

## H2 Busprogramm

### Deckblatt

Dokumentversion	04
Datum	24/06/2021

Gesuchsteller (Unternehmen) <sup>1</sup>	Stiftung Klimaschutz und CO <sub>2</sub> -Kompensation KliK
Name, Vorname	Berg, Marco
Strasse, Nr.	Streulistrasse 19
PLZ, Ort	8032 Zürich
Tel.	044 224 60 02
E-Mail-Adresse	<a href="mailto:marco.berg@klik.ch">marco.berg@klik.ch</a>

Projektentwickler (Unternehmen)	Grütter Consulting AG
Name, Vorname	Grütter, Jürg
Kontaktperson für Rückfragen (an Stelle von Gesuchsteller)?	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein
Tel.	079 376 88 96
E-Mail-Adresse	<a href="mailto:igruetter@gmail.com">igruetter@gmail.com</a>

### Gesuch

- Ersteinreichung (Art. 7 CO<sub>2</sub>-Verordnung)
- erneute Validierung zur Verlängerung der Kreditierungsperiode (Art. 8a CO<sub>2</sub>-Verordnung)
- erneute Validierung aufgrund einer wesentlichen Änderung (Art. 11 Abs. 3 CO<sub>2</sub>-Verordnung)

<sup>1</sup> Hinweis: Sollte der Gesuchsteller im Laufe des Projektes ändern, so ist dies dem BAFU schriftlich mitzuteilen.

## Inhalt

1	Angaben zum Projekt/Programm.....	3
1.1	Projekt-/Programmszusammenfassung .....	3
1.2	Typ und Umsetzungsform .....	3
1.3	Projektstandort .....	4
1.4	Beschreibung des Projektes/Programmes .....	4
1.4.1	Ausgangslage .....	4
1.4.2	Projekt-/Programmziel .....	4
1.4.3	Technologie .....	4
1.4.4	Programmspezifische Aspekte .....	6
1.5	Referenzszenario .....	7
1.6	Termine.....	8
2	Abgrenzung zu weiteren klima- oder energiepolitischen Instrumenten und Vermeidung von Doppelzählung .....	9
2.1	Finanzhilfen .....	9
2.2	Schnittstellen zu Unternehmen, die von der CO <sub>2</sub> -Abgabe befreit sind .....	9
2.3	Doppelzählung aufgrund anderweitiger Abgeltung des ökologischen Mehrwerts .....	9
3	Berechnung ex-ante erwartete Emissionsverminderungen.....	11
3.1	Systemgrenze und Emissionsquellen .....	11
3.2	Einflussfaktoren .....	12
3.3	Leakage .....	13
3.4	Projektemissionen/Emissionen der Vorhaben.....	15
3.5	Referenzentwicklung .....	17
3.6	Erwartete Emissionsverminderungen (ex-ante).....	18
4	Nachweis der Zusätzlichkeit .....	20
5	Aufbau und Umsetzung des Monitorings.....	25
5.1	Beschreibung der gewählten Nachweismethode .....	25
5.2	Ex-post Berechnung der anrechenbaren Emissionsverminderungen.....	25
5.2.1	Formeln zur ex-post Berechnung erzielter Emissionsverminderungen.....	25
5.2.2	Wirkungsaufteilung .....	26
5.3	Datenerhebung und Parameter .....	27
5.3.1	Fixe Parameter .....	27
5.3.2	Dynamische Parameter und Messwerte.....	28
5.3.3	Plausibilisierung der Daten und Berechnungen .....	32
5.3.4	Überprüfung der Einflussfaktoren und der ex-ante definierten Referenzentwicklung .....	33
5.4	Prozess- und Managementstruktur .....	34
6	Sonstiges .....	34
7	Kommunikation zum Gesuch und Unterschriften .....	35
7.1	Einverständniserklärung zur Veröffentlichung der Unterlagen.....	35
7.2	Unterschriften .....	36
Anhang	.....	37

# 1 Angaben zum Projekt/Programm

## 1.1 Projekt-/Programmszusammenfassung

Das Programm fördert den Einsatz von Bussen, die mit Wasserstoff betrieben werden, der aus erneuerbaren Quellen und unter Einsatz erneuerbarer Energie produziert wurde. Gegenwärtig werden 97% der in Verkehr gesetzten Busse (ohne Trolleybusse) in der Schweiz mit Dieselöl betrieben, 2% mit Gas und 1% elektrisch<sup>2</sup>. Gegenwärtig verkehrt in der Schweiz kein H2-Bus (2012 bis 2016 hat die PostAuto einen Pilot mit 5 Fahrzeugen durchgeführt). Der Einsatz von Dieselnissen stellt folglich das Referenzszenario dar. Der Nachweis der Zusätzlichkeit erfolgt über eine Kostenanalyse, welche die «Total Cost of Ownership» (TCO) eines Dieselnisses mit dem eines H2-Busses vergleicht. Letzterer ist auch unter Berücksichtigung verschiedener Sensitivitäten immer höher als der eines Dieselnisses. Das Monitoring erfolgt durch Messung der Verbräuche und der Fahrleistung der einzelnen H2-Busse im Programm sowie der spezifischen Verbräuche einer Referenzflotte aus Dieselnissen.

## 1.2 Typ und Umsetzungsform

Typ	
	<input type="checkbox"/> 1.1 Nutzung und Vermeidung von Abwärme
	<input type="checkbox"/> 2.1 Effizientere Nutzung von Prozesswärme beim Endnutzer oder Optimierung von Anlagen
	<input type="checkbox"/> 2.2 Energieeffizienzsteigerung in Gebäuden
	<input type="checkbox"/> 3.1 Nutzung von Biogas
	<input type="checkbox"/> 3.2 Wärmeerzeugung durch Verbrennen von Biomasse mit und ohne Fernwärme
	<input type="checkbox"/> 3.3 Nutzung von Umweltwärme
	<input type="checkbox"/> 3.4 Solarenergie
	<input type="checkbox"/> 3.5 Netz-unabhängiger Stromeinsatz
	<input type="checkbox"/> 4.1 Brennstoffwechsel bei Prozesswärme
	<input type="checkbox"/> 5.1 Effizienzverbesserung im Personentransport oder Güterverkehr
	<input type="checkbox"/> 5.2 Einsatz von flüssigen biogenen Treibstoffen
	<input checked="" type="checkbox"/> 5.3 Einsatz von gasförmigen biogenen Treibstoffen
	<input type="checkbox"/> 6.1 Abfackelung bzw. energetische Nutzung von Methangas
	<input type="checkbox"/> 6.2 Methanvermeidung aus biogenen Abfällen
	<input type="checkbox"/> 6.3 Methanvermeidung durch Einsatz von Futtermittelzusatzstoffen in der Landwirtschaft
	<input type="checkbox"/> 7.1 Vermeidung und Substitution synthetischer Gase (HFC, NF <sub>3</sub> , PFC oder SF <sub>6</sub> )
	<input type="checkbox"/> 8.1 Vermeidung und Substitution von Lachgas (N <sub>2</sub> O)
	<input type="checkbox"/> 9.1 Biologische CO <sub>2</sub> -Sequestrierung in Holzprodukten
	<input type="checkbox"/> andere: <i>Nähere Bezeichnung</i>

### Umsetzungsform

- Einzelnes Projekt
  Projektbündel
  Programm

Beim vorliegenden Programm handelt es sich um Massnahmen zur langfristigen Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen beim Verkehr, einschliesslich Massnahmen zur Förderung der Elektrifizierung des Strassenverkehrs mit nachweislich erneuerbarem Strom, der Entwicklung alternativer Antriebskonzepte und der Gewinnung CO<sub>2</sub>-neutraler nachhaltiger Antriebsenergie kompensiert werden muss.

<sup>2</sup> File 20

### 1.3 Projektstandort

Der Standort ist die ganze Schweiz, entsprechend den Fahrtrouten der am Programm beteiligten Busse.

Die Systemgrenze des Programms ist ebenfalls die Schweiz. Das Programm bezieht sich auf in der Schweiz zugelassene Busse, die mit in der Schweiz getanktem Wasserstoff betrieben werden.

### 1.4 Beschreibung des Projektes/Programmes

#### 1.4.1 Ausgangslage

Busse werden heute fast ausschliesslich mit Dieselöl betrieben. Von den 6'189 per Ende 2020 registrierten Bussen (ohne Trolleybusse) sind 97% mit Dieselöl, 2% mit Erdgas und 1% elektrisch betrieben. H2-Busse waren zu diesem Zeitpunkt keine in der Schweiz registriert<sup>3</sup>.

Stand April 2021 existieren in der Schweiz eine 2 MW-Elektrolyseanlage für die H2-Produktion mit einer Produktionskapazität von ca. 300 Tonnen H2 pro Jahr<sup>4</sup>, sieben H2-Tankstellen (eine weitere in konkreter Planung)<sup>5</sup>. Fünf H2-Busse operierten zwischen 2012 und 2016 im Rahmen eines Pilotversuchs<sup>6</sup>.

#### 1.4.2 Projekt-/Programmziel

Das Ziel des Programms ist der Einsatz von Bussen, die mit H2 betrieben werden, anstelle von solchen, die mit Dieselöl betrieben werden. Unter dem Programm anrechenbar ist der Einsatz der Busse nur, wenn das getankte H2 nachweislich aus erneuerbaren Quellen und unter Einsatz von erneuerbarer Energie produziert wurde.

Unter Berücksichtigung des Emissionsfaktors des schweizerischen Stromproduktionsmix sowie der beim Transport und der Kompression von H2 anfallenden Emissionen ergibt sich eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 79-81%%, wenn Dieselbusse mit Brennstoffzellen-Bussen ersetzt werden.<sup>7</sup>

Ein Vorhaben ist der Einsatz von H2-Busse, vom Vorhabeneigner von einem beliebigen Bezüger gekauft, gemietet oder geleast. Im Programm zugelassen sind verschiedene Bustypen (z.B. Gelenkbus, Standardbus, Midibus) und Busarten (ÖV-Bus, Reisebus).

#### 1.4.3 Technologie

Abbildung 1 zeigt die gesamte H2-Wertschöpfungskette. Jede Komponente der Kette ist wichtig, damit die einzelnen Bereiche wirtschaftlich umgesetzt werden können. Ohne Brennstoffzellen-Fahrzeuge lohnt sich die Investition in H2-Herstellung und H2-Tankstellen nicht; und ohne H2-Produktion und H2-Tankstellen werden keine Brennstoffzellen-Fahrzeuge gekauft.

#### Abbildung 1: H2-Wertschöpfungskette<sup>8</sup>

---

<sup>3</sup> File 20

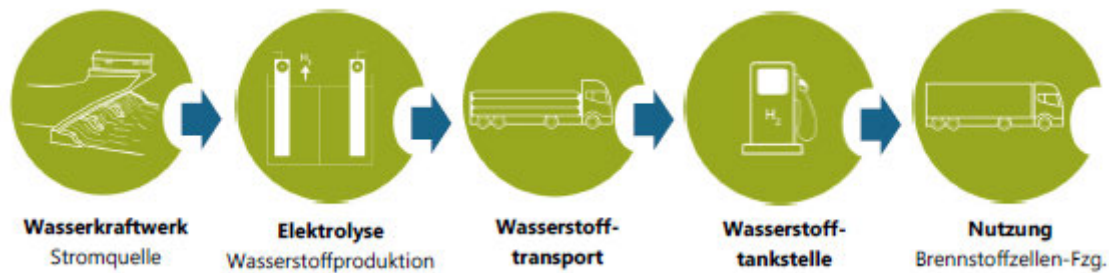
<sup>4</sup> Inbetriebnahme Juni 2020; File 27

<sup>5</sup> [Tankstellen – Förderverein H2 Mobilität Schweiz \(h2mobilitaet.ch\)](http://Tankstellen-Foerderverein-H2-Mobilitaet-Schweiz(h2mobilitaet.ch))

<sup>6</sup> File 9

<sup>7</sup> File 2: Excel Sheet Emissionsreduktionen

<sup>8</sup> Wasserkraft ist nur als Beispiel einer erneuerbaren Energiequelle aufgeführt.



## H2-Produktion

Von den Fahrzeugen im Programm genutzter Wasserstoff führt nur zu anrechenbaren Emissionsreduktionen, wenn er aus erneuerbaren Quellen und unter Einsatz erneuerbarer Energie hergestellt wird.

Aus Gründen der Verfügbarkeit steht gegenwärtig die Produktion von H<sub>2</sub> in Elektrolyseanlagen mit Strom aus einheimischen Wasserkraftwerken im Vordergrund. Dabei werden die Elektrolyseanlagen direkt auf dem Kraftwerksareal platziert, um den Bezug von Strom über das Verteilnetz und die damit verbundenen Gebühren zu vermeiden, welche die Rentabilität der Wasserstoffproduktion zusätzlich verschlechtern.

Der Import von nachweislich aus erneuerbaren Quellen und mit erneuerbarer Energie produziertem H<sub>2</sub> soll zulässig sein.

## H2-Transport

Aufgrund der aktuell geringen Produktionsmengen und kurzen Distanzen bei der Verteilung erfolgt der Transport des H<sub>2</sub> vom Standort der Produktionsanlage zur Tankstelle in gasförmigem Zustand mit einem Tanklaster. Zur Befüllung der benötigten Druckbehälter wird der Produktionsanlage auf dem Kraftwerksareal ein Verdichter nachgeschaltet, welcher das H<sub>2</sub> auf den gewünschten Druck komprimiert. Steigen zukünftig Menge und Distanz, erweist sich allenfalls der Transport mittels Leitungen (Pipelines) oder in verflüssigtem oder chemisch gebundenem Zustand als vorteilhafter.

