

Elektrische Baufahrzeuge: E-Bagger und E-Lader

Deckblatt

Dokumentversion	V2.3
Datum	10.5.2022

Gesuchsteller (Unternehmen) ¹	Stiftung Klimaschutz und CO ₂ -Kompensation KliK
Name, Vorname	Aepli, Darja
Strasse, Nr.	Streulistrasse 19
PLZ, Ort	8032 Zürich
Tel.	+41 44 224 60 04
E-Mail-Adresse	darja.aepli@klik.ch

Projektentwickler (Unternehmen)	EBP Schweiz AG
Name, Vorname	Hauser, Christoph
Kontaktperson für Rückfragen (an Stelle von Gesuchsteller)?	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein
Tel.	+41 44 395 11 94
E-Mail-Adresse	Christoph.Hauser@ebp.ch

Gesuch

- Ersteinreichung (Art. 7 CO₂-Verordnung)
- erneute Validierung zur Verlängerung der Kreditierungsperiode (Art. 8a CO₂-Verordnung)
- erneute Validierung aufgrund einer wesentlichen Änderung (Art. 11 Abs. 3 CO₂-Verordnung)

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

Inhalt

1	Angaben zum Projekt/Programm.....	4
1.1	Projekt-/Programmszusammenfassung	4
1.2	Typ und Umsetzungsform	4
1.3	Projektstandort	5
1.4	Beschreibung des Projektes/Programmes	5
1.4.1	Ausgangslage	5
1.4.2	Projekt-/Programmziel	5
1.4.3	Technologie	5
1.4.4	Programmspezifische Aspekte	6
1.5	Referenzszenario	9
1.6	Termine.....	9
2	Abgrenzung zu weiteren klima- oder energiepolitischen Instrumenten und Vermeidung von Doppelzählung	11
2.1	Finanzhilfen	11
2.2	Schnittstellen zu Unternehmen, die von der CO ₂ -Abgabe befreit sind	11
2.3	Doppelzählung aufgrund anderweitiger Abgeltung des ökologischen Mehrwerts	11
3	Berechnung ex-ante erwartete Emissionsverminderungen.....	13
3.1	Systemgrenze und Emissionsquellen	13
3.2	Einflussfaktoren	14
3.3	Leakage	15
3.4	Projektemissionen	17
3.5	Referenzentwicklung	18
3.6	Erwartete Emissionsverminderungen (ex-ante).....	20
3.6.1	Erwartete Emissionsverminderungen (ex-ante) für Bagger	21
3.6.2	Erwartete Emissionsverminderungen (ex-ante) für Lader.....	22
4	Nachweis der Zusätzlichkeit	24
4.1	Kostenanalyse der Bagger	25
4.2	Kostenanalyse der Lader.....	27
5	Aufbau und Umsetzung des Monitorings.....	30
5.1	Beschreibung der gewählten Nachweismethode	30
5.2	Ex-post Berechnung der anrechenbaren Emissionsverminderungen.....	31
5.2.1	Formeln zur ex-post Berechnung erzielter Emissionsverminderungen je E-Baufahrzeug unter dem Vorhaben.	31
5.2.2	Formeln zur ex-post Berechnung erzielter Emissionsverminderungen des Programms	32
5.2.3	Wirkungsaufteilung	33
5.3	Datenerhebung und Parameter	33
5.3.1	Fixe Parameter	33
5.3.2	Dynamische Parameter und Messwerte.....	33
5.3.3	Plausibilisierung der Daten und Berechnungen	37

5.3.4	Überprüfung der Einflussfaktoren und der ex-ante definierten Referenzentwicklung	39
5.4	Prozess- und Managementstruktur	44
6	Sonstiges	44
7	Kommunikation zum Gesuch und Unterschriften	45
7.1	Einverständniserklärung zur Veröffentlichung der Unterlagen	45
7.2	Unterschriften	46
Anhang	47

1 Angaben zum Projekt/Programm

1.1 Projekt-/Programmmzusammenfassung

Das Förderprogramm «Elektrische Baufahrzeuge» fördert den Ersatz von dieselbetriebenen Baggern und Ladern (folgend Baufahrzeuge) durch batterieelektrisch betriebene Bagger und Lader (folgend E-Baufahrzeuge).

Es gibt zurzeit ca. 15'400 Bagger (Mini-, Raupen- und Radbagger) sowie ca. 7'300 Pneu- und Raupenlader in der Schweiz (A3.3_BAFU 2015), die heute praktisch ausschliesslich mit Diesel betrieben werden. Die Baubranche in der Schweiz arbeitet saisonal und zyklisch, auf einem stetigen Markt. Entsprechend wird damit gerechnet, dass die Zahl der Baufahrzeuge künftig konstant bleibt.

Das Programm soll einen finanziellen Beitrag zu den Anschaffungskosten von E-Baufahrzeugen leisten, um so einen Markthochlauf und entsprechende CO₂-Einsparungen im Fahrzeugeinsatz zu erreichen. Der Nachweis der Zusätzlichkeit geschieht über einen Vergleich zwischen den Anschaffungskosten (Baufahrzeug und Ladeinfrastruktur) und den Betriebskosten (Energie-, Wartungs- und Versicherungskosten) für E-Baufahrzeuge und konventionelle Baufahrzeuge.

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 ² <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"/> 4.1 Brennstoffwechsel bei Prozesswärme <input checked="" type="checkbox"/> 5.1 Effizienzverbesserung im Personentransport oder Güterverkehr <input type="checkbox"/> 5.2 Einsatz von flüssigen biogenen Treibstoffen <input type="checkbox"/> 5.3 Einsatz von gasförmigen biogenen Treibstoffen <input type="checkbox"/> 6.1 Abfackelung bzw. energetische Nutzung von Methangas ³ <input type="checkbox"/> 6.2 Methanvermeidung aus biogenen Abfällen ⁴ <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 ₃ , PFC oder SF ₆) <input type="checkbox"/> 8.1 Vermeidung und Substitution von Lachgas (N ₂ O) <input type="checkbox"/> 9.1 Biologische CO ₂ -Sequestrierung in Holzprodukten <input type="checkbox"/> andere:
------------	--

Umsetzungsform

Einzelnes Projekt
 Projektbündel
 Programm

² Unter diesem Typ sind Projekte/Programme aufzuführen, bei denen in landwirtschaftlichen oder industriellen Biogasanlagen Biogas produziert wird und neben der reinen Methanvermeidung (=Kategorie 6) *zusätzlich* Bescheinigungen aus der Nutzung dieses Biogases in Form von Wärme oder aus der Einspeisung in ein Erdgasnetz generiert werden. Handelt es sich beim Projekt/Programm nur um Stromproduktion, welche durch die KEV abgegolten wird, und werden Bescheinigungen nur für den Methanvermeidungsteil generiert, fällt das Projekt/Programm unter den Typ 6.2.

³ Unter diesen Typ fallen beispielsweise Deponiegasprojekte oder Methanvermeidung auf Kläranlagen.

⁴ Unter diesen Typ fallen Biogasanlagen, die ausschliesslich für die Methanreduktion Bescheinigungen erhalten.

1.3 Projektstandort

Das Programm wird schweizweit umgesetzt und Vorhaben sind jeweils bei der Adresse des Fahrzeug-eigentümers angesiedelt, wobei die Fahrzeuge auf unterschiedlichen Einsatzorten (i.d.R. Baustellen aber auch z.B. Landwirtschaftsbetrieben) in der Schweiz zum Einsatz kommen.

1.4 Beschreibung des Projektes/Programmes

1.4.1 Ausgangslage

Die Schweiz zählt einen Bestand von etwa 15'400 Bagger (Mini-, Raupen- und Radbagger) und 7'300 Pneu- und Raupenladern, die heute praktisch ausschliesslich mit Diesel betrieben werden (A3.3_BAFU 2015). Es wird von einem Energieverbrauch von insgesamt etwa 4.2 PJ/Jahr Diesel für diese Baufahrzeuge ausgegangen (A3.3_BAFU 2015). Dies entspricht einem CO₂-Ausstoss von ca. 310 000 t CO₂ pro Jahr.

Vor allem in den kleineren Fahrzeugklassen sind technologiereife E-Baufahrzeuge erhältlich, jedoch werden gegenwärtig die dieselbetriebenen Baufahrzeuge in nahezu allen Fällen wieder durch Fahrzeuge mit Diesel-Antrieben ersetzt. Als Haupthemmnis für E-Baufahrzeuge gelten die (i) höheren Investitionskosten der E-Baufahrzeuge im Vergleich zu konventionellen Baufahrzeugen. Zusätzlich gelten (ii) Hürden bei der Ladeinfrastruktur sowie (iii) die gegebene Skepsis gegenüber der Technologie, inkl. der Ladeproblematik seitens der Bauunternehmen.

1.4.2 Projekt-/Programmziel

Das Programmziel ist den Einsatz von E-Baufahrzeugen anstelle von dieselbetriebenen Baufahrzeugen zu fördern und damit in der Schweiz Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Das Programm soll einen finanziellen Beitrag zu den Anschaffungskosten von E-Baufahrzeugen leisten, um so einen Markthochlauf und entsprechende CO₂-Einsparungen im Fahrzeugeinsatz zu erreichen.

1.4.3 Technologie

Der **batterieelektrische Antrieb** für Baufahrzeuge führt zu einer deutlichen Reduktion der CO₂-Emissionen gegenüber einem Dieselantrieb. Dieser charakterisiert sich wie folgt:

- Das Fahrzeug verfügt über einen Elektromotor, der mit Batterie betrieben wird. Die Batterie wird nachts oder in Einsatzpausen mit Strom aufgeladen. Ergänzend können Fahrzeuge auch während des Betriebs (z.B. während eines längeren, an einem Ort stattfindenden Aushubs) über eine Stromleitung geladen und im stationären Netzbetrieb betrieben werden. Ein reiner Netzbetrieb ohne Batterie ist von den Herstellern nicht vorgesehen und nicht Teil des vorliegenden Programms.
- Die Marktreife ist gegeben. Es gibt umgerüstete Modelle sowie erste Serienmodelle von Herstellern wie SunCar HK, Case, Kramer, Volvo, Wacker Neuson und Weidemann, JCB, Liebherr, Volvo und Avesco AG (die meisten Hersteller produzieren entweder Bagger oder Lader, nicht beides). Die Datenbank der Stiftung Bellona aus Norwegen gibt eine Übersicht über bereits am Markt verfügbare E-Baufahrzeuge verschiedener Hersteller⁵.
- Je kleiner der Leistungsbedarf eines Baufahrzeuges, umso kleiner kann das benötigte Batteriepack ausgestaltet und umso einfacher eine Elektrifizierung erreicht werden. Deswegen wurden bislang vor allem kompakte E-Baufahrzeuge mit verhältnismässig niedrigen Leistungsbedarfen eingeführt (Gesamtleistung von Motor und Hydraulik: bis etwa 60kW bei den Baggern und 70 kW bei den Ladern). Es ist zu erwarten, dass mit sinkenden Batteriepreisen und steigenden Energiedichten der Batterien zukünftig grössere Modelle elektrifiziert werden können.

Folgende Baufahrzeuge sind Teil des Programms:

- **Bagger** (Mini-, Raupen- und Radbagger) dienen zum Lösen/Herausbrechen und Bewegen von Boden und Fels. Dabei werden vor allem Baugruben und Schächte ausgehoben und wieder gefüllt.

⁵ <https://bellona.org/database-emission-free-construction-equipment-by-manufacturer>

- **Pneu- und Raupenlader** (in Schweizerdeutsch teils «Trax» genannt) dienen zum Laden und Transportieren von Gütern und Baumaterial über kurze Distanzen. Sie sind meist mit einer Schaukel für Erdbewegungsarbeiten ausgestattet. Dieser Teil beinhaltet auch sogenannte Hoflader in Landwirtschaftsbetrieben.

1.4.4 Programmspezifische Aspekte

Alle Vorhaben verfolgen den Zweck, ein E-Baufahrzeug anstelle eines Dieselfahrzeugs anzuschaffen.

Programmstruktur

Gesuchstellerin und Betreiberin des Programms ist die Stiftung KliK, sie behält sich jedoch vor, den Programmbetrieb an ein drittes Unternehmen auszulagern. Folgend wird davon ausgegangen, dass die Stiftung KliK das Programm selbst betreibt.

Zur Verbreitung des Programms ist eine Partnerschaft mit zwei Akteuren als Kommunikationspartner angestrebt:

- Schweizerischen Baumeisterverband (SBV): Die Baubranche besteht aus einigen grossen sowie zahlreichen kleinen Unternehmen. Das Programm richtet sich an alle interessierten Unternehmen, wobei typischerweise grosse Unternehmen die Ausbreitung von technologischen Innovationen in der Branche vorantreiben, und später kleinere Unternehmen ebenfalls umsteigen. Es wird angenommen, dass das Kompensationsprogramm in der Anlaufzeit primär für grosse Baufirmen und Grossvermieter von Baufahrzeugen interessant sein wird. Zunehmend wird das Programm aber auch mittlere und kleine Unternehmen ansprechen. Grossvermieter gewinnen in der Baubranche an Bedeutung, da Baufirmen ihren Fahrzeugpark zur Flexibilisierung ihres Betriebs zunehmend auslagern.
- AgroCleanTech: Die Landwirtschaftsbetriebe sind in zahlreiche Klein- und Grossbetriebe aufgeteilt. Das Programm richtet sich an alle interessierten Landwirtschaftsbetriebe. Es wird angenommen, dass das Kompensationsprogramm in der Anlaufzeit primär für grössere Landwirtschaftsbetriebe interessant sein wird. Mit der Zeit wird das Programm aber auch mittlere und kleinere Landwirtschaftsbetriebe ansprechen.

Vorhaben

Im Programm gilt ein Unternehmen als ein Vorhaben, welches im Laufe des Programms ein oder mehrere E-Baufahrzeuge beschafft. Dies sind beispielsweise:

- Bauunternehmer: grosse Baufirmen sind z.B. STRABAG, Implenia, Züblin
- Baufahrzeugvermieter: Grossvermieter für Baumaschinen sind z.B. Boels oder Loxam. Über die *European Rental Association* (ERA) können weitere Firmen eingebunden werden.
- Landwirtschaftsbetriebe

Jedes unter dem Vorhaben angemeldete und durch die Stiftung KliK auf die Erfüllung der Aufnahmekriterien geprüfte E-Baufahrzeug gilt als «ins Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug».

Pauschaler Zusätzlichkeitssachweis

Die Zusätzlichkeit ist innerhalb des Programms pauschal für die «ins Vorhaben aufgenommenen E-Baufahrzeuge» ausgewiesen, der Anwendungsbereich der pauschalen Zusätzlichkeit wird jedoch im Laufe der Programmdurchführung überprüft und gegebenenfalls angepasst (siehe Kapitel 4 und Kapitel 5.3.4). Zusätzlich ist aber immer auch ein individueller Zusätzlichkeitssachweis möglich.

Für die Beschaffung und den Betrieb von E-Baufahrzeugen gegenüber konventionellen Baufahrzeugen fallen Mehrkosten an. Die prozentuale Höhe der Mehrkosten unterscheidet sich je Betriebsgewicht des Baufahrzeugs. Je höher das Betriebsgewicht eines Baufahrzeugs, desto höher sind auch die prozentualen Mehrkosten. Bei Baufahrzeugen mit geringem Betriebsgewicht sind die Mehrkosten

von E-Baufahrzeugen gegenüber den Mehrkosten von konventionellen Baufahrzeugen prozentual entsprechend am geringsten. Um die Konservativität der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu gewährleisten, wurde die Zusätzlichkeit anhand von Baufahrzeugen mit dem geringsten Betriebsgewicht aufgezeigt. Der Nachweis der Zusätzlichkeit geschieht über eine Kostenanalyse und wird jeweils für E-Bagger und E-Lader durchgeführt. Typischerweise werden aufgrund der höheren Technologiereife kleinerer Batterien, die leichtesten Elektrofahrzeuge, mit der kleinsten Batterie, zuerst wirtschaftlich. Die Überprüfung der Zusätzlichkeit erfolgt entsprechend für die Bagger-, respektive Lader mit dem geringsten Betriebsgewicht. Dadurch wird der jeweils konservativste Fall untersucht. Falls diese Klasse die Zusätzlichkeitsprüfung besteht, gelten die grösseren Klassen pauschal als zusätzlich. Da in Zukunft mehr Daten zur Verfügung stehen und um etwaige Preisänderungen überprüfen zu können, wird die Zusätzlichkeit am Ende von Kalenderjahr 1 sowie Kalenderjahr 4 der ersten Kreditierungsperiode überprüft.

