¹ emissions in the product, % | Additional production cost due to use of green ammonia, ² % | Example consumer basket ³ (5.2 kg) |
|------------------|-------------------|---|--|---|
| Sugar | White sugar | 6 | ~1–2 | <p>13.3 kg CO₂e⁴ baseline</p> <p>0.6 kg CO₂e⁴ reduction if using green fertilizer from green ammonia</p> <p>~5% reduction per consumer basket, or ~8% of abatable emissions⁵</p> |
| | Chocolate bar | 3 | < 1 | |
| Wheat | White bread | 8 | < 1 | |
| | Potatoes | 6 | < 1 | |
| Milk | Milk | 4 | < 1 | |
| | Cheese | 4 | < 1 | |
| Eggs | Eggs | 6 | < 1 | |
| Chicken | Chicken | 6 | < 1 | |
| Pork | Ham | 6 | < 1 | |
| Beef | Minced beef | 3 | < 1 | |

¹Only emissions associated with the fertilizer production, not in-field emissions.

²Calculation example takes a starting point for gray cost of ~€480/metric ton and a green cost of ~€740/metric ton of ammonia.

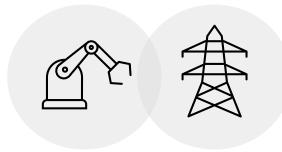
³For simplicity, assumes 1 kg of each product except for chocolate, where 200 grams is used.

⁴Kilograms of CO₂ equivalent.

⁵For the products assessed, known levers by 2030 results in an average abateability of ~60% (sugar: ~80%; chocolate: ~70%; bread: ~70%; potatoes: ~50%; milk: ~50%; cheese: ~50%; eggs: ~50%; chicken: ~60%; ham: ~50%; beef: ~40%).



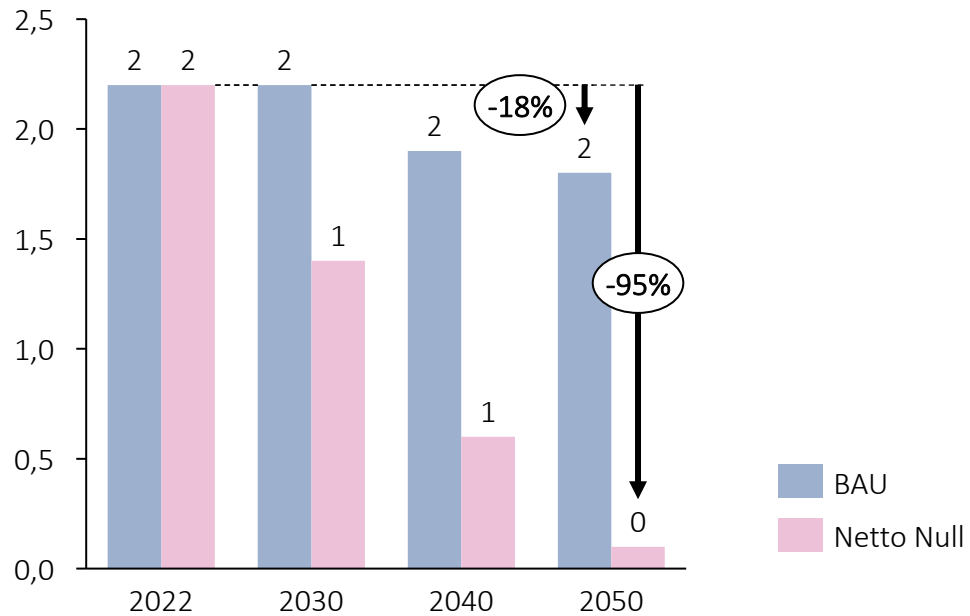
08 Marktentwicklungen im Bereich Ernährung: Rolle von Ammoniak



Emissionsintensität von Ammoniak in verschiedenen IEA-Szenarien

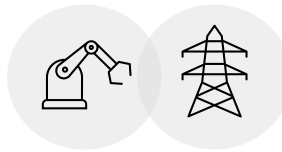
Quelle: McKinsey (2023), auf Basis von IEA-BAU (STEPS) und Netto-Null-Szenario

Tonne CO₂e/Tonne Ammoniak





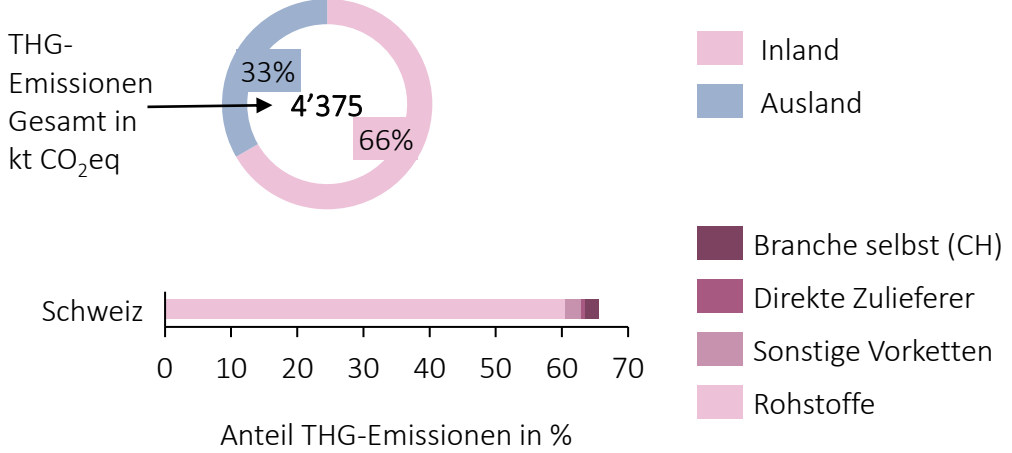
08 Analyse Lieferketten Schweiz: Fleischverarbeitung



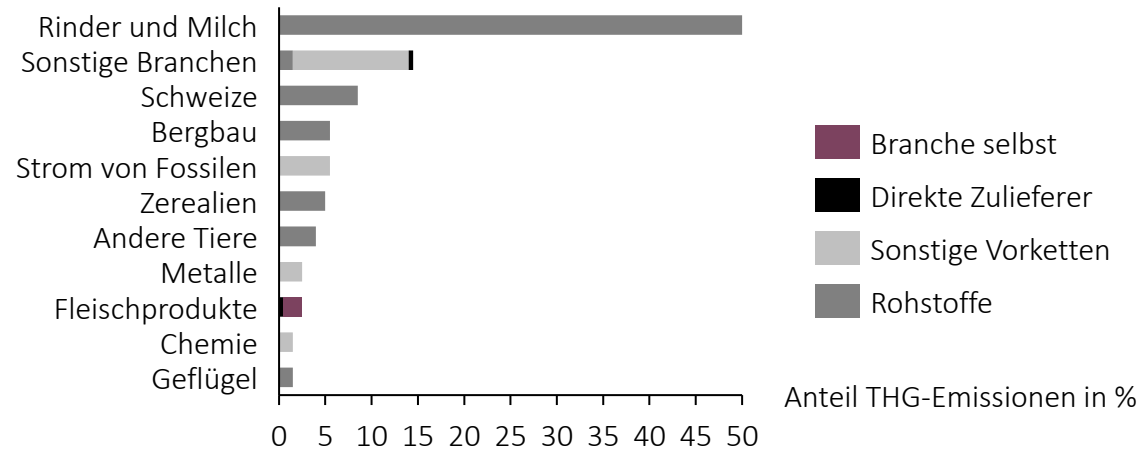
Treibhausgasemissionen der Schweizer Fleischverarbeitungskette in In- und Ausland sowie verschiedene Schritte in der Wertschöpfungskette, Länder und Produkte

Quelle: Nathani et al. (2019); Treeze/RütterSoceco (2020).

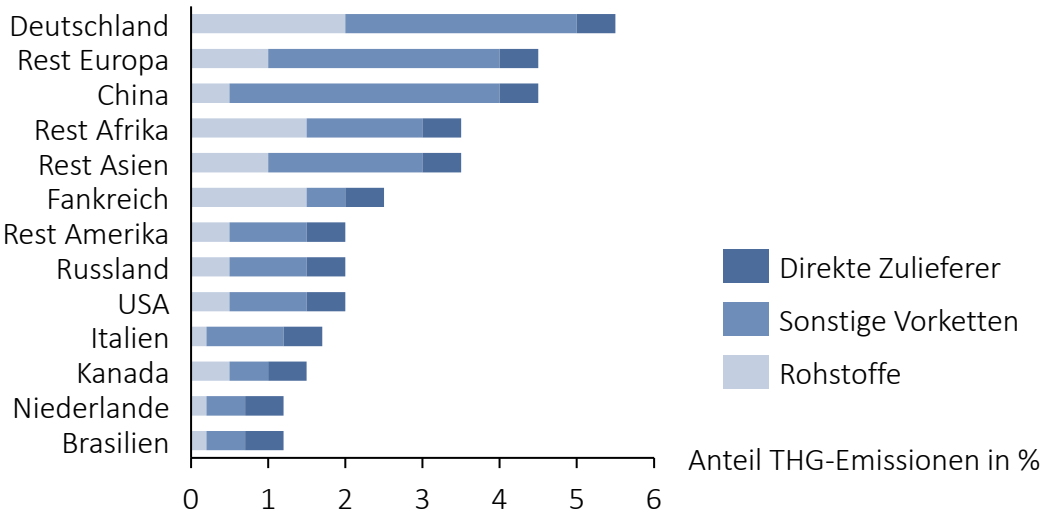
Gesamtsicht



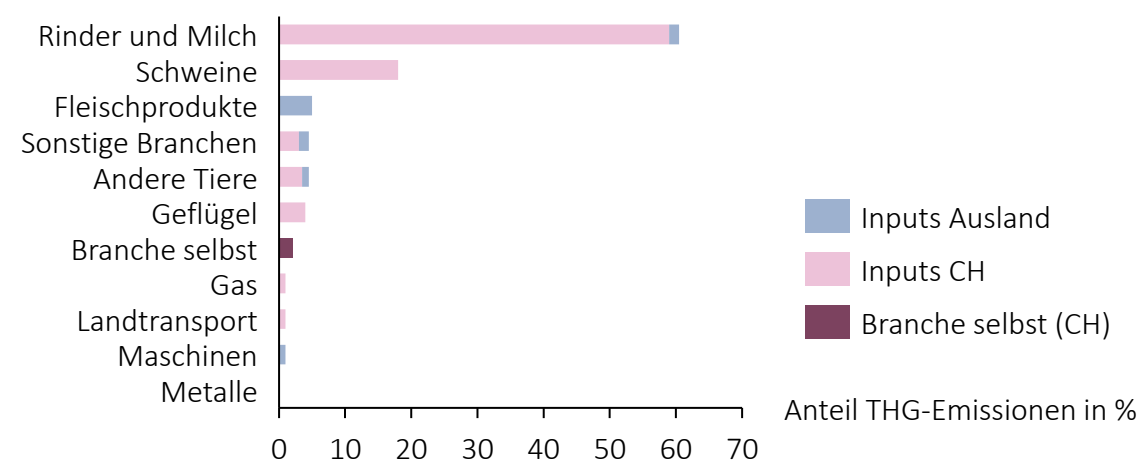
Emissionen aus Vorketten pro Produkt



Emissionen aus Vorketten pro Land

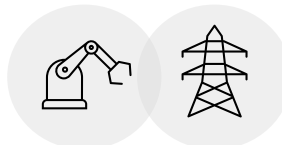


Emissionen aus Vorketten pro Produkt und nach Inland/Ausland





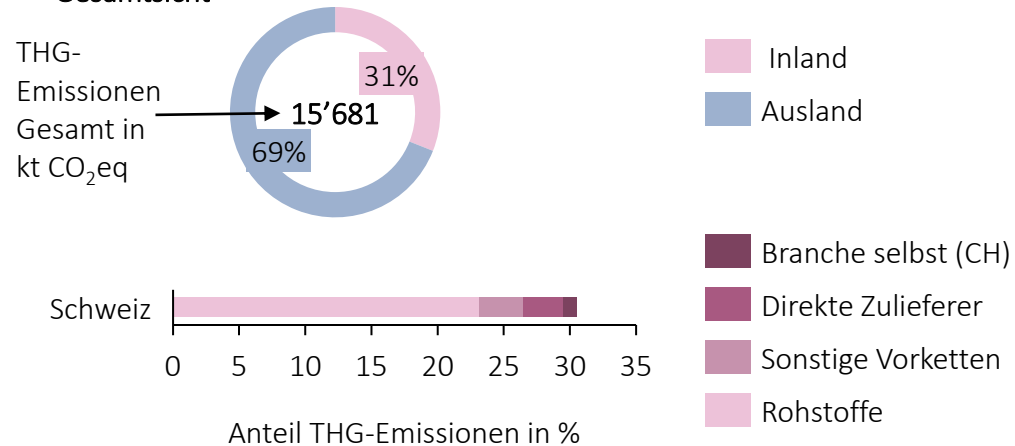
08 Analyse Lieferketten Schweiz: Lebensmittelhandel



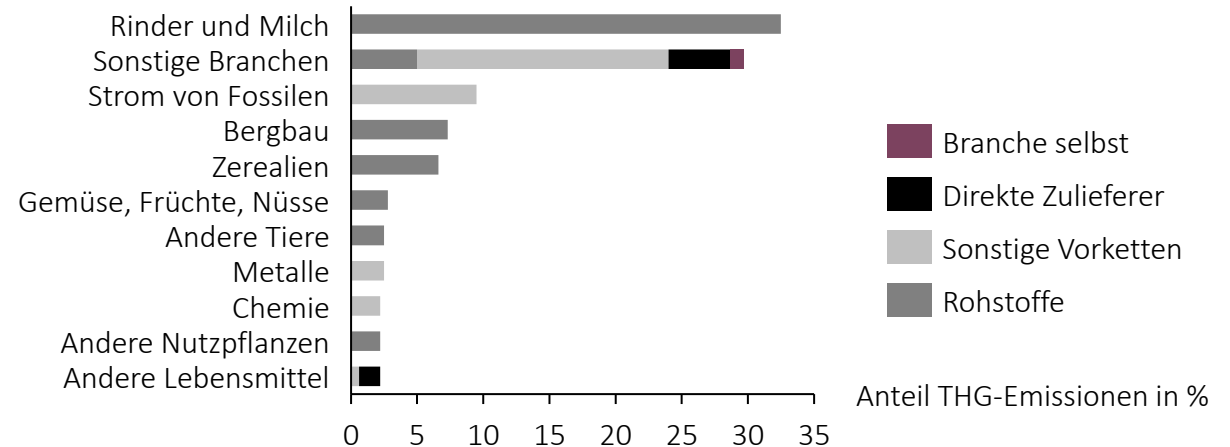
Treibhausgasemissionen des Schweizer Lebensmittelhandels in In- und Ausland sowie verschiedene Schritte in der Wertschöpfungskette, Länder und Produkte

Quelle: Nathani et al. (2019); Treeze/RütterSoceco (2020).

