

# Wesentliche Ergebnisse der E-Mobilitäts- Modellregion VLOTTE

## Kurz zusammen- gefasst

- Realer Fahrverbrauch bei kombinierter Stadt-, Land- und Bergfahrt bei 20 kWh
- Aufladeverluste bei derzeitigen Ladegeräten noch relativ hoch
- Zebra-Batterietechnologie nur für Vielfahrer eine effiziente Lösung
- Ungesteuerte Ladeprofilspitzen der Firmenflotten können gleichzeitig zur Stromverbrauchsspitze am Abend auftreten
- Ladeinfrastruktur von Firmenfahrzeugen benötigt nur wenige Standorte für ungestörten Betrieb

# Einleitung

Durch das Umsetzungsprojekt VLOTTE, welches mit den Mitteln des Klima- und Energiefonds im Rahmen des Programms „Modellregion E-Mobilität“ gefördert wurde, sind mehr Elektrofahrzeuge denn je auf Österreichs Straßen unterwegs. Der baldige Erfolg dieser wird durch die FahrerInnen bzw. KäuferInnen bestimmt, was wiederum Einfluss auf die technische Realisierung der Elektroautos, Ladestellen und Energiebereitstellung haben wird. Deshalb und um zukünftige Systeme zu optimieren, ist es schon in der frühen Phase wichtig, die Erkenntnisse aus den ersten Modellregionen präzise zu bestimmen und die Daten der Fahrzeug-, Ladestellen- und Energieverteilungskomponenten wissenschaftlich zu erheben. Die Analysen der TU Wien in der Elektromobilitätsmodellregion VLOTTE sind wie folgt:

- Bestimmung von Fahrzeugkennwerten der Fahrverbräuche und der unterschiedlichen Verluste
- Ermittlung von Eigenschaften des Ladeprozesses, bezogen auf die Fahrzeuge bzw. auf die Ladestellen
- Analysen des Benutzerverhaltens in Hinblick auf Standdauer und Standorte

# Ergebnisse

Da im ersten Stadium hauptsächlich Unternehmen den Kundenkreis der VLOTTE bilden und somit deren MitarbeiterInnen das Elektroauto überwiegend dienstlich nutzen, ist der Aufenthalt des Fahrzeugs (FZ) meist mit der Firma bzw. dem Stammplatz verknüpft.

In der Modellregion VLOTTE werden hauptsächlich zwei Fahrzeugtypen, und zwar der „TH!NK city“ sowie umgebaute „Fiat 500“, verwendet. Daher wurden beide Autos durch Einzelmessungen näher beleuchtet.

Weiters wurden insgesamt 19 Fahrzeuge (ausschließlich „TH!NK city“), die bei der VKW, dem Land Vorarlberg, den teilnehmenden Bezirkshauptmannschaften und Marktgemeinden sowie mehreren kleinen Unternehmen in Verwendung stehen, gleichzeitig mit GPS- und Leistungsloggern ausgestattet und für drei Wochen beobachtet. Mit Hilfe dieser Messergebnisse kann auf den **Ladeleistungsbedarf**, die **Energieaufnahme**, die **Stehdauer** und die **Stehorte** von elektrischen Flottenfahrzeugen geschlossen werden.

Die bisher in Vorarlberg eingesetzten Elektrofahrzeuge sind ausschließlich mit ZEBRA-Batterien ausgestattet. Dieses schon ältere Batteriesystem hat den Nachteil, dass es auf über 260° C Betriebstemperatur gehalten werden muss, um funktionsfähig zu bleiben. Daher wird nicht nur während des Fahrens Energie verbraucht, sondern auch bei längeren Stehphasen Heizenergie benötigt. Abb. 1 zeigt den Gesamtverbrauch von ZEBRA-Elektrofahrzeugen symbolisch. Diese Tatsache, und dass zukünftige Elektroautos mit Li-Ionen-Technologie, bei welcher dieser Effekt nicht auftritt, ausgestattet sind, macht es schwierig, energetisch richtige Vergleiche mit Elektroautos der neuen Generation anzustellen.