Prozess für Anmeldung und Aufnahme vom Vorhaben ins Programm

Die Anmeldung und Aufnahme von Vorhaben und E-Baufahrzeugen unter dem Vorhaben ins Programm läuft folgendermassen ab:

1. Der Vorhabeneigner meldet sich anhand des Anmeldeformulars beim Programm an und gibt dabei die relevanten Angaben zu der konkret vorgesehenen Beschaffung von E-Baufahrzeugen an. Sollten in den kommenden Jahren weitere E-Baufahrzeuge durch das Unternehmen beschafft werden, werden diese als weitere Fahrzeuge in derselben Anmeldung hinzugefügt und damit im Programm angemeldet. Dabei werden die Angaben innerhalb des bestehenden Vorhabens als zusätzlich in Betrieb genommene Fahrzeuge ergänzt.
2. Die Programmbetreiberin prüft anhand des Anmeldeformulars, ob die Aufnahmekriterien für ein Vorhaben und die darin enthaltenen E-Baufahrzeuge eingehalten sind. E-Baufahrzeuge, welche zu einem späteren Zeitpunkt beschafft und unter einem bestehenden Vorhaben angemeldet werden, werden wiederum von der Programmbetreiberin entsprechend der Aufnahmekriterien geprüft und ins Vorhaben aufgenommen. Explizit wird auch die Datenverfügbarkeit bei den entsprechenden Aufnahmekriterien 6 und 7 überprüft und im Anmeldeformular eine «Einwilligung zu einer allfälligen Überprüfung der Daten» vom Vorhaben eingeholt (siehe auch Anhang 1.4_Muster_Anmeldeformular_E-Baufahrzeuge).

Liste von Aufnahmekriterien

Folgende Tabelle zeigt die Aufnahmekriterien der Vorhaben und der ins Vorhaben aufgenommenen E-Baufahrzeuge auf (siehe auch Anhang 1.4_Muster_Anmeldeformular_E-Baufahrzeuge).

Aufnahmekriterium Vorhaben		Anwendung	Beleg
0	Ausschliesslich der Einsatz von batterieelektrischen Baggern und Ladern ist Teil des Programms.	Festlegen als Teilnahmebedingung	Bestätigung auf Anmeldeformular
1	Das Vorhaben und die «ins Vorhaben aufgenommenen E-Baufahrzeuge» befinden sich in der Schweiz.	Adresse Fahrzeugeigentümer	Adresse auf Anmeldeformular
2	Das «ins Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeug» wird ausschliesslich in der Schweiz eingesetzt.	Festlegen als Teilnahmebedingung	Bestätigung auf Anmeldeformular
3	Der Abschluss des Kaufvertrags (Annahme der Bestellung) des «ins Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeugs» fand zum Zeitpunkt der Anmeldung noch nicht statt.	Prüfung, dass E-Baufahrzeug noch nicht bestellt wurde.	Bestätigung auf Anmeldeformular
4	Die durch die «ins Vorhaben aufgenommenen E-Baufahrzeuge» erzielten Emissionsverminderungen	Festlegen als Teilnahmebedingung	Bestätigung auf Anmeldeformular

	werden nicht anderweitig geltend gemacht.		
5	Die durch die «ins Vorhaben aufgenommenen E-Baufahrzeuge» erzielten Emissionsverminderungen werden an die Programmträger-schaft übertragen.	Festlegen als Teilnahmebedingung	Bestätigung der Vertraglichen Bestimmungen auf Anmeldeformular
6	Das «ins Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeug» kann einem der im Programm enthaltenen Vorhaben zugeordnet werden.	Festlegung von Anforderungen	Angabe auf Anmeldeformular: - Angaben zu Unternehmen (Firma, Adresse, Ort) - Hersteller, Modell/Typ, Betriebsgewicht des E-Baufahrzeugs
7	Die für die Berechnung der durch die «ins Vorhaben aufgenommenen E-Baufahrzeuge» erzielten Emissionsverminderungen notwendigen Parameter können gemessen bzw. (bei Wirkungsmodellen) mit Messungen plausibilisiert werden.	Abgleich Eigenschaften des Vorhabens mit Berechnungsmethode und Festlegen entsprechender Anforderungen.	Angabe auf Anmeldeformular: - Hersteller, Modell/Typ, Betriebsgewicht des konventionellen Bau-fahrzeugs (Referenz).. Wenn vorliegend (inkl. Belge/Dokumente) - Dieselverbrauch und Betriebsstunden des Referenz- Baufahr-zeugs der letzten drei Jahre. - Angaben, ob Stromverbrauch und/oder Betriebsstunden des E-Baufahrzeugs in Telematik aufge-zeichnet werden. - Spezifischer Stromverbrauch des E-Baufahrzeugs gemäss Herstel-ler. Wenn keine Belege/Dokumente zu historischem Dieselverbrauch und Betriebsstunden vorliegen oder der Stromverbrauch des E-Bau-fahrzeugs nicht aufgezeichnet wird, muss dies explizit auf dem Anmeldeformular bestätigt wer-den.
8.1	Zusätzlich zugesprochene oder erwartete Finanzhilfen (z.B. durch Kanton, Bund, etc.) je «ins Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug» werden ausgewiesen.	Finanzhilfen müssen ausgewiesen werde	Bestätigung auf Anmeldeformular
8.2	Die Wirkungsaufteilung je «ins Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug» ist eingereicht.	Ausschliessen von Doppelzählungen	Bei Inanspruchnahme von weiteren Finanzhilfen (siehe 8.1) muss vor Wirkungsbeginn eine Wirkungsaufteilung gemäss Vollzugsmittteilung BAFU eingereicht werden.
9	Das Vorhaben kann ausschliesslich in einem bestehenden (=umgesetzten) Programm aufgenommen werden. Die Aufnahme im Programm erfolgt erst nach Anmeldung im Programm.	Festlegen als Teilnahmebedingung	Anmeldeformular

Mustervorhaben

Die Berechnung der erwarteten Emissionsverminderungen (inkl. Referenzemissionen) (Kapitel 3) und die Ermittlung der Zusätzlichkeit (Kapitel 4) werden anhand von Mustervorhaben durchgeführt. Diese entsprechen marktreifen Beispielen.

Betriebsgewicht	Hersteller und Modell
E-Bagger 2t	██████████
E-Bagger 7t	██████████
E-Bagger 16t	██████████
E-Lader 2t	██████████████████
E-Lader 4t	██████████

Tabelle 1: Mustervorhaben E-Bagger und E-Lader

1.5 Referenzszenario

Referenzszenario 1: Bis 2030 erreichen E-Baufahrzeuge Marktanteile von 5 – 10%

Ohne ein entsprechendes Programm für E-Baufahrzeuge werden weiterhin mehrheitlich Dieselfahrzeuge in der Baubranche angeschafft. Diese Fahrzeuge werden meist mit einem oder mehreren Dieselmotoren angetrieben, die neben dem Fahrantrieb auch den Öldruck zum Betrieb der Hydraulik erzeugen. Die Gesamtwirtschaftlichkeit der Dieselfahrzeuge ist besser. Zudem können Dieselfahrzeuge auf allen Baustellen eingesetzt werden, während E-Baufahrzeuge hohe Anforderungen an Ladeinfrastruktur auf (oder in der Nähe) der Baustelle aufweisen. Um die Wartungskosten und Ersatzteillogistik zu minimieren, bevorzugen viele Baufirmen, ihren Maschinen- und Fahrzeugpark nur von wenigen Lieferanten zu beziehen, was ein zusätzliches Markthindernis für neue Anbieter von Elektro-Modellen darstellt (sofern diese vorher noch nicht mit Dieselmotoren im Markt präsent waren). Die Argumente, die einen mehrheitlichen Einsatz von Dieselmotoren bei Baufahrzeugen erklären, gelten ebenfalls für den Einsatz in landwirtschaftlichen Betrieben.

E-Baufahrzeuge werden in den nächsten 10 Jahren noch keine bessere Gesamtwirtschaftlichkeit als konventionelle aufweisen, da mangels selbständiger Marktdurchdringung keine Skaleneffekte und damit keine signifikanten Preissenkungen bei E-Baufahrzeugen aufkommen werden. Die spezifischen Kosten von Batterien (CHF/kWh Batteriekapazität) werden zwar zurückgehen, aber dies wird kompensiert durch zunehmende Batteriegrößen im Fahrzeug. Die zunehmende Nachfrage nach Batterien und die erforderlichen Investitionen für den Aufbau weiterer Zell-Fabriken führen dazu, dass die Marktpreise für Batteriepakete aktuell stagnieren.

Referenzszenario 2: Bis 2030 erreichen E- Baufahrzeuge Marktanteile deutlich über 10%

Dieses Szenario ist möglich, wenn gesetzliche Vorgaben in der Schweiz und Europa die Kosten (inkl. Betriebsaufwände) für dieselfetriebene Baufahrzeuge gegenüber E-Baufahrzeugen erhöhen oder dieselfetriebene Fahrzeuge sogar verbieten. Insbesondere europäische Vorgaben könnten wirkungsvoll sein, da diese das Angebot von Fahrzeugen internationaler Hersteller massgeblich beeinflussen und zu einer rasch wachsenden Modellpalette erschwinglicher Fahrzeuge führen könnten. Diese Vorgaben könnten unter anderem folgendes beinhalten: strengere Emissionsvorschriften auf Baustellen; grüne Zonen, die die Durchfahrt mit Dieselfahrzeugen unterbinden; höhere Treibstoffabgaben; Förderung für elektrische Fahrzeuge und ihre Ladeinfrastruktur.

Aufgrund der Ablehnung des revidierten CO₂-Gesetzes im Juni 2021 und der nicht absehbaren strengeren Regulierung in der EU gehen wir davon aus, dass die schweizerische Baubranche in den folgenden Jahren noch nicht strenger reguliert wird und daher Referenzszenario 1 mit höchster Wahrscheinlichkeit eintritt.

1.6 Termine

Termine	Datum	Spezifische Bemerkungen
---------	-------	-------------------------

Projekt-/Programmbeschreibung von Projekten/Programmen zur Emissionsverminderung in der Schweiz

Umsetzungsbeginn	<p>Programmebene: voraussichtlich 01.01.2022</p> <p>Vorhaben: wird auf Vorhabenebene festgelegt.</p> <p>«ins Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug»: wird auf Ebene des ins Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeug festgelegt.</p>	<p>Der Umsetzungsbeginn <u>des Programms</u> wird durch die Erteilung des Auftrags zur Einrichtung einer Programmwebsite oder durch die Erteilung eines Auftrags zum Betrieb des Programms an ein drittes Unternehmen (siehe auch Kap. 5.4) definiert.</p> <p>Der Umsetzungsbeginn <u>eines Vorhabens</u> wird mit der Erteilung des Kaufs des ersten «ins Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeug» definiert.</p> <p>Der Umsetzungsbeginn eines <u>«ins Vorhaben aufgenommenen E-Baufahrzeug»</u> wird mit Erteilung des Kaufs des E-Baufahrzeugs definiert.</p>
Wirkungsbeginn	<p>Programmebene: Wird auf Vorhabenebene festgelegt.</p> <p>Vorhaben: wird auf Vorhabenebene festgelegt.</p> <p>«ins Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug»: wird auf Ebene des ins Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeug festgelegt.</p>	<p>Der Wirkungsbeginn <u>des Programms</u> entspricht der Inbetriebnahme des ersten Vorhabens, welche durch die Inbetriebnahme des ersten E-Baufahrzeugs unter dem Vorhaben definiert ist.</p> <p>Der Wirkungsbeginn <u>eines Vorhabens</u> wird mit Inbetriebnahme des ersten «ins Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeug» definiert.</p> <p>Der Wirkungsbeginn eines <u>«ins Vorhaben aufgenommenen E-Baufahrzeug»</u> wird mit Inbetriebnahme des E-Baufahrzeugs definiert.</p>

	Anzahl Jahre	Spezifische Bemerkungen
Dauer des Programms in Jahren:	<p>Programm: unbefristet</p> <p>Vorhaben: unbefristet</p> <p>«ins Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug»: 7 Jahre⁶</p>	Die Wirkungskdauer der Vorhaben ist unbefristet, da es während der Programmdauer um neue «ins Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeuge» erweitert werden kann. Demgegenüber können «ins Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeuge» während einer Lebensdauer von maximal 7 Jahren Emissionsverminderungen geltend machen, wodurch die Wirkungskdauer beschränkt ist.

	Datum	Spezifische Bemerkungen
Beginn 1. Kreditierungsperiode:	Voraussichtlich 01.01.2022	Programme haben eine Kreditierungsperiode. Die Vorhaben und die «ins Vorhaben aufgenommenen E-Baufahrzeuge» des Programms haben keine Kreditierungsperiode.
Ende 1. Kreditierungsperiode:	Voraussichtlich 31.12.2028	

⁶ Die Wirkungskdauer von 7 Jahre für ein «ins Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug» wird mit der wirtschaftlichen Lebensdauer für Baufahrzeuge gemäss Angaben des Schweizerischen Baumeisterverbands begründet. Die Lebensdauer eines Baufahrzeugs ist demgegenüber länger und die Fahrzeuge werden i.d.R. auch als Occasion nach der wirtschaftlichen Lebensdauer weitergenutzt.

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

2.1 Finanzhilfen

Gibt es für das Programm bzw. Vorhaben zugesprochene oder erwartete Finanzhilfen⁷?

- Ja
 Nein

Auf kantonaler, kommunaler oder nationaler Ebene existieren bis zu gegenwärtigem Zeitpunkt keine spezifischen Fördermöglichkeiten, welche den Einsatz von E-Baufahrzeugen finanziell unterstützen. Trotzdem könnten Vorhaben bzw. «ins Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeuge» Innovationsförderungen wie von der schweizerischen Agentur Innosuisse beantragen. Zudem kann die Einführung von spezifischen Fördermöglichkeiten von z.B. Kantonen, in den kommenden Jahren nicht ausgeschlossen werden.

Bei der Programmanmeldung müssen Vorhaben bzw. «ins Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeuge» nachweisen, ob weitere Finanzhilfen in Anspruch genommen wurden. Der Nachweis ist als Aufnahmekriterium 8.1 (siehe Kap. 1.4.4) aufgeführt.

Sollte ein Vorhaben oder ein «ins Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug» neben den erwarteten Erlösen aus Bescheinigungen nicht rückzahlbare Geldleistungen von Bund, Kantonen oder Gemeinden für den Einsatz von E-Baufahrzeugen in Anspruch genommen haben, muss die durch das «ins Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug» bewirkte Emissionsverminderung zur Vermeidung von Doppelzählungen aufgeteilt werden. Diese sogenannte Wirkungsaufteilung muss gemäss den in der Vollzugsmittelteilung BAFU definierten Vorgehen durchgeführt werden⁸. Die Wirkungsaufteilung muss entsprechend vor dem Wirkungsbeginn des «ins Vorhaben aufgenommenen E-Baufahrzeugs» vorliegen (siehe Aufnahmekriterium 8.2 in Kapitel 1.4.4). Sollte keine oder eine unzureichende Wirkungsaufteilung vorgelegt werden, wird das «ins Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug» aus dem Vorhaben ausgeschlossen und es können keine Bescheinigungen ausgestellt werden.

2.2 Schnittstellen zu Unternehmen, die von der CO₂-Abgabe befreit sind

Weisen das Projekt oder die Vorhaben des Programms Schnittstellen zu Unternehmen auf, die von der CO₂-Abgabe befreit sind?

- Ja
 Nein

Da das Programm ausschliesslich die Reduktion von Treibstoff bewirkt, weisen die Vorhaben des Programms keine Schnittstelle zur CO₂-Abgabebefreiung auf. Treibstoffe für Fahrzeuge, als nicht stationäre Anlagen, sind nicht Teil einer Verminderungsverpflichtung oder des Emissionshandelssystems.

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 CO₂-Verordnung)?

- Ja
 Nein

⁷ 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 nicht rückzahlbare Geldleistungen, Vorzugsbedingungen bei Darlehen, Bürgschaften sowie unentgeltliche oder verbilligte Dienst- und Sachleistungen (Art. 3 Absatz 1 [Subventionsgesetz SR 616.1](#)).

