Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Industrie und Dienstleistungen

Version vom 10. März 2026

Netto-Null-Fahrpläne

Richtlinie

Datum: 10. März 2025

Ort: Bern

Herausgeber/in:

Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Autorinnen und Autoren:

Paule Anderegg, BFE
Denis Billat, BFE
Irène Barras, BFE
Claudine Karlen, BFE
Jonathan Vouillamoz, BFE
Alexandre Berset, BAFU
Frank Hayer, BAFU
Martin Jiskra, BAFU
Roger Ramer, BAFU
Sophie Wenger Hintz, BAFU
Daniel Zürcher, BAFU
Theo Rindlisbacher, BAZL

Zweck und Stellenwert dieser Richtlinie:

Zweck der vorliegenden Richtlinie ist es, Unternehmen, Branchenverbände, Energieberatenden und Behörden ein einheitliches und übersichtliches Hilfsmittel für die Erstellung von Fahrplänen gemäss KIG vorzulegen. Die Richtlinie hält die Grundlagen und die Methodik für die Erstellung eines Fahrplans fest und dient damit als Nachschlagewerk für die involvierten Akteure. Die in dieser Richtlinie festgelegten Methoden zur Erstellung eines Fahrplans stellen sicher, dass die nationale Klimaschutzgesetzgebung der Schweiz berücksichtigt wird.

Richtlinien bieten eine Hilfestellung bei der Auslegung einer Rechtsnorm. Sie gehen über unverbindliche Empfehlungen hinaus, beanspruchen aber nicht denselben Grad an Verbindlichkeit wie Verordnungen. Die vorliegende Richtlinie widerspiegelt die Sicht der Vollzugsbehörden. Begründete Abweichungen von der Richtlinie sind nicht grundsätzlich ausgeschlossen. Sie sind aber an den Nachweis gebunden, dass den rechtlichen Bestimmungen, auf welche sich die Richtlinie bezieht, in gleicher Weise nachgekommen wird. Die Richtlinie wird bei Bedarf oder bei Veränderung der Gesetzgebung oder der relevanten Normen und Standards entsprechend angepasst.

Bundesamt für Energie BFE
Pulverstrasse 13, CH-3063 Ittigen; Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.bfe.admin.ch

Änderungshistorie

Version	*Durchgeführte Änderungen*
01.01.2025	Erste Version des Dokuments
12.02.2025	Ergänzung zu Branchenfahrplänen (Kap. 4 und 6) und weiteren klimawirksamen Emissionen aus dem Luftverkehr (Kap. 4 und 5, Anhang)
10.03.2026	Anpassung der Struktur und der Darstellung, Aktualisierung der Links, Korrektur kleiner Fehler, Ergänzung des Abkürzungsverzeichnisses, Erläuterung des Begriffs «Unternehmen» (Glossar), Hinzufügung neuer Kapitel zur Prüfung der Fahrpläne (Kap. 2.3) und zur Systemgrenze der THG-Bilanz (Kap. 5.1.1), Aktualisierung der Schnittstellen mit anderen Instrumenten (Kap. 2.2), Erläuterungen zu den schwer vermeidbaren Emissionen (Kap. 4.3.4, 5.4 und 5.5) und zur THG-Bilanzierung, insbesondere der Scope-3-Emissionen (Kap. 5.1 bzw. 5.1.4), Ergänzung zur Anrechnung von erneuerbaren Brenn- und Treibstoffen (Kap. 5.1.2 und 5.6.3), Aktualisierung zur Anrechnung von NET, Bescheinigungen und Zertifikaten (Kap. 5.4, 5.5 und 5.6), Ergänzung zur Berücksichtigung von prognostizierten Emissionen (Kap. 5.3 und 5.6) und von Emissionen im Ausland (Kap. 5.4), Erläuterung des Zusammenspiels zwischen Absenkpfad und kumulierter Wirkung der geplanten Massnahmen (Kap.5.6), Anpassung der Massnahmenbeispiele insbesondere zur Verminderung der Scope-3-Emissionen (Kap. 5.6.1).

Inhaltsverzeichnis

Glossar 6
Abkürzungsverzeichnis 8
1 Einleitung 9
2 Rahmenbedingungen 9
2.1 Rechtliche Grundlagen 9
2.2 Schnittstellen mit anderen Instrumenten 9
2.2.1 Förderungen von neuartigen Technologien und Prozessen 10
2.2.2 Dekarbonisierungspläne 10
2.2.3 Fahrpläne für Unternehmen der Finanzbranche 10
2.2.4 Zielvereinbarungen mit dem Bund zur Steigerung der Energieeffizienz und Verminderung der CO_2-Emissionen 11
2.3 Prüfung von Fahrplänen 11
3 Einbezug von Experten und Expertinnen zur Erarbeitung der Fahrpläne 11
4 Grundlagen eines Fahrplans 12
4.1 Individueller Fahrplan für Unternehmen 12
4.2 Branchenfahrplan 13
4.3 Berechnung der Emissionen 14
4.3.1 Scope-1-Emissionen 14
4.3.2 Scope-2-Emissionen 15
4.3.3 Scope-3-Emissionen 15
4.3.4 Schwer vermeidbare Emissionen 16
4.3.5 Emissionsfaktoren 17
4.3.6 Weitere klimawirksame Emissionen aus dem Luftverkehr 17
5 Individuelle Fahrpläne für Unternehmen 18
5.1 Bilanzierung der THG-Emissionen 18
5.1.1 Systemgrenze und Basisjahr der Bilanzierung 18
5.1.2 Bilanzierung der Scope-1-Emissionen 19
5.1.3 Bilanzierung der Scope-2-Emissionen 19
5.1.4 Bilanzierung der Scope-3-Emissionen 20
5.2 Beschreibung der bestehenden Anlagen und Prozesse 20
5.3 Analyse der Netto-Null-Lösungen 21
5.4 Absenkpfad 21
5.5 Aufbaupfad für Negativemissionen 22
5.6 Massnahmenplan 24
5.6.1 Massnahmen 24
5.6.2 Angaben zu den Massnahmen 26
5.6.3 Besondere Anforderungen 27
6 Branchenfahrpläne 29
6.1 Ablauf 29

6.2 Typische Bilanzierung der THG-Emissionen 30
6.3 Beschreibung der bestehenden branchentypischen Anlagen und Prozesse 30
6.4 Analyse der branchenspezifischen Netto-Null-Lösungen 30
6.5 Absenkpfad 31
6.6 Aufbaupfad für Negativemissionen 31
6.7 Massnahmenplan 31
7 Aktualisierung des Fahrplans 32
Anhang 1: Übersicht über die Merkmale eines Netto-Null-Fahrplans im Vergleich zu einer Zielvereinbarung 33
Anhang 2: Abschätzung von Stickoxid-, Russemissionen im Reiseflug und von Schwefelemissionen 34

Glossar

Thema	Erläuterung
Branchenfahrplan	Netto-Null-Fahrplan, der in einer homogenen Branche erarbeitet wird und im Gegensatz zu individuellen Fahrplänen die branchentypische THG-Bilanzierung und Massnahmenwirkung aufzeigt.
Branchenprogramm	Ein Branchenprogramm zielt darauf ab, bei einer bestimmten Anzahl von KMU die gleiche Art von neuartigen Technologien oder Prozessen nach Art. 6 KIG zu unterstützen, welche mithilfe eines Branchenfahrplans identifiziert werden.
Dekarbonisierung	Prozesse der Umstellung einer Wirtschaftsweise mit dem Ziel der Verminderung der Treibhausgasemissionen.
Dekarbonisierungsplan	Plan zur Dekarbonisierung eines Unternehmens, welcher als Teil der Verminderungsverpflichtung zur CO_2-Abgabebefreiung nach Art. 31a Bst. b CO_2-Gesetz einzureichen ist. Der Plan enthält mindestens die direkten Treibhausgasemissionen, wobei nur die fossilen Brennstoffe obligatorisch einbezogen werden müssen.
Direkte Emissionen	Durch den Betrieb verursachte Treibhausgasemissionen, die insbesondere durch die Verbrennung von Energieträgern sowie durch physische oder chemische Prozesse entstehen (Art. 2 Abs. b KIG). Entspricht Scope 1 gemäss Greenhouse Gas Protocol (GHG-Protokoll, siehe unten).
Emissionen	In dieser Richtlinie bezieht sich die Bezeichnung Emissionen (soweit im Einzelfall nicht anders beschrieben) auf Treibhausgasemissionen.
Emissionsfaktor	Grösse zur Angabe der freigesetzten Menge der Treibhausgasemissionen im Verhältnis zu einer Bezugsgrösse (z. B. in Kilogramm CO_2-Äquivalent pro Megajoule Energie).
Greenhouse Gas Protocol (GHG-Protokoll)	Das Greenhouse Gas Protocol bietet Standards, Leitlinien, Tools und Schulungen für Unternehmen und Behörden zur Messung und Steuerung von Treibhausgasemissionen [GHG Protocol].
Herkunftsnachweis (HKN)	Elektronisches Dokument, das die Herkunft von Strom oder erneuerbaren flüssigen und gasförmigen Brenn- und Treibstoffen bescheinigt.
Herkunftsnachweissystem (HKN-System) für eTS/eBS	Zentrale Datenbank der HKN für erneuerbare flüssige und gasförmige Brenn- und Treibstoffe.
Herkunftsnachweissystem (HKN-System) für Strom	Zentrale Datenbank der HKN für Strom.
Indirekte Emissionen	Treibhausgasemissionen, die bei der Bereitstellung der eingekauften Energie verursacht werden (Art. 2 Abs. c KIG). Entspricht Scope 2 gemäss GHG-Protokoll.
Individueller Fahrplan	Netto-Null-Fahrplan, der alle Aktivitäten eines Unternehmens umfasst.
Kleine und mittlere Unternehmen (KMU)	Im Sinne des Klimaschutz-Gesetzes gilt als KMU ein Unternehmen, das weniger als 250 Personen beschäftigt und einen jährlichen Wärmeverbrauch von höchstens 5 Gigawattstunden und einen jährlichen Elektrizitätsverbrauch von höchstens einer halben Gigawattstunde hat (Abgrenzung gemäss Grossverbraucherartikel).
Nachgelagerte Emissionen	Emissionen, die nachgelagert durch Dritte als Folge der Aktivitäten des betrachteten Unternehmens verursacht werden. Entspricht den nachgelagerten Scope-3-Emissionen (Kategorie 9 bis 15) nach GHG-Protokoll.

Negativemissions-technologien (NET)	Biologische und technische Verfahren, um CO_2 aus der Atmosphäre zu entfernen und dauerhaft in Wäldern, in Böden, in Holzprodukten oder in anderen Kohlenstoffspeichern zu binden (Art. 2 Abs. a KIG).
Netto-Null-Emissionen	Grösstmögliche Verminderung der Treibhausgasemissionen und Ausgleich der Wirkung der verbleibenden schwer vermeidbaren Emissionen durch die Anwendung von Negativemissionstechnologien (Art. 2 Abs. d KIG).
Netto-Null-Fahrplan (oder Fahrplan)	Strategisches Instrument zur Bestandsaufnahme der Treibhausgasemissionen und zur Einführung einer Netto-Null-Strategie mit konkreten Massnahmen mit dem Ziel 2050 Netto-Null-Emissionen aufzuweisen (Art. 5 KIG).
Russpartikel	Ultrafeine nicht-flüchtige Partikel, die am Triebwerksauslass eines Flugzeugs emittiert werden.
Sustainable Aviation Fuels (SAF)	Nachhaltige Flugtreibstoffe, welche die Anforderungen des CO_2-Gesetzes und der International Civil Aviation Organization (ICAO) erfüllen
Transitionsplan	Entspricht einem Netto-Null-Fahrplan. Verpflichtender Bestandteil eines Klimaberichts nach Art 3 Abs, 3 Bst. a Verordnung über die Berichterstattung über Klimabelange [SR 221.434].
Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen)	Emissionen (Ausstoss) von Gasen, die den Treibhauseffekt verursachen. Gemäss Art. 1 CO_2-Verordnung sind folgende Treibhausgase massgebend: Kohlenstoffdioxid (CO_2), Methan (CH_4), Lachgas (N_2O), Fluorkohlenwasserstoffe (FKW), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFCs), Schwefelhexafluorid (SF_6), Stickstofftrifluorid (NF_3). Die Emissionen dieser Treibhausgase werden im Treibhausgasinventar bilanziert.
Typische Treibhausgasbilanzierung	Die für ein Unternehmen einer gegebenen Branche charakteristische Bilanzierung der THG-Emissionen. Um die typische THG-Bilanzierung zu bestimmen, werden die THG-Bilanzen von repräsentativen, individuellen Fahrplänen verwendet.
Unternehmen	Als Unternehmen im Sinne des Klimaschutz-Gesetzes gilt jede natürliche oder juristische Person, die dauerhaft einer wirtschaftlichen Tätigkeit nachgeht.
Verminderungsverpflichtung	Betreiber von Anlagen, die eine Verminderungsverpflichtung eingehen, sind von der CO_2-Abgabe befreit. Die Verminderungsverpflichtung basiert auf einer Zielvereinbarung und umfasst ein Treibhausgaseffizienz- oder Massnahmenziel. Betreiber mit einer Verminderungsverpflichtung müssen dem Bund einen Dekarbonisierungsplan einreichen.
Vorgelagerte Emissionen	Emissionen, die vorgelagert durch Dritte in Verbindung mit Aktivitäten des betrachteten Unternehmens verursacht werden. Entspricht den vorgelagerten Scope-3-Emissionen (Kategorie 1 bis 8) nach GHG-Protokoll.
Zielvereinbarung (ZV)	Vereinbarung zwischen Unternehmen und dem Bund zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Verminderung der CO_2-Emissionen. Zielvereinbarungen können von Akteuren für verschiedene Verwendungszwecke benutzt werden. Dafür gelten die Bestimmungen der entsprechenden gesetzlichen Grundlagen.

Abkürzungsverzeichnis

Abs.	Absatz
Art.	Artikel
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BAZL	Bundesamt für Zivilluftfahrt
BECCS	Bioenergy with Carbon Capture and Storage
BFE	Bundesamt für Energie
bspw.	beispielsweise
Bst.	Buchstabe
bzw.	beziehungsweise
CCS	Carbon Capture and Storage
CCU	Carbon Capture and Utilisation
CCUS	Carbon Capture, Utilisation and Storage
CO_2	Kohlendioxid
CO_2eq	Kohlendioxid-Äquivalente
DACCS	Direct Air Carbon Capture and Storage
d. h.	das heisst
EnV	Energieverordnung
ggf.	gegebenenfalls
ggü.	gegenüber
GHG-Protokoll	Greenhouse Gas Protocol
HKN	Herkunftsnachweis
HKN-System	Herkunftsnachweissystem
IBTV	Verordnung über das Inverkehrbringen von erneuerbaren oder emissionsarmen Brenn- und Treibstoffen
ICAO	International Civil Aviation Organization
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
Kap.	Kapitel
Kat.	Kategorie
KIG	Klimaschutz-Gesetz
KIV	Klimaschutz-Verordnung
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
NET	Negativemissionstechnologien
NOx	Stickoxide
nvPM	non-volatile particulate matter, nicht-flüchtige Partikel bzw. Russpartikel
PPA	Power Purchase Agreement
SAF	Sustainable Aviation Fuels
SBTi	Science Based Targets-Initiative
SDA	sectoral decarbonization approach
SO_2	Schwefeldioxid
t	Tonnen
Tab.	Tabelle
THG	Treibhausgas
u. a.	unter anderen
UWG	Bundesgesetz gegen den unlauteren Wettbewerb
VCM	Voluntary Carbon Market
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel
ZV	Zielvereinbarung

1 Einleitung

Mit dem Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit[1] (KIG) werden die internationalen Klimaziele der Schweiz bis 2050 ins nationale Recht aufgenommen. Als Rahmengesetz enthält das KIG den Absenkpfad für die Treibhausgasemissionen der Schweiz, Richtwerte für einzelne Sektoren sowie zwei befristete Förderprogramme zur Emissionsreduktion. Art. 5 KIG legt fest, dass alle Unternehmen bis 2050 Netto-Null-Emissionen aufweisen müssen. Dafür können Unternehmen und Branchenverbände sogenannte Netto-Null-Fahrpläne erarbeiten. Ein Netto-Null-Fahrplan (im Folgenden Fahrplan genannt) ermöglicht es einem Unternehmen oder einer Branche, seine Dekarbonisierung bis 2050 vorausschauend zu planen. Es ist ein freiwilliges Instrument für eine Bestandsaufnahme der Treibhausgasemissionen und die Einführung einer Netto-Null-Strategie. Verpflichtend sind Fahrpläne nur für Unternehmen, die Finanzhilfen für die Anwendung von neuartigen Technologien und Prozessen (Art. 6 KIG) beantragen wollen. Einige Unternehmen verpflichten sich bereits unter freiwilligen Standards (wie bspw. Science Based Targets-Initiative, SBTi) zu einem Netto-Null-Ziel. Eine Verpflichtung alleine führt jedoch nicht immer zu einer Senkung der Emissionen. Dafür muss ein Unternehmen seine Emissionen in einer umfassenden Treibhausgasbilanz erfassen und festlegen, wie es diese Emissionen mittels kurz-, mittel- und langfristigen Massnahmen entlang eines Absenkpfads effektiv auf Netto-Null reduzieren kann. Daneben enthält ein Fahrplan gemäss dem KIG einen Aufbaupfad für Negativemissionen, welche schwer vermeidbare Restemissionen ausgleichen. Die Fahrpläne für Branchen (im Folgenden Branchenfahrpläne genannt) können von KMU als vereinfachtes Instrument genutzt werden. KMU können einen Branchenfahrplan auch nutzen, um eine Förderung für neuartige Technologien und Prozesse (Art. 6 KIG) im Rahmen eines Branchenprogramms zu beantragen.