Aus den obengenannten Gründen ist es nur beschränkt sinnvoll, die insgesamt verbrauchte Energie aus dem Netz auf die insgesamt gefahrenen Kilometer zu beziehen. In den folgenden Analysen wird daher jeweils die in den Stand-by-Phasen (Standzeiten) verbrauchte Energie auf die Stehzeitdauer sowie die in den Ladephasen konsumierte Energie auf die vorher gefahrenen Kilometer bezogen.



Abb. 1 Aufteilung des Gesamtverbrauchs bei Elektrofahrzeugen mit ZEBRA-Batterie

# Fahrverbrauch

Mit beiden Fahrzeugtypen wurde eine einheitliche Teststrecke absolviert. Die knapp zweistündige Fahrt beinhaltete sehr abwechslungsreiche Abschnitte (inkl. Bergfahrt) und zeigt einen Querschnitt der Straßenlandschaft Vorarlbergs. Die anschließend durchgeführten Ladungen sind in Abb. 2 energetisch dargestellt.

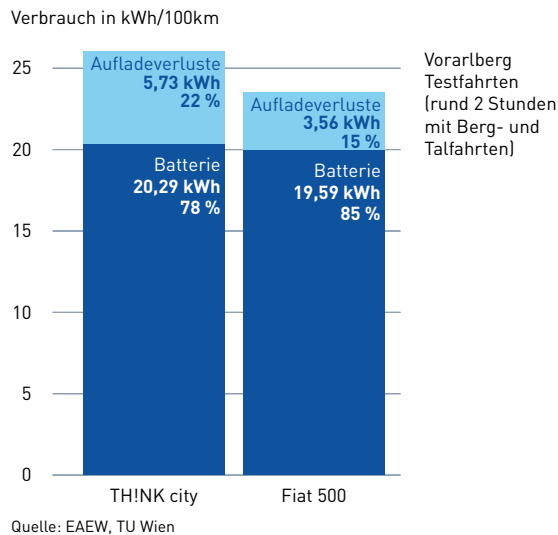


Abb. 2 Vergleich der Fahrverbräuche bei einer einheitlichen Teststrecke mit dem „TH!NK city“ und dem „Fiat 500“

All diese Werte beinhalten kaum Heizverluste, da die Testfahrten an einem Stück absolviert und die Fahrzeuge dann gleich anschließend zum Laden angesteckt wurden.

# Batterieaufladung und deren Verluste

Die Aufladeverluste ergeben sich aus der Differenz zwischen der gelieferten Netz- und der eingespeisten Batterieenergie bei der Ladung. Diese Verluste sind für die zwei getesteten Fahrzeugtypen sehr unterschiedlich und relativ hoch. Daher ist in der Ladeleistungselektronik ein hohes Potenzial an Effizienzsteigerung durch die Weiterentwicklung der Ladegeräte realistisch („Best Practice“).

Fahrzeugtyp	Aufladeverluste im Mittel
TH!NK city	24,5 %
Fiat 500	13,8 %

Tabelle 1

# Stand-by-Verluste

Steht ein mit ZEBRA-Batterie ausgestattetes Elektroauto längere Zeit still, so entstehen Heizverluste. Ist das Fahrzeug am Netz angesteckt, wird diese Energie direkt von dort bezogen. Wenn hingegen kein Netzanschluss besteht, muss die Batterie diese Heizenergie liefern. Erst der darauffolgende Ladeprozess via Netz lädt diese Energie wieder in die Batterie. Für die Berechnung der Stand-by-Verluste wurden die Fahrzeuge „TH!NK city“ und „Fiat 500“ jeweils vollgeladen 24 Stunden angesteckt und dabei der Energieverbrauch aus dem Netz ermittelt. Abb. 3 zeigt den Vergleich der Stand-by-Verluste der zwei Fahrzeugtypen.

