
BESCHREIBUNG FÜR PROJEKTE ZUR EMISSIONSVERMINDERUNG IN DER SCHWEIZ¹

<i>Förderprogramm Gabelstapler</i>

Dokumentversion	
-----------------	--

Datum	
-------	--

INHALT

1. Angaben zur Projektorganisation
2. Technische Angaben zum Projekt
3. Abgrenzung zu weiteren klima- und energiepolitischen Instrumenten
4. Berechnung der erwarteten Emissionsverminderung
5. Nachweis der Zusätzlichkeit
6. Aufbau und Umsetzung des Monitorings

ANHANG

- A1. Belege für den Umsetzungsbeginn
- A2. Unterlagen zu beantragten und erhaltenen Finanzhilfen
- A3. Berechnung der erwarteten Emissionsverminderungen
- A4. Wirtschaftlichkeitsanalyse und Unterlagen dazu
- A5. Unterlagen zum Monitoring

¹ Bitte prüfen Sie vor dem Ausfüllen dieser Vorlage, ob die vorliegende Version noch aktuell ist. Die aktuelle Version ist zu finden unter www.bafu.admin.ch/kompensationsprojekte-ch.

Hinweise:

- *Graue, kursive Textelemente* bitte durch entsprechende Angaben ersetzen.
- Falls zweckmässig Check-Boxes mittels rechter Maustaste (→ Eigenschaften) aktivieren.
- Tabellen falls zweckmässig mittels rechter Maustaste um weitere Zeilen ergänzen (→ Einfügen)

1. Angaben zur Projektorganisation

Projekttitel	Förderung von Elektrogabelstapler im Aussenbereich
Version des Dokuments	
Datum	09/01/2014

Gesuchsteller	<i>Stiftung KliK</i>
Kontakt	<i>Sandra Stettler, Egon AG, General Wille-Str. 59, 8706 Feldmeilen</i>

Zeitplan	Datum	Spezifische Bemerkungen
Umsetzungsbeginn	Ab Registrierung des Programms	<i>Ziel ist es, das Förderprogramm Anfangs Februar zu lancieren.</i>
Wirkungsbeginn		<i>Der erste Gabelstapler, welcher am Förderprogramm teilnimmt markiert den Wirkungsbeginn des Projekts.</i>

2. Technische Angaben zum Projekt

2.1. Allgemeine Informationen

Projektstandort	<p><i>Das Förderprogramm ist in der Gabelstaplerbranche angesiedelt und soll die Zahl der Elektrogabelstapler, welche im Aussenbereich zum Einsatz kommen erhöhen. Im Aussenbereich sind zur Zeit hauptsächlich Diesel-Gabelstapler im Einsatz. Stapler welche im Innenbereich eingesetzt werden sind aus dem Förderprogramm ausgeschlossen, da bereits heute ein Grossteil dieser Stapler elektrisch ist und die Verwendung von Elektrostaplern im Innenbereich vorgeschrieben ist.</i></p> <p><i>Mitmachen können alle Käufer, welche:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>ihren Firmenstandort in der Schweiz haben</i> - <i>innerhalb der Programmdauer einen Elektro-Gabelstapler kaufen</i> - <i>der gekaufte Elektro-Gabelstapler muss mit vier Rädern, einem Dach, Frontscheibe und Beleuchtung für den Aussenbetrieb ausgestattet sein</i> - <i>der Käufer verpflichtet sich, den Gabelstapler selbst zu nutzen (Zwischenhändler sind von der Teilnahme ausgeschlossen)</i> - <i>der Käufer verpflichtet sich, den Gabelstapler im Aussenbereich zu nutzen</i> <p><i>Zur Vermeidung von Doppelzahlungen wird eine Datenbank für alle Gabelstapler geführt.</i></p>
Situationsplan	

Projekttyp	<input type="checkbox"/> Abwärmenutzung <input type="checkbox"/> Abwärmevermeidung <input type="checkbox"/> Effizientere Nutzung von Prozesswärme <input type="checkbox"/> Biogasanlagen <input type="checkbox"/> Wärmeerzeugung durch Verbrennen von Biomasse <input type="checkbox"/> Nutzung von Umweltwärme <input type="checkbox"/> Nutzung von Solarenergie <input type="checkbox"/> Brennstoffwechsel für Prozesswärme <input type="checkbox"/> Effizienzverbesserung Personentransport / Güterverkehr <input type="checkbox"/> Abfackelung / Energetische Nutzung von Methan <input type="checkbox"/> Vermeidung und Substitution synthetischer Gase <input type="checkbox"/> Vermeidung und Substitution von Lachgas (N ₂ O) <input checked="" type="checkbox"/> andere: Verminderung fossiler Treibstoffe
Technologie	<p><i>Dieses Förderprogramm sieht vor, den Anteil elektrischer Gabelstapler gegenüber fossil betriebenen Gabelstaplern im Aussenbereich zu erhöhen.</i></p> <p><i>Im Innenbereich werden Gabelstapler hauptsächlich in Lagern genutzt. Da Verbrennungsmotoren in der Schweiz im Innenbereich nur nach gründlicher Abklärung eingesetzt werden dürfen, sind Gabelstapler für den Innenbereich fast ausschliesslich mit einem Elektromotor ausgerüstet. Meistens sind im Innenbereich nur geringe Hublasten von ca. 1 bis 1.6 Tonnen nötig. Teilweise werden aber auch Stapler bis 5t Hublast eingesetzt. Der ebene Untergrund erlaubt es oft, Stapler mit nur 3 Rädern einzusetzen.</i></p> <p><i>Im Aussenbereich werden Gabelstapler für den Umschlag von Gütern, aber auch im Baugewerbe oder in der Forst- und Landwirtschaft eingesetzt. Die Hublasten liegen meistens zwischen 1.8 bis 5t, selten auch bis 8t oder mehr. Gabelstapler für den Aussenbereich haben vier Räder, ein Dach mit Frontscheibe und sind mit Scheinwerfern ausgestattet.</i></p>
Schematische Darstellung	

2.2 Art des Projekts		
<input type="checkbox"/> Einzelnes Projekt	<input type="checkbox"/> Projektbündel	<input checked="" type="checkbox"/> Programm
Treibhausgas(e)	<input checked="" type="checkbox"/> CO ₂ <input type="checkbox"/> CH ₄ <input type="checkbox"/> N ₂ O <input type="checkbox"/> HFC <input type="checkbox"/> PFC <input type="checkbox"/> SF ₆ <input type="checkbox"/> NF ₃	

2.3 Beschreibung des Projekts

Ausgangslage: In der Schweiz sind insgesamt rund 17'000 fossile Gabelstapler im Einsatz, ungefähr 13'600 davon werden mit Diesel betrieben. Der Treibstoffverbrauch der Stapler liegt bei ca. 34'000 t. Dies entspricht in etwa 105'000 t CO₂. (Datenquelle: Schöffeler U., Keller M. 2008: Treibstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des Offroad-Sektors. Studie für die Jahre 1980 – 2020. Umwelt-Wissen Nr. 0828. Bundesamt für Umwelt, Bern: 172 S.).

Die meisten Gabelstapler-Verkäufer in der Schweiz sind im swisslifter-Verband organisiert (www.swisslifter.ch). Verkaufszahlen der Gabelstapler werden regelmässig in der World Industrial Trucks Statistics (WITS) gesammelt und publiziert. Diese international anerkannte Statistik beinhaltet die Verkaufszahlen aller Gabelstapler getrennt nach Land und Maschinenklasse (siehe untenstehende Tabelle).

Die Offroad-Statistik des BAFU weist ausserdem Bestandszahlen thermischer Gabelstapler sowie durchschnittliche Betriebsstunden pro Jahr aus (s. Tabelle 2).

Tabelle 1: WITS mit den Verkaufszahlen von Elektrostaplern von 2008 bis 2012. E Cb: Elektrische Gabelstapler. IC Cb: fossile Gabelstapler. In der Statistik wird nicht zwischen Gabelstaplern für den Innen- und Aussenbereich unterschieden.

WITS ** WORLD INDUSTRIAL TRUCK STATISTICS (WITS)
Order Intake

		2012	2011	2010	2009	2008
Switzerland	E Cb	869	1013	822	651	927
	IC Cb	1078	1140	741	761	1032
	E + IC Cb	1947	2153	1563	1412	1959

Tabelle 2: Bestands-Statistik der thermischen Gabelstapler. Quelle: BAFU-Studie „Treibstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des Offroad-Sektors“, Seite 141

Gattung	Kategorie	Motorentyp	Bestand	Betriebsstunden [h]	spez. BetrStd [h/a]	Lebensdauer [a]
Industrie	Gabelstapler aller Art	Benzin (4T)	850	612'000	720	8,8
Industrie	Gabelstapler aller Art	Diesel	13'600	9'792'000	720	8,8
Industrie	Gabelstapler aller Art	CNG	2'550	1'836'000	720	8,8

Aus der WITS-Statistik ist ersichtlich, dass durchschnittlich 48% der verkauften Stapler Elektro-Stapler und 52% Stapler mit Verbrennungsmotor sind. In den Verkaufsstatistiken wird nicht unterschieden ob der Stapler im Innen- oder im Aussenbereich zum Einsatz kommt. Swisslifter schätzt, dass ca. die Hälfte der Gabelstapler im Innenbereich eingesetzt wird (Lagerhallen) und die andere Hälfte im Aussenbereich. Im Innenbereich dürfen nur in Ausnahmefällen Stapler mit Verbrennungsmotor eingesetzt werden². Gespräche mit Mitgliedern des swisslifter-Verbands bestätigen, dass erfahrungsgemäss im Aussenbereich selten ein Elektro-Stapler eingesetzt wird (siehe Fragebogen im Anhang). Die Gründe dafür liegen nicht in der Wirtschaftlichkeit, sondern vor allem auch in anderen Hemmnissen und der abschreckenden Wirkung der hohen Investitionskosten. (siehe Beschreibung in Kapitel 5: Andere Hemmnisse). Fachexperten vom Verband Swislifter haben interne Verkaufszahlen untersucht, um den Anteil Elektro-Stapler im Aussenbereich abzuschätzen. Dabei sind sie folgendermassen vorgegangen:

Sie haben die Verkaufsdokumente des aktuellen Jahres untersucht und bei jedem verkauften Stapler folgende Merkmale geprüft:

- thermischer oder elektrischer Stapler

² Gesetzliche Grundlage als Quelle zitieren

- falls elektrischer Stapler zusätzlich:
 - 3 oder 4 Räder
 - Batteriespannung (24, 48 oder 80 V)

Beim Verkauf wird bisher nicht festgehalten, ob ein Stapler für den Aussen- oder den Inneneinsatz gedacht ist, oder ob er mit der entsprechenden Ausrüstung versehen ist (Dach, Frontscheibe, Scheinwerfer). Gewisse technische Spezifikationen weisen allerdings auf den Einsatzbereich hin. Grundsätzlich werden dreirädrige Fahrzeuge nur im Innenbereich eingesetzt. Fahrzeuge mit 4 Rädern respektive 2 Achsen sind hingegen für den Einsatz im Aussenbereich geeignet. Zudem haben Elektrostapler im Aussenbereich meist ein hohes Spannungsniveau (80V anstelle von 48V oder 24V). Der Marktanteil an Elektrostaplern, welche im Aussenbereich eingesetzt wird, wurde vom Verband Swisslifter deshalb folgendermassen abgeschätzt:

Anteil verkaufter Elektrostapler, welche 4 Räder und eine Batteriespannung von 80V aufweisen. Dieser Anteil beträgt knapp 15% der gesamthaft verkauften Elektrostapler laut dem Verband Swisslifter.

Wird diese Zahl anhand der Bestands-Statistik (Tabelle 2) hochgerechnet, ergibt dies folgende Situation (siehe Tabellen 3 und 4): Im Aussenbereich stehen in der Schweiz knapp 20'000 Stapler im Einsatz. 12% davon sind Elektro-Stapler. Die Herleitung dieser Zahlen befindet sich im Excel-Sheet „WITS.xls“.

Tabelle 3: relative Anzahl der verkauften Gabelstapler gemäss Verkaufs-Statistik WITS (siehe Excel-File WITS.xls)

	2012	2011	2010	2009	2008	Mittelwert
E Cb	45%	47%	53%	46%	47%	48%
IC Vb	55%	53%	47%	54%	53%	52%

Tabelle 4: Herleitung des Anteils Elektro-Stapler im Aussenbereich (siehe Excel-File WITS.xls)

Bestand in Prozent	total	davon im Aussenbereich eingesetzt	davon im Innenbereich eingesetzt		
thermische Stapler	52%	100%	0%		
elektrische Stapler	48%	15%	85%		
Bestand absolut	total	davon im Aussenbereich eingesetzt	davon im Innenbereich eingesetzt	Anteil im Aussenbereich	Anteil im Innenbereich
thermische Stapler	17'000	17'000	0	88%	0%
elektrische Stapler	15'406	2'311	13'095	12%	100%
gesamt	32'406	19'311	13'095	100%	100%

Projektziel: Durch die Substitution von fossilen Gabelstaplern mit elektrischen Gabelstaplern wird weniger Treibstoff verbraucht und somit auch weniger CO₂ ausgestossen. Da sich Elektrostapler vor allem für kleine Hubleistungen bis 5 t eignen, wird eine Erhöhung des Anteils Elektrostapler vorwiegend in diesem Marktsegment angestrebt. Das Förderprogramm wird nur den Kauf von Elektro-Staplern im Aussenbereich unterstützen. Damit der Kunde vom Förderprogramm profitieren kann, muss dieser einen Elektrostapler kaufen, der mit den typischen Ausstattungsmerkmalen eines Staplers für den Aussenbereich ausgerüstet ist. Das heisst, der Elektrostapler hat 4 Räder, ein Dach mit Frontscheibe und Beleuchtung für Ausseneinsatz.

Beim Kauf eines neuen Gabelstaplers wird ein Antragsformular zur Teilnahme am Förderprogramm zusammen mit dem Verkäufer ausgefüllt. Aus dem Antragsformular sind die wichtigsten Parameter für die Emissionseinsparung ersichtlich. Dies sind:

- Hublast des Staplers
- Bestätigung, dass es sich um einen Elektrostapler handelt
- Bestätigung, dass der Stapler die Bedingungen für den Einsatz im Aussenbereich erfüllt

Eine genaue Definition der Kenngrössen befindet sich in Kapitel 6.2 dieses Antrags.

Referenzszenario: Der Absatzmarkt für Gabelstapler ist in den letzten Jahren stabil geblieben und die Verkaufszahlen bewegen sich immer etwa in derselben Region (s. Tabelle 1). Auch das Verhältnis zwischen Elektrostaplern und fossilen Gabelstaplern mit einer Hubleistung bis zu 5 t ist seit einigen Jahren konstant bei je ca. 50%. Bei Hubleistungen über 5 t werden zu 90 % fossil betriebene Stapler eingesetzt. Auch die Partikelfilterpflicht, welche laut Branchenmitgliedern voraussichtlich in einigen Jahren in allen Kanton eingeführt wird, wird wenig Einfluss auf die Absatzzahlen haben, da ca. 90% aller Dieselstapler für den Aussenbereich bereits mit Partikelfilter verkauft werden. Basierend auf den Statistiken und den Branchenprognosen ist davon auszugehen, dass sich der Markt in den nächsten 5 Jahren weiterhin so entwickelt wie in den vergangenen 5 Jahren.

Laufzeit des Projekts (in Jahren):

Laufzeit des Programms: Nach der Registrierung durch das BAFU 7 Jahre.

Einzelne Gabelstapler können bis 31.12.2020 im Rahmen des Förderprogramms verkauft werden.

Kreditierungsperiode: ab Registrierung beim BAFU (voraussichtlich 2014) bis 31.12.2020, d.h. 7 Jahre.

Einzelne Gabelstapler können ab Registrierung beim BAFU und bis 31.12.2018 in das Programm aufgenommen werden. Der Zeitraum, über welchen neue Gabelstapler in das Programm aufgenommen werden, beträgt somit 5 Jahre (2014 bis 2018). D.h. die Programmdauer beträgt 5 Jahre. Die während der Kreditierungsperiode anrechenbare Wirkungsdauer kann bei einzelnen Gabelstaplern zwischen 2 und 7 Jahren variieren.

Die Nutzungsdauer der Gabelstapler und somit die gesamte Wirkungsdauer beträgt 9 Jahre. (Datenquelle: Schäffeler U., Keller M. 2008: Treibstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des Offroad-Sektors. Studie für die Jahre 1980 – 2020. Umwelt-Wissen Nr. 0828.

Bundesamt für Umwelt, Bern: 172 S., Seite 141) Gabelstapler, welche erst Ende 2018 gekauft werden, bleiben somit bis Ende 2027 in Betrieb.

Laufzeit des Programms: das Programm wird sofort nach Registrierung beim BAFU gestartet (voraussichtlich 2014). Es wird bis zum Ende der Kreditierungsperiode durchgeführt,

3. Abgrenzung zu weiteren klima- oder energiepolitischen Instrumenten	
Ist das Projekt zur Inanspruchnahme von <i>staatlichen</i> Finanzhilfen berechtigt?	
<input type="checkbox"/> Ja	<input checked="" type="checkbox"/> Nein
Weist das Projekt Schnittstellen zu Unternehmen auf, die von der CO ₂ -Abgabe befreit sind?	
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Nein
<i>Die CO₂-Abgabe wird auf Brennstoffen erhoben, nicht auf Treibstoffe.</i>	

4. Berechnung der erwarteten Emissionsverminderungen

4.1. Systemgrenze
Beschreibung: Die Systemgrenzen liegen beim Gabelstapler und der dafür benötigten Antriebsenergie. Im Referenzszenario beinhaltet dies den Dieselstapler und den für den Betrieb verbrauchten Diesel. Im Projektszenario den Elektrostapler und dessen Stromverbrauch für die Antriebsenergie. Dabei wird der Wirkungsgrad der Ladestation und der Batterie mit berücksichtigt.