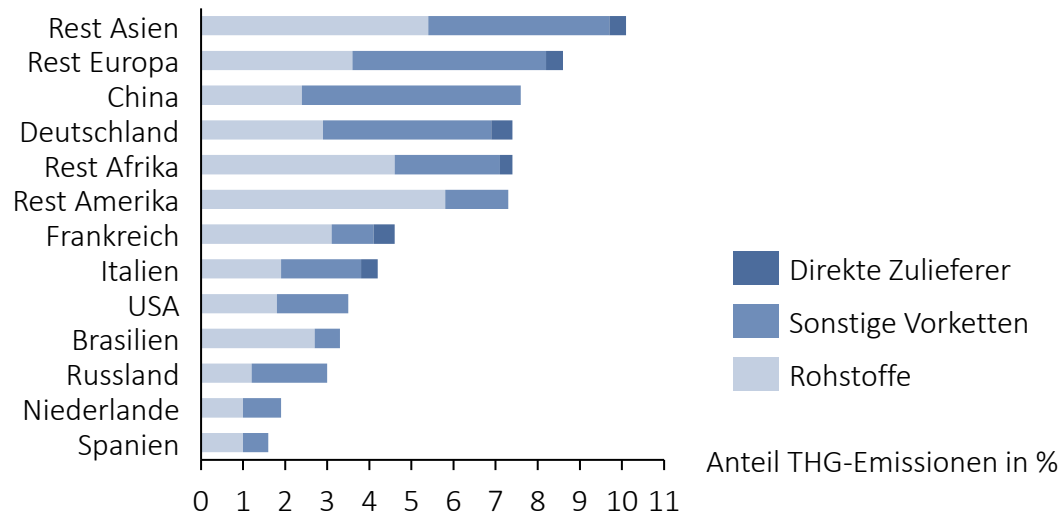
Gesamtsicht



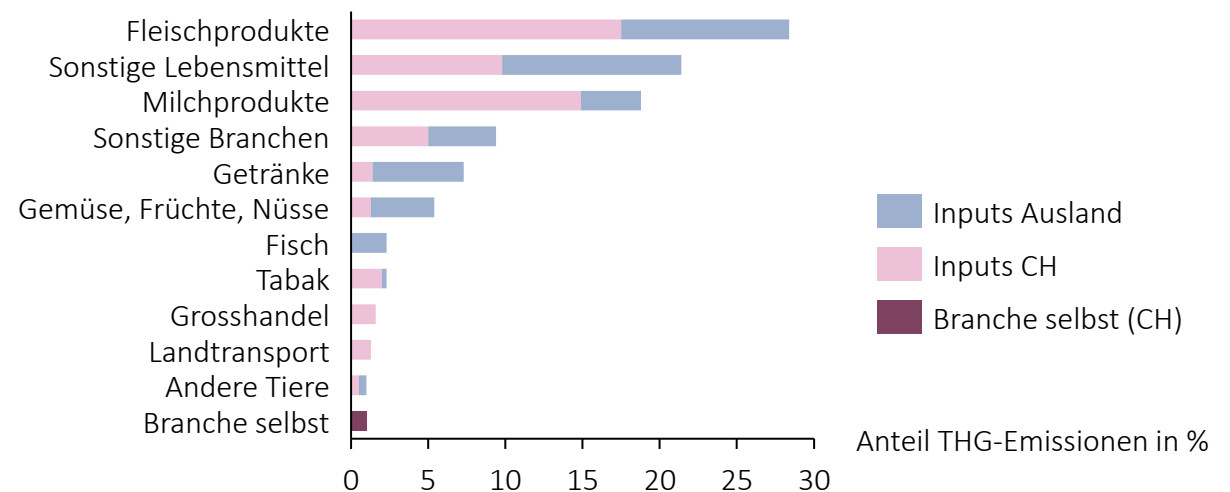
Emissionen aus Vorketten pro Produkt



Emissionen aus Vorketten pro Land

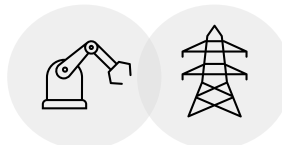


Emissionen aus Vorketten pro Produkt und nach Inland/Ausland



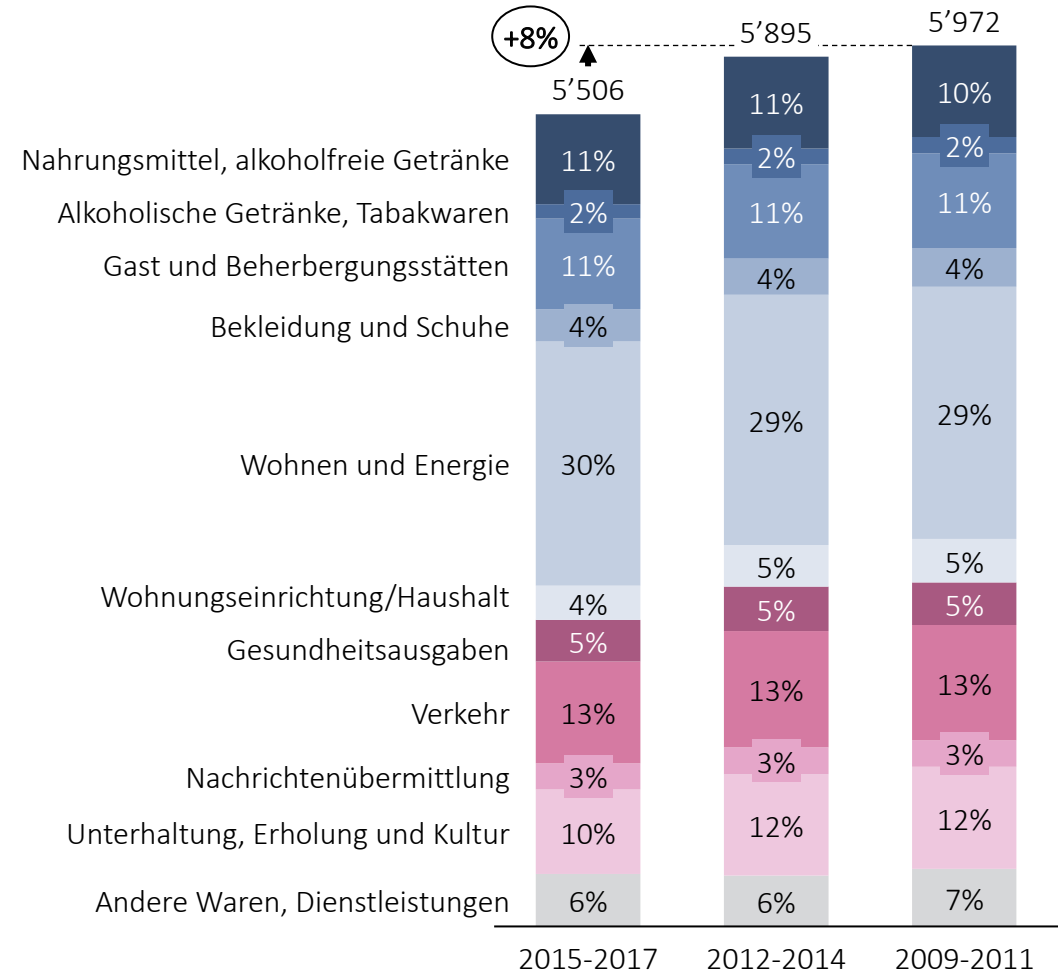
09 Konsum





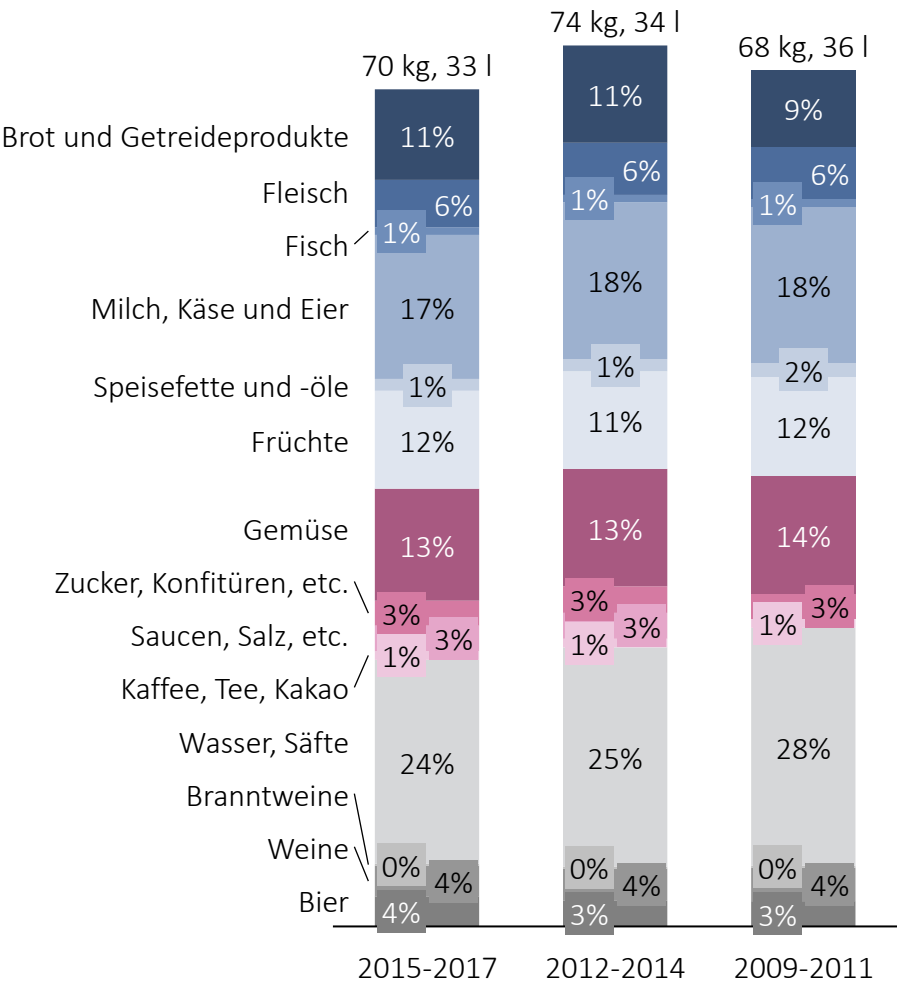
Konsumausgaben eines durchschnittlichen Haushalts in CHF
im Kanton Zürich 2009-2017

Quelle: Bundesamt für Statistik 2024.



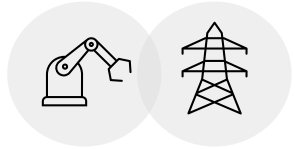
Konsummengen (in kg und Liter) eines durchschnittlichen Haushalts
im Kanton Zürich 2009-2017. In Liter: Wasser, Säfte, Branntweine, Weine, Bier

Quelle: Bundesamt für Statistik 2024.

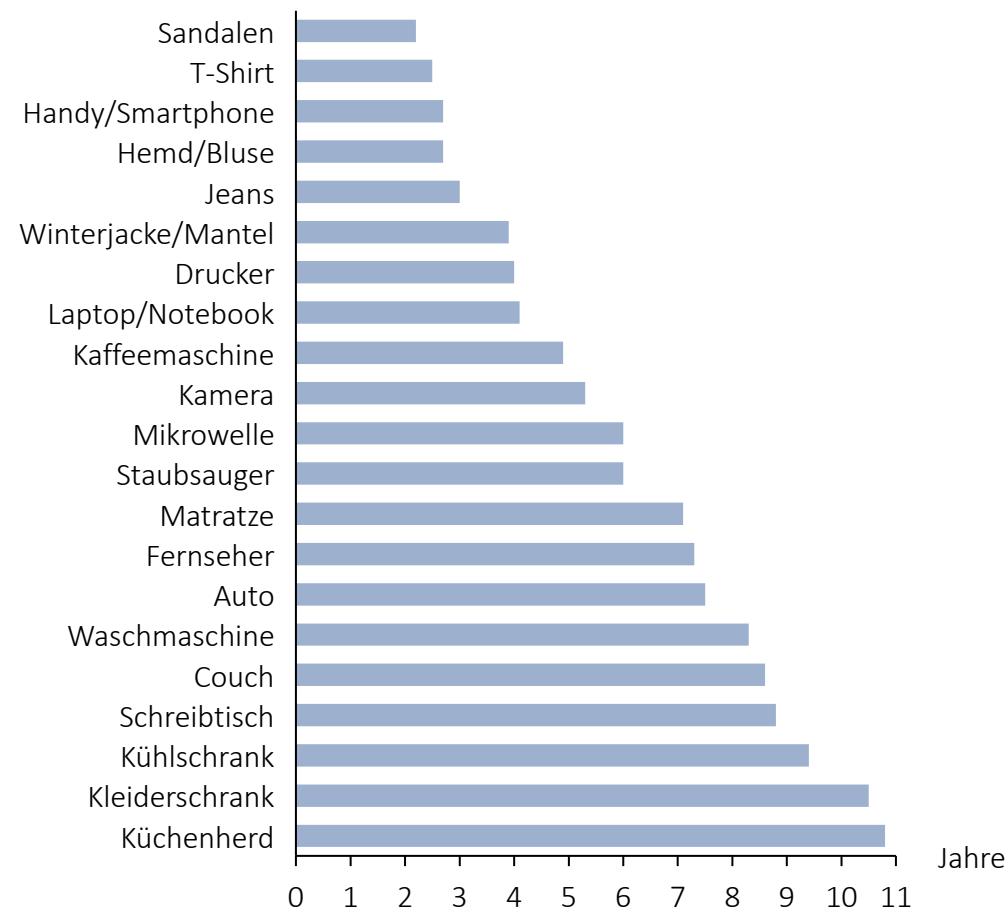




09 Marktentwicklungen im Bereich Konsum



Nutzungsdauer verschiedener Konsumgüter, auf Basis einer Umfrage unter KonsumentInnen (N=997) in Nordrhein-Westfalen, Deutschland.
Quelle: Träger et al. (2017). Durchschnittswerte pro Konsumgut.

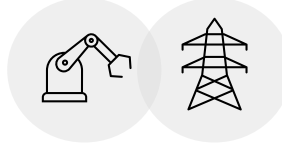


THG-Reduktionspotenzial durch verlängerte Nutzungsdauern
Quelle: Oberpriller et al. (2022).

| Produkt | Status quo | | Szenarien bei verlängerter Nutzungsdauer | | | | | |
|---------------------|--------------------------------------|--|--|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | Ø Nut- zungs- dauer [Jahre] | THG-Fuss- abdruck [tCO ₂ eq pro Jahr] (Anteil CH) | THG-Einsparung [tCO ₂ eq pro Jahr] (Anteil des Fussabdrucks im Status quo) | | | | | |
| | | | 1 Jahr | 3 Jahre | 5 Jahre | 10% | 50% | 100% |
| Wasch- maschinen | 14.7 | 63'000 (0.06%) | 4'000 (6.4%) | 11'000 (17%) | 16'000 (25%) | 5'700 (9.1%) | 21'000 (33%) | 32'000 (50%) |
| Notebooks | 5.7 | 296'000 (0.26%) | 44'000 (15%) | 102'000 (34%) | 138'000 (47%) | 27'000 (-9.1%) | 99'000 (33%) | 148'000 (50%) |
| Smart- phones | 2.3 | 162'000 (0.14%) | 49'000 (30%) | 91'000 (56%) | 111'000 (68%) | 15'000 (9.1%) | 54'000 (-33%) | 81'000 (50%) |
| Bekleidung | 4 | 3'468'000 (3.05%) | 694'000 (20%) | 1'486'000 (43%) | 1'927'000 (56%) | 315'000 (9.1%) | 1'156'000 (33%) | 1'734'000 (50%) |
| Möbel | 10.5 | 643'000 (0.56%) | 56'000 (8.7%) | 143'000 (22%) | 207'000 (32%) | 58'000 (9.1%) | 214'000 (33%) | 321'000 (50%) |

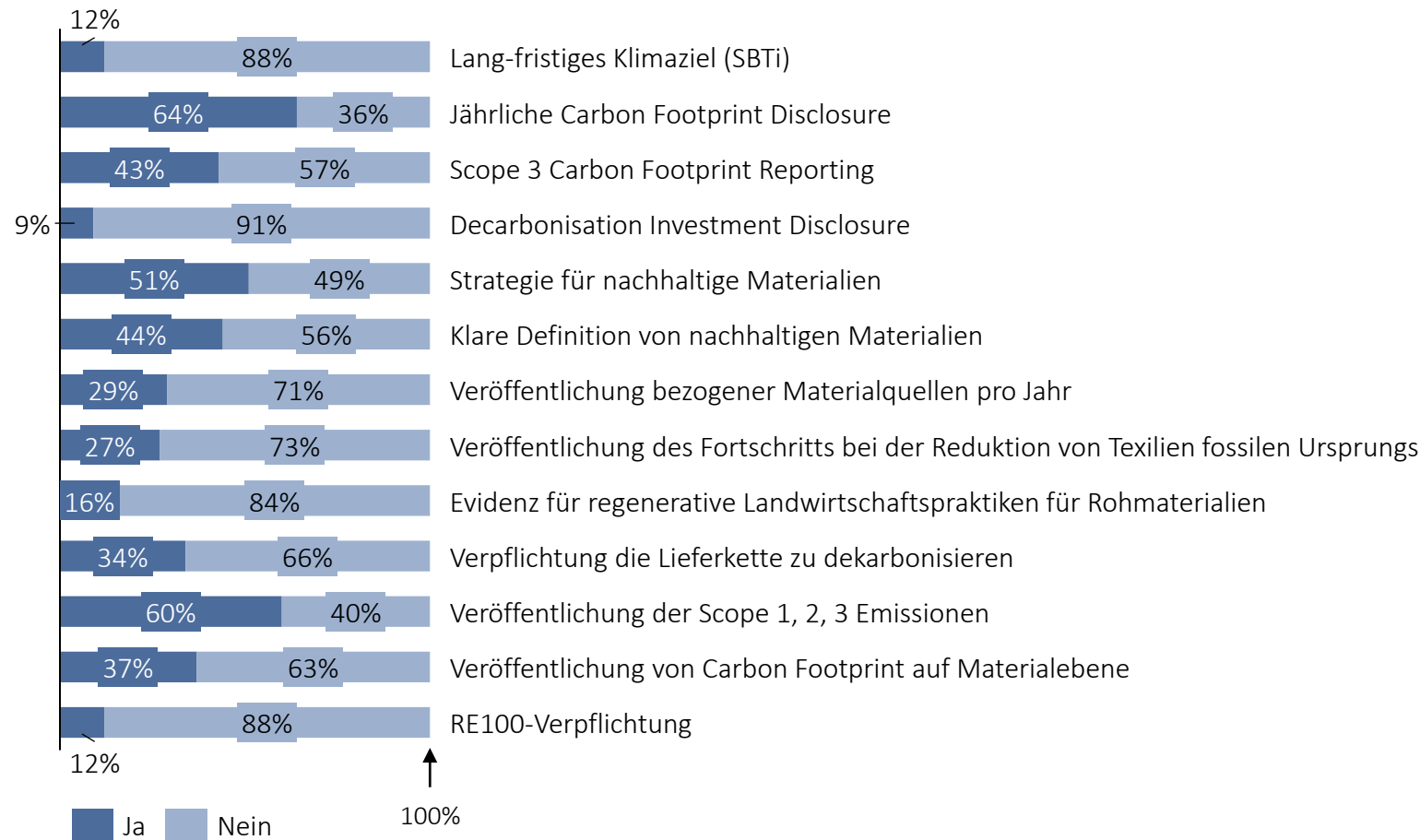


09 Marktentwicklungen im Bereich Konsum: Textilindustrie



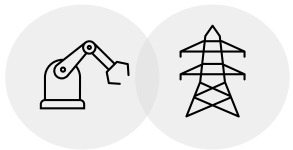
Disclosure und Veröffentlichung von Zielen in der Textilindustrie

Quelle: Fashion Revolution (2023) Fashion Transparency Index 2023.
250 teilnehmende Unternehmen.





09 Marktentwicklungen im Bereich Konsum: Textilindustrie

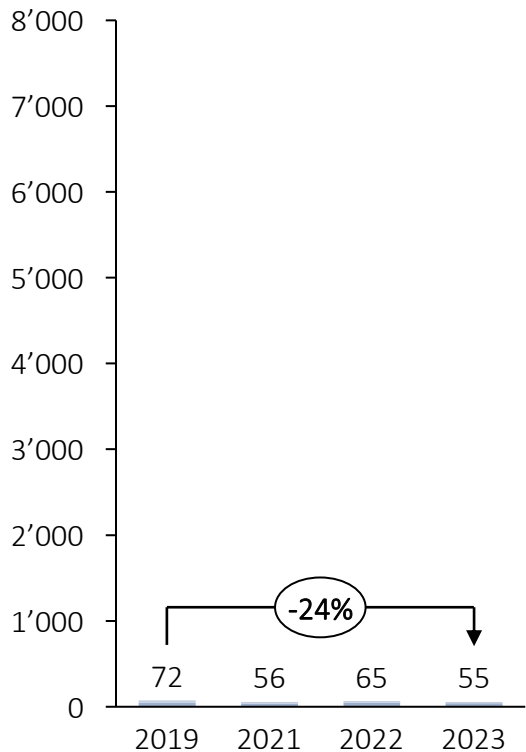


Emissionsinventar und Klimaplan H&M

Quelle: H&M (2024).

Scope 1 und 2-Emissionen

Kilotonnen CO₂eq

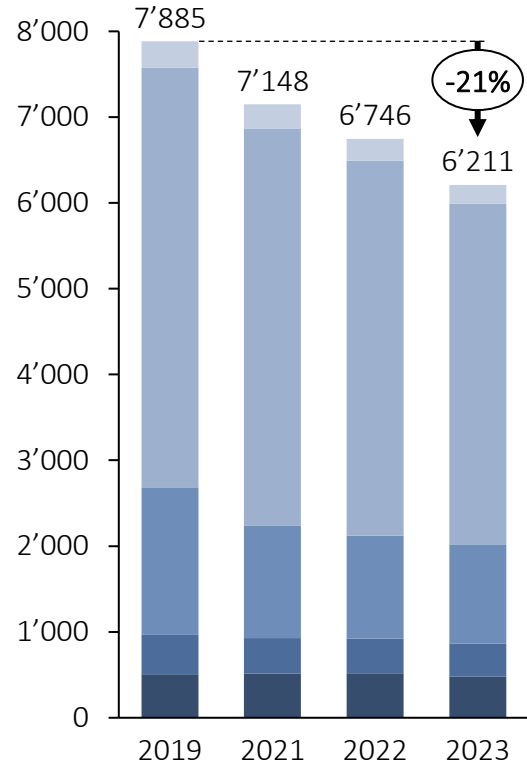


- Direkte Emissionen
- Emissionen aus bezogener Energie

Scope 3-Emissionen

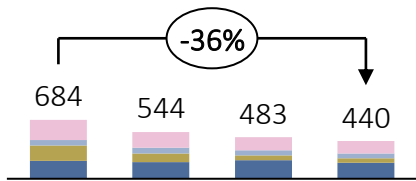
Gekaufte Waren und Dienstleistungen

Kilotonnen CO₂eq



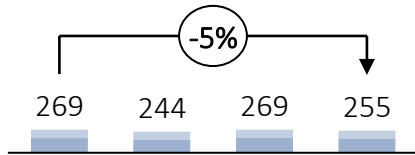
- Kleiderproduktion
- Stoffproduktion
- Rohstoffe
- Nicht-Stoffe
- Sonstiges

Upstream Transport und Verteilung



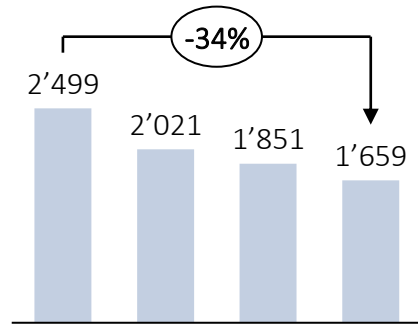
- Verpackung
- Seetransport
- Lufttransport
- Strassentransport
- Schienentransport

End of Life und Sonstige

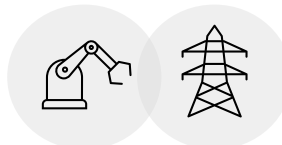


- End of Life verkaufte Waren
- Sonstige

Nutzungsphase

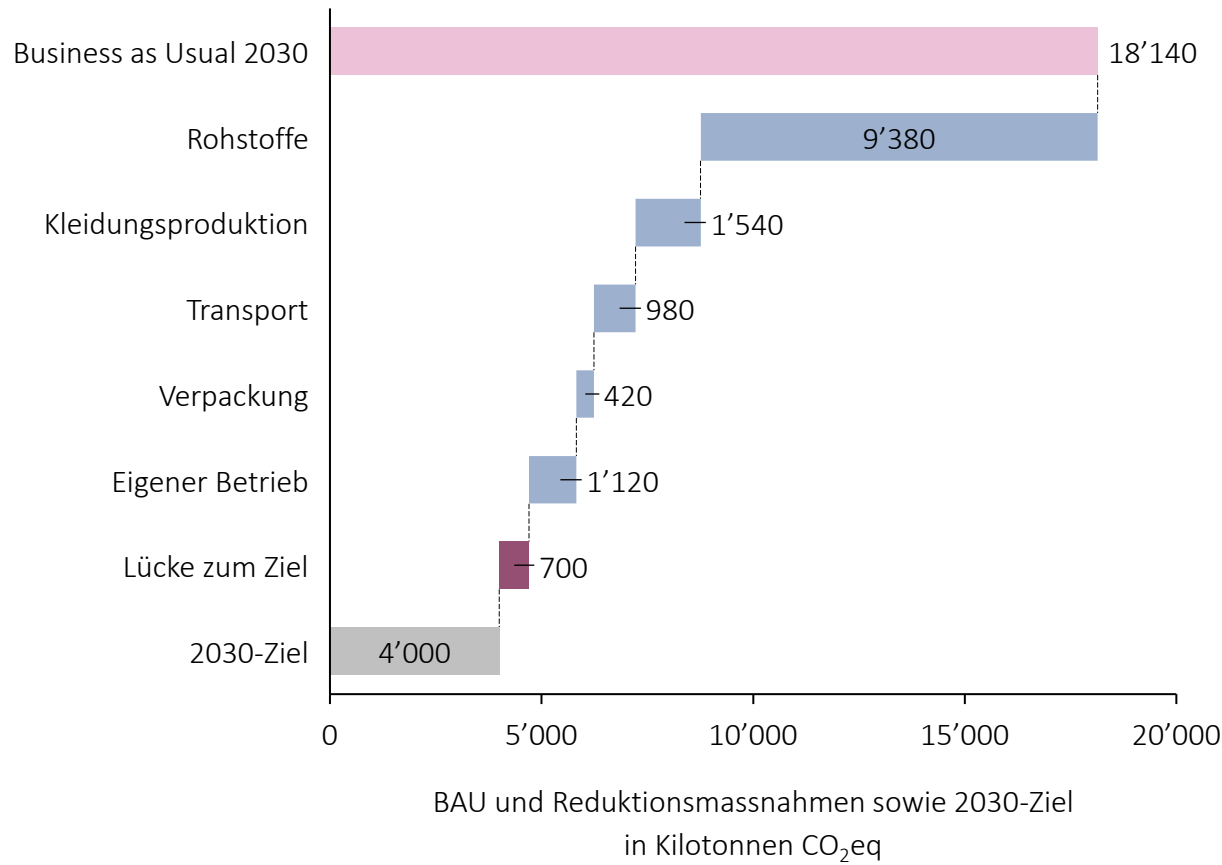


- Nutzung der Waren



Emissionsinventar und Klimaplan H&M
Quelle: H&M (2024).