## H2-Tankstelle

An der H<sub>2</sub>-Tankstelle können die Druckbehälter das H<sub>2</sub> entweder in einen Pufferspeicher vor Ort überströmen, oder der Auflieger bzw. der Container wird an der Tankstelle als Versorgungsbehälter abgestellt. Wie am Produktionsstandort gibt es auch an der Tankstelle einen Verdichter. Dieser befüllt die Hochdruckspeicher der Tankstelle und komprimiert den Wasserstoff dabei auf bis zu 900 bar.

## H2-Nutzung

Die H<sub>2</sub>-Nutzung erfolgt mit Brennstoffzellen-Fahrzeugen. Das Programm ist beschränkt auf Busse.

## H2-Busse

Brennstoffzellenbusse sind batteriebetriebene Elektrobusse, welche mit Wasserstoff betrieben werden. Das Fahrzeug tankt gasförmigen Wasserstoff und wandelt diesen in den Brennstoffzellen mit Sauerstoff aus der Umgebungsluft in Strom um, welcher für den Antrieb oder das Laden der Batterien verwendet wird. Verschiedene Europäische Hersteller z.B. Daimler, Solaris, VanHool, VDL<sup>9</sup> als auch aussereuropäische Hersteller wie Yutong, Hyzon, NewFlyer, Ankai, BYD oder Toyota stellen H<sub>2</sub>-Busse her.

<sup>9</sup> siehe [Suppliers | Fuel Cell Electric Buses \(fuelcel buses.eu\)](https://www.fuelcelbuses.eu)

#### 1.4.4 Programmspezifische Aspekte

Aus folgenden Gründen sind die **Vorhabeneigner des Programms die Fahrzeugbetreiber**:

- Die Fahrzeugbetreiber entscheiden über die Investitionen, die zur Substitution fossiler Energie führen. Erst der Betrieb der Fahrzeuge reduziert CO<sub>2</sub>-Emissionen.
- Die Fahrzeugbetreiber gewärtigen höhere Investitions-, Miet- oder Leasingkosten sowie eventuell höhere Betriebskosten verglichen mit dem Referenzfall. Zudem tragen sie verglichen mit dem Referenzfall zusätzliche Risiken wegen einer allenfalls reduzierten Zuverlässigkeit der Fahrzeuge oder wegen der eingeschränkten Verfügbarkeit an Treibstoff (bzw. an Tankstellen).
- Die Erfassung der Zusatzkosten am Ende der Wertschöpfungskette ist sinnvoller, da so alle vorgelagerten Zusatzkosten summiert werden können und der Ertrag aus dem Verkauf von Bescheinigungen nur diese Zusatzkosten deckt und nicht zu erhöhten Gewinnen bei vorgelagerten Gliedern der Kette führt.

Jeder Vorhabeneigner muss über eine entsprechende Garantie des H<sub>2</sub>-Vertreibers sicherstellen, dass nur aus erneuerbaren Quellen und unter Einsatz erneuerbarer Energie hergestelltes H<sub>2</sub> genutzt wird.

Alle im Vorhaben enthaltenen Fahrzeuge können Emissionsverminderungen über maximal 12 Jahre<sup>10</sup> geltend machen, sofern sie über diesen Zeitraum in Betrieb sind. Sollte die Zusätzlichkeit des Programms ab einem Zeitpunkt nicht mehr gegeben sein, können bestehende Vorhaben danach nicht mehr um neue Busse erweitert werden.

Die Anmeldung von Vorhaben erfolgt durch die Vorhabeneigner, die Aufnahme von Vorhaben ins Programm durch die Stiftung KliK. Ein Anmeldeformular ist unter Anhang A1 beigelegt. Die Stiftung KliK sammelt die erforderlichen Daten für die Monitoringberichte und erstellt diese.

**Tabelle 1: Aufnahmekriterien Vorhaben**

Aufnahmekriterium	Anwendung	Beleg
1. Das Vorhaben befindet sich in der Schweiz.	Teilnahmebedingung	Anmeldeformular
2. Das Vorhaben befindet sich nicht in einem von der CO <sub>2</sub> -Abgabe befreiten Unternehmen mit Verminderungsverpflichtung nach Artikel 66 Absatz 1, das gleichzeitig die Ausstellung von Bescheinigungen nach Artikel 12 beantragt	Nicht anwendbar	Von der CO <sub>2</sub> -Abgabe befreite Unternehmen mit Verminderungsverpflichtung verfügen über kein Treibstoffemissionsziel.
3. Das Vorhaben befindet sich nicht in einem am EHS teilnehmenden Unternehmen nach Artikel 40 Absatz 1.	Teilnahmebedingung	Anmeldeformular
4. Die durch die Vorhaben erzielten Emissionsverminderungen werden nicht anderweitig geltend gemacht.	Teilnahmebedingung	Anmeldeformular
5. Die durch die Vorhaben erzielten Emissionsverminderungen werden an den Programmeigner übertragen.	Teilnahmebedingung	Anmeldeformular
6. Das Vorhaben kann einem der im Programm enthaltenen Vorhabentypen	Teilnahmebedingung	Kauf-, Miet- oder Leasingvertrag für H <sub>2</sub> -Bus

<sup>10</sup> File 1

zugeordnet werden. Im Programm enthaltene Vorhabentypen sind Brennstoffzellenbusse mit Elektroantrieb, wobei die elektrische Energie aus Wasserstoff erzeugt wird.		
7. Die für die Berechnung der durch das Vorhaben erzielten Emissionsverminderungen notwendigen Parameter können gemessen bzw. (bei Wirkungsmodellen) mit Messungen plausibilisiert werden.	Festlegung von Anforderungen	Anmeldeformular
8. Das Vorhaben muss den Nachweis erbringen, dass genutztes H <sub>2</sub> aus erneuerbaren Quellen und mit erneuerbarer Energie produziert wurde.	Festlegung von Anforderungen	Anmeldeformular
9. Der Umsetzungsbeginn des Vorhabens ist zum Zeitpunkt der Einreichung des Anmeldeformulars noch nicht erfolgt (Art. 5 CO <sub>2</sub> Verordnung).	Teilnahmebedingung	Anmeldeformular; Kauf-, Miet- oder Leasingvertrag für H <sub>2</sub> -Bus.
10. Ausweis von Finanzhilfen	Teilnahmebedingung	Anmeldeformular
11. Vorhaben können nur in ein laufendes Programm aufgenommen werden.	Teilnahmebedingung	Anmeldeformular
12. Die Vorhaben können erst nach ihrer Anmeldung beim Programm in das Programm aufgenommen werden.	Teilnahmebedingung	Anmeldeformular
13. Zugelassen sind Busse, welche voraussichtlich zu mehr als 80% in der Schweiz eingesetzt werden (gemessen als % der Fahrleistung)	Festlegung von Anforderungen	Anmeldeformular

## 1.5 Referenzszenario

Das Referenzszenario besteht im Einsatz von Dieselnissen. Die Anschaffung und der Betrieb von Brennstoffzellen-Bussen werden aus wirtschaftlichen Gründen als nicht realistisch beurteilt. Busse werden heute fast ausschliesslich mit Dieselöl betrieben (siehe 1.4.1). Im Ortsverkehr bleiben Dieselnisse auch im Jahr 2035 die kostengünstigste Alternative. Elektrobusse weisen auch gemäss Prognose mit Mineralölsteuerrückerstattung auch im Jahr 2035 noch Mehrkosten (Vollkostenbetrachtung) von 8-19% und H<sub>2</sub>-Busse von 31% auf<sup>11</sup>. Ohne Mineralölsteuerrückerstattung belaufen sich die Mehrkosten noch auf 2-12% für E-Busse und auf 21% für H<sub>2</sub>-Busse<sup>12</sup>. Im regionalen Personenverkehr, wo eher von einem Einsatz von H<sub>2</sub>-Bussen ausgegangen werden kann, liegen die Mehrkosten in einem ähnlichen Rahmen. Sowohl das «maximale» als auch das «realistische» Szenario von Infrast betreffend Anteile von Batteriebusen am Total der jährlich zu ersetzenden Dieselnissen benötigen einen finanziellen Mehrbedarf und sind daher nicht gleichzusetzen mit einem Referenzszenario<sup>13</sup>.

Die Aufnahme von Elektro-Bussen im Markt war bisher – selbst mit der seit 2014 bestehenden Förderung im Rahmen des Kompensationsprogrammes 0031 – bescheiden<sup>14</sup>. Auch für Brennstoffzellen-Busse ist die autonome Entstehung eines namhaften Marktanteils nicht zu erwarten. Gleichwohl wird

<sup>11</sup> File 24 Abbildung 16

<sup>12</sup> File 24 Abbildung 17

<sup>13</sup> File 25, Seite 16

<sup>14</sup> Total 58 E-Busse, wovon 20 im Programm 0031 registriert (Monitoringbericht 0031 Periode 10/2019 bis 12/2020); Trolleybusse benötigen eine Oberleitungsinfrastruktur und werden daher nur in spezifischen Gebieten eingesetzt.

das Programm jährlich den Stand der Marktdurchdringung von Elektro- und Brennstoffzellen-Bussen erfassen und das Referenzszenario und die Emissionsreduktionen entsprechend anpassen (siehe Kapitel 3).

## 1.6 Termine

Termine	Datum	Spezifische Bemerkungen
Umsetzungsbeginn	01.07.2021	Der Umsetzungsbeginn jedes Vorhabens ist das Datum des Kauf-, Miet- oder Leasingvertrags für den ersten H2-Bus, welcher vom Vorhaben aufgeführt wird. Der Umsetzungsbeginn des Programms entspricht dem Umsetzungsbeginn des ersten Vorhabens. Es sollen keine Vorhaben beim Programm mit Umsetzungsbeginn vor dem 1.7.2021 aufgenommen werden.
Wirkungsbeginn	01.01.2024	Der Wirkungsbeginn des Programms ist die Inbetriebnahme des ersten Busses unter dem ersten Vorhaben.

	Anzahl Jahre	Spezifische Bemerkungen
Dauer des Programms in Jahren	Programm: unbefristet Vorhaben: unbefristet	Die Wirkungsdauer der Vorhaben ist unbefristet, da es während der Programmdauer um neue Busse erweitert werden kann; Busse können während einer Lebensdauer von maximal 12 Jahren Emissionsvermindierungen geltend machen.

	Datum	Spezifische Bemerkungen
Beginn 1. Kreditierungsperiode:	01.07.2021	
Ende 1. Kreditierungsperiode:	30.06.2028	



## 2 Abgrenzung zu weiteren klima- oder energiepolitischen Instrumenten und Vermeidung von Doppelzählung

### 2.1 Finanzhilfen

Gibt es für das Projekt/Programm bzw. Vorhaben zugesprochene oder erwartete Finanzhilfen<sup>15</sup>?

- Ja  
 Nein

Keine Finanzhilfen für das Programm. Im Rahmen der Programmanmeldung bestätigt der Programmteilnehmer mit seiner Unterschrift, dass nichtrückzahlbare Geldleistungen zwingend dem Programm-eigner offenzulegen sind und dass absichtlich falsche Angaben strafrechtlich verfolgt werden. Zum Zeitpunkt der Programmaufnahme (Unterzeichnung Teilnahmevertrag) muss jedes Vorhaben, welches nichtrückzahlbare Geldleistungen erhält eine unterzeichnete Wirkungsaufteilung gemäss den Vorgaben der Geschäftsstelle Kompensation vorlegen. Falls keine entsprechende Wirkungsaufteilung vorliegt, werden für das Vorhaben keine Bescheinigungen beantragt.

### 2.2 Schnittstellen zu Unternehmen, die von der CO<sub>2</sub>-Abgabe befreit sind

Weisen das Projekt oder die Vorhaben des Programms Schnittstellen zu Unternehmen auf, die von der CO<sub>2</sub>-Abgabe befreit sind?

- Ja  
 Nein

Das Programm weist keine Schnittstellen auf. Nach Anhang 6 der CO<sub>2</sub>-Verordnung (<https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20120090/index.html>) sind Unternehmen im Transportbereich nicht zur Teilnahme am EHS verpflichtet, und nach Anhang 7 sind sie auch nicht dazu berechtigt. Unternehmen, welche von der CO<sub>2</sub>-Abgabe befreit sind, verfügen über kein Treibstoffemissionsziel.

### 2.3 Doppelzählung aufgrund anderweitiger Abgeltung des ökologischen Mehrwerts

Ist es möglich, dass die erzielten Emissionsverminderungen auch anderweitig quantitativ erfasst und/oder ausgewiesen werden (=Doppelzählung; s. auch Art. 10 Abs. 5 CO<sub>2</sub>-Verordnung)?

- Ja  
 Nein

Das Programm berechnet Emissionsverminderungen aufgrund der getankten Menge von H<sub>2</sub> pro Fahrzeug.

