

Besondere finanzielle Unterstützung für Städte, Gemeinden und Regionen

# Spezialförderung «Planungs- oder/und Machbarkeitsstudien zur Unterstützung und Förderung der Elektromobilität in Gemeinden»

## Gemeinde Hochdorf



**Autorenschaft**

Adenattec AG / System-Alpenluft AG

Manuel Wyss

Dammweg 53

3053 Münchenbuchsee

**Auftraggeberin**

Gemeinde Hochdorf

Gaby Oberson

Hauptstrasse 3

6280 Hochdorf

Diese Studie wurde mit Unterstützung von EnergieSchweiz erstellt.

Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.

Oktober 2023



# ELEKTRIFIZIERUNG DER KOMMUNALEN FAHRZEUGFLOTTE

## GRUNDLAGEN UND EMPFEHLUNGEN FÜR DIE ELEKTRIFIZIERUNG DER WERKHOFFAHRZEUGE

Gemeinde Hochdorf

---

Manuel Wyss  
This Schwendimann  
Christina Altherr

System-Alpenluft AG  
Dammweg 53  
3053 Münchenbuchsee



Oktober 2023

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Ausgangslage und Ziel</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b> .....	<b>4</b>
2.1	Warum sollte oder muss eine Gemeinde auf elektrische Antriebe umstellen? .....	4
2.2	Technische Entwicklung und Machbarkeiten bei Werkhoffahrzeugen .....	4
2.3	Ökonomische und ökologische Betrachtungen im Vorfeld einer Beschaffung .....	5
<b>3</b>	<b>Empfohlenes Vorgehen Politik/ werkhof</b> .....	<b>8</b>
3.1	Massnahmen Politik .....	8
3.2	Massnahmen Werkhoffleitung und Verantwortliche Beschaffung .....	9
<b>4</b>	<b>Empfehlungen Fahrzeuge</b> .....	<b>12</b>
4.1	Grundsätzliche Erkenntnisse aus der IST-Analyse der Werkhofflotte .....	12
4.2	Piaggio Porter (2018) .....	12
4.3	Piaggio Porter (2020) .....	13
4.4	VW Caddy – Personenwagen .....	14
4.5	Wischmaschine .....	15
4.6	Multicar - Mehrzweckfahrzeug .....	15
4.7	Reform - Hackengerät .....	16
4.8	Kleintraktor Branson .....	17
4.9	Carraro – Motorkarren .....	18
4.10	Bobcat – kleiner Pneulader .....	18
4.11	Gabelstapler .....	19
4.12	Töffli .....	19
<b>5</b>	<b>Umsetzungsplan</b> .....	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>Dimensionierung der Ladeinfrastruktur</b> .....	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>Akzeptanz der Nutzer und Kompetenzvermittlung</b> .....	<b>24</b>
<b>8</b>	<b>Fazit</b> .....	<b>25</b>
<b>9</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>26</b>
9.1	Ist-Zustand Fuhrpark .....	26
9.2	Piaggio alternative Fahrzeuge Schmalspur .....	27

## 1 AUSGANGSLAGE UND ZIEL

Im Kontext der nachhaltigen Entwicklung der Mobilität kann die Elektrifizierung der gemeindeeigenen Fahrzeugflotte eine bedeutende Rolle zur Förderung von E-Mobilität auf dem Gemeindegebiet spielen. Die Gemeinde Hochdorf beauftragte System-Alpenluft AG mit einer Machbarkeits- und Planungsstudie zum Thema «Elektrifizierung der kommunalen Fahrzeugflotte». Die Studie konzentrierte sich dabei auf die Fahrzeuge des Werkhofs.

Die Entscheidung zur Elektrifizierung der kommunalen Fahrzeugflotte spiegelt das Bestreben der Gemeinde Hochdorf, einen aktiven Beitrag zum Umweltschutz zu leisten und den Einsatz nachhaltiger Technologien voranzutreiben. Die Umstellung auf Elektrofahrzeuge bietet eine Vielzahl von Vorteilen, darunter die Reduzierung von Treibhausgasemissionen, die Verbesserung der Luftqualität, Lärmvermeidung und die Einsparung von Energiekosten. Auf der anderen Seite existieren nach wie vor grosse Herausforderungen im Zusammenhang mit der Elektrifizierung von Nutzfahrzeugen.

Die vorliegende Studie bewertet die **technische Entwicklung** und schätzt die **Machbarkeit** von alternativen Antrieben bei Werkhoffahrzeugen ein (Kapitel 2.2). Sie bietet Empfehlungen für **Massnahmen**, die die Gemeinde Hochdorf umsetzen kann, um die Transformation der Werkhoffahrzeuge voranzutreiben (Kapitel 3). Die vorhandenen Fahrzeuge der Werkhofflotte der Gemeinde Hochdorf wurden detailliert analysiert (Anhang 9.1). Mit dem Werkhofleitenden wurden die Einsatzgebiete und Anforderungen an die Fahrzeuge eingehend diskutiert. Ausgehend von den zu erfüllenden Aufgaben empfiehlt die vorliegende Studie **elektrische Alternativen** für bestehende Fahrzeuge, unter Berücksichtigung der technischen Machbarkeit (Kapitel 3.1.). Als Übersicht wurde ein **Umsetzungsplan** erarbeitet (Kapitel 5). Damit ist für die Gemeinde Hochdorf ersichtlich, welches Fahrzeug sie zu welchem Zeitpunkt ersetzen muss, um das Ziel eines betrieblich CO<sub>2</sub>-freien Werkhofes zu erreichen, und mit welchen Kosten dabei zu rechnen sind. Für die neu anzuschaffenden elektrischen werden Empfehlungen für die nötige Dimensionierung der **Ladeinfrastruktur** gegeben (Kapitel 6).

Parallel zu der vorliegenden Studie wurde von Adenattec AG eine Machbarkeits- und Planungsstudie zum Mobilitätsmanagement bei kommunalen Liegenschaften erarbeitet.

## 2 GRUNDLAGEN

### 2.1 Warum sollte oder muss eine Gemeinde auf elektrische Antriebe umstellen?

Am 6. Juni 2023 hat die Bevölkerung der Schweiz das neue Klimaschutzgesetz angenommen und damit ihre Zustimmung zum **Netto-Null Ziel bis 2050** gegeben. Dieses Ziel betrifft auch die Gemeinden, die durch ihre Aktivitäten Emissionen erzeugen, unter anderem im Verkehrssektor. Durch die Umgestaltung und Effizienzsteigerung ihrer Fahrzeugflotten können Gemeinden eine wichtige **Vorbildfunktion** übernehmen. Die Integration von Elektrofahrzeugen in ihre Fuhrparks signalisiert nicht nur ihr Engagement für nachhaltige Mobilität, sondern ermutigt auch die Bevölkerung und Unternehmen, diesem Beispiel zu folgen.

Der Umstieg auf elektrische Fahrzeuge bietet für Gemeinden zudem mehrere Vorteile, bereits genannt wurden die Reduktion von Emissionen wie Treibhausgasen und Lärm. Betrachtet man die **Gesamtkosten** über die gesamte Lebensdauer (Total Cost of Ownership, TCO), weisen Elektrofahrzeuge häufig eine gute Bilanz auf. Diese Fahrzeuge sind energieeffizienter und können im Vergleich zu steigenden Benzin- und Dieselpreisen deutliche Kostenvorteile bei den Energiekosten des Antriebs bieten. Die einfache Bauweise von Elektromotoren reduziert den Wartungs- und Reparaturaufwand, der Ölwechseln fällt weg und der Motor ist weniger anfällig für mechanische Verschleißerscheinungen.

Der Markt der E-Mobilität jetzt ist so weit entwickelt, dass sich auch Gemeinden ernsthaft mit alternativen Antrieben auseinandersetzen sollten.

### 2.2 Technische Entwicklung und Machbarkeiten bei Werkhoffahrzeugen

Die Elektrifizierung der Mobilität ist im Moment voll im Gange und der technologische Fortschritt ist nicht mehr aufzuhalten. Der Anteil an elektrischen Personenwagen steigt rasant an. Auch bei den Nutz- und Spezialfahrzeugen ist bereits viel Bewegung im Markt. Besonders für Nutzfahrzeuge mit relativ kurzen Reichweiten oder definierten Touren bietet die Elektromobilitätstechnik bereits heute Vorteile.

Allerdings stossen Werkhoffahrzeuge derzeit noch an **Grenzen**, insbesondere bei Fahrzeugen, die für längere Winterdienstesätze mit starkem Schneefall konzipiert sind. Auch bei Wischmaschinen können die Batterien, abhängig vom Einsatzort und -zweck, an ihre Kapazitätsgrenzen stoßen. Wir möchten betonen, dass die Anforderungen an die Einsatzdauer oft an den Massstäben der bisherigen, fossil betriebenen Fahrzeuge gemessen werden. Die Einführung neuer Antriebsarten erfordert jedoch möglicherweise die Neugestaltung von bestehenden **Prozessen**. Dies kann beispielsweise das Einplanen von Pausen zur richtigen Zeit beinhalten, während denen die Fahrzeuge aufgeladen werden können.

Häufig wird der Ansatz verfolgt, dass die etablierten Prozesse unverändert beibehalten werden und die neuen Fahrzeuge sich diesen anpassen müssen. Wir empfehlen, diese Perspektive zu erweitern und stattdessen die Gelegenheit zu nutzen, alle Aspekte grundlegend zu überdenken und zu prüfen, ob eine Anpassung der Abläufe sinnvoll sein könnte. Dies kann neue Möglichkeiten und Effizienzsteigerungen eröffnen und zudem die Chance bieten, dass Fahrzeuge, die auf den ersten Blick möglicherweise nicht als technisch ausgereift erscheinen, plötzlich doch ihren Zweck erfüllen können.

