Klima- und Energie-Modellregionen
heute aktiv, morgen autark

Kontakt
Gemeindeverband für Abfallwirtschaft und Umweltschutz (Umweltverband)
im Auftrag des Klima- und Energiefonds
Marktstraße 51 | 6850 Dornbirn
T 05572/55450 - 1010 | umweltverband@gemeindehaus.at | www.umweltverband.at

Klima- und Energie-Modellregionen
heute aktiv, morgen autark

E-Mobilität am Bauhof

Die logische Ergänzung: **E-Zusatzgeräte**

Leitfaden

INFORMATIONEN

MÖGLICHKEITEN

ARGUMENTE

IMPRESSUM

Herausgeber
Gemeindeverband für Abfallwirtschaft und Umweltschutz (Umweltverband)
im Auftrag des Klima- und Energiefonds
Marktstraße 51 | 6850 Dornbirn
T 05572/55450 - 1010 | umweltverband@gemeindehaus.at | www.umweltverband.at

Für den Inhalt verantwortliche Projektpartner
DI Dietmar Lenz | Vorarlberger Umweltverband | www.umweltverband.at
Sabrina Plant | Vorarlberger Umweltverband | www.umweltverband.at
DI Arthur Sottopietra | Amt der Vorarlberger Landesregierung, Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit | www.vorarlberg.at
DI Christian Vögel | Amt der Vorarlberger Landesregierung, Fachbereich Energie und Klimaschutz | www.vorarlberg.at
DI Christoph Breuer | kairos Wirkungsforschung und Entwicklung GmbH | www.kairos.or.at
Mag. (FH) Alois Mätzler | mprove GmbH Agentur für Entwicklung und Kommunikation | www.mprove.at
DI (FH) Alfred Plankensteiner | SafeSide Consulting GmbH | www.safeside.at

Fotos
Projektpartner (sofern nicht anders angegeben), www.shutterstock.com

Stand September 2015

Dieses Dokument wurde aus Vorarlberger Perspektive erstellt und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.
Trotz größtmöglicher Sorgfalt lassen sich Druck- und andere Fehler nicht völlig ausschließen.
Für die leichtere Lesbarkeit wird auf die durchgängige Verwendung von weiblichen und mönnlichen Bezeichnungen verzichtet.
Selbstverständlich sind immer beide Geschlechter angesprochen.

INHALT

Impressum ... 2
Angebote für Vorarlberger Gemeinden ... 4
- Ausschreibung Elektro-Personenkraftwagen ... 4
- Ausschreibung elektrisch betriebene Kleintransporter ... 4
- Ausschreibung Elektrozusatzgeräte ... 4
- Weitere praktische Testmöglichkeiten ... 4
- E-Bauhof-Fahrzeug: Kostenlos Wirtschaftlichkeit prüfen lassen ... 4
- Aromatenfreier Benzin („Gerätebenzin“) im ÖBS-Shop ... 4

Position ... 5
Der Leitfaden: Schritt für Schritt ... 6
A. Überblick ... 7
- Bauhoffahrzeuge: Oft elektrisch ideal unterwegs - auch ökonomisch ... 7
- Elektronutzfahrzeuge bewähren sich im Praxistest ... 7
- Aktuelle Entwicklungen im Überblick ... 7
- Vorbildwirkung der öffentlichen Hand ... 7
- E-Fahrzeugklassen und Zusatzgeräte für den Bauhof ... 8

B. Der Weg zum E-Fahrzeug am Bauhof in vier Schritten ... 10
- Schritt 1: Mobilitätsbedarf erheben ... 10
- Schritt 2: Förderungen prüfen ... 12
- Schritt 3: Wirtschaftliche Perspektiven betrachten ... 13
- Schritt 4: Fahrzeug beschaffen ... 16

C. Möglichkeiten von Elektrozusatzgeräten ... 17
- Gute Erfahrungen in der Praxis ... 17
- Die wesentlichen Vorteile ... 18

D. Hintergrundinformationen ... 19
- Praktische Tests und Messungen im Projekt ... 19
- Reichweitentest E-Fahrzeug mit Kastenaufbau ... 19
- Praxistest Hybrid-Lieferwagen ... 22
- Vergleichende Lärmmessung E-Zusatzgerät/benzinbetriebenes Gerät ... 24
- Haltbarkeit und Lebensdauer ... 25
- Ökobilanz Elektrischer Antriebe ... 26
- Luftschadstoffe ... 28
- Arbeitnehmerschutz ... 31

Perspektiven ... 32
- Energieautonomie Vorarlberg und E-Mobilitätsstrategie des Landes ... 32
- Elektro–LKW ... 32
- Müllsammelfahrzeug mit elektrisch betriebenem Aufsatz ... 33
- Elektrobagger ... 33

E-Mobilität am Bauhof: Das Projekt ... 34
- Muster-Leistungsverzeichnis für Elektro-Lieferwagen ... 35
- Mögliche Förderungen für E-Fahrzeuge am Bauhof ... 36
- Berechnungsgrundlagen Betriebskosten ... 38

ANGEBOTE FÜR VORARLBERGER GEMEINDEN

Ausschreibung Elektro-Personenkraftwagen

Der Umweltverband hat gemeinsam mit der VLOTTE eine Ausschreibung für die Beschaffung von Elektro-Personenkraftwagen für Vorarlberger Gemeinden, das Land und andere öffentliche Auftraggeber entwickelt und Ende 2015 veröffentlicht.

Ausschreibung elektrisch betriebene Kleintransporter

Bei entsprechendem Bedarf in den Gemeinden wird der Umweltverband über den ÖkoBeschaffungsService (ÖBS) eine Ausschreibung für elektrisch betriebene Kleintransporter durchführen.

Ausschreibung Elektrozusatzgeräte

Bei entsprechendem Bedarf in den Gemeinden wird der Umweltverband eine Ausschreibung für die Beschaffung von Elektrozusatzgeräten realisieren.

Weitere praktische Testmöglichkeiten

Interessierten Gemeinden stehen weiterhin Testfahrzeuge für die praktische Erprobung vor Ort zur Verfügung.

E-Bauhof-Fahrzeug: Kostenlos Wirtschaftlichkeit prüfen lassen

Ob ein elektrisch betriebenes Fahrzeug für den spezifischen Anwendungsfall in einer Gemeinde technisch funktioniert und sich eine entsprechende Beschaffung auch wirtschaftlich darstellen lässt, hängt wesentlich von den ganz konkreten Rahmenbedingungen ab, unter denen das Fahrzeug betrieben wird. Kilometerleistung pro Tag, geforderte Nutzlast, der Anteil an Bergstrecken etc. bestimmen Tauglichkeit und Wirtschaftlichkeit eines elektrisch betriebenen Fahrzeugs.
Aus diesem Grund wird den Gemeinden Vorarlbergs bis auf Weiteres kostenlos angeboten, vor Neuanschaffungen die technische Eignung und vor allem die Wirtschaftlichkeit von elektrisch betriebenen Fahrzeugen von Experten prüfen zu lassen – und zwar unter den spezifischen, von der Gemeinde festgelegten Rahmenbedingungen beim jeweiligen Bauhof.

Aromatenfreier Benzin („Gerätebenzin“) im ÖBS-Shop

Vorarlberger Gemeinden, Dienststellen des Landes und andere öffentliche oder Sektoren-Auftraggeber können über den ÖBS-Shop (www.oebs-shop.at) aromatenfreies Benzin beziehen.

KONTAKT

Umweltverband
Marktstraße 51 | 6850 Dornbirn
T 05572 55450 - 1010
umweltverband@gemeindehaus.at
www.umweltverband.at

POSITION

Weniger Lärm, keine Abgase, energieeffizient, wirtschaftlich.
Der Einsatz elektrisch angetriebener Fahrzeuge und Geräte auf kommunalen Bauhöfen und auch bei privaten Unternehmen bringt deutliche Vorteile für MitarbeiterInnen, AnrainerInnen und Umwelt. Die Palette der Einsatzmöglichkeiten ist mittlerweile erfreulich breit, mit der neuen Fahrzeuggeneration kann sich ein Umstieg auch wirtschaftlich rechnen.

In einem vom österreichischen Klima- und Energiefonds finanzierten Projekt...
...haben Umweltverband und Land Vorarlberg gemeinsam mit VLOTTE untersucht, welche Potenziale elektrisch angetriebene Nutzfahrzeuge und akkubetriebene Zusatzgeräte für kommunale Arbeiten bieten. Mit Markt- und Literaturrecherchen und mit Praxistests haben sich die Projektpartner einen Überblick über das aktuelle Angebot verschafft. Das Ergebnis: Der Einsatz elektrisch betriebener Fahrzeuge und Geräte kann sich – bei Verwendung von Ökostrom – sowohl in ökologischer als auch in ökonomischer Hinsicht lohnen und bietet entscheidende Vorteile bei der Eindämmung von Lärm und Abgasen. Die inzwischen verfügbaren E-Fahrzeuge erfüllen die Anforderungen des täglichen Bauhofbetriebs, sie sind erstmals auch in der bisher üblichen Größe von Bauhoffahrzeugen erhältlich und dank attraktiver Förderungen auch wirtschaftlich interessant. Zusätzliche Potenziale erschließen sich durch den Einsatz elektrisch betriebener Zusatzgeräte.

Auch für die Vorarlberger Energieautonomie...
...ist Ökostrom für Fahrzeuge und Zusatzgeräte eines der richtungsweisenden Themen: Richtig eingesetzte Elektrofahrzeuge und -geräte tragen dazu bei, dieses wichtige Ziel zu erreichen. Wir freuen uns, dass den Gemeinden unseres Landes beim Erschließen dieser zukunftsweisenden Technologie eine österreichweite Vorreiterrolle zukommt und wünschen, dass diese Informationen für viele EntscheidungsträgerInnen und MitarbeiterInnen in Gemeinden und ähnlichen Einsatzbereichen hilfreich sind.

Herzlichen Dank allen, die zum Projektergebnis beigetragen haben, und den UmsetzerInnen viel Erfolg!

Ing. Erich Schwärzler
Landesrat, Vorarlberger Landesregierung

Bgm. Ing. Rainer Siegele
Obmann des Umweltverbandes

DER LEITFADEN

A. verschafft einen Überblick > **S.7**

- Warum ist es für kommunale Bauhöfe sinnvoll, sich mit den Möglichkeiten von E-Fahrzeugen und akkubetriebenen Zusatzgeräten zu befassen? Was sind die Stärken im kommunalen Einsatz?
- Für welche Einsatzbereiche sind E-Fahrzeuge besonders sinnvoll?
- Welche Fahrzeuge und Geräte sind am Markt verfügbar?

B. unterstützt auf dem Weg zum E-Fahrzeug am Bauhof in vier Schritten > **S.10**

- **Schritt 1:** Mobilitätsbedarf erheben
- **Schritt 2:** Förderungen prüfen
- **Schritt 3:** Wirtschaftliche Perspektive betrachten
- **Schritt 4:** Fahrzeug beschaffen

C. zeigt die Möglichkeiten von E-Zusatzgeräten > **S.17**

- als logische Ergänzung zu E-Fahrzeugen - oder überhaupt als Alternative für weniger Lärm und Abgas

D. gibt Hintergrundinformationen zu verschiedenen Themen rund um E-Mobilität am Bauhof > **S. 19**

- Was sagen Forschung und Praxis?
- Wie ist es mit der Reichweite von E-Fahrzeugen in der Praxis bestellt?
- Akku-Zusatzgeräte im Lärmtest
- Plug in-Hybrid-Fahrzeuge

Der Markt entwickelt sich derzeit in diesen Bereichen sehr rasch. Dieser Leitfaden geht von Informationen aus, die per September 2015 vorliegen.

Bauhoffahrzeuge: Oft elektrisch ideal unterwegs - auch ökonomisch

Elektrofahrzeuge spielen bei dem im Bauhofbetrieb oft nötigen Stopp- and Go-Verkehr und auf der Kurzstrecke ihre Stärken so richtig aus: Verschleiß, Lärm, Energieverbrauch und Schadstoffausstoß sinken erfreulich zum Vorteil von Betreibern, Anrainern, Mitarbeitern und Umwelt. Elektrisch statt mit Benzin betriebene Bauhof-Zusatzgeräte passen hier ideal dazu: Sie machen ökologisch und ökonomisch Sinn, weil sie energieeffizient sind, keine Abgase und weniger Lärm verursachen. Auch wirtschaftlich lässt sich die Umstellung auf geeignete elektrische Fahrzeuge und Geräte bei der Kostenbetrachtung über die gesamte Nutzungsdauer (Lebenszykluskosten) inzwischen darstellen – noch gar nicht eingerechnet sind dabei Vorbild- und Imagewirkung und der positive Einfluss auf den Markt.

Elektronutzfahrzeuge bewähren sich im Praxistest

Das Angebot an elektrisch angetriebenen Fahrzeugen ist mittlerweile sehr breit und reicht von (elektrisch unterstützten) Lastenfahrrädern für Botendienste bis zu LKW. Im Rahmen des Projekts wurden insbesondere Micro-Fahrzeuge, Kleintransporter und Klein-LKW untersucht. Zahlreiche nationale und internationale Studien zeigen, dass die Ökobilanz für elektrisch betriebene Fahrzeuge – auch bei Berücksichtigung der Aufwendungen für die Herstellung und Entsorgung der Akkus – bei Verwendung von Ökostrom für das Laden der Fahrzeuge durchwegs positiv ist.

