



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

Jahresbericht 2012

E-Scooter – Beiträge zur Diffusion und technischen Weiterentwicklung eines energieeffizienten Motorrads in der Schweiz

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Verkehr oder Verfahrenstechnik oder Akkumulatoren
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Kofinanzierung:

Bundesamt für Strassen ASTRA, CH-3003 Bern

Auftragnehmer:

Forschungsgemeinschaft E-Scooter
IKAÖ, Universität Bern
Schanzeneckstrasse 1
PF 8573
CH-3001 Bern
www.ikaoe.unibe.ch/forschung/e-scooters/index.html

Autorin und Autoren:

Heidi Hofmann, IKAÖ, Universität Bern, hofmann@ikaoe.unibe.ch
Ueli Haefeli, Interface, haefeli@interface-politikstudien.ch
Urs Schwegler, Verkehrsplanung, urs.schwegler@bluewin.ch
Rolf Widmer, Empa St. Gallen, widmer@empa.ch
Stephan Walter, Paul Scherrer Institut, stephan.walter@psi.ch

BFE-Bereichsleiter: Martin Pulfer

BFE-Programmleiter: Martin Pulfer

BFE-Vertrags- und Projektnummer: 153000 / 102000

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich Autorin und Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Zusammenfassung

Das interdisziplinäre Forschungsprojekt „E-Scooter“ hat zum Ziel, einen Beitrag zur technischen Weiterentwicklung von Scootern mit elektrischem Antrieb (E-Scooter) zu leisten, die Markteinführung dieser neuen Fahrzeuge wissenschaftsseitig zu unterstützen und ihre Auswirkungen auf Energie, Umwelt und Mobilitätsverhalten zu analysieren.

Die Analyse der globalen Marktentwicklung zeigt, dass grosse Hersteller wie BMW, Peugeot, Yamaha und SYM E-Scooter an weltweiten Ausstellungen präsentieren, wenn teilweise auch erst Prototypen. Die Marktentwicklung in der Schweiz geht zurzeit nur zögerlich voran. Eine vergleichende Nischenanalyse zeigt, dass zwei Funktionen, die für eine optimale Diffusion wichtig wären, schwach ausgeprägt sind: die ‚Orientierungshilfen für die Lösungssuche‘ (z.B. erfolgreiche Geschäftsmodelle) und die ‚Schaffung von Legitimität‘ (z.B. durch lasche Emissionsrichtlinien für die herkömmlichen Benzin-Scooter).

Eine Untersuchung heutiger E-Scooter-Fahrer, welche vormals Motorrad gefahren sind, zeigt, dass acht Faktoren beim Umstieg vom Motorrad auf den E-Scooter zentral sind: positive Erfahrungen beim Probefahren, Umweltfreundlichkeit, Geräuschlosigkeit, Gesamtkosten, Entdeckergeist, Wille vom Benzin unabhängig zu sein, Flair für Technologie und finanzielle Anreize. Auch die Evaluation der Sonderschau für E-Scooter an der Swiss-Moto konnte belegen, dass das Probefahren eine wichtige Voraussetzung für die Diffusion von E-Scooter ist.

Die Inventarisierung von Elektromotoren, Leistungselektronik und Ladegeräten ist abgeschlossen. Die Inventarisierung von Elektromotoren hat gezeigt, dass sich die Resultate pro Kilogramm Motor sehr ähnlich sind, d.h. dass es zwischen den Motoren keine signifikanten Unterschiede gibt, welche eine Differenzierung in verschiedene Motorentypen erforderlich machen würden. Auch wurde die Leistungselektronik von Elektrofahrzeugen verschiedener Grössenklassen untersucht. Durch Skalierungen konnten verwertbare Datensätze für E-Bikes, E-Scooter und elektrische Motorräder erstellt werden. Die Resultate unterscheiden sich – ähnlich wie bei den Motoren – gewichtsspezifisch nur geringfügig.

Die Auswertung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) von E-Scooter im Vergleich mit anderen Fahrzeugen zeigt, dass 1) ein Benzin-Scooter drei mal mehr THG-Emissionen als ein E-Scooter verursacht, 2) ein E-Bike nur ein Drittel der THG-Emissionen eines E-Scooter verursacht, und 3) die Herstellung eines E-Scooter ca. $\frac{3}{4}$ und der Betrieb mit dem relativ ‚sauberen‘ CH-Strom nur etwa $\frac{1}{4}$ der gesamten THG-Emission verursacht. Nebst Treibhausgas-Emissionen wurden auch andere Umweltaspekte für die drei Hauptkategorien Gesundheit, Ökosystem und Ressourcenverbrauch untersucht. Die Resultate haben ein erstaunlich ähnliches Muster wie jene für die Treibhausgase.

Eine Zwischenauswertung der E-Scooter-Nutzerbefragung (N=42) zeigt, dass hauptsächlich Männer im Alter von durchschnittlich 47 Jahren einen E-Scooter kaufen und diesen vor allem für ihren Arbeitsweg einsetzen. Die Analyse der Tagebucheinträge ergaben folgende Werte für den durchschnittlichen Verbrauch eines E-Scooter in den drei betrachteten Geschwindigkeitsklassen:

- 45 km/h durchschnittlich 4 kWh/100km Strombezug ab Steckdose
- 80 km/h durchschnittlich 6 kWh/100km Strombezug ab Steckdose
- über 80km/h durchschnittlich 8 kWh/100km Strombezug ab Steckdose

Weiter konnte gezeigt werden, dass der Strombedarf eines E-Scooter im Winter nicht höher ist als im Sommer. Die Auswertung ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen Sommer und Winter.

Inhaltsverzeichnis

1	PROJEKTZIELE	5
2	DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN UND ERREICHTE ERGEBNISSE	6
2.1	ARBEITSPAKET 1: PROJEKTLEITUNG UND KOMMUNIKATION	6
2.2	ARBEITSPAKET 2: MARKTENTWICKLUNG UND AKTEURE	6
2.2.1	<i>Globale Marktentwicklung</i>	6
2.2.2	<i>Marktentwicklung von E-Bikes und E-Scooters in China</i>	7
2.2.3	<i>Akteure</i>	8
2.2.4	<i>Bewertung Nationaler Rahmenbedingungen</i>	9
2.3	ARBEITSPAKET 3: LADEINFRASTRUKTUR UND VERKEHRSSICHERHEIT	11
2.3.1	<i>Zuverlässigkeit</i>	11
2.3.1	<i>Ladeinfrastruktur</i>	11
2.3.2	<i>Verkehrssicherheit</i>	12
2.4	ARBEITSPAKET 4: FÖRDERMASSNAHMEN	12
2.5	ARBEITSPAKET 5: ENERGIE & UMWELT	14
2.5.1	<i>LCI Chassis / Glider</i>	14
2.5.2	<i>LCI Motoren</i>	14
2.5.3	<i>LCI Leistungselektronik</i>	15
2.5.4	<i>Ladegeräte</i>	15
2.5.5	<i>Lärmauswirkungen</i>	16
2.5.6	<i>Treibhausgasemissionen und Umweltauswirkungen von E-Scooter im Vergleich mit anderen Fahrzeugen</i>	16
2.6	ARBEITSPAKET 6: NUTZERBEFRAGUNG (QUERSCHNITTS-ARBEITSPAKET)	18
2.6.1	<i>Auswertung der Mobilitätsprotokolle</i>	19
2.6.2	<i>Auswertung der E-Scooter-Tagebücher</i>	20
3	NATIONALE ZUSAMMENARBEIT	22
4	INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT	23
5	BEWERTUNG 2012 UND AUSBLICK 2013	23
6	REFERENZEN	25

1 Projektziele

E-Scooters können wesentlich zur Verringerung des Energieverbrauchs, der Treibhausgase, der Luftverschmutzung, des Lärms und der benötigten Verkehrsfläche beitragen. Sie ersetzen darüber hinaus ein beträchtliches Mass an Autokilometern. Für die Umwelt und die Gesundheit stellen E-Scooters daher eine markante Verbesserung gegenüber Benzinrollern dar.

In der Schweiz sind E-Scooters seit den 1990er-Jahren erhältlich. Ihre Markteinführung und Verbreitung verläuft aber schleppend. Als mögliche Gründe dafür werden die mangelnde Bekanntheit, die beschränkte Reichweite, das kleine Vertriebsnetz und die Kosten der E-Scooters vermutet.

Das interdisziplinäre Forschungsprojekt „E-Scooter“ hat zum Ziel, einen Beitrag zur technischen Weiterentwicklung von Scootern mit elektrischem Antrieb zu leisten, die Markteinführung dieser neuen Fahrzeuge wissenschaftsseitig zu unterstützen und ihre Auswirkungen auf Energie, Umwelt und Mobilitätsverhalten zu analysieren.

Das Forschungsprojekt gliedert sich in sechs Arbeitspakete (AP; siehe Abbildung 1):



Abbildung 1: Sechs Arbeitspakete des Forschungsprojekts

Das **AP 1** umfasst die inhaltliche und administrative Leitung des Gesamtprojektes, die Koordination aller APs sowie den gemeinsamen Auftritt gegenüber Dritten.

Im **AP 2** „Marktentwicklung und -Akteure“ werden die globalen Marktentwicklungen sowie die Bedürfnisse und Möglichkeiten der einzelnen Marktakteure untersucht. Für die Ausweitung des Akteurnetzwerkes sollen z.B. Weiterbildungsangebote vor allem für die Anbieterseite entwickelt werden.

Im **AP 3** „Technologie“ werden Untersuchungen zu geeigneten E-Scooter-Batterietypen, Ladeinfrastrukturen (Suche nach kurz- und langfristigen Lösungen) und Verkehrssicherheit (Verbesserungsmöglichkeiten, Förderung sicherer Fahrweise) durchgeführt.

Das **AP 4** analysiert die verschiedenen Fördermassnahmen. Hier werden bereits bestehende (z.B. im Rahmen des Programms NewRide) sowie geplante Massnahmen evaluiert.

Im **AP 5** „Energie und Umwelt“ sollen fehlende Grundlagen im Bereich der E-Scooter-Lebenszyklusinventare (LCI) und Life-Cycle-Analysis (LCA) aufgearbeitet werden. Dabei stehen die Herstellung (z.B. Fragen zum Gesamtaufwand an Material und Energie), der Betrieb und die Entsorgung/Recycling von E-Scootern im Fokus der Untersuchung.

Das **AP 6** ist ein Querschnittsarbeitspaket und untersucht den Energieverbrauch, die Fahrleistungen, die Ladegewohnheiten sowie das Mobilitätsverhalten der E-Scooter-Fahrenden.