Die Gefahr einer Doppelzählung besteht, wenn Emissionsreduktionen für den Einsatz von H<sub>2</sub> von mehr als einem Akteur, z.B. vom Produzenten und vom Verbraucher, beansprucht werden. Folgende Punkte sind zentral zur Vermeidung von Doppelzählungen:

1. Das Monitoring der verwendeten H<sub>2</sub>-Mengen erfolgt beim Betanken des Fahrzeuges.

---

<sup>15</sup> Finanzhilfen sind geldwerte Vorteile, die Empfängern ausserhalb der Bundesverwaltung gewährt werden, um die Erfüllung einer vom Empfänger gewählten Aufgabe zu fördern oder zu erhalten. Geldwerte Vorteile sind insbesondere nichtrückzahlbare Geldleistungen, Vorzugsbedingungen bei Darlehen, Bürgschaften sowie unentgeltliche oder verbilligte Dienst- und Sachleistungen (Art. 3 Absatz 1 [Subventionsgesetz SR 616.1](#)).

2. Das Vorhaben muss nachweisen, dass die durch die betreffende Menge H2 erzielten Emissionsverminderungen nicht bereits auf der Stufe eines vorgelagerten Glieds der Wertschöpfungskette angerechnet wurden.
3. Zur Vermeidung von Doppelzählungen und zur Klarstellung der Eigentumsrechte an den Bescheinigungen müssen Vorhaben anhand von Verträgen mit den H2-Herstellern und -Vertreibern vorweisen, dass der Verkäufer von H2 selbst keine Emissionsverminderungen beansprucht und einen solchen Verzicht auch von vorgelagerten Gliedern der Wertschöpfungskette (insbesondere H2-Produktion) verlangt.

### 3 Berechnung ex-ante erwartete Emissionsverminderungen

#### 3.1 Systemgrenze und Emissionsquellen

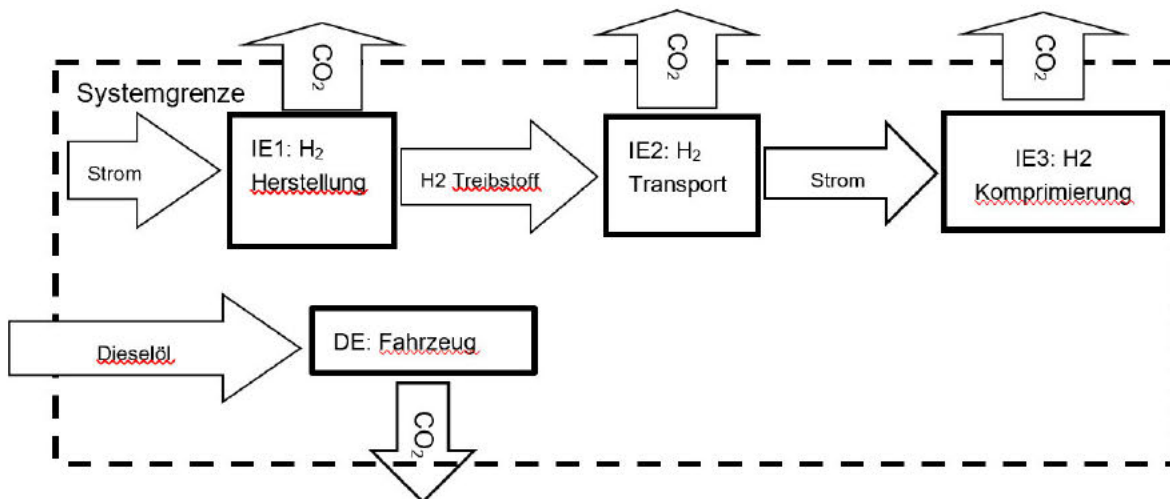
##### Systemgrenze

Die Emissionsreduktionen des Programms werden aufgrund des Einsatzes von aus erneuerbaren Quellen und unter Einsatz erneuerbarer Energie produziertem H<sub>2</sub> bei in der Schweiz zugelassenen Bussen bestimmt. Für deren Bestimmung werden jedoch nicht nur die Emissionen der Fahrzeuge im Projekt- und Referenzfall berücksichtigt, sondern auch die vorgelagerten Emissionen im Projektfall, die verbunden sind mit:

- der H<sub>2</sub>-Herstellung;
- dem Transport von H<sub>2</sub> vom Produktionsort zum H<sub>2</sub>-Vertreiber;
- der Komprimierung von H<sub>2</sub> beim H<sub>2</sub>-Vertreiber.

Nicht berücksichtigt dagegen werden die vorgelagerten Emissionen von Dieselöl, was konservativ ist.

Abbildung 2: Systemgrenzen erfasster Emissionen



IE= Indirekte Emissionen DE = Direkte Emissionen

##### Direkte und indirekte Emissionsquellen

	Quelle	Gas	Enthalten	Begründung / Beschreibung
Emissionen der Vorhaben	IE1: H <sub>2</sub> -Herstellung	CO <sub>2</sub>	ja	Indirekte Emissionsquelle: Herstellung von H <sub>2</sub> aus erneuerbaren Quellen und unter Verwendung erneuerbarer Energie
	IE2: H <sub>2</sub> -Transport	CO <sub>2</sub>	ja	Indirekte Emissionsquelle: Transport von H <sub>2</sub> durch mit Dieselöl angetriebene SNF
	IE2: H <sub>2</sub> -Komprimierung	CO <sub>2</sub>	ja	Indirekte Emissionsquelle: Komprimierung von H <sub>2</sub> durch Einsatz von Strom
	Andere	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, andere	nein	Keine signifikanten Emissionsquellen

	Quelle	Gas	Enthalten	Begründung / Beschreibung
Referenzentwicklung der Vorhaben	DE: Fahrzeugeinsatz	CO <sub>2</sub>	ja	Direkte Emissionsquelle: Einsatz von Treibstoff beim Fahrzeug (Verbrennungsemissionen)
		CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, andere	nein	CH <sub>4</sub> und N <sub>2</sub> O Emissionen sind marginal bei Dieselfahrzeugen. Die verbindlichen Werte der CO <sub>2</sub> Emissionen für Dieselöl basieren auf Anhang 10 der CO <sub>2</sub> -Verordnung (diese umfassen nur CO <sub>2</sub> )

### 3.2 Einflussfaktoren

Folgende Einflussfaktoren beeinflussen die prognostizierten Emissionsreduktionen auf Ebene des Programms (weniger Vorhaben werden umgesetzt):

1. Eine Reduktion oder Eliminierung der Rückerstattung der auf Dieselöl erhobenen Mineralölsteuer erhöht die Attraktivität von H<sub>2</sub>-Bussen und steigert die Anzahl von Projektfahrzeugen und damit die Emissionsreduktionen. Dies könnte ab 2026 für Busse im Ortsverkehr und ab 2030 für alle Busse der Fall sein<sup>16</sup> und wurde auch dementsprechend in der Additionalitätsrechnung berücksichtigt.
2. Eine Reduktion des Dieselölpreises und / oder eine Erhöhung des Strompreises reduziert die Wettbewerbsfähigkeit von H<sub>2</sub> und führt zu weniger Projektfahrzeugen und weniger Emissionsreduktionen bzw. umgekehrt.
3. Eine Reduktion der Einheitskosten entlang der Wertschöpfungskette (H<sub>2</sub>-Produktionsanlage, H<sub>2</sub>-Tankstellen, H<sub>2</sub>-Busse) reduziert die H<sub>2</sub>-Kosten und macht den Einsatz von H<sub>2</sub> attraktiver, was zu erhöhten Emissionsreduktionen führt.
4. Höhere Energiedichten der Batterien und tiefere Batteriekosten aufgrund der technologischen Entwicklung sowie die Verfügbarkeit von Schnelladevorrichtungen für Busse erhöhen die relative Attraktivität von Elektrobussen und reduzieren die Nachfrage nach H<sub>2</sub>-Bussen, was zu geringeren Emissionsreduktionen von H<sub>2</sub>-Bussen relativ zur Baseline führt.

Einflussfaktoren unter Kontrolle der Vorhabeneigner sind:

- Die zurückgelegte Distanz der Busse ist primär abhängig von der Nachfrage und den Streckenrouten. Die Jahresfahrleistung beeinflusst die Referenz- und die Projektemissionen in gleicher Weise.
- Der Energieverbrauch ist teilweise unter Kontrolle der Vorhabeneigner. Sie kaufen die Fahrzeuge, die Fahrzeugnutzer bestimmen die Fahrten und schulen die Fahrer.

Einflussfaktoren ausserhalb der Kontrolle der Vorhabeneigner:

- Der Verbrauch des Fahrzeugs hängt teilweise von der Verkehrssituation ab. Diese ist ausserhalb des Einflusses der Vorhabeneigner und hängt von der allgemeinen Verkehrsentwicklung und von spezifischen Faktoren (z.B. Klima, Unfälle) ab. Die Verkehrssituation betrifft gleichermaßen Referenz- und Projektemissionen.
- Mit fossiler Energie betriebene Busse dürfen nicht mehr in Verkehr gesetzt werden oder können nicht mehr gleichwertig eingesetzt werden (z.B. Einführung von 0-Emissions-Zonen). Dies führt zu zusätzlichen H<sub>2</sub> Bussen.

<sup>16</sup> File 21

- Veränderte Rahmenbedingungen<sup>17</sup> für den Einsatz der Busse durch zusätzliche Förderinstrumente für den Einsatz von H2 Bussen wie (i) Abschaffung der Mineralölsteuerrückerstattung (verteuert Dieselsebusse und reduziert die Mehrkosten der H2 Busse, wodurch diese relativ attraktiver werden), (ii) das Programm Agglomerationsverkehr, welches Ladeinfrastruktur mitfinanzieren kann (dies verringert die Kosten von E-Bussen und reduziert damit die relative Attraktivität von H2-Bussen), (iii) eine zusätzliche Förderung des ÖV, welche mit Umweltzielen gekoppelt werden kann (dies erhöht die Attraktivität von H2 Bussen), (iv) der Einführung von Klimazielen oder Umweltstandards (dies kann die Anzahl H2 Busse im Referenzfall erhöhen), (v) einem Klimafonds der H2 Busse fördert oder (vi) einer Erhöhung der Tarife (dies reduziert die Attraktivität von ÖV, was zu einer Abnahme der Gesamtzahl von Bussen führen würde). Klimaziele oder Umweltstandards könnten die Neuanschaffung von Dieselsebussen ausschliessen, was die Additionalität von H2-Bussen beeinflussen würde.

Im jährlichen Monitoring wird die Auswirkung veränderter Rahmenbedingungen auf die Zusätzlichkeit aufgezeigt. Dies betrifft spezifisch: (ii) wenn die Agglomerationsprogramme ebenfalls H2-Busse ggü. Dieselsebussen fördern, (iii) eine zusätzliche bundesweite/kantonale/städtische Förderung für H2-Busse ggü. Dieselsebussen besteht, (iv) Umwelt-/Klimastandards den Einsatz von Dieselsebussen verunmöglichen, (v) ein Klimafonds H2-Busse ggü. Dieselsebussen fördert

### 3.3 Leakage

Bei Leakage-Emissionen handelt es sich um vor- und nachgelagerte Emissionen, welche nicht erfasst werden. Die folgende Tabelle gibt einen Hinweis über verschiedene potenzielle Emissionsquellen.

**Tabelle 2: Potenzielle Leakage-Quellen**

Emissionsquelle	Geschätzte Wirkung	Bemerkungen
1. Vorgelagerte Treibstoffemissionen (well-to-tank)	Diesel: +23% <sup>18</sup> basierend auf File 4, UNFCCC (2014), Tabelle 3	Bei Elektrizität sind die vorgelagerten Emissionen enthalten; bei fossilen Treibstoffen hingegen nicht, was zu einer signifikanten Unterschätzung der effektiven Emissionsreduktionen führt.
2. Fahrzeugherstellung	Die Batteriegrösse eines H2-12m Busses ist ca. 26 kWh und eines 18m Gelenkbusses 26-120 kWh <sup>19</sup> ; die vorgelagerten Emissionen zur Batterieherstellung betragen 110 kg CO <sub>2e</sub> /kWh. <sup>20</sup>	Dieselsebusse haben höhere vorgelagerte Emissionen wegen der Motorenherstellung, H2-Busse wegen der Batterie. Die Menge an Ersatzteilen ist geringer bei einem H2-Bus (v.a. Bremsätze) infolge geringerer Vibrationen und regenerativem Bremsen.
3. Fahrzeug Unterhalt	–	Zusätzliche Öle und Schmiermittel für Dieselsebusse (vorgelagerte Emissionen für deren Herstellung) sowie mehr Ersatzteile (s.o.).
4. Tankstellenbau	–	Vergleichbar H2 und fossil.

Ein Leck bei der Tankstelle wird erkannt, wenn aus dem Leitungsvolumen zwischen Tankventil in der Zapfsäule und Fahrzeugstutzen während der Wartezeit so viel Wasserstoff ausströmt, dass der Druck

<sup>17</sup> Siehe File 24, Kapitel 6

<sup>18</sup> Zusätzlich 23% der direkten Verbrennungsemissionen; UNFCCC Tabelle 3 für Diesel 16.7 t CO<sub>2e</sub>/TJ Upstream-Emissionen; File 4 IPCC Guidelines, 2006 Tabelle 1.4 Emissionsfaktor von Diesel 74.1 tCO<sub>2e</sub>/TJ ergibt +23%

<sup>19</sup> File 12

<sup>20</sup> Mittelwert verschiedener Studien; siehe File 11, ICCT (2018), Tabelle 1; Emissionen pro kWh Batteriekapazität. Der Wert ist konservativ, da die Zweitverwertung von Batterien nicht berücksichtigt wird.

um 0.5 MPa sinkt. Der Tankvorgang wird dann gestoppt. Grössere Lecks werden daher unterbunden<sup>21</sup>.