Reduktionsmassnahmen bis 2030

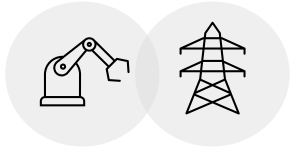


Beispiele für konkrete Massnahmen aus Klimaplan

- Verwendung von 100% recycelten oder nachhaltig beschafften Materialien bis 2030.
- Beschaffung von 100% erneuerbarem Strom in Lieferkette bis 2030.
- Verringerung der absoluten Emissionen um 56 % bis 2030 (Basisjahr 2019).
- Reduzierung Kunststoffverpackungen um 25 % bis 2025 (Basisjahr 2018).
- Reduzierung der absoluten Scope-1- und Scope-2-Emissionen um 56 % bis 2030, im Vergleich zum Basisjahr 2019. Netto Null bis 2040



09 Marktentwicklungen im Bereich Konsum: Textilindustrie



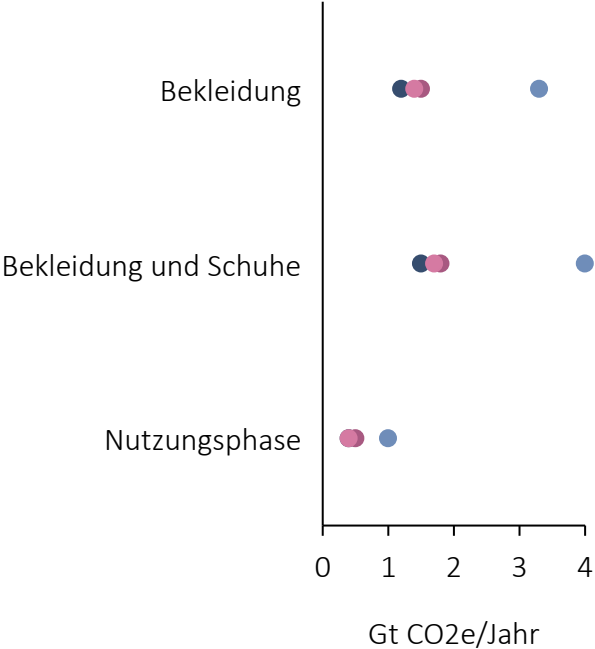
Emissionsreduktions-Potenzial verschiedener Ansätze in der globalen Textilindustrie

Quelle: Systemiq (2023), Fashion Pact.

| Ansatz | Reduktions-Beitrag bis 2030 (in %) | Ausgewählte Industrieaktivitäten | Industrieaktivitäten |
|----------------------------------|------------------------------------|---|----------------------|
| Erneuerbare Energien | 35 | UNFCCC Fashion Industry Charter; RE100 | Gering |
| Energieeffizienz | 15 | UNFCCC Fashion Industry Charter & Fashion Pact; Fashion for Good's Scaling Programme | Mittel |
| Rohstoffproduktion | 12 | Apparel Impact Institute's Clean by Design programme; CanopyStyle initiative; Frontier Founders Initiative; Responsible Leather Roundtable; 2025 Sustainable Cotton Challenge | Mittel |
| Produktverbesserungen | 11 | Care Label Project; Love Your Clothes Kampagne | Gering |
| Abfall reduzieren in Lieferkette | 11 | Circular Fashion Partnership | Gering |
| Zirkuläre Wirtschaftsformen | 9 | Circular Fashion Partnership; Circular ID; EVRTHNG | Gering |
| Alternative Materialien | 3 | Orange Fiber; Higg Index | Mittel |
| Saubere Logistik und Verteilung | 2 | Pathways Coalition; | Mittel |

Baseline-Emissionen der globalen Textilindustrie in Gigatonnen CO₂e/Jahr

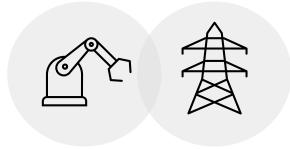
Quelle: Systemiq (2023), verschiedene Primärquellen.



- EMF & McKinsey, New Textiles Economy
- Quantis, Measuring Fashion
- GFA & McKinsey, Fashion on Climate
- WIR & ARI, Roadmap to Net Zero

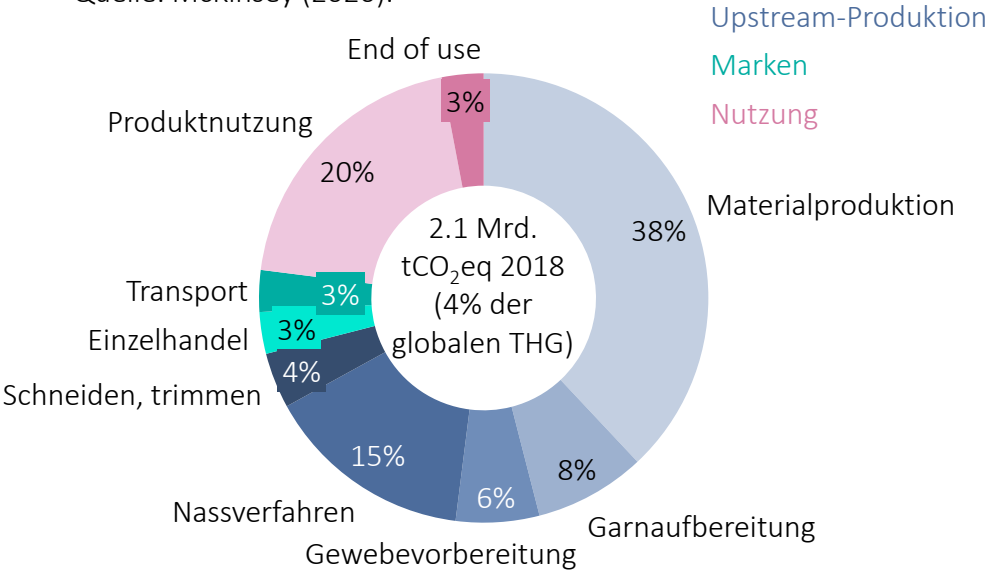


09 Marktentwicklungen im Bereich Konsum: Textilindustrie



THG-Emissionen in der Wertschöpfungskette von Bekleidung und Schuhen, global, 2018.

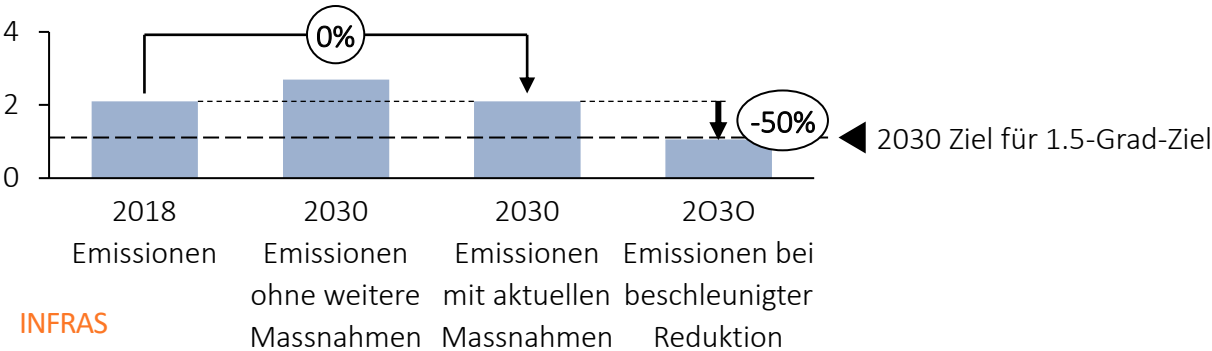
Quelle: McKinsey (2020).



Emissionsreduktion in der Textilindustrie unter verschiedenen Szenarien

Quelle: McKinsey (2020).

Mrd. Tonnen CO₂eq

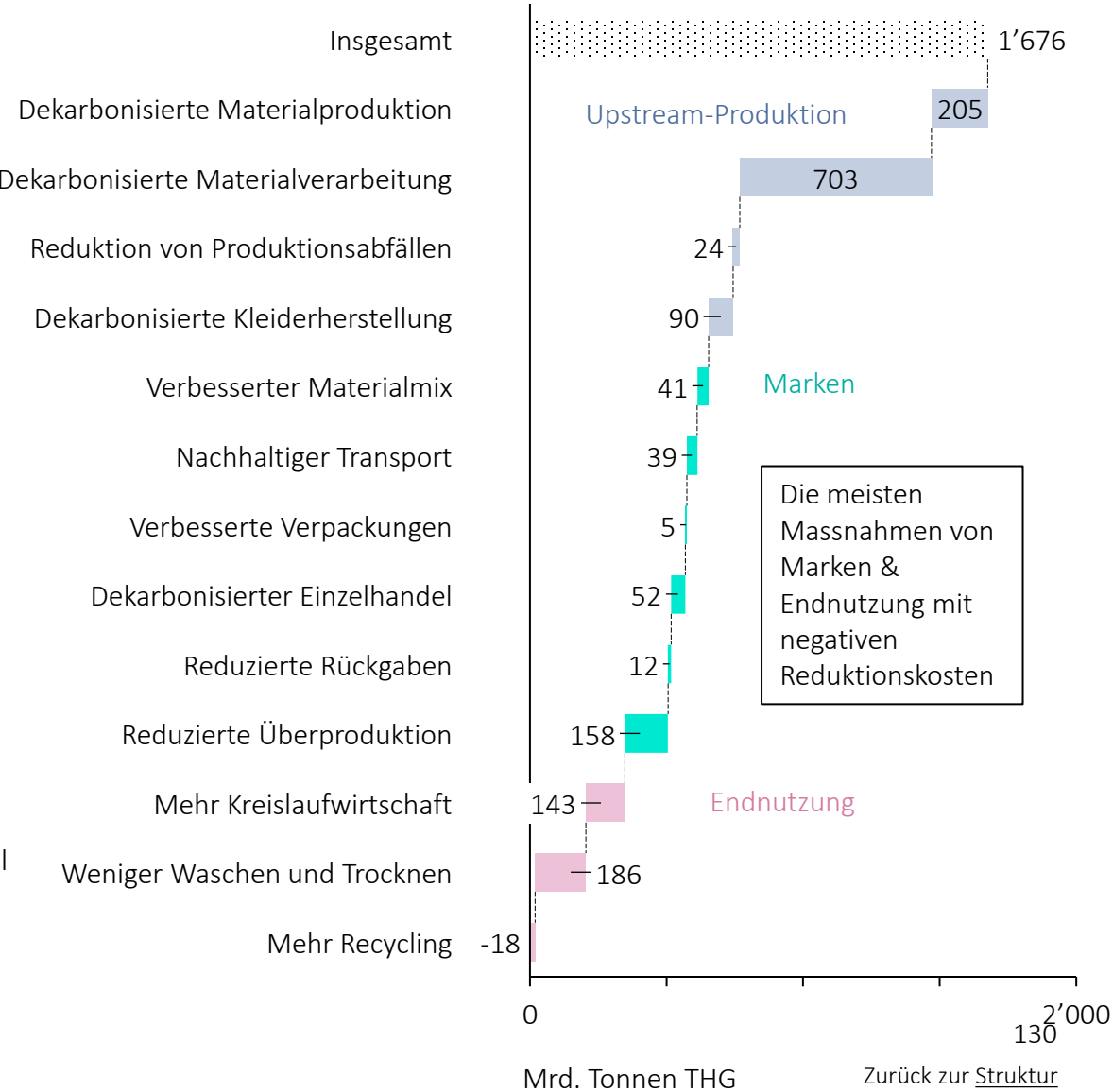


INFRAS

Quelle: McKinsey (2020).

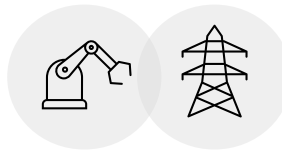
THG-Reduktionspotenzial 2030 in der Wertschöpfungskette der Textilindustrie

Quelle: McKinsey (2020).





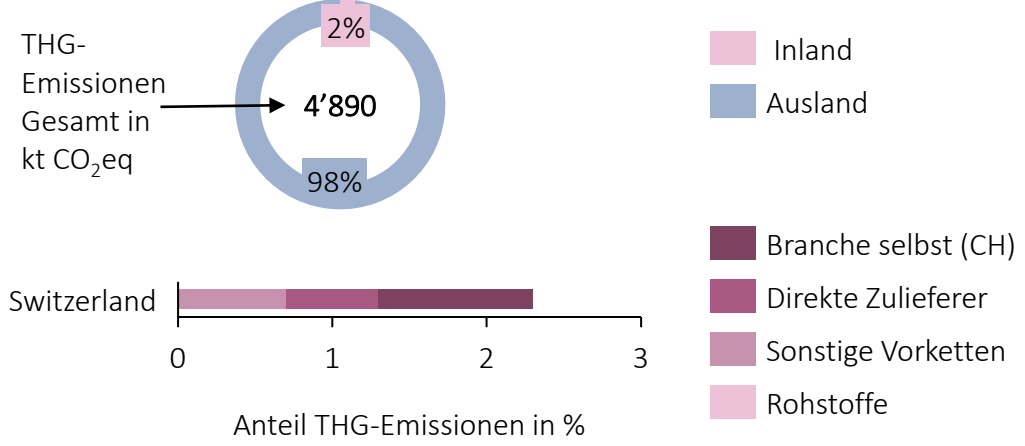
08 Analyse Lieferketten Schweiz: Textilien



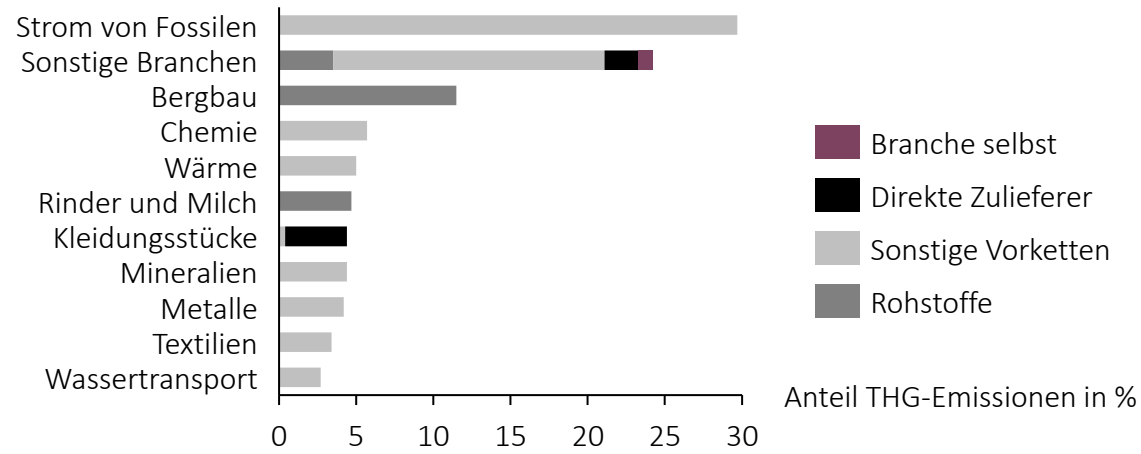
Treibhausgasemissionen des Schweizer Textilienhandels in In- und Ausland sowie verschiedene Schritte in der Wertschöpfungskette, Länder und Produkte

Quelle: Nathani et al. (2019); Treeze/RütterSoceco (2020).

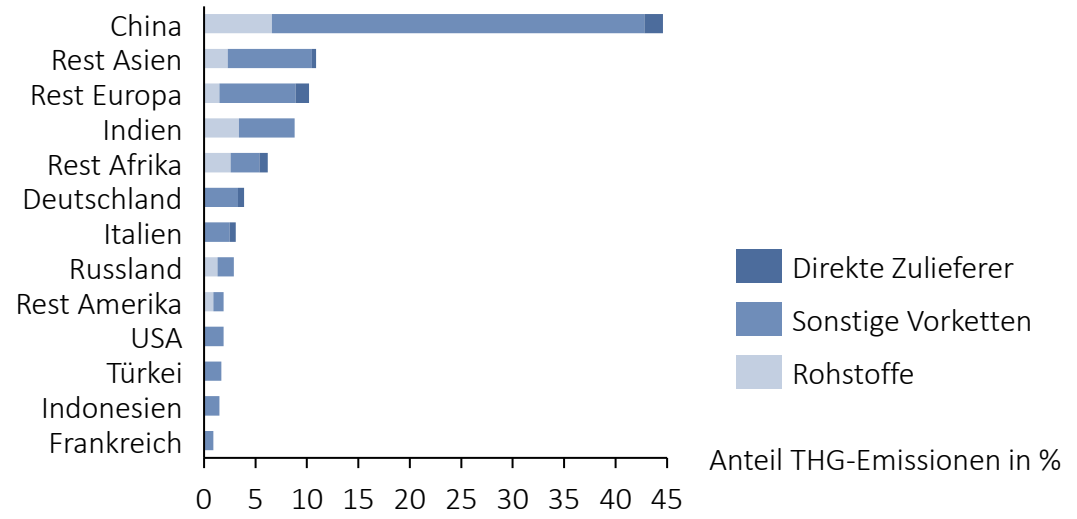
Gesamtsicht



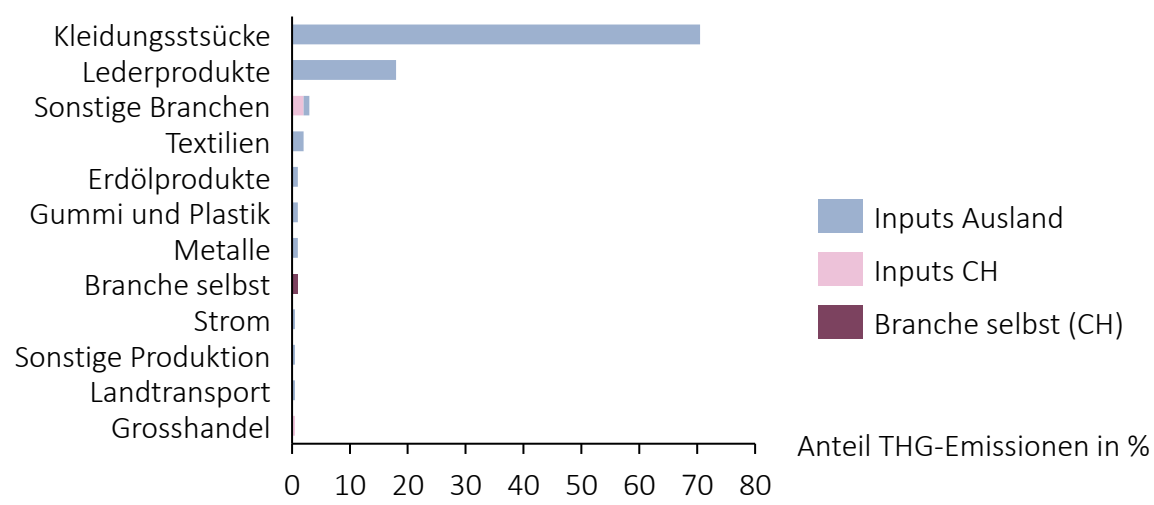
Emissionen aus Vorketten pro Produkt

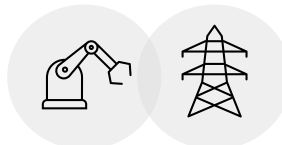


Emissionen aus Vorketten pro Land



Emissionen aus Vorketten pro Produkt und nach Inland/Ausland





Relevante Policies für Kreislaufwirtschaft am Beispiel des Lebenszyklus eines Smartphones
Quelle: PwC (2023).