2 Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

2.1 Arbeitspaket 1: Projektleitung und Kommunikation

Am 16. August 2012 fand die dritte E-Scooter-Tagung unter der Frage „E-Scooter – Ein perfektes Verkehrsmittel für kurze und mittlere Strecken?“ im Verkehrshaus der Schweiz statt. Rund 50 Fachpersonen nahmen daran teil. Die Forschungstagung vermittelte in vier verschiedenen Sessions einen guten Überblick über den Stand der Entwicklung, sowohl aus der Optik der Technik als auch des Marketings und des politischen Umfeldes.

In der ersten Session wurden Nutzerprofile und tatsächliche Verbrauchsmessungen präsentiert. Session 2 fokussierte auf die Ökobilanzen von verschiedenen Modellhaushalten mit E-Scooters. Die Session 3 startete mit den Fragen: Sind finanzielle Anreize beim E-Scooter Kauf sinnvoll? Welches sind die Empfehlungen? Diskussionen zur Ladeinfrastruktur für E-Scooters schlossen die Tagung ab (vgl. Forschungstagung 2012: Abstract).

Die Tagung wurde umrahmt von einer grossen Elektroweirad- und EcoCar-Ausstellung mit Probefahren für die Tagungsteilnehmenden und die Bevölkerung. Aus Sicht des Forschungsteams war der Event erfolgreich und förderlich für die Weiterbearbeitung des Themas E-Scooter. Die Tagung zeigte auf, dass das schweizerische E-Scooter-Netzwerk weiter ausgebaut und durch jährliche Treffen stabilisiert werden sollte.

2.2 Arbeitspaket 2: Marktentwicklung und Akteure

2.2.1 Globale Marktentwicklung

Der aktuelle Stand der Entwicklung und die entsprechenden Tendenzen wurden – neben der Verfolgung in den Medien und im Internet – am Electric Vehicle Symposium EVS-26 vom 6. - 9. Mai und an der Intermot in Köln vom 3. - 7. Oktober 2012 untersucht (vgl. Schwegler, 2012a, Schwegler, 2012b). Die Tendenzen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Grosse Hersteller (BMW, Peugeot, Yamaha, SYM) zeigen E-Scooters prominent, wenn teilweise auch erst Prototypen (vgl. Abb. 2).



Abbildung 2: Der E-Scooter von BMW stösst auf grosses Interesse

- China (und andere asiatische Länder wie Südkorea oder Taiwan) treten mit immer hochwertigeren, auf den europäischen Markt ausgerichteten Produkten auf.
- Herausnehmbare Batterien entschärfen die Problematik der Ladeinfrastruktur.

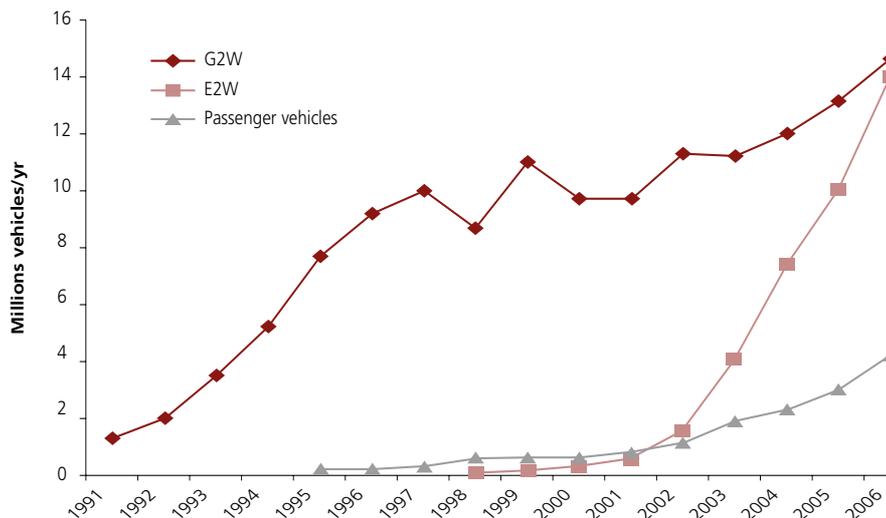
- Chinesische Hersteller passen ihre Produkte weiter an den europäischen Markt an. Sie lassen sich durch einen ausbleibenden Markterfolg offensichtlich nicht zurückhalten.
- Das Problem der Ladeinfrastruktur kann durch die Aufteilung des Batteriesatzes in mehrere tragbare Pakete entschärft werden. Allerdings ergibt sich daraus eine zusätzliche Herausforderung für das Batteriemangement.
- Hinsichtlich innovativer Fahrzeugkonzepte geht die Entwicklung weiter (vgl. Abb. 3).



Abbildung 3: Dreirädriges Leichtmotorfahrzeug von SYM

2.2.2 Marktentwicklung von E-Bikes und E-Scooters in China

Am EVS-26 stellte Vivian Lei (CycleElectric, USA/CN) die Marktentwicklung von E-Bikes in China vor. Dort gibt es keine klare Unterscheidung zwischen E-Bikes und E-Scooters. Die Entwicklung zeigt aber doch deutlich die rasante Zunahme von Elektrozweirädern im Vergleich zu Benzin-Motorrädern. Ebenfalls auffällig ist die Zunahme von Autos in China (vgl. Abb. 4).



E2W = electric two-wheelers, G2W = gasoline two-wheelers, yr = year.

Sources: Honda 2006; Ohara 2006; Jamerson and Benjamin 2007; National Bureau of Statistics 2007.

Abbildung 4: Marktentwicklung von E-Scooters, Benzin-Motorrädern und Autos in China

Ebenfalls am EVS-26 wurde ein E-Scooter-Förderprogramm in Taiwan vorgestellt. Taiwan hat 23 Millionen Einwohner und 15 Millionen Motorräder, wovon 70% in fünf Grosstädten immatrikuliert

sind. Die Motorräder belasten vor allem in den Grossstädten die Luftqualität. Deshalb hat die Taiwanische Regierung 2009 ein 5-jähriges Förderprogramm für E-Scooter gestartet. Damit verfolgt sie folgende Ziele:

- Einführung von Standards bezüglich Leistung und Sicherheit
- Förderbeiträge für Endkunden
- Qualitätssteigerung zur Verbesserung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit

15 Städte unterstützen das Programm mit zusätzlichen Förderbeiträgen. Mit diesen Massnahmen sollen die Verkaufszahlen kontinuierlich auf 160'000 im Jahr 2015 erhöht werden.

In diesem Programm werden zwei Kategorien von E-Scooter gefördert:

Kategorie	Light ES type	Small Light ES type
Höchstgeschwindigkeit (km/h)	≤ 45	≤ 25
Beschleunigung	0 - 100 m in 12 sec	0 - 50 m in 9 sec
Steigfähigkeit	18 % ≤ 10 km/h	12 % ≤ 10 km/h

Nachdem der Absatz anfänglich schlecht lief (bis Ende April 2012 wurden 12'500 Fahrzeuge gefördert statt 33'000 gemäss Zeitplan), hat er im Verlauf dieses Jahres angezogen: bis Ende Oktober stieg er auf 20'000 an.

2.2.3 Akteure

Ziel des Arbeitspakets 2 ist es, die verschiedenen Akteure zu untersuchen, ihre Bedürfnisse zu analysieren und Kooperationsmöglichkeiten aufzuzeigen. Damit sollen die Hindernisse und Chancen für die Diffusion von E-Scooter aus Sicht der Akteure aufgezeigt werden. Dieses Jahr wurde der Fokus auf die Akteursgruppe „Motorradfahrer“ gelegt, d.h. es wurden heutige E-Scooter-Fahrer, die vormals Motorrad-Fahrer waren, befragt.

Diese Untersuchung wurde im Rahmen einer interdisziplinären Forschungsarbeit von Studentinnen und Studenten der Allgemeinen Ökologie an der Universität Bern durchgeführt.¹ Ziel der Arbeit war, die Gründe für den Umstieg vom Motorrad auf den E-Scooter zu eruieren und anschliessend Elemente für eine Werbebotschaft auszuarbeiten, welche für die Konzeption einer Werbekampagne mit Zielgruppe „Motorradfahrer“ dienen kann. Es wurden 13 E-Scooter-Nutzer anhand eines Leitfadeninterviews befragt. Alle diese Probanden haben beim Kauf ihres E-Scooters von finanziellen Beiträgen (max. 10% des Anschaffungspreises, max. 1'000 - 2'000 Fr.) profitiert. Die Untersuchung zeigt, dass vor allem acht Faktoren beim Umstieg vom Motorrad auf den E-Scooter zentral sind:

- die *positive Erfahrung* bei der Probefahrt mit einem oder mehreren E-Scooter,
- die *Umweltfreundlichkeit* des E-Scooter, welche von den Nutzern als positive Eigenschaft bewertet wird,
- die *Geräuschlosigkeit* des E-Scooter, welche von den Nutzern als positive Eigenschaft und nur vereinzelt als potenzielle Gefahr bewertet wird,
- die *Gesamtkosten* eines E-Scooter, welche im Vergleich zu einem ähnlichen Motorrad als insgesamt tiefer bewertet werden,
- der *Entdeckergeist und Stolz* der heutigen Nutzer, sich für eine moderne und von ihnen früh entdeckte und geförderte Verkehrsalternative entschieden zu haben,
- der *Wille, vom Benzin (und dem Tankstellennetz) unabhängig zu sein* (aus politischen, ökologischen sowie wirtschaftlichen Gründen),
- ein *grundsätzliches Interesse und Flair für Technik* und technische Neuentwicklungen.
- *finanzielle Anreize*, welche die Hürden des hohen Anschaffungspreises reduzieren.

Die Arbeitsgruppe postuliert, dass erst das Zusammenspiel dieser acht Faktoren zu einem Umsteigeentscheid führt. Um die zweite Forschungsfrage – welches sind mögliche Elemente einer Werbekampagne – beantworten zu können, wurden a) ein Experteninterview mit einem Werbefachmann durchgeführt und b) eigene Vorschläge der Arbeitsgruppe formuliert. Im Rahmen einer Syn-

¹ Projektabschluss ist Dezember 2012.

thesearbeit konnten folgende zentrale Elemente für eine wirkungsvolle Werbekampagne formuliert werden:

1. Schritt (Awareness, d.h. Bewusstsein erzeugen, z.B. Lifestyle)
 - E-Scooter als optimales/ideales Verkehrsmittel in der Stadt darstellen (→ urbane Umgebung)
 - Spezielles Fahrerlebnis, Spass beim Fahren vermitteln (→ Vermitteln von Emotionen)
 - Geräuschlosigkeit der E-Scooter thematisieren (→ hört das Vogelgezwitscher, etc., d.h. alltägliche Geräusche erlangen eine neue Bedeutung)

2. Schritt (Consideration, d.h. „die Leute auf die E-Scooters bringen“, z.B. konkrete Informationen)
 - E-Scooters sind ökonomisch attraktiv
 - E-Scooters sind ökologisch interessant

Die Projektgruppe schliesst aus ihren Ergebnissen, dass der E-Scooter ein optimales Stadtfahrzeug ist, das mittels emotionsbetonter Werbung besser diffundiert werden könnte (vgl. Kälin et al. in Arbeit).