⁸ Siehe Vollzugsmittelteilung «Projekte und Programme zur Emissionsverminderung im Inland», BAFU 2021, Seiten 18 - 21

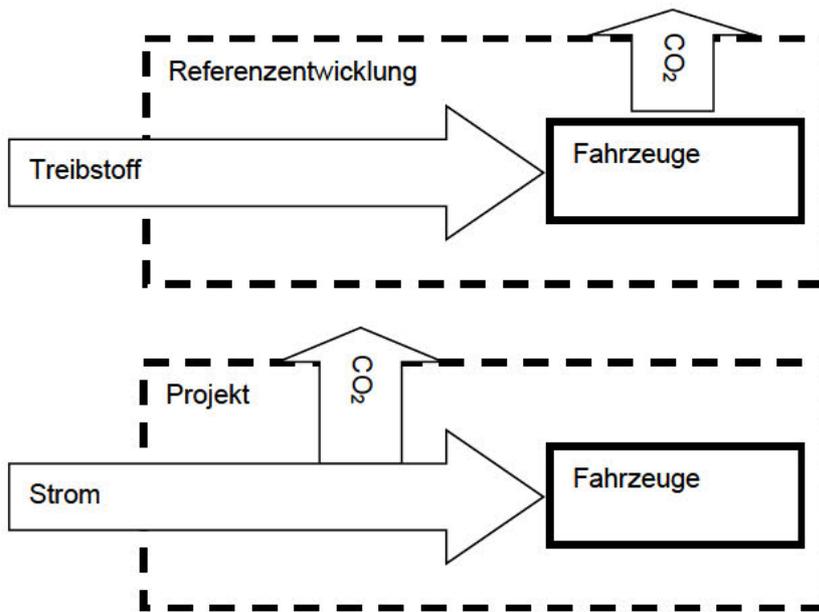
Gegenwärtig gibt es keine anderen Kompensationsprojekte oder -programme im Sektor Bau- und Landwirtschaftsfahrzeuge, wodurch eine Doppelzählung ausgeschlossen werden kann. Zudem sind Treibstoffe für Fahrzeuge, als nicht stationäre Anlagen, nicht Teil einer Verminderungsverpflichtung oder des Emissionshandelssystems, wodurch auch eine Doppelzählung in den beiden Mechanismen ausgeschlossen werden kann.

Auch wenn Doppelzählungen zu gegenwärtigem Zeitpunkt ausgeschlossen werden können, müssen Vorhaben bei der Programmanmeldung bestätigen, dass die erzielten Emissionsverminderungen nicht anderweit geltend gemacht und nur an die Programmträgerschaft übertragen werden (Aufnahmekriterium 4, siehe Kapitel 4.1.1).

3 Berechnung ex-ante erwartete Emissionsverminderungen

3.1 Systemgrenze und Emissionsquellen

Als Systemgrenze (gestrichelte Linie) wurde für die Berechnung ein TTW-Ansatz (tank-to-wheel) gewählt. Damit werden alle Emissionen und Energieumwandlungen ab der Betankung bzw. Beladung der Fahrzeuge erfasst. Die vorlagerten Emissionen des Stroms werden mit Hilfe des Emissionsfaktors für Strom gemäss Vollzugsmittelteil BAFU innerhalb der Projektemissionen berücksichtigt. Die vorgelagerten Emissionen der Treibstoffproduktion werden nicht berücksichtigt. Dies ist ein konservativer Ansatz und garantiert, dass die Emissionsreduktionen nicht überschätzt werden.



Direkte und indirekte Emissionsquellen

	Quelle	Gas	Enthalten	Begründung / Beschreibung
Projektemissionen der Vorhaben	Strom für Fahrzeuge	CO ₂	ja	Indirekte Emissionsquelle: CO ₂ -Emissionen gemäss Schweizer-Strommix.
	Bezeichnung	CH ₄	nein	
	Bezeichnung	N ₂ O	nein	
	Bezeichnung	andere	nein	
Referenzentwicklung der Vorhaben	Treibstoff für Diesel-Baufahrzeuge ⁹	CO ₂	ja	Direkte Emissionsquelle: Verbrennung im Baufahrzeug.
	Bezeichnung	CH ₄	nein	
	Bezeichnung	N ₂ O	nein	
	Bezeichnung	andere	nein	

⁹ Benzin spielt auf Baustellen und bei landwirtschaftlichen Maschinen eine verschwindend geringe Rolle. In der MOFIS-Datenbank des ASTRA hatten im Jahr 2020 lediglich 2 von 1'055 neuzugelassenen Fahrzeugen mit den Karosserieförmern «Bagger» und «Ladeschaufel» einen Benzinmotor. (A1.2_Neuzulassungen_2020_Bagger_Lader)

3.2 Einflussfaktoren

Investitionskosten

Als Haupthemmnis für die Marktdurchdringung durch E-Baufahrzeuge gelten die zum Teil mehr als doppelt so hohen Investitionskosten im Vergleich zu einem konventionellen Baufahrzeug. Die Entwicklung von E-Baufahrzeugen ist immer noch am Anfang und signifikante Preisreduktionen für E-Baufahrzeuge mangels Skaleneffekten sind für die kommenden Jahre nicht zu erwarten. Trotzdem wird dieser Parameter im Monitoring als Einflussfaktor beurteilt und etwaige Anpassungen bei der Zusätzlichkeit durchgeführt (siehe Kapitel 5.3.4).

Preise für Diesel und Strom

Als weiterer signifikanter Einflussfaktor gelten die Energiekosten für Diesel und Strom. Bei gleichbleibenden oder sogar sinkenden Strompreisen müssten die Dieselpreise in den kommenden Jahren erheblich steigen, um eine signifikante wirtschaftliche Attraktivitätssteigerung der E-Baufahrzeuge gegenüber den konventionellen Baufahrzeugen zu erreichen. Während der letzten 10 Jahre (2010 bis 2020) war die entgegengesetzte Entwicklung zu beobachten: Der Strompreis für Haushalte in der Schweiz stieg in der Dekade um 4%¹⁰. Demgegenüber sank der Dieselpreis in gleichem Zeitraum um 9%¹¹. Mit Blick auf diese Entwicklung in den letzten Jahren sind entsprechende Energiepreisentwicklungen in den kommenden Jahren nicht zu erwarten. Trotzdem wird dieser Parameter im Monitoring als Einflussfaktor jährlich beurteilt und etwaige Anpassungen bei der Zusätzlichkeit durchgeführt (siehe Kapitel 5.3.4).

Gesetzliche Vorgaben in der Schweiz und/oder Kantonen

Gesetzliche Vorgaben in der Schweiz könnten den Einsatz von E-Baufahrzeugen vorschreiben oder die Kosten für dieselbetriebene Baufahrzeuge gegenüber elektrischen erhöhen. Diese Vorgaben könnten unter anderem folgendes beinhalten:

- Strengere Emissionsvorschriften auf Aussen- und Innenraumbaustellen (z.B. in Tunneln oder Gebäudeentkernungen)
- Grüne Zonen, in welchen Dieselfahrzeuge nicht mehr genutzt werden dürfen
- Höhere Treibstoffabgaben
- Förderung für elektrische Fahrzeuge und ihre Ladeinfrastruktur

Während andere Länder, wie Norwegen oder den Niederlanden¹², bereits mittels Vorgaben und Regulierungen den (Teil-)Einsatz von E-Baufahrzeugen vorschreiben, bestehen in der Schweiz gegenwärtig keine verbindlichen Vorschriften. Auch in den nächsten Jahren sind keine verpflichtenden Vorgaben seitens Bund oder Kantonen zu erwarten. In wenigen Gemeinden der Schweiz (z.B. Zermatt) herrschen saisonale Beschränkungen für den Einsatz von Baufahrzeugen. In Zermatt schränkt das kommunale Verkehrsreglement das Verkehren breiter Fahrzeuge ein. Diese Beschränkung folgt aus dem Lärmbekämpfungsreglement (LBR) und ist – gemäss heutiger Regeln – unabhängig von der Antriebsart. Dies entspricht keinem rechtlichen Vorteil für E-Baufahrzeuge in diesen Gemeinden.

Um die rechtlichen Kriterien im Auge zu behalten, wird die Sachlage in jedem Monitoring neu beurteilt (siehe Kap. 5.3.4). Mögliche Kriterien könnten eine Vorgabe zum Teileinsatz von E-Baufahrzeugen auf Baustellen, oder eine Vorschrift zum maximalen CO₂-Ausstoss auf der Baustelle sein. Die Auswirkungen auf ein «ins Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug» müssen aufgrund der nicht vorhersehbaren Entwicklung, bei Inkrafttreten einer etwaigen gesetzlichen Vorgabe individuell im Rahmen der Verifizierungen beurteilt werden.

¹⁰ <https://de.statista.com/>

¹¹ <https://www.avenergy.ch/de/preise-statistiken/preise/diesel-monatsmittel-und-jahresmittel>

¹² <https://www.tagesanzeiger.ch/noch-ist-der-elektrobagger-eine-seltenheit-371426121067>

3.3 Leakage

Bei Leakage handelt es sich um eine mögliche Verlagerung der Emissionen, welche nicht direkt einem Projekt oder Programm zugeordnet werden können, aber doch auf ein Projekt oder ein Programm zurückgeführt werden.

Da die E-Baufahrzeuge nicht anders oder vermehrt eingesetzt werden, nur weil sie energiesparsamer sind, entstehen in dem vorliegenden Projekt keine Leakage. Der Fahrzeugführer kostet Geld und wird zielgerichtet eingesetzt, eine Verlagerung der Betriebsstunden auf andere Fahrzeuge ist somit nicht zu erwarten.

Zudem werden folgend weitere mögliche Leakage-Quellen aufgrund des Technologiewechsels auf batterieelektrische Antriebe erörtert:

	Emissionsquelle	Geschätzte Wirkung	Bemerkungen
1.	Vorgelagerte Treibstoffemissionen (well-to-tank)	Diesel: WTT (well-to-tank) ergibt zusätzliche +29% ¹³ zu TTW (tank-to-wheel)	Bei Elektrizität sind die vorgelagerten Emissionen enthalten. Bei Diesel hingegen nicht, was zu einer signifikanten Unterschätzung der effektiven Emissionsreduktionen führt. Das Vorgehen ist somit konservativ.
2.	Fahrzeugherstellung	Die Batteriegrösse eines E-Baufahrzeugs ist maximal 169 kWh bei E-Baggern ¹⁴ und 33 kWh bei E-Ladern ¹⁵ . Die vorgelagerten Emissionen zur Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien betragen 106 kg CO _{2e} /kWh. ¹⁶	Diesel-Baufahrzeuge haben unter anderem vorgelagerte Emissionen bei der Motoren- und Getriebeherstellung und E-Baufahrzeuge bei der Batterieherstellung.
3.	Fahrzeugunterhalt	-	Für Diesel-Baufahrzeuge: Zusätzliche Öle und Schmiermittel (vorgelagerte Emissionen für deren Herstellung) und mehr Ersatzteile aufgrund höherer thermischer Belastung der Verbrennung und Vibrationen. Die Menge an nötigen Ersatzteilen ist bei E-Baufahrzeugen (v.a. Motor) infolge geringerer thermischer Belastung und weniger Vibrationen geringer.
4.	Tank- und Ladeinfrastruktur	-	Bei Diesel-Baufahrzeugen wird über einen Kanister oder Tankwagen getankt. Bei E-Baufahrzeugen wird via Ladekabel geladen (Lademanagement fahrzeugseitig verbaut), wofür bei grossen E-Baufahrzeugen ein geeigneter Leistungsanschluss nötig ist. Der Unterschied zwischen Tanken und Laden ist nicht mit zumutbarem Aufwand zu quantifizieren und entsprechende Lebenszyklusanalysen nicht verfügbar.

¹³ BAFU (2021): Vollzugsmittelteilung, Emissionen für Diesel: 2.61 kg CO₂/l (Tank-to-wheel); UNFCCC, Tabelle 3 für Diesel 16.7 t CO₂-eq./TJ Upstream-Emissionen (Well-to-tank); IPCC Guidelines 2006, Tabelle 1.4 Emissionsfaktor von Diesel 74.1 t CO₂-eq./TJ für gesamte Produktionskette (Well-to-wheel). Davon ausgehend, dass der Emissionsfaktor Diesel des BAFU mit den Quellen der UN und des IPCC einhergeht, lässt sich via Dreisatz ermitteln, wie hoch die vorgelagerten Emissionen (well-to-tank) sind. Sie betragen zusätzliche +29% gegenüber dem Emissionsfaktor des BAFU (tank-to-wheel).

¹⁴ BFE (2018): Schlussbericht SUNCAR Elektrobagger, S.21 (Anhang A3.4)

¹⁵ Batteriekapazität (kWh) = Batteriespannung (V) X Nennkapazität (Ah)/1000; Quelle: <https://www.kramer-online.com/de/produkt/model/5055e/type/TechnicalData/> (aufgerufen am 22.03.2021)

¹⁶ A1.3_IVL (2019): Oberer Wert der Bandbreite von Literaturwerten für Lithium-Ionen-Batterien (NMC-Chemie als häufigster Typ am Markt). Der Wert ist konservativ, da die Zweitbenutzung oder Recycling von Batterien nicht berücksichtigt wird.

Tabelle 2: Leakage-Quellen

Die folgende Tabelle zeigt die primären Leakage-Emissionen «Dieselproduktion» und «Batterieherstellung» als spezifische Grössen auf.

Parameter	Wert	Quellen
Vorgelagerte Treibstoffemissionen Diesel	$2.61 \text{ kg CO}_2\text{-eq/l} * 16.7 / (74.1 - 16.7) = 0.759 \text{ kg CO}_2\text{-eq/l}$	BAFU 2021 (A1.1), UNFCCC, IPCC (siehe auch Fussnote 13)
Vorgelagerte CO ₂ -Emissionen der Lithium-Ionen-Batterie	106 kg CO ₂ -eq/kWh Batterie	IVL 2019 (A1.3)

Tabelle 3: Schätzung der Leakage-Emissionen

Die folgende Abbildung zeigt, welche Leakage-Emissionen pro Jahr durch die Batterieherstellung und die Dieselproduktion bei den jeweiligen Fahrzeugen und Fahrzeuggrössen in diesem Programm rechnerisch anfallen. Dabei wurden die spezifischen Fahrzeuglebensdauern sowie Dieserverbräuche und Betriebsstunden berücksichtigt. Die Berechnung der Leakage-Emissionen kann in der Datei «A3.1. / Reiter A3.1.5_TCO+CO₂-Berechnungen» nachvollzogen werden. Die Leakage-Emissionen der Produktion eines Dieselmotors und -Antriebsstrangs sind nicht berücksichtigt, da Ihre Quantifizierung schwer möglich und zugleich Ihre Vernachlässigung konservativ ist.

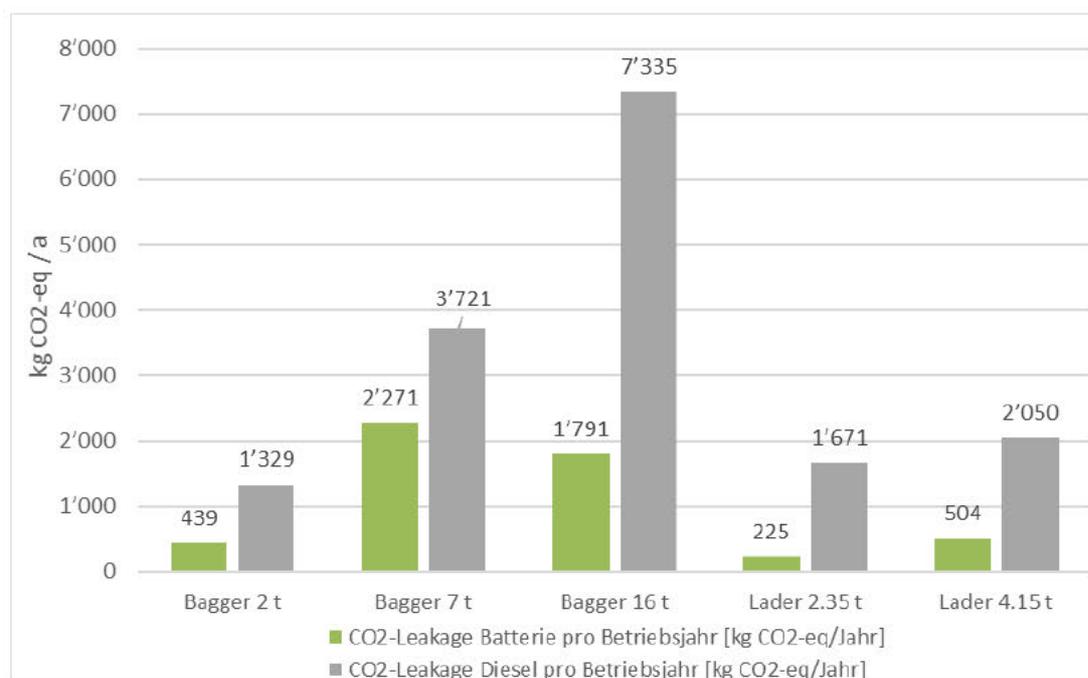


Abbildung 1: Vergleichende Abschätzung der Leakage-Emissionen der Baufahrzeuge

Die Abbildung zeigt, dass die vorgelagerten Referenzemissionen, welche nicht berücksichtigt werden (in grau) stets grösser als nicht berücksichtigte Projektemissionen (in grün) sind. Zudem fallen vorgelagerte Emissionen primär im Ausland an. Diese Argumente zeigen, dass eine Nicht-Berücksichtigung der Leakage-Emissionen konservativ und im Einklang mit dem Territorialprinzip ist.

