

## **Ladeinfrastruktur Werkhof**

Kredit; Direktion Sicherheit und Liegenschaften

### **1. Ausgangslage**

Das Parlament hat mit dem Klimaschutzreglement (KSR) beschlossen, dass die Gemeindeverwaltung bis 2035 klimaneutral sein muss. Das bedeutet, dass Beschaffungen insbesondere auch von Fahrzeugen und Geräten auf dieses Ziel ausgerichtet werden müssen.

Bereits vor der Verabschiedung des KSR wurde mit der Roadmap Dekarbonisierung (Beilage 2) eine Grundlage für die Dekarbonisierung der gemeindeeigenen Fahrzeugflotte geschaffen, damals noch unter der Annahme von Netto-Null bis 2040. Basierend auf dieser Roadmap wurde die Machbarkeit für den Aufbau der notwendigen Ladeinfrastruktur im Areal 101 geprüft und eine Kostenschätzung erarbeitet.

Die Massnahmen sind im Klima-Massnahmenpaket vom 19.6.2023 enthalten (Massnahmen für die Gemeindeverwaltung 2.1 "Dekarbonisierung der gemeindeeigenen Fahrzeugflotte" sowie 1.6 "Stromproduktion auf gemeindeeigenen Gebäuden und Infrastrukturanlagen").

Der Startzeitpunkt für den Aufbau der notwendigen Ladeinfrastruktur für Grossfahrzeuge im Areal 101 wird durch die Beschaffung eines zusätzlichen Sammelfahrzeuges für die Abfallbewirtschaftung gegeben. Dieses Fahrzeug braucht es zur Eigenerbringung der auf Anfang 2025 notwendigen und geplanten Einführung der flächendeckenden 14-täglichen Papier-/Kartonabfuhr. Den Kredit zur Beschaffung eines elektrischen Sammelfahrzeuges hat das Parlament auf Antrag der Direktion Planung und Verkehr am 6. November 2023 genehmigt.

### **2. Kernaussagen Machbarkeitsstudie**

Die Machbarkeitsstudie und die Gesamtkosten (Beilage 1) beziehen sich auf die (künftige) Fahrzeugflotte im Areal 101 (Werkhof) und wurden mit der Annahme einer Vollelektrifizierung der Fahrzeuge erstellt. Gemäss der Machbarkeitsstudie soll die Realisierung der Ladeinfrastruktur in Etappen erfolgen.

#### **Ladeinfrastruktur**

In der ersten Etappe ist die Installation einer Ladestation für das beantragte Sammelfahrzeug in der Fahrzeughalle auf dem Werkhof dringend erforderlich.

In diesem Zusammenhang muss eine neue Zuleitung ab Gebäude 1 ins Gebäude 4 und ein neue Unterverteilung im Gebäude 4 errichtet werden.

In einem weiteren Schritt müssen die restlichen Ladestationen installiert werden, diese sind jedoch von der Beschaffung der Elektrofahrzeuge abhängig.

#### **Photovoltaik-Anlage**

Abgesehen der benötigten Ladeinfrastruktur, soll eine Photovoltaik-Anlage auf der Fahrzeughalle und Gebäude 2 installiert werden. Dadurch kann der Werkhof einen Eigenversorgungsgrad von 108% Brutto Jahresbilanz und ca. 65% Netto Jahresbilanz erreichen. Durch den hohen Eigenversorgungsgrad können sowohl Netznutzungskosten als auch Energiekosten durch den Bezug von Strom im freien Strommarkt eingespart werden, was aufgrund der hohen Strompreise und der zu erwartenden Entwicklung der Netznutzungskosten positiv zu bewerten ist. Es ist zu beachten, dass während der Wintermonate dennoch auf das Stromnetz zurückgegriffen und zusätzlicher Strom erworben werden muss.

Vor dem Beginn der Installation der PV-Anlagen ist es wichtig, eine sorgfältige Überprüfung des Zustands der Dachflächen durchzuführen. Diese Überprüfung erfolgt im Rahmen eines umfas-

senden Kontroll- und Zustandsberichts für das gesamte Areal, welcher bereits in Auftrag gegeben wurde.

Die PV-Anlage hat zwar keinen direkten Einfluss auf die Ladestationen, bietet jedoch die Chance für die Gemeinde, den Werkhof mit selbst produziertem Strom zu bewirtschaften. Dies würde die Eigenversorgung und Nachhaltigkeit der Gemeinde erheblich steigern.

In einer weiteren Etappe soll geprüft werden, ob die PV Anlage erweitert werden soll. Dies wird in Zusammenhang mit der weiteren Arealplanung durchgeführt. Zusätzlich soll, die Realisierbarkeit eines Stromspeichers geprüft werden. Ein solches System würde die Möglichkeit bieten, den tagsüber erzeugten Strom zu speichern und in den Nachtstunden effizient zu nutzen. Dies kann die Eigenversorgung und den Nutzen der erzeugten Solarenergie maximieren. Diese Möglichkeit soll in der weiteren Arealentwicklung der restlichen Gebäude geprüft werden.

### 3. Terminplan

#### Ladeinfrastruktur

##### Im Jahr 2024

- Neue Zuleitung ab Gebäude 1 ins Gebäude 4
- Neue UV Gebäude 4 (630A)
- Elektroinstallationen
- Installation LWL
- Installation 1x Ladestation 22kW AC

##### ab 2026

- Installation restliche Ladestationen

#### Photovoltaikanlage

##### Im Jahr 2025

- Installation PV Anlage Gebäude 1 und 4

### 4. Finanzen

Folgend sind die Gesamtkosten aufgeführt mit der Annahme einer Vollelektrifizierung (alle Fahrzeuge im Betrieb werden vollelektrisch angetrieben). Der Ausbau soll Etappenweise erfolgen, dies ist in der Beilage 3 Folgekosten und im Kapitel 3 aufgeführt.

Die Kosten sind mit einer Genauigkeit von +/- 20% gerechnet.

Beschreibung		Kosten
<b>Im Jahr 2024</b>		
Investitionskosten neu UV Gebäude 4 640A	CHF	60'000
Investitionskosten Elektroinstallationen	CHF	200'000
Investitionskosten LWL	CHF	28'000
Bauliche Massnahmen (Raum Gebäude 4)	CHF	8'000
1x Ladestation 22kw AC	CHF	2'200
1x E-Inst. Ladestation 22kw AC	CHF	1'500
<b>Zwischentotal</b>	<b>CHF</b>	<b>299'700</b>
<b>Ab 2026, restliche Ladestationen</b>		
Investitionskosten Ladestationen	CHF	225'000
Investitionskosten E-Inst. Ladestationen	CHF	114'500
<b>Zwischentotal</b>	<b>CHF</b>	<b>339'500</b>
<b>Photovoltaikanlage (2025)</b>		
Investitionskosten Gebäude 4	CHF	225'600
Investitionskosten Gebäude 2	CHF	237'600
<b>Zwischentotal</b>	<b>CHF</b>	<b>463'200</b>

<b>Beschreibung</b>		<b>Kosten</b>
Investitionskosten Regiearbeit	CHF	30'000
Reserve	CHF	40'000
<b>Total Investitionen excl. MwSt</b>	<b>CHF</b>	<b>1'172'400</b>
Mehrwertsteuer 8.1%(gerundet)	CHF	95'000
<b>Total Investition (gerundet) inkl. MwSt</b>	<b>CHF</b>	<b>1'267'400</b>
<b>Honorare</b>		
Elektrofachplanung	CHF	180'000
Projektierungs- und Ausführungsplanung Bau	CHF	100'000
Bauleitung	CHF	100'000
<b>Total Honorare inkl. MwSt</b>	<b>CHF</b>	<b>380'000</b>
<b>Total Brutto (gerundet) inkl. MwSt</b>	<b>CHF</b>	<b>1'647'400</b>
<b>Beiträge Dritter</b>		
Abzüglich EIV Pronovo	CHF	-96'180

### Übersicht

<b>Beschreibung</b>	<b>Total</b>	<b>1'647'400</b>
Total Ladestationen inkl. Honorare und MwSt.(gerundet)	CHF	921'689
Total Ladestationen inkl. MwSt. (gerundet) Spezialfinanzierung Abfall	CHF	33'511
Total Photovoltaikanlage inkl. Honorare und MwSt. (gerundet)	CHF	692'200

Baupreisindex Hochbau, Espace Mittelland, Stand April 2023, 113.7

Im IAFP 2024 wurde der folgende Betrag für die Ladeinfrastruktur eingestellt. Da die Roadmap im Mai 2023 durch den Gemeinderat beschlossen worden ist und die Kostenschätzung erst im September 2023 vorlag, konnte die vorliegende Differenz nicht mehr im aktuellen Budgetprozess angepasst werden.

	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>Total</b>
<b>im IAFP reserviert Ladeinfrastruktur</b>	CHF400'000.-	CHF 0.-	CHF 0.-	CHF 400'000.-
<b>Bedarf</b>	CHF 447'900.-	CHF 692'200.-	CHF 507'300.-	CHF 1'647'400.-
<b>Differenz</b>	CHF 47'900.-	CHF 692'200.-	CHF 507'300.-	CHF 1'247'400.-

Der Anteil der spezialfinanzierten Ladestationen werden über das Konto Nr. 5200.5040.2220, Spezialfinanzierung Abfall verrechnet.

### Kosten Ladestation

3x 2'000.- = 6'000.-

6x 2'200.- =13'200.-

### Kosten Elektroinstallationen für Ladestationen

3x 1'000.- = 3'000.-

6x 1'500.- = 9'000.-

Total (excl. MwSt.) 31'000.-

**Total (inkl. MwSt.) 33'511.-**

## **5. Folge der Ablehnung des Geschäfts**

Sollte der Antrag abgelehnt werden, wäre es nicht möglich, die Ladeinfrastruktur für die künftige Flotte elektrifizierter Fahrzeuge auf dem eigenen Gelände zu nutzen. Betrieblich bedingt ist es nicht machbar, Fahrzeuge ausserhalb des Werkshofareals zu parken und folglich ausserhalb zu laden. Eine solche Situation hätte zur Folge, dass die Verwirklichung der Ziele des Klimaschutzreglements (KSR) behindert würde.

Das Gebäude 4 (Lastwagenhalle) hat im Moment noch Kapazität für circa eine Ladestation (22kW AC), danach stösst das Gebäude bereits an die elektrische Kapazitätsgrenze.

### **Antrag**

Der Gemeinderat beantragt dem Parlament, folgenden Beschluss zu fassen:

1. Für den Aufbau der Ladeinfrastruktur im Areal 101 wird ein Kredit von CHF 921'689 (inkl. MwSt. zuzüglich allfälliger Teuerung) zu Lasten Konto Nr. 4610.5040.2220, Ladeinfrastruktur für E-Kehrrichtwagen bewilligt.
2. Für den Aufbau einer Photovoltaik-Anlage auf dem Gebäude 4 wird ein Kredit von CHF 692'200 (inkl. MwSt. zuzüglich allfälliger Teuerung) zu Lasten Konto Nr. 4610.5040.2220, Ladeinfrastruktur für E-Kehrrichtwagen bewilligt.
3. Für die Installation der Ladestationen im Areal 101 wird ein Kredit von CHF 33'511 (inkl. MwSt. zuzüglich allfälliger Teuerung) zu Lasten Konto Nr. 5200.5040.2220, Spezialfinanzierung Abfall bewilligt.

Köniz, 10.01.2024

Der Gemeinderat

### **Beilagen**

- 1) Machbarkeitsstudie
- 2) Roadmap Dekarbonisierung
- 3) Folgekosten

**GEMEINDE KÖNIZ  
MACHBARKEITSSTUDIE  
PVA ZEV E-MOBILITÄT WERKHOF – GEBÄUDE 4  
MUHLERNSTRASSE 101**



**In Zusammenarbeit mit**  
Gemeinde Köniz  
Ivon Agatic  
Landorfstrasse 1  
3098 Köniz



KASTELER ENGINEERING GmbH  
Version 1.3, 25.10.2023, MJ

**Inhaltsverzeichnis**

1. Grundlagen .....	3
2. Ausgangslage .....	3
3. Ausblick und Vorgehen .....	3
4. Dachaufbau- und Dachflächen .....	4
5. Projektvorgaben.....	5
6. Materialisierung.....	5
7. Anlagenausbau Gebäude 4 .....	6
8. Anlagenausbau Gebäude 2 .....	7
9. Ladeinfrastruktur .....	8
10. Verbrauchszahlen Werkhof .....	10
11. Investitionen PV Anlage Gebäude 4 .....	12
12. Investitionen PV Anlage Gebäude 2 .....	12
13. Grundlagen Zusammenschluss zum Eigenverbrauch .....	13
14. Zusammenhang ZEV - Photovoltaikanlage.....	13
15. Kosten ZEV.....	13
16. Trafostation .....	14
17. Areal – Netz (bestand).....	15
18. Areal Netz (neu).....	16
19. Elektroinstallationen .....	18
20. LWL Erschliessung das Gebäude 3 / 4.....	20
21. Stromspeicher für PV-Anlage .....	20
22. Gesamtkosten.....	21
23. Fazit und Empfehlung .....	22

**Erweiterungsverzeichnis**

03.07.2023	Erstellung Grundversion	1.0
21.08.2023	Anpassungen gemäss Besprechung vom 21.08.2023	1.1
07.09.2023	Div. Anpassungen Text	1.2
25.10.2023	Konzept änderung gemäss Besprechung vom 25.10.2023	1.3
02.11.2023		

## 1. Grundlagen

Als Grundlage für die Machbarkeitsstudie dienen:

- Die Besprechung und Besichtigung vom 25.03.2022, 01.05.2023 und 25.05.2023
- Konzept E – Mobility
- Hausanschluss BKW
- Roadmap Dekarbonisierung der kommunalen Fahrzeugflotte EBP

Die folgenden Normen kommen zur Anwendung:

- Die Normen der CENELEC, IEC (61215, 61646, 61730), EN
- Das Elektrizitätsgesetz von 1902
- Niederspannungs-Installations-Verordnung (NIV)
- Niederspannungs-Erzeugungs-Verordnung (NEV)
- Technische Normen des SEV (NIN, insbesondere der Teil 7.12, Photovoltaik-Stromversorgungssystem)
- Die Weisungen des Eidgenössischen Starkstrominspektorats ESTI (u.a. 233.0710 d)
- Die Vorschriften und speziellen Bedingungen des Netzbetreibers (bezüglich Parallelbetrieb von elektrischen Erzeugungsanlagen) und die Werkvorschriften
- Anschlussbedingungen der kontrollpflichtigen Instanzen (z.B. ESTI)
- Die Normen der SIA (u.a. 261 und 232)
- Die Vorschriften der Gebäudeversicherung in Bezug auf den Blitzschutz (SNR 464002)
- Die feuerpolizeilichen Vorschriften (VKF-Verordnungen)
- SUVA-Richtlinien

## 2. Ausgangslage

Der Gemeinde- Werkhof an der Muhlernstrasse 101 in Köniz, soll für die Aufnahme von Elektromobilität unter Einbezug von Photovoltaikanlagen geprüft werden. Neben der heutigen Energie- Erzeugung, soll auch die zukünftige Anschaffung von elektrischen Werksfahrzeugen in die konzeptionellen Überlegungen miteinbezogen werde. Die elektrische Energieversorgung und parallel die mögliche Eigenerzeugung mittels Photovoltaik, soll als Gesamtkonzept erarbeitet werden und dessen Kosten- und Wirtschaftlichkeit als Entscheidungsgrundlagen dienen.

## 3. Ausblick und Vorgehen

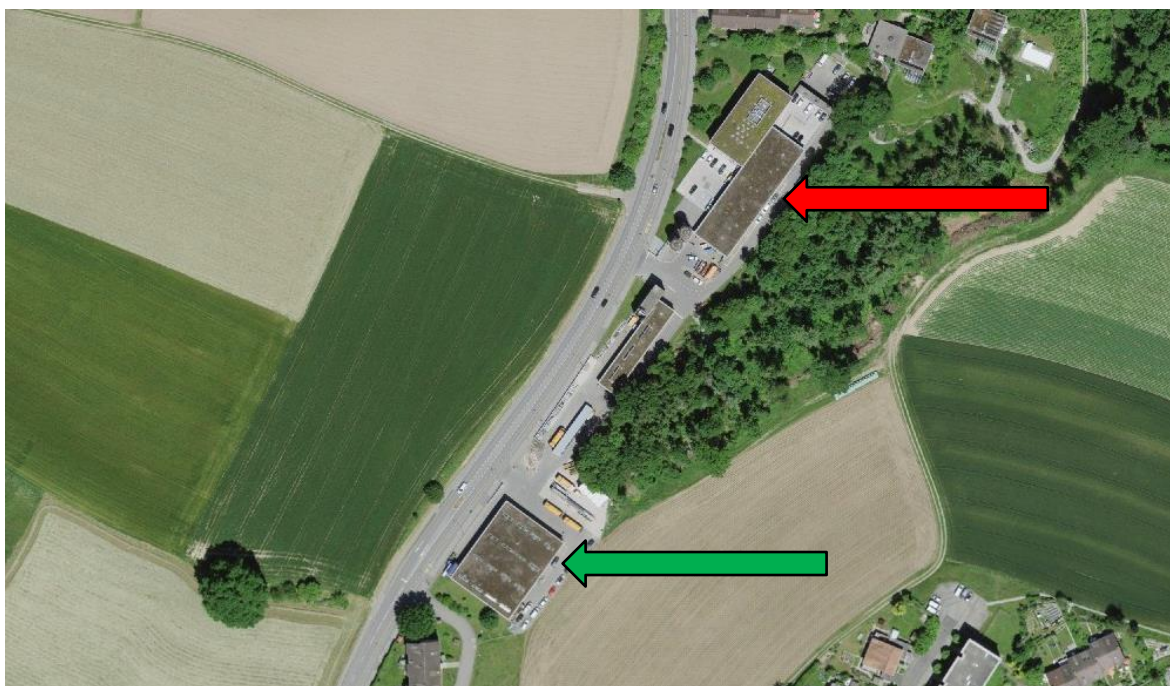
Die Erarbeitung der Machbarkeitsstudie ist die Grundlage für mögliche weitere Schritte und soll als Entscheidungsgrundlage dienen. Im weiteren Vorgehen können die notwendigen Genehmigungen und Unternehmerofferten zur Umsetzung eingeholt werden.

## 4. Dachaufbau- und Dachflächen

Die Liegenschaften an der Muhlernstrasse in Köniz haben ein Flachdach. Die Dächer verfügen über mehrere Aufbauten, welche die Flächen unterbrechen.

Für die Aufnahme von Photovoltaikmodulen kommen daher nur bestimmte Flächen in Frage.

Die möglichen Flächen teilen sich in verschiedene Bereiche auf:



**Dach 1:** Die mögliche Fläche zur Photovoltaik-Ausnutzung liegt bei ungefähr 1259m<sup>2</sup>.

**Dach 2:** Die mögliche Fläche zur Photovoltaik-Ausnutzung liegt bei ungefähr 900m<sup>2</sup>.

Im Vorfeld der möglichen Anlagen- oder Teilanlagenerstellung muss die gesamte Dachfläche kontrolliert werden. Eine Dachlebensdauer von verbleibenden 25 Jahren bildet eine solide Ausgangslage zur Erstellung einer Photovoltaikanlage auf dem Gebäude.



## 5. Projektvorgaben

Die Anlage soll möglichst optimal in der Dachfläche aufgehen und in der Gesamtoptik- und Anlagengeometrie ein einheitliches Gesamtbild generieren.

Im Grundsatz wird mit der bestehenden Dacheindeckung gearbeitet und wo nötig baulich angepasst. Zudem werden Vorkehrungen getroffen, um die Funktion des Daches auch mit der Photovoltaikanlage zu gewährleisten.

## 6. Materialisierung

Die Anlage wird bevorzugt als Aufdach-Photovoltaikanlage ausgelegt und geplant. Dies hat den Vorteil, dass nicht aktiv in die Gebäudestruktur eingegriffen werden muss und die Anlage verhältnismässig rasch realisiert werden kann.

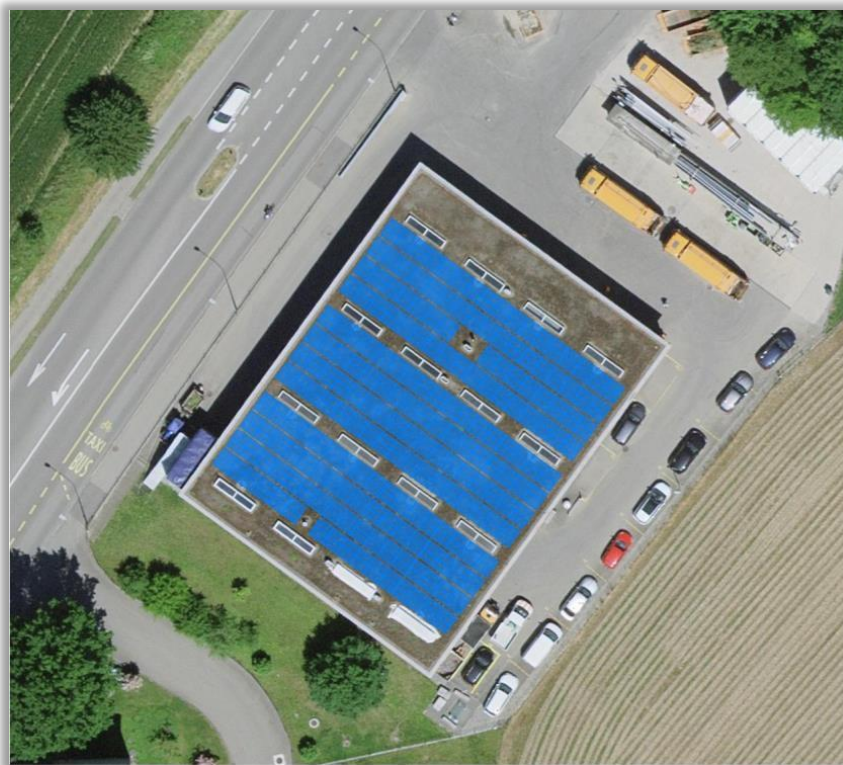
Die Dachfläche ist nach der erfolgten Kontrolle und Begutachtung aufnahmebereit.

### Auf-Dach Anlage (Referenzbilder)



**7. Anlagenausbau Gebäude 4**

Bei der Betrachtung steht die optimale und maximale Belegung der Dachfläche im Zentrum.



Bezeichnung	Fakten/ Kennzahlen	Bemerkung
Dachbeschaffenheit	Flachdach	Mehrere Dachaufbauten
Dachsanierung/ Prüfung	unbekannt	-
Dachsicherheit	Muss nicht erstellt werden	-
Statische Gegebenheiten	> 25 kg/m <sup>2</sup> Zusatzlast möglich	-
Leistung	150`400 Wp = 150.40 kWp	-
Anzahl der PV-Panel	<b>376 Panel (1038x1755mm)</b>	à je 400 Wp/1.8 m <sup>2</sup>
Energieertrag PV Anlage	145`888 kWh/a	approximativ
Standort Wechselrichter	Keller- Untergeschoss	-
Art der Wechselrichter	3x 60 kWp/ kVA	-
Rückspeisepunkt	Neue NSHV im Gebäude 4	-

Die aus dieser Belegung resultierenden Produktionsleistungen der Photovoltaikanlage können im Jahres-Durchschnitt zu Relation heutiger Verbrauch genutzt werden.

Als Ergänzung zum Eigenverbrauch im Jahres-Durchschnitt, kann der Momentanverbrauch begünstigt werden mit

## 8. Anlagenausbau Gebäude 2

Bei der Betrachtung steht die optimale und maximale Belegung der Dachfläche im Zentrum.



Bezeichnung	Fakten/ Kennzahlen	Bemerkung
Dachbeschaffenheit	Flachdach	Mehrere Dachaufbauten
Dachsanierung/ Prüfung	unbekannt	-
Dachsicherheit	Muss nicht erstellt werden	-
Statische Gegebenheiten	> 25 kg/m <sup>2</sup> Zusatzlast möglich	-
Leistung	158`400 Wp = 158.40 kWp	-
Anzahl der PV-Panel	<b>396 Panel (1038x1755mm)</b>	à je 400 Wp/1.8 m <sup>2</sup>
Energieertrag PV Anlage	153`648 kWh/a	approximativ
Standort Wechselrichter	Keller- Untergeschoss	-
Art der Wechselrichter	3x 60 kWp/ kVA	-
Rückspeisepunkt	Neue NSHV im Gebäude 4	-

Die aus dieser Belegung resultierenden Produktionsleistungen der Photovoltaikanlage können im Jahres-Durchschnitt zu Relation heutiger Verbrauch genutzt werden.