2.2.4 Bewertung Nationaler Rahmenbedingungen

Die vergleichende Nischenanalyse der E-Scooter- und E-Bike-Entwicklung in der Schweiz mittels ‚Event History Analysis‘ hat ergeben, dass insbesondere zwei Funktionen des Innovationssystems im Falle der E-Scooter-Diffusion schwach ausgeprägt sind: Orientierungshilfen für die Lösungssuche und Schaffung von Legitimität. Es hat sich gezeigt, dass Anreize und/oder Druck für die Akteursbeteiligung (z.B. von Scooter-Herstellern und Händlern) gering sind. Auch sind Orientierungshilfen innerhalb des Systems (z.B. erfolgreiche Geschäftsmodelle) bisher kaum vorhanden. Zudem scheinen die laschen Emissionsrichtlinien die herkömmlichen Benzin-Scooters zu legitimieren und das Problembewusstsein bzgl. der im Vergleich zu Autos hohen Emissionen der Scooters scheint in der Bevölkerung gering zu sein.

Das Stärken der zwei schwach ausgeprägten Funktionen bedarf kollektiver Aktivitäten von Unternehmen und politischen Akteuren wie zum Beispiel: Konsequentes Verfolgen von Nischenmarkt-Strategien, identifizieren von potentiellen Kundengruppen und Kundenbedürfnissen (z.B. mittels Umfrage), Anreize und/oder Druck für die Akteursbeteiligung schaffen (z.B. Verschärfung der Emissionsrichtlinien für Benzin-Scooters), individuellen Mehrwert eines E-Scooters (z.B. Spassfaktor) durch ‚Erfahren‘ in geeigneter Umgebung vermitteln, gesellschaftlichen Mehrwert kommunizieren (z.B. Energieetikette für Scooters, Resultate von Ökobilanzen), Aufbau eines politischen Netzwerkes. Weitere mögliche Vorgehensweisen und Instrumente sind in den folgenden drei Tabellen aufgeführt:

Akteurs-Probleme	Mögliche Instrumente/Vorgehen
<p>Präsenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Renommierte Motorradhersteller kaum präsent – Händler wenig präsent 	<ul style="list-style-type: none"> – Ändern der „Spielregeln“: Eco-Standards für Scooters – Finanzielle Anreize

<p>Kapazität:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Potentielle Kunden: fehlende Identifikation und Artikulation der Bedürfnisse – Hersteller: lückenhaftes Verständnis der Kundenbedürfnisse – Hersteller: Identifikation geeigneter Innovations-Strategie 	<ul style="list-style-type: none"> – ‚Er-Fahrbarkeit‘: z.B. Zusammenarbeit mit Tourismusdestinationen (alpmobil); – Persönlicher Mehrwert (z.B. Spassfaktor) – Umfrage zur Erhebung Kundenbedürfnisse; – Produktgestaltung: neue Fahrzeug-Konzepte – Nischenmarkt-Strategie: Geschäftsmodell-Entwicklung (spezifische Kundensegmente)
--	--

Tabelle 1: Lösungsansätze Akteure

Netzwerk-Probleme	Mögliche Instrumente/Vorgehen
<p>Präsenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fehlendes politisches Netzwerk 	<ul style="list-style-type: none"> – Bildung einer Interessengruppe
<p>Intensität:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Interaktion zwischen Produzenten und (potentiellen) Kunden ist schwach ausgeprägt – Geringe Zusammenarbeit zwischen Produzenten und Universitäten / Fachhochschulen (marktorientierte F&E) 	<ul style="list-style-type: none"> – Bedeutung des Kontextes berücksichtigen: wegen eingeschränkter Reichweiten ist Experimentier- und Abenteuerfreude erforderlich (z.B. Ferienstimmung) – Kooperative Forschungs-Projekte (z.B. KTI), Technologie-Transfer

Tabelle 2: Lösungsansätze Netzwerke

Institutionelle Probleme	Mögliche Instrumente/Vorgehen
<p>Präsenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Bevölkerung: Bewusstsein bzgl. Umweltbelastung der Benzin-Scooters kaum ausgeprägt 	<ul style="list-style-type: none"> – Bewusstseinsbildungs-Massnahmen, Ökobilanzen, Energie-Etikette, öffentliche Debatten
<p>Intensität:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Benzin-Zweiräder: relativ lasche Vorschriften im Vergleich zu PKW → Innovationsdruck gering – Kaum Berücksichtigung der E-Scooters in Mobilitätskonzepten 	<ul style="list-style-type: none"> – Regulationen, Lobbying, parlamentarische Vorstösse – Lobbying

Tabelle 3: Lösungsansätze Institutionen

Die Resultate der Untersuchung wurden zur möglichen Publikation beim Journal ‚Research Policy‘ eingereicht.

2.3 Arbeitspaket 3: Ladeinfrastruktur und Verkehrssicherheit

3.3.1 Zuverlässigkeit

Die vom Projekt erfasste E-Scooter-Flotte wächst langsam, trotzdem konnte dieses Jahr erstmals aus den „E-Scooter-Tagebüchern“ (vgl. 2.6.2.) eine qualitative Übersicht der am häufigsten aufgetretenen Störungen/Defekte erstellt werden. Diese stellen sich wie folgt dar:

- Mechanische Probleme sind die häufigsten und ähnlich wie bei Benzin-Scootern, z.B. eine für das Fahrzeuggewicht ungenügende Festigkeit (verbogene Ständer), übliche Ausfälle von Komponenten (z.B. defekte Bremszylinder, gerissene Keilriemen, platte Reifen).
- Elektrische Probleme sind ähnlich häufig wie bei und vergleichbar mit Benzin-Scootern, z.B. Kabelbrüche / lose Steckverbindungen (z.B. defektes Rücklicht), fehlerhafte Instrumentenanzeigen (z.B. Akku-Ladezustand, Tachoanzeige / km-Zähler), defekte Bedienelemente (z.B. Anlasser-Schlüsselschalter).
- Batterie-Probleme werden häufig genannt, wobei für den Nutzer meist nicht feststellbar ist, ob nicht eine andere Komponente schuld wäre, z.B. "Batterie seit kurzem rasch leer / zu geringe Reichweite" (tatsächlich war eine Zelle defekt); oder "Batterie lädt nicht" (tatsächlich war das Ladegerät defekt); oder "Batterie entlädt sich selbst" (tatsächlich war das Batteriemanagementsystem (BMS) defekt).

Im diesem Jahr kam es zu einigen Bränden von Elektrozweirädern, welche zu grösseren Schäden führten. Dies betraf jedoch keinen der E-Scooter, welche sich an diesem Projekt beteiligen. Vorabklärungen und Untersuchungen des Empa-Zentrums für Zuverlässigkeitstechnik (ZZT) ergaben, dass die Umstände, unter denen Brände entstehen, zwar vielfältig sind, aber tendenziell häufen sie sich beim Ladevorgang. Dadurch kommen wenigstens die Zellen, das BMS sowie das Ladegerät als Ursache in Frage. Oft sind die Zerstörungen durch die hohen Verbrennungstemperaturen dermassen massiv, dass der Brandhergang kaum im Detail nachvollzogen werden kann. Dort, wo es dennoch möglich ist, zeigt sich oft eine komplexe Verkettung von besonderen Umständen, welche zu einem Brand führen. Relativ einfache Korrekturmassnahmen könnten u.U. solche Brandfälle verhindern helfen.

Solche Schadensfälle und deren Unwägbarkeit schrecken potentielle Verkäufer und Käufer von E-Scootern ab. Es ist absehbar, dass Brände und deren Ursachen, wie z.B. Ausfälle von Komponenten im elektrischen Antriebsstrang, sofort zu Fragen führen wie: ist das normal, liegt ein Design- / Produktionsfehler vor oder eine falsche Bedienung?

Für 2013 ist geplant, die Batterie-Brände durch das Forschungsprojekt (fes) systematisch zu erfassen und auszuwerten. Betroffene können ein Angebot von fes / Empa ZZT nutzen, das bei der Beantwortung folgender Fragen unterstützt:

- Welches sind die entscheidenden Ausfalls- / Brandmechanismen?
- Können diese nachgebildet werden (z.B. Funktionsfehler, Alterung, Witterung, etc.)?
- Können diese simuliert werden (beschleunigte Labortests oder am Computer)?
- Wie können Ausfälle beurteilt werden (im Flottenvergleich)?
- Welches sind die Präventionsmöglichkeiten?
- Welches sind die Technologie-Empfehlungen?

2.3.1 Ladeinfrastruktur

Zahlreiche Hersteller von E-Scootern versuchen, die Problematik der Ladeinfrastruktur durch abnehmbare Batterien zu lösen. An der Intermot in Köln (s. Kap. 2.2.1.) wurden verschiedene Konzepte vorgestellt. So wurden die Batterie auf zwei bis drei Blöcke aufgeteilt, damit sie nicht zu schwer werden. Zwei Hersteller versahen die Batterien mit zwei Rollen, so dass sie wie ein Rollenkoffer transportiert werden können.

Besonders gravierend ist die Ladeproblematik in Taiwan, wo sich der Grossteil der Zweiradabstellplätze im Freien befindet. So erhält sogar die Idee der Batteriewechselstationen wieder Auftrieb. Im Rahmen des taiwanesischen E-Scooter-Förderprogramms (vgl. 2.2.2.) hat die Regierung ein Projekt unterstützt, in dem zwei Einheitsbatterien mit 10 bzw. 20 Ah entwickelt wurden. Sechs E-Scooter-Hersteller führen zurzeit Feldtest durch.