Grafische Darstellung: *der rot umrandete Bereich definiert die Systemgrenze.*

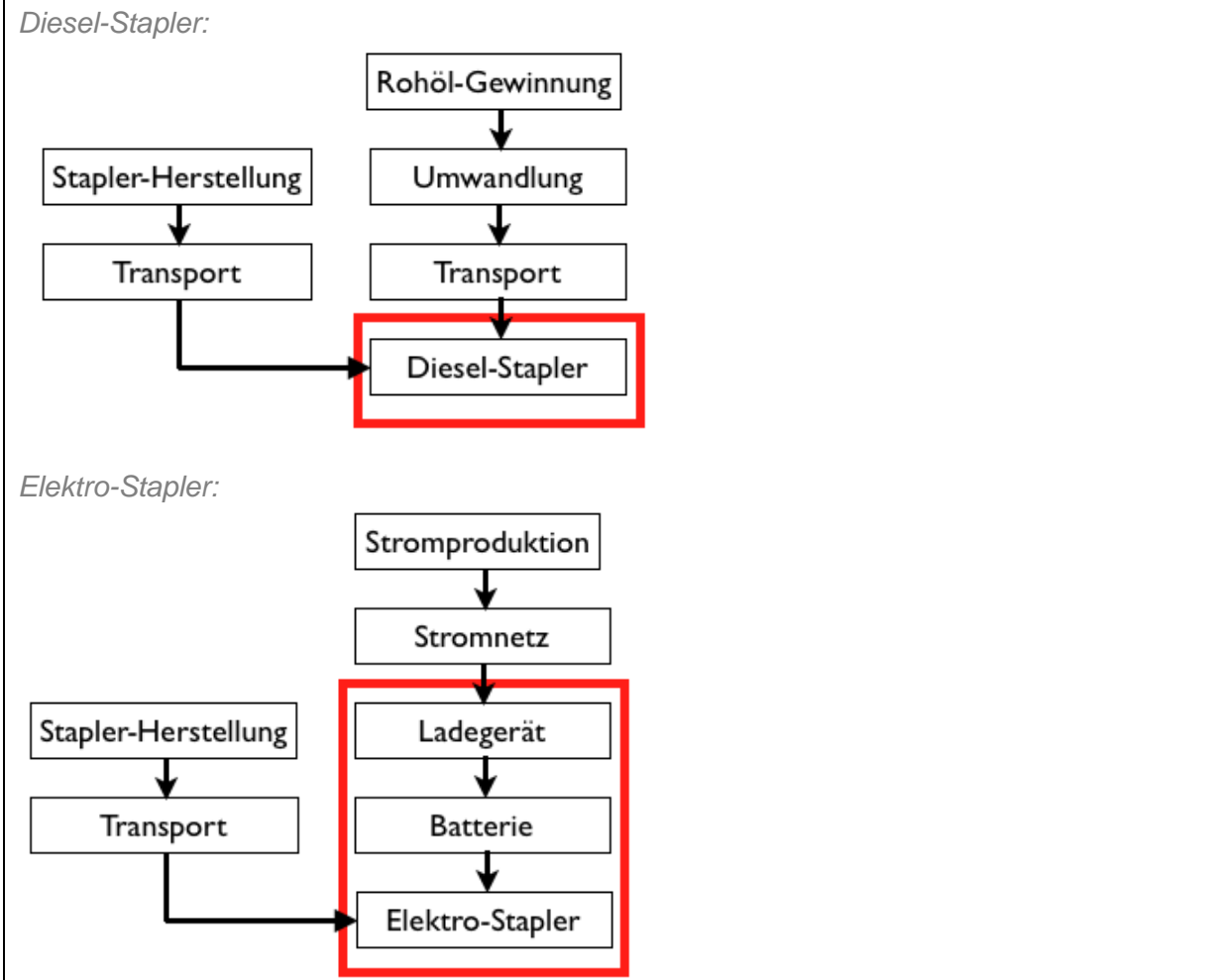


Abb. 1: Systemgrenzen für Diesel- und Elektro-Stapler

4.2 Direkte und indirekte Emissionsquellen				
	Quelle	Gas	Enthalten	Begründung / Beschreibung
Projektemissionen	<i>Emission durch Elektrostapler</i>	CO ₂	<i>ja</i>	<i>CO₂-Bilanz des für den Antrieb benötigten Stroms.</i>
	<i>Bezeichnung</i>	CH ₄	<i>nein</i>	
	<i>Bezeichnung</i>	N ₂ O	<i>nein</i>	
	<i>Bezeichnung</i>	<i>andere</i>	<i>nein</i>	
Referenzentwicklung	<i>Emission durch Dieselgabelstapler (Auspuff)</i>	CO ₂	<i>ja /nein</i>	<i>Fossiler Verbrennungsmotor</i>
	<i>Bezeichnung</i>	CH ₄	<i>ja /nein</i>	
	<i>Bezeichnung</i>	N ₂ O	<i>ja /nein</i>	
	<i>Bezeichnung</i>	<i>andere</i>	<i>ja /nein</i>	

Leakage
<i>Es ist keine Verlagerung des CO₂-Ausstosses und somit auch keine Leakage zu erwarten. Der Ladeverlust beim Laden der Batterien der elektrischen Stapler wurde bei der Berechnung der Projektemissionen berücksichtigt.</i>

Einflussfaktoren
<p><i>Es gibt nur wenige Einflussfaktoren, welche direkte Einwirkungen auf die Projekt- und Referenzszenarien haben.</i></p> <p>Gesetzliche Rahmenbedingungen: <i>Einige Kantone haben zur Zeit eine Partikelfilterpflicht für Gabelstapler. Es ist gut möglich, dass in Zukunft alle Kantone die Partikelfilterpflicht einführen werden. Bereits heute werden fast ausschliesslich Dieselstapler mit Partikelfilter verkauft. Bei allen Berechnungen für Diesel-Stapler wurde deshalb in diesem Antrag ein Partikelfilter miteinbezogen. Damit wurde für diesen Antrag im Referenzszenario bereits davon ausgegangen, dass alle Diesel-Stapler mit einem Partikelfilter ausgerüstet sind.</i></p> <p>Technologie: <i>Bei den Elektrostaplern könnten in Zukunft vermehrt Lithium-Batterien eingesetzt werden. Diese Technologie ist allerdings noch in der Entwicklungsphase und wird voraussichtlich erst nach Programmende marktreif sein.</i></p> <p>Betriebsstunden: <i>Die Projekt- und Referenzemissionen hängen direkt und linear von der Anzahl Betriebsstunden ab. Die durchschnittliche Anzahl Betriebsstunden von Gabelstaplern wurde in einer Studie des BAFU mit 720 h pro Jahr ermittelt (siehe Tabelle 2. Datenquelle: Schäffeler U., Keller M. 2008: Treibstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des Offroad-Sektors. Studie für die Jahre 1980 – 2020. Umwelt-Wissen Nr. 0828. Bundesamt für Umwelt, Bern: 172 S.). Bei einer Annahme von 600 anstelle von 700 Betriebsstunden jährlich würden sich die jährlichen Emissionseinsparungen um ca. 15% reduzieren. Um diesen Einflussfaktor zu überprüfen, werden während dem Programm beim Verkaufsgespräch von jedem Kunden die jährliche Anzahl Betriebsstunden abgeschätzt. In der Qualitätskontrolle können diese Angaben ausgewertet und mit der Annahme des BAFU verglichen werden.</i></p>

4.3 Projektemissionen

Die Projektemissionen entsprechen den CO₂-Emissionen durch den Stromverbrauch der Elektro-Gabelstapler. Der Stromverbrauch wird für jeden Elektro-Gabelstapler im Programm jährlich berechnet. Die Formel dazu lautet:

$$\text{Stromverbrauch [Wh]} = \text{Betriebsstunden [h]} \times \text{Energieverbrauch pro Stunde} \times \text{Ladefaktor}$$

Wobei:

- Betriebsstunden: Die jährliche Anzahl Betriebsstunden ist typischerweise in etwa konstant und beträgt ca. 720 h pro Jahr. (Datenquelle: Schäffeler U., Keller M. 2008: Treibstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des Offroad-Sektors. Studie für die Jahre 1980 – 2020. Umwelt-Wissen Nr. 0828. Bundesamt für Umwelt, Bern: 172 S.).
- Energieverbrauch pro Stunde: Dieser wird anhand der Hubkraft des Staplers aus Tabelle 2 (siehe unten) ermittelt. Die Energieverbrauchsdaten in Tabelle 2 wurden aus den online verfügbaren Produktdatenblättern der Elektrostapler von Still, Jungheinrich, Linde und Toyota ermittelt (siehe Anhang).
- Ladefaktor: der Ladefaktor beschreibt den Ladeverlust der Batterie und des Ladegeräts. Er beträgt nach einer Studie der Firma Jungheinrich bei Elektro-Gabelstaplern durchschnittlich 1.6 (Quelle: The Jungheinrich Environmental Commendation An examination to determine the life cycle assessment of the Jungheinrich industrial truck fleet based on ISO 14040, Jungheinrich; Vertrieb Deutschland AG & Co. KG, 2011)

Aus dem Stromverbrauch kann mit dem Emissionsfaktor für Strom einfach die Projektemission für jeden Elektro-Stapler berechnet werden:

$$\text{Projektemissionen [g CO}_2\text{]} = \text{Stromverbrauch [kWh]} \times 24.2 \text{ g CO}_2\text{/kWh}$$

Beispiel eines Elektro-Gabelstaplers mit einer Hubkraft von 2.5 Tonnen :

Jährlicher Stromverbrauch = 700h x 6.87 kWh/h x 1.6 = 7'694 kWh

Jährliche Projektemission = 7'694 kWh x 24.2 g CO₂/kWh = 186 kg CO₂

Um die gesamten Projektemissionen zu erhalten, werden jährlich die Projektemissionen aller teilnehmenden Elektro-Gabelstapler aufsummiert:

$$\text{Totale Projektemissionen [g CO}_2\text{]} = \text{Summe der Projektemissionen aller Gabelstapler im Programm}$$

4.4 Referenzentwicklung

In der Referenzentwicklung wird für jeden verkauften Elektrostapler jährlich berechnet, wie hoch die CO₂-Emissionen wären, wenn statt des Elektro- ein fossiler Stapler gleicher Grösse in Betrieb wäre. Die „Grösse“ eines Gabelstaplers definiert sich durch die Hubkraft. Mit Datenblättern verschiedener fossiler Gabelstapler wurde der mittlere stündliche Diesel-Verbrauch für die verschiedenen Leistungsklassen ermittelt. (Siehe Anhang). Tabelle 5 fasst die Resultate zusammen: In der ersten Spalte ist die Nutzlast des Staplers angegeben. In Spalte 2 ist der durchschnittliche stündliche Stromverbrauch eines Elektro-Staplers angegeben. In Spalte 3 ist der durchschnittliche stündliche Diesel-Verbrauch eines Diesel-Staplers angegeben. Der durchschnittliche Verbrauch wurde anhand der Produktdatenblätter der 4 grössten Händler der Schweiz, welche zusammen ca. 2/3 des Marktes abdecken, ermittelt. Die technischen Produktdatenblätter wurden als Anhang mitgeliefert.