Trotzdem hängt die Praktikabilität von batterie-elektrischen Fahrzeugen in einem Werkhof natürlich massgeblich davon ab, wie hoch die Leistung und **Reichweite** ist. Hier sind die Entwicklungen jedoch rasant fortschreitend. Auch der **Preis** hat einen hohen Einfluss darauf, ob eine Gemeinde elektrisch beschafft oder nicht. Massgeblich für den Preis ist, ab wann die Werkhoffahrzeuge als Serienfahrzeuge ab Stange erhältlich sind. Ist dies der Fall, werden die Preise rasch sinken. Bis ins Jahr **2030** wird aus unserer Sicht im Bereich der Werkhoffahrzeuge jedes Fahrzeug auch vollelektrisch serienmässig verfügbar sein, mit einer Leistung vergleichbar mit konventionell betriebenen Fahrzeugen. Für die rasche Etablierung von batterieelektrischen Werkhoffahrzeugen spricht auch die Ausrichtung der grossen Hersteller. Boschung

Z.B. lieferte anfangs 2023 das letzte dieselbetriebene Fahrzeug aus und stellt seine Kleinfahrzeugserie komplett auf Elektroantrieb um.<sup>1</sup>

Ein grosses Problem, das aus unserer Sicht in Zukunft zunehmen wird, und auch Gemeinden betrifft, ist die **Verfügbarkeit** der Fahrzeuge. Die Lieferketten der Rohstoffe zur Herstellung von Batterien sind begrenzt, und die Nachfrage und Produktion von E-Fahrzeugen wird in den nächsten paar Jahren exponentiell ansteigen. Daneben herrschen weitere Einflussfaktoren vor, wie geopolitische Spannungen und allgemeine Probleme in den Lieferketten. Um nicht mehrere Monate, oder gar bis zu mehr als einem Jahr auf ein Fahrzeug warten zu müssen, empfiehlt sich eine langfristige Planung und eine frühe Bestellung der Fahrzeuge. Aktuell ist eine Gemeinde, die eine E-Kehrmaschine bestellt noch eine Vorreiterin – in 3 Jahren ist es nur noch eine von zahlreichen Bestellungen.

Muss in einem Werkhof also heute ein Fahrzeug ersetzt werden, sollte direkt abgeklärt werden, ob bereits eine elektrische Alternative existiert. Was heute schon verfügbar ist, empfehlen wir grundsätzlich sofort zu **elektrifizieren**. Dies betrifft im Werkhof beispielsweise Personenwagen, Lieferwagen und Kleinfahrzeuge (z.B. E-Bike, Elektrodreiräder) und Kleingeräte wie Laubbläser. Dabei empfehlen wir auf Hybridfahrzeuge zu verzichten. Diese spielen aktuell noch eine kleine Rolle als Übergangstechnologie, werden in Zukunft aber verschwinden. Auch Erdgasfahrzeuge werden in Zukunft kaum noch weiterentwickelt werden, zudem handelt es sich dabei noch um einen fossilen Antrieb.

Immer wieder hört man, dass batterieelektrisch nur eine Übergangstechnologie sei und durch **Wasserstoff** und **E-Fuels** abgelöst werden wird. Die Branche geht jedoch davon aus, dass sich die E-Mobilität im Personenwagenbereich und bei den Werkhoffahrzeugen etablieren wird. Wasserstoff hat einen sehr tiefen Wirkungsgrad von unter 25%, der Rest der Energie geht als Umwandlungsverlust verloren, was sich preislich stark bemerkbar macht. Zudem ist die Reichweite mit einem Wasserstoffantrieb bei den meisten Fahrzeugen nicht grösser als bei vollelektrischen Fahrzeugen. Einzig bei schweren Nutzfahrzeugen und Stadtbussen wird Wasserstoff eine Zukunft haben. E-Fuels sind wie auch Wasserstoff sehr energieaufwändig in der Produktion und werden in gewissen Einsatzbereichen preisbedingt noch länger ein Nischenprodukt bleiben.

Es steht eine Transformation hin zu E-Mobilität bevor, das Angebot an Fahrzeugen für Werkhöfe wird sich laufend weiterentwickeln. Es wird in der Zukunft essenziell werden, das Richtige zum richtigen Zeitpunkt zu beschaffen.

## 2.3 Ökonomische und ökologische Betrachtungen im Vorfeld einer Beschaffung

Elektrische Fahrzeuge weisen oft höhere Anschaffungskosten im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen auf. Die Rentabilität dieser Investition zeigt sich erst nach mehreren Jahren aufgrund der reduzierten Energie-, Betriebs- und Reparaturkosten. Daher ist es entscheidend, im Vorfeld einer Beschaffung die langfristigen ökonomischen und ökologischen Aspekte über den gesamten Lebenszyklus zu berücksichtigen. So kann das tatsächliche Potenzial von Elektrofahrzeugen bewertet werden und das geeignetste Fahrzeug für die Gemeinde beschafft werden. Insbesondere bei der Abwägung von unterschiedlichen Antriebsarten ist eine fahrzeugspezifische und einsatzorientierte Betrachtung der in Frage kommenden Fahrzeuge notwendig, unter Einbezug der Gesamtkosten über die Lebensdauer (Total Cost of Ownership, TCO) und der CO<sub>2</sub>-Emissionen über die ganze Lebensspanne.

### Ökonomische Betrachtung

Hier ein Beispiel für eine TCO-Berechnung im Vergleich für eine konventionelle und eine batterieelektrische Wischmaschine mit durchschnittlichen 825 Betriebsstunden im Jahr:

---

<sup>1</sup> Boschung, 2023: <https://www.electrive.net/2023/07/05/boschung-baut-nur-noch-elektrische-kleinfahrzeuge/>

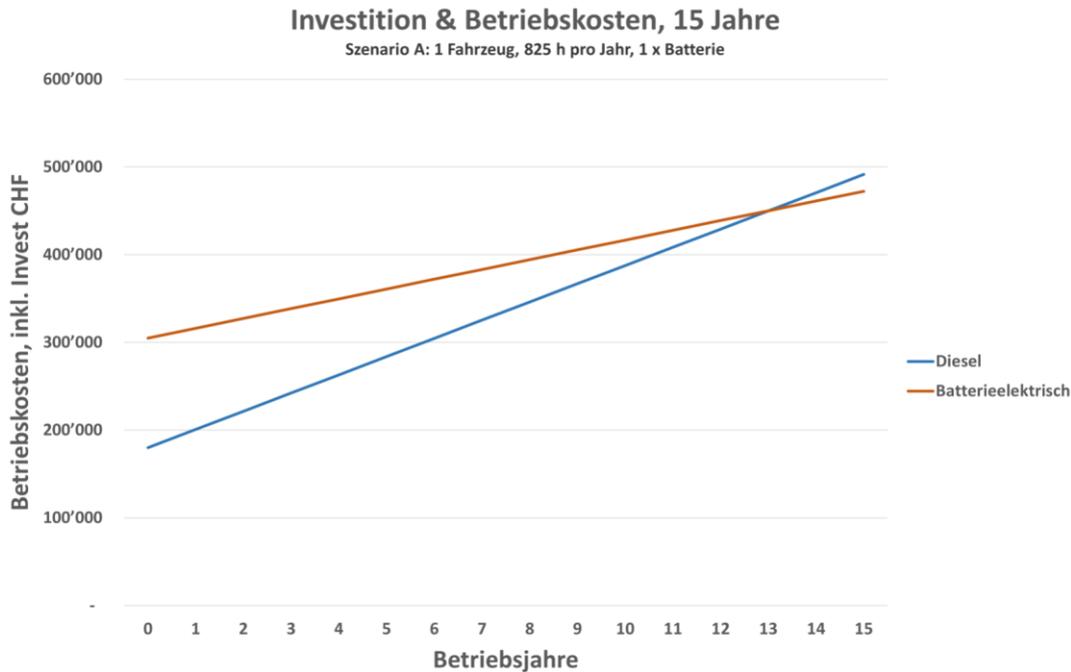


Abb. 1: Beispieldiagramm für TCO einer elektrischen (orange) und einer dieselbetriebenen (blau) Wischmaschine (Quelle: System-Alpenluft AG)

Der Break-Even Point bei den Kosten erfolgt in diesem Beispiel bei 13.5 Jahren. Ab diesem Zeitpunkt ist eine elektrische Wischmaschine günstiger auf die Gesamtkosten gesehen. Je besser ein Fahrzeug ausgelastet ist, desto früher tritt der Break-Even ein. Dies spricht bei kleineren Gemeinden für die Zusammenarbeit mit anderen Gemeinden und für Sharing-Modelle.