Praktische Tests im Rahmen dieses Projekts haben ergeben, dass Elektromobilität für den vorgesehenen Einsatz am Bauhof dank den Lithium-Ionen-Akkus gut geeignet ist. Bleiakkus sind aufgrund des hohen Gewichts, ihrer Empfindlichkeit gegenüber Kälte und wegen fehlender Rekuperation und Schnellademöglichkeit für typische Bauhofanwendungen in der voralpinen Topografie praktisch wenig geeignet.

Aktuelle Entwicklungen im Überblick

- Lithium-Akkus haben auch bei Kleinfahrzeugen Einzug gehalten: Vorteile sind geringeres Gewicht, Zwischen-/Schnellladung, Rekuperation, bessere Wintertauglichkeit, längere Lebensdauer
- Akkupreise gehen dank Massenfertigung zurück, Fahrzeugpreise sinken
- Nachnutzung als Stationärspeicher, Recyclingpfad im Aufbau
- Angebotserweiterung vom Fahrzeugangebot nach oben: Sprinterklasse
- EUR 20.000,- Bundesförderung für Fahrzeugklasse N1>2,5t
- Elektrofahrzeuge mit elektrischen Zusatzgeräten ideal kombinierbar
- generell positive Ökobilanz mit österreichischem Strommix, entsprechend besser bei Verwendung von Ökostrom

Vorbildwirkung der öffentlichen Hand

Die öffentliche Hand kann durch ein entsprechendes Engagement in der E-Mobilität bzw. beim Einsatz von elektrisch betriebenen Zusatzgeräten

- Bewusstsein bei verschiedenen Zielgruppen für die Möglichkeiten und für die Praxistauglichkeit dieser Technologien schaffen und
- die eigene Position und das Image gezielt prägen.

Zusätzlich wird so positiv auf das Angebot am Markt Einfluss genommen, öffentliche Auftraggeber sind eine wichtige Kundengruppe.

E-Fahrzeugklassen und E-Zusatzgeräte für den Bauhof im Überblick

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über das Angebot an Fahrzeugen der ausgewählten Klassen, die derzeit (Sep. 2015) in Vorarlberg samt entsprechendem **Vertriebs- und Servicenetz verfügbar** sind. Sie stehen stellvertretend für verschiedene Fahrzeugtypologien. Die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und beinhaltet keine Wertung.

Lastenfahrräder (mit E-Antrieb)

Reichweite	ca. 50 km
Nutzlast	200 kg
Jahreskosten	ca. 300 EUR/Jahr
typische Kilometerleistung	3.500 km/Jahr
Kilometerkosten	0,09 EUR/km

Leichtkraftfahrzeuge (Zulassungsklasse L6E, L7E)

Reichweite	ca. 50 km
Nutzlast	200 - 1.000 kg
Jahreskosten	1.300 - 2.500 EUR/Jahr
typische Kilometerleistung	8.000 km/Jahr
Kilometerkosten	0,17 - 0,32 EUR/km

MELEX N.CAR 391

ALKE ATX

RENAULT TWIZY CARGO

Klein-LKW Kastenwagen (Zulassungsklasse N1)

Reichweite	ca. 100 km
Nutzlast	500 - 700 kg
Jahreskosten	2.500 - 3.100 EUR/Jahr
typische Kilometerleistung	12.000 km/Jahr
Kilometerkosten	0,21 - 0,26 EUR/km

RENAULT KANGOO ZE

NISSAN eNV 200

CITROEN BERLINGO electric

Klein-LKW Pritschenwagen (Zulassungsklasse N1)

Reichweite	ca. 100 km
Nutzlast	bis 1.000 kg
Jahreskosten	3.400 - 7.000 EUR/Jahr
typische Kilometerleistung	12.000 km/Jahr
Kilometerkosten	0,42 - 0,58 EUR/km

GERMAN E-CARS PLANTOS

KLINGLER ESAGONO

Elektrische Zusatzgeräte

Am Markt sind praxiserprobte Akkusysteme verfügbar, die an verschiedensten elektrischen Zusatzgeräten einsetzbar sind. Auch ganze Arbeitstage lassen sich damit ohne Nachladen gestalten. Der Hauptvorteil: Weniger Belastung für Mitarbeiter, Anrainer, Klima und Umwelt in Sachen Lärm und Emissionen.

E-ZUSATZGERÄTE

E-Fahrzeuge am Bauhof: Diskussion und Entscheidung Schritt für Schritt

Fuhrpark und Geräteausstattung stellen am Bauhof schon allein wirtschaftlich einen sehr relevanten Kostenfaktor dar, speziell auch bei Betrachtung der Gesamtkosten über die Lebensdauer. Bei Bauhoffahrzeugen kommt im Vergleich zu anders genutzten Fahrzeugen ihre spezielle Betriebsweise hinzu – z.B. Kurzstrecke oder Stop & Go. Zu berücksichtigen sind zudem die Wirkungen auf Organisation und Abläufe, Akzeptanz und Image. Ein fundierter und nachvollziehbarer Entscheidungsweg für Investitionen in diesem Bereich macht daher Sinn.

Schritt 1: Mobilitätsbedarf erheben

Einer der ersten Schritte ist die Klärung des tatsächlichen Mobilitätsbedarfes, durchaus auch abseits bisher gewohnter Muster. Antworten auf Fragen wie z.B. folgende helfen, den Mobilitätsbedarf zu fassen:

- ? Welche Strecken und Wege sind mit einem Fahrzeug tatsächlich zu erfüllen?
- ? Wie viele Personen sind in der Regel mit dabei?
- ? Wie hoch sind in der Regel Zuladungen?
- ? Würden sich manche (Spitzen-)Bedarfe z.B. über gemeinsame Nutzung und Kooperationen, Beauftragung Dritter oder vernetzte Mobilitätslösungen decken lassen?

Im Idealfall lässt sich die Zahl der Fahrten mit für den aktuellen Einsatzzweck gerade überdimensionierten Fahrzeugen reduzieren – ein wesentlicher Gewinn aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht.

Steht fest, dass ein Fahrzeug mit bestimmten Anforderungen nötig ist, kann das **„Erhebungsblatt Wirtschaftlichkeit“** (siehe Folgeseite) wertvolle Hilfestellung geben.

ALTFAHRZEUG

	Fahrzeughersteller	
	Fahrzeugtyp	
	Baujahr	
	Kilometerstand	
	Kraftstoff	
	Leistung	
	Sonderausstattung	
Einsatzzweck	Einsatztage pro Woche	
	Einsatzstunden pro Tag	
	Typische Fahrleistung/Tag	
Anforderung	Ladevolumen	
	Nutzlast	
Gesamtkosten	Kaufpreis	
	Restwert	
	Wartung	Zeitraum
	Verschleissteile	Zeitraum
	Treibstoff	Zeitraum
	Steuer	Zeitraum
	Versicherung	Zeitraum
	Sonstiges	Zeitraum
Wartung	Wartung im eigenen Betrieb ☐	Wartung in Fremdwerkstatt ☐
	Wartungsvertrag ☐	

NEUFAHRZEUG

Einsatzzweck	Einsatztage pro Woche
	Einsatzstunden pro Tag
Anforderung	Ladevolumen
	Nutzlast

Mögliche organisatorische Änderungen, die die Fahrzeuganforderung betreffen

.....

.....

.....

TIPP

Für Vorarlberger Gemeinden: Bis auf Weiteres Vor-Ort-Termin, Praxistest und Wirtschaftlichkeitsrechnung kostenlos

Schritt 2: Förderungen prüfen

Der österreichische Klima- und Energiefonds und andere Programme gewähren im thematischen Kontext dieses Projektes verschiedene Förderungen.

Fördergegenstand

Gefördert werden aktuell (Stand Sep. 2015) über klimaaktiv bzw. den Klima- und Energiefonds

- die Anschaffung von bis zu 10 Fahrzeugen mit Elektroantrieb sowie Vollhybrid-, Plug-In-Hybrid- und Range Extender-Technik
  - zur Personenbeförderung mit < 5 Tonnen bzw.
  - zur Güterbeförderung mit < 3,5 Tonnen höchstzulässigem Gesamtgewicht;
- die Umrüstung von bis zu 10 Fahrzeugen auf Elektroantrieb
  - zur Personenbeförderung mit < 5 Tonnen bzw.
  - zur Güterbeförderung mit < 3,5 Tonnen höchstzulässigem Gesamtgewicht.

Fahrzeuge, die zur Förderung eingereicht werden, dürfen nicht älter als 3 Jahre sein. Der Zeitraum zwischen Erstzulassung der Fahrzeuge und Rechnungsdatum des Kaufs muss bei gebrauchten Fahrzeugen weniger als 3 Jahre betragen. Nicht gefördert werden die Anschaffung oder Umrüstung von Fahrzeugen, die dem internen Verwaltungsbetrieb von Gebietskörperschaften dienen.
Zeitpunkt der Förder-Antragstellung: max. sechs Monate nach Rechnungslegung.

Förderbedingungen

Für Information und Unterstützung stehen die Fördergeber zur Verfügung:
www.klimaaktiv.at oder www.umweltfoerderung.at.
Aktuelle Förderbedingungen siehe Anhang.

Schritt 3: Wirtschaftliche Perpektive betrachten

Zentral bei der Wirtschaftlichkeitsbewertung von Elektrofahrzeugen ist die Gesamtkostenbetrachtung. Elektrofahrzeuge sind in der Anschaffung teurer, im Betrieb aber deutlich günstiger als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren. Je höher die Kilometerleistung, mit der ein Elektrofahrzeug ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor ersetzt, desto größer ist deshalb die wirtschaftliche und natürlich auch ökologische Entlastung.

Bevor eine Wirtschaftlichkeitsrechnung begonnen wird, ist es ratsam, anhand der täglichen Kilometerleistung und der Anforderungen an Ladevolumen und Nutzlast die prinzipielle Tauglichkeit der konkreten Anwendung für Elektrofahrzeuge zu prüfen.

Bei der Beurteilung, ob die Reichweite ausreichend ist, sind vor allem die Winteranforderungen fundiert zu prüfen. Möglichkeiten der Zwischenladung z.B. während der Mittagspause können helfen, entsprechende Reserven auch an Wintertagen zu schaffen. In einigen Fällen ist es auch zielführend, organisatorische Änderungen zu diskutieren, um die Fahrzeuganforderungen in Hinblick auf mögliche Elektrofahrzeuge zu optimieren.

Erst wenn die technisch organisatorische Machbarkeit des Elektrofahrzeugeinsatzes geklärt ist, sollte in einem nächsten Schritt die wirtschaftliche Seite genauer betrachtet werden. Als Zwischenschritt kann ein sorgfältig begleiteter Praxistest, bei dem die Vorzüge, aber auch die Grenzen und Einschränkungen des Elektrofahrzeugs offen besprochen werden, hilfreich sein.

Mit dem Erhebungsbogen auf S. 11 können die einzelnen Kostenpositionen des bisher eingesetzten Fahrzeugs und die Anforderungen an das Elektrofahrzeug strukturiert erfasst werden.

Aufbauend auf diesen Eckdaten erfolgt nun die Wirtschaftlichkeitsrechnung. Dabei ist es wichtig, auf die Rahmenbedingungen (Abschreibedauer, Nutzungsdauer, Kilometerleistung) der Einrichtung einzugehen.

Auf Basis der Informationen im Erhebungsbogen können für das derzeit verwendete Fahrzeug sowohl jährliche Vollkosten als auch Kilometerkosten über die gesamte Lebensdauer gerechnet werden. Kostenpositionen wie Reifen sind bei elektrisch und verbrennungsmotorbetriebenen Fahrzeugen gleich und können deshalb aus der Vergleichsrechnung ausgeklammert werden.

Aufgrund des momentan niedrigen Zinssatzes können in der Vergleichsrechnung die Finanzierungskosten der Investition unberücksichtigt bleiben. Im Vergleich zu anderen Unabwägbarkeiten über die gesamte Fahrzeugnutzungszeit wie Entwicklung der Treibstoffpreise und unvorhersehbare Reparaturkosten fällt diese Vereinfachung nicht sonderlich ins Gewicht.

In der Tabelle auf S. 15 ist die Kostenstruktur eines dieselbetriebenen Fahrzeugs anhand einer typischen Bauhofanwendung (Reinigung der Wertstoffsammelinseln mit einer täglichen Kilometerleistung von rund 50km) zusammengefasst.

Durch die Kurzstreckenanwendung fallen vor allem die im Vergleich zur Fahrleistung hohen Wartungskosten des Euro 5-Fahrzeugs auf.

Insgesamt kann das eingesetzte Fahrzeug über seine 10-jährige Nutzungszeit zu einem Kilometersatz von 64 ct/ km betrieben werden. Über die Nutzungszeit sind bei öffentlichen Einrichtungen neben der Abschreibung und den laufenden Kosten auch die Umweltkosten nach EU-RL 2009/33 zu berücksichtigen. Anhand der Emissionsklasse des Motors, des tatsächlichen Verbrauchs und der Gesamtfahrleistung ergeben sich in diesem Fall externe Kosten, die laut Richtlinie über die Nutzungsdauer mit EUR 1.800,- zu bewerten sind.