Als Ergänzung zum Eigenverbrauch im Jahres-Durchschnitt, kann der Momentanverbrauch begünstigt werden mit:

## 9. Ladeinfrastruktur

Die Umstellung der kommunalen Flotte auf Fahrzeuge mit batterieelektrischem Antrieb benötigt einen Ausbau der Ladeinfrastruktur. In unserem Bericht gehen wir von der Vollelektrifizierung der Flotte aus.

### Ladepunkte (Ladestationen)

Die Ladeinfrastruktur wurde für das Worst Case Szenario bezüglich der Fahrzeugauslastung dimensioniert. Alle Fahrzeuge sind im Einsatz und vor allem die Winterdienstfahrzeuge sind 12 Stunden pro Tag im Einsatz und können nur 6 Stunden in der Nacht laden. Deswegen wäre diese Ladeinfrastruktur für fast alle Tage im Jahr deutlich überdimensioniert.

Es wurde kein Wachstum der kommunalen Fahrzeugflotte unterstellt.

Der Standard ist ein AC 11 kW Ladepunkt. Diese Ladeleistung ist für meisten Fahrzeuge ausreichend. Für die Kategorie LKW Kehricht ist ein Ladepunkt 22 kW AC pro Fahrzeug vorgesehen.

Die Fahrzeuge der Kategorie Kommunaltraktoren Winterdienst und LKW Winterdienst haben eine kurze Standzeit und brauchen einen Schnellladepunkt 50 kW DC pro Fahrzeug, damit das Anforderungsprofil erfüllt wird.

Bei der Vollelektrifizierung ist ein Ladepunkt für jedes Fahrzeug vorgesehen. Bei den Kategorien Lieferwagen Personen, Lieferwagen Brückenfahrzeuge und Kommunaltraktoren Mäher reicht eine Ladung jeden zweiten oder dritten Tag, damit der tägliche Verbrauch gemäss Anforderungsprofil abgedeckt ist. Unter Berücksichtigung des Anforderungsprofils wäre es deshalb nicht nötig, ein Ladepunkt pro Fahrzeug einzuplanen. Die betrieblichen Abläufe (Gefahr Verlängerung Arbeitszeit für Mitarbeitenden) und Platzverhältnisse erfordern jedoch, dass jedes Fahrzeug einen eigenen Ladepunkt erhält.

Die benötigte Ladeinfrastruktur auf dem Areal 101 ist in der Tabelle abgebildet

Kategorie	Täglicher Verbrauch 2030 [kWh]	Batteriegrösse [kWh]	Standzeit [Stunden]	Leistung pro Ladepunkt [kW]	Anzahl Fahrzeuge Areal 101 und Anzahl Ladepunkte	Kosten Ladestationen [CHF]
Lieferwagen Personen	13.0	50	12	11	5	10'000
Lieferwagen Brückenfahrzeuge	23.8	50	12	11	8	16'000
LKW Kehricht	92.1	324	12	22	6	13'200
LKW Winterdienst	273.2	324	6 + 1h nachladen	50	2	60'000
Kommunaltraktoren Winterdienst	209.5	200	6 + 1h nachladen	50	4	120'000
Kommunaltraktoren Mäher	12.9	58	12	11	2	4'000
Kommunaltraktoren Geländefahrzeug	58.2	80	6	11	2	4'000

Die letzte Spalte der Tabelle zeigt die Kosten der Ladeinfrastruktur für alle Fahrzeuge in einer Kategorie. Die Kosten betreffen nur die Ladestation und berücksichtigen nicht die Kosten für die Basisinfrastruktur und Netzerschliessung. Es wurden folgende Kosten pro Ladepunkt angenommen

- Ladepunkt 11 kW AC: 2'000 CHF
- Ladepunkt 22 kW AC: 2'200 CHF
- Ladepunkt 50 kW DC: 30'000 CHF

## Angeschlossene Leistung

In diesem Kapitel wird die benötigte angeschlossene Leistung für die Ladeinfrastruktur bei einer Vollelektrifizierung betrachtet. Als Grundsatz für die Dimensionierung gilt folgendes: Jeder Ladepunkt muss innerhalb der Standzeit so viel Energie liefern, dass er 80% der Batterie des parkierten Fahrzeugs laden kann. Die Zahl 80% stammt aus der nutzbaren Batteriekapazität: Puffer und Batteriealterung werden von der nominellen Kapazität abgezogen. Als nominelle Batteriekapazität nehmen wir die Werte aus der Tabelle 5.

Wir nehmen an, dass die Fahrzeuge gleichzeitig in der Garage parkieren und laden und dass ein Lastmanagementsystem installiert wird, damit die Ladeleistung über die Standzeit optimiert wird. Weiterhin nehmen wir 10% Ladeverluste an.

Somit muss die Ladeinfrastruktur für alle Fahrzeuge fähig sein, bis zu 3.79 MWh pro Nacht zu liefern. Diese Energiemenge geteilt durch 12 Stunden Standzeit ergibt eine durchschnittliche Leistung von **315 kW**.

Das Lastmanagement kann die gesamte Ladeleistung optimieren. Deshalb, auch wenn einige Fahrzeuge nur 6 Stunden im Werkhof parkieren, kann man durch die 12 Stunden teilen, um die durchschnittliche Leistung zu erhalten. Die nötige Gesamtleistung für das Laden aller Fahrzeuge, die nur 6 Stunden parkieren, beträgt 238 kW. Diese Leistung ist nämlich kleiner als die durchschnittliche Leistung von 315 kW.

Die heutige Haupterschliessung an der Areal 101 beträgt 280 kW (400 A). Die Erschliessung des Gebäudes 4, wo diese Fahrzeuge parkieren, kann heute eine maximale Leistung von 100 kW ertragen (160 A).

Es ist darum eine starke Erhöhung der angeschlossenen Leistung für Gebäude 4 vorzusehen, eventuell über eine separate Erschliessung. Diese Leistung wird nachts über bezogen, wenn die übrigen Lasten auf dem Areal klein sind. Für detaillierte Aussagen, welche Leistung für die Ladeinfrastruktur auf dem Areal zur Verfügung steht, wäre eine Leistungsaufzeichnung über eine Woche notwendig.

Wie oben erwähnt, wäre diese Ladeinfrastruktur und die angeschlossene Leistung für meisten Tagen überdimensioniert. Es besteht deshalb Optimierungspotential bei der Dimensionierung der Ladeinfrastruktur. Vorteile von einer kleineren Ladeinfrastruktur wären die tieferen Infrastrukturkosten. Andererseits würde in diesem Fall die Flexibilität im Fahrzeugbetrieb sinken und das System wäre weniger resilient.

Wir empfehlen die Grundinfrastruktur (Netzanschluss, Stromverteilung und Lastmanagementsystem) auf die Vollelektrifizierung auszulegen. Der Ausbau der Grundinfrastruktur muss frühzeitig erfolgen, damit die Gemeinde bereit für die Beschaffung der Elektrofahrzeuge ist. Die Beschaffung und Installation der einzelnen Ladepunkte erfolgt dann etappenweise und abgestimmt mit der Fahrzeugbeschaffung

## Kosten Ladestaionen

- Ladepunkt 11 kW AC: 2'000 CHF x 17 = 34'000 CHF
- Ladepunkt 22 kW AC: 2'200 CHF x 6 = 13'200 CHF
- Ladepunkt 50 kW DC: 30'000 CHF x 6 = 180'000 CHF
- **Total: 227'200CHF**

## Kosten Elektroinstallationen für Ladestationen

- Ladepunkt 11 kW AC: 1'000 CHF x 17 = 17'000 CHF
- Ladepunkt 22 kW AC: 1'500 CHF x 6 = 9'000 CHF
- Ladepunkt 50 kW DC: 15'000 CHF x 6 = 90'000 CHF
- **Total: 116'000CHF**

**10. Verbrauchszahlen Werkhof****Verbrauch 01.2022 – 01.2023**

Zähler Nr. 10496973	215`600.00	kWh
Zähler Nr. 10089450	3`300.00	kWh
Total Werkhof	218`900.00	kWh

Der Bezug elektrischer Leistung für den normalen Gebrauch ist plausibel. Durch veränderte Bedürfnisse und einer Vielzahl an elektrischen- wie auch elektronischen Verbrauchern steigt der Verbrauch kontinuierlich, was eine normale Entwicklungskurve darstellt.

**Prognose Elektrofahrzeuge 2040**

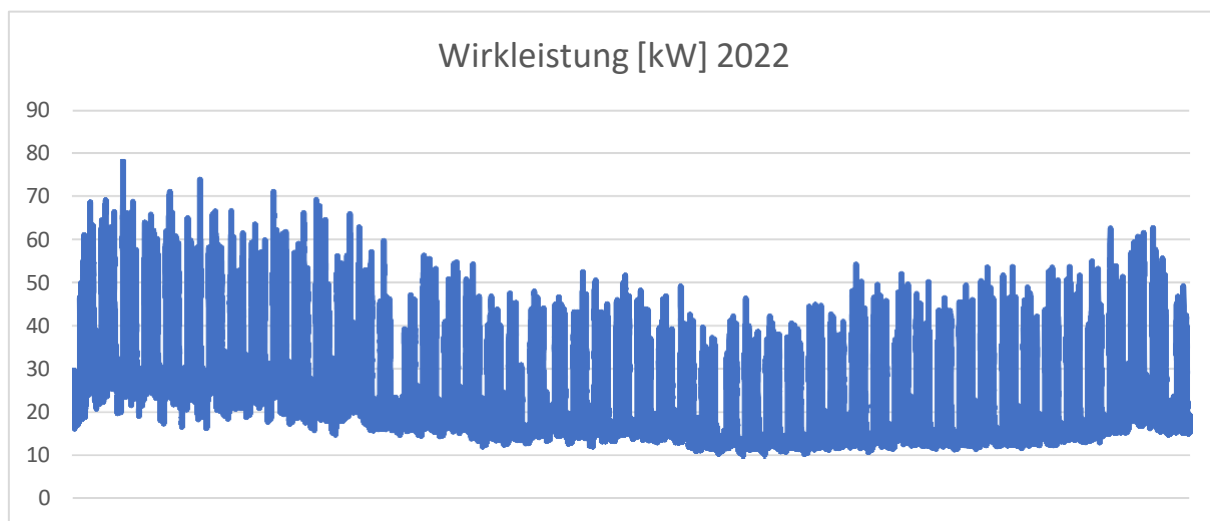
2024	57`700.00	kWh
------	-----------	-----

Gesamtverbrauch Gebäude	kWh	276`600.00
Jahresertrag Photovoltaikanlage	kWh	299`536.00

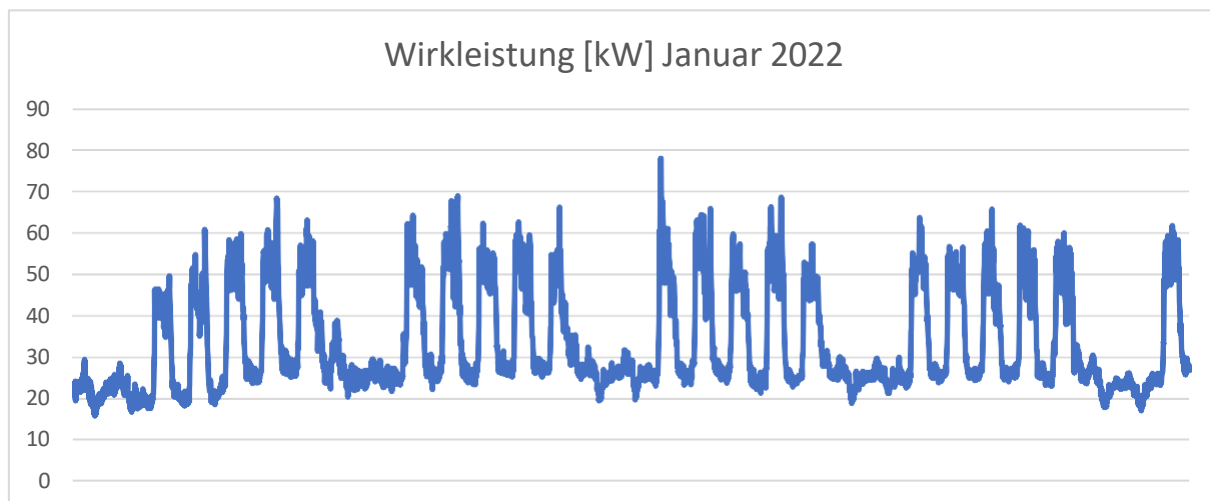
---

Eigendeckungsgrad / Jahr	%	108
--------------------------	---	-----

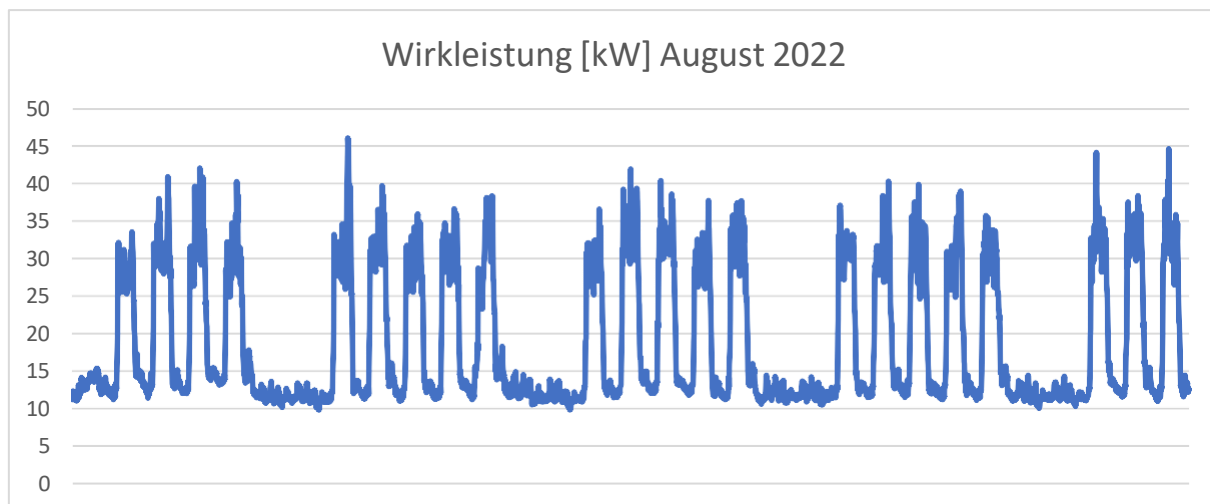
**Jahersverbrauch in kW 2022**



**Verbrauch Januar 2022**



**Verbrauch August 2022**



**11. Investitionen PV Anlage Gebäude 4**

Die Investitionskosten werden als Vollkostenrechnung zusammengefasst.  
Das heisst, dass in den vorliegenden Berechnungen alle Kosten für eine schlüsselfertige Anlage mit einer Genauigkeit von +/- 20% eingerechnet sind.

Leistung Gebäude 4	kWp	150.40
Jahresertrag Gebäude 4	kWh	145`888.00

Investitionskosten Gebäude 4	CHF	225`600.00
Abzüglich EIV Pronovo Gebäude 4	CHF	46`850.00

**Total Investition** **CHF 178`992.15** exkl. MwSt  
**Amortisationsdauer** **ab 12-16 Betriebsjahren**

Basisdaten der Anlage							Vergütungsdetails	
Leistung in kWp*	Datum Inbetriebnahme*	Art des Anlagenbaues*	Neigungswinkel ≥ 75 Grad	Höhenbonus ab 1500m	kein Eigenverbrauch	Grundbeitrag		
150.40	01.01.2024	Angebaut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.00		
							Leistungsbeitrag	46`607.85
							Neigungswinkelbonus	0.00
							Höhenbonus	0.00
							Förderbeitrag (unverbindlich)	46`607.85 CHF

Die Einmalvergütung besteht aus einem Grundbetrag von CHF 350.00 und einer zusätzlichen Vergütung von CHF 310.00 pro gebautem kWp.

Die Rückspeisvergütung ist in der Amortisationsdauer nicht berücksichtigt.

**12. Investitionen PV Anlage Gebäude 2**

Die Investitionskosten werden als Vollkostenrechnung zusammengefasst.  
Das heisst, dass in den vorliegenden Berechnungen alle Kosten für eine schlüsselfertige Anlage mit einer Genauigkeit von +/- 20% eingerechnet sind.

Leistung Gebäude 1	kWp	158.40
Jahresertrag Gebäude 1	kWh	153`648.00

Investitionskosten Gebäude 1	CHF	237`600.00
Abzüglich EIV Pronovo Gebäude 1	CHF	49`330.00

**Total Investition** **CHF 188`832.15** exkl. MwSt  
**Amortisationsdauer** **ab 12-16 Betriebsjahren**

Basisdaten der Anlage							Vergütungsdetails	
Leistung in kWp*	Datum Inbetriebnahme*	Art des Anlagenbaues*	Neigungswinkel ≥ 75 Grad	Höhenbonus ab 1500m	kein Eigenverbrauch	Grundbeitrag		
158.40	01.01.2024	Angebaut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.00		
							Leistungsbeitrag	48`767.85
							Neigungswinkelbonus	0.00
							Höhenbonus	0.00
							Förderbeitrag (unverbindlich)	48`767.85 CHF

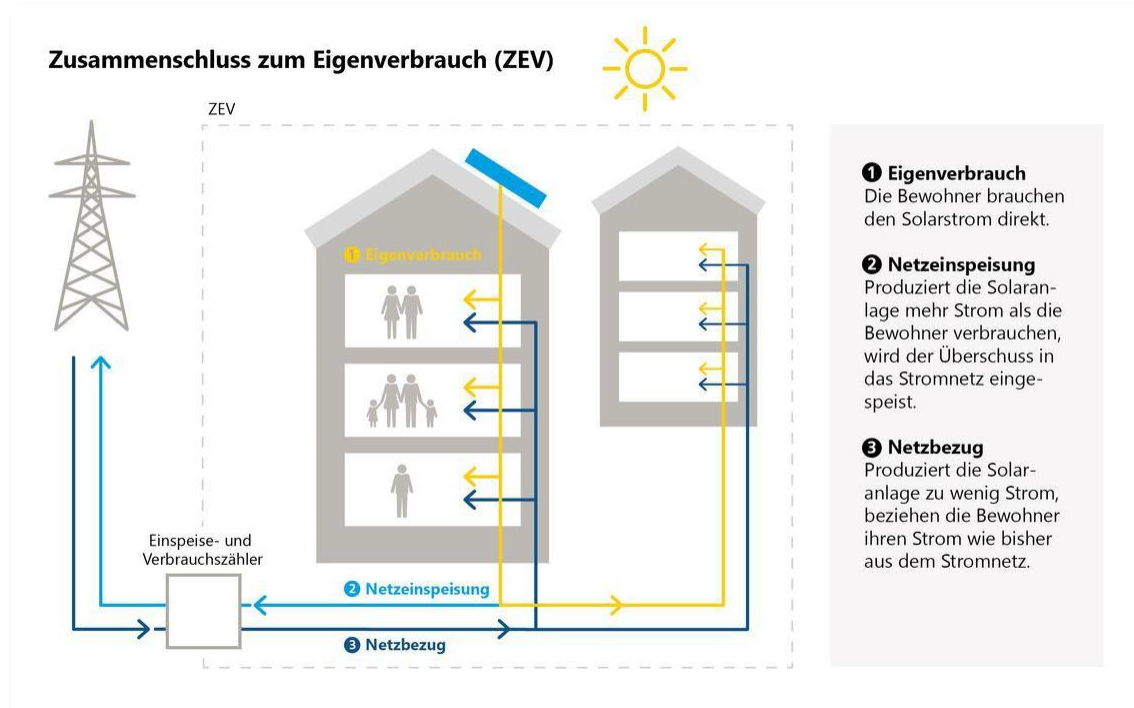
Die Einmalvergütung besteht aus einem Grundbetrag von CHF 350.00 und einer zusätzlichen Vergütung von CHF 310.00 pro gebautem kWp.

Die Rückspeisvergütung ist in der Amortisationsdauer nicht berücksichtigt



## 13. Grundlagen Zusammenschluss zum Eigenverbrauch

Der von der eigenen Photovoltaikanlage produzierte Strom wird von den verschiedenen Teilobjekten genutzt und optimiert somit den Eigenverbrauch. Die ganze Liegenschaft bleibt weiterhin am Stromnetz angeschlossen. Wenn die Photovoltaikanlage mehr produziert, als die Liegenschaft an Bedarf hat, wird der Überschuss ins Netz eingespeist und der ZEV dafür vergütet. Wenn die Produktion der Anlage nicht ausreicht, um den gesamten Verbrauch zu decken (Regelfall), wird der Strom vom Netz bezogen.



## 14. Zusammenhang ZEV - Photovoltaikanlage

Die Auslegung einer Photovoltaikanlage erfolgt in der Regel auf einen bekannten und/ oder berechneten Leistungsbedarf einer Liegenschaft oder Teilobjekten daraus. Innerhalb der Liegenschaft und Nutzung fallen differente Leistungsszenarien an, welche bei der Auslegung berücksichtigt und berechnet werden.

Mit einer Photovoltaikanlage werden lokale Energiespitzen entlastet (Bsp. Küchenbetrieb), diese fallen jedoch nur zu bestimmten Zeiten und nicht dauernd an. Um deshalb eine gleichmässige Anlagenauslastung zu erreichen, werden möglichst viele Anlagenteile zusammengekommen.

Mit den aktuellen Vergütungen kann eine Rückspeisung kurzfristig ertragsreich sein. Langfristig und zur Anlagen- Amortisation ist jedoch die Betrachtung über 20-25 Jahre sinnvoll.

Hier steht ein möglichst hoher Eigenverbrauch im Zentrum und soll durch die elektrische Verbindung innerhalb einer Liegenschaft, aber auch darüber hinaus begünstigt werden. Auf dem Eigenverbrauch werden keine Netznutzungskosten und Gebühren verrichtet.

## 15. Kosten ZEV

- Da bestehend nur eine Messeinheit gibt, benötigt diese Areal keinen ZEV

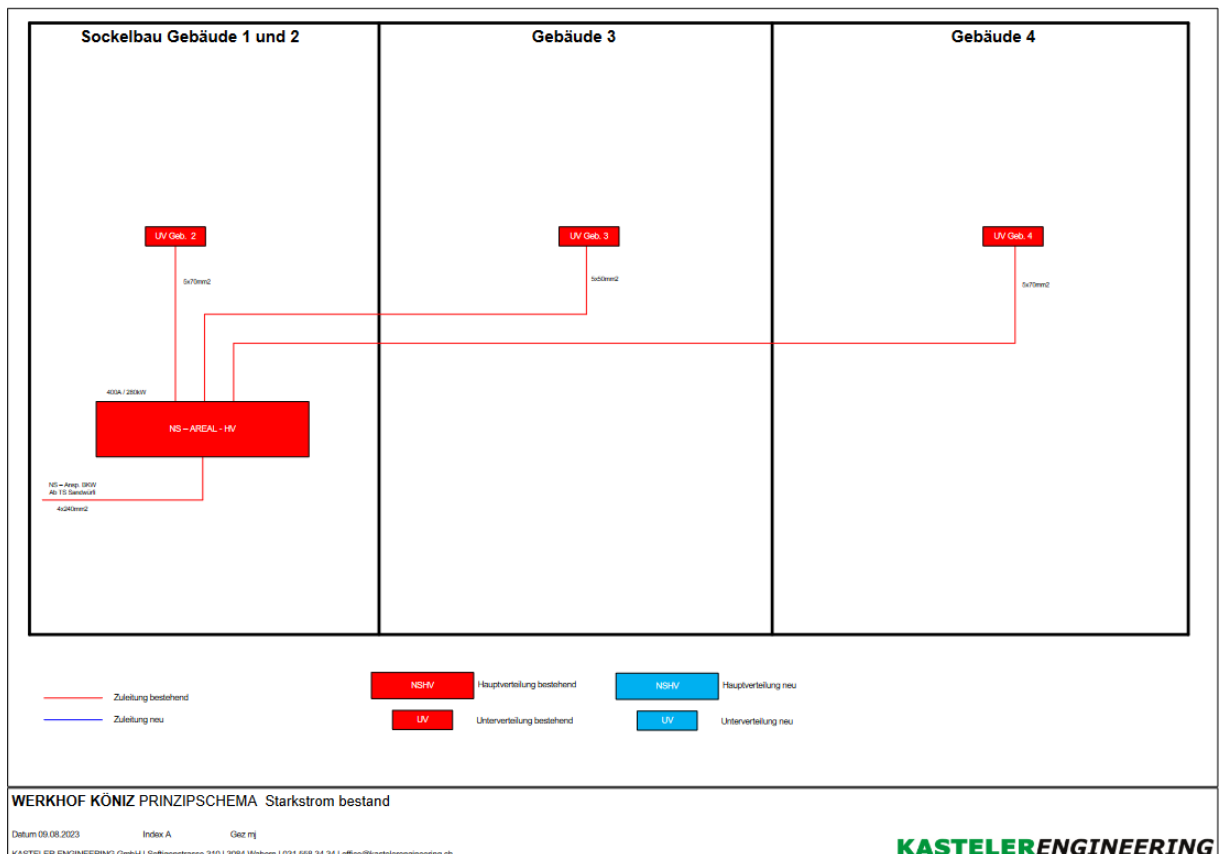
..