3.4 Projektemissionen

Die erwarteten Emissionen des Programms pro Jahr y ergeben sich aus der Summe der erwarteten Emissionen aller «in Vorhaben aufgenommenen E-Baufahrzeuge». Folgend werden die Berechnungen der erwarteten Emissionsverminderung der Vorhaben für Bagger und Lader erläutert. Da die Berechnungen der erwarteten Emissionsverminderungen anhand der Bagger- und Lader-Mustervorhaben getätigt werden, weichen die Formeln formell von den in Kapitel 5.2.1 und Kapitel 5.2.2 ab. Die Methodik zur Erhebung der Emissionsverminderungen ist jedoch gleich.

$$(1) \quad PE_y = \sum_p \frac{EE_{p,y}}{1000}$$

mit:

PE_y	Programmmissionen im Jahr y (tCO ₂)
$EE_{p,y}$	Emissionen des Elektrizitätsverbrauchs des Vorhabens p im Jahr y (kg CO ₂)
p	Vorhaben
y	Jahr

Die Emissionen des Elektrizitätsverbrauchs der Vorhaben p im Jahr y ist die Summe aller Elektrizitätsverbräuche der in den Vorhaben enthaltenen E-Bagger und E-Lader, multipliziert mit dem Emissionsfaktor des schweizerischen Strommix im entsprechenden Jahr y :

$$(2) \quad EE_{p,y} = (EV_{B_{p,y}} + EV_{L_{p,y}}) \times EF_{el}$$

mit:

$EE_{p,y}$	Emissionen des Elektrizitätsverbrauchs p im Jahr y (kg CO ₂)
$EV_{B_{p,y}}$	Elektrizitätsverbrauch der E-Bagger des Vorhabens p im Jahr y (kWh)
$EV_{L_{p,y}}$	Elektrizitätsverbrauch der E-Lader des Vorhabens p im Jahr y (kWh)
EF_{el}	Emissionsfaktor Schweizer Produktionsmix des Stroms im Jahr y (kg CO ₂ /kWh)
p	Vorhaben
y	Jahr

In jedem Vorhaben p und Jahr y werden für den Elektrizitätsverbrauch der E-Bagger die Betriebsstunden mit dem spezifischen elektrischen Verbrauch je Betriebsgewicht multipliziert und aufsummiert:

$$(3) \quad EV_{B_{p,y}} = \sum_g BS_{B_{g,p,y}} \times sSB_{B_{Eg}}$$

mit:

$EV_{B_{p,y}}$	Elektrizitätsverbrauch der E-Bagger p im Jahr y (kWh)
$BS_{B_{g,p,y}}$	Betriebsstunden der E-Bagger mit Betriebsgewicht g des Vorhabens p im Jahr y (h)
$sSB_{B_{Eg}}$	Spezifischer Strombedarf der E-Bagger mit Betriebsgewicht g (kWh/h)
g	Betriebsgewicht der Bagger (t)
p	Vorhaben
y	Jahr

Analog zu Formel 3 wird für die E-Lader der Elektrizitätsverbrauch (Formel 4) berechnet:

$$(4) \quad EV_{L_{p,y}} = \sum_g BS_{L_{g,p,y}} \times sSB_{L_{Eg}}$$

mit:

$EV_{L_{p,y}}$	Elektrizitätsverbrauch der E-Lader p im Jahr y (kWh)
$BS_{L_{g,p,y}}$	Betriebsstunden der E-Lader mit Betriebsgewicht g des Vorhabens p im Jahr y (h)
$sSB_{L_{Eg}}$	Spezifischer Strombedarf der E-Lader mit Betriebsgewicht g (kWh/h)
g	Betriebsgewicht der Lader (t)
p	Vorhaben
y	Jahr

Für die Berechnung der erwarteten Emissionen werden folgende Parameter als konstant über die Jahre der 1. Kreditierungsperiode angenommen:

- EF_{el} Emissionsfaktor Schweizerischer Produktionsmix Strom im Jahr y (kg CO₂/kWh)
- $BS_{B,g,p,y}$ Betriebsstunden der E-Bagger mit Betriebsgewicht g des Vorhabens p im Jahr y (h)
- $BS_{L,g,p,y}$ Betriebsstunden der E-Lader mit Betriebsgewicht g des Vorhabens p im Jahr y (h)
- sSB_{B,E_g} Spezifischer Strombedarf der E-Bagger mit Betriebsgewicht g (kWh/h)
- sSB_{L,E_g} Spezifischer Strombedarf der E-Lader mit Betriebsgewicht g (kWh/h)

Die Quellen der jeweiligen Annahmen der Parameter sind in Anhang A3.1./ Reiter A.3.1 und A3.1.3 beschrieben.

3.5 Referenzentwicklung

Die Referenzemissionen werden durch Dieselbagger und -lader ausgestossen, die in der üblichen Praxis in der Schweiz eingesetzt werden. Benzin wird bei Baufahrzeugantrieben nur sehr selten eingesetzt und wird als Referenz nicht berücksichtigt¹⁷. Da es sich um einen 1-zu-1-Ersatz der Baufahrzeuge handelt, ändern sich gegenüber dem Programmszenario nur die Parameter, die das Antriebssystem betreffen (spezifischer Treibstoffverbrauch und Emissionsfaktor). Ansonsten wird analog zu den Programmmissionen gerechnet.

Die erwarteten Referenzemissionen in Jahr y sind die Summe der Referenzemissionen von konventionellen Baggern und Ladern:

$$(5) \quad RE_y = \sum_p \frac{DE_{p,y}}{1000}$$

mit:

RE_y	Referenzemissionen im Jahr y (t CO ₂)
$DE_{p,y}$	Emissionen des Dieselverbrauchs des Vorhabens p im Jahr y (kg CO ₂)
p	Vorhaben
y	Jahr

Die Emissionen des Dieselverbrauchs im Vorhaben p im Jahr y sind die Summe aller Referenz-Dieselvebräuche der Bagger und Lader, multipliziert mit dem Emissionsfaktor Diesel:

$$(6) \quad DE_{p,y} = (DV_{B,p,y} + DV_{L,p,y}) \times EF_{D_y}$$

mit:

$DE_{p,y}$	Emissionen des Dieselverbrauchs des Vorhabens p im Jahr y (kg CO ₂)
$DV_{B,p,y}$	Referenz-Dieselvebrauch der Bagger des Vorhabens p im Jahr y (l)
$DV_{L,p,y}$	Referenz-Dieselvebrauch der Lader des Vorhabens p im Jahr y (l)
EF_{D_y}	Emissionsfaktor Diesel im Jahr y (kg CO ₂ /l)
p	Vorhaben
y	Jahr

Für jedes Vorhaben p und Jahr y werden für den Referenz-Dieselvebrauch der Bagger die Betriebsstunden mit dem spezifischen Dieselvebrauch des entsprechenden Betriebsgewichts multipliziert und aufsummiert:

$$(7) \quad DV_{B,p,y} = \sum_g BS_{B,g,p,y} \times sDV_{B,D_g}$$

mit:

¹⁷ Benzin spielt auf Baustellen und bei landwirtschaftlichen Maschinen eine verschwindend geringe Rolle. In der MOFIS-Datenbank des ASTRA hatten im Jahr 2020 lediglich 2 von 1'055 neuzugelassenen Fahrzeugen mit den Karosserieform «Bagger» und «Ladeschaufel» einen Benzinmotor (A1.2_Neuzulassungen_2020_Bagger_Lader).

DV _{B,p,y}	Referenz-Dieserverbrauch der Bagger des Vorhabens <i>p</i> im Jahr <i>y</i> (l)
BS _{B,g,p,y}	Betriebsstunden der Bagger mit Betriebsgewicht <i>g</i> des Vorhabens <i>p</i> im Jahr <i>y</i> (h)
sDV _{B,Dg}	Spezifischer Dieserverbrauch der Bagger mit Betriebsgewicht <i>g</i> (l/h)
<i>g</i>	Betriebsgewicht der Bagger (t)
<i>p</i>	Vorhaben
<i>y</i>	Jahr

Analog zu Formel 7 wird für die Diesellader der Referenz-Dieserverbrauch (Formel 8) berechnet:

$$(8) \quad DV_{L,p,y} = \sum_g BS_{L,g,p,y} \times sDV_{L,Dg}$$

mit:

DV _{L,p,y}	Referenz-Dieserverbrauch der Lader des Vorhabens <i>p</i> im Jahr <i>y</i> (l)
BS _{L,g,p,y}	Betriebsstunden der Lader mit Betriebsgewicht <i>g</i> des Vorhabens <i>p</i> im Jahr <i>y</i> (h)
sDV _{L,Dg}	Spezifischer Dieserverbrauch der Lader mit Betriebsgewicht <i>g</i> (l/h)
<i>g</i>	Betriebsgewicht der Lader
<i>p</i>	Vorhaben
<i>y</i>	Jahr

Für die Berechnung der erwarteten Referenzentwicklung werden folgende Parameter als konstant über die Jahre der 1. Kreditierungsperiode angenommen:

- EF_{Dy} Emissionsfaktor Diesel im Jahr *y* (kg CO₂/l)
- BS_{B,g,p,y} Betriebsstunden der Bagger mit Betriebsgewicht *g* des Vorhabens *p* im Jahr *y* (h) (identisch zu den Werten der Berechnung der Vorhabenemissionen)
- BS_{L,g,p,y} Betriebsstunden der Lader mit Betriebsgewicht *g* des Vorhabens *p* im Jahr *y* (h) (identisch zu den Werten der Berechnung der Vorhabenemissionen)
- sDV_{B,Dg} Spezifischer Dieserverbrauch der Bagger mit Betriebsgewicht *g* (l/h)
- sDV_{L,Dg} Spezifischer Dieserverbrauch der Lader mit Betriebsgewicht *g* (l/h)

Die Werte der Parameter und die Quellen der jeweiligen Annahmen der Parameter sind in A3.1 / Reiter A3.1.3_TCO+CO₂-Berechnungen beschrieben.

3.6 Erwartete Emissionsverminderungen (ex-ante)

Die erwarteten Emissionsverminderungen werden gemäss folgender Formel pro Jahr y berechnet. Gemäss Kapitel 3.3 werden die Leakage-Emissionen nicht berücksichtigt. Eine Wirkungsaufteilung ist für die erwarteten Emissionsverminderungen nicht durchzuführen, da bisher keine anderen, speziellen Förderprogramme für E- Baufahrzeuge auf Ebene von Gemeinde, Kanton oder Bund vorhanden sind.

$$(9) \quad ER_y = RE_y - PE_y$$

mit:

ER_y Emissionsreduktionen im Jahr y (t CO₂)
 RE_y Referenzemissionen im Jahr y (t CO₂)
 PE_y Vorhabenemissionen im Jahr y (t CO₂)

Folgende Tabelle 4 zeigt die erwarteten Emissionsverminderungen gesamthaft für E-Baufahrzeuge (E-Bagger und E-Lader) auf.

Kalenderjahr	Erwartete Referenzentwicklung (in t CO ₂ eq)	Erwartete Programmmissionen (in t CO ₂ eq)	Schätzung der Leakage (in t CO ₂ eq)	Erwartete Emissionsverminderungen (in t CO ₂ eq)
1. Kalenderjahr: 2022 Annahme Zeitpunkt Wirkungsbeginn: 01.01.2022	1'035	20	0	1'015
2. Kalenderjahr: 2023	2'070	40	0	2'030
3. Kalenderjahr: 2024	3'105	60	0	3'045
4. Kalenderjahr: 2025	4'140	80	0	4'060
5. Kalenderjahr: 2026	5'175	100	0	5'075
6. Kalenderjahr: 2027	6'210	120	0	6'090
7. Kalenderjahr: 2028 Annahme Zeitpunkt Ende: 31.12.2028	7'245	140	0	7'105

In der 1. Kreditierungsperiode (= Summe 1.-7. Kalenderjahr)	28'980	560	0	28'420
Über die Projektdauer				

Tabelle 4: Erwartete Emissionsverminderungen im Programm Elektrische Baufahrzeuge: E-Bagger und E-Lader (Hinweis: Rundungen können zu Abweichungen führen)

Die nächsten Abschnitte zeigen die Details der Annahmen und Berechnungen der Mustervorhaben für die beiden Baufahrzeugtypen Bagger (Kapitel 3.6.1) und Lader (Kapitel 3.6.2).

Die Berechnungen der erwarteten Emissionsverminderungen und die Annahmen zu erwarteten Stückzahlen je Bagger bzw. Lader werden in den folgenden Kapitel 3.6.1 und 3.6.2 separat erläutert und können im Detail in Anhang A3.1 / Reiter 3.1.1_TCO+CO₂-Berechnungen inkl. getroffener Annahmen und Quellen nachvollzogen werden (siehe auch die Erläuterungen in Kapitel 3.4 und 3.5).

3.6.1 Erwartete Emissionsverminderungen (ex-ante) für Bagger

Bei Baggern wird entsprechend der vorliegenden Angaben des E-Bagger-Herstellers SUNCAR HK und Informationen des Schweizerischen Baumeisterverband (SBV) für die Referenzentwicklung zwischen drei Baggern mit unterschiedlichem Betriebsgewicht unterschieden: 2t, 7t und 16t für welche SUNCAR markreife elektrische Bagger anbietet und Daten zum Stromverbrauch je Betriebsstunde vorliegen. Oberhalb von 16t sind bisher keine elektrischen Bagger am Markt serienmässig verfügbar. Für die drei Bagger mit unterschiedlichem Betriebsgewicht wurden die erwarteten Emissionsverminderungen pro eingesetztem E-Bagger entsprechend den obigen Formeln (1) bis (8) in Kapitel 3.4 und 3.5 berechnet, wobei der angesetzte spezifische Dieserverbrauch auf evident hergeleiteten Verbräuchen basiert (siehe A3.1 / Reiter 3.1.1 und A3.1.2 und Anhang A3.2_Erläuterung spezifischer Dieserverbrauch Bagger und Lader).

Betriebsgewicht	Erwartete Emissionsverminderung pro Jahr (kg CO ₂ /a)
E-Bagger 2t	4.5
E-Bagger 7t	12.5
E-Bagger 16t	24.2

Tabelle 5: Erwartete Emissionsverminderungen Bagger, nach Betriebsgewicht

Der erwartete jährliche Einsatz von E-Baggen anstelle von Diesellaggen und die kumulierte Anzahl an E-Baggen werden in Tabelle 6 aufgeführt. Die Grundlage für die Berechnung der Anzahl an zu erwartenden E-Baggen bildet eine Erhebung des BAFU (A3.3_BAFU 2015) zu in der Schweiz betriebenen Fahrzeugen im Non-Road-Sektor. Hierbei werden «Minibagger» (7'400 Stück) sowie «Radbagger» und «Raupenbagger» (5'470 Stück und 2'490 Stück) für die grösseren Klassen, ausgewiesen. Die technische Lebensdauer in Jahren ergibt sich aus der technischen Lebensdauer in Betriebsstunden sowie den jährlichen Betriebsstunden der drei Bagger mit unterschiedlichem Betriebsgewicht (A3.3_BAFU 2015). Daraus resultiert die Erneuerungsrate der am Markt befindlichen Bagger. Für Deutschland wird 2020 bis 2030 erwartet, dass bei elektrischen Baufahrzeugen ein Marktanteil von 17% erreicht werden kann (gemäss Herstellerinterview mit SUNCAR HK). Es wird konservativ geschätzt, dass in der Schweiz ein halb so hoher Marktanteil von 8% erreichbar ist und zugleich mit dem hiesigen Programm angesprochen werden kann. Es wird angenommen, dass jährlich eine gleichmässige Anzahl an Fahrzeugen ersetzt wird.

Parameter / Jahr	1	2	3	4	5	6	7
Neue E-Bagger 2t	49	49	49	49	49	49	49
Kumulierte Anzahl E-Bagger 2t	49	98	147	196	245	294	343
Neue E-Bagger 7t	15	15	15	15	15	15	15
Kumulierte Anzahl E-Bagger 7t	15	30	45	60	75	90	105
Neue E-Bagger 16t	12	12	12	12	12	12	12
Kumulierte Anzahl E-Bagger 16t	12	24	36	48	60	72	84

Tabelle 6: Erwarteter Ersatz mit E-Baggen über die 1. Kreditierungsperiode (7 Jahre)

Tabelle 7 zeigt die Summe der erwarteten Emissionsverminderungen aller E-Bagger auf (siehe auch A3.1 / Reiter 3.1.1).

