

Motorräder und Roller unter Strom



**Ergebnisbroschüre erstellt im Rahmen
des Forschungsprojekts «E-Scooter –
Sozial- und naturwissenschaftliche Beiträge
zur Förderung leichter Elektrofahrzeuge
in der Schweiz».**

Was möchte diese Broschüre vermitteln?

Seit einigen Jahren ist in Politik und Öffentlichkeit ein verstärktes Interesse zum einen an Energiefragen allgemein und zum anderen an Elektromobilität als Hoffnungsträger für eine weniger umweltbelastende Mobilität feststellbar. Scooters mit elektrischem Antrieb (E-Scooters) können wesentlich zur Verringerung des Energieverbrauchs, der Treibhausgase, der Luftverschmutzung und des Strassenlärms beitragen.

Zwischen 2009 und 2013 untersuchte ein interdisziplinäres Forschungsteam zahlreiche Aspekte rund um das Thema E-Scooter. So wurden u.a. die Auswirkungen von E-Scooters auf Energie, Umwelt und Mobilitätsverhalten analysiert, der globale und nationale E-Scooter-Markt beobachtet und verschiedene Untersuchungen zu Ladeinfrastruktur und Verkehrssicherheit durchgeführt. Aus den Ergebnissen wurden anschliessend Handlungsempfehlungen abgeleitet. Die Studie wurde von den Bundesämtern für Energie (BFE) und Strassen (ASTRA) unterstützt.

In dieser Broschüre werden die wichtigsten Ergebnisse vorgestellt und für die Umsetzung in der Praxis aufbereitet. Zum einen soll interessierten Kreisen wie Fahrzeug-Importeuren/Herstellern, Motorradhändlern, potentiellen Kunden neues Wissen zu E-Scooters vermittelt werden, und zum anderen soll eine Diskussion zur Rolle von E-Scooters in einem nachhaltigen Mobilitätskonzept in breiten Kreisen (Motorradbranche, Politik etc.) ausgelöst werden.

Die Studie «E-Scooter - Sozial- und naturwissenschaftliche Beiträge zur Förderung leichter Elektrofahrzeuge in der Schweiz» ist zum freien Download erhältlich unter www.ikaoe.unibe.ch/forschung/e-scooter/.

Auch liegt eine Zusammenfassung in d/f/engl. unter www.ikaoe.unibe.ch/forschung/e-scooter/ vor.



Inhalt

- 3 Was verstehen wir unter einem E-Scooter?
- 4 Käuferprofil und Alltagstauglichkeit
- 7 Energiebedarf eines E-Scooters
- 10 Fahrzeugbatterie
- 13 Ladeinfrastruktur
- 14 Wie sauber sind E-Scooters?
- 17 Fördermassnahmen
- 18 Verkehrssicherheit

Was verstehen wir unter einem ‚E-Scooter‘?



Unter dem Begriff ‚E-Scooter‘ werden alle Fahrzeugkonzepte mit elektrischem Antrieb verstanden, die sich – im Gegensatz zu E-Bikes – nicht oder nur im Notfall mit Muskelkraft antreiben lassen, die aber nicht zu den Leichten Motorwagen (Personen- und Lieferwagen) zählen. Ein E-Scooter kann also

vom langsamen Mofa ohne Zulassungsbeschränkung bis zum leichten 4-Rad-Fahrzeug vieles umfassen (vgl. hellgrünen Bereich in Tabelle). Gemeinsam ist allen E-Scootern, dass sie ausschliesslich elektrisch angetrieben werden, relativ leicht sind und die Energie deshalb effizient nutzen.