Für E-Scooters, welche nicht über abnehmbare Batterien verfügen, sind Ladestationen erforderlich. Naheliegender ist, diese bei Motorradabstellplätzen zu installieren. Die technischen Anforderungen sind im Vergleich zu Elektroautos gering, weil die Ladeleistung nicht über 1800 W beträgt. Dazu reichen die üblichen Haushaltsteckdosen T13. Sowohl der Schweizerische Hauseigentümerverband HEV als auch der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverband sia haben anfangs 2012 die Problematik in ihren Mitgliederzeitschriften beschrieben und als Minimum die Installation von Leerrohren empfohlen. Als weitere Zielgruppe wurden die Elektroinstallateure definiert. Sie werden anfangs 2013 über ihren Verband VSEI informiert.

2.3.2 Verkehrssicherheit

E-Scooters verursachen – wie Elektrofahrzeuge im Allgemeinen – im Geschwindigkeitsbereich zwischen 0 und ca. 25 km/h nur geringe Lärmimmissionen. Der Bundesrat hat im Frühling 2012 eine neue Regelung in die Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge (VTS) aufgenommen, wonach Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb mit einem Geräuschgenerator zur Sicherstellung der Hörbarkeit ausgerüstet sein dürfen. Solche Geräuschgeneratoren unterstehen nicht der Typgenehmigung (VTS, Art. 82 1bis). Das Forschungsteam wird zusammen mit dem Förderprogramm NewRide die Hersteller auf diese neue Regelung hinweisen und damit zur Entschärfung dieser Problematik beitragen.

2.4 Arbeitspaket 4: Fördermassnahmen

Auch 2012 wurde die Sonderschau für E-Scooters an der Swiss-Moto, dem wichtigsten Anlass im Rahmen des NewRide-Aktionsprogramms, evaluiert (Landis 2012). Die Evaluation basiert auf Interviews mit Besuchenden sowie Gesprächen mit allen Ausstellern während und einige Wochen nach der Ausstellung.

Im Bericht wird zunächst festgehalten, dass die im Evaluationsbericht von 2011 formulierten Empfehlungen weitgehend umgesetzt worden sind.

Die Möglichkeit des Probefahrens wurde wieder rege genutzt. Gesamthaft haben sich 1'076 Personen für eine Probefahrt angemeldet. Dies entspricht nochmals einem leichten Zuwachs im Vergleich zum Vorjahr (979 Personen). Die Probefahrenden konnten auswählen, welche der zur Verfügung stehenden Fahrzeuge sie testen wollten. Sie unternahmen insgesamt 2'001 Testfahrten mit diesen Fahrzeugen. Dabei wurden die verschiedenen Marken mit der in Abb. 5 dargestellten Häufigkeit getestet.

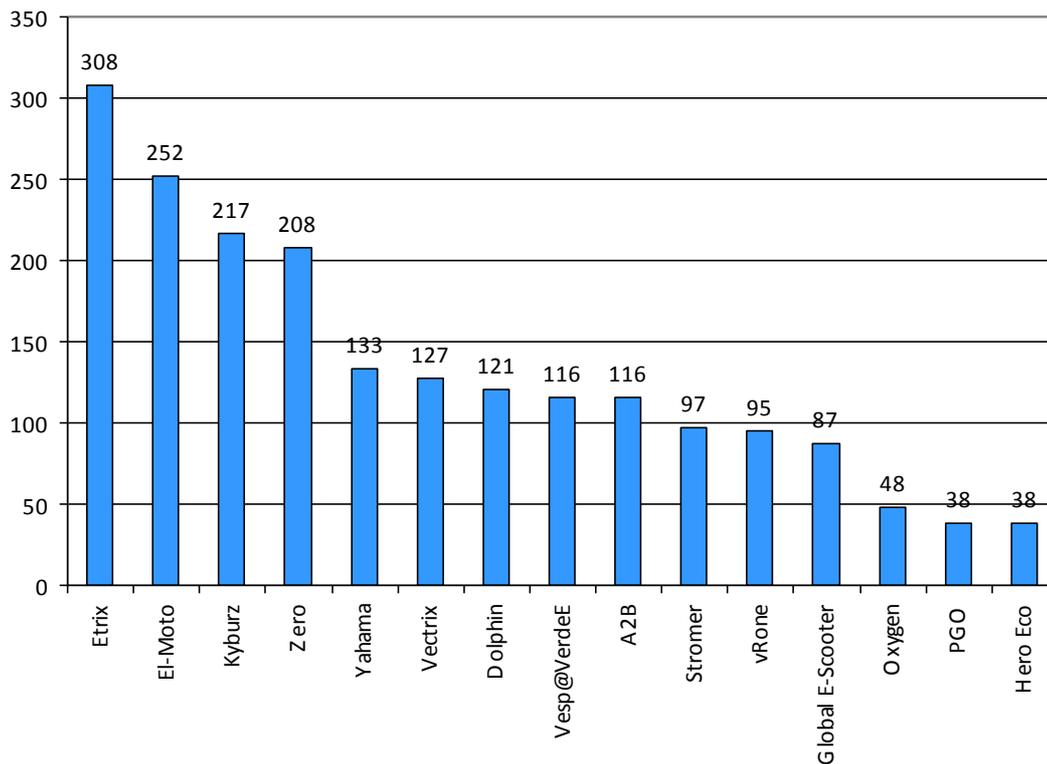


Abbildung 5: Swiss-Moto 2012. N= 2'001; die Anzahl zur Verfügung gestellter Testfahrzeuge pro Anbieter war sehr unterschiedlich und hatte einen Einfluss auf die Anzahl getätigter Testfahrten (z.B. Etrix 4 Testfahrzeuge und Hero Eco 1 Testfahrzeug).

Insgesamt wurde die Sonderschau „ALL ELECTRIC“ an der SWISS-MOTO 2012 als Erfolg gewertet. Im Vergleich zu den Vorjahren konnte das Angebot nochmals stark erweitert werden (19 Aussteller mit 24 Marken) und auch bezüglich der organisatorischen Abläufe wurden keine Schwierigkeiten festgestellt. Trotzdem können aus Sicht der Evaluatorin einige Aspekte für die Durchführung im nächsten Jahr verbessert werden. Dazu wurden verschiedene Empfehlungen formuliert. Es wurde insbesondere angeregt, Massnahmen für eine attraktivere Gestaltung der Halle 7 zu prüfen, welche sich mit dem beschränkten Budget von NewRide realisieren lassen. Aufgrund dieser Anregung wurde im Hinblick auf die Swiss-Moto 2013 eine Expertin für Ausstellungsgestaltung konsultiert. Deren Anregungen konnten teilweise bereits umgesetzt werden.

Im Rahmen der E-Scooter Tagung vom 16.8.2012 in Luzern wurden verschiedene Aspekte im Zusammenhang mit finanziellen Anreizen für E-Scooter präsentiert und diskutiert. Folgende Inhalte wurden dabei aufgegriffen:

1. Wieso der Ruf nach dem Staat?
2. Was kann der Staat zur Verbreitung von E-Scooters beitragen?
3. Wie wirken finanzielle Anreize?
4. Sind finanzielle Anreize für E-Scooters überhaupt sinnvoll?
5. Welche finanziellen Anreize für E-Scooters gibt es in der Schweiz?
6. Welche Förderansätze gibt es anderswo?
7. Lassen sich Wirkungen der finanziellen Anreize für E-Scooters nachweisen?
8. Welche Schlüsse für die weitere Förderung gilt es zu ziehen?

Die Präsentation ist auf der Website des Forschungsprojekts verfügbar.

Die Outputs der NewRide-Road-Shows wurden auch 2012 evaluiert. Nach dem letzten Auftritt (Schweizer Bau- und Energie-Messe Anfang November 2012) wird ein zusammenfassender Bericht erstellt. Der Bericht wird bis Ende 2012 vorliegen und auf der Website des Forschungsprojekts zugänglich sein.

2.5 Arbeitspaket 5: Energie & Umwelt

Die Inventarisierung der ökologischen Auswirkungen von E-Scooter (Inventardaten in ecoinvent) ist nunmehr abgeschlossen. Wie geplant sind dabei folgende Datensätze entstanden:

- Li-Ionen Traktionsbatterien (LiMnO₂ Chemie von Dow Kokam vgl. Gauch et al. 2010)
- Elektromotoren für 2-Rad-Antriebe (elektrische Nabenmotoren und Innenläufermotoren mit besonderem Augenmerk auf permanent erregte Synchronmaschinen (Seltenerd-magnete)
- Leistungselektronik für elektrische Synchron- und Asynchronmotoren sowie für Batterieladegeräte
- Chassis (von E-Bikes bis Motorräder)

Mit diesen Inventardaten sind nunmehr vielfältige Berechnungen zu Umweltauswirkungen möglich. Beispielsweise können nun unterschiedliche Mobilitätsverhalten untereinander verglichen werden.

Die Integration von Lärm in Ökobilanzen ist theoretisch weit fortgeschritten, es existiert jedoch noch keine Möglichkeit, die Erkenntnisse mit gängiger Auswertesoftware zu verwerten.

2.5.1 LCI Chassis / Glider

Drei verschiedene Grundchassis (vgl. Abb. 6) wurden modelliert: Ein verstärktes Velochassis, geeignet zur Aufnahme von E-Bike Komponenten, ein starkes Chassis für die schnelle E-Bike Kategorie bis 45 km/h und ein Chassis für einen E-Scooter.



Abbildung 6: Verschiedene Grundchassis

2.5.2 LCI Motoren

Die Inventarisierung von üblichen (E-Scooter-)Elektromotoren ist abgeschlossen. Untersucht wurden Elektro-Motoren für E-Bikes der 500W-Klasse, der schnelleren Klasse bis 1000W, E-Scooter Elektro-Motoren 4-11kW sowie Motoren für elektrische Motorräder (>11kW, vgl. Abb. 7). Die Inventare sind detailliert in der Ökobilanz-Software SimaPro erfasst worden und stehen interessierten Nutzern zur Verfügung. Die Analyse der gewichtsspezifischen Umweltauswirkungen, d.h. 'Umweltschaden pro Kilogramm Motor', der verschiedenen Motorentypen hat keine wesentlichen Unterschiede ergeben. Eine weitere Differenzierung ist daher nicht erforderlich, und ein durchschnittlicher Datensatz für alle gängigen Elektro-Motoren wurde aufgebaut, welcher auch in die nächste Version (v3.0) von ecoinvent aufgenommen wird.



Abbildung 7: Untersuchte Motortypen (v.l.n.r.): Nabenmotor e-Velo (<500W), Nabenmotor e-Bike (<1000W), Innenläufer PM-Motor (4-11kW), Innenläufer Synchron Hybrid Motor (>11kW)

Die Untersuchungen schenken dem spezifischen Bedarf an Seltenerd-magnetmaterialien besondere Aufmerksamkeit. Dabei zeigte sich, dass deren Mengen (vgl. Abb. 8) und der Umweltschaden ihrer Herstellung die Umwelteigenschaften der Motoren nicht wesentlich beeinflussen. D.h. dass

Motoren, die gänzlich auf solche Magnete verzichten, dafür aber mehr Kupfer verwenden und eine schlechtere Energieeffizienz haben, ähnliche Gesamtumweltschäden verursachen.