### Ökologische Betrachtung

Um ein fossil betriebenes Fahrzeug mit einem batterieelektrischen Fahrzeug zu vergleichen, muss der Ausstoss über die gesamte Lebensdauer betrachtet werden, von der Herstellung, über die Betriebsdauer, bis zur Entsorgung. Hier ein Beispiel für eine solche CO<sub>2</sub>-Berechnung für eine konventionelle und eine batterieelektrische Wischmaschine:

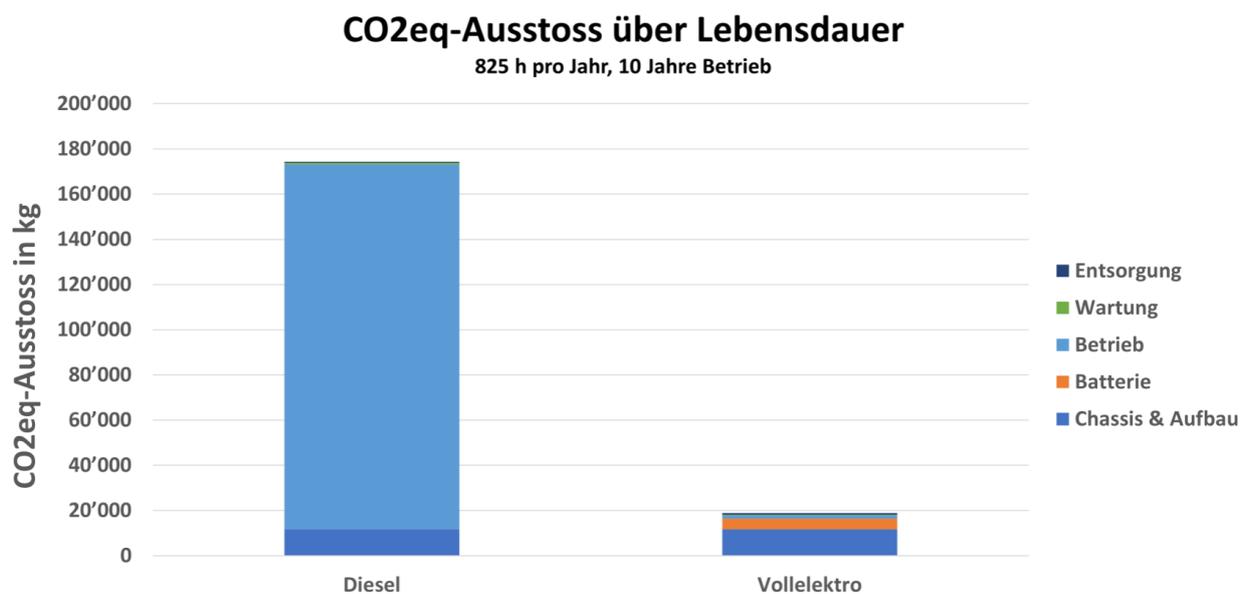


Abb. 2: Beispieldiagramm für den CO<sub>2</sub>-Ausstoss über die gesamte Lebensdauer einer dieselbetriebenen und einer elektrischen Wischmaschine (mit zertifiziertem Strom), mit einer mittleren Fahrleistung von 825h/J (Quelle: System-Alpenluft AG)

In diesem Diagramm sieht man deutlich, dass die Herstellung der Batterie (orange) der elektrischen Wischmaschine zwar viel CO<sub>2</sub> ausstösst, im Vergleich zu einer dieselbetriebenen Wischmaschine über die Lebensdauer aber immer noch sehr viel CO<sub>2</sub> eingespart werden kann.

Es ist gut ersichtlich, dass die Herstellung des Fahrzeuges in der Lebensdauerbetrachtung nur einen kleinen Teil ausmacht. Der grosse und entscheidende Teil der Emissionen wird während der Betriebsdauer der ausgestossen. Bei einer fossilbetriebenen Wischmaschine wächst der CO<sub>2</sub>-Ausstoss mit jeder Einsatzstunde, bei der batterieelektrischen Wischmaschine ist die Herstellung der Maschine, der Treiber des CO<sub>2</sub>-Ausstosses. Umso mehr Einsatzstunden oder Kilometer ein E-Fahrzeug vollbringt, desto weniger schlecht ist seine CO<sub>2</sub>-Bilanz im Vergleich zum fossil betriebenen Fahrzeug.

Die Grundlagen zu den ökonomischen und ökologischen Fakten eines Fahrzeuges dienen auch dem politischen Prozess, indem die aktuell noch hohen Investitionskosten für E-Fahrzeuge vor der Bevölkerung gerechtfertigt werden können, der Gemeinderat eine Grundlage hat, und Fakten für Diskussionen geschaffen werden usw. Zudem werden in dieser Betrachtung die Lebensdauerkosten aufgezeigt, was für Gemeinde über längere Betrachtungsdauer die wichtigere Aussage ist.

Bevor ein Fahrzeug beschafft wird, sollten die ökologischen und ökonomischen Betrachtungen für jedes Fahrzeug spezifisch berechnet werden. Eine solche Betrachtung dient der Gemeinde / Politik für den Beschaffungsprozess und bietet eine faktenbezogene Grundlage.

### 3 EMPFOHLENES VORGEHEN POLITIK/ WERKHOF

Damit die Elektrifizierung der Werkhofflotte vorangetrieben werden kann, werden folgende Massnahmen empfohlen:

#### 3.1 Massnahmen Politik

##### M1 – Zielsetzung mit Frist

Ziel	Die Gemeinde setzt ein klares Ziel, bis wann ihre Fahrzeugflotte emissionsneutral sein soll.
Vorschläge	<p>Eine Frist bis zum Jahr 2030, um eine betrieblich CO2-freie Flotte und leise zu betreiben, ist ein ehrgeiziges aber definitiv erreichbares Ziel und würde ein starkes Engagement der Gemeinde Hochdorf für nachhaltige Mobilität signalisieren.</p> <p>Fossile Fahrzeuge sollen ab sofort keine mehr beschafft werden, ein Moratorium könnte ausgesprochen werden.</p> <p>Wie und mit welchen Fahrzeugen die Dekarbonisierung stattfinden soll, wird im Folgenden konkret aufgezeigt.</p>
Zuständigkeiten	Gemeinderat

##### M2 – Langfristige Planung

Ziel	Die Gemeinde entwickelt eine langfristige Planung inkl. Budget für die Erneuerung ihrer Fahrzeugflotte. Diese soll die rechtzeitige Bestellung von Elektrofahrzeugen sicherstellen und gewährleisten, dass die Gemeinde das gesetzte Ziel erreicht.
Vorschläge	Umsetzungsplan des vorliegenden Konzeptes implementieren, um konkret zu planen, wann welche Ausschreibung gemacht werden sollte und wann entsprechende Investitionen geplant werden sollten.
Zuständigkeiten	Bauverwaltung

##### M3 – Budget langfristig

Ausgangslage	<p>In vielen Gemeinden wird das Budget für ein Jahr gesprochen. Wird der Betrag nicht genutzt, verfällt dieser. Häufig ist es jedoch so, dass bei einer Beschaffung die zeitlichen Abläufe nicht ganz vorsehbar sind. Kommt ein Fahrzeug später auf den Markt als geplant, oder erfährt Lieferverzögerungen, kann es sein, dass der Kauf eines Fahrzeuges erst ins Folgejahr oder sogar später fällt.</p> <p>Weiter ist es häufig so, dass für den Werkhof nicht spezifisch für Fahrzeuge ein Budget gesprochen wird, sondern ein Globalbudget vorgesehen ist. Dies kann dazu führen, dass ein Werkhof das Budget am Ende des Jahres noch voll ausschöpft, damit im nächsten Jahr nicht das Budget gekürzt wird. So werden z.T. nicht prioritäre Beschaffungen getätigt, nur um das Budget aufzubreuchen.</p>
Ziel	Die Gemeinde ermöglicht es, dass die budgetierten Beträge für Fahrzeugbeschaffungen ins nächste Jahr übernommen werden können, wenn die Beschaffung nicht getätigt wurde.

	Das Budget soll unter Einbezug von Erfahrungswerten langfristig geplant werden. Grundlage dafür ist der Umsetzungsplan.
Vorschläge	Wenn Geld zugesprochen wurde, dann sollte das Geld auch in das nächste Jahr übernommen werden können, es sollte kumulierbar sein.  Die Kosten für die Fahrzeuge sollten fix eingeplant werden, aber nicht auf ein Jahr beschränkt sein. Heisst dem Investitionsplan folgen, ohne dass ein Jahresende massgebend ist.
Zuständigkeiten	Gemeinderat, Finanzverwaltung

### 3.2 Massnahmen Werkhofleitung und Verantwortliche Beschaffung

Zusammengefasst ergibt sich für die Werkhofleitung, bzw. die Verantwortlichen für die Beschaffung, folgendes Vorgehen auf dem Weg zur Dekarbonisierung der Werkhofflotte:

1. **Prozesse** überdenken: **Prozesse**, für welche die Fahrzeuge eingesetzt werden, sollen im Vorfeld genau analysiert werden (Einsatzzeiten, Nutzung/Auslastung, mögliche Synergien)
2. Alternativen wie **Reduktion, Miete, Sharing und Outsourcing** ebenfalls in Betracht ziehen
3. **Pflichtenheft** erstellen
4. Beschaffung: **Bedarfsanalyse**, ökonomische und ökologische Betrachtungen, Beschaffungskriterien definieren, Beschaffung

#### M4 – Prozesse überdenken

Ziel	Bevor ein Fahrzeug beschafft wird, sollen die Prozesse, für welche das Fahrzeug eingesetzt wird, überprüft werden.
Vorschläge	Ausgehend von den zu tätigen Aufgaben die Prozesse durchdenken. Alternativen in Betracht ziehen, gem. Massnahme 2.  Prozesse der Hausdienste der beiden Schulhäuser miteinbeziehen. Fragen beantworten wie: Könnten Aufgaben zwischen den Schulhausabwarten und dem Werkhof aufgeteilt werden? Könnten Fahrzeuge, wie z.B. Kleintraktore und Winterdienstfahrzeuge geteilt werden? Wie können die Fahrzeuge besser ausgelastet werden? Könnte man einen Kleintraktor verkaufen?  Experten beiziehen, die die Werkhofleitung bei dieser Aufgabe mit Erfahrung unterstützen können.
Zuständigkeiten	Werkhofleitung / Schulhausabwarte / Externe Experten

#### M5 – Alternativen wie Reduzierung, Miete, Sharing, Outsourcing ebenfalls in Betracht ziehen

Ziel	Alternativen zur Anschaffung eines neuen eigenen Fahrzeuges sollen bei der Beschaffung in Betracht gezogen werden. Es soll nicht nur eine reine Ersatzbeschaffung gemacht werden.
Vorschläge	Mögliche alternative Modelle zum Kauf sind Reduzierung, Miete, Sharing und Outsourcing.
Zuständigkeiten	Werkhofleitung/Verantwortliche Beschaffung