Fahrzeug	Fahrzeug-kategorie	Ausweis-kategorie	Mindest-alter	Höchstgeschwin-digkeit (km/h)	max. Leistung (kW)*	Bemerkungen Modelle
Langsames E-Bike	Leicht-Motorfahrrad	kein Ausweis	16	25	0.5	14–16 Jahre: Kategorie M erforderlich
Schnelles E-Bike	Motorfahrrad	M	14	45	1	
E-Scooter	Motorfahrrad	M	14	30	0.9	
E-Scooter	Kleinmotorrad	A1	16	45	4	E-Scooter mit gelbem Schild
E-Scooter	Motorrad	A1	16	unbeschränkt	4	Die Mehrheit der Modelle mit weissem Schild
E-Scooter	Motorrad	A1	16	unbeschränkt	11	
E-Scooter	Motorrad	A beschränkt	18	unbeschränkt	25	
E-Scooter	Motorrad	A	20	unbeschränkt	unbeschränkt	
E-Scooter	Motorfahrzeug 3-, 4-rädrig	A, B1	18	unbeschränkt	3-Rad: unbeschränkt 4-Rad: 15	
E-Scooter	Leichtmotor-fahrzeug	A beschränkt, F	16	45	4	
Leichte Motorwagen	Motorwagen	B	18	unbeschränkt	unbeschränkt	PW, Lieferwagen bis 3500 kg Gesamtgewicht

* kW = Kilowatt: Messeinheit für die Leistung

Käuferprofil und Alltagstauglichkeit

Was bewegt Auto- und Motorradfahrer, auf einen E-Scooter umzusteigen? Und wie sieht der typische Käufer aus? Für welche Fahrten werden E-Scooter genutzt? Für die Beantwortung dieser Fragen untersuchten die Wissenschaftler 55 Personen, die zwischen 2009 und 2013 einen E-Scooter kauften.

Wer kauft einen E-Scooter?

Käufer von E-Scooter sind hauptsächlich männlich, rund 48 jähig und leben in städtischem Gebiet. Sie haben ein leicht höheres Einkommen und ihr Umweltbewusstsein ist stärker ausgeprägt als beim Durchschnittsschweizer.

Die E-Scooter-Käufer sind mobil: sie besitzen ein Auto, verfügen über mehr als drei Velos in ihrem Haushalt und können zudem häufig ein E-Bike nutzen (20% der befragten Haushalte).

Die Hälfte der Käufer ist in den letzten fünf Jahren regelmässig mit einem Benzin-Roller/Motorrad unterwegs gewesen, die Anderen sind Neuliker oder Wiedereinsteiger.

Der E-Scooter ist sowohl ein Ersatzfahrzeug als auch ein zusätzliches Fahrzeug: 50% der Käufer geben an, ihren E-Scooter als Ersatz für ein Auto



oder einen Benzin-Roller/ein Motorrad gekauft zu haben. Für die andere Hälfte ist er ein zusätzliches Fahrzeug.

Aus welchen Gründen werden E-Scooter gekauft?

Heute werden E-Scooter unter anderem aus Umweltgründen gekauft, da sie weniger Schadstoff- und Lärmemissionen als Benzin-Roller produzieren. Die Schnelligkeit und Wendigkeit der Fahrzeuge im Stadtverkehr wird als weiterer Kaufgrund angegeben, sowie der ‚Fahrspass‘ und die ‚Geräuschlosigkeit‘.



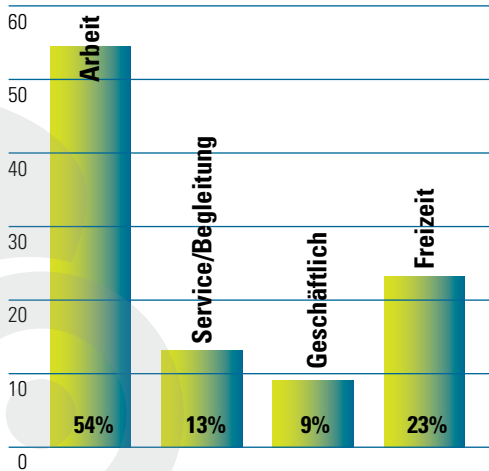
Wie werden die E-Scooter genutzt?

Die E-Scooter werden vor allem für Arbeitswege (54% aller Fahrten) und Freizeitwege (23% aller Fahrten) eingesetzt (vgl. Abbildung links). Eine durchschnittliche E-Scooter-Fahrt ist 15 km und 25 Minuten lang.