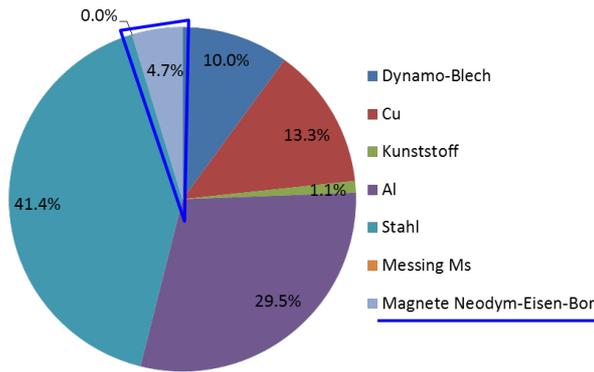


Abbildung 8: Massenanteile der unterschiedlichen Motorenkomponenten (Dynamo-Blech (Fe), Wickel (Cu), Isolationen (Kunststoff), Gehäuse (Al), Wellen & Lager & Gehäuse (Stahl), Magnete (FeNdB))

2.5.3 LCI Leistungselektronik

Die Inventarisierung üblicher (E-Scooter-)Leistungselektronik ist abgeschlossen. Untersucht wurden Wechselrichter (Leistungselektronik) für Elektrofahrzeuge verschiedener Leistungen. Dabei wurde zwischen dem eigentlichen Leistungsteil und der Steuer- und Regelungselektronik unterschieden – beide Teile zusammen ergeben den Wechselrichter. Auch hier zeigte die Analyse, dass sich, ähnlich wie bei Elektro-Motoren, die Geräte gewichtsspezifisch nur unwesentlich unterscheiden. Dadurch genügt auch hier ein durchschnittlicher Datensatz der beiden Teile, und durch lineares Skalieren (vgl. Abb. 9) können nun Datensätze für E-Bikes, E-Scooter und elektrische Motorräder erstellt werden. Die folgende Skalierung wurde mit realen Wechselrichtern überprüft:

- Grundeinheit Steuer- und Regelungselektronik sowie integrierter Leistungsteil (< 1kW für E-Bike)
- Grundeinheit Steuer- und Regelungselektronik sowie 3 Leistungsbausteine (< 15kW für E-Scooter)
- Grundeinheit Steuer- und Regelungselektronik sowie 3x3 Leistungsbausteine (< 30kW für Elektro-Motos und kleinere Autos)
- Kompakter Wechselrichter von Brusa (< 100kW für Autos und schwere Motorräder)



Abbildung 9: Untersuchte Leistungselektroniken (v.l.n.r.): wie in obiger Liste beschrieben

2.5.4 Ladegeräte

Die Inventarisierung üblicher (E-Scooter-)Ladegeräte ist abgeschlossen. Untersucht wurden Ladegeräte verschiedener kleiner Leistungen für Elektrofahrzeuge (keine Schnellladegeräte). In diesem Fall wurde keine genügende Korrelation von Umweltschaden und Leistungsstärke festgestellt, daher wurden drei konkrete Geräte abgebildet (Abb. 10). Weitere Untersuchungen, speziell auch der Einbezug von Schnellladestationen / stationäre Ladestationen führen möglicherweise ebenfalls zu einem bzw. mehreren skalierbaren Datensätzen.

Folgende Ladegeräte wurden untersucht (vgl. Abb. 10):

- einphasiger CC/CV² Laderegler für E-Bikes (< 0.1kW)
- einphasiger CC/CV Laderegler für E-Scooters (1-2kW)
- dreiphasiger CC/CV Laderegler für grosse E-Scooters und E-Autos (2-4kW)



Abbildung 10: Untersuchte Ladegeräte (v.l.n.r.): wie in obiger Liste beschrieben

2.5.5 Lärmauswirkungen

Fragen zu Lärmauswirkungen des Verkehrs wurden im Rahmen einer Dissertation (Hans-Jörg Althaus, Empa) intensiv untersucht. Dabei wurden auch Zweiräder mit einbezogen, da deren häufiger Einsatz in städtischem Raum deutliche Unterschiede (Umweltschäden durch Lärm) zwischen Antrieben mit Elektro-Motoren (leise) und Verbrennungsmotoren (weniger leise) ergeben.

Zurzeit ist noch offen, in welcher Form die Erkenntnisse praktisch darzustellen sind, da es noch keine Ökobilanzwerkzeuge gibt, welche den Einbezug von Lärmdaten und die Modellierung ihrer Auswirkungen integrieren kann.

2.5.6 Treibhausgasemissionen und Umweltauswirkungen von E-Scooter im Vergleich mit anderen Fahrzeugen

Um die nun vollständigen E-Scooter-Inventardaten anzuwenden, wurden erste Ökobilanzen gerechnet und an der E-Scooter-Tagung am 16.08.2012 in Luzern präsentiert. Im Folgenden ist der Vergleich Treibhausgasemissionen (THG) von E-Scooters im Vergleich mit anderen Fahrzeugen dargestellt.

Die Auswertung erfolgte pro Personen-Kilometer (vgl. Abb. 11), um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse z.B. mit öffentlichem Verkehr zu ermöglichen. Bei Elektrofahrzeugen wurde mit dem schweizerischen Strommix an der Steckdose des Konsumenten gerechnet (137 gCO₂-Äquivalente pro Kilowattstunde Strom).

² Constant current (CC) / Constant voltage (CV) beschreibt eine übliche Ladestrategie für Li-Ionen Batterien. Dabei wird mit konstantem Strom geladen bis die Batterie eine definierte Ladespannung erreicht, danach wird bei dieser konstanten Spannung mit abnehmendem Strom nachgeladen. Bei einem minimalen Strom wird der Ladevorgang beendet.

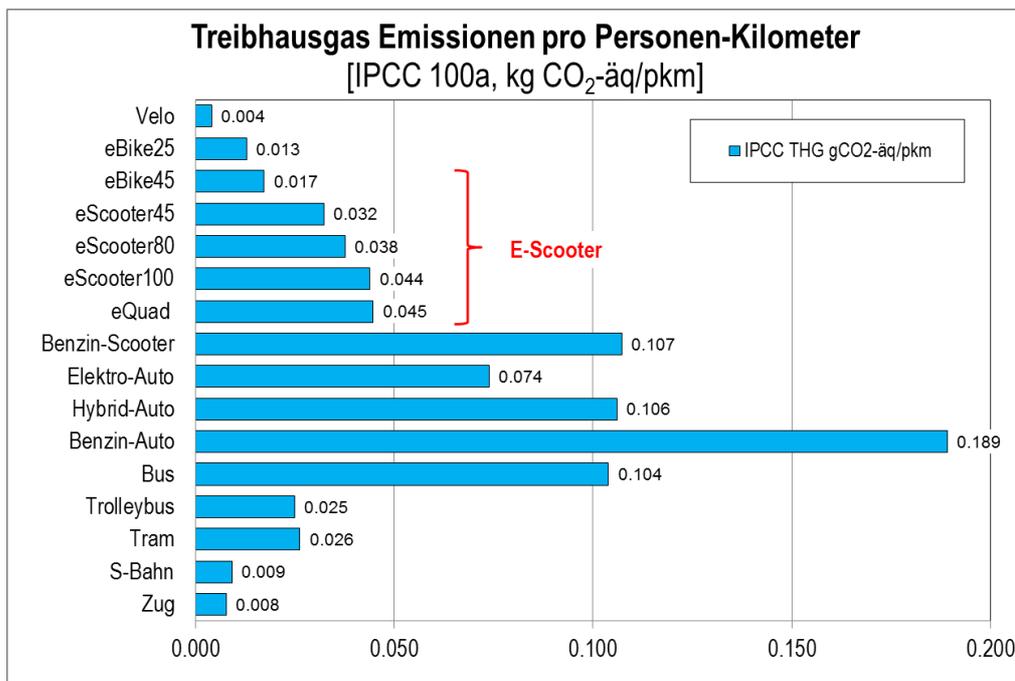


Abbildung 11: Treibhausgas Emissionen pro Personen-Kilometer

Der Vergleich der Fahrzeuge zeigt u.a.,

- dass die THG-Emissionen eines E-Scooters ca. 35g CO₂-äq./pkm betragen,
- dass ein Benzin-Scooter mehr als 3 Mal mehr THG-Emissionen als ein E-Scooter verursacht,
- dass ein Benzin-Auto mehr als 5 Mal mehr THG-Emissionen als ein E-Scooter verursacht,
- dass ein E-Bike nur ein Drittel der THG-Emissionen eines E-Scooters verursacht
- dass die Herstellung eines E-Scooters ca. $\frac{3}{4}$ und der Betrieb mit dem relativ ‚saubereren‘ CH-Strom nur etwa $\frac{1}{4}$ der gesamten THG-Emission verursacht.

Nebst Treibhausgas-Emissionen interessieren auch andere Umweltaspekte, welche wir für die drei aggregierten Hauptkategorien Gesundheit, Ökosystem und Ressourcenverbrauch gemäss einer aktuellen Methodik (ReCiPe Endpoint (H)1.07 /World) untersucht haben (vgl. Abb. 12). Die Resultate dieser Untersuchung zeigen ein sehr ähnliches Muster wie bei den Treibhausgasen.