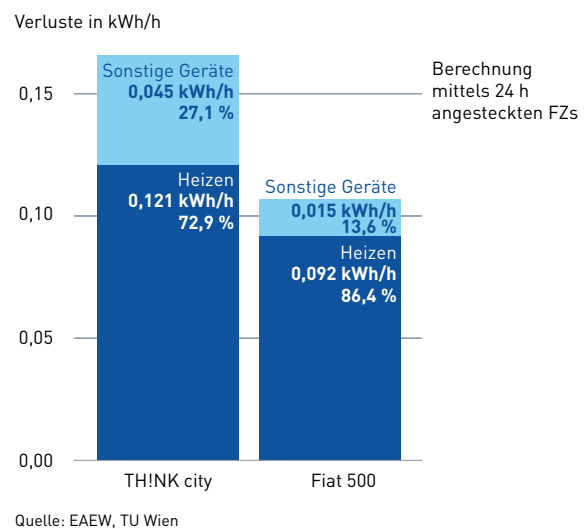
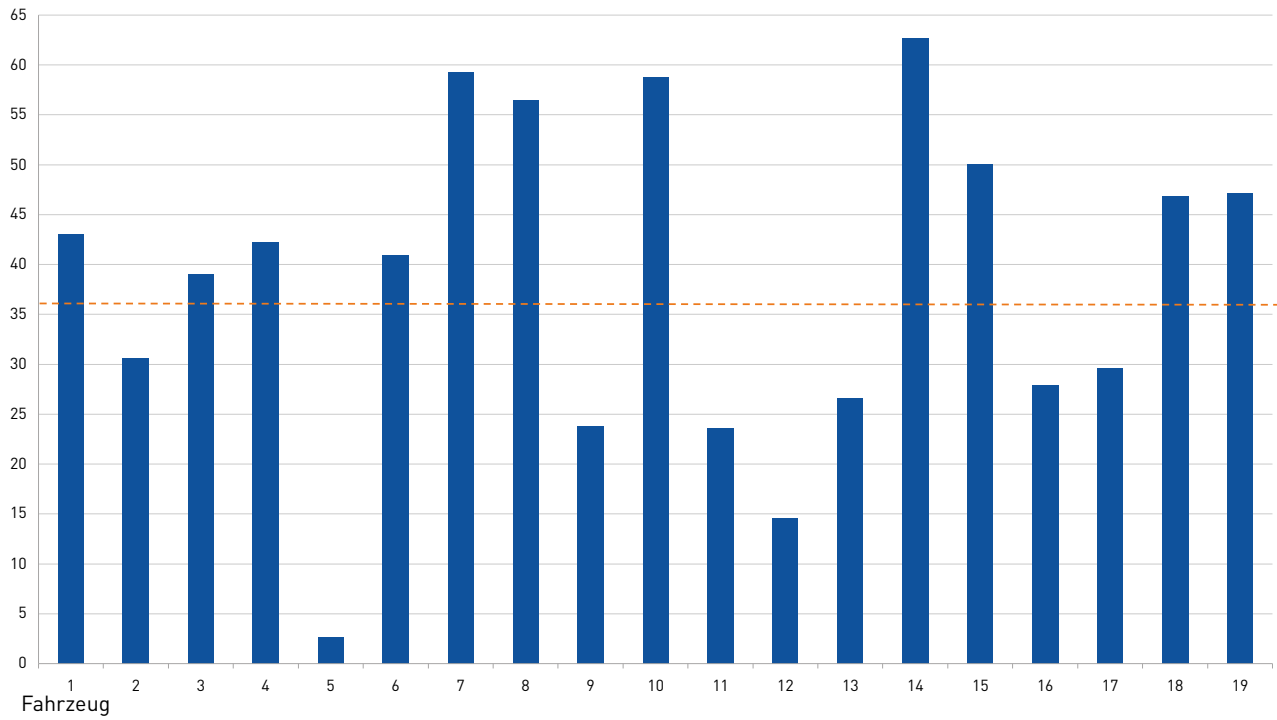


Abb. 3 Vergleich der Stand-by-Verluste je nach Fahrzeugtyp

**Die Umstellung auf Li-Ionen-Batterietechnologie (keine Heizerfordernisse) sowie eine weiterentwickelte Fahrzeugelektronik lässt deutlich geringere Verluste erwarten.**

Mittlere Fahrleistung in km/Fahrtag



EAEW, TU Wien

Abb. 4 Verteilung der mittleren Fahrleistung in km/Fahrtag je Fahrzeug

# Ladeenergieaufnahme

Die Ergebnisse der Untersuchungen im Rahmen der jeweils dreiwöchigen Beobachtungsphase über das Verhalten der Fahrzeugnutzer in Bezug auf den Einsatz der Fahrzeuge zeigen, dass mit den Fahrzeugen zumeist kurze Distanzen bis zu ihrer nächsten Ladung zurückgelegt wurden. Dadurch wurde nur ein geringer Prozentsatz der zur Verfügung stehenden Batteriekapazität (28,2 kWh) benötigt. Für allgemeine Aussagen muss jedoch ein größeres Sample erhoben werden.