Als Vergleich wurden die Kosten eines am Markt verfügbaren Mercedes Sprinter mit Elektroantrieb der Firma German E-Cars ermittelt.

Nach Abzug der Förderung ergibt sich dafür ein Kaufpreis von EUR 55.000,- netto. Der Energieverbrauch ist mit umgerechnet 3,2 l/100m deutlich geringer als beim Dieselfahrzeug Fiat Ducato, das durchschnittlich 11,4 l auf 100 km verbraucht.

In der Kostenkalkulation der Elektrofahrzeuge ist die Lebensdauer der Akkus ein zentrales Kriterium. Aufgrund der täglichen Kilometerleistung und der in der Praxis tatsächlich erzielbaren Reichweite kann über die Vollladezyklen der Batterie auf eine sinnvolle Abschreibedauer und mögliche Lebensdauer des Fahrzeugakkus geschlossen werden.

Nach 1.000 Vollladezyklen ist bei der heute zur Verfügung stehenden Akkutechnik mit spürbaren Kapazitätseinbußen des Akkus zu rechnen. Wenn die Nutzung speziell in punkto erforderlicher Tageskilometerleistung ausreichend Spielraum zur Reichweitenangabe laut Hersteller lässt, ist ein geringer Leistungsverlust des Akkus im Laufe der Nutzung keine wesentliche Einschränkung für das Elektrofahrzeug.

Mitunter kann auch durch eine beschleunigte Zwischenladung im Laufe des Tages (z.B. während der Mittagspause) eine eventuelle Kapazitätsreduktion des Akkus ausgeglichen werden.

Die anderen wesentlichen Daten der Kostenstruktur des Elektrofahrzeugs sind weithin bekannt: Neben der Versicherung (namhafte Hersteller geben 25% Prämienrabatt für Elektrofahrzeuge) und dem Verbrauch multipliziert mit den Energiekosten fallen beim Elektrofahrzeug im Vergleich zum Fahrzeug mit Verbrennungsmotor wesentliche Kalkulationsrisiken weg, weil die teuren Hochvoltkomponenten und elektrofahrzeugspezifischen Teile des Fahrzeugs in der Regel mit einer langen Garantie abgesichert sind.

Der häufige Kurzstreckeneinsatz führt zu erhöhtem Verschleiß von Kupplung und Bremsen, der sich in entsprechend hohen Wartungsaufwänden niederschlägt.

Schäden an wichtigen Bauteilen am Verbrennungsmotor wie Einspritzpumpe, Schaltgetriebe, Kupplung oder direkte Motorschäden sind üblicherweise nicht über die Fahrzeuglebensdauer abgesichert und somit zusätzliche Risken in der Kalkulation.

In unserem konkreten Fall schneidet das Dieselfahrzeug mit jährlichen Gesamtkosten von EUR 8.630,- wirtschaftlich sogar schlechter als das Elektrofahrzeug mit Jahreskosten von EUR 6.306,- ab. Auf den Kilometer bezogen kann das Elektrofahrzeug um 47 ct/km betrieben werden, während das Dieselfahrzeug Kosten von 64 ct/km verursacht. Über die Lebensdauer des Fahrzeugs kann damit mit hoher Wahrscheinlichkeit ein nicht unbedeutender Betrag eingespart werden.

Exemplarische Wirtschaftlichkeitsrechnung anhand einer typischen Bauhofanwendung mit Nettokosten und 10 Jahren Haltedauer.

Elektrofahrzeug:
German E-Cars Plantos auf
Basis Mercedes Benz Sprinter

Dieselfahrzeug:
Fiat Ducato

	Elektro	Diesel
Neupreis (EUR)	**75.000**	**41.000**
Förderung bei Verw. von Ökostrom	20.000	
Energieverbrauch (kWh/100km)	32	114
Leistung (kW)	85	88
Reichweite (km)	120	
Haltedauer (a)	10	10
Fahrleistung (km/a)	13.500	13.500
Gesamtfahrleistung (km)	135.000	135.000
Vollladezyklen	1.125	
Restwert nach 10 Jahren (EUR)	2.000	2.000
Abschreibung (EUR/a)	5.300	3.900
Versicherung (EUR/a)	274	374
motorbezogene VSteuer (EUR/a)	0	476
Wartung ohne Reifen (EUR/a)	300	1.900
Treibstoffkosten (EUR/a)	432	1.800
Umweltkosten nach EU RL 2009/33 (EUR/a)	0	180
Summe (EUR/a)	**6.306**	**8.630**
EUR/km	**0,47**	**0,64**

Zusammenfassung

Ein vergleichbares Elektrofahrzeug derselben Klasse ist in der Anschaffung teurer, im Betrieb aber wesentlich günstiger. Das liegt am Wegfall der motorbezogenen Versicherungssteuer, an geringeren Verbrauchskosten und vor allem an geringeren Wartungskosten. Im oben beschriebenen Fall rechnet sich die Mehrinvestition für das Elektrofahrzeug bereits nach vier Jahren.

Typische Bauhof-Anwendungen sind wegen der geringen täglichen Kilometerleistung nicht immer wirtschaftlich mit Elektrofahrzeugen darzustellen. Neben der Wirtschaftlichkeit sollte aber immer auch die Emissionsseite mitbedacht werden: Der Kurzstreckeneinsatz von Verbrennungsmotoren verursacht nicht nur hohen Verschleiß, sondern zeichnet sich auch durch entsprechenden Verbrauch und hohe Emissionen aus: So sind die tatsächlichen Stickoxidemissionen auch bei modernen LKW-Motoren im innerörtlichen Einsatz rund dreimal höher wie im Überland- oder Autobahnbetrieb. Aus lufthygienischer und gesundheitspolitischer Sicht ist der Einsatz von Elektrofahrzeugen auf Kurzstrecken deshalb besonders interessant.

Schritt 4: Fahrzeug beschaffen

Handhabung des Musterleistungsverzeichnisses

Das beigelegte Musterleistungsverzeichnis (siehe Anhang, Excel-Datei beim Umweltverband verfügbar) ist in Ausschreibungsunterlagen mit Angebots- und Vertragsbestimmungen zu integrieren. Vom Bieter sind lediglich die blauen Felder („Beschreibung zu den ausgeschriebenen Mindestanforderungen“ und Angabe des „Preises“) auszufüllen. Es empfiehlt sich, wenn das Leistungsverzeichnis als Exceldatei an die Bieter übermittelt wird, die anderen Felder entsprechend zu sperren.
In der Spalte „Mindestanforderungen“ sind mögliche „KO-Kriterien“, die von allen Bietern einzuhalten sind, beschrieben. Diese sind mit den spezifischen Anforderungen und den zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der Ausschreibung am Markt befindlichen Fahrzeuge abzugleichen. Insbesondere für das „Ladevolumen“ und die „maximale Zuladung“ sind beim Muster noch Mindestanforderungen zu definieren.
Eine Übersicht von Ladevolumina, maximale Zuladungen und Sitzplätzen von im September 2015 am Markt befindlichen Fahrzeugen finden Sie hier:

	Renault Kangoo ZE (langer Radstand)	**Renault Kangoo ZE**	**Citroen Berlingo electric** (langer Radstand)	**Citroen Berlingo electric**	**Nissan eNV 200**
Ladevolumen (m³)	4	3	3,7	3,3	4,2
Zuladung (kg)	595	625	520	570	770
Sitzplätze	2	2	3	3	2

Zuschlagkriterien

Neben den im Leistungsverzeichnis definierten Mindestanforderungen wird empfohlen, bei der Durchführung von formalen Vergabeverfahren gemäß den Bestimmungen des Bundesvergabegesetzes Zuschlagskriterien zu definieren.
Mögliche Zuschlagskriterien neben dem Preis können sein:

- Reichweite (Bonuspunkte für über die Mindestanforderung hinausgehende Reichweite)
- Effizienz des Fahrzeugs im leeren Zustand in kWh/ 100 km
- Möglichkeit des beschleunigten Ladens mit mind. 11 kW
- Möglichkeit der verstärkten Rekuperation
- Möglichkeit des „Vorheizens“ und/oder „Kühlens“, während das Fahrzeug geladen wird
- Kommissionelle Beurteilung der Ausstattungsqualität, des praktischen Nutzens oder der Belastungsmöglichkeiten
- Anzahl Service- und Wartungsstützpunkte in der Region

Die Zuschlagskriterien sind bei der Durchführung von formalen Vergabeverfahren zu gewichten. Wichtig ist dabei, dass in den Ausschreibungsunterlagen transparent und eindeutig nachvollziehbar definiert wird, wie die Zuschlagskriterien bewertet und wie die entsprechenden Punkte vergeben werden.

Neben der Vermeidung von fossilen Energieträgern bei Fahrzeugen macht es Sinn, auch bei Rasenmähern, Heckenschere, Trimmern & Co. benzinbetriebene Geräte durch elektrische zu ersetzen.

Elektrisch betriebene Zusatzgeräte sind damit eine logische Ergänzung zu E-Mobilität am Bauhof – bis dahin, dass sie unterwegs im Fahrzeug aufgeladen werden können. Doch auch allein spielen sie in vielen Bereichen ihre Stärken aus – keine Abgase und oft weniger Lärm, was Arbeitsbedingungen und Anrainer-Situation gleichzeitig verbessert. Am Markt ist bereits ein breites Angebot verfügbar, das vergleichbare Geräte mit Verbrennungsmotoren ersetzt. Mit entsprechender Akku-Ausstattung sind praxistaugliche Leistungszeiten ohne Nachladen erreichbar. Energie- und Ökobilanz und Wirtschaftlichkeit machen in vielen Fällen die Entscheidung leicht.

TIPP

Bei verschiedenen Systemen lassen sich mit einem Akku unterschiedliche Geräte nutzen.

Elektrische Zusatzgeräte

Am Markt sind praxiserprobte Akkusysteme verfügbar, die an verschiedensten elektrischen Zusatzgeräten einsetzbar sind. Auch ganze Arbeitstage lassen sich damit ohne Nachladen gestalten. Der Hauptvorteil: Weniger Belastung für Mitarbeiter, Anrainer, Klima und Umwelt in Sachen Lärm und Emissionen.

Die Verwendung von elektrisch betriebenen Zusatzgeräten ist ein wichtiger Beitrag zu aktivem und gelebtem Umweltschutz: Der Schutz von Arbeitnehmern und Anrainern vor schädlichen Abgas- und Lärmemissionen wird positiv ergänzt durch den deutlich höheren Wirkungsgrad von Elektro- im Vergleich zu Verbrennungsmotoren.

Die Palette an elektrisch betriebenen Zusatzgeräten für Bauhofarbeiten ist groß.

Gute Erfahrungen in der Praxis

An einigen Vorarlberger Bauhöfen sind akkubetriebe Geräte bereits seit längerem erfolgreich im Einsatz. Der Bauhof der Stadt Feldkirch macht seit drei Jahren positive Erfahrungen mit elektrischer Jäthacke, Heckenschere, Baumschere und Einhand-Motorsäge.

Die wesentlichen Vorteile

- Erprobte Technologie, dadurch geringere Instandhaltungs- und Wartungskosten und hohe Zuverlässigkeit der Geräte
- Effiziente Energienutzung und hoher Wirkungsgrad von E-Motoren
- Ständige technologische Weiterentwicklung (Erweiterung des Geräte-Angebots, Verbesserung der Akku-Technologie usw.)
- Akkukapazität von bis zu 8 h
- Lademöglichkeit im E-Auto
- Ergonomisches Mitführen von Akkumulatoren z. B. am Gürtel oder am Rücken – dadurch geringeres Gewicht des Gerätes selbst
- Akkumulatoren des gleichen Typs innerhalb einer Marke für verschiedene Geräte verwendbar
- Geringere Lärmbelastung
- Keine Schadstoffbelastung für Anwender, Anrainer und Umwelt bei der Verwendung
- Keine Schädigung der Atemwege, des Nervensystems sowie keine Gefahr von Krebserregung und Erbgutschädigung durch Benzol, CO, VOC, Feinstaub etc.
- Unterstützung im gesetzlich verpflichtenden Arbeitnehmerschutz - siehe S. 31
- Sofortmaßnahme: Zusatzgeräte mit aromatenfreiem Benzin („Gerätebenzin“) statt mit konventionellem betanken. 97% der krebserregenden Emissionen, denen Nutzer im Umfeld unmittelbar ausgesetzt sind, können so z.B. bei 2 Takt-Motoren vermieden werden – Arbeitnehmer- und Klimaschutz in einem!

TIPP

Elektrisch betriebene Zusatzgeräte und E-Fahrzeuge starten sofort – ohne gewohntes Startritual und oft ohne Lärm. Besondere Vorsicht und Aufmerksamkeit helfen, (Arbeits-)Unfälle zu vermeiden.