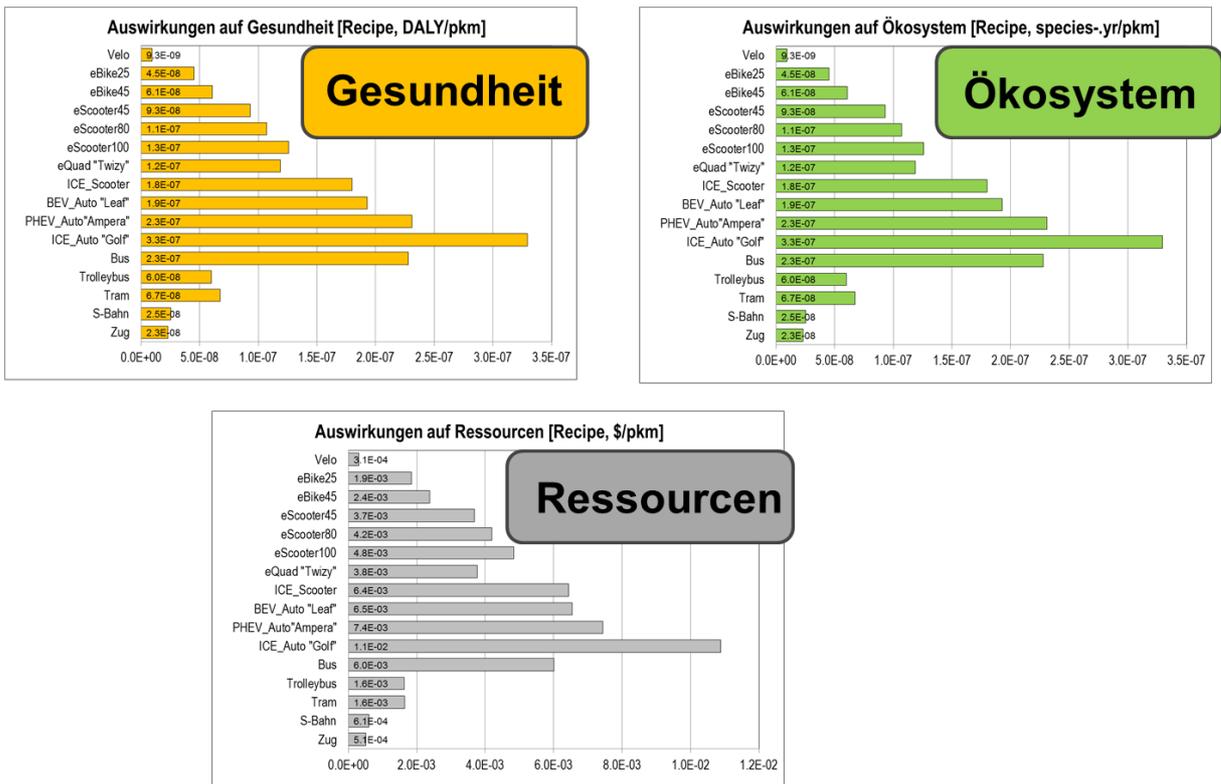


Abbildung 12: Auswirkungen auf Gesundheit, Ökosystem und Ressourcen

2.6 Arbeitspaket 6: Nutzerbefragung (Querschnitts-Arbeitspaket)

2012 haben acht Schweizer Städte sich dazu verpflichtet, den Kauf eines E-Scooters mit finanziellen Anreizen zu fördern. Diese Städte sind Bern, Fribourg, Lancy, Lausanne, La Chaux-de-Fonds, Luzern, St. Gallen und Zürich. Alle Städte ausser Luzern unterstützen den E-Scooter-Kauf mit 10% des Anschaffungspreises, maximal 1'000 CHF, Luzern max. 2'000 CHF. Bis Ende November 2012 sind insgesamt 76 Fördergesuche eingereicht worden, darunter 19 in St. Gallen, je 12 in Zürich und Luzern und 9 in Bern (vgl. Abbildung 13).

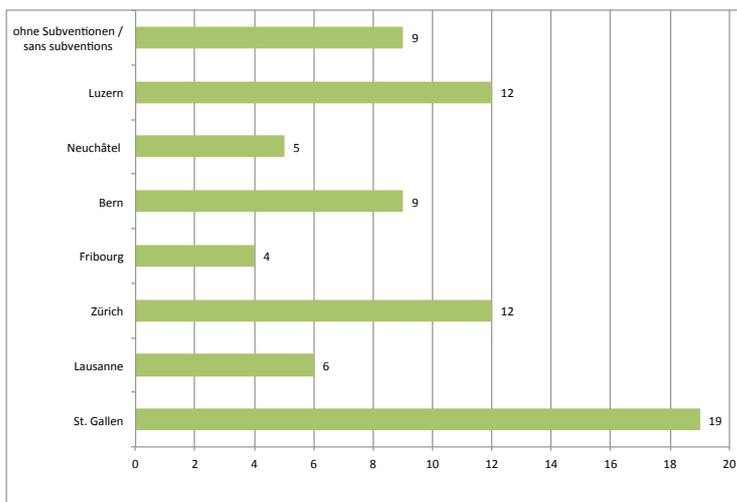


Abbildung 13: Anzahl bewilligte E-Scooter-Fördergesuche nach Städten.

80% der Gesuche stammen von Privatpersonen und 20% von Unternehmen oder Stadtverwaltungen. Unter den gekauften Modellen finden sich vor allem Vespio, Vectrix, e-max und der vRone.

Aktuell liegt ein Sample von 66 E-Scooter-Nutzern vor. Ziel ist, bis Ende 2013 ein Sample von 100 Fahrerinnen und Fahrern zu haben.

2.6.1 Auswertung der Mobilitätsprotokolle

Anfang Oktober wurde eine Auswertung der gegenwärtig vorliegenden Mobilitätsprotokolle (N=42) gemacht. Die aktuelle Stichprobe zeigt, dass hauptsächlich Männer im Alter von durchschnittlich 47 Jahren einen E-Scooter kaufen. 55% der Probanden haben den Scooter als zusätzliches Fahrzeug gekauft, 45% als Ersatz für ein Motorfahrzeug (Motorrad oder Auto). Die Nutzer kommen mit ihren Fahrzeugen gut zurecht, und über 90% der befragten Personen sind im Allgemeinen zufrieden bis sehr zufrieden mit ihrem E-Scooter. Die Analyse des individuellen Mobilitätsverhaltens zeigt zwei Tendenzen: die E-Scooter-Nutzer sind multimodal unterwegs, und knapp zwei Drittel der ersetzten Kilometer sind Auto- und Motorradkilometer.

Die angegebenen Gründe für einen E-Scooter-Kauf sind vor allem die Umwelt, gefolgt von der grösseren Mobilität (vgl. Abbildung 14).

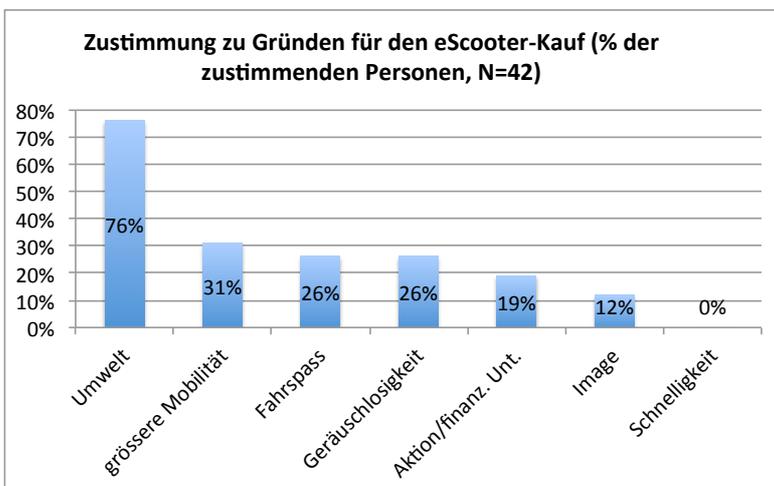


Abbildung 14: Gründe für den E-Scooter-Kauf (N=42).

Die E-Scooter werden hauptsächlich für den Arbeitsweg eingesetzt, gefolgt von Freizeitwegen (vgl. Abbildung 15), wobei diese Wege durchschnittlich rund 16 km lang sind.

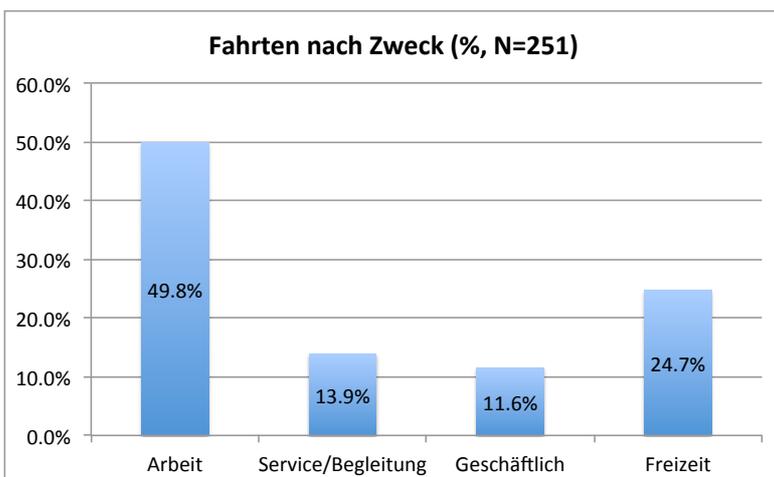


Abbildung 15: Fahrten nach Zweck (N=251 Fahrten).

2.6.2 Auswertung der E-Scooter-Tagebücher

2012 gab es ca. 50 Teilnehmer an den Mobilitätsumfragen, daraus sind 30 auswertbare (d.h. qualitativ genügend bis gut ausgefüllte) Tagebücher eingegangen. Die Teilnehmer hatten für die Teilnahme einfache Regeln zu befolgen und konnten ihre Daten in eine Excel-Tabelle eintragen, welche im Vergleich zum Vorjahr noch weiter vereinfacht wurde.

- 2 Erhebungsperioden mit je mindestens 20 Ladungszyklen
- je Periode in der kalten (Oktober bis April) und der warmen (Mai bis September) Jahreszeit
- mindestens Festhalten von Kilometerstand und Netzenergiebezug
- fakultative Daten: was immer die TestpilotInnen mitteilen möchten

Die eingegangenen Daten umfassen:

- ca. 27'000km Fahrstrecke
- ca. 800 Fahrten
- ca. 700 Akku-Ladungen
- ca. 2'000 kWh Energie (1'200 Liter Benzin äq.)
- 6.28 kWh/100km Durchschnittsverbrauch 'Strom'
- 0.69 l/100km Durchschnittsverbrauch 'Benzin'

Es gab 15 verschiedene Fahrzeugmarken und -typen.

Drei Geschwindigkeitsbereiche wurden unterschieden:

- Kategorie bis 45km/h: 8 Fahrzeuge
- Kategorie bis 80km/h: 10 Fahrzeuge
- Kategorie über 80km/h: 11 Fahrzeuge

Eine Jahreszeitliche Unterscheidung (Sommer/Winter) zeigte interessanterweise mehr zurückgelegte km im Winter als im Sommer, was allerdings auf mehr neu dazugekommene Teilnehmer im Erfassungszeitraum zurückzuführen ist (vgl. Abb. 16).