Tabelle 5: durchschnittlicher stündlicher Strom- und Dieserverbrauch von Gabelstaplern. Stapler mit einer Hublast von weniger als 1.6 t werden nur im Innenbereich eingesetzt. Sie erhalten somit keine Förderung.

Tragfähigkeit/Last	Elektrostapler: Stromverbrauch	Diesel-Stapler: Dieselverbrauch
t	kWh/h	l/h
1	3.70	
1.2 / 1.3	4.13	
1.4 / 1.5	4.83	
1.6	4.87	2.38
1.8	5.45	2.25
2	5.43	2.40
2.5	6.87	3.00
3	8.03	3.43
3.5	6.83	3.63
4	11.40	4.23
4.5	12.37	4.50
5	12.90	4.80

Jährlich wird für jeden Elektro-Stapler im Programm folgendermassen die Referenzentwicklung berechnet:

$$\text{Referenzemissionen [kg CO}_2\text{]} = \text{Emissionsfaktor [kg CO}_2\text{/l]} \times \text{Betriebsstunden [h]} \times \text{Treibstoffverbrauch [l/h]}$$

Wobei:

- Emissionsfaktor: CO₂-Emissionsfaktor für Diesel = 2.63 kg CO₂/l
- Betriebsstunden: 720 h / Jahr. Siehe Beschrieb unter „Projektemissionen“
- Treibstoffverbrauch: für jeden Elektro-Stapler wird der Treibstoffverbrauch für einen äquivalenten Diesel-Stapler nach Tabelle 2 bestimmt.

Beispiel eines Elektro-Gabelstaplers mit 2.5 t Nutzlast:

$$\text{Jährliche Referenzemissionen} = 2.63 \text{ kg CO}_2\text{/l} \times 720 \text{ h} \times 3.0 \text{ l/h} = 5'680 \text{ kg CO}_2$$

Bei den Referenzemissionen muss zusätzlich berücksichtigt werden, dass ein kleiner Anteil der Elektro-Stapler auch ohne Förderprogramm gekauft worden wäre. Wie bereits unter Ausgangsszenario beschrieben, beträgt dieser Anteil 12%.

Jährlich werden deshalb von den berechneten Referenzemissionen 12% abgezogen.

4.5 Erwartete Emissionsverminderungen

Die erwarteten Emissionsverminderungen hängen von der Nutzlast des Gabelstaplers ab. Die typische Nutzungsdauer eines Gabelstaplers beträgt 9 Jahre (Datenquelle: Schöffeler U., Keller M. 2008: Treibstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des Offroad-Sektors. Studie für die Jahre 1980 – 2020. Umwelt-Wissen Nr. 0828. Bundesamt für Umwelt, Bern: 172 S., Seite 141). Wie hoch die Emissionsverminderung während der Kreditierungsperiode ist, hängt vom Kaufzeitpunkt des Gabelstaplers ab. Wird der Gabelstapler bereits im Jahr 2014 gekauft, fallen die ersten 7 Betriebsjahre in die Kreditierungsperiode. Wird der Gabelstapler erst Ende 2018 gekauft, fallen nur die ersten 2 Jahre in die Kreditierungsperiode. Nach 2018 werden keine Gabelstapler mehr durch das Programm gefördert. Im Anhang (Excel Treibstoffverbrauch.xlsx) wurden für jede Nutzlast-Kategorie der Gabelstapler die erwarteten Referenzemissionen, Projektemissionen und Emissionsverminderungen berechnet. Wie in Kapitel „Leakage“ beschrieben wurde, fällt keine Leakage an. Als Beispiel sind in Tabelle 6 die Resultate für einen Gabelstapler mit 2.5 Tonnen Hubkraft angegeben.

Tabelle 6: erwartete Emissionsverminderungen für einen Gabelstapler mit 2.5 Tonnen Hubkraft. Maximale Kreditierungsperiode: 7 Jahre. Minimale Kreditierungsperiode: 2 Jahre

Jahr	Erwartete Referenzentwicklung (in t CO ₂ eq)	Erwartete Projektemissionen (in t CO ₂ eq)	Erwartete Emissionsverminderungen (in t CO ₂ eq)
1. Jahr	5.00	0.08	4.92
2. Jahr	5.00	0.08	4.92
3. Jahr	5.00	0.08	4.92
4. Jahr	5.00	0.08	4.92
5. Jahr	5.00	0.08	4.92
6. Jahr	5.00	0.08	4.92
7. Jahr	5.00	0.08	4.92
8. Jahr	5.00	0.08	4.92
9. Jahr	5.00	0.08	4.92
über die Projektlaufzeit	44.99	0.75	44.24
Maximal erzielbar in der Kreditierungsperiode	34.99	0.59	34.41
Minimal erzielbar in der Kreditierungsperiode	10.00	0.17	9.83

Ziel des Programms ist es, dass von 2014 bis 2018 30% weniger thermische Stapler verkauft werden. Das heisst, dass dank dem Programm jährlich 285 elektrische anstatt thermische Gabelstapler für den Aussenbereich verkauft werden. Von 2014 bis 2018 entspricht dies total 1'425 elektrischen Gabelstaplern. Die erwarteten Emissionsverminderungen werden von der tatsächlichen Anzahl verkaufter Elektro-Stapler abhängen und von der Hubkraft der verkauften Elektro-Stapler. Unter der Annahme, dass die gekauften Elektro-Stapler durchschnittlich eine Hubkraft von 2.5t aufweisen, ergibt sich für das Programm eine Emissionsreduktion von total 35'000 t CO₂. (Siehe Tabelle 7 und Herleitung in Excel

„EmissionsminderungenProgramm.xls“)

Tabelle 7: mögliche Entwicklung der Emissionsverminderungen im Programm. Annahmen: durchschnittliche Hubkraft von 2.5t, durchschnittlich 285 teilnehmende Gabelstapler pro Jahr.

Jahr	Anzahl ins Programm aufgenommene Gabelstapler	totale Anzahl Gabelstapler im Programm	Emissionsverminderungen (t CO ₂ -eq)
2014	285	285	1'401
2015	285	570	2'802
2016	285	855	4'203
2017	285	1'140	5'604
2018	285	1'425	7'005
2019	0	1'425	7'005
2020	0	1'425	7'005
			35'023

Wirkungsaufteilung

Es ist keine Wirkungsaufteilung nötig. Die gesamte Wirkung kann angerechnet werden.

5. Nachweis der Zusätzlichkeit

Analyse der Zusätzlichkeit:

Beschreiben Sie, wie die Ausstellung von Bescheinigungen für erzielte Emissionsverminderungen zur Umsetzung des Projekts beiträgt.

Wirtschaftlichkeitsanalyse

Aus den Berechnungen der Wirtschaftlichkeitsanalyse geht hervor, dass ein Elektrostapler in der Praxis leicht wirtschaftlicher ist als ein Dieselstapler (siehe Excel-Files „Wirtschaftlichkeit_...xls“). Bei einem Dieselstapler mit 2.5t Hubkraft resultieren Kosten von ca. 27.7 CHF pro Betriebsstunde, bei einem Elektrostapler von 21.8 CHF pro Betriebsstunde. Abb. 2 zeigt die Wirtschaftlichkeitsrechnung für einen Gabelstapler mit 2.5 t Hubkraft. Für alle Gabelstapler-Grössen sind die Resultate der Wirtschaftlichkeitsberechnung in den Excel-Files „Wirtschaftlichkeit...xls“ in Tabellenblatt „Wirtschaftlichkeit“ im Zellbereich A3 bis H55 zu finden. Die Berechnungen wurden mit folgenden Annahmen durchgeführt:

Die festen Kosten setzen sich aus Abschreibungen und Zinsen zusammen, wobei die Investitionskosten die Basis bilden. Der Zinssatz von 3% wurde aus den Weisungen des BAFU übernommen. Bei Leasing-Verträgen der Gabelstapler-Händler sind höhere Zinssätze von ca. 4.5% üblich.

Die Betriebskosten werden aus dem Produkt von Investitionskosten und einem Betriebskostenfaktor errechnet. Dieser Betriebsfaktor ist aus der VDI Norm 2695 entnommen und enthält Reparatur- und Wartungslöhne, sowie Ersatzteilkosten einschliesslich Reifen und Schmierstoffe. Weil Dieselstapler einen höheren Wartungsbedarf haben ist auch der verwendete Faktor höher.

Zur Berechnung wurde der durchschnittliche Betrieb eines Staplers über ein Jahr

berücksichtigt. Der Stromverbrauch eines Elektro-Staplers wurde dabei gemäss den Vorgaben in Kapitel „Projektemissionen“ berechnet. Der Dieserverbrauch eines Dieselstaplers wurde gemäss den Vorgaben in Kapitel „Referenzemissionen“ berechnet. (Ohne Mitnahmeeffekt, da dieser für die Wirtschaftlichkeitsberechnung nicht relevant ist). Die Energiekosten für ein Jahr werden anschliessend aus dem Produkt von Energieverbrauch und den Energiekosten pro kWh kalkuliert. Die Dieserkosten von 1.93 CHF pro Liter wurden aus den Vorgaben des BAFU übernommen. Die Stromkosten betragen gemäss ECom durchschnittlich 19.3 Rappen pro kWh (Siehe File „Strompreise.pdf“ im Anhang). Die jährlichen Gesamtkosten bilden sich aus der Summe der Abschreibung, Zinsen, betriebsabhängige Kosten und den jeweiligen Antriebskosten. Zuletzt werden die jährlichen Gesamtkosten durch die jährlichen Betriebsstunden dividiert um die Gesamtkosten pro Betriebsstunde zu erhalten.