Praktische Tests und Messungen im Projekt

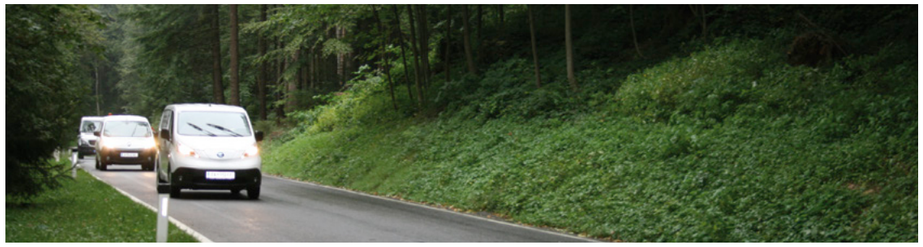
In diesem Projekt wurden verschiedene praktische Tests und Messungen realisiert:

1. Reichweitentest E-Fahrzeug mit Kastenaufbau
2. Praxistest Hybrid-Lieferwagen
3. Vergleichende Lärmmessung E-Zusatzgerät/benzinbetriebenes Gerät

Die Ergebnisse im Detail:

1. Reichweitentest E-Fahrzeug mit Kastenaufbau

Im Rahmen dieses Demonstrationsprojekts wurden auch vergleichende Messfahrten mit E-Klein-LKWs durchgeführt, um den Einfluss der Topografie und Zuladung auf die Reichweite und die Energieeffizienz der Fahrzeuge zu erforschen.



Es wurden die drei derzeit am Markt befindlichen Fahrzeuge (Renault Kangoo ZE Maxi, Citroen Berlingo electric und Nissan eNV 200) auf drei jeweils ca. 15 km lange Teststrecken geschickt:

a) **Bergstrecke** (14,2km): Bregenz Weidach, Bregenz Fluh, Wirthatobel, Bregenz Weidach, 330hm, max. 19% Steigung

b) **Autobahn** (14,6km): Bregenz Weidach - Dornbirn Nord - Bregenz Weidach - Tempo 90

c) **Überland** (11,6km): Bregenz Weidach, Lauterach, Wolfurt Güterbahnhof, Wolfurt Zentrum, Kennelbach, Bregenz Weidach

Alle drei Strecken wurden mit den Fahrzeugen zuerst unbeladen (nur Fahrergewicht) und dann mit 400 kg Zuladung (plus Fahrergewicht) abgefahren. Obwohl der Nissan e-NV 200 mit 770 kg eine deutlich höhere Zuladung hat als die beiden anderen Fahrzeuge, wurde zur Vergleichbarkeit der Messwerte eine einheitliche Zuladung gewählt. Das Gewicht der Fahrer lag zwischen 80 und 85 kg.
Die Messfahrten fanden im Konvoi, aber mit ausreichend Abstand statt, sodass bezüglich Windverhältnissen, Geschwindigkeit und sonstigen Rahmenbedingungen vergleichbare Bedingungen herrschten. Alle drei Fahrer sind durchwegs versierte Elektroautofahrer, der Einfluss des Fahrers auf die Messwerte dürfte deshalb gering gewesen sein. Um die Verbrauchsschwankungen der Fahrzeuge möglichst gut abzubilden, wurde entschieden, die Fahrer während des Messprogramms nicht zu wechseln, sodass die Messwerte innerhalb der Fahrzeuge möglichst vergleichbar sind.
Die Fahrzeuge wurden vor Fahrtantritt alle auf den laut Werk empfohlenen Reifendruck gebracht. Gefahren wurde mit Abblendlicht und es wurde vereinbart, Heizung/Lüftung nur in dem Maß einzusetzen, dass die Scheiben frei sind. Am Testtag regnete es mitunter stark, die Temperatur lag bei 15 Grad Celsius.

Zur Ermittlung des Energieverbrauchs wurde nach jeder Fahrt der Ladezustand des Akkus ausgelesen und anhand der Batteriegröße und der genauen Fahrtdistanz der durchschnittliche Verbrauch in kWh/100 km berechnet.

Einschränkend muss erwähnt werden, dass sich während der Messfahrten die Rahmenbedingungen verändert haben: Der Regen wurde stärker, die Temperaturen sind gefallen und vor allem hat der Verkehr zugenommen.
Diese Änderungen haben aber alle Fahrzeuge gleichermaßen betroffen und führen deshalb nicht zu systematischen Fehlern zwischen den Fahrzeugen. Innerhalb eines Fahrzeugs sind die Messergebnisse aber auf Grund der geänderten Rahmenbedingungen nur mit einem entsprechenden Toleranzbereich vergleichbar.
Ein weiterer Unsicherheitsfaktor bleibt die Frage, wie genau die Ladestandsanzeigen der Akkus über den Ladezustand auf den tatsächlichen Verbrauch schließen lassen. Die Messwerte wurden in einem SOC-Bereich von 100% bis unter 20% ausgelesen. Trotz dieser Einschränkungen im Versuchsaufbau haben die Messungen interessante Ergebnisse zu Tage gebracht:

- Die Energieverbräuche in kWh/100km sind erstaunlich robust, was das Streckenprofil betrifft. Der Mehrverbrauch der Bergstrecken kann durch die bei allen Fahrzeugen wirkungsvoll arbeitenden Regenerationsbremse wieder zu einem guten Teil in den Akku gespeichert werden.
  In voll beladenem Zustand nimmt der Verbrauch auf der steilen Bergstrecke deutlich zu, wenn mit Vollast gefahren werden muss. In der Praxis kann durch eine etwas gemächlichere Fahrweise die Vollast vermieden und damit die Verbrauchszunahme reduziert werden.

- Die Zuladung wirkt sich im Unterschied zum Streckenprofil beim Citroen deutlicherer auf den Energieverbrauch und die Reichweite aus. Die Fahrzeuge von Nissan und Renault reagierten diesbezüglich im Test weniger empfindlich.

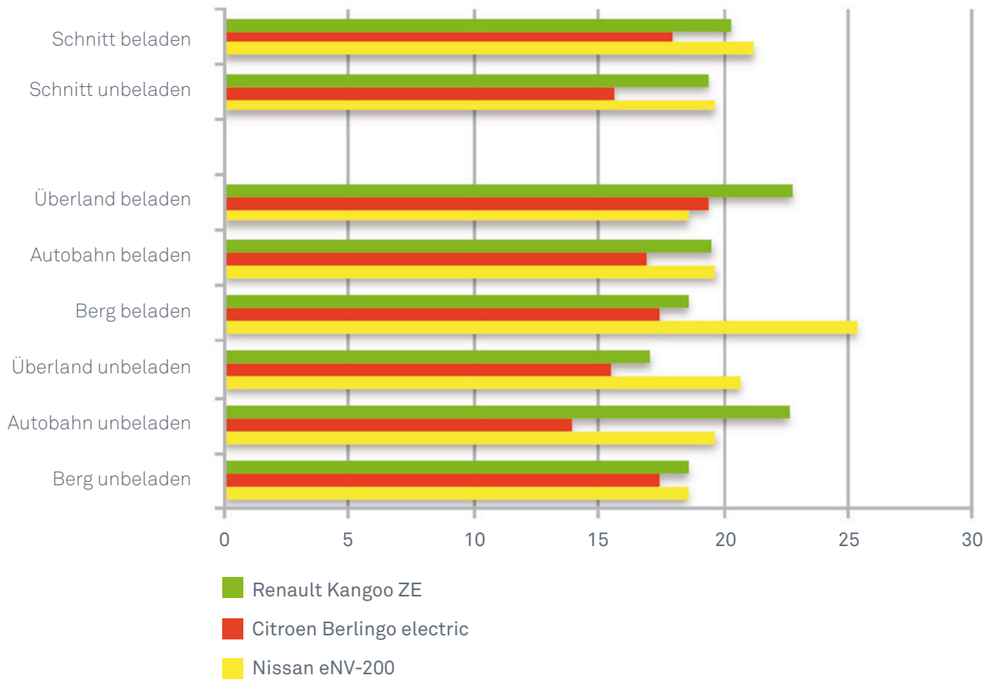
- Für alle drei Fahrzeuge sind Winterreichweiten um die 100 km realistisch. Die Reichweitenangabe laut NEFZ sind mit 170 km wie alle Normverbrauchsangaben von Kraftfahrzeugen in der Praxis nicht zu halten. Beim ganzjährigen Einsatz ist vor allem bei Lieferwägen zu beachten, dass der Mehrverbrauch für die Heizung im Winter die Reichweite stark benutzerabhängig macht. Für einen ganzjährigen intensiven Einsatz der Fahrzeuge wird deshalb zum Einbau einer Standheizung geraten, weil damit auch die Winterreichweite kalkulierbarer wird.

- Für allfällig erforderliche Zwischenladungen sind die Fahrzeuge unterschiedlich gut gerüstet: Nissan und Citroen bieten eine Gleichstromschnellladem öglichkeit mit 50 kW an. Als Stecker steht entweder ein Typ2 Stecker oder ein 32A Drehstromstecker zur Verfügung. Die eingeschränkteste Lademöglichkeit hat der Renault Kangoo: Ein Laden ist mit max. 3,5 kW Wechselstrom möglich. Für 2016 hat Renault eine leistungsfähigere Lademöglichkeit dieses Fahrzeugs angekündigt.

ENERGIEVERBRAUCH

Verbrauch in kWh/100 km

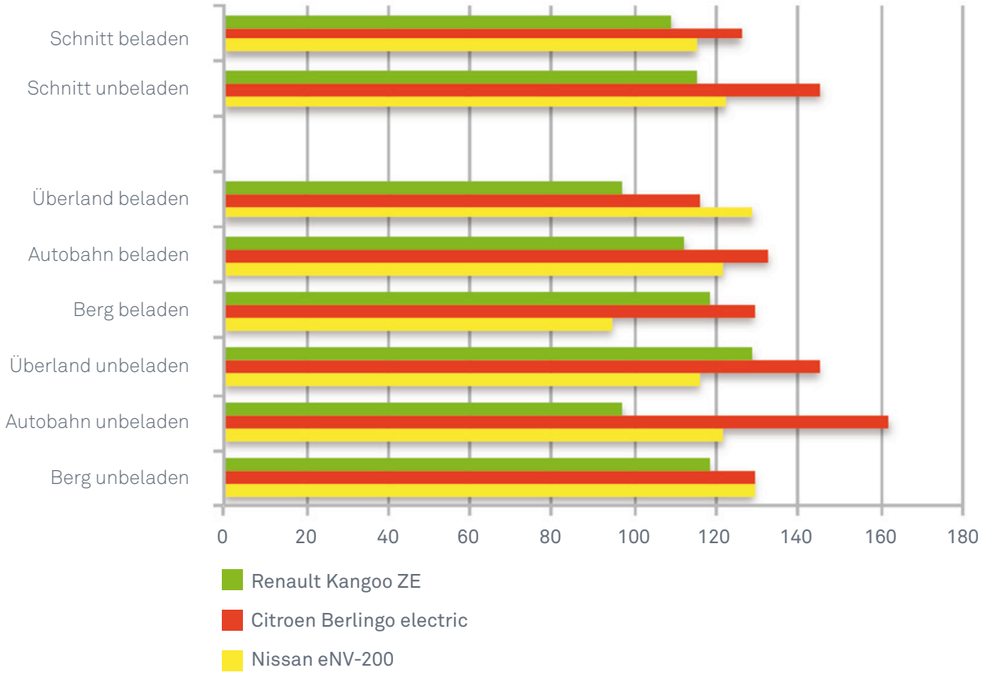
	Nissan eNV-200	Citroen Berlingo electric	Renault Kangoo
Berg unbeladen	18,6	17,4	18,6
Autobahn unbeladen	19,7	13,9	22,6
Überland unbeladen	20,7	15,5	17,1
Berg beladen	25,4	17,4	18,6
Autobahn beladen	19,7	17,0	19,6
Überland beladen	18,6	19,4	22,8
Schnitt unbeladen	**19,7**	**15,6**	**19,4**
Schnitt beladen	**21,2**	**17,9**	**20,3**
Schnitt Berg	**22,0**	**17,4**	**18,6**
Schnitt Autobahn	**19,7**	**15,4**	**21,1**
Schnitt Überland	**19,7**	**17,5**	**19,9**



Hochgerechnete Reichweite in km

REICHWEITE

	Nissan eNV-200	Citroen Berlingo electric	Renault Kangoo ZE
Berg unbeladen	129	129	118
Autobahn unbeladen	122	162	97
Überland unbeladen	116	145	129
Berg beladen	95	129	118
Autobahn beladen	122	133	112
Überland beladen	129	116	97
Schnitt unbeladen	**122**	**145**	**115**
Schnitt beladen	**115**	**126**	**109**



Erkenntnisse

- Geringer Effekt der Zuladung
- Geringer Effekt des Fahrprofils (bei Tempo 90 auf der Autobahn)

2. Praxistest Hybrid-Lieferwagen

Anfang September 2015 hat das Entwicklungskonsortium „Elena“ aus Baden-Württemberg einen Entwicklungsprototyp eines Mercedes Sprinters mit Plug-In-Hybrid Antrieb zum Praxistest zur Verfügung gestellt.