Overview - applicable regulations

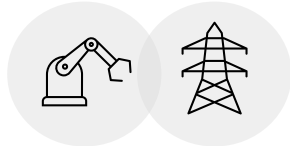
| | |
|----|---|
| 1 | The REACH Regulation (1907/2006/EU) |
| 2 | The Restriction of Hazardous Substances (RoHS) Directive (2011/65/EU) |
| 3 | The Battery Directive (2006/66/EC) <i>(expected to change in 2023)</i> |
| 4 | The Waste Framework Directive (2008/98/EC // Updated: 2018/852/EC) |
| 5 | The Mining Waste Directive (2006/21/EC) |
| 6 | The Landfill Directive (1999/31/EC) |
| 7 | The Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Directive (2012/19/EU) |
| 8 | The Conflict Minerals Regulation (EU) No. 2017/821 |
| 9 | The Ecolabel Regulation (EC) No. 66/2010 |
| 10 | The Single-Use Plastics Directive (2019/904) |
| 11 | The Packaging and Packaging Waste Directive (94/62/EC) |
| 12 | The Extended Producer Responsibility (EPR) Regulations |
| 13 | The Energy Efficiency Directive (2012/27/EU) |
| 14 | The Indication of Energy Consumption and Labelling of Energy-Related Product Directive (2010/30/EU) |
| 15 | The Eco-design Directive (2009/125/EC) |

And its impact on different smartphone life-cycle stages

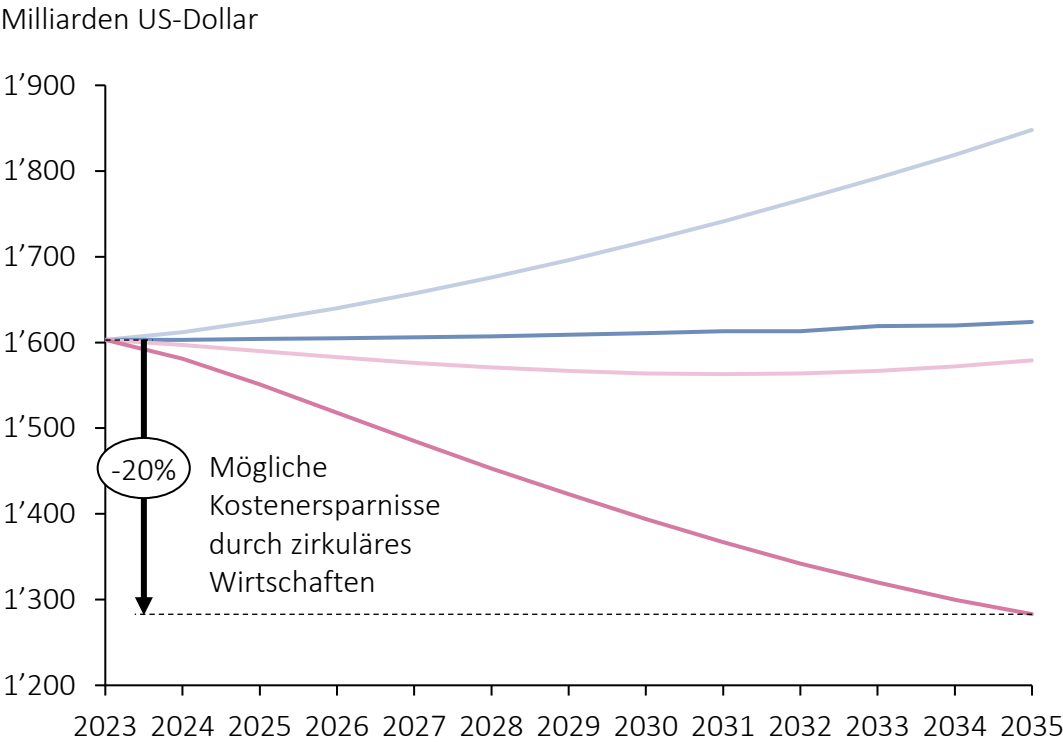




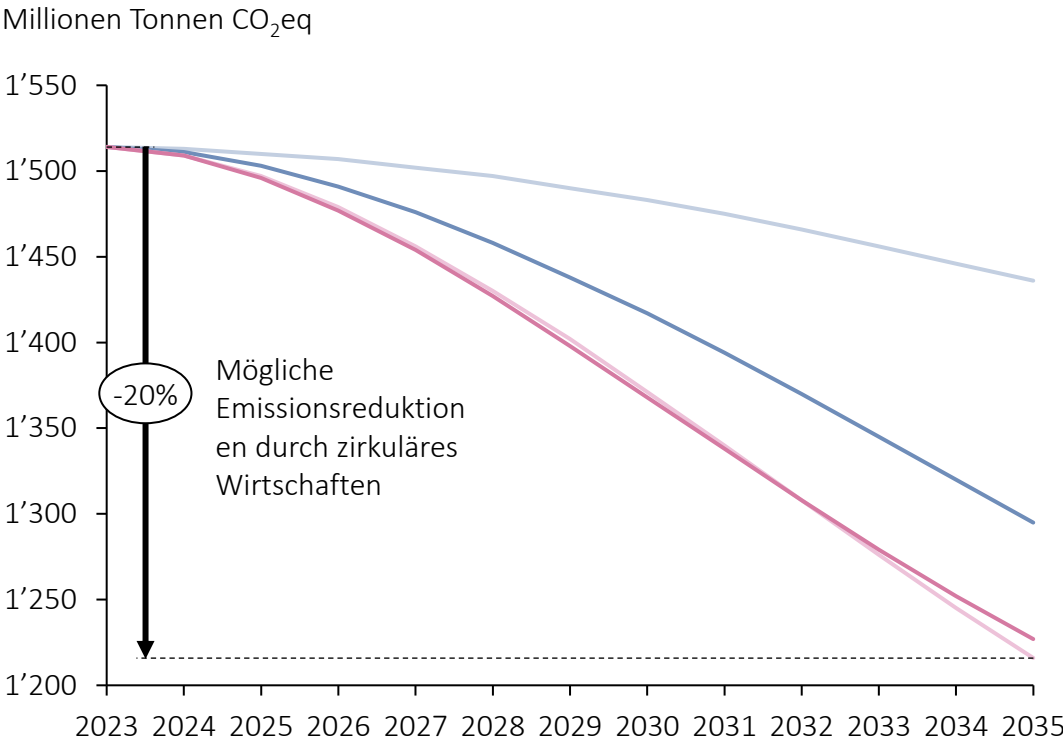
09 Marktentwicklungen im Bereich Konsum: Elektronikindustrie



Geschätzte Kosten für Elektronikindustrie Zirkuläre Wirtschaftsformen vs. BAU
Quelle: PwC (2023).



Geschätzte Emissionsreduktionen durch Zirkuläre Wirtschaftsformen vs. BAU (BAU mit Klimamassnahmen)
Quelle: PwC (2023).

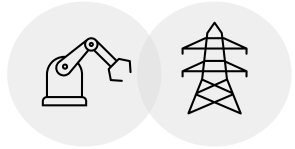


- Business as usual
- Zirkuläre Inputs
- Wiederherstellung (reuse)
- Product as a Service

“(A)ll circular business models (circular inputs, remanufacturing and PaaS) analysed in this report prove more cost effective and significantly reduce CO₂e compared to using linear model (business as usual) approach over the next 12 years.



09 Marktentwicklungen im Bereich Konsum: Elektrogeräte, IKT



Kategorisierung des Treibhausgas-Fussabdrucks und des Minderungspotenzials der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)

Quelle: Bieser et al. (2023)

| Kategorie | Effekt | Beschreibung | Beispiel |
|-------------------------------|---------------------------------------|---|---|
| Direkte Effekte (Fussabdruck) | Produktion | Ressourcen- und Energieverbrauch für die Herstellung von IKT-Hardware und -Software | Energiebedarf für die Herstellung eines Smartphones |
| | Betrieb | Stromverbrauch für den Betrieb von IKT-Hardware | Energiebedarf für den Betrieb eines Smartphones |
| | Abfall | Ressourcen- und Energieverbrauch für die Entsorgung von IKT-Hardware | Energiebedarf für das Recycling eines Smartphones |
| Indirekte Effekte | Optimierungseffekt | IKT-induzierte Steigerung der Ressourcen- oder Energieeffizienz | Navigations-Apps, die Routen im Hinblick auf Treibstoffeffizienz optimieren |
| | Substitutionseffekt | Ersetzung einer physischen Dienstleistung durch eine IKT-Dienstleistung | Videokonferenzen als Ersatz für Geschäftsreisen |
| | Direkter Rebound-Effekt | IKT-bedingte Preissenkungen bei einer Dienstleistung, die zu einem Anstieg des Verbrauchs dieser Dienstleistung führen | Streaming-Dienste steigern den Konsum von Videos |
| | Indirekter Rebound-Effekt | IKT-bedingte Preissenkungen bei einer Dienstleistung, die zu einem Anstieg des Verbrauchs einer anderen Dienstleistung führen | Wiederverwendung des beim Pendeln eingesparten Geldes für Freizeitreisen |
| | Induzierungseffekt | IKT-Nutzung, die die Nutzung einer anderen Ressource anregt | Drucker, die die Verwendung von Papier fördern |
| | Gesamtwirtschaftlicher Rebound-Effekt | IKT-Nutzung führt zu makroökonomischen Anpassungen in allen Sektoren | E-Commerce führt zu Wachstum in der Logistikbranche |

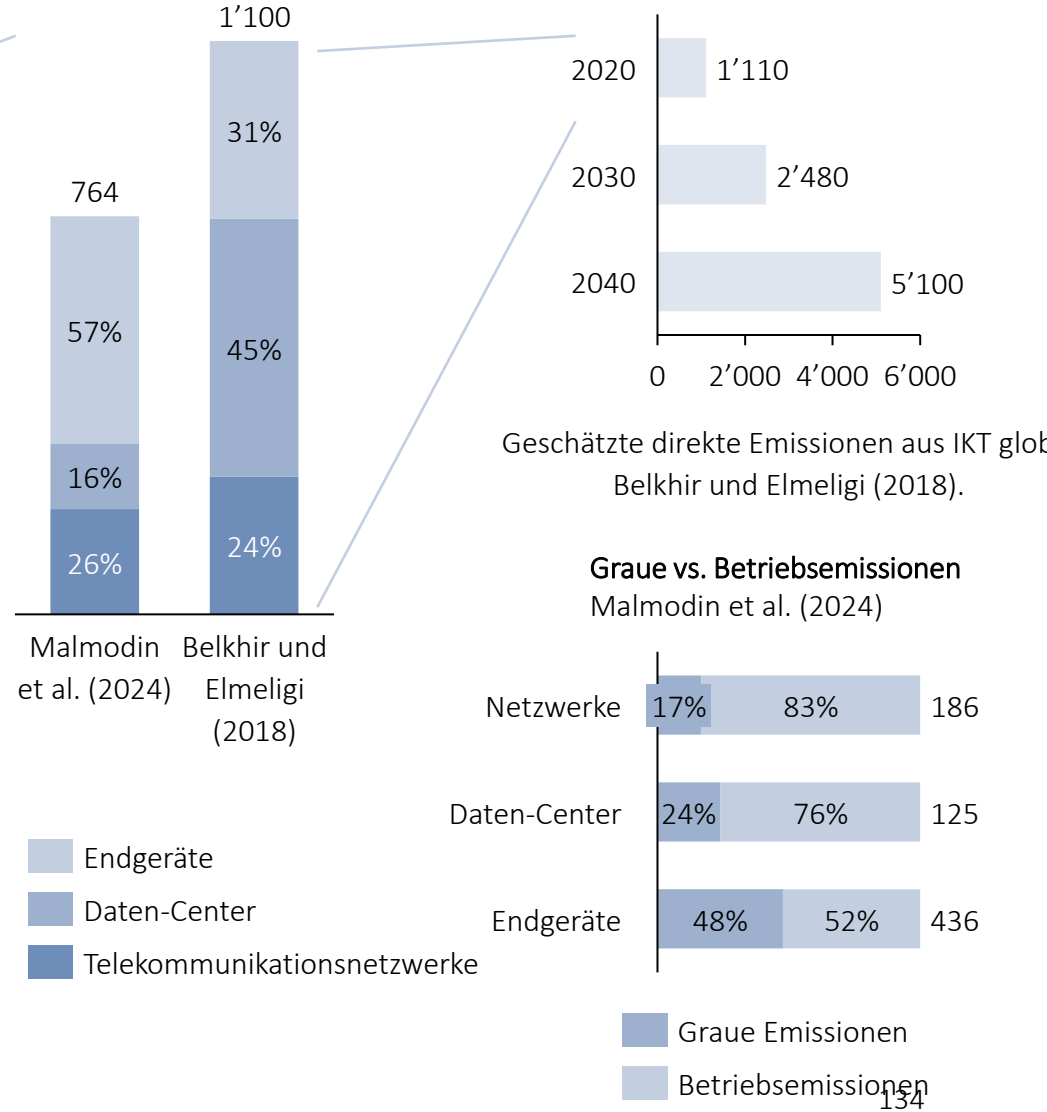
INFRAS

Quelle: Belkhir und Elmeligi (2018); Bieser et al. (2023); Malmodin et al. (2024).

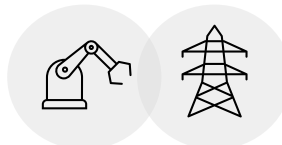
Quantifizierung des direkten Treibhausgas-Fussabdrucks

Quelle: Belkhir und Elmeligi (2018); Malmodin et al. (2024).

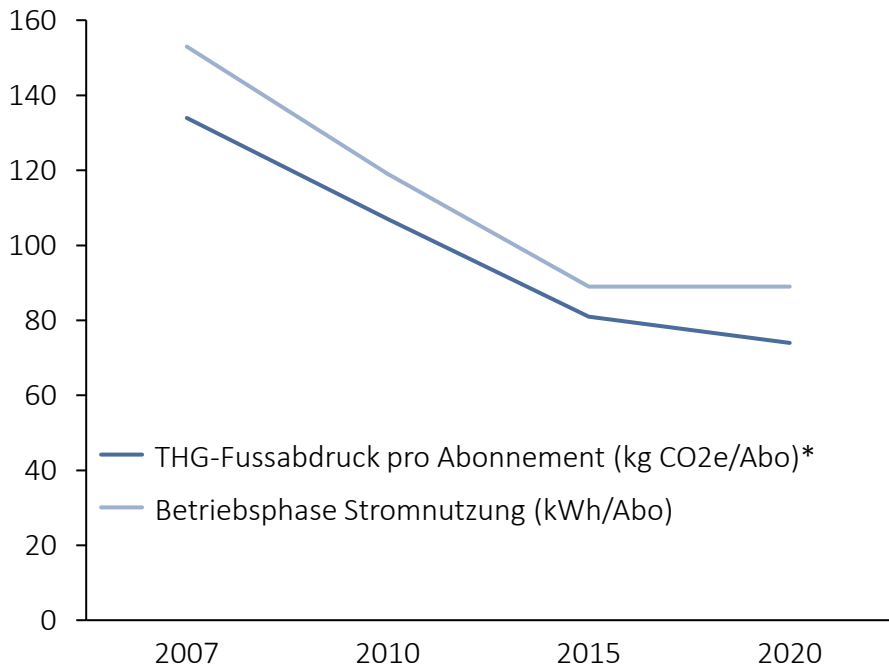
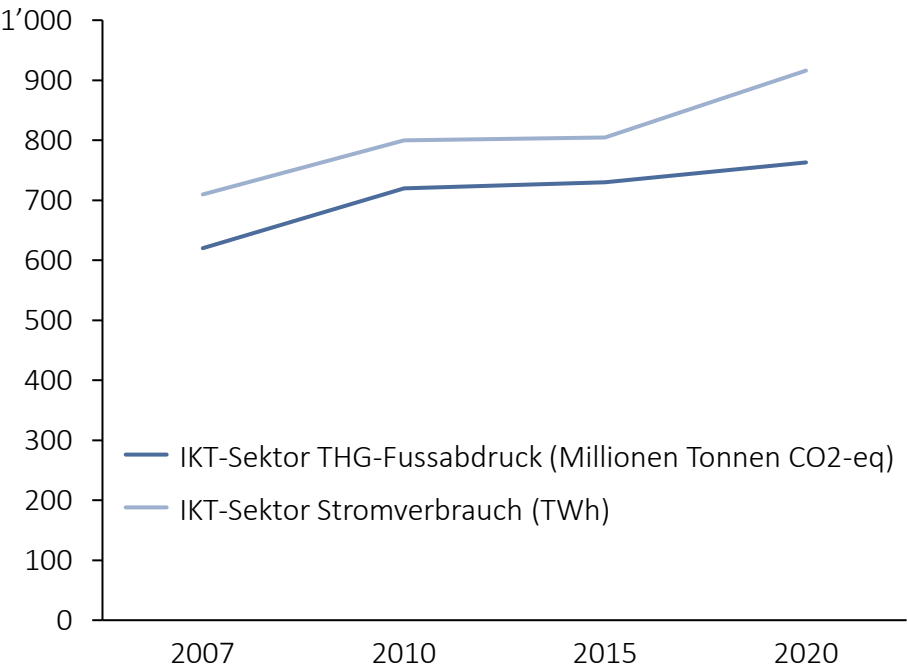
Anteil (in %) der IKT-Subsektoren an geschätzten globalen Emissionen 2020.