Anteil der Ladungen an der Gesamtheit aller Ladungen	Max. geladene Energiemenge	max. Ladedauer <sup>1</sup>
44,4 %	10 % der Batt.-kap	0,9 h
65,7 %	20 % der Batt.-kap	1,8 h
85,8 %	40 % der Batt.-kap	3,6 h

Tabelle 2

Durchschnittliche Tageswerte	
Fahrleistung	Ladedauer <sup>1</sup>
36,32 km/Fahrtag	2,3 h/Fahrtag

Tabelle 3

<sup>1</sup>Berechnung inkl. Aufladeverluste (13,8 %) und bei konstanter Ladeleistung (3,6 kW)

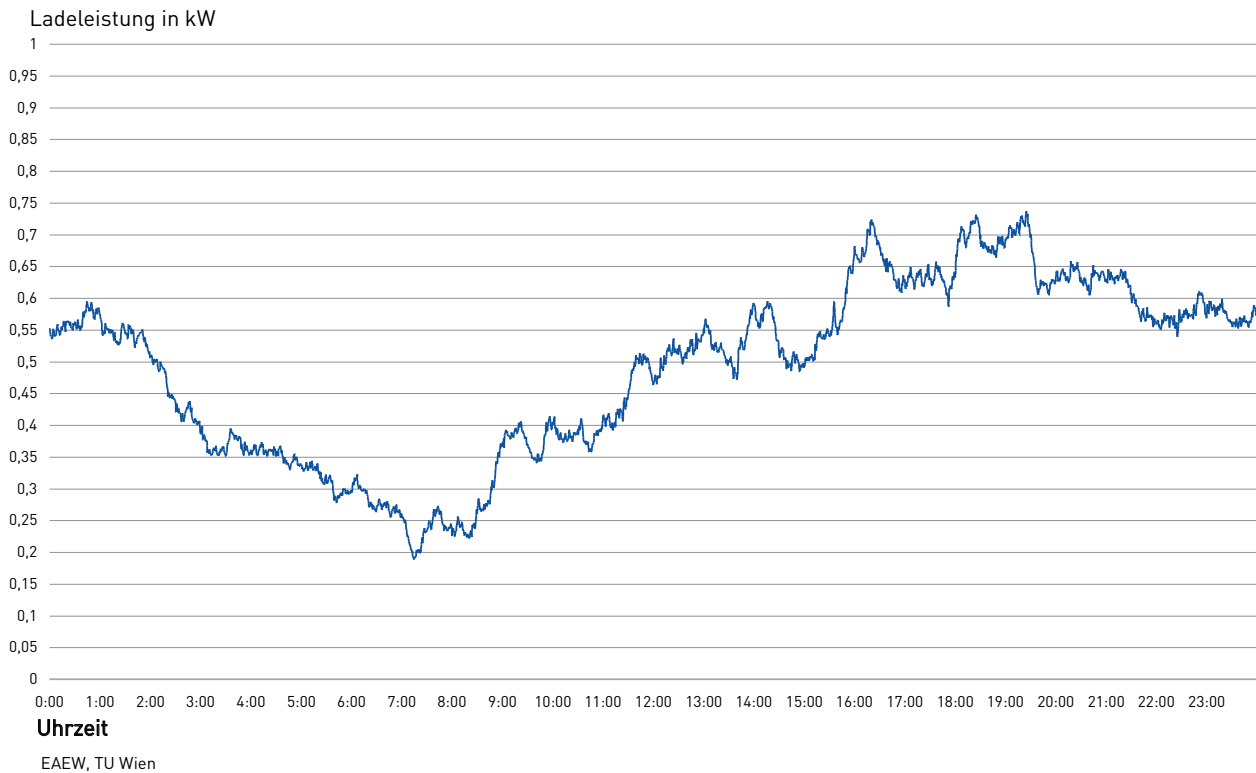


Abb. 5. Auf ein Fahrzeug bezogener mittlerer Ladeleistungsverlauf an einem Arbeitstag