2 Rahmenbedingungen

2.1 Rechtliche Grundlagen

Die rechtliche Grundlage für die Fahrpläne findet sich im Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit (KIG) vom 30. September 2022, insbesondere in Art. 5 Fahrpläne für Unternehmen und Branchen, und in der Verordnung zum Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit[2] (Klimaschutz-Verordnung, KIV), insbesondere in Art. 3 bis 8.

2.2 Schnittstellen mit anderen Instrumenten

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Schnittstellen zu anderen Instrumenten der Klimaschutz-, CO_2- und Energiegesetzgebung erläutert. Die Rolle der Kompensation mit Bescheinigungen oder CO_2-Zertifikaten für Verminderungen wird im Kap. 5.4 erläutert. Allgemein unterliegen klimabezogene Angaben zu Unternehmen dem Bundesgesetz gegen den unlauteren Wettbewerb (UWG)[3]. Eine Vollzugshilfe des BAFU[4] konkretisiert, welche Nachweise für welche klimabezogenen Begriffe als objektiv und überprüfbar beigezogen werden können. Insbesondere ist die Verwendung des Begriffs «Netto-Null» eng mit der vorliegenden Richtlinie abgestimmt.

[1] SR 814.310 Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit (KIG)

[2] SR 814.310.1 Verordnung zum Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit (Klimaschutz-Verordnung, KIV)

[3] SR 241 Bundesgesetz über den unlauteren Wettbewerb UWG, Artikel 3, Absatz 1, Buchstabe x

[4] Vollzugshilfe zur Beurteilung von klimabezogenen Angaben im Sinne des UWG

2.2.1 Förderungen von neuartigen Technologien und Prozessen

Gemäss Art. 6 KIG können Unternehmen für Massnahmen zur Anwendung von neuartigen Technologien und Prozessen Finanzhilfen beantragen. Voraussetzung hierfür ist, dass die Unternehmen bzw. die Branchenverbände einen Fahrplan nach Art. 5 KIG erstellt haben, in welchem die nötigen Massnahmen zur Verminderung der Treibhausgasemissionen oder zum Erzielen von Negativemissionen aufgeführt sind.

Alle Anforderungen an die Gesuchstellung und Projektbewertung finden sich in der Richtlinie zur Förderung von neuartigen Technologien und Prozessen[5]. Die Massnahme, für die eine Förderung beantragt wird, muss im Massnahmenplan des Fahrplans enthalten und auf die übrigen darin enthaltenen Massnahmen abgestimmt sein. Neben dem neuartigen Aspekt muss sie zur Erreichung des Netto-Null-Ziels beitragen.

2.2.2 Dekarbonisierungspläne

Mit der Revision des CO_2-Gesetzes ab 2025 müssen Betreiber, die eine Verminderungsverpflichtung zur Befreiung der CO_2-Abgabe haben, neben der Zielvereinbarung (siehe Kap. 2.2.4) auch einen Dekarbonisierungsplan erstellen (Art. 31a CO_2-Gesetz). Der Dekarbonisierungsplan wird innerhalb von drei Jahren nach Beginn der Verminderungsverpflichtung eingereicht und alle drei Jahre aktualisiert, im Gegensatz zum Fahrplan, der mindestens alle fünf Jahre aktualisiert wird.

Die Hauptunterschiede zwischen einem Netto-Null-Fahrplan und einem Dekarbonisierungsplan liegen in ihrer Systemgrenze und ihrem zeitlichen Ablauf. Ein Fahrplan umfasst alle Standorte des Unternehmens, während im Dekarbonisierungsplan mindestens die Standorte, die in der Verminderungsverpflichtung eingeschlossen sind, erfasst werden müssen. Darüber hinaus ist für den Dekarbonisierungsplan nur die Berücksichtigung der direkten Emissionen aus der energetischen Nutzung von fossilen Brennstoffen verpflichtend. Andere Emissionen können auf freiwilliger Basis einbezogen werden. Der Dekarbonisierungsplan enthält einen Absenkpfad bis zum Jahr 2040. Ein Emissionsziel für 2050 kann auf freiwilliger Basis festgelegt werden. Unter der Voraussetzung, dass die Anforderungen an den Dekarbonisierungsplan erfüllt sind, kann ein Fahrplan als Dekarbonisierungsplan verwendet werden[6]. Insbesondere müssen im Fahrplan jene Standorte, die in der Verminderungsverpflichtung eingeschlossen sind, und die damit verbundenen Emissionen und Massnahmen klar ausgewiesen sein. Weitere Informationen zum Dekarbonisierungsplan finden sich in der Mitteilung des BAFU zur Verminderungsverpflichtung[7].

2.2.3 Fahrpläne für Unternehmen der Finanzbranche

Bei Unternehmen der Finanzbranche (Finanzinstitute und institutionelle Investoren) soll der Fokus auf den besonders klimarelevanten Geschäftstätigkeiten und daher auf der klimaverträglichen Ausrichtung der Finanzmittelflüsse liegen. Hierfür braucht es separate Anforderungen. Für Fahrpläne zur klimaverträglichen Ausrichtung der Finanzmittelflüsse von Unternehmen der Finanzbranche werden die Mindestanforderungen in der Verordnung vom 23. November 2022[8] über die Berichterstattung über Klimabelange festgelegt werden. Dies im Rahmen einer Präzisierung der Transitionspläne (=Fahrpläne) nach Art. 3 Abs. 3 Bst. a dieser Verordnung[9]. Obwohl ein Vorschlag für die Aktualisierung der Berichterstattungsverordnung in der Vernehmlassung mehrheitlich begrüsst wurde, hat der Bundesrat

[5] Richtlinie zur Förderung von neuartigen Technologien und Prozessen

[6] Der Fahrplan wird über das vom BAFU betriebene Informations- und Dokumentationssystem CORE eingereicht. In CORE sind zudem die für die Verminderungsverpflichtung relevanten Eckpunkte in einem Onlineformular zu erfassen.

[7] Mitteilung des BAFU Verminderungsverpflichtung (Befreiung von der CO_2-Abgabe) 2025-2040

[8] SR 221.434 Verordnung vom 23. November 2022 über die Berichterstattung über Klimabelange

[9] Der Bundesrat hat das EFD beauftragt, in der «Verordnung über die Berichterstattung über Klimabelange» Mindestanforderungen an Transitionspläne für Finanzinstitute festzulegen, welche die Umsetzung der Klimaziele gemäss dem KIG sicherstellen. (siehe Bundesrat eröffnet Vernehmlassung zur Klimaschutz-Verordnung)

beschlossen, die Aktualisierung zu pausieren, bis er über die Vorlage zur Änderung des Obligationenrechts entschieden hat, spätestens jedoch bis zum 1. Januar 2027[10].

2.2.4 Zielvereinbarungen mit dem Bund zur Steigerung der Energieeffizienz und Verminderung der CO_2-Emissionen

Die Zielvereinbarung und der Fahrplan zielen beide auf die Verminderung der Treibhausgasemissionen ab, sind aber unterschiedliche Instrumente mit unterschiedlicher Reichweite und Zielsetzung.

Die Zielvereinbarung ist eine Vereinbarung zwischen einem Unternehmen und dem Bund. Ihr Ziel ist es, den Energieverbrauch und/oder mit einer Verminderungsverpflichtung die CO_2-Emissionen zu reduzieren, um den Netzzuschlag rückerstattet zu erhalten und/oder von der CO_2-Abgabe befreit zu werden. Zudem anerkennen die meisten Kantone die Zielvereinbarungen mit dem Bund für den Vollzug des kantonalen Grossverbrauchermodells. Diese Prozesse basieren auf einer direkten Verpflichtung gegenüber dem Bund mit einer gemeinsamen Vereinbarung über zu erreichende, spezifische Ziele. Der Zeitrahmen ist mittelfristig (in der Regel 10 Jahre) und das Unternehmen muss jährlich Bericht erstatten, um seine Pflichterfüllung nachzuweisen[11].

Die Zielvereinbarung legt spezifische und zeitlich begrenzte Verminderungsziele unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit der Massnahmen fest. Der Fahrplan geht einen Schritt weiter und widerspiegelt eine umfassende Netto-Null-Strategie des Unternehmens bis 2050. Er betrachtet sämtliche Aktivitäten des Unternehmens und enthält ein langfristiges Netto-Null-Ziel. Die wichtigsten Merkmale von Zielvereinbarungen und Fahrplänen für Unternehmen sind in Anhang 1 gegenübergestellt. Branchenfahrpläne werden nicht für einzelne Unternehmen erstellt und können daher nicht mit Zielvereinbarungen verglichen werden.

2.3 Prüfung von Fahrplänen

Eine Prüfung der Fahrpläne nach Art. 5 KIG durch das BFE erfolgt ausschliesslich im Rahmen des Vollzugs verpflichtender gesetzlicher Anforderungen, z. B. im Rahmen der Prüfung eines Gesuchs um Finanzhilfe nach Art. 6 KIG. Dabei werden die Fahrpläne gezielt auf die für die Bewertung eines Gesuchs relevanten Anforderungen geprüft. Das Akzeptieren eines Fahrplans im Rahmen einer Gesuchsprüfung stellt keine allgemeine Qualitätsbewertung eines Fahrplans nach Art. 5 KIG für andere Zwecke dar. Ebenso wird damit nicht die Konformität des Fahrplans mit den Anforderungen weiterer Instrumente der Klimaschutz-, CO_2- und Energiegesetzgebung (vgl. Kap. 2.2) garantiert.

3 Einbezug von Experten und Expertinnen zur Erarbeitung der Fahrpläne

Zur Erstellung der Fahrpläne können Unternehmen und/oder Branchenverbände auf organisationsinterne oder -externe Experten und Expertinnen zurückgreifen. Das BFE registriert laufend die Beratenden, welche die notwendigen Ausbildungen und Expertisen vorweisen und veröffentlicht eine Liste der registrierten Beratenden[12] zusammen mit folgenden Profilinformationen:

- Name, Vorname und Kontaktinformationen;
- Sprache und Region;
- Link zur Webseite der Firma;

[10] Siehe Medienmitteilung des Bundesrats vom 06.12.2024 Bundesrat eröffnet Vernehmlassung zur Änderung der Verordnung über die Berichterstattung über Klimabelange und vom 25.06.2025 Bundesrat entscheidet über das weitere Vorgehen zur Klimaberichterstattung von Firmen

[11] Siehe www.zv-energie.admin.ch für weitere Informationen zu den Zielvereinbarungen

[12] Siehe www.itinero.admin.ch > Berater/-in finden. ITINERO ist ein gemeinsames Programm des BAFU und des BFE. Es ist Teil der Umsetzung des KIG.

- Expertisenbereiche:
  - Bilanzierung THG-Emissionen Scope 1 und 2;
  - Bilanzierung THG-Emissionen Scope 3;
  - Beratung zur Erarbeitung der Massnahmen Scope 1 und 2;
  - Beratung zur Erarbeitung der Massnahmen Scope 3;
  - Branchenexpertise.

Die Liste ist nicht abschliessend und dient lediglich der Information. Sie erlaubt es Unternehmen, Beratende nach ihren Bedürfnissen auf eigene Kosten zu kontaktieren und die Zusammenarbeit zwischen Beratenden mit unterschiedlichen Expertisen einzuleiten. Es bleibt den Unternehmen frei, auch mit nicht registrierten Beratenden zusammenzuarbeiten.

Für registrierte Beratende und interessierte organisationsinterne Expertinnen und Experten wird das BFE zudem Informationsveranstaltungen zu den für die Fahrpläne relevanten Grundlagen und Prozessen anbieten.

Um sich vom BFE als Beratende registrieren zu lassen[13], müssen die Beratenden eine Grundausbildung im technischen Bereich oder in Umweltwissenschaften, Niveau höhere Fachprüfung (HF oder gleichwertig) oder Niveau Ingenieur (FH, ETH oder gleichwertig) oder einen anderen Bereich mit ergänzender Weiterbildung (CAS, MAS usw.) oder wesentlicher Erfahrung im Bereich Energie oder Nachhaltigkeit absolviert haben. Beratende, die über eine Akkreditierung zur Erstellung von Zielvereinbarungen, PEIK-Energieberatungen, PinCH-Analysen oder Reffnet-Beratungen verfügen, können ihr Fachwissen in den entsprechenden Bereichen geltend machen. Beratungserfahrung in mehreren Unternehmen der gleichen Branche wird zusätzlich verlangt, um Fachwissen in einer bestimmten Branche zu belegen.

4 Grundlagen eines Fahrplans

Der Verwendungszweck und die Systemgrenze eines Fahrplans unterscheiden sich, je nachdem ob er für ein Unternehmen oder eine Branche erstellt wird. In jedem Fall dient ein Fahrplan dazu, die Erreichung des Netto-Null-Ziels zu planen. Zu diesem Zweck erfolgt die Berechnung der Emissionen nach einer zuverlässigen und überprüfbaren Methodik.

4.1 Individueller Fahrplan für Unternehmen

Ein Fahrplan für Unternehmen nach Art. 5 KIG kann zu folgenden Verwendungszwecken erstellt werden:

- Freiwillig, als Grundlage der Netto-Null-Strategie des Unternehmens;
- Als Voraussetzung für ein Gesuch um Finanzhilfe für die Anwendung von neuartigen Technologien und Prozessen (Art. 6 KIG) in einem Unternehmen oder einem Zusammenschluss von Unternehmen;
- Als Transitionsplan nach Art. 3 der Verordnung über die Berichterstattung über Klimabelange;
- Als Dekarbonisierungsplan nach Art. 31a CO_2-Gesetz für Betreiber mit Verminderungsverpflichtung.

Die Systemgrenze wird gemäss Kapitel 5.1.1 festgelegt. Sie umfasst das Unternehmen als Ganzes und schliesst mindestens die direkten und indirekten Emissionen (Scope 1 und Scope 2) innerhalb der Schweiz ein. Empfohlen wird zudem, auch die vor- und nachgelagerten Emissionen (Scope 3) zu berücksichtigen.

Ein Fahrplan umfasst mindestens:

[13] durch Versand des vollständig ausgefüllten Registrierungsformulars inklusive Lebenslauf per Mail an mail@itnero.info.

- Eine aktuelle Treibhausgasbilanzierung (Startpunkt des THG-Absenkpfades bis 2050) mindestens der direkten (Scope 1) und indirekten (Scope 2) Treibhausgasemissionen. Die Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen der vor- und nachgelagerten Prozesse (Scope 3) wird zusätzlich empfohlen.
- Eine Beschreibung der Anlagen und Prozesse sowie der damit verbundenen Emissionen;
- Eine Analyse und Beschreibung der technischen Lösungen, mit denen Treibhausgasemissionen vermieden oder Negativemissionen erzielt werden können;
- Ein Netto-Null-Ziel für die direkten (Scope 1) und indirekten (Scope 2) Emissionen bis spätestens 2050. Die Ziele für die grösstmögliche Verminderung der Emissionen und den Ausgleich der restlichen Emissionen mit Negativemissionen werden von der Analyse der Lösungen abgeleitet.
- Einen Absenkpfad für die Verminderung der direkten (Scope 1) und indirekten (Scope 2) Emissionen bis spätestens 2050. Der Absenkpfad muss soweit technisch möglich linear sein, sich an den Richtwerten nach Art. 4 KIG orientieren und Zwischenziele für die Jahre 2030 und 2040 beinhalten. Zusäzlich ist ein Absenkpfad für die Verminderung der vor- und nachgelagerten (Scope 3) Emissionen empfohlen.
- Einen Aufbaupfad für den Ausgleich der verbleibenden, schwer vermeidbaren Emissionen (mindestens Scope 1 und 2, Scope 3 empfohlen) mit Negativemissionen bis spätestens 2050 zur Erreichung von Netto-Null-Emissionen. Der Aufbaupfad darf auch zu einer Netto-Negativ Bilanz führen.
- Einen Massnahmenplan mit realistischen Implementierungszeitpunkten, mit dem Treibhausgasemissionen vermieden oder Negativemissionen erzielt werden sollen, so dass der Absenkpfad und der Aufbaupfad eingehalten werden.

Die Methodik zur Erstellung von Fahrplänen für Unternehmen ist im Kap. 5 beschrieben. Wenn der Fahrplan im Rahmen eines der oben aufgelisteten Instrumente verwendet wird, gelten zudem die damit verbundenen Anforderungen (siehe Kap. 2.2).

4.2 Branchenfahrplan

Verantwortlich für die Erarbeitung von Branchenfahrplänen sind Branchenverbände. Der Inhalt eines Branchenfahrplans unterscheidet sich in gewissen Punkten vom Fahrplan eines individuellen Unternehmens (siehe Art. 4 Abs. 2 KIG).

Ein Branchenfahrplan kann zu folgenden Verwendungszwecken erstellt werden:

- Freiwillig, als Grundlage der Netto-Null-Strategie in einer Branche;
- Als Voraussetzung für ein Gesuch um Finanzhilfe für die Anwendung von neuartigen Technologien und Prozessen (Art. 6 KIG) im Rahmen eines Branchenprogramms (Art. 13 Abs. 3 KIV)[14].