- Sommer-Erhebung (Mai-Sept): 22 (ca. 12'000km)
- Winter-Erhebung (Okt-Apr): 18 (ca. 13'000km)

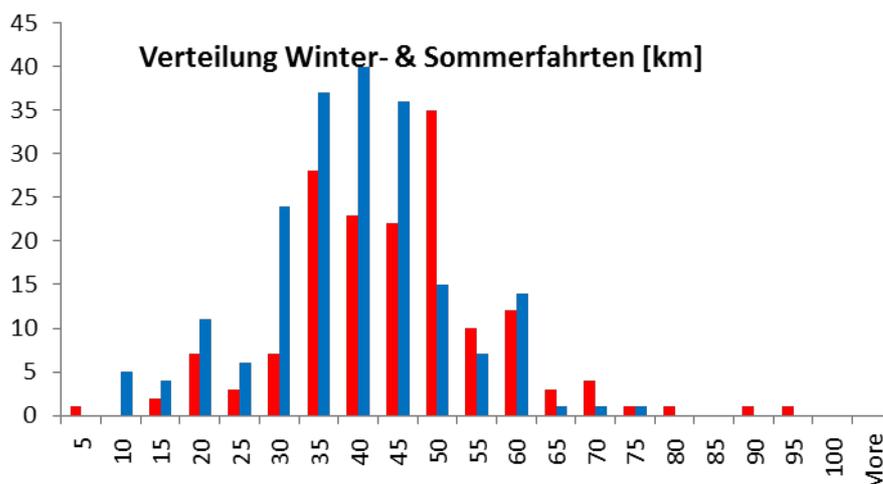


Abbildung 16: Die zurückgelegten Distanzen unterscheiden sich nur wenig im Winter und im Sommer. Rot=Sommer, Blau=Winter.

Stromverbrauch ab Steckdose: Die erfreuliche Qualität der Daten in den Tagebüchern erlaubte interessante Auswertungen des Fahrzeugverbrauchs in verschiedenen Geschwindigkeitsklassen (vgl. Abb. 17).

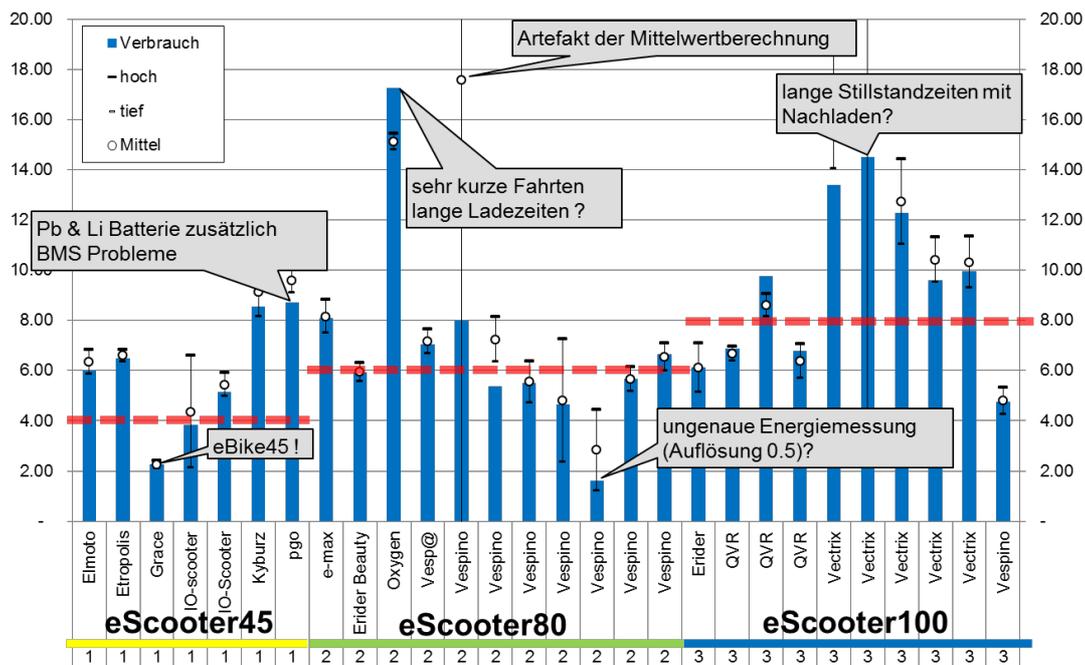


Abbildung 17: Auswertung aller Fahrzeugverbräuche. Dabei ist einerseits der Gesamtdurchschnittsverbrauch (blauer Balken), sowie der Durchschnittsverbrauch und die Streuung zwischen den einzelnen Ladungen aufgetragen. Diese Unterscheidung erlaubt Rückschlüsse auf spezifische Lade- und Fahrverhalten.

Ausreisser bei den Daten konnten bei Analyse der Rohdaten gut interpretiert werden. Ein Hauptergebnis der Auswertung ist die Kenntnis über den durchschnittlichen Verbrauch eines E-Scooters in den drei betrachteten Geschwindigkeitsklassen (rot gestrichelt eingezeichnet):

- 45 km/h durchschnittlich 4 kWh/100km Strombezug ab Steckdose
- 80 km/h durchschnittlich 6 kWh/100km Strombezug ab Steckdose
- über 80 km/h durchschnittlich 8 kWh/100km Strombezug ab Steckdose

Stromverbrauch Sommer - Winter: Häufig vernimmt man, dass der Strombedarf eines Elektrofahrzeugs im Winter höher sei als im Sommer, was theoretischen Überlegungen widerspricht. Die Auswertung der Sommer- und Winterverbräuche zeigte denn auch keinen signifikanten Unterschied und bestätigte somit die Theorie. Dies bedeutet keineswegs, dass die Reichweite in der kalten Jahreszeit nicht abnimmt. Man kann deutlich weniger weit fahren, weil die entnehmbare Energie abnimmt – die Effizienz und damit der Strombedarf bleiben weitgehend gleich (vgl. Abb. 18).

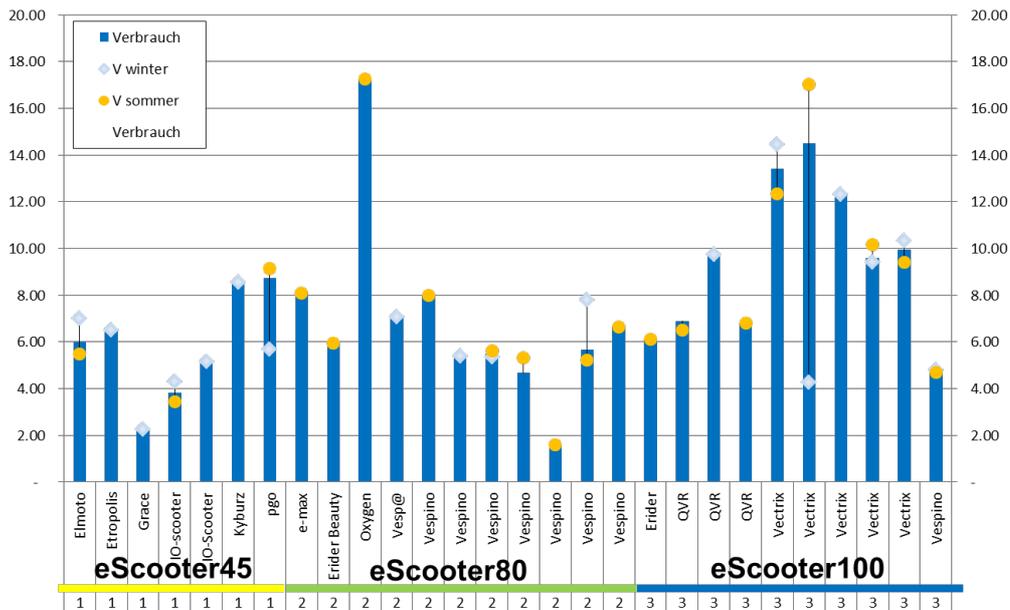


Abbildung 18: Gleich wie in der vorherigen Abbildung sind die Gesamtdurchschnittsverbräuche (blaue Balken) aufgetragen. Überlagert sieht man die Durchschnittsverbräuche zwischen allen einzelnen Sommer- bzw. Winter-Batterieladungen aufgetragen.

Zweiräder haben im Gegensatz zu Autos keine elektrischen Zusatzverbraucher wie Heizung, Lüftung und Klimaanlage. Der Energiebedarf für den Antrieb bleibt unabhängig von der Temperatur ungefähr konstant (Einflüsse der Fahrbahnoberfläche (Regen, Schnee) und veränderter Luftdichte vernachlässigt). Hingegen trifft es zu, dass bei Kälte ein Einfluss auf die Reichweite messbar ist, da die Batteriespannungen im Winter tiefer liegen und die Fahrzeugelektronik früher wegen Unterspannung abregelt.

3 Nationale Zusammenarbeit

Durch die personelle Verflechtung ist insbesondere die Zusammenarbeit mit dem Förderprogramm NewRide sehr eng. Über diese Plattform ist das Forschungsprojekt auch mit weiteren Akteuren vernetzt, bspw. mit den weiteren Mitgliedern der Agentur EcoCar (e'mobile, gasmobil ag und in-fovel) oder der Mobilitätsakademie.

Im November konnte am ersten Nationalen Kongress der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz in Bern die Erkenntnisse über den Stand der E-Scooter-Nutzer und -Nutzerinnen präsentiert werden. Das Referat fokussierte auf Motive und Hindernisse für die Adaption eines E-Scooters (vgl. Hofmann 2012). Rund 400 Fachleute aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft haben an der Tagung teilgenommen und in zahlreichen regen Diskussionen wurden über die Chancen und Herausforderungen der Energiewende diskutiert.

Abschluss des Mobility Solutions Projekts (MOS): Das Projekt "Neue Fahrzeug-Technologien Hybrid, Elektro" hat zum Ziel, Erkenntnisse und Angaben zur Eignung, zur Zuverlässigkeit, zur Zustandsentwicklung und zum spezifischen Energieverbrauch von Fahrzeugen mit Elektro- oder Hybridantrieben für die Fahrzeugevaluation, die Fahrzeugkalkulation und für die Kommunikation zur Verfügung zu stellen. Die Tätigkeiten 2011-2013 umfassen drei Teilprojekte:

- TP1: Begleituntersuchung 2-/3-Rad Fahrzeuge (kick-off: 01.06.2011)
- TP2: Pilotbetrieb Testfahrzeuge (kick-off: Dezember 2011)
- TP3: Pilotbetrieb Testfahrzeuge (kick-off: 19.05.2011)

TP1 (Zusammenarbeit VirVe, FH Biel und Empa) hat zum Ziel

- Gewinnung von Erkenntnissen zur Entwicklung des Zustandes von elektrischen 2-/3-Rad-Fahrzeugen, Fokus Lebensdauer der Batterie

- Angaben zum spezifischen Energieverbrauch von elektrischen 2-/3-Rad-Fahrzeugen Methode für den Vergleich des Energieverbrauchs steht für die Evaluation von 2-/3-Rad-Fahrzeugen zur Verfügung
- Gewinnung von Erkenntnissen zur Benutzerfreundlichkeit und zur Nutzerakzeptanz von elektrischen 2-/3-Rad-Fahrzeugen: ‚Faktor Mensch‘.