## 16. Trafostation

Die heutige Haupterschliessung an der Areal 101 beträgt 280 kW (400 A). Die Erschliessung des Gebäudes 4, wo diese Fahrzeuge parkieren, kann heute eine maximale Leistung von 100 kW ertragen (160 A).

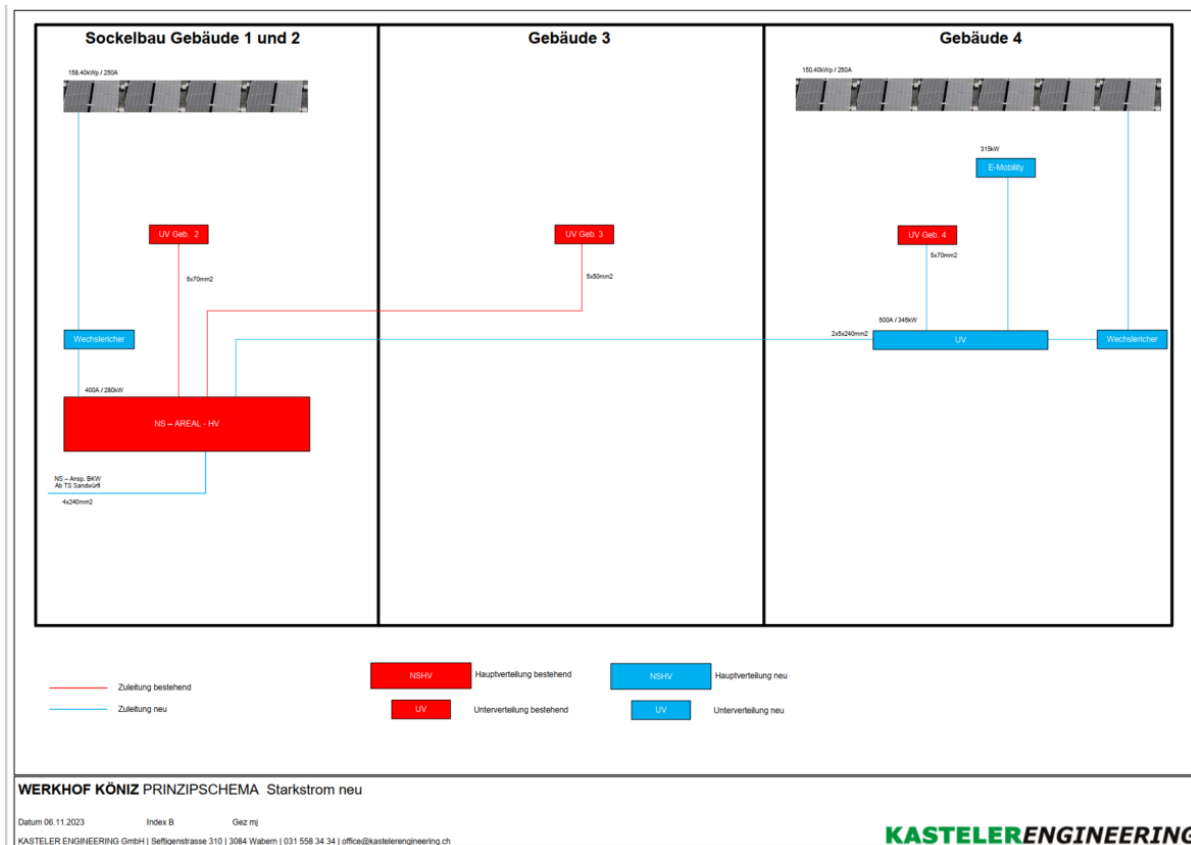
Es ist darum eine starke Erhöhung der angeschlossenen Leistung für Gebäude 4 vorzusehen. Nach Prüfung der Unterlagen und des Lastgang von der BKW schlagen wir vor das es keine neue Trafostation im Gebäude 4 gebaut wird. Sondern der bestehen Hausanschluss für die Zukunft ausreicht.

## 17. Areal – Netz (bestand)



Die bestehend Areal Erschliessung ist 400A. Die Zuleitung in das Gebäude 4 ist 160A.

## 18. Areal Netz (neu)



Das neue Areal – Der Hausanschluss mit 400A bleibt bestehend.

Die Erschliessung das Gebäude 4 wir neu mit 630A erstellt (Ausbaureserve für die Zukunft)

Zum heutigen Zeitpunkt gehen wir davon aus das die HV mit 400A nicht ersetzt werden muss.

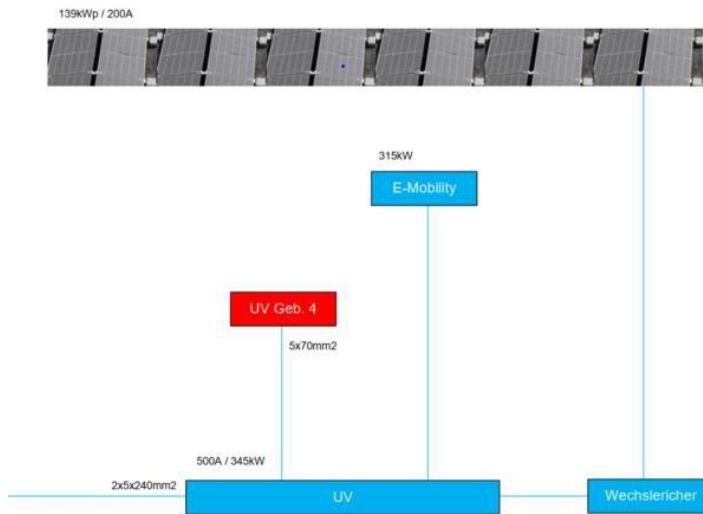
Die Erstellung des neuenen Areal Netz wir parallel zum Bestehen erstellt.

### 1. Ausbauschritt

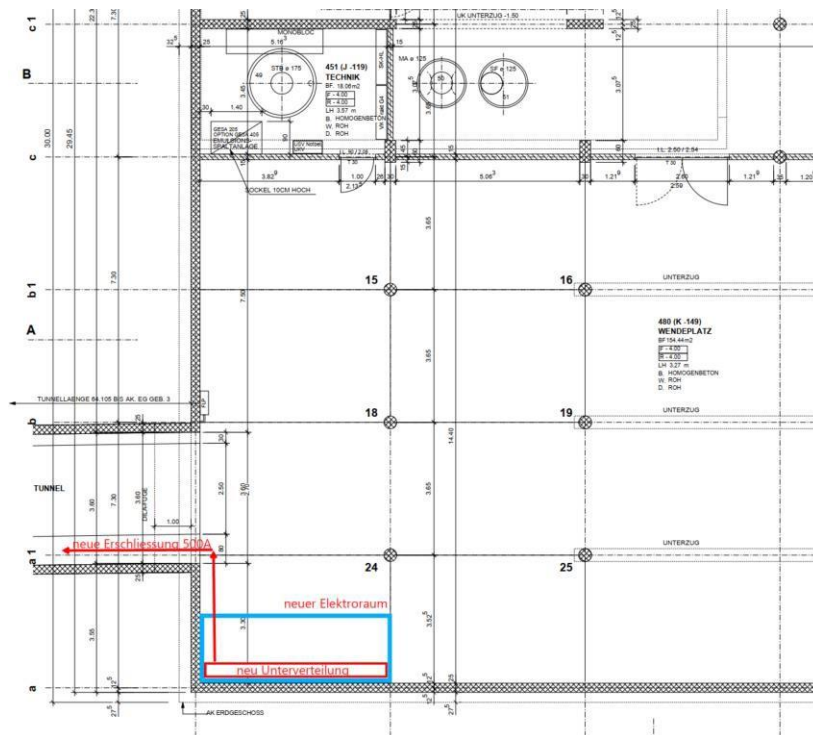
- Neue Zuleitung ab Gebäude 1 ins Gebäude 4
- Neue UV Gebäude 4 (630A)

## UV Gebäude 4

Im Gebäude 4 wird eine neue Unterverteilung erstellt. Diese ist auf 630A ausgelegt. Ab dieser UV kommen neue die PV Anlage, Ladestationen und die bestehende UV.



Für die Unterverteilung wird neue einen Separaten Raum erstellt.

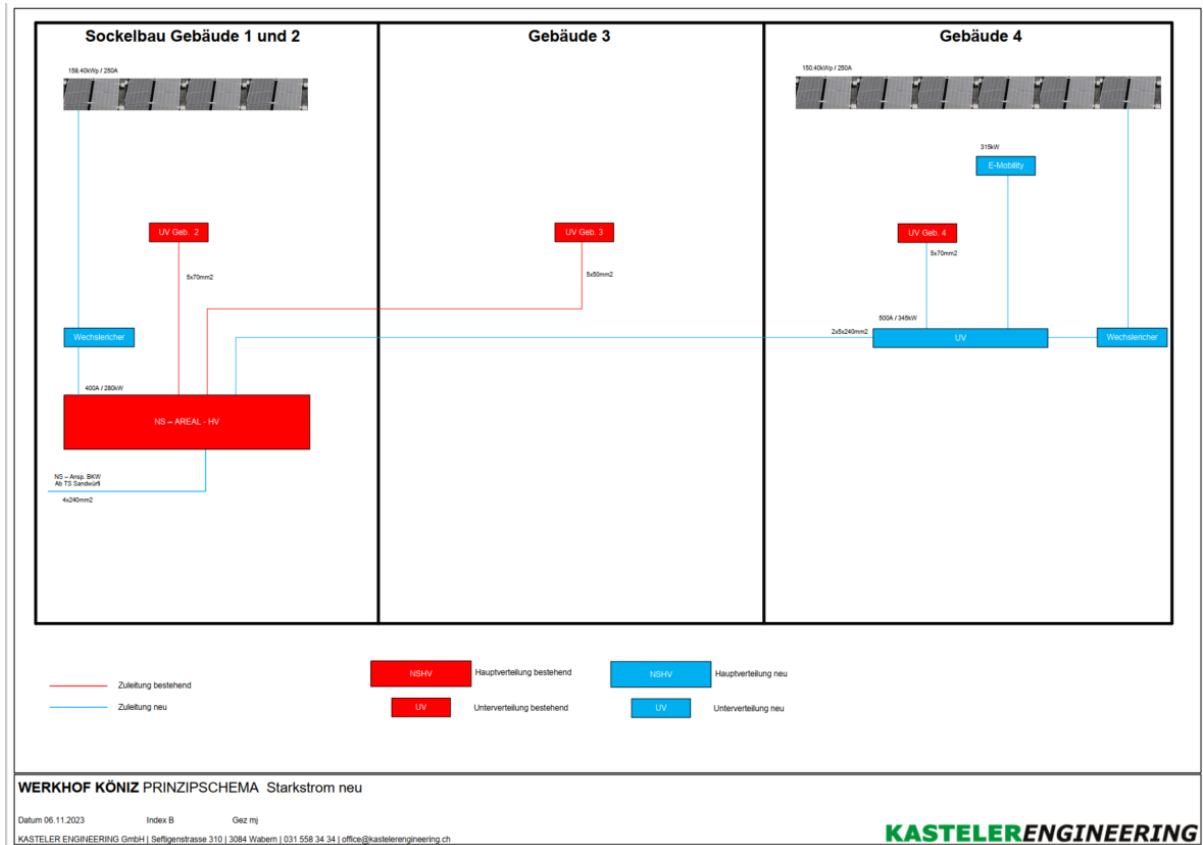


**Kosten UV Gebäude 4 60'000CHF**

## 19. Elektroinstallationen

### Neue Erschliessung (blaue Leitungen)

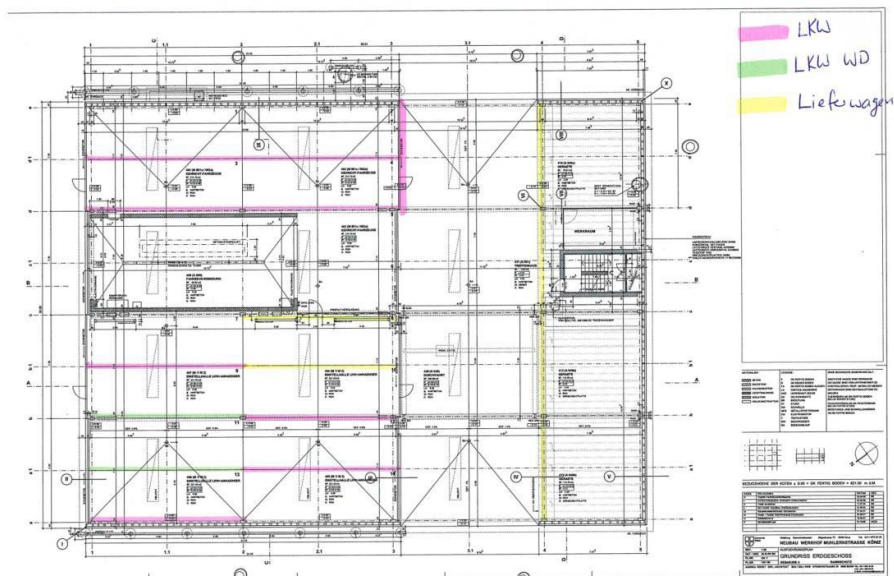
- NS Areal HV zur neuen UV Gebäude 4 (630A)
- Neuer UV zur bestehender UV Gebäude 4 (160A)
- Erschliessung PV-Anlage



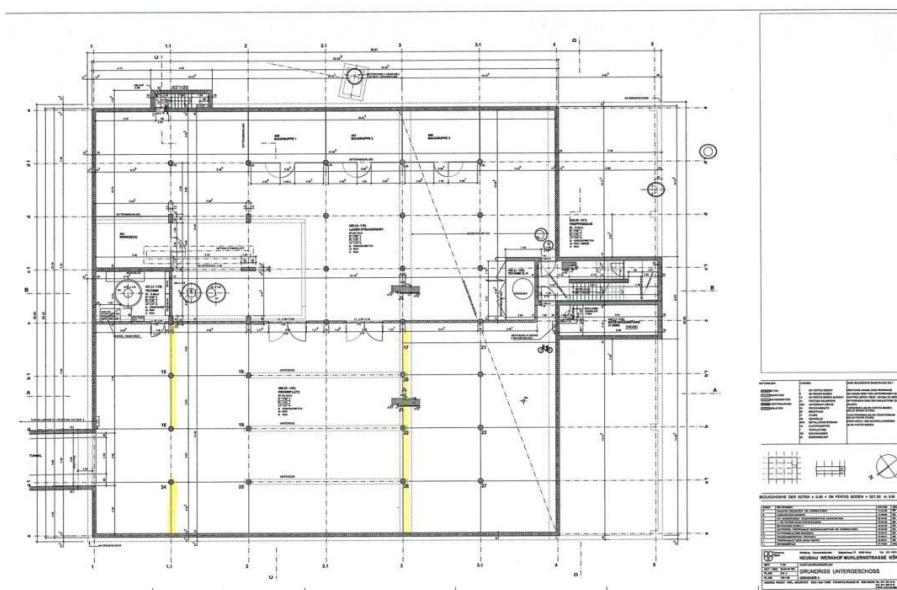
## Elektroinstallationen Allgemein

Erstellen der kompletten Infrastruktur für die Ladestationen.

Erdgeschoss



Untergeschoss



Kosten Elektroinstallationen Allgemein 200`000CHF

**20. LWL Erschliessung das Gebäude 3 / 4**

Neue LWL Erschliessung das Gebäude 4 ist möglich.

Im Gebäude 4 wird neu ein Rack mit eine LWL Verbindung nach Gebäude 1

**Kosten Elektroinstallationen LWL und Rack 15`000CHF**

Neue LWL Erschliessung das Gebäude 3 ist möglich.

Im Gebäude 4 wird neu ein Rack mit eine LWL Verbindung nach Gebäude 1

**Kosten Elektroinstallationen LWL und Rack 13`000CHF**

**21. Stromspeicher für PV-Anlage**

Es wird empfohlen im nächste Schritt die Prüfung eines Stromspeicher zu machen.

**Es sind keine Kosten in der Machbarkeitsstudie enthalten**



**22. Gesamtkosten**

Die Investitionskosten sind mit einer Genauigkeit von +/- 20% gerechnet.

**1.Etappe**

▪ Investitionskosten PV Anlage Gebäude 4	CHF	225`600.00	
▪ Investitionskosten PV Anlage Gebäude 1	CHF	237`600.00	
▪ Investitionskosten ZEF	CHF		
▪ Investitionskosten Ladestationen	CHF	227`200.00	
▪ Investitionskosten E-Inst. Ladestationen	CHF	116`000.00	
▪ Investitionskosten neu UV Gebäude 4 500A	CHF	60`000.00	
▪ Investitionskosten Elektroinstallationen	CHF	200`000.00	
▪ Investitionskosten Regiarbeiten	CHF	30`000.00	
▪ Investitionskosten LWL	CHF	28`000.00	
▪ Baulichenmassnahmen (Raum Gebäude 4)	CHF	8`000.00	
▪ Unerwartetes 5%	CHF	40`000.00	
▪ <b>Total</b>	<b>CHF</b>	<b>1`172`400.00</b>	
▪ Abzüglich EIV Pronovo Gebäude 4	CHF	- 46`850.00	
▪ Abzüglich EIV Pronovo Gebäude 1	CHF	- 49`330.00	
▪ <b>Total Investition</b>	<b>CHF</b>	<b>1`076`220.00</b>	exkl. MwSt
▪ <b>Total Elektrohonorar</b>	<b>CHF</b>	<b>180`000.00</b>	exkl. MwSt

## 23. Fazit und Empfehlung

Weniger als 10% der Energie wird durch BKW-Netz eingespeist. Hinsichtlich den steigenden Energiepreisen in die Zukunft schafft die PV-Anlage eine klare Unabhängigkeit.

Die Anlage kann in der ausgewiesenen Zeit amortisiert werden. Durch eine mögliche Zunahme der Bezugs-Stromkosten aus dem BKW-Netz, wird die Amortisationszeit positiv beeinflusst. Ebenfalls begünstigend wirken sich höhere Rückspeisvergütungen aus.

Mit einer Lebensdauer der Anlage von 25- 30 Betriebsjahren, kann während der halben Betriebszeit von einer maximal wirtschaftlichen und nachhaltigen Produktion profitiert werden.

Massnahmen zum weiteren Vorgehen:

- Überprüfung der Dachflächen
- Einholung von Angeboten für die Photovoltaikanlage
- Realisierung

Beilagen

- Dachaufsicht
- Prinzipschema Starkstrom bestehend
- Prinzipschema Starkstrom neu

Für die Machbarkeitsstudie  
KASTELER ENGINEERING GmbH

# Roadmap Dekarbonisierung der kommunalen Fahrzeugflotte

Schlussbericht  
18. April 2023



## **Projektteam**

Silvan Rosser  
Alessio Mina  
Dominique Steverlynck  
Gianluca Tortora

EBP Schweiz AG  
Mühlebachstrasse 11  
8032 Zürich  
Schweiz  
Telefon +41 44 395 16 16  
info@ebp.ch  
www.ebp.ch

# Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung	4
2.	Alternative Antriebstechnologien	6
2.1	Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV)	6
2.2	Plug-in Hybrid Fahrzeuge (PHEV)	7
2.3	Brennstoffzellen Fahrzeuge (FCEV)	9
2.4	Gasfahrzeuge	10
2.5	Fahrzeuge mit synthetisch hergestelltem Treibstoff (E-Fuels)	11
2.6	Zwischenfazit	12
3.	Kommunaler Fuhrpark	13
3.1	Fahrzeugkategorien	13
3.2	Anforderungsprofil	14
3.3	Referenzfahrzeuge	14
4.	Energieverbrauch	17
4.1	Einsatzverhältnisse	17
4.2	Ergebnisse	17
4.3	Batteriekapazität	19
5.	Emissionen	21
5.1	Direkte Emissionen (Scope 1)	21
5.2	Indirekte Emissionen (Scopes 2 und 3)	23
6.	Total Cost of Ownership	25
6.1	Annahmen	25
6.2	Ergebnisse	26
6.3	Entwicklung TCO	30
7.	Leitlinien für die Dekarbonisierung der Flotte	33
7.1	Sustainable Total Cost of Ownership (TCO+)	33
7.2	CO <sub>2</sub> Preis	34
7.3	Formulieren der Leitlinien	35
8.	Ladeinfrastruktur	39
8.1	Ladepunkte	39
8.2	Angeschlossene Leistung	40
9.	Quellen	42

## 1. Einführung

Die Schweiz ist als alpines Land überdurchschnittlich vom globalen Klimawandel betroffen. Der Bundesrat hat im Jahr 2019 das Klimaübereinkommen von Paris unterzeichnet. Damit hat sich die Schweiz verpflichtet, bis 2050 klimaneutral zu sein und die Treibhausgasemissionen bis 2030 um 50% gegenüber 1990 zu senken. Der Strassenverkehr ist heute mehrheitlich von fossilen Energieträgern abhängig und verantwortlich für rund einen Viertel des Energieverbrauchs sowie einen Drittel der Treibhausgasemissionen. Neben verkehrsvermeidenden und verkehrsverlagernden Massnahmen gilt die Elektromobilität als Hoffnungsträgerin in Sachen Klimaschutz im Strassenverkehr: Sie kann den Energieverbrauch senken und durch den Einsatz von Strom aus erneuerbaren Quellen die Treibhausgasemissionen stark reduzieren.

Nicht nur der Bund und die Kantone, auch Gemeinden müssen den Übergang zu einer energieeffizienten Mobilität mitgestalten. Die Gemeinde Köniz ist sich dessen bewusst und will eine Vorbildrolle einnehmen.

Die beschlossene Klima- und Energiestrategie 2020-2050 der Gemeinde Köniz schreibt als Ziel netto null Treibhausgasemissionen bis 2050 vor. Die gemeindeeigenen Fahrzeuge sollten bereits bis 2040 keine Treibhausgasemissionen mehr verursachen. In den nächsten Jahren stehen Ersatz- und Neubeschaffungen an.

Die Fachstelle Umwelt und Energie der Gemeinde wurde beauftragt, eine Roadmap Dekarbonisierung der kommunalen Fahrzeugflotte zu erarbeiten.

Die Roadmap wurde im Rahmen der hier dokumentierten Studie erarbeitet. Sie zeigt auf, wie bis 2040 das Netto-Null-Ziel erreicht werden kann. Ausserdem bestimmt die Roadmap für jede Fahrzeugkategorie die geeignete alternative Antriebstechnologie sowie den Zeitpunkt für den Umstieg.

Dank der Roadmap kennt die Gemeinde die Implikationen der Flottendekarbonisierung und kann entsprechend frühzeitig planen und handeln. Dies betrifft insbesondere die Investitionskosten für Neubeschaffungen und Ladeinfrastruktur, den Energieverbrauch und die Reduktion der Emissionen.

Die Studie wurde in mehreren Phasen erarbeitet. Das Vorgehen wird in Abbildung 1 grafisch zusammengefasst. In der ersten Phase wurden die alternativen Antriebstechnologien qualitativ analysiert (siehe Kapitel 2). Nach der Bestandaufnahme der Fahrzeugflotte wurden die Fahrzeuge in sieben Kategorien aufgeteilt (siehe Kapitel 3). Für jede Kategorie wurde in enger Zusammenarbeit mit den Fahrzeugverantwortlichen der Gemeinde ein Anforderungsprofil für ein Referenzfahrzeug definiert. Basierend auf dem qualitativen Technologievergleich wurden für jede Kategorie ein bis zwei alternative Antriebsarten bestimmt, die vertieft analysiert wurden.