Die Systemgrenze umfasst die gesamte Branche und schliesst mindestens die direkten und indirekten Emissionen (Scope 1 und Scope 2) innerhalb der Schweiz ein. Zusätzlich wird empfohlen, auch die vor- und nachgelagerten Emissionen (Scope 3) zu berücksichtigen.

Ein Branchenfahrplan umfasst mindestens:

- Die für ein Unternehmen der Branche charakteristische Treibhausgasbilanzierung (Startpunkt des THG-Absenkpfades bis 2050) mindestens der direkten (Scope 1) und indirekten (Scope 2) Treibhausgasemissionen. Die Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen der vor- und nachgelagerten Prozesse (Scope 3) wird zusätzlich empfohlen.

[14] Für Unternehmen, die weniger als 250 Mitarbeitende beschäftigen und höchstens folgenden Energieverbrauch haben: a) jährlicher Wärmeverbrauch von höchstens fünf Gigawattstunden, und b) jährlicher Elektrizitätsverbrauch von höchstens einer halben Gigawattstunde.

- Eine Beschreibung der bestehenden branchentypischen Anlagen und Prozesse sowie der damit verbundenen Emissionen;
- Eine Analyse und Beschreibung der branchentypischen technischen Lösungen, mit denen Treibhausgasemissionen vermieden oder Negativemissionen erzielt werden können;
- Ein Netto-Null-Ziel für die direkten (Scope 1) und indirekten (Scope 2) Emissionen bis spätestens 2050. Die Ziele für die grösstmögliche Verminderung der Emissionen und den Ausgleich der verbleibenden, schwer vermeidbaren Emissionen mit Negativemissionen werden von der Analyse der branchenspezifischen Lösungen abgeleitet.
- Einen Absenkpfad für die Verminderung der direkten (Scope 1) und indirekten (Scope 2) Emissionen bis spätestens 2050. Der Absenkpfad muss soweit technisch möglich linear sein, sich an den Richtwerten nach Art. 4 KIG orientieren und Zwischenziele für die Jahre 2030 und 2040 beinhalten. Zusätzlich ist ein Absenkpfad für die Verminderung der vor- und nachgelagerten (Scope 3) Emissionen empfohlen.
- Einen Aufbaupfad für den Ausgleich der verbleibenden, schwer vermeidbaren Emissionen (mindestens Scope 1 und 2, Scope 3 empfohlen) mit Negativemissionen bis spätestens 2050 zur Erreichung von Netto-Null-Emissionen. Der Aufbaupfad darf auch zu einer Netto-Negativ Bilanz führen.
- Einen Massnahmenplan mit Implementierungszeiträumen, mit dem Treibhausgasemissionen vermieden oder Negativemissionen erzielt werden sollen, so dass der Absenkpfad und der Aufbaupfad eingehalten werden.

Die Methodik zur Erstellung von Branchenfahrplänen ist im Kap. 6 beschrieben. Wenn der Fahrplan im Rahmen eines Fördergesuchs gemäss Art. 6 KIG verwendet wird, gelten zudem die damit verbundenen Anforderungen (siehe Kap. 2.2.1).

4.3 Berechnung der Emissionen

Für die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen wird die Methodik des Greenhouse Gas Protocol (GHG-Protokoll[15]) verwendet. Die Höhe der direkten (Scope 1), der indirekten (Scope 2) und ggf. der vor- und nachgelagerten (Scope 3) Emissionen ist separat zu berechnen und im Fahrplan auszuweisen. Dies stellt die Vergleichbarkeit mit dem Treibhausgasinventar sicher und ermöglicht eine präzise Zuordnung der Emissionen zu den entsprechenden Kategorien. Die Scope 1, 2 und 3 Emissionen und deren Zusammenhang sind in Abbildung 1 dargestellt.

4.3.1 Scope-1-Emissionen

Scope-1-Emissionen sind alle direkten Emissionen. Diese Emissionen stammen aus Quellen, die das bilanzierende Unternehmen besitzt oder direkt kontrolliert[16].

Scope 1 umfasst direkte Emissionen aus den folgenden Aktivitäten:

- Verbrennung von Brennstoffen in stationären Anlagen (zur Erzeugung von Wärme, Dampf, Elektrizität);
- Verbrennung von Treibstoffen in mobilen Anlagen (Fahrzeugen);
- Physikalische oder chemische Verarbeitung. Emissionen aus physikalischen und chemischen Prozessen;
- Flüchtige Emissionen. (z. B. Kältmittel).

[15] Homepage | GHG Protocol und das Handbuch "A Corporate Accounting and Reporting Standard"

[16] The Greenhouse Gas Protocol - A Corporate Accounting and reporting Standard, Revised Edition

4.3.2 Scope-2-Emissionen

Scope-2-Emissionen sind indirekte Treibhausgasemissionen, die am Standort der Produktion zugekaufter Elektrizität, Dampf, Wärme und Kälte entstehen. Im Gegensatz zu den Scope-1-Emissionen entstehen Scope-2-Emissionen durch die Erzeugung von Energie ausserhalb der Systemgrenze des Unternehmens.[17]

4.3.3 Scope-3-Emissionen

Scope-3-Emissionen umfassen vor- und nachgelagerte Treibhausgasemissionen, die entlang der gesamten Wertschöpfungskette eines Unternehmens durch Dritte entstehen und ausserhalb der direkten Kontrolle des Unternehmens liegen[18]. Diese Emissionen können aus vorgelagerten Aktivitäten («upstream» nach GHG-Protokoll) wie zum Beispiel der Produktion und dem Transport von Rohstoffen oder auch aus nachgelagerten Aktivitäten («downstream» nach GHG-Protokoll) wie der Nutzung und Entsorgung von verkauften Produkten entstammen.[19]

Zu den Scope-3-Emissionen zählen beispielsweise Emissionen aus Geschäftsreisen, aus der Produktion eingekaufter Waren und Dienstleistungen, aus dem Abfallmanagement oder dem Energieverbrauch der verkauften Produkte. Daher erfordert das Management der Scope-3-Emissionen auch eine enge Zusammenarbeit mit Lieferanten, Partnern und Kundinnen und Kunden, um die Emissionen entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu verringern.

Übereinstimmend mit dem GHG-Protokoll wird eine Unterscheidung zwischen den vor- und nachgelagerten Emissionen und deren Aufteilung in 15 Kategorien vorgenommen.

Die vorgelagerten Emissionen sind in folgende Kategorien aufgeteilt:

- Kat. 3.1: Gekaufte Waren und Dienstleistungen;
- Kat. 3.2: Investitionsgüter;
- Kat. 3.3: Brennstoff- und energiebezogene Emissionen, die nicht bereits als direkte oder indirekte Emissionen berücksichtigt werden;
- Kat. 3.4: Vorgelagerter Transport und Vertrieb;
- Kat. 3.5: Im Betrieb anfallende Abfälle;
- Kat. 3.6: Geschäftsreisen;
- Kat. 3.7: Pendeln von Mitarbeitenden;
- Kat. 3.8: Vorgelagerte geleaste Vermögenswerte.

Die nachgelagerten Emissionen sind in folgende Kategorien aufgeteilt:

- Kat. 3.9: Nachgelagerter Transport und Vertrieb;
- Kat. 3.10: Verarbeitung der verkauften Produkte;
- Kat. 3.11: Verwendung der verkauften Produkte;
- Kat. 3.12: End-of-Life-Behandlung von verkauften Produkten;
- Kat. 3.13: Nachgelagerte geleaste Vermögenswerte;
- Kat. 3.14: Franchise;
- Kat. 3.15: Investitionen.

Im Sinne des GHG-Protokolls sind unter dem Begriff «Produkte» sowohl Güter als auch Dienstleistungen zu verstehen.

---

[17] The Greenhouse Gas Protocol – Scope 2 Guidance

[18] Siehe Anhang 1 der Verordnung zum Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit (Klimaschutz-Verordnung, KlV)

[19] The Greenhouse Gas Protocol - Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions

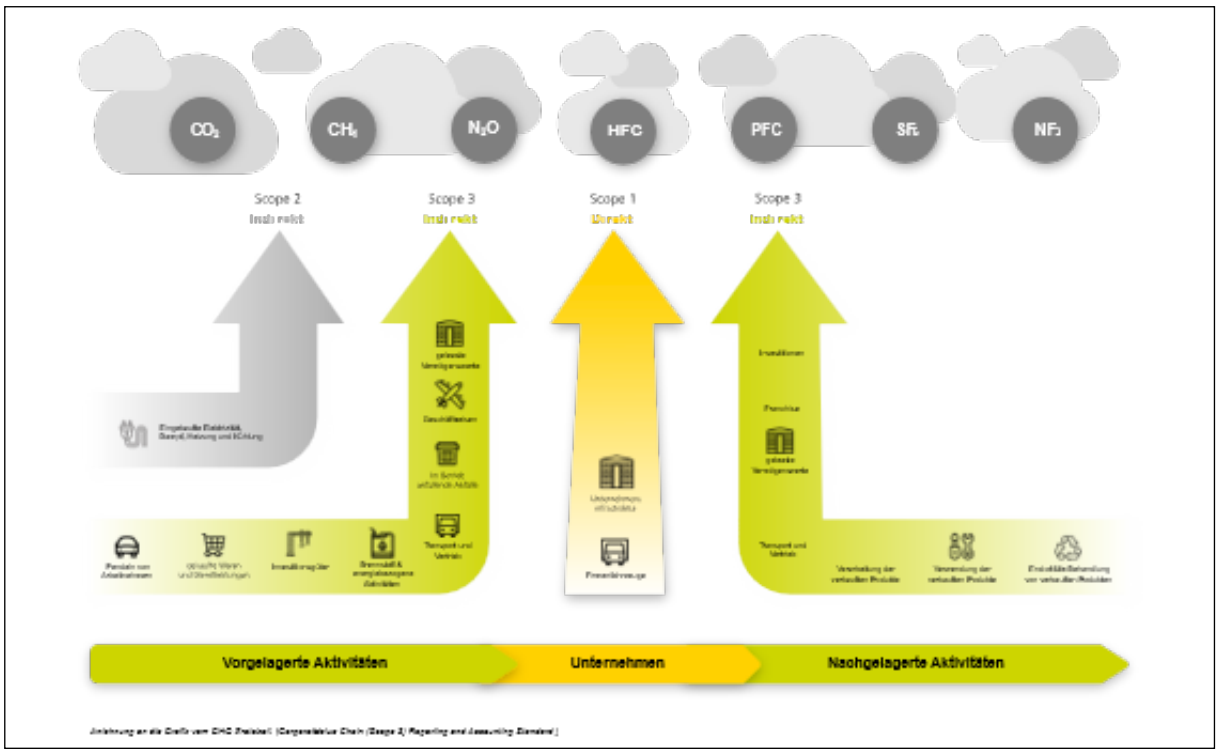


Abbildung 1: Scope 1, 2 und 3 Emissionen und deren Zusammenhang

4.3.4 Schwer vermeidbare Emissionen

Trotz aller Bemühungen zur Emissionsreduktion gibt es aufgrund technologischer oder infrastruktureller Herausforderungen sogenannte schwer vermeidbare Emissionen, die auch im Jahr 2050 noch erwartet werden. Diese Emissionen stellen eine besondere Herausforderung dar, da sie oft in Prozessen oder Tätigkeiten entstehen, die für das Kerngeschäft eines Unternehmens unverzichtbar sind.[20]

Es wird zwischen zwei Kategorien von schwer vermeidbaren Emissionen unterschieden (vgl. Erläuterungen zur KIV[21]):

- Schwer vermeidbare direkte Emissionen bei Anlagen, die nicht mit herkömmlichen Verminderungsmassnahmen, wie etwa dem Ersatz von fossilen Brennstoffen, reduziert werden können. Dazu zählen zum Beispiel Prozessemissionen in Zementwerken oder Emissionen aus der Verbrennung fossiler Abfälle. Solche Emissionen können durch die Abscheidung des CO_2 an der Quelle und dauerhafte Speicherung (CCS) nach heutigem Kenntnisstand um rund 90 Prozent vermindert werden.
- Verbleibende industrielle direkte Treibhausgasemissionen nach Anwendung von CCS sowie andere Treibhausgasemissionen, die nicht herkömmlich vermindert oder mit CCS reduziert werden können. Diese müssen mit Negativemissionen ausgeglichen werden, um Netto-Null-Emissionen zu erzielen.

Gemäss Art. 4 KIG (Richtwerte für einzelne Sektoren) sind die Treibhausgasemissionen in den Sektoren Gebäude und Verkehr bis 2050 vollständig zu vermindern. Das heisst, dass in diesen Sektoren bis 2050 keine direkten, schwer vermeidbaren Emissionen verbleiben sollen, die auszugleichen wären. Im Sektor Industrie sollen die Treibhausgasemissionen bis 2050 um mindestens 90 Prozent ggü. 1990 vermindert werden, wobei dieses Ziel auch die Anwendung von CCS zur Verminderung industrieller Emissionen einschliesst. Der Richtwert für die Industrie deckt u. a. auch die Kehrichtverwertungsanlagen ab (vgl.

[20] Siehe Mitteilung vom 28.01.2021 Klimaschutz: Bundesrat verabschiedet die langfristige Klimastrategie der Schweiz

[21] Erläuterungen zur Klimaschutz-Verordnung (KIV)

Erläuterungen zur KIV). Diese Richtwerte sind bei der Entwicklung der Massnahmen im Fahrplan zu berücksichtigen.

4.3.5 Emissionsfaktoren

Emissionsfaktoren geben an, wie viel von einem bestimmten Treibhausgas pro Bezugsgrösse emittiert wird, wenn eine bestimmte Aktivität ausgeführt wird, wie etwa das Verbrennen von fossilen Brennstoffen. Sie sind in der Regel in Einheiten wie Kilogramm CO_2-Äquivalent (CO_2eq) pro Bezugsgrösse (z. B. Megajoule Energie oder Liter Treibstoff) angegeben. Im Scope 1 bilden die im Rahmen des Klimareportings der Schweiz nach UNFCCC verwendet Faktoren die Grundlage für die Berechnung. Diese sind in vielen Fällen als Durchschnittswerte aus den Vorgaben des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) abgeleitet. Auch im Scope 2 muss in vielen Fällen auf Standardemissionsfaktoren zurückgegriffen werden.

Das BAFU stellt Grundlagen für die THG-Bilanzierung zur Verfügung. Dazu zählen auch Emissionsfaktoren[22] für Scope-1-, Scope-2- sowie Scope-3-Emissionen. Wo für die Berechnung von Scope-1- und Scope-2-Emissionen Emissionsfaktoren vom Bund veröffentlich wurden sind diese zu verwenden, solange keine spezifischeren Daten vorliegen. Das BAFU stellt für die Bilanzierung der Emissionen ein Excel-Tool zur Verfügung[23], in dem die am häufigsten verwendeten Emissionsfaktoren angegeben sind. Die Emissionsfaktoren werden weiter ergänzt.

4.3.6 Weitere klimawirksame Emissionen aus dem Luftverkehr

Durch die Verbrennung des Treibstoffs in grossen Höhen entstehen weitere klimawirksame Emissionen neben den THG-Emissionen. Betreiber von Luftfahrzeugen können die klimawirksamen Emissionen von Stickoxiden, Russpartikeln und oxidierten Schwefelverbindungen in der oberen Troposphäre und in der unteren Stratosphäre im Fahrplan erfassen und Massnahmen zu deren Reduktion ausarbeiten. Relevant für die Fahrpläne sind folgende Emissionen aus in der Schweiz getankten Treibstoffen:

- Stickoxid-Emissionen: Stickoxid-Emissionen sind das Resultat hoher thermodynamischer Effizienz von Flugzeugtriebwerken. Sie sind klimawirksam und in der Form von NO_2 giftig. Sie können bspw. durch SAF nicht reduziert werden. Eine Reduktion erfolgt einerseits durch eine Reduktion des Treibstoffverbrauchs und andererseits durch Einsatz von bezüglich NOx verbesserter Triebwerke (Emissionsfaktor EINOx).
- Emissionen von Russpartikeln**:** Flugzeugtriebwerke können sich in den Russemissionen signifikant unterscheiden. Für die umgangssprachliche Bezeichnung «Russpartikel» wird in der für Berechnungen herangezogenen ICAO Aircraft Engine Emissions Databank[24] die definierte Bezeichnung non-volatile particulate matter (nvPM) verwendet. Dabei wird zwischen der Bestimmung der Masse von nvPM und der Anzahl nvPM unterschieden. Im Rahmen von Fahrplänen ist die *Bestimmung der Anzahl nvPM* massgebend (nvPM number).
- Emissionen von oxidierten Schwefelverbindungen**:** Schwefelhaltige Verbindungen sind das Resultat des Schwefelgehalts der verwendeten Treibstoffe. Schwefelfreie Treibstoffe sind aus Umwelt- und Klimasicht vorzuziehen. Der grösste Teil des Schwefels wird bei der Verbrennung des Treibstoffs als Schwefeldioxid (SO_2) emittiert. Wenige Prozente des Schwefels werden als Schwefelsäure (H_2SO_4) emittiert. H_2SO_4, zusammen mit Wasser, ist äusserst stark in der Bildung von Partikelkeimen (auf Englisch particle nucleation) für die Wolkenbildung. Vereinfachend kann SO_2 im Rahmen von Fahrplänen als guter Näherungswert für schwefelhaltige Emissionen und als Aktivator für Kondensationskeime für Wolkenbildungen angenommen werden.