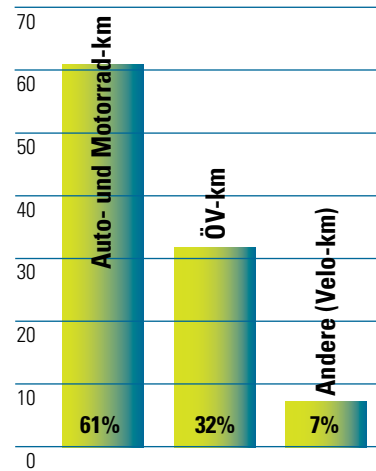
E-Scooter können Auto- und Motorradkilometer zu einem beträchtlichen Teil ersetzen

Die Untersuchung zeigt, dass knapp Zweidrittel der E-Scooter-Kilometer mit dem Auto oder dem Motorrad zurückgelegt worden wären (vgl. Abbildung rechts). Auch zeigt die Befragung, dass mit dem E-Scooter kaum zusätzliche Fahrten getätigt werden, d.h. sie erzeugen keinen nennenswerten Mehrverkehr.

Wege nach Zweck (in Prozent)



Durch den E-Scooter ersetzt Fahrzeug (Anzahl Kilometer)



Fahrzeugzuverlässigkeit ist gestiegen

Gemäss Händlerrassagen ist die Zuverlässigkeit der heute eingesetzten Komponenten deutlich gestiegen. Die Anzahl Garantiefälle ist entsprechend gesunken. Störungen kommen am häufigsten bei den elektrischen Anlagen vor, gefolgt von der Fahrzeugbatterie und den mechanischen Komponenten.

E-Scooters sprechen vor allem urbane Männer im mittleren Alter an, die ihren Arbeitsweg umweltbewusst und möglichst rasch und effizient zurücklegen wollen. Die heutigen E-Scooter-Fahrer sind mit ihrem Fahrzeug zufrieden und können das Gefährt gut einsetzen. Sowohl die Fahrer als auch die Händler sind überzeugt, dass heutzutage die Zuverlässigkeit der E-Scooters gross und mit einem Benzin-Scooter vergleichbar ist.



Energiebedarf eines E-Scooters

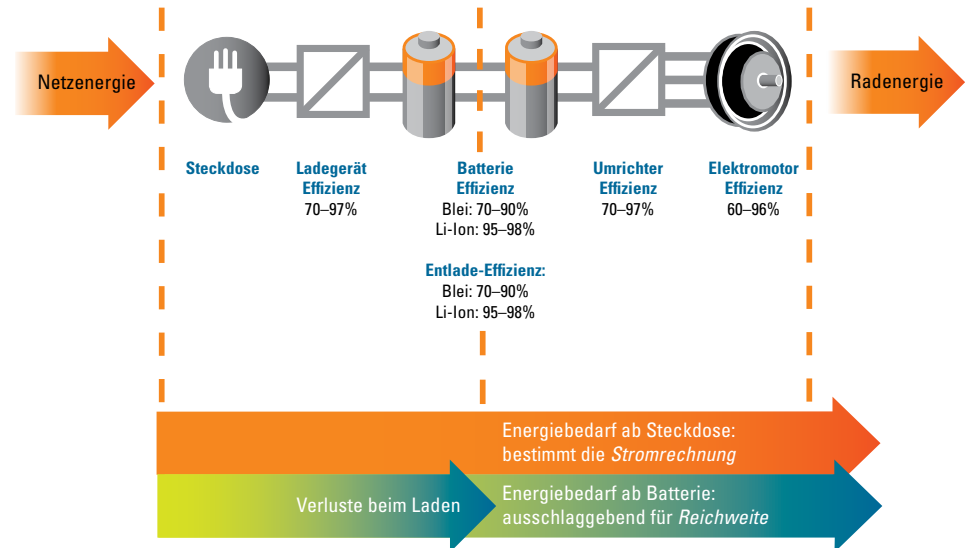
Wie hoch ist der Energiebedarf eines E-Scooters? Ist der Energiebedarf im Sommer und im Winter unterschiedlich? Für die Beantwortung dieser Fragen führten die E-Scooter-Nutzer Tagebücher, welche ausgewertet wurden.