Das Konsortium Elena besteht aus Automobilzulieferern und Vertretern des Frauenhofer-Instituts. Der Elektromotor des Plug-In-Hybrid wird als Ergänzung des Dieselmotors in den Antriebsstrang eingebaut und ermöglicht drei Fahrmodi:

- Rein elektrisch bis ca. 50 km pro Akkuladung. In diesem Antriebsmodus wird der Dieselmotor gänzlich abgeschaltet und nur mit dem Elektromotor gefahren. Die Bremsenergie wird vom Elektromotor in Strom umgewandelt und in den Akku zurückgespeist. Der Akku kann über das Stromnetz in 6 Std wieder aufgeladen werden.
- Diesel elektrisch: bis max. 120 km/h. In diesem Antriebsmodus arbeiten Elektro- und Dieselmotor zusammen. Der Elektromotor wird verstärkt dann eingesetzt, wenn der Dieselmotor unter ungünstigen Betriebsbedingungen läuft. Die Emissions- und Kraftstoffeinsparung ist deshalb deutlich spürbar. Die Bremsenergie wird vom Elektromotor in Strom umgewandelt und in den Akku zurückgespeist. Der Akku kann in diesem Modus auch über den Dieselmotor nachgeladen werden, in dem der Elektromotor als Generator eingesetzt wird. Ist der Akku erschöpft, wird der Elektromotor in seiner Leistung automatisch zurückgefahren.
- Reiner Dieselantrieb: für Geschwindigkeiten über 120 km/h. Der Elektromotor ist in diesem Fahrmodus vom Antriebsstrang abgekoppelt und wird weder zum Antrieb noch zum Bremsen verwendet. Die Bremsenergie wird nicht in den Akku zurückgespeist.

Der Praxistest wurde bei zwei Paketzustellern durchgeführt, die mit dem Wagen innerörtlich rein elektrisch und Überland im kombinierten Betriebsmodus fuhren. Die Treibstoffeinsparung lag über den Erwartungen: Die dieselbetriebenen Sprinter verbrauchen bei diesen Unternehmen im Schnitt 13,5l/100km. Der Elena Sprinter ist mit durchschnittlich 8,5 l Diesel und 12 kWh Strom auf 100 km ausgekommen. Der Gesamtenergieverbrauch hat sich damit um rund 28% reduziert, die Treibhausgasemissionen bei Verwendung von Ökostrom um rund 33%. Die Reaktionen der Unternehmen waren grundsätzlich positiv, im Detail ist noch Entwicklungsarbeit zu leisten. Die Serienverfügbarkeit ist für 2016 angekündigt, durch die Verwendung von Elektroantriebs- und -speicherelementen aus der Mercedes-PKW-Sparte soll das Kostenziel gehalten oder vielleicht sogar unterboten werden.

Erfahrungen mit einem Mercedes Sprinter/Hybrid-Version

„Ich habe mich mit ELENA angefreundet und bin überzeugt, dass sie (wenn sie erwachsen ist) uns in die Zukunft begleiten wird. Unsere Umwelt liegt uns am Herzen, allerdings haben wir kaum Spielraum für Mehrkosten. Unsere Fahrzeuge werden zwischen 3 und 5 Jahren ausgetauscht. Die Mehrkosten von ca. € 20.000,-- können in dieser Zeit durch Treibstoffersparnis nicht amortisiert werden. Bin aber überzeugt, dass sich die Ingenieure weiter um die Entwicklung bemühen. Wie ich gehört habe, sollen auch Batterien leichter, leistungsfähiger und kostengünstiger werden. Denke, dass das höhere Eigengewicht durch gesetzliche Toleranz in Zukunft geregelt werden kann. Sicher wird auch in Sachen Bedienung noch einiges optimiert bzw. automatisiert werden können. Kurzum, ich war überrascht und bin begeistert, was ELENA schon alles kann und wünsche dem Entwickler-Team noch viel Freude, Begeisterung und Erfinder-Leidenschaft bei der weiteren Optimierung. An dieser Stelle herzlichen Dank, dass Sie uns ausgesucht haben, um ELENA zu testen.“

Alois Bischofberger
Bischofberger Transporte, Bizau

Hybrid-Lieferwagen im Praxistest bei Bischofberger Transporte

3. Vergleichende Lärmmessung E-Zusatzgerät/ benzinbetriebenes Gerät

Die geringe Lärmentwicklung von E-Fahrzeugen im Betrieb ist eine ihrer bekannten großen Stärken. Gleiches gilt für elektrisch betriebene Zusatzgeräte, wie der Vergleich von Nennwerten und der Lärmentwicklung in der Praxis zeigt. Eine im Projekt betrachtete Akku-Motorsense weist etwa eine Schallintensität von 83dB(A), eine vergleichbare Benzin-Motorsense eine von 89 dB(A) aus – das entspricht einer Vervierfachung der Schallintensität.

Ein messtechnischer Vergleich zwischen zwei Heckenscheren mit Elektro- bzw. Benzinantrieb durch einen Sachverständigen der Abteilung Maschinenbau und Elektrotechnik beim Amt der Vorarlberger Landesregierung zeigt ein ähnlich positives Ergebnis:

Ort: Bauhof der Stadt Feldkirch, Datum: 16. Sep. 2015

Messvorgang

An einer Böschungskante werden mit den beiden Maschinen die gleichen Arbeitsvorgänge vorgenommen: Leichter Bewuchs ohne starke Verholzung wird geschnitten. Messabstand: 5 m.

	Gerät 1	Gerät 2
Hersteller	Efco	Makita
Typ	TS 327	DUH 551
Baujahr	2004	2014
Antrieb	2-Takt Benzinmotor	Elektromotor, 2 Akku-Sätze zu 36 Volt
Schwertlänge	50 cm	55 cm
Schallleistung laut Typenschild	LW=105dB	LW=93 dB
Ergebnisse Schalldruckpegel Lp am Messort	**75,7 dB**	**66,4 dB**

Zusammenfassung und Anmerkungen

- Die Geräte sind grundsätzlich gut vergleichbar. In vollgeladenem Zustand ist das Elektrogerät ebenso gut einsetzbar wie das Benzingerät.
- Messtechnisch hat ein Unterschied von 9,3 dB bestanden. Laut Typenschilder wäre ein Unterschied von 12 dB zu erwarten gewesen. Tatsächlich war die Benzinmaschine etwas leiser als erwartet, für den gemessenen Arbeitsvorgang lag der LW bei etwa 101 dB. Der Arbeitsvorgang mit der Elektromaschine war recht nahe am Wert des Herstellers (LW etwa 91 dB). Der Grund für das relativ leise Auftreten des Benzingeräts dürfte die moderate Leistungsanforderung für das Schneiden von schwacher Bepflanzung sein.
- Die subjektive Einschätzung des Höreindruckes lässt gravierende Unterschiede erkennen. Das Benzinmotorgeräusch ist rauh und tonhaltig. Es tritt unangenehmer in Erscheinung als das Elektrogerät. Bei letzterem hört man im Wesentlichen nur das Rasseln des Schneidevorgangs. Der Pegelunterschied von 10 dB zwischen den Geräten wird als Halbierung der Lautstärke empfunden. Das bedeutet, dass das Benzingerät im direkten Vergleich etwa doppelt so laut bemerkbar wird.

Haltbarkeit und Lebensdauer

Nach Prüfung verschiedener Literaturstellen und anhand technologischer Überlegungen erscheint die Schlussfolgerung zulässig, dass die Lebensdauer von Elektrofahrzeugen derjenigen von konventionellen Fahrzeugen nicht nachsteht.
Fahrgestell, Fahrwerk und Lenkung unterliegenb unabhängig vom Antriebsstrang denselben Witterungseinflüssen und sind von Korrosion betroffen. Hohen mechanischen Beanspruchungen und Verschleißerscheinungen unterliegende Komponenten wie Getriebe, Kurbelwelle, Ventiltrieb udgl. sind bei Elektrofahrzeugen nicht vorhanden.
Die Lebensdauer eines Elektroautos ist nicht alleine durch die Lebensdauer der Batterie determiniert. Die derzeitigen Batterietypen unterliegen im Einsatz einem Alterungsprozess. Dieser äußert sich in einer Verringerung der ursprünglich verfügbaren Leistungsfähigkeit der Batterie.
Die Lebensdauer von Batterien wird über zwei Kriterien definiert [1]:

- kalendarische Lebensdauer: Zeitdauer, wie lange die Batterie auch ohne Belastung funktioniert
- Zyklenlebensdauer: gibt die Anzahl an, wie häufig die Batterie auf volle Ladung geladen werden kann bzw welchen Ladungsdurchsatz die Batterie liefern kann

Für den Einsatz in Fahrzeugen interessiert die Zyklenlebensdauer. Das Lebensdauerende wird mit einer Abnahme der Kapazität auf 80 % der Nennkapazität definiert. Dabei tritt am Ende des garantierten Lebenszyklus zunächst eine Reduktion der Batteriekapazität auf 80% der ursprünglich verfügbaren Batteriekapazität ein.
In der Studie „Ökobilanzierung alternativer Antriebe“ [2] wurde die Lebensdauer der Elektrofahrzeuge wie auch der Akkumulatoren in den Elektrofahrzeugen mit zehn Jahren festgesetzt. Diese Lebensdauer ist damit in Übereinstimmung mit generellen automotiven Lebensdaueranforderungen.
Die typische kalendarische Lebensdaueranforderung wird auf Basis von Literaturangaben mit acht bis zwölf Jahren angenommen. Die zu erwartende Zyklenlebensdauer in Elektrofahrzeugen soll rund 3.000 Vollzyklen betragen. Bei einer elektrischen Reichweite des Fahrzeugs von 100 km entsprechen 3.000 Zyklen einer Fahrleistung von 300.000 km.
Für professionell eingesetzte Nutzfahrzeuge im Bauhofbereich stellt jedoch auch eine um ca 20% verringerte Batteriekapazität kein Kriterium für ein Ende der Fahrzeugnutzung dar. Gegen Ende der garantierten Batteriehaltbarkeit stellt die Batterie nicht ihren Dienst ein – es stellt sich im übertragenen Sinn kein „Kapitalschaden“ ein – das Fahrzeug ist weiterhin sinnvoll und einsetzbar; lediglich die Reichweite mit einer vollen Batterieladung sinkt.
Aus gesamtökologischer Sicht muss jedoch berücksichtigt werden, dass konventionell angetriebene Fahrzeuge zB hinsichtlich der Abgasemissionen ebenfalls einer Verschlechterung unterliegen; dies wird im Rahmen der Typenprüfung mit sogenannten Verschlechterungsfaktoren oder mit einer Dauerhaltbarkeitsprüfung berücksichtigt. Durch Verschleiß und chemisch-physikalische Alterung der Abgasreinigungssysteme nehmen sowohl die Emissionen von konventionellen Fahrzeugen als auch der Treibstoffverbrauch zu; die Leistung geht tendenziell zurück. In erster Näherung ergibt sich eine Haltbarkeit der Abgasreinigung (Dauerhaltbarkeit), die einer Laufleistung von ca 160.000 km entspricht.
Rein ökologisch motivierte Überlegungen oder vermutete Restriktionen in der Lebensdauer können Entscheidungen gegen die Anschaffung von elektrisch betriebenen Nutz-Fahrzeugen nicht hinreichend erklären. Letzteres gilt auch für Wirtschaftlichkeitsüberlegungen im Zusammenhang mit der Anschaffung elektrisch betriebener Nutzfahrzeuge.

[1] Aus: Achim Kampker Herausgeber „Elektromobilität - Grundlagen einer Zukunftstechnologie“; Springer – Vieweg Verlag, 2013
[2] ÖKOBILANZ ALTERNATIVER ANTRIEBE – ELEKTROFAHRZEUGE IM VERGLEICH, Rep 0440, Lebensministerium Wien, 2014

Ein häufig vorgebrachter und bedeutender Nutzervorbehalt bezieht sich neben der eingeschränkten Reichweite auf die Haltbarkeit der Batterie. Für Nutzfahrzeuge im kommunalen Bereich stellt sich die Frage der Reichweite, da diese eine von den Aufgaben abhängige und damit planbare Größe ist, nicht im selben Maße wie für Privatnutzer (wenngleich sämtliche Analysen für private Fahrzeugnutzung zeigen, dass eine Reichweite von 100 km für die überwiegende Anzahl von Fahrten völlig ausreichend ist).
Elektrofahrzeuge eignen sich besonders für Verkehrsdienstleistungen und Transporterfordernisse im innerstädtischen Raum. Kurze Weglängen und häufige Halte, also der urbane Wirtschaftsverkehr, überlagern sich aufgrund der spezifischen Fahrzeuganforderungen in besonderer Weise mit dem Einsatzprofil von Elektro-Fahrzeugen.