[22] Ökoinventar-Datenbank der Schweizer Bundesverwaltung BAFU:2025

[23] Corporate Footprint Calculator

[24] ICAO Aircraft Engine Emissions Databank | EASA (europa.eu)

Die Berechnung der Emissionen von Stickoxiden, Russpartikeln und oxidierten Schwefelverbindungen soll triebwerksspezifisch erfolgen, d.h. Verwendung der Emissionsfaktoren für das exakte eingesetzte Triebwerk. Für die Emissionsberechnung ist der Treibstoffverbrauch der Flugzeuge, welche dieses Triebwerk verwenden, massgebend. Eine Ausnahme bezüglich Emissionsverhalten bildet die Bestimmung von Schwefelemissionen, welche im Wesentlichen nur vom Treibstoff und dem Treibstoffverbrauch abhängen.

Die höchste erreichbare Qualität zur Ermittlung der Emissionen von Stickoxiden, Russpartikeln und oxidierten Schwefelverbindungen wäre die Verwendung von Daten aus den Flugdatenschreibern für die sekundenaufgelösten Betriebszustände von Flugzeug, Triebwerken, sowie Zustand der Umgebungsluft. Die Umrechnung von zertifizierten Triebwerks-Emissionsdaten auf Flugbedingungen würde dann durch die Anwendung anerkannter Methoden geschehen, wobei die Berechnungen und Summation der Emissionen nur auf Flughöhen über 8 km erfolgen sollte. Diese Methoden sind jedoch sehr aufwändig. In Anhang 2 ist eine Methode zur Abschätzung von Stickoxid-, Russemissionen im Reiseflug und von Schwefelemissionen vorgeschlagen. Es steht den Betreibern frei, komplexe Verfahren zu wählen oder die in Anhang 2 beschriebenen vereinfachten Verfahren anzuwenden. Fragen zu den Methoden und Berechnungen können direkt an das BAZL[25] gestellt werden.

5 Individuelle Fahrpläne für Unternehmen

Die in diesem Kapitel beschriebene Methodik richtet sich auf die grundlegenden Elemente des Fahrplans. Entsprechend seinem Zweck können dennoch zusätzliche Informationen und Daten im Fahrplan enthalten sein.

5.1 Bilanzierung der THG-Emissionen

Die THG-Bilanz wird nach den Vorgaben des GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard Handbuch[26] erstellt. Die verschiedenen Treibhausgasemissionen werden in CO_2-Äquivalenten (CO_2eq) zusammengefasst und nach Scope und Kategorie ausgewiesen (siehe Kap. 4.3). In der Bilanz können zusätzlich weitere Emissionen, wie z. B. biogene Emissionen, weitere klimawirksame Emissionen und vermiedene Emissionen (sogenannte Scope-4-Emissionen), ausgewiesen werden, allerdings separat. Ergänzend können weitere für das Geschäft und die Ziele des Unternehmens relevante Informationen und Kennzahlen aufgeführt werden, wie z. B. der Stromverbrauch und die Umweltbelastungspunkte[27] (UBP). Das BAFU stellt für die Bilanzierung der THG-Emissionen ein Excel-Tool[28] zur Verfügung.

Zusammen mit der Bilanz müssen eine Beschreibung der Systemgrenze, die verwendeten Datenquellen und Berechnungsmethoden sowie alle Informationen vorgelegt werden, die ihre Nachvollziehbarkeit gewährleisten[29].

5.1.1 Systemgrenze und Basisjahr der Bilanzierung

Die Bilanz umfasst grundsätzlich alle Aktivitäten des Unternehmens. Die in der Bilanz zu erfassenden Emissionen werden gemäss dem GHG-Protokoll[30] identifiziert. Werden Aktivitäten oder Emissionen als vernachlässigbar beurteilt, so muss dies begründet werden[31]. Entsprechend dem gewählten Ansatz

[25] Per E-Mail an: info@bazl.admin.ch, Betreff: Abschätzung von Nicht-CO_2-Emissionen

[26] The Greenhouse Gas Protocol - A Corporate Accounting and reporting Standard, Revised Edition

[27] Siehe Methode der ökologischen Knappheit (UBP-Methode)

[28] Corporate Footprint Calculator. Im Excel-Tool können zudem biogene CO_2-Emissionen und UBP berechnet werden.

[29] Siehe auch Kap. 9 des Corporate Accounting and reporting Standard, Revised Edition (GHG-Protokoll)

[30] Siehe auch Kap. 4 des Corporate Accounting and reporting Standard, Revised Edition (GHG-Protokoll)

[31] Siehe auch Kap. 1 des Corporate Accounting and reporting Standard, Revised Edition (GHG-Protokoll)

(operationelle Kontrolle, finanzielle Kontrolle oder «equity-share»[32]) können die Systemgrenzen und die Emission-Scopes, in denen die Emissionen der Aktivitäten des Unternehmens eingeordnet werden, unterschiedlich sein.

Mindestens die Scope-1- und Scope-2-Emissionen der Aktivitäten, die gemäss dem gewählten Ansatz innerhalb der Systemgrenzen liegen, müssen in der Bilanz berücksichtigt werden. Je nach Ansatz können gewisse Emissionen der Aktivitäten des Unternehmens entweder in den Scope 1 und 2 oder im Scope 3 (z. B. Kat. 3.8 *Vorgelagerte geleaste Vermögenswerte* oder Kat. 3.15 *Investitionen*), eingeordnet werden. Wenn Emissionen durch Aktivitäten im Ausland entstehen, sind mindestens die Scope-1- und die Scope-2-Emissionen in der Schweiz zu berücksichtigen. Die Berücksichtigung der Scope-1- und Scope-2-Emissionen im Ausland ist empfohlen.

Die Berücksichtigung der Scope-3-Emissionen ist empfohlen. Sie bietet Unternehmen die Möglichkeit, einerseits weitere Lösungen zu identifizieren und andererseits sich auf die Erfassung jener Aktivitäten zu konzentrieren, für die sie über zuverlässige Informationen verfügen, und die für ihr Geschäft und ihre Ziele relevant sind.

Als Basisjahr für die Bilanzierung und damit Ausgangspunkt für den Fahrplan wird ein Jahr mit vollständigen und korrekten Emissionsdaten gewählt.

5.1.2 Bilanzierung der Scope-1-Emissionen

THG-Emissionen aus Scope 1 werden in der Regel auf der Grundlage der eingekauften Mengen an kommerziellen Brennstoffen oder Treibstoffen unter Verwendung veröffentlichter Emissionsfaktoren berechnet. Für die Berechnung der Emissionen aus der Verbrennung von Brennstoffen sind die Emissionsfaktoren bezogen auf den Heizwert H_i zu verwenden.

Einkauf von erneuerbarem Gas

Der Einkauf von flüssigen und gasförmigen erneuerbaren Brenn- oder Treibstoffen, die in der Schweiz produziert oder physisch in die Schweiz importiert wurden, ist anrechenbar, sofern die entsprechenden Herkunftsnachweise (HKN) im HKN-System für eTS/eBS entwertet wurden. Für Betreiber von Anlagen im EHS oder mit einer Verminderungsverpflichtung müssen zusätzlich die entsprechenden HKN im HKN-System für eTS/eBS dem Instrument EHS oder Verminderungsverpflichtung zugewiesen werden.

Zudem ist der Einkauf von leitungsgebundenem ausländischem erneuerbarem Gas für Betreiber von Anlagen im EHS oder mit einer Verminderungsverpflichtung anrechenbar, sofern gewissen Bedingungen erfüllt sind. Diese Bedingungen werden in Art. 15 Abs. 3 und Art. 31 Abs. 5 des revidierten CO_2-Gesetzes[33] geregelt und in der CO_2-Verordnung konkretisiert (Art. 92*c* bis Art. 92*f* CO_2-Verordnung). Insbesondere muss der Nachweis erbracht werden, dass das BAFU in genügendem Umfang internationale Bescheinigungen für leitungsgebundenes ausländisches erneuerbares Gas ausgestellt hat und dass das leitungsgebundene ausländische erneuerbare Gas auf den Rechnungen ausgewiesen ist.

5.1.3 Bilanzierung der Scope-2-Emissionen

Die Bilanzierung der Scope-2-Emissionen erfolgt nach dem Dual Reporting Prinzip, d. h., dass die Emissionen sowohl nach dem «location-based» (ortsgebundenen) Ansatz als auch nach dem «market-based» (marktbezogenen) Ansatz bilanziert werden. Die Qualitätsanforderungen zur Nutzung des «market-based» Ansatzes sind in Tab. 7.1 und Kap. 7.5 des GHG Protocol Scope 2 Guidance[34] aufgeführt.

---

[32] Siehe dazu Kap. 3 des Corporate Accounting and reporting Standard, Revised Edition (GHG-Protokoll)

[33] SR 641.71 Bundesgesetz vom 23. Dezember 2011 über die Reduktion der CO_2-Emissionen (CO_2-Gesetz)

[34] GHG Protocol Scope 2 Guidance

Stromemissionen

Für den location-based Ansatz werden die Emissionen des Strombezugs unter Berücksichtigung des Schweizer Verbrauchermixes berechnet. Für den market-based Ansatz werden die Emissionen des Strombezugs unter Berücksichtigung des jeweiligen Stromliefervertrags berechnet. Vertragliche Instrumente, die beim market-based Ansatz für die Bilanzierung von Scope 2 verwendet werden, müssen aus demselben Markt stammen, in dem sich die stromverbrauchenden Betriebe des Unternehmens befinden und auf den das Instrument angewendet wird, d. h. es dürfen nur Schweizer HKN sowie Power Purchase Agreements (PPA), die für Produktionsanlagen in der Schweiz abgeschlossen wurden, verbucht werden. Wenn HKN verwendet werden, müssen sie im HKN-System für Strom entwertet werden. Die Emissionen des restlichen Strombezugs müssen unter Berücksichtigung des Schweizer Residualmixes berechnet werden.

5.1.4 Bilanzierung der Scope-3-Emissionen

Werden bei der Erstellung von Fahrplänen vor- und nachgelagerte Emissionen berücksichtigt, müssen alle für das Unternehmen relevanten Kategorien genannt und ausgewiesen werden[35]. Die Auflistung der Kategorien befindet sich in Kap. 4.3.3. Um zu beurteilen, welche Kategorien in den Fahrplan aufgenommen werden sollen, bedarf es einer Relevanzanalyse. Darin müssen mindestens folgende Kriterien berücksichtigt werden:

a. Signifikanz: Die abgeschätzten Treibhausgasemissionen einer der Scope-3-Kategorien stellen einen signifikanten Anteil an der Gesamtbilanz dar.
b. Beeinflussbarkeit/Steuerbarkeit: Es besteht die Möglichkeit, durch eigene Aktivitäten (bspw. vertragliche Bestimmung im Rahmen von Beschaffungen) die Verminderung der Emissionen aktiv zu steuern oder zu beeinflussen.

Weitere Kriterien finden sich im Kap. 6 des Scope 3 Standard des GHG-Protokolls[36]. Zur Beurteilung der Signifikanz (und weiter zur Berechnung der signifikanten Emissionen) kann auf zuverlässige, für die Schweiz relevante veröffentlichte branchespezifische Daten zurückgegriffen werden wie bspw. aus einem Branchenfahrplan oder einer Studie. Alternativ werden die Emissionen in den verschiedenen Kategorien berechnet, entsprechend der Kategorie entweder kostenbasiert (spend-based) oder auf durchschnittlichen Szenarien basiert. In der Praxis können alle Kategorien, deren abgeschätzte Emissionen zusammen nicht mehr als 5 % der Gesamtbilanz ausmachen, vernachlässigt werden. Emissionen in den signifikanten Kategorien werden anhand von aktivitätsbasierten (activity-based) Daten genauer berechnet, sofern diese verfügbar sind.

Die Emissionsziele und Massnahmen werden im Anschluss mindestens auf die in der Relevanzanalyse identifizierten Kategorien bezogen, d. h. die wesentlichen Kategorien, auf die das Unternehmen Einfluss hat. Im Rahmen eines Fördergesuchs gemäss Art. 6 KIG für eine Massnahme zur Verminderung der Scope-3-Emissionen müssen im Fahrplan zudem zwingend mindestens alle Kategorien berücksichtigt werden, die von der Massnahme betroffenen sind (Einsparung und/oder Zunahme von Emissionen). Bei individuellen Fahrplänen, die als Grundlage für einen Branchenfahrplan dienen, der Scope-3-Emissionen abdeckt, müssen alle Scope-3-Emissionen berücksichtigt werden.

5.2 Beschreibung der bestehenden Anlagen und Prozesse

In diesem Teil werden die Anlagen und Prozesse des Unternehmens, deren energetische Ausgangslage und deren zugeordnete Emissionen dokumentiert. Es sollen mindestens diejenigen Anlagen beschrieben werden, die aufgrund der Treibhausgasbilanz relevant sind. Diese Beschreibung ist Basis für die Analyse und Beschreibung der technischen Lösungen, mit denen

[35] Siehe Anhang 1 der Verordnung zum Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit (Klimaschutz-Verordnung, KlV)

[36] GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Standard

Treibhausgasemissionen vermieden oder negative Emissionen erzielt werden können. Werden bei der Erstellung vom Fahrplan Scope-3-Emissionen berücksichtigt, sind die Prozesse in den relevanten vor- und nachgelagerten Bereichen der Wertschöpfungskette (vgl. Kap. 5.1.4) ebenfalls zu beschreiben.

5.3 Analyse der Netto-Null-Lösungen

Der Analyseteil identifiziert basierend auf der Treibhausgasbilanzierung und der Beschreibung der Anlagen und Prozesse die potenziellen technischen und nicht-technischen Massnahmen, die zu einer Minderung der THG-Emissionen oder zur Anwendung von NET führen. Die Analyse muss die gesamten Aktivitäten innerhalb der Systemgrenze abdecken. Sie bildet die Grundlage für die Entwicklung eines realistischen und zielführenden Massnahmenplans.

Die Lösungen sollen kurz beschrieben und deren Wirkung (Verminderung der Emissionen oder Ausgleich der verbleibenden Emissionen durch NET) und Kosten abgeschätzt werden. Wenn vorhanden, sollen für die Abschätzung der Wirkung Daten aus der Literatur oder von Branchenverbänden verwendet werden. Die Analyse soll zeigen, welche Massnahmen für das konkrete Unternehmen am besten geeignet sind, abhängig von der Verfügbarkeit der in Betracht gezogenen Energieträger, der erforderlichen Infrastruktur, betrieblichen oder finanziellen Einschränkungen und potenziellen Zusatznutzen. Aus der Analyse muss klar hervorgehen, aus welchen Gründen eine Massnahme für den Massnahmenplan berücksichtigt wird oder nicht und dass die für den Massnahmenplan berücksichtigten Massnahmen aufeinander abgestimmt sind. Wenn die Analyse der Prozesse und technischen Lösungen ergibt, dass ein Teil der Emissionen als schwer vermeidbar (Vgl. Kap. 4.3.4) eingestuft wird, müssen diese Emissionen abgeschätzt werden. Werden bei der Erstellung vom Fahrplan Scope-3-Emissionen berücksichtigt, sollen die Lösungen zur Verminderung oder zum Ausgleich der relevanten Scope-3-Emissionen (vgl. Kap. 5.1.4) auch beschrieben werden.

Bei der Analyse der Lösungen kann das Unternehmenswachstum berücksichtigt werden. In diesem Fall müssen die Wachstumsprognose und die damit verbundenen prognostizierten Emissionen dargelegt werden. Die Modellierung der prognostizierten Emissionen muss auf der Grundlage realistischer Annahmen und im Einklang mit den Tätigkeiten, der Entwicklungsstrategie und allfälliger Verpflichtungen des Unternehmens erfolgen. In diesem Zusammenhang ist darzustellen, inwiefern die Kapazitätssteigerung infolge des erwarteten Wachstums mit bestehenden Anlagen und Prozessen erfolgen kann, oder ob dazu (zumindest teilweise) neue Anlagen und Prozesse nötig sind. Wenn prognostizierte Emissionen berücksichtigt werden, bleibt die Emissionsbilanz unverändert (siehe Kap. 5.1) und die Absenk- und Aufbaupfade müssen immer in Bezug auf die aktuelle Emissionsbilanz, wie in Kapitel 5.4 und 5.5 beschrieben, berechnet werden. In der Analyse der Netto-Null-Lösungen und weiter im Massnahmenplan muss jedoch klar und transparent dargelegt werden, wie sowohl die aktuellen (bilanzierten) als auch die prognostizierten Emissionen vermindert bzw. ausgeglichen werden. Die Wirkung von Massnahmen auf prognostizierte Emissionen muss separat angegeben werden.