Wie errechnet man den Energiebedarf eines E-Scooters?

Im Gegensatz zum benzinbetriebenen Fahrzeug, wo praktisch der gesamte eingefüllte Tankinhalt für den Antrieb zur Verfügung steht, haben batteriebetriebene Fahrzeuge Ladeverluste. Der Energiebedarf von einem E-Scooter addiert sich aus zwei Komponenten:

1. Der aus der Batterie bezogene Fahrenergiebedarf, der dem Benzinverbrauch eines Benzin-Rollers entspricht.
2. Die ab der Steckdose bezogene Energie (Energiebedarf), welche über ein verlustbehaftetes Ladegerät und Batterieüberwachungssystem eine ebenfalls verlustbehaftete Batterie lädt.

Wirkungsgrade entlang der Wirkkette eines Lade-/Entladevorgangs



Der Energiebedarf eines E-Scooters ist gering

Die Auswertung der Tagebücher zeigt, dass E-Scooter sehr wenig Energie benötigen:

E-Scooter Klassen	Netzennergiebezug in kWh/100 km	Benzinäquivalent in l
E-Scooter bis 45 km/h	4	0.45
E-Scooter bis 80 km/h	6	0.8
E-Scooter bis 100 km/h	8	0.9

Erhöhter Energiebedarf durch schlechte Qualität der Ladegeräte

Die Untersuchung zeigte, dass der Fahrenergiebedarf deutlich niedriger ist als der durchschnittliche Netzennergiebezug (vgl. Tabelle unten), d.h. dass diese Lade-Wirkkette 10–30% Zusatzverluste aufweist.

E-Scooter Klassen	Netzennergiebezug in kWh/100 km	Fahrenergiebedarf in kWh/100 km
E-Scooter bis 45 km/h	4	2–4
E-Scooter bis 80 km/h	6	4–6
E-Scooter bis 100 km/h	8	6–8





Daraus können zwei Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Grundsätzlich ist zwischen dem ‚Energiebedarf ab Batterie‘ für die Reichweite und dem ‚Energiebedarf ab Steckdose‘ für die Betriebskosten zu unterscheiden.
- Die Untersuchung weist auf ein erhebliches Verbesserungspotenzial bei den Ladegeräten und den Batteriemanagementsystemen (BMS) hin: Gewisse Ladegeräte und BMS sind offenbar ineffizient, insbesondere wenn die Batterie bereits fast voll geladen ist.

Energieverbrauch im Winter bleibt konstant

Im Winter ist kein eindeutiger Verbrauchsanstieg zu verzeichnen. Im Gegensatz zu Elektroautos mit klimatisierter Fahrerkabine bleibt der Gesamtbedarf aufgrund der fehlenden Heizung etwa konstant.

Bei Kälte verringert sich jedoch die Batteriekapazität, wodurch die Reichweite sinkt.

Das korrekte Laden bewirkt eine deutliche Verbesserung der Batterielebensdauer und mehr Sicherheit. Es ist wichtig, die Verhaltensregeln zum korrekten Laden von E-Scooter-Batterien zu beachten.

Fahrzeugbatterie

Die meisten E-Scooter sind heute mit denselben Lithium-Ionen-Batterietypen (Li-Ionen) bestückt, wie sie auch in Handys und Notebooks verwendet werden. Die Batteriezellen sind jedoch grösser und verfügen über mehr Energieinhalt und Leistung.

25 der 55 E-Scooter-Fahrer notierten in ihrem Tagebuch aufgetretene Störungen und Defekte. Es wurden vor allem Störungen bei den elektrischen Anlagen und der Fahrzeugbatterie notiert. Keiner der Teilnehmenden berichtete jedoch von dramatischen Ereignissen, z.B. von einem Fahrzeugbrand.