Trotz den hohen Investitionskosten und der zusätzlichen Infrastruktur und zwei Batterien à jeweils 5 Jahren Lebensdauer kann der Elektrostapler wirtschaftlicher betrieben werden als der Dieselstapler. Beim fossilen Stapler schlagen vor allem die Kosten für den Antrieb und die betriebsabhängigen Kosten zu Buche.

Für die Berechnungen wurden die Werte eines qualitativ hochwertigen Dieselstaplers eingesetzt. Konkurrenzprodukte aus Asien sind preislich bis zu 50% günstiger, jedoch sind die Kosten für den Kraftstoffverbrauch, wegen des ineffizienteren Motors, höher.

2.5t						
		Elektro			Diesel	
Spezifikation		80 V - 2.5t			2.5 t (inkl DPF)	
Betriebsstunden		720	Std		720	Std
Periode (Jahren)		9	Jahren		9	Jahren
Spannung Batterie		80	V			
Ah Batterie		625	Ah			
Anzahl Batterien		2				
Investition						
Maschine		44'500	CHF		51'500	CHF
Batterie	7'000	14'000	CHF			
Ladegerät		2'500	CHF			
Gesamt Investition		61'000			51'500	
Kosten (Abschreibungen)						
Maschine	Restwert	5%	2'225	CHF	10%	5'150
Batterie	Restwert	0%	-	CHF		
Ladegerät	Restwert	0%	-	CHF		
	<i>RW end Periode</i>					
Abschreibungen p Jahr		6'531	CHF		5'150	CHF
Zinsen Kosten p Jahr	3.00%	948	CHF	3.00%	850	CHF

Betriebsabhängige Kosten	Faktor			Faktor			
Wartung							
Reparatur							
Ersatzteile, Öl, Reifen	0.150		6'675	0.190		9'785	
Energiekosten Elektro							
Anzahl Schichten		1					
Anzahl Arbeitstage		250					
Verbrauch pro Stunde		6.9	kWh/h				
Ladefaktor		1.60					
Kosten pro kWh		0.19	CHF				
Energiekosten / Jahr		1'527	CHF				
Kraftstoffkosten V-Antrieb							
Kosten pro liter Diesel					1.93	CHF	
Verbrauch (liter/std)					3.0	L/Std	
					4'169	CHF	
Abschreibungen p Jahr			6'531			5'150	
Zinsen Kosten p Jahr			948			850	
Betriebsabhängige Kosten			6'675			9'785	
Energiekosten Elektro			1'527				
Kraftstoffkosten V-Antrieb						4'169	
jährliche Gesamtkosten			15'681			19'954	
Gesamtkosten p Betriebsstunde			21.78	CHF / Std		27.71	CHF / Std

Abb. 2: Wirtschaftlichkeitsberechnung für einen Stapler mit 2.5 Tonnen Hubkraft.

Die Resultate aller Sensitivitätsanalysen befinden sich in den Excel-Files

„Wirtschaftlichkeit...xlsx“ im Tabellenblatt „Wirtschaftlichkeit“.

Bei der durchgeführten Sensitivitätsanalyse bleibt ein Elektrostapler auch bei tieferen Betriebsstunden die rentablere Lösung. Andere Parameter wie z.B. die Betriebskosten oder die festen Kosten wurden um +/- 10% variiert. Für alle Szenarien zeigt sich dasselbe Resultat: Der Elektro-Stapler ist wirtschaftlicher als der Diesel-Stapler. Auch beim Vergleich unterschiedlicher Staplergrößen (Investitionen) bleibt das Verhältnis der Gesamtkosten pro Betriebsstunde ähnlich.

Tabelle 7: Übersicht über die Resultate der Wirtschaftlichkeitsberechnung für alle Staplergrößen (Siehe Excel File „ÜbersichtWirtschaftlichkeit“, Tabellenblatt „ohneHemmnisse“)

Last (t)	720 h		600 h		800 h		Investitionskosten Elektro 10% höher, Diesel 10% tiefer		Investitionskosten Elektro 10% tiefer, Diesel 10% höher		Betriebskosten Elektro 10% höher, Diesel 10% tiefer		Betriebskosten Elektro 10% tiefer, Diesel 10% höher	
	Gesamtkosten pro Betriebsstunde	Gesamtkosten pro Betriebsstunde	Gesamtkosten pro Betriebsstunde	Gesamtkosten pro Betriebsstunde	Gesamtkosten pro Betriebsstunde	Gesamtkosten pro Betriebsstunde	Gesamtkosten pro Betriebsstunde	Gesamtkosten pro Betriebsstunde	Gesamtkosten pro Betriebsstunde	Gesamtkosten pro Betriebsstunde	Gesamtkosten pro Betriebsstunde	Gesamtkosten pro Betriebsstunde	Gesamtkosten pro Betriebsstunde	
1.6t	14.9	19.5	17.6	22.5	13.6	18.0	16.0	18.0	14.8	19.3	15.6	18.0	14.7	19.2
1.8t	17.5	23.5	20.7	27.3	16.0	21.6	18.9	21.6	17.4	23.3	18.3	21.7	17.3	23.1
2t	18.3	24.2	21.6	28.1	16.7	22.3	19.7	22.3	18.2	24.0	19.1	22.4	18.1	23.9
2.5t	21.8	27.7	25.8	32.1	19.9	25.5	23.5	25.5	21.7	27.5	22.8	25.6	21.5	27.3
3t	25.1	33.0	29.6	38.3	22.9	30.4	27.0	30.4	24.9	32.7	26.2	30.5	24.8	32.5
3.5t	25.9	33.6	30.6	38.9	23.5	31.0	27.9	31.0	25.7	33.3	27.0	31.0	25.5	33.1
4t	30.1	38.0	35.5	43.9	27.5	35.0	32.4	35.0	29.9	37.7	31.5	35.0	29.8	37.4
4.5t	31.4	39.3	36.9	45.5	28.6	36.3	33.8	36.3	31.2	39.0	32.8	36.3	31.0	38.8
5t	32.9	41.2	38.7	47.6	30.1	38.0	35.4	38.0	32.7	40.9	34.4	38.0	32.5	40.6

Erläuterungen zu anderen Hemmnissen

Hemmnisanalyse

Für die Hemmnisanalyse wurden Interviews mit den Gabelstaplerexperten vom Verband Swisslifter geführt.

Der geringe Anteil an Elektrostaplern im Aussenbereich lässt sich zu einem grossen Teil mit technischen Hemmnissen erklären:

- Ein Elektrostapler muss nach Betrieb an die Ladestation angeschlossen werden. Wird dies vernachlässigt, kann der Stapler am nächsten Tag nicht verwendet werden, da der Ladevorgang rund 10 bis 12 Stunden benötigt. Ein schnelles "nachfüllen" wie beim Dieselstapler ist nicht möglich und bedingt, dass die Staplerfahrer den Elektrostapler konsequent nach jedem Einsatz an die Ladestation anschliessen. Der Aufwand für den Bediener des Staplers erhöht sich somit.
- Falls der Stapler manchmal länger als 8 Stunden im Einsatz ist (2-Schicht-Betrieb) ist eine Ersatzbatterie nötig.
- Ein weiterer Nachteil ist die Kälteanfälligkeit der Batterie. Bei tiefen Temperaturen verliert die Batterie an Leistung und schränkt die Betriebsautonomie des Elektrostaplers stark ein. Auch hier bringt eine Ersatzbatterie Abhilfe. Beim Einsetzen der Ersatzbatterie muss der Staplerfahrer evtl. mehrere Kilometer zurück zum Firmenstandort fahren, um die gebrauchte Batterie an die Ladestation anzuschliessen und die Ersatzbatterie einzusetzen. Dies verursacht einen zusätzlichen zeitlichen Aufwand. Zudem kann die Batterie bei kalten Umgebungstemperaturen nicht auf die volle Kapazität aufgeladen werden. Dies ist vor allem bei Unternehmen problematisch, welche den Stapler auch nachts draussen stehen lassen. Ein Elektrostapler und die dazu gehörige Ladeinfrastruktur sollten idealerweise in einem beheizten Innenraum gelagert werden.
- Auf unebenem Grund muss mit Elektro-Staplern langsamer gefahren werden
- Bei häufigem Stop and Go und beim Ziehen hoher Lasten sinkt die Batterieleistung rasch. Das kann dazu führen, dass innerhalb einer Schicht eine Ersatzbatterie beschafft werden muss.

Zusätzlich zu diesen technischen Hemmnissen treten organisatorische und logistische Mehraufwände auf, wenn ein Betrieb einen alten Dieselstapler neu durch einen Elektrostapler ersetzen will:

- Die Firma muss abklären, ob ein Elektrostapler für den Einsatz geeignet ist und welche Änderungen in den Betriebsabläufen dies zur Folge hätte. Dazu sind Beratungsgespräche mit dem Verkäufer nötig, aber auch interne Sitzungen, um das Einsatzgebiet des Gabelstaplers genau zu definieren. Dabei muss besprochen werden, ob die oben beschriebenen technischen Hemmnisse für die betreffende Firma zutreffen und wie sie allenfalls gelöst werden können.
- Es ist auch eine Schulung im Umgang mit dem Elektrostapler nötig, z.B. für die Wartung der Batterie.
- Es muss abgeklärt werden, wo eine Ladestation eingerichtet werden kann. Die nötigen Installationsarbeiten müssen in Auftrag gegeben und von einem Elektroinstallateur durchgeführt werden. Wird der Gabelstapler an örtlich wechselnden Orten eingesetzt (z.B. Baustelle) ist eine mobile Ladestation nötig. Für den Ersatz einer Batterie ist eine Hebevorrichtung (z.B. Flaschenzug) nötig.