5.4 Absenkpfad

Im Fahrplan muss ein Absenkpfad vorliegen, der die Minderung der Scope-1- und Scope-2-Emissionen des Unternehmens darstellt. Startpunkt für die Darstellung des Absenkpfades ist die aktuellste Treibhausgasbilanzierung des Unternehmens. Die für die Berechnung des Absenkpfads Scope-2-Emissionen können nach dem «market-based» Ansatz oder dem «location-based» Ansatz ermittelt werden (vgl. Kap. 5.1.3). Der Absenkpfad wird ausgehend von einem Referenzjahr, dem Startjahr der Bilanzierung der Treibhausgasemissionen (z. B. 2024), mit Zwischenzielen mindestens für 2030 und 2040 sowie einem Endziel konstruiert. Es wird empfohlen, auch Zwischenziele für 2035 und 2045 festzulegen. Dabei sollen die Zwischenziele sowie das Endziel sich an den Richtwerten für die einzelnen Sektoren (Gebäude, Verkehr und Industrie) nach Art. 4 KIG orientieren. Die Sektorenziele gelten allerdings nicht für jedes einzelne Unternehmen (vgl. Kap. 4.3.4). Das Endziel entspricht typischerweise (Brutto) Null Emissionen im Jahr 2050 oder gegebenenfalls der CO_2eq-Menge, die den schwer vermeidbaren Emissionen im Jahr 2050 entspricht. Die Menge der schwer vermeidbaren Emissionen

hängt dabei von der Tätigkeit, der Verteilung der Emissionen in den drei Sektoren und der vorgesehenen Verfügbarkeit der technischen Netto-Null-Lösungen ab. Das Endziel im Jahr 2050 darf auch zu einer Netto-Negativen Treibhausgasbilanz führen (vgl. Kap. 5.5).

Der Absenkpfad sollte linear festgelegt werden, ausser wenn dies aus branchenspezifischen Gründen (z. B. wenn Lösungen zur Dekarbonisierung noch nicht auf dem Markt verfügbar sind) oder aus unternehmensspezifischen Gründen (z. B. wenn das Unternehmen bereits die bedeutendsten Massnahmen zur Dekarbonisierung seiner Aktivitäten umgesetzt hat) nicht möglich ist. In solchen Fällen muss die technische Unmöglichkeit nachgewiesen werden. Die Verwendung von anderen Methoden oder nicht-linearen Absenkpfaden ist möglich, sofern diese wissenschaftlich anerkannten Methoden oder Standards entsprechen (z. B. sectoral decarbonization approach (SDA) der SBTi). Da die tatsächlichen Emissionsreduktionen eines Unternehmens realistischerweise nicht linear verlaufen, ist der lineare Absenkpfad als Leitlinie für die angestrebte Emissionsreduktion zu verstehen.

Werden Emissionen durch Aktivitäten im Ausland berücksichtigt, müssen die Anforderungen an den Absenkpfad mindestens für die Scope-1- und Scope-2-Emissionen in der Schweiz erfüllt werden. Wenn Scope-3-Emissionen im Fahrplan abgedeckt werden, soll ein separater Absenkpfad für die Verminderung der Scope-3-Emissionen vorliegen. Der Absenkpfad geht vom Referenzjahr aus und die Verminderungsziele werden vom Unternehmen frei festgelegt, je nach dem in der Analyse der Netto-Null Lösungen identifizierten Verminderungspotenzial.

Kompensation mit Bescheinigungen oder CO_2-Zertifikaten für Verminderungen

Der festgelegte Absenkpfad kann nur durch Massnahmen im Unternehmen erfüllt werden. Bescheinigungen nach dem CO_2-Gesetz oder CO_2-Zertifikate nach freiwilligen Standards (Voluntary Carbon Market, VCM), die aus Verminderungsprojekten ausserhalb des Unternehmens resultieren, können nicht an den Absenkpfad angerechnet werden. Für den Umgang mit Bescheinigungen oder Zertifikaten aus dem VCM, die aus der Anwendung von NET resultieren, wird auf Kap. 5.6 verwiesen.

Hingegen können Unternehmen Bescheinigungen oder Zertifikate aus dem VCM für Verminderungsprojekte *zusätzlich* zum Absenkpfad beschaffen und dies im Fahrplan erwähnen (für Scope 1, 2 und 3), wenn z. B. ein Unternehmen zusätzlich zur eigenen Reduktionsleistung Klimaschutzprojekte im In- oder Ausland unterstützen will. Bei Zertifikaten für im Ausland erzielte Verminderungen wird empfohlen, die Anforderungen aus dem Übereinkommen von Paris zu beachten (namentlich zur Vermeidung von Doppelzählungen). Internationale Bescheinigungen nach dem CO_2-Gesetz erfüllen diese Anforderungen; diese werden im Rahmen von bilateralen Staatsverträgen[37] (Art. 6.2 Übereinkommen von Paris) oder eines multilateralen Mechanismus (Art. 6.4 Übereinkommen von Paris) ausgestellt. Bei Zertifikaten aus dem VCM für im Inland erzielte Verminderungen der Emissionen und bei nationalen Bescheinigungen nach CO_2-Gesetz ist zu beachten, dass die Wirkung dieser Massnahmen in der Regel im Schweizer Treibhausgasinventar durch BAFU erfasst wird. Entsprechend wird diese Wirkung an die nationalen Klimaziele der Schweiz nach CO_2-Gesetz wie auch an die Schweizer Ziele unter dem Übereinkommen von Paris angerechnet. Unternehmen, die solche Zertifikate und Bescheinigungen kaufen, sollten die Anrechnung an das Schweizer Ziel bei ihrer allfälligen Kommunikation zur Umsetzung des Fahrplans berücksichtigen. Die beschafften Bescheinigungen oder Zertifikate sollten, um als Klimaschutzbeitrag des Unternehmens zu qualifizieren, im jeweiligen Register gelöscht werden (z. B. Schweizer Emissionshandelsregister[38] oder Register nach freiwilligem VCM Standard), um Doppelanrechnungen zu vermeiden.

5.5 Aufbaupfad für Negativemissionen

Gemäss Art. 5 KIG müssen alle Unternehmen spätestens im Jahr 2050 Netto-Null-Emissionen aufweisen. Dabei sind mindestens die Scope-1- und die Scope-2-Emissionen zu berücksichtigen. Da sich nicht alle Emissionen vermeiden lassen, müssen Fahrpläne einen Aufbaupfad für

[37] Bilaterale Vereinbarungen Klima

[38] Schweizer Emissionshandelsregister (EHR)

Negativemissionen enthalten, um allfällige schwer vermeidbare direkte und indirekte Emissionen bis spätestens 2050 auszugleichen (Art. 3 KIV). Die zusätzliche Berücksichtigung bzw. der Ausgleich von schwer vermeidbaren Treibhausgasemissionen im Scope 3 mit Negativemissionen wird, analog zum Absenkpfad für Scope 3, mit einem *separaten* Aufbaupfad empfohlen.

Negativemissionen können innerhalb des Unternehmens erzeugt und/oder in Form von nationalen und internationalen Bescheinigungen nach CO_2-Gesetz beschafft werden.[39] Es wird ein kontinuierlicher, idealerweise linearer, Aufbaupfad bis 2050 ab einem Referenzjahr vor 2030 empfohlen mit Zwischenzielen in den Jahren 2030, 2035, 2040 und 2045. Die Summe des Absenkpfads und des Aufbaupfads für Negativemissionen muss spätestens 2050 Netto-Null-Emissionen ergeben. Damit wird sichergestellt, dass spätestens im Jahr 2050 Emissionen, die langfristig als schwer vermeidbar gelten, mit Negativemissionen ausgeglichen werden (s. Ziff. 4.3.4). Ein Unternehmen kann Netto-Null-Emissionen auch vor 2050 anstreben, z. B. bis 2040, und die zu dem Zeitpunkt trotz grösstmöglicher Verminderung bestehenden Emissionen, die allenfalls bis 2050 vermeidbar sind (z. B. Gebäude- und Verkehrsemissionen), mit Negativemissionen ausgleichen. Solche Emissionen sollten gemäss dem Absenkpfad des Unternehmens bis 2050, im Einklang mit Art. 4 KIG, eliminiert werden.

Der Aufbaupfad darf auch dazu führen, dass die Emissionsbilanz des Unternehmens Netto-Negativ wird, z. B. weil ein Unternehmen den Aufbau des NET-Marktes mit zusätzlicher Nachfrage nach Bescheinigungen stimulieren oder einen zusätzlichen Beitrag zur langfristigen Begrenzung der weltweiten durchschnittlichen Erwärmung auf möglichst 1,5°C gemäss dem Übereinkommen von Paris leisten will. Wenn das Unternehmen dabei einen kontinuierlichen, linearen Aufbaupfad verfolgt, wird es erst Netto-Null-Emissionen erzielen (und zu dem Zeitpunkt Emissionen ausgleichen, die langfristig allenfalls vermeidbar sind), bevor die Emissionsbilanz Netto-Negativ wird.

Im Sinne der «Pionierphase» des Bundesrates bis 2030[40] können Negativemissionen in Form von Einheiten, die staatlich anerkannt sind, formal jedoch keine Bescheinigungen nach CO_2-Gesetz darstellen, bis 2030 im Rahmen eines separaten «Pionierpfads für Negativemissionen» im Fahrplan kommuniziert werden. Ein Beispiel dafür können Negativemissionen sein, die im Rahmen der Pilotaktivitäten unter dem bilateralen Abkommen mit Norwegen im Einklang mit den Regeln unter dem Übereinkommen von Paris von privaten Akteuren aus Norwegen beschafft werden.[41]

Weitere besondere Anforderungen an den Aufbaupfad sind unter Kap. 5.6.3 beschrieben.

Abbildung 2 zeigt illustrative Absenk- und Aufbaupfade zur Erzeugung von Netto-Null-Emissionen im Jahr 2050 am Beispiel eines Unternehmens, das im Jahr 2050 trotz grösstmöglicher Verminderung noch schwer vermeidbare Emissionen ausstösst (z. B. ein Zementwerk).

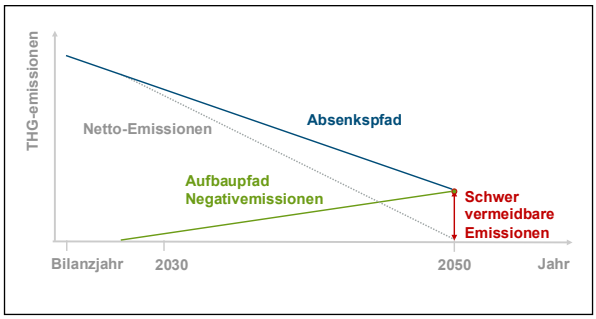


Abbildung 2: Absenk- und Aufbaupfade zur Erzeugung von Netto-Null-Emissionen im Jahr 2050

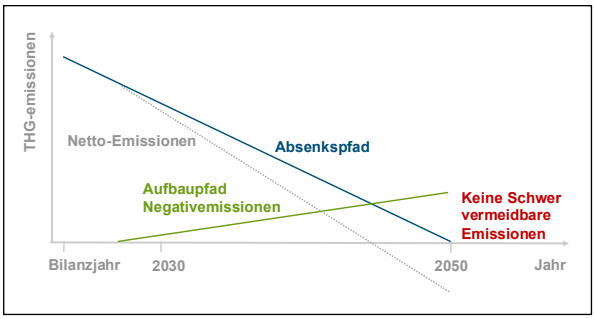


Abbildung 3: Absenk- und Aufbaupfade zur Erzeugung einer Netto-Negativ-Emissionsbilanz im Jahr 2050

[39] Mehr Informationen zu Bescheinigungen: CO_2-Kompensation

[40] Bericht des Bundesrates vom 18. Mai 2020: Klimawandel: Bundesrat heisst Bericht zum Ausbau von Negativemissionstechnologien gut

[41] Mehr Informationen über Bilaterale Vereinbarungen über Emissionsverminderungen und die Speicherung von CO_2 im Ausland: Bilaterale Vereinbarungen Klima

Abbildung 3 zeigt illustrative Absenk- und Aufbaupfade zur Erzeugung einer Netto-Negativ-Emissionsbilanz im Jahr 2050 am Beispiel eines Unternehmens, das 2050 durch grösstmögliche Verminderung keine Emissionen mehr ausstösst (z. B. ein Dienstleistungsunternehmen). Das Beispielunternehmen setzt gleichwohl einen Aufbaupfad für Negativemissionen um, um beispielsweise die Entwicklung eines NET-Marktes zu unterstützen. In diesem Beispiel erreicht das Unternehmen eine Netto-Null-Emissionsbilanz deutlich vor 2050 und Netto-Negativ danach.

5.6 Massnahmenplan

Auf der Basis der Analyse der Netto-Null-Lösungen werden die vorgesehenen Massnahmen beschrieben und deren Wirkung berechnet. Die Planung der Massnahmen soll die Einhaltung der festgestellten Absenk- und Aufbaupfade und schlussendlich die Erreichung des Netto-Null-Ziels ermöglichen. Basierend auf dem geplanten Umsetzungsdatum, den allfälligen Umsetzungsschritten, der jährlichen Wirkung und der Wirkungsdauer jeder Massnahme wird die kumulierte jährliche Wirkung der Massnahmen zur Verminderung der Emissionen für jedes Jahr berechnet. Analog dazu wird die kumulierte jährliche Wirkung der Massnahmen zur Erzielung von Negativemissionen berechnet. Die kumulierte jährliche Wirkung der Massnahmen zur Verminderung der Emissionen und zur Erzielung von Negativemissionen bildet die tatsächliche voraussichtliche Emissionsentwicklung infolge der Umsetzung des Massnahmenplans ab. Wenn Massnahmen zur Verminderung ausschliesslich von prognostizierten oder sowohl von aktuellen als auch von prognostizierten Emissionen definiert werden, ist die Verminderungswirkung auf die aktuellen und die prognostizierten Emissionen separat darzulegen. Werden Emissionen durch Aktivitäten im Ausland berücksichtigt, müssen mindestens die Massnahmen zur Verminderung und zum Ausgleich der Scope-1- und Scope-2-Emissionen in der Schweiz dargelegt werden. Werden bei der Erstellung des Fahrplans Scope-3-Emissionen berücksichtigt, sollen die Massnahmen zur Verminderung und ggf. zum Ausgleich der relevanten Scope-3-Emissionen (vgl. Kap. 5.1.4) auch dargelegt und deren kumulierte Wirkung separat berechnet werden.

5.6.1 Massnahmen

Die Massnahmen sollen priorisiert werden, sodass die Vermeidung fossiler Energieträger prioritär erfolgt, u. a. durch den Einsatz bereits bestehender oder neuartiger Technologien. Wo dies nicht möglich ist, müssen Massnahmen zur dauerhaften Speicherung von fossilem oder prozessbedingtem CO_2 in Produkten (CCUS = *Carbon Capture, Utilisation and Storage*), Massnahmen zur dauerhaften Speicherung von fossilem oder prozessbedingtem CO_2 im Untergrund (CCS = *Carbon Capture and Storage*) oder Massnahmen, die eine Vorstufe der dauerhaften Speicherung darstellen (CCU = *Carbon Capture and Utilisation*), zum Einsatz kommen. Diese können alle zur Verminderung der Treibhausgasemissionen beitragen. Nur wenn auch das nicht möglich ist, erfolgt der Ausgleich durch NET. Diese Kaskade verdeutlicht, dass die Entnahme und Speicherung von CO_2 erst dann angewendet werden soll, wenn die Verminderung der Emissionen nicht anderweitig möglich ist. Massnahmen im Bereich CCU mit fossilem oder prozessbedingtem CO_2 können im Sinne einer Brückentechnologie sinnvoll sein, wenn damit fossile Energieträger substituiert werden und eine dauerhafte Speicherung des CO_2 zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt.

Die im Fahrplan berücksichtigten Massnahmen dürfen keine signifikant negativen Auswirkungen auf die Umwelt im In- und Ausland und auf den Verbrauch natürlicher Ressourcen aufweisen (wie z. B. Erhöhung toxischer Emissionen oder Zerstörung der Biodiversität) und müssen die gesetzlichen Bestimmungen in allen relevanten Bereichen einhalten.

Folgende Massnahmenbeispiele können in einem Fahrplan berücksichtigt werden (nicht abschliessende Liste):

Massnahmenbeispiele zur Verminderung der Scope-1- und Scope-2-Emissionen

- Energieeffizienzmassnahmen an Produktionsanlagen, Produktionsprozessen, prozessübergreifender Infrastruktur, Gebäudetechnik und Gebäudehülle;

- Massnahmen zur Substitution von fossilen Energieträgern;
- Prozess- oder Produktänderungen, Produktdesign-Optimierung;
- Elektrifizierung der Fahrzeugflotte (Güterverkehr und Personenverkehr);
- bessere Auslastung der Fahrzeuge;
- Verkehrsvermeidung und Nutzung digitaler Prozesse;
- Optimierung von Logistikprozessen, Verlagerung auf Schiene, kombinierter Verkehr und Hubs;
- Organisatorische Massnahmen und Verhaltensmassnahmen;
- CCS, CCUS und CCU (CO_2-Quelle fossil oder prozessbedingt);
- CCU (CO_2-Quelle aus Atmosphäre oder Biomasse).

Massnahmen zum Ausgleich von schwer vermeidbaren Emissionen (aus den Scope 1, 2 und 3)

- Anwendung von NET innerhalb des Unternehmens (Erzeugung von Negativemissionen im Unternehmen);
- Beschaffung von nationalen oder internationalen Bescheinigungen nach CO_2-Gesetz für die Anwendung von NET (sogenannte Erhöhung der Senkenleistung).