Der Bericht zum Projekt [3] „Konzipierung und Gestaltung elektromobiler Dienstleistungen im innerstädtischen Raum“ hält zu diesem Thema fest:

Kurzstreckenfahrten sowie häufiges Anfahren und Bremsen auf stark ausgelasteten Straßen sind typisch für derartige Einsatzbedingungen. Verbrennungsmotoren erreichen bei diesen Anforderungen selten ihren optimalen Betriebsmodus, werden verschleißintensiv beansprucht und weisen einen hohen Kraftstoffverbrauch in Verbindung mit hohen Abgas- und Lärmemissionen auf. Dies hat nicht nur negative Folgen auf den global wachsenden Lebensraum Stadt, sondern belastet auch die Kostenseite der die Fahrten ausführenden Unternehmen. In Kombination mit steigenden Ölpreisen und restriktiveren Zufahrtsbedingungen für Innenstädte wird der wirtschaftliche Veränderungsdruck noch zunehmen und sich die Wettbewerbsfähigkeit der Elektromobilität verbessern. Vor diesem Hintergrund wird ein signifikantes Potenzial für den Einsatz elektrobetriebener Nutzfahrzeuge im innerstädtischen Dienstleistungsverkehr attestiert. Gegenüber verbrennungsmotorisch angetriebenen Fahrzeugen weisen Elektrofahrzeuge die Vorteile von lokal weit geringeren Schadstoff- und Lärm-Emissionen auf. Sie sind antriebsseitig für einen stark intermittierenden Betrieb sehr viel besser geeignet und die genauere Regelbarkeit des elektrischen Antriebes ermöglicht einen höheren Fahrkomfort.

Ökobilanz elektrischer Antriebe

Im Report „ÖKOBILANZ ALTERNATIVER ANTRIEBE –ELEKTROFAHRZEUGE IM VERGLEICH“ [4] erfolgt eine fundiert essenzielle Gesamtbilanzierung verschiedener Fahrzeug-Antriebssysteme hinsichtlich Klimaauswirkungen und Umwelteffekten. Diese Frage zum Energieeinsatz und der ökobilanziellen Betrachtung von Elektroantrieben - neben anderen, sowohl konventionellen als auch hybriden Antriebskonzepten und Treibstoffen - ist sowohl bei der Herstellung von Kraftfahrzeugen und Treibstoffen als auch beim Betrieb von zentraler Bedeutung.
In dieser Projektarbeit wird daher auf diesen Bericht verweisen und werden die zentralen Ergebnisse und Schlussfolgerungen zusammenfassend angeführt.
Mit dieser Ökobilanz werden sämtliche Umweltaspekte eines Produktsystems (Produktion einschließlich der Herstellung der Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen, Energiebereitstellung, Betrieb, Entsorgung) über alle Phasen seines Lebenszyklus hinsichtlich der relevanten Umweltauswirkungen bewertet.

[3] Konzipierung und Gestaltung elektromobiler Dienstleistungen im innerstädtischen Raum Band 1 – Projektbericht

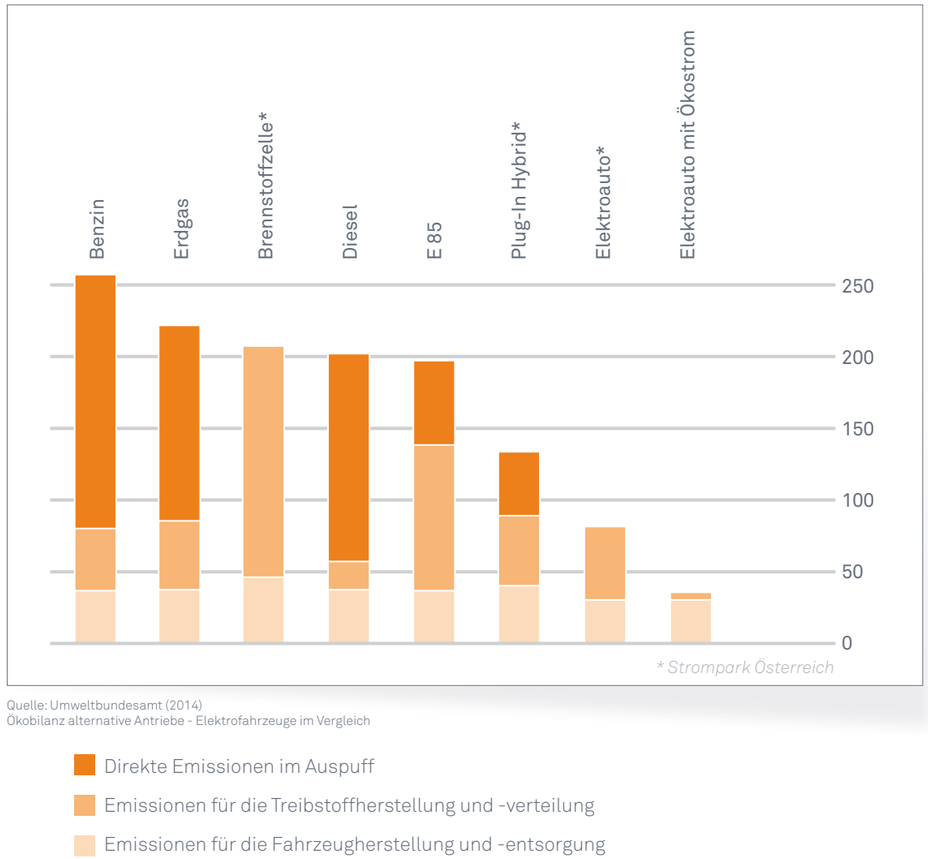
[4] Autoren Friedrich Pötscher, Ralf Winter, Werner Pölz, Günther Lichtblau, Hanna Schreiber, Ute Kutschera REPORT REP-0440, Lebensministerium, Wien 2014 www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0440.pdf

Im erwähnten Bericht erfolgt eine Zusammenfassung der Ergebnisse wie folgt:

Reine Elektrofahrzeuge schneiden in der Gesamtbetrachtung in fast allen Kategorien durchwegs am besten ab, mit erneuerbarem Strom als Energiequelle lässt sich dieser Effekt noch bedeutend verbessern. Die aus heutiger Sicht praxistauglichere Fahrzeugvariante der Plug-in Hybriden bilanziert bei einer entsprechenden Verwendung unter Einsatz hoher Anteile Strom am Gesamtenergieeinsatz ebenfalls sehr gut.
Reine Elektrofahrzeuge sowie das Elektromoped erzeugen durchwegs die geringsten THG-Emissionen und benötigen durchwegs die wenigste Energie in der Betrachtung der Gesamtkette.
Gesteigert werden kann diese Bilanz noch durch den Einsatz von regenerativen Energien.
Die größten Anteile als auch die größten Variationen der Energieeinsätze der verschiedenen Fahrzeugkonzepte ergeben sich aus der vorgelagerten Antriebsenergiebereitstellung sowie aus dem fahrzeugseitigen Energieverbrauch. Die Fahrzeugherstellung hat einen geringeren Anteil und zeigt kleinere Schwankungen.

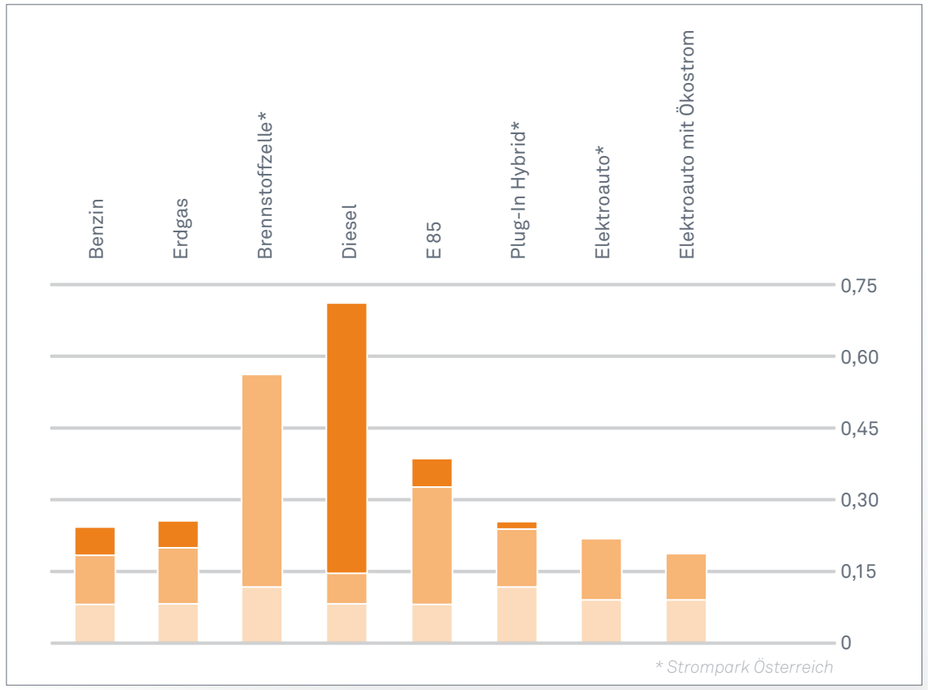
Die folgenden Abbildungen aus der erwähnten Literatur sollen die Ergebnisse verdeutlichen.

TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN IN GRAMM PRO KILOMETER



Quelle: Umweltbundesamt (2014)
Ökobilanz alternative Antriebe - Elektrofahrzeuge im Vergleich

NO_x-EMISSIONEN IN GRAMM PRO KILOMETER



Quelle: Umweltbundesamt (2014)
Ökobilanz alternative Antriebe - Elektrofahrzeuge im Vergleich

- Direkte Emissionen im Auspuff
- Emissionen für die Treibstoffherstellung und -verteilung
- Emissionen für die Fahrzeugherstellung und -entsorgung

Luftschadstoffe

Verkehrsinduzierte Abgasemissionen tragen maßgeblich zur lokalen und regionalen Luftbelastung bei. Lufthygienisch sind besonders die Emissionen an Feinstaub (PM10 und PM2.5) sowie die Emission an Stickstoffoxiden von Bedeutung. Aus benzinbetriebenen Geräten müssen aufgrund der unmittelbaren Nähe der möglichen Einwirkung auch Emissionen an karzinogenem Benzol beachtet werden.
Das Umweltbundesamt Wien [5] führt dazu aus:

Stickstoffoxide NOx (Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO_2) entstehen überwiegend als unerwünschte Nebenprodukte bei der Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen bei hoher Temperatur. Der mit Abstand größte Verursacher ist der Verkehr.
Für den Menschen besonders schädlich ist Stickstoffdioxid (NO_2), da es die Lungenfunktion beeinträchtigt. Außerdem sind die Stickstoffoxide mitverantwortlich für die Versauerung und Eutrophierung (Überdüngung) von Böden und Gewässern.

[5] http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/luft/luftschadstoffe/

In der kalten Jahreszeit entsteht aus gasförmigen Stickoxiden und Ammoniak partikelförmiges Ammoniumnitrat. Dieses trägt zu einer großräumigen Belastung durch Feinstaub (PM10) bei. Im Sommer führen Stickstoffoxide zusammen mit Kohlenwasserstoffen zur Bildung von Ozon.

Feinstaub – auch als Particulate Matter [6] bezeichnet – ist eine heterogene Mischung von festen, flüssigen oder dampfförmigen Stoffen unterschiedlicher Herkunft und uneinheitlichen chemisch-physikalischen Eigenschaften, die in der Umgebungsluft schweben. Emissionen des Verkehrsbereiches sind neben Industrie und vor allem Hausbrand Hauptverursacher der Feinstaubbelastung. Die aus Verkehrsabgasen – besonders von Dieselfahrzeuge ohne Partikelfilter – freigesetzten Russpartikel sind jener Teil der Feinstaubfraktionen mit besonders gesundheitsschädlichen Eigenschaften.

Das Umweltbundesamt Wien [7] hält bezüglich Feinstaub (PM 10) fest:
Die als Feinstaub (PM10) bezeichnete Staubfraktion enthält 50% der Teilchen mit einem Durchmesser von 10 µm, einen höheren Anteil kleinerer Teilchen und einen niedrigeren Anteil größerer Teilchen. Partikel dieser Größe können über den Kehlkopf hinaus bis tief in die Lunge gelangen. Sie sind daher besonders gesundheitsschädlich. Sie sind maximal so groß wie Zellen und können daher mit freiem Auge nicht gesehen werden. Der gut sichtbare Staub, der bei Baustellen oder durch Streusplitt entsteht, besteht zum Großteil aus Grobstaub.
Eine aktuelle Bewertung der Gesundheitsauswirkungen von Feinstaub durch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat klar gezeigt, dass eine erhöhte PM2,5-Belastung in Zusammenhang mit schweren Gesundheitsauswirkungen (z.B. Herz-Kreislauferkrankungen) besteht. Dadurch kann es zu einer signifikanten Verminderung der Lebenserwartung kommen.

Durch Nutzung von im Fahrbetrieb abgasfreien Fahrzeugen – dh von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen und auch Arbeitsgeräten – wird die Luftbelastung im Lokalen und Regionalen nachhaltig verringert. Nachgewiesene Effekte auf gesundheitliche Schädigungen von Menschen aber auch Beeinträchtigungen tierischer oder pflanzlicher Organismen können drastisch vermindert bzw. bezogen auf einzelne Schadstoffparameter im Kfz-Abgas gänzlich vermieden werden. Das Umweltbundesamt Wien kommt diesbezüglich zum Schluss: Die Elektrotraktion bietet den signifikanten Vorteil, dass lokal keine Luftschadstoff-Emissionen anfallen.