Die Ursache von Batteriedefekten sind oft nicht die Zellen, sondern deren Schutzelektronik (das Batteriemanagementsystem und/oder das Ladegerät). Der Elektromotor war nie Ursache eines Ausfalls, die Motoren arbeiten zuverlässig – offensichtlich eine ausgereifte und robuste Technologie für diese Anwendung. Auch wurden keine Unfälle im Umgang mit elektrischen Komponenten

(Stromschläge, Kurzschlüsse etc. wegen Wasser oder daraus entstehender Überhitzung/Brände) gemeldet.

Schadensfälle

Bei Schadensfälle auf Grund der Fahrzeugbatterie werden u. a. die Batteriezellen beschädigt. Dies könnte weitreichende Folgen haben, im Extremfall bis zum Fahrzeugbrand. Das Versagen von Li-Ionen Zellen ist jedoch sehr selten, und die Technologie gilt statistisch gesehen als sehr zuverlässig. Verschiedene Untersuchungen zur Zuverlässigkeit von Li-Ionen-Batterien zeigen keine erhöhte Brandgefahr im Vergleich mit Benzinfahrzeugen.



Exkurs: Sicherheitsmassnahmen

Anschlusskabel starker Ladegeräte und insbesondere Verlängerungskabel sollten immer ganz ausgerollt werden, da sich das Kabel sonst so stark aufheizen kann, dass der Kabelmantel schmilzt und durch Kurzschluss ein Brand entstehen kann.

Batterien sollten immer mit den passenden Ladegeräten und wenn möglich nicht unüberwacht in Wohnbereichen oder sonst brandgefährdeten Umgebungen geladen werden.

Kälteempfindlichkeit der Li-Ionen-Batterie

Li-Ionen sind wie alle Batterien empfindlich auf extreme Kälte. Die durchgeführte Untersuchung zeigt, dass die Reichweite in der kalten Jahreszeit deutlich abnimmt, der Energieverbrauch jedoch nicht zunimmt. Das bedeutet, dass die aus der Batterie ladbare sowie entnehmbare Energiemenge mit der Temperatur stark sinkt.

Batterieentsorgung

Verkäufer von E-Scootern müssen ihren Kunden gemäss geltendem Recht einfache, sichere und gesetzeskonforme Entsorgungsmöglichkeiten anbieten (d.h. Annahmepflicht des Verkäufers). Die Sammlung, der Transport und die umweltgerechte Entsorgung der Batterien wird mittels einer vorgezogenen Entsorgungsgebühr (VEG), welche beim erstmaligen Inverkehrbringen eines E-Bikes/E-Scooters oder auf einem Ersatzakku erhoben wird, finanziert.

Exkurs: Recycling und Entsorgung

Beim Recycling und der Entsorgung von Elektrofahrzeugen ist Vorsicht angebracht: Die Batterien müssen aus dem Fahrzeug ausgebaut und dem Recycling zugeführt werden. Gemäss den Erfahrungen des schweizerischen Systembetreibers für das Batterierecycling INOBAT ist die Brandgefahr bei beschädigten Li-Ionen-Batterien hoch, weshalb Empfehlungen für die Handhabung von Altfahrzeugbatterien herausgegeben wurden: <http://www.inobat.ch/de/Batterierecycling/WarumRecycling.php>

Exkurs Transport

Für die Risikominderung beim Transport und der Lagerung von Li-Ionen-Batterien werden von INOBAT zurzeit sogenannte PyroBubbles® getestet. Dies ist ein neuartiges Produkt, das aus sehr leichten, geschäumten Glaskügelchen (SiO_2) mit sehr gutem Rieselverhalten besteht. Die schmelzenden Kügelchen schliessen den Brand luftdicht ein und schützen durch gute thermische Isolation benachbarte Teile wie Kabel oder Batteriezellen vor Überhitzung. Damit kann ein offener Elektrobrand zuverlässig eingedämmt bzw. verhindert werden.



Ladeinfrastruktur

Ladestationen für Elektrofahrzeuge werden in der Schweiz nur zögerlich installiert. Öffentliche Ladestationen bei Zweirad-Abstellplätzen haben zurzeit in erster Linie eine psychologische Funktion, nämlich auf E-Scooters und E-Bikes aufmerksam zu machen.