Massnahmenbeispiele zur Verminderung der Scope-3-Emissionen

- Kat. 3.1 *Gekaufte Waren und Dienstleistungen*: Bevorzugung von Lieferanten mit geringen CO_2-Emissionen, Beschaffung von nachhaltigeren Materialien, Produktdesign-Optimierung, Zusammenarbeit mit Lieferanten zur Reduktion von Emissionen, zur Produktänderung oder Produktdesign-Optimierung und zum Einsatz nachhaltiger Verpackungslösungen, Anwendung von Kreislaufwirtschaftsstrategien wie Recycling und Wiederverwendung von Materialien;
- Kat. 3.2 *Investitionsgüter*: Investitionen in emissionsarme und langlebige Kapitalgüter, Anwendung von Kreislaufwirtschaftsstrategien wie Recycling und Wiederverwendung von Materialien;
- Kat. 3.3 *Brennstoff- und energiebezogene Emissionen, die nicht bereits als direkte oder indirekte Emissionen berücksichtigt werden*: Effizienzverbesserungen bei Energieversorgung, Beschaffung von erneuerbaren Energien, Investitionen in ortsgebunden Energiequellen (z. B. Solaranlagen);
- Kat. 3.4 *Vorgelagerter Transport und Vertrieb*: Optimierung von Logistikprozessen, Verlagerung auf umweltfreundlichere Verkehrsträger (z. B. Schiene, Elektromobilität), Reduzierung der Leerkapazitäten bei Transporten;
- Kat. 3.5 *Im Betrieb anfallende Abfälle*: Verbesserung von Abfalltrennung und Recycling, Vermeidung von Abfall durch Optimierung von Prozessen und Zusammenarbeit mit Lieferanten, Einführung von Null-Abfall-Programmen;
- Kat. 3.6 *Geschäftsreisen*: Einsatz von Videokonferenzen als Alternative zu Reisen, Förderung emissionsarmer Transportmittel (z. B. Bahn, Elektrofahrzeuge);
- Kat. 3.7 *Pendeln von Mitarbeitenden*: Förderung von Homeoffice und flexiblen Arbeitsmodellen, Bereitstellung von Anreizen für umweltfreundliche Verkehrsmittel (z. B. Fahrradleasing, ÖV-Abos), Carsharing-Programme;
- Kat. 3.8 *Vorgelagerte geleaste Vermögenswerte*: Einführung von Energiemanagement-systemen für vermietete Gebäude und Anlagen, Förderung von energieeffizienter Ausstattung Sanierungen und Bauweisen bei Mietobjekten;
- Kat. 3.9 *Nachgelagerter Transport und Vertrieb*: Optimierung von Produkten und Verpackungen zur Reduzierung von Volumen und Gewicht (z. B. durch die Entwicklung von Trocken- oder Konzentratprodukten), Zusammenarbeit mit Logistikpartnern zur Reduktion von Emissionen, Verringerung von Transportentfernungen durch dezentrale Produktionsstätten;
- Kat. 3.10 *Verarbeitung der verkauften Produkte*: Produktdesign-Optimierung zur Erleichterung der Verarbeitung, Zusammenarbeit mit Kundinnen und Kunden zur Reduktion von Emissionen, zur Produktänderung oder Produktdesign-Optimierung;

- Kat. 3.11 *Verwendung der verkauften Produkte*: Entwicklung energieeffizienter Produkte, Ersatz von Produkten, die fossile Brenn- oder Treibstoffe nutzen, durch elektrische Alternativen, Produktdesign-Optimierungen zur Verminderung der Emissionen bei der Nutzung, Produktion erneuerbarer Brenn- und Treibstoffe, Schulung der Kundinnen und Kunden in umweltfreundlicher Nutzung, Zusammenarbeit mit Kundinnen und Kunden zur Verbesserung der CO_2-Bilanz bei der Verwendung;
- Kat. 3.12 *End-of-Life-Behandlung von verkauften Produkten*: Einsatz nachhaltiger Verpackungslösungen, Förderung von Recycling-Initiativen, Rücknahmeprogramme für Produkte, Entwicklung von Produkten, die am Ende ihres Lebenszyklus biologisch abbaubar oder leicht recycelbar sind;
- Kat. 3.13 *Nachgelagerte geleaste Vermögenswerte*: Förderung von Energieeffizienzmassnahmen bei Mietern, Implementierung von erneuerbaren Energiequellen in vermieteten Immobilien;
- Kat. 3.14 *Franchise*: Einführung von Nachhaltigkeitsrichtlinien für Franchise-Nehmer, Unterstützung bei der Verminderung von Energie- und Materialverbrauch;
- Kat. 3.15 *Investitionen*: Priorisierung von Investitionen in emissionsarme Projekte und Unternehmen, Integration von Umwelt-, Sozial- und Governance (ESG)-Kriterien in Investitionsentscheidungen, Finanzierung von Projekten zur Verminderung der Emissionen.

5.6.2 Angaben zu den Massnahmen

Für jede Massnahme müssen mindestens folgende Angaben gemacht werden:

- Beschreibung der Massnahme;
- Berechnung oder Schätzung der Kosten und des Nutzens der Umsetzung (Planungs- und Investitionskosten sowie Betriebskosten und -einsparungen, und Massnahmenwirkung, d. h. errechnete Verminderung der Emissionen pro Scope oder errechnete Negativemissionen in Tonnen CO_2eq pro Jahr sowie Zu- oder Abnahme des Energieverbrauchs pro Jahr). Werden Massnahmen zur Verminderung von prognostizierten oder von aktuellen sowie prognostizierten Emissionen definiert, sollen die Verminderungswirkung auf die prognostizierten Emissionen und die damit verbundenen Angaben (Kosten, Nutzen und Zu- oder Abnahme des Energieverbrauchs) separat dargelegt werden;
- geplantes Umsetzungsjahr und Zeitraum ab Inbetriebnahme bis zum Entfalten der vollen Wirkung;
- Dauer der Wirkung der Massnahme.

Bei der Berechnung der Massnahmenwirkung werden die errechnete Verminderung der Emissionen oder errechnete Negativemissionen direkt aus Messdaten oder Lieferantenangaben bestimmt. Beispiele sind:

- Messung der Differenz der genutzten Abwärme aus einem neu eingebauten Wärmetauscher;
- Berechnung der Differenz über die spezifische Einsparung pro Produktionseinheit und Produktionsmenge.

Bei der Schätzung der Massnahmenwirkung werden die errechnete Verminderung der Emissionen oder errechnete Negativemissionen über Lieferantenangaben oder Schätzung der Einsparwirkung in Bezug auf eine Anlage oder Prozesse ermittelt. Zum Beispiel wird abgeschätzt, wieviel Prozent Einsparung über Betriebsoptimierungen eines ganzen Anlagenkomplexes erzielt werden können oder wie sich die Verwertung verkaufter Produkte auf nachgelagerte Emissionen auswirkt.

Bei Massnahmen, deren Umsetzung kurz- und mittelfristig (bis 2035) geplant ist, sollte, wenn möglich, die Wirkung der Massnahmen berechnet werden. Die Schätzung der Kosten und des Nutzens der Umsetzung sollten so präzise wie möglich sein. Für Massnahmen, deren Umsetzung langfristig (nach 2035) geplant ist, reicht eine grobe Schätzung.

5.6.3 Besondere Anforderungen

In den unten genannten Bereichen sind zusätzliche Kriterien zu berücksichtigen.

Verkehr: Massnahmen zur Minderung der durch die Verwendung von Treibstoffen verursachten Emissionen

Im Verkehrsbereich werden die folgenden vier Prinzipien zur Reduzierung der Emissionen und der Steigerung der Energieeffizienz angewandt:

- Vermeiden:
  - Digitalisierung von Prozessen, Reduzierung Dienstreisen und Förderung Homeoffice;
  - Optimierung der Logistik, Fahrten vermeiden, Auslastung erhöhen.
- Verlagern:
  - Nutzung von energieeffizienten und emissionsarmen Transportmitteln (Schiene, öffentlicher Verkehr, Langsamverkehr).
- Umweltverträglich gestalten:
  - Elektrifizierung der Fahrzeugflotte;
  - Sparsamer fahren, EcoDrive und Routenoptimierung;
  - Einsatz von nachhaltigen Flugtreibstoffen in der Luftfahrt;
  - Einsatz von Luftfahrzeugen mit effizienten Triebwerken.
- Vernetzung:
  - Sharing Angebote und Förderung alternativer Verkehrsmittel;
  - Mobilitätshubs.

Einsatz von biogenen oder synthetischen Brenn- oder Treibstoffen

In diese Kategorie fällt z. B die Verwendung von Biogas, Holz, erneuerbarem Wasserstoff oder Sustainable Aviation Fuels (SAF).

Biogene oder synthetische Brenn- oder Treibstoffe sollen nur dort eingesetzt werden, wo es mit Blick auf die Versorgungssicherheit und den Klimaschutz volkswirtschaftlich am sinnvollsten ist und wo es keine anderen erneuerbaren Alternativen gibt. Das gilt z. B. für die Erzeugung von Hochtemperatur-Prozesswärme, für die Spitzenlastabdeckung in Wärmenetzen (die primär mit erneuerbaren Energien betrieben werden), für wärmegeführte Wärme-Kraft-Kopplungs-Anlagen sowie für Treibstoffe für Luftfahrzeuge. Die Bereitstellung von direkter Raumwärme und Warmwasser soll hingegen nicht mehr mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen erfolgen, sondern aus anderen Quellen (erneuerbare Energien oder Abwärme). Der Einsatz von biogenen oder synthetischen Brenn- oder Treibstoffen muss explizit begründet werden.

Bei Massnahmen, die auf dem Einsatz von biogenen oder synthetischen Brenn- oder Treibstoffen basieren, sind deren Verfügbarkeit und mögliche Nutzungskonkurrenzen zu berücksichtigen. Insbesondere ist im Fahrplan darzulegen, woher die biogenen oder synthetischen Brenn- oder Treibstoffe kurz-, mittel- und langfristig bezogen werden sollen. Für Massnahmen, die eine spezifische Infrastruktur benötigen, muss im Fahrplan angegeben werden, wie die synthetischen Brenn- oder Treibstoffe kurz-, mittel- und langfristig hergestellt und transportiert werden sollen. Die Kosten für die Infrastruktur, die für die Umsetzung der geplanten Massnahmen benötigt würde, müssen beziffert werden. Für Massnahmen, die die Produktion und ggf. die Zwischenspeicherung von biogenen oder synthetischen Brenn- oder Treibstoffen umfassen, sind zudem die Anforderungen der Verordnung über das Inverkehrbringen von erneuerbaren oder emissionsarmen Brenn- und Treibstoffen (IBTV)[42] zu

[42] SR 814.311.1 Verordnung vom 2. April 2025 über das Inverkehrbringen von erneuerbaren oder emissionsarmen Brenn- und Treibstoffen (IBTV)

berücksichtigen[43]. Gemäss IBTV muss insbesondere vor dem Inverkehrbringen von erneuerbaren oder emissionsarmen Brenn- und Treibstoffen eine Bewilligung des BAFU vorliegen.

Massnahmen zur Abscheidung von CO_2 (zur Verminderung von CO_2-Emissionen oder zur Anwendung von NET)

In diesen Anwendungsbereich fallen Technologien, die CO_2 aus der Atmosphäre und/oder aus einem Abgasstrom entnehmen und speichern (CCS, CCUS, CCU, NET). Die Kategorien von Technologien, die in diesem Bereich liegen, sind in Abbildung 4 übersichtlich dargestellt.

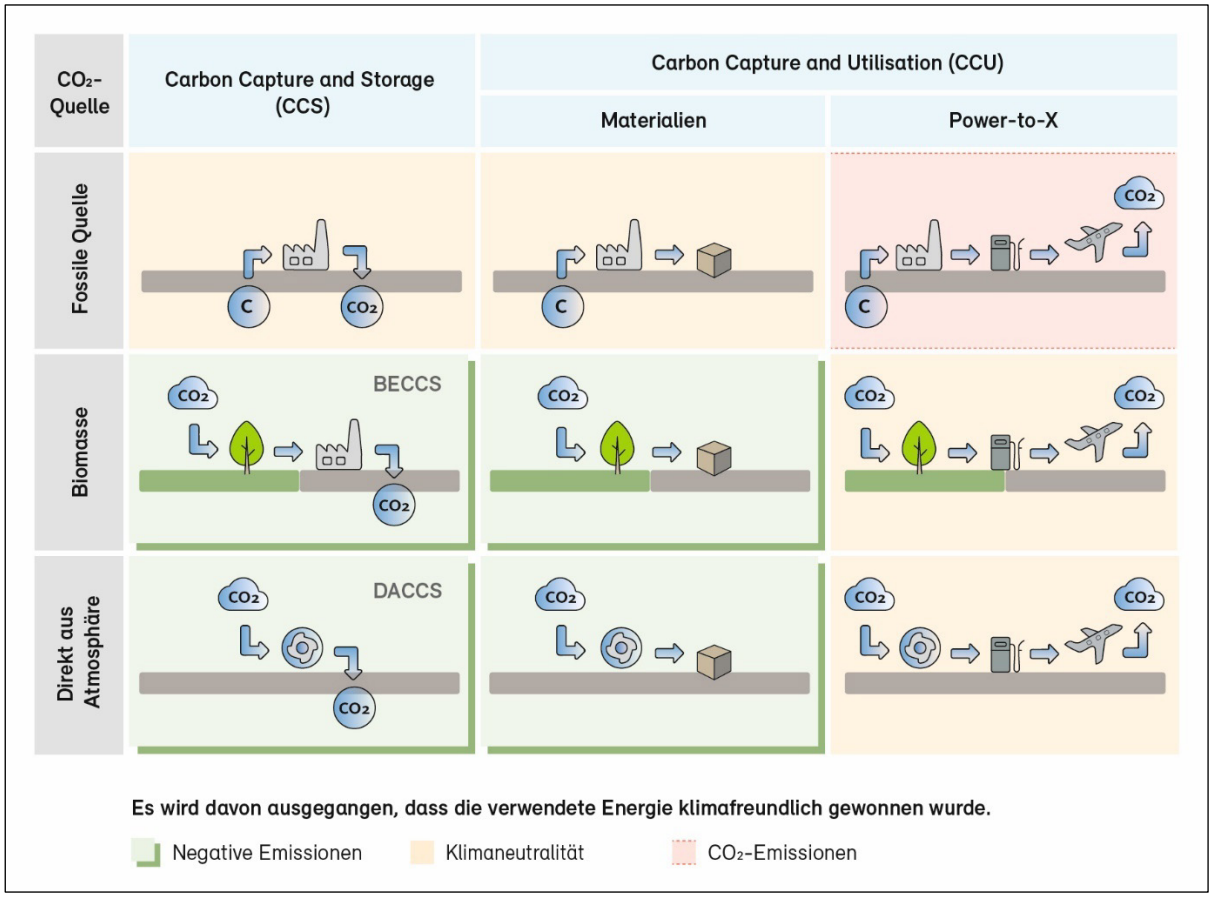


Abbildung 4: Übersicht über die Kategorien von Technologien zur Abscheidung und Speicherung von CO_2 aus der Atmosphäre und/oder aus einem Abgasstrom (CCS, CCUS, CCU, NET)

Bei Massnahmen, die auf der Abscheidung von CO_2 basieren und eine spezifische Infrastruktur benötigen, muss im Fahrplan angegeben werden, wie das abgeschiedene CO_2 kurz-, mittel- und langfristig transportiert und gespeichert werden soll. Die Kosten für die Infrastruktur, die für die Umsetzung der geplanten Massnahmen benötigt würde, müssen beziffert werden.

Bei Massnahmen, die CO_2 aus fossilen oder prozessbedingten Quellen abscheiden, um es temporär zu speichern (CCU), soll das Unternehmen, welches das CO_2 abscheidet, in seinem Fahrplan darlegen, wie das CO_2 bis spätestens 2050 einer permanenten Speicherung zugeführt wird. Das Unternehmen, welches CO_2 temporär nutzt, soll in seinem Fahrplan darlegen, wie bis spätestens 2050 auf CO_2 aus biogenen oder atmosphärischen Quellen umgestellt werden kann.

Anwendung von NET innerhalb des Unternehmens

Massnahmen innerhalb des Unternehmens, die Negativemissionen erzeugen (z. B. CCUS mit CO_2 aus einer Biogasanlage oder CCS mit CO_2 aus einem Holzheizkraftwerk), sollten sich an den Anforderungen für Kompensationsprojekte im Inland nach der CO_2-Verordnung orientieren (Projekte und Programme

[43] Siehe auch Inverkehrbringung von erneuerbaren oder emissionsarmen Brenn- und Treibstoffen (BAFU)

für die Erhöhung der Senkenleistung im Inland, Art. 5 CO_2-Verordnung). Das Unternehmen legt dies im Fahrplan nachvollziehbar und glaubhaft dar. Alternativ können Unternehmen diese Projekte auch vom Bund als Kompensationsprojekte (Erhöhung der Senkenleistung) registrieren und sich Bescheinigungen zur eigenen Verwendung dafür ausstellen lassen. Wenn ein Unternehmen Bescheinigungen oder Zertifikate nach freiwilligen Standards (VCM) für im Unternehmen erzeugte Negativemissionen an Dritte verkauft, so darf es sich die bescheinigte bzw. zertifizierte Wirkung dieser Massnahme nicht an seinen Aufbaupfad für Negativemissionen anrechnen (im Fall von Bescheinigungen) und nicht als zusätzliche Massnahme in seinem Fahrplan kommunizieren (im Falle von VCM-Zertifikaten). Damit werden Doppelzählungen zwischen Unternehmen vermieden.[44]

Beschaffung von Bescheinigungen für die Anwendung von NET (Erhöhung der Senkenleistung)

Nationale oder internationale Bescheinigungen nach CO_2-Gesetz für die Anwendung von NET (Erhöhung der Senkenleistung, vgl. Anforderungen in Art. 5 CO_2-Verordnung) können an den Aufbaupfad angerechnet werden. Diese können auf Grundlage des CO_2-Gesetzes auch für die Zeit nach 2030 ausgestellt werden (unabhängig von der Kompensationspflicht für Treibstoffimporteure nach CO_2-Gesetz). Als internationale Bescheinigungen gelten, neben solchen, die gemäss Art. 6.2 des Übereinkommens von Paris unter bilateralen Staatsverträgen ausgestellt werden, grundsätzlich auch solche, die unter dem multilateralen Mechanismus unter Artikel 6.4 des Übereinkommens von Paris ausgestellt werden.