Speziell in ökologisch und gesundheitlich sensiblen Bereichen, wie etwa dem städtischen Umfeld, sind Emissionsvorteile aus Gesundheitssicht besonders positiv zu beurteilen.
Elektrisch betriebene Fahrzeuge des Nutzfahrzeugsektors bzw Elektro-Antrieb im Einsatz für Bauhöfe tragen offenkundig überproportional zur Verringerung der Luftbelastung bei. Einsatzbedingt ist mit häufigem Anhalten und Anfahren zu rechnen; damit kann dieses Fahrmuster dem „stop & go“ Verkehr zugeordnet werde. Die Emissionen dieses Fahrmusters liegen wesentlich höher als die durchschnittlichen Emissionen im innerstädtischen, verkehrsbelasteten Bereich. Nachstehende Abbildung verdeutlicht diesen Zusammenhang am Beispiel Stickstoffoxid (NOx) Emissionen. Für den Treibstoffverbrauch und die damit verbundenen CO_2 Emissionen kann ein analoger Zusammenhang angenommen werden.

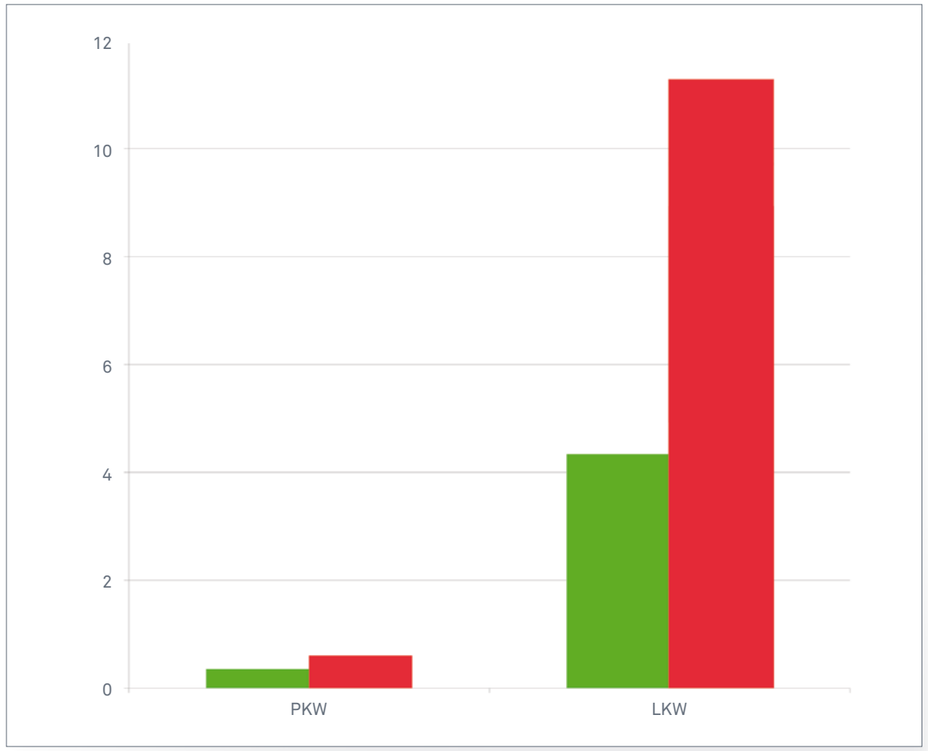
Elektrisch angetriebene Fahrzeuge weisen zudem keine Kaltstartemissionen auf. Kaltstartemissionen sind mit hohen Verbräuchen und hohen spezifischen Emissionen verbunden, deren Auswirkung auf die Luftqualität insgesamt nicht außer Acht gelassen werden darf.

[6] Particulate Matter wird mit PM abgekürzt; die meist angefügte Zahl verweist auf die Messmethode und charakterisiert die Größe der luftgetragenen Partikel in Mikrometer (µm)

[7] ÖKOBILANZ ALTERNATIVER ANTRIEBE –ELEKTROFAHRZEUGE IM VERGLEICH; Rep-0440; Wien, 2014

EMISSIONSMINDERUNGSPOTENZIAL ELEKTRISCHER ANTRIEBE

NO_x Emissionsfaktoren im innerstädtischen Bereich (g/km) Bezugsjahr 2011



Quelle: www.hamburg.de/contentblob/4333006/data/ro-17-luftschadstoffe-i.pdf

Agglomeration Mittelwert Verkehr flüssig & dicht & gesättigt

Agglomeration stop+go

Arbeitnehmerschutz

Der Einsatz von elektrisch betriebenen Zusatzgeräten macht nicht nur aus ökonomischer und ökologischer Sicht Sinn, er ermöglicht auch die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften und verringert die Gesundheitsbelastung von Arbeitnehmern.

Durch den Einsatz von Akku-Zusatzgeräten sinkt die Schadstoffbelastung durch Benzol, Kohlenmonoxid, flüchtige Kohlenstoffverbindungen, Stickoxide, Feinstaub usw. im Vergleich zu Geräten mit Verbrennungsmotoren, z. B. Motorsäge, Heckenschere, Freischneider und Co, bei der Verwendung auf Null. Dies kommt vor allem den Arbeitnehmern als Anwender zugute, da sich diese im unmittelbaren Emissionsbereich befinden. Die Gefahr einer Schädigung der Atemwege, des Nervensystems und des Erbgutes bis hin zur Verursachung von Krebs durch den Einsatz benzinbetriebener Zusatzgeräte wird durch die Verwendung von Akku-Geräten gänzlich eliminiert. Davon profitieren aber nicht nur die Arbeitnehmer selbst, sondern auch jene Menschen, die sich in der Nähe des Arbeitsbereiches aufhalten oder gar dort wohnen. Dies ist z. B. der Fall, wenn Grünanlagen im Siedlungsgebiet zu pflegen sind (Hecken schneiden, Bäume entasten, Rasen mähen, Laub saugen usw.).

Darüber hinaus sind Arbeitgeber verpflichtet, die Lärmbelastung für Arbeitnehmer so gering wie möglich zu halten, da das sogenannte TOP-Prinzip (T – technisch, O – organisatorisch, P - persönlich) anzuwenden ist.
Konkret bedeutet das, dass zuerst technische Möglichkeiten auszuschöpfen sind (=Verringerung der Schallemission durch Schalleindämmung am Gerät selbst bzw. durch Verwendung leiserer Geräte). Organisatorisch lässt sich die Lärmbelastung bestenfalls noch für nicht mit den Arbeiten beschäftigte Personen lösen, indem man z. B. bestimmte Arbeiten zu bestimmten Zeiten einfach nicht durchführt, nicht aber für den Anwender, da sich dieser immer im unmittelbaren Wirkbereich des Schalls aufhalten muss. Die Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung (Gehörschutz) durch Arbeitnehmer sollte immer nur die letzte Wahl sein.

- Erfüllung gesetzlicher Vorgaben gem. ASchG, AAV usw. (ArbeitnehmerInnenschutzgesetz § 42 (1) „Ersatz und Verbot von gefährlichen Arbeitsstoffen; Krebserzeugende, erbgutverändernde, fortpflanzungsgefährdende und biologische Arbeitsstoffe dürfen nicht verwendet werden, wenn ein gleichwertiges Arbeitsergebnis erreicht werden kann 1. mit nicht gefährlichen Arbeitsstoffen, sofern dies nicht möglich ist, 2. mit Arbeitsstoffen, die weniger gefährliche Eigenschaften aufweisen“
- Allgemeine Arbeitnehmer-Schutzverordnung §55 (2) „Sofern Benzol, Tetrachlorkohlenstoff, 1,1,2,2-Tetrachloräthan und Pentachloräthan sowie Arbeitsstoffe, die einen Volumenanteil von mehr als ein Prozent der genannten Stoffe enthalten, durch nicht oder weniger gesundheitsgefährdende Arbeitsstoffe ersetzt werden können, sind diese Arbeitsstoffe zu verwenden. Dies gilt nicht für die Erzeugung der Arbeitsstoffe, für die Verwendung für chemische Synthesen oder für analytische Zwecke und Forschungszwecke in Laboratorien.
  Dies gilt weiters nicht für die Verwendung von Benzol in Motortreibstoffen, außer zum Antrieb von zweitaktmotorbetriebenen handgeführten Arbeitsmitteln.“

Energieautonomie Vorarlberg und E-Mobilitätsstrategie des Landes

Die Energieautonomie ist das zentrale energiepolitische Programm des Landes Vorarlberg. Bis 2050 soll im selben Ausmaß Energie aus lokalen Quellen erzeugt werden wie verbraucht wird. Mobilität spielt dabei als einer der größten Energieverbraucher eine Schlüsselrolle. Elektromobilität birgt aufgrund der hohen Energieeffizienz und der Möglichkeit der heimischen Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen große Potentiale zur Verringerung des Energieverbrauchs und der CO_2-Emissionen. Ziel des Maßnahmenplans bis 2020 „101 enkeltaugliche Maßnahmen“ ist, dass 5 % der PKW-Wege 2020 elektrisch zurückgelegt werden.

Im Rahmen des Programms „Energieautonomie Vorarlberg“ wurde im Auftrag der Vorarlberger Landesregierung eine eigene Elektromobilitäts-Strategie ausgearbeitet. Damit soll Elektromobilität in den verschiedenen Anwendungsbereichen verstärkt verankert werden. Der Ausbau der Anwendungen im Nutzfahrzeugbereich ist ebenfalls Teil dieser Strategie. Das Projekt E-Mobilität am Bauhof ist ein Baustein zur nachhaltigen Verbreitung der Elektromobilität in Vorarlberg.

Elektro–LKW

In Ergänzung zur Thematik kann auch auf Projekte und zT auf Praxiserfahrungen bzw. auf Studien renommierter Institute zum Thema elektrisch angetriebene LKW verwiesen werden. Diese werden hier rein informativ angefügt.
In der Schweiz nutzen u.a. eine Brauerei und eine große Handelsgenossenschaft seit rund zwei Jahren Elektro-LKW, in Deutschland ein Automobilhersteller und Discounter. Diese Auswahl erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.
Laut den vorliegenden Erfahrungsberichten einzelner Firmen, kann davon ausgegangen werden, dass die Betriebskosten eines Elektro-LKW deutlich und signifikant unter denen eines vergleichbaren Diesel-LKW liegen und im Praxiseinsatz im arbeitstäglichen Lieferverkehr durchwegs positive Erfahrungen vorliegen. Einzelne Auswertungen und Erfahrungsberichte ergeben Reichweiten eines 18-Tonners (höchst zulässiges Gesamtgewicht; mögliche Nutzlast je nach Aufbau bis zu 10 to) von 200-240 km (mit 45-minütiger Zwischenladung bis 300 km). Dieser LKW – Typ befindet sich seit 2014 im arbeitstäglichen Einsatz im Großraum Zürich.
Ein seit Mitte 2015 in Deutschland eingesetzter 40-Tonner LKW erreicht eine Reichweite von ca. 100 km.

Für Interessierte wird auf folgende Links verwiesen; ohne Anspruch auf Vollständigkeit:

- Präsentation Josef Zettel, Mitglied Direktion Logistik bei der Firma COOP, anlässlich einer Tagung bei der EMPA im Juni 2015 in St. Gallen (Schweiz) zum Thema „Alternativantriebe in der Transportlogistik und bei Firmenflotten - Erfahrungsberichte von Unternehmen“ http://www.empa.ch/plugin/template/empa/22/158012/---/l=1
- Informationen und Fotos der Brauerei Feldschlösschen zum 18to Elektro-Lastwagen http://www.feldschloesschen.com/Medien/Pages/Fotos_18t_Elektro_Lastwagen.aspx
- Informationen der Firma LIDL, Deutschland „Lidl fährt grün: Elektro-LKW geht in Deutschland an den Start“ http://www.lidl.de/de/lidl-faehrt-gruen-elektro-lkw-geht-in-deutschland-an-den-start/s7372477
- Der Automobilhersteller BMW setzt seit Juli 2015 ebenfalls elektrisch angetriebene LKW ein: „100 % elektrisch, sauber und leise durch München. BMW Group und SCHERM Gruppe nehmen Elektro-Lkw offiziell in Betrieb.“ https://www.press.bmwgroup.com/austria/pressDetail.html?title=100-%25-elektrisch-sauber-und-leise-durch-m%C3%BCnchen-bmw-group-und-scherm-gruppe-nehmen-elektro-lkw&outputChannelId=18&id=T0225002DE&left_menu_item=node__4092

Müllsammelfahrzeug mit elektrisch betriebenem Aufsatz

Ein österreichischer Hersteller hat ein Müllsammelfahrzeug entwickelt, bei dem die Hydraulik für Ladetechnik und Presse mit Strom aus Akkus betrieben wird. Das reduziert laut Medienberichten den Lärm beim Ladevorgang von 80 Dezibel mit herkömmlicher Technik auf 60 Dezibel. Das Laden der Akkus dauert fünf Stunden, das reicht für eine achtstündige Tour. Der Batteriepack reduziert die Nutzlast um 500 Kilogramm, die Mehrkosten für den elektrisch betriebenen Aufbau betragen rund 75.000 Euro.
ORF Salzburg, 19. März 2015

Elektrobagger

Auch für Baustellen wird es neue Optionen geben: Die Projektpartner Affentranger Bau AG in Altbüron/CH, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich und die Huppenkothen Baumaschinen GmbH & Co. KG Lauterach, haben einen Prototyp eines Elektrobaggers gebaut. Er basiert auf einem marktüblichen 15 Tonnen-Bagger, die schwere Baumaschine kann einen 8 Stunden-Arbeitstag dank Nachladung über Mittag emissions- und motorenlärmfrei abwickeln. Die Pioniere gehen davon aus, dass die Batterie nach zehn Jahren noch etwa 80 % der Leistung im Neuzustand schafft. Auch wirtschaftlich ist das Gerät attraktiv: Je nach Szenario betragen die Treibstoffkosten weniger als ein Zehntel jener einer üblichen Dieselversion.