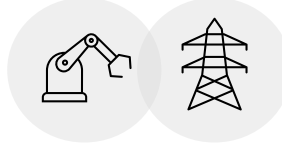
Zurück zur [Struktur](#)



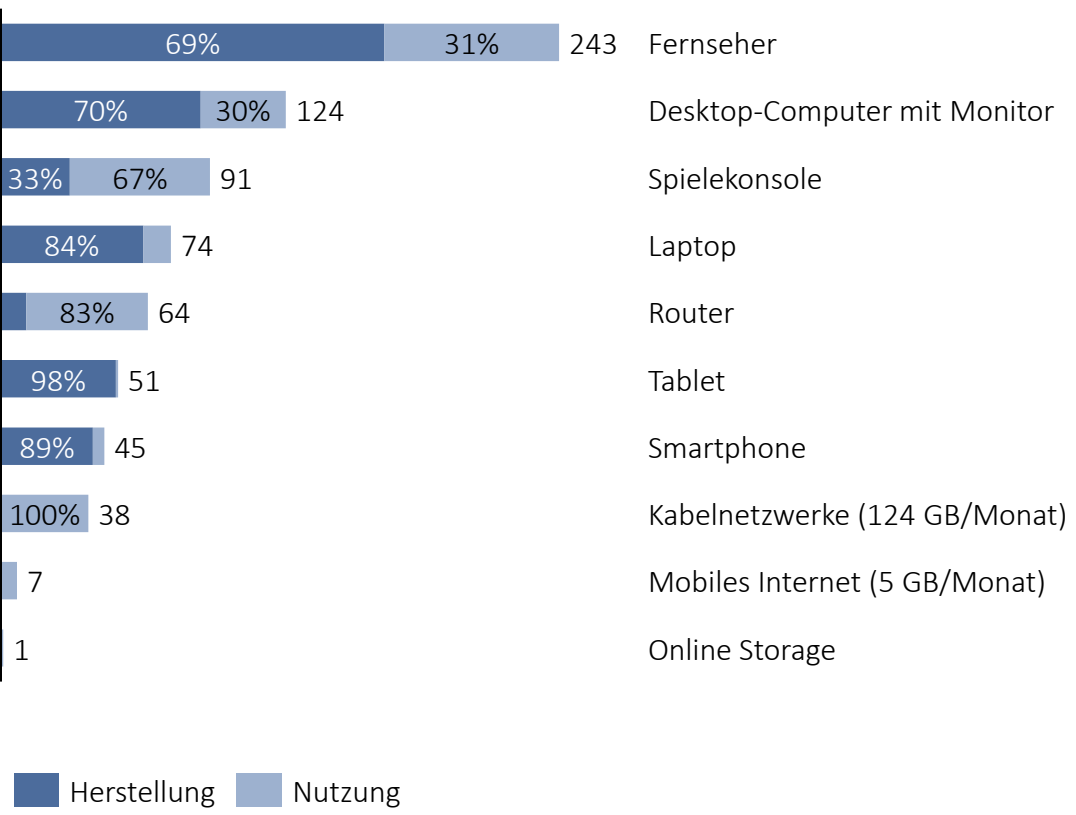
Entwicklung über Zeit: THG-Fussabdruck/Stromverbrauch des globalen IKT-Sektors und Fussabdruck/Stromverbrauch pro IKT-Abo
Quelle: Malmodin et al. (2024)



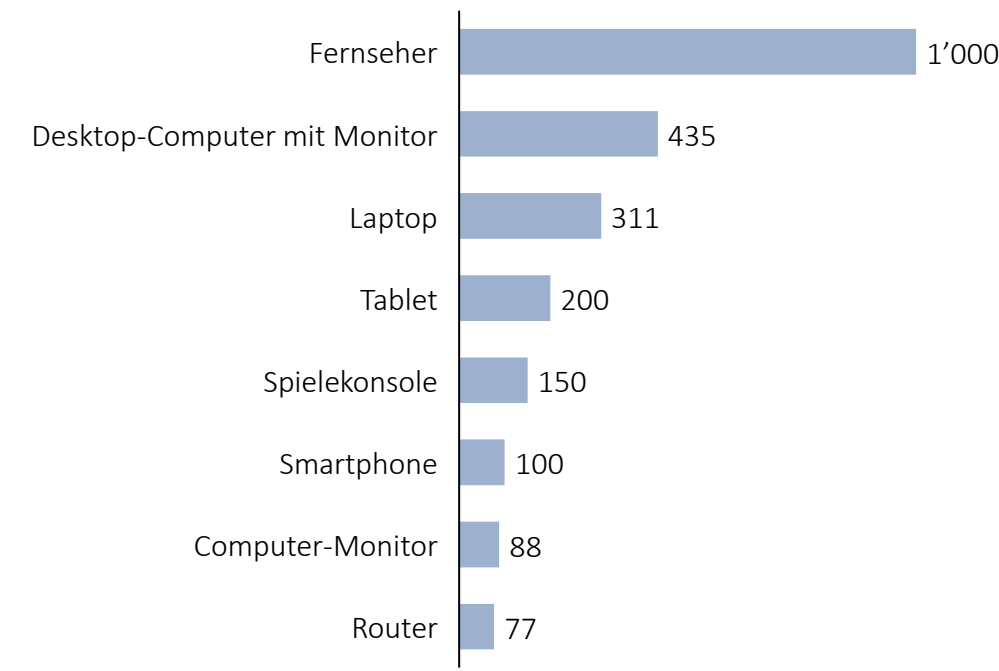
*Abonnement für Mobilfunk, Festnetz, Breitband (Daten der World Telecommunication/ICT Indicators Database)
Indirekte und direkte Emissionen



Durchschnittliche Emissionen für Elektrogeräte/ICT in Deutschland pro Jahr
Quelle: Öko-Institut (2020), Digitaler Fussabdruck in kg CO₂e/Jahr.



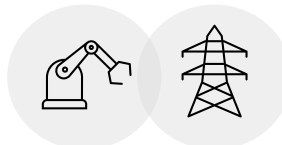
THG-Emissionsintensität der Herstellung von Elektrogeräten und ICT
Quelle: Öko-Institut (2020), in kg CO₂e.



Laptops meistens nach 5 Jahren ersetzt laut Umfrage, siehe Abbildung 3-1 in Öko-Institut (2020).



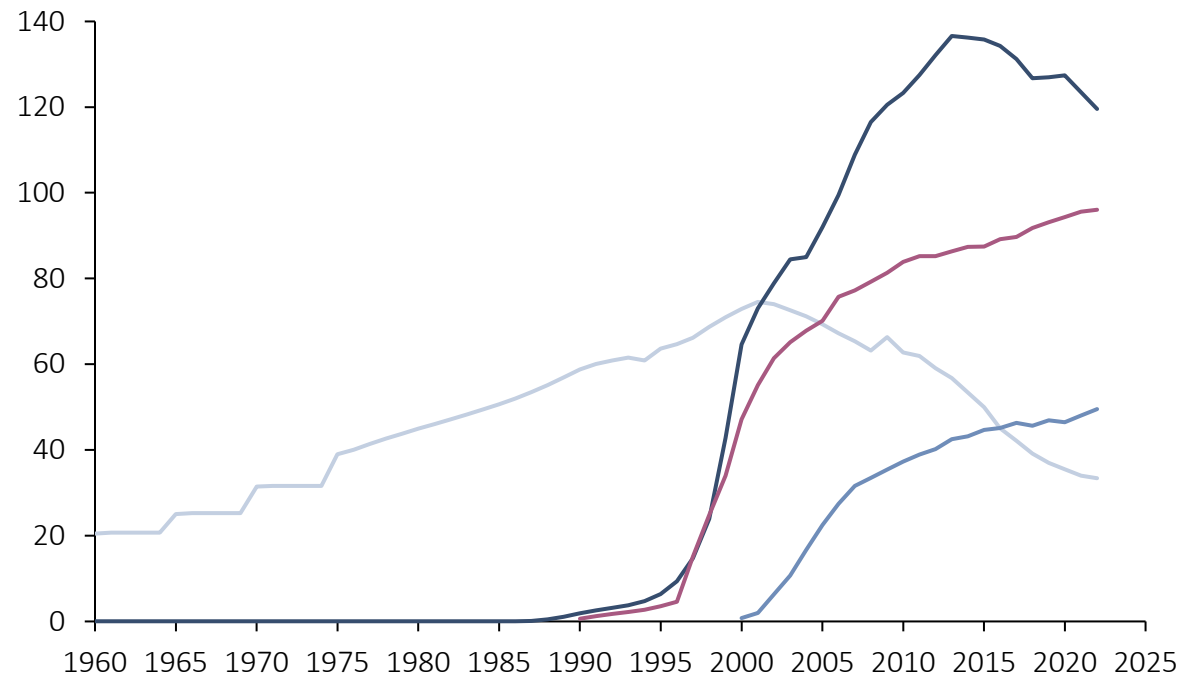
09 Marktentwicklungen im Bereich Konsum: Elektrogeräte, ICT



Anzahl IKT-Abonnements in Deutschland

Quelle: International Telecommunication Union (via World Bank), Our World in Data.

Anzahl pro 100 / %

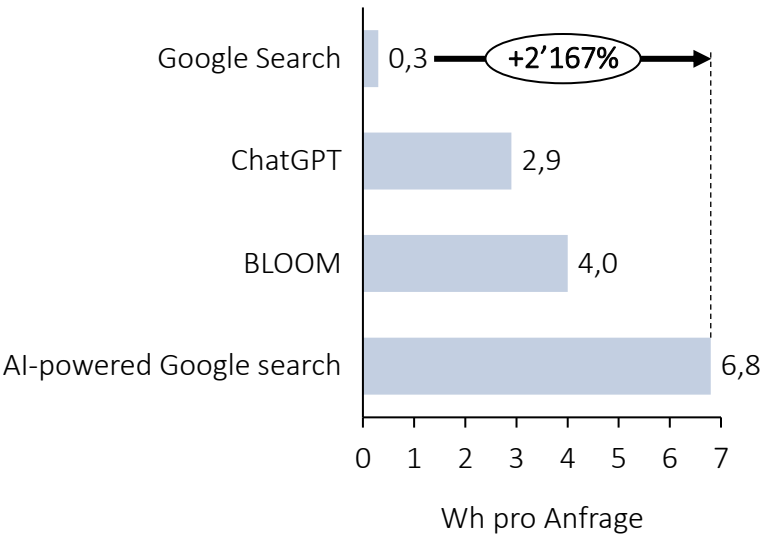


- Abonnements für Festnetztelefone (Anzahl pro 100 Personen)
- Festnetz-Breitbandabonnements (Anzahl pro 100 Personen)
- Mobile Mobilfunkabonnements (Anzahl pro 100 Personen)
- Einzelpersonen, die das Internet nutzen (% der Bevölkerung)

Energieverbrauch verschiedener Suchtechnologien

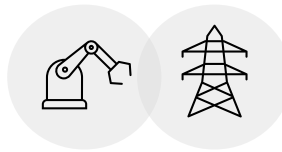
Quelle: De Vries (2023).

Energieverbrauch pro Anfrage, verschiedene Systeme



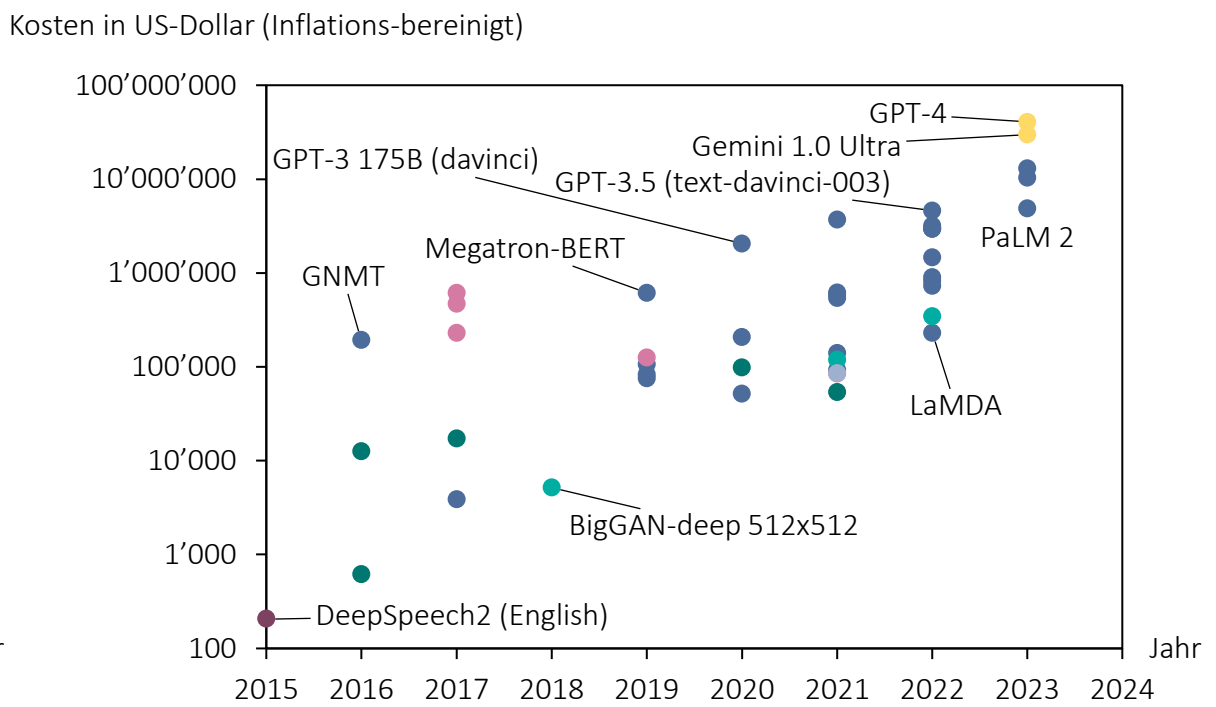
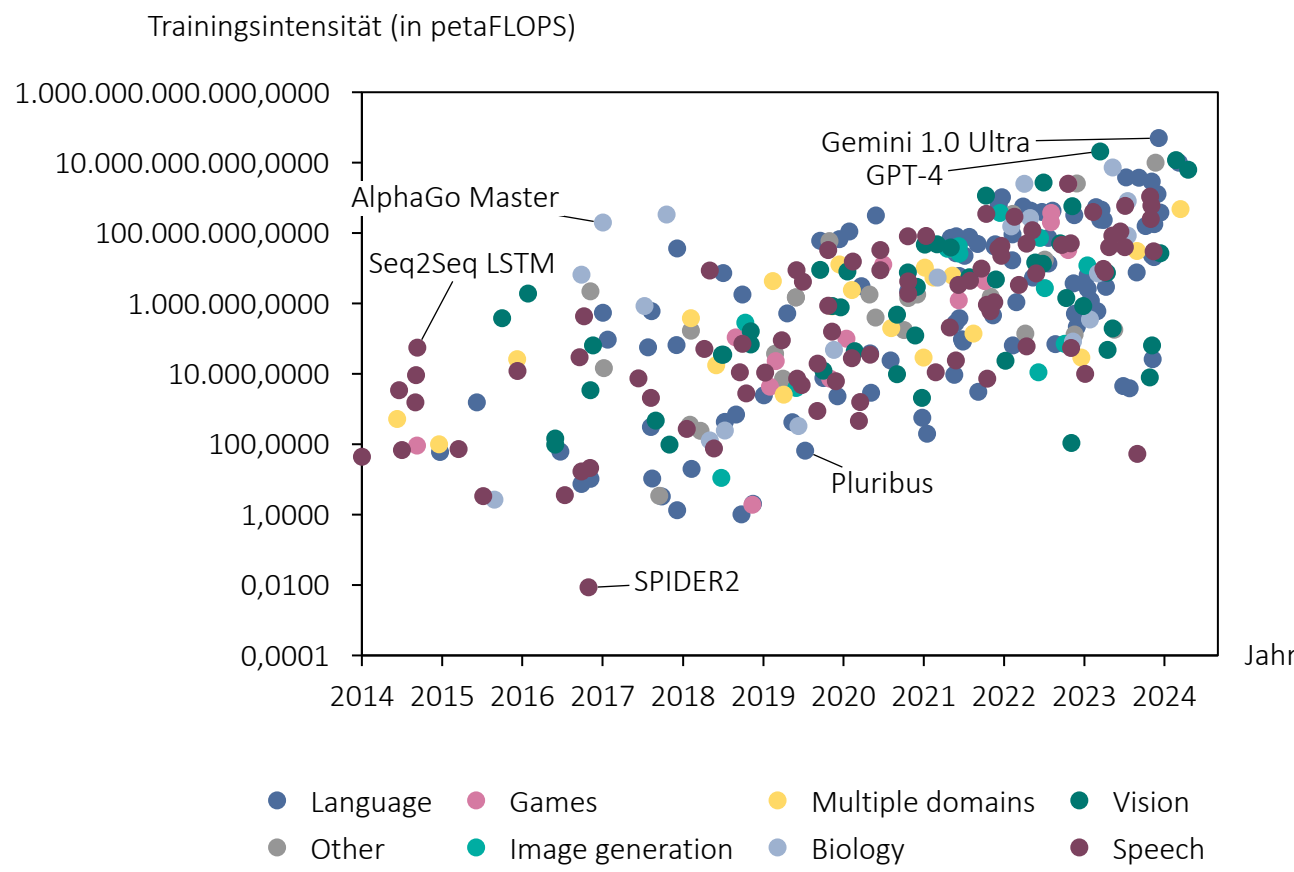


09 Marktentwicklungen im Bereich Konsum: Künstliche Intelligenz

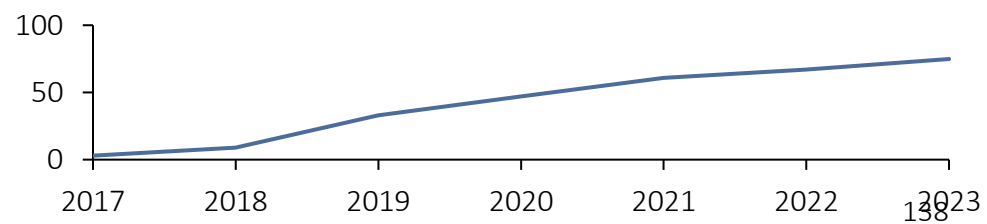


Trainingsintensität (in petaFLOPs) und Hardware-/Energiekosten von AI-Modellen nehmen rasant zu, mit potentiellen Auswirkungen auf importierte Emissionen durch AI-Applikationen. Gleichzeitig wird AI zunehmend von Regulierung und politischen Strategien umrahmt.

Quelle: Epoch AI (2024), Our World in Data.

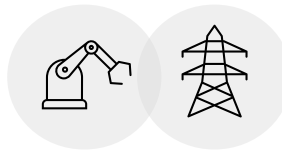


Anzahl Länder mit einer AI-Strategie
Quelle: HAI (2024) AI Index





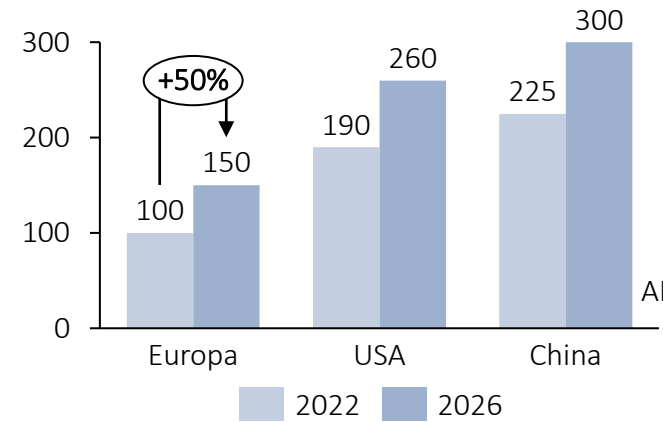
09 Marktentwicklungen im Bereich Konsum: Elektrogeräte, IKT



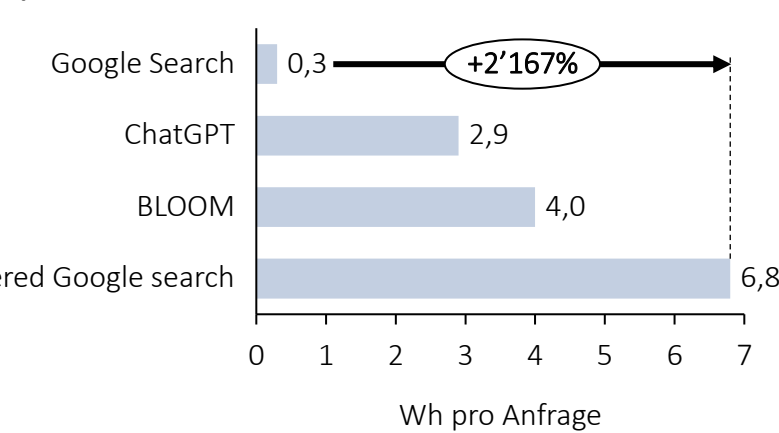
Entwicklung im Strom- und Energieverbrauch von Rechenzentren und neuen KI-Modellen

Quelle: Baldor (2023); De Vries (2023); IEA (2024b).