Standardmässig sollten die Diffusionsverluste weniger als 0.5% der Gesamtmenge betragen und daher marginal sein (siehe [DOE Technical Targets for Hydrogen Delivery | Department of Energy](#) siehe "tube trailers" and "small compressors"). Verluste bei der Betankung gibt es auch bei Dieselöl. Eine Berücksichtigung bei der Berechnung der Emissionsverminderungen erfolgt daher nicht.

Die untenstehende Tabelle zeigt die Abschätzung der primären Leakage-Emissionen.

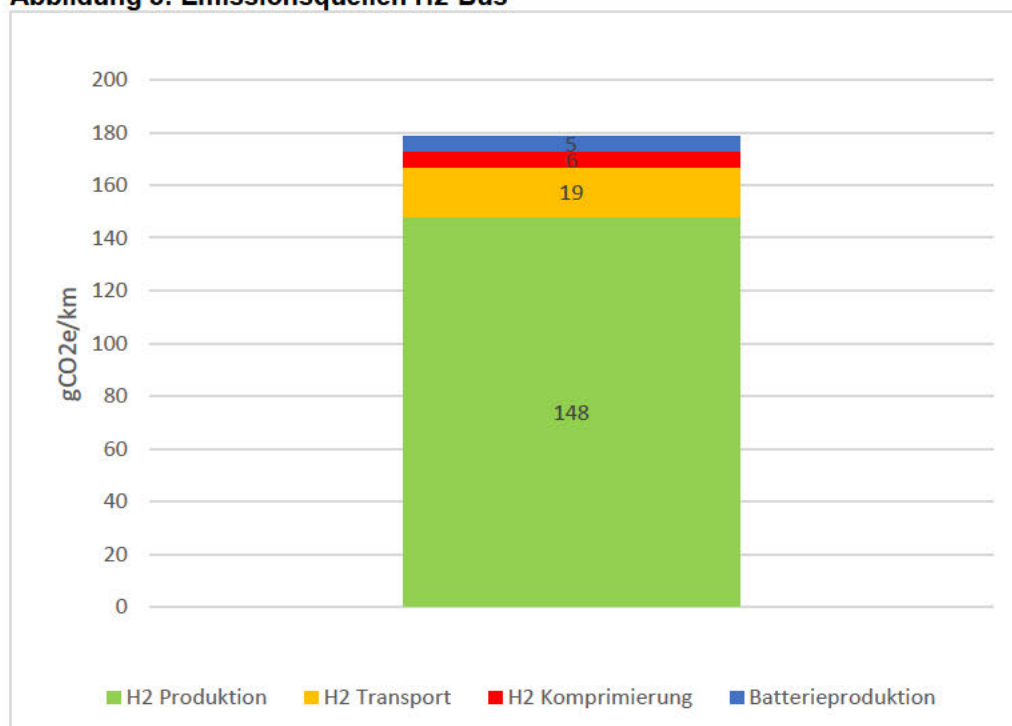
**Tabelle 3: Schätzung der Leakage-Emissionen**

Parameter	12m Bus	18m Bus
Vorgelagerte Treibstoffemissionen Dieselbus g CO <sub>2e</sub> /km	212	284
Vorgelagerte Batterieemissionen H2-Bus g CO <sub>2e</sub> /km	5	25

Quelle: File 2vorgelagerte Batterieemissionen 18m Gelenkbus basierend auf der grössten Batterie gemäss File 12.

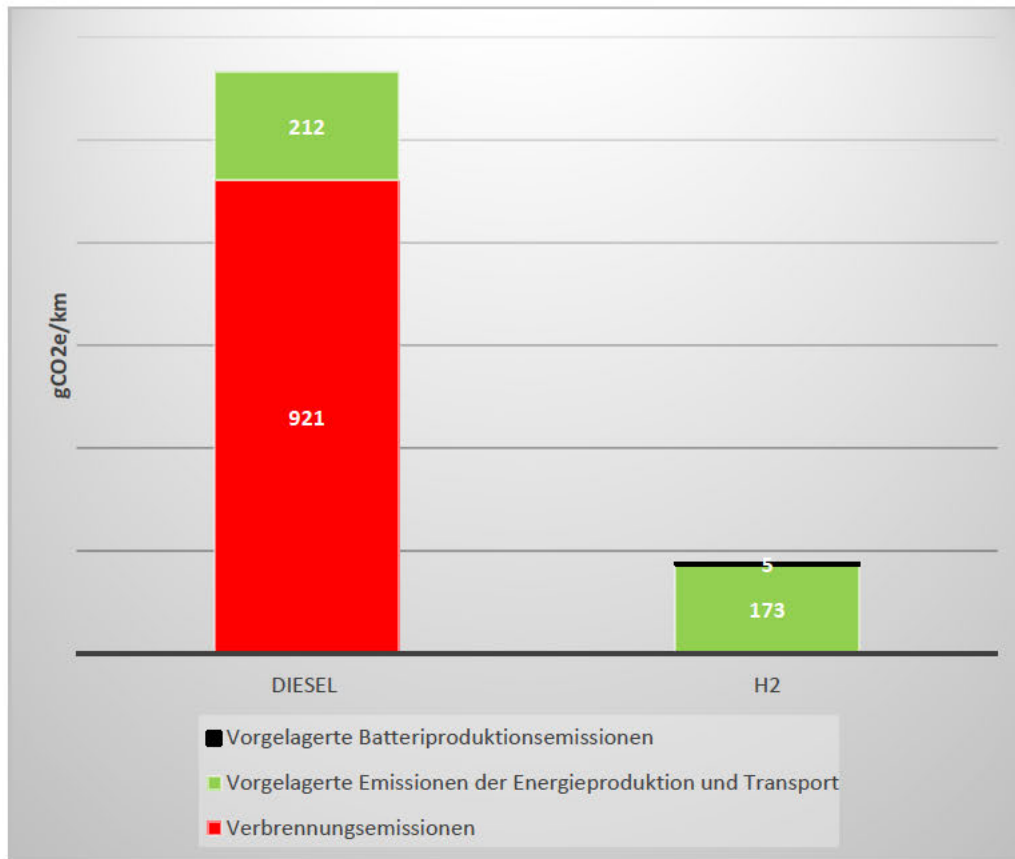
Die folgenden beiden Abbildungen zeigen die Zusammensetzung der Emissionen bei einem H2-Bus bzw. die Emissionsquellen eines Diesel- und eines H2-Busses im Vergleich (Quelle jeweils File 2).

**Abbildung 3: Emissionsquellen H2-Bus**



**Abbildung 4: Vergleich Gesamtemissionen Diesel- und H2-Bus**

<sup>21</sup> File 22 EMPA (2019)



Vorgelagerte Referenzemissionen, welche nicht berücksichtigt werden, sind bei einem Standardbus 40-mal und bei einem Gelenkbus 11-mal grösser als nicht berücksichtigte Projektemissionen. Nicht berücksichtigte Projektemissionen machen bei einem Standardbus 0.7% und bei einem Gelenkbus 2.6% der Emissionsreduktionen aus. Zudem fallen vorgelagerte Emissionen primär im Ausland an. All diese Argumente zeigen, dass eine Nicht-Berücksichtigung der Leakage-Emissionen konservativ und im Einklang mit dem Territorialprinzip ist.

### 3.4 Projektemissionen/Emissionen der Vorhaben

Nur Projektemissionen von H2-Bussen, welche mehr als 80% der Fahrleistung in der Monitoringperiode in der Schweiz erbracht haben, werden berücksichtigt.

Die Emissionen jedes Vorhabens sind die Summe der Emissionen aller im Rahmen eines Vorhabens betriebenen H2-Busse.

$$PE_y = \sum_i EC_{P,i,y} \times EF_{H2,y} \quad (1)$$

wobei:

$PE_y$	Projektemissionen im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> )
$EC_{P,i,y}$	H2-Verbrauch des Projekt-Busses $i$ im Jahr $y$ (kg H <sub>2</sub> )
$EF_{H2,y}$	Emissionsfaktor von H <sub>2</sub> im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> /kg H <sub>2</sub> )
$i$	H <sub>2</sub> Projekt-Bus

Der Emissionsfaktor von H<sub>2</sub> ist die Summe der Produktions-, Transport- und Komprimierungsemissionen und wird wie folgt bestimmt:

$$EF_{H2,y} = P_{H2,y} + Tr_{H2} + Ts_{H2,y} \quad (2)$$

wobei:

$EF_{H2,y}$	Emissionsfaktor von H2 im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> /kg H2)
$P_{H2,y}$	Produktionsemissionen von H2 im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> /kg H2)
$Tr_{H2}$	Emissionen beim Transport von H2 (kg CO <sub>2</sub> /kg H2)
$TS_{H2,y}$	Emissionen bei der H2-Komprimierung an der Tankstelle im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> /kg H2)

Die Produktionsemissionen von H2 beruhen auf dem Stromverbrauch und dem CO<sub>2</sub>-Faktor von Elektrizität und werden wie folgt bestimmt:

$$P_{H2,y} = SEH_{H2} \times EF_{elek,y} \quad (3)$$

wobei:

$P_{H2,y}$	Produktionsemissionen von H2 im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> /kg H2)
$SEH_{H2}$	Spezifischer Energieverbrauch zur Herstellung von H2 (kWh/kg H2)
$EF_{elek,y}$	Emissionsfaktor Schweizer Produktionsmix im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> /kWh)

Die Produktionsemissionen werden jährlich aufgrund des  $EF_{elek}$  angepasst. Der spezifische Energieverbrauch wird über die Kreditierungsperiode als konstant angenommen. Die Herstellung von H2 ist nicht unter Kontrolle der Vorhabeneigner, weshalb eine Messung dieses Werts nicht erfolgen kann.

Die Transportemissionen werden ex-ante als Default festgelegt und wie folgt bestimmt:

$$Tr_{H2} = TD_{H2} \times SFC_D \times EF_D / TM_{H2} \quad (4)$$

wobei:

$Tr_{H2}$	Emissionen beim Transport von H2 (kg CO <sub>2</sub> /kg H2)
$TD_{H2}$	Durchschnittliche Transportdistanz des H2 bis zu den Tankstellen (km)
$SFC_D$	Spezifischer Dieserverbrauch von Tanklastwagen H2 (l/km) <sup>22</sup>
$EF_D$	Emissionsfaktor Diesel (kg CO <sub>2</sub> /l)
$TM_{H2}$	Durchschnittliche Transportmenge H2 für Tankstelle (kg H2)

Die Emissionen beim Transport von H2 werden nicht gemessen und als konservativer Default ex-ante berechnet (siehe Anhang 5). Dies ist gerechtfertigt, da die Transportemissionen nur knapp 10% der Projektemissionen und 3% der Emissionsreduktionen repräsentieren und ein Monitoring sehr aufwändig wäre<sup>23</sup>. Zudem ist der Transport von H2 nicht unter der Kontrolle der Vorhabeneigner.

Die Komprimierungsemissionen von H2 beruhen auf dem Stromverbrauch und dem CO<sub>2</sub>-Faktor von Elektrizität und werden wie folgt bestimmt:

$$TS_{H2,y} = SEK_{H2} \times EF_{elek,y} \quad (5)$$

wobei:

$TS_{H2,y}$	Emissionen bei der H2-Komprimierung an der Tankstelle im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> /kg H2)
$SEK_{H2}$	Spezifischer Energieverbrauch zur Komprimierung von H2 an der Tankstelle (kWh/kg H2)
$EF_{elek,y}$	Emissionsfaktor Elektrizität Schweizer Produktionsmix im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> /kWh)

Die Komprimierungsemissionen werden jährlich aufgrund des  $EF_{elek}$  angepasst. Der spezifische Energieverbrauch zur Komprimierung wird als konstant über die Kreditierungsperiode angenommen. Die

<sup>22</sup> Siehe File 8c

<sup>23</sup> Siehe File 2



Herstellung von H2 ist nicht unter Kontrolle der Vorhabeneigner. Zudem stellen die Komprimierungsemissionen nur 4% der Projektemissionen und 1% der Emissionsreduktionen dar<sup>24</sup>.

### 3.5 Referenzentwicklung

Die Referenzemissionen basieren auf dem Verbrauch der Dieselsebuse, welche in Abwesenheit der H2-Buse eingesetzt würden.

Jährlich werden für jedes Vorhaben eine oder mehrere spezifische Referenz-Emissionsfaktoren bestimmt, beruhend auf dem Durchschnitt einer Referenzflotte von Bussen. Die Referenzflotte sollte soweit möglich der Projektflotte entsprechen. Folgende Kriterien werden beachtet:

- Vergleichbare Einsatzart (ÖV oder Langstreckeneinsatz);
- Vergleichbare Fahrzeuglänge (Midibus, Standardbus, Gelenkbus, Doppelgelenkbus);
- Vergleichbare Fahrzeugart (ÖV-Bus oder Reisebus)

Sollte keine Referenzflotte gebildet werden können oder ist die Stichprobe zu klein<sup>25</sup>, wird der reale Vorjahreswert genommen, und falls dieser nicht bekannt ist, wird für ÖV-Buse eine der folgenden Werte genommen: (i) Midibus 23.9 l/100km, (ii) Standardbus: 31.1 l/100km; (iii) Gelenkbus: 40.8 l/100km<sup>26</sup> und für Reisebuse der letzte publizierte Referenzwert des EMEP/EEA COPERT-Modells<sup>27</sup> gewählt, mit den Standardfaktoren «coach», Busgrösse, Euro VI, Steigung von 0%, 50% Auslastung und einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 50 km/h.