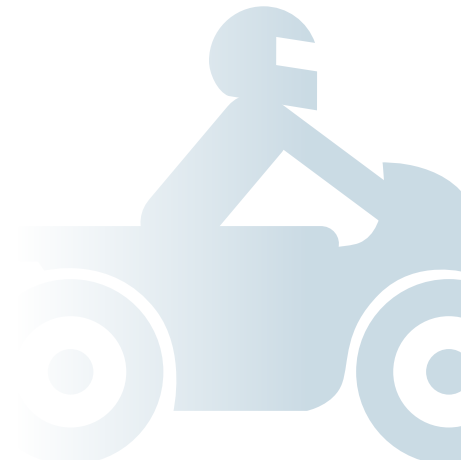
Das Forscherteam sieht zurzeit kein ausgewiesenes Bedürfnis nach Ladestationen für Elektrozweiräder, weil

- zum einen die mit E-Scooters zurückgelegten Distanzen kaum länger als 30–40 km sind und
- zum andern die Zweiradabstellplätze häufig so stark belegt sind, dass es schwierig ist, rund um die Ladestation herum Platz für E-Scooters zu reservieren.

Die Ladeinfrastruktur für E-Scooters ist deshalb – im Gegensatz zu derjenigen von Elektroautos – auf ‚zu Hause‘ oder auf den Arbeitsplatz auszulegen.

Von der Vision einer Einheitsbatterie

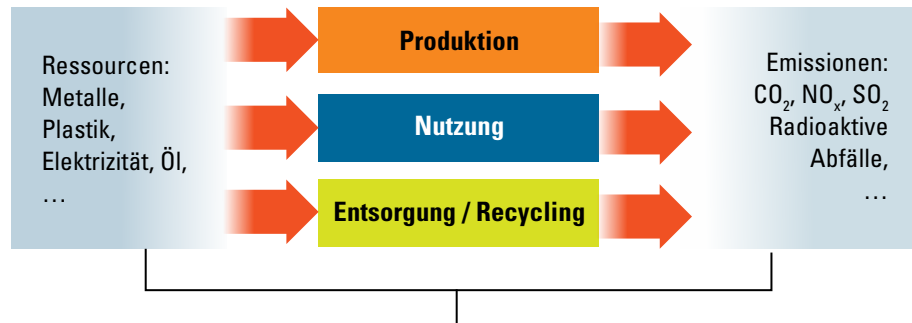
Interessant sind die Entwicklungen in Taiwan: hier wird eine Einheitsbatterie entwickelt, um so Batteriewechselstationen aufbauen zu können. Damit würde die Ladeinfrastruktur vereinfacht und die Anforderungen an die Reichweite reduziert. Aus Sicht der Forscher ist ein derartiges System in Europa aufgrund der höheren erforderlichen Batteriekapazitäten und der breiten Angebotspalette, welche die Entwicklung einer Einheitsbatterie erschweren, höchstens langfristig denkbar.



www.lemnet.ch: *das Verzeichnis von Ladestationen in Europa von Elektrofahrern für Elektrofahrer.*

Wie sauber sind E-Scooter?

Eine Lebenszyklusanalyse betrachtet den Lebenslauf eines Produktes von der Entwicklung bis zur endgültigen Beseitigung. Dabei beachtete sie sämtliche Energie- und Materialflüsse, die in das Produkt einfließen. Die in allen Lebensabschnitten entstehenden Auswirkungen wurden beispielsweise für Emissionen aufsummiert. Der am häufigsten verwendete Indikator ist das Treibhausgaspotential (THG).