### M6 – Zusammenarbeit und Koordination mit anderen Gemeinden

Ziel	Die Gemeinde prüft, ob es sich bei Beschaffungen lohnt, sich mit benachbarten Gemeinden und Organisationen zusammenschließen. Dies soll die Verhandlungsposition stärken und den Zugang zu Elektrofahrzeugen erleichtern.
Vorschläge	<p>Grundsätzlich lohnt es sich, mit anderen Gemeinden im Austausch zu stehen, um zu wissen, welche Beschaffungen bei diesen Gemeinden anstehen.</p> <p>Genügend im Voraus kann abgeklärt werden, ob man eventuell gleichzeitig die gleichen Fahrzeuge beschaffen muss. Falls ja, können die Fahrzeuge gleichzeitig bestellt werden. Dies kann zu besseren Einkaufskonditionen führen, insbesondere unter Anbetracht dessen, dass die Verfügbarkeit von Fahrzeugen in Zukunft auch für Gemeinden zu einer grösseren Herausforderung werden könnte.</p> <p>Wie im Rahmen dieser Studie erst gerade durchgeführt, können Werkhofleitende von verschiedenen Gemeinden zusammensitzen und sich austauschen. Beispielsweise können Pflichtenhefte gegengelesen werden und gemeinsam Fahrzeuge getestet werden. Dies entlastet auch die Anbieter und ergibt eine gewisse Standardisierung in den Kriterien.</p> <p>Experten beiziehen, die bei dieser Aufgabe mit Erfahrung unterstützen können.</p>
Zuständigkeiten	Werkhofleitung/Verantwortliche Beschaffung

### M7 – Pflichtenheft für jedes Fahrzeug erstellen

Ausgangslage	Ein Pflichtenheft umfasst die Anforderungen an das Fahrzeug, heisst die Aufgabengebiete, über welche Anbaugeräte und Konfigurationen, wie z.B. Klimaanlage, Pneus usw. muss es verfügen. Wie muss es eingelöst sein, welche Farbe des Nummernschildes. Garantierte Nutzlasten, Geschwindigkeit; Anhängerkupplung.
Ziel	Detaillierte Beschreibung, was das Fahrzeug erfüllen muss. Dies ergibt die Grundlagen für die Beschaffung und ermöglicht vergleichbare Angebote und eine faire Bewertung.
Vorschläge	Nach Durchführen von Massnahme 1 + 2 für jedes Fahrzeug ein Pflichtenheft anfertigen.
Zuständigkeiten	Werkhofleitung

**M8 – Beschaffung: Bedarfsanalyse, Beschaffungskriterien definieren, Beschaffung**

Ziel	Im Vorfeld der Beschaffung wird basierend auf dem Pflichtenheft eine Bedarfsanalyse gemacht. In einer ökonomischen und ökologischen Betrachtung werden geeignete Fahrzeuge miteinander verglichen. Daraufhin werden die Eignungskriterien, Technische Spezifikationen und Zuschlagskriterien definiert und die Ausschreibung und die Beschaffung durchgeführt.
Vorschläge	<p>Bedarfsanalyse: Die Gemeinde analysiert ihren Bedarf an Fahrzeugen, um die richtigen Ressourcen zum richtigen Zeitpunkt und zu den besten Konditionen zu beschaffen.</p> <p>In einer ökonomischen Betrachtung sollte die Lebensdauerkosten (TCO) berücksichtigt werden, damit im Gegensatz zu den hohen Anschaffungskosten die tiefen Betriebskosten von elektrischen Fahrzeugen berücksichtigt werden können.</p> <p>Beschaffungskriterien: Es können auch qualitative Anforderungen, wie z.B. die Reichweite / Einsatzdauer definiert werden. Nachhaltigkeitskriterien können die ökologische und soziale Nachhaltigkeit in der Lieferkette und CO2-Ausstoss in der Herstellung bewerten.</p> <p>Evtl. Experten beiziehen, die bei der Definition von Nachhaltigkeitskriterien unterstützen können.</p>
Zuständigkeiten	Werkhofleitung/Verantwortliche Beschaffung

## 4 EMPFEHLUNGEN FAHRZEUGE

### 4.1 Grundsätzliche Erkenntnisse aus der IST-Analyse der Werkhofflotte

Der Weg zur Erreichung eines betrieblich CO<sub>2</sub>-freien Werkhofes kann herausfordernd sein, da es meist nicht ausreicht, lediglich die bestehenden Fahrzeuge durch elektrische Varianten zu ersetzen. Die Dekarbonisierung der Werkhofffahrzeuge eröffnet eine Gelegenheit, die historisch gewachsenen Aufgaben eines Werkhofs und die damit verbundenen Prozesse sowohl auf politischer als auch auf operativer Ebene zu überdenken.

In der IST-Analyse der Werkhofffahrzeuge der Gemeinde Hochdorf wurde deutlich, dass die Betriebsstunden der einzelnen Fahrzeuge vergleichsweise niedrig sind. Geringe Betriebsstunden führen zu einer weniger effizienten Auslastung der Fahrzeuge und ungünstigen Rentabilitätsberechnungen. Je mehr ein Fahrzeug ausgelastet ist, desto besser sind die Fixkosten auf die Stunden verteilt.

Um die Effizienz bei den Werkhofffahrzeugen zu steigern, wurden bei den nachfolgenden Empfehlungen die folgenden Fragen berücksichtigt:

1. Wie kann die Auslastung bei den zukünftigen Fahrzeugen erhöht werden?
2. Wie viele Fahrzeuge werden noch benötigt, wenn diese vielseitiger eingesetzt werden können?
3. Lassen sich einzelne Fahrzeuge mehrfach beschaffen, um eine Standardisierung bei den Trägerfahrzeugen zu erreichen?
4. Kann man grundsätzlich Fahrzeuge eliminieren, um Ressourcen einzusparen und die Auslastung der verbleibenden Fahrzeuge zu optimieren?

All diese Fragen sollten auch in Zukunft immer wieder gestellt werden, ausgehend von den zu erfüllenden Aufgaben und losgelöst von der bestehenden Flotte. Hier kann auch eine Aussensicht von externen Experten eine Unterstützung bieten.

### 4.2 Piaggio Porter (2018)

#### Ausgangslage

Der Werkhof Hochdorf verfügt über zwei Piaggio Porter 1.3. Die beiden Fahrzeuge wurden in den letzten fünf Jahren angeschafft und sind relativ neu. Allerdings sehen die Fahrzeuge bereits abgenutzt aus, der Boden ist angerostet. Wird wie aktuell ein 800l Container auf der Ladefläche eingesetzt, befindet sich die Einwurfhöhe 2m über Boden, was für Chübeltouren weniger praktisch ist.

<b>Alter</b>	5 Jahre
<b>Zustand</b>	2 (Boden sehr rostig)
<b>km / Jahr</b>	Beide ca. 6'500 km
<b>h / Jahr</b>	Beide ca. 435h pro Jahr
<b>Wann ersetzen</b>	2023 sofort
<b>Neuanschaffung, Kosten</b>	Beschaffung Kyburz, ca. 15'000 CHF

**Empfehlung Kyburz statt Piaggio 2023:** Es wird empfohlen, das ältere Piaggio gegen ein Kyburz Dreirad einzutauschen. Das Kyburz Fahrzeug ist flinker und man kann auf beiden Seiten aussteigen, ohne noch eine Türe öffnen zu müssen. Zudem sind die Betriebskosten für ein Kyburz fast Null, was kein anderes Fahrzeug erreicht. Der Nachteil beim Kyburz ist, dass es nur über einen Sitzplatz verfügt, heisst eine Person weniger mit auf Tour gehen kann. Hier könnte geprüft werden, wann überhaupt zwei Sitzplätze nötig sind. Als mögliche Option könnte auch die Beschaffung von zwei Kyburz geprüft werden.

Das Kyburz lässt sich zudem mit einem Anhänger ausstatten. So können auch Chübeltouren gefahren werden. Hier könnte man prüfen, ob es einen Anhänger gibt, der einen 800l Container transportieren kann. Das Kyburz kann sofort beschafft werden.

Das ältere Piaggio als Sofortmassnahme durch ein Kyburz ersetzen. Das andere Piaggio 2028 durch bspw. einen Goupil, oder je nach Situation durch einen E-Pritschenwagen oder ein E-Mehrzweckfahrzeug ersetzen.



Abb. 4: IST-Zustand Piaggios, rostiger Boden



Abb. 3: Kyburz, E-Dreirad im Werkhof-Einsatz (Quelle: kyburz.ch)

### 4.3 Piaggio Porter (2020)

Das neuere der beiden Piaggio Porter Fahrzeug ist aus dem Jahr 2020.

Alter	3 Jahre (2020)
Zustand	2 (Boden sehr rostig)
km / Jahr	6'600 km
h / Jahr	440h pro Jahr
Wann ersetzen	2027
Neuanschaffung, Kosten	Beschaffung Schmalspurfahrzeug oder E-Pritschenwagen ca. 50'000 CHF

**Empfehlung Goupil / E-Pritschenwagen statt Piaggio 2027:** Das zweite Piaggio ist erst drei Jahre alt, der aktuelle Zustand mit dem rostigen Boden zeigt aber, dass es das Lebensende voraussichtlich gegen 2028 mit acht Jahren erreicht haben wird. Dann könnte es durch ein elektrisches Schmalspurfahrzeug, wie beispielsweise durch bspw. einen Goupil, Evum oder einen Elion ersetzt werden (Fahrzeugvergleich im Anhang unter 9.2). Soll es ein grösseres Fahrzeug sein, kann auch ein elektrischer Lieferwagen mit Pritschenaufbau beschafft werden.