In der zweiten Phase wurde für jede Kategorie die von EBP entwickelte Methode TCO+ angewendet: EBP überprüfte das heutige Angebot auf dem Markt und bestimmte ein alternatives Referenzfahrzeug, das die in Phase 1 definierten Anforderungen erfüllt. Die Referenzfahrzeuge mit

Verbrennungsmotor wurden dann mit dem Referenzfahrzeug mit alternativem Antrieb verglichen. Dafür wurden die Total Cost of Ownership (siehe Kapitel 6), der Energieverbrauch und die direkte Treibhausgasemissionen berechnet (siehe Kapitel 4). Daraus resultierten die *Sustainable Total Cost of Ownership* (TCO+) (siehe Kapitel 7). Die eingesparten CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden den allfälligen Mehrkosten der alternativen Antriebstechnologie gegenübergestellt. Das Resultat zeigt, wie viel jede eingesparte Tonne CO<sub>2</sub> in den Jahren 2023, 2030 und 2040 der Gemeinde kosten würde.

Die Resultate der TCO+ bilden die Grundlage für die Formulierung der Leitlinien der Roadmap. Schliesslich wurde die Ladeinfrastruktur für das Areal 101 dimensioniert (siehe Kapitel 8).

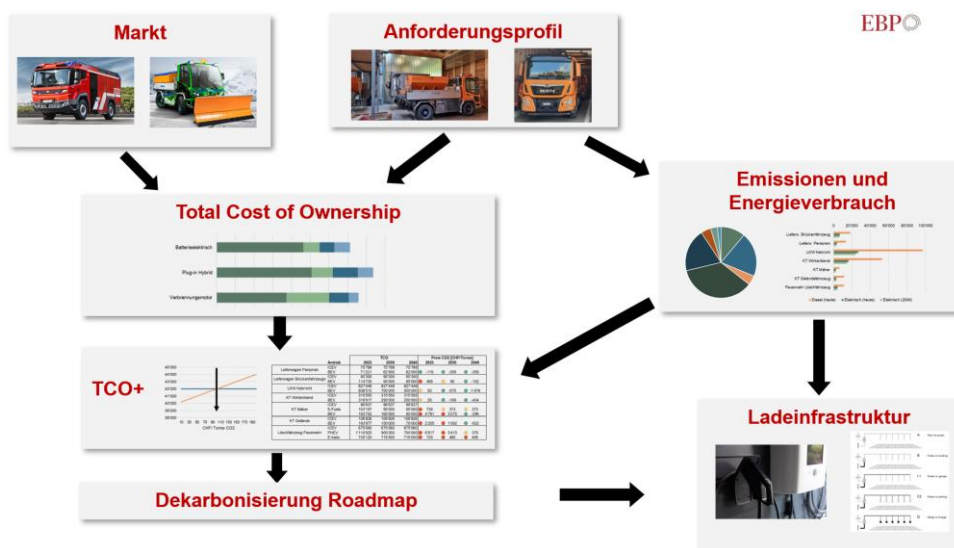


Abbildung 1: Vorgehen zur Erarbeitung der Roadmap Dekarbonisierung der Fahrzeugflotte.

## 2. Alternative Antriebstechnologien

Nachfolgend werden die alternativen Antriebstechnologien kurz beschrieben und eingeordnet. In diesem Kapitel werden allgemeine Aussagen zu den Antriebstechnologien gemacht; die Technologien werden in diesem Kapitel nicht hinsichtlich der Fahrzeuge und Anforderungen der Gemeinde geprüft. Jede Antriebstechnologie wird kurz hinsichtlich Funktionsweise, Flexibilität, Kosten, Risiken, Chancen, Potenzial und Verfügbarkeit beschrieben.

### 2.1 Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV)

Als batterieelektrische Fahrzeuge (Battery-Electrical Vehicle; BEV) werden Fahrzeuge bezeichnet, die rein elektrisch fahren und deren Batterie extern aufladbar ist. BEV sind mit keinem internen Energieumwandler ausgestattet. Abbildung 2 zeigt ein BEV mit seinen wichtigsten Komponenten.

Funktionsweise

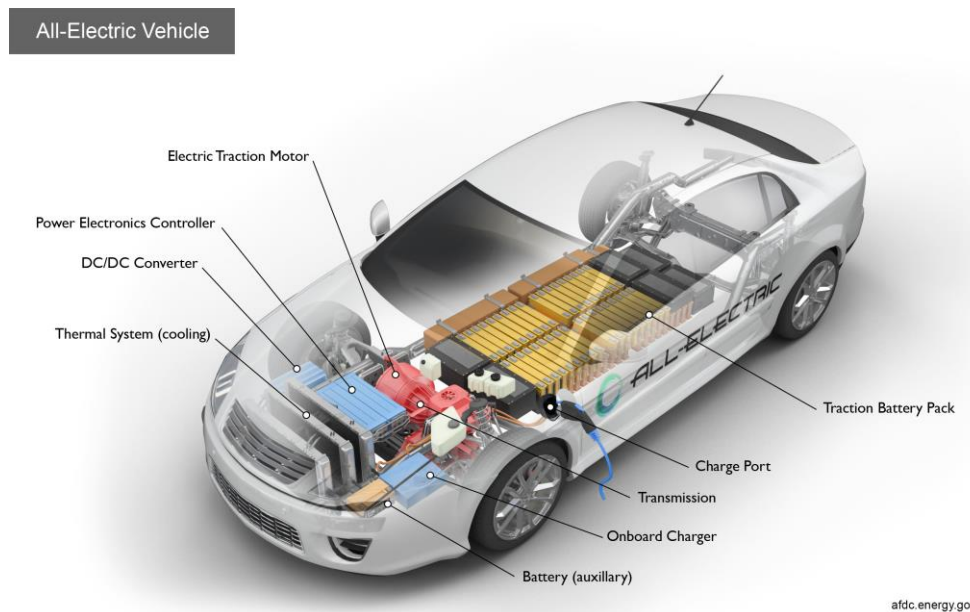


Abbildung 2 Batterieelektrisches Fahrzeug ([afdc.energy.gov](https://afdc.energy.gov))

Die Energiedichte der Batterien nimmt zwar stetig zu, ist aber noch nicht für alle Einsätze ausreichend. Ausserdem muss die Abnahme der Batteriekapazität mit dem Alter berücksichtigt werden – die Kapazität nimmt bis zum Ende der Lebensdauer je nach Ladeverhalten um etwa 20% ab (EBP, 2023).

Flexibilität

Der Einkaufspreis von BEV ist heute in der Regel höher als bei Verbrennerfahrzeugen (Internal Combustion Engine Vehicle; ICEV). Dazu kommen allenfalls Kosten für die Ladeinfrastruktur. Die Kosten für die Wartung und die Energiekosten sind deutlich tiefer als bei ICEV (EBP, 2023). Ausserdem ist damit zu rechnen, dass die Batteriepreise deutlich sinken (EBP, 2022). Batterieelektrische Personenwagen sind bezogen auf die Gesamtkosten bereits heute günstiger als konventionelle Verbrenner-Fahrzeuge (EBP, 2023), (Fraunhofer, 2023b).

Kosten

Die Technologie befindet sich in einer Aufschwungsphase der Lernkurve, was gewisse Unsicherheiten mit sich bringt. Die Abschreibungsdauer für die Infrastruktur ist verhältnismässig kurz und gegebenenfalls muss die

Risiken



Netzanschlusskapazität erhöht werden. Der Erfolg der BEV könnte zu einem Rebound-Effekt führen, indem mehr Kilometer gefahren werden.

Die BEV erfahren insbesondere bei den Neuzulassungen der Personenwagen ein rasches Wachstum und auch bei Lieferwagen, Lastwagen und Bussen steigt der Marktanteil stark an. 2019 waren 13% der Neuzulassungen von Personenwagen BEV oder Plug-In Hybride (BFS, 2022). 2022 ist dieser Anteil schon auf 25% gestiegen und die Roadmap Elektromobilität des Bundes setzt das Ziel, bis 2025 einen Anteil von 50% zu erreichen. Bei Lastwagen lag der Marktanteil der rein elektrischen Fahrzeuge im Jahr 2022 bei 5%, bei Lieferwagen bei 10%. Der batterieelektrische Antrieb dominiert unter den alternativen Antriebstechnologien auch bei diesen Fahrzeugarten klar. In den nächsten Jahren ist mit einem starken Wachstum zu rechnen. Die heute noch eingeschränkte Angebotspalette wird sich in den kommenden Jahren stark ausdehnen.

Potenzial

Der Strombedarf des Strassenverkehrs wird mit BEV stark steigen. Das Potenzial von erneuerbaren Energien in der Schweiz und in Europa kann diese Zusatznachfrage decken. Es bedarf dazu allerdings eines raschen Ausbaus in der Produktion und eine Verstärkung der Netze. Um Batterien herzustellen, braucht es unter anderem Lithium und Kobalt. Diese Rohstoffe kommen in ausreichenden Mengen in nur wenigen Ländern vor und gehören zu den nicht-erneuerbaren Rohstoffen. An Bedeutung gewinnt das Recycling der Rohstoffe. Die Batterien werden schon heute recycelt. Die Rückgewinnung der Rohstoffe wird sich in den nächsten Jahren weiter verbessern. Nur 8% der Herstellerunternehmen stammen nicht aus China, Korea oder Japan (Venditti, 2022).

Verfügbarkeit

## 2.2 Plug-in Hybrid Fahrzeuge (PHEV)

Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeuge verwenden Batterien zum Antrieb eines Elektromotors und einen anderen Kraftstoff, z. B. Benzin, zum Antrieb eines Verbrennungsmotors. Plug-in-Hybrid-Batterien können über eine Ladestation, durch den Verbrennungsmotor oder durch regeneratives Bremsen aufgeladen werden. Das Fahrzeug fährt in der Regel mit elektrischer Energie, bis die Batterie fast leer ist, und schaltet dann automatisch auf den Verbrennungsmotor um. Abbildung 3 zeigt ein PHEV mit seinen wichtigsten Komponenten.

Funktionsweise

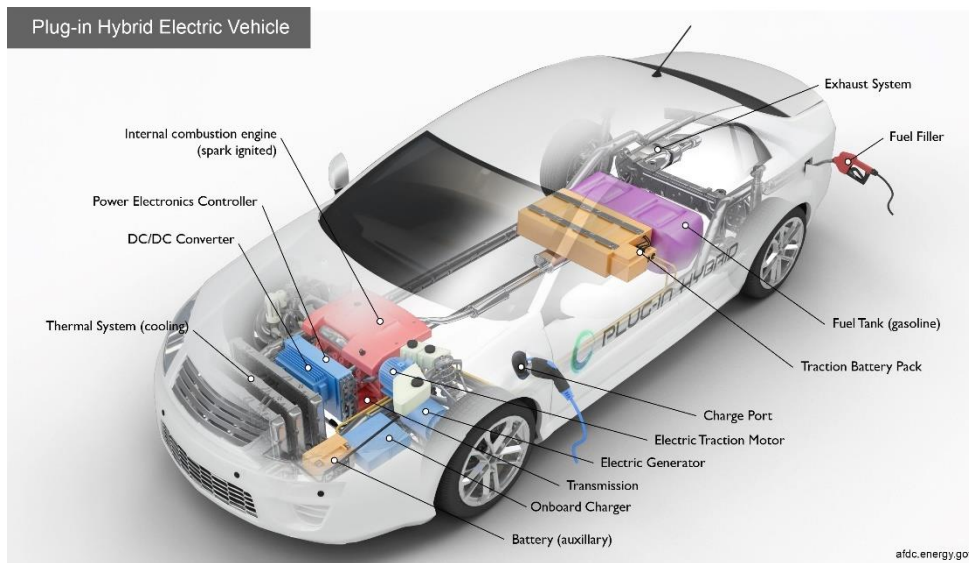


Abbildung 3 Plug-in Hybrid Fahrzeug ([afdc.energy.gov](http://afdc.energy.gov))

Durch den Verbrennungsmotor ist die Flexibilität von PHEV als hoch einzustufen. Die Abhängigkeit von der Ladeinfrastruktur ist geringer als bei BEV. PHEV vereinen die Vorteile einer hohen Energiedichte beim flüssigen Treibstoff mit der Effizienz von Elektromotoren, was zu einer hohen Reichweite führt.

Flexibilität

Die Anschaffungskosten von PHEV sind in der Regel höher als bei BEV und ICEV; die Betriebskosten liegen etwa in der Mitte der beiden anderen Technologien. Betrachtet man die Kosten über den gesamten Lebenszyklus sind PHEV teurer als ICEV und BEV (EBP, 2023).

Kosten

Die flüssigen Treibstoffe sind heutzutage primär importierte fossile Treibstoffe mit entsprechend hoher Importabhängigkeit. Der Bedarf ist aber deutlich geringer als bei ICEV, da auch ein erheblicher Teil der Fahrleistung elektrisch zurückgelegt wird. In allen anderen Fahrzeugkategorien als Personenwagen und leichte Nutzfahrzeuge befindet sich die Technologie noch in der Pilot- oder Demonstrationsphase, was relativ hohe Investitionsrisiken mit sich bringt. Die soziale Akzeptanz kann teilweise kritisch sein, da unklar ist, wie viel der verwendeten Energie elektrisch und wie viel fossil ist. Soll das Netto-Null-Ziel erreicht werden, müssen die Fahrzeuge mit erneuerbar hergestellten synthetischen Flüssigtreibstoffen «E-Fuels» betrieben werden.

Risiken

Plug-in-Hybride (PHEV) genießen aktuell eine hohe Nachfrage im Markt (9% Neuzulassungen). In der Schweiz und Europa wird ein flächendeckendes Schnellladenetz aufgebaut. Die Energiedichte der Batterien steigt dank technologischem Fortschritt, gleichzeitig nehmen die Batteriepreise pro kWh ab. Damit engt sich das «Fenster» ein, wo es Sinn machen kann, anstelle eines schweren Batteriepakets eine kleinere Batterie zusammen mit einem seriellen Hybridantrieb und einem Benzintank einzubauen.

Potenzial

PHEV dürften, getrieben durch die verschärften CO<sub>2</sub>-Emissionsvorschriften für Automobilimporteure, in den nächsten Jahren eine hohe Relevanz behalten. Langfristig werden sie allerdings an Bedeutung verlieren. Einen geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoss im Alltag haben PHEV dann, wenn sie im Alltagseinsatz

fast nur elektrisch verkehren. Wird jedoch mehr mit Verbrennungsmotor gefahren als im WLTP-Zulassungsprüfzyklus implizit unterlegt, fallen die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Alltag zwei bis vier Mal höher aus. Eine Analyse (Plötz, 2020) zeigt für 100'000 PHEV einen elektrischen Fahranteil von lediglich 37 % auf (mit dem Höchstwert von 53 % in Norwegen, wo die Ladeinfrastruktur am stärksten ausgebaut ist)

Die Verfügbarkeit wird analog den BEV eingeschätzt.

Verfügbarkeit

## 2.3 Brennstoffzellen Fahrzeuge (FCEV)

Wie reine Elektrofahrzeuge nutzen auch Brennstoffzellen-Elektrofahrzeuge Strom zum Antrieb eines Elektromotors. Im Gegensatz zu anderen Elektrofahrzeugen wird der Strom bei FCEV mit einer wasserstoffbetriebenen Brennstoffzelle direkt im Fahrzeug erzeugt und nicht aus einer Batterie bezogen. Die Batterie wird zur Rückgewinnung von Bremsenergie, zur Bereitstellung zusätzlicher Leistung bei kurzen Beschleunigungsvorgängen und zur Glättung der von der Brennstoffzelle gelieferten Leistung genutzt. Der Wasserstoff muss zuerst mittels Elektrolyse hergestellt werden. Dieser Vorgang ist äusserst stromintensiv und mit grossen Effizienzverlusten verbunden. Wird der Wasserstoff mit 100% erneuerbarem Strom erzeugt, wird von «grünem» Wasserstoff gesprochen.

Funktionsweise

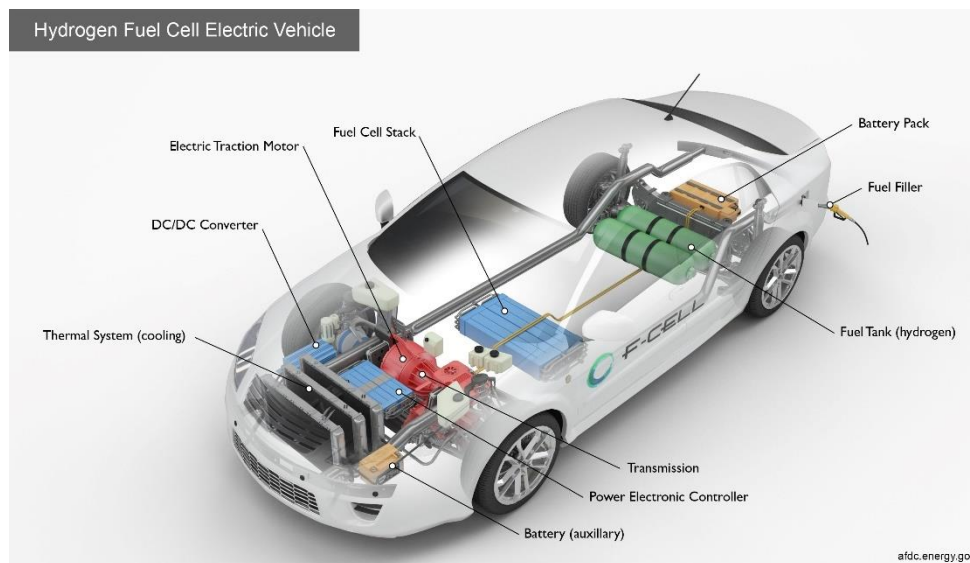


Abbildung 4 Wasserstoff Brennstoffzellen Fahrzeug ([afdc.energy.gov](https://afdc.energy.gov))

Wasserstoff weist eine grössere Energiedichte pro Masse auf als Batterien, was zu einer grösseren Reichweite als bei BEV führt. Die Betankung dauert je nach Fahrzeug zwischen 5 und 15 Minuten. Die Abhängigkeit vom Treibstoffimport wird durch diese Technologie gesenkt.

Flexibilität

Die Anschaffungskosten für FCEV sind höher als bei den anderen Technologien. Durch den hohen Energieverbrauch sind die Betriebskosten höher als bei BEV und auch die Gesamtkosten sind in Zukunft höher als bei ICEV (v.a. bei schweren Fahrzeugen).

Kosten

Die Modellpalette ist noch sehr schmal und die Entwicklung der Fahrzeuge oft noch in der Pilotphase, was zu einem hohen Investitionsrisiko führt.

Risiken

Ausserdem sind die Verteilung und Lagerung von Wasserstoff sehr aufwändig. Bezüglich der Infrastruktur sind einerseits grosse Kosten zu erwarten, andererseits bestehen grosse Unsicherheiten bezüglich technischer Machbarkeit.

FCEV erreichten 2021 0.02% der Neuzulassungen bei Personenwagen. Bei Lieferwagen und Bussen bestehen erst einzelne Pilotversuche. Die steigenden Reichweiten und Ladeleistungen der batterieelektrischen Fahrzeuge engen das «Window of Opportunity» für Brennstoffzellen-Anwendungen ein. Das Window of Opportunity ist für Personenwagen bereits geschlossen und auch bei schweren Fahrzeugen wird es immer enger. Die jüngsten Studien (Fraunhofer, 2023) zeigen, dass der Einsatz von Wasserstoff im Strassenverkehr auch langfristig unwirtschaftlich sein wird.

Potenzial

FCEV haben grosse Effizienzverluste und benötigen dreimal so viel Strom wie batterieelektrische Fahrzeuge.<sup>1</sup>

Verfügbarkeit

## 2.4 Gasfahrzeuge

Gasfahrzeuge funktionieren ähnlich wie benzinbetriebene Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Damit sie kompatibel mit dem Netto-Null-Ziel sind müssen biogene, oder synthetische hergestellte Gase (siehe Kapitel 2.5) eingesetzt werden. Zu den Biotreibstoffen gehören alle Kraftstoffe, welche aus Biomasse hergestellt werden. Sie werden in drei Generationen eingeteilt. Zur Generation (1) gehören Kraftstoffe aus der Fermentation von Pflanzen, (2) aus Abfällen von Haushalten, Industrie und Landwirtschaft oder (3) aus Ölen von Algen. Die Verwendung von Biogas für Mobilität aus Generation (1) ist in der Schweiz verboten, denn die Pflanzen könnten als Nahrungs- und Futtermittel verwendet werden.

Funktionsweise

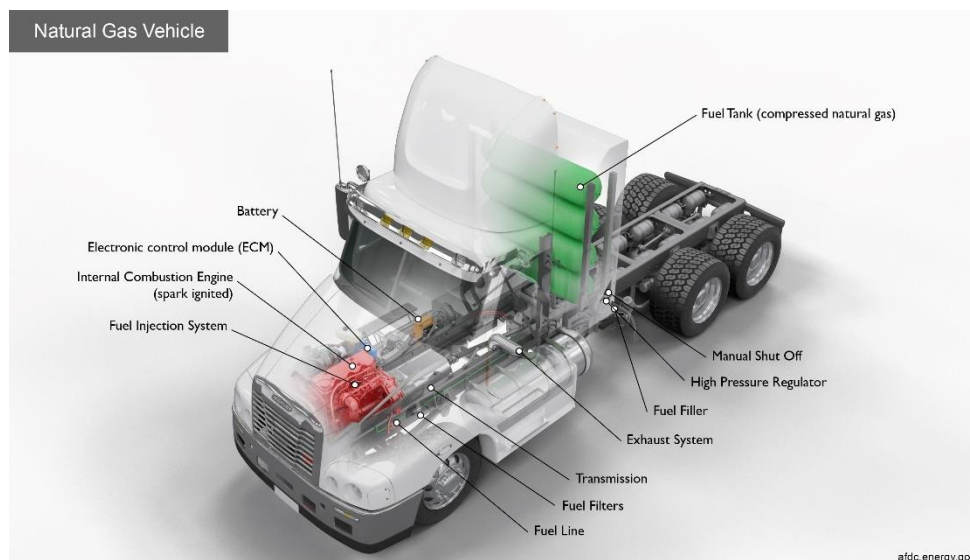


Abbildung 5 Gasfahrzeug ([afdc.energy.gov](https://afdc.energy.gov))

Flexibilität

<sup>1</sup> Durchschnittlicher Verbrauch batterie-elektrischer Personenwagen 20 kWh/100 km. Durchschnittlicher Verbrauch Brennstoffzellen-Personenwagen 1 kg H<sub>2</sub>/100 km, Strombedarf zur Herstellung von 1 kg H<sub>2</sub> mittels Elektrolyse ca. 58 kWh (Eniwa, 2020)

Gasfahrzeuge haben die gleiche Reichweite wie mit fossilen Treibstoffen betriebene Fahrzeuge.

Die Kosten variieren je nach Produktionsprozess und Input-Biomasse. Bei Personenwagen sind die Kosten über die gesamte Lebensdauer etwa 5% höher als bei fossil betriebenen Verbrennerfahrzeugen, bei Lastwagen sind es etwa 10%.

Kosten

Weder in der Schweiz noch global ist genügend Potential für die verbreitete Nutzung von Biogastreibstoffen vorhanden. Die Verwendung von Generation (1) ist in der Schweiz nicht erlaubt und Generation (3) befindet sich erst in der Pilotphase.

Risiken

Biotreibstoffe können überall dort eingesetzt werden, wo heute Verbrennungsmotoren eingesetzt werden. Der Marktanteil ist aktuell noch gering und viele Fahrzeughersteller haben sich von der Produktion zurückgezogen. Die Technologie kann in Nischen, die eine hohe Energiedichte verlangen, als Ergänzung zu anderen alternativen Antrieben dienen.

Potenzial

Die Anwendung von Biotreibstoffen aus Generation (2) ist nicht skalierbar, weil der Treibstoff abhängig von der Abfallproduktion ist. Daher ist das Biogas nur sehr beschränkt verfügbar.

Verfügbarkeit

## 2.5 Fahrzeuge mit synthetisch hergestelltem Treibstoff (E-Fuels)

Fahrzeuge mit Benzin- oder Dieselmotor können mit synthetisch hergestelltem Benzin oder Diesel, sogenannte E-Fuels, betrieben werden. E-Fuels werden künstlich aus CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre und aus Wasserstoff (H<sub>2</sub>), der mittels Elektrolyse hergestellt wurde, synthetisiert. Abbildung 6 zeigt das Prinzip schematisch.