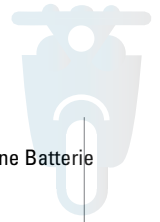
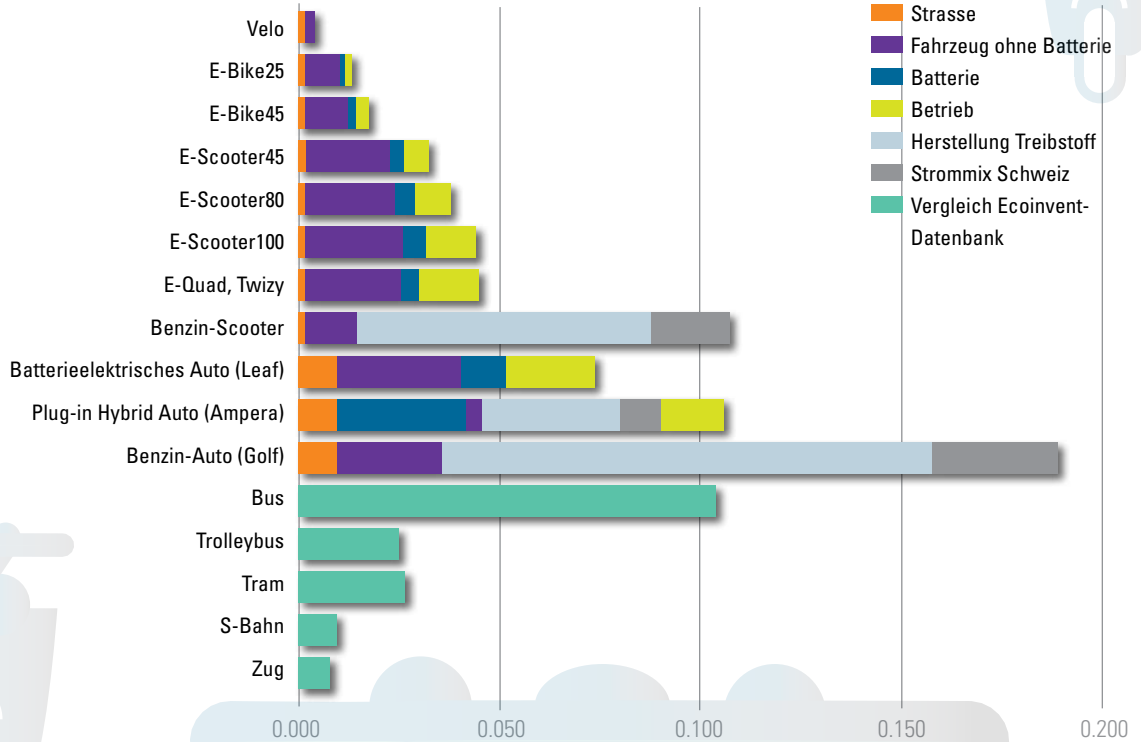
Indikatoren: Treibhauseffekt, Verbrauch von Ressourcen, Toxizität etc.

Die Abbildung auf Seite 15 zeigt:

- Die Herstellung eines E-Scooters verursacht etwa $\frac{3}{4}$ und der Betrieb mit dem relativ ‚sauberen‘ CH-Strom nur etwa $\frac{1}{4}$ der gesamten THG-Emission.
- Bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor wie Benzin-Scooter und Benzin-Autos werden am meisten THG durch den Betrieb (Treibstoffverbrauch) freigesetzt.
- Die Herstellung eines E-Scooters verursacht mehr THG-Emissionen als die Herstellung eines Benzin-Scooters. Diese Mehrbelastung im Betrieb der Fahrzeuge wird während der Lebensdauer aber mehr als wettgemacht.
- E-Scooter sind fast so klimafreundlich wie Tram oder Trolleybus.

Treibhausgas-Emissionen (IPCC 100a, kg CO₂-äq/pkm)

Abbildung: Treibhausgas-Emissionen pro Personen-Kilometer für verschiedene Fahrzeugkategorien des Individualverkehrs und des öffentlichen Verkehrs, differenziert dargestellt für verschiedene Verursacher, Strombezug (gelb) gemäss Strommix an CH-Steckdose.



Elektrisch angetriebene Zweiradfahrzeuge sind aus dieser Sicht also ähnlich klimafreundlich wie elektrisch angetriebener öffentlicher Verkehr. Diese auf den ersten Blick überraschende Erkenntnis lässt sich damit erklären, dass Tram, Trolleybus, S-Bahn und Zug pro Passagier ähnlich viel Masse und Infrastruktur beanspruchen, wie ein elektrisches Zweiradfahrzeug. Der elektrisch angetriebene öffentliche Verkehr ist dann sehr effizient, wenn die Auslastung hoch ist und kaum Umwege gefahren werden müssen. Ein elektrisch angetriebenes Zweirad fährt demgegenüber nie leer und eher auf der kürzest möglichen Strecke.