Kalenderjahr	Erwartete Referenzentwicklung (in t CO ₂ eq)	Erwartete Programmmissionen (in t CO ₂ eq)	Schätzung der Leakage (in t CO ₂ eq)	Erwartete Emissionsverminderungen (in t CO ₂ eq)
1. Kalenderjahr: 2022 Annahme Zeitpunkt Wirkungsbeginn: 01.01.2022	719	18	0	701
2. Kalenderjahr: 2023	1'438	36	0	1'402
3. Kalenderjahr: 2024	2'157	54	0	2'103
4. Kalenderjahr: 2025	2'876	72	0	2'804
5. Kalenderjahr: 2026	3'595	90	0	3'505
6. Kalenderjahr: 2027	4'314	108	0	4'206
7. Kalenderjahr: 2028 Annahme Zeitpunkt Ende: 31.12.2028	5'033	126	0	4'907

In der 1. Kreditierungsperiode (= Summe 1.-7. Kalenderjahr)	20'132	504	0	19'628
Über die Projektdauer				

Tabelle 7: Erwartete Emissionsverminderungen durch Einsatz von E-Baggern (Hinweis: Rundungen können zu Abweichungen führen)

3.6.2 Erwartete Emissionsverminderungen (ex-ante) für Lader

Bei Ladern wird entsprechend der vorliegenden Angaben des E-Lader-Herstellers Wacker Neuson (bzw. Weidemann) und Informationen des Schweizerischen Baumeisterverband (SBV) für die Referenzentwicklung zwischen zwei kleinen Ladern mit unterschiedlichem Betriebsgewicht unterschieden: 2t und 4t, für welche Wacker Neuson markreife elektrische Lader anbietet und Daten zum Stromverbrauch je Betriebsstunde vorliegen. In den mittleren und grossen Klassen sind bisher keine elektrischen Lader am Markt serienmässig verfügbar. Für die beiden kleinen Lader mit unterschiedlichem Betriebsgewicht wurden die erwarteten Emissionsverminderungen pro ersetztem Lader entsprechend den obigen Formeln (1) bis (8) in Kapitel 3.4 und 3.5 berechnet, wobei der angesetzte spezifische Dieserverbrauch auf evident hergeleiteten Verbräuchen basiert (siehe A3.1 / Reiter 3.1.1 und A3.1.2 und Anhang A3.2_Erklärung spezifischer Dieserverbrauch Bagger und Lader).

Betriebsgewicht	Erwartete Emissionsverminderung pro Jahr (kg CO ₂ /a)
E-Lader 2t	5.7
E-Lader 4t	7.0

Tabelle 8: Erwartete Emissionsverminderungen Lader, nach Betriebsgewicht

Der erwartete jährliche Ersatz von Diesellader durch E-Lader und die kumulierte Anzahl an E-Ladern sind in Tabelle 9 gezeigt. Die Grundlage für die Berechnung der Anzahl an zu erwartenden E-Ladern bildet eine Erhebung des BAFU (A3.3_BAFU 2015) zu in der Schweiz betriebenen Fahrzeugen im Non-Road-Sektor. Hierbei werden insgesamt 7'333 Ladern ausgewiesen. Davon können rund 25% auf die 2 t Lader und 15% den 4 t Lader zugeordnet werden. Die technische Lebensdauer wird mit 15 Jahren angesetzt und ergibt die Erneuerungsrate der am Markt befindlichen Lader. Für Deutschland wird 2020 bis 2030 erwartet, dass bei elektrischen Baufahrzeugen ein Marktanteil von 17% erreicht werden kann

(gemäss Herstellerinterview mit SUNCAR HK). Es wird konservativ geschätzt, dass in der Schweiz ein halb so hoher Marktanteil von 8% erreichbar ist und zugleich mit dem hiesigen Programm angesprochen werden kann. Es wird angenommen, dass jährlich eine gleichmässige Anzahl an Fahrzeugen ersetzt wird.

Parameter / Jahr	1	2	3	4	5	6	7
Neue E-Lader 2t	39	39	39	39	39	39	39
Kumulierte Anzahl E-Lader 2t	39	78	117	156	195	234	273
Neue E-Lader 4t	13	13	13	13	13	13	13
Kumulierte Anzahl E-Lader 4t	13	26	39	52	65	78	91

Tabelle 9: Erwarteter Ersatz mit E-Ladern über die 1. Kreditierungsperiode (7 Jahre)

Tabelle 10 zeigt die Summe der erwarteten Emissionsverminderungen aller E-Lader auf (siehe auch A3.1 / Reiter 3.1.1).

Kalenderjahr	Erwartete Referenzentwicklung (in t CO ₂ eq)	Erwartete Programmmissionen (in t CO ₂ eq)	Schätzung der Leakage (in t CO ₂ eq)	Erwartete Emissionsverminderungen (in t CO ₂ eq)
1. Kalenderjahr: 2022 Annahme Zeitpunkt Wirkungsbeginn: 01.01.2022	316	2	0	314
2. Kalenderjahr: 2023	632	4	0	628
3. Kalenderjahr: 2024	948	6	0	942
4. Kalenderjahr: 2025	1'264	8	0	1'256
5. Kalenderjahr: 2026	1'580	10	0	1'570
6. Kalenderjahr: 2027	1'896	12	0	1'884
7. Kalenderjahr: 2028 Annahme Zeitpunkt Ende: 31.12.2028	2'212	14	0	2'198

In der 1. Kreditierungsperiode (= Summe 1.-7. Kalenderjahr)	8'848	56	0	8'792
Über die Projektdauer				

Tabelle 10: Erwartete Emissionsverminderungen durch Einsatz von E-Ladern (Hinweis: Rundungen können zu Abweichungen führen)

4 Nachweis der Zusatzlichkeit

Analyse der Zusatzlichkeit

Bescheinigungen ermöglichen eine verbesserte Wirtschaftlichkeit der Vorhaben.

Die Zusatzlichkeit wird pauschal auf Ebene des Programms jeweils für E-Bagger und E-Lader berechnet (pauschale Zusatzlichkeit). Alle Vorhaben und die «ins Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeuge» sind damit automatisch additional. Die pauschale Zusatzlichkeit des Programms wird am Ende der Kalenderjahre 1 und 4 der ersten Kreditierungsperiode überprüft. Das Vorgehen zur Überprüfung wird in Kapitel 5.3.4 genau erläutert.

Das Batteriepaket im Fahrzeug macht den grössten Teil der Mehrkosten des elektrischen Fahrzeugs aus. Da im kleinsten Fahrzeug die Batteriegrösse am geringsten ist, sind dort auch die geringsten Investitionsmehrkosten gegenüber einem Dieselfahrzeug zu erwarten. Zudem ist typischerweise die Technologiereife höher, je kleiner die Batterie ist. Dadurch werden in der Regel die leichtesten Elektrofahrzeuge, mit der kleinsten Batterie, zuerst wirtschaftlich (unter der Annahme, dass Kostendegressionen in aller E-Baufahrzeuge einen ähnlichen Verlauf über die Zeit nehmen). Die Überprüfung der Zusatzlichkeit wurde entsprechend für die kleinsten Bagger-, respektive Lader mit geringstem Betriebsgewicht überprüft. Dadurch wird der konservativste Fall untersucht. Wenn bei diesen eine Unwirtschaftlichkeit vorliegt, werden E-Baufahrzeuge mit grösserem Betriebsgewicht ebenfalls höhere Mehrkosten als die entsprechenden Dieselbetriebenen Baufahrzeuge aufweisen, wodurch automatisch ebenfalls eine Zusatzlichkeit für die E-Baufahrzeuge mit grösserem Betriebsgewicht gegeben ist.

Sollte sich im Verlauf der ersten Kreditierungsperiode zeigen, dass elektrische Bagger und Lader mit geringem Betriebsgewicht gegenüber den Dieselvarianten eine Wirtschaftlichkeit erreichen, so ist für jedes einzelne E-Baufahrzeug mit diesem geringen Betriebsgewicht die Zusatzlichkeit zu belegen. Zuvor «ins Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeuge» mit diesem Betriebsgewicht können weiterhin bis zu einer Dauer von maximal 7 Jahren nach Aufnahme Bescheinigungen beantragen.

Sollte die pauschale Zusatzlichkeit für ein Betriebsgewicht und die geringeren Betriebsgewichte, nicht mehr gegeben sein, wird für den pauschalen Zusatzlichkeitsnachweis eine neue Untergrenze des Betriebsgewicht festgelegt (siehe Kap. 5.3.4).

Die Zusatzlichkeit wird sowohl für Bagger als auch Lader folgend erläutert und die entsprechenden Berechnungen und Belege der gewählten Parameter sind in A3.1 TCO+CO₂-Berechnungen / Reiter 3.1.3_ detailliert aufgezeigt.

Wirtschaftlichkeitsanalyse

Der Nachweis der Zusatzlichkeit geschieht über einen Vergleich der Total Cost of Ownership (TCO) der Baufahrzeuge über die Lebensdauer. Dabei entspricht diese einer Kostenanalyse gemäss Vollzugsmitteilung (BAFU 2021).

Bei Baufahrzeugen (elektrisch und Diesel) handelt es sich um einen 1-zu-1-Ersatz und es werden mit den Fahrzeugen folglich in gleicher Höhe Einnahmen durch Bauarbeiten generiert, weshalb diese in der Kostenanalyse nicht zu berücksichtigen sind.

Für die Berechnung der TCO werden Anschaffungskosten (Baufahrzeug und Ladeinfrastruktur; bei Ladem eine Ersatzbatterie) und Betriebskosten (Treibstoff-/Energieverbrauch, Unterhalt, Versicherung) von elektrischen und konventionellen Baufahrzeugen einbezogen.

In den Kostenanalysen wurden mehrere Angaben des Schweizerischen Baumeisterverbands (SBV) verwendet. Die Angaben stammen aus internen Arbeitsgruppen, in denen gemeinsam mit Branchenexperten alle 2 Jahre technische und wirtschaftliche Parameter für Baufahrzeuge geschätzt und überprüft werden. Daraus ergeben sich Sätze für Kosten und Nutzungsdauer, welche ebenfalls Verbandsmitglie-

dem des SBV zur Verfügung gestellt und zur Verrechnung von Fahrzeugkosten auf Baustellen herangezogen werden (z.B. wenn mehrere Bauunternehmen auf einer Grossbaustelle mit ihren Geräten arbeiten).

Folgende generelle Annahmen wurden bei der Berechnung getroffen:

- Die Kostenanalyse basiert auf realen CHF von 2020, d.h., es wird keine Inflation berücksichtigt.
- Falls Umrechnungen mit Wechselkurs nötig sind, wurden die Jahresmittelkurse 2020 der Eidgenössischen Steuerverwaltung (ESTV) verwendet.
- Für Baufahrzeuge gibt es im Gegensatz zu Personenwagen oder Lastwagen keine standardisierten Testzyklen zur Messung des Fahrzeugverbrauchs. Deshalb wurden sowohl für Bagger als auch Lader die Referenzverbräuche der Dieselfahrzeuge mittels einer linearen Interpolation mehrerer Quellen ermittelt. Die Quellen und das Vorgehen können in der Excel Datei A3.1 TCO+CO2-Berechnungen / Reiter 3.1.3_ nachvollzogen werden.

Im Folgenden sind die Kostenanalysen für die Bagger und Lader separat ausgewiesen.

4.1 Kostenanalyse der Bagger

Die Kostenanalyse der Bagger wird für einen Bagger mit einem Betriebsgewicht von 2t durchgeführt. Dabei werden die Gesamtkosten eines typischen Dieselsbaggers gemäss Angaben des Schweizerischen Baumeisterverbands (SBV) und eines elektrischen Baggers des Typs ████████ der Firma SUNCAR HK verglichen.

Für die Kostenanalyse der Bagger werden folgende Annahmen getroffen:

- Für das Laden auf einer Baustelle ist ein temporärer Baustellenanschluss einzurichten. Dieser ist bei kleinen Baustellen, auf denen 2t-Bagger eingesetzt werden nicht standardmässig vorhanden und deshalb miteinzurechnen.
- Als konservative Annahme ist kein Batterieersatz im Unterhalt berücksichtigt. Gemäss BFE (A3.4_SUNCAR) ist über die Lebensdauer der Bagger von SUNCAR keine Ersatzbatterie notwendig.

Folgende Parameter werden genutzt:

Parameter	Einheit	Diesel-variante	Elektro-variante	Quelle	
Wirtschaftliche Lebensdauer/Nutzungsdauer	Jahre	7	7	Schweizerischer Baumeisterverband (SBV)	A3.1.3
Betriebsstunden	h/ Jahr	500	500	BAFU 2015 Non-Road Emissions (Tabelle 51)	A3.3
Spezifischer Energieverbrauch	l/h kWh/h	3.5	4.7	Diesel: siehe Dokument «Spez. Verbrauch»	A3.2
				Elektro: BFE (2018) Schlussbericht SUNCAR Elektrobagger	A3.4
Energiepreis	CHF/l CHF/kWh	1.32	0.1966	Diesel: Offerte für 10'000l Diesel von HeizOel24.ch am 24.03.2021	A4.1
				Strom: ECom Kantonale Strompreise (Verbrauchsprofil C3, Jahresdurchschnitt 2020, mittlerer Preis (in gelb))	A4.2
Spez. CO ₂ -Emissionen Treibstoff	gCO ₂ /l gCO ₂ /kWh	2'610	29.8	Vollzugsmittelung (BAFU 2021)	-
Anschaffungspreis Fahrzeug (mittlerer Neupreis mit Standardausrüstung)	CHF	██████	██████	Diesel: SBV Elektro: Suncar Preisliste 2019	A3.1.3 A4.1
Baustellenanschluss Ladeinfrastruktur	CHF/Jahr	-	██████	Telefonische Auskunft der EKZ	A3.1.3
Unterhaltskosten	CHF Total % Neupreis/Jahr	██████	██████	Diesel: SBV (Total für 7 Jahre)	A3.1.3
				Elektro: Telefonische Auskunft des Maschinenverleihers BOELS (% Neupreis/Jahr)	A3.1.3

Versicherungskosten	% Neu- preis/Jahr	■	■	SBV	A3.1.3
---------------------	----------------------	---	---	-----	--------

Tabelle 11: Parameter der Gesamtkostenrechnung der Bagger

Weitere Kommentare zur Wahl der Parameter sind in der Berechnungsdatei A3.1 TCO+CO₂-Berechnungen / Reiter 3.1.3_ zu finden.

Auf Basis der Parameter berechnen sich die Anschaffungs- und Betriebskosten (Energie-, Unterhalts- und Versicherungskosten) wie folgt:

Kostenposition		Dieselvariante	Elektrovariante
Anschaffungskosten	CHF	■	■
Betriebskosten	CHF/Jahr	■	■

Tabelle 12: Kostenpositionen Bagger

Daraus ergeben sich die Kosten über die Nutzungsdauer. Es wird deutlich, dass die Gesamtkosten der E-Bagger deutlich höher liegen als bei den Diesellagern und sich signifikante Mehrkosten ergeben.

Position	Einheit	Dieselvariante	Elektrovariante	Mehrkosten (Elektro minus Diesel)
Kosten über Nutzungs- dauer	CHF	■	■	42'973
Kosten pro Jahr	CHF/Jahr	■	■	6'139

Tabelle 13: Vergleich der Gesamtkosten Bagger

Gemäss der Verbrauchswerte in Tabelle 11 kann berechnet werden, wie viele Bescheinigungen für den Einsatz der Bagger pro Jahr und über die wirtschaftliche Lebensdauer anfallen (vgl. ebenfalls Kapitel 3.6). Mit einem angenommenen Bescheinigungspreis von 150 CHF/t CO₂ können 10% der gesamten Mehrkosten über den Lebenszyklus, bzw. 15% der Mehrinvestitionen gedeckt werden. Der angenommene Bescheinigungspreis stellt nach Einschätzung des Gesuchstellers die Untergrenze für einen definitiv geltenden Bescheinigungspreis dar, wodurch die Erlöse aus den Bescheinigungen einen relevanten Beitrag zur Überwindung der Unwirtschaftlichkeit leisten.