Funktionsweise

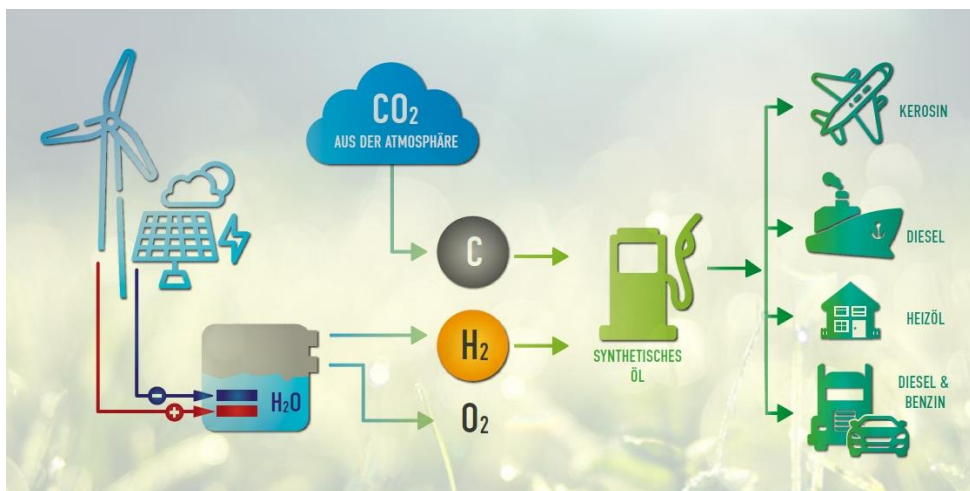


Abbildung 6 Prinzip Herstellung von E-Fuels (mobil.org)

E-Fuels haben eine ähnliche Energiedichte wie fossile Treibstoffe und können schnell betankt werden. Die Flexibilität ist also hoch.

Flexibilität

Synthetische Treibstoffe können grundsätzlich in herkömmlichen Verbrennungsmotoren genutzt werden; vielfach sind aber Modifikationen an den Motoren und Treibstoffsystemen nötig. Zurzeit sind die Herstellungskosten von synthetischen Treibstoffen noch ungefähr sieben Mal höher als jene von

Kosten

herkömmlichen Kraftstoffen (Avenir Suisse, 2020). Aufgrund von Prozessoptimierung und Skaleneffekte sinken die Kosten zukünftig wahrscheinlich stark. Solange die Herstellungskosten der synthetischen Treibstoffe höher sind als für Benzin und Diesel, können auch keine Kostenvorteile erzielt werden. Gegenüber den BEV gibt es folglich in gewissen Fahrzeugkategorien auch erst dann Kostenvorteile, sobald synthetische Treibstoffe kosteneffizient hergestellt werden können. Der Kostenvorteil gegenüber BEV oder FCEV wird zuerst bei Lastwagen und Kommunalfahrzeugen erreicht, wo die Kosten viel höher liegen als bei Benzin-/ Dieselfahrzeugen. Im Bereich der Personenwagen, Lieferwagen und Busse werden auch langfristig keine Kostenvorteile gegenüber BEV erwartet.

Für die Herstellung von E-Fuels ist sehr viel Strom notwendig. Ausserdem befindet sich die Technologie noch in der Pilot- und Entwicklungsphase, was zu einem hohen Investitionsrisiko führt.

Risiken

Die Technologie ist potenziell überall dort einsetzbar, wo heute Verbrennungsmotoren eingesetzt werden. Die Verbreitung hängt stark davon ab, wie schnell sich kostengünstige E-Fuels entwickeln, denn das Window of opportunity schliesst sich aufgrund der raschen Marktdurchdringung des batterieelektrischen Antriebs.

Potenzial

Es bestehen noch grosse Unsicherheiten über die zukünftige Verfügbarkeit von E-Fuels und vor allem bezüglich der Skalierung der Produktion. Die hohen Herstellungskosten und der hohe Strombedarf machen E-Fuels zu kostbar für die breite Verwendung in den normalen Strassenfahrzeugen. Die Anfrage wird vor allem im Flug- und Schiffverkehr hoch sein und sie bestimmt die Skalierung der Produktion und die Verfügbarkeit.

Verfügbarkeit

## 2.6 Zwischenfazit

Batterieelektrische Fahrzeuge zeigen sich als die am besten geeignete Antriebstechnologie für die Dekarbonisierung des Strassenverkehrs. Die Gemeinde Köniz besitzt spezielle Fahrzeuge (Winterdienst, Kehrlicht LKW, Feuerwehr) und vor allem in diesen besonderen Fahrzeugkategorien ist das Angebot an anderen Antriebstechnologien wie Wasserstoff-Brennstoffzellenfahrzeuge noch sehr beschränkt.

Für Fahrzeuge, die hohe Anschaffungskosten haben, aber wenige Kilometer fahren, könnten E-Fuels auch eine mögliche Alternative darstellen.

Im Rest der Studie werden darum die heutigen Verbrennungsmotorfahrzeuge mit batterieelektrischen Fahrzeugen verglichen. Bei gewissen Fahrzeugkategorien lohnt es sich auch, die Möglichkeit E-Fuels und Plug-in-Hybrid als Übergangslösung zu berücksichtigen.

### 3. Kommunalen Fuhrpark

Diese Studie betrachtete die Fahrzeuge der Gemeinde Köniz (Sammel-dienst, Winterdienst, Strassenunterhalt, Werkstatt, Schule und Sport) und die Fahrzeuge der Feuerwehr Köniz. Die Maschinen (zum Beispiel für die Reinigung der Strassen) wurde hier nicht berücksichtigt.

Der kommunale Fuhrpark zählt 97 Fahrzeuge. Hinzu kommen 20 Fahrzeuge der Feuerwehr.

#### 3.1 Fahrzeugkategorien

Der kommunale Fuhrpark ist sehr heterogen. Für die Bearbeitung dieser Studie wurden repräsentative Fahrzeugkategorien bestimmt:

- Lieferwagen Personen
- Lieferwagen Brückenfahrzeuge
- Kehricht Lastwagen
- Kommunaltraktoren (KT) Winterdienst
- Kommunaltraktoren (KT) Mäher
- Kommunaltraktoren (KT) Gelände (ebenfalls für Winterdienst verwendet)
- Löschfahrzeug der Feuerwehr

Abbildung 7 zeigt die Zusammensetzung des kommunalen Fuhrparks nach Fahrzeugkategorie.

Anzahl Fahrzeuge nach Fahrzeugkategorie

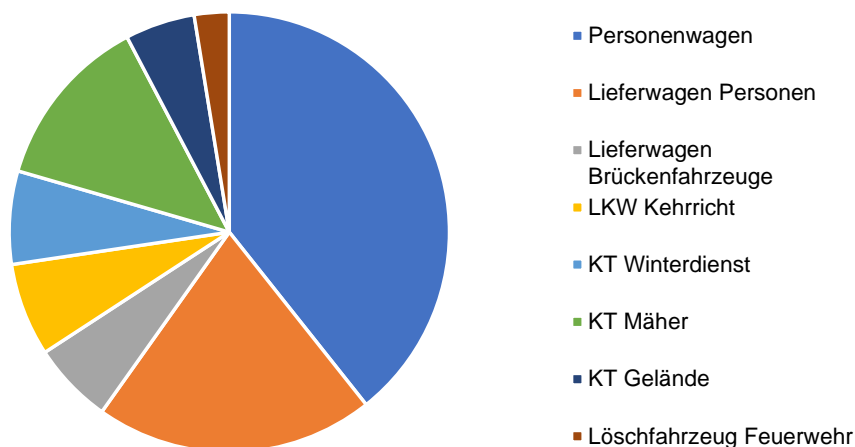


Abbildung 7: Aufteilung der Fahrzeugflotte nach Kategorie.

Die Kategorie *Personenwagen* wurde in der Analyse nicht betrachtet. Die Gemeinde hat schon klar entschieden, dass nur noch batterieelektrische Personenwagen zu beschaffen sind.

Die Zuweisung eines Fahrzeugs in eine Kategorie ist nicht immer eindeutig. Die Aufteilung in sieben Kategorien stellt eine Vereinfachung des kommunalen Fuhrparks dar und dient dem Zweck der Analyse.

### 3.2 Anforderungsprofil

Basierend auf den Angaben der Gemeinde Köniz wurde für jede Fahrzeugkategorie ein Anforderungsprofil definiert. Das Anforderungsprofil ist in der Tabelle 1 dargestellt.

Kategorie	Jährliche Leistung	Jahresverbrauch [Liter Diesel]	Tägliche Leistung	Leistung	Besitzdauer [Jahre]	Standzeit nachtsüber [Stunden]
Lieferwagen Personen	14'300 Kilometer	1'400	56 Kilometer		10	12
Lieferwagen Brückenfahrzeuge	12'500 Kilometer	1'900	49 Kilometer		10	12
Kehricht LKW	13'500 Kilometer	10'100	53 Kilometer		8	12
KT Winterdienst	815 Stunden	5'500	12 Stunden		10	6
KT Mäher	300 Stunden	680	2 Stunden		12	12
KT Geländefahrzeug	581 Stunden	1'200	12 Stunden		12	6
Löschfahrzeug Feuerwehr	2'860 Kilometer	1'200	Unregelmässig		25	Immer einsatzbereit

Tabelle 1: Anforderungsprofil pro Kategorie.

Die Gemeinde Köniz hat die jährliche Kilometerleistung pro Fahrzeugkategorie erhoben. Die tägliche Kilometerleistung ergibt sich aus der jährlichen Kilometerleistung geteilt durch die Anzahl Einsatztage. Die Anzahl Einsatztage beträgt 256 (Anzahl Werktagen) für die Kategorie Lieferwagen Personen, Lieferwagen Brückenfahrzeuge und LKW. In der Kategorie Mäher wurden 180 Einsatztage angenommen.

In den Kategorien KT Winterdienst und KT Geländefahrzeug ist die tägliche Fahrleistung sehr unregelmässig. Sie wurde deshalb nicht aus der jährlichen Fahrleistung, sondern in Absprache mit der Gemeinde bestimmt.

### 3.3 Referenzfahrzeuge

Für jede Fahrzeugkategorie wurde ein repräsentatives Referenzfahrzeug mit Verbrennungsmotor aus dem kommunalen Fuhrpark und ein alternatives Fahrzeug mit batterieelektrischem Antrieb definiert.

Die Auswahl von alternativen Fahrzeugen berücksichtigt das Anforderungsprofil und das heutige Angebot auf dem Markt. Es wurde jeweils ein Modell gewählt, das möglichst vergleichbar mit dem entsprechenden Referenzfahrzeug ist (Grösse, Gewicht, Leistung, usw.).

Beim Feuerwehr Löschfahrzeug handelt es sich um ein Elektrofahrzeug mit Diesel Range Extender. Die Erfahrung in den Städten, die dieses Fahrzeug



bereits beschafft haben (z.B. Basel oder Berlin), haben gezeigt, dass 90% der Einsätze rein elektrisch, also ohne Range Extender gefahren werden können. Das Feuerwehrfahrzeug mit alternativem Antrieb mit Diesel Range Extender ist in diesem Kapitel als PHEV kennzeichnet. Der Einsatz von diesem Fahrzeug ist trotzdem mit dem Netto-Null Ziel 2040 kompatibel, solange ab 2040 synthetischer Diesel oder Biodiesel im Range Extender verbrannt wird.

Tabelle 2 zeigt die verwendeten Referenzfahrzeuge.

Kategorie	Referenzfahrzeug (Verbrennungsmotor)	Alternatives Referenzfahrzeug (Elektroantrieb)
Lieferwagen Personen	 VW T6	 Opel e-Vivaro enjoy
Lieferwagen Brückenfahrzeuge	 Nissan NT 400	 Toyota Proace
Kehr- richt LKW	 MAN 26.400	 Designwerk Mid Cap
KT Winter- dienst	 Meili VM 7000 (Reto)	 Meili Reto E

Kategorie	Referenzfahrzeug (Verbrennungsmotor)	Alternatives Referenzfahrzeug (Elektroantrieb)
KT Mäher	 <p data-bbox="411 593 603 616">John Deere 3045R</p>	 <p data-bbox="810 593 965 616">Rigitrac SKE40</p>
KT Geländefahrzeug	 <p data-bbox="411 896 603 918">John Deere 4066R</p>	 <p data-bbox="810 896 1002 918">Boschung Pony P3</p>
Feuerwehr Löschfahrzeug	 <p data-bbox="411 1209 539 1232">MAN 14.285</p>	 <p data-bbox="810 1209 970 1232">Rosenbauer RT</p>

Tabelle 2: Referenzfahrzeuge für die Analyse.

## 4. Energieverbrauch

Die Berechnung des Energieverbrauchs ist für die Dimensionierung der Batterie und der Ladeinfrastruktur relevant. Ausserdem ergibt sich daraus ein Hinweis über den künftigen Stromverbrauch.

### 4.1 Einsatzverhältnisse

Der Energieverbrauch hängt nicht nur vom Fahrzeugtyp, sondern von vielen Faktoren, wie Fahrverhalten, Topografie, Zuladung, Geschwindigkeit usw. ab. Die Einsatzverhältnisse für jede Fahrzeugkategorie sind in der Tabelle 3 gezeigt.

Kategorie	Zuladung	Steigung	Strasse	Verkehr
Lieferwagen Personen	100%	+ - 2%	Urban, Distributor/Secondary 50 km/h	Freeflow
Brückenfahrzeug	100%	+ - 2%	Urban, Distributor/Secondary 50 km/h	Freeflow
LKW	100%	0%	Urban, Local/collector 50 km/h	Stop + Go
Kommunaltraktor Winterdienst	100%	+ - 2%	Urban, Distributor/Secondary 50 km/h	Freeflow
Kommunaltraktor Mäher	100%	0%	Off-Road	Freeflow
Kommunaltraktor Geländefahrzeug	100%	+ - 2%	Off-Road	Freeflow

Tabelle 3: Einsatzverhältnisse pro Fahrzeugkategorie

Die Steigung entspricht der durchschnittlichen Steigung für eine typische Strecke in Köniz. Für jede Fahrzeugkategorie wurden typische Strecken bezüglich der täglichen Kilometerleistung im Tageseinsatz in Köniz analysiert, um die Steigungsklasse festzulegen (Tabelle 1). Die Steigung spielt bei Elektrofahrzeugen eine untergeordnete Rolle. Wenn die Fahrzeuge am Abend am selben Ort abgestellt werden, so ist die gesamte Steigung über den Tag 0%. Der höhere Energieverbrauch bei einer positiven Steigung wird dank Rekuperation durch tiefere oder sogar Energiegewinn bei negativen Steigungen teilweise kompensiert.

Der Strassentyp und Verkehrssituation sind gemäss Definition im Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) definiert. Die angegebene Geschwindigkeit ist die Geschwindigkeitsbegrenzung auf der Strasse und nicht die durchschnittliche Geschwindigkeit.

### 4.2 Ergebnisse

Der jährliche Energieverbrauch in kWh pro Fahrzeug wird in Tabelle 4 gezeigt. Der Energieverbrauch von Dieselfahrzeugen ergibt sich aus dem Treibstoffverbrauch (siehe Tabelle 1) umgewandelt in kWh.

Kategorie	Jährliche Leistung	Verbrauch Elektrofahrzeug [kWh/100 km]	Jährlicher Verbrauch [kWh] pro Fahrzeug		
			Diesel	Elektro heute	Elektro 2040
Lieferw. Brückenfahrzeug	12'500 Kilometer	50 kWh/100 km	18'240	6'944	6'197
Lieferw. Personen	14'300 Kilometer	24 kWh/100 km	13'440	3'813	3'403
LKW Kehricht	13'500 Kilometer	180 kWh/100 km	96'960	27'000	24'095
KT Winterdienst	815 Stunden	18 kWh/Stunde	52'800	16'300	14'546
KT Mäher	300 Stunden	8 kWh/Stunde	6'528	2'667	2'380
KT Geländefahrzeug	581 Stunden	5 kWh/Stunde	11'520	3'228	2'880
Feuerwehr Löschfahrzeug	2'860 Kilometer	140 kWh/100 km	11'520	4'449	3'970

Tabelle 4: Energieverbrauch pro Fahrzeug.

Der Verbrauch in kWh/100 km für Elektrofahrzeuge basiert auf dem nominalen Verbrauch des Alternativfahrzeugs (Herstellerangaben), korrigiert unter Berücksichtigung der Einsatzverhältnisse. Der angegebene jährliche Verbrauch berücksichtigt ebenfalls 10% Ladeverluste.

Die Resultate sind in Abbildung 8 dargestellt. BEV verbrauchen 60 bis 72% weniger Energie als ICEV. Das liegt am höheren Wirkungsgrad des Elektromotors im Vergleich zu einem Verbrennungsmotor.

Die Energieeinsparungen bei einem Wechsel sind in allen Kategorien gross. In der Kategorie Lieferwagen Personen und LKW Kehricht sind die Einsparungen am grössten. BEV sind für LKW im Stop + Go Verkehr dank der Energie-Rekuperation besonders geeignet. Das Einsparpotential ist leicht kleiner bei KT Mäher und Löschfahrzeug.

Zwischen heute und 2040 dürfte bei BEV der Stromverbrauch um etwa 10% sinken, aufgrund einer weiteren Steigerung der Energieeffizienz (Fahrzeuggewicht, Antrieb, etc.).

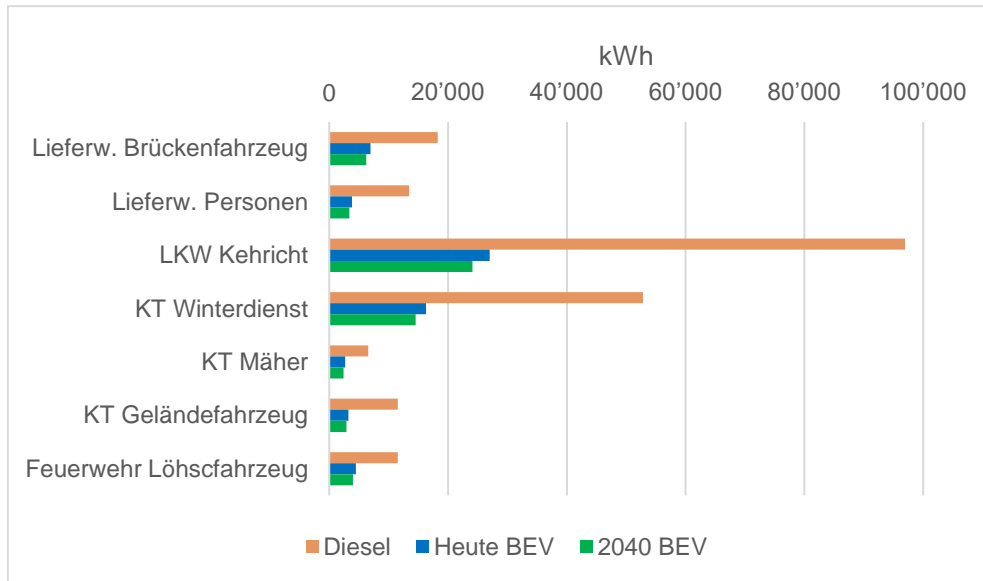


Abbildung 8: Jährlicher Energieverbrauch pro Fahrzeug in kWh.

### 4.3 Batteriekapazität

Tabelle 5 zeigt die benötigte Batteriekapazität für jede Fahrzeugkategorie, sodass das Anforderungsprofil erfüllt ist. Die Dimensionierung der Batterie basiert auf der Berechnung des Energieverbrauchs (siehe Kapitel 4.2). Außerdem wurden Reserve und Alterung der Batterie berücksichtigt.

Kategorie	Tägliche Leistung	Täglicher Verbrauch [kWh]			Batteriekapazität im Alternativfahrzeug [kWh]	Benötigte Batteriekapazität [kWh]
		2023	2030	2040		
Lieferwagen Personen	56.0 Kilometer	13.4	13.0	12.0	50	50
Lieferwagen Brückenfahrzeuge	49.0 Kilometer	24.5	23.8	21.9	50	50
LKW Kehricht	52.7 Kilometer	94.9	92.1	84.7	324	324
LKW Winterdienst	180 Kilometer	281.6	273.2	251.3	324	324
Kommunaltraktoren Winterdienst	12.0 Stunden	216.0	209.5	192.8	120	200
Kommunaltraktoren Mäher	1.7 Stunden	13.3	12.9	11.9	58	58
Kommunaltraktoren Geländefahrzeug	12.0 Stunden	60.0	58.2	53.5	54	80

Tabelle 5: Täglicher Elektrizitätsverbrauch und benötigte Batteriekapazität für jede Fahrzeugkategorie.

### **Fahrzeugkategorie LKW Winterdienst**

Für die Dimensionierung der Batteriekapazität und der Ladeinfrastruktur (Kapitel 8) wurde eine zusätzliche Kategorie differenziert: LKW Winterdienst.

Diese Kategorie bezieht sich aktuell auf zwei Fahrzeuge, die an einem Wintertag tagsüber im Dienst der Müllabfuhr oder an einem Einsatz mit dem Kran sind und am Abend und früh am Morgen im Winterdienst eingesetzt werden. Für den Rest dieser Studie (TCO, TCO+, Emissionen und Energieverbrauch, Leitlinien) gelten auch für diese zwei Fahrzeuge die Ergebnisse der Kategorie LKW Kehricht.

Der tägliche Energieverbrauch für diese zwei Fahrzeuge ist nicht im Kapitel 4.2 aufgeführt, sondern wurde separat berechnet. Die zwei Fahrzeuge haben einen Treibstoffverbrauch von 65 Liter Diesel pro 100 km. Es wird angenommen, dass sie an einem wie oben beschriebenen Wintertag 180 km fahren. Daraus resultiert ein täglicher Dieserverbrauch von 117 Liter pro Tag.

Die Berechnung des täglichen Stromverbrauchs bei BEV in der Kategorie LKW Winterdienst stützt auf das Verhältnis zwischen Dieserverbrauch und Stromverbrauch in der Kategorie LKW Kehricht. Die ICEV in der Kategorie LKW Kehricht haben einen täglichen Treibstoffverbrauch von 39.4 Liter Diesel. Der tägliche Treibstoffverbrauch in der Kategorie LKW Winterdienst ist deshalb 2.97 Mal höher als der tägliche Treibstoffverbrauch in der Kategorie LKW Kehricht. Wie nehmen an, dass die Verhältnisse zwischen den zwei Kategorien auch für die BEV gelten. Daraus resultiert ein täglicher Energieverbrauch von 281.6 kWh für BEV in der Kategorie LKW Winterdienst.

### **Ungenügende Batteriekapazität**

Bei fünf Fahrzeugkategorien können die verfügbaren Batteriekapazitäten in den betrachteten Alternativfahrzeugen das Anforderungsprofil erfüllen, inkl. bei LKW Winterdienst. Bei den Kommunaltraktoren Winterdienst und Gelände ist die Batterie für Einsätze von 12 Stunden nicht ausreichend. Die Batterien müssten fast doppelt so gross sein.

Bis in absehbare Zukunft ist davon auszugehen, dass Kommunaltraktoren und LKW Winterdienst bei langen Einsätzen tagsüber nachladen (z.B. einmal eine Stunde pro Tag nachladen). Das wurde für die Dimensionierung der Batteriegrösse berücksichtigt.

## 5. Emissionen

Teil dieser Studie ist auch die Abschätzung der Auswirkungen auf die Umwelt bei einem Wechsel der Antriebstechnologie der kommunalen Fahrzeuge. Bei einem Technologiewechsel fallen besonders die Emissionen der Treibhausgase ins Gewicht, weshalb für die Beurteilung der Umweltwirkung nur diese betrachtet werden. Treibhausgasemissionen von Unternehmen oder Produkten werden nach dem internationalen Standard des Greenhouse Gas Protocol (GHG-Protocol) bilanziert. In diesem Standard werden die im Kyoto-Protokoll regulierten Treibhausgase erfasst. Das sind neben dem Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) auch Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O), Fluorkohlenwasserstoffen (FKW), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFCs), Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) und Stickstofftrifluorid (NF<sub>3</sub>). Ausserdem werden die Emissionen in drei Bereiche aufgeteilt, sogenannte Scopes. Zu Scope 1 gehören alle direkten Emissionen, zu Scope 2 alle indirekten Emissionen aus eingekaufter Energie und zu Scope 3 alle sonstigen Emissionen. Abbildung 9 fasst den Standard GHG-Protocol grafisch zusammen.