Die Referenzemissionen werden aufgrund der Fahrleistung der Projektflotte (Aktivitätsniveau) ermittelt und eines Korrekturfaktors, der die Entwicklung der Elektro- und H2-Bus-Flotte in der Schweiz abbildet. Nur Referenzemissionen von H2-Bussen, welche mehr als 80% der Fahrleistung in der Monitoringperiode in der Schweiz erbracht haben, werden berücksichtigt.

$$RE_y = KF_y \times SRV_y \times FL_{P,y} \times EF_D \quad (6)$$

wobei:

$RE_y$	Referenzemissionen im Jahr y (kg CO <sub>2</sub> )
$KF_y$	Korrekturfaktor Elektro/H2 Busse im Jahr y
$SRV_y$	Spezifischer Verbrauch der Diesel-Referenzbuse im Jahr y (l/km)
$FL_{P,y}$	Fahrleistung aller H2-Buse des Projektes im Jahr y (km)
$EF_D$	Emissionsfaktor von Diesel (kg CO <sub>2</sub> /l)

<sup>24</sup> Siehe File 2

<sup>25</sup> Siehe Kapitel 5 für die Bestimmung der minimalen Anzahl Fahrzeuge

<sup>26</sup> Basierend auf „Berechnung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen des ÖPNV: Leitfaden zur Anwendung der europäischen Norm EN 16258« des deutschen Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur; Durchschnitt Deutschland pro Busgrösse Wert "Land"; File 28, Tabelle 6

<sup>27</sup> File 8a/b/c EMEP/EEA (2019)

Die Referenzemissionen werden auf die Marktdurchdringung von Elektro- und H2-Bussen angepasst. Da exakte Prozentzahlen nicht verfügbar sind, wird in jedem Kalenderjahr ein konservativer Korrekturfaktor verwendet.

Der Korrekturfaktor KF bildet die Marktdurchdringung seit Programmstart (2021) ab. Dabei wird, aufsummiert über die Laufzeit des Programms, die Anzahl der ins Programm aufgenommenen H2-Fahrzeuge gewichtet mit dem Anteil der neu zugelassenen H2- und Elektro-Busse ausserhalb eines Kompensationsprogramms an der Gesamtzahl der neu zugelassenen SNF:

$$KF_y = \frac{\sum_{i=2021}^y AH2_i * NH2_i}{\sum_{i=2021}^y NH2_i} (7)$$

wobei:

- AH2<sub>y</sub> Anzahl der im Jahr y ausserhalb eines Kompensationsprogramms neu zugelassenen H2- und Elektro-Busses eines vergleichbaren Gesamtgewichts dividiert durch die Anzahl aller im Jahr y ausserhalb des Programms zugelassenen Busse eines vergleichbaren Gesamtgewichts
- NH2<sub>y</sub> Anzahl der im Jahr y ins Programm aufgenommenen H2-Busse

### 3.6 Erwartete Emissionsverminderungen (ex-ante)

Es können nur Emissionsverminderungen bescheinigt werden, wenn das genutzte H2 aus erneuerbaren Quellen und unter Einsatz erneuerbarer Energie produziert wurde. Grundsätzlich könnten die in einem Vorhaben enthaltenen Busse auch H2 verwenden, das nicht diesem Kriterium genügt. Deswegen wird ein Korrekturfaktor eingeführt, der dies abbildet (Wert = 1, falls nur H2 verwendet wurde, das aus erneuerbaren Quellen und unter Einsatz erneuerbarer Energie produziert wurde und Wert = 0 falls nur H2 verwendet wurde, das nicht aus erneuerbaren Quellen oder nicht unter Einsatz erneuerbarer Energie produziert wurde).

$$ER_y = (RE_y - PE_y) \times KFE_{H2} \quad (8)$$

wobei:

- ER<sub>y</sub> Emissionsreduktionen im Jahr y (kg CO<sub>2</sub>)
- RE<sub>y</sub> Referenz Emissionen im Jahr y (kg CO<sub>2</sub>)
- PE<sub>y</sub> Projekt Emissionen im Jahr y (kg CO<sub>2</sub>)
- KFE<sub>H2</sub> Korrekturfaktor für die Verwendung von aus erneuerbaren Quellen und unter Einsatz erneuerbarer Energie produziertem H2 (keine Einheit);  $0 \leq KFE_{H2} \leq 1$ <sup>28</sup>

Es werden keine Leakage-Emissionen erfasst.

<sup>28</sup> Bei einem Nachweis einer grösseren erneuerbar hergestellten Produktionsmenge von H2 als der Verbrauchsmenge gilt maximal ein Korrekturfaktor von 1.

Kalenderjahr	Erwartete Referenzentwicklung (in t CO <sub>2eq</sub> )	Erwartete Projektemissionen (in t CO <sub>2eq</sub> )	Schätzung der Leakage (in t CO <sub>2eq</sub> )	Erwartete Emissionsvermindernungen (in t CO <sub>2eq</sub> )
1. Kalenderjahr: 2021 (6 Monate)	0	0	0	0
2. Kalenderjahr: 2022	0	0	0	0
3. Kalenderjahr: 2023	0	0	0	0
4. Kalenderjahr: 2024	322	60	0	262
5. Kalenderjahr: 2025	1046	204	0	842
6. Kalenderjahr: 2026	1'691	325	0	1'366
7. Kalenderjahr: 2027	1'691	325	0	1'366
8. Kalenderjahr: 2028 (6 Monate)	846	163	0	683

In der 1. Kreditierungsperiode	5'596	1'078	0	4'519
Über die Projektdauer				

Hinweis: Rundungen können zu Differenzen führen

Die Programmwirkung hängt primär von der Anzahl der jeweils ins Programm aufgenommenen H2-Busse und deren Fahrleistung ab. Für die Jahresfahrleistung werden bei Standardbussen 70'000 km und bei Gelenkbussen 65'000 km angenommen<sup>29</sup>. Die Berechnung ist dabei: Emissionsreduktionen = Anzahl Busse \* Jahresfahrleistung \* (Emissionen pro Fahr-km Diesel – Emissionen pro Fahr-km H2). Beispiel Emissionsreduktion pro Standardbus pro Jahr: 70'000 km\*(921 g CO<sub>2</sub>/km – 173 g CO<sub>2</sub>/km)/10<sup>6</sup> = 52 t CO<sub>2</sub> (siehe File 2; ohne Korrekturfaktor; basierend auf Fahrleistungsdaten Post-Auto).

Die folgende Tabelle zeigt die Annahme zur Zahl der jährlich und kumuliert ins Programm aufgenommenen H2-Busse.

**Tabelle 4: Kumulierte Anzahl der ins Programm aufgenommenen H2-Busse**

Parameter	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
H2-Standardbusse	0	0	0	5	10	20	20	10
H2-Gelenkbusse	0	0	0	0	5	5	5	3

Quelle: File 1 und 2

Alle in einem Vorhaben enthaltenen Fahrzeuge können während maximal 12 Jahren<sup>30</sup> Bescheinigungen für Emissionsvermindernungen erhalten<sup>31</sup>. Sollte das Programm als nicht mehr zusätzlich eingestuft werden, kann ein bestehendes Vorhaben ab diesem Zeitpunkt um keine neuen Busse mehr erweitert werden.

<sup>29</sup> File 1

<sup>30</sup> File 1

<sup>31</sup> Sollte die Lebensdauer geringer sein, wird kein H2 mehr genutzt, und es entstehen auch keine Emissionsvermindernungen.

## 4 Nachweis der Zusätzlichkeit

### Analyse der Zusätzlichkeit

Bescheinigungen ermöglichen die wirtschaftliche Umsetzung der Vorhaben. Ohne Bescheinigungen ist der Einsatz von H2-Bussen nicht wirtschaftlich. Mit den Bescheinigungen kann das Vorhaben wirtschaftlich umgesetzt werden.

Die Zusätzlichkeit wird für das Programm berechnet und nicht für einzelne Vorhaben. Alle Vorhaben sind damit automatisch additional. Die Zusätzlichkeit des Programms wird im Jahr 1 und 4 der ersten Kreditierungsperiode überprüft.

Sollte die Zusätzlichkeit des Programms nicht mehr gegeben sein, können zuvor in Vorhaben integrierte Busse weiterhin bis zu einer Lebensdauer von maximal 12 Jahren Bescheinigungen beantragen. Jedoch können aufgenommene Vorhaben ab diesem Zeitpunkt um keine neuen Fahrzeuge mehr erweitert werden.

Für Details und Berechnungen siehe auch File 17.

### Wirtschaftlichkeitsanalyse

Das Programm selbst generiert keine Zusatzeinnahmen ausser dem Verkauf der Bescheinigungen. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse basiert auf einer einfachen Kostenanalyse (Option 1 gemäss BAFU<sup>32</sup>). Der Betrieb der Busse generiert Einnahmen, welche aber unabhängig von der Traktionsart des Busses sind. Durch einen Wechsel von Diesel- zu H2-Bussen entstehen dadurch keine Zusatzeinnahmen.

Die berücksichtigten Kostenkomponenten sind:

- Anschaffungskosten des Fahrzeugs; es wird eine einheitliche Lebensdauer und eine identische Fahrleistung für Referenz- und Projekt-Busse angenommen;
- Treibstoffkosten basierend auf Verbrauch und Energiekosten;
- Unterhaltskosten (Service, Reifen, Reparaturen);
- Finanzierungskosten.

Die berücksichtigten Kosten gelten gleichermassen für Kauf, Miete oder Leasing der Busse.<sup>33</sup> Für die Bestimmung der Zusätzlichkeit ist daher die Frage, ob Eigentümer und Nutzer der Busse zusammen- oder auseinanderfallen, nicht von Belang.

Die Kosten für Fahrer, Flottenmanagement, Versicherung, Bus-Depot etc. werden als identisch betrachtet, weshalb sie die absolute Differenz der Kosten pro km zwischen verschiedenen Antriebstechnologien nicht beeinflussen.

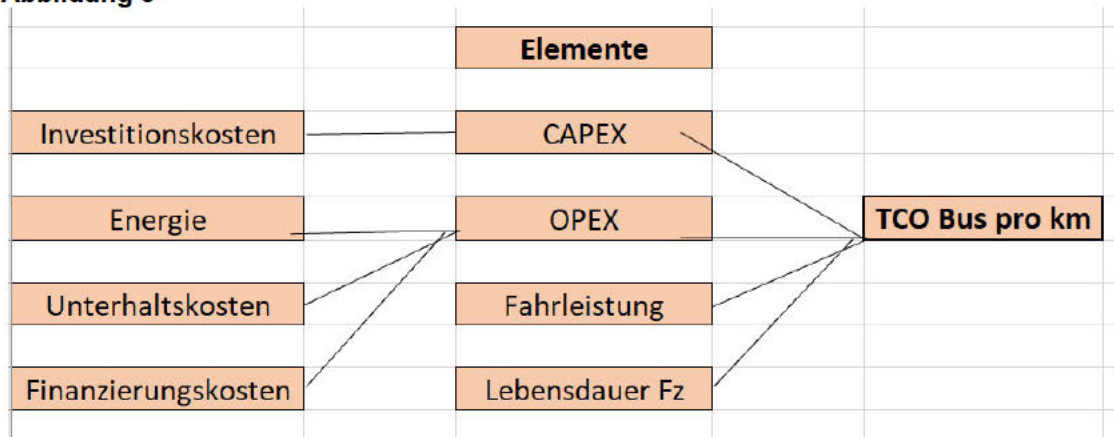
Der Kostenvergleich basiert auf den berechneten Kosten pro Fahrkilometer und einem Vergleich der Kosten eines Diesel- und eines H2-Busses. Dieser Wert entspricht dem «Total Cost of Ownership» (TCO).

---

<sup>32</sup> File 5 BAFU (2021), S. 44

<sup>33</sup> Die Investitionskosten bei der Variante Kauf werden annuisiert. Dies entspricht dem gleichen Vorgang, wie er der Kostenkalkulation eines Miet- oder Leasingvertrags zugrunde liegt.

Abbildung 5



### Bestimmung des TCO

Die Zusätzlichkeit ist gegeben, wenn die Kosten pro km für den H2-Bus grösser sind als für den Diesel-Bus. Brennstoffzellen-Fahrzeuge müssen kostengünstiger bzw. dürfen nicht teurer sein als Dieselfahrzeuge, damit sich deren Einsatz trotz des höheren betrieblichen Risikos lohnt.

Die Kostenrechnung basiert auf realen CHF von 2020, d.h., es wird keine Inflation berücksichtigt. Alle Betriebskosten werden als konstant in Realwerten betrachtet. Dies umfasst auch Energiekosten. Alle Kosten basieren auf einem gleichwertigen Diesel- und Brennstoffzellen-Bus (gleichwertig betreffs Länge). Das Diesel-Vergleichsfahrzeug erfüllt die Euro VI-Norm.