## Ladeleistungsprofil

Da es sich bei den VLOTTE-Fahrzeugen bislang um reine Firmenflotten handelt, wurden ausschließlich an Arbeitstagen (Mo–Fr) nennenswerte Ladeleistungen abgerufen. Abb. 5 zeigt das gewonnene Lastprofil. Die Eigenschaften des Profils an Arbeitstagen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Um 04:00 Uhr haben die meisten Elektroautos ihre Ladung abgeschlossen.
- Bis 08:00 Uhr befinden sich diese im Stand-by-Betrieb.
- Die Ladeleistung steigt dann linear an und erreicht zwischen 16:30 und 19:30 Uhr ihr Maximum mit 0,74 kW/FZ im Mittel. Dieses Maximum ist daher zeitgleich mit dem Maximalwert der Haushaltslastprofile.
- Von 19:30 bis 02:00 Uhr ist das Leistungsniveau mit rund 0,6 kW/FZ stabil hoch.

## Stehdauer

Das Verhalten der Fahrzeugnutzer bezüglich der Abstellgewohnheiten wurde bei insgesamt vier Fahrzeugen, welche beim Land Vorarlberg, der Marktgemeinde Wolfurt und einer Elektroinstallationsfirma in Betrieb stehen, noch genauer analysiert. **Im Betrachtungszeitraum standen die Elektroautos fast ausschließlich im angesteckten Zustand, obwohl zumeist nur eine einzige Ladestelle (bei der eigenen Firma) genutzt wurde** (siehe Abb. 6).

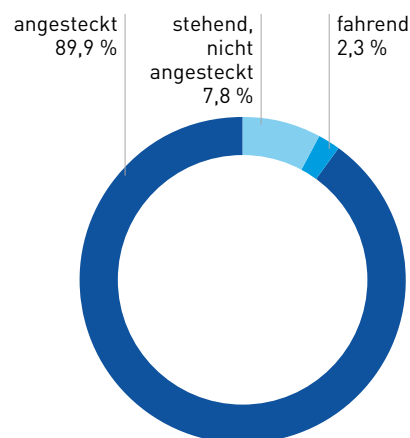


Abb. 6 Zeitliche Aufteilung des gesamten Betrachtungszeitraums

Unklar ist, ob das Nichtanstecken auf den Mangel einer weiteren Ladestelle zurückzuführen ist oder auf das Verhalten des Fahrzeugnutzers, der eine vorhandene Lademöglichkeit nicht nutzt. Betrachtet man die Anzahl der Stopps in Verbindung mit der jeweiligen Stehdauer, ergeben sich die in Abb. 7 dargestellten Aussagen.

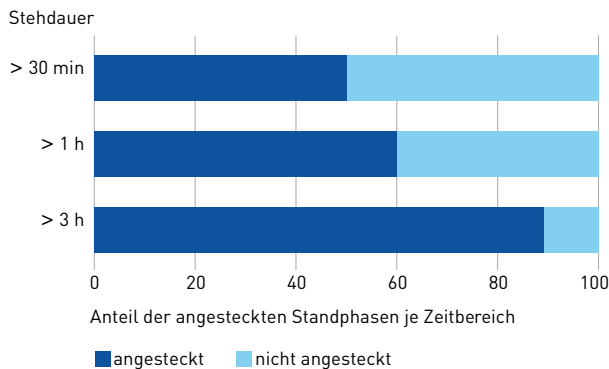


Abb. 7. **Prozentuelle Aufteilung der Standphasen aller betrachteten Fahrzeuge je Zeitbereich**

## Stehorte

Prinzipiell kann zwischen zwei Stehortgruppen unterschieden werden:

- Hauptstehort (Firmenparkplatz): An diesen Stehorte wurden die betrachteten Fahrzeuge lange abgestellt und alle Ladungen fanden dort statt.
- Nebensteherorte: Die Anzahl aller weiteren Stehorte ist sehr groß. Häufig wurden Nebensteherorte nur ein einziges Mal in den Testwochen angefahren und dann meist nur für kurze Zeit (rund eine bis vier Stunden). An diesen Orten wurde nicht geladen. Dies kann daran liegen, dass keine Infrastruktur vorhanden war oder generell die Dauer nicht zum Laden anregt.