In Tabelle 8 (Excel „Hemmnisse“) wurden für alle oben genannten Hemmnisse die Kosten abgeschätzt. Dabei wurde von 250 Einsatztagen pro Jahr, 720 Betriebsstunden und einem mittleren Stundenansatz von CHF 105.- (exkl. MWSt.) ausgegangen. Diese Analyse zeigt, dass beim Kaufentscheid Zusatzkosten von knapp 10'000 bis über 40'000 CHF für einen Gabelstapler anfallen können. Vor allem der Kauf einer Ersatzbatterie und der Bau eines Unterstands können jeweils mehrere 1'000 CHF betragen. Die Betriebskosten können sich massiv erhöhen, wenn der Gabelstapler nicht direkt bei der Ladestation im Einsatz ist und am Abend extra zum Laden hin- bzw. am morgen wieder zurück gefahren werden muss. Bereits

ein Aufwand von 3 Minuten pro Tag (1.5 Minuten pro Weg) führt zu zusätzlichen jährlichen Betriebskosten von mehr als CHF 1'300.-

Tabelle 8: Monetarisierung der Hemmnisse

Betriebskosten					
Hemmnis	Zeitaufwand in Stunden pro Jahr		jährliche Kosten		Bemerkung
Anschliessen des Staplers jede Nacht an Ladestation	12.5 bis	41.7	1'313 bis	4'375	Je nach Distanz des Einsatzortes von der Ladestation. 3 Minuten bis 10 Minuten pro Tag für das hin- und zurückfahren. (D.h. je 1.5 bis 5 Minuten)
Lagerung und Wartung Ersatzbatterie	2.00 bis	6.00	210 bis	630	
Ersatz der Batterie während einer Schicht	4.17 bis	20.833	438 bis	2'188	An kalten Tagen und bei häufigem Stop and Go oder starker Beanspruchung, muss die Batterie während der Schicht ausgetauscht werden. Aufwand abhängig von der Distanz zwischen Einsatzort und Ladestation sowie der Anzahl Tage, an denen die Batterie stark beansprucht wird
Mühe mit unebenem Gelände, Steigungen und Gefälle	36 bis	72	3'780 bis	7'560	Bei unebenem Gelände, Steigungen und Gefälle muss langsamer gefahren werden. Zusätzlicher Zeitaufwand ist abhängig davon, wie oft diese Situationen auftreten. Annahme: 5 bis 10% höherer Zeitaufwand pro Jahr
finanzielles Risiko			370 bis	1'640	Die höheren Investitionskosten bei einem Elektrostapler können dazu führen, dass der Betrieb einen zusätzlichen Kredit für die Finanzierung aufnehmen muss. Dies resultiert in 1 bis 2% höheren Zinskosten.
Total	55	141	6'110 bis	16'393	
feste Kosten					
Hemmnis	Zeitaufwand in Stunden		Kosten		Bemerkung
Ersatzbatterie			6'000 bis	22'000	In der Wirtschaftlichkeitsanalyse ist bereits berücksichtigt, dass die Lebensdauer einer Batterie nur 5 Jahre beträgt. Die hier aufgeführte Ersatzbatterie wird im Winter oder bei hoher Beanspruchung benötigt. Dann reicht die Zeit nicht aus, um die vorhandene Batterie nachzuladen. Wird die Ersatzbatterie häufig benutzt, sind über die gesamte Nutzungsdauer des Staplers zwei Ersatzbatterien nötig. Je nach Staplergrösse kostet eine Ersatzbatterie CHF 6'000 bis 11'000.-
Lade-Infrastruktur	4 bis	10	2'000 bis	10'000	Geeignete Steckdose, Platz zum Laden und Aufbewahren der Batterien. Evtl. mobile Ladestation.
Raum / Unterstand für Gabelstapler			0 bis	10'000	Abhängig von Gegebenheiten vor Ort
Schulung Mitarbeiter	4 bis	10	420 bis	1'050	Zeitaufwand für Instruktor und für Stapelfahrer
Eignungsabklärung Elektrostapler	8 bis	20	840 bis	2'100	V.a. interne Abklärungen, evtl. Test verschiedener Stapler auf dem Gelände
Organisation / Vorbereiten Ladestation	5 bis	10	525 bis	1'050	
Total	21	50	9'785 bis	46'200	

Aufgrund der Hemmnisanalyse wurde nochmals eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt. In dieser Sensitivitätsanalyse für die Wirtschaftlichkeit wurden die in Tabelle 9 aufgeführten Szenarien berücksichtigt. Tabelle 10 zeigt die Resultate der Sensitivitätsanalyse, wenn jeweils der minimale Wert der Hemmnisse berücksichtigt wird. Alle Resultate der Sensitivitätsanalyse befinden sich in den Excel-Files „Wirtschaftlichkeit...xls“ in den Tabellenblättern „Sensitivität“. Eine Zusammenfassung der Resultate der Sensitivitätsanalyse befindet sich in den Excel-Files „Wirtschaftlichkeit...xls“ in den Tabellenblättern „SensitivitätZusammenfassung“. Eine Gesamtübersicht über alle Resultate der Sensitivitätsanalyse befindet sich im Excel-File „Uebersicht Wirtschaftlichkeit.xls“ in den Tabellenblättern „mitgeringenHemmnissen“, „mitmittlerenHemmnissen“ und „mithohenHemmnissen“.

Tabelle 9: Parameter der Sensitivitätsanalyse für die Wirtschaftlichkeit

Parameter	Die Wirtschaftlichkeit wurde für folgende Szenarien berechnet
Betriebsstunden	1. „hohe“ Betriebsstunden: 800 h (Sensitivitätsanalyse) 2. „mittlere“ Betriebsstunden: 720 h (Projektszenario) 3. „tiefe“ Betriebsstunden: 600 h (Sensitivitätsanalyse)
Investitionskosten	1. Investitionskosten gemäss Preisliste (Projektszenario) 2. Investitionskosten Elektro-Stapler 10% tiefer (Sensitivitätsanalyse) D.h. gegenüber der Preisliste wurden die Investitionskosten des Elektrostaplers um 10% reduziert 3. Investitionskosten Elektro-Stapler 10% höher (Sensitivitätsanalyse) D.h. gegenüber der Preisliste wurden die Investitionskosten des Elektrostaplers um 10% erhöht
Betriebskosten	1. Betriebskosten gemäss VDI Norm 2695 (Projektszenario) 2. Betriebskosten Elektro-Stapler 10% tiefer (Sensitivitätsanalyse) D.h. gegenüber dem Projektszenario wurden die Betriebskosten des Elektrostaplers um 10% reduziert, 3. Betriebskosten Elektro-Stapler 10% höher. (Sensitivitätsanalyse) D.h. gegenüber dem Projektszenario wurden die Betriebskosten des Elektrostaplers um 10% erhöht
Andere Hemmnisse	1. „keine“, d.h. keine anderen Hemmnisse (Sensitivitätsanalyse) 2. „geringe Hemmnisse“: die minimal anzunehmenden anderen Hemmnisse. Herleitung siehe Tabelle 8 und Excel-File „Hemmnisse“. (Projektszenario) 3. „mittlere Hemmnisse“: Mittelwert zwischen „geringe Hemmnisse“ und „hohe Hemmnisse“ (Sensitivitätsanalyse) 4. „hohe Hemmnisse“: die maximal anzunehmenden anderen Hemmnisse. Herleitung siehe Tabelle 8 und Excel-File „Hemmnisse“. (Sensitivitätsanalyse)

Tabelle 10: Wirtschaftlichkeitsanalyse mit Berücksichtigung von geringen anderen Hemmnissen. Gezeigt wird die Differenz der Gesamtkosten pro Betriebsstunde zwischen Elektro- und Dieselstapler. Sensitivitätsanalyse mit 7 verschiedenen Varianten. In allen Fällen sind die Gesamtkosten pro Betriebsstunde beim Elektro-Stapler um 0.7 bis 7.3 CHF/h höher als beim Dieselstapler.

Last (t)	800 Betriebsstunden	600 Betriebsstunden	720 Betriebsstunden	Investitionskosten Elektro 10% höher	Investitionskosten Elektro 10% tiefer	Betriebskosten Elektro 10% höher	Betriebskosten Elektro 10% tiefer
1.6t	4.7	5.6	7.3	6.7	4.5	6.8	4.4
1.8t	3.6	4.3	5.7	5.7	3.0	5.7	3.0
2t	3.7	4.5	6.0	5.9	3.0	5.9	3.1
2.5t	3.8	4.7	6.3	6.4	3.0	6.4	3.0
3t	2.6	3.3	4.8	5.2	1.4	5.2	1.4
3.5t	2.7	3.5	5.2	5.5	1.5	5.5	1.5
4t	2.8	3.6	5.2	5.9	1.3	6.0	1.2
4.5t	2.6	3.5	5.1	5.9	1.1	6.0	0.9
5t	2.5	3.4	5.1	5.9	0.9	6.0	0.7

Die Spalte „720 Betriebsstunden“ in Tabelle 10 entspricht dem Projektszenario. Es zeigt, dass die Gesamtkosten eines Elektro-Staplers um 7.7 bis 10.2 CHF/Betriebsstunde höher sind als diejenigen eines Diesel-Staplers.

Die übrigen Spalten zeigen die Resultate der Sensitivitätsanalyse für verschiedene Szenarien. In allen Szenarien sind die Gesamtkosten des Elektro-Staplers höher als die Gesamtkosten des Diesel-Staplers.