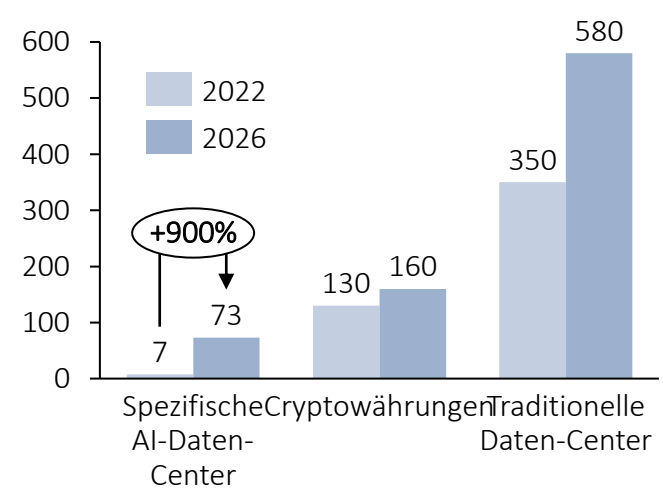
A) Stromverbrauch von Daten-Centern in TWh



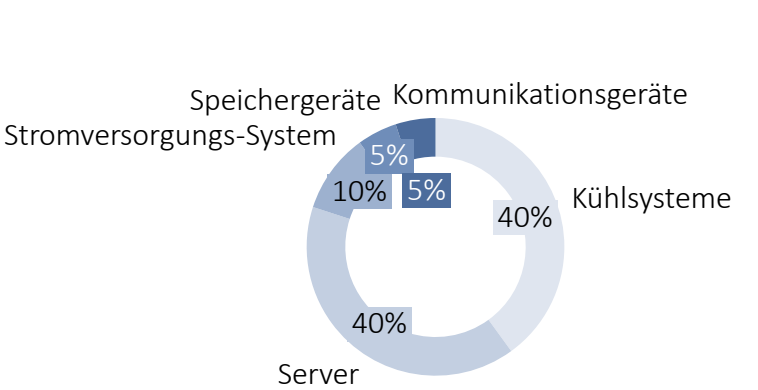
B) Energieverbrauch pro Anfrage, verschiedene Systeme



C) Stromverbrauch verschiedener Anwendungen

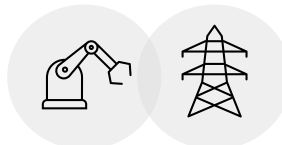


D) Typische Anteil am Stromverbrauch eines Data-Centers





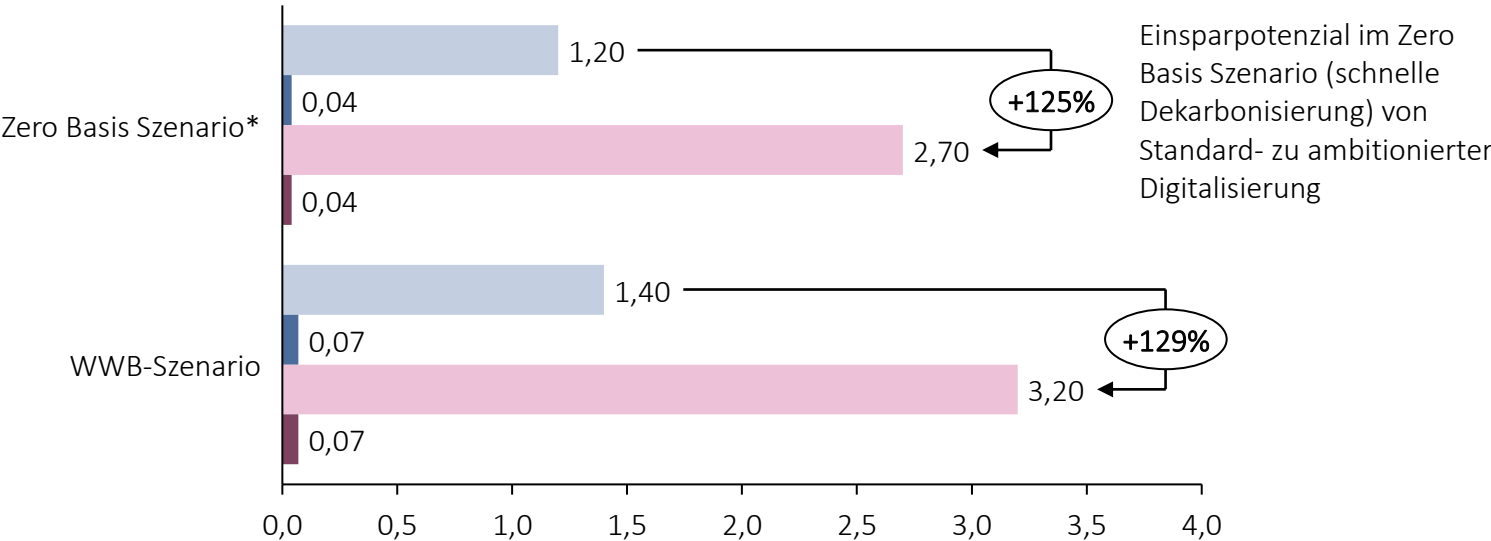
09 Elektrogeräte, IKT: Digitalisierung als Hebel für Dekarbonisierung der Schweiz



Einsparpotenzial durch Digitalisierung der Schweizer Wirtschaft in zwei Szenarien (aus Energieperspektiven 2050+), sowie direkte THG-Emissionen durch digitale Technologien

Digitale Technologien können zwischen 7-20% der Klimalücke schliessen, der IT-Fussabdruck zeigt vergleichsweise geringe Auswirkungen

Quelle: Digitalswitzerland, economiesuisse, accenture (2024)



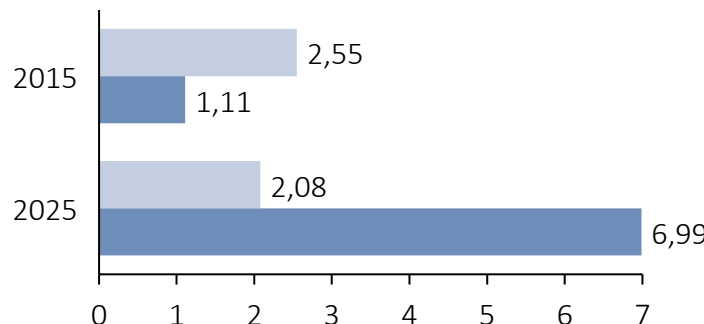
Einsparpotenzial und THG-Fussabdruck durch Digitalisierung in Millionen Tonnen CO₂-eq

- Standard-Digitalisierung Reduktionspotential für Gesamtwirtschaft (Effizienzgewinne etc.)
- Standard-Digitalisierung THG-Fussabdruck (direkter Fussabdruck von Betrieb, ohne indirekte Emissionen aus Lieferkette)
- Ambitionierte Digitalisierung Einsparpotential für Gesamtwirtschaft (Effizienzgewinne, etc.)
- Ambitionierte Digitalisierung THG-Fussabdruck (direkter Fussabdruck von Betrieb, ohne indirekte Emissionen aus Lieferkette Lieferkette, etc.)

*Netto-Null-Pfad 2050 der Energieperspektiven 2050+

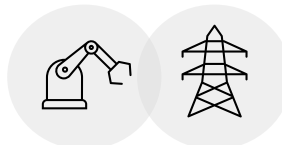
Maximales Einsparpotenzial durch Digitalisierung der Schweizer Wirtschaft, sowie direkte + indirekte THG-Emissionen durch digitale Technologien

Quelle: Hilty und Bieser (2017)



Einsparpotenzial und THG-Fussabdruck in Millionen Tonnen CO₂eq/Jahr

- THG-Fussabdruck des Schweizer IKT-Sektors*
- Emissionsreduktionspotential durch IKT
- *inklusive importierter Emissionen

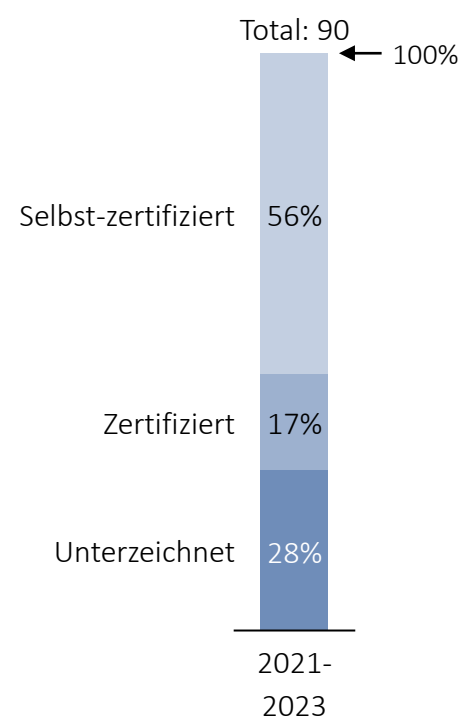


Selbstverpflichtung führender IKT-Unternehmen in der Climate Neutral Data Center Initiative
Quelle: Climate Neutral Data Center Initiative (2024)

Anzahl beitretender IKT-Unternehmen 2021-2023
Quelle: Climate Neutral Data Center Initiative (2024)

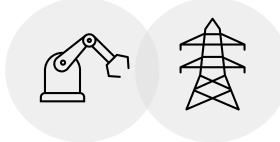
Verbände

Betreiber von Rechenzentren (Auswahl)



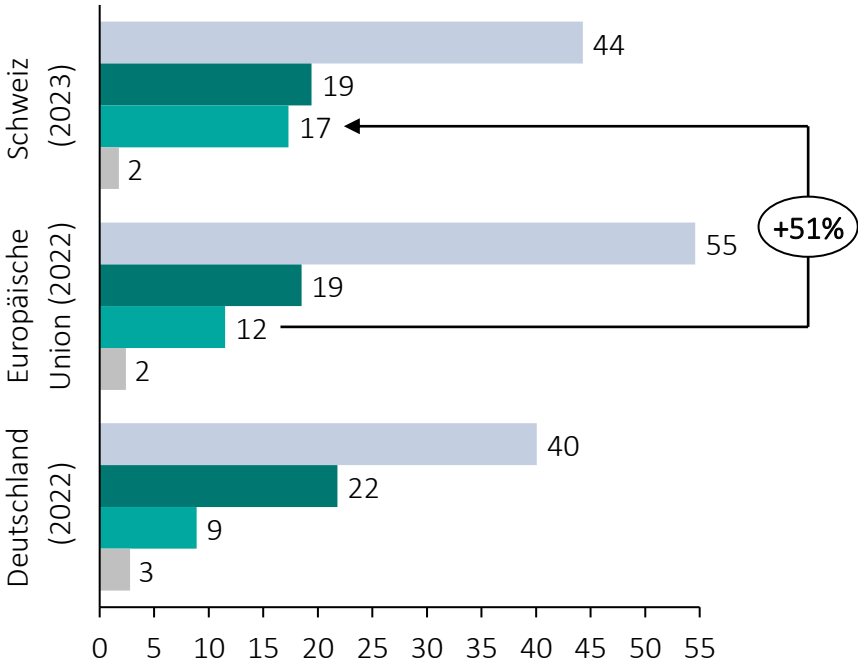
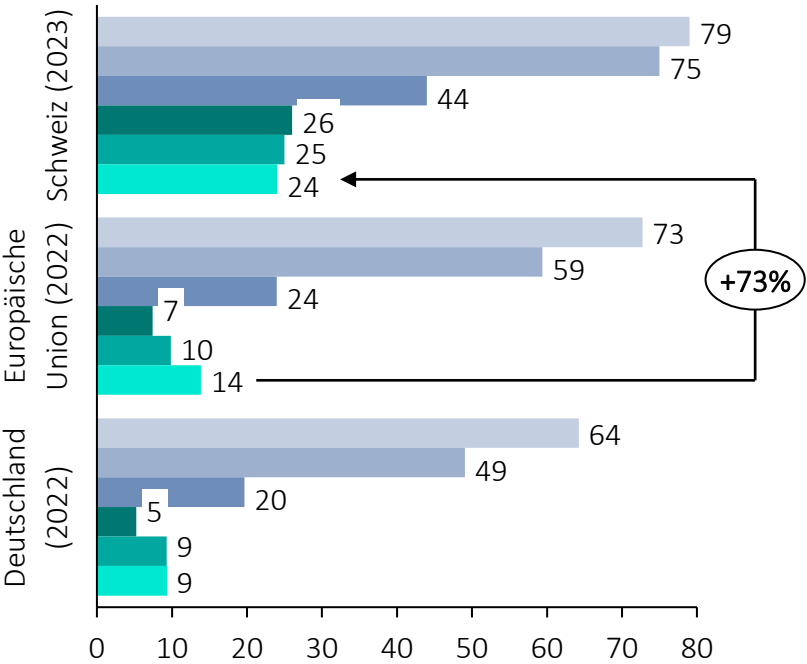


09 Elektrogeräte, IKT: Verhalten im Endkonsum



Einstellungen zum Kauf von IKT und Umgang mit Altgeräten im internationalen Vergleich

Quelle: BFS (2024), Eurostat.



Beim Kauf von IKT-Geräten als wichtig erachtete Kriterien in % der 16-74-jährigen Internetnutzenden

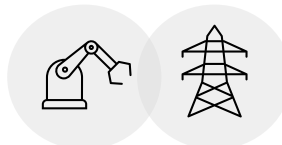
- Preis
- Technische Leistung
- Energieeffizienz
- Rücknahmeangebot
- Verlängerung der Lebensdauer
- Ökodesign

Umgang mit dem letzten ersetzten Smartphone, im internationalen Vergleich in % der 16-74-jährigen Internetnutzenden

- Ungenutzt zu Hause aufbewahrt
- Weiterverkauft oder weitergegeben
- Recycelt (Elektroschrott)
- Entsorgt (nicht als Elektroschrott)

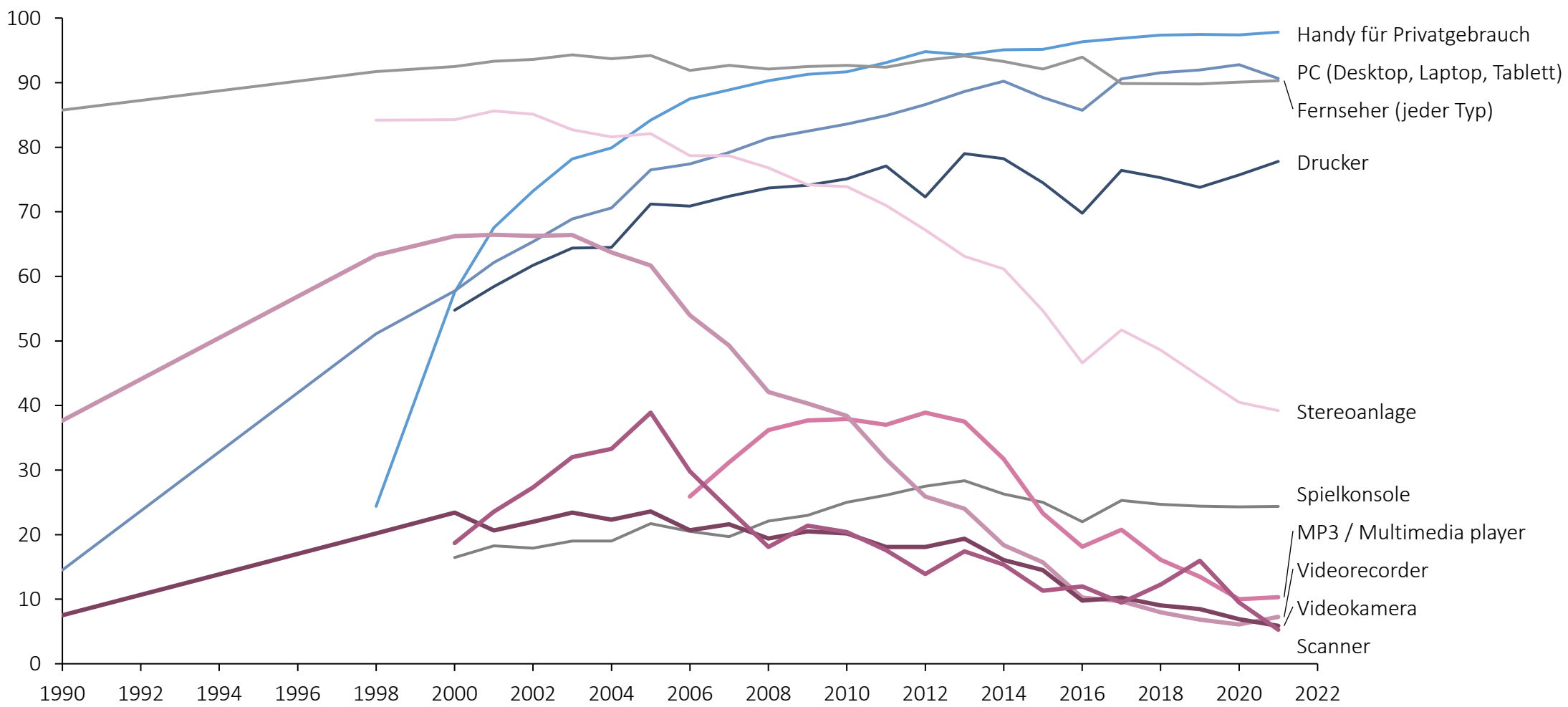


09 Elektrogeräte, IKT: Verhalten im Endkonsum



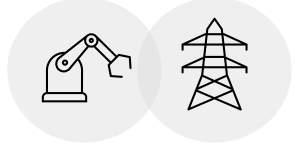
IKT-Ausstattung der Schweizer Haushalte
Quelle: BFS (2024).