Beim Kauf eines E-Scooters sollen nur hochwertige Produkte mit langer Lebensdauer gekauft werden!

Für den Betrieb soll ‚sauberer‘ Strom verwendet werden.



Fördermassnahmen



Die Wissenschaftler haben bereits bestehende und geplante E-Scooter-Fördermassnahmen evaluiert. In der Schweiz existiert keine flächendeckende und koordinierte Förderung mit Kaufbeiträgen.

Die Höhe der Kaufbeiträge ist sehr unterschiedlich und schwankt zwischen etwa 5 % und 25 % des Kaufpreises.

Neben einmaligen Kaufbeiträgen durch die Gemeinden werden die E-Scooter in den meisten Kantonen auch durch Rabatte bei den Motorfahrzeugsteuern gefördert. Gegenüber den Kaufbeiträgen sind die Anreize bei den Motorfahrzeugsteuern aber als zweitrangig zu bezeichnen, weil sie in der Höhe bescheiden sind und nicht einmalig beim Kauf sondern jährlich bei der Steuerrechnung sichtbar werden.

Eine Übersicht der E-Scooter-Fördermassnahmen finden Sie unter www.newride.ch/foerderbeitraege_gemeinden.html

Verkehrssicherheit

Die Verkehrssicherheit ist beim Motorradfahren ein wichtiges Thema: grundsätzlich gehören Motorräder wie E-Scooter zur Fahrzeugkategorie mit den höchsten Unfallraten. Einer der wichtigsten Risikofaktoren ist die ungenügende motorradspezifische Fahrer-Erfahrung und technische Fahrferigkeit (als Folge ungenügender Aus- und Weiterbildung).

Die Auswertung der Befragung zeigt, dass die Hälfte der heutigen E-Scooter-Fahrer geübte Fahrer mit langjähriger Fahrerfahrung sind. Die andere Hälfte der Probanden verfügt über keine Roller-Erfahrungen. Interessant ist, dass keine der befragten 55 Personen über Kollisionsunfälle berichtet.

Beim Motorradfahren ist das sportliche und schnelle Fahren eine wichtige Unfallursache. E-Scooter hingegen werden nicht aus Gründen der ‚Schnelligkeit‘ gekauft, sondern (zurzeit) aus ‚Umweltgründen‘. Es ist jedoch denkbar, dass bei einer erfolgreichen Markteinführung von E-Scooter die Unfallhäufigkeit mit diesen Fahrzeugen ansteigt.

*Vorausschauend fahren!
Fahrerfahrungen reduzieren die individuelle Unfallgefährdung. Fahrgeschicklichkeitstrainings (z.B. Schleuderkurse) in Kombination mit einem defensiven Fahrstil führen zu einer Verminderung der Gefährdung.*

Protektive Ausrüstung tragen, z.B. in die Bekleidung eingenahte Protektoren.





Impressum:

Interdisziplinäres Zentrum für
Nachhaltige Entwicklung und Umwelt,
Universität Bern

u^b

^b
**UNIVERSITÄT
BERN**

CDE
CENTRE FOR DEVELOPMENT
AND ENVIRONMENT

Heidi Hofmann
heidi.hofmann@cde.unibe.ch

Hallerstrasse 10
CH-3012 Bern
Tel. 031 631 39 25
www.cde.unibe.ch

Die vorliegende Ergebnisbroschüre
ist online verfügbar:
www.newride.ch/testberichte.html



Projektpartner:

EMPA 

Materials Science & Technology

EMPA, St.Gallen

I N T E R F A C E

Interface Politikstudien
Forschung Beratung, Luzern

URS SCHWEGLER

Verkehrsplanung

Urs Schwegler Verkehrsplanung,
Rorschach



Weitere Informationen rund um
das Thema E-Scooter finden Sie
unter www.newride.ch