**Die Erhebungen zeigen, dass für die betrachteten betrieblichen Einsatzarten der Fahrzeuge wenige Stellplätze mit Ladevorrichtung (bis hin zu einem einzigen) für den problemlosen Betrieb ausreichen.**

## Fazit

Die Ergebnisse dieser Analysen offenbaren die Problematiken der ersten Generation von Elektrofahrzeugen. Einerseits besitzt die hierbei verwendete ZEBRA-Batterie bedingt durch das Heizen hohe

Verluste, und andererseits ist die Leistungselektronik sowie das gesamte Fahrzeugmanagement noch nicht optimiert.

Im Gegensatz dazu zeigen die Forschungsergebnisse auch, dass die Realisierung der Elektromobilität in gewerblichen Fuhrparks mit unveränderten Mobilitätsbedürfnissen und ohne starken Ladeinfrastrukturausbau jetzt schon durchführbar ist. Bei zunehmender Durchdringung an Elektrofahrzeugen können aus netztechnischen Gründen Ladesteuerungsmechanismen notwendig sein, da die derzeitige Abendlastspitze sonst sehr stark vergrößert wird. Die Ergebnisse zeigen, dass diese ohne Mobilitätseinbußen möglich sind, da die Fahrzeuge meist viel länger angesteckt stehen. Die Langversion dieser Studie steht unter [www.e-connected.at](http://www.e-connected.at) zur Verfügung.

### Gesamtleitung

Vorarlberger Elektroautomobil  
Planungs- und Beratungs GmbH  
Weidachstraße 6, 6900 Bregenz  
Tel.: +43 5574 601-0

[www.vlotte.at](http://www.vlotte.at)

Geschäftsführer: DI Gerhard Günther  
Tel.: +43 5574 601-73210

E-Mail: [gerhard.guenther@vkw.at](mailto:gerhard.guenther@vkw.at)

### Begleitforschung

Technische Universität Wien  
Institut für Elektrische Anlagen und  
Energiewirtschaft  
Gußhausstraße 25/E373-1, 1040 Wien

[www.ea.tuwien.ac.at](http://www.ea.tuwien.ac.at)

DI Andreas Schuster

Tel.: +43 1 58801-37334

E-Mail: [schuster@ea.tuwien.ac.at](mailto:schuster@ea.tuwien.ac.at)

### „Modellregion E-Mobilität“ ist ein Programm des Klima- und Energiefonds:

Klima- und Energiefonds  
Gumpendorferstraße 5/22, 1060 Wien  
[www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at)

Mag. Christoph Wolfsegger, MSc

Tel.: + 43 1 5850390-28

E-Mail: [christoph.wolfsegger@klimafonds.gv.at](mailto:christoph.wolfsegger@klimafonds.gv.at)

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Klima- und Energiefonds  
Gumpendorferstraße 5/22, 1060 Wien  
[www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at)

Redaktion: Mag. Christoph Wolfsegger, MSc

Gestaltung: ZS communication + art GmbH

Druck: gugler\* cross media (Melk/Donau). Bei der mit Ökostrom durchgeführten Produktion wurden sowohl die Anforderungen des Österreichischen Umweltzeichens als auch die strengen Öko-Richtlinien von greenprint\* erfüllt. Sämtliche während des Herstellungsprozesses anfallenden Emissionen wurden im Sinne einer klimaneutralen Druckproduktion neutralisiert. Der Gesamtbetrag daraus fließt zu 100 % in ein vom WWF ausgewähltes Klimaschutz-Projekt in Karnataka/Indien ([http://www.greenprint.at/uploads/myclimate\\_portfolio.pdf](http://www.greenprint.at/uploads/myclimate_portfolio.pdf)).



**greenprint\***  
klimaneutral gedruckt.

Herstellungsort: Wien, Dezember 2010

Aus Gründen der Textökonomie werden in der vorliegenden Arbeit weibliche Formen nicht explizit angeführt. An dieser Stelle wird jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sich alle personenbezogenen Formulierungen grundsätzlich gleichermaßen auf Frauen und Männer beziehen.