Position	Einheit	Wert	Wert
Bescheinigungspreis	CHF/t CO ₂	150	200
CO ₂ -Einsparung/ Jahr	t CO ₂ / Jahr	4	4
CO ₂ -Einsp. Nutzungs- dauer	t CO ₂	28	28
Wert der Bescheinigungen / Jahr	CHF/Jahr	600	800
Bescheinigungen Nut- zungsdauer	CHF	4'200	5'600
% der Mehrkosten über Lebenszyklus		10%	13%
% der Mehrinvestitionen		15%	20%

Tabelle 14: Einfluss der CO₂-Bescheinigungen bei Baggern

Sensitivitätsanalyse Bagger

Die Sensitivitätsanalyse der wichtigsten Kostenparameter ist in den Tabellen 15 unten aufgezeigt. Dabei werden alle Parameter der Kostenanalyse um +/-10% (gemäss Vollzugsmittelteilung BAFU 2021) variiert. Es ist zu unterscheiden zwischen Parameter, deren Veränderung die Gesamtkosten beider Motorvarianten verändert (z.B. Lebensdauer) und denjenigen, die die Gesamtkosten von nur einer Motorenvariante verändern (z.B. Energiekosten Diesel). Entsprechend ist die Analyse in zwei Teile aufgeteilt. Die detaillierten Berechnungen sind in der Berechnungsdatei A3.1 TCO+CO₂-Berechnungen / Reiter 3.1.4_ aufgeführt.

Beide Motorvarianten betreffend

Parameter	in Gesamtkosten (CHF)		Mehrkosten Elektro	
	Parametervariation	- Variation	+ Variation	
Wirtschaftliche Lebensdauer	-/+1 Jahr		41'754	44'192
Betriebsstunden	-/+10%		44'266	41'679
Unterhaltskosten	-/+10%		41'301	44'645
Versicherungskosten	-/+10%		42'498	43'448

Eine Motorvariante betreffend

Parameter	in Gesamtkosten (CHF)		Mehrkosten Elektro	
	Parametervariation	- Variation	+ Variation	
Anschaffung Fahrzeug Diesel	-/+10%		47'773	38'173
Anschaffung Fahrzeug Elektro	-/+10%		35'345	50'601
Anschluss Ladeinfrastruktur	-/+10%		42'357	43'589
Energiekosten Diesel (Dieselverbrauch und Dieselpreis)	-/+10%		44'590	41'356
Energiekosten Strom (Stromverbrauch und Strompreis)	-/+10%		42'649	43'296
Unterhaltskosten Diesel	-/+10%		45'573	40'373
Unterhaltskosten Elektro	-/+10%		38'701	47'245

Tabelle 15: Sensitivitätsanalyse der Bagger

Die Sensitivitätsanalyse zeigt auf, dass in jedem Fall die Mehrkosten des E-Baggers über den Mehrkosten des Diesellaggers liegen und die Zusätzlichkeit gegeben ist.

4.2 Kostenanalyse der Lader

Die Kostenanalyse der Lader wird für einen Lader mit einem Betriebsgewicht von 2t durchgeführt. Dabei werden die Gesamtkosten des 2t Dieselladers der Firma Wacker Neuson (Typ [REDACTED]) mit dem äquivalenten E-Modell (Typ [REDACTED]) verglichen.

Für die Kostenanalyse der Lader werden folgende Annahmen getroffen:

- Lader werden mehrheitlich stationär und nicht auf Baustellen eingesetzt. Deshalb werden bei E-Lader Kosten für die Installation einer Schnellladestation einbezogen.
- Das E-Modell der Firma Wacker Neuson ist mit einer Bleisäuren-Batterie ausgestattet, weshalb gemäss Hersteller die Kosten für eine Ersatzbatterie einbezogen werden muss.

Folgende Parameter werden genutzt:

Parameter	Einheit	Dieselvariante	Elektrovariante	Quelle	
Wirtschaftliche Lebensdauer/Nutzungsdauer	Jahre	7	7	Schweizerischer Baumeisterverband (SBV)	A3.1.3
Betriebsstunden	h/ Jahr	500	500	BAFU 2015 Non-Road Emissions (Tabelle 51)	A3.3
Spezifischer Energieverbrauch	l/h kWh/h	4.4	2.4	Diesel: siehe Dokument «Spez. Verbrauch» Elektro: Wacker-Neuson gemäss Förderrechner Österreich	A3.2
Energiepreis	CHF/l CHF/kWh	1.32	0.1966	Diesel: Offerte für 10'000l Diesel von HeizOel24.ch am 24.03.2021 Strom: ECom Kantonale Strompreise (Verbrauchsprofil C3, Jahresdurchschnitt 2020, mittlerer Preis (in gelb))	A4.1 A4.2
Spez. CO ₂ -Emissionen Treibstoff	gCO ₂ /l gCO ₂ /kWh	2'610	29.8	Vollzugsmittteilung (BAFU 2021)	-

Anschaffungspreis Fahrzeug (mittlerer Neupreis mit Standardausrüstung)	CHF			Jeweils gemäss Wacker Neuson	A4.5
Ersatzpreis Fahrzeugbatterie	CHF	-		Wacker Neuson	A4.6
Ladeinfrastruktur	CHF/Jahr	-		EKZ: Netzanschlussbedingungen	A4.7
Unterhaltskosten	% Neupreis/Jahr			Telefonische Auskunft des Maschinenverleihers BOELS	A3.1.3
Versicherungskosten	% Neupreis/Jahr			SBV	A3.1.3

Tabelle 16: Parameter der Gesamtkostenrechnung der Lader

Weitere Kommentare zur Wahl der Parameter sind in der Berechnungsdatei A3.1 / Blatt 3.1.3_ zu finden.

Auf Basis der Parameter berechnen sich die Anschaffungs- und Betriebskosten (Energie-, Unterhalts- und Versicherungskosten) wie folgt:

Kostenposition		Dieselvariante	Elektrovariante
Anschaffungskosten	CHF		
Betriebskosten	CHF/Jahr		

Tabelle 17: Kostenpositionen Lader

Es ergeben sich insgesamt die Kosten über die wirtschaftliche Lebensdauer. Es wird deutlich, dass die Gesamtkosten der E-Lader diejenigen der Diesellader übersteigen und deutliche Mehrkosten verursachen.

Position	Einheit	Dieselvariante	Elektrovariante	Mehrkosten (Elektro minus Diesel)
Kosten über Nutzungsdauer	CHF			12'354
Kosten pro Jahr	CHF/Jahr			1'765

Tabelle 18: Vergleich der Gesamtkosten Lader

Gemäss der Verbrauchswerte in Tabelle 16 kann berechnet werden, wie viele Bescheinigungen für den Einsatz der Lader pro Jahr und über die wirtschaftliche Lebensdauer anfallen (vgl. ebenfalls Kapitel 3.6). Mit einem angenommenen Bescheinigungspreis von 150 CHF/t CO₂ können 51% der gesamten Mehrkosten über den Lebenszyklus, bzw. 64% der Mehrinvestitionen gedeckt werden. Der angenommene Bescheinigungspreis stellt nach Einschätzung des Gesuchstellers die Untergrenze für einen definitiv geltenden Bescheinigungspreis dar, wodurch die Erlöse aus den Bescheinigungen einen relevanten Beitrag zur Überwindung der Unwirtschaftlichkeit leisten.

Position	Einheit	Wert	Wert
Bescheinigungspreis	CHF/t CO ₂	150	200
CO ₂ -Einsparung/ Jahr	t CO ₂ / Jahr	6	6
CO ₂ -Einsp. Nutzungsdauer	t CO ₂	42	42
Wert der Bescheinigungen / Jahr	CHF/Jahr	900	1'200
Bescheinigungen Nutzungsdauer	CHF	6'300	8'400
% der Mehrkosten über Lebenszyklus		51%	68%
% der Mehrinvestitionen		64%	86%

Tabelle 19: Einfluss der CO₂-Bescheinigungen bei Lader

Sensitivitätsanalyse Lader

Die Sensitivitätsanalyse der wichtigsten Kostenparameter ist in Tabelle 20 aufgezeigt. Dabei werden alle Parameter der Kostenanalyse um +/-10% (gemäss Vollzugsmittelung BAFU 2021) variiert. Es ist zu unterscheiden zwischen Parameter, deren Veränderung die Gesamtkosten beider Motorvarianten

verändert (z.B. Lebensdauer) und denjenigen die die Gesamtkosten von nur einer Motorenvariante (z.B. Energiekosten Diesel) verändern. Entsprechend ist die Analyse in zwei Teile aufgeteilt. Die detaillierten Berechnungen ist in der Berechnungsdatei A3.1 / Blatt 3.1.4_ aufgeführt.

Beide Motorvarianten betreffend			
Parameter	in Gesamtkosten (CHF) Parametervariation	Mehrkosten Elektro	
		- Variation	+ Variation
Wirtschaftliche Lebensdauer	-/+1 Jahr	13'999	10'710
Betriebsstunden	-/+10%	14'219	10'490
Unterhaltskosten	-/+10%	11'806	12'903
Versicherungskosten	-/+10%	12'190	12'519

Eine Motorvariante betreffend			
Parameter	in Gesamtkosten (CHF) Parametervariation	Mehrkosten Elektro	
		- Variation	+ Variation
Anschaffung Fahrzeug Diesel	-/+10%	15'864	8'844
Anschaffung Fahrzeug Elektro	-/+10%	7'864	16'844
Anschluss Ladeinfrastruktur	-/+10%	11'991	12'717
Energiekosten Diesel (Dieselverbrauch und Dieselpreis)	-/+10%	14'387	10'322
Energiekosten Strom (Stromverbrauch und Strompreis)	-/+10%	12'186	12'522
Unterhaltskosten Diesel	-/+10%	14'320	10'389
Unterhaltskosten Elektro	-/+10%	9'840	14'869

Tabelle 20: Sensitivitätsanalyse der Lader

Die Sensitivitätsanalyse zeigt auf, dass die Mehrkosten des E-Laders in allen Fällen über den Mehrkosten des Dieselladers liegen und die Zusätzlichkeit gegeben ist.

Erläuterungen zu anderen Hemmnissen

Die Zusätzlichkeit kann durch die Wirtschaftlichkeitsanalyse aufgezeigt werden. Gleichzeitig bestehen noch weitere Hemmnisse für eine erfolgreiche Marktdurchdringung von E-Baufahrzeugen:

- Vorherrschende Skepsis gegenüber der Technologie
- Laufdauer der Batterie ohne Nachladen führt zu weniger flexiblem Arbeiten
- Ladeinfrastruktur auf Baustellen, vor allem beim Einsatz von mehreren Baufahrzeugen, kann an Grenzen stossen

Diese werden nicht monetarisiert und sind im Zusätzlichkeitsnachweis nicht integriert.

Übliche Praxis

Der Einsatz von dieselbetriebenen Baufahrzeugen ist die übliche Praxis. Gegenwärtig werden in der Schweiz E-Baufahrzeuge nur vereinzelt von ökologisch motivierten Unternehmen eingesetzt, da sie erheblich höhere Total Cost of Ownership aufweisen.

Aktuell gibt es keine Statistiken über E-Baufahrzeuge in der Schweiz, doch ist von einem sehr geringen Marktanteil auszugehen.

5 Aufbau und Umsetzung des Monitorings

5.1 Beschreibung der gewählten Nachweismethode

Die effektiven Emissionsreduktionen werden je «ins Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug» einzeln ermittelt.

Zum Nachweis der effektiven Emissionsreduktionen können, je nach Datengrundlage zum Verbrauch des zu ersetzenden Baufahrzeugs (folgend Referenz-Baufahrzeug) bzw. den Datengrundlagen zum Stromverbrauch des neuen Baufahrzeugs (Projektemissionen), zwei unterschiedliche Methodiken verwendet werden. Diese sind in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben.

Projektemissionen (PE)

Die Projektemissionen ergeben sich aus dem Stromverbrauch des eingesetzten E-Baufahrzeugs und dem jährlichen Emissionsfaktor des Schweizer Strommix, und werden je Datengrundlage wie folgt hergeleitet. Die Projektemissionen können mittels zwei Methoden PE I und PE II erhoben werden. Hierbei ist zu beachten, dass primär Methode PE I angewendet werden muss. Methode PE II wird ausschliesslich angewendet, wenn der effektive Stromverbrauch des E-Baufahrzeugs nicht vorliegt. Ein entsprechendes Vorliegen von Datengrundlagen wird mittels Aufnahmekriterium 7 eingeholt (siehe Kapitel 1.4.4).

PE: I: Effektiver Stromverbrauch des E-Baufahrzeugs liegt vor

Sollte der effektive Stromverbrauch vorliegen, ergeben sich die jährlichen PE gemäss effektivem Stromverbrauch in kWh. Voraussetzung ist dabei die Aufzeichnung des Stromverbrauchs in der Telematik des E-Baufahrzeugs.

PE: II: Stromverbrauch gemäss Betriebsstunden und Herstellerangaben

Sollte der effektive Stromverbrauch nicht erhoben werden können, weil dieser z.B. in der Telematik nicht aufgezeichnet wird, kann der Stromverbrauch gemäss Betriebsstunden und dem spezifischen Stromverbrauch je Betriebsstunde gemäss Hersteller ermittelt werden. Bereits heute werden die Betriebsstunden der Baufahrzeuge aufgezeichnet.

Referenzentwicklung (RE)

Die Referenzentwicklung basiert auf dem Dieserverbrauch des Referenz-Baufahrzeugs und dem Emissionsfaktor für Diesel. Die Referenzentwicklung kann mittels zwei Methoden RE I und RE II erhoben werden. Hierbei ist zu beachten, dass primär Methode RE I angewendet werden muss. Methode RE II wird ausschliesslich angewendet, wenn keine beweisbaren Datengrundlagen zu den historischen Verbräuchen vorliegen. Ein entsprechendes Vorliegen von Datengrundlagen wird mittels Aufnahmekriterium 7 eingeholt (siehe Kapitel 1.4.4).

RE I: Historischer Dieserverbrauch und Betriebsstunden der letzten drei Jahre liegen vor

Sollten die historischen Daten vorliegen, ergeben sich die jährlichen RE aus dem ermittelten spezifischen Dieserverbrauch des Referenz-Baufahrzeugs, basierend auf dem Durchschnittsverbrauch der letzten drei Jahre, und den jährlich erhobenen Betriebsstunden des E-Baufahrzeugs (gemäss Telematik). Voraussetzung ist dabei eine Treibstoffbuchhaltung inkl. Betriebsstunden zum Referenz-Baufahrzeug (z.B. mittels Belegen).

RE II: Dieserverbrauch gemäss hergeleiteten spezifischen Dieserverbräuchen

Die Praxis zeigt, dass vor allem kleinere Unternehmen keine beweisbaren Datengrundlagen zu den historischen Verbräuchen besitzen. Um diese jedoch nicht vom Programm auszuschliessen, können konservativ hergeleitete, spezifische Dieserverbräuche je Betriebsstunde angesetzt werden (siehe A3.1 / Reiter 3.1.1 und A3.2). Der spezifische Verbrauch hängt vom Betriebsgewicht (in Tonnen) des Referenz-Baufahrzeugs ab und die RE ergibt sich aus dem hergeleiteten spezifischen Verbrauch und den jährlich erhobenen Betriebsstunden des E-Baufahrzeugs gemäss Telematik.