Wo verfügbar, werden Marktpreise genommen. Dies ist z.B. der Fall für den Dieselpreis. Für H2 gibt es bisher keine Konkurrenzsituation mit einem transparenten Marktpreis. Deswegen wird für die erstmalige Bestimmung der Zusätzlichkeit der Mindest-H2-Preis über eine Bottom-up-Kalkulation der Gestehungskosten hergeleitet. Für zukünftige Nachweise der Zusätzlichkeit wird der Marktpreis von H2 genommen. Die Bottom-Up-Kalkulation des Wasserstoffpreises basiert auf Gestehungskosten. Die Angaben des Konsortiums um H2 Energy, Hyundai, Hydrospider (H2 Energy, Alpiq, Linde) wurden dazu verwendet, da es bisher die einzige marktnahe Quelle ist.

Abbildung 6: Bestimmung des H2-Verkaufspreises



Anhang A4 File 23 umfasst die Berechnung des H2-Verkaufspreises.

Tabelle 6 zeigt die Parameter, die zur Berechnung der H2-Buskosten benötigt werden.

Tabelle 6: Parameter H2-Bus-Kosten

Parameter	Wert	Einheit	Quelle
Jahresfahrleistung Standardbus	70'000	km	File 1 Postauto
Jahresfahrleistung Gelenkbus	65'000	km	File 1 Postauto
Verbrauch Standardbus	7.7	kg/100km	File 13: Durchschnittsverbrauch 5 Postautos letzte 2 Jahre
Verbrauch Gelenkbus	11.4	kg/100km	File 12: tieferer Wert angenommen; 18m VanHool Bus in NL hat 10 kg/100km (File 14)
Kalkulatorischer Zinssatz	3%		File 5: BAFU, 2021, S.75
CAPEX Standardbus	750'000	CHF	Infra nimmt einen Wert von 1'045'000 (File 24, Tabelle 1) an d.h. der Wert ist konservativ

CAPEX Gelenkbus	1'400'000	CHF	Infras nimmt einen vergleichbaren Wert von 1'300'000 an (File 24, Tabelle 1)
Amortisationszeit	12	Jahre	
Unterhaltskosten Standardbus	0.39	CHF/km	File 18: Deloitte, Figure 26; 15% tiefere Unterhaltskosten für H2-Bus; siehe auch File 19 NREL
Unterhaltskosten Gelenkbus	0.49	CHF/km	
Energiekosten	12.03	CHF/kg	File 23 tiefster Wert

Tabelle 7 zeigt die Kalkulation der H2-Buskosten.

**Tabelle 7: H2-Bus-Kosten (CHF/km)**

Kostenfaktor	Standardbus	Gelenkbus
Fahrzeugkosten	0.89	1.79
Finanzierungskosten	0.17	0.34
Unterhaltskosten	0.39	0.49
Energiekosten	0.93	1.37
<b>Total Kosten</b>	<b>2.38</b>	<b>4.01</b>

### Referenzkosten Dieselbus

Tabelle 8 zeigt die Parameter, die zur Kostenberechnung der Dieselbusse benötigt werden.

**Tabelle 8: Parameter Dieselbus Kosten**

Parameter	Wert	Einheit	Quelle
Jahresfahrleistung Standard Bus	70'000	km	File 1 Postauto
Jahresfahrleistung Gelenkbus	65'000	km	File 1 Postauto
Verbrauch Standard Bus	35	l/100 km	File 3 Postauto Verbrauch Dieselbusse auf den Fahrrouten vorgesehen für H2-Busse
Verbrauch Gelenkbus	47	l/100 km	
Kalkulatorischer Zinssatz	3%		File 5: BAFU, 2021, S.75
CAPEX Standardbus	338'000	CHF	[Redacted] (Durchschnitt von 2 Herstellern)
CAPEX Gelenkbus	423'000	CHF	
Amortisationszeit	12	Jahre	[Redacted]
Unterhaltskosten Standardbus	0.46	CHF/km	[Redacted]
Unterhaltskosten Gelenkbus	0.58	CHF/km	[Redacted]
Treibstoffkosten	1.54	CHF/l	File 15 BAFU, 2021, Anhang C, Energiepreise, Stand 31.1.2021
Treibstoffkosten mit Zollrückerstattung	1.07	CHF/l	File 16: Rückerstattungssatz 2021 60.05 CHF/100kg; Dichte 830 kg/1000 l gemäss File 5 BAFU, Tabelle 12; minus 5% Gebühr

Tabelle 9 zeigt die Kalkulation der Dieselbus-Kosten.

**Tabelle 9: Dieselbuskosten (CHF/km)**

Kostenfaktor	Standardbus	Gelenkbus
Fahrzeugkosten	0.40	0.54
Finanzierungskosten	0.08	0.10
Unterhaltskosten	0.46	0.58
Treibstoffkosten	0.38	0.50

<b>Total Kosten mit Zollrückerstattung</b>	<b>1.32</b>	<b>1.73</b>
<b>Total Kosten ohne Zollrückerstattung</b>	<b>1.48</b>	<b>1.95</b>

### Sensitivitätsanalyse

Der TCO von Dieselnbussen ist bei Standardbussen CHF 1.07 und bei Gelenkbussen CHF 2.28 tiefer pro km als derjenige von H2-Bussen. Der Einsatz von H2-Bussen zahlt sich also wirtschaftlich nicht aus.

Tabellen 10a und 10b vergleicht den TCO von Diesel- und H2-Bussen mit Variationen der Hauptparameter: Fahrzeugpreis, Unterhaltskosten und Energiekosten. Für die Variation des H2-Preises wurde der bottom-up berechnete Maximal- und Minimalpreis von H2 angenommen. Das Szenarium "Extremfall" basiert auf dem höchsten Wert von Dieselnbussen mit einer Variation der Bus Anschaffungskosten (+10%), der Unterhaltskosten (+10%) und der Energiekosten (+10%) und zugleich der tiefsten Kosten der H2-Busse mit einer Variation der Bus Anschaffungskosten (-10%), der Unterhaltskosten (-10%) und der Energiekosten (-10%). Es vergleicht damit direkt den Maximalwert Dieselnbussen mit dem Minimalwert H2-Busse. Das Szenarium 4 ist identisch nur das zugleich mit einem Wegfall der Zollrückerstattung für Dieselnbussen gerechnet wurde.

**Tabelle 10a: Standardbus 12m**

Fall	Diesel	H2	Zusatzkosten H2
1. Standardfall	1.32	2.38	81%
2. Wegfall Zollrückerstattung	1.48	2.38	61%
3. Extremfall	1.36	2.28	67%
4. Extremfall mit Wegfall Zollrückerstattung	1.54	2.28	48%

File 17; Extremfall: Höchster Wert Dieselnbussen der verschiedenen Sensitivitäten und tiefster Wert H2 Bus

**Tabelle 10b: Gelenkbus 18m**

Fall	Diesel	H2	Zusatzkosten H2
1. Standardfall	1.73	4.01	132%
2. Wegfall Zollrückerstattung	1.95	4.01	105%
3. Extremfall	1.80	3.79	111%
4. Extremfall mit Wegfall Zollrückerstattung	2.02	3.79	88%

File 17; Extremfall: Höchster Wert Dieselnbussen der verschiedenen Sensitivitäten und tiefster Wert H2 Bus

In allen Sensitivitätsfällen ist das Resultat robust, d.h., H2-Busse haben immer einen höheren TCO als Dieselnbussen.

### Einfluss von Bescheinigungen

Die folgende Tabelle zeigt die marginalen Zusatzkosten von Emissionsverminderungen.

**Tabelle 11: Marginale Zusatzkosten von Emissionsverminderungen**

Parameter	Wert	Einheit	Quelle
Mehrkosten H2 TCO Standardbus	0.90	CHF/km	H2-Dieselnbuskosten (ohne Rückerstattung)
Mehrkosten H2 TCO Gelenkbus	2.05	CHF/km	H2-Dieselnbuskosten (ohne Rückerstattung)
Mehrkosten pro Jahr pro Standardbus	62,884	CHF	berechnet aufgrund Fahrleistung
Mehrkosten pro Jahr pro Gelenkbus	133,413	CHF	berechnet aufgrund Fahrleistung
CO <sub>2</sub> -Reduktion pro Jahr pro Standardbus	52	tCO <sub>2</sub>	Excel ER, File 2

CO <sub>2</sub> -Reduktion pro Jahr pro Gelenkbus	64	tCO <sub>2</sub>	Excel ER, File 2
Kosten pro tCO <sub>2</sub> Standardbus	1,209	CHF/tCO <sub>2</sub>	Marginal abatement cost
Kosten pro tCO <sub>2</sub> Gelenkbus	2,085	CHF/tCO <sub>2</sub>	Marginal abatement cost

Mit dem Ertrag aus dem Verkauf von Bescheinigungen lassen sich die Zusatzkosten reduzieren. Bei einem Preis von CHF 200 pro Bescheinigung werden die Mehrkosten bei einem Standardbus um 17% und bei einem Gelenkbus um 10% reduziert (siehe File 17).

Die Zusätzlichkeit ist somit auf Stufe des Programms gegeben und muss nicht für einzelne Vorhaben aufgezeigt werden.

### **Übliche Praxis**

Gegenwärtig operieren in der Schweiz keine Brennstoffzellen-Busse.



## 5 Aufbau und Umsetzung des Monitorings

### 5.1 Beschreibung der gewählten Nachweismethode

Das Monitoring wird durch die Stiftung KliK umgesetzt, basierend auf den von den einzelnen Vorhaben gelieferten Daten.

Die Nachweismethode für Emissionsverminderungen entspricht der ex-ante Berechnung wie in Abschnitt 3 dargestellt. Die folgende Tabelle fasst die Parameter und Berechnungsmethoden zusammen.

**Tabelle 12: Monitoringparameter**

Parameter	Beschrieb	Erfassungsmethode	Programm oder Vorhabenebene
$F_i$	Vom Vorhaben ge- oder verkaufte, ge- oder verleaste, ge- oder vermietete H2-Busse	Verträge	Vorhaben
$EC_{P,i,y}$	H2-Verbrauch des Vorhaben-Busse $i$ im Jahr $y$	Messung des Eigners oder Nutzers der H2-Busse	Vorhaben
$FL_{P,i,y}$	Fahrleistung des Vorhaben-Busse $i$ im Jahr $y$ Differenzierung Fahrleistung Schweiz und Ausland	Messung des Eigners oder Nutzers der H2-Busse	Vorhaben
$EF_{elek,y}$	Emissionsfaktor Elektrizität Schweizer Produktionsmix	Jeweils aktuelle BAFU Vollzugsmitteilung	Programm
$SRV_y$	Spezifischer Verbrauch von Referenz Dieseln im Jahr $y$	Berechnung durch Programmleitung aufgrund der Angaben der Vorhabeneigner	Vorhaben
$EF_D$	Emissionsfaktor von Diesel	Jeweils aktuelle BAFU Vollzugsmitteilung	Programm
$KF_y$	Korrekturfaktor Elektro/H2-Busse im Jahr $y$	Berechnung durch Programmleitung	Programm
$KFE_{H2}$	Korrekturfaktor für die Verwendung von aus erneuerbaren Quellen und unter Einsatz erneuerbarer Energie produziertem H2	Erfassung durch Vorhabeneigner, Zusammenzug durch Programmeigner	Vorhaben
Finanzhilfen	Erhalt von nichtrückzahlbaren Geldleistungen für die Anschaffung von im Vorhaben enthaltenen H2-Busse	Angaben Vorhabeneigner	Vorhaben

Die Vorhaben werden durch die Stiftung KliK koordiniert. Sie kontrolliert auch, dass alle Vorhaben die Aufnahmekriterien gemäss Abschnitt 1.4.4 erfüllen, und ist zuständig für die Eingabe des Monitoring-Berichtes inkl. der Berechnung der Emissionsreduktionen pro Vorhaben.

Verantwortlich für die Datensammlung ist jeder Vorhabeneigner. Die Datenkontrolle und QS erfolgt durch die Stiftung KliK. Daten werden elektronisch gemäss den Vorschriften des Bundes für Emissionsminderungsprojekte archiviert. Das Vorhaben archiviert die Primärdaten. Diese sind im Normalfall elektronischer Natur. Kopien aller Daten werden von der Stiftung KliK aufbewahrt.

Das Monitoring startet zeitgleich mit dem Wirkungsbeginn des Vorhabens.