**Empfehlung Mehrzweckfahrzeug statt Piaggio 2027:** Je nachdem, welche Fahrzeuge sonst angeschafft werden, und zu welchen Ergebnissen das Überdenken der Prozesse führt, könnte auch ein elektrisches Mehrzweckfahrzeug beschafft werden. Als Beispiel für ein elektrisches Mehrzweckfahrzeug sei hier das Boschung Pony P3.0 und der Hako ZE 1650 City Master genannt.



Abb. 5: Von links nach rechts: elektrisches Schmalspurfahrzeug, elektrischer Pritschenwagen, elektrisches Mehrzweckfahrzeug

## 4.4 VW Caddy – Personenwagen

### Ausgangslage

Der VW-Caddy wurde 2022 beschafft und wird als Personenwagen v.a. für den Transport von Personen von A nach B eingesetzt. Der VW wird mit Benzin betrieben.

Alter	1 Jahr (2022)
Zustand	1, heisst Alles erledigt, Service i.O, guter Zustand
km / Jahr	7'661 km
h / Jahr	482 h
Wann ersetzen	Sofortmassnahme 2023
Neuanschaffung, Kosten	Beschaffung E-PW, z.B. Toyota Proace City, Kosten ca. 43'000

**Empfehlung Eintausch VW-Caddy:** Bei den PW-Fahrzeugen ist die Technologie E-Mobilität bereits ausgereift. Die E-Fahrzeuge sind von ihrer Leistung her vergleichbar mit konventionell betriebenen Fahrzeugen. Neben den Einsparungen von Emissionen können Einsparungen bei Reparaturaufwand und Service gemacht werden. Wir empfehlen, den VW-Caddy gegen einen elektrischen PW einzutauschen.

Als mögliche Option würden wir den Toyota Proace City City empfehlen. Toyota hat aktuell gute Konditionen und gibt als einziger Hersteller im Moment noch 10 Jahre Garantie auf die Batterie. Die Anhängelast beträgt beim Proace City 2 Tonnen. Die Kosten für dieses Modell belaufen sich aktuell auf ca. 43'000 CHF.

**Empfehlung Pool-Fahrzeug:** Das neue Fahrzeug könnte als Poolfahrzeug dienen und auch für das restliche Gemeindepersonal zur Verfügung gestellt werden. Umgekehrt könnte auch die Gemeindeverwaltung ein Poolfahrzeug beschaffen, das bei Bedarf vom Werkhof genutzt werden könnte. Mehr zur Empfehlung eines Poolfahrzeuges siehe Studie Adenattec AG, Mobilitätsmanagement von kommunalen Liegenschaften.

Eintausch des VW-Caddy beispielsweise gegen einen vollelektrischen Toyota Proace City. Prüfen der Möglichkeit eines Poolfahrzeuges, geteilt mit der Gemeindeverwaltung.



Abb. 7: Toyota Proace City (Quelle: autozeitung.de)



Abb. 6: Toyota Proace City, Anhängerkupplung (Quelle: omac.ch)

## 4.5 Wischmaschine

### Ausgangslage

Die Wischmaschine ist mit 3 Jahren recht neu. Mit 800 Betriebsstunden pro Jahr, heisst durchschnittlich 15 h/ Woche ist sie gut ausgelastet. Aufgrund der hohen Auslastung und einem Dieserverbrauch von ca. 6l/h ist sie aber auch der grösste Emissionstreiber der Werkhofflotte.

Alter	3 Jahre
Zustand	1, heisst Alles erledigt, Service i.O, guter Zustand
km / Jahr	14'500
h/ Jahr	800h
Wann ersetzen	Ab ca. 2028
Neuanschaffung, Kosten	Beschaffung E-Wischmaschine, ca. 220'000

**Empfehlung Ersatz durch E-Wischmaschine:** Die Wischmaschine wird voraussichtlich noch einige Jahre laufen. Ab 2028 wird sie ca. 8'000 Einsatzstunden geleistet haben. Ab diesem Zeitpunkt, spätestens wenn die Reparaturkosten zu hoch werden, sollte eine Ersatzbeschaffung geplant werden. 2028 werden die elektrischen Modelle von der Leistung her vergleichbar sein mit den heutigen konventionellen Modellen.

Die Wischmaschine wird voraussichtlich noch einige Jahre zuverlässig laufen. Ab 2028 sollte sie durch eine elektrische Wischmaschine ersetzt werden.

## 4.6 Mulitcar - Mehrzweckfahrzeug

### Ausgangslage:

Der Mulitcar ist als Mehrzweckfahrzeug sowohl im Winterdienst als auch für alle möglichen Transporte einsetzbar. Die Stundenleistung ist mit 280h/Jahr eher tief. Aufgrund des Dieselmotors, der Abgasreinigung und der komplexen Technik werden die Reparaturkosten für den Multicar mit fortschreitendem Alter zunehmen. Die Entwicklung der Betriebskosten sollten im Auge behalten werden, von diesen Kosten ist dann auch der Zeitpunkt für eine neue Lösung abhängig.

Alter	4 Jahre
Zustand	1, heisst Alles erledigt, Service i.O, guter Zustand
h/ Jahr	280 h/J
Wann ersetzen	Verkauf, wenn E-Fahrzeuge da, die die Aufgabengebiete abdecken können
Neuanschaffung, Kosten	Elimination (Aufgaben können bspw. durch Rigitrac, mittlerer E-Traktor oder Winterdienst durch Stapler übernommen werden)

**Empfehlung Prozesse überdenken:** Mit dem Mulitcar und dem Reform verfügt der Werkhof Hochdorf über zwei ähnliche Fahrzeuge, die beide nicht über eine hohe Auslastung verfügen. Wir empfehlen, hier nochmals die Aufgabengebiete genau anzuschauen, und zu analysieren, wo es Überschneidungen zwischen den beiden Fahrzeugen gibt.

**Empfehlung Rigitrac:** Ein Rigitrac könnte die Aufgaben des Mulitcar übernehmen, da dieser sich sowohl im Winterdienst einsetzen lässt, als auch Transporte durchführen kann. Dieser Kleintraktor ist das erste elektrische Modell, das bereits heute genügend Leistung erbringt und wird in der Schweiz gefertigt.

**Empfehlung E-LKW, Aufgaben teilen mit Reform:** Wird als Ersatz für den Reform ein Fahrzeug angeschafft, könnte dieses Fahrzeug die Transportaufgaben des Multicar übernehmen. Siehe Empfehlungen K. 4.7.

**Empfehlung Outsourcing schwere Transporte:** Die Geländetauglichkeit und die hohe Nutzlast des Multicar werden nur selten voll ausgenutzt. Der Multicar könnte daher auch verkauft werden. Schwere Transporte, beispielsweise von Kies, könnten outsourct werden.

In einem ersten Schritt sollten die Prozesse überdenkt werden. Die Aufgabengebiete des Multicar können voraussichtlich durch die zukünftigen E-Fahrzeuge ebenfalls abgedeckt werden. Schwere Transporte können auch outsourct werden. Sobald diese Fahrzeuge vorhanden sind, könnte der Multicar verkauft werden.



Abb. 8: Rigitrac SKE40 elektrisch, im Winterdienstinsatz (Quelle: rigitrac.ch)

## 4.7 Reform - Hackengerät

### Ausgangslage:

Der Reform verfügt über ein Hackengerät und führt Transporte durch. Er ist ebenfalls im Winterdienst einsetzbar. Die Stundenleistung ist mit 349h/Jahr eher tief. Auch hier wird der Dieselmotor mit fortschreitendem Alter voraussichtlich zu höheren Reparaturkosten führen. Die Entwicklung der Betriebskosten sollten im Auge behalten werden, von diesen Kosten ist dann auch der Zeitpunkt für eine neue Lösung abhängig.

<b>Alter</b>	5 Jahre (2018)
<b>Zustand</b>	1, heisst Alles erledigt, Service i.O, guter Zustand
<b>h/ Jahr</b>	349 h/J
<b>Wann ersetzen</b>	2029
<b>Neuanschaffung, Kosten</b>	Beschaffung mittlerer E-Traktor, ca. 240'000 CHF

**Empfehlung Prozesse überdenken:** Mit dem Multicar und dem Reform verfügt der Werkhof Hochdorf über zwei ähnliche Fahrzeuge, die beide nicht über eine hohe Auslastung verfügen. Wir empfehlen, hier nochmals die Aufgabengebiete genau anzuschauen und zu analysieren, wo es Überschneidungen zwischen den beiden Fahrzeugen gibt.

**Empfehlung Ersatz durch mittlerer Traktor:** Als Ersatz für den Reform könnte ein mittelgrosser elektrischer Traktor beschafft werden. Wir gehen davon aus, das ab 2027 elektrische Modelle von verschiedenen Herstellern verfügbar sein werden. Ein entsprechender Anhänger für den Traktor kann die Hackengerätfunktion übernehmen, damit mit dem Traktor ebenfalls Mulden transportiert werden können. Der Traktor kann ebenfalls im Winterdienst eingesetzt werden.

In einem ersten Schritt sollten die Prozesse überdenkt werden. Der Reform könnte durch einen E-Traktor mittlerer Grösse ersetzt werden.

## 4.8 Kleintraktor Branson

### Ausgangslage

Der Kleintraktor ist fast neu und wird v.a. im Winterdienst auf den Trottoirs verwendet. Im Sommer steht das Fahrzeug. Daher kommt auch die tiefe Stundenleistung von 60h/Jahr. Da er mit Benzin betrieben wird, stösst er weniger Abgase aus, was auch für die Abgasreinigung von Vorteil ist.