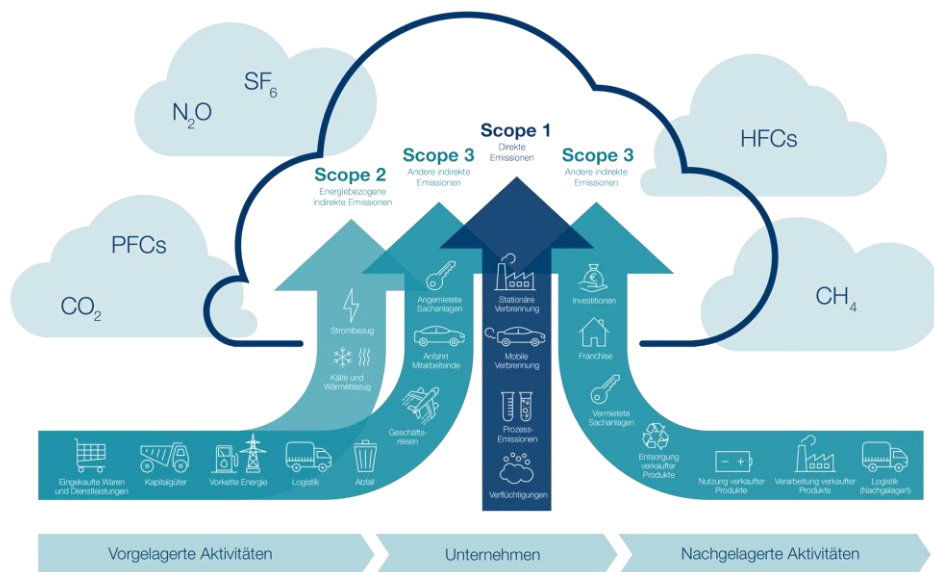


Abbildung 9 Zuweisung Emissionen nach dem GHG-Protocol ([optenda.de](http://optenda.de))

In dieser Studie erfolgt die Beurteilung für Scope 1 quantitativ; für die Scopes 2 und 3 wird qualitativ vorgegangen. Die Emissionen werden als CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>-eq) ausgewiesen.

### 5.1 Direkte Emissionen (Scope 1)

Bei Fahrzeugen gehört zu den direkt anfallenden Emissionen, also Scope 1, die Verbrennung des Treibstoffes. Im Betrieb entstehen nur bei ICEV und PHEV Emissionen, bei BEV entstehen keine Emissionen.

Die Ergebnisse ergeben sich aus dem jährlichen Treibstoffverbrauch (Tabelle 1). Die Verbrennung eines Liters Diesel verursacht Emission von 3.15 kg CO<sub>2</sub>.

In Abbildung 10 sind die Emissionen in Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Jahr für die ICEV Referenzfahrzeuge dargestellt. Für das PHEV-Löschfahrzeug sind zusätzlich die Emissionen des Range Extenders aufgeführt.

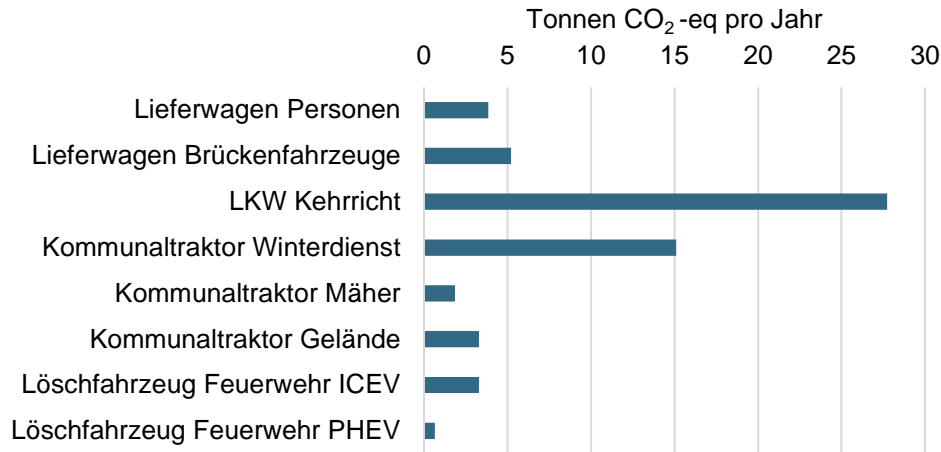


Abbildung 10 Direkte Emissionen in Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Fahrzeug pro Jahr. Antrieb: Fossiler Verbrennungsmotor (Ausnahme: Löschfahrzeug Feuerwehr PHEV; Plug-in-Hybrid mit Range Extender)

Es ist ersichtlich, dass der LKW Kehricht mit Abstand am meisten Emissionen pro Jahr verursacht. Dies ist insbesondere auf die hohe Jahresfahrleistung und den hohen Kilometerverbrauch zurückzuführen.

Um den Handlungsbedarf abzuschätzen, lohnt sich die Betrachtung der Gesamtemissionen des kommunalen Fuhrparks, aufgelöst nach Fahrzeugkategorie. Wie in Abbildung 11 deutlich wird, machen die vier Kategorien LKW Kehricht, Lieferwagen Personen, Kommunaltraktor Winterdienst und Personenwagen den Grossteil der Emissionen aus.

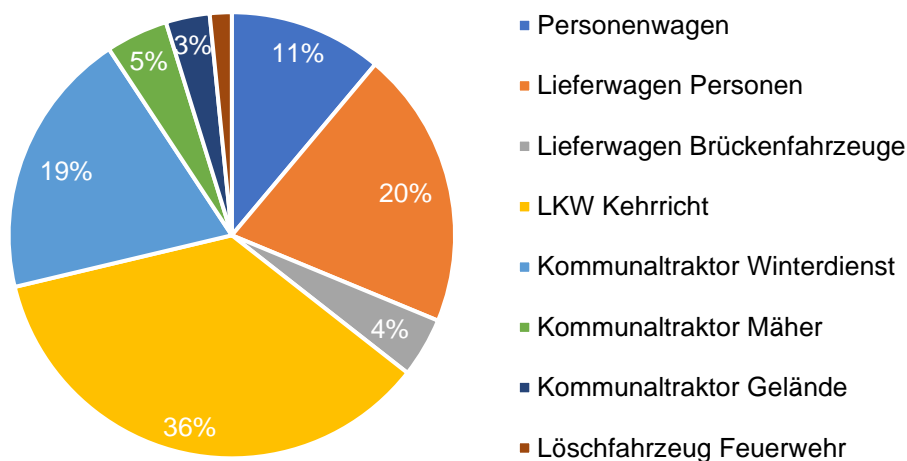


Abbildung 11 Verteilung der jährlich anfallenden Emissionen in CO<sub>2</sub>-eq auf Fahrzeugkategorien



## 5.2 Indirekte Emissionen (Scopes 2 und 3)

In Scope 2 fallen die Emissionen, die indirekt durch eingekaufte Energie entstehen. Bei Fahrzeugen ist dies die Herstellung des Treibstoffes; bei den ICEV also die Herstellung des Benzins oder Diesels und bei BEV die Erzeugung der Elektrizität. Der Verbrauch wird anhand der Referenzfahrzeuge über die gesamte Lebensdauer des Fahrzeugs geschätzt. Für 2020 wurde der aktuelle Emissionsfaktor des Schweizer Stromverbrauchs angenommen, für 2040 eine Schätzung anhand der Energieperspektiven 2050+ des Bundes. Dazwischen wurde linear interpoliert.

Der Wechsel von ICEV zu BEV führt in Scope 2 zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen. Im Schnitt können die Emissionen um 25% reduziert werden. Dieser Wert verbessert sich nochmals, wenn die Fahrzeuge mit rein erneuerbarem Strom geladen werden (beispielsweise mit Solarstrom) (PSI, 2020).

In Scope 3 werden jene Emissionen betrachtet, die indirekt in der gesamten Wertschöpfungskette des Fahrzeugs anfallen. Vorgelagert an den Betrieb fallen Emissionen bei der Herstellung der Karosserie, des Antriebsstrangs und des Energiespeichers an. Während der Betriebsphase entstehen Emissionen aus der Instandhaltung des Fahrzeugs und der Abnutzung der Strasseninfrastruktur. Nachgelagert an den Betrieb fallen Emissionen bei der Entsorgung des Fahrzeugs an. Bei einem Antriebstechnologiewechsel fällt nur die Herstellung der Batterie ins Gewicht, die übrigen Scope-3-Emissionen sind zwischen den unterschiedlichen Antriebstechnologien vergleichbar. Die nachfolgenden Abschätzungen wurden anhand der definierten Referenzfahrzeuge vorgenommen.

In Scope 3 führt der Technologiewechsel zu BEV zu einer Erhöhung der Emissionen. Nach etwa 15'000 km Fahrleistung, was in den Kategorien Lieferwagen Personen, Brückenfahrzeug und LWK Kehricht bereits nach einem Jahr erreicht wird, sind diese zusätzlichen Emissionen wieder kompensiert.

Zur Veranschaulichung wurden die geschätzten Emissionen für die Kategorien Lieferwagen Personen und Kommunaltraktor Winterdienst in Abbildungen grafisch dargestellt. Es zeigt sich, dass insbesondere die im Betrieb in Scope 1 anfallenden Emissionen über die Besitzdauer die Bilanz der BEV deutlich verbessern im Vergleich zu den ICEV.

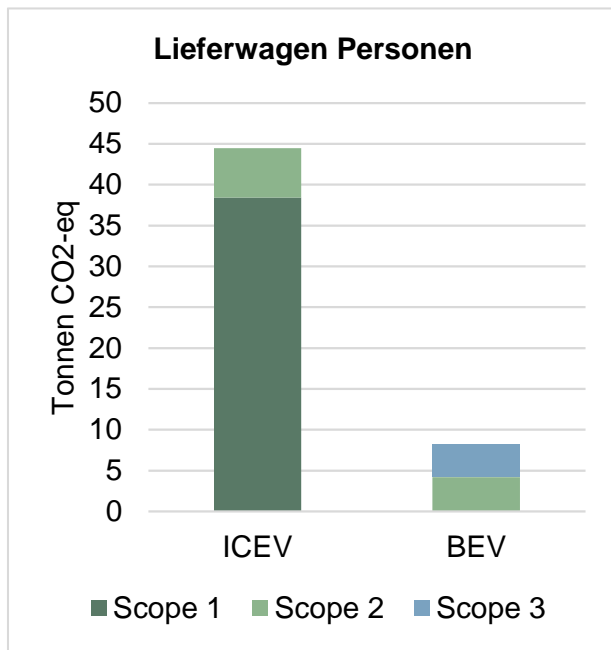


Abbildung 12 Emissionen Lieferwagen Personen nach Scope über die Besitzdauer

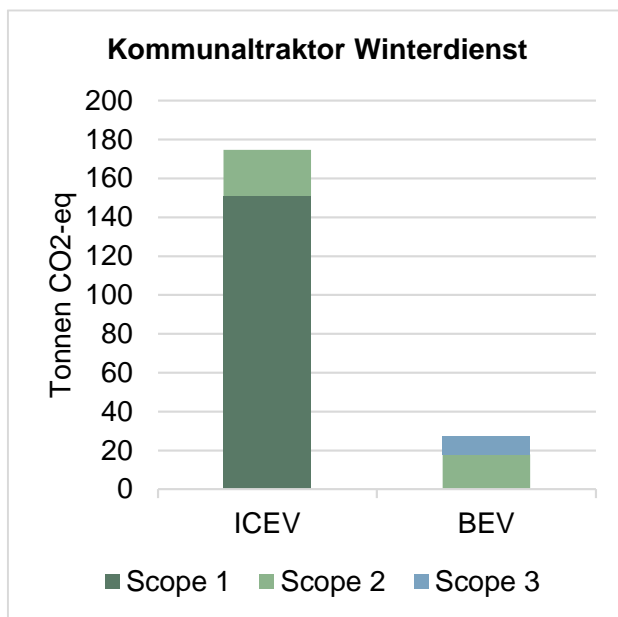


Abbildung 13 Emissionen Kommunaltraktor Winterdienst nach Scope über die Besitzdauer.

## 6. Total Cost of Ownership

Für den Fahrzeugvergleich sind nicht nur Emissionen, Energieverbrauch und Marktverfügbarkeit relevant, sondern auch die Kosten.

Für die Berechnung der Kosten werden die Total Cost of Ownership (TCO) betrachtet. Die TCO fasst die Kosten über die gesamte Besitzdauer. Die Besitzdauer beginnt mit der Anschaffung und endet beim Wiederverkauf.

Für die TCO werden folgende Kostenarten unterschieden:

- Beschaffungskosten: Einkaufspreis abzüglich des Restwerts beim Wiederverkauf
- Energiekosten: Kosten für Strombezug und Treibstoffverbrauch
- Service- und Reifenkosten: Ersatzteile, Wartung, Inspektion, Reifenwechsel Sommer/Winter, neue Reifen
- Weitere Kosten: Ladeinfrastruktur für BEV und PHEV, Motorfahrzeugsteuer, Schwerverkehrsabgabe

Als Grundlage dienen die Herstellerangaben für die Schweiz und die EBP-Studie zu den Total Cost of Ownership für Personenwagen (EBP, 2023).

### 6.1 Annahmen

Die TCO Berechnung stützt sich auf folgenden Annahmen:

- Besitzdauer und Kilometerleistung gemäss Anforderungsprofil (siehe Tabelle 1)
- Die Fahrzeuge werden neu beschafft und am Ende der Besitzdauer wiederverkauft.
- Der Restwert ist 5% höher für BEV als für ICEV (ausser für Feuerwehr, Restwert 0% für beide). Bei den Personenwagen hat sich gezeigt, dass BEV deutlich restwertstabiler sind als ICEV (EBP, 2023). Das entspricht die heutige Beobachtung auf dem Markt. Es ist aber aufgrund fehlender Referenzwerte schwierig die zukünftigen Restwerte von BEVs spezieller Fahrzeugkategorien zu schätzen.
- Energieverbrauch: siehe Kapitel 4
- Treibstoffkosten: 2 CHF/Liter Diesel
- Stromkosten: 0.37 CHF/kWh für die Beschaffungen von heute und 0.35 CHF/kWh für die Beschaffungen ab 2035. Das basiert auf der aktuellen Strombeschaffung für das Areal 101 unter der Annahme, dass keinen Eigenstrom produziert wird. Die Stromkosten liegen deutlich über dem aktuellen Strompreis an der Börse.

Bei diesen hohen Strompreisen ist es wahrscheinlich rentabel, in die Stromeigenproduktion auf dem Areal mit Photovoltaik zu investieren. Bei der Verwendung von Solarstrom würden bei den BEV sowohl die TCO als auch die indirekten Emissionen (Scope 2) sinken.

- E-Fuels: 4 CHF/Liter

— Ladeinfrastruktur: 3'000 CHF pro Ladepunkt und ein Ladepunkt pro Fahrzeug. Die Kosten berücksichtigen auch die Basisinfrastruktur- und Installationskosten der Ladeinfrastruktur.

In der Restwertstudie wurde anhand von Sensitivitätsanalysen gezeigt, dass die Ergebnisse sehr robust sind (EBP, 2023). Die Ergebnisse sind stark von der Annahme über die Kilometerleistung und Besitzdauer abhängig und weniger stark von der Höhe des Diesel- oder Strompreises. Wenn diese Annahmen variiert werden, ändern sich die absoluten Werte stark aber die Verhältnisse zwischen ICEV, BEV und PHEV sind sehr robust.

## 6.2 Ergebnisse

Die TCO wurde für alle Referenzfahrzeuge und Alternativfahrzeuge (Tabelle 2) durchgeführt. Für jede Fahrzeugkategorien wurden anschliessend die Ergebnisse der verschiedenen Antriebstechnologien gegenübergestellt.

Im Allgemein stellt man fest, dass der Einkaufspreis bei BEV höher als bei ICEV ist. Wenn in einer Fahrzeugkategorie die batterieelektrische Antriebstechnologie schon fortgeschritten ist, dann ist der Einkaufspreis nur 20% höher. Wenn hingegen in einer Fahrzeugkategorie noch wenige BEV-Modelle angeboten werden, dann ist der Preisunterschied gross. Tiefere Energie- und Servicekosten, sowie die Befreiung von der Schwerverkehrsabgabe, kompensieren die höheren Anschaffungskosten über die gesamte Besitzdauer etwas. Je mehr Kilometer über die Besitzdauer gefahren werden, desto stärker ist dieser Effekt.

Die Ergebnisse in diesem Unterkapitel beziehen sich auf die TCO im Jahr 2023.

### 6.2.1 Lieferwagen Personen

Als Plug-in-Hybrid-Referenzfahrzeug für die Berechnung der TCO wurde das VW T7 Multivan Liberty 1.4 betrachtet. Die TCO bei BEV ergibt sich als Mittelwert von der TCO von folgenden drei Fahrzeugen: Citroën e-Jumpy, Opel e-Vivaro und Peugeot e-Expert.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 14 dargestellt.

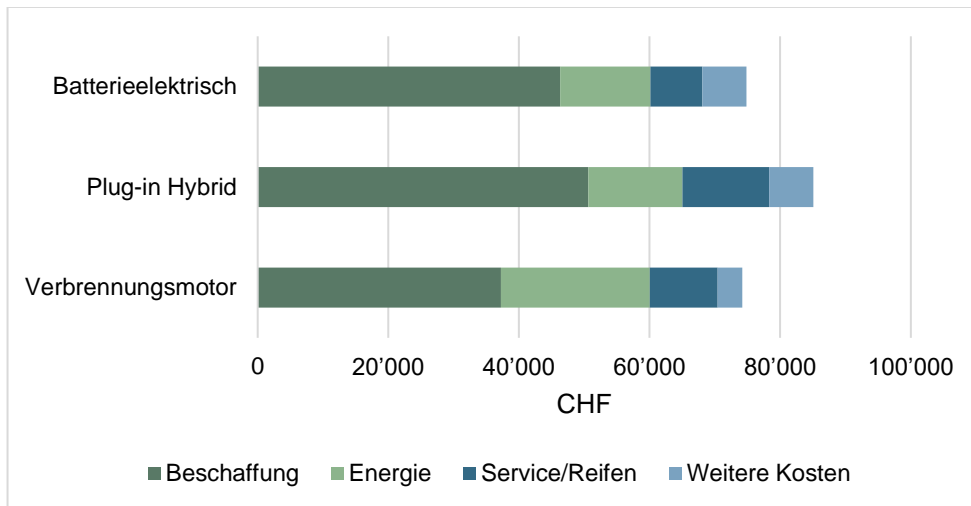


Abbildung 14: Total Cost of Ownership Lieferwagen Personen.

In dieser Kategorie sind ICEV und BEV gleich teuer (CHF 74'179 bzw. CHF 74'831). Die PHEV Variante weist mit CHF 85'078 die höchste TCO auf.

### 6.2.2 Lieferwagen Brückenfahrzeuge

Die Ergebnisse für die Kategorie Lieferwagen Brückenfahrzeuge sind in Abbildung 15 dargestellt.

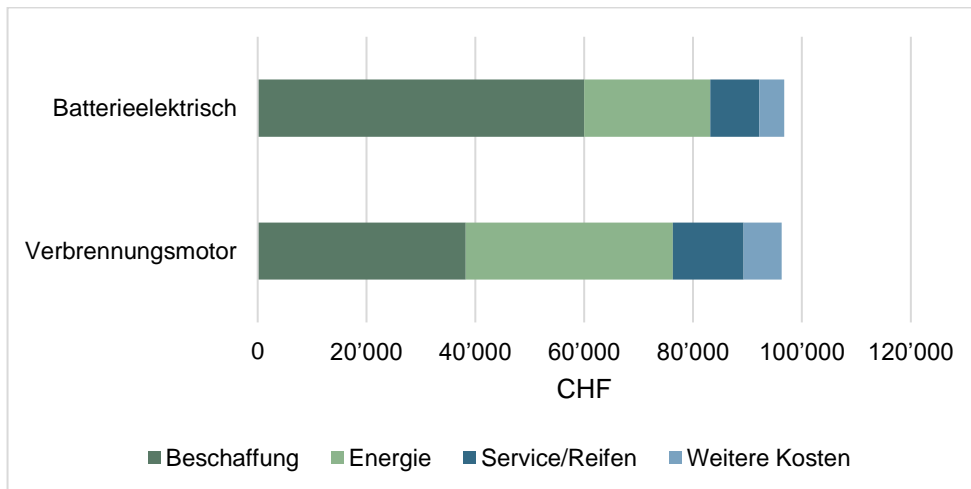


Abbildung 15: Total Cost of Ownership Lieferwagen Brückenfahrzeuge.

In dieser Kategorie sind ICEV und BEV gleich teuer (CHF 96'250 bzw. CHF 96'735).

### 6.2.3 LKW Kehricht

Die Ergebnisse für die Kategorie LKW Kehricht sind in Abbildung 16 dargestellt.

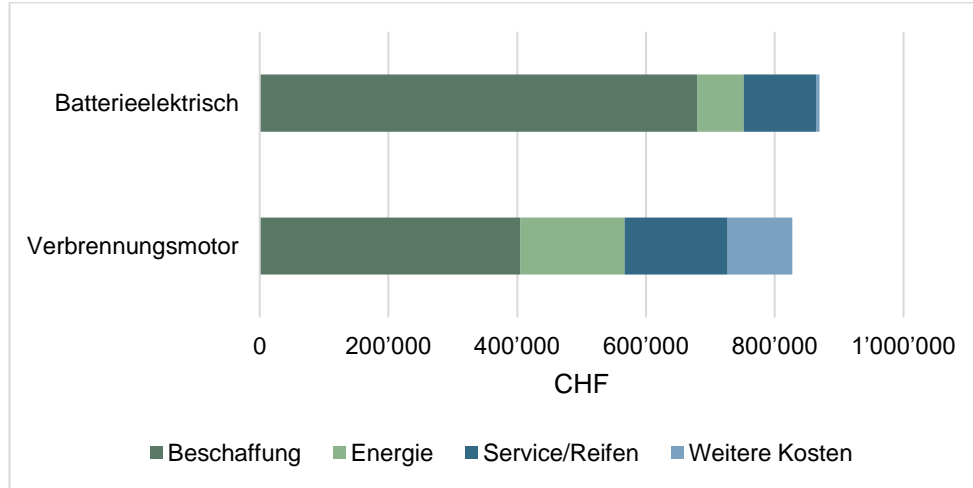


Abbildung 16: Total Cost of Ownership LKW Kehricht.

In dieser Kategorie ist die TCO beim BEV 5% teurer als beim ICEV (CHF 869'616 bzw. CHF 827'488).

### 6.2.4 Kommunaltraktoren Winterdienst

Die Ergebnisse für die Kategorie Kommunaltraktoren Winterdienst sind in Abbildung 17 dargestellt.

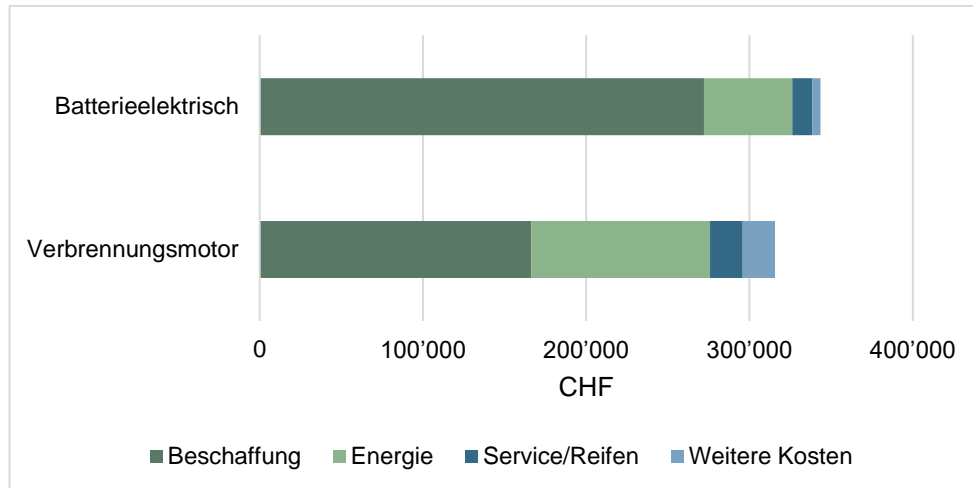


Abbildung 17: Total Cost of Ownership für Kommunaltraktoren Winterdienst.

Die TCO von BEV liegen heute 9% über den TCO von ICEV (CHF 343'389 bzw. CHF 315'550).

### 6.2.5 Kommunaltraktoren Mäher

Die Ergebnisse für die Kategorie Kommunaltraktoren Mäher sind in Abbildung 18 dargestellt.

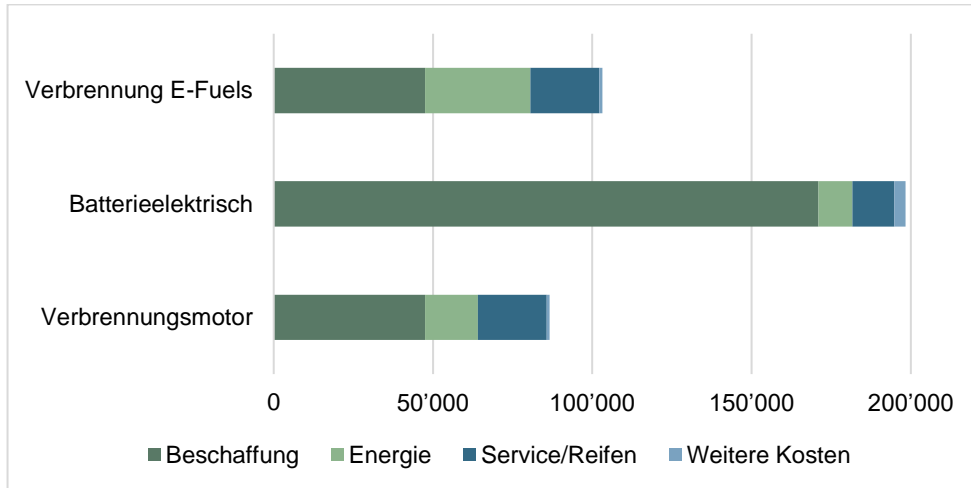


Abbildung 18: Total Cost of Ownership Kommunaltraktoren Mäher.