5.2 Ex-post Berechnung der anrechenbaren Emissionsverminderungen

5.2.1 Formeln zur ex-post Berechnung erzielter Emissionsverminderungen je E-Baufahrzeug unter dem Vorhaben.

Folgend werden die ex-post Berechnungen für ein «ins Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug» erläutert.

$$ER_{i,y} = RE_{i,y} - PE_{i,y}$$

#	Beschreibung	Einheit
ER _{i,y}	Erzielte Emissionsreduktionen von «ins Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug» «i» im Jahr y	[t CO ₂]
RE _{i,y}	Referenzentwicklung von «i» im Jahr y	[t CO ₂]
PE _{i,y}	Projektemissionen von «i» im Jahr y	[t CO ₂]
i	Ins Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug	

Projektemissionen

PE: I: Effektiver Stromverbrauch des E-Baufahrzeugs liegt vor

$$PE_{i,y} = \frac{SB_{eBFi,y} * EF_{el}}{1000}$$

#	Beschreibung	Einheit
PE _{i,y}	Projektemissionen von «i» im Jahr y	[t CO ₂]
SB _{eBFi,y}	Strombedarf des E-Baufahrzeugs «i» im Jahr y	[kWh]
EF _{el}	Emissionsfaktor Elektrizität gemäss Schweizer Produktionsmix	[kg CO ₂ / kWh]

PE: II: Stromverbrauch gemäss Betriebsstunden und Herstellerangaben

$$PE_{i,y} = \frac{BS_{eBFi,y} * sSB_{eBF,i} * EF_{el}}{1000}$$

#	Beschreibung	Einheit
PE _{i,y}	Projektemissionen von «i» im Jahr y	[t CO ₂]
BS _{eBFi,y}	Betriebsstunden des E-Baufahrzeugs «i» im Jahr y	[h]
sSB _{eBF,i}	Spezifischer Strombedarf des E-Baufahrzeugs «i» gemäss Hersteller	[kWh/h]
EF _{el}	Emissionsfaktor Elektrizität gemäss Schweizer Produktionsmix	[kg CO ₂ / kWh]

Referenzentwicklung

RE: I: Historischer Dieserverbrauch und Betriebsstunden der letzten drei Jahre liegen vor

$$RE_{i,y} = \frac{DV_{i,y-1...3}}{BS_{i,y-1...3}} * BS_{eBFi,y} * EF_{DS}$$

#	Beschreibung	Einheit
RE _{i,y}	Emissionen im Referenzfall des ins Vorhaben aufgenommenen Fahrzeugs «i» im Jahr y	[t CO ₂]

DV _{i,y-1...3}	Historischer Treibstoffverbrauch des Referenz-Baufahrzeugs des ins Vorhaben aufgenommenen Fahrzeugs «i» der letzten drei Jahre	[l]
BS _{i,y-1...3}	Historische Betriebsstunden des Referenz-Baufahrzeugs des ins Vorhaben aufgenommenen Fahrzeugs «i» der letzten drei Jahre	[h]
BS _{eBFi,y}	Betriebsstunden des E-Baufahrzeugs «i» im Jahr y	[h]
EF _{DS}	Spezifischer Emissionsfaktor Dieseltreibstoff je Liter	[t CO ₂ / l]

RE: II: Dieselverbrauch gemäss hergeleiteten spezifischen Dieselverbräuchen

$$RE_{i,y} = sDV_{BS,i} * BS_{eBFi,y} * EF_{DS}$$

#	Beschreibung	Einheit
RE _{i,y}	Emissionen im Referenzfall des ins Vorhaben aufgenommenen Fahrzeugs i im Jahr y	[t CO ₂]
sDV _{BS,i}	Spezifischer Dieselverbrauch des Referenz-Baufahrzeugs des ins Vorhaben aufgenommenen Fahrzeugs «i» gemäss Betriebsgewicht	[l/h]
BS _{eBFi,y}	Betriebsstunden des E-Baufahrzeugs «i» im Jahr y	[h]
EF _{DS}	Spezifischer Emissionsfaktor Dieseltreibstoff je Liter	[t CO ₂ / l]

5.2.2 Formeln zur ex-post Berechnung erzielter Emissionsverminderungen des Programms

Die erzielten Emissionsverminderungen des gesamten Programms im Jahr y ergeben sich aus der Summe aller erzielten Emissionsreduktionen je Vorhaben.

Emissionsreduktionen je Vorhaben

$$ER_{p,y} = \sum_i ER_{i,y}$$

#	Beschreibung	Einheit
ER _{p,y}	Erzielte Emissionsreduktionen von Vorhaben «p» im Jahr y	[t CO ₂]
ER _{i,y}	Erzielte Emissionsreduktionen von E-Baufahrzeug «i» unter Vorhaben «p» im Jahr «y»	[t CO ₂]

Emissionsreduktionen des Programms im Jahr y

$$ER_{MP,y} = \sum_p ER_{p,y}$$

#	Beschreibung	Einheit
ER _{MP,y}	Erzielte Emissionsreduktionen des Programms in Monitoringperiode y	[t CO ₂]
ER _{p,y}	Erzielte Emissionsreduktionen von Vorhaben «p» im Jahr «y»	[t CO ₂]

5.2.3 Wirkungsaufteilung

Siehe auch Erläuterungen und Vorgehen in Kapitel 2.1.

Generell müssen Vorhaben bzw. ein «im Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug» bei Anmeldung nachweisen, ob Finanzhilfen in Anspruch genommen wurden. Der Nachweis ist als Aufnahmekriterium (siehe Kap. 1.4.4) aufgeführt.

Sollte ein Vorhaben bzw. ein «im Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug», neben den erwarteten Erlösen aus Bescheinigungen, nichtrückzahlbare Geldleistungen von Bund, Kanton oder Gemeinde für «ein im Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug» in Anspruch nehmen, muss dafür vom Vorhaben eine Wirkungsaufteilung gemäss Vollzugsmittelteilung «Projekte und Programm zur Emissionsverminderung im Inland (BAFU 2021)» durchgeführt werden. Gemäss dieser Vollzugsmittelteilung bestehen drei Möglichkeiten zur Wirkungsaufteilung. Da gegenwärtig keine Aussagen zu zukünftigen Fördermöglichkeiten und deren Ausgestaltung getätigt werden kann, sind generell alle drei Methoden 1, 2A oder 2B anwendbar, wobei tendenziell folgende Methoden angewendet werden:

- Methode 1: Wird tendenziell angewendet, wenn ein Vorhaben mehrere «im Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeuge» im Programm angemeldet hat, welche ggf. unterschiedlich etwaige nichtrückzahlbare Geldleistungen erhalten. Sollte ein «im Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug» nichtrückzahlbare Geldleistungen für den Einsatz in einer spezifischen Gemeinde (ortsabhängig) erhalten, kann ebenfalls Methode 1 angewendet werden.
- Methode 2A und 2B: Die Methoden kommen primär für ein einzelnes «im Vorhaben aufgenommenes Fahrzeug» zum Tragen, wenn nichtrückzahlbare Geldleistungen von übergeordneter Ebene (Bund und Kanton) und einsatzortsunabhängig, bezogen werden.

5.3 Datenerhebung und Parameter

Während in Kapitel 5.3.1 bis 5.3.3 die Parameter beschrieben werden, welche sich auf die Vorhaben und die «ins Vorhaben aufgenommenen E-Baufahrzeuge» beziehen, befasst sich Kapitel 5.3.4 mit den Einflussfaktoren, welche sich auf die Programmstruktur beziehen.

5.3.1 Fixe Parameter

Parameter	EF _{el}
Beschreibung des Parameters	Emissionsfaktor Elektrizität (gemäss Schweizer Produktionsmix)
Wert	29.8
Einheit	g CO _{2e} /kWh
Datenquelle	BAFU: Projekte und Programme zur Emissionsverminderung im Inland, 7. Aktualisierte Ausgabe Januar 2021

Parameter	EF _{DS}	
Beschreibung des Parameters	Emissionsfaktor Diesel	
Wert	2.61	0.00261
Einheit	kgCO ₂ /l	tCO ₂ /l
Datenquelle	BAFU: Projekte und Programme zur Emissionsverminderung im Inland, 7. Aktualisierte Ausgabe Januar 2021	

5.3.2 Dynamische Parameter und Messwerte

Dynamischer Parameter / Messwert	$SB_{eBFi,y}$
Beschreibung des Parameters/Messwerts	Strombedarf des E-Baufahrzeugs «i» im Jahr y
Einheit	kWh
Datenquelle	Auswertung Telematik des Baufahrzeugs
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	Telematik
Beschreibung Messablauf	Die Daten werden jedes Jahr innerhalb des Monitorings durch den Vorhabeneigener erhoben und der Programmbetreiberin zur Verfügung gestellt. Die Daten müssen mittels Dokumentation belegt werden (z.B. Fotodokumentation).
Kalibrierungsablauf	-
Genauigkeit der Messmethode	Gemäss Genauigkeit der Telematik
Messintervall	Jährlich
Verantwortliche Person	Vorhaben

Dynamischer Parameter / Messwert	$sSB_{eBF,i}$
Beschreibung des Parameters/Messwerts	Spezifischer Strombedarf des E-Baufahrzeugs «i» gemäss Hersteller
Einheit	kWh/h
Datenquelle	Angaben Hersteller
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	Angaben Hersteller
Beschreibung Messablauf	Angaben Hersteller
Kalibrierungsablauf	-
Genauigkeit der Messmethode	-
Messintervall	Einmalig je E-Baufahrzeug
Verantwortliche Person	Vorhaben

Dynamischer Parameter / Messwert	$BS_{eBFi,y}$
Beschreibung des Parameters/Messwerts	Betriebsstunden des E-Baufahrzeugs «i» im Jahr y
Einheit	h
Datenquelle	Auswertung Telematik des Baufahrzeugs
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	Telematik
Beschreibung Messablauf	Die Daten werden jedes Jahr innerhalb des Monitorings durch den Vorhabeneigener erhoben und der Programmbetreiberin zur Verfügung gestellt. Die Daten müssen mittels Dokumentation belegt werden (z.B. Fotodokumentation).

Kalibrierungsablauf	-
Genauigkeit der Messmethode	Gemäss Genauigkeit der Telematik
Messintervall	Jährlich
Verantwortliche Person	Vorhaben

Dynamischer Parameter / Messwert	$DV_{i,y-1 \dots 3}$
Beschreibung des Parameters/Messwerts	Historischer Treibstoffverbrauch des Referenz-Baufahrzeugs des ins Vorhaben aufgenommenen Baufahrzeugs «i» der letzten drei Jahre vor Aufnahme ins Programm
Einheit	Liter [l]
Datenquelle	Die Daten werden vom Vorhabeneigener geliefert und müssen mittels Belegen (z.B. Treibstoffbuchhaltung, Verteilung Treibstoffe auf Baufahrzeuge, Zolldokumente, etc.) belegt werden. Die Daten werden von der Programmbetreiberin geprüft. Der historische Treibstoffverbrauch muss für drei Jahre vorliegen. Sollte der historische Treibstoffverbrauch sowie der Parameter $BS_{y-1 \dots 3}$ nicht für mindestens drei Jahre vorliegen, muss der Parameter sDV_{BS} verwendet und somit die Methode RE II angewendet werden.
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	Belege zu Treibstoffverbrauch
Beschreibung Messablauf	-
Kalibrierungsablauf	-
Genauigkeit der Messmethode	-
Messintervall	Einmalig je Referenz-Baufahrzeug
Verantwortliche Person	Vorhaben

Dynamischer Parameter / Messwert	$BS_{i,y-1 \dots 3}$
Beschreibung des Parameters/Messwerts	Historische Betriebsstunden des Referenz-Baufahrzeugs des ins Vorhaben aufgenommenen Baufahrzeugs «i» der letzten drei Jahre vor Aufnahme ins Programm
Einheit	Betriebsstunden [h]

Datenquelle	<p>Die Daten werden vom Vorhabeneigener geliefert und müssen mittels Belegen (z.B. Telematik des Referenz-Baufahrzeugs) belegt werden. Die Daten werden von der Programmbetreiberin geprüft.</p> <p>Sollten die Betriebsstunden der letzten drei Jahre nicht pro Jahr genau über den Zeitraum vorliegen, so können aufgrund des aktuellen Stands der Betriebsstunden gemäss Telematik und der Anzahl Tage seit Inbetriebnahme die durchschnittlichen täglichen Betriebsstunden berechnet und auf drei Jahre extrapoliert werden. Voraussetzung für das Anwenden dieses Vorgehens ist, dass das Referenz-Baufahrzeug mindestens drei Jahre in Betrieb war.</p> <p>Sollten die historischen Betriebsstunden, in Verbindung mit dem Parameter $DV_{i,y-1}$ nicht belegt werden können, muss der Parameter sDV_{BS} verwendet werden.</p>
Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	Belege zu Betriebsstunden
Beschreibung Messablauf	-
Kalibrierungsablauf	-
Genauigkeit der Messmethode	-
Messintervall	Einmalig je Referenz-Baufahrzeug
Verantwortliche Person	Vorhaben

Dynamischer Parameter / Messwert	$sDV_{BS,i}$
Beschreibung des Parameters/Messwerts	Spezifischer Dieserverbrauch des Referenz-Baufahrzeugs des ins Vorhaben aufgenommenen Baufahrzeugs «i» gemäss Betriebsgewicht
Einheit	l/h
Datenquelle	<p>Die spezifischen Verbräuche werden in Funktion des Betriebsgewichts berechnet. Dabei wird auf einer statistisch belegbaren linearen Einfachregression der in Anhang A3.2 dokumentierten Daten abgestützt.</p> <p>Siehe hierzu auch «A3.2_Erläuterung spezifischer Dieserverbrauch Bagger und Lader» und «A3.1_TCO+CO2-Berechnungen, Reiter «3.1.2 Spez.Verbrauch_B» und «3.1.2 Spez.Verbrauch_L».</p>

Erhebungsinstrument / Auswertungsinstrument	<p>Der rechnerische spezifische Dieserverbrauch ergibt sich für das Referenz-Baufahrzeug über folgende Regressionsgeraden.</p> <p>Bagger: $y = 0.7337x + 2.0409$</p> <p>Lader: $y = 0.7101x + 2.9869$</p> <p>mit folgenden Variablen: y = spezifischer Dieserverbrauch des Referenz-Baufahrzeugs [l/h] x = Betriebsgewicht in Tonnen des Referenz-Baufahrzeugs [t]</p>
Beschreibung Messablauf	-
Kalibrierungsablauf	-
Genauigkeit der Messmethode	-
Messintervall	Einmalig je Referenz-Baufahrzeug
Verantwortliche Person	Programmentwickler / Programmbetreiberin

5.3.3 Plausibilisierung der Daten und Berechnungen

Neben Messwerten und öffentlich zugänglichen Quellen basieren die dynamischen Parameter auch auf den hergeleiteten spezifischen Dieserverbräuchen (sDV_{BS}) und den spezifischen Stromverbräuchen gemäss Herstellerangaben.

Da der Parameter sDV_{BS} nicht auf Messungen beruht, wird dieser wie folgend beschrieben plausibilisiert.

Der spezifische Stromverbrauch wird für die Ermittlung der Projektemissionen herangezogen. Die Projektemissionen machen im Verhältnis zu der Referenzentwicklung nur einen marginalen Anteil aus (ca. 2%, siehe Tabelle 4). Mit Blick auf die Verhältnismässigkeit wird auf eine Plausibilisierung verzichtet.

Dynamischer Parameter / Messwert	sDV_{BS}
Beschreibung des Parameters / Messwerts	Spezifischer Dieserverbrauch des Referenz-Baufahrzeugs gemäss Betriebsgewicht (Regressionsgeraden)
Einheit	l/h
Datenquelle	Plausibilisierung basierend auf den Referenz-Baufahrzeugen aller in Vorhaben aufgenommenen Fahrzeuge «i» mit Daten zu historischen Verbräuchen und Betriebsstunden.

<p>Art der Plausibilisierung</p>	<p>a) Zeitpunkt der Plausibilisierung: Die Regressionsgeraden (siehe auch Kapitel 5.3.2, dynamischer Parameter $sDV_{BS,i}$) werden während der Programmdurchführung einmal plausibilisiert.</p> <p>Die Plausibilisierung der Regressionsgeraden muss bis Ende der zweiten Monitoringperiode (31.12.2023) durchgeführt werden und wird im entsprechenden Monitoringbericht beschrieben und verifiziert. Die Regressionsgeraden sind anschliessend bis zum Ende der Kreditierungsperiode definiert und würden bei einer Verlängerung der Kreditierungsperiode erneut geprüft und plausibilisiert.</p> <p>b) Stichprobengrösse: Im Rahmen von wissenschaftlichen Untersuchungen gilt als Grundregel eine Anzahl von weniger als 30 Stichproben als zu klein, um eine Repräsentativität zu erreichen¹⁸.</p> <p>Die benötigte Anzahl von Baufahrzeugen für eine robuste Plausibilisierung wird deswegen wie folgt definiert:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Bagger: 30 Stück</i> 2. <i>Lader: 30 Stück</i> <p>c) Vorgehen der Plausibilisierung: Die Plausibilisierung geschieht in drei Schritten:</p> <p>Schritt 1: Erhebung des spezifischen Dieserverbrauchs für je 30 Bagger und 30 Lader. Hierfür gibt es zwei Varianten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Variante 1: tatsächliche historische Verbrauchsdaten eines Baufahrzeugs der «ins Vorhaben aufgenommenen E-Baufahrzeuge» (siehe auch RE I): Falls der historische Dieserverbrauch und die Betriebsstunden der letzten drei Jahre gemäss dem Monitoring vorliegen, können die Parameter $DV_{i,y-1...3}$ und $BS_{i,y-1...3}$ für die Plausibilisierung genutzt werden. - Variante 2: Messungen von Verbrauchsdaten und Betriebsstunden: Der Dieserverbrauch und die Betriebsstunden kann auch mittels direkter Erhebungen (Messungen während des Betriebs) eines Referenz-Baufahrzeugs ermittelt werden. Als Referenz-Baufahrzeug gilt ein Diesel-Baufahrzeug mit vergleichbarem Betriebsgewicht (+-10%). Die Messung muss mindestens über einen Monat, in welchem das Referenz-Baufahrzeug regulär in Betrieb ist, erfolgen. <p>Schritt 2: Mit den dann vorliegenden Daten aus Schritt 1, wird eine Regressionsanalyse durchgeführt und die relative Abweichung gegenüber dem Parameter $sDV_{BS,i}$ ermittelt (Quotienten aus berechnetem und tatsächlichem Verbrauchswert der Stichproben von 30 Bagger, bzw. 30 Lader im Vergleich zu $sDV_{BS,i}$).</p>
----------------------------------	--

	<p>Schritt 3: Die Plausibilisierung erfolgt über den Mittelwert der Abweichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ist der Mittelwert der Abweichung für die Stichprobe kleiner als +/-10% gilt die Regressionsgerade für den Parameter sDV_{BS} als bestätigt und kann bis zum Ende der Kreditierungsperiode genutzt werden. - Sollte die Abweichung grösser +/-10% ausfallen, wird anhand der vorliegenden Datensätze aus der Plausibilisierung sowie den bestehenden Daten des Parameters $sDV_{BS,i}$ (siehe auch A3.2_Erläuterung spezifischer Dieselverbrauch Bagger und Lader) eine neue Regressionsfunktion für den Parameter sDV_{BSneu} für die Bagger oder Lader mittels Regressionsanalyse (siehe Parameter sDV_{BS} in Kapitel 5.3.2) ermittelt. Für alle nach der Plausibilisierung neu «ins Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeug» wird der Parameter sDB_{BS} mit der neuen Regressionsfunktion berechnet. <p>Für die zweite Kreditierungsperiode werden im letzten Jahr der ersten Kreditierungsperiode die beiden Regressionsgeraden erneut plausibilisiert.</p>
--	---

5.3.4 Überprüfung der Einflussfaktoren und der ex-ante definierten Referenzentwicklung

Neben den Investitionskosten und den Energiepreisen haben auch gesetzliche Vorgaben einen signifikanten Einfluss auf das Programm. Folgend wird der Umgang mit den Investitionskosten und den Energiepreisen, inklusive deren Einfluss auf die Zusätzlichkeit sowie der Umgang mit den gesetzlichen Vorgaben, erläutert.