<b>Alter</b>	1 Jahr (2022)
<b>Zustand</b>	1, heisst Alles erledigt, Service i.O, guter Zustand
<b>km / Jahr</b>	Ca. 900 km
<b>h / Jahr</b>	60 h
<b>Wann ersetzen</b>	Falls Rigitrac beschafft, verkaufen, ausser Liegenschaftsdienst kann ihn nutzen
<b>Neuanschaffung, Kosten</b>	Elimination oder Sharing mit Liegenschaftsdienst

**Empfehlung Sharing mit Liegenschaftsdiensten der Gemeinde:** Das Fahrzeug ist nur sehr tief ausgelastet. Um das Fahrzeug besser zu nutzen, könnte mit den Liegenschaftsdiensten der Gemeinde, wie z.B. bei den Schulhäusern ein Sharing-Modell in Betracht gezogen werden. Insbesondere im Sommer, wenn der Werkhof ihn meist nicht braucht, könnte der Kleintraktor bei den Gemeindeliegenschaften z.B. zum Mähen eingesetzt werden. Dies müsste mit den zuständigen Personen für die Liegenschaftsverwaltungen mal angeschaut und abgesprochen werden.

**Empfehlung Mehrzweckfahrzeug:** Beschafft die Gemeinde im Rahmen einer anderen Beschaffung ein Mehrzweckfahrzeug oder einen Rigitrac, könnte dieses im Winterdienst die Trottoirreinigung übernehmen. Somit wäre das Einsatzgebiet des Kleintraktors abgedeckt und die Flotte könnte um dieses fossil betriebene Fahrzeug reduziert werden.

Sharing des Kleintraktors mit den Liegenschaftsdiensten der Gemeinde prüfen. Allenfalls kann das Einsatzgebiet des Kleintraktors durch einen neuen Rigitrac oder ein neues Mehrzweckfahrzeug abgedeckt werden.

## 4.9 Carraro – Motorkarren

### Ausgangslage

Mit dem Carraro verfügt der Werkhof Hochdorf über ein Spezialfahrzeug, das normalerweise eher in Plantagen oder im Rebbau eingesetzt wird. Mit 9 Jahren ist es eines der älteren Fahrzeug in der Flotte von Hochdorf. Erst kürzlich wurde eine Reparatur fällig. Der Carraro wird auch fürs Mähen und im Winterdienst eingesetzt.

Alter	9 Jahre (2014)
Zustand	1, heisst Alles erledigt, Service i.O., guter Zustand
Reparaturkosten/J	5'300 CHF
Amortisationskosten/J	4'800 CHF (NP: 58'000 CHF, Amortisation auf 12 Jahre)
h/ Jahr	192 h/J
Winterdiensteinsatz	Ca. 100h (je nach Schneemenge)
Wann ersetzen	2024/2025
Neuanschaffung, Kosten	Verkaufen, wenn ein Rigitrac beschafft wird

**Empfehlung Rigitrac:** Für dieses Spezialfahrzeug gibt es aktuell noch keine elektrische Alternative. Die Einsatzgebiete Mähen und Winterdienst könnten allerdings mit einem Rigitrac abgedeckt werden.

Die Einsatzgebiete des Cararro könnten mit einem Rigitrac abgedeckt werden.

## 4.10 Bobcat – kleiner Pneulader

### Ausgangslage

Der kleine Pneulader der Marke Bobcat ist das älteste Fahrzeug im Werkhof. Er wird zwar nur noch sporadisch eingesetzt, tut aber seinen Dienst.

Alter	25 Jahre (1988)
Zustand	1, heisst Alles erledigt, Service i.O., guter Zustand
h/ Jahr	47 h/J
Wann ersetzen	Eliminieren, wenn hohe Reparaturkosten auftreten, spätestens 2030
Neuanschaffung, Kosten	Eliminieren, Beschaffung E-Radlader, siehe Massnahme unter 4.10

**Empfehlung:** Werden die Reparaturkosten teuer, oder wird das Jahr erreicht, indem die Werkhofflotte das Netto-Null Ziel erreichen soll, sollte der Bobcat eliminiert werden. Der Werkhof wird mit dem bisherigen Stapler oder dessen Ersatzfahrzeug immer noch über einen Stapler verfügen (siehe folgendes Kapitel).

Werden die Kosten für den Bobcat zu hoch, oder wird die Frist für den betrieblich CO2-freien Werkhof erreicht, sollte das Fahrzeug eliminiert werden.

## 4.11 Gabelstapler

### Ausgangslage

Der Gabelstapler ist mit 20 Jahren auch älter. Da es sich um ein Occasion-Fahrzeug handelt, kann nicht im Detail eruiert werden, wie viele Stunden der Stapler im Werkhof im Einsatz ist. Unsere Schätzung beläuft sich auf ca. 2h pro Woche, was einer Einsatzdauer pro Jahr zwischen 50-100h entspricht.

Alter	20 Jahre (2003)
Zustand	1, heisst Alles erledigt, Service i.O, guter Zustand
h/ Jahr	Ca. 50-100h
Wann ersetzen	2025
Neuanschaffung, Kosten	Beschaffung E-Radlader, ca. 130'000 CHF

**Empfehlung E-Radlader:** Der Stapler funktioniert zwar noch, wird aber in absehbarer Zeit das Lebensende erreicht haben. Hier empfiehlt sich der Ersatz durch einen vollelektrischen Pneulader. Dieser kann auch das Aufgabengebiet des Bobcat abdecken und im Vergleich zu einem Gabelstapler auch im Winterdienst eingesetzt werden. Hier gibt es bereits Alternativen auf dem Markt, bspw. der E-Radlader von Kramer oder der Volvo L20. Dieser kann 6h im Winterdienst laufen, ohne zwischenzuladen.<sup>2</sup> Die Kosten für einen solchen Radlader, inkl. Schaufel, Gabel und Winterdienstausrüstung belaufen sich auf ca. 130'000 CHF.

Der Gabelstapler ist älter, und sollte ca. 2025 durch einen elektrischen Radlader ersetzt werden.



Abb. 9: Volvo Radlader L20 Electric (Quelle: robert-aebi.ch)



Abb. 10: Kramer Radlader 5055e (Quelle: baumaschinen.online)

## 4.12 Töffli

### Ausgangslage

Der Werkhof verfügt über ein älteres Töffli der Marke Pony.

### Empfehlung

Das Töffli verfügt zwar über einen gewissen Liebhaberwert. Allerdings stösst dessen Motor einiges an Emissionen aus. Wir empfehlen, das Töffli durch ein Kyburz zu ersetzen, wie bereits oben vorgeschlagen. Das Kyburz kann auf 30 km/h eingelöst werden, so kann es auch der Lehrling fahren.

<sup>2</sup> Robert-Aebi, 2023: <https://www.robert-aebi.ch/de/bautechnik/news/volvo-l20electric-winterdemo/>



## 5 UMSETZUNGSPLAN

Es wird empfohlen, dass die Entscheidungsträger:innen der Gemeinde klare Zielsetzungen im Bereich der Elektrifizierung des Fuhrparks Hochdorf definieren. Diese Ziele sollten festlegen, bis zu welchem Zeitpunkt die betriebseigene Werkhofflotte vollständig auf elektrische Antriebe umgestellt werden soll. Diese festgelegten Ziele könnten den nachfolgenden Umsetzungsplan unterstützen.

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
<b>Piaggio (2018)</b>	Beschaffung Kyburz sofort - 15'000 CHF								Mögliches Ziel: Werkhof vollelektrisch bis 2030	
<b>VW-Caddy</b>	Eintausch durch z.B. Toyota Proace sofort - ca. 15'000 CHF									
<b>Piaggio (2020)</b>	Beschaffung Schmalspurfahrzeug oder E-Pritschenwagen - ca. 50'000 CHF									
<b>Wischmaschin</b>	Beschaffung e-Wischmaschine - ca. 220'000 CHF									
<b>Multicar</b>	Elimination?									
<b>Reform</b>	Beschaffung E-Traktor mittel 2027 - ca. 240'000 CHF									
<b>Kleintraktor</b>	Elimination / Sharing mit Liegenschaftsdienst?									
<b>Carraro</b>	Beschaffung Rigitrac - ca. 220'000 CHF									
<b>Bobcat</b>	Elimination?									
<b>Gabelstapler</b>	Ersatz durch E-Radlader - ca. 130'000 CHF									
<b>InvestitionsKo/J inkl. Geräte (Schätzung)</b>	30'000	220'000	130'000		50'000	220'000	240'000	Total 890k Investitionen müssen für die Dekarbonisierung 2023-2030 bereitgestellt werden		
<b>Mögliche Kostenaufteilung</b>	30'000	150'000	150'000	150'000	150'000	150'000	150'000			

Abb. 9: Umsetzungsplan Elektrifizierung der Werkhofflotte Hochdorf bis 2030

Der Umsetzungsplan ist abhängig von den politischen und operativen Entscheidungen, bspw. der Festsetzung einer Frist, bis wann die Werkhofflotte betrieblich CO<sub>2</sub>-frei sein soll. Je nachdem wie die vorgelegten Empfehlungen umgesetzt werden, wie die Prozesse angepasst werden und wie allfällige Kooperationen mit Liegenschaftsdiensten und anderen Gemeinden ausfallen, muss der Umsetzungsplan angepasst werden. Da sich auch der Markt laufend weiterentwickelt, sollte der Umsetzungsplan laufend überprüft werden.

### Überbrückungslösungen

Wie bereits erwähnt, stehen für einige Einsatzgebiete des Werkhofs noch nicht ausreichend leistungsfähige Fahrzeuge zur Verfügung, die gleichzeitig für eine Gemeinde finanziell tragbar sind. Fällt eines der aktuellen Fahrzeuge aus, gibt es verschiedene Lösungsansätze, um eine Notbeschaffung eines noch fossil betriebenen Fahrzeuges vermeiden zu können. Grundsätzlich sollte unbedingt vermieden werden, mit neuen Ressourcen eine alte Technologie zu beschaffen.