Die TCO von BEV (CHF 198'360) sind mehr als doppelt so hoch wie die TCO von ICEV (CHF 86'637). Das liegt an dem deutlich höheren Anschaffungspreis. Da der Unterschied so gross ist, wurde als Alternative auch die Variante mit E-Fuels berücksichtigt. Ihre TCO liegt bei CHF 103'197 (19% höher als ICEV).

### 6.2.6 Kommunaltraktoren Gelände

Die Ergebnisse für die Kategorie Kommunaltraktoren Gelände sind in Abbildung 19 dargestellt.

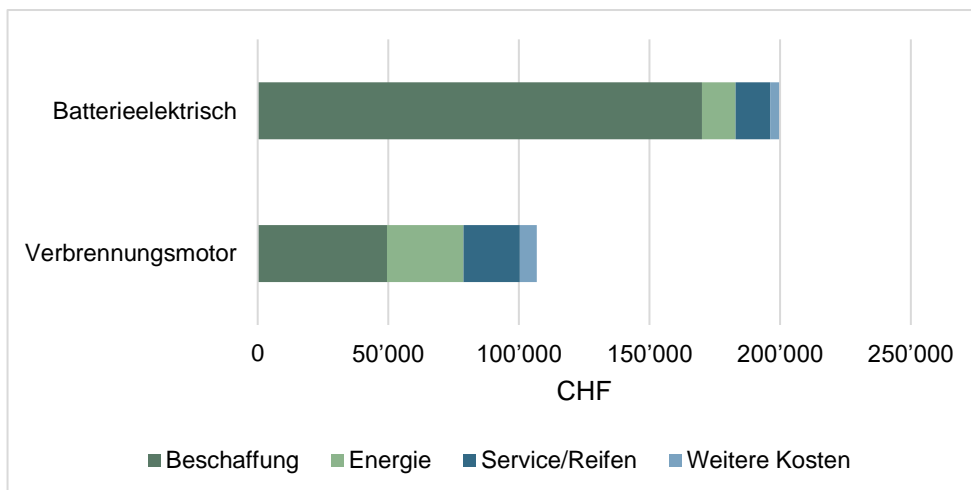


Abbildung 19: Total Cost of Ownership Kommunaltraktoren Gelände.

Die TCO von BEV (CHF 199'554) sind doppelt so hoch wie jene eines ICEV (CHF 106'826).

## 6.2.7 Löschfahrzeug Feuerwehr

Die Ergebnisse für die Kategorie Löschfahrzeug Feuerwehr sind in Abbildung 20 dargestellt.

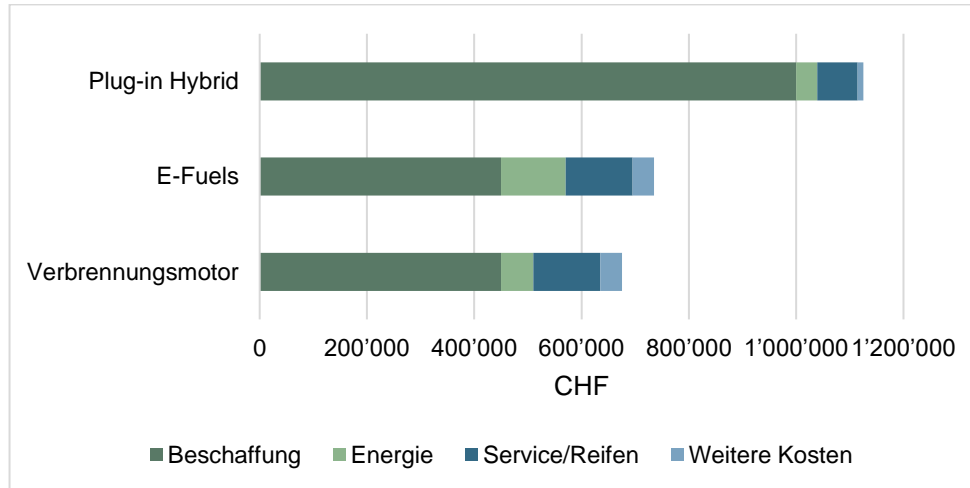


Abbildung 20: Total Cost of Ownership Löschfahrzeug Feuerwehr.

Das Alternativfahrzeug dieser Kategorie ist ein Elektrofahrzeug mit Diesel Range Extender, weshalb es als Plug-in Hybrid bezeichnet wurde. Es wurde angenommen, dass 90% des Energieverbrauchs elektrisch ist und die restliche 10% aus dem Dieserverbrauch stammen.

Die TCO des Plug-In-Hybrids (CHF 1'125'339) sind deutlich höher als die TCO des ICEV (CHF 675'060). Als Übergangslösung wurde auch die Alternative mit E-Fuels berücksichtigt. Ihre TCO liegen bei CHF 735'120 (9% höher als ICEV).

## 6.3 Entwicklung TCO

Diese Studie betrachtet die Dekarbonisierung der Fahrzeugflotte mit einem Zeithorizont bis 2040. Es sollen also auch die künftigen TCO abgeschätzt werden.

Diese Abschätzung ist sehr schwierig, da viele Unsicherheiten über die Zukunft herrschen. Erstens bestehen Unsicherheiten über die Energiepreise. Zweitens ist es unklar, wie schnell die Produktion von Elektrofahrzeugen und das Angebot in den jeweiligen Kategorien steigen werden. Drittens sind die politischen Rahmenbedingungen noch nicht definitiv festgelegt (CO<sub>2</sub>-Abgabe auf fossile Treibstoffe, Befreiung von Steuern wie Schwerverkehrsabgabe für Elektrofahrzeuge, Ersatzabgabe für Fahrzeuge mit alternativen Antriebstechnologien). Eine ausführliche Analyse dieser Faktoren und der Entwicklung der TCO geht über den Rahmen dieser Studie hinaus.

Der grösste Einfluss auf die TCO hat aber die Skalierung der Produktion von Elektrofahrzeugen und die entsprechende Reduktion der Beschaffungskosten.

Im Februar 2023 hat das EU Parlament final grünes Licht für die neuen CO<sub>2</sub>-Standards für Personenwagen und leichte Nutzfahrzeuge gegeben: Ab Jahr 2035 müssen die CO<sub>2</sub> Emissionen für die Neuzulassungen in diesen



Kategorien 0g sein. Parallel hat die EU Kommission ihre Vorschläge zu neuen CO<sub>2</sub>-Standards für LKW und Busse publik gemacht. Für die Neuzulassungen bei Stadtbussen ist eine Reduktion der Emissionen um 100% bereits bis 2030 vorgesehen und bei LKW und Reisebussen müssen die Emissionen bis 2040 um 90% sinken. Die Schweiz wird sich voraussichtlich an den Vorgaben der EU orientieren.

Aufgrund dieser Rahmenbedingungen gehen wir davon aus, dass 50% der neuzugelassenen LKW und Brückenfahrzeuge im Jahr 2030 elektrisch sind. Wegen der zu erwartenden Serienproduktion und breiterem Marktangebot erwarten wir ab 2030 eine wesentliche Reduktion des Einkaufspreises.

Die Marktphase der batterieelektrischen Kommunaltraktoren verschiebt sich gegenüber den LKW und Brückenfahrzeuge um etwa 5 bis 10 Jahre in die Zukunft. Wir gehen allerdings davon aus, dass auch in dieser Kategorie die BEV-Einkaufspreise bis 2040 gleich wie die heutigen ICEV-Einkaufspreise sind.

Im Rahmen unserer Einschätzung halten wir die TCO bei ICEV konstant auf dem heutigen Wert. Mittelfristig sind keine wesentlichen Veränderungen in der TCO anzunehmen (Argonne, 2021). Langfristig wird das Marktangebot bei ICEV aufgrund der strengen Emissionsvorschriften kleiner als heute sein. Daraus lässt sich aber nicht a priori ableiten, dass die Kosten ansteigen werden. Ausserdem erlaubt eine konstante TCO bei ICEV einen einfacheren Vergleich mit den alternativen Antriebstechnologien über die Zeit.

Die Einschätzungen über den zukünftigen TCO werden in Tabelle 6 aufgezeigt.

Kategorie	Antriebs- technologie	TCO heute [CHF]	TCO 2030 [CHF]	TCO 2040 [CHF]
Lieferwagen Per- sonen	ICEV	74'179	74'179	74'179
	PHEV	85'078	78'000	78'000
	BEV	74'831	61'000	61'000
Lieferwagen Brü- ckenfahrzeuge	ICEV	96'250	96'250	96'250
	BEV	96'735	75'000	70'000
LKW Kehricht	ICEV	827'448	827'448	827'448
	BEV	869'616	725'000	520'000
KT Winterdienst	ICEV	315'550	315'550	315'550
	BEV	343'389	310'000	270'000
KT Mäher	ICEV	86'637	86'637	86'637
	E-Fuels	103'197	95'000	95'000
	BEV	198'360	164'000	84'000
KT Gelände	ICEV	106'826	106'826	106'826
	BEV	199'554	155'000	75'000
Löschfahrzeug Feuerwehr	ICEV	675'060	675'060	675'060
	PHEV	1'125'339	910'000	710'000
	E-Fuels	735'120	715'000	715'000

Tabelle 6: Total Cost of Ownership heute, im Jahr 2030 und im Jahr 2040 in CHF.

## 7. Leitlinien für die Dekarbonisierung der Flotte

Die Ergebnisse aus den Kapiteln 4, 5 und 6 (Energieverbrauch, Emissionen, Total Cost of Ownership) werden in der *Sustainable Total Cost of Ownership* (TCO+) zusammengefasst. Die TCO+ ist eine quantitative Entscheidungsgrundlage für die Formulierung der Leitlinien für die Dekarbonisierung der Flotte.

### 7.1 Sustainable Total Cost of Ownership (TCO+)

Die TCO+ stellt die TCO-Mehrkosten von Alternativfahrzeugen im Vergleich zum ICEV Referenzfahrzeug den eingesparten CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber. Die TCO+ ist also die Differenz zwischen TCO ICEV und TCO BEV geteilt durch die eingesparten CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Mathematisch ausgedrückt: Die TCO+ im Jahr  $J$ ,  $C^+(J)$ , ergibt sich aus

$$C^+(J) = \frac{C_A(J) - C_V(J)}{E_V - E_A}$$

wobei  $C_A(J)$  die TCO des Alternativfahrzeugs im Jahr  $J$  sind,  $C_V(J)$  die TCO des Verbrennungsmotor-Referenzfahrzeugs im Jahr  $J$ ,  $E_V$  die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verbrennungsmotor-Referenzfahrzeugs über die gesamte Besitzdauer und  $E_A$  sind die entsprechenden Emissionen für das Alternativfahrzeug über die gesamte Besitzdauer. Als Emissionen betrachten wir hier nur die direkten Emissionen (Scope 1), also  $E_A=0$ .

Die Ergebnisse der TCO+ werden in CHF pro eingesparter Tonne CO<sub>2</sub> angegeben. Das zeigt für die Jahre 2023, 2030 und 2040 auf, wie viel Franken die Gemeinde Köniz pro eingesparte Tonne CO<sub>2</sub> bezahlt, wenn sie im korrespondierenden Jahr das Alternativfahrzeug statt das Verbrennungsmotor-Referenzfahrzeugs beschafft. Ein negativer Wert bedeutet, dass die TCO des Alternativfahrzeug bereits tiefer sind als die TCO des ICEV.

Die TCO+ Ergebnisse sind in der Tabelle 7 dargestellt. Die Tabelle zeigt ebenfalls die eingesparten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Tonnen über die Besitzdauer pro Fahrzeugkategorie und Antriebstechnologie auf. Schliesslich zeigt sie die Besitzdauer in Jahren. Für die Formulierung der Leitlinien muss auch die Besitzdauer berücksichtigen werden, denn es gilt, dass die Fahrzeuge erst am Ende ihrer Lebensdauer ersetzt werden.

Die Farbkodierung zeigt, ob die TCO+ negativ ist (grün), ob die Kosten pro eingesparte Tonne CO<sub>2</sub> in der Höhe bekannter CO<sub>2</sub>-Preise liegen (gelb, siehe Kapitel 7.2) oder ob die Kosten pro eingesparte Tonne CO<sub>2</sub> sehr hoch sind (rot).

Die Ergebnisse können so interpretiert werden: für Fahrzeuge und Jahre, wo ein grüner Punkt steht, lohnt es sich auf alternative Antriebe zu wechseln. Wo hingegen ein roter Punkt steht, stehen die Mehrkosten nicht in Verhältnis zu den eingesparten Emissionen. Für Fahrzeuge und Jahre, die mit einem gelben Punkt bezeichnet sind, kann die Gemeinde entscheiden, ob sie bereit ist, auf alternativen Antrieb zu wechseln und damit CO<sub>2</sub>-Emissionen einspart, dafür aber gewisse Mehrkosten trägt. Die Mehrkosten bei den gelb

markierten Fahrzeugen und Jahren sind in der Höhe von typischen CO<sub>2</sub> Preisen (siehe Kapitel 7.2).

Kategorie	Antrieb	Besitzdauer	Emissionen Total Besitzdauer	Preis CO <sub>2</sub> [CHF/Tonne]		
				2023	2030	2040
Lieferwagen Personen	ICEV	10	38.4			
	PHEV	10	19.2	● 567	● 199	● 199
	BEV	10	0.0	● 17	● -343	● -343
Lieferwagen Brückenfahrzeuge	ICEV	10	52.2			
	BEV	10	0.0	● 9	● -407	● -503
LKW Kehrriech	ICEV	8	221.8			
	BEV	8	0.0	● 190	● -462	● -1'386
KT Winterdienst	ICEV	10	151.0			
	BEV	10	0.0	● 184	● -37	● -302
KT Mäher	ICEV	12	22.4			
	E-Fuels	12	0.0	● 739	● 373	● 373
	BEV	12	0.0	● 4'987	● 3'453	● -118
KT Gelände	ICEV	12	39.5			
	BEV	12	0.0	● 2'346	● 1'219	● -805
Löschfahrzeug Feuerwehr	ICEV	25	82.4			
	PHEV	25	16.5	● 6'835	● 3'566	● 379
	E-Fuels	25	0.0	● 729	● 485	● 485

Tabelle 7: TCO+ in CHF pro eingesparte Tonne CO<sub>2</sub> für die Jahre 2023, 2030 und 2040. Besitzdauer ist in Jahren angegeben, die Emissionen pro Fahrzeug über die Besitzdauer sind in Tonnen CO<sub>2</sub> angegeben.

## 7.2 CO<sub>2</sub> Preis

Um die TCO+ Ergebnisse in CHF pro eingesparte Tonne CO<sub>2</sub> besser zu erläutern, ist ein Vergleich mit bekannten CO<sub>2</sub>-Preisen hilfreich. Nachfolgend sind einige CO<sub>2</sub> Preise aufgelistet.

- EU Emission Trading System (23.02.2023): 101 CHF/t CO<sub>2</sub>
- Schweiz CO<sub>2</sub>-Abgabe auf fossilen Brennstoffen: 120 CHF/t CO<sub>2</sub>
- Kompensationsprojekte Pflanzkohle: etwa 150 CHF/t CO<sub>2</sub>
- Climeworks CO<sub>2</sub> Entfernung: 1'000 CHF/t CO<sub>2</sub>
- BAFU Kompensationsprojekte: 100 CHF/t CO<sub>2</sub>
- Stiftung Klik Kompensationsprojekte: 100-160 CHF/t CO<sub>2</sub>

Diese Werte sind indikativ, aber nicht direkt vergleichbar. Insbesondere muss zwischen CO<sub>2</sub>-Kompensation und Negativemissionstechnologien unterscheiden werden. Bei der CO<sub>2</sub>-Kompensation werden Treibhausgasemissionen im gleichen Umfang an anderer Stelle vermieden, die bereits emittierten Treibhausgase bleiben aber in der Atmosphäre. Im Gegensatz dazu entfernen Negativemissionstechnologien emittiertes CO<sub>2</sub> wieder aus der Atmosphäre. Der Unterschied ist in der Abbildung 21 erläutert.

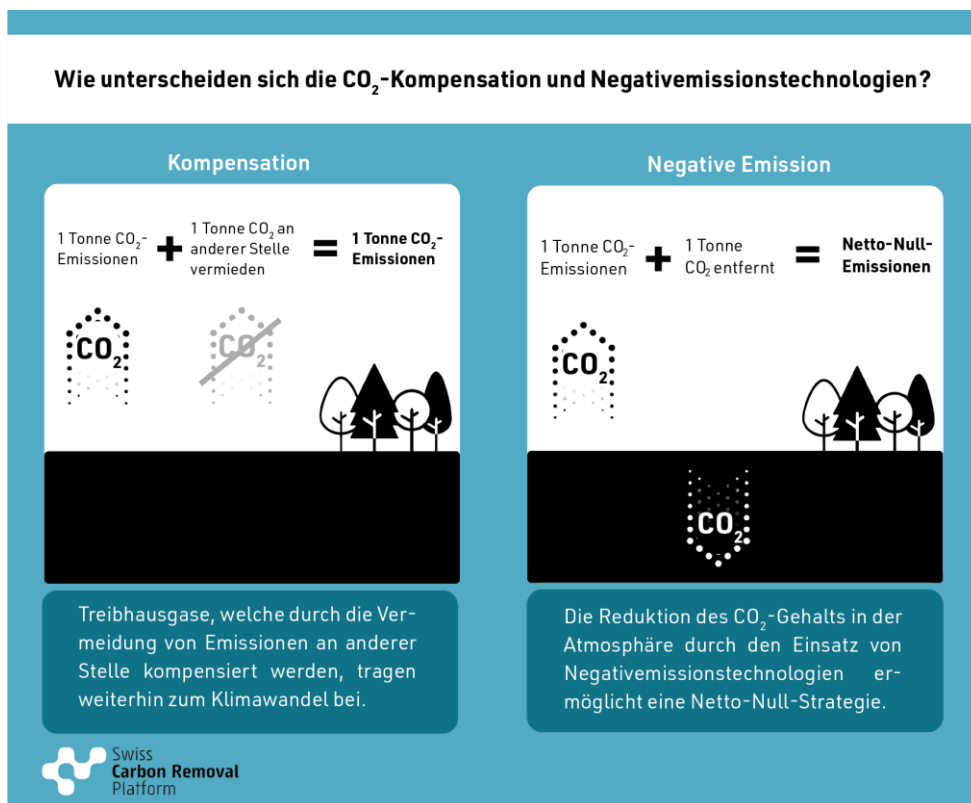


Abbildung 21: Unterschied zwischen Kompensation und Negativemissionstechnologien (Swiss Carbon Removal Plattform).

### 7.3 Formulieren der Leitlinien

Basierend auf den TCO+ und allen in dieser Studie erarbeiteten Ergebnissen, wurden in Absprache mit der Gemeinde folgende Leitlinien für die Dekarbonisierung der Fahrzeugflotte formuliert.

Die Voraussetzung für die Beschaffung eines Elektrofahrzeugs ist, dass die benötigte Ladeinfrastruktur und angeschlossene Leistung gebaut und vorhanden sind.

Wie in Kapitel 6.1 erwähnt, sind die Ergebnisse der TCO+ von den aktuell sehr hohen Strompreisen auf dem Areal 101 beeinflusst. Investitionen in die Eigenproduktion von Strom (Photovoltaik) würden die Strompreise reduzieren und die TCO+ verbessern.

#### **Personenwagen**

Die Kategorie Personenwagen war nicht Teil dieser Studie, weil die Gemeinde Köniz schon beschlossen hatte, neue Personenwagen elektrisch zu beschaffen. Die Richtlinienmotion lautet nämlich so: *Der Gemeinderat wird beauftragt, beim Ersatz von Gemeindefahrzeugen (insb. Kleinunterhaltungsfahrzeuge) jeweils Elektrofahrzeuge zu beschaffen, sofern diese auf dem Markt als Serienfahrzeuge angeboten werden.*

Bei Personenwagen sind Elektrofahrzeuge bereits heute über die gesamte Besitzdauer günstiger (EBP, 2023). Es empfiehlt sich weiterhin Elektroautos zu beschaffen.

### **Lieferwagen Personen**

Ersatzbeschaffungen nur noch mit batterieelektrischen Fahrzeugen, sobald Ladeinfrastruktur im Areal 101 bereitsteht.

Begründung: Mehrkosten tief; CO<sub>2</sub>-Einsparpotential sehr hoch; spätestens ab 2030 Kostenvorteile ggü. Referenzfahrzeuge mit Verbrennungsmotor.

### **Lieferwagen Brückenfahrzeuge**

Ersatzbeschaffungen mit batterieelektrischen Fahrzeugen, sobald technische Spezifikationen erfüllt sind, spätestens ab 2030.

Begründung: Mehrkosten tief; spätestens ab 2030 Kostenvorteile ggü. Referenzfahrzeuge mit Verbrennungsmotor.

### **LKW Kehricht**

Ersatzbeschaffungen mit batterieelektrischen Fahrzeugen, sobald technische Spezifikationen (Breite, Radstand, usw.) erfüllt sind (in den nächsten Jahren zu erwarten).

Begründung: CO<sub>2</sub>-Einsparpotential sehr hoch; CO<sub>2</sub>-Preis vertretbar; spätestens ab 2030 Kostenvorteile ggü. Referenzfahrzeuge mit Verbrennungsmotor

### **Kommunaltraktoren Winterdienst**

Ersatzbeschaffungen mit batterieelektrischen Fahrzeugen, sobald technische Spezifikationen (Batteriegrösse) erfüllt sind, voraussichtlich ab 2030.

Begründung: CO<sub>2</sub>-Einsparpotential sehr hoch; CO<sub>2</sub>-Preis vertretbar; spätestens ab 2030 Kostenvorteile ggü. Referenzfahrzeuge mit Verbrennungsmotor.

Der Einsatz von Elektrofahrzeugen wäre aus TCO+ Sicht schon heute denkbar. Jedoch haben die heutigen Modelle noch eine zu kleine Batterie, um das Anforderungsprofil zu erfüllen. Mit der heutigen Batterie können diese Fahrzeuge nicht 12 Stunden Einsätze für Winterdienst fahren (siehe Kapitel 4.3).

Diese Fahrzeuge werden nicht nur für Winterdienst eingesetzt. Für diese anderen Einsätze wäre die heutige Batteriegrösse wahrscheinlich ausreichend.

### **Kommunaltraktoren Mäher und Kommunaltraktoren Gelände**

Ersatzbeschaffungen weiterhin mit Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor, voraussichtlich über 2030 hinaus. Neubeurteilung in 3-4 Jahren.

Begründung: CO<sub>2</sub>-Einsparpotential gering; CO<sub>2</sub>-Preis auch im Jahr 2030 noch sehr hoch; keine Kostenvorteile zu erwarten bis ca. 2040.

Die Beschaffung von batterieelektrischen Fahrzeugen wird aus TCO-Sicht in diesen Kategorien auch mittelfristig teuer sein. Die Zeit für den Einsatz von batterieelektrischen Fahrzeugen ist bis in absehbare Zeit noch nicht reif.

Jedoch stellen die CO<sub>2</sub> Emissionen der Fahrzeuge in diesen Kategorien nur einen kleinen Anteil der Emissionen der kommunalen Flotte. Im Hinblick auf effizientes Nutzen der Ressourcen, lohnt es sich hier möglichst spät die Fahrzeuge auf Elektroantrieb umzustellen.

Aufgrund der langen Besitzdauer (12 Jahre) darf die Entscheidung aber nicht zu weit in die Zukunft verschoben werden. Wir empfehlen, in 3-4 Jahren eine Neubeurteilung des Markts und der TCO+ vorzunehmen. Wenn die TCO+ Kosten immer noch so hoch sind, kann es sinnvoll sein, Verbrennungsmotor-Fahrzeuge auch nach 2028 für einige Jahren zu beschaffen und sie nach 2040 mit biogenen Treibstoffen oder E-Fuels bis ans Ende ihrer Lebensdauer zu betreiben.