Sowohl beim Projektszenario wie auch bei der Sensitivitätsanalyse wurden „geringe“ andere Hemmnisse angenommen (siehe Tabelle 5). Der ausschlaggebende Faktor, wieso ein Elektro-Stapler weniger wirtschaftlich ist als ein Diesel-Stapler ist der zusätzliche Zeitaufwand, weil langsamer gefahren wird und das Aufladen und Austauschen der Batterie Zeit benötigt. Im Anhang sind auch die Resultate der Sensitivitätsanalyse für höhere andere Hemmnisse aufgeführt.

In Tabelle 11 sind als Beispiel die Detail-Resultate der Sensitivitätsanalyse für einen Stapler mit 2.5 t Hubkraft und mit Berücksichtigung von geringen anderen Hemmnissen aufgeführt. In Tabelle 11 ist auch die Beitragshöhe der Bescheinigungen ersichtlich. Die Beitragshöhe der Bescheinigungen entspricht einer Vergütung von CHF 150.- /Tonne CO₂ über einen Zeitraum von 4 Jahren. 4 Jahre entspricht voraussichtlich der durchschnittlichen Dauer, während der ein Gabelstapler dem Förderprogramm angerechnet werden kann.

Tabelle 11: Detail-Resultate der Sensitivitätsanalyse für einen Hubstapler mit 2.5t Hubkraft und mit Berücksichtigung von geringen anderen Hemmnissen.

Hemmnis-Szenarien 2.5t

Szenario	Betriebsstunden pro Jahr	Förderbeitrag	andere Hemmnisse		jährliche Gesamtkosten		jährliche Gesamtkosten mit Förderbeitrag	
			zusätzliche Betriebskosten	zusätzliche feste Kosten	Elektro-Stapler	Diesel-Stapler	Elektro-Stapler	Diesel-Stapler
tiefe Betriebsstunden, geringe Hemmnisse	600	2190	6'280	10'785	38.4	32.1	38.2	32.1
mittlere Betriebsstunden, geringe Hemmnisse	720	2190	6'280	10'785	32.4	27.7	32.2	27.7
hohe Betriebsstunden, geringe Hemmnisse	800	2190	6'280	10'785	29.4	25.5	29.0	25.5
mittlere Betriebsstunden, geringe Hemmnisse, Investitionskosten Elektro-Stapler 10% höher	720	2190	6'280	10'785	34.1	27.7	34.0	27.7
mittlere Betriebsstunden, geringe Hemmnisse, Investitionskosten Elektro-Stapler 10% tiefer	720	2190	6'280	10'785	30.7	27.7	30.5	27.7
mittlere Betriebsstunden, geringe Hemmnisse, Betriebskosten Elektro-Stapler 10% höher	720	2190	6'280	10'785	33.5	27.1	33.4	27.1
mittlere Betriebsstunden, geringe Hemmnisse, Betriebskosten Elektro-Stapler 10% tiefer	720	2190	6'280	10'785	31.3	28.3	31.1	28.3

Übliche Praxis

Die übliche Praxis wurde bereits oben im Kapitel Ausgangslage erläutert.

6. Aufbau und Umsetzung des Monitorings

6.1 Beschreibung der gewählten Monitoringmethode

Das Monitoring umfasst folgende Teile:

- Erfassen von Kenndaten bei der Aufnahme des Gabelstaplers in das Programm
- Jährliche Berechnung der Projekt- und Referenzemissionen und Bestimmung der eingesparten Menge CO₂.
- jährliche Qualitätskontrolle

Das Monitoring geschieht in folgenden Schritten:

1. Der Gabelstapler-Verkäufer füllt das Antragsformular gemeinsam mit dem Käufer des Gabelstaplers aus.
2. Der Käufer erhält den Förderbeitrag in Form eines Rabatts direkt beim Kauf des Gabelstaplers
3. Der Gabelstapler-Verkäufer sendet das Antragsformular an die Programmleitung
4. Die Programmleitung überprüft das Antragsformular und zahlt das Fördergeld an den Gabelstapler-Verkäufer aus
5. Jährlich berechnet die Programmleitung die Emissionseinsparungen und erstellt den Monitoringbericht
6. Jährlich wird in einer Qualitätskontrolle überprüft, ob alle getroffenen Annahmen noch gültig sind. In Stichproben wird bei den Gabelstapler-Käufern nachgeprüft, ob die gekauften Gabelstapler tatsächlich den Angaben im Antragsformular entsprechen.

Nachfolgend sind die Monitoring-Schritte im Detail beschrieben:

Ausfüllen des Antragsformulars:

Der Gabelstapler-Verkäufer füllt das Antragsformular gemeinsam mit dem Käufer des Gabelstaplers aus. Dieses Formular enthält folgende Angaben:

- Name und Adresse des Gabelstapler-Käufers
- Firma, Name und Adresse des Gabelstapler-Verkäufers
- Hubkraft des Gabelstaplers
- Bestätigung, dass es sich um einen Elektro-Stapler handelt
- Bestätigung, dass der Stapler für den Ausseneinsatz geeignet ist, d.h. mit vier Rädern, Dach, Frontscheibe und Scheinwerfer ausgerüstet ist.

Das Antragsformular wird sowohl vom Verkäufer wie auch vom Käufer unterzeichnet.

Auszahlung des Förderbeitrags an den Käufer

Der Förderbeitrag wird vom Gabelstapler-Verkäufer direkt an den Gabelstapler-Käufer ausbezahlt. Dies erfolgt in Form eines Rabatts auf den Kaufpreis.

Übermittlung des Förderbeitrags an die Programmleitung

Nach dem Verkauf eines Elektro-Staplers sendet der Gabelstapler-Verkäufer das ausgefüllte Antragsformular an die Programmleitung. Die Programmleitung prüft, ob das Antragsformular korrekt ausgefüllt sind und den Programm-Anforderungen entspricht. Ist dies der Fall, zahlt die Programmleitung das Fördergeld an den Gabelstapler-Verkäufer zurück und erfasst die Anzahl der verkauften Elektro-Stapler und die Hubkraft dieser Stapler in der Programm-Datenbank.

Jährliche Berechnung der Emissionseinsparungen und Monitoringbericht

Jährlich berechnet die Programmleitung die Projektemissionen, die Referenzemissionen und die Emissionseinsparungen. Die Berechnungen erfolgen nach den Formeln, die in den

Kapiteln „Projektemissionen“ und „Referenzemissionen“ beschrieben wurden.

Der Monitoringbericht enthält jeweils:

- Anzahl der Gabelstapler, welche in diesem Jahr in das Programm aufgenommen wurden
- Gesamtanzahl Gabelstapler, welche im seit Beginn des Programms in das Programm aufgenommen wurden
- Aufteilung der Gabelstapler nach Hubkraft: wie viele Gabelstapler mit welcher Hubkraft sind in das Programm aufgenommen worden
- Resultate der Berechnungen der Referenzemissionen, Projektemissionen und Emissionsverminderungen
- Vergleich der Resultate mit dem Programmziel (siehe Tabelle X). Wurde die erwartete Emissionsminderung erreicht?

Jährliche Qualitätskontrolle

KliK lässt jährlich bei einer Stichprobe von 5% der in das Programm aufgenommenen Gabelstapler Besuche vor Ort durchführen. Dabei wird folgendes geprüft:

- weist der Gabelstapler die im Antragsformular ausgewiesenen technischen Eigenschaften aus?
- Wie hoch waren die Betriebsstunden bisher? Ist die Annahme von 720 Betriebsstunden durch das BAFU gerechtfertigt?

Zusätzlich wird überprüft, ob sich die in diesem Antrag beschriebenen Einflussfaktoren wesentlich geändert haben. Ist dies der Fall wird dokumentiert, wie sich die Einflussfaktoren geändert haben und welche Auswirkungen dies auf das Programm und insbesondere auf die Emissionsminderungen hat.

6.2 Datenerhebung und Parameter	
Parameter 1	Betriebsstunden
Beschreibung des Parameters	Anzahl Betriebsstunden eines Gabelstaplers pro Jahr
Einheit	Stunden pro Jahr [h/a]
Datenquelle	Schäffeler U., Keller M. 2008: Treibstoffverbrauch und Schadstoffemissionen des Offroad-Sektors. Studie für die Jahre 1980 – 2020. Umwelt-Wissen Nr. 0828. Bundesamt für Umwelt, Bern: 172 S
Erhebungsinstrument	
Beschreibung Messablauf	
Kalibrierungsablauf	
Genauigkeit der Messmethode	
Messintervall	Überprüfung der Anzahl Betriebsstunden mit Stichproben über das Antragsformular. Im Antragsformular muss der Antragsteller die voraussichtlichen Betriebsstunden seines Gabelstaplers angeben.
Verantwortliche Person	Antragsteller
Parameter 2	Hubkraft
Beschreibung des Parameters	Maximale Hubkraft des Staplers in Tonnen