in % der Haushalte

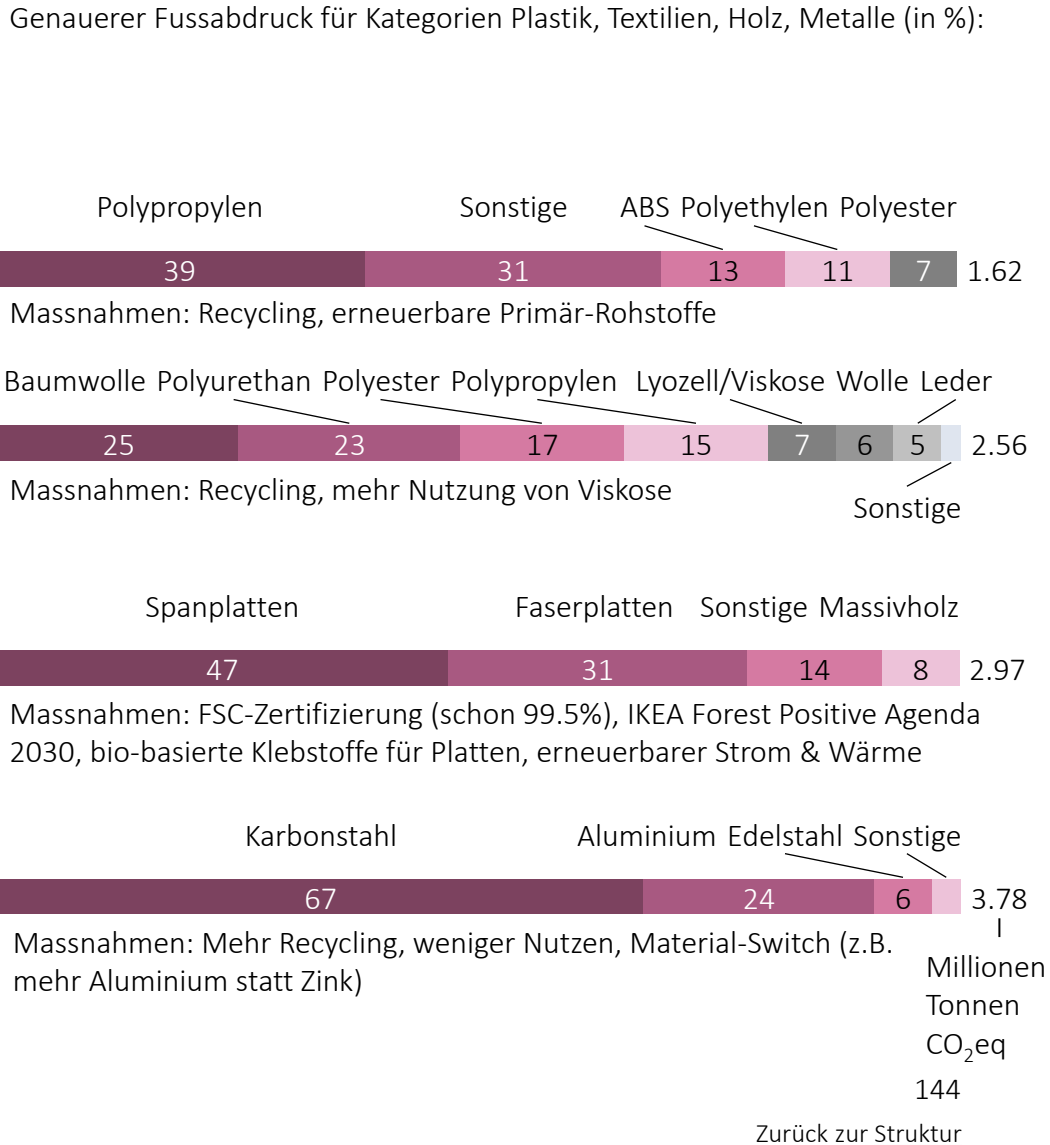
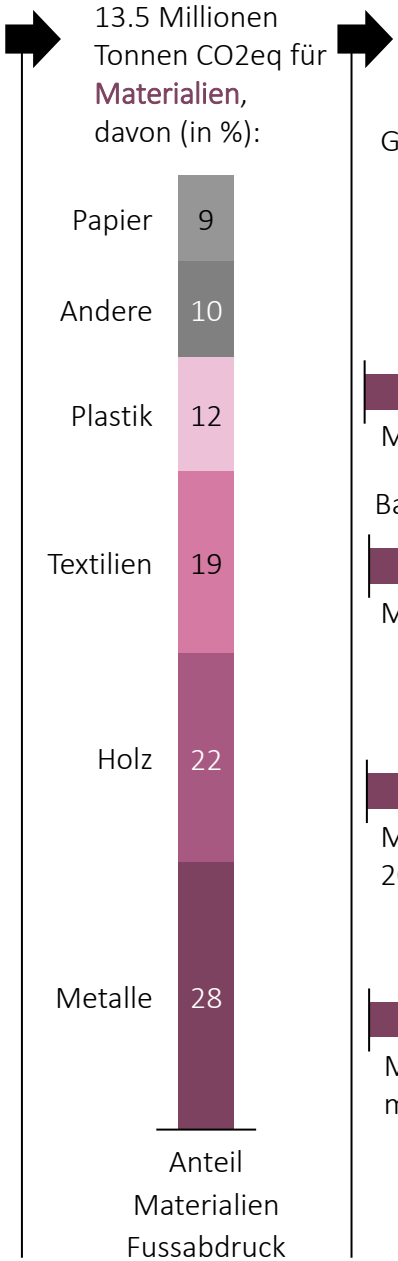
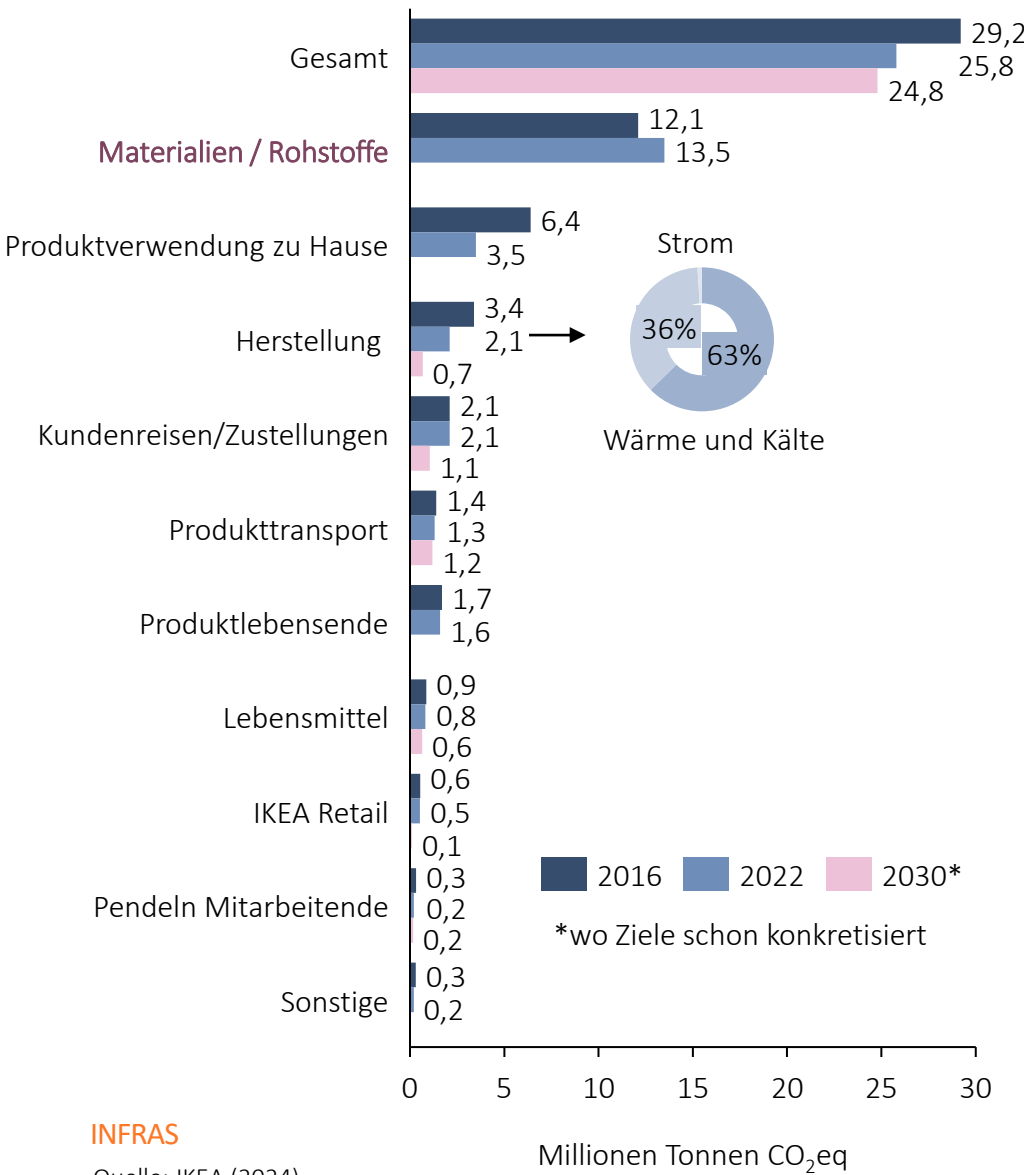


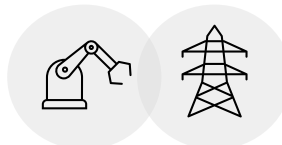


09 Möbel: THG-Fussabdruck, Ziele und Massnahmen von IKEA



THG-Fussabdruck von IKEA Global, Scope 1-3
Quelle: IKEA (2024).



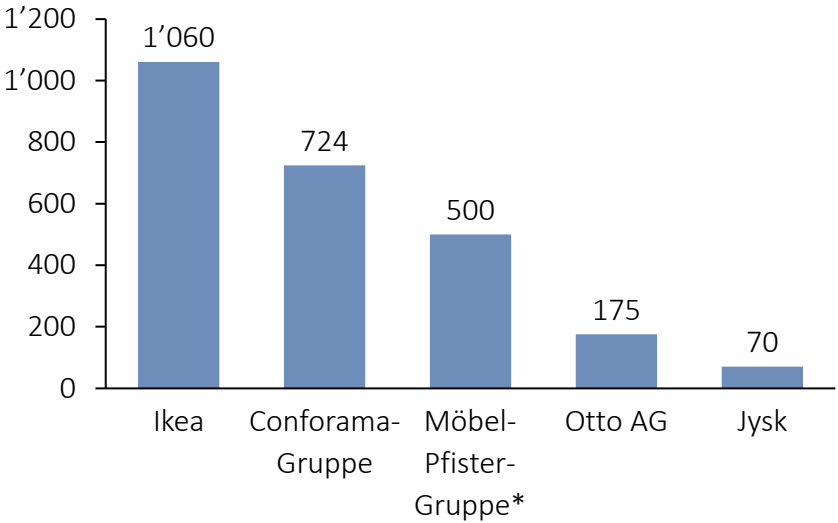


Schweizer Möbelmarkt 2016

Quelle: Verband Schweizer Möbelhandel 2016

Neuere Entwicklungen: XXXLutz neu im Schweizer Markt, hat vermutlich IKEA von Platz 1 verdrängt

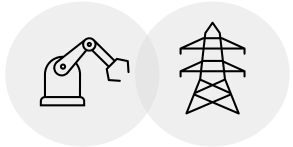
Umsatz in Millionen Franken



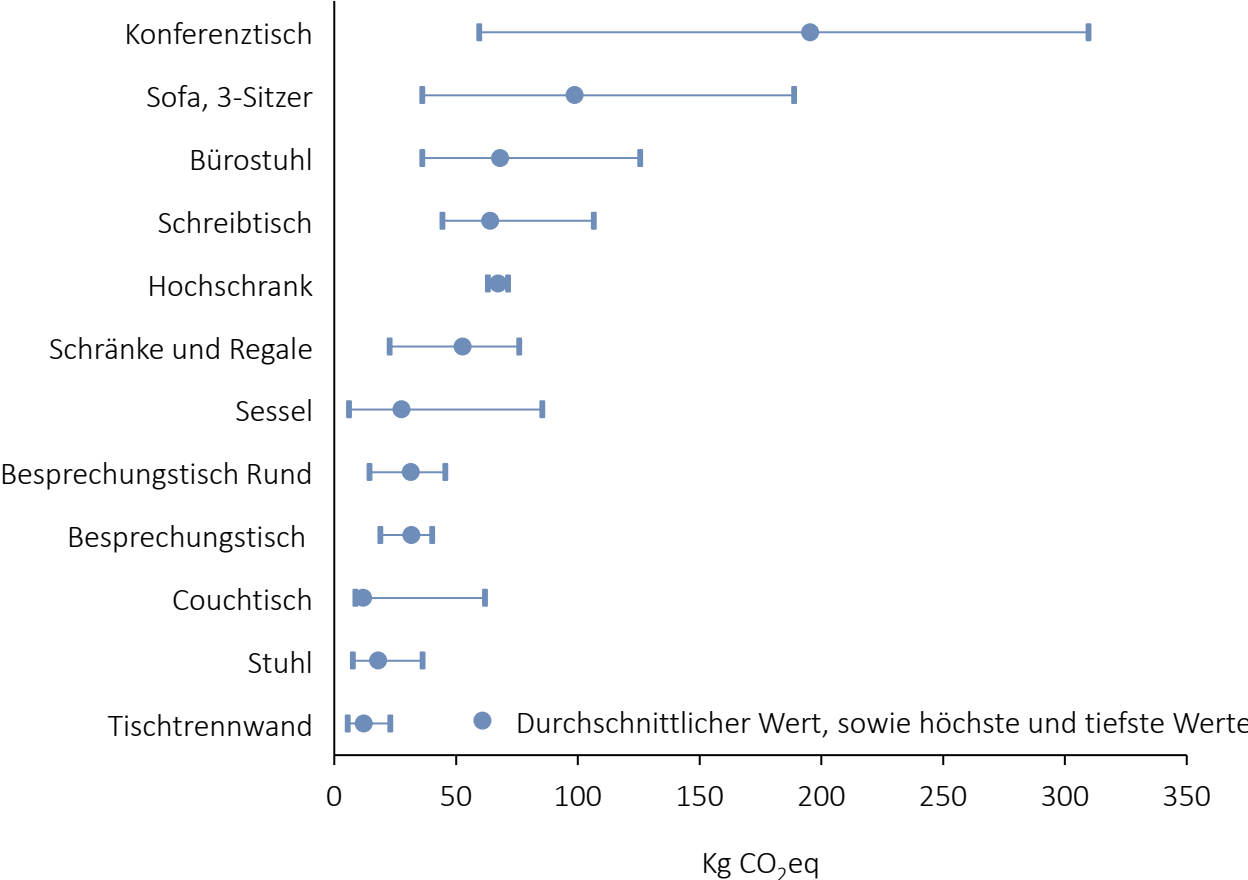
*Nur Schätzwert für Möbel-Pfister-Gruppe,
Aber gesichert 3.-platziert



09 Möbel: Emissionsintensitäten von Möbelstücken



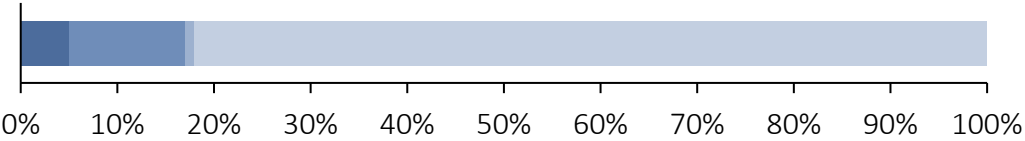
THG-Fussabdruck (cradle-to-gate) für verschiedene Möbeltypen, zusammengestellt aus norwegischen EPDs, Stand 2020
Quelle: Norwegian EPD (Environmental Product Declaration) Foundation; entnommen aus Lauvland (2021).



INFRAS

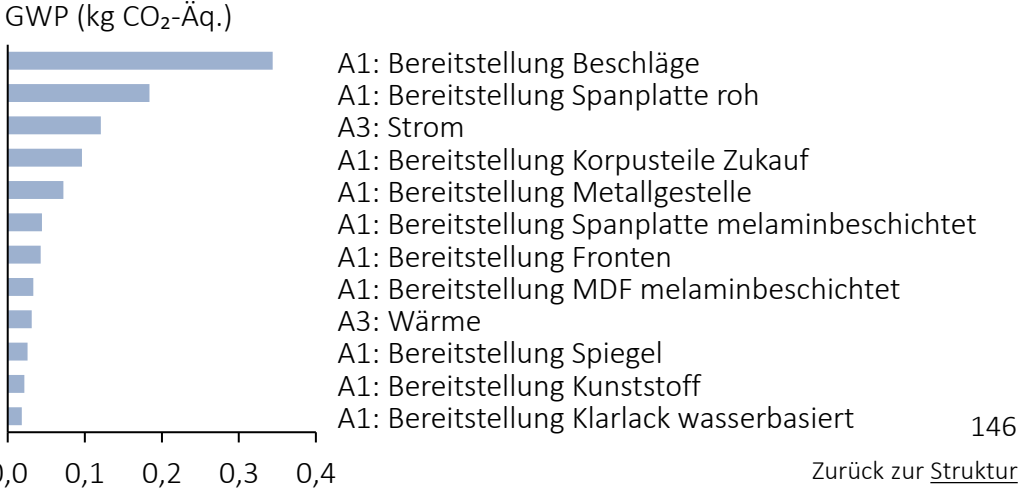
Quelle: The Norwegian EPD Foundation; entnommen aus Lauvland (2021).

Ökobilanz-Daten für holzbasierte Möbel in verschiedenen Prozessschritten
Quelle: Wenker/Rüter (2015)



Relative Beiträge verschiedener Ökobilanz-Module zu THG-Emissionen.
Deklarierte Einheit ist 1 kg Möbel zzgl. Verpackung (Durchschnittswert)

- Abfallbewirtschaftung (Modul C3)
- Herstellung der Möbel, Möbelfabrik (Modul A3)
- Transport der Halbwaren zur Möbelfabrik (Modul A2)
- Bereitstellung der Rohstoffe und Halbwaren (Modul A1)

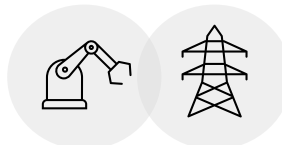


146

Zurück zur [Struktur](#)



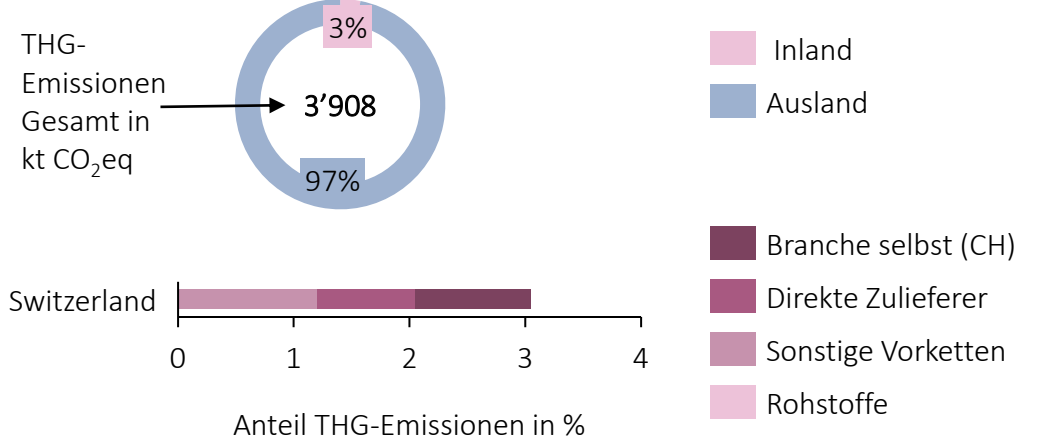
09 Analyse Lieferketten Schweiz: Haushaltsgegenstände



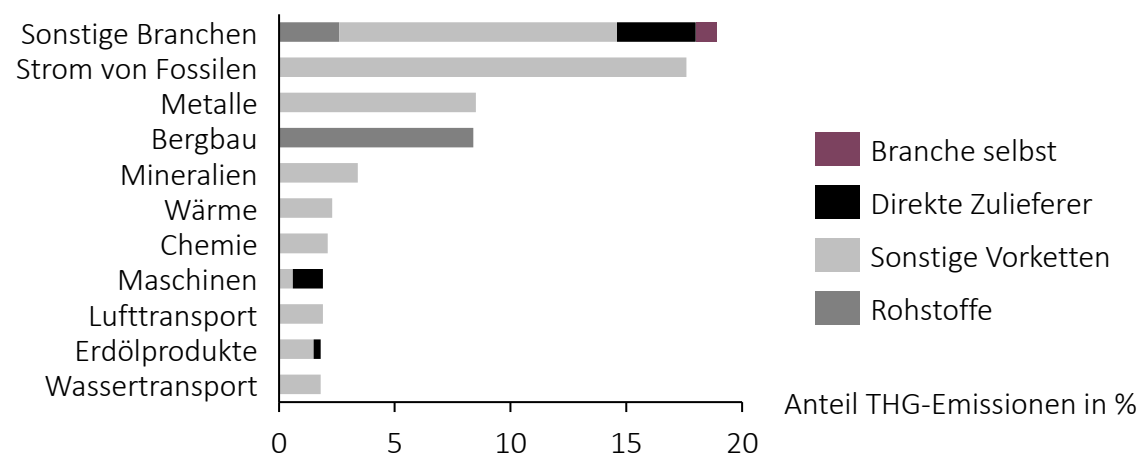
Treibhausgasemissionen von Schweizer Haushaltsgegenständen in In- und Ausland sowie verschiedene Schritte in der Wertschöpfungskette, Länder und Produkte

Quelle: Nathani et al. (2019); Treeze/RütterSoceco (2020).

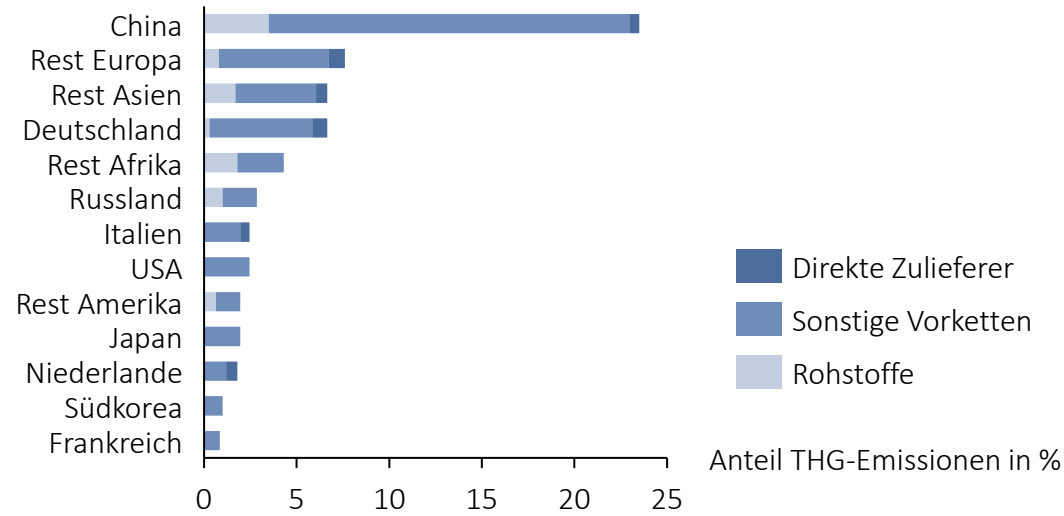
Gesamtsicht



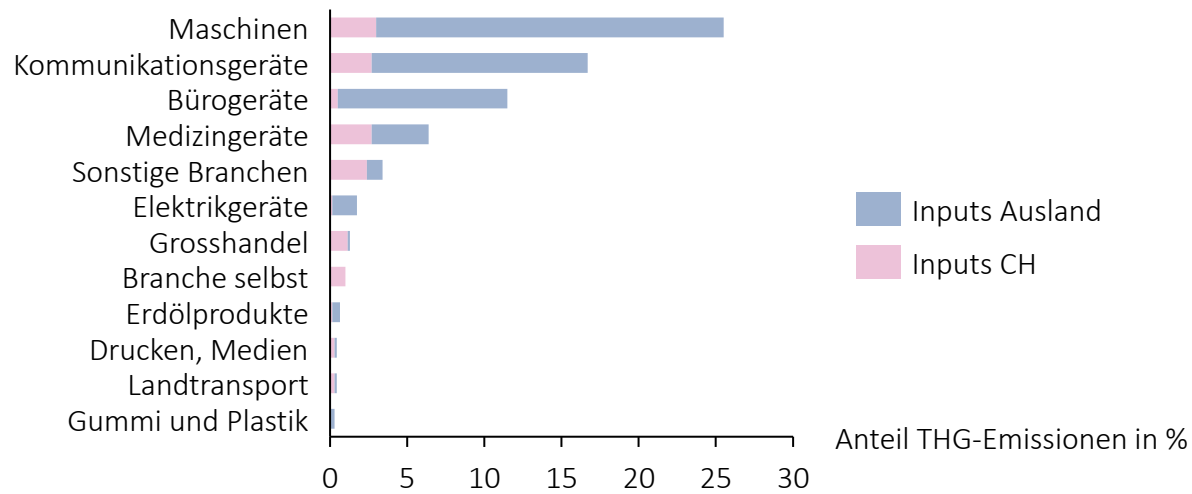
Emissionen aus Vorketten pro Produkt



Emissionen aus Vorketten pro Land



Emissionen aus Vorketten pro Produkt und nach Inland/Ausland



10 Literatur und sonstige Datenquellen



10 Literatur A-C

ACEA (2023): CO2 Emissions from car production in the EU. European Automobile Manufacturers' Association ACEA, Brüssel.