### **Löschfahrzeug Feuerwehr**

Ersatzbeschaffungen weiterhin mit Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor, voraussichtlich deutlich über 2030 hinaus. Neubeurteilung in 5-7 Jahren.

Begründung: CO<sub>2</sub>-Einsparpotential gering; CO<sub>2</sub>-Preis auch im Jahr 2030 und voraussichtlich auch 2040 noch sehr hoch; keine Kostenvorteile zu erwarten bis ca. 2040.

Die PHEV-Löschfahrzeuge zeigen aufgrund des hohen Einkaufspreises und der tieferen Kilometerleistung die höchsten TCO+. Für diese Kategorie lohnt es sich, möglichst spät auf Elektroantrieb (mit Range Extender) zu wechseln.

Die Löschfahrzeuge haben eine lange Besitzdauer (25 Jahre). Im Jahr 2040 wird es voraussichtlich noch Verbrennungsfahrzeuge geben, die nicht am Ende ihrer Lebensdauer angekommen sind. Da die Kilometerleistung aber sehr tief ist, ist ein Einsatz von biogenen Treibstoffen oder E-Fuels ab dem Zeitpunkt 2040 zur Erreichung des Netto-Null-Ziels 2040 sinnvoll.

### **Folgen**

Die Fahrzeuge der Gemeinde und der Feuerwehr wurden in vier Kategorien nach Technologiewechseljahr gemäss den obigen Leitlinien aufgeteilt:

- Sofort oder sobald technische Spezifikationen erfüllt sind: Personenwagen, Lieferwagen Personen, Lieferwagen Brückenfahrzeuge, LKW Kehricht
- 2030: Kommunaltraktoren Winterdienst
- So spät wie möglich: Kommunaltraktoren Mäher und Gelände
- Übrige: Löschfahrzeuge Feuerwehr

Abbildung 22 zeigt die CO<sub>2</sub> Emissionen der kommunalen Flotte aufgeteilt nach Technologiewechseljahr für die Neubeschaffungen. Der grösste Teil betrifft die Fahrzeuge, die ab sofort mit Fahrzeugen mit batterieelektrischem Antrieb beschafft werden können. Die Fahrzeugkategorien, deren Dekarbonisierung gemäss heutigen Informationen teuer ist, stellen nur einen kleinen Anteil der Emissionen dar.

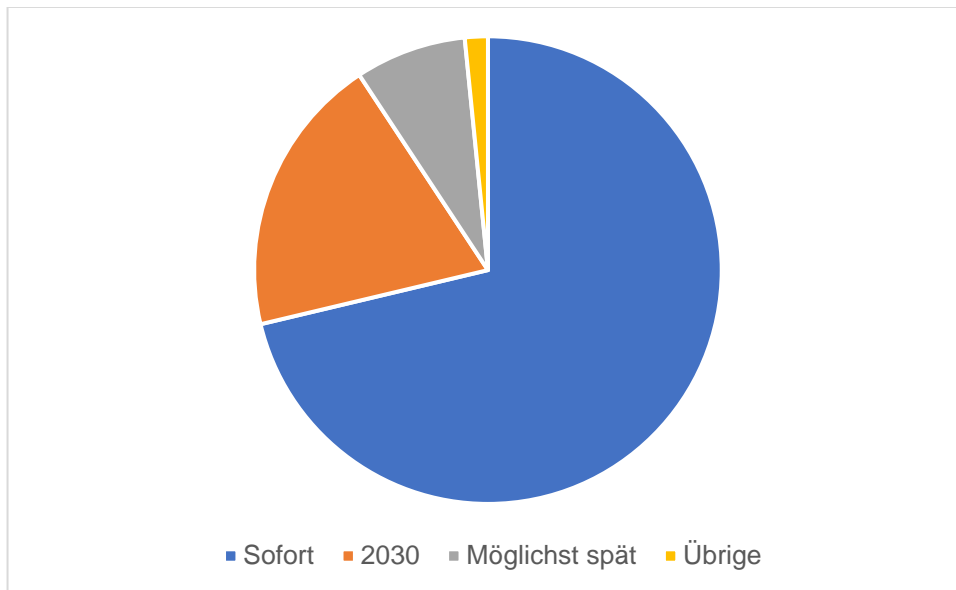


Abbildung 22: Verteilung der jährlichen auffallende Emissionen nach Technologiewechseljahr bei den Neubeschaffungen.



## 8. Ladeinfrastruktur

Die Umstellung der kommunalen Flotte auf Fahrzeuge mit batterieelektrischem Antrieb benötigt einen Ausbau der Ladeinfrastruktur. In diesem Kapitel wird die notwendige Ladeinfrastruktur auf dem Areal 101 bei der Vollelektrifizierung beschrieben.

Wie im Kapitel 4.3 erläutert, berücksichtigt die Dimensionierung der Ladeinfrastruktur die zusätzliche Unterteilung der LKW in der Kategorie LKW Winterdienst.

### 8.1 Ladepunkte

Die Ladeinfrastruktur wurde für das Worst Case Szenario bezüglich der Fahrzeugauslastung dimensioniert. Alle Fahrzeuge sind im Einsatz und vor allem die Winterdienstfahrzeuge sind 12 Stunden pro Tag im Einsatz und können nur 6 Stunden in der Nacht laden. Deswegen wäre diese Ladeinfrastruktur für fast alle Tage im Jahr deutlich überdimensioniert.

Es wurde kein Wachstum der kommunalen Fahrzeugflotte unterstellt.

Der Standard ist ein AC 11 kW Ladepunkt. Diese Ladeleistung ist für meisten Fahrzeuge ausreichend. Für die Kategorie LKW Kehricht ist ein Ladepunkt 22 kW AC pro Fahrzeug vorgesehen.

Die Fahrzeuge der Kategorie Kommunaltraktoren Winterdienst und LKW Winterdienst haben eine kurze Standzeit und brauchen einen Schnellladepunkt 50 kW DC pro Fahrzeug, damit das Anforderungsprofil erfüllt wird.

Bei der Vollelektrifizierung ist ein Ladepunkt für jedes Fahrzeug vorgesehen. Bei den Kategorien Lieferwagen Personen, Lieferwagen Brückenfahrzeuge und Kommunaltraktoren Mäher reicht eine Ladung jeden zweiten oder dritten Tag, damit der tägliche Verbrauch gemäss Anforderungsprofil abgedeckt ist. Unter Berücksichtigung des Anforderungsprofils wäre es deshalb nicht nötig, ein Ladepunkt pro Fahrzeug einzuplanen. Die betrieblichen Abläufe (Gefahr Verlängerung Arbeitszeit für Mitarbeitenden) und Platzverhältnisse erfordern jedoch, dass jedes Fahrzeug einen eigenen Ladepunkt erhält.

Die benötigte Ladeinfrastruktur auf dem Areal 101 ist in der Tabelle 8 gegeben.

Kategorie	Täglicher Verbrauch 2030 [kWh]	Batteriegrösse [kWh]	Standzeit [Stunden]	Leistung pro Ladepunkt [kW]	Anzahl Fahrzeuge Areal 101 und Anzahl Ladepunkte	Kosten Ladestationen [CHF]
Lieferwagen Personen	13.0	50	12	11	5	10'000
Lieferwagen Brückenfahrzeuge	23.8	50	12	11	8	16'000
LKW Kehricht	92.1	324	12	22	6	13'200
LKW Winterdienst	273.2	324	6 + 1h nachladen	50	2	60'000
Kommunaltraktoren Winterdienst	209.5	200	6 + 1h nachladen	50	4	120'000
Kommunaltraktoren Mäher	12.9	58	12	11	2	4'000
Kommunaltraktoren Geländefahrzeug	58.2	80	6	11	2	4'000

Tabelle 8: Ladeinfrastruktur bei Vollelektrifizierung der Flotte auf dem Areal 101.

Die letzte Spalte der Tabelle 8 zeigt die Kosten der Ladeinfrastruktur für alle Fahrzeuge in einer Kategorie. Die Kosten betreffen nur die Ladestation und berücksichtigen nicht die Kosten für die Basisinfrastruktur und Netzerschliessung. Es wurden folgende Kosten pro Ladepunkt angenommen

- Ladepunkt 11 kW AC: 2'000 CHF
- Ladepunkt 22 kW AC: 2'200 CHF
- Ladepunkt 50 kW DC: 30'000 CHF

## 8.2 Angeschlossene Leistung

In diesem Kapitel wird die benötigte angeschlossene Leistung für die Ladeinfrastruktur bei einer Vollelektrifizierung betrachtet. Als Grundsatz für die Dimensionierung gilt folgendes: Jeder Ladepunkt muss innerhalb der Standzeit so viel Energie liefern, dass er 80% der Batterie des parkierten Fahrzeugs laden kann. Die Zahl 80% stammt aus der nutzbaren Batteriekapazität: Puffer und Batteriealterung werden von der nominellen Kapazität abgezogen. Als nominelle Batteriekapazität nehmen wir die Werte aus der Tabelle 5.

Wir nehmen an, dass die Fahrzeuge gleichzeitig in der Garage parkieren und laden und dass ein Lastmanagementsystem installiert wird, damit die Ladeleistung über die Standzeit optimiert wird. Weiterhin nehmen wir 10% Ladeverluste an.

Somit muss die Ladeinfrastruktur für alle Fahrzeuge fähig sein, bis zu 3.79 MWh pro Nacht zu liefern. Diese Energiemenge geteilt durch 12 Stunden Standzeit ergibt eine durchschnittliche Leistung von **315 kW**.

Das Lastmanagement kann die gesamte Ladeleistung optimieren. Deshalb, auch wenn einige Fahrzeuge nur 6 Stunden im Werkhof parkieren, kann man durch die 12 Stunden teilen, um die durchschnittliche Leistung zu erhalten. Die nötige Gesamtleistung für das Laden aller Fahrzeuge, die nur 6 Stunden parkieren, beträgt 238 kW. Diese Leistung ist nämlich kleiner als die durchschnittliche Leistung von 315 kW.

Die heutige Haupterschliessung an der Areal 101 beträgt 400 kW (600 A). Die Erschliessung des Gebäudes 4, wo diese Fahrzeuge parkieren, kann heute eine maximale Leistung von 100 kW ertragen (160 A).

Es ist darum eine starke Erhöhung der angeschlossenen Leistung für Gebäude 4 vorzusehen, eventuell über eine separate Erschliessung. Diese Leistung wird nachtsüber bezogen, wenn die übrigen Lasten auf dem Areal klein sind. Für detaillierte Aussagen, welche Leistung für die Ladeinfrastruktur auf dem Areal zur Verfügung steht, wäre eine Leistungsaufzeichnung über eine Woche notwendig.

Wie oben erwähnt, wäre diese Ladeinfrastruktur und die angeschlossene Leistung für meisten Tagen überdimensioniert. Es besteht deshalb Optimierungspotential bei der Dimensionierung der Ladeinfrastruktur. Vorteile von einer kleineren Ladeinfrastruktur wären die tieferen Infrastrukturkosten. Andererseits würde in diesem Fall die Flexibilität im Fahrzeugbetrieb sinken und das System wäre weniger resilient.

Wir empfehlen die Grundinfrastruktur (Netzanschluss, Stromverteilung und Lastmanagementsystem) auf die Vollelektrifizierung auszulegen. Der Ausbau der Grundinfrastruktur muss frühzeitig erfolgen, damit die Gemeinde bereit für die Beschaffung der Elektrofahrzeuge ist. Die Beschaffung und Installation der einzelnen Ladepunkte erfolgt dann etappenweise und abgestimmt mit der Fahrzeugbeschaffung.

## 9. Quellen

Argonne, 2021	Argonne National Lab, <u><a href="#">Comprehensive Total Cost of Ownership Quantification for Vehicles with Different Size Classes and Powertrains</a></u> , 2021
Avenir Suisse, 2020	Avenir Suisse, <i>Synthetische Treibstoffe</i> , <u><a href="https://www.avenir-suisse.ch/synthetische-treibstoffe-zum-preis-von-fr-2-40-pro-liter/">https://www.avenir-suisse.ch/synthetische-treibstoffe-zum-preis-von-fr-2-40-pro-liter/</a></u> , 2020.
Eniwa, 2020	Eniwa, <i>Die erste Schweizer Wasserkraft-Elektrolyseanlage für Wasserstoff</i> , <u><a href="https://www.eniwa.ch/upload/rm/5-broschuere-wasserstoff-a4-web.pdf?_=1522830937000">https://www.eniwa.ch/upload/rm/5-broschuere-wasserstoff-a4-web.pdf?_=1522830937000</a></u> , 2020.
EBP, 2022	EBP, <u><a href="#">Electric and Hydrogen Mobility Scenarios Switzerland 2022</a></u> , 2022.
EBP, 2023	EBP im Auftrag von Bundesamt für Energie und Energie-Schweiz, <u><a href="#">Gesamtkosten von Personenwagen (TCO)</a></u> , 2023.
Fraunhofer, 2023	Fraunhofer Institut, <u><a href="#">Preiselastische Wasserstoffnachfrage in Deutschland</a></u> , 2023.
Fraunhofer, 2023b	Fraunhofer Institut, <u><a href="#">Factsheet TCO: Eine Wirtschaftlichkeitsanalyse der Antriebsarten für Personenwagen</a></u> , 2023.
Plötz, 2020	Plötz et al., Real-World Usage of Plug-in Hybrid Electric Vehicles; Fuel Consumption, electric Driving, and CO <sub>2</sub> emissions. White Paper. Fraunhofer ISI und International Council of Clean Transportation. 2020.
PSI 2020	Paul Scherrer Institut, <i>Mobilität von Morgen</i> , 2020
Venditti, 2022	Venditti Bruno, <i>The Top 10 EV Battery Manufacturers in 2022</i> , <u><a href="https://elements.visualcapitalist.com/the-top-10-ev-battery-manufacturers-in-2022/">https://elements.visualcapitalist.com/the-top-10-ev-battery-manufacturers-in-2022/</a></u> , 2022.

Eingabefelder

Investitionsobjekt (Kto-Nr. / Bezeichnung):

Table with columns: Kontonr., Bezeichnung, Allg. Steuerhaushalt?, freiwillige Leistung?, im BU 2023 enthalten? and rows for investment details.

Allgemeine Bemerkungen (Kurzbeschreibung der Investition)
Ladeinfrastruktur im Werkhof für die Elektrifizierung der gesamten Fahrzeugflotte und PV Anlage auf dem Dach

Table: Investitionsausgaben vor Inbetriebnahme. Columns: Anlageart, Bezeichnungen / Bemerkungen, Jahr (2023-2031, übrige Jahre), Total. Rows: Bruttoinvestitionen, Nettoinvestitionen, Finanzierungskosten.

Table: Folgekosten ab der Inbetriebnahme. Columns: Inbetriebnahme des Objektes (Jahr), Finanzierungskosten ab der Inbetriebnahme in CHF, Abschreibungen ab der Inbetriebnahme in CHF. Rows: Finanzierungskosten, Abschreibungen.

Table: zusätzliche Personalkosten ab der Inbetriebnahme in CHF. Columns: Kontonummer Lohn, Bezeichnung / Bemerkung, Jahr (2025-2035, übrige Jahre), Total. Rows: Lohn, Sozialversicherungen.

Table: zusätzliche einmalige Sachaufwände ab der Inbetriebnahme in CHF. Columns: Kontonummer Sachaufwand, Bezeichnung / Bemerkung, Jahr (2025-2035, übrige Jahre), Total. Rows: Sachaufwand.

Table: zusätzliche wiederkehrende Sachaufwände ab der Inbetriebnahme in CHF. Columns: Kontonummer Sachaufwand, Bezeichnung / Bemerkung, Jahr (2025-2035, übrige Jahre), Total. Rows: Sachaufwand.

Table: zusätzliche Folgeerträge ab der Inbetriebnahme in CHF (negative Zahl eingeben). Columns: Kontonummer Folgeerträge, Bezeichnung / Bemerkung, Jahr (2025-2035, übrige Jahre), Total. Rows: Folgeerträge.

Table: wegfallende Kosten ab der Inbetriebnahme in CHF (negative Zahl eingeben). Columns: Kontonummer der wegfallende Kosten, Bezeichnung / Bemerkung, Jahr (2025-2035, übrige Jahre), Total. Rows: Wegfallende Kosten.

Table: Auswirkung auf Ergebnis pro Jahr ab Inbetriebnahme (mit Abschreibungen). Columns: Auswirkung auf Ergebnis, Jahr (2023-2035, übrige Jahre), Total.

Rechtliche Grundlage: Bei Beschlüssen, die unmittelbar oder zu einem späteren Zeitpunkt mit Aufwendungen oder Erträgen für die Gemeinde verbunden sind, ist das beschlussfassende Organ vorgängig über die Kosten, die Folgekosten, die Finanzierung und die Auswirkungen auf das Finanzhaushaltgleichgewicht zu orientieren (Art. 58 GV (Finanzielle Transparenz bei Beschlüssen))



1429	übrige immat. Anlagen	übrige immateriale Anlagen
------	-----------------------	----------------------------

1429	übrige immat. Anlagen	übrige immateriale Anlagen
------	-----------------------	----------------------------

Anlageart	Dropdown	Lebensdauer	Abschreibung
Grundstücke unbebaut	1400 Grundst	99999	0%
Strassen	1401 Tiefba	40	2.50%
Naturstrassen	1401 Tiefba	10	10.00%
Strassenanlagen	1401 Tiefba	20	5.00%
Stein- und Betonverbauung	1402 Tiefba	50	2.00%
Holz- und Lebendverbauung	1402 Tiefba	20	5.00%
Wasserfassungen	1403 Tiefba	50	2.00%
Aufbereitungsanlagen	1403 Tiefba	33 1/3	3.00%
Pumpwerke, Druckreduzier-/		50	2.00%
Messschächte	1403 Tiefba		
Leitungen und Hydranten	1403 Tiefba	80	1.25%
Reservoire	1403 Tiefba	66 2/3	1.50%
Mess-, Steuerungs- Fernwirkanlagen	1403 Tiefba	20	5.00%
Einkaufssummen an andere WV	1403 Tiefba	33 1/3	3.00%
Kanalisationen	1403 Tiefba	80	1.25%
Spezialbauwerke	1403 Tiefba	50	2.00%
Abwasserreinigungsanlagen	1403 Tiefba	33 1/3	3.00%
Kanalisationen	1403 Tiefba	80	1.25%
Spezialbauwerke	1403 Tiefba	50	2.00%
Abwasserreinigungsanlagen	1403 Tiefba	33 1/3	3.00%
Spezialbauwerke	1403 übrige	25	4.00%
Bauten im Wasser	1403 übrige	15	6.67%
übrige Tiefbauten	1403 übrige	40	2.50%
Schulhaus	1404 Hochb	25	4.00%
Kindergarten	1404 Hochb	25	4.00%
Mehrzweckhalle	1404 Hochb	25	4.00%
Turnhalle	1404 Hochb	33 1/3	3.00%
Schwimmbad/Eissportanlage	1404 Hochb	25	4.00%
Hallenbad	1404 Hochb	25	4.00%
Öffentliche Toilette	1404 Hochb	25	4.00%
Kirchgemeindehaus	1404 Hochb	25	4.00%
Gemeindehaus	1404 Hochb	33 1/3	3.00%
Zivilschutzanlage	1404 Hochb	33 1/3	3.00%
Werkhof	1404 Hochb	40	2.50%
Feuerwehrmagazin	1404 Hochb	40	2.50%
Tiefgrage	1404 Hochb	40	2.50%
Schlachthof	1404 Hochb	40	2.50%
Schiessanlage	1404 Hochb	40	2.50%
Abfallsammelstelle	1404 Hochb	40	2.50%
Kirche, Pfarrhaus	1404 Hochb	40	2.50%
Kulturbauten/Denkmäler	1404 Hochb	33 1/3	3.00%
Konzert- und Theatersäle	1404 Hochb	25	4.00%
Abdankungshalle/Krematorium	1404 Hochb	40	2.50%
übrige	1404 Hochb	25	4.00%
Waldungen, Alpen	1405 Waldu	40	2.50%
Mobilien, Maschinen, Fahrzeuge	1406 Mobilie	10	10.00%
Spezial- und Tanklöschfahrzeuge	1406 Mobilie	20	5.00%
	1407 Anlage	-	0.00%
diverses	1409 übrige	10	10.00%
Soft- und Hardware	1420 Softwa	5	20.00%
Immateriale Anlagen	1427 Immat	-	0.00%



Orts- und Regionalplanungen und übrige Planungen	1429 übrige	10	10.00%
Übrige immaterielle Anlagen	1429 übrige	5	20.00%

Kontrolle      ABW-Kontroll

2.5%      0.00%  
10.0%     0.00%  
5.0%      0.00%  
2.0%      0.00%  
5.0%      0.00%  
2.0%      0.00%  
3.0%      0.00%

2.0%      0.00%  
1.3%      0.00%  
1.5%      0.00%  
5.0%      0.00%  
3.0%      0.00%  
1.3%      0.00%  
2.0%      0.00%  
3.0%      0.00%  
1.3%      0.00%  
2.0%      0.00%  
3.0%      0.00%  
4.0%      0.00%  
6.67%     0.00%  
2.5%      0.00%  
4.0%      0.00%  
4.0%      0.00%  
4.0%      0.00%  
3.0%      0.00%  
4.0%      0.00%  
4.0%      0.00%  
4.0%      0.00%  
4.0%      0.00%  
3.0%      0.00%  
3.0%      0.00%  
2.5%      0.00%  
2.5%      0.00%  
2.5%      0.00%  
2.5%      0.00%  
2.5%      0.00%  
2.5%      0.00%  
3.0%      0.00%  
4.0%      0.00%  
2.5%      0.00%  
4.0%      0.00%  
2.5%      0.00%  
10.0%     0.00%  
5.0%      0.00%

#WERT!    #WERT!

10.0%     0.00%

20.0%     0.00%

#WERT!    #WERT!

10.0%	0.00%
20.0%	0.00%

## **Ziel und Zweck**

Die Aufführung der Folgekosten ist essentiell für die Aufbereitung der Entscheidungsgrundlagen zu Handen des Gemeinderates. Mit den aufzuführenden Werten werden alle jene Daten erhoben welche im Zusammenhang mit der Investition entstehen. Dabei geht es nicht nur um Abschreibungskosten, sondern um alle weitere damit verbundene (Mehr- oder Minder-) Kosten oder auch Erträge. Wenn z.B. eine neue Schule in einem Neubauquartier gebaut wird, dann sollen auch potentielle Steuererträge erfasst werden. Mit einer systematischen Erfassung dieser Daten werden auch wertvolle Angaben für Budget- und Planungsrunden erhoben.

Durch das Vorliegen dieser Angaben steht mit der Zeit auch wertvolle Informationen für die Budgetierung / Planung zur Verfügung.

## **Grundsätzliches**

- Alle Eingabefelder sind farblich gelb markiert.
- die farblich gelb markierten Felder müssen immer über die ganze Zeile vollständig ausgefüllt werden.
- Alle anderen Felder werden berechnet oder zentral durch FA eingepflegt (Selbstfinanzierungsgrad, Finanzierungskosten in %)
  
- Am Ende des Formulars sind in der schattierten Zeile die Auswirkungen der Nettokosten der Investitionen auf das Ergebnis pro Jahr aufgezeigt.
  
- in der Spalte "gesamte Laufzeit" werden die entsprechenden Werte über die angegebenen Laufzeit der Investition berechnet
- die Werte in der Spalte "übrige Jahre" verstehen sich als Residualwerte zwischen den Werten der Spalte "gesamte Laufzeit" abzüglich den in den Spalten der Einzeljahre aufgeführten Werte.
  
- Bei Bedarf sind neue Konti vorgängig zum Einreichen eines GRAs über das Intranet /Apps /HRM2Konto eröffnen, zu beantragen (vor Mitberichtsverfahren).

## **Anlagekategorien**

- im Reiter "Anlagekategorien\_Nutzungsdauer" ist erkennbar, welche Angaben pro Anlageart (Beschreibung, Lebensdauer und Abschreibung in %) zur Verfügung stehen
- im Folgekostenformular, in der dafür vorgesehenen Zeilen, immer die Abschreibungswerte in % (siehe Reiter Anlagekategorien\_Nutzungsdauer) aufführen.

## **Unterstützung durch FA**

- FCO steht gerne unterstützend beim Ausfüllen des Folgekostenformulars zur Verfügung.
- das vollständig ausgefüllte Folgekostenformular dient als Grundlage und muss immer als Beilage zum entsprechenden GRA eingereicht werden.
- Es empfiehlt sich, das ausgefüllte Formular jeweils vor dem Einreichen via GRA mit FCO zu besprechen.