Zertifikate nach freiwilligen Standards (VCM) für die Anwendung von NET sind hingegen nicht an den Aufbaupfad anrechenbar. Analog zum Umgang mit Zertifikaten aus Treibhausgasreduktionsprojekten (vgl. Kap. 5.4) können Unternehmen Zertifikate für die Anwendung von NET *zusätzlich* zum Aufbaupfad beschaffen und dies im Fahrplan erwähnen. Bei Zertifikaten aus dem VCM für im Ausland erzielte Negativemissionen wird empfohlen, die Anforderungen aus dem Übereinkommen von Paris zu beachten (namentlich Vermeidung von Doppelzählungen). Bei Zertifikaten aus dem VCM für im Inland erzielte Negativemissionen (und bei nationalen Bescheinigungen nach CO_2-Gesetz) ist zu beachten, dass die Wirkung dieser Massnahmen in der Regel im Schweizer Treibhausgasinventar durch das BAFU erfasst wird. Die Wirkung wird entsprechend an die nationalen Klimaziele der Schweiz nach CO_2-Gesetz wie auch an die Schweizer Ziele unter dem Übereinkommen von Paris angerechnet. Käuferinnen und Käufer solcher Zertifikate (und Bescheinigungen) sollten die Anrechnung an das Schweizer Ziel bei ihrer allfälligen Kommunikation zur Umsetzung des Fahrplans berücksichtigen.

Die beschafften Bescheinigungen oder Zertifikate sollten, um als Klimaschutzbeitrag des Unternehmens zu qualifizieren, im jeweiligen Register gelöscht werden (z. B. Schweizer Emissionshandelsregister[45] oder Register nach freiwilligem VCM Standard), um Doppelanrechnungen zu vermeiden.

6 Branchenfahrpläne

Die in diesem Kapitel beschriebene Methodik richtet sich auf die grundlegenden Elemente des Branchenfahrplans. Entsprechend seinem Zweck können dennoch zusätzliche Informationen und Daten im Branchenfahrplan enthalten sein.

6.1 Ablauf

Der Branchenverband definiert seine Zielgruppe und beurteilt, inwiefern sie als homogen betrachtet werden kann. Der Branchenfahrplan ist vor allem für homogene Branchen geeignet. Die Homogenität einer Branche ist gegeben, wenn die Aktivitäten und Prozesse der verschiedenen Unternehmen in der Branche ähnlich sind. Selbst innerhalb einer homogenen Branche bestehen Unterschiede zwischen den Unternehmen hinsichtlich der Grösse, der Art und des Zustands der Infrastruktur, Fahrzeuge und

[44] Vgl. dazu «Faktenblatt Kommunikation zu Netto-Null-Fahrplänen und Kompensationsprojekte» des BAFU, Geschäftsstelle Kompensation, vom 18. Januar 2023 > Kompensationsprojekte in der Schweiz > Dokumente.

[45] Schweizer Emissionshandelsregister (EHR)

Anlagen sowie hinsichtlich der anderen Tätigkeiten, die die Unternehmen durchführen. Wenn diese Unterschiede und Gemeinsamkeiten identifiziert worden sind, beginnt die Erarbeitung des Branchenfahrplans mit der Analyse einer Reihe individueller Fahrpläne von für die Branche repräsentativen Unternehmen. Die Anzahl der individuellen Fahrpläne, die für die Erstellung eines Branchenfahrplans benötigt werden, hängt vom Homogenitätsgrad der Branche ab und liegt in der Regel zwischen 3 und 10.

Die Daten der individuellen Fahrpläne werden anschliessend extrapoliert (siehe Kapitel 6.2) und, wenn vorhanden, mit Daten aus anderen Quellen ergänzt, wie z. B. Statistiken, Literatur oder Studienberichte.

Die individuellen Fahrpläne, die als Basis für die Erarbeitung des Branchenfahrplans verwendet werden, müssen die in dieser Richtlinie beschriebenen Anforderungen erfüllen (siehe Kap. 5). Zudem müssen alle im selben Jahr erstellt oder aktualisiert worden sein.

Wie bei individuellen Fahrplänen ist die Betrachtung der Scope-3-Emissionen optional, aber empfohlen. Werden bei der Erstellung vom Branchenfahrplan Scope-3-Emissionen berücksichtigt, sollen diese Emissionen in den repräsentativen individuellen Fahrplänen und in jedem Teil des Branchenfahrplans berücksichtigt werden.

6.2 Typische Bilanzierung der THG-Emissionen

Der Branchenfahrplan muss die für ein Unternehmen der Branche charakteristische Bilanzierung der THG-Emissionen (im folgendem typische THG-Bilanzierung genannt) enthalten (Art. 4 Abs. 2 Bst. a KIV). Um die typische THG-Bilanzierung zu bestimmen, werden die Daten der THG-Bilanzen der repräsentativen individuellen Fahrpläne (vgl. Kap. 6.1) verwendet. Die typische THG-Bilanzierung wird in Prozentsatz der durchschnittlichen Emissionen der repräsentativen Unternehmen für jeden Scope und ggf. Kategorie (vgl. Kap. 4.3) angegeben. Die Bilanzen der individuellen Fahrpläne können entsprechend der Repräsentativität der betrachteten Unternehmen für die Branche gewichtet werden. Wenn es in einer gegebenen Branche üblich ist, dass neben der Branchentätigkeit andere Tätigkeiten durchgeführt werden, können diese zusätzlichen Aktivitäten in der typischen Bilanzierung berücksichtigt werden. Andernfalls sind die Berechnungsannahmen darzulegen. Alle Annahmen und Datenquellen, die zur Bestimmung der typischen Bilanzierung verwendet wurden, müssen dargestellt werden. Die typische Bilanzierung wird in Zusammenhang mit der Anzahl der Unternehmen und, wenn vorhanden, den Gesamtemissionen der Branche gesetzt.

6.3 Beschreibung der bestehenden branchentypischen Anlagen und Prozesse

In diesem Teil werden, auf der Basis der repräsentativen individuellen Fahrpläne, die branchentypischen primären Prozess- und Anlagentypen aufgelistet, beschrieben und mit den verbundenen Emissionen in Beziehung gesetzt, um den Stand der Technik in der Branche widerzuspiegeln. Es sollen mindestens diejenigen Anlagen beschrieben werden, die aufgrund der Treibhausgasbilanz relevant sind. Die Daten der individuellen Fahrpläne können, wenn vorhanden, mit Daten aus anderen Quellen ergänzt werden, wie z. B. Statistiken, Literatur oder Studienberichte. Wie bei individuellen Fahrplänen ist diese Beschreibung Basis für die Analyse und Beschreibung der technischen Lösungen, mit denen Treibhausgasemissionen vermieden oder Negativemissionen erzielt werden können (siehe Kap. 5.2).

6.4 Analyse der branchenspezifischen Netto-Null-Lösungen

Die branchenspezifischen Netto-Null-Lösungen werden von den in den repräsentativen individuellen Fahrplänen erwähnt und potenzielle technische und nicht-technische Massnahmen identifiziert. Wenn mehrere Varianten von Netto-Null-Lösungen in der Branche bestehen, müssen die Varianten beschrieben werden. Diese können abhängig von den Prozess- und Anlagenvarianten, Einschränkungen, der Verfügbarkeit der in Betracht gezogenen Energieträger, der erforderlichen

Infrastruktur und den potenziellen Zusatznutzen sein. Der Einfluss der wichtigsten Faktoren auf die Lösungsvariante, die Wirkung und/oder die Kosten und Nutzen potenzieller Massnahmen sollen ggf. beschrieben werden. Die Wirkung (Verminderung der Emissionen oder Ausgleich der verbleibenden Emissionen durch NET) der potenziellen Massnahmen wird in Bezug auf der branchentypischen Bilanzierung der Emissionen und der Angaben der Beschreibung der branchentypischen Anlagen und Prozessen abgeschätzt. Wenn die Analyse der Prozesse und technischen Lösungen ergibt, dass ein Teil der Emissionen als schwer vermeidbar (vgl. Kap. 4.3.4) eingestuft wird, müssen anschliessend die verbleibenden Emissionen abgeschätzt werden. Werden bei der Erstellung vom Fahrplan Scope-3-Emissionen berücksichtigt, sollen die Lösungen zur Verminderung oder zum Ausgleich durch NET der relevanten Scope-3- Emissionen (vgl. Kap 5.1.4) auch beschrieben werden. Analog zur Analyse der Netto-Null-Lösungen für individuelle Fahrpläne kann das Wachstum der Branche berücksichtigt werden (vgl Kap. 5.3).

6.5 Absenkpfad

Im Branchenfahrplan muss ein Absenkpfad vorliegen, der die Minderung der Scope-1- und Scope-2-Emissionen der Branche darstellt (Art. 4 Abs. 2 Bst. e KIV). Der Startpunkt für die Darstellung des Absenkpfades entspricht 100% der im Referenzjahr, d. h. im Jahr der Erstellung der typischen THG-Bilanzierung, bilanzierten Emissionen. Die Zwischen- und Endziele werden in Prozentzahlen angegeben und der Absenkpfad wird ansonsten nach der in Kap. 5.4 beschriebenen Anforderungen festgelegt. Wenn Scope-3-Emissionen im Fahrplan abgedeckt werden, soll ein separater Absenkpfad für die Verminderung der Scope-3-Emissionen vorliegen. Der Absenkpfad geht vom einem Referenzjahr, dem Startjahr der typischen Bilanzierung der Scope-3-Emissionen aus und die prozentuale Verminderungsziele werden von der Branche frei festgelegt, je nach dem in der Relevanzanalyse (vgl. Kap. 5.1.4) und Analyse der branchentypischen Netto-Null-Lösungen identifizierten Verminderungspotenzial.

6.6 Aufbaupfad für Negativemissionen

Der Branchenfahrplan muss einen Aufbaupfad für Negativemissionen enthalten, um allfällige schwer vermeidbare Scope-1- und Scope-2-Emissionen bis spätestens 2050 auszugleichen (Art. 4 Abs. 2 Bst. f KIV). Die Zwischen- und Endziele werden in Prozentzahlen angegeben. Die zusätzliche Berücksichtigung bzw. der Ausgleich von schwer vermeidbaren Treibhausgasemissionen im Scope 3 mit Negativemissionen wird mit einem *separaten* Aufbaupfad empfohlen. Die Anforderungen an den Aufbaupfad sind ansonsten die gleichen wie für individuelle Fahrpläne (siehe Kap. 5.5).

6.7 Massnahmenplan

Die in die repräsentativen individuellen Fahrpläne identifizierten Massnahmen sind Grundlage für die Ausarbeitung der Massnahmen des Branchenfahrplans. Der Massnahmenplan wird auf der Basis der Analyse der branchenspezifischen Netto-Null-Lösungen erstellt. Sind mehrere Netto-Null-Lösungsvarianten in der Branche parallel vorgesehen, müssen die entsprechende Massnahmenvarianten beschrieben werden. Die Priorisierung der Massnahmen erfolgt wie im Kap. 5.6.1 beschrieben.

Für jede Massnahme müssen mindestens folgende Angaben gemacht werden:

- Beschreibung der Massnahme;
- Schätzung der Kosten und des Nutzens der Umsetzung (Planungs- und Investitionskosten sowie Betriebskosten und -einsparungen, und Massnahmenwirkung pro Scope); Kosten und Gewinne sind in CHF pro tCO_2eq anzugeben;
- Vorgesehener Zeitraum für die Umsetzung.

Die Planung der Verminderungsmassnahmen und deren Wirkung erfolgt gemäss den festgelegten Absenkpfade für die Verminderung der Scope-1- und Scope-2-Emissionen und ggf. für die Verminderung der Scope-3-Emissionen. Die Wirkung der Massnahmenvarianten wird kombiniert, und die kumulierte jährliche Wirkung aller Massnahmen zur Verminderung der Emissionen und zur Erzielung von Negativemissionen soll die Einhaltung der Absenk- und Aufbaupfade der Branche und schlussendlich die Erreichung des Netto-Null-Ziels ermöglichen.

7 Aktualisierung des Fahrplans

Ein Fahrplan muss hinreichend aktuell bleiben und regelmässig (mindestens alle 5 Jahre oder bei Änderung der Verhältnisse, z. B. Erwerb, Erweiterung, Veräusserung oder Stilllegung von Anlagen) angepasst werden. Darüber hinaus können technologische Entwicklungen die Möglichkeit eröffnen, Massnahmen umzusetzen, die bei der Erstellung des Fahrplans noch nicht vorhersehbar oder berechenbar waren und bei der Aktualisierung einbezogen werden können. Weiterentwicklungen der gewählten Bilanzierungsmethodik lösen keine Aktualisierung der Fahrpläne aus, sind aber im Rahmen einer Aktualisierung zu berücksichtigen. Es wird ausserdem empfohlen, ein regelmässiges Monitoring durchzuführen, um die Wirkung der umgesetzten Massnahmen und die Zielerreichung zu evaluieren. Zeigt sich eine Lücke zwischen dem theoretischen Absenkpfad und den tatsächlichen Emissionen, so ist eine Neubewertung der Massnahmen oder des Verminderungspotentials angezeigt.

Anhang 1: Übersicht über die Merkmale eines Netto-Null-Fahrplans im Vergleich zu einer Zielvereinbarung

Kriterium	Fahrplan für Unternehmen	Zielvereinbarung
Zweck	Erreichen des Netto-Null-Ziels auf lange Sicht durch Verminderung der THG-Emissionen oder durch grösstmögliche Verminderung der THG-Emissionen und Einsatz von Negativemissionstechnologien (NET) für einzig schwer vermeidbare Emissionen. Voraussetzung für die Beantragung einer Finanzhilfe nach Art. 6 KIG.	Verminderung der THG-Emissionen oder Steigerung der Energieeffizienz, als Verminderungsverpflichtung für die CO_2-Abgabebefreiung, und/oder zur Rückerstattung des Netzzuschlags. Erfüllung der kantonalen Vorgaben im Rahmen des Grossverbrauchermodells.
Systemgrenzen	Unternehmen, mindestens die direkte und indirekte (Scope 1 und 2) Emissionen in der Schweiz. Empfohlen ist zusätzlich die Abdeckung der vor- und nachgelagerten Emissionen (Scope 3).	Anlagenstandort bei der Verminderungsverpflichtung für die CO_2-Abgabebefreiung. Unternehmen für eine Rückerstattung des Netzzuschlags.
Initiale Grundlage	THG-Bilanz, die mindestens die direkten und indirekten Emissionen (Scope 1 und 2) in der Schweiz umfasst. Empfohlen ist auch die Bilanzierung der Scope-1- und Scope-2-Emissionen im Ausland und der vor- und nachgelagerten Emissionen (Scope 3).	Energieträgerbilanz, die die Verbräuche von Elektrizität, Brennstoffe und Wärme-/Kältebezug abdeckt. THG-Bilanz, die alle direkten Emissionen (Scope 1) in der Schweiz umfasst.
Zielsetzung	Top-down Netto-Null-Ziel für die Scope-1- und Scope-2-Emissionen, bis spätestens 2050, mit Zwischenzielen in den Jahren 2030 und 2040. Zwischenziele in den Jahren 2035 und 2045 sind empfohlen.	Bottom-up Ziel für die Energieeffizienz und die Treibhausgaseffizienz Die Zielwerte sind abhängig vom wirtschaftlichen Potenzial der Massnahmen.
Massnahmenplan	Alle notwendigen Massnahmen zur Erreichung des Netto-Null-Ziels werden geplant.	Nur die wirtschaftlichen Massnahmen sind in den Zielpfad aufzunehmen.
Umsetzung der Massnahmen	Freiwillig Wenn der Fahrplan als Voraussetzung für den Antrag um Förderung gem. Art. 6 KIG verwendet ist, ist die Umsetzung der geförderten Massnahme verpflichtend.	Verpflichtend
Überwachung und Berichte	Keine Berichterstattung an den Bund Interne Überwachung des Zielerreichungsgrades. Die Festlegung weiterer Indikatoren (wie z. B. Treibhausgasemissionen pro Umsatz) wird empfohlen. Als Transitionsplan: Publikation gemäss Verordnung über die Berichterstattung über Klimabelange (gemäss Art. 964a-964c OR)	Jährliche Berichterstattungen (Monitoring) an den Bund, um die Einhaltung der festgelegten Ziele zu überprüfen und ggf. die jährliche Rückerstattung der CO_2-Abgabe und/oder des Netzzuschlags zu erhalten.
Anreize	Wirtschaftliche Vorteile (Kostenreduktion, Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit, Chance für Innovationen). Verbessertes Klimarisikomanagement. Beantragung einer Förderung gem. Art. 6 KIG.	Senkung der Energiekosten und Treibhausgasemissionen in den Unternehmen. Finanzielle Anreize (CO_2-Abgabe-Befreiung, Rückerstattung des Netzzuschlags)
Sanktionen bei Nichteinhaltung	Nein	Ja
Anpassung	Anpassung des Netto-Null-Ziels nur möglich, wenn das Ziel schon vor 2050 erreicht wird. Regelmässige Aktualisierung der Massnahmenpläne Monitoring empfohlen	Anpassungen möglich, basierend auf den Vorgaben (siehe Art. 41 EnV).
Zeitlicher Rahmen	Langfristig (bis spätestens 2050).	Mittelfristig (in der Regel 10 Jahre).