Überbrückungslösungen:

1. Reparatur und Wartung der vorhandenen Fahrzeuge.
2. Inanspruchnahme von Mietlösungen.
3. Einsatz von Occasionsfahrzeugen zur vorübergehenden Überbrückung.
4. Kooperation mit anderen Gemeinden, um ein Fahrzeug auszuleihen

## 6 DIMENSIONIERUNG DER LADEINFRASTRUKTUR

Um die elektrischen Werkhoffahrzeuge in Zukunft laden zu können, wird eine passende Ladeinfrastruktur nötig sein. Folgende Kennzahlen zur Ladeinfrastruktur können für die vorgeschlagenen Fahrzeuge prognostiziert werden:

	Beschaffungs-jahr	Batteriekapazität kWh	Netzanschluss (Spannung in V)	Ladeleistung AC max.	Steckdose
Kyburz	2023	6.2 kWh	240	2.2 kW	Steckdose T13
E-PW	2023	50 kWh	400	11 kW	Industriesteckdose CEE16
Rigitrac	2024	60 kWh	400	22 kW	Industriesteckdose CEE32
E-Radlader	2025	ca. 70 kWh	400	22 kW	Industriesteckdose CEE32
Schmalspurfahrzeug	2027	ca. 20 kWh	400	11 kW	Industriesteckdose CEE16
E-Wischmaschine	2028	ca. 80-100 kWh	400	22 kW	Industriesteckdose CEE32
E-Traktor mittel	2029	ca. 200 kWh	400	22 kW	Industriesteckdose CEE32

Abb. 10: Kennzahlen zu Batterie und Ladeinfrastruktur zu den vorgeschlagenen Fahrzeugen

Das Kyburz-Fahrzeug kann ohne zusätzliche Ladeinfrastruktur an einer normalen Steckdose geladen werden. Bei den weiteren Fahrzeugen kann davon ausgegangen werden, dass sie jeweils über Nacht oder in den Stehzeiten durch den Tag geladen werden. Für eine volle Batterie nach sechs Stunden reicht eine Wallbox mit einer AC-Ladeleistung von 11kW, bzw. von 22kW für die grösseren Fahrzeuge. Somit müssten bis 2030 sechs Wallboxen in Betrieb genommen werden, um die zukünftigen elektrischen Fahrzeuge des Werkhofs über Nacht laden zu können.

Der Traktor wird voraussichtlich über die Möglichkeit des DC-Ladens verfügen, heisst er könnte über einen Schnelllader mit Gleichstrom geladen werden. Auch der E-PW wird über eine Schnelladefunktion verfügen. Die Installationskosten für einen eigenen Schnelllader beim Werkhof würden sich auf ca. 30'000-60'000 CHF belaufen. Der Traktor und der PW werden allerdings voraussichtlich 6-8h im Einsatz sein können, bis die Batterie leer ist. Daher wird es keinen eigenen Schnelllader brauchen. Muss trotzdem notfalls mal schnell geladen werden, wird empfohlen, auf bis dann womöglich bestehende Schnellladestation in der Nähe auszuweichen. Auch bei den anderen Fahrzeugen besteht die Möglichkeit, dass diese in Zukunft DC-, also schnellladen können.

### Eigene PV-Anlage auf Werkhofdach

Wird der Strom für die elektrischen Fahrzeuge selbst hergestellt, kann das volle Potenzial der E-Mobilität genutzt werden. Es wird empfohlen, dass die Gemeinde Hochdorf die gemeindeeigenen Dächer, insbesondere das Werkhofgebäude mit PV-Anlagen ausstattet. So wächst die eigene Stromproduktion mit dem Bedürfnis nach Ladestrom mit.

Das Bundesamt für Energie bietet mit dem «Solarrechner» einen kostenlosen Kosten- und Nutzenrechner an.<sup>3</sup> Das Bundesamt für Umwelt stellt den Rechner «Sonnendach» zur Verfügung, der eine etwas einfachere Herangehensweise bietet, aber schlussendlich auch auf die Website des BFE verlinkt.<sup>4</sup> Auch Geo-Admin stellt eine Karte zur Verfügung.<sup>5</sup>

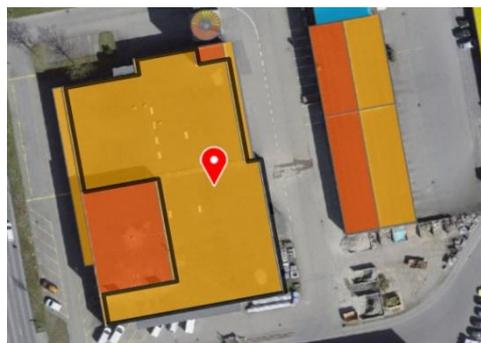
Unten ein Beispiel für die Auswertung des Daches der Adresse, **Werkhof Hochdorf**, mit einer Kombination aus den beiden Rechnern, der eine optimale Auslastung des Dachs berücksichtigt. Gemäss dem Solarrechner ist das Dach gut geeignet. Auf dem Werkhofgebäude können ohne den orange markierten

<sup>3</sup> Bundesamt für Energie, Solarrechner: <https://www.energieschweiz.ch/tools/solarrechner/>

<sup>4</sup> Bundesamt für Umwelt, Sonnendach: <https://www.uvek-gis.admin.ch/BFE/sonnendach/>

<sup>5</sup> Geo Admin: <https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=energie&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-grau&catalogNodes=2419,2420,2427,2480,2429,2431,2434,2436,2767,2441,3206&layers=ch.bfe.solarenergie-eignung-daecher&E=2604902.10&N=1211253.54&zoom=12>

Teil des Daches im Sommer rund 278'000 kWh Strom produziert werden. Dies reicht aus, die vorgeschlagenen elektrischen Werkhoffahrzeuge mit eigenem Strom zu laden.



**Eignung von Hausdächern für die Nutzung von Sonnenenergie** (Bundesamt für Energie BFE)

Eignung	Gut
Dachfläche [m2]	2007
Ausrichtung [°]	0
Neigung [°]	-
Finanzieller Ertrag [CHF]	37720.0
Stromertrag Sommer [kWh/Sommer]	278232
Stromertrag Winter [kWh/Winter]	98932
Weitere Information	<a href="http://sonnendach.ch">sonnendach.ch</a>

**Abb. 11:** Solarpotenzial Werkhofgebäude Hochdorf, Industriestrasse 6 (Quelle: Geo Admin)

Auch bei Werkhoffahrzeugen lohnt sich das Planen des Ladeverhaltens. Am effizientesten ist es, wenn die Fahrzeuge durch den Tag mit möglichst viel Sonnenstrom geladen werden können. Heisst die Werkhoffahrzeuge sollten während der Mittagspause immer an den Strom gehängt werden. Auch wenn die Fahrzeuge durch den Tag gerade nicht in Gebrauch sind, sollten sie geladen werden. Dies ist effizienter als das Fahrzeug fast leer am Abend nach Feierabend einzustecken.

Ladenpunkt fördert aktuell u.a. auch Gemeinden für besonders innovative Ladeansätze, mit 30'000-50'000 CHF, siehe Anhang **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..**

## 7 AKZEPTANZ DER NUTZER UND KOMPETENZVERMITTLUNG

Der Erfolg von Elektromobilität in Flotten wie bei einem Werkhof hängt stark vom Engagement der Fahrzeugnutzenden ab. Die Verantwortlichen in der Gemeinde und die Mitarbeitenden an der Front sollten bereit sein, sich auf die neue Technologie einzulassen und gegebenenfalls ihre Mobilitätsgewohnheiten ändern wollen.

Die grundlegende Handhabung von Elektrofahrzeugen ähnelt der von konventionellen Fahrzeugen. Der entscheidende Unterschied liegt jedoch im Umgang mit der Fahrzeugbatterie. Es ist wichtig zu verstehen, wie die Batteriekapazität optimal genutzt werden kann.

Spezielle Mitarbeiterschulungen dienen der Vermittlung von Basiskompetenzen. Dabei sollte der Fokus auf dem Ladevorgang sowie auf jenen Faktoren liegen, die Einfluss auf die Reichweite haben. Zu diesen zählen beispielsweise Fahrstil, Nebenverbraucher und Witterungseinfluss. Zusätzlich sollten im Fahrzeug Informationen in Form einer Checkliste vorhanden sein, damit im Zweifelsfall darauf zurückgegriffen werden kann.

Um etwaige Vorurteile abzubauen, Bedenken ernst zu nehmen und Kompetenzen im Umgang mit den elektrischen Fahrzeugen aufzubauen, kann die Einführung von elektrischen Fahrzeugen von Experten begleitet werden. Dies trägt dazu bei, die Akzeptanz der neuen Technologie zu fördern und sicherzustellen, dass die Umstellung auf Elektromobilität reibungslos vonstattengeht.

## 8 FAZIT

Die Visibilität von Werkdienstfahrzeugen ist gross und hat damit eine Vorbildfunktion in Bezug auf Fahrzeuge mit alternativer Antriebstechnik. Die politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen, unterstützt von den offensichtlichen Vorteilen in Bezug auf Emissionsreduktion, zeigen auch den Gemeinden einen klaren Weg auf Richtung Elektromobilität. Das Angebot an Fahrzeugen für Werkhöfe ist aktuell noch nicht so umfassend, dieses wird sich jedoch in den nächsten 2-5 Jahren voraussichtlich fast fertig entwickeln. In dieser zukünftigen Landschaft wird es von entscheidender Bedeutung sein, die richtigen Fahrzeuge zum richtigen Zeitpunkt zu beschaffen, um den positiven Einfluss auf die Umwelt und die Gemeinde zu maximieren.