4 Internationale Zusammenarbeit

Im Juni 2012 wurde im Rahmen der ECOMM (European Conference on Mobility Management) in Frankfurt am Main die Befragung der E-Scooter-Käufer vorgestellt (vgl. Hofmann, Haefeli 2012). Der Fokus der Präsentation lag auf dem Effekt eines E-Scooter-Kaufs auf das Mobilitätsverhalten.

Am Electric Vehicle Symposium EVS-26 vom 6. – 9. Mai 2012 wurde in einem Vortrag zum Thema „Chances and Barriers for Electric Scooters“ über die Erfahrungen der letzten Jahre in der Schweiz berichtet. Auf grosses Interesse stiess insbesondere die Schweizer Post mit ihrer Umstellung der gesamten Rollerflotte auf Elektroantrieb.

Mit dem taiwanesischen Industrial Technology Research Institute ITRI, welches für die technischen Aspekte des taiwanesischen E-Scooter-Förderprogramms zuständig ist, wird ein Informationsaustausch gepflegt. So können beispielsweise die Erfahrungen aus einem Forschungsprojekt über Einheitsbatterien auf Schweizer Verhältnisse übertragen werden.

Der Start des neuen IEA IA HEV Annex "Life Cycle Assessment of Electric Vehicles, From raw material resources to waste management of vehicles with an electric drive train" ist im Frühling 2012 erfolgt. Die Leitung ist bei der JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH (Gerrit Jungmeier). Empa/TSL vertritt die Schweiz und hat beim BFE um Unterstützung nachgefragt. Diese Plattform wird genutzt, um die verschiedenen schweizerischen Aktivitäten und Erkenntnisse in diesem Gebiet (fes, Thelma, u.a.) international darzustellen (und vice versa!).

5 Bewertung 2012 und Ausblick 2013

Die Arbeitspakete konnten im Jahre 2012 planmässig und erfolgreich durchgeführt werden:

- AP1: Die E-Scooter-Tagung in Luzern war erfolgreich; es fanden interessante und rege Diskussionen statt. Die Begleitgruppen-Sitzung 2012 musste jedoch wegen Verhinderung zu vieler Mitglieder kurzfristig abgesagt werden. Für die Sitzung im 2013 wird bereits im Dezember 2012 eine Terminumfrage durchgeführt.
- AP2: Die E-Scooter-Marktentwicklung in Asien unterscheidet sich zurzeit sehr stark von derjenigen in Europa. Die Nachfrage nach E-Scootern ist in Europa sehr zurückhaltend. Die heutigen E-Scooter-Fahrer, vormals Motorrad-Fahrer, wurden in Bezug auf die Umsteigefaktoren untersucht. Dieses Wissen soll in Form von einer Werbekampagne im Programm NewRide genutzt werden.
- AP3: Die wichtigen Akteure HEV oder sie konnten für das Thema Ladestationen für E-Scooter sensibilisiert werden. Im Bereich Verkehrssicherheit wurden die E-Scooter-Brände von diesem Jahr untersucht – die Abklärungen sind noch im Gang. Die Fahrerlehrekurse von Carsen Grüter wurden begleitet. Die Auswertungen dieser Kurse sind noch ausstehend.
- AP4: Die Evaluation der SwissMoto 2012 konnte durchgeführt werden und zeigte, dass diese Messe für die Diffusion von E-Scootern sehr wichtig ist. Weiter wurden die verschiedenen Aspekte im Zusammenhang mit finanziellen Anreizen für E-Scooter zusammengetragen und an der E-Scooter-Tagung präsentiert.
- AP5: Die Ökoinventare (LCI ecoinvent) sind abgeschlossen. Die Integration von Lärm in Ökobilanzen ist theoretisch weit vorangeschritten und soll im 2013 in geeigneter Form publiziert werden. Die Zuverlässigkeitsuntersuchungen sind weiterhin wegen der kleinen Flottengrösse nicht im geplanten Ausmass möglich. Für das nächste Jahr sind folgende Schritte geplant:
 - 'Zuverlässigkeitsassessment mit Fokus auf Batterietechnologien',
 - langfristiger Materialumsatz verschiedener Mobilitätsszenarien, z.B. die Frage nach der Beschaffenheit des Energieträgers und des Energiespeichers und daran gekoppelt Effizienzfragen bezüglich Energie und Materialien

- Öffnung der Fahrzeugklassen und Fahrausweiskategorien nach 'unten', d.h. Einbezug von Langsam- und Langsamstverkehr (Velofahrer & Fussgänger) als Forschungsgegenstand.
- Öffnung der Fahrzeugklassen und Fahrausweiskategorien um eine Stufe nach 'oben' d.h. Einbezug der aufkommenden Fahrzeugkategorie L7e („Quads“) zu denen beispielsweise der Renault Twizy gehört. Dieser darf mit einem Motorradausweis gefahren werden, aber auch mit einem PW-Ausweis. Die Kategorie bildet daher das Bindeglied zwischen der Zweiradwelt und der Autowelt.
- AP 6: Die Erhebungsinstrumente für das Mobilitätsverhalten wurden Anfang Jahr noch einmal vereinfacht und sehr nutzerfreundlich gestaltet. Wie bereits im Schlussbericht 2011 angesprochen, gestaltet sich die Befragung der E-Scooter-Nutzer schwierig und dies trotz finanzielle Anreize von acht Schweizer Städten. Das Forscherteam strebt an, bis Ende 2013 100 vollständige Dossiers (Fragebogen und Tagebuch) für die Auswertung vorliegend zu haben.

2013 werden die geplanten Arbeitsschritte in den verschiedenen APs weitergeführt (vgl. Forschungsprojekt E-Scooter, Kap. 4: Terminplan). Im Februar 2013 findet die SwissMoto 2013 statt, hier werden Kontakte mit den E-Scooter-Anbietern gepflegt und ausgeweitet. Im April 2013 findet die Begleitgruppen-Sitzung statt. An dieser Sitzung soll u.a. auch die Struktur des Schlussberichtes „E-Scooter“ diskutiert werden.

Insgesamt ist festzuhalten, dass sich die E-Scooter nur langsam am Markt durchsetzen. Verschiedene Gründe sind dabei aufzuführen:

- Zum Teil ist dies der noch nicht zufriedenstellenden Fahrzeugqualität zuzuschreiben.
- Die Bekanntheit von E-Scooter ist in der Bevölkerung noch sehr gering.
- Das Netzwerk der E-Scooter-Akteure spielt noch nicht richtig, so gibt es in der Schweiz immer noch sehr wenige Händler, die E-Scooter im Sortiment führen.
- Eine diffusionstheoretische Betrachtung nach Rogers (2003) kann die unterschiedlichen Verbreitungspotenziale von E-Bikes und E-Scooter begründen: Die Charakteristika *Wahrnehmbarkeit*, *Erprobbarkeit*, *relativer Vorteil und Kompatibilität* sind bei E-Bikes ausgeprägter als bei E-Scooter. Auf den Schweizer Strassen sieht man heute viele E-Bikes, und man kann sie in fast jedem Fahrradgeschäft kaufen und kostenlos testen. Gemäss Aussagen von Nutzer/innen liegt der relative Vorteil von E-Bikes gegenüber Fahrrädern vor allem in der Tretunterstützung, welche grössere Geschwindigkeiten ermöglicht. Das Fahren eines E-Bikes ist vergleichbar und braucht dieselben Fähigkeiten wie das Fahrradfahren. E-Scooter hingegen werden in der Schweiz zurzeit von sehr wenigen (Motorrad- oder Velo-)Händlern angeboten, und sie werden auf den Strassen kaum wahrgenommen (mit Ausnahme der Post-E-Scooter). Für Nutzer/innen von E-Scooter ist die Umweltfreundlichkeit (z.B. der reduzierte CO₂-Ausstoss) der wichtigste Vorteil gegenüber dem Motorrad (Hofmann, 2012). Grundsätzlich ist das E-Scooter-Fahren kompatibel mit dem Motorradfahren.

6 Referenzen

Forschungstagung (2012): „E-Scooter – Ein perfektes Verkehrsmittel für kurze und mittlere Strecken?“. Abstract im Rahmen der E-Scooter-Tagung vom 16.8.2012 in Luzern.

Gauch, M., Widmer, R., Wäger, P., Stamp, A., Zah, R. and Hans-Jörg Althaus (2010): „Contribution of Li-Ion Batteries to the Environmental Impact of Electric Vehicles. Environ.“ Science & Technology, No.44/2010 p.6550-6556; DOI: 10.1021/es903729a

Hofmann, H., Haefeli, U. (2012): „The effect of the purchase of an e-scooter on individual's mobility behavior“. Abstract im Rahmen der ECOMM-Tagung in Frankfurt.

Hofmann, H. (2012): „Diffusion von Elektrozweirädern: Motive und Hindernisse für die Adaption“. Abstract im Rahmen des ersten Nationalen Kongresses der erneuerbaren Energie und der Energieeffizienz. Bern.

Kählin, K., Lagler, B., Nordmann, C., Tobler, A., Thurnherr, J. (in Vorbereitung): „Der Wechsel vom Motorrad zum E-Scooter. Eine Analyse der Umsteigefaktoren“. Interdisziplinäre Forschungsarbeit an der IKAÖ. Bern.

Landis, F. (2012): Erfolgskontrolle Sonderschau „E-Scooters“ SwissMoto 2012 16.-19.2.2012. Interface Politikstudien Forschung Beratung Luzern.

Roger, Everett M. (2003): Diffusion of Innovations. NewYork, Free Press.

Schwegler, U (2012a): „E-Scooter-Marktübersicht EVS-26“. Bericht vom Electric Vehicle Symposium EVS-26, 6. – 9. Mai 2012, Los Angeles.

Schwegler, U (2012b): „E-Scooters an der Intermot 2012“; Bericht über die Motorradausstellung Intermot in Köln vom 3.- 7. Oktober 2012.