Anhang 2: Abschätzung von Stickoxid-, Russemissionen im Reiseflug und von Schwefelemissionen

Stickoxidemissionen im "Reiseflug" für einen Flug ab Schweiz

Mit Hilfe der nachfolgenden Formeln können Reduktionen von Stickoxiden nachgewiesen werden, welche einerseits auf einer Reduktion des Treibstoffverbrauchs und andererseits auf dem Einsatz bezüglich NOx verbesserter Triebwerke beruhen (Emissionsfaktor EINOx). Für Fahrpläne sollten die Treibstoffverbräuche, welche für Flüge ab Schweiz zu Grunde gelegt werden, verwendet werden. Falls Emissionsfaktoren für einen Teil der zukünftigen Flotte noch nicht öffentlich verfügbar sind, soll Rücksprache mit den Herstellern und dem BAZL bezüglich der Annahmen genommen werden.

a) Grosskreisdistanz bis 2000 km

$$NOx_{_Klima}(g) = (EINOx_{_App}(g/kg) + EINOx_{_C/O}(g/kg)) / 2 \times T_{_Flug}(kg) \times (0.00025 \times D(km) + 0.3)(1/km)$$

Gleichung 1

b) Grosskreisdistanz über 2000 km

$$NOx_{_Klima}(g) = (EINOx_{_App}(g/kg) + EINOx_{_C/OI}(g/kg)) / 2 \times (T_{_Flug}(kg) \times 0.8$$

Gleichung 2

wobei:

$EINOx_{_App}$ = NOx-Emissionsfaktor des spezifischen Triebwerks bei 30% statischem Schub, «Approach» (g/kg)

$EINOx_{_C/O}$ = NOx-Emissionsfaktor des spezifischen Triebwerks bei 85% statischem Schub, «Climb-out» (g/kg)

$T_{_Flug}$ = gesamter Treibstoffverbrauch des Fluges ab Schweiz bis zur Destination (kg), unabhängig davon, ob SAF getankt wurde, oder nicht.

D = Grosskreisdistanz des Fluges (km)

Standardisierte Emissionsfaktoren und LTO-Treibstoffverbräuche von spezifischen Triebwerken mit Emissionszertifizierung sind in der ICAO Aircraft Engine Emissions Databank[46] publiziert.

Illustrative Beispiele:

Beispiel 1: Ein 180-sitziges Flugzeug mit zwei CFM56-5B4/3 Triebwerken (ICAO UID 01P08CM105) verbrauchte für einen Flug $T_{_Flug}$ = 2874 kg Treibstoff über eine Grosskreisdistanz D = 900 km.

Werte aus der ICAO Aircraft Engine Emissions Databank:

$EINOx_{_App}$ = 8.85 g/kg

$EINOx_{_C/O}$ = 17.23 g/kg

Alles eingesetzt in Gleichung 1:

$NOx_{_Klima}(g)$ = 19'675 g (= 19.7 kg)

Beispiel 2: Ein 180-sitziges Flugzeug mit zwei LEAP-1A26 Triebwerken (ICAO UID 01P20CM128) verbrauchte für einen Flug $T_{_Flug}$ = 2510 kg Treibstoff über eine Grosskreisdistanz D = 900 km.

Werte aus der ICAO Aircraft Engine Emissions Databank:

$EINOx_{_App}$ = 8.75g/kg

$EINOx_{_C/O}$ = 13.38 g/kg

[46] ICAO Aircraft Engine Emissions Databank | EASA (europa.eu)

Alles eingesetzt in Gleichung 1:

$NOx_{_Klima}$(g) = 14'581 g (= 14.6 kg)

Russpartikelemissionen im "Reiseflug" für einen Flug ab Schweiz

Im Unterschied zur Abschätzung von NOx-Emissionen ist die Abschätzung der Anzahl non-volatile particulate matter (nvPM) mit wesentlich höheren Unsicherheiten behaftet. Ein weiterer wesentlicher Unterschied ist, dass für nvPM aus den flughafenbezogenen LTO Zertifizierungsdaten das Emissionsverhalten von Triebwerken im Reiseflug nur unzureichend direkt abgebildet werden kann. Diese Lücke wird zwar auf Initiative des BAZL geschlossen werden, aber nur für neue Triebwerkszertifizierungen in der Zukunft.

Die höchste erreichbare Qualität zur Ermittlung der Emissionen wäre die Verwendung von Daten aus Flugdatenschreibern in Kombination mit MEEM (nvPM Mission Emissions Estimation Methodology[47]) inklusive der in MEEM enthaltenen Anweisungen für die Anpassung von Emissionsfaktoren aus der ICAO Triebwerkdatenbank für den Reiseflug. Für Fahrpläne sollten die Treibstoffverbräuche, welche für Flüge ab Schweiz zu Grunde gelegt werden, verwendet werden. Falls Emissionsfaktoren für einen Teil der zukünftigen Flotte noch nicht öffentlich verfügbar sind, soll Rücksprache mit den Herstellern und dem BAZL bezüglich der Annahmen genommen werden.

Nachfolgend wird ein aus MEEM abgeleitetes vereinfachtes Vorgehen beschrieben, welches für die Erstellung von Fahrplänen verwendet werden kann. Reduktionen der Anzahl emittierter nvPM können damit nachgewiesen werden, welche einerseits auf einer Reduktion des Treibstoffverbrauchs, der Verwendung von SAF und auf dem Einsatz bezüglich nvPM verbesserter Triebwerke beruhen (Parameter nvPM EInum), wobei die Technologie den grössten Beitrag leisten kann

Damit in Fahrplänen der Einfluss der Wahl von Triebwerken zumindest für den Emissionstrend abgebildet werden kann (Parameter nvPM EInum), müssen sowohl die aktuell verwendeten sowie die zukünftig geplanten oder verbesserten Triebwerke als Übergangslösung in 3 Kategorien eingeteilt werden.

Kategorie 1: Triebwerke, bei welchen in den Bemerkungen bei den Zertifizierungsdaten angegeben wurde, dass der höchste Emissionsfaktor (engl. max. EI) zwischen 30 und 85% Schub gemessen wurde.

Kategorie 2: Triebwerke, welche in den Bemerkungen zur Brennkammer die Bezeichnung TAPS aufweisen, oder generell Triebwerke, welche mit Magerbrennkammern (engl. Lean Burn Systems) ausgestattet sind.

Kategorie 3: alle übrigen Triebwerke

Achtung: Partikelmessungen sind aus physikalischen Gründen mit Verlusten verbunden. Im Rahmen der Erstellung von Fahrplänen sollen diejenigen Emissionsfaktoren aus der ICAO Aircraft Engine Emissions Databank[48] verwendet werden, welche verlustkorrigiert wurden. Es sind diejenigen Werte, welche für die Erstellung von Emissionsinventaren bezeichnet wurden, bzw. welche den Emissionen am Triebwerksaustritt (engl. Engine Exhaust Plane) entsprechen. Im Excel-Format der Datenbank haben diese Emissionsfaktoren den Zusatz «_SL» (engl. System Loss corrected).

Russpartikelemissionen im Reiseflug bei Verwendung von konventionellem fossilem Kerosin:

Kategorie 3 Triebwerke:

a) Grosskreisdistanz bis 2000 km

$Russpartikel_{_Klima}$ (#) = (nvPM $EInum_{_SL_App}$ (#/kg) + $nvPMnum_{_SL_C/O}$(#/kg)) x 0.31 x ($T_{_Flug}$ (kg) x

[47] A New Approach to Estimate Particulate Matter Emissions From Ground Certification Data: The nvPM Mission Emissions Estimation Methodology, Ahrens et al., Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 2022

[48] ICAO Aircraft Engine Emissions Databank

(0.00025 x D (km) + 0.3)(1/km) *Gleichung 3*

b) Grosskreisdistanz über 2000 km

$Russpartikel_{Klima}$ (#) = (nvPM $Elnum_{SL_App}$ (#/kg) + nvPM$num_{_SL_C/O}$(#/kg)) x 0.248 x (T_{Flug} (kg)

Gleichung 4

Kategorie 2 Triebwerke:

a) Grosskreisdistanz bis 2000 km

$Russpartikel_{Klima}$ (#) = (nvPM $Elnum_{_SL_C/O}$(#/kg)) x 0.62 x (T_{Flug} (kg) x (0.00025 x D (km) + 0.3)(1/km)

Gleichung 5

b) Grosskreisdistanz über 2000 km

$Russpartikel_{Klima}$ (#) = (nvPM $Elnum_{SL_C/O}$(#/kg)) x 0.496 x (T_{Flug} (kg) *Gleichung 6*

Kategorie 1 Triebwerke

a) Grosskreisdistanz bis 2000 km

$Russpartikel_{Klima}$ (#) = (nvPM Elnum_Max_{SL} (#/kg)) x 0.62 x (T_{Flug} (kg) x (0.00025 x D (km) + 0.3)(1/km)

Gleichung 7

b) Grosskreisdistanz über 2000 km

$Russpartikel_{Klima}$ (#) = (nvPM Elnum_Max_{SL} (#/kg)) x 0.496 x (T_{Flug} (kg) *Gleichung 8*

wobei:

nvPM $Elnum_{SL_App}$ = nvPM-Anzahl-Emissionsfaktor des spezifischen Triebwerks *am Triebwerksaustritt* bei 30% statischem Schub, «Approach» (g/kg)

nvPM $Elnum_{SL_C/O}$ = nvPM-Anzahl-Emissionsfaktor des spezifischen Triebwerks *am Triebwerksaustritt* bei 85% statischem Schub, «Climb-out» (g/kg)

nvPM $Elnum_Max_{SL}$ = verlustkorrigierter höchster nvPM-Anzahl-Emissionsfaktor des Triebwerks. Zu verwenden, wenn dieser Höchstwert zwischen 30 und 85% statischem Schub liegt (#/kg). Achtung: Die Datenbank gibt nur den gemessenen höchsten Wert an, ohne Verlustkorrektur. Der Datenbankwert muss deshalb mit einem Verlustfaktor k nach oben korrigiert werden:

nvPM $Elnum_Max_{SL}$ = k x nvPM Elnum_Max *Gleichung 9*

wobei:

nvPM Elnum_Max = gemessener höchster nvPM-Anzahl-Emissionsfaktor des Triebwerks (#/kg).

k = ([nvPM $Elnum_{SL\,C/O}$] / [nvPM $Elnum_{C/O}$] + [nvPM $Elnum_{SL\,App}$] / [nvPM $Elnum_{App}$]) / 2

Gleichung 10

wobei:

nvPM $Elnum_{C/O}$ = gemessener nvPM-Anzahl-Emissionsfaktor des spezifischen Triebwerks bei 85% statischem Schub, «Climb-out» (g/kg)

nvPM $Elnum_{App}$ = gemessener nvPM-Anzahl-Emissionsfaktor des spezifischen Triebwerks bei 30% statischem Schub, «Approach» (g/kg)

Illustrative Beispiele:

Beispiel 3: Ein 180-sitziges Flugzeug mit zwei CFM56-5B4/3 Triebwerken (ICAO UID 01P08CM105) verbrauchte für einen Flug T_{Flug} = 2874 kg Treibstoff über eine Grosskreisdistanz D = 900 km.

Das Triebwerk gehört zur Kategorie 3

Werte aus der ICAO Aircraft Engine Emissions Databank:

nvPM Elnum$_{SL_App}$ = 3.49 x 10^{14} / kg (Schreibweise in der Datenbank 3.49E+14 / kg)

nvPMnum$_{SL_C/O}$ = 1.32 x 10^{15} / kg

Alles eingesetzt in Gleichung 3:

Russpartikel$_{Klima}$ (#) = 7.81 x 10^{17}

Beispiel 4: Ein 180-sitziges Flugzeug mit zwei LEAP-1A26 Triebwerken (ICAO UID 01P20CM128) verbrauchte für einen Flug T_{Flug} = 2510 kg Treibstoff über eine Grosskreisdistanz D = 900 km.

Das Triebwerk gehört zur Kategorie 2

Werte aus der ICAO Aircraft Engine Emissions Databank:

nvPMnum$_{SL_C/O}$ = 1.0 x 10^{11} / kg

Alles eingesetzt in Gleichung 5

Russpartikel$_{Klima}$ (#) = 8.17 x 10^{13}

Beispiel 5: Ein 350-sitziges Flugzeug mit zwei Trent XWB-84 Triebwerken (Version ICAO UID 01P18RR124) verbrauchte für einen Flug T_{Flug} = 53'410 kg Treibstoff über eine Langstrecke (D > 2000 km).

Das Triebwerk gehört zur Kategorie 1

Werte aus der ICAO Aircraft Engine Emissions Databank:

nvPM Elnum_Max = 1.03 x 10^{15} / kg

[nvPM Elnum$_{SL\,C/O}$ = 4.42 x 10^{14} / kg

[nvPM Elnum$_{C/O}$ = 2.83 x 10^{14} / kg

[nvPM Elnum$_{SL\,App}$ = 2.15 x 10^{15} / kg

[nvPM Elnum$_{App}$ = 9.92 x 10^{14} / kg

Eingesetzt in Gleichung 10:

k = 1.86

Eingesetzt in Gleichung 9:

nvPM Elnum_Max$_{SL}$ = 1.92 x 10^{15} / kg

Eingesetzt in Gleichung 7:

Russpartikel$_{Klima}$ (#) = 5.09 x 10^{19}

Anpassung der Berechnung der Russpartikelemissionen im Reiseflug
(bei der Verwendung von SAF, welche für die Anrechnung (Beimischpflicht, ETS, CORSIA) in der Schweiz zugelassen sind):

Die bis zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Richtlinie getesteten SAF reduzieren generell die Russpartikelemissionen von Flugzeuggasturbinen, wobei die Reduktion bei Leerlauf am höchsten ist. Bei gegebenem Schub korreliert der Wasserstoffgehalt eines Kerosintreibstoffs am stärksten mit der Reduktion, denn der Wasserstoffgehalt bildet Russ-Eigenschaften des Treibstoffs, inklusive derjenigen Aromaten ab, die besonders russbildend sind. Betreiber von Luftfahrzeugen werden in der Regel keine Angaben über den Wasserstoffgehalt der getankten Treibstoffe haben und für Fahrpläne müssen sowieso Annahmen getroffen werden. Deshalb werden hier Standardwerte vorgeschlagen:

Wasserstoffgehalt für konventionelles Kerosin H_{fossil} = 13.8 Massen%

Wasserstoffgehalt für reinen SAF H_{SAF} = 15 Massen%

Bestimmung des Wasserstoffgehalts eines SAF-Gemischs:

$H_{_SAF_Gemisch} = (1 - SAF) \times H_{_fossil} + SAF \times H_{_SAF}$ *Gleichung 11*

Beispiel:

Für einen SAF-Anteil von 30% beträgt $H_{_SAF_Gemisch} = (1 - 0.3) \times 13.8 + 0.3 \times 15 = 14.16$ Massen%

Damit können die durch einen SAF-Anteil reduzierten Russpartikelemissionen abgeschätzt werden:

$Russpartikel_{_Klima_SAF}$ (#) = $k_{_SAF} \times Russpartikel_{_Klima}$ (#) *Gleichung 12*

wobei:

$k_{_SAF} = \exp \{-0.48 \times (H_{_SAF_Gemisch} - 13.8)\}$ *Gleichung 13*

Beispiel:

Für $H_{_SAF_Gemisch}$ = 14.16 Massen% beträgt $k_{_SAF}$ = 0.86588… d.h. die Russpartikelanzahl wird im Reiseflug mit einem 30% SAF-Anteil um rund 13% reduziert (basierend auf Standardwerten).

Emissionen schwefelhaltiger Verbindungen für einen Flug ab Schweiz

Betreiber von Luftfahrzeugen werden in der Regel keine Kenntnis des Schwefelgehalts der getankten Treibstoffe haben. Der Schwefelgehalt von in der Schweiz getanktem konventionellem fossilem Kerosin lag in den letzten Jahren in der Gegend von 0.5 g pro kg Treibstoff. Weil ein Gramm Schwefel in 2 Gramm SO_2 umgewandelt wird, folgt:

SO_2 (g) = $T_{_Flug}$ (kg) x 1 (g/kg) *Gleichung 14*

Anpassung der SO_2-Emissionen bei der Verwendung von SAF, welche für die Anrechnung (Beimischpflicht, ETS, CORSIA) in der Schweiz zugelassen sind:

SAF können als schwefelfrei angenommen werden, d.h. der SAF-Anteil reduziert die SO_2-Emissionen proportional:

SO_2 (g) = $T_{_Flug}$ (kg) x 1 (g/kg) x (1 – SAF) *Gleichung 15*