Einheit	<i>Tonnen (t)</i>
Datenquelle	<i>Antragsformular</i>
Erhebungsinstrument	
Beschreibung Messablauf	
Kalibrierungsablauf	
Genauigkeit der Messmethode	
Messintervall	<i>Einmalig beim Antrag</i>
Verantwortliche Person	<i>Antragsteller</i>
Parameter 3	<i>Rechnungsbeleg</i>
Beschreibung des Parameters	<i>Im Rechnungsbeleg ist ersichtlich, zu welchem Preis der Gabelstapler verkauft wurde, an welchem Datum, ob es sich tatsächlich um einen Elektro-Gabelstapler handelt, und ob dieser mit 4 Rädern, Dach, Frontscheibe und Scheinwerfer verkauft wurde</i>
Einheit	-
Datenquelle	<i>Gabelstaplerhändler</i>
Erhebungsinstrument	
Beschreibung Messablauf	
Kalibrierungsablauf	
Genauigkeit der Messmethode	
Messintervall	<i>Einmalig, beim Verkauf</i>
Verantwortliche Person	<i>Gabelstaplerhändler</i>
Parameter 4	<i>Energieverbrauch pro Stunde</i>
Beschreibung des Parameters	<i>Stromverbrauch eines Elektrostaplers pro Betriebsstunde</i>
Einheit	<i>kWh/h</i>
Datenquelle	<i>Tabelle X in diesem Antrag.</i>
Erhebungsinstrument	<i>Diese Werte wurden aus Datenblättern verschiedener Elektro-Stapler ermittelt. (siehe Anhang).</i>
Beschreibung Messablauf	
Kalibrierungsablauf	
Genauigkeit der Messmethode	
Messintervall	<i>Einmalig, Wert wurde für die Erstellung dieses Antrags ermittelt</i>
Verantwortliche Person	<i>Programmleitung</i>
Parameter 5	<i>Treibstoffverbrauch pro Stunde</i>
Beschreibung des Parameters	<i>Treibstoffverbrauch eines Diesel-Staplers pro Betriebsstunde</i>
Einheit	<i>Liter/h</i>
Datenquelle	<i>Tabelle X in diesem Antrag.</i>

Erhebungsinstrument	<i>Diese Werte wurden aus Datenblättern verschiedener Diesel-Stapler ermittelt. (siehe Anhang).</i>
Beschreibung Messablauf	
Kalibrierungsablauf	
Genauigkeit der Messmethode	
Messintervall	<i>Einmalig, Wert wurde für die Erstellung dieses Antrags ermittelt</i>
Verantwortliche Person	<i>Programmleitung</i>
Parameter 6	<i>Ladefaktor</i>
Beschreibung des Parameters	<i>Stromverbrauch eines Elektrostaplers pro Betriebsstunde</i>
Einheit	<i>kWh/h</i>
Datenquelle	<i>The Jungheinrich Environmental Commendation An examination to determine the life cycle assessment of the Jungheinrich industrial truck fleet based on ISO 14040, Jungheinrich; Vertrieb Deutschland AG & Co. KG, 2011</i>
Erhebungsinstrument	<i>Wurde in der angegebenen Datenquelle untersucht.</i>
Beschreibung Messablauf	
Kalibrierungsablauf	
Genauigkeit der Messmethode	
Messintervall	<i>Einmalig, Wert wurde in der angegebenen Datenquelle untersucht.</i>
Verantwortliche Person	
Parameter 7	<i>CO₂-Emissionsfaktor</i>
Beschreibung des Parameters	<i>Menge CO₂, welche pro Liter Diesel oder pro kWh Strom ausgestossen wird</i>
Einheit	<i>Kg CO₂/Liter für Diesel, bzw. kg CO₂/kWh bei Strom</i>
Datenquelle	<i>Vollzugsmitteilung des BAFU</i>
Erhebungsinstrument	
Beschreibung Messablauf	
Kalibrierungsablauf	
Genauigkeit der Messmethode	
Messintervall	<i>Einmalig, wird vom BAFU festgelegt</i>
Verantwortliche Person	<i>BAFU</i>

6.3 Prozess- und Managementstruktur

In Kapitel 6.1 wurde der Programmablauf von der Anmeldung eines Gabelstaplers bis zur Qualitätskontrolle bereits beschrieben. Insgesamt sind für das Programm folgende Prozesse nötig:

- 1. Vorbereiten des Programms*
- 2. Ausbildung der Gabelstapler-Verkäufer*
- 3. Werbung für das Programm*
- 4. Administrative Abwicklung der Projekt-Gesuche*
- 5. Berechnung der Emissionen und Emissionsverminderungen*

6. Erstellen der Monitoring-Berichte
7. Qualitätssicherung

Nachfolgend werden diese Prozesse und die zuständigen Organe detaillierter beschrieben:

Vorbereiten des Programms

KliK übernimmt die Vorbereitung des Programms. Falls nötig zieht KliK für einzelne Fachspezifische Arbeiten Spezialisten bei. Die Vorbereitungen umfassen z.B:

- Erstellen einer Datenbank, in welcher später die Kenndaten der teilnehmenden Gabelstapler erfasst werden können
- Vorbereiten eines Tools, mit dem die jährlichen Berechnungen der Referenz- und Projektemissionen sowie der Emissionsverminderungen durchgeführt werden können
- Vorbereiten des Antragsformulars

Ausbildung der Gabelstapler-Verkäufer

KliK führt eine Informationsveranstaltung für alle Gabelstapler-Verkäufer in der Schweiz durch. An dieser Informationsveranstaltung werden die Gabelstapler-Verkäufer über den Ablauf des Programms informiert und insbesondere im Ausfüllen des Antragsformulars geschult.

Werbung für das Programm

Die Werbung für das Programm erfolgt hauptsächlich über die Gabelstapler-Verkäufer und den swisslifter-Verband. Diese werden ihre Kunden direkt über das Förderprogramm informieren und dieses auch via ihre Homepage oder an Messen vorstellen. In Absprache mit KliK ist es auch möglich, dass KliK an gezielten Werbemassnahmen teilnimmt.

Administrative Abwicklung der Projekt-Gesuche

Der Prozess von der Antragstellung bis zur Aufnahme in das Programm wurde in Kapitel 6.1 beschrieben. KliK führt die administrative Abwicklung der Projekt-Gesuche in Zusammenarbeit mit den Gabelstapler-Verkäufern durch. Evtl. wird ein Teil dieser Arbeiten an einen Unterauftragnehmer, z.B. den swisslifter-Verband vergeben.

Berechnung der Emissionen und Emissionsverminderungen

Die Berechnung erfolgt durch KliK, evtl. mit Unterstützung von Fachpersonen. Die Berechnungen werden gemäss den in diesem Antrag beschriebenen Formeln durchgeführt.

Erstellen der Monitoring-Berichte

Die Monitoring-Berichte werden durch KliK erstellt, evtl. mit Unterstützung von Fachpersonen. In Kapitel 6.1 wurde der Inhalt eines Monitoring-Berichts beschrieben.

Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung wird von KliK an ein unabhängiges Büro vergeben. In Kapitel 6.1 wurde beschrieben, wie die Qualitätssicherung durchgeführt wird.

Ort, Datum und Unterschrift

Anhang

A3 Berechnung der erwarteten Emissionen

1. Bestimmung des durchschnittlichen Treibstoff- und Elektroverbrauchs

Alle Berechnungen befinden sich im Excel-File „Treibstoffverbrauch.xlsx“ in Tabelle 1. In Tabelle 1 sind jeweils auch die Datenquellen aufgeführt.

Elektrostapler					
Load capacity [t]	Jungheinrich	Still	Linde Lansing	Toyota	Durchschnittsverbrauch
	[kWh/h]	[kWh/h]	[kWh/h]	[kWh/h]	
1		3.7	-	k.A.	3.70
1.2 / 1.3	4.2	4.2	4	k.A.	4.13
1.4 / 1.5	4.3	4.8	5.4	k.A.	4.83
1.6	4.3	4.4	5.9	k.A.	4.87
1.8	-	4.5	6.4	k.A.	5.45
2	5	4.7	6.6	k.A.	5.43
2.5	6.4	6.7	7.5	k.A.	6.87
3	8	7.5	8.6	k.A.	8.03
3.5	-	8.6	11.9	k.A.	6.83
4	11	10.2	13	k.A.	11.40
4.5	12.1	10.8	14.2	k.A.	12.37
5	12.4	11.5	14.8	k.A.	12.90

Dieselstapler					
Load capacity [t]	Jungheinrich	Still	Linde Lansing	Toyota	Durchschnittsverbrauch
	l/h	l/h	l/h	l/h	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	
1.6	2.5	2	2.3	2.7	2.38
1.8		2.1	2.4	k.A.	2.25
2	2.4	2.3	2.5	k.A.	2.40
2.5	3.5	2.5	3	k.A.	3.00
3	3.8	3.3	3.2	k.A.	3.43
3.5	4	3.5	3.4	k.A.	3.63
4	4.4	4.1	4.2	k.A.	4.23
4.5	4.8	4.3	4.4	k.A.	4.50
5	5.2	4.6	4.6	k.A.	4.80

2. Erwartete Emissionen

Alle Berechnungen befinden sich im Excel-File „Treibstoffverbrauch.xlsx“ in den Tabellenblättern 1.6 bis 5 aufgeführt. Die Emissionen wurden für die einzelnen Betriebsjahre, für die Summe der Projektlaufzeit (9 Jahre), für die minimale Kreditierungsperiode (2 Jahre 2018 bis 2020) und für die maximale Kreditierungsperiode (7 Jahre, 2014 bis 2020) berechnet.

A4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Alle Berechnungen befinden sich in den Excel-Files „Wirtschaftlichkeit_...xlsx“ .

Im Tabellenblatt Wirtschaftlichkeit ist jeweils zuerst die Wirtschaftlichkeitsrechnung und daneben die Sensitivitätsanalyse mit variierenden Parametern aufgeführt. Im Tabellenblatt „Sensitivität“ ist die Sensitivitätsanalyse inklusive andere Hemmnisse für 20 verschiedene Variationen enthalten. Das Tabellenblatt „SensitivitätZusammenfassung“ gibt eine Übersicht über die verwendeten Parameter und die Resultate dieser Sensitivitätsanalyse.

Eine Herleitung der anderen Hemmnisse befindet sich im Excel-File „Hemmnisse.xlsx“ in Tabellenblatt „Tabelle1“.

Eine Gesamtübersicht über alle Resultate mit und ohne andere Hemmnisse für alle Staplergrößen befindet sich im Excel-File „ÜbersichtWirtschaftlichkeit.xlsx“.