### 5.2 Ex-post Berechnung der anrechenbaren Emissionsverminderungen

#### 5.2.1 Formeln zur ex-post Berechnung erzielter Emissionsverminderungen

$$ER_y = (RE_y - PE_y) \times KFE_{H2}$$

wobei:

$ER_y$	Emissionsreduktionen im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> )
$RE_y$	Referenz Emissionen im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> )
$PE_y$	Projekt Emissionen im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> )
$KFE_{H2}$	Korrekturfaktor für die Verwendung von aus erneuerbaren Quellen und unter Einsatz von erneuerbarer Energie produziertem H <sub>2</sub> (keine Einheit)

$$RE_y = KF_y \times SRV_y \times FL_{P,y} \times EF_D$$

wobei:

$RE_y$	Referenz Emissionen im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> )
$KF_y$	Korrekturfaktor Elektro/H <sub>2</sub> -Busse im Jahr $y$
$SRV_y$	Spezifischer Verbrauch von Referenz Diesel Busse im Jahr $y$ (l/km)
$FL_{P,y}$	Fahrleistung aller H <sub>2</sub> -Busse des Projektes im Jahr $y$ (km)
$EF_D$	Emissionsfaktor von Diesel (kg CO <sub>2</sub> /l)

$$PE_y = \sum_i EC_{P,i,y} \times EF_{H2,y}$$

wobei:

$PE_y$	Projektemissionen im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> )
$EC_{P,i,y}$	H <sub>2</sub> -Verbrauch des Projekt-Busses $i$ im Jahr $y$ (kg H <sub>2</sub> )
$EF_{H2,y}$	Emissionsfaktor von H <sub>2</sub> im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> /kg H <sub>2</sub> )
$i$	H <sub>2</sub> Projekt-Bus

$$EF_{H2,y} = P_{H2,y} + Tr_{H2} + TS_{H2,y}$$

wobei:

$EF_{H2,y}$	Emissionsfaktor von H <sub>2</sub> im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> /kg H <sub>2</sub> )
$P_{H2,y}$	Produktionsemissionen von H <sub>2</sub> im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> /kg H <sub>2</sub> )
$Tr_{H2}$	Emissionen beim Transport von H <sub>2</sub> (kg CO <sub>2</sub> /kg H <sub>2</sub> )
$TS_{H2,y}$	Emissionen bei der H <sub>2</sub> -Komprimierung an der Tankstelle im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> /kg H <sub>2</sub> )

$$P_{H2,y} = SEH_{H2} \times EF_{elek,y}$$

wobei:

$P_{H2,y}$	Produktionsemissionen von H <sub>2</sub> im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> /kg H <sub>2</sub> )
$SEH_{H2}$	Spezifischer Energieverbrauch zur Herstellung von H <sub>2</sub> (kWh/kg H <sub>2</sub> )
$EF_{elek,y}$	Emissionsfaktor Schweizer Produktionsmix im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> /kWh)

$$TS_{H2,y} = SEK_{H2} \times EF_{elek,y}$$

wobei:

$TS_{H2,y}$	Emissionen bei der H <sub>2</sub> -Komprimierung an der Tankstelle im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> /kg H <sub>2</sub> )
$SEK_{H2}$	Spezifischer Energieverbrauch zur Komprimierung von H <sub>2</sub> an der Tankstelle (kWh/kg H <sub>2</sub> )
$EF_{elek,y}$	Emissionsfaktor Schweizer Produktionsmix im Jahr $y$ (kg CO <sub>2</sub> /kWh)

## 5.2.2 Wirkungsaufteilung

Veränderte Rahmenbedingungen<sup>34</sup> für den Einsatz der Busse durch zusätzliche Förderinstrumente für den Einsatz von H<sub>2</sub> Bussen wie (i) vom Programm Agglomerationsverkehr (ii) eine zusätzliche Förderung des ÖV (iii) oder einem Klimafonds der H<sub>2</sub> Busse fördert beeinflussen potenziell die Wirkungsaufteilung und sind daher zu berücksichtigen.

<sup>34</sup> Siehe File 24, Kapitel 6

## 5.3 Datenerhebung und Parameter

### 5.3.1 Fixe Parameter

Parameter	$EF_D$
Beschreibung des Parameters	Emissionsfaktor von Diesel
Wert	2.61
Einheit	kg CO <sub>2</sub> /Liter
Datenquelle	BAFU (2021), Projekte und Programme zur Emissionsverminderung im Inland, Tabelle 12 (File 5)

Parameter	$EF_{\text{elek}}$
Beschreibung des Parameters	Emissionsfaktor Elektrizität Schweizer Produktionsmix
Wert	29.8
Einheit	g CO <sub>2</sub> /kWh
Datenquelle	BAFU (2021), Projekte und Programme zur Emissionsverminderung im Inland, Abschnitt A3 (File 5)

Parameter	$Tr_{H_2}$
Beschreibung des Parameters	Emissionen beim Transport von H <sub>2</sub>
Wert	0.24
Einheit	kg CO <sub>2</sub> /kg H <sub>2</sub>
Datenquelle	Berechnung des Antragstellers; siehe File 2

Parameter	$SEH_{H_2}$
Beschreibung des Parameters	Spezifischer Energieverbrauch zur Herstellung von H <sub>2</sub>
Wert	64.5
Einheit	kWh/kg H <sub>2</sub>
Datenquelle	File 6: BFE, 2017, Ökobilanz von Wasserstoff als Treibstoff, S. 3

Parameter	$SEK_{H_2}$
Beschreibung des Parameters	Spezifischer Energieverbrauch zur Komprimierung von H <sub>2</sub> an der Tankstelle
Wert	2.63
Einheit	kWh/kg H <sub>2</sub>
Datenquelle	File 6: BFE, 2017, Ökobilanz von Wasserstoff als Treibstoff, Seite 5

### 5.3.2 Dynamische Parameter und Messwerte

<b>Dynamischer Parameter / Messwert</b>	<b>F<sub>i</sub></b>
Beschreibung des Parameters / Messwerts	Vom Vorhaben gekaufte, geleaste, gemietete H2-Busse
Einheit	Keine
Datenquelle	Vorhaben
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	Kauf-, Miet- oder Leasingverträge
Beschreibung Messablauf	Pro Bus müssen mindestens folgende Informationen ersichtlich sein: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datum des Vertragsabschlusses;</li> <li>• Fahrzeughersteller und Modell;</li> <li>• Fahrzeuglänge und zulässiges Gesamtgewicht;</li> <li>• Fahrzeugart (ÖV Bus, Reisebus)</li> </ul>
Kalibrierungsablauf	Nicht anwendbar
Genauigkeit der Messmethode	Nicht anwendbar
Messintervall	Jährlich
Verantwortliche Person	Vorhabenleiter

<b>Dynamischer Parameter / Messwert</b>	<b>EC<sub>P,i,y</sub></b>
Beschreibung des Parameters / Messwerts	H2-Verbrauch des Projekt-Busses <i>i</i> im Jahr <i>y</i>
Einheit	Kg
Datenquelle	Vorhaben: Treibstoffverbrauch pro H2-Bus
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	Nachweis Treibstoffverbrauch gemäss Tankabrechnungen. Nur in der Schweiz getanktes H2 wird berücksichtigt, sofern der Vorhabeneigner nachweisen kann, dass die durch die betreffende Menge H2 erzielten Emissionsverminderungen nicht bereits auf der Stufe eines vorgelagerten Glieds der Wertschöpfungskette angerechnet wurden. Dieser Nachweis erfolgt durch eine schriftliche Bestätigung, dass der Verkäufer von H2 selbst keine Emissionsverminderungen beansprucht und einen solchen Verzicht auch von vorgelagerten Gliedern der Wertschöpfungskette (insbesondere H2-Produktion) verlangt. Der Nachweis muss als Angabe die H2-Menge und den betreffenden Zeitraum beinhalten.
Beschreibung Messablauf	Bei der Betankung des Fahrzeugs wird aufgrund der Angabe der Zapfsäule die Menge der Betankung erfasst.
Kalibrierungsablauf	Die Tankstellen werden gemäss gesetzlichen Vorschriften kalibriert und sind normalerweise nicht im Besitz des Vorhabens.
Genauigkeit der Messmethode	Gemäss Tankstelle

Messintervall	Kontinuierlich mit monatlichen Abrechnungen
Verantwortliche Person	Vorhabenleiter

<b>Dynamischer Parameter / Messwert</b>	<b>SRV<sub>y</sub></b>
Beschreibung des Parameters / Messwerts	Spezifischer Verbrauch von Referenz Dieselnissen im Jahr y
Einheit	Liter/km
Datenquelle	Vorhaben
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	Nachweis Treibstoffverbrauch und Fahrleistung gemäss Tankabrechnungen oder Verbrauchskontrolle und gemäss Rückerstattung der auf Dieselöl erhobenen Mineralölsteuer.
Beschreibung Messablauf	<p>Bei der Betankung des Fahrzeugs wird aufgrund der Angabe der Zapfsäule die Litermenge der Betankung erfasst. Verbräuche und Fahrleistungen müssen deckungsgleich erhoben werden (gleicher Zeitraum). Daten über 12 Monate. Die Daten können von der Gesamtflotte oder einer Stichprobe sein.</p> <p>Die Referenz-Flotte sollte soweit möglich der Projektflotte entsprechen. Folgende Kriterien werden beachtet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergleichbare Einsatzart (ÖV respektive Langstreckeneinsatz);</li> <li>• Gleiche Fahrzeuggrössenklasse (vergleichbare Länge und Gewicht)</li> <li>• Gleiche Fahrzeugart (ÖV-Bus, Reisebus)</li> </ul> <p>Es wird folgendermassen überprüft, ob die Anzahl der Busse der Referenzflotte ausreichend ist für die Bestimmung des Referenzverbrauchs:</p> $N = \frac{1.96^2 \times \left(\frac{SD}{AV}\right)^2}{0.1^2}$ <p>Wobei:  N      Stichprobengrösse  SD     Standardabweichung  AV     Mittelwert  1.96   95% Konfidenzniveau  0.1     relatives Präzisionsniveau</p> <p>Die Anzahl Busse mit Daten muss grösser als N sein.</p> <p>Stichprobenzuverlässigkeitsmassstab (R).</p> $R = \frac{0.5 \times (CIW)}{AV} \times 100\%$ <p>Wobei:  R      Reliability (relatives Präzisionsniveau)</p>

	<p>CIW Breite des Konfidenzniveaus (95%, Differenz oberer und unterer Wert)                  AV Mittelwert</p> <p>R muss &lt;10% sein.</p> <p>Sollte das Unternehmen keine Referenzflotte besitzen oder ist die Stichprobe zu klein oder ist <math>R \geq 10\%</math>, so wird der reale Vorjahreswert genommen, und falls dieser nicht bekannt ist, wird für ÖV-Busse eine der folgenden Werte genommen: (i) Midibus 23.9 l/100km, (ii) Standardbus: 31.1 l/100km; (iii) Gelenkbus: 40.8 l/100km<sup>35</sup> und für Reisebusse der letzte publizierte Referenzwert des EMEP/EEA COPERT-Modells gewählt, mit den Standardfaktoren «coach», Busgrösse, Euro VI, Steigung von 0%, 50% Auslastung und einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 50 km/h.<sup>36</sup></p>
Kalibrierungsablauf	Die Tankstellen werden gemäss gesetzlichen Vorschriften kalibriert und sind normalerweise nicht im Besitz des Vorhabens.
Genauigkeit der Messmethode	Gemäss Tankstelle
Messintervall	Jährliche Auswertung
Verantwortliche Person	<p>Vorhabenleiter: Sammlung der Daten</p> <p>Programmlleiter: Berechnung des spezifischen Verbrauches pro Vorhaben und Überprüfung der Einhaltung der statistischen Anforderungen</p>

<b>Dynamischer Parameter / Messwert</b>	<b>FL<sub>P,y</sub></b>
Beschreibung des Parameters / Messwerts	Fahrleistung aller H2-Busse des Vorhabens im Jahr y; Differenzierung Fahrleistung Schweiz und Ausland
Einheit	km
Datenquelle	Vorhaben
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	Odometer/GPS/Fahrtenbuch/ÖV Streckenplan
Beschreibung Messablauf	<p>Ablesung</p> <p>Für die Erfassung von Auslandfahrten:</p> <p>a). Bei ÖV Betrieben mit fixen Fahrstrecken genügt die Darstellung, dass mindestens 80% der normalen Fahrstrecke in der Schweiz stattfindet (Routenplan)</p> <p>b). Bei Reisebussen kann der Nachweis über das Fahrtenbuch erfolgen (gefahrenen Strecken und Aufspaltung Schweiz / Ausland)</p>
Kalibrierungsablauf	Keine Kalibrierung

<sup>35</sup> Basierend auf „Berechnung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen des ÖPNV: Leitfaden zur Anwendung der europäischen Norm EN 16258« des deutschen Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur; Durchschnitt Deutschland Wert „Land“ pro Busgrösse; File 28, Tabelle 6

<sup>36</sup> File 8a/b/c EMEP/EEA (2019). Das COPERT Modell ist ein Softwareprogramm zur Berechnung von Luftschadstoffemissionen aus dem Strassenverkehr. Die Entwicklung von COPERT wurde von der EU im Rahmen der Aktivitäten des European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation (ETC/ACM) finanziert. Die wissenschaftliche Forschung, die dem Modell zugrunde liegt, wird von der Gemeinsamen Forschungsstelle (JRC) der Europäischen Kommission unterstützt. Die verwendeten Parameter sind: 50% Auslastungsgrad (der gewählte Auslastungsgrad kann 0%, 50% oder 100% sein), 0% Steigung (Standardeingabewerte sind von -6 bis + 6) sowie die Geschwindigkeit (frei wählbar) mit einem Default-Wert von 50 km/h.