Um diese Transformation zu begleiten, empfiehlt es sich, dass die Gemeinde Hochdorf politische klare Ziele steckt. Die Festlegung eines befristeten Ziels, bis wann die Flotte CO<sub>2</sub>-frei sein soll und die Verankerung einer Beschaffungsstrategie für die Werkhofflotte schafft Planungssicherheit und kann die Dekarbonisierung vorantreiben. Das Jahr 2030 als betriebliche Netto-Null Marke für die Werkhoffahrzeuge erscheint dabei als ehrgeiziges, aber durchaus machbares Ziel.

Nutzt die Werkhofleitung die Transformation als Chance, bestehende Prozesse neu zu denken, können neue Effizienzen gewonnen werden. Ein Beispiel dafür ist, zu hinterfragen, ob es im Werkhof einen Kleintraktor braucht, der nur 60h/J im Einsatz ist. Hier bieten sich Möglichkeiten zum Sharing mit den Liegenschaftsdiensten der Gemeinde, oder zum Eliminieren des Fahrzeugs. Grundsätzlich gilt immer noch, wenn man ein Fahrzeug reduzieren kann, ist dies die beste CO<sub>2</sub>-Einsparung.

Der Umsetzungsplan fasst die Empfehlungen für die Elektrifizierung der Werkhoffahrzeuge zusammen. Wird dieser wie empfohlen verfolgt, wird der Werkhof Hochdorf 2030 über sieben Fahrzeuge verfügen, allesamt mit einem elektrischen Antrieb. Die Beschaffungskosten für elektrische Fahrzeuge liegen dabei höher als bei den konventionellen Fahrzeugen. Erfolgt die Budgetplanung jedoch flexibel, heisst die Beträge können auf mehrere Jahre aufgeteilt werden, und nicht verwendetes Geld kann in das nächste Jahr übertragen werden, dann können die Investitionen gut verteilt werden. Dafür kann dann bei den elektrischen Fahrzeugen einiges an hohen Reparaturkosten und Steuern eingespart werden.

Für die empfohlenen elektrischen Fahrzeuge reicht die Installation von je einer Wallbox. Wird das Dach des Werkhofes zusätzlich mit einer PV-Anlage ausgestattet, kann durch die Eigenproduktion der zusätzliche Strombedarf voraussichtlich selbst gedeckt werden.

Die Motivation und Bereitschaft von Verantwortlichen in der Gemeinde und den Werkhofmitarbeitenden, sich auf die neue Technologie und ihre Anforderungen einzulassen, spielt eine entscheidende Rolle für den Erfolg der E-Mobilität. Generell kann festgestellt werden, dass der Werkhof Hochdorf effizient und vorbildlich geführt wird. An dieser Stelle ein grosser Dank Markus Ambühl für die gute Zusammenarbeit und Kommunikation bei Besprechungen und Besichtigungen zur Ausarbeitung dieser Studie. Der Werkhofleitende zeigt sich offen für Innovationen, was gute Voraussetzungen bietet, damit die elektrischen Fahrzeuge in den Werkhofalltag integriert werden können. Um Erfahrung mit den elektrischen Fahrzeugen zu gewinnen, insbesondere zum effizienten Umgang mit der Fahrzeugbatterie, kann die Einführung der elektrischen Fahrzeuge von Experten begleitet werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Gemeinde Hochdorf mit dieser Arbeit einen umfassenden Fahrplan für die Elektrifizierung ihres Werkhofs zur Hand hat. Wird die Werkhofflotte verjüngt, reduziert, dekarbonisiert und effizienter ausgelastet, führt dies zu einem positiven Beitrag zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Gemeinde Hochdorf und einen Schritt in Richtung Netto-Null.

## 9 ANHANG

### 9.1 Ist-Zustand Fuhrpark

Einsatzzweck	Allrounder Leic	Allrounder Leic	Schmalspur k	Wischmaschine	Mäher	Mehrzweckfahr	Hakengerät k	Motorkarren	Pneulader	Stapler	PW
Marke	Piaggio	Piaggio	Branson	Schmidt Swingc	Roberine	Multicar	Reform Multi	Antonio Carrarc	Clark Bobcat	Mitsubishi	VW
Typ	Porter 1.3 2018	Porter 1.3 2020	2505H	200+	F5	M29	T10X HybridSchü	TTR4400HST	543	FD 18	Caddy 1.5TSI
Art des Fahrzeugs	Lieferwagen	Lieferwagen	Traktor	Arbeitsmaschine	Arbeitskarren	Lastwagen	Lastwagen	Motorkarren	Arbeitskarren	Arbeitskarren	Personenwagen
Karosserie							Wechselabrollau	Kabine	Ladesschaufel	Gabelstapler	Stationswagen
Farbe Nummernschild	weiss	weiss	weiss	blau	blau	weiss	weiss	weiss	blau	blau	weiss
1. Inverkehrssetzung	14.08.2018	26.05.2020	11.05.2022	21.04.2020	27.05.2019	23.08.2019	01.01.2017	26.11.2014	22.01.1988	01.05.2003	19.10.2022
Motor / Treibstoff	Benzin	Benzin	Benzin	Diesel Euro 6	Diesel Euro 6	Diesel Euro 5	Diesel Euro 6	Diesel Euro +4	Diesel Euro 0	Diesel Euro 0	Benzin
Euroklasse											
Leergewicht in kg	910	910	940	3520	2200	3035	4985	1440	1440	2960	1616
Nutzlast in kg	790	790	460	980		2965	4515	710	0	0	534
Gesamtgewicht in kg	1700	1700	1400	4500	2200	6000	9500	2150	1440	2960	2150
Anhängelast in kg	0	0	1950	0	0	3500	3500	3500	0	0	1400
Kilometerleistung	32010	19800		14502		11410	15040				1537
Betriebsstunden			60	2398	500	1120	1394	1730	1630	7110	38
Zustand Ampelsystem											
Wann ersetzen											
Weitere Empfehlungen											
Durchschnittliche km/h	15	15	15	12							40
Alter	5	3	1	3	4	4	4	9	35	20	0.5
km / Jahr	6402	6600	900	9592							3000
h/ Jahr	427	440	60	799	125	280	349	192	47	356	150
h/ Woche (52)	8	8	1.250	15	2	5	7	4	1	7	3
h/ Arbeitstag (260)	1.64	1.69	0.23	3.07	0.48	1.08	1.34	0.74	0.18	1.37	0.58

## 9.2 Piaggio alternative Fahrzeuge Schmalspur

Fahrzeug	Schmalspur	Mehrzweckträgerfahrzeug	Kleintraktor elektrisch	Schmalspur elektrisch	Schmalspur elektrisch	Schmalspur elektrisch	Schmalspur elektrisch
Marke	Piaggio Porter 1.3	z.B. Boschung Pony P3.0	Rigitrac SKE 40	Evum aCar	Goupil G4-S	Elion M-Serie (municipal)	Alkè ATX 340 EH
Motor / Treibstoff	Benzin	Elektrisch	Elektrisch	Elektrisch	Elektrisch	Elektrisch	Elektrisch
Leergewicht in kg	910		2200	ab 1'450	1120	1170	1175
Nutzlast in kg	790		-	1'150	1220	1391	1540
Gesamtgewicht in kg	1700		4500	2'600	2100	3000	2500
Anhängelast in kg	0	2100	3500	1000	1400	1500	2000
Höchstgeschwindigkeit		40 km/h	40 km/h	70 km/h	45 km/h	29 km/h	40 km/h
Gesamtbreite		1.23 m	1.3 m	1.6 m	1.2	1.6	1.2
Sitzplätze	2	1	1	2	2	2	2
Batteriegrösse		54.4 kWh	50 kWh	23 kWh (33kWh bald verfügbar)	13.8 kWh	16 kWh	20 kWh
Reichweite / Einsatzdauer		bis zu 10h Einsatzdauer	4-6h	bis zu 200 km		7h (210km)	150-190 km
Ladezeit 80%		1.5h	2h		7h	2h	
Ladegerät		6.6 kW (optional bis zu 23 kW), Typ 2	Schnelladegerät 22kW, Typ 2 mit Juice Stecker		Typ 2		
Neupreis ohne Geräte		217'000	184'200	77'000	65'800		76'000
AmortisationsKo/J auf 10J		21'700	18'420	7'700	6'580		
Anbaugeräte	Salzstreuer Boschung 2008, Pflug Zaugg	Kehreinheit, Schwemmanlage, Schneepflug, Streuer, Brücke	Schneepflug, Salzstreuer	Giessen 1000l	500l Tank Grünpflege; Schneepflug (15'000 CHF)		500l Tank Grünpflege; Schneepflug (15'000 CHF)
Einsatzbereiche	Flurwege, Grünpflege, Bachunterhalt, Kübeltour & Robidog	Kehren, Grünpflege, Giessen, Winterdienst, Transport, Entsorgung, Strassenunterhalt, Unkrautbeseitigung	Transport, Winterdienst, Grünpflege	Grünpflege, Giessen, Winterdienst, Transport, Entsorgung, Strassenunterhalt	Grünpflege, Giessen, Winterdienst, Transport, Entsorgung, Strassenunterhalt	Grünpflege, Giessen, Kehren, Winterdienst, Transport, Nassreinigung, Entsorgung, Strassenunterhalt	
Bemerkungen				Eher weniger für den regelmässigen Einsatz mit Schneepflug geeignet.	Gibt es auch als Kastenwagen; Gibt es auch in Large; Gibt es auch mit geringeren Batteriekapazitäten; Batterie lässt sich auch mieten. Eher weniger für den regelmässigen Einsatz mit Schneepflug geeignet.	Gibt es in versch. Versionen; Kofferaufbau, Pritsche, Gitter, Box, Kran, Hakenlader, Pritsche, Tank usw. möglich. Eher weniger für den regelmässigen Einsatz mit Schneepflug geeignet.	Eher weniger für den regelmässigen Einsatz mit Schneepflug geeignet.