Projektbeschreibung Oktober 2014

Derzeit am Markt verfügbare elektrisch angetriebene Leicht-LKW und Lieferwagen können verstärkt für kommunale Arbeiten zum Einsatz kommen. Leichte Transportarbeiten, Servicetätigkeiten wie Veranstaltungs-, Gebäude- oder Flächenbetreuung oder Abfallsammlung lassen sich damit ebenso umsetzen wie etwa Essen auf Rädern – und das u. a. ökologischer, mit deutlich geringeren Kosten über die Lebensdauer, leiser und mit großer Vorbildwirkung.

Im Rahmen der Vorarlberger Modellregion Elektromobilität VLOTTE...

...wird deshalb in einem vom Österreichischen Klima- und Energiefonds finanzierten Projekt die Palette um Fahrzeuge für den kommunalen Arbeitseinsatz erweitert und den Interessenten näher gebracht. Verschiedene Maßnahmen erleichtern und vereinfachen für diese den gesamten Prozess zwischen Bewusstseinsbildung und Betrieb, wenn sie in diesem Segment auf Elektromobilität umsteigen wollen:

1. Das in entsprechender Qualität am Markt verfügbare Angebot an elektrisch angetriebenen Fahrzeugen für kommunale Arbeiten wird gesichtet, aufbereitet und in praxisorientierten Entscheidungsgrundlagen dargestellt. TCO- und Vergleichsrechnungen, Informationen zu Verbrauch, Förderung oder Motivation zu begleitenden Maßnahmen (z. B. Kombination mit Photovoltaik-Anlage am Bauhof, zweiter Batteriesatz, Akku-Zusatzgeräte) vervollständigen die Entscheidungsgrundlagen.
2. Zielgruppenorientierte Materialien z.B. für politische Gremien erleichtern den gemeindespezifischen Diskussionsprozess.
3. Interessierte Gemeinden/Dritte können direkt im praktischen Betrieb einen leichten E-LKW ausgiebig und realitätsnah testen. Das Fahrzeug dafür wird im Rahmen des Projektes angemietet und den interessierten Gemeinden/Dritten zur Verfügung gestellt.
4. Gemeinsam mit ExpertInnen aus den Gemeinden wird ein Anforderungskatalog für E-Fahrzeuge im kommunalen Einsatz erstellt und zu einem Muster-Leistungsverzeichnis weiterentwickelt. Bei Bedarf findet im Rahmen dieses Projektes auch bereits eine erste Pilotausschreibung für ein kommunales E-Fahrzeug statt.
5. Begleitende Kommunikation und Vernetzung sorgen für Bewusstseinsbildung und Positionierung der Möglichkeiten.
6. Besonderes Augenmerk wird auf die Überleitung der Projektergebnisse in ständige Leistungsangebote z. B. des Landes, des Umweltverbandes oder geeigneter Dritter gelegt.

Der Umweltverband als Interessensvertreter und Serviceeinrichtung der Vorarlberger Gemeinden, das Land Vorarlberg und VLOTTE bündeln hier mit externen Experten ihre Kräfte, um Elektromobilität in diesem Segment zu fördern.

Musterleistungsverzeichnis für Elektro-Lieferwagen

Elektro-Lieferwagen im Gesamten						
Legende		Vom Bieter sind nur die blauen Felder auszufüllen!				
Allgemein		Bieter				
		Angebot (Nr.)				
E-Lieferwagen						
Produkt-bezeichnung		Produkthersteller				
		Typ/Modell/Bezeichnung				
KO-Kriterien						
Kategorie	Nr.	Mindestanforderungen	Wertangabe und Beschreibung durch Bieter	Menge	Preis je Stück in EUR exkl. Ust. (vom Bieter auszufüllen)	Gesamtpreis in EUR
Karosserieaufbau	1	2 Türen, seitliche Schiebetüre und Heckklappe				0,00 €
	2	mind. 2 Sitzer				
	3	Mindestladevolumen (spezifisch zu definieren)				
	4	maximale Zuladung (spezifisch zu definieren)				
Motor	5	reinelektrischer Antrieb				
	6	Synchron-Elektromotor				
	7	Leistung (Spitze): mind. 40 kW				
Aufladen	8	Kompatibilität mit Typ2-Ladestationen				
	9	Lademöglicheit an 230V-Schuko-Steckdose				
Antriebsart	10	2-Radantrieb				
Akku	11	Reichweite: mind. 160 km nach NEFZ-Norm				
	12	Garantie: 5 Jahre bzw. 60.000 km mit mind. 75% Kapazität				
	13	inkl. Rekuperation (Energierückgewinnung beim Bremsen)				
Garantie für Fahrzeug	14	Dauer 24 Monate				
Fahrzeugtyp	15	Lieferwagen				
Sicherheit	16	Airbag für Fahrer und Beifahrer				
Ausstattung	17	Radio inkl. Multimediaanschluss				
	18	Standardfarbe weiß				
	19	Zentralverriegelung				
Zubehör (jedenfalls anzubieten)			Wert/ Beschreibung	Menge	Preis je Stück in EUR exkl. Ust. (vom Bieter auszufüllen)	Gesamtpreis in EUR
Standheizung	20	dieselbetriebene Zusatzheizung				0,00 €
Fensterheber elektrisch vorne	21	elektrische Fensterheber "vorne"				0,00 €
Klimaanlage	22	manuelle oder automatische Klimaanlage				0,00 €
Anhängerkupplung	23	Anhängerkupplung inkl. aller erforderlichen Anschlüsse				0,00 €
...	24	...				0,00 €
Gesamtpreis inkl. Akku exkl. Ust.						0,00 €
+ 20% Umsatzsteuer oder						0,00 €
Umsatzsteuer im Sitzstaat im innergemeinschaftlichen Versandverfahren						
Gesamtsumme inklusive Umsatzsteuer						0,00 €

Mögliche Förderungen für E-Fahrzeuge am Bauhof (Stand 9/2015)

Details dazu bei den Fördergebern (www.klimaaktiv.at bzw. www.klimafonds.gv.at).

Elektro-Fahrzeuge für Personen-/Güterbeförderung

	Förderung pro Fahrzeug (bis zu 10 Fahrzeuge)	
Einspurige Elektrofahrzeuge	250 €	
(Beispiel: E-Scooter, E-Motorrad)	**500 €**	bei 100% Strom aus erneuerbaren Energieträgern
Elektro-Leichtfahrzeuge lt. KFG § 2	500 €	
oder dreirädrige E-Fahrzeuge	**1.000 €**	bei 100% Strom aus erneuerbaren Energieträgern
Mehrspurige leichte	1.000 €	
Elektrofahrzeuge	**2.000 €**	bei 100% Strom aus erneuerbaren Energieträgern

Kraftfahrzeuge gemäß §3 KFG, Abs. 2.1 und 2.2

- zur Personenbeförderung (z.B. Pkw) Klasse M1 (bis zu 9 zugelassenen Personen inkl. Fahrer)
- zur Güterbeförderung (z.B. leichtes Nutzfahrzeug) Klasse N1 < 2,5 t höchstzulässigem Gesamtgewicht

Antriebsart/Kraftstoff	Förderung pro Fahrzeug (bis zu 10 Fahrzeuge)		
Reiner Elektroantrieb	2.000 €	2.000 €	
	4.000 €	**4.000 €**	bei 100% Strom aus erneuerbaren Energieträgern
Plug-In-Hybridantrieb (PHEV[1]) und Elektroantrieb mit Reichweitenverlängerung (REEV[2], REX[3])	< 35 g CO2/km		
	1.500 €	1.500 €	
	3.000 €	**3.000 €**	bei 100% Strom aus erneuerbaren Energieträgern
	36 - 70 g CO2/km		
	1.000 €	1.000 €	
	2.000 €	**2.000 €**	bei 100% Strom aus erneuerbaren Energieträgern
	> 70 g CO2/km		
	500 €	500 €	
	1.000 €	**1.000 €**	bei 100% Strom aus erneuerbaren Energieträgern
	Zuschlag von je 200 €/FZG bei mind. 50% Biokraftstoff		
Voll Hybridantrieb (HEV)	400 €	400 €	
	800 €	**800 €**	bei mind. 50% Biokraftstoff (Biodiesel

Legende (zu Tabelle)

[1] Plug-In Hybrid Fahrzeuge (PHEV):Voll-Hybridfahrzeuge mit einem leistungsstärkeren Elektroantrieb für längere Strecken im rein elektrischen Fahrbetrieb. Die Batterien für den elektrischen Antrieb werden über einen externen Anschluss am Stromnetz geladen.

[2] Elektrofahrzeuge mit verlängerter Reichweite (REEV): Fahrzeuge mit vorwiegend elektrischem Antrieb und einer kleineren, konventionellen Verbrennungskraftmaschine, welche die Batterien für den Elektroantrieb auf Ladeniveau hält bzw. den Elektromotor über einen Generator antreibt und damit eine Verlängerung der Reichweite ermöglicht. Die Batterien werden extern über das Stromnetz geladen.

[3] Range-Extender Fahrzeuge (REX): Der elektrische Speicher des Fahrzeugs muss über eine externe Stromquelle aufladbar sein. Die elektrische Reichweite ist größer/gleich 70 km nach dem jeweiligen Testzyklus. Die Nennleistung der Verbrennungskraftmaschine darf nicht größer als 60% der Spitzenleistung des E-Motors (10 sec) und nicht größer als 100% der Dauerleistung des E-Motors sein.

Kraftfahrzeuge gemäß §3 KFG, Abs. 2.1 und 2.2

- zur Personenbeförderung (z.B. Kleinbus) Kl. M2 (mehr als 9 zugelassene Personen inkl. Fahrer und < 5 t höchstzulässigem Gesamtgewicht)
- zur Güterbeförderung (z.B. leichtes Nutzfahrzeug) Kl. N1, > 2,5 t und < 3,5 t höchstzulässigem Gesamtgewicht

Antriebsart/Kraftstoff	Förderung pro Fahrzeug (bis zu 2 Fahrzeuge)		
Reiner Elektroantrieb	10.000 €	10.000 €	
	20.000 €	**20.000 €**	bei 100% Strom aus erneuerbaren Energieträgern

Berechnungsgrundlagen Betriebskosten netto, siehe S. 8/9

Zulassungsklasse		L7E	N1	N1	N1	L7E	L7E	N1	N1
	e-Lasten-fahrrad	**Renault Twizy**	**Nissan eNV 200**	**Citroen Berlingo electric**	**Renault Kangoo ZE**	**Melex N.Car 391**	**Alke ATX**	**Klingler Esagono**	**Plantos Basis Mercedes Sprinter**
Neupreis (EUR)	3.000	6.800	21.900	27.000	20.300	22.000	24.400	32.000	80.000
Förderung bei Verwendung von Ökostrom (EUR)	600	2.000	4.000	4.000	4.000	2.000	2.000	2.000	20.000
Batteriemiete über Lebensdauer (EUR)	—	5.400	—	—	8.760	—	—	—	—
Energieverbrauch (kWh/100km)	1	6	20	20	20	15	15	25	35
Motorleistung (kW)	—	8	80	35	44	5	8	9	85
Reichweite (km)	50	100	120	120	120	80	80	80	120
Haltedauer (a)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Fahrleistung (km/a)	3.500	8.000	12.000	12.000	12.000	8.000	8.000	8.000	12.000
Gesamtfahrleistung (km)	35.000	80.000	120.000	120.000	120.000	80.000	80.000	80.000	120.000
Vollladezyklen	700	800	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Restwert (EUR)	350	300	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	2.500
Abschreibung (EUR/a)	205	990	1.690	2.200	2.406	1.900	2.140	2.900	5.750
Versicherung Haftpflicht (EUR/a)	—	142	263	165	185	142	142	142	274
motorbezogene VSteuer (EUR/a)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Verschleißteile (EUR/a)	50	50	150	150	150	50	50	50	200
Service (EUR/a)	50	100	150	150	150	100	100	100	300
Treibstoffkosten (EUR/a)	**4**	**48**	**240**	**240**	**240**	**120**	**120**	**200**	**420**
Jahreskosten in EUR ca.	**309**	**1.330**	**2.493**	**2.905**	**3.131**	**2.312**	**2.552**	**3.392**	**6.944**
Kilometerkosten in EUR ca.	**0,09**	**0,17**	**0,21**	**0,24**	**0,26**	**0,29**	**0,32**	**0,42**	**0,58**

DER LEITFADEN:

A. verschafft einen Überblick.

B. unterstützt auf dem Weg zum E-Fahrzeug am Bauhof in vier Schritten.

C. zeigt die Möglichkeiten von E-Zusatzgeräten.

D. gibt Hintergrund-Informationen zu verschiedenen Themen rund um E-Mobilität am Bauhof.