Agrarbericht Schweiz (2023): Agrarbericht Schweiz. Bundesamt für Landwirtschaft BLW.

Aldi (2024): Fortschrittsbericht zur Nachhaltigkeit 2023. Aldi Schweiz, Schwarzenbach.

Alig, M. Frischknecht, R., Krebs, L., Ramseier, L., Stolz, P. (2021): LCA of climate friendly construction materials. Final report v2.0, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE) und Amt für Hochbauten (AHB).

Apparel Impact Institute (2023): Annual impact report 2023. Report, New York.

BAK Economics (2023): Carbon Capture & Storage (CCS) Kostenschätzung für ein CCS-System für die Schweiz bis 2050. Bericht in Zusammenarbeit mit dena und für das Bundesamt für Umwelt BAFU.

Baldor (2023): Motors in Data Centers - Powering the Connected World. Baldor, ABB.

BAFU (2023): Bericht zur Erhebung der Kehrichtsackzusammensetzung 2022. Bundesamt für Umwelt BAFU.

BAV (2021): Étude des potentiels ferroviaires pour les liaisons internationales: Perspectives régionales et longues distances. Studie des 6t-Forschungsbüro im Auftrag des Bundesamts für Verkehr, Genf.

BAZL (2022): Bericht des BAZL betreffend die Förderung der Entwicklung und des Einsatzes von nachhaltigen Flugtreibstoffen. Bundesamt für Zivilluftfahrt BAZL.

Bekkers, Eddy; Corong, Erwin L.; Métivier, Jeanne; Orlov, Daniil (2023): How will global trade patterns evolve in the long run? WTO Staff Working Paper, World Trade Organization, Genf.

Belkhir und Elmeligi (2018): Assessing ICT global emissions footprint: trends to 2040 & recommendations. Journal of Cleaner Production 177, 448–463.

Bergero et al. (2023): Pathways to net-zero emissions from aviation. Nature Sustainability 6, 404-414.

BFE (2023): Batterien für Elektrofahrzeug – Grundlagendokument. Bericht des Bundesamts für Energie, verfasst durch INFRAS, Empa.

Bieser J. et al. (2023): A review of assessments of the greenhouse gas footprint and abatement potential of information and communication technology. Environmental Impact Assessment Review 99, 107033.

BloombergNEF (2022): New Energy Outlook. Bloomberg New Energy Finance, New York.

BloombergNEF (2023): Sustainable Aviation Fuel Outlook. Bloomberg New Energy Finance, New York.

BloombergNEF (2024): Scaling Up Hydrogen: The Case for Low-Carbon Ammonia. A BNEF and Climate Technology Coalition White Paper. Bloomberg New Energy Finance, New York.

BLW (2021): Der Schweizer Fleischersatz-Report. Bundesamt für Landwirtschaft BLW, Bern.

BLW/BLV/BAFU (2023): Klimastrategie Landwirtschaft und Ernährung 2050, Teil 1 und 2. Bundesamt für Landwirtschaft BLW, sowie BLV, und BAFU. Bern und Ittigen.

Boehm, S., et al. (2023): State of Climate Action 2023. Systems Change Lab. San Francisco, CA.

BPIE (2022): Eine Lebenszyklusperspektive für Gebäude. Der Europäische Rechtsrahmen und gute Beispiele aus den Mitgliedsstaaten. Buildings Performance Institute Europe, Brüssel.

Bundesrat (2024): CO2-neutrales Fliegen bis 2050. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates 21.3973 der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie des Nationalrats vom 24.08.2021.

Cemuisse (2021): Roadmap 2050 - Klimaneutraler Zement als Ziel. Verband der Schweizerischen Zementindustrie.

Churkina et al. (2020): Buildings as a global carbon sink. Nature Sustainability 3, 269-276.

10 Literatur C-H

Clark, M. et al. (2020): Global food system emissions could preclude achieving the 1.5° and 2°C climate change targets. Science 370 (6150): 705-708.

Clark, M. et al. (2022): Estimating the environmental impacts of 57,000 food products. Proceedings of the National Academy of Sciences 119 (33).

Coop (2024): Fortschrittsbericht Nachhaltigkeit 2023. Coop, Basel.

Coop (2024b): Plant Based Food Report 2024. Coop, Basel.

Cox, B. et al. (2020): Life cycle environmental and cost comparison of current and future passenger cars under different energy scenarios. Applied Energy (269), 115021.

C40 (2018): Consumption-based GHG emissions of C40 emissions in C40 cities. C40 Cities Climate Leadership Group, New York.

C40 (2019): The future of urban consumption in a 1.5-degree world. Headline Report by University of Leeds, Arup, C40 Cities Climate Leadership Group, New York.

Davies, W. und Caldeira, K. (2010): Consumption-based accounting of CO₂ emissions. Proceedings of the National Academy of Sciences PNAS 107(12), 5687-5693.

De Vries, J (2023): The growing energy footprint of artificial intelligence, Joule 24 (234).

Digitalschweiz, economiesuisse, accenture (2024): Smart und grün – digitale Wege zum Klimaziel. Die Schweiz verschenkt Klimaschutzpotenzial durch zu geringe Ambitionen in der Digitalisierung.

EASA (2022): European Aviation Environmental Report 2022. European Union Aviation Safety Agency, Brüssel.

EBP (2022): Umwelt-Fussabdrücke der Schweiz: Entwicklung zwischen 2000 und 2018. Schlussbericht. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).

E-Cube Strategy Consultants (2024): Industry decarbonization through electrification - Potential and impacts of electrification on the Swiss industrial landscape. Lausanne.

Eurocontrol (2022): Aviation Outlook 2050. Brüssel.

Europäisches Parlament (2023): Reform des Emissionshandelssystems der EU. Brüssel. <https://www.europarl.europa.eu/topics/de/article/20170213STO62208/reform-des-emissionshandelssystems-der-eu>

Fashion Revolution (2023): Fashion Transparency Index 2023. Report.

Fesenfeld, L. et al. (2023): Wege in die Ernährungszukunft der Schweiz – Leitfaden zu den Hebeln und Pfaden für ein nachhaltiges Ernährungssystem. Sustainable Development Solutions Network Switzerland.

Food System Economics Commission (2024): The Economics of the Food System Transformation. Global Policy Report.

Fransen, T. et al. (2023): Taking stock of the implementation gap in climate policy. Nature Climate Change 13, 752–755.

Greenpeace (2024): Greenshifting statt Klimaschutz - Wie Migros und Coop die Verantwortung an ihre Kund:innen abschieben. Greenpeace, Zürich.

HAI (2024): Artificial Intelligence Index Report 2024. Stanford University Human Centered Artificial Intelligence, Stanford.

Henley & Partners (2024) World's Wealthiest Cities Report 2024. Henley & Partners Holdings Ltd.

Herrero, M. et al (2020): Innovation can accelerate the transition towards a sustainable food system. Nature Food 1, 266–272.

Hilty L. und Bieser, J. (2017): Opportunities and Risks of Digitalization for Climate Protection in Switzerland. Bericht im Auftrag der Swisscom und WWF.

Humpenöder, F. et al. (2024): Food matters: Dietary shifts increase the feasibility of 1.5°C pathways in line with the Paris Agreement. Science Advances 10, eadj3832.

Huo et al. (2021): Drivers of fluctuating embodied carbon emissions in international services trade. One Earth 4, 1322–1332.

10 Literatur H-M

H&M (2024): Climate Transition Plan. H&M Group.

IATA (2023): Global Outlook for Air Transport - Highly Resilient, Less Robust. **International Air Transport Association IATA.**

ICCT (2021): A global comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric passenger cars. The International Council on Clean Transportation.

ICAO (2022): Resolution A41-21: Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection. International Civil Aviation Organization (ICAO).

ICAO (2024): SAF Projections. Zugriffen auf: <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/SAF-Projections.aspx>; International Civil Aviation Organization (ICAO).

IEA (2020): Energy Technology Perspectives. International Energy Agency, Paris.

IEA (2022): Global Electric Vehicle Outlook 2022. International Energy Agency, Paris.

IEA (2023): Net Zero Roadmap: A Global Pathway to keep the 1.5 degrees goal in reach – 2023 update. International Energy Agency, Paris.

IEA (2024): The Breakthrough Agenda report. Marrakech Partnership, International Renewable Energy Agency, and International Energy Agency, Paris.

IEA (2024b): Electricity 2024 - Analysis and Forecast to 2026. Paris: International Energy Agency.

IKEA (2024): IKEA climate report Financial Year 2022. IKEA, Stockholm.

IMF (2022): Note on CO2 Emissions, Intensities, and Multipliers. International Monetary Fund, Washington DC.

INFRAS (2020): Netto-Null Treibhausgasemissionen Stadt Zürich. Bericht für die Stadt Zürich, gemeinsam mit Quantis.

IPCC (2023): Synthesis Report of the Sixth Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Kearney (2020): How will cultured meat and meat alternatives disrupt the agricultural and food industry? Report by APKearney.

Klaaßen und Steffen (2023): Meta-analysis on necessary investment shifts to reach net zero pathways in Europe. Nature Climate Change 13(1).

Lidl (2024): Nachhaltigkeitsbericht Geschäftsjahr 2021/2022 und CSR-Bericht. Lidl.

Lamb et al. (2021): A review of trends and drivers of greenhouse gas emissions by sector from 1990 to 2018. Environmental Research Letters 16 073005

Lauvland, H. (2021): The Carbon Footprint of Furniture. Master's thesis at NTNU, Trondheim.

Malmodin et al. (2024): ICT sector electricity consumption and greenhouse gas emissions – 2020 outcome. Telecommunications Policy Volume 48, Issue 3, April 2024, 102701.

McKinsey (2020): Fashion on Climate. Report für den Fashion Pact.

McKinsey (2022): Klimastandort Schweiz. McKinsey in Zusammenarbeit mit economiesuisse, WWF Schweiz.

McKinsey (2023): The race to decarbonize electric-vehicle batteries. McKinsey Report.

McKinsey (2023b): From green ammonia to lower-carbon foods. McKinsey Report.

McKinsey (2024): Geopolitics and the geometry of global trade. McKinsey Report.

10 Literatur M-S

Migros (2024): Nachhaltigkeitsreporting zur Nachhaltigkeitsstrategie (online). Migros, Zürich.

Minx, J. et al. (2017): Fast growing research on negative emissions. Environmental Research Letters 12(3): 035007.

Mission Possible Partnership (2022): Making net-zero steel possible – an industry-backed, 1.5 degree aligned transition strategy. Energy Transitions Commission, RMI, We Mean Business Coalition, WEF.

Nachtigall et al. (2024): The Climate Actions and Policies Measurement Framework: A Database to Monitor and Assess Countries' Mitigation Action. Environmental and Resource Economics 87, 191–217.

Nathani et al. (2019): Environmental hotspots in the supply chain of Swiss companies. Treeze Rütter Soceco im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU.

Nat Bullard (2024): Annual decarbonization report. Zugriffen auf <https://www.nathanielbullard.com/presentations>

Oberbriller, Q. et al. (2022): Ökologische Auswirkung einer längeren Nutzungsdauer von Konsumprodukten in der Schweiz. INFRAS-Bericht für Greenpeace Schweiz, Zürich.

One Click LCA (2021): The embodied carbon review – embodied carbon reduction in 100+ regulations and rating systems globally. Report by One Click LCA, Helsinki.

One Click LCA (2022): Construction Carbon Regulations in Europe. Review and best practices. Report by One Click LCA, Helsinki.

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

Pang et al. (2020): Urban carbon footprints: a consumption-based approach for Swiss Households. Environmental Research Communications 2, 011003.

Peiseler, L. et al. (2024): Carbon Footprint Distributions of Lithium-Ion Batteries and Their Materials. Working Paper (under review).

Poore, J. und Nemecek, T. (2018): Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science.

Pöll, M. (2022): Graue Treibhausgasemissionen bei der Stadt Zürich. Präsentation Seminar "Energieoptimierung konkret", 8.9.2022, AHB Zürich.

Prognos/TEP/Infras (2020): Energieperspektiven 2050+ Kurzbericht. Bundesamt für Energie BFE.

Proviande (2023): Der Fleischmarkt in Zahlen - statistische Daten über den Schlachtvieh- und Fleischmarkt. Proviande, Bern.

PwC (2023): Future Proofing the Electronics Industry: The case for circular business models.

RMI (2021): Reducing embodied carbon in buildings. Low-cost, high-value opportunities. Rocky Mountain Institute, Boulder Colorado.

RMI (2024): The Battery Mineral Loop - The path from extraction to circularity. Rocky Mountains Institute.

SEI (2019): Estimating consumption-based greenhouse gas emissions at the city scale - A guide for local governments. Stockholm Environment Institute, Stockholm.

Seto et al. (2021): From Low- to Net-Zero Carbon Cities: The Next Global Agenda, Annual Review of Environment and Resources, Vol. 46: 377-415.

sGU (2024): sGU database on sustainable aviation fuel initiatives. Taken from <https://www.studiogearup.com/compliance-risk-for-obligated-parties-due-to-lack-of-planned-esaf-production-volumes/>

Sinke, P. et al. (2023): Ex-ante life cycle assessment of commercial-scale cultivated meat production in 2030. The International Journal of Life Cycle Assessment 28:234–254.

Springmann, M. et al (2021): Options for keeping the food system within environmental limits. Nature 562, 242-254.

10 Literatur S-Y

Systemiq (2023): The Breakthrough effect: how to trigger a cascade of tipping points to accelerate the net zero transition. University of Exeter, Bezos Earth Fund, Systemiq, Munich.

Systemiq (2023): Taking Stock -Fashion's progress towards net zero, priorities for action and what that means for the Fashion Pact. Systemiq report, London.

T&E (2024): An industrial blueprint for batteries in Europe. Report, European Federation for Transport and Environment AISBL.

T&E (2024b): Carmaker's EV investments: Is Europe falling behind? Report, European Federation for Transport and Environment AISBL.

Treeze/RütterSoceco (2020): Umweltatlas Lieferketten Schweiz. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU.

Tröger et al. (2017): Smartphones werden häufiger ersetzt als T-Shirts - Die Nutzungsmuster und Ersatzgründe von KonsumentInnen bei Gebrauchsgütern. Veröffentlicht in Bala, C., Schuldzinski, W. (Hrsg).

"Beiträge zur Verbraucherforschung Band 6: Pack ein, schmeiß' weg? Wegwerfkultur und Wertschätzung von Konsumgütern", Verbraucherzentrale NRW, Düsseldorf.

Trutnevyte, G. (2024): Renewable Energy Outlook for Switzerland. SWEET EDGE Publikation.

UBA (2022): Umweltrisiken und -auswirkungen in globalen Lieferketten deutscher Unternehmen – Branchenstudie Automobilindustrie. Zwischenbericht für das Umweltbundesamt UBA.

UNEP (2024): Standard Report 'Switzerland at a Glance' retrieved from the Sustainable Consumption and Production Hotspots Analysis Tool (SCP-HAT). UN Life Cycle Initiative, International Resource Panel, One Planet Network. Paris.

UNEP (2023): Emissions Gap Report 2023. Broken Record – Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again). United Nations Environment Programme, Nairobi.

Verband Schweizer Möbelhandel (2016): Jahres-Branchen-Info 2016. VSB, Bern.

WBCSD und Arup (2021): Net zero buildings: where do we stand? World Business Council for Sustainable Development, Arup. Genf.

WEF (2021): Net-Zero Challenge: The supply chain opportunity. Insight report, World Economic Forum with Boston Consulting Group.

WEF (2021b): Guidelines for a Sustainable Aviation Fuel Blending Mandate in Europe. World Economic Forum, Genf.

WEF (2023): Net-Zero Industry Tracker 2023 Edition. World Economic Forum, Genf.

WEF (2024): Scaling Up Sustainable Aviation Fuel Supply: Overcoming Barriers in Europe, the US and the Middle East. World Economic Forum, Genf.

Wenker/Rüter (2015): Ökobilanz-Daten für holzbasierte Möbel. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut.

Wood et al. (2020): Beyond peak emission transfers: historical impacts of globalization and future impacts of climate policies on international emission transfers. Climate Policy 20, 14-27.

WTO (2021): Trade and climate change. Information brief No 4. World Trade Organization, Genf.

WTO (2022): World Trade Report 2022 - Climate change and international trade. World Trade Organisation, Genf.

WTO (2023): World Trade Report 2023 - Re-globalization for a secure, inclusive and sustainable future, World Trade Organisation, Genf

Yamano, N.; Guilhoto, J. (2020): CO2 Emissions Embodied in International Trade and Domestic Final Demand Methodology and results using the OECD Inter-Country Input-Output Database. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, Paris.

10 Sonstige Datenquellen

Aussenhandelsstatistik des Bundesamts für Zoll und Grenzsicherheit (BAZG), Swiss-Impex Datenbank

Bundesamt für Statistik (BFS) Umweltgesamtrechnung, Treibhausgas-Fussabdruck; Haushaltseinkommen und –ausgaben, Schweizerische Lohnstrukturerhebung; Statistiken zu IKT-Gebrauch.

Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Mineralische Rohstoffe in der Schweiz, <https://mat-min.ch/>

Climate Action Tracker (CAT) Dashboard

Climate Neutral Data Center Initiative Homepage

Climate Policy Initiative Global Landscape of Climate Finance

EPD (Environmental Product Declaration) Norwegen Produktübersicht

Epoch AI Data Explorer.

European Environment Agency, EEA-Indikatoren

International Energy Agency (IEA) Clean Energy Transition Indicators

International Monetary Fund (IMF) Climate Dashboard

International Renewable Energy Agency (IRENA) Dashboard

Mission Possible Partnership Global Project Tracker

Net Zero Tracker Dashboard

Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) Inter-Country Input-Output Database; Trade in embodied CO₂ (TeCO₂) Database

Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) Climate Action Dashboard und International Programme for Action on Climate (IPAC)

Our World in Data

Science Based Targets initiative (SBTi) Dashboard

Stockholm Environment Institute (SEI) Emissions Inequality Dashboard

UN SCP-HAT Hotspot Analysis Dashboard.

World Bank State and Trends of Carbon Pricing Dashboard

World Trade Organisation (WTO) Environmental Database

Projektteam

Nicolas Schmid

Projektleiter
Dr. sc. ETH Zürich



Ursina Walther

Projektleiterin
Dr. sc. ETH Zürich



Moritz Reisser

Projektleiter
Dr. sc. nat. UZH



Jürg Füssler

Geschäftsleiter
Dr. sc. nat. ETH Zürich



Stefan Kessler

Bereichsleiter
Dipl. Ingenieur