Einflussfaktor	Investitionskosten und Energiepreise
Beschreibung des Einflussfaktors	Investitionskosten des E-Baufahrzeugs und des äquivalenten dieselbetriebenen Baufahrzeugs sowie Diesel- und Strompreise.
Wirkungsweise auf die Projektmissionen bzw. die Emissionen der Vorhaben des Programms oder die Referenzentwicklung	Die Investitionskosten und Energiepreise sind die relevanten Parameter bei der Ermittlung der Zusätzlichkeit und fliessen entsprechend in die Mehrkosten ein. Bei gegebener Zusätzlichkeit können die Emissionsverminderungen angerechnet werden.

¹⁸ <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/90425/1/73621089X.pdf>, Seite 8

Erläuterung	<p>Aufgrund der gegebenen Technologie verursachen kleine Baufahrzeuge weniger Mehrkosten als grössere Baufahrzeuge.</p> <p>Die Zusätzlichkeit konnte für die konservativsten Fälle (kleine Baufahrzeuge) deutlich aufgezeigt werden (siehe Kapitel 4). Im Rahmen des Programms sind Baufahrzeuge somit pauschal zusätzlich, solange im Rahmen der Überprüfung der Einflussfaktoren keine Anwendungsgrenzen der pauschalen Zusätzlichkeit festgestellt und in einem FAR vorgegeben wurden.</p> <p>Um den Anwendungsbereich der pauschalen Zusätzlichkeit überprüfen zu können, wird am Ende von Kalenderjahr 1 sowie Kalenderjahr 4 der ersten Kreditierungsperiode eine Überprüfung der Wirtschaftlichkeit durchgeführt, jeweils getrennt für E-Bagger und E-Lader. Diese untersucht eine allfällige Veränderung der beiden Einflussfaktoren Investitionskosten oder Energiepreise. Das Vorgehen ist sowohl für E-Bagger als auch E-Lader identisch weshalb folgend der Terminus E-Baufahrzeuge verwendet wird.</p>
-------------	---

<p>Vorgesehene Anpassung der Referenzentwicklung</p>	<p>Folgend werden die Vorgehensschritte je Fahrzeugkategorie (Bagger, Lader) für die Überprüfung der pauschalen Zusätzlichkeit nach Kalenderjahr 1 sowie Kalenderjahr 4 erläutert:</p> <p>Schritt 1: Das zum Zeitpunkt der Überprüfung ins Programm aufgenommene E-Baufahrzeug mit dem geringsten Betriebsgewicht wird identifiziert.</p> <p>Schritt 2: Vom E-Baufahrzeug mit dem geringsten Betriebsgewicht (nachfolgend mit x_0 bezeichnet) ausgehend, wird für alle E-Baufahrzeuge bis zu einem Betriebsgewicht von x_0+500 kg der Anschaffungspreis eingeholt.</p> <p>Schritt 3: Für das günstigste E-Baufahrzeug gemäss Schritt 2 (nachfolgend mit x_1 bezeichnet) wird eine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt.</p> <p>Schritt 4: Wird für das günstigste E-Baufahrzeug eine nicht gegebene Wirtschaftlichkeit gemäss Schritt 3 aufgezeigt, gelten alle E-Baufahrzeuge weiter als zusätzlich. Falls für das günstigste E-Baufahrzeug eine Wirtschaftlichkeit aufgezeigt wird, weiter mit Schritt 5.</p> <p>Schritt 5: In einer Hemmnisanalyse werden weitere Hemmnisse des auf die Wirtschaftlichkeit untersuchte E-Baufahrzeugs betrachtet. Die Hemmnisanalyse wird mittels Methodik gemäss zum Zeitpunkt gültigen Vollzugsmitteilung BAFU für «Projekte und Programm zur Emissionsverminderung im Inland» durchgeführt und die durch die Hemmnisse entstehenden Kosten werden quantifiziert und in der Verifizierung im Rahmen des Monitorings überprüft. Sollte die Analyse keine gegebene Zusätzlichkeit aufgrund weiterer Hemmnisse aufzeigen, weiter mit Schritt 6.</p> <p>Schritt 6: Die Zusätzlichkeit des auf die Wirtschaftlichkeit untersuchten E-Baufahrzeugs x_1 und der E-Baufahrzeuge mit geringerem Betriebsgewicht, ist nicht mehr gegeben. Diese können nicht mehr ins Programm aufgenommen werden, was in einem FAR festgehalten wird.</p> <p>Schritt 7: Für das nächstgrössere E-Baufahrzeug werden die Schritte 2 bis 6 durchgeführt. Hierbei werden in Schritt 2 und Schritt 3, ausgehend vom untersuchten E-Baufahrzeug x_1, alle E-Baufahrzeuge von x_1+500 kg einbezogen.</p> <p>Schritt 8: ggf. wird der Schritt 7 wiederholt mit weiteren Kategorien x_i+500kg.</p> <p>Bei einer nicht gegebenen pauschalen Zusätzlichkeit dürfen keine weiteren E-Baufahrzeuge eines nichtzusätzlichen Betriebsgewichts ins Programm aufgenommen werden. Das Vorgehen hat keine Auswirkung auf bereits angemeldete E-Baufahrzeuge, da</p>
--	---

	<p>bei diesen die Zusätzlichkeit zum Zeitpunkt der Anmeldung gegeben war.</p> <p>Sollten jedoch einzelne E-Baufahrzeuge, der nicht zusätzlichen Betriebsgewichte, einzeln betrachtet die Zusätzlichkeit gemäss Wirtschaftlichkeitsanalyse (Methodik gemäss zum Zeitpunkt gültiger Vollzugsmittelteilung BAFU für «Projekte und Programme zur Emissionsverminderungen im Inland») nachweisen, können diese weiterhin ins Programm aufgenommen werden.</p>
Datenquelle	Prüfung durch die Programmleitung innerhalb des Monitorings am Ende von Kalenderjahr 1 sowie Kalenderjahr 4 der ersten Kreditierungsperiode. Relevante Parameter werden mit Dokumenten (z.B. Rechnungen) belegt.

Einflussfaktor	Gesetzliche Vorgaben in der Schweiz und/oder Kantonen
Beschreibung des Einflussfaktors	Gesetzliche Vorgaben zum Einsatz von E-Baufahrzeugen anstatt konventioneller Baufahrzeuge.
Wirkungsweise auf die Projektmissionen bzw. die Emissionen der Vorhaben des Programms oder die Referenzentwicklung	Bei einer gesetzlichen Vorgabe zum Einsatz von E-Baufahrzeugen anstatt konventioneller Baufahrzeuge werden keine Emissionsverminderungen mehr bescheinigt.
Vorgesehene Anpassung der Referenzentwicklung	Die Referenzentwicklung wird entsprechend den gesetzlichen Vorgaben angepasst. <u>Beispiel:</u> Bei einem (Teil-)Verbot von konventionellen Baufahrzeugen dürfen nur die Emissionsverminderungen der neuen Vorhaben ab Jahr des Verbots, welche ausserhalb des Verbots erzielt werden, angerechnet werden.
Datenquelle	Jährliche Prüfung durch die Programmleitung und belegte Ausweisung der Sachlage im Monitoringbericht.

Einflussfaktor	Förderprogramm in der Schweiz und/oder Kantonen
Beschreibung des Einflussfaktors	<p>Zwar bestehen zu gegebenem Zeitpunkt keine spezifischen Förderprogramme, welche den Einsatz von E-Baufahrzeuge anstatt konventioneller Baufahrzeuge monetär fördern.</p> <p>Trotzdem könnten Vorhaben bzw. «ins Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeuge» Innovationsförderungen wie von der schweizerischen Agentur Innosuisse beantragen. Zudem kann die Einführung von spezifischen Fördermöglichkeiten von z.B. Kantonen, in den kommenden Jahren nicht ausgeschlossen werden.</p>

<p>Wirkungsweise auf die Projektmissionen bzw. die Emissionen der Vorhaben des Programms oder die Referenzentwicklung</p>	<p>Bei der Programmanmeldung müssen Vorhaben bzw. «ins Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeuge» nachweisen, ob weitere Finanzhilfen in Anspruch genommen wurden. Der Nachweis ist als Aufnahmekriterium 8.1 (siehe Kap. 1.4.4) aufgeführt.</p> <p>Bei Inanspruchnahme einer nichtrückzahlbaren Geldleistung (Förderung), muss das Vorhaben eine Wirkungsaufteilung, wie in Kapitel 4.1 beschrieben, durchführen.</p> <p>Zudem muss das Vorhaben für das «ins Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeuge», welches eine nicht rückzahlbare Geldleistung in Anspruch genommen hat, einen separaten Nachweis der Zusätzlichkeit erbringen. Der pauschale Zusätzlichkeitsnachweis gemäss Kapitel 4 ist für das «ins Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeuge», welches eine nicht rückzahlbare Geldleistung in Anspruch genommen hat, nicht anwendbar!</p>
<p>Vorgesehene Anpassung der Referenzentwicklung</p>	<p>Die Referenzentwicklung wird entsprechend der Sachlage angepasst.</p> <p><u>Beispiel Wirkungsaufteilung:</u> Bei einer Wirkungsaufteilung dürfen nur die relevanten Emissionsverminderungen dem Vorhaben angerechnet werden.</p> <p><u>Beispiel Zusätzlichkeit:</u> Bei einer nichtgegebenen Wirtschaftlichkeit und einer negativen Hemmnisanalyse, welche mittels Methodik der zum Zeitpunkt gültigen Vollzugsmitteilung BAFU für «Projekte und Programm zur Emissionsverminderung im Inland» durchgeführt wird, dürfen die erzielten Emissionsverminderungen nicht angerechnet werden. Das betreffende «ins Vorhaben aufgenommene E-Baufahrzeuge» wird nicht ins Programm aufgenommen!</p>
<p>Datenquelle</p>	<p>Jährliche Prüfung durch die Programmleitung und belegte Ausweisung der Sachlage im Monitoringbericht.</p>

5.4 Prozess- und Managementstruktur

Monitoringprozess

Die Vorhaben sowie die «in ein Vorhaben aufgenommenen E-Baufahrzeuge» werden durch die Programmbetreiberin koordiniert. Die Programmbetreiberin ist zuständig für die Eingabe des Monitoringberichts sowie für die Berechnung der Emissionsreduktionen pro Vorhaben. Verantwortlich für die Datensammlung sind jeweils die Vorhaben.

Das Monitoring beginnt mit dem Wirkungsbeginn des ersten Vorhabens bzw. des ersten «in ein Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug». Die Stiftung KliK informiert die Vorhaben über die zu messenden Parameter, die Messmethode, die Datenaufbereitung und die Qualitätssicherung. Die Stiftung KliK verlangt von den Vorhaben die Monitoringdaten jeweils für ein Kalenderjahr.

Die benötigten Daten sind abhängig von der gewählten Nachweismethodik und das Vorhaben muss entsprechend die historischen Dieserverbräuche und Betriebsstunden, der jährliche Stromverbrauch und/oder Betriebsstunden, etc. pro «in ein Vorhaben aufgenommenes E-Baufahrzeug» liefern.

Die Stiftung KliK behält sich gegenwärtig noch vor, den Programmbetrieb an ein drittes Unternehmen auszulagern.

Qualitätssicherung und Archivierung

Im Rahmen des Monitorings wird auch die Qualitätssicherung durch die Stiftung KliK sichergestellt. In diesem Rahmen müssen die benötigten Daten, z.B. die jährlichen Betriebsstunden und der jährliche Stromverbrauch mittels Dokumenten (z.B. Fotodokumentation oder Auszug aus der Telematik) bewiesen werden.

Die Daten werden elektronisch gemäss den Vorschriften des Bundes für Emissionsminderungsprojekte archiviert. Die Vorhaben speichern die Primärdaten in elektronischer Form. Kopien aller Daten werden vom Programmleiter bis Ende des Programms aufbewahrt.

Verantwortlichkeiten und institutionelle Vorrichtungen

Datenerhebung	Vorhabeneigner
Verfasser des Monitoringberichts	Programmbetreiberin
Qualitätssicherung	Stiftung KliK
Datenarchivierung	Vorhabeneigner, Kopie bei der Stiftung KliK

6 Sonstiges

Keine sonstigen relevanten Punkte vorhanden.

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 CO₂-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	11.11.2021	Infras (im Auftrag der <i>Stiftung Klik</i>)

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_BAFU 2021: Projekte und Programme zur Emissionsverminderung im Inland, 7. Aktualisierte Version
 - A1.2_Neuzulassungen_2020_Bagger_Lader.xlsx
 - A1.3_IVL 2019 - Lithium-Ion Vehicle Battery Production.pdf
 - A1.4_Muster_Anmeldeformular_E-Baufahrzeuge
 - A3.1_TCO+CO2-Berechnungen_Reiter «3.1.5 Leakage-Vergleich»
- A2. Unterlagen zur Abgrenzung zu weiteren klima- oder energiepolitischen Instrumenten
(z.B. beantragte / erhaltene Finanzhilfen, Wirkungsaufteilung)
- Keine*
- A3. Unterlagen zur Berechnung der erwarteten Emissionsverminderungen
- A3.1_TCO+CO2-Berechnungen_Reiter «3.1.1 Referenzentwicklung B» und «Referenzentwicklung L»
 - A3.1_TCO+CO2-Berechnungen_Reiter «3.1.2 Spez.Verbrauch_B» und «Spez.Verbrauch_L»
 - A3.2_Erläuterung spezifischer Dieserverbrauch Bagger und Lader
 - A3.3_BAFU 2015 non-road emissions 1980-2050_Bericht (pdf) und Tabelle (excel)
 - A3.4_SUNCAR_Schlussbericht.pdf
 - A3.5_CO2_Förderrechner_zero_Emission_Österreich_V0.95.xlsx
- A4. Unterlagen zur Wirtschaftlichkeitsanalyse
- A3.1_TCO+CO2-Berechnungen_Reiter «3.1.3 CO2+TCO_Bagger» und «CO2+TCO_Lader»
 - A3.1_TCO+CO2-Berechnungen_Reiter «3.1.4 Sensitivitaet_Bagger» und «Sensitivitaet_Lader»
 - A4.1_2021-03-24_Diesellofferte_Heizoeel24
 - A4.2_2021-03-24_Strompreis.PNG
 - A4.3_Preisliste SUNCAR
 - A4.4_jahresmittelkurse2020.pdf
 - A4.5_Kostenangaben Wacker Neuson zu WL20 und WL20e
 - A4.6_Kostenangaben Wacker Neuson zu Ersatzbatterie
 - A4.7_ekz-netzanschlussbedingungen-1.pdf
- A5. Unterlagen zum Monitoring
- Keine*
- A6. Geschwärzte Fassung Projekt-/Programmbeschreibung
- Antrag_E_Bagger_Lader_V2.2_public.pdf*
- A7. Geschwärzte Fassung Validierungsbericht
- Programm_eBagger_eLader-Validierungsbericht_Checkliste-v1.01_public.pdf*