Genauigkeit der Messmethode	Keine Angabe
Messintervall	Kontinuierlich mit monatlichen oder jährlichen Abrechnungen
Verantwortliche Person	Vorhabenleiter

<b>Dynamischer Parameter / Messwert</b>	<b>KF<sub>y</sub></b>
Beschreibung des Parameters / Messwerts	Korrekturfaktor Elektro/H2-Busse im Jahr y
Einheit	Keine
Datenquelle	BFS Datenbank STAT-TAB, verifizierter Monitoringbericht 0031 Elektro- und Hybridbusse Jahr y
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	Keine
Beschreibung Messablauf	$KF_y = \frac{\sum_{i=2021}^y AH_{2i} * NH_{2i}}{\sum_{i=2021}^y NH_{2i}} (7)$ <p>wobei:</p> <p>AH<sub>2y</sub> Anzahl der im Jahr y ausserhalb eines Kompensationsprogramms neu zugelassenen H2- und Elektro-Busse eines vergleichbaren Gesamtgewichts dividiert durch die Anzahl aller im Jahr y ausserhalb des Programms zugelassenen SNF eines vergleichbaren Gesamtgewichts</p> <p>NH<sub>2y</sub> Anzahl der im Jahr y ins Programm aufgenommenen H2-Busse</p>
Kalibrierungsablauf	Keine
Genauigkeit der Messmethode	Keine
Messintervall	Jährlich
Verantwortliche Person	Programmleiter

<b>Dynamischer Parameter / Messwert</b>	<b>Finanzhilfen</b>
Beschreibung des Parameters / Messwerts	Erhalt von nichtrückzahlbaren Geldleistungen für die Anschaffung von im Vorhaben enthaltenen Bussen
Einheit	CHF pro Bus <sup>37</sup>
Datenquelle	Vorhaben
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	Die Berechnung der Wirkungsaufteilung erfolgt durch die Programmleitung im Monitoringbericht gemäss Vorgabe BAFU und wie aufgeführt in File 5, BAFU (2021), Kapitel 2.6.3.
Beschreibung Messablauf	Keine

<sup>37</sup> Bei einer globalen Summe wird diese durch die Anzahl geförderter Busse dividiert.

Kalibrierungsablauf	Keine
Genauigkeit der Messmethode	Keine
Messintervall	Jährlich
Verantwortliche Person	Programmleiter

<b>Dynamischer Parameter / Messwert</b>	<b>KFE<sub>H2</sub></b>
Beschreibung des Parameters / Messwerts	Korrekturfaktor für die Verwendung von aus erneuerbaren Quellen und unter Einsatz erneuerbarer Energie produziertem H2
Einheit	Keine
Datenquelle	Vorhaben und Programm
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	<p>Bescheinigungen können nur ausgestellt werden für genutztes H2, das nachweislich aus erneuerbaren Quellen stammt und unter Einsatz erneuerbarer Energie produziert wurde. Das Vorhaben weist die entsprechende Menge H2 nach.</p> <p>Der Korrekturfaktor ist:  <math>KFE_{H2} = \text{erneuerbare Kaufmenge H2 Jahr } y / \text{H2-Verbrauch des Vorhabens Jahr } y \text{ (} EC_{P,y} \text{)}</math></p> <p>Auch wenn die Kaufmenge grösser ist als die Verbrauchsmenge, wird der Wert für KFE auf 1 festgelegt. Nicht beanspruchte Kaufmengen (welche die Verbrauchsmenge übersteigen) können auf das Folgejahr übertragen werden.</p> <p>Der H2-Hersteller oder H2-Vertreiber weist nach, dass er nur H2 aus erneuerbaren Quellen und unter Einsatz erneuerbarer Energie herstellt oder vertreibt.</p>
Beschreibung Messablauf	Keine
Kalibrierungsablauf	Keine
Genauigkeit der Messmethode	Keine
Messintervall	Jährlich
Verantwortliche Person	Programmleiter

### 5.3.3 Plausibilisierung der Daten und Berechnungen

<b>Dynamischer Parameter / Messwert</b>	<b>EC<sub>P,i,y</sub></b>
Beschreibung des Parameters / Messwerts	H2-Verbrauch des Vorhaben-Busse <i>i</i> im Jahr <i>y</i>



Einheit	kg
Datenquelle	Vorhaben
Art der Plausibilisierung	Berechnung des spezifischen Verbrauchs pro Bus und Vergleich des spezifischen Verbrauchs mit Vorjahren und mit anderen Vorhaben.

<b>Dynamischer Parameter / Messwert</b>	<b>SRV<sub>y</sub></b>
Beschreibung des Parameters / Messwerts	Spezifischer Verbrauch von Referenz Diesel Bussen im Jahr y
Einheit	Liter/km
Datenquelle	Vorhaben
Art der Plausibilisierung	Vergleich mit Vorjahr und anderen Vorhaben. Vergleich mit Wert von EMEP/EEA COPERT Modell <sup>38</sup> , mit den Standardfaktoren entsprechend der Busgrösse und Einsatzort (Stadtbus oder Überlandbus), Euro VI, Steigung von 0%, 50% Auslastung und einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 15km/h Stadtbus und 50 km/h Überlandbus.

<b>Dynamischer Parameter / Messwert</b>	<b>FL<sub>P,y</sub></b>
Beschreibung des Parameters / Messwerts	Fahrleistung aller H2-Busse des Vorhabens im Jahr y
Einheit	km
Datenquelle	Vorhaben
Art der Plausibilisierung	Berechnung der Jahresfahrleistung pro Bus und Vergleich mit Vorjahr und mit Werten anderer Vorhaben.

### 5.3.4 Überprüfung der Einflussfaktoren und der ex-ante definierten Referenzentwicklung

Ein Korrekturfaktor Referenzentwicklung (KF) ist aufgeführt und wird jährlich gemessen<sup>39</sup>. Der KF fliesst jährlich in die Berechnung der Referenzemissionen ein.

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse wird in der Mitte des Kalenderjahres 1 und 4 des Programms erneut durchgeführt und gilt für alle Vorhaben ab Jahr 2 respektive ab Jahr 5 des Programms. Veränderte Rahmenbedingungen<sup>40</sup> für den Einsatz der Busse durch zusätzliche Förderinstrumente für den Einsatz von H2 Bussen wie (i) Abschaffung der Mineralölsteuerrückerstattung, (ii) das Programm Agglomerationsverkehr, (iii) eine zusätzliche Förderung des ÖV, welches mit Umweltzielen gekoppelt werden kann, (iv) der Einführung von Klimazielen oder Umweltstandards, oder (v) einem Klimafonds der H2 Busse fördert, beeinflussen potenziell die Wirtschaftlichkeitsrechnung. Im jährlichen Monitoring wird die Auswirkung veränderter Rahmenbedingungen auf die Zusätzlichkeit aufgezeigt. Dies betrifft spezifisch: (ii) wenn die Agglomerationsprogramme ebenfalls H2-Busse ggü. Dieselbussen fördern, (iii) eine zusätzliche bundesweite/kantonale/städtische Förderung für H2-Busse ggü. Dieselbussen besteht, (iv) Umwelt-/Klimastandards den Einsatz von Dieselbussen verunmöglichen, (v) ein Klimafonds

<sup>38</sup> File 8a/b/c EMEP/EEA (2019)

<sup>39</sup> Siehe Tabelle 4

<sup>40</sup> Siehe File 24, Kapitel 6

H2-Busse ggü. Dieselmotoren fördert (die Auswirkung auf die Zusätzlichkeit einer Abschaffung der Mineralölsteuerrückerstattung wurde bereits im Antrag berücksichtigt).

## 5.4 Prozess- und Managementstruktur

Die Vorhaben werden durch die Stiftung KliK koordiniert. Die Stiftung KliK ist zuständig für die Eingabe des Monitoringberichts sowie für die Berechnung der Emissionsreduktionen pro Vorhaben. Verantwortlich für die Datensammlung sind jeweils die Vorhabeneigner.

Das Monitoring beginnt mit dem Wirkungsbeginn des ersten Vorhabens. Die Stiftung KliK informiert die Vorhabeneigner über die zu messenden Parameter, die Messmethode, die Datenaufbereitung und die Qualitätssicherung. Das Monitoring erfolgt kontinuierlich. Die Stiftung KliK verlangt von den Vorhabeneignern die Monitoringdaten jeweils für ein Kalenderjahr.

Der Vorhabeneigner erfasst die Inventarliste der H2-Busse, ihre Fahrleistung und den Verbrauch pro H2-Busse sowie die Fahrleistungen und Verbräuche der Referenzflotte.

Die Primärdaten werden elektronisch beim Vorhabeneigner archiviert, Kopien der verwendeten Daten elektronisch bei der Stiftung KliK.

### Qualitätssicherung und Archivierung

Folgende QA Kontrollen werden realisiert: Verbrauch: Vergleich der Werte mit Vorperioden und mit anderen Vorhaben; Jahresfahrleistung: Vergleich der Werte mit Vorperioden und mit anderen Vorhaben. Siehe auch 5.3.3 Plausibilisierung.

Daten werden elektronisch gemäss den Vorschriften des Bundes für Emissionsminderungsprojekte gelagert. Das Vorhaben lagert die Primärdaten. Diese sind im Normalfall elektronischer Natur. Kopien aller Daten werden vom Programmleiter aufbewahrt.

### Verantwortlichkeiten und institutionelle Vorrichtungen

Datenerhebung	Vorhaben
Verfasser des Monitoringberichts	Stiftung KliK
Qualitätssicherung	Stiftung KliK
Datenarchivierung	Vorhaben und Kopie bei der Stiftung KliK

## 6 Sonstiges

## 7 Kommunikation zum Gesuch und Unterschriften

Der Gesuchsteller willigt ein, dass die Geschäftsstelle zu diesem Gesuch mit den folgenden Parteien kommunizieren und Dokumente austauschen kann:

- Projektentwickler  ja  nein  
 Validierungsstelle  ja  nein  
 Standortkanton  ja  nein

### 7.1 Einverständniserklärung zur Veröffentlichung der Unterlagen

Das Bundesamt für Umwelt BAFU kann unter Wahrung des Geschäfts- und Fabrikationsgeheimnisses Gesuchsunterlagen veröffentlichen (Art. 14 CO<sub>2</sub>-Verordnung).

Der Gesuchsteller erklärt sich im Namen aller betroffenen Personen mit der Veröffentlichung folgender Dokumente zum Projekt zur Emissionsverminderung im Inland („Kompensationsprojekt“) auf der Webseite des Bundesamts für Umwelt BAFU einverstanden:

#### Zustimmung zur Veröffentlichung

- Ich bin mit der Veröffentlichung dieses Dokuments (vorliegende Projekt-/Programmbeschreibung) einverstanden. Das Dokument enthält weder eigene Geschäfts- oder Fabrikationsgeheimnisse noch solche von Dritten. Ich bestätige, dass ich die betreffenden Dritten kontaktiert habe und aus deren Sicht keine Geschäfts- und Fabrikationsgeheimnisse im vorliegenden Dokument enthalten sind. Ich bin damit einverstanden, dass meine Kontaktdaten veröffentlicht werden.
- Ich bin mit der Veröffentlichung einer teilweise geschwärzten Fassung dieses Dokuments einverstanden, welche das Geschäfts- oder Fabrikationsgeheimnis von allen betroffenen Personen wahrt. Ich bestätige, dass ich die betreffenden Dritten kontaktiert habe und die Schwärzungen mit deren Einverständnis vorgenommen habe. Die betreffenden Dritten sind mit der Veröffentlichung der teilweise geschwärzten Fassung einverstanden. Diese zur Veröffentlichung bestimmte Fassung befindet sich im Anhang A6.

Dokument	Version	Datum	Prüfstelle & Auftraggeber
Validierungsbericht (inkl. Checkliste)	1.0	29.06.2021	EBP Schweiz AG (im Auftrag von der Stiftung KliK)

#### Zustimmung zur Veröffentlichung

- Ich bin mit der Veröffentlichung des Dokuments einverstanden. Das Dokument enthält weder eigene Geschäfts- oder Fabrikationsgeheimnisse noch solche von Dritten. Ich bestätige, dass ich die betreffenden Dritten kontaktiert habe und aus deren Sicht keine Geschäfts- und Fabrikationsgeheimnisse im vorliegenden Dokument enthalten sind.
- Ich bin mit der Veröffentlichung einer teilweise geschwärzten Fassung des Dokuments einverstanden, welche das Geschäfts- oder Fabrikationsgeheimnis von allen betroffenen Personen wahrt. Ich bestätige, dass ich die betreffenden Dritten kontaktiert habe und die Schwärzungen

mit deren Einverständnis vorgenommen habe. Die betreffenden Dritten sind mit der Veröffentlichung der teilweise geschwärzten Fassung einverstanden. Diese zur Veröffentlichung bestimmte Fassung befindet sich im Anhang A7

## 7.2 Unterschriften

Der Gesuchsteller verpflichtet sich, wahrheitsgemässe Angaben zu machen. Absichtlich falsche Angaben werden strafrechtlich verfolgt.

Ort, Datum	Name, Funktion und Unterschrift des Gesuchstellers

Ort, Datum	Name, Funktion und Unterschrift des Gesuchstellers

## Anhang

A1. Unterlagen zu Angaben und Beschreibung des Projekts, Programms inkl. Vorhaben  
(z.B. Technische Datenblätter, Belege für den Umsetzungsbeginn)

A1.1 Anmeldeformular\_ Vorhaben

A1.2 Anmeldeformular\_ Mustervorhaben

A2. Unterlagen zur Abgrenzung zu weiteren klima- oder energiepolitischen Instrumenten  
(z.B. beantragte / erhaltene Finanzhilfen, Wirkungsaufteilung)

Keine

A3. Unterlagen zur Berechnung der erwarteten Emissionsverminderungen

File 1 Angaben Postauto Busse

File 2 ER H2 Projekt Busse

File 3

24, 25

A4. Unterlagen zur Wirtschaftlichkeitsanalyse

File 17 Additionalitaet

A5. Unterlagen zum Monitoring

Anhang 5

A6. Geschwärzte Fassung Projekt-/Programmbeschreibung

Antrag H2 Busprogramm\_public

A7. Geschwärzte Fassung Validierungsbericht

Keine

Eine vollständige Auflistung aller verwendeter Files ist auf der Liste der Dokumente Programm H2 Busse ersichtlich.